

VAN HET ELECTRON
TOT DE SUPER

VAN HET ELECTRON TOT DE SUPER

EEN EENVOUDIGE CURSUS
VOOR DE RADIO-SERVICE MAN

U. D. C. Nr. 621.396.62

DOOR

J. OTTE
PH. F. SALVERDA
C. J. VAN WILLIGEN

VERBONDEN AAN DE CENTRALE SERVICE AFDELING DER
N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN TE EINDHOVEN

1954

PHILIPS TECHNISCHE BIBLIOTHEEK

MEDEDELING VAN DE UITGEVER :

DEZE CURSUS WORDT UITGEGEVEN IN NEDERLANDS, ENGELS, FRANS EN SPAANS

COPYRIGHT N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN TE EINDHOVEN (NEDERLAND)

NADruk. OOK GEDEELTELIJK, VERBODEN

GEDRUKT IN NEDERLAND

ALLE IN DIT BOEK OPGENOMEN GEGEVENS WORDEN MEDEGEDEELD ZONDER
OCTROOIGARANTIE VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN TE EINDHOVEN

Een goede radiomonteur is onmisbaar voor de radionandelaar. Immers, met de verkoop van een radio-apparaat is het werk van een nandelaar die prijs stelt op een goede reputatie, niet beëindigd. Behalve een kwaliteitsproduct, is een goede service nodig om tevreden klanten te kweken.

Iedere handelaar weet, dat tevreden klanten de beste en goedkoopste propaganda voor zijn zaak zijn en dat zij hem niet alleen weer nieuwe klanten bezorgen, maar tevens een bron van inkomsten betekenen door reparaties, met de daaruit voortvloeiende verkoop van nieuwe radiobuizen en onderdelen.

Hier is dus een belangrijke taak voor de radiomonteur weggelegd.

De publicatie van deze cursus beoogt goede monteurs te helpen vormen.

'Van het Electron tot de Super' is een populaire cursus voor de radio serviceman, bestaande uit een totaal van 42 lessen. Elke les behandelt een bepaald onderwerp en de gehele cursus is speciaal gebaseerd op de praktijk van de Radio Service.

De theoretische principes zijn daarom slechts behandeld voor zover dit strikt noodzakelijk is, en op een zodanige wijze dat bereikt werd dat de cursus voor iedereen, met gevoel voor techniek, begrijpelijk is.

Een duidelijk inzicht wordt gegeven in de werking van een modern radio-ontvangtoestel, in het lezen van radio-technische schema's het gebruik van meetapparaten, het opsporen van fouten, enz. Bovendien geven de lessen nuttige wenken voor het localiseren en repareren van de meest optredende defecten. Verder werd aandacht besteed aan het inrichten van een service werkplaats met de daarvoor nodige apparatuur en gereedschappen.

Teneinde de cursus geschikt te maken vooral voor zelfstudie, is van elke les een korte samenvatting gegeven, waarin men de stof in gecomprimeerde vorm herhaald krijgt. Dit maakt het de cursist gemakkelijk zich de geleerde stof in het hoofd te prenten.

Ook hebben de auteurs, die in nauw contact staan met radio technische scholen, de waarde van vraagstukken maar al te goed leren kennen. Achter elke les is dan ook een aantal vragen ingelast, die de cursist bij zijn studie moet beantwoorden. Wil men nagaan of men de behandelde stof inderdaad begrepen heeft, dan is een serieuze beantwoording van deze vraagstukken noodzakelijk; zeker voor de zelfstudent.

Om het de zelf-student evenwel mogelijk te maken te controleren of zijn beantwoording van de vraagstukken juist is, werden ook de antwoorden ingelast. Om te voorkomen dat men vraag en antwoord tegelijk ziet, zijn deze antwoorden in gebonden vorm aan de cursus toegevoegd. Hoge deze cursus, geschreven door auteurs die zelf midden in de praktijk staan, voor allen, die zich voor radiomonteur willen bekwamen, of voor hen die reeds in de praktijk werkzaam zijn en hun theoretische en praktische kennis willen opfrissen, een leidraad bij hun studie zijn. Dan weten de auteurs zich beloofd voor het vele, vele werk dat de samenstelling van deze inderdaad praktische radiocursus eiste.

INHOUD

A.. ELECTRICITEIT

LES	HOOFDSTUK	TITEL
1	1	Wat is een atoom?
	2	Waaruit bestaat een atoom?
	3	Wat is een elektrische stroom?
	4	Spanning, stroom en weerstand
	5	Verband tussen spanning, stroom en weerstand. Wet van Ohm.
	6	Soortelijke weerstand.
	7	Warmteontwikkeling en vermogen.
	8	Invloed van de temperatuur op de weerstand (temperatuurscoëfficiënt)
2	9	Constructies van weerstanden a. Koolweerstanden b. Draadweerstanden c. N.T.C. weerstanden
	10	Serieschakeling van weerstanden.
	11	Constructies van potentiometers.
	12	Parallelschakeling van weerstanden.
3	13	Elementen.
	14	Lood-accumulator. a. Werking b. Constructie c. Onderhoud
	15	Schakelingen van elementen a. Serieschakeling b. Parallelschakeling c. Gemengde schakeling d. Oppositieschakeling
	16	Magnetisme
	17.	Het magnetische veld
4	18	Electromagnetisme
	19	Spoel
	20	Spoel met ijzerkern
	21	Toepassingen van electromagnetisme a. Relais b. Elektrische schel
	22	Weekijzermeter a. Principe b1 Constructie b2 Damping b3 Schaal b4 Complete constructie
	23	Draaispoelmeter a. Principe b. Constructie

LES	HOOFDSTUK	TITEL
5	24	Het meten van stromen en spanningen. a. Het meten van stromen b. Het meten van spanningen. c. Gecombineerde spannings- en stroommeter d. Meting van meterweerstand
6	25	Wat is wisselstroom?
	26	Inductiespanning en inductiestroom.
	27	Zelfinductie.
	28	Opwekken van een wisselspanning.
	29	Maximale, gemiddelde en effectieve waarde van een wisselspanning en -stroom. a. gemiddelde waarde b. Effectieve waarde
	30	De rijwieldynamo.
	31	De 'Philishave' motor.
7	32	Faze en Fazeverschil.
	33	Gedrag van een Ohmse weerstand aangesloten op een wisselspanning.
	34	Gedrag van een spoel aangesloten op een wisselspanning.
	35	Wederzijdse inductie.
	36	Serie- en parallelschakeling van spoelen.
	37	De transformator.
	38	Wisselstroomverliezen. A. Huldeffect B. Wervelstromen C. Koperverliezen
	39	Het afschermen van spoelen.
	40	Constructie van spoelen en transformatoren. A. H.F. spoelen en transformatoren a. Spoelkoker b. Wikkeling c. De kern d. De afscherming B. Transformator voor lage frequenties
8	41	Capaciteit.
	42	Schakelingen van condensatoren. A. Parallelschakeling van condensatoren B. Serieschakeling van condensatoren C. Gemengde schakeling van condensatoren
	43	Het gedrag van een condensator op een wisselspanning.
	44	Constructies van condensatoren. A. Variabele condensatoren a. De luchttrimmer b. De keramische trimmer c. De draadtrimmer d. De micatrimmer

LES	HOOFDSTUK	TITEL
8	44	B. Vaste condensatoren a. De mica condensator b. De papiercondensator c. De keramische condensator d. De electrolytische condensator e. De temperatuurcompensatie-condensator
9	45	Luchttrillingen.
	46	Het geluid.
	47	Het menselijk oor.
	48	De microfoon. a. Koolmicrofoon b. Electrodynameische microfoon c. Condensatormicrofoon d. Kristalmicrofoon
	49	De luidspreker.
	50	De koptelefoon.
 B. RADIOTECHNIEK		
10	51	Het overbrengen van geluid over een grote afstand.
	52	Het ontvangtoestel.
	53	De gemoduleerde draaggolf.
	54	De afstemkring.
	55	Het bandfilter.
11	56	Detectie (demodulatie).
	57	Enige eenvoudige ontvangers met een Germaniumdiode.
	58	Wisselstroommeters.
12	59	De radiobuis. A. Electronenemissie B. De kathode C. Voedingsbronnen voor de gloeidraad D. Buistypen E. Constructie F. Typenummering
13	60	Gelijkrichting (Voedingsgedeelte). A. Gelijkrichter voor aansluiting op wisselspanningsnetten. B. Afvlakking C. Gelijkrichter voor aansluiting op gelijk- en wisselspanningsnetten.
	61	Detectie.
14	62	De triode.
	63	De inwendige weerstand van een radiobuis (R _i).
	64	De steilheid van een radiobuis (S).
	65	De versterkingsfactor van een radiobuis (u)
	66	Wet van Barkhausen.

LES	HOOFDSUK	TITEL
14	67	Het versterken van wisselspanningen met behulp van een radiobuis.
15	68	L.F. versterking. A. De koppeling B. De anodevoeding C. Negatieve roosterspanning D. Volumeregeling
	69	Eindversterking.
	70	Aanpassing.
16	71	L.F. versterker met weerstandskoppeling.
	72	Smoorspoelkoppeling.
	73	Transformatorkoppeling.
	74	Penthode als L.F. versterker.
	75	De penthode als eindbuis.
	76	Schemabespreking.
	77	Practische wenken. A. Brom B. Microfonie
17	78	De triode als oscillator.
	79	H.F. Versterking.
18	80	De service-oscillator.
	81	De Philips service-oscillator GM 2884.
	82	De Philips service-oscillator GM 2883/02.
19	83	De H.F. versterker voor meerdere golfbereiken
	84	De golfbereikschakelaar.
	85	Fading of sluiering.
	86	Fading compensatie of automatische versterkingsregeling (A.V.R.).
	87	Vertraagde automatische versterkingsregeling.
	88	Bromcompensatie.
	89	Schemabeschrijving.
20	90	Het universeel meetapparaat GM 4257. 1. De mogelijkheden. 2. Mechanische opbouw. 3. Electriche opbouw.
	91	De universele meetbrug 'Philiscop' a. Principe van de brug van wheatstone b. De 'Philoscop' GM 4144.
21	92	Principe van de superheterodyne ontvanger.
	93	De mengtrap.
	94	Schakelingen van mengbuizen. A. Triode-hexode en triode-heptode B. Heptode mengbuis.

LES	HOOFDSTUK	TITEL
21	95	Gegevens van mengbuizen. a. Mengsteilheid. b. Conversieversterking.
22	96	De duisvoltmeter.
	97	De Moullin voltmeter.
	98	GM 7635.
	99	Practisch gebruik van de GM 7635.
	100	De versterkervoltmeter GM 6005.
23	101	Een ontvangtoestel met 3 frequentiebereiken.
	102	L.F. tegenkoppeling.
	103	Compleet L.F. deel van een ontvanger.
24	104	Een tweede functie van de A.V.R.
	105	Bandspreiding.
	106	Ontvanger met bandspreiding. 1. De Colpittsschakeling 2. Parallelschakeling van S29 resp. S30
25	107	De voeding van net ontvangtoestel. a. Wisselstroomvoeding b. Gelijkstroom/wisselstroomvoeding c. Accuvoeding d. Batterijvoeding e. Batterij- en wisselstroomvoeding
	108	Afstemindicator. a. De afstemindicator, bekend onder de naam 'Magisch oog'. b. De afstemindicator DM 71
26	109	De toongenerator.
	110	De Philips toongenerator GM 2307.
	111	De Philips toongenerator GM 2315.
27	112	Het afregelen (trimmen) van een ontvanger. I M.F. kringen II Oscillator- en H.F. kringen III H.F. kringen met raamantenne IV H.F. kringen met 'Ferroceptor' antenne V M.F. antennefilter
	113	Trimvoorschrift van de superneterodyne-ontvanger van fig. 11.
28	114	Storingsonderzoek.
	115	De Philips signal-tracer GM 7628.
29	116	Een complete superneterodyne ontvanger.
	117	Het meten van de trapversterkingen.
30	118	Beschrijving van een superheterodyne ontvanger voor wisselstroomvoeding.

LES	HOOFDSTUK	TITEL
30	119	Het meten van de trapversterkingen.
31	120	Een luxe superheterodyne-ontvanger met balans-eindtrap. a. H.F. - en mengtrap b. M.F. trap c. A.V.R. - schakeling d. De volume- en toonregeling e. Balans-eindtrap + fase-omkeerschakeling f. Voeding g. Spanningen en stromen h. Het meten van de trapversterking
32	121	Frequentie-modulatie. 1. De frequentie-detector of discriminator 2. De amplitudebegrenzer 3. De M.F. - versterktrap 4. De antenne
33	122	Beschrijving van een gecombineerde AM/FM ontvanger. A. Beschrijving van het MF-gedeelte B. Beschrijving van het AM-gedeelte C. Het afregelen van de ontvanger
34	123	De electronenstraal-oscillograaf.
	124	De Philips electronenstraal-oscillograaf GM 5655/01.
35	125	Een toepassing van de electronenstraal-oscillograaf.
	126	De Philips frequentie-modulator GM 2886.
	127	Visuele controle van de afstemkromme.
36	128	De gramfoonplaat.
	129	Gramfoonopnemer of pick-up a. De electro-magnetische pick-up b. De electro-dynamische pick-up c. De kristal pick-up
	130	De elektrische gramfoon.
37	131	Mechanische constructies in ontvangtoestellen. a. Materiaaleisen en toleranties b. Levensduur c. Dode gang d. Contacten e. Smeermiddelen
	132	Luidsprekerreparaties.
	133	Het repareren van de golfbereikschakelaar.
	134	Het repareren van nouten radiokasten.
	135	Schaalaandrijving.

LES	HOOFDSTUK	TITEL
38	136 137	Resumerend overzicht van de storingsdeterminatie. Netstoringen.
39	138 139 140	Inrichting van de werkplaats. Meubilair van de werkplaats. Verlichting van de werkplaats.
40	141	Gereedschappen.
41	141	Gereedschappen (voortzetting).
42	142 143 144	De elektrische inrichting van de werkplaats. a. De antenne b. Aardleiding c. Maatregelen tegen netstoringen d. Elektrische inrichting van de werktafel voor radioreparaties Wenken voor de veiligheid en gezondheid in de werkplaats. Eerste hulp bij ongelukken.

ALPHABETISCHE INDEX

	LES	Blz.
Aanpassing	15	7
Aanpassingstransformator	15	7
	16	4
Aanpassingsweerstand	15	7
Aardleiding	42	5-6
Accoustische terugkoppeling	8	14
Accumulator	3	4-8
Accuvoeding	12	5
	25	3
Afbuiggevoeligheid	34	9
Afbuigplaten	34	3-4
Afknijpspanning	14	4
Afregelen van een FM-ontvanger	33	8-9
Afregelen van kringen	27	1-8
Afschermen	7	11-12
Afscherming	7	14
	17	5
Afstemcondensator	8	13
Afstemindicator	25	8-12
	33	6
Afstemindicator DM 71	25	12
Afstemindicator EFM1	26	7
Afstemindicator EM34	25	10-11
Afstemkring	10	6-19
Afstemscherpte	25	8
Afvlakfilter	13	5-6
Afvlakking	13	5-7
AM/FM-ontvanger	33	1-8
Ampère	1	7
Ampèremeter	5	10
Ampère-windingen	4	6
Amplitude	6	11
Amplitude-begrenzer	32	10-11
	33	5
Amplitude-begrenzing	32	8, 10-11
Amplitude-modulatie	10	1
	11	1
	32	1-2
Anion	3	1
Anker	6	16
Anode	3	1
	12	1, 6
Anode batterij	3	3, 11
Anodedetector	22	2-3
Anodedissipatie	15	8
Anode-rooster capaciteit	17	3-4
Anodespanning	14	2
Anodestroom	14	2
Anodevoeding	15	2
Antenne	32	11-16

	LES	blz.
Antenne-aanleg	42	1-5
Antennefilter (MF)	23	5-6
	27	7
Antenne-isolator	42	2
Antennekoppeling, capacitieve-	11	7
	23	5
Antennekoppeling, inductieve-	11	7
	23	5
Antidromwikkeling	19	13
Atoom	1	2-4
Avegaar	41	13
A.V.R.	19	7-12
	24	1-3
A.V.R. spanning, controle van-	28	5
Automatische versterkingsregeling	19	7-12
	24	1-3
Autoradio	25	5-6
Autotransformator	11	14
B		
Backlash	8	14
Balaansschakeling	31	8-11
Bandbreedtemeting	35	9
Bandbreedteregeeling	31	3
Bandfilter	10	17-19
Bandmicrofoon	9	6
Bandspreiding	24	3-6
Bankschroef	41	8
Barkhausen, wet van -	14	8
Basissnakelaar	23	12
	31	5
Basterdvijl	41	1
Batterij	3	10
Batterij, droge-	3	2-3
Batterij- en wisselstroomvoeding	25	6-7
Batterijvoeding	12	5
	25	6
Beaume	3	7
Beampower buis	16	7
Bevestiging van spoelen	7	15
Binnencentrering	9	10-11
	37	5
Blikschaar	41	11
Blokvijl	41	1
Boorkop	41	3-4
Boormachine	41	3-4, 12
Boormachine, borst-	41	3
Boormachine, elektrische hand-	41	12
Boormachine, elektrische tafel-	41	4
Boormachine, hand-	41	3

	LES	Blz.
Brandblussers	42	12
Brom	12	6
	16	9
	29	1
	31	13
Bromcompensatie	19	12-13
Brug van Wheatstone	20	9-10
Buffercondensator	13	3
Buidelement	3	3
Buigtang, platte-	40	12
Buigtang, ronde-	40	12
Buisvoltmeter	22	1-10
Buisvoltmeter GM 7635	22	5-9
Buitencentrering	9	10-11
Cag	17	3-4
Capaciteit	8	1-5
Capaciteit, eenheid van -	8	3
Capaciteitsmeting	20	6-7, 11
Capacitieve antennekoppeling	23	5
Cascade-ontvanger	10	3
	21	1
Cathode follower	22	8
Centerboren	41	13
Centerpons	41	2
Centrering van luidspreker	9	9-10
Centrifugale kracht	1	4
Collector	6	16
Colpitts-oscillator	17	3
	24	7-10
	31	3
Combinatietang	40	4
Compounderen	7	17
Condensator	8	2-20
Condensator, afstem-	8	13
Condensator, doos-	8	17
Condensator, electrolytische-	8	18-19
	13	7
Condensator, keramische-	8	18
Condensator, papier-	8	17
Condensator, persblok-	8	17
Condensator, rolblok-	8	17
Condensator, schuif-	8	14-15
Condensator, temperatuurcompensatie-	8	19-20
Condensator, trimmer-	8	15-16
Condensator, variabele-	8	13-16
Condensator, vaste-	8	17-19
Condensatoraanrijving	37	15

	LES	Blz.
Condensator op een wisselspanning	8	8-11
Contacten	37	3
Contactlippen, stator-	37	11-12
Contactstukken, rotor-	37	10-11
Conusmal	37	7
Conversiesteilneid	21	11
Conversieversterking	21	11
Coulomb	1	6
	8	3
Cycles per seconde (s/c)	6	10
Cylindrische wikkeling	7	14
Dassenklem	40	11
Demodulatie	11	1-5
Demping van een meter	5	3, 9
Dempingskamer	5	2-3, 5
Dempingsvleugel	5	2-3, 5
Dempingswikkeling	5	10
Detectie	11	1-5
	13	9-11
Detector	10	3
	29	5
Detector, anode-	22	2-3
Detector, diode-	19	8
Diameter	1	9
Dielectriciteitsconstante	8	4
Dielectricum	8	4
Diode	12	1, 6
	13	9
Diodedemping	23	2
Diodedetectie	13	9 11
Diodedetector	19	8
	29	5
Diode karakteristiek	12	7
Dipool antenne	32	16
Discriminator	32	3, 5- 10
Discriminatorkromme	33	4-5
Dode gang	37	3
Doofspanning	34	8
Doorslag	41	2, 16
Doorslagspanning	34	8
Doorsnede	1	9
Doorverbindingen, rotor-	37	10-11
Dooscondensator	8	17
Dopsleutels	40	13
Dopsleutel voor electrolytische condensatoren	40	8
Draadpotentiometer	2	9

	LES	Blz.
Draadsnijden	41	6, 15-16
Draadstripper	40	12
Draadtrimmer	8	16
Draadweerstand	2	3-4
Draadweerstand, geëmailleerde-	2	4
Draadwijzer	5	3
Draaggolf	10	1, 4
Draaicondensator	8	13
Draaispoelmeter	5	5-10
	11	8
Draaispoeltje	5	7-8
Drie-diodenschakeling	31	4-5
Drievinger-regel	6	9
Dubbelfasige gelijkrichter	13	9-10
	11	1-4, 7
Duodiode-pentnode	30	3
Duodiode-triode	14	2
	15	10
Dynamische karakteristieken	14	9
Dynamische steilheid	14	11
Dynamisch storingsonderzoek	28	1-2
Dynamo	6	7, 14
Edelgasveiligheid	42	5
Eenknops afstemming	17	6
Effectieve waarde (van wisselstroom of spanning)	6	12
Ei-isolator	42	2
Eigen capaciteit	7	14
Eindbuis	15	6
	16	6
Eindversterking	15	5-6
	16	6
Electrische schel	4	10
Electrische stroom	1	5
Electro-dynamische luidspreker	9	9-11
Electro-dynamische microfoon	9	4, 6-7
Electro-dynamische pick-up	36	5
Electrolyse	3	1
Electrolytische condensator	8	18-19
	13	7
Electrolytische condensator, meten van een-	20	13-14
Electromagneet	4	7
Electromagnetische demping	5	9-10
Electromagnetische pick-up	36	3-5
Electromagnetisme	4	4
Electromotorische kracht	1	5
Electron	1	3-4

	LES	Blz.
Electronenemissie	12	1-4
Electronenstraalouis	34	2-5
Electronenstraal-indicator	25	8-10
Electronenstraal-oscillograaf	34	1-13
	35	1
Electronenstraal-oscillograaf, GM 5655/0'	34	11-13
Electronenstroom	1	5
Element	3	2
Element van Leclanche	3	2
Elementen, gemengde schakeling van-	3	11
Elementen, oppositieschakeling van-	3	12
Elementen, parallelschakeling van-	3	11
Elementen, serieschakeling van-	3	10-11
EMK	1	5
EMK van inductie	6	4-5
EMK van zelfinductie	6	6
Enkelfasige gelijkrichter	11	9
	13	1-2, 8-9
Enneode	32	8
Fading	19	5-7
	24	1
Fading compensatie	19	7-12
Farad (F)	8	3
Fase	6	12
	7	1-2
Fasedetector	32	8-10
Fase-omkeerbuis	31	12-13
Fase-omkeertrap	31	11-13
Fasevariatie	32	7
Faseverschil	7	1-2
Faseverschuiving	7	1-2
'Ferroceptor'-antenne	27	6
Figuurzaag	41	15
Fitting-schroevendraaier	40	6
Fluitfilter	31	7
Flux	4	4
Focuseren	34	3
Focuseringsanode	34	3
Formeren van een condensator	20	14
Frequentie	6	10
	9	2
Frequentieband	10	5
Frequentiedetector	32	5-10
Frequentie-karakteristiek	16	1
Frequentie-modulatie	10	1
	32	1-3
Frequentie-modulator	35	4

	LES	Blz.
Frequentie-modulator GM 2886	35	5-7
Frequentie-transformatie	21	1, 8
	26	2
Frequentiezwaai	32	3
Gauss	4	7
Gedempte trilling	10	8
	17	1
Geleiders	1	6
Geleidingsvermogen	1	10-11
Gelijkrichtbuis	13	1, 3
Gelijkrichter	11	2-4
	13	1-9
Gelijkrichter, dubbelfasige-	13	1-4, 7
Gelijkrichter, enkelfasige-	13	1-2, 8-9
Gelijkrichter, laad-	41	17
Gelijkrichting, dubbelfasige-	11	9-10
Gelijkrichting, enkelfasige-	11	9
Gelijkrichtkarakteristiek	11	3
	13	3
Gelijkspanningsmeting	20	4
Gelijkstroom	6	1
Gelijkstroombetaling	20	4
Gelijkstroom-voormagnetisatie	31	9
Gelijkstroom/wisselstroomvoeding	12	6
	25	1-2
Geluidsterkteregeling	15	5
Gemengde schakeling van condensatoren	8	7-8
Gemengde schakeling van elementen	3	11
Gemiddelde waarde (van wisselstroom of- spanning)	6	11
Generator	17	1
Gereedschappen	40	1-13
	41	1-17
Germanium diode	11	3
Gloedraad	12	2
Gloedraadbrom	29	1-2
Gloeispanning	12	3
Golfbereiken	10	5
	19	1
Golfbereikschakelaar	19	1-5
Golfbereikschakelaar, repareren van -	37	7-14
Golfgebieden	10	5
	19	1
Golflengte	9	2
	10	4
Graetz-schakeling	11	9-10
Gramofoon, elektrische -	36	7-8

	LES	Blz.
Gramofoonaansluiting	23	6
	36	6
Gramofoonmotor	36	7-8
Gramofoonopnemer	36	1-6
Gramofoonplaat	36	1-2
GW-voeding	12	6
	25	1-2
Hageleffect	30	2
Halfroed vijl	41	1
Halfzoet vijl	41	1
Hamer	41	2, 8
Hamerslag	40	7
Handboormachine	41	3
Handpalmregel	4	6-7
Handzaag	41	11
Harmonische	31	9
Hartley-oscillator	17	3
	24	7
Heenslag	34	5
Hefboom-kniptang	41	7
Henry	6	7
heptode	21	9-10
Herz	6	10
Hexode	21	9
H.F. spoelen	7	12-16
H.F. trillingen	10	1
H.F. versterker	19	1
H.F. versterking	17	3-6
Hoofdraatspoel	7	14
Hoogfrequent	6	10
Hoogkant kruiswikkeling	7	14
Huideffect	7	10
Impedantie	10	12
Inductie, magnetische-	4	2, 7
Inductie, statische-	8	2
Inductiespanning	6	3-5
Inductiestroom	6	3-7
Inductieve antennekoppeling	23	5
Inloopgroef	36	2
Inwendige weerstand (R _i)	14	4-5
Ion	1	5
Ionosfeer	19	6

	LES	Blz.
Isolatiebeproeving	20	7
Isolator	1	6
Isolator, antenne-	12	2
Kanaal	10	5
Karakteristieken van een radiobuis	14	2-3
Kathode	3	1
	11	3
	12	1-5
Kathodekoppeling	22	8
Kathodestraaloscillograaf	34	1-13
	35	1
Katnodestraaloscillograaf GM 5655/01	34	11-13
Kathodeweerstand	15	3
Kation	3	1
Keelspiegel	40	8
Keramische trimmer	8	16
Kilo-Herz (kHz)	6	10
Kilo-ohm	1	7
Klankbord	9	11
Klankverstrooier	9	11
Klasse A-instelling	31	10
Klasse AB-instelling	31	11
Klasse B-instelling	31	11
Klauwhamer	41	2
Klauwplaten	41	8
Klemspanning	3	9
Kneep	12	9
Knijptang	41	15
Koevoetje	41	17
Kompas	4	1
Koolkamer	9	4
Koolmicrofoon	9	4-6
Koolpotentiometer	2	7-8
Koolweerstand	2	1-2
Koolweerstand, standaardreeks-	2	2
Koperverliezen	7	11
Kopknijptang	40	12
Koppelcondensator	15	1-2, 6
Koppeling, kritische-	10	18-19
Koppeling, onderkritische-	10	18-19
Koppeling, overkritische-	10	18-19
Koptelefoon	9	11-13
Kortsluiting	3	9
Kortsluitstroom	3	9
Koubeitel	41	3
Kraakstoringen	38	4-5
Krachtlijnen	4	3-5

	LES	Blz.
Krachtstroom	4	4
Kraspen	41	10
Kristaldetector	11	3
Kristalmicrofoon	9	4, 8
Kristalontvanger	11	6, 8
Kristal-pickup	36	5
Kunstantenne	18	3, 7
Kwadratische schaal	5	4
Kwaliteitsfactor (Q)	10	15
Laag doorlaat-filter	26	4
Laagfrequent	6	10
Laagfrequent-versterking	15	1-5
	16	1-5
Lading	1	3
Lamellen (kern)	7	11, 17
Lange bektang	40	4
Lenz, Wet van -	5	10
L.F. generator	26	1
L.F. transformator	7	16, 18
L.F. trillingen	10	1
L.F. versterker met smoorspoelkoppeling	16	2-3
L.F. versterker met transformatorkoppeling	16	3-4
L.F. versterker met weerstandskoppeling	16	1-3, 5
L.F. versterking	15	1-5
	16	1-5
Lineaire schaal	2	8
	5	4
Liniaal, stalen -	41	16
Litzedraad	7	10
Logaritmische schaal	2	8
Loodaccumulator	3	4-6
Lopercontact van potentiometer	2	7-8
Lorentz-kracht	5	6-7
	9	9
Luchtdemping	5	2-3
Luchttrimmer	8	15
Lucht-zuurstof-element	3	4
Luidspreker	9	9-11
Luidsprekerreparaties	37	4-7
Luidsprekertransformator	15	7
	16	4
Magisch oog	25	8
Magneet	4	2
Magneet, permanente-	4	3
Magneetmal	37	4

	LES	Blz.
Magnetische inductie	4	2, 7
Magnetische koppeling	7	7
Magnetische shunt	5	9
Magnetisch veld	4	3-5
Magnetische verzadiging	4	9
Magnetisme	4	1-3
Mal, 15° -	27	4
mA-meter	5	10
Maximaalschakelaar	42	8-9
Maximale waarde (van een wisselspanning of stroom)	6	10
Maxwell	4	4
Mechanische constructies	37	1-4
Meelopenoend geslengerde wikkeling	7	14
Meetapparaat, universeel -	20	1-9
Meetbrug, universele -	20	9
Meetkop GM 4575	34	12
Meetnauwkeurigheid	20	1
Meetsnoeren, rekje voor -	39	13
Megahertz (MHZ)	6	10
Megom	1	7
Membraan	9	5
Membraan-microfoon	9	6
Menguis	21	1-2, 8-11
Mengsteilheid	21	11
Mengtrap	21	4-10
Meswijzer	5	3, 5
Metaalgelijkrichter	20	9
Metten van meterweerstand	5	16
Metten van spanningen	5	13-15
Metten van stromen	5	10-13
Meterbeveiliging	20	8-9
	22	7
Meting van bandbreedte	35	9
Meting van electrolytische condensatoren	20	13-14
Meting van Ia/Vg en Ia/Va karakteristieken	14	2
Meting van trapversterking	20	3, 6
M. F. afstekromme	35	1-3
M. F. kringen	27	1-2
micatrimmer	8	16
Microfarad (uF)	8	3
Microfonie	8	14
	16	9
Microfoon	9	3-8
	36	3
Microgroef-platen	36	2
Micro-Henry (uH)	6	7
micromno	14	7
Middenfrequentie	21	1-2
Milli-Henry (mH)	6	7

	LES	Blz.
Miniaturbuisen	12	11-12
Modulatie	10	2
	21	2
Modulatiediepte	10	4
Modulatiefrequentie	18	4
Modulatorbuis	21	2
Moduleren	10	1
Moersleutel, verstelbare-	40	11
Moleculair-magneetjes	4	2
Motor	6	16-17
Moullin voltmeter	22	1-2
Naijlen	7	5
Nano-farad (nF)	8	3
Negatief	1	3
Negatieve roosterspanning	15	3
Neonbuis	18	3-4
	34	7
Netstoringen	38	6-7
	42	6-7
Nonius	41	9
Noordpool van een magneet	4	1
Noval-buisen	12	11-12
N.T.C. weerstand	2	4-5
	13	9
	25	2
Nulindicator	20	11
	26	7
Nullast	3	10
Nulpuntscorrectie	5	2
Octalhuis	12	10-11
Oersted	4	4
Ohm	1	7
Ohm, wet van	1	8
Ohm per Volt (Ω/V)	5	15
Oliekannetje	40	10
Omslagboor	41	13
Ongedempte trilling	10	7
	17	1
Ongelukken, eerste hulp bij-	42	14-18
Ontkoppelcondensator	15	4
Ontkoppeling	15	4, 9
Ontstoring	42	6-7
Oor	9	3
Oppositieschakeling van elementen	3	12

	LES	blz.
Opsinkering	24	2
Oscillator	17	1-3
Oscillator, Colpitts-	17	3
	24	7-10
	31	3
Oscillator, Hartley-	17	3
	24	7
Oscillator, inductief gekoppelde-	17	1-3
Oscillator, T.P.T.G.-	17	3
Oscillatorfrequentie	21	4-5
Oscillatorschakeling	23	3-5
Oscillatorspanning, contrôle van -	28	5
Oscillograaf	34	1
	35	1
Oscilloscoop	34	1
Oxydkathode	12	3
Padding-afwijking	21	7
Padding condensator	21	6
Padding-kromme	21	6
Parallax	5	3
Parallelkring	10	11
Parallelschakeling voor condensatoren	8	6
Parallelschakeling van elementen	3	11
Parallelschakeling van spoelen	7	7
Parallelschakeling van weerstanden	2	9-12
Pentagrid	21	10
Penthode	12	10
	16	4-5
	17	4
Penthode als eindbuis	16	6
Penthode als L.F. versterker	16	4-5
Periode	6	10
Permeabiliteit	4	7
Permeabiliteitsfactor	4	9
Persblokcondensator	8	17
Philishave	6	16-17
Philoscope GM 4144	20	9-14
Physiologische volumeregeling	23	2
	31	5
Pick-up	36	1-5
Pick-up-aansluiting	36	6
Picofarad (pF)	8	3
Piezo-electrische pick-up	36	5
Pincet	40	6
Platenwisselaar	36	9-10
Politoeren	37	14-15
Pompstengel	12	10

	LES	Blz.
Positief	1	3
Potentiometer	2	6-9
Potkern	7	14
Primaire	7	8
Proton	1	3
Puntlagering (van een meter)	5	2
Push-pull schakeling	31	8
Pijlwijzer	5	8
Pyrex-isolator	42	2
Raamantenne	27	6
Radiobuis	12	1-12
Radiogolven	10	1
Radiokasten, repareren van -	37	14-15
Rasp	41	1
Ratio-detector	32	5-8
	33	4
Rawlplug-beitel	41	14
AC-generator	26	8-9
Reactantie	7	4
Reactantie, capacitieve -	8	10
Reactantie van een spoel	7	4
Reactantiebuis	35	5
Rechtuit-ontvanger	10	3
Regelkarakteristiek	19	10, 12
Regelpenmethode	19	3
Relais	4	9
Remanent magnetisme	4	3
Remrooster	16	4-5
Rendement	31	11
Reservoircondensator	13	3
Resonantie	10	10
Resonantiefrequentie	10	9-10
Resonantiekromme	10	17
	35	1-3, 7-9
Ri	14	4-5
Rimlockdruizen	12	11-12
Rimpelspanning	13	3-4
	15	10
	19	12
Roelblokcondensator	8	17
Rondvijsl	41	1
Rooster	12	8
	14	1
Rotor	6	14
Rotor (van schakelaar)	19	2
Rotorplaten	8	13
Ruimtelading	12	2
	23	3

	LES	Blz.
Ruis	30	1-2
Rijwieldynamo	6	14-15
Schaalaandrijving	37	15
Schaalverlichtingslampje	2	4-5
	13	8-9
Schaar	40	5
Schakelaarsegment	19	2
Schakelaarvloeistof	40	9
Scheidingstransformator	27	8
	42	8
Schemabeschrijving	29	1-6
	30	1-5
	31	1-14
	33	1-8
Scherfrooster	16	4-5
	17	4
Schroefzaag	41	15
Schroevendraaier, haakse -	40	12
Schroevendraaiers	40	6
Schuifcondensator	8	14-15
Schuifmaat	1	9
	41	9
Schijnbaar vermogen	7	6
Secundaire	7	8
Secundaire emissie	16	4
Selectiviteit	10	15-17
	21	1,3
Seleencil	25	7
Seriekring	10	13
Serieschakeling van condensatoren	8	6-7
Serieschakeling van elementen	3	10-11
Serieschakeling van spoelen	7	7
Serieschakeling van weerstanden	2	5-6
Service-oscillator	18	1-9
Service-oscillator GM 2883/02	18	7-9
Service-oscillator GM 2884	18	5-7
Shunt, elektrische -	5	10
Shunt, magnetische -	5	9
Shuntweerstand	5	11
Signaalvolger	28	2
Signal-tracer GM 7628	28	2-8
Signal-tracing	28	2
Sinusvormige spanning	6	10
Skin effect	7	10
	10	8
Slagcijfers	41	17
Slagletters	41	17

	LES	Blz.
Sleutel, verstelbare -	40	11
Sleutelbuizen	12	11-12
Sleutelvijltjes	41	15
Sluiering	19	5-7
Slijpmachine	41	7
Smeermiddelen	37	3
Smooispoelkoppeling	16	2-3
Snelheidsregelaar	36	8
Snijkop	41	15-16
Soldeerbout	1	11
	40	7
Soldeerbouthouder	39	6
Soldeercontact	38	1
Soldeerspiraal	39	6
Solenoïde	4	5
Soortelijk geleidingsvermogen	1	10-11
Soortelijke weerstand	1	9
Spanning, eenheid van -	1	7
Spanningscarrousel	25	3
Spanningsdeler	2	6
Spanningsevenwicht	20	10
Spanningsgenerator, radiobuis als -	14	11
Spanningsmeter	5	13
Spanningsstabilisatie	18	3-4
Spanningstegenkoppeling	23	9-10
Spiegelaflezing	5	3
Spiegelfrequentie	21	7
Spiraalboren	41	5
Spoel	4	5-3
Spoel met ijzerkern	4	6-9
Spoel op een wisselspanning	7	3-6
Spoelmicrofoon	9	6
Spreekspoel	9	9
Stappen-potentiometer	2	9
Statische inductie	8	2
Statische karakteristieken	14	9
Stator	6	14
Stator van schakelaar	19	2
Statorplaten	8	13
Steekpasser	41	11
Steeksleutels	40	13
Steilheid	14	6
Steilheid, dynamische-	14	11
Stofbril	41	7
Stofkwast	40	9
Storingsdeterminatie	28	1-2
	38	1-6
Storingsonderzoek	28	1-2
Straling	18	2
Stroboscopische schijf	36	9

	LES	Biz.
Stroomcompensatie	22	4
Stroommeter	5	10
Stroomsterkte, eenheid van -	1	7
Stroomtegenkoppeling	23	9-11
Stroomtransformator	11	13-14
	20	4-5
Stuurrooster	12	8
	14	1-2
Subminiaturbuizen	12	11-12
Sulfateren	3	6
Superheterodyne ontvanger	21	1-4
Synchronisatie	34	8
Synchrone triller	25	4
Tafellamp, verstelbare -	39	14
Tafhouder	41	6
Tappen	41	6
Tegenfase	7	2
Tegenkoppel	5	2
Tegenkoppeling	15	4
	23	7-9
	29	2-3
Telefooncondensator	11	6
Temperatuurcompensatie-condensator	8	19
Terugslag	34	5
Testpennen	40	11
Tetrachloorkoolstof	40	9
Tetrode	17	4
Toongenerator	26	1-10
Toongenerator GA 2307	26	2-8
Toongenerator GA 2315	26	8-10
Toonregeling	16	8
	23	9-13
	31	5-7
I.P.T.G. oscillator	17	3
Transformatieverhouding	7	8
Transformator	7	8-9, 16
Transformatorkoppeling	16	3-4
Transport van apparaten	37	2
Trapversterking	24	2-3
	28	3-4
Trapversterkingsmeting	29	3-6
	30	4-7
Triller	25	3-6
Trilleromvormer	25	3
Trimdopsleutel	27	7
	40	10
Trimfrequenties	27	4-5

	LES	Blz.
Trimmer	17	6
	27	1
Trimmer, draad-	8	16
Trimmer, keramische -	8	16
Trimmer, lucht-	8	15
Trimmer, mica -	8	16
Trimmercondensator	8	15-16
Trimschroefdraaier	27	7
	40	10
Trimtransformator	18	1
	27	1
	40	11
Trimvoorschrift	27	9-10
Trimvoorschrift van F.M.-ontvanger	33	8-9
Triode	12	8
	14	1-8
Triode, dubbele -	31	12-13
Triode-heptode	21	8-9
Triode-hexode	21	8-9
Triple-diode-triode	33	5
Tijdas-generator	34	6-9
Typenummering van radiobuizen	12	12-13
Uitloopgroef	36	2
Universeel meetapparaat GM 4257	20	1-9
	38	2
Universeel meter	11	15-16
Universele shunt	5	12-13
Valproef	37	2
Vermoment	5	2
Veldsterkte	4	4
Veldsterkte, eenheid van-	4	4
Veldsterkte (bij een condensator)	8	5
Verlichting van werkplaats	39	13-14
Verliesweerstand	10	10
Vermogen, eenheid van -	1	12
Vermogen, electrisch -	1	12
Vermogen, schijnbaar -	1	6
Verstemming	23	3
Versterkbuis	14	8
Versterkervoltmeter GM 6005	22	8-10
Versterking	14	8-12
Versterkingsfactor	14	7
Vertraagde A.V.R.	19	10-12
	31	4

	LES	Blz.
Vervorming	16	1
	23	7-8
	31	9
Verzwakker	18	3
Vibrator	25	3-6
Vlakbeitel	41	7
Vliegwielaandrijving	8	14
Voeding	13	1-9
	25	1-7
	29	1
Voedingsgedeelte	13	1-9
Voedingstransformator	7	16-18
Volt	3	2
Volt-ampere (VA)	7	6
Voltmeter	5	13
Voltmeter, Moullin -	22	1-2
Volumeregeling	15	5
	23	2
Voorijlen	7	2
Vrije electronen	1	5
Vijlen	41	1, 15
Vijlenborstel	41	1
Watt	1	12
Wederzijdse inductie	7	6
Weekijzer	4	3
Weekijzermeter	5	1-5
	11	8
Weerstand	1	7
Weerstand, draadgewonden -	2	3-4
Weerstand, eenheid van -	1	7
Weerstand, kool -	2	1-2
Weerstand, N.T.C. -	2	4-5
Weerstand op een wisselspanning	7	3
Weerstand, soortelijke -	1	9
Weerstanden, codering van -	2	2-3
Weerstanden, constructies van -	2	1-4
Weerstanden, parallelschakeling van -	2	9-12
Weerstanden, serieschakeling van -	2	5-6
Weerstandskoord	2	4
Weerstandskoppeling	15	1-2, 6
	16	1-3, 5
Weerstandsmeting	20	6, 10
Wehnelt cylinder	34	3
Werkklamp, verstelbare -	39	14
Werkplaatsinrichting	39	1-14
Werkplaatsinrichting, elektrische -	42	1-9
Werktafel voor radioreparaties	39	4-5
	42	7-9

	LES	Blz.
Wervelstromen	7	11
Wet van Barkhausen	14	8
Wheatstone, brug van -	20	9-10
Wikkelmethode van spoelen	7	13-14
Windingsverhouding	7	8
Winkelhaak	41	10
Wisselspanning	6	8-14
Wisselspanningsmeter	18	1
Wisselspanningsmeting	20	4
Wisselstroom	6	1-3
Wisselstroommeters	11	8-16
Wisselstroommeting	20	5
Wisselstroomverliezen	7	10-11
Wisselstroomvoeding	12	6
Wisselstroomweerstand	7	4
Wobbler	35	4
IJzerpoederkern	7	11, 14
IJzerzaag	41	12
Zaag	41	11
Zaagtandgenerator	34	6-9
Zaagtandspanning	34	5-9
Zelfinductie	6	6
Zelfinductie, eenheid van -	6	7
Zelfinductie, variabele -	10	15-16
Zelfoscillerende mengbuis	33	3
Zender	10	1
'Zetten' van een zaag	41	11
Zoekstift	12	10
Zoetvijl	41	1
Zoetvijltje, driehoekig -	41	15
Zuidpool van een magneet	4	1
Zuurdichtheid	3	6-7
Zuurweger	3	6-7
	41	17
Zweving	31	7
Zijband	10	5
Zijsnijtang	40	4

VAN HET ELECTRON TOT DE SUPER

*Motto: Theorie zonder practijk is lam
Practijk zonder theorie is blind*

Sinds Marconi in 1896 de eerste draadloze verbinding tot stand bracht, heeft zich de radio-techniek enorm snel ontwikkeld. Naar schatting zijn op dit moment, over de gehele wereld verspreid, 170.000.000 radio ontvangoestellen in gebruik; duizenden zenders verzorgen iedere dag de radio-programma's. Met recht kan worden gezegd, dat de radio vooral in de laatste 20 jaren de wereld veroverd, zoals televisie het in de toekomst zal doen.

Het is duidelijk, dat voor het onderhoud van het miljoenenleger van apparaten technische mensen onontbeerlijk zijn, mensen die de apparaten niet alleen kunnen bedienen, maar ook zo veel inzicht in de werking van het toestel hebben, dat zij het kunnen repareren en controleren. Het repareren van een ontvangoestel is niet altijd een even eenvoudige zaak. Radio-techniek is een zeer interessant, maar ook een zeer gecompliceerd vak. Er gebeuren veel geheimzinnige dingen van de zender naar het toestel en in het toestel, waarvan men de gevolgen wel bespeurt en beluistert, maar niet ziet. Weet U bijvoorbeeld, dat tijdens het gebruik van het toestel milliarden kleine wezens, z.g. electronen, onophoudelijk in de weer zijn, om voor de goede werking van het apparaat te zorgen. Een inzicht in de werking van deze electronen is dan ook in de eerste plaats noodzakelijk, voordat met de eigenlijke radio-techniek kan worden begonnen.

We weten wel dat vele radio-ontvangers door vele monteurs worden gerepareerd, zonder dat ze dit inzicht hebben. Men verkrijgt inderdaad na geruime tijd een zekere 'feeling' waar een bepaalde fout schuilt. Indien men echter een enigszins gecompliceerd apparaat onder handen heeft, of men heeft zelfs een eenvoudiger apparaat waarbij een fout optreedt, die niet altijd voorkomt, dan komt men er alleen achter door systematisch het betreffende toestel door te meten. Dit is dan alleen mogelijk, indien men een goed inzicht in de werking van het apparaat heeft; vandaar de tweede zin van het motto dat '*practijk zonder theorie blind is*'.

Het doel van deze cursus is daarom, te trachten, U dit inzicht bij te brengen. Begonnen wordt met het electron, om via de theorie van de electriciteit, te komen op de radio-techniek. Denk dus niet, dat het begin weinig belangrijk is omdat U de electronen niet kunt zien. Juist het begin vormt de basis van de gehele electriciteits- en radioleer.

A. ELECTRICITEIT

1. Wat is een atoom?

Stel U voor, dat U een vierkant blokje koper voor zich heeft, waarvan alle zijden even lang zijn, nl. 1 cm. De inhoud van dit blokje (we noemen dit een kubus) is dus 1 cm^3 (spreek uit : een kubieke centimeter).

U neemt een scherpe beitel en splijt het blokje in 2 helften. Een van die helften splijt U weer door midden en zo gaat U steeds door. Op het laatst worden die blokjes zo klein, dat ze met het blote oog niet meer te zien zijn. Als we nu in staat waren een beitel te vinden, die oneindig scherp was, en we voorzien waren van een bril die bijv. 100.000 maal vergrootte, dan zouden wij het blokje dus ca. 100.000 maal door midden kunnen splijten. Op het laatst komen we dan aan het allerkleinste deeltje; dit deeltje kan niet meer worden gesplitst zonder dat de eigenschappen van dat deeltje veranderen (d.w.z. dat dit op dezelfde wijze de warmte en de stroom geleidt, hetzelfde smeltpunt heeft enz.). Dit allerkleinste deeltje wordt een atoom genoemd. Alle stoffen als koper, ijzer, aluminium enz. zijn opgebouwd uit deze atomen.



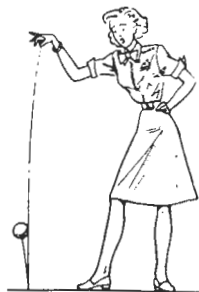
Als men een blokje van 1 cm^3 ca. 100.000 maal door midden splijt, verkrijgt men het kleinste deeltje - het atoom

fig. 1

Om een indruk te geven hoe klein dit atoom is diene het volgende voorbeeld:

Als we een regendruppel 2000 miljoen maal zouden vergroten tot de afmetingen van de aarde, dan zou het atoom met dezelfde vergroting zo groot zijn als een voetbal.

De onderlinge afstand van de atomen bedraagt ongeveer 10x hun diameter, zodat men het eigenaardige feit heeft, dat bijvoorbeeld een koperen staaf voor het grootste gedeelte uit een tussenstof bestaat en voor het kleinste gedeelte uit het koper zelf. Men zou zich wellicht af kunnen vragen hoe het komt, dat deze staaf niet uit elkander valt in allemaal kleine atomen. Tussen de atomen bestaat echter een zeer sterk verband (bekend onder de geleerde naam adhesie), dat voor een zeer sterke binding zorgt. Dat er ruimte tussen de atomen bestaat kan men echter eenvoudig demonstreren door een metalen kogel op een stenen vloer te laten vallen. Men ziet dan, dat deze kogel terug stuit, hetgeen het gevolg is van de verende werking van de tussenstof tussen de atomen.



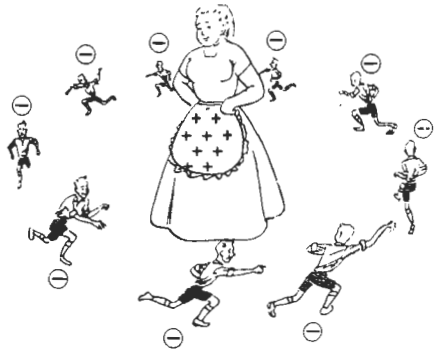
Elk materiaal is elastisch.

fig. 2

2. Waaruit' bestaat een atoom ?

Als we nu dit atoom met een nog grotere bril zouden kunnen bekijken, zouden wij duizelig worden van hetgeen we zouden zien: een hollen, draaien en wentelen van nog kleinere deeltjes om een kern. Het is net een dikke moeder, waar omheen haar kroost krijgertje speelt en ze elkander nooit krijgen. Technisch gesproken, worden die kinderen de *electronen* genoemd en de moeder de kern of het *proton*. Deze *electronen* zijn de kleinste voorkomende hoeveelheden electriciteit;

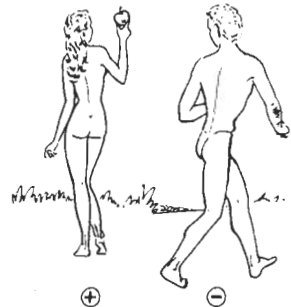
men noemt dit een lading. Men heeft berekend, dat deze kern een ca. 100 duizend maal kleinere doorsnede moet hebben dan het atoom zelf. Het *electron* is nog weer 1000 maal kleiner zodat het er eigenlijk or neer komt, dat zich in het atoom bijna niets bevindt.



Een atoom bestaat uit een positieve kern, waar omheen de negatief geladen electronen wentelen

fig. 3

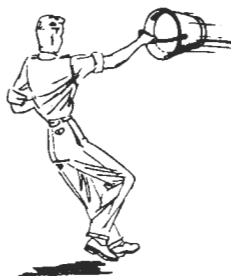
De kern bezit eveneens een of meer ladingen electriciteit, die echter van natuur tegengesteld is aan die van de *electronen*. Franklin die o.a. bekend is als de uitvinder van de bliksemafleider, kenmerkte dit verschil in karakter door hen negatief (het *electron*) en positief (de kern) te noemen. Nu is het een feit, dat reeds vanaf de schepping van Adam en Eva verschillende wezens elkander aantrekken en gelijke wezens elkander afstoten. Zo is het ook met de elektrische ladingen gesteld. De negatieve *electronen*, die dus allen dezelfde lading bezitten stoten elkander af, de *electronen* worden door de kern, die een tegengestelde lading bezit aangetrokken. Men zou nu geneigd zijn te zeggen, dat dan de kern de *electron* in het atoom geheel naar zich toe zal trekken, zodat bij aankomst op de kern het wentelen afgelopen moet zijn. Dit is niet het geval omdat deze *electronen* met grote snelheid rondwentelen en door dit wentelen een



Ongelijke ladingen trekken elkaar aan.

fig. 4

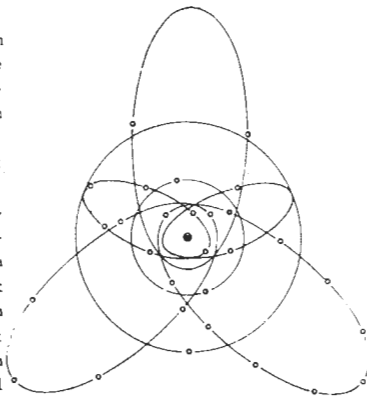
kracht naar buiten gericht krijgen (z.g. centrifugale kracht). Deze kracht is zo groot, dat ze juist de aantrekkende kracht van de kern compenseert. - U kunt deze naar buiten werkende kracht gedemonstreerd zien, door een emmer met water te vullen en deze snel rond te slingeren. U zult dan het merkwaardige feit zien, dat het water niet uit de emmer loopt ondanks het feit, dat de emmer horizontaal is gedurende het slingeren.



Zo ziet U de werking van de centrifugale kracht.

fig. 5

Komen wij thans terug op het atoom. Dit bestaat dus steeds uit een positief geladen kern met daar omheen een of meer wentelende electronen. De samenstelling van dit electronenbeeld is voor elke stof verschillend. Zo heeft bijvoorbeeld waterstof de eenvoudigste constructie: een electron om een kern. Bij koper wentelen 29 electronen om de kern; bij zilver 47 electronen en bij uranium het grootste aantal nl. 92. Bij de meeste stoffen bewegen deze electronen zich in verschillende banen om de kern; (bij koper heeft men bijv. om de kern een ringvormige baan met 2 electronen, daar omheen twee ellipsvormige banen met totaal 8 electronen, daar omheen drie ellipsvormige banen met elk 6 electronen en tenslotte een cirkelvormige baan met 1 electron). Zo heeft elk atoom zijn eigen samenstelling. Ook hier gaat het spreekwoord op: de kleren maken de man. Men vergelijkt het atoom wel eens met een ui, die voorzien is van verschillende lagen of schillen. Bij een atoom spreekt men inderdaad van een schil-constructie.



Bij koper wentelen 29 electronen om de kern.

fig. 6

Aangezien de kern steeds een zodanige lading bezit, dat hij de ladingen van de electronen neutraliseert, is het atoom in normale omstandigheden neutraal.

Nu wordt in bepaalde materialen een of meer electronen niet zo sterk door de kern gebonden als de andere electronen. In dat geval zal het soms gelukken om er een electron af te plukken, zodat het dan als een losse negatieve lading gaat zwerven. Het atoom dat dit electron kwijt raakt, is dan echter echter haar electrisch evenwicht kwijt; immer was in neutrale toestand de positieve lading van de kern gelijk aan de totale negatieve lading van de electronen. Valt er nu een electron af, dan wordt de totale negatieve lading klei-

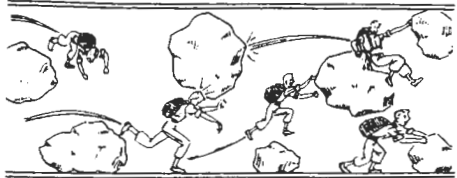
ner dan de positieve lading van de kern, zodat het atoom een positief karakter verkrijgt. Men spreekt dan van een positief ion. Een positief ion is, dus een atoom met een tekort aan electronen.

Bekijken we nu een draad koper.

Deze draad bestaat dus uit atomen, die weer opgebouwd zijn uit een kern met electronen.

Nu liggen deze atomen niet mannetje aan mannetje tegen elkaar, integendeel tussen die atomen bevindt zich een ruimte die gemiddeld 10 maal groter is dan de diameter van de atomen zelf. Een electron, dat nu bijvoorbeeld onder invloed van een andere atoom zich losgerukt heeft van zijn eigen atoom, zal nu gaan zwerven, kris kras tussen de atomen door.

Soms komt het op een ander atoom terecht, soms botst het zodanig tegen een atoom, dat daardoor een ander electron vrij komt. Het hangt nu van de constructie van het materiaal af of er veel van die zwervende electronen aanwezig zijn tussen de atomen of weinig. Het zijn deze zwervende electronen, de z.g. vrije electronen, die voor het electriciteitstransport zorgdragen.



b

- a. Bij een geleider zwerven veel vrije electronen tussen de atomen door;
- b. Bij een isolator zijn bijna geen vrije electronen.

fig. 7

3. Wat is een elektrische stroom?

Zolang de koperdraad aan zichzelf wordt overgelaten, zwerven de vrije electronen tussen de atomen van die draad, maar komen niet van het materiaal af. Sluiten wij echter deze draad op een batterij aan, die een negatieve pool en een positieve pool bezit, dan zullen de vrije electronen in de draad onder invloed van de stuwkracht, die de batterij uitoefent, in de richting van de positieve pool gestuwd worden. Deze stuwkracht, welke bij een batterij de 'electromotorische kracht' wordt genoemd (afgekort E.M.K.) wordt uitgedrukt in volts. Hierop komen wij nog in les No. 3 terug.

Tengevolge van deze electromotorische kracht heeft er dus een electronenverplaatsing in de koperdraad plaats.

Deze electronen-verplaatsing noemt men een electronenstroom of elektrische stroom.

Men kan deze electronenstroom aantonen door tussen de draad en een van de polen van de batterij een stroommeter te plaatsen.

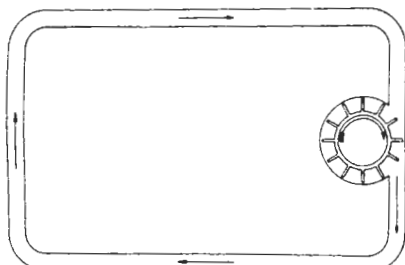
Een volkomen analogisch voorbeeld ziet men bij de verplaatsing van water. In fig. 8 heeft men een gesloten kanalenstelsel waarin zich water bevindt. Zolang er op dit water geen uitwendige invloed wordt uitgeoefend, gebeurt er niets met dit water. Brengt men echter in een van deze kanalen een schoepenrad aan, dat met een motor is gekoppeld, dan verkrijgt men een verplaatsing van het water op dezelfde wijze als met de vrije electronen in de koperdraad.

Men heeft ook materialen, bijvoorbeeld pertinax, gummie enz. waarbij de atoomconstructie zodanig is, dat er praktisch geen vrije electronen kunnen ontstaan; dus waarbij de electronen in de banen om de kern zodanig door de kern worden vastgehouden, dat ze zich niet uit de baan kunnen losrukken. Het zal duidelijk zijn, dat bij een dergelijk materiaal weinig electronenverplaatsing plaats heeft, ondanks het aanbrengen van een stuwkracht. Men noemt dergelijke materialen slechte geleiders of ook wel isolatoren. De materialen als koper en zilver, waarin juist zeer gemakkelijk electronenverplaatsing optreedt noemt men goede geleiders.

4. Spanning, stroom en weerstand.

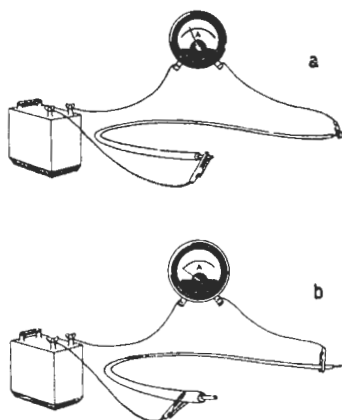
Zoals men waterstroom in een bepaalde maat kan uitdrukken nl. in liters per seconde, zo zou men ook de electronenstroom (of elektrische stroom) in het aantal electronen per seconde kunnen uitdrukken. Aangezien de lading van het electron de kleinste hoeveelheid electriciteit is, zou dit in de practijk tot dwaze grote getallen voeren.

Men heeft daarom de eenheden Coulomb en Ampere ingevoerd. De coulomb drukt een hoeveelheid electriciteit uit, ze is nl. gelijk aan



Voor de verplaatsing van water heeft men een stuwkracht nodig. Zo is het ook bij electriciteit.

fig. 8



- Sluit men de stroombron via een meter op de kerndraad aan, dan slaat de meter uit. Er loopt dus stroom.
- De isolatie van de draad geleidt de stroom practisch niet en de meter slaat dus niet uit.

fig. 9

ca. 6,3 miljoen x miljoen x miljoen electronen. Een Ampere is de eenheid van stroomsterkte d.w.z. de hoeveelheid electronen per seconde, in dit geval een hoeveelheid van 1 Coulomb per seconde. Omdat een Ampere voor vele doeleinden een te grote maat was, heeft men bovendien de begrippen milli-ampere (mA) en micro-ampere (μA) ingevoerd.

$$1 A = 1000 mA = 1.000.000 \mu A \text{ of}$$

$$1 mA = 1/1000 A = 1000 \mu A$$

Uit het feit dat de samenstelling van de diverse materialen verschillend is, volgt, dat de electronen op hun weg in het ene materiaal meer tegenstand ondervinden dan in het andere. Men noemt dit in de electriciteit de weerstand. In een geleider waarin, zoals wij reeds gezien hebben, vele vrije electronen aanwezig zijn en waardoor bij een bepaalde stuwkracht of E.M.K. een grote electronen-verplaatsing optreedt, zal de weerstand gering zijn; bij een isolator, daarentegen, zal bij dezelfde stuwkracht het aantal electronen, dat zich per seconde verplaatst, zeer gering zijn; dit komt dus hierop neer, dat de isolator een zeer grote weerstand bezit. Deze weerstand drukt men uit in Ohm (Ω) (Ω is de Griekse hoofdletter omega). Aangezien men in de practijk o.a. met materialen te doen heeft, die een zeer grote weerstand bezitten, is de Ohm soms een te kleine maat, zodat men ook de grootheden kilo-ohm en megohm heeft ingevoerd.

$$1 \text{ kilo-ohm} = 1 k\Omega = 1000 \Omega ;$$

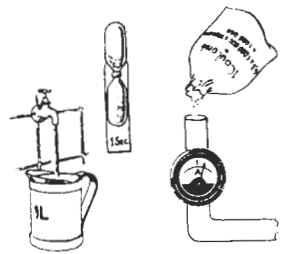
$$1 \text{ megohm} = 1 M\Omega = 1000 k\Omega = 1.000.000 \Omega$$

De eenheid van E.M.K., dus van de stuwkracht, is de Volt (afgekort V). De Volt is nu de stuwkracht die nodig is, om in een stroomkring met een weerstand van 1Ω een stroomsterkte van 1 A op te wekken.

5. Verband tussen spanning, stroom en weerstand.

Wet van Ohm

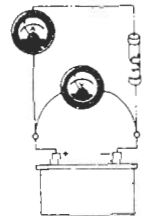
Wij sluiten nu een draad met een bepaalde weerstand aan op een batterij met een E.M.K. van 1,4 V, in serie met een stroommeter. Bij een bepaalde weerstand van deze draad wijst de stroommeter bijvoorbeeld een waarde van 0,1 A aan. Gaan we nu de druk op de electronen verhogen d.w.z. vergroten wij de E.M.K. van de batterij bijv. tot 2,8 V, dan zal men de stroommeter zien uitslaan tot 0,2 A. Het blijkt dus, dat bij een bepaalde weerstand een 2x zo hoge spanning een 2x zo grote stroomsterkte tot gevolg heeft. Herhalen wij dit proces voor verschillende spanningen, dan zal men steeds bij dezelfde weerstand een evenredig grotere of kleinere stroom meten.



De stroomsterkte van 1 A is de hoeveelheid electronen van 1 Coulomb per sec.

fig. 10

Uit het feit dat de samenstelling van de diverse materialen verschillend is, volgt, dat de electronen op hun weg in het ene materiaal meer tegenstand ondervinden dan in het andere. Men noemt dit in de electriciteit de weerstand. In een geleider waarin, zoals wij reeds gezien hebben, vele vrije electronen aanwezig zijn en waardoor bij een bepaalde stuwkracht of E.M.K. een grote electronen-verplaatsing optreedt, zal de weerstand gering zijn; bij een isolator, daarentegen, zal bij dezelfde stuwkracht het aantal electronen, dat zich per seconde verplaatst, zeer gering zijn; dit komt dus hierop neer, dat de isolator een zeer grote weerstand bezit. Deze weerstand drukt men uit in Ohm (Ω) (Ω is de Griekse hoofdletter omega). Aangezien men in de practijk o.a. met materialen te doen heeft, die een zeer grote weerstand bezitten, is de Ohm soms een te kleine maat, zodat men ook de grootheden kilo-ohm en megohm heeft ingevoerd.



De Volt is de stuwkracht, die nodig is, om in een stroomkring met een weerstand van 1Ω een stroomsterkte van 1 A op te wekken.

fig. 11

Een zelfde verschijnsel ziet men als de E.M.K. van de batterij dezelfde blijft, doch nu de lengte van de draad wordt veranderd. Gaan we weer uit van het voorgaande voorbeeld:

bij 1,4 V een stroomsterkte van 0,1 A en maken wij nu de draad de helft korter, dan zal men de stroommeter weer tot 0,2 A zien uitslaan. Dit is vrij logisch, aangezien door de kortere lengte van de draad de electronen over een kortere afstand een weerstand hebben te overwinnen, zodat dit eigenlijk op een in totaal kleinere weerstand neer komt. Zouden wij de draad in plaats van de helft verkorten 2x zo lang maken, dan ziet men daarentegen de meter minder uitslaan nl. tot 0,05 A. Nu is immers de weg voor de electronen 2x zo lang geworden zodat ook de tegenstand, die ze hebben te overwinnen d.w.z. de weerstand, 2x zo groot is. Ook hierbij ziet men dus weer een vast verband tussen de stroomsterkte en de weerstand bij een bepaalde E.M.K. Bij dezelfde E.M.K. had een 2x grotere weerstand een 2x kleinere stroomsterkte tot gevolg. Men kan dit verband op de volgende wijze neerschrijven:

$$\text{stroomsterkte} = \frac{\text{E.M.K.}}{\text{weerstand}}$$

$$\text{of } I = \frac{E}{R} \quad (1)$$

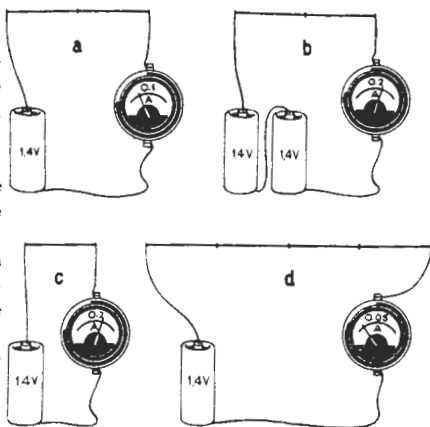
In de laatste vorm zijn de letters I, E en R de symbolen voor stroomsterkte, spanning en weerstand. Het verband in deze formule uitgedrukt, noemt men de wet van Ohm.

Men kan deze formule natuurlijk ook op een andere wijze schrijven nl.

$$E = I \times R \quad (2) \text{ en}$$

$$R = \frac{E}{I} \quad (3).$$

Indien men van een bepaalde stroomkring twee grootheden weet, kent men dus ook de derde.



- a. Bij een draad van 2 lengtes vloeit bij 1,4V een stroom van 0,1 A;
 b. Voor dezelfde draad wordt de stroomsterkte 2x zo groot als de E.M.K. 2x zo groot is;
 c. Kort men de draad in tot 1 lengte dan wordt de stroomsterkte bij 1,4 V 0,2 A en
 d. maakt men de draad 4 lengtes lang dan wordt de stroomsterkte 4x kleiner dus 0,05 A.

fig. 12

Voorbeeld:

- a) Op een batterij van 90 V is een weerstand van 900 Ohm aangesloten. Volgens formule (1) weet men dus nu onmiddellijk de stroomsterkte nl. $90 : 900 = 0,1$ A.
- b) In een stroomketen vloeit een stroom van 10 mA door een weerstand van 100 Ohm. De spanning over die weerstand bedraagt nu, volgens formule (2) :

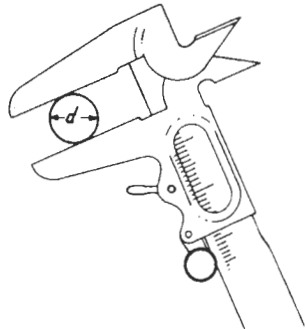
$$EMK = \frac{10}{1000} \times 100 = \frac{1000}{1000} = 1 \text{ V}$$

- c) Op een gloeistroombatterij met een E.M.K. van 1,5 V is de gloeidraad van een batterijbuis aangesloten in serie met een stroommeter. De meter wijst een stroomsterkte aan van 100 mA = 0,1 A. Volgens formule (3) weten wij nu onmiddellijk de weerstand van de gloeidraad nl. $1,5 : 0,1 =$ dus 15 Ohm.

6. Soortelijke Weerstand

Om de weerstanden, die de verschillende materialen aan de electronenstroom bieden, met elkander te kunnen vergelijken, heeft men het begrip *soortelijke weerstand* ingevoerd. Dit is de weerstand van een draad, die 1 m lang is met een doorsnede van 1 mm^2 bij een temperatuur van 150°C . ^{x)}

De diameter kan men bijv. meten met een schuifmaat of, bij heel dunne draad, met een micrometer. De doorsnede daarentegen kan men niet meten. Men zal dus om de doorsnede van een bepaalde draad te weten, de diameter moeten meten en de doorsnede dan berekenen aan de hand van onderstaande formule.



De diameter van een draad kan men meten; de doorsnede moet men helaas berekenen.

fig. 13

Voorbeeld:

Een draad is 0,5 mm dik. Dit is dus de diameter. De doorsnede ^{x)} bedraagt nu $1/4 \times 3,14 \times 1/2 \times 1/2 = 0,196 \text{ mm}^2 = \text{ca. } 0,2 \text{ mm}^2$.

Wij hebben reeds bij het behandelen van de wet van Ohm gezien, dat een draad met een bepaalde lengte een $2x$ zo grote weerstand krijgt als de lengte verdubbeld wordt. De weerstand van een draad is dus afhankelijk van de lengte. Laten wij van deze draad de lengte ongewijzigd, doch maken wij de diameter groter, dan krijgen de electronen meer ruimte om zich in de draad te verplaatsen d.w.z. de draad zal minder weerstand hebben. Hieruit ontstaat dan de volgende formule voor de weerstand van een bepaalde draad.

^{x)} De doorsnede van een draad is de oppervlaktemaat. Het is te bewijzen, dat van een ronde draad de doorsnede q gelijk is aan: $q = 1/4 \pi d^2 = 1/4 \times 3,14 \times d \times d$.

Hierin beduidt: π = een vast getal gelijk aan 3,14 = ~~3,14~~
 d = de diameter van de draad.

2117.

$$\text{weerstand} = \frac{\text{soortelijke weerstand} \times \text{lengte}}{\text{doorsnede}} \text{ of } R = \frac{S.W. \times l}{q}$$

Hierin betekent S.W. de soortelijke weerstand, l de lengte van de draad in meters en q de doorsnede van de draad in mm^2 .

In de tweede kolom van onderstaande tabel vindt U de soortelijke weerstand van verschillende metalen vermeld. Hieruit blijkt, dat zilver en koper de minste weerstand bezitten, manganine, nickeline en konstantaan, vergeleken met zilver en koper, juist een zeer hoge weerstand hebben. De laatstgenoemde materialen worden dan ook dikwijls gebruikt voor het samenstellen van weerstanden, terwijl koper en zilver door hun geringe weerstand goede geleiders zijn. Op de 2 andere kolommen komen wij nog in de volgende paragraaf terug.

Metaal	Soortelijke weerstand S.W.	Soortelijk geleidingsvermogen	Temperatuurscoëfficiënt bij 15°C
zilver	0,016	62,5	0,0038
koper	0,0172	58,2	0,0039
aluminium	0,03	33,3	0,0036
zink	0,063	15,9	0,0037
tin	0,12	8,33	0,0045
ijzer	0,12	8,33	0,0045
lood	0,208	4,81	0,004
manganine	0,43	2,326	0,000015
nickeline	0,43	2,326	0,00023
konstantaan	0,5	2	0,000025

Voorbeeld:

Een spoel is gewikkeld met 500 m koperdraad met een dikte van 0,075 mm. Hoeveel weerstand zal deze spoel bezitten ?

Oplossing:

Deze weerstand bepalen wij aan de hand van de formule:

$$\text{weerstand} = \frac{S.W. \times \text{lengte}}{\text{doorsnede}}$$

De doorsnede is gelijk aan:

$$1/4 \times 3,14 \times 0,075 \times 0,075 = 0,0044 \text{ mm}^2.$$

De soortelijke weerstand van koper staat in bovengenoemde tabel; zij is gelijk aan 0,0172 Ohm. De weerstand van de spoel is nu:

$$\frac{0,0172 \times 500}{0,0044} = \text{ca. } 2000 \text{ Ohm} = 2 \text{ k}\Omega$$

Uit het feit, dat een draad met weinig weerstand de elektrische stroom goed geleidt en een draad met een grote weerstand slecht geleidt, drukt men deze eigenschap ook wel uit in het geleidingsvermogen. Dit is dus juist de tegengestelde eigenschap van de weerstand. Men spreekt ook wel van het soortelijk geleidingsvermogen, dat het omgekeerde is van de soortelijke weerstand. Dus:

$$\text{soortelijk geleidingsvermogen} = \frac{1}{\text{soortelijke weerstand}}$$

In de voorgaande tabel is in de derde kolom voor de verschillende metalen eveneens het soortelijk geleidingsvermogen vermeld.

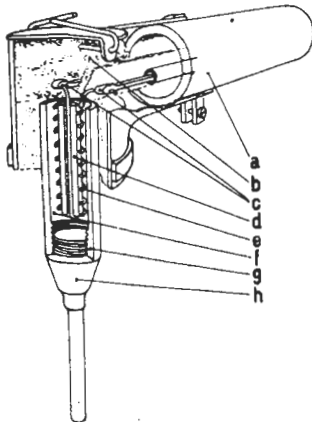
7. Warmte-ontwikkeling en vermogen

Als de vrije elektronen onder invloed van de E.M.K. als stuwkracht door de draad worden gestuwd, moeten zij een bepaalde weerstand overwinnen. In een goede geleider, zoals koper, zal deze weerstand gering zijn; in een minder goede geleider, zoals konstantaan, is de te overwinnen weerstand daarentegen vrij groot. Deze elektronen moeten dus arbeid verrichten. Door deze arbeid wordt de draad warm en de temperatuur in de draad zal des te hoger worden naarmate meer elektronen in de draad werkzaam zijn d.w.z. naarmate de stroomsterkte groter is. Men kan dit het beste vergelijken met zichzelf. Maakt men een grote wandeling, dan verricht het lichaam arbeid. Als deze wandeling lang genoeg is, krijgt men het warm en wordt men hongerig. Het laatste duidt juist op het verbruik van energie van het lichaam.



In de electriciteit maakt men van deze warmte-opwekking door de elektrische stroom veel gebruik, bijv. bij de elektrische kachel, elektrische soldeerbout.

Bij de soldeerbout heeft men een weerstandselement, dat bestaat uit een bepaalde lengte weerstandsdraad, meestal chroom-nikkel, dat op een isolerend lichaam is gewonden. Dit weerstandselement wordt nu aangebracht om een koperen stift of in een koperen bus (zoals in fig. 15), dat het warmte-overbrengend lichaam is.



Doorsnede-tekening van een elektrische soldeerbout.

- a) glazen isolerende handgreep
- b) asbest isolatie
- c) toevorderaden van het elektrisch verwarmingselement
- d) isolatiebuisje, waarop de weerstandsdraad is gewikkeld
- e) de weerstandsdraad van het verwarmingselement
- f) isolatie tussen de uitwendige warmtegeleider g en het verwarmingselement e
- g) warmtegeleidend huis
- h) soldeerstift van warmtegeleidend materiaal

fig. 15

Men neme nu de volgende proef. Op een accu van 4 V sluiten wij een gloeilampje en een stroommeter aan. (fig. 16a). De stroommeter wijst 0,1 A aan, het lampje brandt en geeft licht. Hier wordt de elektrische stroom in warmte en licht omgezet en er wordt dus arbeid verricht. Vervolgens sluiten wij 2 lampjes en een stroommeter op 2 accu's aan zoals dat in fig. 16b getekend is. De spanning is nu 2x zo groot nl. 8 V, de stroommeter wijst weer 0,1 A aan, echter geven nu 2 lampjes licht. Wij hebben dus een 2x zo grote lichthoeveelheid bij een 2x zo hoge spanning. Het vermogen is dus blijkbaar afhankelijk van de spanning.

Nu sluiten wij de 2 verlichtingslampjes aan volgens de tekening in fig. 16c. In elke tak nemen wij een stroommeter op. De meters achter de lampjes wijzen elk weer 0,1 A aan, de meter in de hoofdleiding daarentegen 0,2 A. Wij hebben nu dus bij dezelfde spanning een 2x zo grote stroom, echter ook 2x zo veel licht. Het vermogen is dus ook afhankelijk van de stroomsterkte. Wij komen op deze wijze tot de formule:

$$\text{vermogen} = \text{spanning} \times \text{stroom}$$

of in symbolen geschreven:

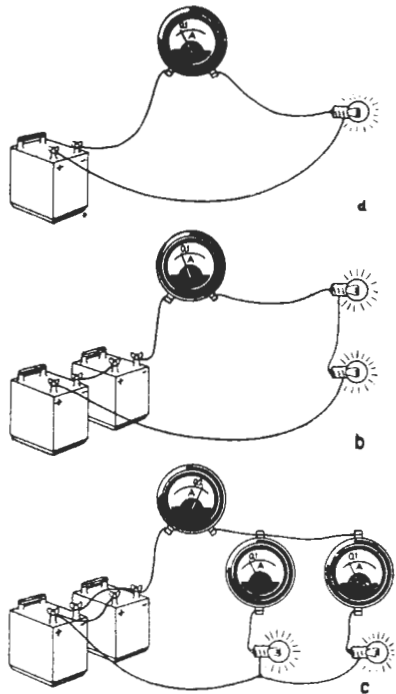
$$W = E \times I.$$

De eenheid van vermogen is de Watt (afgekort W), die wordt ontwikkeld als de stroomsterkte in de draad 1 A is bij een spanning van 1 V.

Uit de wet van Ohm hebben wij geleerd, dat $E = I \times R$. Dit ingevuld in bovenstaande formule geeft:

$$W = I \times I \times R = I^2 R.$$

Hoe langer de lampjes op de accu blijven aangesloten, des te langer moeten de zwerfvende electronen arbeid verrichten, arbeid die uiteindelijk moet worden omgezet in licht en warmte. De arbeid is dus ook afhankelijk van de tijd, zodat men de arbeid uitdrukt in Watt/Seconde. Een praktische maat is de kilo-Watt-uur (afgekort



Bij aansluiting van een lampje wordt elektrische energie in licht en warmte omgezet. De energie is evenredig met de spanning en met de stroomsterkte.

fig. 16

kWh). Aangezien 1 kW 1000 W is en 1 uur gelijk aan 60 x 60 sec, is 1 kWh gelijk aan 1000 x 60 x 60 W/sec.

Ter illustratie het volgende voorbeeld:

Gevraagd wordt het verbruik van een radiotoestel per week te berekenen dat per dag ca. 5 uur speelt. Het vermogen van het toestel is 60 W.

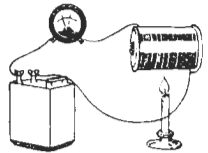
Oplossing:

Het toestel is per week 7 x 5 uur = 35 uur in gebruik. Het verbruik van het toestel is dus 35 x 60 W is 2100 Wh = 2,1 kWh.

8. Invloed van de temperatuur op de weerstand (temperatuurs-coëfficiënt)

Zoals reeds in het begin vermeld, is de elektrische stroom niets anders dan een leger van vrije elektronen, dat zich tussen de atomen door onder invloed van de electromotorische kracht van de stroombron verplaatst. Tot nu toe is daarbij de temperatuur buiten beschouwing gelaten. Toch kan deze factor terdege invloed uitoefenen en in het licht van de in het voorgaande verklaarde electronentheorie is deze invloed zeer verklaarbaar.

Als men nl. een materiaal verwarmt, komen de atomen in steeds heftiger trilling. De mogelijkheid van botsing van de vrije electronen met de atomen wordt hierdoor groter, zodat ze bij hun verplaatsing door de draad een grotere weerstand ondervinden. Behoudens een enkele uitzondering wordt de weerstand van een materiaal dan ook groter naarmate de temperatuur toeneemt. Men drukt dit uit in de z.g. *temperatuurs-coëfficiënt*. Dit is de factor waarmee de elektrische weerstand van een bepaald materiaal per graad Celsius per Ohm weerstand toe- of afneemt. Bij stijging van de weerstand is deze factor positief, bij daling van de weerstand negatief. In de tabel van paragraaf 5 is voor de genoemde materialen in kolom 4 de temperatuurs-coëfficiënt vermeld. Hierin ziet men, dat een koperdraad waarvan de weerstand 1 Ohm is, bij een verhoging van de temperatuur van 1°C, met 0,0039 Ohm toeneemt. Bij een temperatuursverhoging van 10°C dus 10 x 0,0039 is 0,039 Ohm. Als de weerstand 50 Ohm bedraagt zal dit bedrag nog eens met 50 moeten worden vermenigvuldigd.



De weerstand van de meeste materialen wordt groter als de temperatuur toeneemt

fig. 17

Het zal duidelijk zijn, dat men bij de keuze van de weerstandsmaterialen er rekening mee moet houden, dat deze temperatuurs-coëfficiënt niet te hoog ligt. Men zou anders met de weerstandswaarde van een bepaalde weerstand rekenen, terwijl deze weerstand bij een veel hogere temperatuur, bijv. in de tropen, een geheel andere waarde zou hebben.

In enkele gevallen maakt men doelbewust gebruik van deze temperatuursafhankelijkheid. Wij komen hierop terug bij de behandeling van de N.T.C. weerstand in paragraaf 9c.

SAMENVATTING

- 1) Een elektrische stroom is een verplaatsing van elektronen.
- 2) Men drukt de stroomsterkte (hoeveelheid elektronen per sec.) uit in Ampere (A).
- 3) De door de stroombron uitgeoefende stuwkracht noemt men de electromotorische kracht (E.M.K.) of ook wel spanning. Men drukt deze uit in Volt (V).
- 4) De weerstand, die de elektronen op hun weg ondervinden, drukt men uit in Ohm (Ω).
- 5) Bij een spanning van 1 V over een weerstand van 1 Ohm ontstaat een stroomsterkte van 1 A.
- 6) Het verband tussen spanning, stroomsterkte en weerstand is vastgelegd in de wet van Ohm.

$$\text{Stroomsterkte} = \frac{\text{spanning}}{\text{weerstand}} \quad (I = \frac{E}{R})$$

- 7) De soortelijke weerstand van een materiaal is de weerstand van een draad met een lengte van 1 m en met een doorsnede van 1 mm² bij een temperatuur van 15°C.
- 8) Het soortelijk geleidingsvermogen is het omgekeerde van de soortelijke weerstand.
- 9) De weerstand van een draad is gelijk aan:

$$\text{Weerstand} = \frac{\text{soortelijke weerstand} \times \text{lengte (in m)}}{\text{doorsnede (in mm}^2\text{)}}$$

- 10) Het elektrisch vermogen = spanning x stroomsterkte

$$W = E \times I = I^2 R$$

Men drukt het vermogen uit in Watt (W).

- 11) De arbeid is het werk, dat door het vermogen in een bepaalde tijd wordt verricht. Men drukt dit uit in Watt-sec. De praktische maat is:

$$1 \text{ kWh} = 1000 \times 3600 \text{ W/sec.}$$

- 12) De weerstand van een materiaal is afhankelijk van de temperatuur. De temperatuurs-coëfficiënt geeft aan, hoeveel de weerstand toe- of afname bedraagt per Ohm en per graad Celcius, gerekend ten opzichte van 15°C.

Vragen en Vraagstukken

1. Waardoor ontstaat een waterstroom en hoe een elektrische stroom ?
2. Wat zijn isolatie-materialen en vermeld enkele van deze materialen die in de radio-techniek toepassing vinden.
3. Welk verschil bestaat er tussen de diameter en de doorsnede van een draad ? Hoe wordt de eerste en hoe de tweede bepaald ?
4. De stroomsterkte in een elektrische soldeerbout is bij een spanning van 120 V gelijk aan 1,8 A. Hoe groot is de weerstand van het verwarmingselement ?
5. Hoe groot is de stroomsterkte in een weerstand van $65 \text{ k}\Omega$, als deze op een spanning van 130 V is aangesloten ?
6. De bekrachtigingsspoel van een electro-dynamische luidspreker bevat 1000 m koperdraad met 0,2 mm diameter. Hoe groot is de weerstand in $\text{k}\Omega$?
7. Een weerstand bestaat uit 4,5 m nichroomdraad (S.W. = 1,05) van 0,1 inch dikte. (1 inch = 25,4 mm). Bereken de draaddoorsnede in mm^2 en de weerstand. Bij welke spanning is de stroomsterkte in de draad gelijk aan 0,5 A ?
8. Op hoeveel spanning mag men een weerstand van 15m konstantaan-draad van 0,45 mm dikte aansluiten, als de stroomsterkte 1,2 A mag zijn ?
9. Met welke stroomsterkte mag men een weerstand van $40 \text{ k}\Omega$ belasten, als het toelaatbare vermogen 1 W bedraagt ?
10. Door een weerstand van 1200 Ohm vloeit een stroom van 100 mA. Voor welk vermogen moet de weerstand geschikt zijn ?

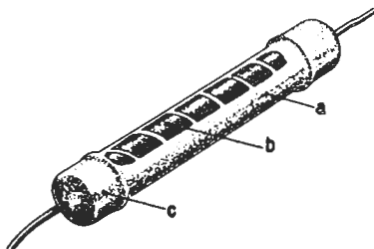
9. Constructies van weerstanden

Men onderscheidt de weerstanden in zgn. vaste- en regelbare weerstanden. De eerste groep, de zgn. vaste weerstanden, onderscheiden we naar hun constructie in de volgende 3 groepen:

- koolweerstanden
- draadweerstanden
- weerstanden met speciaal karakter bijv. N.T.C. weerstanden.

a. Koolweerstanden

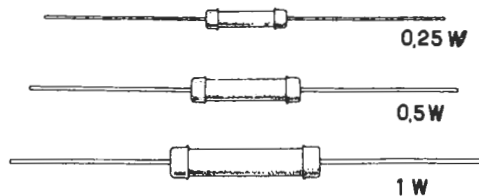
De koolweerstanden bestaan gewoonlijk uit een keramisch buisje waarop een chemisch mengsel met een bepaalde koolstof door domping of verdamping wordt aangebracht. Daarna wordt het geheel bij een bepaalde temperatuur gebakken en gesorteerd naar hun weerstandswaarde. Daarbij is het veelal nodig de weerstand aan te passen aan de bestaande standaardwaarden; dit geschiedt door met een sneldraaiende amarilschijf het hard geworden weerstandsmateriaal spiraalvormig in te kerven (zie fig. 1). De stroomweg wordt nu langer en de weerstand dus groter. Deze behandeling wordt uitgevoerd totdat de weerstandswaarde binnen de verlangde tolerantie van $\pm 1,2,5$ of 10% valt. Daarna wordt het weerstandslichaam voorzien van aansluitdraden en van een beschermende laklaag. De standaarduitvoering van de Philips koolweerstanden is uitgerust met blank vertinde draden waarmee men de weerstanden in de bedrading kan solderen (bij het solderen steeds minstens een afstand van ca. 1 cm ten opzichte van de aansluitdop bewaren). Meestal voorziet men het geheel nogmaals met een gekleurde laklaag om de weerstand mechanisch te beschermen.



Constructie van een koolweerstand
 a. beschermende laklaag
 b. koollaag
 c. aansluitdop

fig. 1

De koolweerstanden worden vervaardigd in uitvoeringen voor een vermogen van $1/4$ W, $1/2$ W, 1 W en 3 W, herkenbaar aan hun diameter en lengte. De normale toleranties zijn $\pm 5\%$ en $\pm 10\%$. Alleen voor speciale doeleinden, zoals voor gebruik in meetapparaten, worden de koolweerstan-



Koolweerstanden van $1/4$ W, $1/2$ W en 1 W op ongeveer ware grootte.

fig. 2

den in kleinere toleranties geleverd. De temperatuurscoëfficiënt van de koolweerstand is negatief. De weerstandsvermindering bedraagt globaal genomen ca. 1% per 0,1 W belasting; dat wil dus zeggen: als door een weerstand van 1000 Ohm een stroom gaat van 10 mA, bedraagt de belasting 0,1 W. De weerstandsvermindering is dan ca. 10%, dit is 10 Ohm. De hoogst toelaatbare omgevingstemperatuur van de normale koolweerstand bedraagt 70°C.

In verband met een doelmatige fabricage maakt men de weerstanden in een vaste reeks van waarden. Voor de Philips serie is deze reeks als volgt:

10	15	22	33	47	68
11	16	24	36	51	75
12	18	27	39	56	82
13	20	30	43	62	91
					100

Het kenmerk van deze reeks is, dat de volgende waarde steeds ca. 10% hoger ligt dan haar voorgaande. Wij hebben deze reeks uitsluitend voor de eenheden gegeven; het zal duidelijk zijn, dat deze reeks op dezelfde wijze kan worden toegepast voor 100-tallen, 1000-tallen enz.

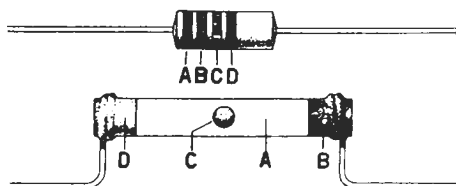
Voor de aanduiding van de weerstandswaarde wordt bij de Philips weerstanden achter het codenummer de waarde vermeld door middel van cijfers en de letters E, K, resp. M.

E is het aantal Ohms
 K is het aantal kilo-Ohms
 M is het aantal Megohms

Voorbeelden:

$$\begin{aligned}
 100 \text{ E} &= 100 \ \Omega \\
 12 \text{ K} &= 12 \text{ k}\Omega = 12000 \ \Omega \\
 3 \text{ K9} &= 3,9 \text{ k}\Omega = 3900 \ \Omega \\
 2 \text{ M2} &= 2,2 \text{ M}\Omega = 2.200.000 \ \Omega
 \end{aligned}$$

De Amerikaanse fabrieken gebruiken voor de aanduiding van de weerstanden een kleurencode, waarbij men nog 2 uitvoeringen (zie fig. 3) onderscheidt. Men voorziet de weerstand dan van verschillende gekleurde banden of met een gekleurde achtergrond en enige banden en een stip. De kleuren heb-



Twee uitvoeringen van koolweerstand met Amerikaanse kleurcode.

fig. 3

ben daarbij de volgende betekenis:

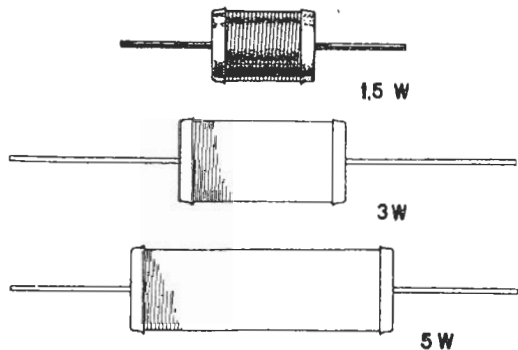
Kleur	Band A: 1e cijfer van weerstandswaarde	Band B: 2e cijfer van weerstandswaarde	Band C of stip: vermenigvuldigtal	Band D: Tolerantie
zwart	0	0	1	-
bruin	1	1	10	± 1%
rood	2	2	100	± 2%
oranje	3	3	1000	± 3%
geel	4	4	10.000	± 4%
groen	5	5	100.000	± 5%
blauw	6	6	1.000.000	± 6%
violet	7	7	10.000.000	± 7%
grijs	8	8	100.000.000	± 8%
wit	9	9	1.000.000.000	± 9%
goud	-	-	-	± 5%
zilver	-	-	-	± 10%
geen kleur	-	-	-	± 20%

Voorbeelden:

Weerstand	Band			
	A	B	C	D
500 Ω $\pm 5\%$	groen	zwart	bruin	goud
1,8 M Ω $\pm 10\%$	bruin	grijs	groen	zilver

b. Draadweerstand

De draadweerstand bestaat uit een lichaam van isolatiemateriaal bijv. glas, porcelein en keramiek, waarop speciaal weerstandsdraad (bijv. konstantaan, manganine of nicke-line) met een geringe spatie (onderlinge afstand) wordt gewikkeld. Aan de uiteinden wordt de weerstand voorzien van aansluitdoppen met verbindingsdraadjes of klembandjes. Tenslotte brengt men weer een beschermende laklaag aan, die bij bepaalde uitvoeringen een emaillelaag is.



Draadgewonden weerstanden van 1,5 W, 3 W en 5 W op ongeveer ware grootte.

fig. 4

De normale draadweerstand komen voor in waarden van een paar Ohm tot circa 20.000 Ohm. De normale toleranties zijn $\pm 5\%$ en $\pm 10\%$. De maximale omgevingstemperatuur is 70°C . Deze weerstanden komen voor voor een vermogen van 1,5 W t/m 5 W, wederom kenbaar aan diameter en lengte.

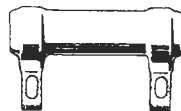
De weerstanden met emaille laklaag, de zgn. geëmailleerde draadweerstand hebben de bijzondere eigenschap, dat ze in staat zijn sterke overbelastingen gedurende korte tijd goed te kunnen verdragen. (De serie-weerstand in de gloeidraadketen bij ontvangers voor gelijk- en wisselstroomvoeding is bijvoorbeeld een emaille weerstand). Deze weerstanden worden gemaakt met weerstandswaarden tot ca. 250.000Ω en voor vermogens van 6 W tot 400 W. Ook hiervan zijn de normale toleranties $\pm 5\%$ en $\pm 10\%$.

Voor de codering wordt hetzelfde systeem toegepast als voor de koolweerstand.

Hogere waarden dan 20.000 Ohm verwezenlijkt men ook wel met behulp van zgn. weerstandskoord. Hierbij wordt de dunne blanke weerstandsdraad in een spiraal om een dunne katoenen kern gewikkeld, waarna het geheel nog eens wordt omsponnen met een laag katoen. Daarna wordt het weerstandskoord spiraalvormig op een glazen of keramische buis gewikkeld. Het is duidelijk, dat men op deze wijze een veel grotere draadlengte op een lichaam van dezelfde afmetingen kan aanbrengen en dus een veel grotere weerstandswaarde kan realiseren.

c. N.T.C. weerstanden

Bij de voorgaande weerstandsconstructies werd de weerstandsverandering tengevolge van een temperatuursverandering op de koop toe genomen, hoewel men er natuurlijk naar streeft de temperatuursafhankelijkheid zo gering mogelijk te houden. Bij de N.T.C. weerstand is als weerstandsmateriaal doelbewust een materiaal gekozen, dat zeer sterk afhankelijk is van de temperatuur. Bij een hogere temperatuur neemt de weerstand sterk af d.w.z. deze weerstand heeft een grote negatieve temperatuurscoëfficiënt (vandaar de naam N.T.C. weerstand; N.T.C. zijn de beginletters van Negatieve TemperatuursCoëfficiënt). Een veel gebruikt type in de Philips ontvangers voor gelijk- en wisselstroomvoeding heeft in 'koude' toestand, d.w.z. bij 20°C , een weerstand van ca. 3000 Ohm, in warme toestand, bij ca. 140°C , nog slechts 200 Ohm. In deze apparaten wordt de N.T.C. weerstand gebruikt ter begrenzing van de inschakelstoot in de gloeidraadketen. Gewoonlijk staan in dergelijke apparaten de gloeidraden van de ontvangbuizen in serie geschakeld met een schaalverlichtingslampje en eventueel



Geëmailleerde draadgewonden weerstand.

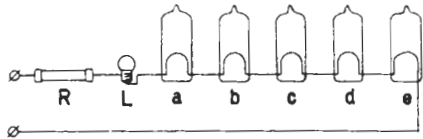
fig. 5



Voorbeeld van een N.T.C. weerstand.

fig. 6

een bepaalde weerstand. In koude toestand is de weerstand van de gloeidraden van de ontvangbuizen ca. $1/7$ a $1/10$ van de weerstand in warme toestand. De stroom in de keten is dus bij het inschakelen veel groter dan wanneer de buizen hun normale temperatuur hebben bereikt. Het schaalverlichtingslampje blijkt deze veel grote-



re stroom niet te kunnen verdragen zodat het doorbrandt. Door nu in serie met de gloeidraden een N.T.C. weerstand opter te nemen, die in koude toestand een hoge weerstand bezit en in warme toestand een lage weer-

fig. 7

stand, die dus juist een tegengesteld karakter heeft met dat van de gloeidraden van de radiobuizen, wordt een te hoge inschakelstoot vermeden. Wij komen nog uitvoeriger op deze schakeling terug bij de behandeling van het voedingsgedeelte van het ontvangtoestel.

10. Serieschakeling van weerstanden

Als men een aantal weerstanden zodanig op een stroombron aansluit dat het einde van de eerste weerstand met het begin van de tweede weerstand is verbonden, het einde van de tweede weerstand met het begin van de derde weerstand enz., noemt men dit een serieschakeling. De elektrische stroom moet nu successievelijk de weerstanden R_1 , R_2 en R_3 doorlopen d.w.z. hij moet de weerstand van elk van deze weerstanden overwinnen. Gezien vanuit de batterij kan men nu deze combinatie van weerstanden vervangen denken door één weerstand, de zgn. vervangingsweerstand, die met toepassing van de wet van Ohm weer gelijk zal zijn aan:

$$R_t = \frac{E_t}{I}$$

Aangezien wij reeds geconstateerd hebben, dat de te overwinnen weerstand voor de electronenstroom groter zal zijn naarmate men deze stroom door meer weerstanden achter elkander stuurt, zal het duidelijk zijn, dat men om de vervangingsweerstand te krijgen de afzonderlijke weerstanden bij elkander moet optellen, dus:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 \text{ enz.}$$

Dit klopt trouwens ook met hetgeen in paragraaf 6 is verteld, waarin de weerstand van een draad des te groter werd, naarmate de lengte van de draad groter was. Wij zouden immers deze draad in

stukjes kunnen knippen en deze stukjes als het ware in serie geschakeld kunnen denken.

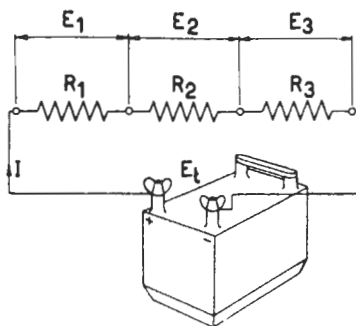
Over elk van deze weerstanden zal weer een spanning komen te staan die steeds gelijk is aan de stroom, die er doorheen vloeit x de betreffende weerstand. Uitgaande van bovenstaande formule krijgt men dan:

$$I \times R_t = I \times R_1 + I \times R_2 + I \times R_3$$

Hiervoor kan men ook schrijven:

$$E_t = E_1 + E_2 + E_3$$

d.w.z. de som van de spanningen over de weerstanden is gelijk aan de spanning over de totale schakeling; dit is de spanning van het element.

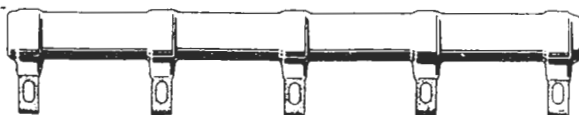


Schema van drie in serie geschakelde weerstanden. $R_t = R_1 + R_2 + R_3$ en $E_t = E_1 + E_2 + E_3$.

fig. 8

Hebben wij bijvoorbeeld een batterij van 100 V, waarop 3 weerstanden achter elkaar van 20 k Ω , 30 k Ω en 50 k Ω zijn aangesloten, dan zal de totale weerstand zijn 20 + 30 + 50 = 100 k Ω . De stroom door deze weerstanden zal dus zijn 100 : 100.000 = 0.001 A = 1 mA. Over elk van de weerstanden zal een spanning ontstaan die gelijk is aan de weerstandswaarde x de stroom, dus 20.000 x 0,001 = 20 V, 30.000 x 0,001 = 30 V en 50.000 x 0,001 = 50 V. Vergelijkt men nu de grootte van deze spanningen met de grootte van de weerstanden, dan ziet men een bepaald verband nl. de spanningen over de weerstanden R_1 en R_2 verhouden zich als 2 : 3 d.w.z. de spanning over R_2 is 1,5 x zo groot als die over de weerstand R_1 . De verhouding van de spanningen over deze weerstanden is dus gelijk aan de verhouding van de weerstanden zelf.

Men maakt in de radiotechniek hiervan gebruik om met een bepaalde spanning door toepassing van enige weerstanden een andere spanning te krijgen. In het bovengenoemde voorbeeld stond een spanning van 100 V ter beschikking. Dank zij de serieschakeling van de weerstanden ontstaan 3 andere spanningen nl. van 20 V, 30 V en 50 V. Men heeft dus eigenlijk de oorspronkelijke spanning verdeeld in enige andere spanningen. Men noemt een dergelijke schakeling dan ook een *spanningsdeler* of ook wel *potentiometer* (hoewel dit niets met een meter heeft te maken).



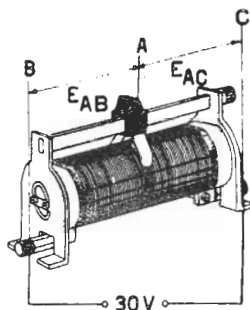
Geëmailleerde draadgewonden weerstand met aftakkingen (spanningsdeler).

fig. 9

In bovengenoemd voorbeeld hadden wij een zogenaamde vaste potentiometer d.w.z. door het gebruik van vaste weerstanden ontstonden over deze weerstanden steeds dezelfde spanningen. Men zou deze weerstanden echter ook regelbaar kunnen maken. Het eenvoudigste

In bovengenoemd voorbeeld hadden wij een zogenaamde vaste potentiometer d.w.z. door het gebruik van vaste weerstanden ontstonden over deze weerstanden steeds dezelfde spanningen. Men zou deze weerstanden echter ook regelbaar kunnen maken. Het eenvoudigste

kan men dit uitvoeren door een om een keer gewikkelde weerstandsdraad te nemen, waarop men een glijcontact aanbrengt (zie fig. 10). Als het glijcontact in positie A staat, overeenkomende met een 2x zo grote weerstand tussen AB als tussen AC, dan zal de spanning over AC de helft zijn van de spanning over AB. Bij een totale spanning van bijvoorbeeld 30 V zal dus de spanning over AC gelijk aan 10 V zijn en over AB gelijk aan 20 V. Wordt nu het glijcontact in de richting van B verschoven zodanig, dat nu de draadlengte van AC een 2x zo grote weerstand als de draadlengte van AB heeft, dan zal de spanningsverhouding van AC en AB juist omgekeerd zijn. Dus nu komt over AC een spanning van 20 V te staan en over AB van 10 V. Het zal duidelijk zijn, dat men op deze wijze elke gewenste spanning tussen AC of AB kan krijgen, vanzelfsprekend tot aan de maximale spanning van de stroombron zelf.



Spanningsdeler, bestaande uit een weerstandsdraad met glijcontact. Met het glijcontact A regelt men de verhouding van de spanningen E_{AB} en E_{AC} , waarbij steeds geldt:

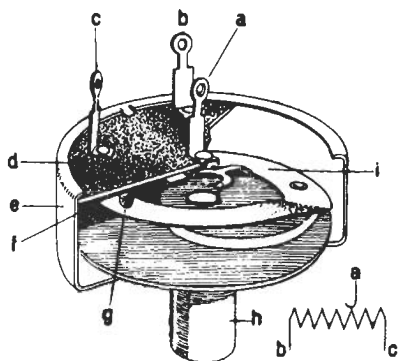
$$E_{AB} + E_{AC} = E_{BC}$$

fig. 10

In de praktijk gebruikt men gewoonlijk geen enkele draad, maar gebruikt men hiervoor een kool-oplossing of een draad op speciale wijze gewikkeld. Vandaar dat men de regelbare potentiometers onderscheidt in koolpotentiometers en draadpotentiometers.

A. Koolpotentiometers

Deze potentiometers worden vooral in de radio-ontvangers veel gebruikt. Ze bestaan uit een plaatje van isolerend materiaal waarop een mengsel van grafiet en kunsthars wordt aangebracht. Door verschillende koolmengsels te gebruiken en de laagdikte verschillend te kiezen, kan men de weerstand naar wens bepalen. Over deze weerstandslaag loopt een verend contact, dat naar buiten wordt uitgevoerd en waarvan men de gewenste spanning kan afnemen. Men onderscheidt de koolpotentiometers nog in zgn. lineaire en logaritmische potentiometers. Bij de lineaire potentiometer verandert de weerstand tussen het zgn. lopercontact en een van de vaste contacten evenredig met de draaihoek d.w.z. dat de weerstand tussen deze 2 contacten, en dus ook de spanning, 2x zo groot wordt als de draaihoek 2x zo groot is, 3x zo groot als de draaihoek 3x zo groot wordt enz.

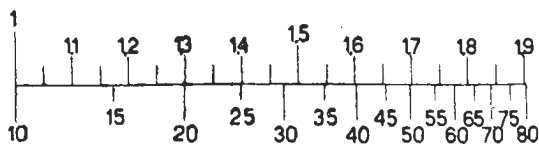


Constructie van een koolpotentiometer.

- a. aansluitlip van het glijcontact
- b. aansluitlip van het ene uiterste contact.
- c. aansluitlip van het andere uiterste contact.
- d. plaatje van isolerend materiaal
- e. koollaag, die de weerstand vormt en aangesloten is tussen b en c.
- g. contactnok van het glijcontact
- h. holle as
- i. verend draaibaar plaatje, waarop de contactnok g zit

fig. 11

Bij de logarithmische potentiometer verloopt de weerstandsverandering logarithmisch met de draaihoek. Aangezien het hier te ver voert om over het begrip logarithme uit te wijden, geven wij hier



naast een vergelijking van een lineaire met een logarithmische schaal.

Lineaire (boven) en overeenkomstige logarithmische (onder) schaalverdeling.

fig. 12

Hieruit ziet men dat de waarde 1,4 op de lineaire schaal overeenkomt met de waarde 25 op de logarithmische schaal, de waarde 1,6 op de lineaire schaal overeenkomt met 40 op de logarithmische schaal enz. Uit deze tabel ziet U ook dat bij een logarithmische potentiometer de verandering van de weerstand in het begin veel geringer is dan aan het einde, met dezelfde grootte van de draaihoek. Men gebruikt deze potentiometers in de radiooestellen meestal voor de sterkteregeling. Waaron dit geschiedt zal bij de behandeling van dit onderwerp nog ter sprake worden gebracht. Soms ziet men ook potentiometers, die meer dan 3 contacten hebben (2 vaste contacten en 1 loopercontact). Deze potentiometers hebben dan een vaste aftakking en verder de regelbare aftakking. Men krijgt dan het schema van fig. 13. Men komt ook wel potentiometers tegen, waarbij de as die het regelbare contact bedient, gekoppeld is met een schakelaar (meestal glijcontact, netschakelaar).

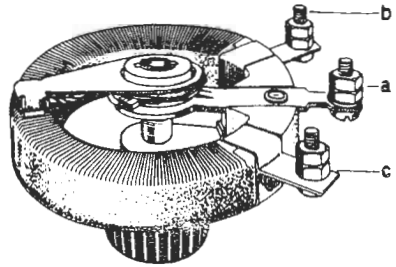


Principeschema van een potentiometer (ad) met een vaste aftakking (b) en een

fig. 13

B. Draadpotentiometers

De uitvoering van de draadpotentiometers kan zeer verschillend zijn, afhankelijk van de grootte van de weerstand en van het vermogen. Meestal bestaan ze uit een plaatvormige ring van isolerend materiaal, waarop de weerstandsdraad is gewikkeld. Bij potentiometers voor een gering vermogen is deze draad dun (dan loopt er slechts een kleine stroom door), voor grotere vermogens wordt een dikke draad gebruikt.



Constructie van een draadgewonden potentiometer:

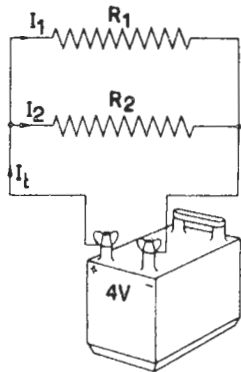
Over de rand van het isolerend lichaam beweegt zich een looper, waarvan de spanning wordt afgenomen. De draadpotentiometers worden gebruikt in versterkers en andere apparatuur, waarbij meestal een stroom door de weerstandsdraad loopt, die te hoog zou zijn voor een koolpotentiometer.

a. aansluiting van het glijcontact
b. en c. vaste aansluitpunten
fig. 14

Een speciale uitvoering is de zgn. stappenpotentiometer, waarbij de regeling, de naam zegt het reeds, in stappen geschiedt. Een dergelijke potentiometer bestaat uit een aantal vaste weerstanden (van kool of draad) die met verschillende contacten zijn verbonden, waarover de looper zich beweegt. Een dergelijke potentiometer komt o.a. voor in de service-oscillator als verzwakker. Wij komen dan ook hierop terug bij de behandeling van de service-oscillator.

12. Parallelschakeling van weerstanden

Stel dat wij een batterij hebben van 4V waarop een weerstand R_1 is aangesloten. Zoals wij reeds in het voorgaande gezien hebben, ontstaat dan een elektronenstroom ten gevolge van de batterij. De grootte van deze stroom is afhankelijk van de stuwkracht en van de weerstand die aan die stroom wordt geboden. Nu brengen wij een tweede weerstand over deze batterij aan. Voor de electronen wordt nu een tweede weg gevormd. Ze behoeven zich niet alleen over R_1 te begeven, doch kunnen nu ook via R_2 hun weg vinden. Bij eenzelfde stuwkracht zullen zich dus meer electronen kunnen verplaatsen. Men kan dit het beste vergeleken met de verplaatsing van een grote



Schemata van 2 parallelgeschakelde weerstanden. Indien de kelder weerstanden. Hierbij geldt:

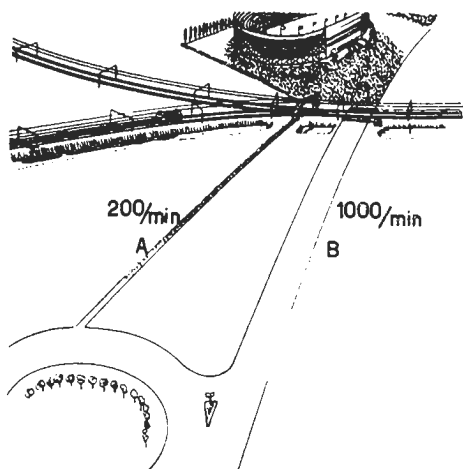
afvoer van deze menigte slechts door een straat zal moeten plaats hebben, zal er $I_t = I_1 + I_2$ en $R_t = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$

bijvoorbeeld per minuut 200 mensen kunnen

fig. 15

LES 2

worden afgevoerd. Zijn er 50.000 toeschouwers naar de wedstrijd geweest, dan duurt het $50.000 : 200 = 250$ minuten, voordat de mensen zijn verdwenen. Loopt er echter parallel aan deze straat een brede weg, waardoor 1000 mensen per minuut kunnen afvloeien, dan zullen er dus in totaal 1200 mensen per minuut van het voetbalveld verdwijnen (1000 mensen door de brede weg en 200 mensen via de smalle weg), zodat nu de menigte toeschouwers in een tijd van $50.000 : 1200 = \text{ca. } 41$ min. is afgevoerd. Door de aanwezigheid van de parallelweg is dus de



stroom mensen groter geworden en zal deze Een stroom verdeelt zich bij een vertakking zodanig stroom des te groter over de wegen A en B, dat zich via de breedste weg zijn, naarmate de weg de grootste stroom verplaatst.

breder is d.w.z. naarma-

fig. 16

te deze weg minder weerstand aan de mensenstroom biedt.

Hetzelfde ziet men in onze schakeling met 2 weerstanden. Door het bijschakelen van de tweede weerstand zullen zich meer elektronen kunnen verplaatsen d.w.z. vanaf de batterij zal er een grotere elektrische stroom lopen. Men noemt een dergelijke schakeling een parallelschakeling van weerstanden.

Als wij terugkomen op ons voorbeeld met de voetbalwedstrijd, zal men verder zien, dat als zich 1000 mensen via de brede weg verplaatsen en 200 mensen via de smalle straat en als deze twee wegen weer bij elkander komen, bijv. op een groot plein, dan zullen daar weer $1000 + 200 = 1200$ mensen te voorschijn komen (aangenomen dat er onderweg geen mensen blijven steken om een buurpraatje te maken). De conclusie is dat de stroom mensen, die vanuit het voetbalveld zich via de wegen verplaatsen, aan het einde van deze wegen nog in dezelfde getale aanwezig zijn.

In het weerstandsvoorbeeld zal men dus zien, dat als de batterij een stroom levert van bijvoorbeeld 10 mA en door de ene weerstand 9 mA gaat en door de andere weerstand 1 mA, aan het einde van deze weerstanden weer 10 mA te voorschijn komt. In formule uitgedrukt geeft dit:

$$I_t = I_1 + I_2.$$

Evenals bij de serieschakeling kan men, vanuit de batterij gezien, de 2 parallelgeschakelde weerstanden vervangen denken door een vervangingsweerstand die weer gelijk zal zijn aan de spanning van de stroombron gedeeld door de totale stroom, dus:

$$R_t = \frac{E}{I_t}$$

De stromen, die door elk van de weerstanden vloeien, kunnen wij nu berekenen met behulp van de wet van Ohm. Ze zijn gelijk aan:

$$I_1 = \frac{E}{R_1} \quad \text{en} \quad I_2 = \frac{E}{R_2}.$$

Aangezien volgens het voorgaande de som van de stromen door de weerstanden gelijk is aan de totale stroom, kunnen wij ook schrijven:

$$\frac{E}{R_t} = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2};$$

delen wij alle termen door hetzelfde getal, nl. door E, dan blijft de uitkomst gelijk. De vorm krijgt nu echter een andere gedaante nl.

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

Deze formule zegt nu dat de omgekeerde waarde van de vervangingsweerstand van parallelgeschakelde weerstanden gelijk is aan de som van de omgekeerde waarden van elk van de weerstanden. Door deze formule is men dus in staat om de vervangingsweerstand van parallelgeschakelde weerstanden uit te rekenen.

Voorbeelden:

a. 2 weerstanden van resp. 40 Ohm en 120 Ohm zijn parallelgeschakeld. Hoe groot is de vervangingsweerstand?

De vervangingsweerstand berekenen wij nu als volgt:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{40} + \frac{1}{120} = \frac{3}{120} + \frac{1}{120} = \frac{4}{120} = \frac{1}{30};$$

$$\text{dus } R_t = 30 \text{ Ohm}$$

b. Men heeft een weerstand van 800 Ohm. Men wil door het parallelschakelen van een tweede weerstand de totale weerstand brengen op 600 Ohm.

Hoe groot moet de parallel te schakelen weerstand zijn?

Uit de reeds gebruikte formule voor de vervangingsweerstand kan men op de volgende wijze de onbekende waarde van de tweede weerstand berekenen.

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_t} - \frac{1}{R_1}$$

Vult men hier de getallen in, dan krijgt men:

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{600} - \frac{1}{800} = \frac{4}{2400} - \frac{3}{2400} = \frac{1}{2400}$$

De weerstand van R_2 moet dus 2400 Ohm bedragen.

Men kan de formule voor 2 parallelgeschakelde weerstanden door enige herleiding in een iets handiger vorm schrijven. Gaan we nog eens uit van de formule

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

en passen wij hierop nu dezelfde bewerking toe als we reeds in het bovenstaande getallenvoorbeeld hebben gedaan nl. de breuken herleiden totdat ze dezelfde noemer bezitten, dan verkrijgen wij

$$\frac{1}{R_t} = \frac{R_2}{R_1 \times R_2} + \frac{R_1}{R_1 \times R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 \times R_2}$$

of

$$R_t = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

In woorden betekent dit, dat de vervangingsweerstand van 2 parallelgeschakelde weerstanden gelijk is aan het product van die weerstanden gedeeld door hun som. In het voorgaande voorbeeld a) waren de beide weerstanden 40 en 120 Ohm. We kunnen nu de vervangingsweerstand onmiddellijk berekenen uit:

$$R_t = \frac{40 \times 120}{40 + 120} = \frac{4800}{160} = 30 \text{ Ohm.}$$

Uit het voorbeeld aan het begin van deze paragraaf bleek reeds dat de kleinste weerstand door de grootste stroom doorlopen werd en dat door de grootste weerstand de kleinste stroom vloeit. Dit is vrij logisch als men denkt aan de wet van Ohm. Beide weerstanden zijn immers op dezelfde spanning aangesloten zodat uit de wet van Ohm onmiddellijk volgt, dat bij deze zelfde spanning de kleinste weerstand door een veel grotere stroom wordt doorlopen dan de veel grotere weerstand. Is de ene weerstand bijvoorbeeld 2x zo groot als de andere weerstand, dan zal de stroom in de kleinste weerstand 2x zo groot zijn als de stroom in de grootste weerstand. De verhouding van de takstromen is dus juist het omgekeerde van de verhouding van de weerstanden. Heeft men bijvoorbeeld op een spanning van 4 V 2 weerstanden van 100 Ω en 300 Ω parallel aangesloten, dan zal door de weerstand van 100 Ω een stroom vloeien van $\frac{4}{100}$ A = 40 mA, door de weerstand van 300 Ω zal een stroom vloeien van $\frac{4}{300}$ A = 13,3 mA.

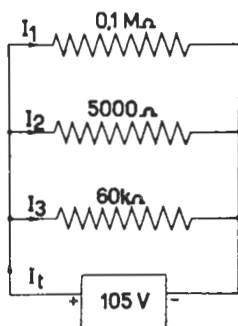
Men ziet nu dat door de 3x grotere weerstand juist een 3x kleinere stroom loopt ten opzichte van die door de weerstand van 100 Ω .

SAMENVATTING

1. Weerstanden staan in serie wanneer deze weerstanden achtereenvolgens door dezelfde stroom worden doorlopen;
2. De vervangingsweerstand van een aantal in serie geschakelde weerstanden is gelijk aan de som van de afzonderlijke weerstanden.
3. De spanningen over deze afzonderlijke weerstanden staan in dezelfde verhouding tot elkander als de overeenkomstige weerstanden.
4. Weerstanden staan parallel wanneer ze op dezelfde spanning zijn aangesloten.
5. De som van de takstromen (de stromen door elk van de weerstanden) is steeds gelijk aan de totale stroom.
6. De omgekeerde waarde van de vervangingsweerstand van een aantal parallel geschakelde weerstanden is steeds gelijk aan de som van de omgekeerde waarden van de afzonderlijke weerstanden.
7. Indien slechts 2 weerstanden parallel zijn geschakeld, kan men ook zeggen, dat hun vervangingsweerstand gelijk is aan het product van de weerstanden gedeeld door hun som.
8. De takstromen bij parallelgeschakelde weerstanden staan in omgekeerde verhouding tot elkander als de overeenkomstige weerstanden.

VRAAGSTUKKEN

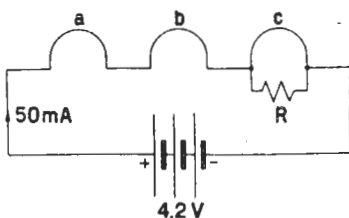
1. Drie weerstanden van $0,1 \text{ M}\Omega$, 50.000Ω en $60 \text{ k}\Omega$ zijn parallel geschakeld en aangesloten op een spanning van 105 V , volgens nevenstaande figuur. Hoe groot is de vervangingsweerstand en hoe groot zijn de stromen I_t , I_1 , I_2 resp. I_3 ?



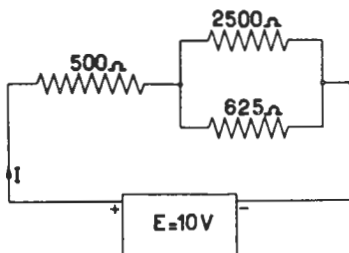
2. Een radiotoestel neemt bij een spanning van 110 V een vermogen van 55 W . Men wil dit toestel op een netspanning van 220 V aansluiten en men schakelt daarom in serie met het toestel een weerstand. Hoe groot moet deze weerstand zijn en voor welk vermogen moet de weerstand geschikt zijn ?

3. Op een gloeistroombatterij van $1,4 \text{ V}$ zijn de gloeidraden van de batterij-buizen DK91, DAF91 en DL92 parallel aangesloten. De gloeistroom van deze buizen bij een spanning van $1,4 \text{ V}$ bedraagt resp. 50 mA , 50 mA en 100 mA . Hoeveel stroom wordt door de batterij geleverd, en hoe groot is dan de vervangingsweerstand van deze gloeidraden ?

4. De gloeidraden van 3 batterijbuizen zijn volgens nevenstaand schema op een batterij van $4,2 \text{ V}$ aangesloten. De gloeidraden a en b nemen bij $1,4 \text{ V}$ een stroom van 50 mA ; gloeidraad c daarentegen een stroom van 25 mA , zodat parallel aan deze gloeidraad een weerstand R is geschakeld. Hoe groot moet deze weerstand zijn en voor welk vermogen ?



5. In nevenstaand schema zijn een aantal weerstanden in serie en parallel geschakeld. Hoe groot is de stroom I , die door de batterij van 10 V wordt geleverd ?



6. Een stroommeter moet in een leiding, waarin een stroom van 50 mA vloeit, geschakeld worden. Door het spoeltje van de meter mag echter slechts 1 mA lopen (de weerstand van het spoeltje is 100Ω). Door parallel aan de meter een weerstand R aan te brengen, wordt er voor gezorgd, dat door de meter 1 mA vloeit. Hoeveel stroom moet er dan door de weerstand R lopen en hoe groot moet deze weerstand zijn ?

13. Elementen

In de voorgaande lessen zijn wij voor de stroomgeleiders uitsluitend van vaste stoffen uitgegaan. Ook vele vloeistoffen geleiden echter de stroom. Hierbij treedt een eigenaardig verschijnsel op dat verband houdt met de chemische samenstelling van de vloeistof. Door de elektrische stroom wordt de stroomgeleidende vloeistof ontleedt d.w.z. ze splitst zich in 2 delen waaruit de vloeistof oorspronkelijk was opgebouwd: het ene deel bezit een positieve lading en begeeft zich naar de negatieve pool (kathode) (het wordt daarom kation genoemd); het andere deel heeft een negatieve lading en begeeft zich naar de positieve pool of anode (vandaar de naam anion).

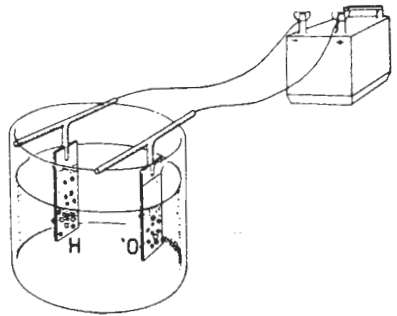
Laten wij dit met een voorbeeld verduidelijken:

Water is een chemische verbinding die bestaat uit 2 delen waterstof en 1 deel zuurstof. Stuurt men nu een elektrische stroom door water dat enigszins verontreinigd is door een zuur of een zout (volkomen zuiver water, zgn. gedestilleerd water, geleidt nl. de stroom niet en is dus een volkomen isolator), dan zal men zowel aan de negatieve als aan de positieve pool gasbellen zien opstijgen. Aan de negatieve pool ontsnapt de waterstof en aan de positieve pool de zuurstof. *Men noemt een dertelijke ontleding van een vloeistof door middel van een elektrische stroom electrolyse.*

In rusttoestand bemerkt men van deze ladingen niets, omdat dan de positieve en negatieve ladingen met elkander in evenwicht zijn.

Nu neemt men voor de vloeistof een metaalverbinding - dit is een chemische verbinding met een metaal - bijv. zilvernitraat (bestaande uit 1 deel zilver, 1 deel stikstof en 3 delen zuurstof), waarin de stroom via een zilveren pluspool door de vloeistof wordt gestuurd en als andere pool bijv. een koperen staaf wordt gebruikt. Door de elektrische stroom ontstaat electrolyse van het zilvernitraat zodat deze vloeistof wordt gesplitst in een zilverion (kation), dat zich op de koperen minpool afzet en de verbinding van het stikstof met de zuurstof (het anion) komt op de zilveren pool aan. Dit is de methode, die men gebruikt om bepaalde materialen te voorzien van een laagje zilver, nikkel, cadmium, enz. Men noemt dit verzilveren, vernikkelen, vercadmiumen (bijv. van chassis van ontvangers) enz.

In het hovenstaande hadden wij dus een stroomgeleidende oplos-



Electrlytische ontleding van water in waterstof (H) en zuurstof (O) tengevolge van een elektrische stroom.

fig. 1

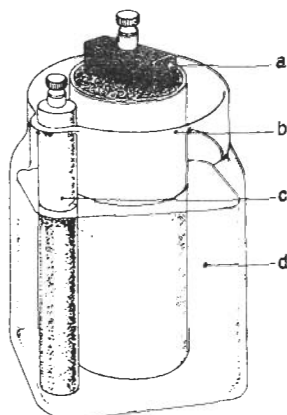
sing met 2 polen, die uitwendig op een spanningsbron werden aangesloten. Gaan wij nu echter uit van een combinatie van een zuur met 2 metalen polen zonder uitwendige spanningsbron, bijv. een glas met zwavelzuur met een koperen en een zinken staaf, dan zal men bij aansluiting van een spanningsmeter aan deze polen een spanning van ca. 1 V meten. De koperen staaf is hierbij de positieve pool, de zinken staaf de negatieve pool. Men heeft nu dus een spanningsbron gemaakt.

Zodra tussen de positieve en de negatieve pool een geleider wordt aangesloten, zal onder invloed van de opgewekte spanning een elektrische stroom gaan vloeien, die zich natuurlijk in de vloeistof voortzet. Door deze stroom ontstaat dan electrolyse van de vloeistof, dus een splitsing in positieve kationen en negatieve anionen, die zich respectievelijk naar de negatieve en de positieve pool begeven. Ze geven daar hun ladingen af en op deze wijze wordt er voor gezorgd, dat een E.M.K. in stand wordt gehouden.

Deze samenstelling werd het eerste uitgevoerd door de Italiaanse natuurkundige Volta. De spanningseenheid Volt werd naar zijn naam genoemd. Een dergelijke spanningsbron noemt men een *element*.

Het element in de beschreven vorm zou echter snel in spanning dalen door de invloed van het ontsnappende waterstofgas aan de positieve pool. Een technische verbetering is het element van Leclanché. Dit element bestaat uit een glazen pot met een oplossing van salmiak. Als polen worden gebruikt een koolstaaf en een zinkstaaf. De koolstaaf wordt positief en de zinkstaaf negatief. Aan de koolstaaf zouden zich wederom waterstofbellen vormen, indien men hiertegen geen speciaal middel had toegepast. Men heeft bij dit element nl. om de koolstaaf een poreuze pot aangebracht, welke door zijn poriën de salmiak-oplossing doorlaat en welke gevuld is met bruinsteen. Dit bruinsteen heft de nadelige werking van de ontsnappende waterstof op. De E.M.K. van dit element bedraagt bijna 1,5 V.

Een praktische uitvoering van dit element is de zgn. *droge batterij*. Hierbij is de zinkstaaf uitgevoerd als een cilindervormig busje dat dienst doet als de éne electrode. De vloeistof laat men opzuigen door een mengsel van zaagsel en gelcein in het midden daarvan plaatst men de koolstaaf omgeven door bruinsteen. Het geheel wordt afgesloten met compound. Deze cellen zijn in de handel als de bekende ronde staafbatterij-cellen van 1,5 V of in combinaties daarvan met een E.M.K. van 3 V, 4,5V enz.



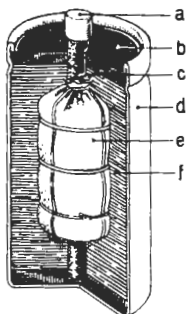
Element van Leclanché.

- a. koolstaaf met aansluiting (positieve pool)
- b. poreuze pot met bruinsteen
- c. zinkstaaf met aansluiting (negatieve pool)
- d. Salmiak oplossing

fig. 2

Dergelijke cellen kunnen geen grote stroom leveren en slechts gedurende een bepaalde tijd.

De spanning van 1,5 V of een meervoud daarvan is strikt genomen de beginspanning. De spanning daalt bij gebruik van de batterij vrij spoedig tot ca. 1,4 V, neemt daarna langzaam af tot 1,1 V; fig. 5 toont in grafiekvorm van een bepaalde type batterij de spanning afhankelijk van de gebruikstijd.



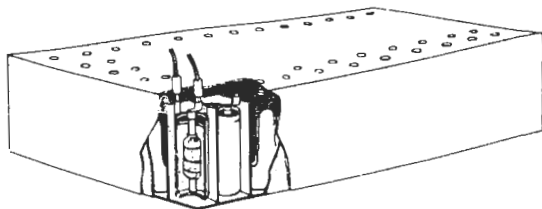
- Doorsnede van een droog element (budelement)
- a. aansluiting van de koolstaaf (positieve pool)
 - b. afdichting van de chatterton
 - c. koolstaaf
 - d. zinken bus (negatieve pool)
 - e. zakje met bruinsteen
 - f. salmiak in gelei oplossing

fig. 3

Aangezien de werking van deze batterijen op de chemische ontleding van de vloeistof berust, moet bij het bewaren van de batterij grote aandacht worden besteed aan 2 punten, nl. *temperatuur en vochtigheidsgraad.*

De droge batterijen zijn zeer gevoelig voor warmte daar het chemische proces bij een hogere temperatuur veel sneller verloopt dan bij een lagere temperatuur.

Het zou dus het beste zijn de batterij te bewaren in een koelkast of bij afwezigheid daarvan in een kelder. Heeft men ook geen kelder ter beschikking en is men gedwongen de batterij in de winkel te bewaren, dan legt men ze op de vloer, aangezien dit de koudste plaats in het vertrek is.



Anodebatterij, die is opgebouwd uit een aantal in serie geschakelde elementen, van de constructie van fig. 3

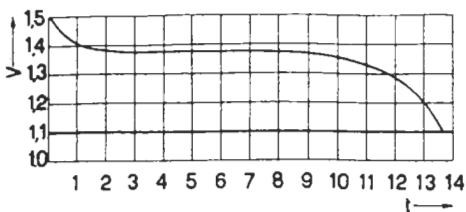
fig. 4

Maar al te vaak ziet men batte-

rijen uitgesteld in een etalage of bewaard op de bovenste planken in de winkel. Dit is funest voor de levensduur van de batterij.

Etalages waarop de gehele dag de zon staat en waar binnen weinig luchtstroming heerst, zijn ware broeikassen waarin de levensduur van de batterij achteruitgaat; het is zelfs mogelijk, dat ze na enige maanden bewaren in het geheel geen stroom meer leveren. Boven in de winkel blijft de warme lucht die lichter is dan de koude en dus omhoog stijgt, hangen en vormt ook daar een gebied van een te hoge temperatuur.

Een constructie die vooral tijdens die laatste oorlog is gebruikt, in plaats van de normale batterij, is het zogenaamde lucht-zuurstof-element. Dit element was ontwikkeld om het dure bruinsteen te besparen. Bij deze elementen laat men de zuurstof uit de lucht de taak van het bruinsteen overnemen om het waterstofgas te binden. Dit werd bereikt door om de koolstaaf poreuze koolstukjes aan te brengen, waar tussen door de buitenlucht vrije toegang heeft tot de koolstaaf en daar de waterstof in verbinding brengt met de zuurstof uit de lucht. Dit element heeft een maximum spanning van 1,4 V en een gemiddelde spanning van 1,2 V.



Ontlaad-kromme van een droog element

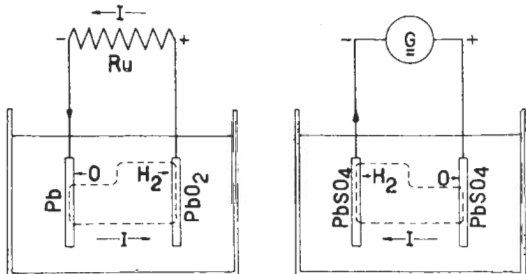
fig. 5

14. Loodaccumulator

a. Werking

De loodaccumulator, of kortweg de accu, berust op een geheel ander principe dan de voorgaande zgn. droge elementen. Bij de elementen had men nl. onmiddellijk na het samenvoegen van de 2 polen en de vloeistof een spanning. Bij de accu daarentegen moet men eerst energie toevoeren en pas daarna is ze in staat om spanning te leveren. Het woord accumulator duidt hier ook op; accumuleren betekent opzamelen. Men zamelt dus eerst een bepaalde energie op, die men daarna voor de stroomlevering ter beschikking heeft.

De loodaccumulator bestaat uit een bak met verdund zwavelzuur d.w.z. een mengsel van zwavelzuur en gedestilleerd water, waarin men platen van lood in poreuze vorm heeft. In geladen toestand d.w.z. wanneer de accu stroom kan leveren, bestaat de positieve pool uit loodsuperoxyde of loodperoxyde (een lood-zuurstof verbinding) en de negatieve plaat uit lood. In ontladen toestand, dus voordat men de energie gaat toevoeren, bestaan beide platen hoofdzakelijk uit loodsulfaat (een verbinding van lood, zuurstof en zwavel; het zwavel bevond zich in het zwavelzuur).



Principe van de loodaccumulator

Links : Tijdens het gebruik, dus ontlading

Rechts: Tijdens het opladen

fig. 6

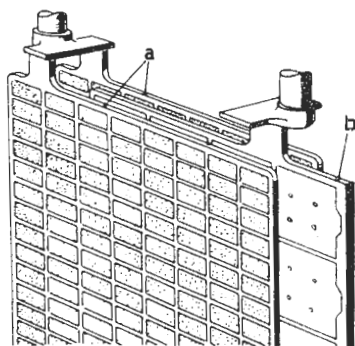
Gaan we er van uit dat de accu ongeladen is en reeds geformeerd is geweest d.w.z. waarbij de chemische omzetting tot loodsulfaat reeds heeft plaats gehad, en sluit men nu de accu aan op een stroombron, die door de accu een elektrische stroom zendt, dan krijgt men een ontleding van het verdund zwavelzuur. De negatieve plaat wordt teruggebracht of gereduceerd tot lood en de positieve plaat tot loodperoxyde. In deze toestand heeft de loodplaat een lichtgrijze kleur en de loodperoxyde plaat een donkerbruine kleur. Nadat men door het toevoeren van stroom de accu heeft geladen, kan de accu zelf als stroombron gaan functionneren. Als men dus een bepaalde weerstand aan de klemmen van de accu aansluit, vloeit er weer een stroom door de accu, echter in tegengestelde richting met die tijdens het opladen. Ook nu ontstaat weer een electrolytische ontleding van het verdund zwavelzuur, waardoor de beide platen na een bepaalde tijd weer omgezet worden in loodsulfaat.

De E.M.K. van een geladen accu bedraagt gemiddeld per cel 2,1V; aan het begin na een grondige lading 2,75 V; bij ontlading daalt de spanning tot 1,75 V. Verder mag men niet gaan, aangezien men anders de samenstelling van de platen zou bederven.

b. Constructie

De platen bestaan uit een raamwerk waarin lood is geperst; na de eerste keer opladen - men noemt dit het formeren - veranderen de positieve platen in loodperoxyde. De platen reiken niet tot aan de bodem van de glazen bak, waardoor men voorkomt, dat eventueel bezinksel een lekweg vormt tussen de positieve en de negatieve platen.

Als men een accu van binnen bekijkt zal het opvallen, dat het aantal platen altijd een oneven aantal is. Het is nl. gebleken, dat altijd een positieve plaat moet staan tussen 2 negatieve platen. (zie fig. 7.) Men kan dit het beste vergelijken met het opplakken van een prent op carton. Indien men deze prent zonder meer op de ene zijde van het carton zou plakken, zou het carton kromtrekken. Plakt men daarentegen tegelijkertijd een ander stuk papier op de achterzijde van het carton, dan voorkomt men het kromtrekken van het carton. Iets dergelijks gebeurt ook bij de accu. Bij de lading wordt nl. iets aan de positieve platen toegevoegd, hetgeen wijst op een vermeerdering van het volume. Voerde men de accu met 2 platen uit, dan zou die volumevermeerdering hoofdzakelijk



Constructie snets van de platen van de accu

a. de negatieve platen

b. de positieve plaat

fig. 7

aan één zijde van de positieve plaat optreden, waardoor deze, evenals het carton in het bovengenoemde voorbeeld, zou kromtrekken.

Het zal duidelijk zijn, dat men meer energie in de accu kan brengen naarmate de oppervlakte van de platen groter is. Men bereikt dit door verscheidene platen in de accu onder te brengen en deze met elkander te verbinden. Men drukt dit vermogen om stroom te leveren, uit in Ampere-uren (afgekort Ah). Op de accu staat daarom meestal het aantal ampere-uren vermeld, en tevens voor welke ontladstroom dit geldt; bijv. 30 ampere-uren gedurende 20 uren betekent dat de accu gedurende 20 uren een stroom van 1,5 A kan leveren.

Bij accu's welke blootgesteld zijn aan stoten of schokken zoals in auto's, tanks enz. is het vat dikwijls gemaakt van hard gummie of celluloid. Bovendien bevinden zich tussen de platen afstandsstukken ('spacers'), ter versteviging van de inwendige constructie. Voor accu's in kleine draagbare apparaten speelt de ruimte die de accu inneemt een grote rol. Men verkrijgt een besparing in ruimte door de afstand tussen de platen te verkleinen; om dan te voorkomen, dat de platen elkander raken, zodra ze bijvoorbeeld enigszins kromtrekken, brengt men in vele gevallen tussen de platen glaswol aan. Dit is een materiaal, dat electrisch isolerend is en niet door zwavelzuur wordt aangetast.

Daar bij de accu altijd gassen worden gevormd, mag de ruimte met zwavelzuur nooit geheel worden afgesloten. Aan de bovenkant van de accu heeft men dus altijd dopjes met ventilatiegaatjes die men in geen geval mag dicht stoppen.

c. Onderhoud

Het onderhoud van de accu bestaat hoofdzakelijk uit het opladen en het zuur op gehalte houden. De ontlading mag niet verder gaan dan 1,75 V per cel, aangezien anders de chemische omzetting in loodsulfaat van de platen te ver zou gaan en het loodsulfaat gelegenheid krijgt te kristalliseren (zichtbaar aan de witte vlekken op de platen). In deze vorm laat het zich chemisch niet meer beïnvloeden, waardoor het nuttig effect van de accu nadelig beïnvloed wordt.

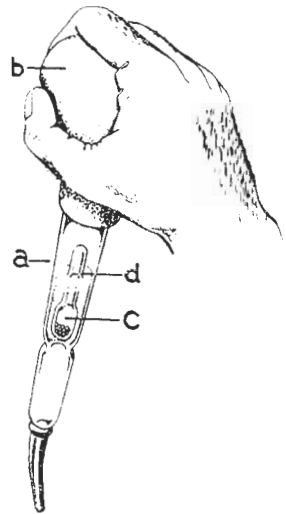
Hoewel men de ontladtoestand van de accu zou kunnen controleren met een spanningsmeting, is het beter om dit te doen door middel van een zuurmetering. Tijdens het ontladen heeft zich nl. een gedeelte van het zwavelzuur omgezet in het sulfaat van de platen, waardoor de verhouding tussen zwavelzuur en water d.w.z. de zuurdichtheid minder is geworden. Voor deze controle gebruikt men zgn. zuurwegers. De meeste zuurwegers bestaan uit een glazen hevel (a, fig. 8) voorzien van een gummie bal (b). In de hevel bevindt zich een drijvertje (c) met een schaalverdeling (d). Krijgt men nu door middel van de gummiebal zuur in deze hevel, dan kan men aan de positie van het drijvertje zien of de zuurdichtheid aan de eisen voldoet. Deze zuurdichtheid is meestal op de accu vermeld. Men.

drukt deze uit in graden Beaumé.*) Een geladen accu moet een zuurdichtheid bezitten van 28° Beaumé. De vereiste zuurdichtheid is nog enigszins afhankelijk van de platen afstand.

Ook heeft men wel accu's waarbij in een kleine afgesloten ruimte aan de bovenkant van de accu drijvertjes zijn aangebracht, (fig. 9). Als alle drijvertjes drijven, is de accu volledig geladen. Als A zinkt, begint de accu merkbaar te ontladen. Wanneer E ook zinkt, is de accu voor meer dan 2/3 ontladen. In geheel ontladen toestand zijn alle drijvertjes gezonken. In dat geval is dus een zuurweger overbodig.

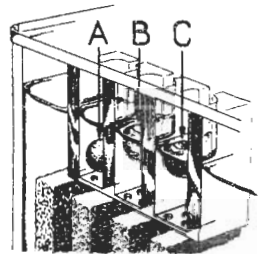
Het opladen van de accu geschiedt door middel van een gelijkspanning. Daar de meeste stadsnetten wisselspanning leveren, moet men deze wisselspanning eerst omzetten in gelijkspanning, hetgeen men doet door middel van een gelijkrichter (op de werking van de gelijkrichter komen wij nog later terug). Het hangt dan van het aantal cellen af, dus eigenlijk van de totale spanning, op welke klemmen van de gelijkrichter men de accu aansluit. De gebruiksaanwijzing, die bij de gelijkrichter geleverd wordt, geeft hierover voldoende inlichtingen.

Aan het einde van het laden ziet men de accu 'koken'. Dit is een teken, dat men het einde van de lading nadert, waarbij dan de waterstof die door de electrolyse van het verdunde zwavelzuur vrij komt, niet meer door het chemisch proces wordt gebonden en als gasbellen vrijkomt.



Zuurweger ter controle van de zuurdichtheid van de accu.

fig. 8



Accu met ingebouwde zuurdichtheidscontrole.

fig. 9

*) De zuurdichtheidsmeting is feitelijk een meting van het soortelijk gewicht (d.i. het gewicht van 1 cm³ van het materiaal). Bij sommige accu's vindt men dan ook wel het vereiste soortelijk gewicht vermeld in plaats van de zuurdichtheid in graden Beaumé.

Men zij steeds voorzichtig om met vuur bij deze gasvorming te komen, aangezien het ontstane gasmengsel van waterstof en zuurstof (van de lucht) sterk explosief is.

De klemmen van de accu vormen altijd een teer punt, daar ze voortdurend bloot staan aan de oxyderende werking van het zuur. Men moet deze klemmen daarom steeds insmeren met zuurvrije vaseline. Verder verdient het aanbeveling om de bovenzijde van de accu zo nu en dan af te wrijven met een doek met sodawater, waarbij men er echter voor moet waken, dat dit sodawater in geen geval in het accuzuur kan komen.



Tijdens het laden onderzoeken men nooit de ladingstoestand van een accu met behulp van een lucifer.

fig. 10


Zoals reeds in het begin gezegd, kan men de geladen toestand van de accu herkennen aan de kleur van de platen nl. de negatieve platen licht grijs en de positieve platen donker bruin. In ontladen toestand gaan deze kleuren over in donkergrijs en lichtbruin.

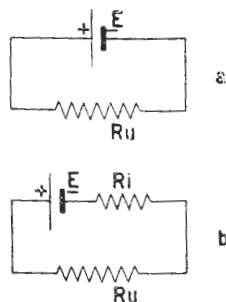
Wanneer men een accu voor lange tijd wil opbergen, laadt men de accu op totdat het zuurgehalte niet meer stijgt. Daarna giet men het zuur er volledig uit en vult de accu met gedestilleerd water. Nu sluit men de accu opnieuw op de laadgelijkrichter aan en zet men de lading nog eens geruime tijd met een kleine laadstroom voort. Hierna giet men het water er weer uit en vult het opnieuw met gedestilleerd water. Wanneer men nu de accu opnieuw wil gebruiken, behoeft men het gedestilleerd water slechts te verwijderen en te vervangen door verdund zwavelzuur met het vereiste zuurgehalte, waarna de accu voor onmiddellijk gebruik gereed is.

De vloeistof moet altijd ca. 1 cm boven de platen staan. Is deze afstand minder, dan giet men zo lang gedestilleerd water bij, dat de stand hoog genoeg is. Men gebruik hiervoor in geen geval leidingwater, daar dit water niet chemisch zuiver is. Het bijgieten van zwavelzuur is zelden nodig daar het zwavelzuur niet verdampst.

Als men verdund zwavelzuur nodig heeft, kan men dit eventueel zelf maken, indien men daarbij zeer voorzichtig te werk gaat. Het verdunde zwavelzuur is nl. een mengsel van geconcentreerd zwavelzuur en gedestilleerd water met een verhouding van 1:5. Als men deze twee vloeistoffen zonder voorzorgsmaatregelen bij elkander giet, gaat hun chemische verbinding met zo'n hevige warmte ontwikkeling gepaard, dat er gevaar bestaat voor het uit elkander springen van de glazen bak. *Men giete nooit water bij geconcentreerd zwavelzuur, maar altijd het zwavelzuur bij het water.* Men kan dit het beste doen door een glazen bak met gedestilleerd water te nemen en daarbij het zwavelzuur druppelsgewijs toevoegen; men zal merken, dat ook dan de vloeistof nog warm wordt, dikwijls zo warm dat men het proces van het bijgieten van zwavelzuur enige tijd

moet onderbreken totdat de temperatuur weer normaal is geworden. Het vereiste zuurgehalte bepaalt men weer met de zuurweger.

Schematisch wordt het element door het teken  weergegeven, zodat het schema van een element als E.M.K., met een weerstand daarop aangesloten, als in fig. 11 wordt. Nu is zo'n schema op de koper bekeken niet helemaal volledig. Zodra namelijk een stroom in de keten begint te lopen, zal deze stroom in het element ook weerstand ondervinden. Bij een accu is deze weerstand, de zgn. inwendige weerstand, heel klein; van een droge batterij, vooral wanneer deze enige tijd in gebruik is geweest, is deze inwendige weerstand niet te verwaarlozen. Feitelijk moet fig. 11a daarom in fig. 11b worden veranderd. Hierin stelt dan E het element met een inwendige weerstand R_i voor; op de klemmen A en B van het element is een (uitwendige) weerstand R_u aangesloten. Voor de weerstand R_u is er nu in de toestand iets gewijzigd. De stroom I verwekt in de inwendige weerstand R_i een spanningsverlies dat, volgens de wet van Ohm, gelijk is aan $E_{R_i} = I \cdot R_i$. Aan de klemmen A en B komt daardoor niet de E.M.K. E ter beschikking, maar een spanning, gelijk aan $E_{AB} = E - I \cdot R_i$. Men noemt de spanning E_{AB} de klemspanning. De naam spreekt reeds voor zichzelf!



Schematische voorstelling van een element met uitwendige weerstand R_u
 a. zonder inwendige weerstand
 b. met inwendige weerstand R_i

fig. 11

Het zal reeds direct duidelijk zijn dat men er naar zal streven de inwendige weerstand, en dus het zgn. inwendig spanningsverlies, zo klein mogelijk te houden. Een gunstige eigenschap van de loodaccu is juist het te verwaarlozen inwendige spanningsverlies, zodat hierbij de E.M.K. praktisch gelijk is aan de klemspanning.

Bij een batterij met een inwendige weerstand, onderscheidt men nog 2 uiterste gevallen:

1. De uitwendig aangesloten weerstand is 0Ω ; in de praktijk komt het er op neer, dat deze weerstand zó klein is (bijv. in de vorm van een dikke koperdraad) t.o.v. de inwendige weerstand, dat de stroom in de keten alleen wordt bepaald door de inwendige weerstand van de batterij. Deze stroom wordt dan $I_k = \frac{EMK}{R_i}$.

Men noemt dit de *kortsluitstroom* en men spreekt dan van *kortsluiting*. Het spreekt wel haast vanzelf dat men kortsluiting steeds vermijden moet.

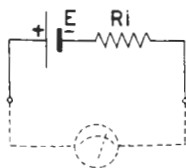
2. De uitwendige weerstand is zeer groot t.o.v. de inwendige weerstand van de batterij. Het grensgeval hiervan ligt bij ontbreken van een uitwendige weerstand; dan zou de uitwendige weer-

stand oneindig groot moeten zijn. In werkelijkheid wordt dan de uitwendige weerstand bepaald door de weerstand van de isolatie tussen de twee aansluitklemmen, die practisch altijd zeer veel groter zal zijn t.o.v. de inwendige weerstand. Bekijkt men voor dit geval fig. 11, dan ziet men dat de stroom wordt:

$$I = \frac{E.M.K.}{R_i + R_u} \approx \frac{E.M.K.}{R_u} \quad (\approx \text{betekent ongeveer gelijk})$$

In dit geval wordt dus de klemspanning gelijk aan de E.M.K. Omdat de stroom nu practisch nul zal zijn, de batterij dus niet wordt belast, spreekt men van *nullast*. Over de nullast-toestand valt nog het volgende praktische feit te vermelden:

Men wil de spanning van een batterij meten met een spanningsmeter (ook wel voltmeter genoemd), terwijl geen weerstand is aangesloten (dus nullast-toestand). Men is nu geneigd te verwachten dat de spanning, die men meet, gelijk is aan de E.M.K. Hierbij komt men wel eens bedrogen uit, omdat nu de voltmeter, die ook een bepaalde weerstand heeft, (gelukkig meestal een zeer hoge weerstand) als belastingsweerstand gaat werken. De uitslag van de voltmeter behoeft dus niet met de werkelijke E.M.K. overeen te komen. Bezit de voltmeter een hoge weerstand (wij komen hierop terug bij de behandeling van de voltmeter), dan zal de meting voor de practijk een voldoende nauwkeurig beeld van de E.M.K. van de batterij geven.



Met een voltmeter meet men nimmer de E.M.K. van een element nauwkeurig. De voltmeter speelt nu de rol van belasting.

fig. 12

15. Schakelingen van elementen

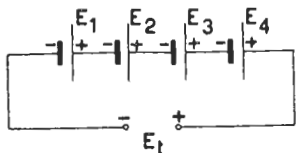
Men kan elementen, op dezelfde manier als met weerstanden is behandeld, in serie- of parallel-schakelen. Op deze wijze ontstaat een batterij, d.i. een combinatie van elementen.

a. Serieschakeling

Bij de serieschakeling verbindt men telkens de + pool van het ene element met de - pool van het volgende element, de + pool daarvan weer met de - pool van het daarop volgende element, enz. De E.M.K.'s van deze elementen werken nu in dezelfde richting, met het gevolg, dat de totale E.M.K. gelijk wordt aan de som van de E.M.K.'s van de afzonderlijke elementen. In fig. 13 is dus

$$E_t = E_1 + E_2 + E_3$$

Hierop berust bijv. de samenstelling van de anode-batterij. Deze bestaat uit een aantal elementen, afhankelijk van de totale spanning - een 90 V batterij is bijv. opgebouwd uit 60 x 1,5 V elementen - die in serie zijn geschakeld. De uiterste min- en



Bij serieschakeling van elementen is de totale E.M.K. gelijk aan de som van de E.M.K.'s van de elementen.

fig. 13

pluspolen worden als contactstoppen naar buiten gevoerd. Dikwijls bevinden zich op een anode-batterij meer contactstoppen, die op lagere spanningen zijn aangesloten, bij een 90V batterij bijv. aansluitingen voor 84V, 78 V, 67,5 V enz. Tegenwoordig worden vele anodebatterijen uitgevoerd met een 4-polige aansluiting, waarbij 2 aansluitingen voor de hoge spanning - 90 V of 67,5 V - zijn bestemd en 2 aansluitingen voor 1,5 V (voor de gloeispanning van de batterijbuizen).

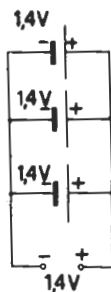
Bij serieschakeling van elementen komen ook de inwendige weerstanden van de elementen in serie te staan, zodat de totale inwendige weerstand van de batterij gelijk is aan de som van de afzonderlijke inwendige weerstanden.

b. Parallelschakeling (fig. 15).

Elementen worden parallel geschakeld als alle pluspolen met elkander worden verbonden tot één pluspool en alle minpolen worden verenigd tot één minpool. Aangezien men eigenlijk niets anders doet dan de oppervlakte van de positieve en van de negatieve polen te vergroten, komt het met parallelschakeling hierop neer, dat de E.M.K. van de batterij gelijk blijft aan die van de afzonderlijke elementen, maar het aantal Ampere-uren van de batterij veel groter wordt,

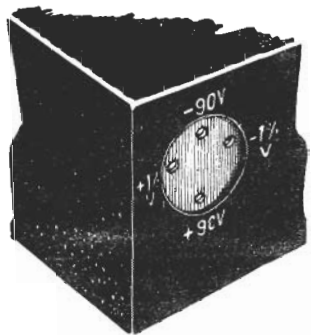
c. Gemengde schakeling (fig. 16)

Men kan de elementen gedeeltelijk in serie en gedeeltelijk parallel schakelen, bijv. zoals fig. 16 aangeeft. Deze zgn. gemengde schakeling heeft een totale E.M.K. die wordt bepaald door het aantal in serie geschakelde elementen.



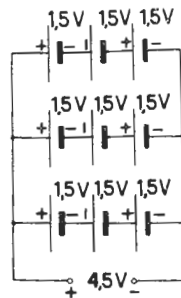
Parallelschakeling van elementen. De E.M.K. van de batterij wordt nu gelijk aan die van de afzonderlijke elementen

fig. 15



Gemengde anode - gloeispanningsbatterij met 4-polige aansluiting: 90 V voor de hoge spanning en 1,4 V voor de lage spanning (gloeispanning).

fig. 14

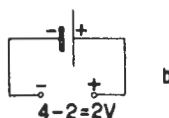
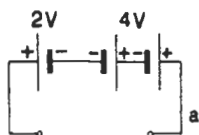


Serie- en parallelschakeling van elementen

fig. 16

d. Oppositieschakeling (fig. 17)

Ook komt het voor dat de elementen tegen elkaar of in oppositie zijn geschakeld. Daarbij worden 2 gelijknamige polen met elkander verbonden, bijv. de + pool van het ene element met de + pool van het andere element; de spanning wordt dan van de beide - polen betrokken. Nu staan de twee stuwende krachten (E.M.K.'s) tegen elkander in te werken; de sterkste kracht wint het dan, maar de uiteindelijke kracht wordt slechts het verschil tussen beide krachten. Zo is het ook met de E.M.K.'s van de elkander tegenwerkende elementen. De totale EMK wordt nu gelijk aan het verschil van de E.M.K.'s en aangezien de grootste E.M.K. het wint, wordt de polariteit van de vervangings-E.M.K. gelijk aan die van de grootste E.M.K. In fig. 17 zijn bijv. een 2 V accu en een 4 V accu in oppositie geschakeld. De resulterende E.M.K. wordt $4 - 2 = 2$ V, terwijl de + en - polen aan dezelfde zijde liggen als die van de 4 V accu. Men zou hier onmiddellijk de opmerking kunnen maken, dat dit in oppositie schakelen een nutteloos gedoe is. Inderdaad zal men dit gewoonlijk niet met hatterijen of accu's doen, maar wij zullen later, in uitvoerigere schakelingen, dit geval van twee tegengestelde spanningen wel tegenkomen.



Oppositieschakeling van elementen. De totale E.M.K. wordt nu gelijk aan het verschil van de E.M.K.'s van de elementen.

fig. 17

SAMEVVATTING

1. Een elektrische stroom ontleedt een vloeistof in twee delen: een kation met een positieve lading en een anion met een negatieve lading. Men noemt deze ontleding door de elektrische stroom electrolyse.
2. De zgn. droge batterijen bestaan uit een of meer elementen van Leclanché.
De beginspanning is 1.5 V of een meervoud daarvan.
3. Bij de lood-accumulator (of kortweg accu) bestaan de platen in geladen toestand uit loodsuperoxyde (positieve plaat) en lood (negatieve plaat).
In ontladen toestand worden beide platen omgezet in loodsulfaat.
4. De kenmerken van de geladen en ontladen toestand van een loodaccu zijn:

a. kleur:	geladen	positieve platen - donker bruin
		negatieve platen - licht grijs
	ontladen	positieve platen - licht bruin
		negatieve platen - donker grijs

b. spanning:	geladen	2,75 V begin)
		2 V gemiddeld) per cel
	ontladen	1,75 V minimum)

c. zuurgehalte:	geladen	28° Be'
	ontladen	24° Be'

5. Oorzaken van sulfateren van een loodaccu:

ontladen met te grote stroom
te lang ontladen laten staan
te hoog zuurgehalte
ontladen beneden 1,75 V per cel
droog staan van de accu

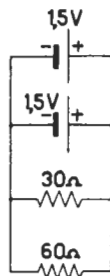
6. Bij serieschakeling van elementen is de totale E.M.K. van de batterij gelijk aan de som van de E.M.K.'s van de afzonderlijke elementen.

$$E_t = E_1 + E_2 + E_3 \dots$$

7. Bij parallelschakeling van elementen (met dezelfde E.M.K.) is de totale E.M.K. gelijk aan de E.M.K. van één element. Het aantal Ampere-uren van de batterij is echter groter geworden.
8. Elementen staan in oppositie, als hun E.M.K.'s tegen elkander in gericht zijn. De totale E.M.K. is dan gelijk aan het verschil van de E.M.K.'s van de elementen.

VRAAGSTUKKEN

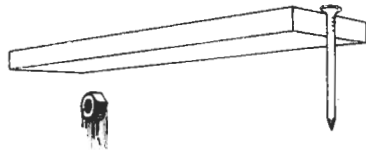
1. Een anodebatterij bestaat uit 60 elementen, elk met een E.M.K. van 1,4 V en een inwendige weerstand van 1Ω . Bepaal de totale inwendige weerstand van de batterij, de totale E.M.K. en de klemspanning bij een stroomsterkte van 0,2 A.
2. Een auto-accu (bestaande uit 3 cellen in serie) heeft een E.M.K. van 2,15 V per cel. De klemspanning over de uitwendige weerstand is 6 V. Als de stroomsterkte 1,5 A bedraagt, hoe groot is dan de inwendige weerstand per element?
3. Op twee cellen van 1,5 V, die parallelgeschakeld zijn, worden twee weerstanden van 30Ω en 60Ω parallel geschakeld, aangesloten (zie nevenstaande figuur). (Hierbij kan de inwendige weerstand worden verwaarloosd.) Hoe groot zijn de stromen door deze weerstanden?
4. Men wil een lamp, die bij een spanning van 24 V een stroom van 1,5 A neemt, voeden door accu's van 6 V. Deze accu's mogen een stroom van max. 0,5 A leveren. Hoeveel 6 V accu's hebt u hiervoor nodig en hoe moeten deze accu's worden geschakeld? (Hierbij kan de inwendige weerstand van de accu worden verwaarloosd.)



16. Magnetisme

Van een magneet weet men in de allereerste plaats dat deze in staat is andere stukjes ijzer of staal aan te trekken. Men heeft deze eigenschap reeds heel lang geleden ontdekt bij een steensoort, dat in Magnesia (Voor-Azië) gevonden werd. Hiervan is de naam magneet afkomstig. Later bleek dat men hier te doen had met een ijzerhoudend erts, dat magnetische eigenschappen heeft.

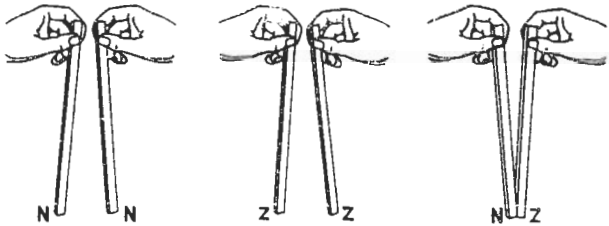
Als men met een staafvormige magneet en wat stukjes ijzer zit te spelen, bemerkt men o.a. dat de aantrekkende kracht aan de beide uiteinden het grootst is en dat deze kracht afneemt naar het midden. Precies in het midden is de aantrekkingskracht praktisch verdwenen. De beide aantrekkende uiteinden noemt men de polen van de magneet. De ene pool noemt men de Noordpool, de andere de Zuidpool.*)



Een magneet trekt ijzeren voorwerpen aan.

fig. 1

Als men twee magneten bij elkander brengt zal men bemerken, dat ze in één positie elkander aantrekken, in de tegengestelde positie elkander afstoten. Het blijkt dat in het geval van aantrekken de Noordpool van de ene magneet tegenover de Zuidpool van de andere magneet is geplaatst. Een afstotende kracht treedt daarentegen op als twee gelijknamige polen tegenover elkander geplaatst zijn; d.w.z. twee Noordpolen of twee Zuidpolen.



Gelijknamige polen stoten elkander af; ongelijknamige polen trekken elkander aan.

fig. 2

Men heeft reeds lang naar een verklaring van het magnetische verschijnsel gezocht. Een Duits natuurkundige Weber heeft hierover de volgende theorie opgesteld.

*) Deze benamingen vinden hun oorsprong in de aanwijzingen van een kompasnaald. Deze naald is eigenlijk een naaldvormige magneet, die de eigenschap heeft, zich steeds in de Noord-Zuidrichting in te stellen.

De Noordpool van de naald wijst naar het Noorden, de Zuidpool naar het Zuiden.

Alle stoffen, die magnetische eigenschappen vertonen (dat zijn er slechts enkele), zijn opgebouwd uit heel kleine magneetjes, zgn. moleculair-magneetjes, die evenals de moleculen volkomen willekeurig zijn geordend. De krachten van deze moleculair-magneetjes werken dan in willekomen willekeurige richtingen, waardoor de werking naar buiten nihil is. Men kan dit vergelijken met een voorwerp waaraan vele touwen zijn bevestigd. Als men vele mannen tegelijkertijd aan deze touwen in willekeurige richtingen laat trekken, zal het voorwerp niet van zijn plaats komen.

Zodra echter de moleculair-magneetjes allen in dezelfde richting worden geplaatst, komen aan de eindvlakken dezelfde polen te liggen nl. de Noordpolen en de Zuidpolen. In de magneet heffen de tegen elkander liggende Noord- en Zuidpooitjes elkaar weliswaar op, maar de krachten van elk van die magneetjes hebben dezelfde richting. In totaal kan men deze krachten bij elkander optellen.

Als men een magneet door midden breekt, blijken de uiteinden weer Noord- en Zuidpolen te vormen, hetgeen in het licht van bovenstaande verklaring duidelijk zal zijn (zie fig. 3b).

Men heeft stoffen, die reeds als delfstof in magnetische toestand verkeren, dus waarbij de moleculair-magneetjes reeds meer of minder in elkanders verlengde gerangschikt zijn. Men noemt deze materialen natuurmagneten.

In de meeste gevallen dienen de moleculair-magneetjes door een uitwendige invloed gerangschikt te worden (men noemt dit magnetiseren).

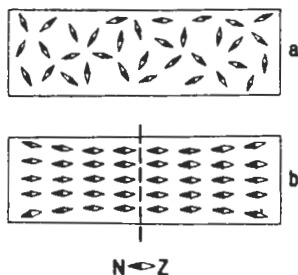
Dit magnetiseren doet men bijv. als men met een staafmagneet een spijker of een ander ijzeren voorwerp aantrekt. Dan wordt de spijker door de staafmagneet gemagnetiseerd.

De ene pool bijv. de Noordpool van de magneet oefent nl. een richtende kracht uit op de oorspronkelijk willekeurig gerangschikte moleculair-magneetjes, en wel zodanig dat alle Zuidpooitjes in de richting van de Noordpool van de staafmagneet gaan liggen. Hierdoor wordt de spijker door de staafmagneet aangetrokken. Deze beïnvloeding noemt men *magnetische inductie*.

Omdat de spijker nu gemagnetiseerd is, zal ook deze in staat zijn een andere spijker aan te trekken; de tweede spijker wordt nu dus gemagnetiseerd door de eerste spijker.

Wat ziet men nu gebeuren als men de eerste spijker van de magneet afneemt?

Dan zal de tweede niet meer door de eerste spijker worden aangetrokken. Blijkbaar verdwijnt dus het magnetisme van de spijker, zodra men deze van de magneet wegneemt: (de richtende werking van de magneet houdt dan immers op).



a. Principiële voorstelling van een magnetisch materiaal in neutrale toestand.

b. Idem in magnetische toestand.

fig. 3

Soms merkt men dat een ijzeren voorwerp, nadat het door een magneet is aangetrokken geweest, toch nog enigszins magnetisch is, zij het dan meestal zwakker dan in aangetrokken toestand. In dat geval hebben een aantal moleculair-magneetjes hun gerichte positie behouden. Men noemt dit *remanent magnetisme*.

Nu hangt het van de samenstelling van de stof af of dit remanent magnetisme klein of groot zal zijn. Gewoon ijzer of weekijzer bezit weinig remanent magnetisme. Staal, d.i. ijzer met een bepaald koolstofgehalte, vertoont daarentegen een sterk remanent magnetisme.

Voor het magnetiseren van weekijzer is echter weinig magnetische kracht nodig, voor staal daarentegen een grote magnetische kracht of in andere woorden een sterk magnetisch veld. Maar als staal eenmaal gemagnetiseerd is, behoudt het haar magnetisme beter (men spreekt dan van een permanente magneet). De eigenschap om het magnetisme te bewaren wordt veel beter als men bij het ijzer, behalve koolstof, wolfram of cobalt mengt.

Mengt men enige metalen (o.a. tin, cobalt, en aluminium) in een bepaalde verhouding met ijzer en laat men het mengsel bij het gieten nog een speciale magnetische bewerking ondergaan, dan verkrijgt men het zgn. 'Ticonal' magneetstaal, dat o.a. in de Philips luidsprekers wordt gebruikt.

17. Het magnetische veld

Uit het voorgaande bleek reeds dat door de polen van de magneet op een andere magneet of een ijzeren voorwerp een kracht (afstotend of aantrekkend) wordt uitgeoefend. Om zich enigszins een voorstelling van deze kracht te kunnen maken, stelt men deze kracht voor door lijnen, zgn. *krachtlijnen*. Zij geven de richting aan waarin de kracht werkzaam is. Dit krachtlijnenverloop kan men heel eenvoudig op de volgende wijze demonstreren.

Op een blad karton strooit men een dun laagje ijzervijsel en onder het karton houdt men een magneet. Onder invloed van het krachtenveld van de magneet, worden de ijzervijsel-korrels gerangschikt door de krachten, die er op worden uitgeoefend. Men ziet dan bij een staafmagneet het beeld van fig. 5 te voorschijn komen, bij een hoefijzermagneet het beeld van fig. 6. (Om de wrijving van het papier voor de korrels te helpen overwinnen, verdient het aanbeveling met de vinger licht tegen het karton te tikken, zodat de korrels in beweging komen).



Door de magnetische inductie wordt de bovenste spijker magnetisch en trekt deze weer een andere spijker aan.

fig. 4

Men ziet hieruit dat de krachten van de ene pool naar de andere pool gericht zijn. Men heeft nu aan de krachtlijnen, die denkbeeldig de krachten van de magneet voorstellen, ook een bepaalde richting toegekend en wel steeds van de N-pool af en naar de Z-pool toe.

De sterkte van het magnetisch veld drukt men uit door het aantal krachtlijnen per oppervlakte van 1 cm^2 te nemen. De eenheid van veldsterkte is de Oersted.

Het totaal aantal krachtlijnen over de gehele oppervlakte noemt men de *krachtstroom* of de *flux*. Men drukt deze uit in Maxwell.

18. Electro magnetisme

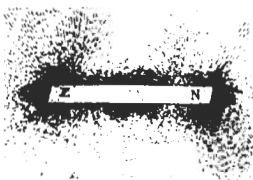
Een koperdraad, waardoor men een elektrische stroom voert, wekt eveneens een magnetisch veld op.

Brengt men een compasnaald in de nabijheid van deze draad, onverschillig of deze draad blank of geïsoleerd is, dan zal men de naald onder invloed van het magnetisch veld zien uitslaan.

Hoe dit veld verloopt, kan men weer duidelijk met ijzervijzel laten zien.

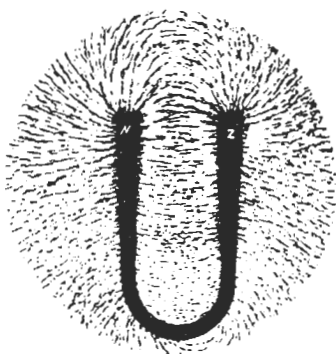
Men neme daarvoor een blad karton waardoor loodrecht een draad gestoken wordt; deze draad sluit men op een batterij aan. Op het karton strooit men rond de draad ijzervijzel. Men zal nu zien, dat dit ijzervijzel zich in cirkelvormige banen om de draad groepeerd (fig. 7).

De richting van het veld kan men met de compasnaald vaststellen. Het blijkt dan, dat bij een draad, waarin de stroom van ons af loopt, een veld wordt opgewekt, waarvan de krachtlijnen in de richting van een uurwerk lopen. Verder blijkt, dat het magnetisch veld het sterkste is onmiddellijk om de draad en dat de sterkte afneemt met de afstand tot de draad.



Het krachtlijnenverloop bij een staadmagneet, met behulp van ijzervijzel zichtbaar gemaakt.

fig. 5



Het krachtlijnenverloop bij een hoefijzermagneet met behulp van ijzervijzel zichtbaar gemaakt.

fig. 6

Aangezien in een radiotoestel, versterker, enz. vele draden lopen, waardoor een stroom vloeit, die een magnetisch veld opwekt, zullen wij met dit verschijnsel in latere lessen menigmaal te maken hebben.

19. Spoel

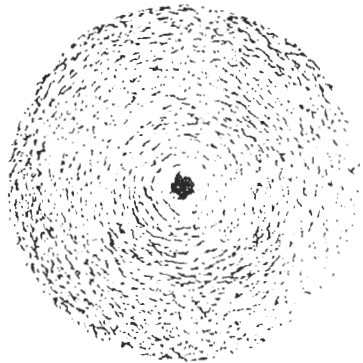
In het radiotoestel hebben wij echter nog meer te maken met een draad in spiraal vorm of op een speciale wijze op een koker gewikkeld. Wij willen eerst eens de bijzonderheden van een draadwikkeling bekijken, als door deze draad een elektrische stroom vloeit. Rond deze draad wordt weer een magnetisch veld opgewekt. Daar de draadwinding een cirkelvorm heeft, ziet men nu dat alle krachtlijnen, die het magnetisch veld voorstellen, zich als het ware samenbundelen binnen in de winding (fig. 10). Men krijgt dus in de winding een geconcentreerd magnetisch veld, op dezelfde wijze als men dit in een staafmagneet heeft.

Buiten de winding verspreiden zich de krachtlijnen daarentegen.

Legt men nu meer windingen naast elkaar, zoals in fig. 11 en 12, dan zullen de magnetische krachtlijnen zich allen bij elkander voegen in één richting. Het zal duidelijk zijn dat het magnetisch veld des te sterker wordt, naarmate men meer windingen gebruikt.

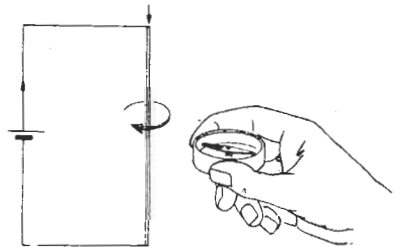
Men noemt een dergelijke combinatie een spoel (of ook wel een solenoïde). Welke richting heeft nu dit magnetisch veld in de spoel?

Zoals fig. 11 laat zien lopen de krachtlijnen binnen in de spoel van Z naar N en buiten om de spoel van N naar Z terug. Men onthoudt dit wel



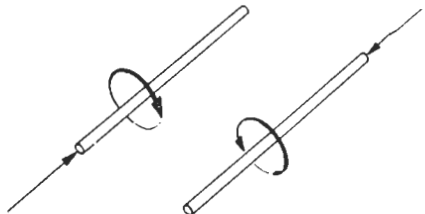
Het krachtlijnenverloop rond een stroomvoerende draad, met behulp van ijzervijlsel zichtbaar gemaakt.

fig. 7



Rondom een stroomvoerende draad ontstaat een magnetisch veld; een kompas in de nabijheid van deze draad zal uitslaan.

fig. 8



Richting van het magnetisch veld, afhankelijk van de richting van de stroom door de draad.

fig. 9

met de volgende regel:

Legt men de palm van de rechter hand zodanig op de spoel dat de richting, waarin de stroom vloeit dezelfde is als die waarheen de vingertoppen wijzen dan geeft de gestrekte duim de richting aan, waarin zich de Noordpool bevindt (fig. 13).

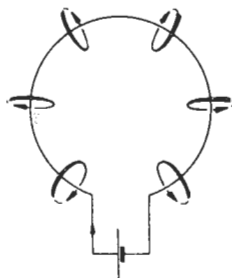
De sterkte van het magnetisch veld blijkt afhankelijk te zijn van de stroomsterkte in de spoel en van het aantal windingen. Hoe sterker de elektrische stroom, des te sterker is het veld, maar het veld wordt ook sterker naarmate de spoel meer windingen heeft. Men zegt daarom, dat de sterkte van het magnetisch veld van een spoel wordt bepaald door het aantal Ampere-windingen, d.w.z. door het product van de stroomsterkte en het aantal windingen.

Als men dus een bepaalde magnetische veldsterkte in een spoel wil hebben, kan men dit doen met een spoel met weinig windingen, waardoor echter een grote stroom vloeit; men kan echter hetzelfde bereiken door een spoel te gebruiken met veel windingen, waardoor een kleine stroom gaat. Het hangt van de toepassing af, welke oplossing de voorkeur verdient.

20. Spoel met ijzerkern

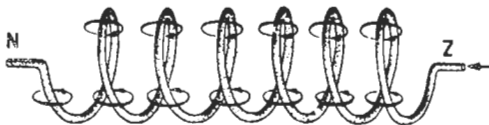
Wij brengen nu een ijzeren staaf in de spoel. Wat gebeurt er nu als een elektrische stroom door de spoel vloeit?

Door de elektrische stroom zal allereerst een magnetisch veld worden opgewekt, waarvan de richting N-Z in de lengte-as van de spoel loopt. Nu zullen echter tevens de moleculair-magneetjes van de ijzeren staaf worden gericht onder invloed van het magnetisch veld van de spoel. De ijzeren staaf wordt dus door inductie eveneens magnetisch, waardoor het totale veld in de spoel wordt versterkt.



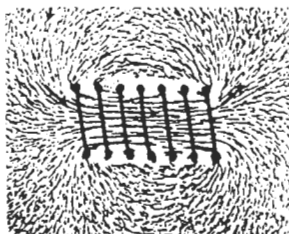
Buigt men een stroomvoerende draad rond, dan zullen de krachtlijnen zich binnen de wikkeling verenigen.

fig. 10



Een aantal windingen naast elkaar vormen een spoel.

fig. 11



Magnetische krachtlijnen verloop in en om een spoel, met behulp van ijzervijsel zichtbaar gemaakt.

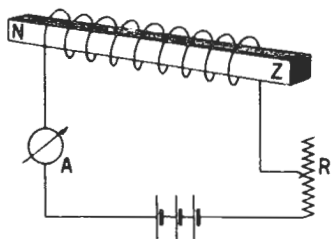
fig. 12

Men noemt een dergelijke combinatie een *electromagneet*.

Men noemt de verhouding waarin het aantal krachtlijnen van de spoel + ijzerkern is toegenomen, de permeabiliteit van het ijzer, en stelt deze voor door μ (de Griekse letter μ , spreek uit mu). Het aantal krachtlijnen per cm^2 in het ijzer noemt men de magnetische inductie of kortweg inductie. Men stelt de inductie voor door de letter B; zij wordt uitgedrukt in de eenheid Gauss.

Wij willen de eigenschappen van een dergelijke magneet eens nader bekijken. Daarvoor gebruiken wij de opstelling van fig. 14. Hierin wordt de spoel met ijzerkern op een autoaccu aangesloten via een regelbare weerstand R. Tevens is in de keten een stroommeter A opgenomen. Met behulp van de weerstand R kan de stroom door de spoel worden geregeld. Immers op elk moment is deze stroom gelijk aan:

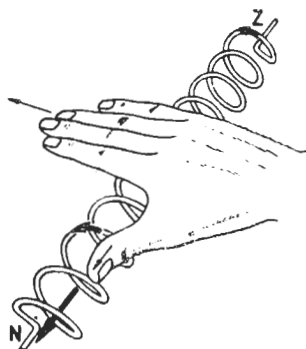
$$I = \frac{\text{batterij-spanning}}{\text{weerstand}}$$



Schema voor demonstratie van het verband tussen de totale magnetische sterkte van de spoel met ijzerkern en de stroom door de spoel.

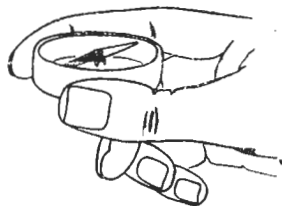
A = stroommeter R = regelbare weerstand.

fig. 14



Illustratie van de rechter handpalmregel, ter bepaling van de richting van het magnetisch veld in een spoel.

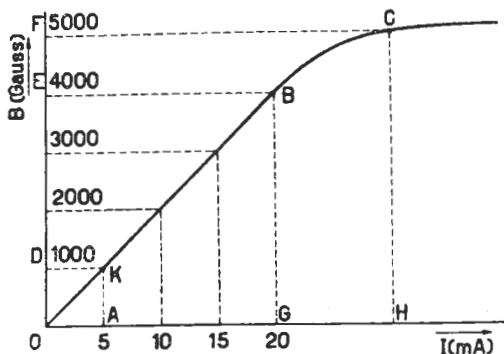
fig. 13



We beginnen met de weerstand helemaal in te draaien, zodat de stroom de kleinste waarde heeft, bijv. 5 mA. Met behulp van een kompas constateren wij op een bepaalde afstand van de spoel een bepaalde uitslag. Nu verkleinen wij R door de looper iets naar beneden te brengen, totdat de meter bijv. 10 mA aangeeft. Door de grotere stroom zal het magnetisch veld sterker zijn geworden, hetgeen merkbaar is aan het kompas. Het kompas reageert nu nl. reeds

op een veel grotere afstand tot de spoel. Zo kunnen wij door verkleining van de weerstand R de stroom door de spoel steeds meer vergroten en zullen wij de magnetische inductie steeds sterker zien worden, (het kompas dus op een steeds grotere afstand van de spoel zien reageren), tot op een bepaald moment. Daarna zien wij weliswaar bij een grotere stroom de magnetische inductie nog wel toe nemen, maar lang niet in die mate als in het begin het geval was. Vanaf een bepaalde waarde van de stroom neemt het magnetische veld zelfs praktisch niet meer in sterkte toe. Daarna heeft het dus geen zin meer de stroom door de spoel te verhogen.

Fig.15 geeft hier van een beeld. Op de verticale as is de magnetische inductie (gesymboliseerd door de letter B), uitgedrukt in de eenheid Gauss, uitgezet; op de horizontale lijn de stroom I door de spoel. Bij een stroom van 5 mA (punt A) is de inductie B 1000 Gauss, corresponderende met punt D. Door uit D en A een horizontale resp. verticale lijn te trekken, krijgt men punt K, die dus zowel de grootte van de inductie B als van de stroom I vastlegt. Zo behoort punt B bij een inductie van 4000 Gauss (punt E) en een stroom van 20 mA (punt G). Men kan nu voor alle metingen de punten vastleggen en deze punten onderling verbinden. Men krijgt dan de lijn OC in fig. 15.



Grafiek die het verband toont tussen de totale magnetische veldsterkte B van de spoel met ijzerkern en de stroom I in de spoel. Bij het punt C is de ijzerkern verzadigd, en neemt de totale veldsterkte B praktisch niet meer toe, ondanks een toenemen van de stroom I.

fig. 15

Men kan zich nog afvragen hoe het komt dat deze lijn bij het punt C meer horizontaal gaat lopen, met andere woorden, dat na een bepaalde stroom door de spoel de magnetische inductie niet meer toeneemt. Hiervoor moeten wij terug grijpen naar par. 15 over het magnetisme.

Daarin hebben wij verteld, dat een ijzeren voorwerp magnetisch wordt, zodra de molecuulair-magneetjes in elkanders verlengde gaan liggen. Dit geschiedt bijv. onder invloed van een ander magnetisch veld. Nu hangt het echter van de sterkte van dit magnetisch veld af, hoeveel van deze molecuulair-magneetjes in de rij gaan staan. Met een zwak veld van de spoel zullen slechts een gedeelte van de molecuulair-magneetjes in elkanders verlengde gaan liggen.

Hoe groter de stroom door de spoel wordt, en dus het magnetisch veld van de spoel, des te meer molecuulair-magneetjes gerang-

schikt zullen worden. Op een bepaald moment (in fig. 16 bij letter C) staan practisch alle magneetjes op hun plaats, waarna een vergroting van het veld geen verandering meer in de ijzerkern kan veroorzaken. De ijzerkern heeft dan de maximale magnetisatie bereikt. Men noemt dit *de magnetische verzadiging* en het punt C, *het verzadigingspunt*.

In plaats van de stroomsterkte in de spoel, zet men op de horizontale as ook dikwijls uit de veldsterkte H van de spoel alleen, dus zonder ijzerkern. Men spreekt dan van de BK-kromme. Aangezien door deze kromme het onmiddellijke verband tussen de magnetische inductie B van de spoel met ijzerkern en de veldsterkte (H) van de spoel zonder ijzerkern wordt gegeven, ziet men daaruit direct hoeveel sterker het magnetisch veld is geworden door toevoeging van de ijzerkern. Zoals reeds aan het begin van deze paragraaf werd vermeld drukt men dit uit door de verhouding $\frac{B}{H}$ en noemt men dit de *permeabiliteitsfactor*. Wij zullen op dit punt nog uitvoeriger terugkomen bij de behandeling van de smoerspoel en van de transformator.

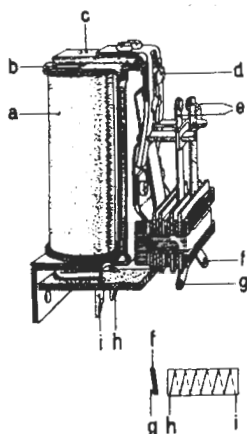
21. Toepassingen van electromagnetisme

a. Relais

Een veel gebruikte, eenvoudige toepassing van het electro magnetisme is het relais (fig. 16). Een relais bestaat uit een spoel a met ijzerkern b. Boven de ijzerkern is een ijzeren plaatje c door middel van een beugel met veer d aangebracht. Met deze beugel is één van de contacten e verbonden. Zonder stroom door de spoel wordt de beugel door de veer d naar links getrokken, zodat de contacten e verbroken zijn (deze contacten zijn via de soldeerlippen g en f naar buiten gevoerd).

Zodra echter via de aansluitcontacten i en h een stroom door de spoel a wordt geleid, wordt de ijzerkern b magnetisch. Deze kern trekt het plaatje c aan, de beugel wordt naar rechts gedraaid en de contacten e worden gesloten.

Door middel van een relais verbreekt of sluit men dus een stroomkring ten gevolge van een stroom in een andere keten. Als men de contacten e zwaar genoeg uitvoert, kan men een keten met een grote stroom sluiten door middel van een zwakke stroom in de spoel van het relais.

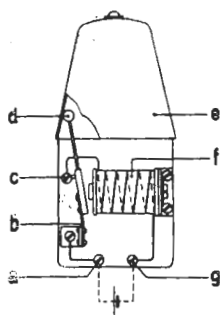


Constructie van een relais, met principe schema.

- a. spoel met ijzerkern b.
- c. ijzeren plaatje
- d. veer
- e. contacten
- f en g. aansluitlippen van de contacten e
- i en h. aansluitcontacten van de spoel

b. Electricische schel

Ook de electricische schel, waarvan het schema in fig. 17 is getekend, berust op de werking van het electro-magnetisme. Bij aansluiting van een element op de klemmen a-g, loopt een stroom via de punten b en c door de spoel f met ijzerkern terug naar g. Door de stroom wordt de ijzerkern magnetisch en wordt de klepel d aangetrokken. Zodra dit gebeurt wordt echter de stroomketen bij c onderbroken, en valt het magnetisch veld weg. De klepel wordt dan niet meer door de ijzerkern aangetrokken en wordt door de veer, waaraan de klepel is bevestigd, teruggetrokken, zodat de stroomkring weer gesloten wordt. Daarna wordt de klepel weer door de ijzerkern aangetrokken, enz. Op deze wijze wordt de klepel op en neer bewogen, waarbij het uiteinde telkens tegen een metalen kop slaat.



Constructie van een elektrische schel.

- a en g. aansluitklemmen van de batterij
- b. veer van de klepel
- c. sluitcontact van de klepel met de stroomketen
- d. klepel
- e. bel
- f. spoel

fig. 17

SAMENVATTING

1. Een magneet is een metalen voorwerp, dat op ijzeren lichamen een aantrekkende werking uitoefent. Men onderscheidt twee polen - de Zuidpool en de Noordpool.
2. Gelijknamige polen stoten elkander af; ongelijknamige polen trekken elkaar aan.
3. Iedere magnetische stof is opgebouwd uit moleculair-magneetjes, die in neutrale toestand ongeordend door elkaar liggen. In magnetische toestand zijn zij daarentegen zodanig geordend, dat alle gelijknamige moleculaire pooltjes naar dezelfde kant gericht zijn.
4. Magnetische inductie is het verschijnsel dat een ijzeren voorwerp onder invloed van een magnetisch veld magnetisch wordt.
5. Weekijzer laat zich gemakkelijk magnetiseren, doch verliest, als het aan zichzelf wordt overgelaten, zijn magnetisme praktisch geheel. Het resterende magnetisme wordt remanent magnetisme genoemd.
6. Staal is moeilijk te magnetiseren, doch behoudt na de magnetisatie een groot deel van zijn magnetisme. Zulk een magneet wordt daarom permanente magneet genoemd.
7. De krachten die door een magneet worden uitgeoefend, stelt men symbolisch voor door krachtlijnen. Zij verlopen buiten de magneet van Noord naar Zuid, binnen de magneet van Zuid naar Noord.
8. Onder de veldsterkte van een magnetisch veld verstaat men het aantal krachtlijnen, dat ter plaatse door 1 cm^2 gaat, gemeten loodrecht op de richting van de krachtlijnen. Men geeft deze veldsterkte aan door de letter H en meet ze in Oersted.
9. Om een stroomvoerende draad ontstaat een cirkelvormig magnetisch veld. Een van ons afgaande stroom veroorzaakt een veld dat rechtson verloopt.
10. Buigt men een draad tot een gesloten winding, dan zullen de krachtlijnen zich daarbinnen verenigen. Een aantal van deze windingen naast elkaar vormen een spoel.
11. De plaats van de Noord- en Zuidpool van de spoel kan men met behulp van de *rechter handpalm regel* bepalen:
Legt men de palm van de rechterhand zodanig op de spoel, dat de richting, waarin de stroom vloeit, dezelfde is als die waarheen de vingertoppen wijzen, dan geeft de gestrekte duim de richting aan, waarin zich de N-pool bevindt.
12. Het product van stroomsterkte en aantal windingen noemt men het aantal ampere-windingen (AW) van een spoel.

13. Brengt men een ijzeren kern in een spoel, dan wordt de ijzerkern door het magnetische veld van de spoel gemagnetiseerd. Het totale aantal krachtlijnen per cm^2 noemt men de magnetische inductie; zij wordt uitgedrukt in Gauss en aangeduid met de letter B.
14. De verhouding $\frac{B}{H}$ heet permeabiliteitsfactor; het is de factor, waarmee de sterkte van het magnetisch veld van de spoel toeneemt na het aanbrengen van de ijzerkern.

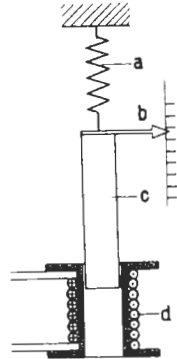
Vragen en Vraagstukken

1. Hoe groot is het aantal krachtlijnen per cm^2 van een magneet met een inductie van 5000 Gauss en van 10500 Gauss ?
2. Bereken de inductie van een magneet, wanneer de krachtstroom 70000 Maxwell en de doorsnede 14 cm^2 is.
3. Een spoel bevat 4000 windingen met een gemiddelde lengte van 20 cm per winding en een draaddikte van 0,2 mm. Bereken de draadlengte, de doorsnede, de weerstand, de stroomsterkte en het aantal AW, als de spanning over de spoel 10 V bedraagt. De soortelijke weerstand van de spoeldraad is 0.0172Ω
4. U hebt twee gelijk uitziende staven met dezelfde afmetingen, waarvan één staaf een magneet is en de andere staaf van weekijzer. Hoe kunt U nu zonder andere hulpmiddelen nagaan, welke staaf de magneet is ?

22. Weekijzermeter

a. Principe

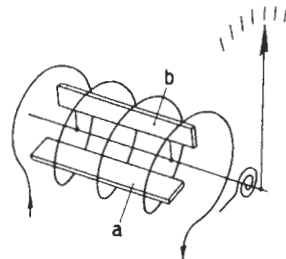
In Par. 15 van les 4 hebben wij geconstateerd dat er tussen 2 magneten een aantrekkende of afstotende kracht bestaat. Verder lazen wij in §§ 17 en 18 dat om een stroomvoerende draad of in een spoel een magnetisch veld wordt opgewekt, waarvan de richting afhankelijk is van de richting van de stroom. Het zal daarom logisch zijn dat een spoel waarin een stroom loopt, een aantrekkende kracht uitoefent op een weekijzeren staaf. Men kan dit vrij gemakkelijk met de opstelling in fig. 1 demonstreren. Een weekijzeren staaf wordt aan een veer bevestigd en vlak boven een spoel gehangen waardoor een stroom wordt gestuurd. Het magnetisch veld van de spoel zal in de ijzeren staaf magnetisme induceren d.w.z. onder invloed van het magnetische veld van de spoel worden de moleculair-magneetjes in de ijzeren staaf gericht en wel zodanig dat de Zuidpooitjes zich tegenover de Noordpool van het magnetische veld van de spoel zullen stellen. Hetzelfde gebeurt als de ijzeren staaf zich tegenover een Zuidpool van het veld van de spoel bevindt, dus wanneer de richting van de stroom in de spoel juist omgekeerd is. Maakt men de stroom door de spoel sterker, dan zal het magnetisch veld van de spoel sterker, en de aantrekkende kracht van de spoel op de weekijzeren staaf, groter worden. De staaf zal dus meer in de spoel worden getrokken. Hierop berust o.a. de werking van de weekijzermeter volgens het zgn. aantrekkingsprincipe. Aangezien deze constructie weinig wordt toegepast, zullen wij hierop niet verder ingaan.



Principe van de weekijzermeter volgens het aantrekkingsprincipe. De ijzerstaaf c wordt in de spoel d getrokken, zodra hierdoor een stroom vloeit. De veer a zorgt voor de tegenkracht, terwijl de wijzer b aflezing op de schaal mogelijk maakt.

Fig. 1

Het andere principe van de weekijzermeter werkt volgens het afstotingsprincipe. Dit is in figuur 2 voorgesteld. Men heeft 2 ijzeren plaatjes binnen in een spoel aangebracht. Het ene plaatje is onbeweegbaar aangebracht, het andere plaatje is daarentegen draaibaar. Zodra door de spoel een stroom vloeit, zal het magnetische veld van deze spoel de plaatjes magnetiseren. Aangezien deze beide plaatjes op dezelfde wijze in het veld zijn aangebracht, zullen zij op dezelfde wijze worden gemagnetiseerd, zodat zij



Principiële voorstelling van de weekijzermeter volgens het afstotingsprincipe. De plaatjes a (vast) en b (draaibaar) stoten elkander af, zodra door de spoel een stroom loopt.

Fig. 2

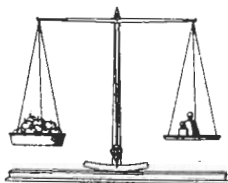
met gelijknamige polen tegenover elkander komen te staan; zij zullen elkander dus afstoten. Deze afstotende kracht zal des te sterker zijn naarmate hun magnetisme sterker is.

b 1. Constructie

Als alleen deze kracht aanwezig zou zijn, zou de wijzer op maximum uitslaan, aangezien er behalve de wrijving geen andere remmende kracht aanwezig is.

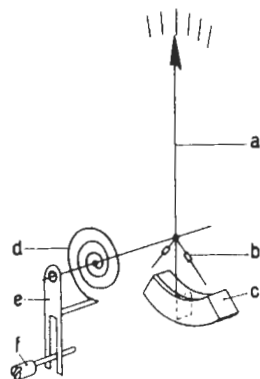
Er moet dus een tweede kracht worden opgewekt, die er voor zorgt dat de wijzer juist in die positie blijft stilstaan, die overeenkomt met de waarde van de te meten stroom. Men ziet dit heel eenvoudig geïllustreerd door de werking van een weegschaal. Als men bij de weegschaal op de linkerschaal $\frac{1}{2}$ kilo appels of één kilo appels legt, zal de schaal in beide gevallen volledig naar links uitslaan. Zodra men echter op de rechter schaal een tegengewicht legt, zal er evenwicht in de weegschaal komen, zodra de kracht van de gewichten die van de appels opheft. Terugkomend op het metersysteem zal dus een tegenkracht moeten worden aangebracht die steeds juist gelijk moet zijn aan de kracht die door het bewegende systeem wordt uitgeoefend. Voor deze tegenkracht (men noemt dit het tegenkoppel of veermoment) gebruikt men tegenwoordig meestal een spiraalveer (zie fig. 4d en 9g); door de uitwijking van de naald wordt de veer meer in elkander gedraaid of getordeerd en ontstaat een zog. torsiekracht die des te groter wordt naar mate de wijzer meer uitslaat. Het ene uiteinde van de veer is in de regel aan een draaibaar armpje e bevestigd, waarmee de 0-stand van de meter kan worden gecorrigeerd. (Met behulp van de excentrische stift f die door het meterglas bereikbaar is.)

Het is uiteraard belangrijk dat de wijzer uiterst licht loopt. De wrijving bij het bewegen van de wijzer moet gering zijn. Het draaisysteem wordt daarom meestal van een zog. puntlagering met een bronzen lager of een agaaststeentje (fig. 5) voorzien. In verband hiermede is het ook belangrijk dat de naald goed uitgebalanceerd is. Hiertoe zijn aan de staart van de wijzer twee stangetjes (fig. 4b en fig. 9e) aangebracht. Soms bestaat de staart van de wijzer uit 2 dunne ronde stangetjes met fijne schroefdraad, waarop contragewichtjes heen en weer kunnen worden geschoven (fig. 4). Door het ene gewichtje dicht bij de as en het andere er verder van af te plaatsen, kan men bovendien het evenwicht naar links of naar rechts verplaatsen. Bij de fabricage verplaatst men deze gewichtjes dan zo lang, tot het systeem bij draaien



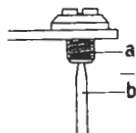
Zodra de gewichten op de rechter schaal gelijk zijn aan het gewicht van de appels op de linker schaal, bevindt de weegschaal zich in evenwicht.

Fig. 3



Eenvoudige voorstelling van de lucht-demping en van de nulpuntscorrectie.
 a : wijzer
 b : contragewichtjes voor het uitbalanceren van de wijzer
 c = dempingskamer, waarin de dempingsvleugel beweegt
 d = torsieveer die voor de tegenkracht zorgt.
 e = draaibaar armpje met vork waarin f = de excentrische schroef past.

Fig. 4

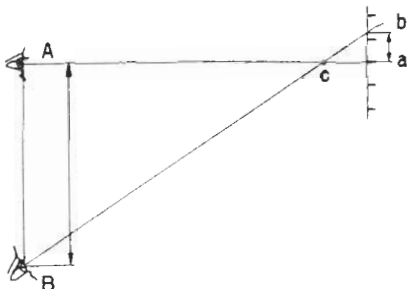


Voorbeeld van een puntlagering van het draaisysteem.
 a = lagerbuisje
 b = asje, waarop de wijzer en het draaibare vleugelje zijn bevestigd.

Fig. 5

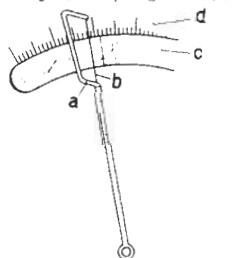
van de meter in iedere stand in evenwicht is.

Voor de wijzer zelf treft men ook verschillende uitvoeringen aan, afhankelijk van de gewenste graad van nauwkeurigheid. De eenvoudigste wijzer, maar ook de minst nauwkeurige is die met een gewone meer of minder dikke pijl (fig. 16k). Aangezien men de wijzer altijd op een, zij het kleine, afstand boven de schaal moet laten lopen, heeft men hierbij een grote kans op afleesfouten, die men met parallax betitelt. De verklaring voor deze afleesfout ziet men onmiddellijk uit fig. 6. De juiste positie van het oog is in A, waarbij men recht voor de schaal staat en de aflezing samenvalt met het punt a. Zodra men de stand van de wijzer c schuin afleest, bijv. in positie B, noteert men een te grote of een te kleine uitslag, afhankelijk van het feit of men links of rechts van de juiste positie afleest. In fig. 6 is de afleesfout bijv. gelijk aan de afstand a - b op de schaal.



Eenvoudige voorstelling voor het verklaren van de afleesfout (parallax). Als de goede positie voor het aflezen in A is, zodat men recht tegenover de wijzer c staat, komt de aflezing met punt a overeen. De positie B is fout, omdat men nu een afleesfout gelijk aan de afstand ab krijgt. Fig. 6

Om dit te voorkomen, gebruikt men veel de zog. meswijzer. (fig. 9m). Hierbij wordt de afleesfout vermeden indien men zo op de wijzer kijkt, dat men het mes als een dunne lijn ziet. Soms voorziet men de schaal nog van een spiegel; nu moet men het mes als een scherpe lijn in het verlengde van haar spiegelbeeld zien. Ook ziet men dikwijls in combinatie met de spiegelaflezing de draadwijzer gebruikt (fig. 7). Hierbij is een dunne draad b strak gespannen in een beugel a aan het eind van de wijzer. Verder ziet men op deze figuur de spiegelstrook c en daarboven de schaal d.



Draadwijzer met spiegelaflezing.
a = beugel waarin de draad b strak is gespannen
c = spiegelstrook
d = schaal Fig. 7

b 2. Damping

Als bij een bepaalde stroom de wijzer uitslaat, zal de wijzer, zonder voorzorgsmaatregelen, enige tijd om zijn eindwaarde blijven slingeren. Dit werkt natuurlijk niet prettig. De meters worden daarom altijd voorzien van een dempingsinrichting die er voor zorgt dat de wijzer praktisch zonder slingeren zijn eindwaarde bereikt.

Bij de weekijzermeter wordt meestal zog. luchtdemping toegepast (fig. 4 en fig. 9). Daarbij is de wijzer voorzien van een dun aluminium plaatje (dempingsvleugel) dat in een vrijwel afgesloten ruimte (dempingskamer) (fig. 9k) juist vrij kan bewegen. Wanneer de wijzer heen en weer wil slingeren, ondervindt de dempingsvleugel weerstand door de in de dempingskamer opgesloten lucht, waardoor het slingeren van de wijzer wordt afgeremd.

b 3. Schaal

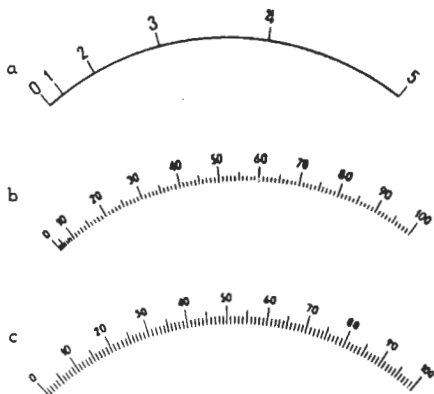
Men zal in het algemeen naar een lineaire schaalverdeling streven. Hierbij neemt de uitslag van de wijzer lineair met de te meten spanning of stroom toe en zal de leesbaarheid van de schaal op alle plaatsen even duidelijk zijn (het lineair toenemen van de uitslag van de wijzer betekent, dat een 2 x zo grote stroom overeenkomt met een 2 x zo grote uitslag van de wijzer, een 3 x zo grote stroom, een 3 x zo grote uitslag enz.)

Bij de weekijzermeter zou de schaal zonder voorzorgsmaatregelen niet lineair, maar kwadratisch zijn, d.w.z. een stroom die 2 x zo groot wordt, geeft een uitslag van de meter die $2^2 = 2 \times 2 = 4$ x zo groot is; een 3 x grotere stroom zal overeenkomen met een $3^2 = 9$ x grotere uitslag enz. Dit kwadratische karakter is nauw verbonden met het principe van de weekijzermeter. Immers, wanneer de stroomsterkte 2 x zo groot wordt, wordt de magnetische veldsterkte van de spoel, dus van beide plaatjes in de spoel 2 x zo groot. Aangezien de afstotende kracht tussen de plaatjes wordt bepaald door de magnetische sterkte van beide plaatjes,

wordt de afstotende kracht $2 \times 2 = 4$ x zo groot. Dientengevolge zal de schaal van een weekijzermeter de vorm van fig. 8a krijgen. Dit is echter zeer onpractisch, daar dan $\pm 1/5$ gedeelte van de schaal, dit is het begin, dermate samengedrongen is, dat het niet bruikbaar is. In verband hiermede geeft men de plaatjes in de spoel een speciale vorm (zie fig. 9c en 9d), zodat de afstotende kracht, van af een bepaalde sterkte, nagenoeg constant blijft bij toenemende stroom. De schaalverdeling is nu weliswaar aan het begin nog enigszins kwadratisch, voor het grootste gedeelte zal zij echter vrijwel lineair zijn. (fig. 8b).

b 4. Complete constructie

Figuur 9 toont tenslotte een vereenvoudigde constructietekening van het complete systeem van een weekijzerinstrument. Hierin is a de spoel waardoor de stroom vloeit; c en d zijn de afbuigplaatjes in de spoel waarvan de afstotende kracht dus toeneemt met de grootte van de stroom.



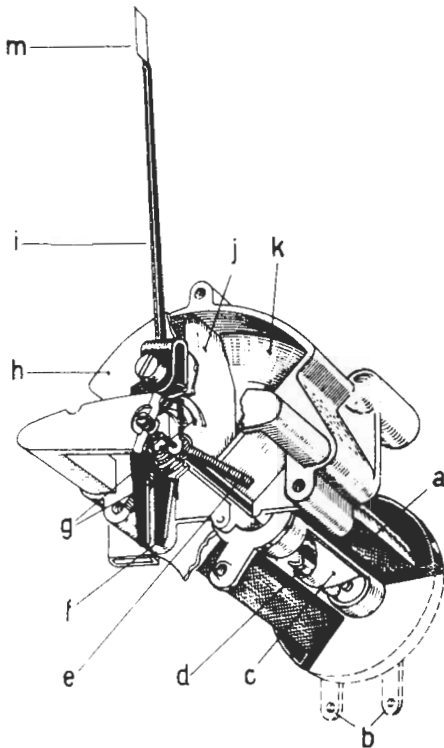
3 Verschillende schaalindelingen.

a = kwadratische schaal

b = gelineariseerde kwadratische schaal, het grootste gedeelte van de schaal is lineair. Het begin is echter nog samengedrongen.

c = lineaire schaal.

Fig. 8



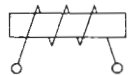
Vereenvoudigde constructietekening van het metersysteem van een weekijzerinstrument.

- a : doorsnede van de spoel, waardoor de te meten stroom vloeit
- b : aansluitcontacten van de spoel
- c : het vaste weekijzeren plaatje
- d : het draaibare weekijzeren plaatje
- e : balanceerstaafjes van de wijzer
- f : vork voor de nulpuntsinstelling
- g : torsieveer
- h : afsluitdeksel van de dempingskamer
- i : wijzer
- j : dempingsvleugel
- k : dempingskamer
- m : mesvormig einde van de wijzer.

Fig. 9

g is de spiraalveer die voor de tegenwerkende kracht zorgt. Aan de wijzer i is de dempingsvleugel j gekoppeld, die beweegt in de dempingskamer k en gesloten is door het plaatje h. De vork f is verbonden aan de torsieveer g. Met behulp van een excentrische stift, die op de glazen plaat van de meter zit en die grijpt in de vork f, kan men de veerspanning enigszins instellen en daardoor de wijzer op 0-stand zetten. De klemmen b zijn de aansluitingen van de spoel en dus van de meter.

Om aan te duiden dat een meter van het weekijzer-principe is, wordt de schaal hiervan meestal voorzien van een kenmerk dat in fig. 10 is afgebeeld.



Symbol van een weekijzerinstrument.

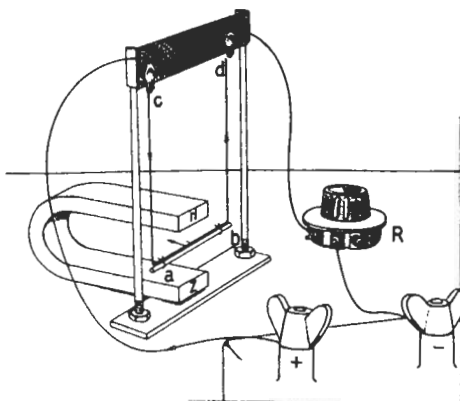
Fig. 10

23. Draaispoelmeter

a. Principe

Het principe van de draaispoelmeter berust op het verschijnsel dat op een door een elektrische stroom doorlopen geleider, die in een mag-

netisch veld wordt geplaatst, een kracht wordt uitgeoefend. Wij kunnen dit met de volgende proef demonstreren (fig. 11). Wij hangen een koperen staafje ab als een schommel op. Hiervoor gebruiken we een paar soepele stroomgeleidende verbindingsdraden (ac resp. bd) die met behulp van een stel soldeerlippen op een isolatieplaatje zijn bevestigd en die tevens voor de verbinding zorgen met de stroombron. De ophanging van het staafje ab wordt zodanig uitgevoerd, dat het staafje vrij heen en weer kan schommelen tussen de polen van een hoefijzermagneet. Het staafje bevindt zich dan in een magnetisch veld waarvan de krachtlijnen van Noord naar Zuid lopen. Zodra nu een stroom door het staafje wordt



Opstelling voor het demonstreren van de kracht die op een stroom voerende geleider wordt uitgeoefend, die zich in een magnetisch veld bevindt.

ab = koperen staafje dat via de stroom geleidende verbindingsdraden ac en bd en de regelbare weerstand R met een accu is verbonden. In de getekende richting van de stroom krijgt het staafje een uitwijking naar links.

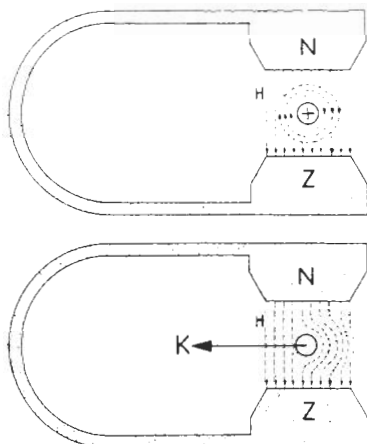
Fig. 11

gestuurd zal men, afhankelijk van de richting van de stroom, het staafje naar links of naar rechts zien bewegen. Er wordt dus blijkbaar een kracht op dit staafje uitgeoefend. Let men op de richting van de stroom die, zoals men weet, afhankelijk is van de aansluiting van de spanningsbron, dan zal men zien dat het staafje naar links beweegt als de stroom van a naar b loopt, en naar rechts uitwijkt bij een stroomrichting van b naar a. Vergroten wij de stroomsterkte, door de weerstand R kleiner te maken, (men gebruike voor deze proef een variabele weerstand) dan zien wij het staafje een grotere uitwijking maken. Wij constateren dus 3 verschijnselen:

1. Een stroom door het staafje dat zich in een magnetisch veld bevindt, veroorzaakt een uitwijking van het staafje.
2. De richting van de uitwijking is afhankelijk van de richting van de stroom door het staafje.
3. De grootte van de uitwijking van het staafje is afhankelijk van de grootte van de stroom door het staafje.

De verklaring van deze verschijnselen kan men aan de hand van fig. 12 gemakkelijk inzien. Het magnetisch veld van de hoefijzermagneet wordt voorgesteld door de krachtlijnen H, de kleine cirkel stelt de doorsnede voor van de geleider (staafje ab in fig. 11) waardoor een stroom van ons afvloeit. Zoals we uit de vorige les hebben gezien, verlopen de krachtlijnen van het door de stroom opgewekte magnetisch

veld als cirkels om het staafje. Rechts van het staafje lopen de krachtlijnen in dezelfde richting als die van het veld H en links in tegengestelde richting. Dit heeft tot gevolg dat rechts van het staafje een verdichting van het krachtlijnenveld, dus een versterking van het veld ontstaat; links van het staafje treedt daarentegen een verdunning of wel een verzwakking van het veld op. Er ontstaat dus als het ware een magnetisch drukverschil, waardoor het staafje naar links wordt gedrongen. Naar mate de stroom door het staafje sterker is, neemt de magnetische veldsterkte om het staafje toe en zal het magnetische drukverschil groter worden, dus eveneens de kracht die op het staafje wordt uitgeoefend.



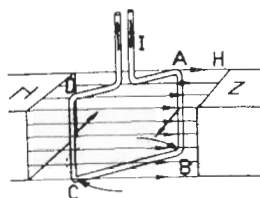
Principiële voorstelling van het magnetische veld waarin zich een stroom voerende geleider bevindt en waarbij op de geleider een kracht K wordt uitgeoefend.

Fig. 12

Na deze kracht, die bekend is onder de naam Lorentz-kracht, verklaard te hebben, komen we thans op de toepassing van het principe bij de draaispoelmeter. In plaats van een staafje gebruikt men nu een rechthoekig draadraampje, waardoor de elektrische stroom wordt gevoerd (fig. 13).

De zijden AB en CD van het raampje worden weer omgeven door een magnetisch veld, waarvan de richting afhankelijk is van de richting van de stroom. In AB vloeit deze stroom van A naar B , in CD echter van C naar D . Zodat de krachtlijnen rond om AB en CD ten opzichte van het krachtenveld H van de magneet juist tegengesteld liggen. Het gevolg is, dat op AB een kracht wordt uitgeoefend die naar ons toe gericht is en op CD een kracht werkt die van ons af gericht is. Het raampje zal dus onder invloed van deze krachten om haar lengte-as gaan draaien. Fig. 14 geeft reeds een praktisch beeld van het draaispoelsysteem.

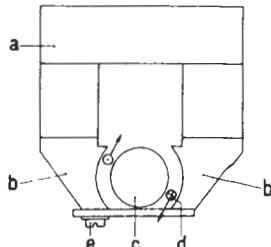
De magneet bestaat daarbij uit de permanente magneet Q ; Aan de poeleinder zijn 2 cilindervormig uitgeholde weekijzeren schoenen b aangebracht, waartussen een eveneens cilindervormig weekijzeren kernblok c met een kleinere diameter is geplaatst. Op deze wijze ontstaat tussen de poolschoenen en het kernblok een luchtspleet, waarin een gelijkmatig (homogeen) magneetveld aanwezig is. In deze luchtspleet brengt men nu een draadraampje d (of draaispoeltje - vandaar de naam draaispoelmeter) aan, dat meestal uit verscheidene wikkelingen be-



Principe van een draaispoelmeter. Zodra een stroom I door het raampje $ABCD$ vloeit, zal het raampje onder invloed van het magnetische veld waarin het zich bevindt om zijn as gaan draaien.

Fig. 13

juist tegengesteld liggen. Het gevolg is, dat op AB een kracht wordt uitgeoefend die naar ons toe gericht is en op CD een kracht werkt die van ons af gericht is. Het raampje zal dus onder invloed van deze krachten om haar lengte-as gaan draaien. Fig. 14 geeft reeds een praktisch beeld van het draaispoelsysteem.



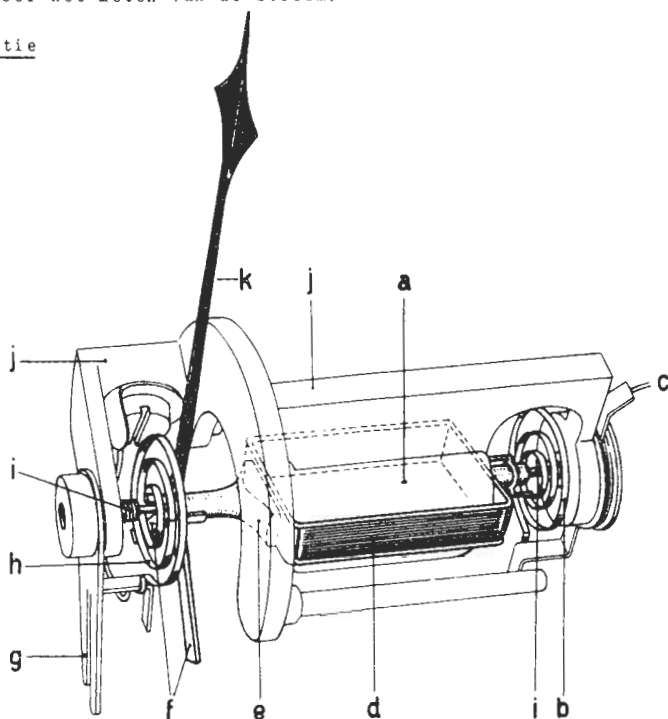
Doorsnede van een magneetsysteem van een draaispoelmeter met draaispoeltje.

a = permanente magneet
 b = uitgeholde weekijzeren poolschoenen
 c = weekijzeren kernblok
 d = draaispoeltje.

Fig. 14

staat en draaibaar is opgesteld. Zodra nu een stroom door het spoeltje wordt gestuurd, zal het spoeltje gaan draaien. Aangezien wij gezien hebben, dat de kracht die op het spoeltje wordt uitgeoefend, evenredig is met de stroom door het spoeltje, is de uitwijking van het spoeltje een maat voor de grootte van de stroom. Door dus aan het spoeltje een wijzer te bevestigen, heeft men op deze wijze een aanwijsinstrument verkregen voor het meten van de stroom.

b. Constructie



Vereenvoudigde tekening van het systeem van een draaispoelinstrument.

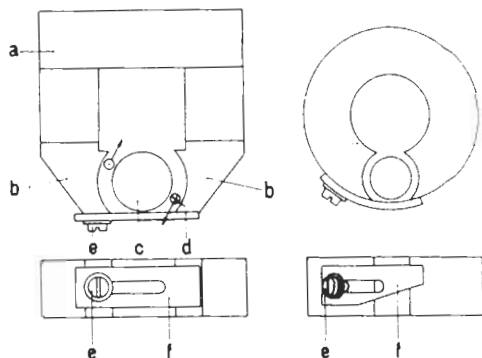
- a = weekijzeren kernblok
- b = bronzen spiraalveer
- c = aansluitcontact voor de stroomtoevoer
- d = draaispoeltje
- e = aluminium plaatje, waarmede de as met wijzer op het draaispoeltje is bevestigd
- f = balancerstaafjes van de wijzer
- g = vork voor de nulpuntsinstelling
- h = tweede bronzen spiraalveer
- i = lagerblokje voor de puntlagering
- j = gestel van het systeem
- k = pijlwijzer.

Fig. 15

Fig. 15 geeft de tekening van het draaisysteem van een draaispoelmeter weer. Ter wille van de duidelijkheid van de tekening is de permanente magneet met poolschoenen weggelaten. Men ziet echter nog wel het kernblok a, bevestigd aan het juk j, waarom het raampje d (draaispoeltje) draait. De lagering van het draaispoelsysteem is, evenals dat bij de weekijzermeter is beschreven, een puntlagering (i). De as is aan beide zijden op het draaispoeltje bevestigd met behulp van aluminium plaatjes e, die eenvoudig op het platte vlak van het spoel-

tje zijn gelijmd en zodoende van het raampje met wikkeling electrisch zijn geïsoleerd. Op de beide asjes zijn de bronzen spiraalveertjes b en h bevestigd, die dus voor de tegenkracht van het draaispoelsysteem zorgen. Op het asje aan de voorzijde is tevens de wijzer k, voorzien van de balanceerstaafjes f, aangebracht. De stroom wordt toegevoerd aan een van het gestel geïsoleerde steun c voor de achterste spiraal en gaat door deze spiraal naar het begin van het spoeltje. Na het spoeltje te hebben doorlopen verlaat de stroom via de spiraal aan de voorzijde ook de steun en het gestel van het instrument het systeem weer. De steun is aan de voorzijde voorzien van een vork g, bevestigd aan 'de voorste spiraalveer h, waarin een excentrisch pennetje grijpt. Met behulp van dit pennetje kan men de vork heen en weer draaien, waardoor de wijzer precies op het 0-punt van de schaal kan worden ingesteld.

Aangezien de aanwijzing van het instrument afhankelijk is van de sterkte van het magnetisch veld, waarin de draaispoel zich bevindt, bezit het draaispoelsysteem meestal nog een instelmogelijkheid van de magnetische veldsterkte. Dit geschiedt met een zog. magnetische shunt (fig. 16a en b.) Een dergelijke shunt (paralleltak uit een verschuifbaar weekijzeren plaatje (f), waarmede de luchtspleet min of meer kan worden kortgesloten. Men voert



Twee doorsneden van het magneetstel van een draaispoel-instrument met magnetische shunt.

Fig. 16

hiermede nl. meer of minder krachtlijnen buiten het draaispoeltje om. Na het instellen van het plaatje f wordt dit met een schroef e vastgezet. Deze instelling van de magnetische shunt geschiedt reeds in de fabriek, zodat men er normaal niets mee te maken heeft. Tegenwoordig worden echter van vele draaispoelmeters in de Philips meetinstrumenten losse draaispoelsystemen als service onderdelen geleverd. In die gevallen zal men ook met de instelling van de magnetische shunt te maken hebben. De daartoe vereiste instelgegevens worden dan echter steeds in de betreffende Service Documentaties gegeven.

Demping.

Wij hebben reeds bij de weekijzermeter gelezen waarom demping nodig is en hoe dit bij dit type meter wordt verwezenlijkt. De draaispoelmeter wordt meestal van een andere demping een zog. electromagnetische demping voorzien. Men verkrijgt deze demping automatisch als men het draaispoeltje wikkelde op een dun aluminium raampje. Bij iedere beweging van dit raampje wordt nu hier een inductiespanning en - stroom in opgewekt die een zodanig magnetisch veld veroorzaakt, dat de oorspronkelijke beweging wordt tegengewerkt. Dit berust op de wet van

Lenz die zegt: *De richting van de inductiestroom is altijd zodanig, dat hij zich verzet tegen de oorzaak waardoor hij tot stand komt.* Dit is trouwens een algemene wet in de natuur, dat een systeem zich altijd tracht te verzetten tegen veranderingen die men het wil doen ondergaan. In de volgende les, par. 27, zullen wij hierop uitvoeriger terugkomen. Soms gebruikt men i.p.v. het raampje een aparte kortgesloten wikkeling als dempingswikkeling. De werking is echter hetzelfde als die van het raampje.

Aangezien de werking van deze demping onafhankelijk is van het feit of er een stroom door het draaispoeltje vloeit, zal elke beweging van het spoeltje worden gedempt; dus ook bewegingen die ontstaan tijdens transport van de meter. Daarom wordt bij vele meters aangeraden de klemmen van de meter tijdens transport kort te sluiten. Het draaispoeltje werkt nu ook als dempingswikkeling, waardoor beschadiging van het systeem door heftig heen en weer slingeren gedurende het transport wordt voorkomen.

Om het principe van draaispoelmeter aan te duiden, voorziet men de schaal veelal van een merkteken, dat in fig. 17 is afgebeeld.


Is de meter alleen geschikt voor gelijkstroom en - Symbol voor het voorspanning, dan treft men dikwijls nog het teken  op stellen van een draaispoelinstrument.

Fig. 17

24. Het meten van stromen en spanningen

a. Het meten van stromen

Een stroommeter, of meer genoemd een ampèremeter, (ook wel milliampèremeter) moet aangeven hoe groot de sterkte van een stroom in een bepaalde keten is. Door de meter moet dus dezelfde stroom lopen als door de verschillende weerstanden in die keten. De meter moet daarom in serie met de stroomleiding worden opgenomen.

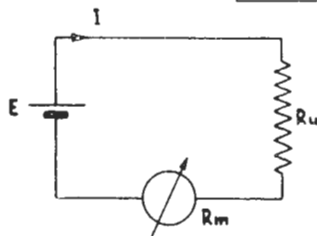
Nu beïnvloedt de meter strikt genomen de totale weerstand in de keten, dus de stroom die men wil meten. Immers zonder meter is de stroom $I = \frac{E}{R_u}$ (fig. 18).

Met de meter in de keten opgenomen wordt de stroom $I' = \frac{E}{R_m + R_u}$

(R_m = de weerstand van de meter, dus van het draaispoeltje bij een draaispoelmeter en van de vaste spoel bij een weekijzermeter).

Men dient er dus voor te zorgen dat de meterweerstand R_m verwaarloosbaar klein is ten opzichte van de weerstand R_u in de keten.

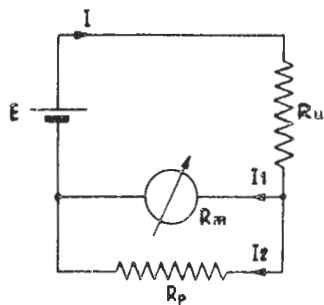
Een draaispoelmeter kan reeds bij een vrij kleine stroom zijn volle uitslag vertonen. Afhankelijk van de constructie van het draaispoelsysteem ligt deze stroom in de orde van 1/10 mA tot tientallen mA. Men spreekt dan van een milli-ampèremeter (of mA-meter) in plaats van een ampèremeter. Wil men nu met een dergelijke meter een grotere stroom meten, dan bereikt men dit door parallel aan de meter een weerstand aan te brengen. Men noemt deze parallelweerstand een shunt. Wij willen dit aan de hand van fig. 19 illustreren.



De stroommeter (ampère of milliampèremeter) wordt steeds in de stroomketen geschakeld.

Fig. 18

Zoals wij in les 2, par. 12, hebben gelezen verdeelt een stroom in de keten zich over 2 parallelgeschakelde weerstanden zodanig, dat de grootste stroom door de kleinste weerstand vloeit en de kleinste stroom door de grootste weerstand gaat. In fig. 19 is de schakeling van een milliampèremeter getekend met een shuntweerstand R_p . De te meten stroom is I ; door de meter met een weerstand R_m loopt een stroom I_1 , die maximaal gelijk mag zijn aan de stroom die nodig is, om de volledige uitslag van de meter te verkrijgen. Door de shuntweerstand R_p moet dus een stroom $I_2 = I - I_1$ afgevoerd worden. Stel, dat de draaispoelmeter zijn volledige uitslag heeft bij een stroom van 1 mA, waarbij aan de klemmen van de meter een spanning van 60 mV staat. Dit betekent dat de meterweerstand R_m gelijk is aan $\frac{0,06}{0,001} = 60$ ohm (volgens de wet van Ohm).



Schakeling van een milliampèremeter met een shuntweerstand R_p .

FIG. 19

Als men nu een stroom wil meten van maximum 10 mA, betekent dit dat door de shunt R_p een stroom van maximum $10 - 1 = 9$ mA moet vloeien. Aangezien over deze weerstand eveneens een spanning van 60 mV staat, zal de shuntweerstand R_p gelijk moeten zijn aan $\frac{0,06}{0,009} = 6 \frac{2}{3}$ ohm. *)

Wil men een grotere stroom meten, dan zal het duidelijk zijn, dat de parallelweerstand des te kleiner wordt, naarmate de te meten stroom toeneemt. In een praktische milliampèremeter heeft men hierin voorzien door de meter verschillende stroombereiken te geven, d.w.z. waarbij de volledige uitslag overeenkomt met verschillende maximale stroom-

*) Voor de berekening van een shuntweerstand gebruikt men veel de formule

$$R_p = \frac{R_m}{n-1}$$

waarin R_p = shuntweerstand
 R_m = weerstand van de meter
 n = $\frac{\text{gewenste meetbereik}}{\text{stroom voor volle uitslag van de meter}}$

In bovenstaand voorbeeld was $n = \frac{10 \text{ mA}}{1 \text{ mA}} = 10$

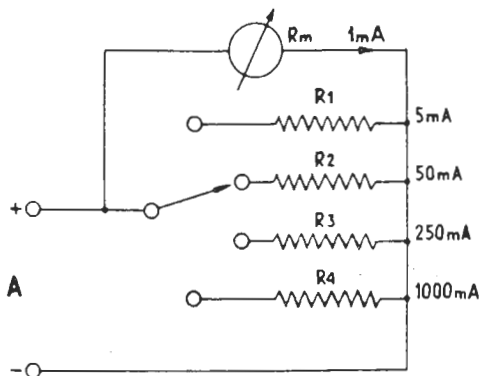
dus $R_p = \frac{60}{10-1} = \frac{60}{9} = 6 \frac{2}{3}$ Ohm.

Voor een meetbereik van 50 mA zou men krijgen:

$$R_p = \frac{60}{50-1} = \frac{60}{49} = \text{ca. } 1,2 \text{ Ohm.}$$

sterkten. Uit het bovenstaande blijkt, dat men dit kan bereiken door voor elk bereik een andere shuntweerstand R_p in te schakelen, en wel naar mate het stroombereik voor een grotere stroom is, een kleinere weerstand.

Tevens blijkt uit het bovenstaande dat als men van een milliampèremeter de stroomwaarde weet, waarbij de volle uitslag van de meter wordt verkregen en tevens de weerstand van het draaispoeltje, men in staat is om voor het stroombereik de daarbij behorende shuntweerstand uit te rekenen. Ter illustratie is in fig. 20 een principieschema getekend van een milliampèremeter, waarbij met behulp van een schakelaar verschillende shuntweerstand worden ingeschakeld, afhankelijk van het gewenste stroombereik.



Schakeling van een milliampèremeter voor 4 verschillende stroombereiken. Deze verschillende stroombereiken worden verkregen door steeds een andere shuntweerstand in te schakelen.

$$\begin{aligned} R_m &= 60 \Omega \\ R_1 &= 15 \Omega \\ R_2 &= 1,2 \Omega \\ R_3 &= 0,24 \Omega \\ R_4 &= 0,06 \Omega \end{aligned}$$

Fig. 20

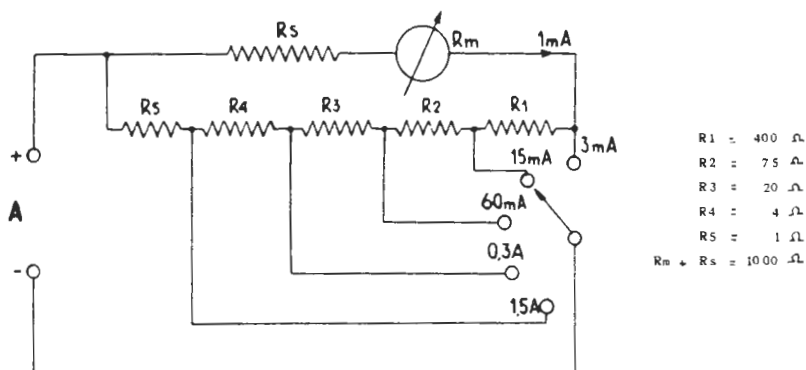
Hoewel dit schema in principe bruikbaar is, kleven er twee nadelen aan:

1. Een slecht contact in de schakelaar, waarbij de contactweerstand niet meer te verwaarlozen klein is ten opzichte van de shuntweerstand, heeft tot gevolg dat de meter verkeerd aanwijst, of kan zelfs het meterspoeltje beschadigd worden.

De schakelaar van de meter moet dus van een zodanige constructie zijn, dat onder alle omstandigheden goed contact wordt gemaakt. Verder moet de omschakeling van het ene naar het andere bereik zonder onderbreking geschieden (Het roterende contact bevindt zich dus eerst op het oorspronkelijke contact, daarna bovendien op het volgende en tenslotte alleen op het volgende contact.)

Een veel toegepaste methode berust op het gebruik van een zog. universele shunt. Fig. 21 geeft hiervan een schakelvoorbeeld. In deze schakeling wordt de meteraanwijzing niet beïnvloed door de schakelaarweerstand.

2. Er treden aanwijfsfouten op ten gevolge van temperatuurveranderingen. Bij een draaispoelmeter is het spoeltje gewikkeld met koper- of aluminiumdraad. Deze materialen hebben een bepaalde positieve temperatuurscoëfficiënt, waardoor de weerstand van het spoeltje toeneemt met de temperatuur (zie hiervoor les 1 par. 8). Aangezien het draaispoeltje parallel staat aan de shuntweerstand, die uit praktische overwegingen van weerstandsmateriaal (manganine) gewikkeld is, die een kleine temperatuurscoëfficiënt heeft, kan deze weerstandsverandering van het spoeltje een niet te verwaarlozen



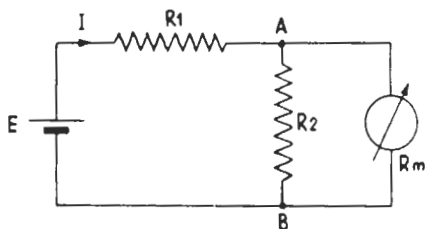
Schakelvoorbeeld van een milliampèremeter met verschillende stroom-
bereiken, waarbij gebruik is gemaakt van een z.g.n. universele shunt.

Fig. 21

aanwijfsfout tot gevolg hebben. In verband hiermede schakelt men in serie met het spoeltje een weerstand (van manganinedraad), die veel groter is dan die van het spoeltje (zie de schema's in fig. 21 en 25). Hierdoor komt de weerstandsverandering van het spoeltje veel minder tot uiting.

b. Het meten van spanningen

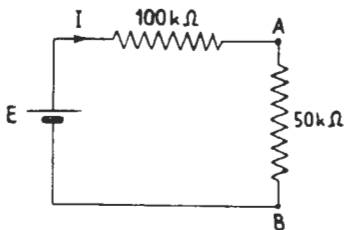
Als men een spanning over een bepaalde weerstand wil meten of van een bepaalde spanningsbron, ligt het voor de hand dat hiertoe de meter aan de punten wordt aangesloten waaraan de spanning ligt. Dus in het geval van een spanning over een weerstand wordt de meter parallel aan de weerstand aangesloten en in geval van een spanningsbron aan de klemmen van deze bron. Aangezien men de spanning in Volt uitdrukt, wordt een spanningsmeter een voltmeter genoemd. Bekijkt men nu het schema in fig. 22 dan ziet men direct uit het feit dat de voltmeter parallel aan de weerstand staat, waarover men de spanning wil meten, dat de voltmeter een zeer hoge weerstand moet bezitten om de totale weerstand niet te beïnvloeden. Immers wordt de spanning over deze weerstand (R_2) bepaald door de stroom in de keten (I) \times de weerstand tussen de punten A en B. Door het parallelschakelen aan R_2 van de meter met een weerstand R_m , verandert de weerstand tussen de punten A en B, en dus ook de spanning. Als men er nu voor zorgt dat de meterweerstand R_m groot is ten opzichte van die van R_2 , dan zal de invloed van de meter meestal kunnen worden verwaarloosd. Zodra dit niet meer het geval is, zal men een spanning op de meter aflezen, die sterk afwijkt van de werkelijke



Schakeling van een spanningsmeter (voltmeter).

Fig. 22

spanning zonder aangesloten meter. Laten wij dit met een getallen-voorbeeld illustreren: Op een spanning van 250 V zijn twee weerstanden van $0,1 \text{ Meg}/\Omega = 100\,000 \text{ Ohm}$ in serie aangesloten. De spanning zal zich gelijk over de weerstanden verdelen, zodat op R2 een spanning van 125 V zal komen te staan. Nu wil men deze spanning met een voltmeter, die een weerstand van $100\,000 \text{ Ohm}$ bezit, meten. Daartoe schakelt men de voltmeter parallel aan de weerstand R2, maar ziet, de totale weerstand tussen de punten A en B wordt nu $50\,000 \text{ Ohm}$ in plaats van de oorspronkelijke $100\,000 \text{ Ohm}$. Het vervangingschema voor fig. 22 wordt nu dus fig. 23.



Vervangingschema van fig. 22

Fig. 23

De spanningsverhouding over de weerstanden R1 en R2 is nu $2 : 1$, zodat over de klemmen AB een spanning van $1/3 \times 250 \text{ V} = 83 \frac{1}{3} \text{ V}$ zal worden gemeten. U ziet dat dit een aanmerkelijk verschil is met de werkelijke spanning van 125 V.

Hoe komen wij nu aan een voltmeter met zo'n hoge weerstand, zult U zich wellicht afvragen, want de tot nu toe behandelde meters hadden juist een zeer lage weerstand.

In § 24 a kwam een voorbeeld van een draaispoelmeter ter sprake, die een volledige uitslag gaf bij een stroom van 1 mA en die een weerstand had van 60 Ohm . Dit kwam hierop neer dat de volledige uitslag werd bereikt bij een spanning van 60 mV (een waarde die voor vele draaispoelmeters geldt).

Wil men nu met een dergelijke meter een spanning van max. 1 V meten, dan kan men dit doen door in serie met het spoeltje van de meter een weerstand te schakelen, die het teveel aan spanning, d.i. $1 \text{ V} - 0,06 \text{ V} = 0,94 \text{ V}$, opneemt. Aangezien bij deze uitslag de stroom door de meter, en dus ook door de seriële weerstand 1 mA bedraagt, moet deze weerstand, volgens de wet van Ohm, zijn:

$$R_s = \frac{0,94}{\frac{1}{1000}} = 940 \text{ Ohm}$$

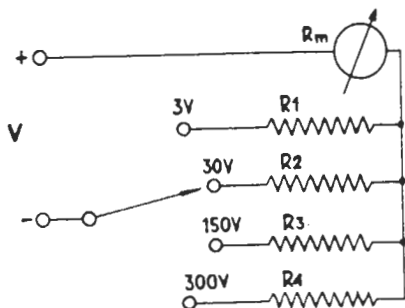
Voor een max. spanningsbereik van 100 V zou deze weerstand moeten worden:

$$R_s = \frac{100 - 0,06}{\frac{1}{1000}} = \frac{99,94}{\frac{1}{1000}} = 99940 \text{ Ohm.}$$

Op deze wijze kan men dus met een draaispoelmeter iedere gewenste spanning meten, indien men voor elk spanningsbereik de juiste seriële weerstand inschakelt. **) Zie volg. blad.

Zo geeft fig. 24 een principeschema van een voltmeter weer, die voor vier verschillende spanningsbereiken geschikt is. De seriële weerstanden zijn nu gebaseerd op het gebruik van een draaispoelmeter van $60 \text{ mV} - 600 \text{ Ohm}$; dus waarbij de volledige uitslag bij een stroom van

$$\frac{0,06}{600} = \frac{1}{10000} \text{ A} \approx 0,1 \text{ mA wordt verkregen.}$$



Schema van een voltmeter met 4 verschillende bereiken. Deze bereiken zijn verkregen door verschillende weerstanden in serie met de meter te schakelen.

$$\begin{aligned} R_m &= 600 \Omega \\ R_1 &= 29.400 \Omega = 29,4 \text{ k} \Omega \\ R_2 &= 299.400 \Omega = \text{ca. } 0,3 \text{ M} \Omega \\ R_3 &= 1499.400 \Omega = \text{ca. } 1,5 \text{ M} \Omega \\ R_4 &= 2999.400 \Omega = \text{ca. } 3 \text{ M} \Omega \end{aligned}$$

Fig. 24

In het voorgaande kwamen wij tot de conclusie dat de voltmeter des te beter is, naarmate hij een grotere weerstand bezit. Dit is echter voor een goede meting niet de enige eigenschap die de voltmeter moet bezitten. Het hangt er nl. van af bij welk bereik de meter die hoge weerstand heeft, of eigenlijk, welke stroom door de meter moet lopen om volledige uitslag te verkrijgen. Men drukt dit uit in het aantal ohm per volt. Hiermede legt men automatisch het stroomverbruik van de meter vast, want 1000 Ohm/V komt overeen met een stroom van

$$\frac{1}{1000} \text{ A} = 1 \text{ mA, en } 500 \text{ ohm/V met } \frac{1}{500} \text{ A} = \frac{1000}{500} = 2 \text{ mA, enz.}$$

Men kan dus zeggen dat:

$$I \text{ (mA) voor volle uitslag} = \frac{1000}{\text{aantal ohm per V.}}$$

De meter in bovenstaand voorbeeld (60 mV - 600 ohm) was dus een 10 000 ohm/V meter. Nu wordt de uitdrukking 'ohm per Volt' (Ω/V) wel eens verkeerd opgevat, nl. alsof een meter met b.v. 500 ohm/V, een weerstand van 500 Ohm zou hebben als hij 1 V uitslaat, en 1000 ohm als hij 2 V aangeeft, enz.

**) Voor de berekening van een serieweerstand gebruikt men veel de formule

$$R_s = (n - 1) R_m,$$

waarin R_s = serieweerstand

R_m = weerstand van de meter

n = $\frac{\text{gewenste meetbereik}}{\text{spanning voor volle uitslag van de meter}}$

$n = \frac{\text{spanning voor volle uitslag van de meter}}{\text{spanning voor volle uitslag van de meter}}$

In bovenstaand voorbeeld was:

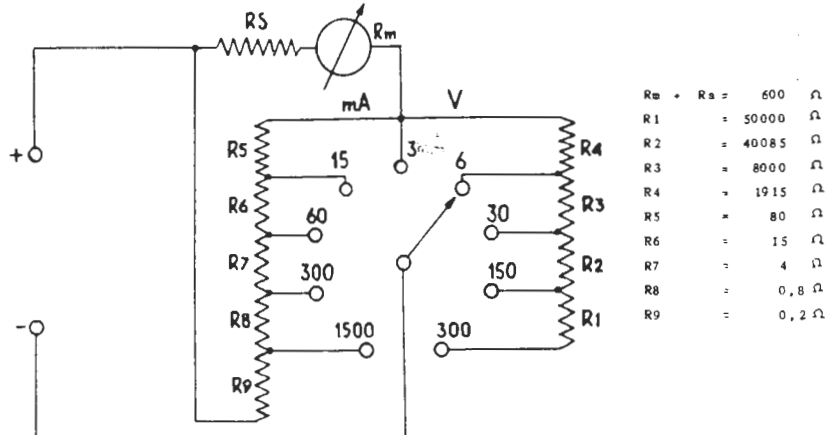
$$n = \frac{1 \text{ V}}{0,06 \text{ V}} = \frac{100}{6} = 16,67$$

dus $R_s = (16,67 - 1) 60 = 15,67 \times 60 = 940 \text{ Ohm.}$

Dit is natuurlijk onjuist. De weerstand geldt voor het gehele meetbereik; dus voor een 500 ohm/V meter met een meetbereik van 10 V, is de totale meterweerstand $10 \times 500 = 5000$ ohm, onverschillig of de meter 1 V aanwijst of 2 V of 3 V. Refererend aan het getallenvoorbeeld op blz. 14 kan men uit het voorgaande concluderen, dat naarmate een meter een groter aantal ohm/V heeft, de aanwijzing meer met de werkelijkheid overeenkomt.

c. Gecombineerde spannings- en stroommeter

Het ligt voor de hand dat men de meters voor de praktijk zowel geschikt maakt voor spannings- als voor stroommetingen. Daarbij zorgt veelal een schakelaar voor het inschakelen van de juiste serie- of parallel weerstanden. Fig. 25 geeft een schakeling van een dergelijke meter met 5 stroombereiken en 5 spanningsbereiken. De weerstand R_x zorgt voor het minder afhankelijk maken van temperatuursveranderingen, zoals in §24 a werd uiteengezet.



Schakeling van een gecombineerde stroom- en spanningsmeter. D.n.v. een schakelaar worden de diverse weerstanden in serie of parallel geschakeld aan de meter. In serie met de meter is nog een extra weerstand opgenomen om de werking van de meter minder afhankelijk te maken van de invloed van temperatuursveranderingen.

Fig. 25

d. Meting van de meterweerstand

Het is voor het berekenen van shunt- en serieweerstanden nodig dat men de meterweerstand weet. Helaas wordt deze weerstand meestal niet op de meter vermeld. Men kan deze weerstand echter vrij eenvoudig bepalen.

Men sluit de enkele meter via een variabele weerstand op een spanningsbron aan. De grootte van de variabele weerstand is afhankelijk van de spanning en van de stroom die nodig is om volle uitslag van de meter te verkrijgen. Men stelt de weerstand zodanig in, dat de wijzer op maximum uitslaat. Nu schakelt men parallel aan de meter een tweede variabele weerstand en stelt deze zo in, dat de meter de halve stroomsterkte aanwijst. De meterweerstand is dan gelijk aan de parallelgeschakelde weerstand die men bijv. met behulp van een meetbrug (Philoscoop) kan bepalen.

SAMENVATTING

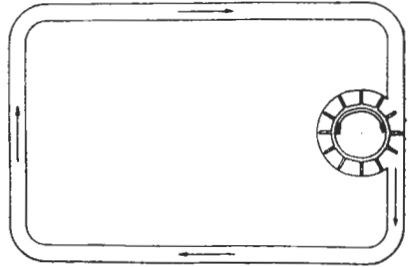
1. Het meten van de stroomsterkte kan o. a. geschieden met een weekijzermeter en met een draaispoelmeter.
2. Bij de weekijzermeter wordt de stroom gevoerd door een vaste spoel, waarin zich 2 weekijzeren plaatjes bevinden die in dezelfde richting worden gemagnetiseerd. Daardoor ontstaat er een afstotende kracht tussen de plaatjes. Door één plaatje draaibaar uit te voeren en hieraan een wijzer te verbinden, heeft men een afleesmogelijkheid voor de sterkte van de stroom.
3. In principe heeft de weekijzermeter een kwadratische schaal. Door de plaatjes een speciale vorm te geven, kan deze kwadratische schaal meer of minder worden gelineariseerd.
4. Ter vermindering van het slingeren van de wijzer is de weekijzermeter meestal voorzien van luchtdemping.
5. De draaispoelmeter berust op het verschijnsel dat op een door een elektrische stroom doorlopen geleider, die in een magnetisch veld wordt geplaatst, een kracht wordt uitgeoefend. De grootte van deze kracht is evenredig met de stroomsterkte en met de sterkte van het magnetisch veld.
6. Voor deze geleider wordt in een draaispoelmeter een draaispoeltje gebruikt. Dit draaispoeltje beweegt in een cirkelvormige evenwijdige luchtspleet van de permanente magneet.
7. De draaispoelmeter heeft een lineaire schaalverdeling.
8. De demping bij een draaispoelmeter is meestal een electromagnetische demping.
9. Een stroommeter wordt meer genoemd een ampèremeter of milliampèremeter. De ampèremeter wordt geschakeld in serie met de stroomleiding.
10. De verschillende stroombereiken van de meter worden verkregen door het parallelschakelen van weerstanden aan de meter (shunts).
11. Een spanningsmeter noemt men een voltmeter. De voltmeter wordt steeds parallel aan de te meten spanning aangesloten.
12. De voltmeter moet dientengevolge een zo groot mogelijke weerstand bezitten. De verschillende spanningsbereiken worden verkregen door weerstanden in serie met de meter te schakelen.
13. De *kwaliteit* van een voltmeter wordt aangeduid in ohm per Volt (Ω/V). Deze aanduiding is een middel om de stroom bij volle uitslag te kunnen aangeven. Deze stroom in mA wordt gevonden door 1000 te delen door het aantal Ω/V .
14. Men onderscheidt verschillende wijzertypen:
 - a. De pijlwijzer.
 - b. De meswijzer.
 - c. De draadwijzer.
15. De mes- en de draadwijzer worden dikwijls gebruikt in combinatie met een schaal met spiegelaflezing, waarbij de juiste aflezing wordt verkregen als de wijzer zijn spiegelbeeld bedekt.

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

1. Een mA-meter met meetbereik van 0 - 1 mA moet geschikt worden gemaakt voor de bereiken van 5 mA en 50 mA. De weerstand van het draaispoeltje is 5 ohm. Bereken de waarde van de shuntweerstand.
2. Het meetbereik van een voltmeter loopt van 0 - 120 V. Dit bereik moet worden vergroot tot 480 V. Als de totale weerstand van de voltmeter met het bereik van 120 V 360.000 ohm is, bereken dan de vereiste serieweerstand.
3. Een mA-meter van 0 - 20 mA heeft een shuntweerstand van $\frac{20}{9999}$ ohm. De weerstand van het draaispoeltje is 20 ohm. Tot welke stroomsterkte kan men met deze shunt meten.
4. Ga in het schema van fig. 25 na hoe de stroom loopt in de bereiken van 3 mA en van 300 V.
5. Men moet een spanning meten, waarvan de waarde niet bekend is. Waarom verdient het aanbeveling de voltmeter eerst in zijn hoogste bereik te plaatsen en daarna eventueel naar een lager meetbereik over te schakelen, als het blijkt dat de spanning lager is?

25. Wat is wisselstroom?

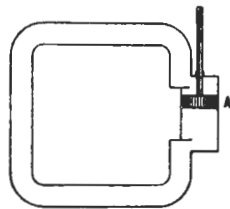
In les 3 hebben wij gezien dat een batterij, door haar stuwende kracht (EMK) op de electronen, een elektrische stroom door een geleider kan stuwten. Zij treedt dan als stroombron op. Wij hebben dit in les 1 met een watervoorbeeld vergeleken. Fig. 1 geeft hiervan nogmaals een afbeelding. Als voortstuwende kracht wordt hierin een schoepenrad gebruikt, dat rechtsom draaiend het water naar beneden stuwt. De uitgeoefende druk plant zich in het gehele buizenstelsel voort, zodat er een water-stroom zal ontstaan die rechtsom loopt. De druk is noodzakelijk om de wrijvingsweerstand in het buizenstelsel te overwinnen. Het schoepenrad vervult hier dezelfde functie als de electromotorische kracht (EMK) van de batterij voor de elektrische stroom. Bij de tot nu toe beschreven voorbeelden liep de stroom steeds in één richting, waarbij wij een positieve pool en een negatieve pool onderscheidden. Een dergelijke stroom noemen we een *gelijkstroom*, waarvan dus de belangrijkste eigenschap is dat de stroom steeds in dezelfde richting vloeit.



De stuwende kracht van een batterij op de electronen kan men vergelijken met een schoepenrad, dat het water door het buizenstelsel stuwt.

Fig. 1

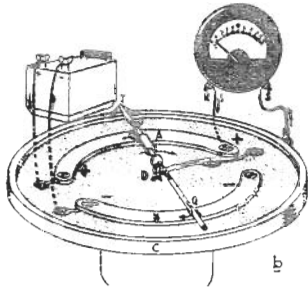
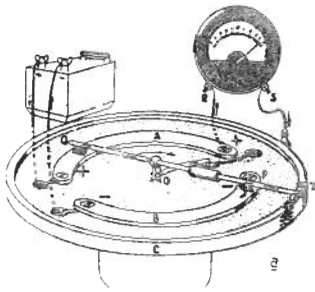
In fig. 2 is eenzelfde buizenstelsel getekend als in fig. 1, met dit onderscheidt dat het schoepenrad is vervangen door een op en neer bewegende zuiger. Wanneer de zuiger naar beneden gaat, wordt het water naar onder A naar beneden geperst en onder invloed hiervan verplaatst het water zich linksom door het buizenstelsel. Even later wordt de zuiger naar boven getrokken, zodat het water nu naar boven geperst wordt en in tegengestelde richting door het buizenstelsel wordt gedreven. Haalt men de zuiger regelmatig op en neer, dan zal het water in het buizenstelsel met dezelfde regelmaat heen en weer stromen; men heeft dus op deze wijze een **waterwisselstroominstallatie** geconstrueerd.



Hetzelfde kanalenstelsel, nu echter voorzien van een op- en neergaande zuiger, waardoor het water afwisselend in verschillende richtingen wordt voortbewogen (water-wisselstroominstallatie).

Fig. 2

Thans keren wij terug naar de elektrische stroom. In fig. 3a en b hebben wij een schakeling getekend, die overeenkomt met de pompinstallatie in fig. 2. In deze figuur zijn de polen van de accu verbonden met twee halve koperen ringen A en B. Deze ringen zijn



a. In deze positie van de as loopt de stroom van de + pool van de accu naar de ring A via het sloopcontact Q en het middencontact D naar het aansluitcontact R van de meter, door de meter via het aansluitcontact S over de ring C, door het sloopcontact P over de strip B terug naar de - klem van de accu.

b. In deze positie van de as loopt de stroom van de + pool van de accu via de strip A en de sloopcontacten P en T naar de aansluitklem S van de meter. Door de meter gaat de stroom verder via het contact R naar het centrale punt D via het sloopcontact Q over de strip B terug naar de - pool van de accu.



De figuren c en d geven de vorm van de wisselstroom weer voor deposities a resp. b. Fig. 3

dus als het ware de verlengstukken van de klemmen van de accu. Daarom zijn in de tekening de + en - pool getekend op deze koperen ringen.

Om deze ringen bevindt zich een andere koperen ring C. Over deze ringen draait een metaal as TQ om het punt D. Deze as bestaat uit 2 van elkander geïsoleerde delen.

Het stuk DQ bestaat uitsluitend uit metaal, het stuk DT bestaat daarentegen uit een deel van isolerend materiaal en twee delen (de uiteinden) van goed geleidend metaal. De draaiende staaf TQ is door middel van sloopcontacten verbonden met de ringen A, B en C. De ring C en het middencontact D zijn verbonden met de aansluitklemmen van een draaispoelmeter, waarvan de 0-stand in het midden van de schaal ligt. Wat zal er nu gebeuren in de getekende stand in fig. 3a? Hierin gaat de stroom van de + pool van de accu naar de ring A, via het sloopcontact Q en het middencontact D naar de aansluitklem R van de meter. De stroom doorloopt de meter en doet de naald naar rechts uitslaan. Van de aansluitklem S van de meter gaat de stroom via de sloopcontacten T en P over de ring B naar de - pool van de accu. In de figuur is de stroomrichting met een pijl aangegeven.

Wij draaien nu de as TQ rechtsom in de positie van fig. 3b. Nu blijkt de stroom van de + pool over de ring A en via de sloopcontacten P en T naar de aansluitklem S te gaan. Vervolgens door de meter via de aansluitklem R naar het middencontact D en via het sloopcontact Q over ring B naar de - klem van de accu. Uit de tekening ziet U reeds dat de stroom door de meter een richting heeft die tegengesteld is aan die van de eerste keer (fig. 3a). De meter

slaat dan ook in het geval van fig. 3b naar links uit. Wij komen dus tot de conclusie dat door het draaien van de as TQ de stroom door de meter de ene keer naar rechts loopt, de andere keer naar links; zij wisselt dus van richting. Men noemt een dergelijke stroom een wisselstroom.

De kenmerkende eigenschap van een wisselstroom is dat hij voortdurend van richting verandert. In fig. 3c en d is een beeld gegeven van de vorm van deze wisselstroom.

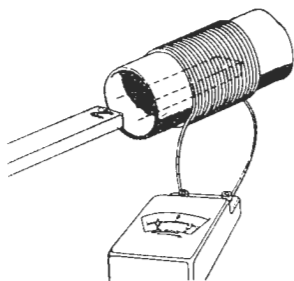
Wanneer wij de as TQ sneller ronddraaien, zullen wij zien dat de naald van de meter steeds van stand verandert. Blijven wij het tempo van het ronddraaien steeds opvoeren, dan zal men echter op een bepaald moment de naald practisch niet meer uit zien slaan of slechts om de 0-stand heen en weer zien schommelen. De naald kan dan blijkbaar het tempo van het aantal wisselingen niet meer volgen.

26. Inductiespanning en inductiestroom

In les 5 hebben wij het begrip inductiestroom reeds even aangeoord bij de behandeling van de magnetische demping bij de draaispoelmeter. Wij zullen dit verschijnsel thans nader onder de loupe nemen. Wij nemen hiervoor een spoel, die wij aansluiten op een voltmeter waarvan de 0-stand in het midden van de schaal ligt (draaispoelmeter, zie fig. 4). Daar geen stroombron is aangesloten, ligt het voor de hand dat de meter niet uitslaat.

a. Wij nemen nu een staafmagneet in de hand en steken deze snel in de spoel. De naald van de meter slaat nu even naar rechts uit en zijn maximale uitslag is bijv. 2 V. Zodra wij de magneet stilhouden, keert de naald onmiddellijk in zijn evenwicht (0-stand) terug. Hieruit kunnen wij constateren dat op het moment van de meteruitslag een stroompje in de keten heeft gevloeid. Verwijderen wij nu de magneet uit de spoel met dezelfde snelheid waarmede wij haar in de spoel staken, dan slaat de naald even naar links uit en eveneens tot 2 V. Nadat wij de magneet in het veld van de spoel stil houden, of zodra de magneet ver genoeg verwijderd is van de spoel, keert de naald weer onmiddellijk in zijn 0-stand terug. Ook nu vloeit er blijkbaar een stroompje door de meter op het moment van het uittrekken van de staafmagneet uit de spoel, echter is de richting van de stroom juist tegengesteld aan die van de eerste keer.

b. Herhalen wij deze proef, echter brengen wij de magneet sneller in de spoel, dan zien wij dat de naald van de meter evenals bij de eerste proef naar rechts uitslaat, maar nu tot bijv. 4 V. Zodra de magneet stilgehouden wordt, keert de naald weer tot zijn 0-stand terug. Trekken wij de magneet met dezelfde snelheid uit de spoel,



Als men een magneetstaaf in of uit een spoel beweegt, ontstaat in deze spoel een inductie-spanning, die op de meter kan worden afgelezen.

Fig. 4

dan zien wij dezelfde uitslag verschijnen maar nu links van de 0-stand. Zodra de magneet ver genoeg verwijderd is of stilgehouden wordt, komt de naald weer op zijn 0-stand terug. We zien dus hetzelfde gebeuren als bij de eerste proef met dit verschil dat door de grotere snelheid van de magneet de naalduitslag groter is.

c. Nemen wij deze proef nogmaals, maar met een magneet met een 2 x grotere inductie (waarvan dus het aantal krachtlijnen per cm^2 2 x groter is), en brengen wij deze magneet met dezelfde snelheid in de spoel als in geval a, dan zal de meter weer op 4 V. uitslaan.

d. Nemen wij tenslotte een andere spoel met tweemaal zoveel windingen en voeren wij met de magneet (van geval a) weer dezelfde handelingen uit, dan zien wij de meter eveneens op 4 V. uitslaan. Vatten wij nu de resultaten samen van de 4 achtereenvolgende proeven, dan komen wij tot de volgende conclusies:

1. Door het inbrengen en uittrekken van een magneet in resp. uit een spoel, wordt een EMK in de spoel geïnduceerd.
2. De grootte van deze EMK is afhankelijk van de snelheid waarmee deze magneet in de spoel wordt gebracht of er uit wordt getrokken. Des te groter de snelheid is waarmee de magneet in de spoel wordt gebracht of er uit wordt getrokken, des te groter is ook de geïnduceerde EMK.
3. De grootte van de geïnduceerde EMK is afhankelijk van de sterkte van de magneet. Een sterkere magneet doet een grotere EMK ontstaan.
4. De grootte van de geïnduceerde EMK is afhankelijk van het aantal windingen van de spoel. Bij een groter aantal windingen ontstaat een grotere EMK, bij een kleiner aantal windingen een kleinere EMK.

Om het ontstaan van deze EMK te verklaren, grijpen wij terug op les 4 waarin de magnetische inductie werd behandeld. Hierbij zagen wij dat door een magneet een ijzerstaaf gemagnetiseerd werd of met andere woorden dat de magneet de ijzerstaaf magnetisch induceerde. Op dezelfde wijze zeggen wij dat de magneet in de spoel een EMK induceert. Deze EMK noemen wij daarom de EMK van inductie en de stroom die als gevolg daarvan vloeit inductiestroom.

Zoals wij weten, bestaat er om iedere magneet een veld van magnetische krachtlijnen. Bij de voorgaande proeven bevond de spoel zich aan het begin niet in het veld van de magneet. Werd de magneet naar de spoel toebewogen, dan kwam deze laatste in het magnetisch veld van de magneet en naarmate de magneet meer in de spoel kwam, nam het aantal krachtlijnen die door de spoel gingen toe. Zodra de magneet werd stilgehouden, bleef de spoel zich weliswaar in het veld van de magneet bevinden, het aantal door de spoel omvatte krachtlijnen veranderde echter niet. Wij kunnen daaruit de conclusie trekken, dat blijkbaar een *verandering* van het aantal door de spoel omvatte krachtlijnen een EMK van inductie tot gevolg heeft, zodat de meter uitsloeg. Zodra echter geen verandering meer optreedt, heeft er geen inductie plaats zodat de meter in zijn 0-stand terugkwam. Hetzelfde werd geconstateerd met het terugtrekken van de staaf uit de spoel. Ook nu sloeg de meter uit *tijdens* het terugtrekken van de staaf, dus ook weer ten gevolge van een verandering van het aantal krachtlijnen (thans een vermindering), terwijl de wijzer

stilstond op het moment dat de staaf ver genoeg van de spoel verwijderd was of op het moment dat de staaf werd stilgehouden.

Aan de hand van deze ervaring kunnen wij de volgende algemene regel opstellen:

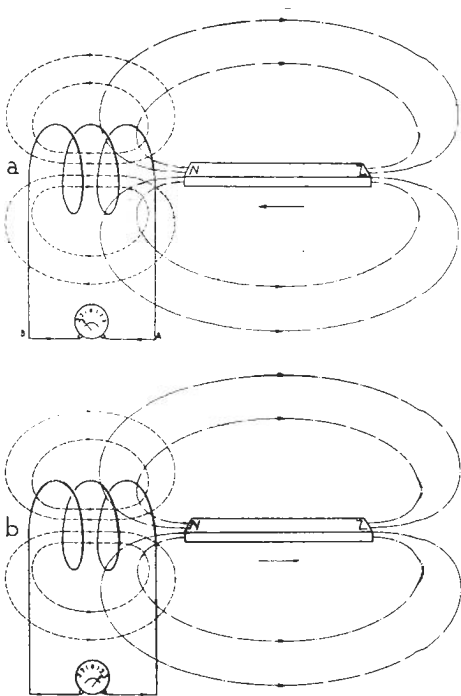
Wanneer het aantal door een spoel omvatte krachtlijnen verandert, zal er in deze spoel een EMK worden geïnduceerd.

Wij weten nu hoe de EMK van inductie ontstaat en wij hebben eveneens geconstateerd van welke factoren de grootte van deze EMK, en dus ook van de inductiestroom, afhankelijk is. Het is echter ook gebleken dat de richting van de inductiestroom niet altijd dezelfde is.

Toen wij de magneet naar de spoel toebewogen, nam het aantal door de spoel omvatte krachtlijnen toe. Nu geldt in de natuur altijd de wet: *Actie wekt reactie op*, d. w. z. wanneer men de toestand waarin een voorwerp zich bevindt, wijzigt, zal dat voorwerp zich tegen de verandering trachten te verzetten.

Men ziet dit zeer eenvoudig geïllustreerd met een veer. Als men een veer met de hand samendrukt, zal de veer zich hier tegen trachten te verzetten en een kracht ontwikkelen tegen de richting van het samendrukken in. Rekken we de veer uit, dan zal de veer proberen in zijn oorspronkelijke stand terug te komen.

Wij zien dit ook gebeuren bij de combinatie magneet + spoel. Het aantal door de spoel omvatte krachtlijnen nam toe. De spoel zal dus trachten deze toeneming tegen te werken. Dit doet de spoel door zelf een krachtlijnenveld op te bouwen dat tegengesteld is aan het veld van de magneet. Dit bepaalt dus de richting van de inductiestroom. In fig. 5a vindt U dit geïllustreerd. Hierin zijn zowel de



- Het krachtlijnenbeeld van de magneet die in een spoel gebracht wordt en van het veld van de spoel dat tengevolge van de in de spoel geïnduceerde stroom ontstaat.
- Het krachtlijnenbeeld van de magneet, die uit een spoel gehaald wordt en van het veld van de spoel, dat tengevolge van de in de spoel geïnduceerde stroom ontstaat.

Fig. 5

krachtlijnen van de magneet als die behorende bij de geïnduceerde stroom in de spoel getekend. Bij deze richting van de krachtlijnen hoort een inductiestroom die in de spoel van B naar A loopt. We zien hieruit dat:

1. de toeneming van het aantal door de spoel omvatte krachtlijnen de oorzaak is van het ontstaan van een inductiestroom.
2. het veld dat door deze stroom in de spoel wordt opgewekt een zodanige richting heeft, dat die het veld van de magneet, dus de oorzaak van zijn ontstaan, tegenwerkt.

In fig. 5b is het krachtlijnenbeeld getekend voor het geval dat de staaf uit de spoel getrokken wordt, dus dat het aantal door de spoel omvatte krachtlijnen afneemt.

Voor het bepalen van de richting van de inductiestroom kunnen wij nu de volgende algemene regel opstellen:

De richting van een inductiestroom is altijd zodanig dat hij zich verzet tegen de oorzaak waardoor hij tot stand komt.

Deze regel is bekend onder de naam *wet van Lenz*, die reeds in de voorgaande les paragraaf 23 bij de behandeling van de electromagnetische demping werd genoemd.

27. Zelfinductie

In de voorgaande paragraaf werd de krachtlijnenverandering in de spoel veroorzaakt door een veld buiten de spoel. Sluit men echter de spoel zelf op een stroombron aan, dan vloeit er door de spoel een elektrische stroom die zoals we in les 4 hebben geleerd een magnetisch veld opwekt.

Veranderen wij nu de stroom door de spoel, dan zal ook het magnetisch veld veranderen en zal er dus een verandering van het aantal omvatte krachtlijnen plaats hebben. Nu wordt deze verandering veroorzaakt door een stroomverandering in de spoel zelf. Het ligt voor de hand dat deze verandering van het magnetisch veld eveneens een inductie-spanning en dus ook een inductiestroom, veroorzaakt. Omdat deze inductiestroom door de spoel zelf is veroorzaakt, noemt men deze stroom een zelfinductiestroom en noemt men de inductiespanning een EMK van zelfinductie. *Het spreekt vanzelf, dat de zelfinductiestroom en EMK alleen optreden gedurende de verandering van het aantal krachtlijnen tengevolge van een stroomverandering in de spoel.*

Als wij de opgewekte zelfinductiespanning en zelfinductiestroom van verschillende spoelen, maar met een zelfde stroomverandering, meten, bemerken wij dat de resultaten verschillend zijn. De EMK van zelfinductie is blijkbaar afhankelijk van de constructie van de spoel. Een spoel met veel windingen wekt bij een bepaalde stroomverandering een veel grotere inductiespanning en -stroom op, dan een spoel met weinig windingen. Verder blijken ook de afmetingen (de diameter en de lengte) van de spoel van invloed te zijn.

Een overeenkomstig verschijnsel ziet men bij een vliegwiel. Als men een vliegwiel aangedang wil brengen, kost dit veel meer moeite en kracht dan wanneer het eenmaal loopt. Het vliegwiel verzet zich als het ware tegen een verandering van de toestand. Des te zwaarder

en des te groter het vliegwiel is, des te meer kracht moet worden gebruikt om het aan de gang te brengen. Hetzelfde ondervindt men als men het eenmaal draaiend vliegwiel wil laten stoppen. Het verzet zich ertegen en het kost ook weer kracht, die nu echter tegengesteld gericht is aan de kracht voor het op gang brengen.

Het verschil in gedrag met betrekking tot de inductiespanning van verschillende spoelen drukt men uit in de coëfficiënt van zelf-inductie, waarvan de eenheid de Henry (afgekort H) is.

Een spoel bezit de eenheid van zelfinductie, indien een stroomverandering van 1 A per seconde in de spoel een inductiespanning van 1 V. opwekt.

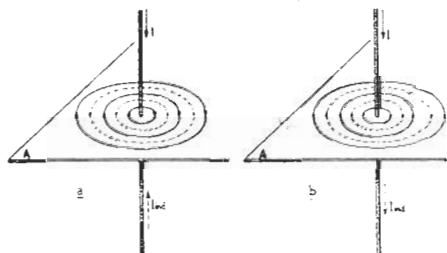
Daar de Henry een vrij grote eenheid is, gebruikt men naast deze eenheid ook veel de millihenry (afgekort mH).

$$1 \text{ mH} = 1/1000 \text{ H.}$$

Een nog kleinere maat is de microhenry (afgekort μH).

$$1 \mu\text{H} = 1/1000 \text{ mH} = 1/1000.000 \text{ H.}$$

Wij willen tenslotte aan de hand van fig. 6 a en b de richting van de zelfinductiestroom in een spoel bepalen. In deze figuur is slechts een klein stuk van de spoel als draad getekend. Door deze draad loopt een stroom I die regelmatig verandert. (In fig. 6 a neemt de stroom toe en in fig. 6 b neemt de stroom af). Het daarbij behorende magnetisch veld is voorgesteld door de getrokken krachtlijnen. Terwille van de duidelijkheid zijn alleen de krachtlijnen in het vlak A loodrecht op de draad getekend. Het aantal krachtlijnen neemt toe als de stroom I toeneemt. Volgens de wet van Lenz ontstaat er nu een inductiespanning en diensengevolge een inductiestroom, die het toenemen van het aantal krachtlijnen tegenwerkt. De krachtlijnen behorende bij de zelfinductiestroom zijn gestippeld in de figuur getekend en men ziet dat in fig. 6 a deze krachtlijnen tegengesteld gericht zijn aan de oorspronkelijke krachtlijnen. De zelfinductiestroom werkt dus het toenemen van de oorspronkelijke krachtlijnen tegen. In fig. 6 b ziet men daarentegen dat de krachtlijnen van de inductiestroom dezelfde richting hebben als de oorspronkelijke krachtlijnen. Zij



- Het krachtlijnenbeeld rondom een draad, waarin de stroom toeneemt. Het bij de stroom door de spoel behorende magnetische veld is voorgesteld door de getrokken lijnen, de gestippelde lijnen stellen de krachtlijnen voor van het veld, opgewekt door de inductie-stroom.
- Overeenkomstige figuur van een afnemende stroom.

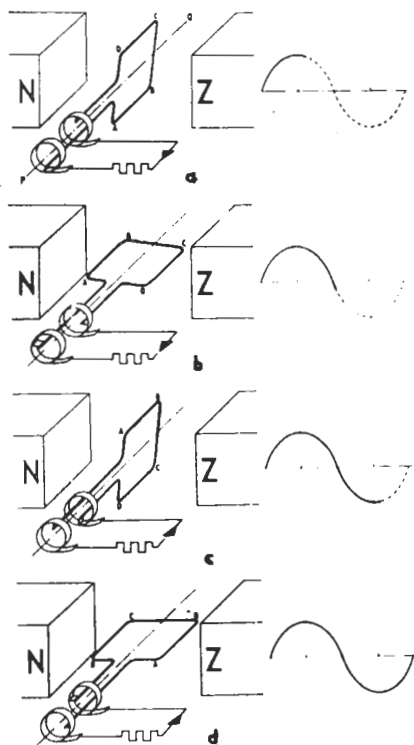
Fig. 6

er nu een inductiespanning en diensengevolge een inductiestroom, die het toenemen van het aantal krachtlijnen tegenwerkt. De krachtlijnen behorende bij de zelfinductiestroom zijn gestippeld in de figuur getekend en men ziet dat in fig. 6 a deze krachtlijnen tegengesteld gericht zijn aan de oorspronkelijke krachtlijnen. De zelfinductiestroom werkt dus het toenemen van de oorspronkelijke krachtlijnen tegen. In fig. 6 b ziet men daarentegen dat de krachtlijnen van de inductiestroom dezelfde richting hebben als de oorspronkelijke krachtlijnen. Zij

versterken dus als het ware het oorspronkelijke veld, omdat de inductiestroom zich thans verzet tegen het verzwakken van het oorspronkelijke veld.

Brengt men in de spoel een ijzerkern aan, dan zal het magnetische veld van de spoel, zodra door de spoel een stroom loopt, aanzienlijk sterker worden. Dit is reeds behandeld in les 4 paragraaf 20. Een verandering van de stroom in deze spoel zal dientengevolge een veel grotere verandering van het magnetische veld tot gevolg hebben, dan het geval zou zijn in een spoel zonder ijzerkern. De spanning die door deze verandering van het magnetische veld optreedt, is dientengevolge ook veel groter. Dit komt hierop neer dat de zelfinductie van de spoel met ijzerkern veel groter is dan die van de spoel zonder ijzerkern. Dit middel wordt dan ook in de praktijk veel toegepast om een grote zelfinductie te verkrijgen. Een voorbeeld hiervan is de smoorspoel voor de afvlakking in het voedingsgedeelte van een ontvangtoestel of versterker. Wij zullen nog meer voorbeelden tegenkomen in les 7, bij de behandeling van de verschillende spoelconstructies.

28. Opwekken van een wisselspanning



Principe van de werking van een dynamo. Tussen de polen van een magneet draait een winding met constante snelheid rond. Tengevolge van de verandering van het aantal door de winding omvatte krachtlijnen wordt in deze winding een inductie-spanning- resp. inductiestroom opgewekt, die door middel van 2 sleepringen naar buiten wordt gevoerd. De verschillende fazen van de geïnduceerde sinusvormige spanning zijn naast de overeenkomstige figuren afgebeeld.

Fig. 7

Op de in de vorige paragraaf beschreven verschijnselen berust o.a. de werking van de dynamo, waarmede een wisselspanning kan worden opgewekt. Het principe van de dynamo willen wij thans aan de hand van fig. 7 verklaren.

In deze figuur zijn de poolschoenen van een magneet getekend, waartussen een draadwinding om de as PQ draait. Tussen de Noord- en Zuidpool van de magneet bestaat een homogeen veld. In fig. 7a bevindt zich de winding in een verticale stand. Nu draaien wij deze winding met een regelmatige snelheid rechtsom. In fig. 7b heeft deze winding een kwartslag gedraaid. In de verticale positie ging door deze winding een maximum aantal krachtlijnen. In de horizontale positie daarentegen gaat geen enkele krachtlijn door de winding heen. Het is duidelijk dat gedurende het draaien het aantal krachtlijnen door de winding verandert. Zoals wij reeds in de voorgaande paragraaf hebben geconstateerd, veroorzaakt een verandering van het aantal krachtlijnen in de winding een inductiespanning en -stroom. De richting van de stroom kunnen wij weer bepalen met behulp van de wet van Lenz. Men heeft hiervoor echter nog een ander eenvoudig hulpmiddel nl. de z.g. 3-vingerregel die luidt:

Plaats men de duim, de wijsvinger en de middelvinger van de linkerhand loodrecht op elkander (zie fig. 8) en stelt de middelvinger de veldrichting tussen de magneetpolen voor, de duim de richting van de beweging van de draadwikkelling, dan geeft de wijsvinger de richting van de geïnduceerde stroom in de draadwikkelling aan.



Fig. 8

De richting van de geïnduceerde stroom in de rondwentelende wikkelling van fig. 7 kan worden bepaald met behulp van de drie-vingerregel: Plaats men de duim, de wijsvinger en de middelvinger van de linkerhand loodrecht op elkander en stelt de middelvinger de veldrichting voor tussen de magneetpolen, de duim de bewegingsrichting van de draadwikkelling dan geeft de wijsvinger de richting van de geïnduceerde stroom in de draadwikkelling aan.

Passen wij deze regel toe op de fase tussen fig. 7a en b, dan zien wij dat bij de eerste kwartdraai rechtsom, de zijde AB naar links en de zijde CD naar rechts beweegt. Volgens de drievingerregel zal dan de inductiestroom in AB van A naar B lopen en in de draad CD van C naar D. Volgen wij thans de stroom in de draadwikkelling, dan zien wij dat deze zich verplaatst van C naar D, via A naar B en zich via de 2 sleepringen als overbrengingscontacten door de weerstand R in de door de pijl aangegeven richting beweegt.

Laten we de wikkelling weer een kwartslag draaien, dan komt hij weer in verticale positie te liggen. Gedurende de eerste kwartslag nam het aantal krachtlijnen af van maximum tot nul, bij de volgende kwart draai zal het aantal krachtlijnen juist toenemen van nul tot maximum (dus gedurende de overgang van figuur b naar c). Voor deze tweede kwart draai kunnen wij de richting van de inductiestroom weer

met behulp van de drievingerregel bepalen. Men zal dan bemerken, dat de richting van de stroom in de wikkeling nog gelijk is aan die van de stroom in fig. 7b. Zo kan men voor elke fase van de draaiing de richting van de stroom bepalen.

Voert men dit uit, niet alleen in de posities die in fig. 7 getekend zijn, maar bovendien voor de daartussen liggende posities, dan zal men bemerken dat de stroom regelmatig toe en afneemt en het ene moment een positieve richting, het andere moment een negatieve richting heeft. Brengt men dit in beeld (fig. 7 rechts, waarin steeds op de horizontale as de tijd is afgebeeld en op de verticale as de sterkte van de stroom), dan verkrijgt men een bepaalde golfvorm die men een sinuslijn noemt (het woord sinus betekent golf). U ziet hieruit dat een wisselstroom ontstaat is, aangezien deze stroom beurteilungen van richting verandert. De geïnduceerde spanning in de wikkeling zal eveneens een dergelijke vorm hebben. Men noemt dit een sinusvormige spanning. De wisselspanning van een lichtnet heeft bijv. een dergelijke vorm. Aangezien de golfvorm van deze spanning regelmatig is (men zegt hiervoor ook wel *periodisch*) noemt men een compleet heen en weer gaan van de spanning en de stroom een periode. In één periode heeft de stroom dus 2 maximale waarden, waarvan één in de positieve richting en één in de negatieve richting voorkomt.

Wij hebben uit fig. 7 gezien dat na een complete omwenteling van de wikkeling één periode is ontstaan. Als men nu de winding 10 omwentelingen per seconde laat maken, zullen er dus 10 perioden per seconde ontstaan. Men noemt het aantal perioden per seconde de frequentie van een dergelijke wisselspanning of wisselstroom (periode per seconde wordt dikwijls afgekort tot p/s). Men gebruikt hiervoor ook veel de term Herz (afgekort Hz), terwijl men in de Engels sprekende landen de term cycles per seconde (afgekort c/s) bezigt. Aangezien men in de techniek ook spanningen en stromen gebruikt, die een zeer hoge frequentie hebben, d.w.z. een zeer groot aantal wisselingen per seconde, heeft men naast de grootheid p/s de grootheden kiloperioden per seconde (afgekort kp/s) en megaperioden per seconde (Mp/s) ingevoerd. Voor de Herz en cycles per seconde wordt dit resp. kHz en MHz en kc/s en Mc/s.

$$1 \text{ kHz} = 1000 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ MHz} = 1000 \text{ kHz} = 1000.000 \text{ Hz}$$

De wisselspanning van het lichtnet heeft meestal een frequentie van 50 of 60 Hz. Muziek en spraak liggen in een frequentiegebied tussen ca. 20 en 16000 Hz, terwijl de radiogolven een frequentie hebben tussen ca. 100 kHz en ca. 100 MHz. De eerste groep noemt men de lage frequenties en men spreekt van laagfrequentspanningen (afkorting van laagfrequentie is LP). Als tegenstelling noemt men de tweede groep hoogfrequent en men spreekt van hoogfrequentspanningen en -stromen (afgekort HF). In de radiotechniek hebben wij uiteraard met beide groepen te maken.

29. Maximale, gemiddelde en effectieve waarde van een wisselspanning en -stroom

Daar de sterkte van een wisselstroom regelmatig varieert, is het niet mogelijk zonder meer van de waarde van een wisselstroom te

spreken. Wij hebben reeds in de voorgaande paragraaf gezien, dat de wisselstroom en -spanning varieert tussen nul en een bepaalde maximale waarde. Deze maximale waarde noemt men ook wel *amplitude*. Aan gezien deze maximale waarde van weinig praktische betekenis is, heeft men 2 andere waarden ingevoerd:

de gemiddelde waarde en de effectieve waarde

a. Gemiddelde waarde

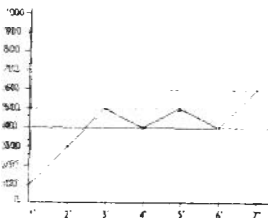
Wij zullen het begrip gemiddelde waarde eerst aan de hand van een praktisch voorbeeld illustreren.

Een autobus-onderneming vervoert arbeiders naar hun werk. Daar met goed weer veel mensen naar de fabriek fietsen, worden niet elke dag evenveel personen vervoerd. Over 1 week genomen zijnde vervoerscijfers als volgt:

Zondag	worden er	100	personen	vervoerd.
Maandag	„ „	300	„	„
Dinsdag	„ „	500	„	„
Woensdag	„ „	400	„	„
Donderdag	„ „	500	„	„
Vrijdag	„ „	400	„	„
Zaterdag	„ „	600	„	„
		<u>2800</u>		

In 1 week worden dus 2800 werklieden vervoerd.

Over 7 dagen gerekend worden nu per dag *gemiddeld* 400 personen vervoerd d.w.z. indien elke dag 400 personen met de autobus naar hun werk gingen, zouden per week ook totaal 2800 personen worden vervoerd. Het *gemiddelde* getal verkrijgen we dus door het optellen van bovenstaande getallen en het totaal te delen door het aantal dagen van de betreffende periode. Zetten wij deze resultaten in een grafiek uit, dan verkrijgt men fig. 9. In deze figuur ziet men bij



Grafische voorstelling van het vervoer van een autobus-onderneming. Op de verticale as is uitgezet het aantal vervoerde personen, op de horizontale as de dagen, waarop dit vervoer geschiedde. De horizontale lijn geeft het *gemiddelde* van het vervoer weer.

Fig. 9

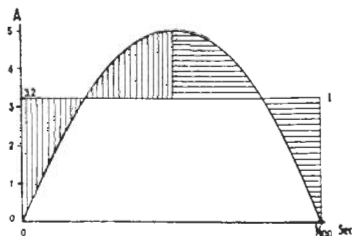
het getal 400 op de verticale as de horizontale lijn getrokken die het gemiddelde aangeeft van het aantal vervoerde personen.

Hierna zullen we dit voor een wisselstroom bekijken, dus een stroom, waarvan de waarde steeds verandert (fig. 10). Zoals wij in de voorgaande paragraaf hebben gezien, geeft fig. 10 het verband aan van de sterkte van de stroom en het moment, waarbij deze stroom vloeit. Wij gaan bijv. uit van een wisselstroom die door een plaatselijk net wordt geleverd, dus waarvan de frequentie 50 perioden per seconde is. 1 Periode duurt dan $1/50$ seconde en een halve periode $1/100$

seconde. Aangezien de twee helften of fazen van een periode van een sinusvormige stroom volkomen gelijk aan elkander zijn, hebben wij in fig. 10 slechts een helft wéérgegeven. Deze helft duurt dus 1/100 seconde.

Als men nu deze helft in een groot aantal momenten verdeelt en daarbij de stroomsterkte noteert, verkrijgt men op dezelfde wijze als in het voorgaande voorbeeld, de gemiddelde waarde. Het blijkt dan dat bij een maximale waarde van 5 A de gemiddelde waarde 3,2 A bedraagt.

Als wij in fig. 10, bij de waarde van 3,2 A op de verticale as, een horizontale lijn trekken, geeft deze lijn de gemiddelde waarde van de halve sinus weer.



Een halve sinuslijn met daarin getekend de lijn, die de gemiddelde waarde voorstelt. Hiervoor geldt:

$$I_{\text{gem}} = \text{ca } 0,64 I_{\text{max}}$$

Fig. 10

Men kan trouwens uit fig. 10 zien, hoe ongeveer de lijn van de gemiddelde waarde moet liggen, nl. zodanig dat de verticaal gearceerde oppervlakte van de top gelijk is aan die van de linker beneden hoek, en de horizontaal gearceerde oppervlakte van de top gelijk is aan die van de rechtse benedenhoek.

Samenvattend kunnen wij zeggen, dat de gemiddelde waarde van een wisselstroom gelijk is aan de waarde van een denkbeeldige gelijkstroom die in dezelfde tijd dezelfde hoeveelheid stroom verplaatst. Er bestaat voor de gemiddelde waarde van een sinus-vormige stroom en -spanning een eenvoudige formule die onmiddellijk het verband uitdrukt tussen de maximale waarde en de gemiddelde waarde. Deze formule luidt:

$$I_{\text{gemiddeld}} = \frac{2}{\pi} I_{\text{max}} = \frac{2}{22/7} I_{\text{max}} = \text{ca. } 0,64 I_{\text{max}}$$

In bovenstaand voorbeeld bedroeg I_{max} 5 A. Met behulp van de formule $I_{\text{gem}} = 0,64 I_{\text{max}}$ rekent men nu direct uit dat $I_{\text{gem}} = 0,64 \times 5 = 3,2$ A.

b. Effectieve waarde

Aangezien de gemiddelde waarde van een wisselstroom alleen aangeeft hoeveel electriciteit wordt verplaatst, doch niet hoeveel arbeid door deze stroom wordt verricht, heeft men het begrip effectieve waarde ingevoerd. Onder de effectieve waarde van een wisselstroom verstaat men de waarde van een denkbeeldige gelijkstroom, die in dezelfde tijd dezelfde hoeveelheid arbeid verricht (in andere woorden hetzelfde aantal Watts ontwikkelt).

Nu is in les 1 verteld, dat de arbeid, die de elektrische stroom per seconde ontwikkelt, het vermogen is. Dit vermogen is gelijk aan

$$I^2 R = I \times I \times R \text{ Watt.}$$

Dit geldt ook voor wisselstroom, echter moeten wij ook nu weer bedenken, dat de wisselstroom regelmatig van waarde verandert. Wij kunnen nu op dezelfde wijze als voor de gemiddelde waarde is uitgevoerd moment voor moment bekijken hoe het verloop is van I^2 . Dit is in fig. 11 grafisch uitgevoerd. Daarin is van een complete periode van een sinusvormige stroom het kwadraat van de stroomsterkten ($= I \times I$) moment voor moment uitgezet. Het resultaat is dan de lijn B-C-D-E-F-G-H-J-K. Deze lijn werd verkregen door de tijd, waarin zich deze periode afspeelt, in een aantal momenten te verdelen, en voor elk moment de waarde van de stroom in het kwadraat te verheffen. Men ziet dat de nieuwe golflijn eenzelfde karakter heeft als de oorspronkelijke golflijn van de wisselstroom. Trekken we nu door deze nieuwe golflijn een horizontale lijn, die op de helft ligt van de afstand van de top tot aan de horizontale lijn, dan ontstaat een symmetrische figuur, waarbij de oppervlakten A-B-C en C-D-M, de oppervlakten D-M-E en E-F-N, de oppervlakten N-F-G- en G-H-I- telkens aan elkander gelijk zijn. Hieruit volgt dat de lijn AL het gemiddelde voorstelt van de sinus-vormige lijn B-C-D-E-F-G-H-J-K, d. w. z. dat deze lijn overeenkomt met het kwadraat van een stroom met een constante sterkte, dus van een gelijkstroom, die hetzelfde effect heeft als de wisselstroom, die door de golfvormige lijn werd voorgesteld. *)

Men heeft ook voor het verband tussen de effectieve waarde en de maximale waarde van een sinusvormige wisselstroom of -spanning een eenvoudige formule. Deze luidt:

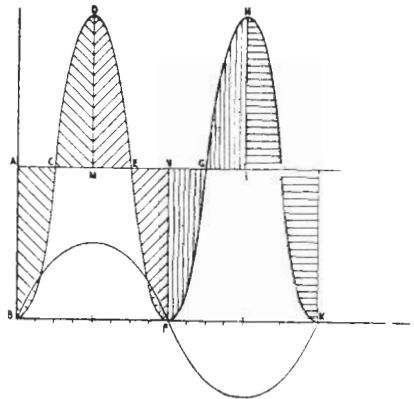
$$I_{\text{eff}} = \text{ca. } 0,7 I_{\text{max}} \text{ en}$$

$$I_{\text{max}} = \text{ca. } 1,4 I_{\text{eff}}$$

($I_{\text{effectief}}$ wordt meestal afgekort tot I_{eff}).

Zo geldt ook voor een wisselspanning $V_{\text{eff}} = \text{ca. } 0,7 V_{\text{max}}$ en

$$V_{\text{max}} = \text{ca. } 1,4 V_{\text{eff}}.$$



Grafische voorstelling van een sinusvormige stroom en van het kwadraat van deze stroom, voor de bepaling van de effectieve waarde.

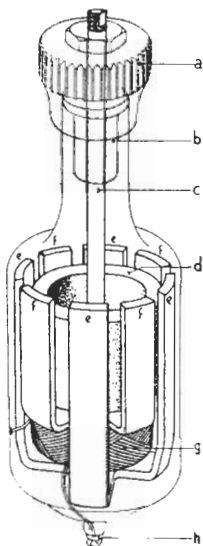
Fig. 11

*) Het zal U misschien opvallen, dat de tweede helft van de periode, die negatief is ten opzichte van de eerste helft, in het kwadraat verheven een stroom oplevert, die zich weer in het positieve gedeelte van de grafiek bevindt. Men dient echter in het oog te houden, dat de nieuwe sinus, die verkregen is door de oorspronkelijke waarde in het kwadraat te verheffen, maatgevend is voor de arbeid die door de elektrische stroom wordt verricht. Het speelt natuurlijk geen rol of deze stroom van links naar rechts of van rechts naar links loopt, dus of deze stroom in positieve richting of in negatieve richting beweegt; in beide richtingen verricht de stroom arbeid.

In de meeste gevallen zal men praktisch alleen met de effectieve waarde van een wisselstroomen -spanning werken. Als men b.v. spreekt van een wisselspanning van 220 V., dan wil dit zeggen, dat de effectieve waarde van deze wisselspanning 220 V is. Men laat in de meeste gevallen het woord effectief weg. De maximale waarde van deze wisselspanning is dus $1,4 \times 220 = 308$ V. Bij de behandeling van de condensator zullen wij een voorbeeld zien, waarbij we zowel met de effectieve waarde als met de maximale waarde te maken hebben.

30. De rijwiel-dynamo

Als een eerste praktische uitvoering van een dynamo willen wij de rijwiel-dynamo behandelen, omdat hiervan de constructie zeer eenvoudig is. Het principe van de dynamo hebben wij reeds in paragraaf 28 verteld. Daaruit bleek, dat een spanning werd opgewekt door het aantal krachtlijnen door een spoel steeds te variëren b.v. door een spoel bestaande uit een aantal windingen rond te wentelen in het magnetisch veld van een permanente magneet. Bij de Philips rijwiel-dynamo is de constructie enigszins anders, omdat hierbij de spoel stilstaat en de magneet in de spoel rondwentelt. Men noemt de vaste spoel de statorspoel en de draaiende magneet de rotor. Het principe is echter niet veranderd, want door het draaien van de magneet, wordt ook hier, door het veranderen van het aantal door de spoel omvatte krachtlijnen, een inductiespanning in de spoel opgewekt. De constructie met de draaiende magneet heeft het voordeel dat de spoel niet beweegt, zodat men de spanning van de spoel eenvoudig door middel van 2 klemmen kan afnemen. Bij een draaiende spoel moet men steeds van 2 glij- of sleepcontacten gebruik maken

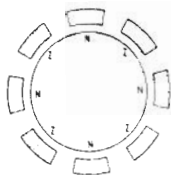


Vereenvoudigde constructie-tekening van een rijwieldynamo. Door middel van het wiel a wordt de as c, die in een zelfsmarendbronslager b gelagerd is, aangedreven. Op deze as zit de 3-polige magneet d bevestigd. Rondom deze magneet bevinden zich 4 lange strippen e en 4 korte strippen f, die resp. tezamenkomen onder en boven de spoel g. De korte en lange strippen komen afwisselend tegenover een Noord- en een Zuidpool van de 3-polige magneet, waardoor een wisselend magnetisch veld in de spoel g ontstaat, en dientengevolge een spanning in de spoel wordt geïnduceerd, die wordt gebruikt om het rijwiel-lampje te voeden.

Fig. 12

om de opgewekte inductiespanning naar buiten te voeren. In fig. 12 is de doorsnede van een dergelijke dynamo getekend. De magneet (d)

heeft 8 polen, 4 zuid- en 4 noordpolen. In fig. 13 is weergegeven hoe de polen over de ringvormige magneet zijn verdeeld; de Noord- en de Zuidpolen liggen om en om. Rondom de magneet zijn 8 metalen strippen aangebracht. Vier van deze strippen (f) zijn kort en de andere vier (e) lang. De korte strippen zijn met elkander



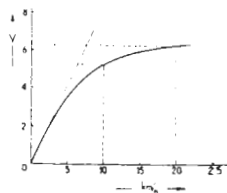
Doorsnede van de rotormagneet met de statorstrippen. De korte strippen zijn van stippen voorzien; de blanco doorsneden stellen de lange strippen voor.

Fig. 13

samen boven de spoel g. Ook de lange strippen zijn met elkander verbonden en komen samen onder de spoel. In fig. 13 is te zien dat de korte strippen en de lange strippen steeds tegenover gelijknamige polen komen te liggen. Afhankelijk van de positie van de rotor (de magneet) vormen de korte strippen tezamen de Noordpool van de spoel en de lange strippen tezamen de Zuidpool of omgekeerd. De rotor is draaibaar om een as (c), die door middel van een wielletje (a) wordt aangedreven. De as is gelagerd in een zelfsmierend poreus bronslager (b). Zodra de rotor draait, komen de strippen afwisselend tegenover een Zuid- of een Noordpool te liggen, waardoor het magnetisch veld in de spoel steeds wisselt. Dit heeft dus een verandering van het aantal krachtlijnen in de spoel tot gevolg, waardoor een inductiespanning in de spoel wordt opgewekt.

Neemt men b.v. het geval, dat de rotor 1/8 omwenteling heeft afgelegd. De lange strippen bevinden zich dan tegenover een Noordpool en de korte strippen tegenover een Zuidpool. De pool boven de spoel is nu dus een Zuidpool en onder de spoel bevindt zich een Noordpool. Na elke 1/8 omwenteling verandert deze polariteit en wordt dus in de spoel door inductie een spanning met ongeveer de vorm van fig. 7 opgewekt, die wordt afgenomen van de aansluitklem h onder aan de dynamo en het metalen huis. De aansluitklem h is uiteraard geïsoleerd van het metalen huis.

Uit par. 26 kan men afleiden dat de inductiespanning toeneemt, als de rotor sneller ronddraait. Als we de opgewekte spanning afhankelijk van het toerental in een grafiek zouden uitzetten, zou dus feitelijk een rechte lijn moeten ontstaan (zie de gestippelde lijn in fig. 14). De getrokken lijn in deze figuur geeft echter het werkelijke spanningsverloop aan, afhankelijk van de snelheid in km per uur. Dit spanningsverloop heeft een belangrijk voordeel, omdat nu een soort spanningsstabiliserende werking optreedt, nadat de snelheid groter is dan ca. 10 km per uur. Men heeft hierdoor minder gevaar dat het op de dynamo aangesloten lampje zal doorbranden, wanneer de fiets met een te grote snelheid zou rijden.



Grafische voorstelling van de door de rijwieldynamo afgegeven spanning, afhankelijk van de rijnsnelheid.

Fig. 14

31. De "Philishave" motor

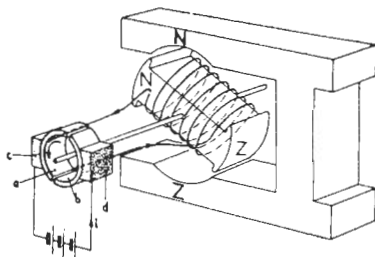
Wij hebben in paragraaf 23 van les 5 gezien, dat op een stroomvoerende geleider in een magnetisch veld een kracht wordt uitgeoefend. Tengevolge van deze kracht zal de geleider zich willen verplaatsen. In het geval van de draaispoelmeter was deze geleider in de vorm van een raamvormig spoeltje uitgevoerd, dat om zijn as draaide. De uitslag werd hierbij echter geremd door het z.g. tegenkoppel, dat door een veer werd opgewekt.

De werking van de motor berust in principe op hetzelfde verschijnsel. Fig. 15 geeft het principe van de werking weer. Tussen de polen van een magneet is een spoel met ijzerkern (het anker) draaibaar opgesteld. De spoel wordt op een gelijkspanningsbron aangesloten via twee lamellen a en b (de collector) en de koolborstels c en d.

In de getekende stand is het magnetisch veld van de spoel met kern zodanig dat links een noordpool en rechts een zuidpool ontstaat. Deze polen zullen door de gelijknamige polen van de magneet worden afgestoten, zodat het anker gaat draaien. De lamellen, die in de praktische uitvoering op hetzelfde lichaam van het anker zijn aangebracht, draaien eveneens.

Na een kwartslag gedraaid te hebben komen de N en Z-polen van de spoel in de buurt van de Z- resp. N-pool van de magneet. Het anker draait nu verder door de aantrekkende kracht tussen de ongelijknamige polen. Zodra echter de ongelijknamige polen tegenover elkander komen te staan, zal er geen aandrijvende kracht op het anker komen. Maar nu zijn de lamellen a en b intusschen van positie veranderd, waardoor de stroom door de spoel in omgekeerde richting loopt. Wat eerst een N-pool was, wordt nu een Z-pool en de Z-pool wordt een N-pool. Hierdoor komen weer gelijknamige polen tegenover elkander te liggen. Deze stoten elkander af en er wordt op het anker weer een zodanige kracht uitgeoefend, dat het verder draait.

Op deze wijze zal het anker enigszins stotend ronddraaien. Om dit ronddraaien enigszins soepeler te laten geschieden, voert men het in de vorm van fig. 16 uit. Hierbij wordt dan een collector met 3 lamellen gebruikt, zodat de stroom driemaal per omwenteling verandert, in plaats van tweemaal.



Principe van de gelijkstroommotor
a en b = lamellen van de collector
c en d = koolborstels.

Fig. 15

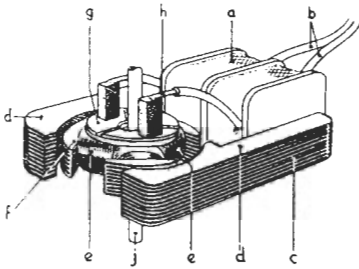


Voorbeeld van een stervormig anker, waardoor de motor minder stotend loopt.

Fig. 16

De praktische uitvoering van de motor wijkt dikwijls om verschillende redenen af. Wij willen hier als voorbeeld de motor uit een

der typen *Philishave* in het kort behandelen, omdat de constructie zeer eenvoudig is. In fig. 17 is het belangrijkste gedeelte van de



Het belangrijkste gedeelte van de motor van een *Philishave*. In het veld van de electro-magneet c die door de spoel a wordt bekrachtigd, bevindt zich de rotorspoel e. Zodra het geheel op het net wordt aangesloten vloeit een stroom door de bekrachtigingsspoel a en door de rotorspoeltjes e; hierdoor ontstaat er een zodenige kracht op het anker, dat dit gaat draaien. De stroomtoevoer geschiedt door middel van 2 koolborsteltjes h die via de spoel a met het net zijn verbonden. In de *Philishave* bevindt zich verder op de as j een tandradoverbrenging die het mesje op het gewenste toerental laat draaien.

Fig. 17

motor getekend. Hierin is in plaats van een permanente magneet een electromagneet gebruikt, die wordt hekrachtigd door de spoel a. De stroom wordt toegevoerd via de draden b. De ijzerkern c wordt dus magnetisch en tussen de uitgeholde polen d bevindt zich nu de spoel, waardoor een stroom wordt gevoerd. In deze uitvoering is de z.g. rotorspoel in serie geschakeld met de bekrachtigingsspoel van de magneet. Deze rotorspoel is in 3 secties verdeeld (e). De spoeltjes bevinden zich op het anker f en het geheel kan juist tussen de polen d van de electromagneet draaien. Zodra het geheel op het net wordt aangesloten, vloeit er een stroom door de bekrachtigingsspoel a en door de rotorspoeltjes e. Hierdoor ontstaat er een zodenige kracht op de rotor, dat deze gaat draaien. De stroomtoevoer geschiedt via de collector g en 2 koolborsteltjes h die via de spoel a met het net zijn verbonden.

In de *Philishave* bevindt zich verder op de as j een tandradoverbrenging die het mesje op het gewenste toerental laat draaien.

SAMENVATTING

1. Een gelijkstroom is een stroom die niet van richting verandert; een wisselstroom daarentegen is een stroom die steeds van richting verandert.
2. Wanneer het aantal door een spoel omvatte krachtlijnen verandert, zal er in deze spoel een inductiestroom ontstaan.
3. De sterkte van deze stroom is van de volgende factoren afhankelijk:
 - a. de snelheid, waarmede de verandering van het aantal omvatte krachtlijnen plaats heeft.
 - b. de sterkte van het magnetische veld.
 - c. het aantal windingen van de spoel.
4. De richting van de inductiestroom volgt uit de wet van Lenz. Deze luidt: *De richting van de inductiestroom is altijd zodanig dat hij zich verzet tegen de oorzaak, waardoor hij tot stand komt.*
5. Men kan de richting van de inductiestroom ook bepalen door middel van de drie-vingerregel, die luidt:
Plaatst men de duim, de wijsvinger en de middelvinger van de linkerhand loodrecht op elkander en stelt de middelvinger de veldrichting voor, tussen de magneetpolen, de duim de richting van de beweging van de draadwikkelling, dan geeft de wijsvinger de richting van de geïnduceerde stroom in de draadwikkelling aan.
6. Onder de zelfinductie van een spoel verstaat men de eigenschap die deze spoel bezit, om bij doorlaten van een veranderlijke stroom, een Electro Motorische Kracht (EMK) in zichzelf te induceren. Deze EMK noemt men de EMK van zelfinductie.
7. De eenheid van zelfinductie is de Henry (afgekort H). Een spoel bezit de eenheid van zelfinductie indien een stroom-verandering van 1 Amp. per seconde in de spoel een inductie-spanning van 1 V. opwekt. Naast de waarde H heeft men nog de praktische eenheden.

1 millihenry = 1 mH = 0,001 Henry
1 microhenry = 1 μ H = 0,000001 Henry
8. Tussen de uiteinden van een winding welke ronddraait in een magnetisch veld wordt een inductie-spanning opgewekt, hierop berust de werking van de dynamo. De draadwinding is hierbij vervangen door een spoel.
9. Wanneer men deze geïnduceerde spanning in een grafische voorstelling uitzet als functie van de tijd, ontstaat er een golflijn (sinuslijn).
De verandering van deze golflijn keert regelmatig terug of met

andere woorden is periodiek. De tijd waarin één zo'n periodieke verandering wordt voltooid, noemen wij een periode van de wisselstroom. Een periode bestaat uit een positieve en een negatieve fase.

10. Het aantal perioden per seconden heet de frequentie. De frequentie wordt uitgedrukt in Herz (afgekort Hz) of in cycles per seconde (afgekort c/s).

Andere eenheden zijn:

$$1 \text{ kilohertz} = 1 \text{ kHz} = 1000 \text{ H of}$$

$$1 \text{ kilocycle per seconde} = 1 \text{ kc/s} = 1000 \text{ c/s}$$

$$1 \text{ megahertz} = 1 \text{ MHz} = 1000 \text{ kHz} = 1.000.000 \text{ H of}$$

$$1 \text{ megacycle per seconde} = 1 \text{ Mc/s} = 1000 \text{ kc/s} = 1.000.000 \text{ c/s.}$$

11. Van een sinusvormige wisselstroom-spanning onderscheidt men 3 waarden:

a. de maximale waarde of amplitude

b. de gemiddelde waarde

De gemiddelde waarde van een wisselstroom is gelijk aan de waarde van een denkbeeldige gelijkstroom die in dezelfde tijd dezelfde *hoeveelheid* verplaatst.

$$I_{\text{gemiddeld}} = \frac{2}{\pi} I_{\text{max.}} = \text{ca. } 0,64 I_{\text{max.}}, \text{ en}$$

$$E_{\text{gemiddeld}} = \frac{2}{\pi} E_{\text{max.}} = \text{ca. } 0,64 E_{\text{max.}}$$

c. de effectieve waarde.

Onder de effectieve waarde van een wisselstroom verstaat men de waarde van een denkbeeldige gelijkstroom die in dezelfde tijd dezelfde hoeveelheid *arbeid* verricht.

$$I_{\text{eff.}} = \text{ca. } 0,7 I_{\text{max.}} \text{ en } I_{\text{max.}} = \text{ca. } 1,4 I_{\text{eff}}$$

$$E_{\text{eff.}} = \text{ca. } 0,7 E_{\text{max.}} \text{ en } E_{\text{max.}} = \text{ca. } 1,4 E_{\text{eff}}$$

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

1. Wat is het kenmerkend verschil tussen een gelijkstroom en een wisselstroom?
2. Kan men van de frequentie van een gelijkstroom spreken? Zo ja, hoe groot is deze dan, zo neen, waarom niet?
3. Wat zal er gebeuren, wanneer de metalen staaf TQ in fig. 3 niet uit 2 van elkander geïsoleerde delen zou bestaan, doch geheel van metaal zou zijn?
4. Men drijft een dynamo met een constante snelheid aan. De frequentie van de inductiespanning is 25 Hz. Wanneer men de aandrijfsnelheid verdubbelt, hoe groot is dan de frequentie? Verandert de inductie-spanning ook? Wat kunt U van de periode zeggen?
5. De rijwieldynamo's bestaan in diverse uitvoeringen nl. voor 6, 8, 10 en 12 V.
Wat kan het verschil veroorzaken?
6. Reken de navolgende frequenties om in Hz.
 - a. $f = 8$ c/s
 - b. $f = 12$ kHz
 - c. $f = 2$ Mc/s
 - d. $f = 4$ kc/s
 - e. $f = 7,2$ mHz
 - f. $f = 0,001$ kHz
7. De effectieve waarde van de netspanning is 110 V. Wat is dan de maximale waarde van deze spanning?
8. De waarde van een sinusvormige wisselstroom is 5 A. Hoe groot is de effectieve waarde?

32. Faze en Fazeverschil

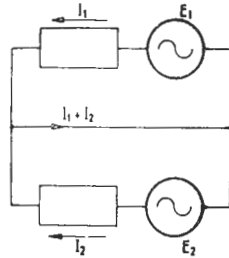
Het begrip faze en fazeverschil van een wisselstroom of -wisselspanning willen wij eerst aan de hand van een practisch voorbeeld verduidelijken. Twee loopjongens moeten eenzelfde weg afleggen. Ze vertrekken gelijk en ze lopen even hard. Een uur na het vertrek is de plaats van bestemming bereikt. Aangezien beide jongens even hard lopen ende afstand even groot was, zullen zij op hetzelfde tijdstip hun doel bereiken. De onderlinge afstand tussen deze twee jongens is steeds 0 geweest.

Bekijken wij thans het overeenkomstige geval in de electrotechniek. Wij sturen 2 wisselstromen door dezelfde draad. De frequenties van deze stromen zijn gelijk, terwijl de punten van de maximum waarden en de snijpunten met de as op dezelfde tijdstippen optreden. Dit geschiedt bijvoorbeeld wanneer men 2 wisselstroomgeneratoren met dezelfde frequenties schakelt volgens fig. 1.

De ankers van deze generatoren plaatsen wij in dezelfde positie, zodat zij, nadat de generatoren op gang gezet zijn, 2 overeenkomstige sinusvormige spanningen opwekken. Als wij nu de wisselstromen in beeld brengen, verkrijgen wij fig. 2. Wij zien uit deze figuur, dat de stromen als het ware op hetzelfde tijdstip en vanaf hetzelfde punt vertrekken en dat zij steeds op hetzelfde tijdstip dezelfde punten bereiken. Men drukt dit in de techniek uit door te zeggen, dat beide stromen in faze zijn.

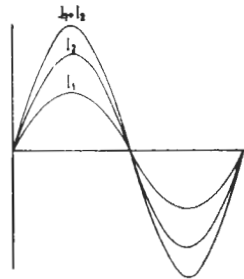
In zeer vele gevallen, zullen de stromen niet in faze zijn, d.w.z. waarbij hun 0-punten niet samenvallen en hun maximum waarden niet op hetzelfde tijdstip optreden. We zullen dit eerst weer vergelijken met de 2 loopjongens. (fig. 3).

Beide loopjongens moeten weer van plaats A naar plaats B gaan, en ze lopen met dezelfde snelheid van bijv. 4 km. per uur. De eerste loopjongen vertrekt om 4 uur, de tweede echter 15 minuten later. Omdat ze met dezelfde snelheid lopen, zal het onderlinge verschil in afstand steeds hetzelfde blijven. Die afstand zal zijn $\frac{15}{60} \times 4 = 1$ km.



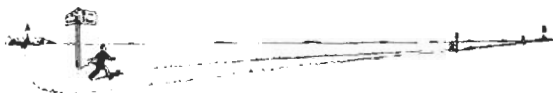
Twee generatoren met een EMK E_1 resp. E_2 zenden door een leiding de stromen I_1 resp. I_2 die in een gemeenschappelijke leiding tezamen komen. Als zij op hetzelfde moment beginnen te draaien, terwijl hun ankers in dezelfde positie liggen, vallen de maximum waarden van I_1 en I_2 samen, d.w.z. de stromen I_1 en I_2 zijn in faze.

Fig. 1



Grafische voorstelling van de zich in faze bevindende stromen I_1 en I_2 en van de totale stroom $I_1 + I_2$. Deze stromen zijn in faze omdat hun 0-doorgangen en hun max. waarden (amplituden) op dezelfde momenten optreden.

Fig. 2



Illustratie van het fazeverschil tussen 2 loopjongens. Zij vertrekken beide uit het punt A; de ene loopjongen start echter eerder dan de andere. Als zij met dezelfde snelheid lopen, zal er tussen beide een constant verschil in afstand, dus in faze, blijven bestaan.

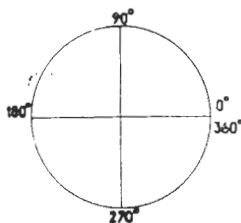
Fig. 3

De tweede jongen zal het eindpunt B dus ook 15 minuten later bereiken. Wij gaan thans weer terug naar het voorbeeld van de wisselstroom. Wij schakelen de 2 generatoren in serie en laten ze weer met dezelfde snelheid draaien. De opgewekte wisselstromen bezitten dus dezelfde frequentie. Wij zorgen er echter voor, dat het anker van de ene generator loodrecht staat ten opzichte van die van de andere generator. Op deze wijze ontstaan 2 wisselstromen die beide een sinusvorm hebben, die echter op verschillende tijdstippen hun maximum waarde bereiken (fig. 5).

Er is nu een constant verschil in afstand tussen de 0-punten en tussen de tijdstippen waarop de stromen hun maximale waarden bereiken. Men zegt hiervan dat de stromen in faze verschillen en dat de ene stroom najilt ten opzichte van de andere stroom, of dat die andere stroom voorijlt ten opzichte van de eerst genoemde stroom.

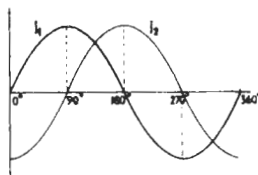
Om uit te kunnen drukken hoeveel het fazeverschil is, of in andere woorden, hoeveel de ene stroom naresp. voorijlt ten opzichte van de andere stroom, heeft men het volgende ingevoerd.

Zoals wij in de vorige les gezien hebben, wordt een periode geproduceerd zodra het anker één omwenteling heeft volbracht. Bij zo een omwenteling heeft het anker als het ware een cirkelvormige weg afgelegd. Van uit het middelpunt bekeken, verdeelt men nu de cirkel in 360 graden ($= 360^\circ$). Een halve cirkel heeft dus 180 graden en een kwart cirkel 90 graden. Een halve periode komt dus overeen met een draai van het anker van 180 graden en een kwart periode (bijv. van een 0-punt tot de eerste maximale waarde) komt overeen met 90 graden. In fig. 5 verschillen de 2 stromen dus 90 graden in faze. In fig. 6 verschillen de twee stromen 180 graden in faze; men noemt dit ook in tegenfaze. Men zegt ook wel dat de ene stroom (in fig. 5, stroom I_1) 90° in faze voorijlt ten opzichte van stroom I_2 .



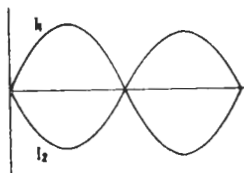
Grafische voorstelling van de gradenverdeling. Een complete omwenteling legt een hoek van 360° af; eenhalve omwenteling beslaat dus 180° .

Fig. 4



De stromen I_1 en I_2 verschillen 90° in faze. Men zegt ook wel, dat de stroom I_1 90° in faze voorijlt t.o.v. de stroom I_2 .

Fig. 5



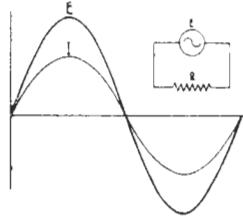
De stromen I_1 en I_2 hebben een fazeverschuiving van 180° . Men zegt ook wel dat beide stromen in tegenfaze zijn.

Fig. 6

33. Gedrag van een Ohmse weerstand aangesloten op een wisselspanning

Wij hebben in les 1 gezien, dat de stroom door een ohmse weerstand bepaald wordt door de wet van Ohm: $I = \frac{E}{R}$. Tot nu toe hadden wij dit alleen bekeken bij een gelijkspanning.

Wat gebeurt er nu als een wisselspanning over de weerstand staat? (fig. 7) Deze wisselspanning verandert steeds van waarde, zodat ook de stroom door de weerstand van waarde verandert. Bekijken we nu moment voor moment hoe groot de stroom is, dan kunnen wij deze steeds met behulp van de wet van Ohm berekenen en het resultaat in een grafiek uitzetten. Het blijkt dan, dat de stroomkromme een vorm heeft, die overeenkomt met die van de wisselspanning. Dit is trouwens logisch als men voor ogen houdt, dat bij 0 V spanning de stroom ook 0 zal zijn en bij de maximale waarde van de spanning de stroom eveneens zijn maximale waarde zal bezitten en zo zullen voor daartussen liggende waarden van de spanning, de stromen overeenkomstige waarden bezitten. *In het geval van een Ohmse weerstand is de stroom in fase met de spanning.*



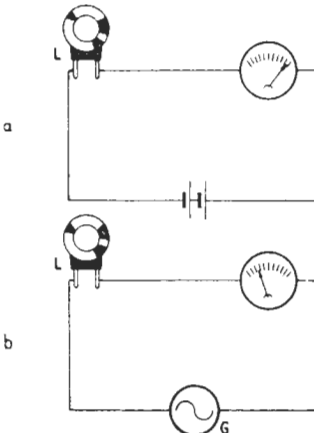
De stroom door een ohmse weerstand is in fase met de spanning over die weerstand.

Fig. 7

Het vermogen in een weerstand is ook nu $I^2 R$, waarbij nu echter voor I de effectieve waarde van de wisselstroom geldt.

34. Gedrag van een spoel aangesloten op een wisselspanning

In de voorgaande paragraaf zagen we dat het gedrag van een weerstand voor een gelijkspanning en een wisselspanning gelijk was. Dit is met de spoel niet het geval. Wij kunnen dit het best aan de hand



- a. Als men een spoel op een gelijkspanningsbron aansluit, zal er een stroom lopen die wordt bepaald door de spanning en de ohmse weerstand van deze spoel.
- b. Als men een spoel aansluit op een wisselspanningsbron, zal de stroom kleiner zijn dan in geval a., vanwege het inductieve karakter van de spoel de verandering van de stroom als het ware wordt tegengewerkt. De wisselstroomweerstand van de spoel is gelijk aan 6,28 fL.

Fig. 8

van fig. 8 laten zien. Wij sluiten eerst een spoel via een Ampèremeter aan op een gelijkspanning van bijv. 2 V. De Ampèremeter zal dan een zeer hoge stroom aanwijzen. De waarde van deze stroom hangt af van de ohmse weerstand van de spoel, die doorgaans zeer klein is. (Als men deze proef zelf wil nemen, dient men dan ook terdege rekening te houden met de hoge stroomwaarde). Vervolgens vervangen wij de gelijkspanningsbron door een wisselspanningsbron met een spanning van 2 V en een frequentie van 50 Hz. Het blijkt, dat de Ampèremeter nu minder uitslaat dan in het voorgaande geval. Hoe komt dit?

De verklaring schuilt in het feit, dat de spoel een zelfinductie bezit. In de voorgaande les hebben wij gezien, dat tengevolge van het inductieve karakter een spoel zich verzet tegen een verandering van de stroom. Zodra de stroom van waarde verandert, varieert de sterkte van het magnetisch veld. Door het zelfinductie-verschijnsel zal dan een inductiestroom opgewekt worden, die zich verzet tegen het veranderen van het oorspronkelijke veld. Er treedt dus een remmende werking op, die des te groter zal zijn, naarmate de zelfinductie van de spoel groter is (denk hier aan het voorbeeld van het vlieg wiel). Wij hebben ook gezien, dat de remmende werking des te sterker is, naarmate de verandering in een kortere tijd plaats heeft, dus naarmate de frequentie van de wisselspanning en -stroom groter is. Dit heeft tot gevolg, dat de stroom die men meet bij aansluiting van de spoel op een wisselspanning veel lager is, dan wanneer men deze spoel op een gelijkspanning had aangesloten. De weerstand van de spoel bij een wisselspanning is dus blijkbaar geheel anders, dan voor de gelijkspanning. Bij de gelijkspanning hadden we alleen te maken met de ohmse weerstand van de spoel, dus van de draad; bij een wisselspanning komt hierbij de remmende werking ten gevolge van het inductieve karakter van de spoel. Men heeft daarom het begrip wisselstroom weerstand (of reactantie) ingevoerd, die gelijk is aan:

$$\text{wisselstroomweerstand } X_L = \frac{\text{wisselspanning}}{\text{wisselstroom}}$$

Men kan bewijzen dat deze wisselstroom-weerstand gelijk is aan:

$$X_L = 2\pi fL = 6,28 fL$$

In deze formule betekent: $\pi = \frac{22}{7} = 3,14$

f = frequentie in HZ

L = zelfinductie in Henry

Uit deze formule ziet men direct, dat de wisselstroom-weerstand van een spoel groter is, naarmate de frequentie en de zelfinductie groter is. Dezelfde spoel zal dus bij aansluiting op een wisselspanningsbron met een frequentie van 500 HZ een 10 x kleinere stroom doorlaten dan bij een frequentie van 50 HZ. Ter illustratie enige getallen voorbeelden.

- A. Een spoel met een zelfinductie van 2 mH wordt aangesloten op een wisselspanning van 1 V met een frequentie van 50 HZ. Hoe groot is de stroom?

De wisselstroom weerstand is gelijk aan $X_L = 2\pi fL =$

$$2 \times 3,14 \times 50 \times \frac{2}{1000} = \text{ca. } 0,6 \cdot \text{ohm.}$$

De stroom die door de spoel zal vloeien is dus $\frac{1}{0,6} =$
ca. 1,67 A.

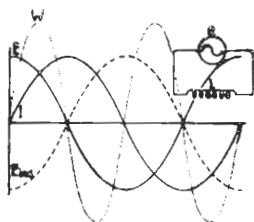
- B. Hoe groot zal de wisselstroom-weerstand van bovenstaande spoel zijn bij een frequentie van 500 kHz? Deze wisselstroom weerstand wordt $6,28 \times 500.000 \times \frac{2}{1000} = 6280$ ohm.
Bij 1 V zou nu de stroom slechts 0,16 mA zijn.

Wij willen thans nog bekijken hoe de fazeverhouding van de stroom en spanning bij een spoel is. Hiervoor gaan we uit van fig. 9, waarin de lijn I de wisselstroom voorstelt. Als wij nu de verandering van deze stroom moment voor moment bekijken, dan zien we dat deze verandering bij de 0-doorgangen veel groter is dan die bij hun amplituden (maximum waarden). Aangezien de inductiespanning afhankelijk is van de grootte van verandering, zal de inductiespanning op het moment dat de stroom door de 0-doorgang gaat, het grootst zijn en waar de stroom zijn maximale waarde bereikt het kleinst (zelfs 0). Men komt dus tot het merkwaardige feit, dat de inductiespanning in de spoel 0 is, als de stroom in de spoel juist zijn maximale waarde bereikt, en dat de inductiespanning maximaal is als de stroom 0 is. Deze inductiespanning is in fig. 9 gestippeld getekend. Men ziet dat er tussen de stroom en de inductiespanning een fazeverschuiving van 90° bestaat of in andere woorden, dat de stroom 90° voorijlt op de inductiespanning.

De inductiespanning is echter de spanning die op elk moment de verandering tracht tegen te werken en daarom steeds tegengesteld gericht is aan de oorspronkelijke wisselspanning. De oorspronkelijke wisselspanning die aan de klemmen van de spoel wordt aangesloten, moet dus juist in tegenfase met de inductiespanning E_{ind} in de figuur worden getekend. Hieruit blijkt, dat de stroom door een spoel 90° in faze achterloopt bij de wisselspanning waarop de spoel wordt aangesloten.

Dit heeft nog een merkwaardig feit tot gevolg. Het vermogen dat de spoel bij deze wisselspanning opneemt is op elk moment gelijk aan het product $E \times I$.

Men kan nu dit product moment voor moment uitrekenen en in fig. 9 uitzetten (zie gestippelde lijn W). Op de momenten waarop de spanning of de stroom 0 is, is het product $E \times I$ ook 0. In de eerste kwartperiode zal dan de getekende halve sinus boven de nullijn ontstaan. In de tweede kwartperiode is de situatie echter anders. Nu loopt de spanningskromme beneden de 0-lijn (de spanning E is dan negatief), de stroomkromme is daarentegen nog boven de nullijn (positief). De richting van spanning en stroom is in deze kwartperiode tegengesteld, waardoor het vermogen negatief wordt. Dit komt hierop neer, dat het vermogen, dat in de eerste kwartperiode door de generator aan de spoel is toegevoerd, in de tweede



De stroom door de spoel ijlt 90° na bij de wisselspanning E die over de spoel staat. De inductiespanning E_{ind} bevindt zich in tegenfase met de spanning E en ijlt dus 90° na t.o.v. de stroom I. Het opgenoemd vermogen over 1 periode genomen, is nul.

Fig. 9

kwartperiode aan de generator teruggegeven wordt! D.w.z. het totale vermogen, door de generator geleverd, is nul!

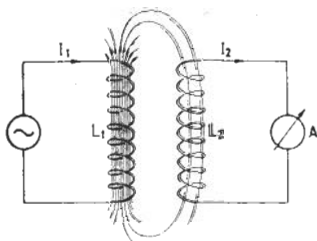
Hetzelfde ziet men gebeuren in de volgende twee kwartperioden. In de derde kwartperiode hebben spanning en stroom dezelfde richting, het vermogen is dus positief, d.w.z. de generator levert vermogen aan de spoel af. In de laatste kwartperiode is de spanning positief, de stroom daarentegen negatief, zodat het vermogen nu negatief wordt. Nu wordt het vermogen weer aan de generator teruggegeven. Omdat in totaal geen vermogen wordt opgenomen, spreekt men in dit geval van schijnbaar vermogen. Ter onderscheid van een werkelijk opgenomen vermogen, zoals bij een weerstand (Watt), drukt men het schijnbare vermogen uit in VA (volt-ampère).

Men kan dit verschijnsel vrij eenvoudig gedemonstreerd zien. Daar toe neemt men een smoorspoel uit een ontvangtoestel en sluit deze via een Ampèremeter op het wisselspanningsnet aan. Ondanks het feit, dat de Ampèremeter een bepaalde stroom zal aantonen, zal men de electriciteitsmeter, die alleen het werkelijk opgenomen vermogen noteert, niet zien reageren.

35. Wederzijdse Inductie

In par. 27 van les 6 hebben wij gezien hoe een spoel in zichzelf een inductiespanning opwekt ten gevolge van een verandering van het magnetisch veld in en om de spoel. Wij zullen nu een stap verder gaan en in de nabijheid van deze spoel een tweede spoel opstellen. (fig. 10.) De magnetische krachtlijnen rondom de eerste spoel omvatten nu tevens de tweede spoel. Veranderen wij nu de stroom door spoel I, dan zal het magnetisch veld veranderen. Behalve een inductiespanning in spoel I, zal nu ook een inductiespanning in spoel II opgewekt worden. Deze spoel bevindt zich immers ook in dit veranderlijke magnetisch veld. Hetzelfde verschijnsel ziet men optreden als men spoel II op een veranderlijke spanning aansluit, zodat dan in spoel I een spanning wordt geïnduceerd. Het inducerende effect geschiedt dus van 2 kanten. Men noemt dit verschijnsel *wederzijdse inductie* en men spreekt in zo'n geval van twee gekoppelde spoelen. Deze eigenschap wordt in eenzelfde factor uitgedrukt als de zelfinductie, nl. door de coëfficiënt van wederzijdse inductie.

Men heeft de eenheid van wederzijdse inductie (het symbool is M) als een stroomverandering van 1 A per seconde in de ene spoel een inductiespanning van 1 V in de andere spoel opwekt. Men drukt deze eenheid in Henry uit.



Als men een spoel L2 in het magnetisch veld brengt van de spoel L1, dan zal er een spanning in spoel L2 worden geïnduceerd. Ten gevolge daarvan zal er een stroom I2 in de katen van spoel L2 gaan vloeien. Men zegt dat in dit geval de spoelen L1 en L2 met elkander zijn gekoppeld.

Fig. 10

Het zal duidelijk zijn, dat deze inductiespanning des te sterker zal zijn, naarmate de tweede spoel meer door de krachtlijnen van de eerste spoel wordt omvat. De inductiespanning zal ook groter zijn, naarmate de zelfinductie van de tweede spoel groter is en naarmate de verandering in een kortere tijd plaats heeft, d.w.z. naarmate de frequentie hoger is. *)

De sterkte van de koppeling hangt echter niet alleen af van de afstand tussen de 2 spoelen, maar ook van de positie van de 2 spoelen. De inductie is uiteraard het grootst als de krachtlijnen in de lengterichting door de spoel gaan. Stelt men de koppelende spoel zodanig bij de eerste spoel op, dat de lengte-assen van de spoelen loodrecht op elkander staan, dan zal de inductie minimaal zijn. Van dit feit maakt men o.a. gebruik in het ontvangtoestel en de versterker, wanneer men 2 spoelen zodanig wil opstellen, dat hun velden elkander niet beïnvloeden. Bij voorbeeld, de spoelen van de krachttransformator mogen de spoelen van de uitgangstransformator niet beïnvloeden, zodat men deze transformatoren bij voorkeur loodrecht ten opzichte van elkander opstelt.

36. Serie en parallelschakeling van spoelen

Men kan spoelen, evenals weerstanden, in serie en parallel schakelen. Zo lang deze spoelen zodanig opgesteld zijn of door bepaalde maatregelen (afschermen) niet door elkanders magaetische velden worden omvat, of in andere woorden, magnetisch niet gekoppeld zijn, gelden dezelfde regels als voor weerstanden.

De totale zelfinductie van in serie geschakelde spoelen is dan gelijk aan de som van de zelfinducties van de enkele spoelen.

De totale zelfinductie van 2 parallel geschakelde spoelen is gelijk aan het product van de zelfinducties van die spoelen gedeeld door de som van de zelfinducties (zie par. 12 van les 2).

Deze kwestie wordt echter moeilijker, zodra er tussen de spoelen wel een magnetische koppeling bestaat, want nu worden de magnetische velden van deze spoelen wederzijds beïnvloed. Zij kunnen elkanders veld versterken, maar ook verzwakken. Dit hangt af van het feit of de stroom door beide spoelen in dezelfde richting loopt of in tegengestelde richting. Men kan bewijzen, dat de totale zelfinductie van twee in serie geschakelde spoelen, die magnetisch gekoppeld zijn, gelijk is aan de som van de zelfinducties van de enkele spoelen plus 2 x de wederzijdse inductie, indien ze elkanders veld versterken. Als zij elkanders veld verzwakken, wordt de totale zelfinductie gelijk aan de som van de zelfinducties min 2 x de wederzijdse inductie. In formule wordt dit:

$$L_{\text{tot}} = L_1 + L_2 + 2M \quad \text{en}$$

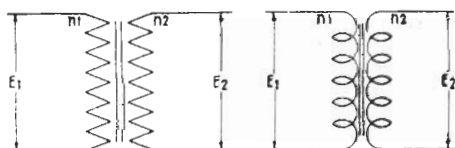
$$L_{\text{tot}} = L_1 + L_2 - 2M$$

*) Men drukt dit uit in een bepaalde factor, de zog. koppelingsfactor k . Men kan bewijzen dat deze factor gelijk is aan $k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$. Hierin is M de wederzijdse inductie tussen de spoelen,

L_1 de zelfinductie van de ene spoel en L_2 de zelfinductie van de andere spoel.

37. De transformator

Onder een transformator verstaat men een toestel, waarmede het mogelijk is een lagere wisselspanning om te zetten in een hogere of omgekeerd. Hij bestaat in principe uit 2 spoelen die magnetisch gekoppeld zijn. In de voorgaande paragraaf zagen wij reeds, dat de geïnduceerde spanning in de gekoppelde spoel afhankelijk is van de zelfinductie van die spoelen, dus van het aantal windingen van die spoelen; tevens dat de inductiespanning afhankelijk is van de sterkte van de koppeling, d.w.z. van de afstand en de positie van de 2 spoelen. Gewoonlijk zijn de spoelen van een transformator zeer sterk gekoppeld, zodat de wederzijdse inductie en de koppelingsfactor groot zijn. Het inducerende effect of eigenlijk het overbrengen van de ene spanning naar de andere spanning is dan ook groot. Bekijkt men de transformator van uit de spoel of wikkeling waaraan een wisselspanning wordt toegevoerd, dan noemt men deze spoel de primaire wikkeling of dikwijls kortweg primaire en men noemt de daarmee gekoppelde spoel de secundaire wikkeling of kortweg secundaire. Men heeft transformatoren die alleen bestaan uit 2 vast gekoppelde wikkelingen, de meeste transformatoren bezitten echter tevens een ijzerkern, waarop de gekoppelde wikkelingen zijn aangebracht. Ten gevolge van deze ijzerkernen wordt het magnetische veld veel sterker (zie hiervoor ook par. 20 van les 4). De principiële voorstelling van een transformator is getekend in fig. 11.



Twee voorstellingen van twee gekoppelde spoelen met een gemeenschappelijke ijzerkern (transformator). De transformatieverhouding, dit is de verhouding van de primaire spanning E_1 tot de secundaire spanning E_2 , is gelijk aan de windingsverhouding $n_1 : n_2$.

Fig. 11

Hierin is S_1 de primaire wikkeling en S_2 de secundaire wikkeling. De primaire wikkeling bestaat uit n_1 windingen, de secundaire uit n_2 windingen. Stel dat de primaire wordt aangesloten op een wisselspanning van bijv. 100 V, en dat de primaire uit 100 windingen bestaat (dus $n_1 = 100$). De secundaire heeft bijv. 50 windingen ($n_2 = 50$). Door de wisselspanning wordt in de primaire een stroom gestuurd, die een spanning in alle windingen induceert dus zowel in de primaire als in de secundaire windingen. In de primaire wikkeling wordt dus een inductiespanning geïnduceerd die gelijk, maar tegengesteld is aan de primaire spanning, dus 100 V. Dit komt op 1 V per winding neer. Aangezien de secundaire wikkeling 50 windingen heeft, ontstaat hierover een spanning van 50 V. Hieruit blijkt, dat de spanning evenredig is met het aantal windingen van de wikkelingen. In dit geval was de windingsverhouding $100 : 50 = 2 : 1$. Ook de spanningsverhouding bedraagt hier $2 : 1$. De spanning van de primaire naar de secundaire is dus omlaaggebracht of getransformeerd. Zou het aantal windingen van de secundaire niet 50 maar 200 bedragen, dan zou dus de spanning aan de secundaire 200 V geweest zijn, omdat de verhouding van het aantal windingen gelijk is aan

$\frac{200}{100} = 2$. Men kan in principe dus aan de secundaire zijde van een transformator elke gewenste spanning verkrijgen door een juiste keuze van de windingsverhouding. In formule geschreven geeft dit:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Sluit men nu op de secundaire wikkeling van de transformator een weerstand aan, dan zal deze weerstand een bepaalde energie verbruiken. Deze energie wordt via de transformator aan de spanningsbron onttrokken. Deze spanningsbron heeft dus deze energie te leveren. Als wij verliezen in de transformator nog buiten beschouwing laten, dan zal deze energie van bijv. 100 W in de weerstand via de secundaire en de primaire wikkeling door de spanningsbron geleverd moeten worden. Dit vermogen is gelijk aan $E \times I$. Als de spanning aan de secundaire zijde 100 V bedraagt, zal bij een vermogen van 100 W de stroom in de secundaire keten 1 A bedragen. Is de spanning aan de primaire, dus van de spanningsbron, 200 V, terwijl deze spanningsbron 100 W moet leveren, dan zal de stroom in de primaire wikkeling slechts 0,5 A bedragen. De verhouding van de stromen in de primaire en de secundaire wikkeling is dus juist het omgekeerde van de verhouding van de spanningen. In formule geeft dit:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{E_2}{E_1}$$

Men dient hiermede terdege rekening te houden bij de constructie van een transformator. Wij hebben immers in les 1 gezien dat, in verband met de warmteontwikkeling, de doorsnede van de draad des te groter moet zijn, naarmate de stroom door de draad groter is. De wikkeling met de grootste stroom moet dus van dikker draad gewikkeld worden dan de wikkeling met de kleinste stroom. Zodra op een transformator een weerstand wordt aangesloten, die dus bij een bepaalde spanning energie opneemt, noemt men dit een belaste transformator en een weerstand noemt men de belasting. Een speciaal geval van belasting verdient nog even onze aandacht. Als wij nl. de weerstand 0 ohm maken, dit is het geval van kortsluiting, dan zal bij een bepaalde spanning door de secundaire wikkeling een zeer grote stroom gaan lopen, en ook door de primaire wikkeling. Het gevolg van deze kortsluiting kan zijn, dat de transformator doorbrandt of zelfs in brand geraakt ten gevolge van de te grote warmteontwikkeling. Een dergelijke kortsluiting behoeft niet alleen uitwendig op te treden, maar kan natuurlijk ook in de wikkeling zelf optreden. Zodra zelfs maar één winding van de wikkeling kort gesloten is, krijgt men hetzelfde effect. De spanning over deze winding is weliswaar veel kleiner, maar omdat de weerstand uiterst klein is, zal daardoor toechen dusdanig grote stroom ontstaan, dat men weer hetzelfde effect verkrijgt, nl. dat de transformator doorbrandt.

Uit dit feit kan men ook nog een andere conclusie trekken. Wij hebben oorspronkelijk gezien dat een spoel, op een wisselspanning aangesloten, een bepaalde wisselstroom-weerstand bezit. De stroom door de spoel wordt bepaald door deze wisselstroom-weerstand en door de spanning over de spoel. Het blijkt nu dat zodra deze spoel wordt gekoppeld met een tweede spoel, die belast is met een weerstand, de stroom in de primaire spoel veel groter wordt dan men uit de berekening van wisselstroom-weerstand en aangesloten spanning zou ver-

wachten. Aangezien de wisselstroom-weerstand gelijk is aan 6,28 Ω en de frequentie niet varieert, volgt daaruit, dat de zelfinductie verandert. In kort-gesloten toestand van de secundaire, waarbij een zeer grote stroom in de primaire ontstaat, is de zelfinductie dan blijkbaar tot praktisch 0 teruggebracht. Deze beïnvloeding van de zelfinductie van de primaire spoel wordt in de praktijk soms opzettelijk gebruikt om de zelfinductie van de primaire spoel te regelen. (zie par. 39).

38. Wisselstroomverliezen

A. Huideffect

Als door een spoel een stroom loopt met een hoge frequentie, dan ontstaan door de zeer snelle stroomveranderingen dusdanige inductiestromen, dat zij de oorspronkelijke stroom in de draad tegenwerken. Het typische gevolg is, dat de wisselstroom de neiging vertoont om meer aan de oppervlakte (huid) van de geleider te vloeien dan in het midden. Het gevolg is, dat de kern van de draad niet aan het electriciteitstransport meedoet, zodat de reële doorsnede van de draad veel kleiner is, dan de werkelijke doorsnede. Dit betekent een vergroting van de weerstand; aangezien in de weerstand energie-verlies optreedt (gelijk aan I^2R) betekent dit, dat er in de spoel energie verloren gaat. Men noemt dit effect huid-effect of skin effect (skin is het Engelse woord voor huid). Men zal uiteraard trachten dit verlies zo gering mogelijk te houden. Men gebruikt daarom dikwijls in plaats van een enkele massieve draad een snoer van een speciale samenstelling, z.g.n. litzedraad. Dit laatste draad is samengesteld uit een groot aantal zeer dunne onderling geïsoleerde koperdraadjes. Deze draadjes zijn echter niet, zoals bij een gewoon snoer, in elkaar gedraaid, maar ze zijn op een bepaalde manier in elkaar gevlochten (zie fig. 12).

Vereenvoudigde voorstelling van de samenstelling van Litzedraad. Deze draad bestaat uit een groot aantal zeer dunne onderling geïsoleerde koperdraadjes die zodanig in elkaar gevlochten zijn, dat elk der draadjes geleidelijk van de oppervlakte naar het binnenste van de geleider loopt en daarna weer van het binnenste naar de oppervlakte. Men past deze draadsoort toe om de invloed van het huid-effect te verminderen.

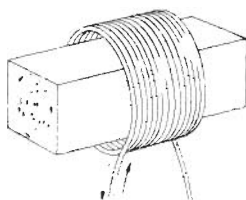
Fig. 12

De manier van vlechten komt hierop neer, dat elk der draadjes geleidelijk van de oppervlakte naar het binnenste van de geleider verloopt en daarna weer van het binnenste naar de oppervlakte.

Bij het solderen van het litzedraad, moet met alle adertjes contact gemaakt worden, daar anders de draaddoorsnede niet ten volle benut zou worden en men niet het gewenste effect zou bereiken. Dit solderen geschiedt als volgt: men verwijderd de omspinning over een afstand van 2 á 3 cm., verhit het draadeinde in een spiritusvlam totdat het roodgloeiend is en dompelt het snel onder in alcohol, waardoor het emaille van de draadjes afspringt; daarna kan men solderen.

B. Wervelstromen

Als door een spoel een wisselstroom loopt, ontstaat er in deze spoel een veranderlijk magnetisch veld. Bevindt zich nu in het veld van deze spoel de een of andere geleider, dan ontstaat er ten gevolge van de magnetische veldveranderingen een EMK van inductie. Heeft men nu een spoel met een ijzerkern, dan zullen in deze ijzerkern inductiespanningen ontstaan en dientengevolge inductiestroompjes. Door het zeer snel wisselen van het veld krijgt men op deze wijze een werveling van stromen, waarvan de naam wervelstromen komt. Deze stromen veroorzaken een energieverlies door de weerstand van de ijzerkern. Om deze stromen zo veel mogelijk te beperken, bouwt men de ijzerkern bij transformatoren en spoelen voor lage frequenties op uit onderling geïsoleerde blikken. Men noemt deze lamellen van de kern. (zie fig. 13). Bij spoelen voor hoge frequenties bouwt men de kern op uit ijzerpoeder dat door een of ander bindmiddel tesamen gehouden wordt. (zie fig. 14). Dit zijn de ijzerkernen die men dikwijls in afstemspoelen ziet en waarmee men de zelfinductie kan regelen.



Eenvoudige voorstelling ter illustratie van het ontstaan van wervelstromen in een spoel met ijzerkern.

Fig. 13

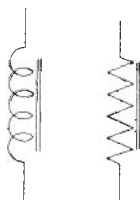


Schets van de doorsnede van een ijzerkern, die uit ijzerpoeder bestaat. Deze kern wordt gebruikt voor H.F. spoelen.

Fig. 14

C. Koperverliezen

Aangezien de spoelen met koperdraad gewikkeld zijn, zullen zij een bepaalde ohmse weerstand bezitten. Door de stroom in de spoel zal in deze draad-weerstand energie (gelijk aan I^2R) verloren gaan. Men zal dus de draad een zo groot mogelijke doorsnede willen geven, om de weerstand zo klein mogelijk te houden; een draad met grotere doorsnede neemt echter meer ruimte in beslag; waardoor de afmetingen van de betreffende spoel veel groter worden. In praktische constructies zal men dus steeds naar een zo gunstig mogelijk compromis tussen deze 2 tegenstrijdige eigenschappen zoeken.



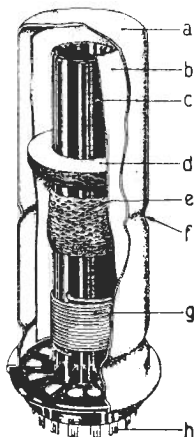
Twee voorstellingen van spoelen met ijzerkern.

Fig. 15

39. Het afschermen van spoelen

Zoals reeds aan het begin van deze les werd beschreven, bevindt zich rondom elke spoel een magnetisch veld, dat in elke zich in de nabijheid bevindende spoel een spanning induceert. Dit is dikwijls ongewenst, zodat men naar middelen heeft gezocht om deze ongewenste

inductie op te heffen. De oplossing hiervoor is een afschermd koker van goed geleidend materiaal, bijv. koper of aluminium voor spoelen voor hoge frequenties en ijzer voor spoelen voor lage frequenties. De afscherming van H.F. spoelen berust op het ontstaan van elektrische inductiestromen, die een veld opwekken, dat tegen-



Tekening van een complete samengestelde spoel met afscherming.

- a = afschermkoker.
 b = isolatie tussen de spoel en de afschermkoker.
 c = spoelkoker van isolatiemateriaal.
 d = spoel met een hoogkant kruiswikkeling
 e = spoel met een meelopend geslingerde wikkeling.
 f = ril voor instellen van de zelfinductie van spoel e.
 g = spoel met cilindrische wikkeling.
 h = aansluitcontacten van de verschillende spoelen.

Fig. 16

gesteld is aan het oorspronkelijke veld. Deze inductiestromen zullen des te sterker zijn, naarmate de afschermd koker zich dichter bij de spoel bevindt. Hierdoor zal echter het tegenwerkende veld ook sterker worden, waardoor het oorspronkelijke veld, en dientengevolge ook de zelfinductie van de spoel, achteruit gaan. Men maakt hiervan in de fabricage gebruik, voor de afregeling van de juiste zelfinductie van de spoel. Men brengt ter hoogte van de spoel een ril aan. Deze ril brengt de afscherming dichter bij de spoel, waardoor dus de zelfinductie iets verkleind wordt. Afhankelijk van de diepte van de ril zal de zelfinductie van de spoel meer of minder verkleind worden (zie fig. 16 f).

40. Constructie van spoelen en transformatoren

De spoelen en transformatoren kan men naar hun gebruik en constructie in 2 groepen verdelen:

A. Spoelen en transformatoren voor hoge frequenties.

B. Spoelen en transformatoren voor lage frequenties.

De spoelen uit de eerste groep hebben een veel lagere zelfinductie dan die uit de tweede groep. Tevens mag van de HF spoelen en transformatoren geen grote eigen-capaciteit aanwezig zijn. *)

Om deze redenen zijn de H.F. spoelen en transformatoren anders geconstrueerd dan de L.F. spoelen.

A. H.F. spoelen en transformatoren

Wij zullen hier volstaan met de behandeling van de constructie van H.F. spoelen, daar de constructie van de H.F. transformatoren in

*) Op het begrip capaciteit komen wij in de volgende les nog uitvoerig terug.

wezen gelijk is aan die van de spoelen. De spoel bestaat uit de volgende gedeelten:

- a. Spoelkoker.
- b. Wikkeling.
- c. Kern.
- d. Afscherming.

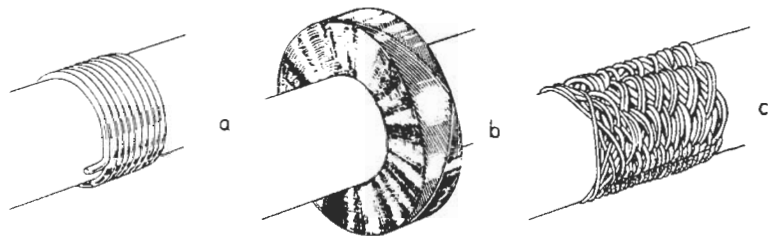
a. Spoelkoker

De spoelkoker is de houder waarop de windingen van de spoel gewikkeld worden. Men heeft echter ook H.F. spoelen die uitsluitend bestaan uit enkele windingen zonder spoellichaam. Dit kan echter alleen gedaan worden bij zeer kleine spoelen met tamelijk dik draad. Men heeft dan het voordeel dat men geen extra verliezen heeft in de koker.

Bij de grotere spoelen is dit echter niet mogelijk, in verband met de te stellen eisen van stevigheid. In die gevallen wordt een koker gebruikt van isolatiemateriaal dat zo min mogelijk verliezen geeft. Materialen die men hiervoor gebruikt zijn o.a. glas, "Philit", polystyreen, pertinax en keramische materialen. De spoelen die de laatste jaren in de radio apparaten worden gebruikt, zijn uitgevoerd in polystyreen. De elektrische eigenschappen van dit materiaal zijn zeer goed. Tevens is het bij reparatie mogelijk de nieuwe spoel op een eenvoudige wijze op het chassis te bevestigen (in sommige typen apparaten worden de spoelen met behulp van een soldeerbout in een daarvoor in het chassis aanwezig gat vastgezet).

b. Wikkeling

Er bestaan verschillende methoden voor het wikkelen van de spoel. De op het ogenblik meest gebruikte wikkelmethoden zijn:



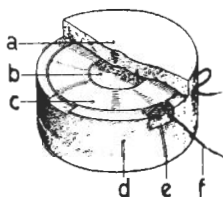
Schetsen van drie verschillende wikkelmethoden van H.F. spoelen.

- a cilindrische wikkeling
- b hoogkant kruiswikkeling
- c meelopend geslingerde wikkeling

1. De *cylindrische wikkeling*, die meestal voor korte golf spoelen wordt toegepast (zie fig. 17a).
De windingen worden hierbij naast elkaar gelegd op de spoelkoker. Deze wikkelmethode is praktisch alleen toe te passen bij spoelen met een lage zelfinductie, daar de lengte van de spoel anders te groot zou worden. Men zou desnoods enige wikkelingen boven elkander kunnen leggen; dit heeft echter het nadeel van een te sterke vergroting van de eigencapaciteit van de spoel.
2. De *meelopend geslingerde wikkeling*. Deze wikkeling wordt bijvoorbeeld voor de spoelen voor de hoge kortegolfbereiken aan de lage middengolfbereiken toegepast (zie fig. 17c). Bij het wikkelen van deze spoelen wordt de draad zodanig op de spoelkoker gewikkeld, dat de spoel er ongeveer uitziet als de vroegere honingraat spoel. Tijdens het wikkelen wordt de wikkeling echter tevens in een richting verschoven, zodat men een langgerekte spoel verkrijgt met weinig lagen.
3. De *hoogkant kruiswikkeling*, die bijv. voor de meeste middengolfbereiken en lange-golfspoelen wordt toegepast (zie fig. 17b). De oude honingraat spoel is o. a. een voorbeeld van deze wikkeling. Deze wikkelmethode maakt het mogelijk een korte dikke spoel te wikkelen zonder gebruik te maken van steunflenzen voor de zijkanen van de spoel.

c. De kern

De kernen die in de H.P. spoelen worden gebruikt hebben tot doel om een bepaalde zelfinductie met een minder aantal windingen te bereiken. Tevens voorziet deze kern in de mogelijkheid om de zelfinductie te regelen, waarvan bijv. veel gebruik gemaakt wordt bij trimmen van het ontvangtoestel. De op het ogenblik het meest in gebruik zijnde kern is een stift, die in en uit de spoel kan worden geschroefd. Deze stift bestaat uit poedermateriaal, waarop reeds in par. 38 B werd gezinspeeld.



Tekening van een spoel met potkern.

- a = afsluiting van magnetisch materiaal van de potkern.
- b = kern van magnetisch materiaal.
- c = spoelwikkeling om de kern *b*.
- d = omsluitende gedeelte van de potkern.
- e = uitsparing in de potkern voor het doorvoeren van de aansluitdraden van de spoel.
- f = aansluitdraad van de spoel.

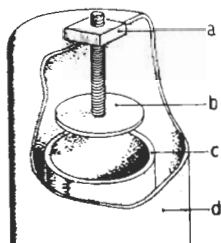
Fig. 18

Men komt ook wel kernen tegen die afwijken van bovenstaande constructie zoals de potkern (zie fig. 18) en de zog. H-kern. Beide kernen komen echter betrekkelijk weinig voor in ontvangtoestellen constructies.

d. De afscherming

De afscherming dient om een ongewenste koppeling tussen de verschillende spoelen te voorkomen. De afschermbus moet uit één geheel bestaan, omdat de weerstand zo klein mogelijk moet zijn. Men zal dus een naad in de bus vermijden, omdat er dan gevaar bestaat voor overgangsweerstanden. De afschermbus dient steeds goed te worden geaard.

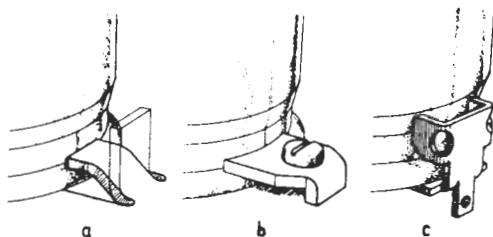
Aangezien het bij massaproductie niet mogelijk is, om zonder bijzondere maatregelen volkomen gelijke spoelen te maken, heeft men bijzondere voorzieningen getroffen omtrent het einde van de bewerking de zelfinductie van de spoelen te kunnen instellen. Dit instellen van de zelfinductie kan bijv. gedaan worden met behulp van de in de spoel aanwezige kern. Niet alle spoelen zijn echter uitgevoerd met een instelbare kern. Men maakt daarom gebruik van rillen in de spoelbus waarvan reeds in par. 39 sprake was. In vroegere constructies maakte men gebruik van een klein koperen plaatje boven in de spoelbus (zie fig. 19). De afstand van het plaatje *b* tot de spoel *c* kon worden ingesteld met een stift. Was de juiste zelfinductie bereikt, dan werd de stift aan de bus gesoldeerd. (a,



Schets van een spoel, waarbij de instelling van de zelfinductie geschiedt door middel van een koperen plaatje *b* dat zich boven de spoel *c* bevindt. Door de afstand tussen het plaatje en de spoel kleiner of groter te maken, wordt de zelfinductie resp. kleiner of groter.

Fig. 19

Voor de bevestiging van de spoelen op het chassis bestaan uiteraard verschillende manieren. In fig. 20a - c zijn enige veel gebruikte methoden weergegeven. Men dient er bij het bevestigen van de spoelbussen op het chassis op te letten, dat de bussen goed vast zitten



Drie verschillende bevestigingsmethoden voor H.F. spoelen.

- a. Met behulp van een lip die in het chassis is uitgespaard. Men gebruikt hiervoor een zgn. koevoet (zie fig. 21).
- b. Met behulp van een klem met hout.
- c. Met behulp van een klem die men met een tang vastdrukt.

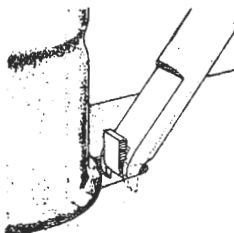
Dit geschiedt bij chassis van Philite, en als een lip van de bevestigingsmethode onder a is afgebroken. Fig. 20

en niet gemakkelijk bewegen. Door deze bevestiging is de spoelbus meestal automatisch via het chassis geaard; een slechte aarding kan nl. een hinderlijk kraken tot gevolg hebben. Moet bij een reparatie van een apparaat een defecte spoel door een nieuwe worden vervangen, dan is het om bovenstaande redenen steeds aan te bevelen, de bus

LFS ..

van de nieuwe spoel licht aan te tikken met een rubber hamertje. Bij deze proef moet het gerepareerde apparaat natuurlijk ingeschakeld zijn op het golfgebied, waarin de nieuwe spoel werkzaam is. Tevens geeft dit een goede controle van de lassen die aan de spoellippen gemaakt zijn (het rubber hamertje moet licht zijn en kan bestaan uit een rubber tule van maximaal 10 gram, dat bevestigd is op een stukje hout ter lengte van ca. 14 cm).

Bij losse spoeltjes, bijv. van de sperkring kan het voorkomen, dat de uitlopers van de spoel moeten worden gesoldeerd. Als het einde van de spoeldraad vertind is, geeft het solderen geen moeilijkheid. Moet er echter een nieuwe las worden gemaakt, dan kan dit moeilijkheden geven als de draad van de spoel uit litze bestaat. Men moet dan te werk gaan zoals in par. 7A is beschreven.



Illustratie van het gebruik van de koevoet voor het bevestigen van een spoel met lippen. (fig. 20a)

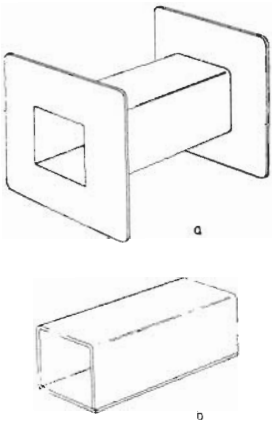
Fig. 21

B. Transformator voor lage frequenties

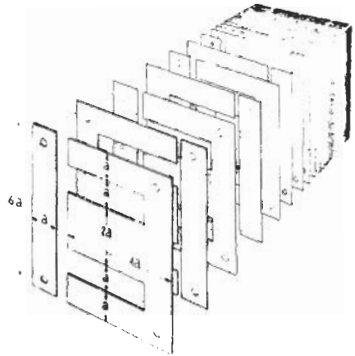
De L.F. transformator kan in 2 groepen worden verdeeld: de voedingstransformator en de koppelingstransformator. De voedingstransformator wordt gebruikt om het toestel aan te sluiten op het wisselspanningsnet. De koppelingstransformator wordt gebruikt als koppel-element of als aanpassingstransformator voor de luidspreker voor een frequentiegebied van ca. 25 Hz tot ca 16000 Hz.

De belangrijkste bestanddelen van de transformator zijn:

- a. de wikkelingen
 - b. de spoelkoker
 - c. de kern.
- ad. a. De wikkelingen bestaan uit een aantal windingen, die in lagen boven elkander worden aangebracht. De draadsoort voor deze wikkeling is meestal geëmailleerd koperdraad of met katoen omsponnen koperdraad. Tussen de lagen van de wikkeling wordt een strook isolatiepapier aangebracht om kortsluiting tussen de wikkelingen te voorkomen.
- ad. b. De spoelkoker is een hard-papieren houder die soms met flenzen aan de zijkant is uitgerust (zie fig. 22). Op deze koker worden de windingen aangebracht. Bij de voedingstransformator worden de flenzen meestal weggelaten, daar dan de afkoeling van de transformator beter is.
- ad. c. De kern bestaat uit een aantal dunne van elkander geïsoleerde plaatjes van gegloeid dynamoblik (fig. 23). Dit materiaal wordt tegenwoordig voor bijna alle transformatoren gebruikt, wegens de goede eigenschappen. Door het gloeien van het blik ontstaat tegelijkertijd een oxyde huidje dat als isolatie



Spoolkokers voor L.F. Transformatoren
 a. met zijflenzen
 b. zonder zijflenzen. Fig. 22

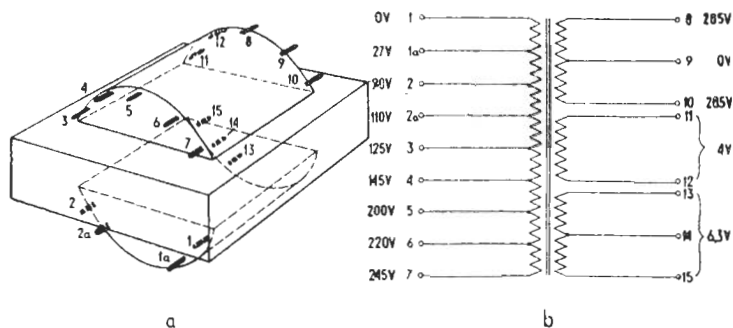


Kernaansamstelling van een Philips standaardvoedingstransformator. Fig. 23

tussen de plaatjes dienst doet. Deze isolatie is noodzakelijk om de gevolgen van de wervelstromen te beperken. Men heeft vele vormen van kernen. In de tegenwoordige constructies van transformatoren wordt meestal het zog. E blik gebruikt. De blikken worden om en om in elkander gevlochten, zoals in fig. 23 wordt getoond.

Om de transformator te beschermen tegen de invloed van vocht, wordt hij gecompoundeerd. Compounderen is het doordrenken van de gehele transformator met een teerachtige stof. Dit behoedt de windingen en het transformatorblik voor trillen en losraken.

De uiteinden van de verschillende wikkelingen zijn bij de transformatoren met flens verbonden aan soldeerpunten of lippen op deze flens; bij andere transformatoren worden draadeinden voor de aansluiting uitgevoerd. Bij de voedingstransformatoren in de Philips ontvangtoestellen wordt tegenwoordig een vaste volgorde aangehouden voor de aansluitlippen. Fig. 24 a en b toont een standaard voedingstransformator die bestaat uit een viertal wikkelingen. De primaire wikkeling (voor aansluiting op de netspanning tot max. 245 V) wordt aangesloten op het wisselspanningsnet. Deze wikkeling is voorzien van verschillende aftakkingen voor andere netspanningen. De ene draad van het netsnoer wordt aan de met 0 gemerkte lip verbonden, de andere draad aan de lip gemerkt met de spanning die overeenkomt met de spanning van het net. Dit aansluiten geschiedt rechtstreeks of via de schakelaar, spanningscarroussel of zekering. De secundaire wikkeling (2 x 285 V) is voorzien van een middenaftakking en is bestemd voor de hoogspanning van het voedingsgedeelte. De derde wikkeling (4 V) en vierde wikkeling (6,3 V) zijn de wikkelingen voor de gloeidraad voeding van de gelijkrichterbuis resp. van de andere in het apparaat aanwezige buizen.



- a. Gestandaardiseerde aansluitvolgorde van de voedingstransformator in de Philips ontvangoestellen.
- b. Het erbij behorende prinsipschema met vermelding van de waarden van de spanningen.

Fig. 24

Het kan in sommige gevallen nuttig zijn om globaal te bepalen of een voedingstransformator groot genoeg is om in een bepaald ontvangoestel te kunnen worden gebruikt. Men heeft hiervoor een eenvoudige vuistregel die luidt: $W = 3 a^3 h = 3 \times a \times a \times a \times h$: Hierin betekent W het te leveren vermogen; h de dikte van de kern voor a ziet men fig. 23. Uit fig. 23 ziet men dat de lengte van de kern $6a$ is en de breedte $5a$. Door het verschil van lengte en breedte te nemen, heeft men de afmeting van a . Deze formule geldt voor tropische gebieden. Voor de andere streken bijv. Europa luidt zij: $W = 4,8 a^3 h$.

Beide formules gelden alleen voor het geval dat het opgenomen vermogen over alle wikkelingen van de transformator is verdeeld. Dit staat in verband met de draaddikte van de windingen, die niet zwaarder mogen worden belast, dan waarvoor zij zijn berekend.

De L.F. koppelings-transformatoren zijn in principe op dezelfde wijze geconstrueerd als de voedingstransformatoren. Aangezien de L.F. transformatoren voor een veel kleiner vermogen berekend hoeven te worden, zijn de afmetingen hiervan veel kleiner dan die van de voedingstransformator. Tengevolge van het kleinere vermogen zal de warmteontwikkeling ook geringer zijn, zodat men deze transformatoren dikwijls in een omhulling van blik bouwt. Men kan bij deze constructie het impregneren zorgvuldiger uitvoeren dan bij de open constructie.

SAMENVATTING

1. Wisselstromen zijn met elkander in fase als hun 0-waarden en hun maximale waarden op dezelfde tijdstippen optreden.
2. Onder faseverschuiving verstaat men het verschijnsel, dat twee stromen of een stroom en een spanning na elkander beginnen; de 0-waarden en de maximale waarden treden dan niet op dezelfde tijdstippen op.
3. De faseverschuiving wordt in graden uitgedrukt. Bij een faseverschuiving van 180° spreekt men van tegenfase.
4. Een ohmse weerstand, op een wisselspanning aangesloten, doet een wisselstroom ontstaan die in fase is met de aangelegde spanning.
5. De weerstand die een spoel aan een wisselstroom biedt, noemt men wisselstroomweerstand (of reactantie). Deze weerstand is gelijk aan:

$$XL = 2\pi fL = 6,28 fL$$
 waarin f = frequentie in Hz
 L = zelfinductie in Henry.
6. Sluit men op een spoel een wisselspanning aan, dan ontstaat er een wisselstroom die 90° op de aangelegde spanning naijlt.
7. Als men een spoel in het magnetisch veld van een andere spoel brengt, noemt men deze twee spoelen gekoppeld. Door deze koppeling zal een stroom in de eerste spoel een spanning in de tweede spoel induceren. Het omgekeerde heeft echter ook plaats. Men noemt dit verschijnsel wederzijdse inductie.
8. De eenheid van wederzijdse inductie (M) heeft men als een stroomverandering van 1A per seconde in de ene spoel een inductiespanning van 1 V in de andere spoel opwekt. De wederzijdse inductie drukt men in Henry uit.
9. De totale zelfinductie van twee in serie geschakelde spoelen, die niet met elkander zijn gekoppeld, is gelijk aan de som van deze zelfinducties.
10. De totale zelfinductie van twee parallel geschakelde spoelen, die niet met elkander zijn gekoppeld, is gelijk aan het product van de zelfinducties van die spoelen gedeeld door de som van de zelfinducties.
11. Zodra twee in serie geschakelde spoelen met elkander zijn gekoppeld, bedraagt de totale zelfinductie:

$$L_{tot} = L_1 + L_2 + 2M \text{ (meegekoppeld)}$$

of

$$L_{tot} = L_1 + L_2 - 2M \text{ (tegengekoppeld)}$$

LES 7

12. Onder een transformator verstaat men een toestel waarmee het mogelijk is een lagere wisselspanning om te zetten in een hogere, of omgekeerd.
13. De transformatieverhouding van een transformator is gelijk aan de windingsverhouding.

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

14. In een spoel, waarin een wisselstroom vloeit, kunnen de volgende verliezen optreden:
- verliezen ten gevolge van het huideffect (HF-verliezen);
 - verliezen door wervelstromen (LP en HF-verliezen);
 - koperverliezen door de ohmse weerstand van de draad.
15. Men schermt spoelen af om te voorkomen, dat ze op naburige geleiders en spoelen inducerend kunnen werken. Deze afscherming berust op het ontstaan van wervelstromen in het scherm. Het veld van deze wervelstromen werkt het veld van de spoel tegen.
16. Men maakt van deze tegenwerking van de wervelstromen gebruik om in de fabricage de zelfinductie in te stellen. Bij de moderne spoelen geschiedt dit door het rillen van de afschermbus.
17. Men onderscheidt o.a. de volgende drie wikkelmethode bij H.F.-spoelen:
- de cilindrische wikkeling (voor kortegolfspoelen);
 - de meelopend geslingerde wikkeling (voor de spoelen voor de hoge kortegolfbereiken en de lage middengolfbereiken);
 - de hoogkant kruiswikkeling (voor de middengolfbereiken en het lange golfgebied).

Vragen en Vraagstukken

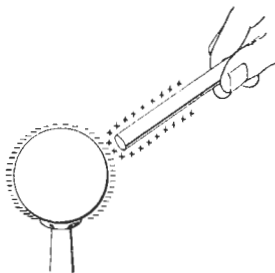
1. Hoe komt het, dat de kern van de smoorspoel een schroevendraaier aantrekt?
2. De primaire wikkeling van een voedingstransformator heeft een zelfinductie van 40 H. Zij wordt aangesloten op de netspanning van 220 V met een frequentie van 50 Hz. Welke stroom zal er door de wikkeling vloeien?
3. Een sinusvormige stroom heeft een maximum waarde van 0,8 A. Wat is de effectieve waarde van deze stroom, uitgedrukt in mA?
4. Een transformator bestaat uit een primaire wikkeling met 1000 windingen en een secundaire wikkeling met 5000 windingen. De primaire wikkeling wordt aangesloten op een spanning van 1 Veff. Hoe groot is de secundaire spanning?
5. Een spoel heeft een zelfinductie van 2 mH. Zij wordt aangesloten op een wisselspanning van 1 Veff.
Hoe komt het, dat deze spoel voor een frequentie van 30 Hz praktisch een kortsluiting vormt, terwijl zij voor een frequentie van 500 kHz een zeer grote weerstand vormt?

41. Capaciteit

Een van de oudst bestaande manieren om een potentiaalverschil op te wekken, bestond in het wrijven met een zijden doek van een glazen of ebonieten staaf. Als men met een dergelijke staaf bij een hoopje zeer droge papiersnippers kwam, merkte men dat onder invloed van de staaf de papiersnippers uit elkander dwarrelden. Dit is een gevolg van het feit dat de glazen of ebonieten staaf door het wrijven met de zijden doek een elektrische lading heeft gekregen.

Deze lading induceert op de papiersnippers een tegengestelde lading, en aangezien tegengestelde ladingen elkander aantrekken, zullen de papiersnippers naar de staaf toe getrokken worden. Daar nemen zij de lading van de staaf over, waarna zij dus allen dezelfde lading krijgen en dientengevolge elkander afstoten, zodat zij uit elkander dwarrelen.

Als wij de lading van de ebonieten en glazen staaf nader bekijken, blijkt het dat de ebonieten staaf een overmaat aan electronen heeft gekregen, d.w.z. dat ze negatief is geworden, terwijl de glazen staaf een tekort aan electronen heeft, dus positief is geworden.

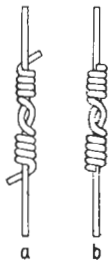


Brengt men een positief geladen staaf in de onmiddellijke nabijheid van een koperen bol die negatief geladen is, dan zal er een aantrekkingskracht tussen de bol en de staaf bestaan.

Fig. 1

Als men een koperen bol, die geïsoleerd is opgesteld, in aanraking brengt met de ebonieten staaf die een negatieve lading heeft, dan blijkt dat de bol eveneens negatief wordt geladen. De koperen bol neemt blijkbaar het teveel aan electronen van de ebonieten staaf over. Als men nu een voorwerp met een positieve lading in de onmiddellijke nabijheid van de bol brengt, zal dit voorwerp door de bol worden aangetrokken. Dit is een gevolg van de aantrekkende werking die er bestaat tussen twee ongelijknamige geladen voorwerpen.

Daar de bol regelmatig van vorm is, zal de lading aan de oppervlakte gelijkmatig verdeeld zijn. Zodra echter een lichaam onregelmatig van vorm is of uitsteeksels toont, is dit niet meer het geval; dan wordt de dichtheid van de lading d.w.z. het aantal electronen per cm^2 het grootst, daar waar het lichaam aan de oppervlakte het sterkst gekromd is. Bij een puntvormig uitsteeksel zal dan ook de ladingsdichtheid het sterkst zijn. Dit merkt men ook in de practijk als men b.v. een lasverbinding maakt en men deze



- a. Een lasverbinding met uitsteeksels. Aangezien op deze uitsteeksels een grote ladingsdichtheid ontstaat, is de kans van overslag naar een andere geleider groot.
- b. De juiste uitvoering van een lasverbinding.

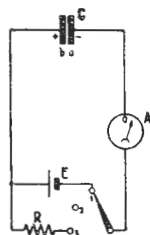
Fig. 2

verbinding niet zorgvuldig genoeg afwerkt (zie fig. 2).

Voert men de verbinding uit volgens fig. 2a, dan kunnen zich op de uiteinden van de puntvormige uitsteeksels grote ladingshoeveelheden verzamelen, waardoor men bij hoge spanningen gemakkelijk overslag kan krijgen tegenover andere in de onmiddellijke nabijheid gelegen geleiders.

Plaatst men 2 geleiders tegenover elkander, waarvan er slechts één geladen is, b.v. negatief, dan blijkt dat deze negatieve lading de andere geleider beïnvloedt. Die andere geleider was neutraal, zodat hierop een positieve en een even grote negatieve lading, die elkanders werking opheffen, aanwezig is. Zodra men nu tegenover deze geleider een negatieve lading plaatst, zal deze negatieve lading de electronen, die immers negatief zijn, afstoten en het positieve gedeelte aantrekken. Het positieve gedeelte keert zich dus als het ware naar de negatief geladen geleider toe. Men noemt dit verschijnsel *statische inductie*. Dit verschijnsel is geheel analoog aan de magnetische inductie die in les 4 is behandeld. Daarin werd beschreven dat een oorspronkelijk neutrale ijzeren staaf gemagnetiseerd werd onder invloed van een magneet. De Noordpool van de magneet trok de Zuidpooltjes van de moleculaire magneetjes in de ijzeren staaf aan en stootte de gelijknamige Noordpooltjes af. Men had hier magnetische inductie.

Voeren wij nu twee geleiders als 2 platen uit die op een geringe afstand evenwijdig van elkander worden geplaatst en schakelen wij deze platen volgens fig. 3, dan zien wij het volgende gebeuren: In de schakelaarstand 1 worden de platen a en b op de batterij E aangesloten. Onmiddellijk na het aansluiten van de batterij zal men de stroommeter A b.v. naar rechts zien uitslaan. Onder invloed van de batterij zal de plaat b een positieve lading krijgen d.w.z. de electronen van de oorspronkelijk neutrale plaat b zullen zich naar de positieve pool van de batterij begeven. Op dezelfde wijze wordt de oorspronkelijk neutrale plaat a via de schakelaar door de batterij negatief geladen. Er ontstaat nu een potentiaalverschil tussen de platen a en b, waarvan de polariteit juist tegengesteld is aan die van de batterij E. Zolang dit potentiaalverschil tussen de platen a en b kleiner is dan de spanning van de batterij E, zal de batterij lading blijven toevoeren aan de platen a en b. Zodra het potentiaalverschil tussen a en b gelijk is aan de spanning E van de batterij, is er evenwicht in de schakeling. Na een bepaald, meestal kort, moment zal men de meter A op zijn 0-stand zien terugkomen.



Schakeling ter demonstratie van het op- en ontladen van een condensator.

Fig. 3

Verbreken wij de verbinding met de batterij (schakelaarstand 2), dan blijft het potentiaalverschil tussen de platen a en b bestaan. Wij beschikken dan over een bepaalde lading die als het ware een reserve is. Men noemt nu een dergelijk stel geleiders, die door een isolerende middenstof zijn gescheiden en die in staat zijn een bepaalde hoeveelheid electriciteit op te bergen, een *condensator*.

Wordt de schakelaar in stand 3 geplaatst, dan zullen de electronen op plaat a hun weg door de weerstand R zoeken om het electronen-tekort van plaat b aan te vullen. Men krijgt dus een electronen-verplaatsing van a naar b. De meter A zal nu juist naar de andere kant uitslaan. De electronenstroom zal blijven lopen tot er geen potentiaalverschil meer bestaat tussen de platen a en b. Men zegt dat de condensator dan ontladtd; in stand 1 van de schakelaar werd de condensator geladen.

Men kan de werking van de condensator heel goed met die van een gashouder vergelijken. Afhankelijk van de inhoud van de gashouder, dus van de afmetingen, kan hij een bepaalde hoeveelheid gas bevatten. Hoe groter de druk is, waarmede het gas in de houder wordt geperst, des te meer gas zal de gashouder kunnen bevatten. Passen we dit voorbeeld op de condensator toe, dan kunnen we zeggen dat er des te meer ruimte voor de electronen (dus een grotere ladingshoeveelheid) is naarmate de afmetingen van de platen groter zijn. De ladingshoeveelheid kan verder des te groter zijn naarmate de electronen met meer druk, d.w.z. met een hogere spanning, op de platen van de condensator worden geperst.

De lading, dit is de hoeveelheid electronen, wordt uitgedrukt in Coulomb. Het vermogen van de condensator om electriciteit te verzamelen noemt men de capaciteit die men uitdrukt in de eenheid Farad. Het verband tussen de lading op de condensator, de spanning en de capaciteit wordt door de volgende formule gegeven:

$$Q = CXV, \text{ waarin}$$

Q = lading in Coulomb
V = spanning in Volt
C = capaciteit in Farad.

U ziet uit deze formule onmiddellijk dat de lading des te groter is naarmate de capaciteit van de condensator en de spanning op de condensator groter is.

Voor de practijk is de eenheid Farad (afgekort F) te groot en werkt men veel met kleineregrootheden:

$$1 \text{ micro-Farad} = 1 \mu\text{F} = \frac{1}{1.000.000} \text{ F}$$

$$1 \text{ micro-micro-Farad} = 1 \mu\mu\text{F} = 1 \text{ pico-Farad} = 1 \text{ pF} = \frac{1}{1.000.000 \times 1.000.000} \text{ F}$$

$$1 \text{ pico-Farad} = 1 \text{ pF} = \frac{1}{1.000.000} \mu\text{F}; \text{ dus } 1 \mu\text{F} = 1.000.000 \text{ pF}$$

(μ = de griekse letter m)

Men gebruikt soms ook de eenheid nano-Farad = 1 nF = 1.000 pF. Vroeger werd ook wel de cm gebruikt als eenheid van capaciteit;

$$1 \text{ cm} = 0,9 \text{ pF} \text{ en } 1 \text{ pF} = 1,1 \text{ cm.}$$

De capaciteit van de condensator (men zou eigenlijk van het bevattingsvermogen van een condensator moeten spreken) is van verschillende factoren afhankelijk:

1. *De oppervlakte* van de tegenover elkander staande geleiders. Hoe groter de oppervlakte is, des te meer ruimte is er aanwezig voor de electronen; dus des te meer lading de platen kunnen bevatten.

LES 8

2. De *onderlinge afstand* van de geleiders. Hoe kleiner de afstand tussen de twee geleiders is, des te sterker zal de aantrekkingskracht zijn van de positieve lading van de ene geleider op de negatieve lading van de andere geleider. Maakt men dus de lading op de ene geleider of plaat groter, dan zal bij een kleinere afstand tussen de platen een grotere aantrekkingskracht bestaan, en dientengevolge een grotere tegengestelde lading op de andere plaat worden "geïnduceerd". Dit heeft tot gevolg dat de capaciteit van een condensator des te groter is naarmate de afstand tussen de platen kleiner is.
3. De *isolerende middenstof* tussen de platen. Men noemt dit het *diëlectricum*. Tot nu toe hadden wij stilzwijgend verondersteld dat de twee geleiders of platen door lucht als middenstof of diëlectricum gescheiden waren. Wordt nu in plaats van lucht een ander isolatiemateriaal gebruikt, b. v. mica, dan blijkt dat de condensator bij een zelfde potentiaalverschil tussen de platen een grotere lading kan bevatten. De capaciteit wordt dus groter. Dit verschil in gedrag ten opzichte van lucht drukt men uit in de *diëlectriciteitsconstante*; deze constante geeft aan *hoeveel maal de capaciteit groter wordt, door toepassing van een ander materiaal als diëlectricum, ten opzichte van lucht*. Heeft b. v. een luchtcondensator een capaciteit van 200 pF, en vervangen wij de lucht als diëlectricum door mica, dan wordt de capaciteit van de nieuwe condensator b. v. 1400 pF. Dit betekent dan dat de diëlectriciteitsconstante van mica $\frac{1400}{200} = 7$ is.

Ter oriëntatie geven wij in onderstaande tabel de diëlectriciteitsconstante van enige isolatiematerialen op, die veel toepassing vinden in condensatorconstructies.

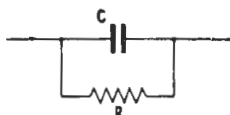
<u>ISOLATIEMATERIAAL</u>	<u>DIËLECTRICITEITSCONSTANTE</u>
Lucht	1
Mica	5-7
Parafine	2-2½
Geparafineerd papier	2-2½
Porcelein	5-7
Glas	5-8
Polystyreen	2½
Keramiek	6-4000 (afhankelijk van de samenstelling)

Wij keren nu weer terug tot het schema van fig. 3. Hierin vervangen wij echter de vaste weerstand R door een variabele weerstand met een hoge waarde b. v. 1 Megohm. Zoals wij in het voorgaande hebben gezien, wordt de condensator in stand 1 van de schakelaar door de batterij geladen; in stand 2 is de condensator geïsoleerd en de keten onderbroken en in stand 3 ontladde de condensator zich over de weerstand R.

Gaan wij de condensator op- en ontladen bij een zeer kleine waarde van de weerstand R, dan ziet men de meter A snel tot maximum uitslaan en vrijwel onmiddellijk weer in de 0-stand terugkomen. Maken wij de weerstand groter, dan zien we de meter A langzamer op zijn 0-stand terugkomen. De ontlading wordt nu blijkbaar vertraagd door de aanwezigheid van de grotere Ohmse weerstand R.

Zetten wij de schakelaar in stand 2, zodat de keten wordt onderbroken, dan zou de lading op de condensator ongewijzigd moeten blijven. Het blijkt echter dat, als de schakelaar geruime tijd in stand 2 blijft staan, toch nog enige lading van de condensator afvloeit.

Dit kan zijn oorzaak hebben in een onvoldoende isolatie van de schakelaar, zodat de keten niet geheel onderbroken was; een andere oorzaak kan echter zijn dat de condensator zelf een zekere lek vertoont. Tot nu toe hadden wij aangenomen dat het dielectricum tussen de platen van de condensator een volkomen isolator was. De praktische isolatiematerialen hebben echter nimmer een volkomen isolerende eigenschap, zodat ze altijd een zekere weerstand, zij het een hoge weerstand, bezitten. Deze weerstand bevindt zich tussen de 2 platen, waardoor dus een weg gevormd wordt voor de lading op de platen. Men noemt dit de lekweerstand van de condensator. Het zal duidelijk zijn dat men er naar zal streven deze lekweerstand zo groot mogelijk te maken, zodat het verlies aan lading zo gering mogelijk is.

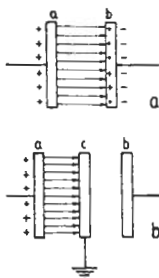


Principiële voorstelling van een condensator met de daaraan parallel geschakelde verlies- of lekweerstand.

Fig. 4

Evenals men een magnetisch veld door krachtlijnen weergeeft, stelt men het veld tussen 2 condensatorplaten door krachtlijnen voor. Men drukt het aantal krachtlijnen per cm^2 uit in de veldsterkte. Men heeft echter voor het begrip veldsterkte bij de condensator ook nog een andere definitie nl. het aantal volt per cm, d.w.z. de spanning over de platen gedeeld door de afstand tussen de platen. Hoe kleiner de afstand is des te groter zal de veldsterkte zijn.

Zoals wij in het voorgaande hebben gezien, ontstaat bij een condensator die uit 2 platen bestaat en waarbij op de ene plaat (in fig. 5a op de plaat a) een lading is gebracht, door de statische inductie, een tegengestelde lading op de andere plaat. Als deze plaat neutraal is, zal deze tegengestelde lading op de zijde tegenover de inducerende plaat komen,



- Het veld tussen de condensatorplaten wordt door elektrische krachtlijnen voorgesteld.
- Als men tussen 2 condensatorplaten een derde plaat voegt, en deze plaat aan aarde legt, wordt de capaciteit tussen de buitenste platen opgeheven.

Fig. 5

en op de andere zijde van de plaat zal zich een even grote lading bevinden die de geïnduceerde lading neutraliseert. Brengt men nu tussen deze 2 platen a en b een derde plaat c aan, die men echter niet verbindt, dan zal er in de situatie niets veranderen. Zodra echter de tussengeschoven plaat wordt verbonden met aarde veran-

dert de toestand wel. De aarde blijkt nl. beschouwd te kunnen worden als een bron die een oneindig groot reservoir vormt van negatieve en positieve ladingen. Het inschuiven van de derde plaat c heeft dan tot gevolg dat het veld, dat zich oorspronkelijk uitstreckte van plaat a naar plaat b, nu van plaat a naar plaat c loopt. De b.v. positieve lading op plaat a induceert weliswaar een negatieve lading op plaat c, een lading die echter door de oneindig grote capaciteit van de aarde volkomen geneutraliseerd wordt, zodat de invloed van de lading op plaat a naar plaat b volkomen teniet gedaan wordt. Het gevolg is dat de capaciteit tussen de platen a en b nul wordt. De toepassing van dit verschijnsel vinden we o.a. terug bij de schermroosterbuis, waarop wij later terugkomen.

42. Schakelingen van condensatoren

Evenals bij weerstanden kunnen wij condensatoren in serie en parallel schakelen. Beide schakelmethoden komen veel in de praktijk voor, zodat wij ze thans in detail zullen bekijken.

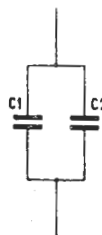
A. Parallelschakeling van condensatoren (fig. 6)

Wanneer een aantal condensatoren parallel geschakeld wordt, betekent dit dat zij alleen op dezelfde spanning worden aangesloten. Men kan deze schakeling beschouwen als een vergroting van de oppervlakte van de platen. Aangezien de capaciteit evenredig is met het plaatoppervlak, zal bij parallelschakeling de totale capaciteit zoveel groter worden als de plaatoppervlakte groter wordt. *De totale capaciteit wordt verkregen door optelling van alle afzonderlijke capaciteiten der parallel geschakelde condensatoren.* Voor fig. 6 geldt dus:

$$C_{\text{tot}} = C_1 + C_2$$

B. Serieschakeling van condensatoren (fig. 7)

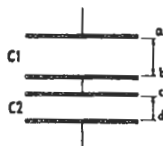
Wanneer men twee condensatoren in serie schakelt, kan het eigenlijk zo beschouwd worden alsof de platen b en c (in fig. 7), met met elkander verbonden, in het dielectricum tussen de platen a en d zweven. Aangezien de platen b en c nergens mee verbonden zijn, oefenen zij geen invloed uit op het veld tussen de twee buitenste platen. Het gevolg van de serieschakeling is dus dat wij een nieuwe condensator hebben gekregen die gevormd wordt door de platen a en d met een onderlinge afstand, gelijk aan de som van de afstanden ab en cd. Wij hebben reeds in de voorgaande paragraaf gezien dat door een grotere afstand tussen de platen de capaciteit kleiner wordt. Het gevolg is dan ook dat de capaciteit van twee in serie geschakelde condensatoren steeds kleiner wordt dan de capaciteit van de kleinste



Twee parallel geschakelde condensatoren.

$$C_{\text{tot}} = C_1 + C_2$$

Fig. 6



Serieschakeling van twee condensatoren. De totale capaciteit van deze condensatoren wordt kleiner dan die der kleinste van de twee condensatoren.

Fig. 7

der condensatoren. Men kan vrij eenvoudig bewijzen (het bewijs laten wij eenvoudigheidshalve achterwege) dat de totale capaciteit van in serie geschakelde condensatoren op dezelfde wijze wordt berekend als de parallelschakeling van weerstanden (zie paragraaf 12, les 2). Men krijgt dus voor de formule van de totale capaciteit:

$$\frac{1}{C_{\text{tot}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad \text{enz.}$$

Voor 2 condensatoren in serie kan men bovenstaande formule tot de volgende meer eenvoudige formule terugbrengen:

$$C_{\text{tot}} = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

De totale capaciteit van 2 in serie geschakelde condensatoren is dus gelijk aan het product van de capaciteiten van deze condensatoren gedeeld door hun som.

Men ziet uit fig. 8 dat de spanning over de in serie geschakelde condensatoren zich over deze condensatoren verdeelt. De som van de spanningen over deze condensatoren zal natuurlijk weer gelijk zijn aan de totale spanning. Hierin schuilt de verklaring, waarom men soms in de praktijk condensatoren in serie



De spanning over in serie geschakelde condensatoren verdeelt zich zodanig over de condensatoren, dat de som van de spanningen over die condensatoren gelijk is aan de totale spanning.

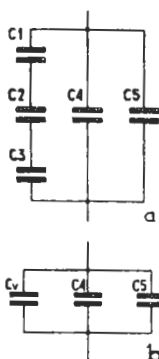
Fig. 8

schakelt. Men heeft b.v. voor het voedingsgedeelte van een versterker een condensator nodig met een capaciteit van 25 μF bij een spanning van 800 V. Er zijn echter alleen condensatoren beschikbaar voor 400 V. Men schakelt nu 2 condensatoren van 50 μF , geschikt voor 400 V, in serie, zodat de totale capaciteit 25 μF wordt. Op deze wijze heeft men dus de gewenste capaciteit bij de hoge spanning van 800 V verkregen door gebruik te maken van 2 condensatoren met een lagere spanning. Bij dit voorbeeld zijn wij echter uitgegaan van condensatoren zonder lekweerstand. In werkelijkheid heeft elke condensator een zekere, zij het hoge, lekweerstand. Dit heeft tot gevolg dat de spanningsverdeling over in serie geschakelde condensatoren in feite niet wordt bepaald door de waarde van hun capaciteit, doch door de waarde van hun lekweerstand. Aangezien men met de waarde van deze lekweerstand altijd met een zekere tolerantie moet rekenen, overbrugt men de in serie geschakelde condensatoren met vaste weerstanden die klein zijn ten opzichte van de lekwestanden.

C. Gemengde schakeling van condensatoren

Behalve in parallel en in serie-schakeling, kunnen de condensatoren ook in een zg. gemengde schakeling voorkomen. In dit geval is de schakeling opgebouwd uit een aantal condensatoren, waarvan er sommige met elkander in serie staan en andere parallel. Voor de berekening van de totale vervangingscapaciteit van een dergelijke combinatie moet men dan steeds de condensatoren, die met elkander

in serie of parallel staan, door een enkele condensator vervangen. Op deze wijze maakt men de schakeling steeds eenvoudiger zodat men tenslotte een enkele parallelschakeling overhoudt. We willen dit



- a. Een combinatie van serie- en parallel-schakeling van condensatoren.
b. Vervangingschema van fig. 9a, waarvan de 3 in serie geschakelde condensatoren C_1 , C_2 , C_3 vervangen zijn door de capaciteit C_v .

Fig. 9

illustreren met de schakeling van fig. 9a. Hierin gaat men eerst de tak met de in serie geschakelde condensatoren C_1 , C_2 en C_3 vervangen door de vervangingscapaciteit C_v . Hiervoor geldt dan:

$$\frac{1}{C_v} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Men kan nu de schakeling van fig. 9a vereenvoudigen tot die van fig. 9b. Hierin kan men nu de parallel geschakelde capaciteiten C_v , C_4 en C_5 zonder meer optellen, waarna men de totale vervangingscapaciteit van de schakeling van fig. 9a heeft.

Stel dat de condensatoren in fig. 9a de volgende waarden hebben:

$$C_1 = 4\mu\text{F} \quad C_2 = 8\mu\text{F} \quad C_3 = 8\mu\text{F} \quad C_4 = 2\mu\text{F} \quad C_5 = 1\mu\text{F}$$

De vervangingscapaciteit van C_1 , C_2 en C_3 berekenen we uit:

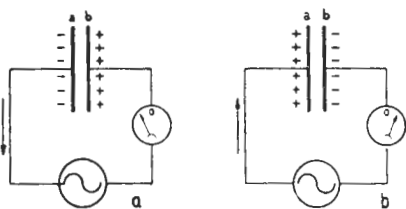
$$\frac{1}{C_v} = \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{8} = \frac{4}{8} = \frac{1}{2} \quad ; \quad \text{dus } C_v = 2\mu\text{F}$$

De totale capaciteit is nu gelijk aan:

$$C_{\text{tot}} = C_4 + C_5 + C_v = 2 + 1 + 2 = 5\mu\text{F}$$

43. Het gedrag van een condensator op een wisselspanning.

Wij hebben in de voorgaande paragraaf gezien, dat een condensator geen stroom doorlaat. Hij bestaat immers uit 2 platen met een isolator er tussen. De meter toonde weliswaar bij het inschakelen een stroom aan, doch zodra de condensator was opgeladen, ging de meter in zijn 0-stand terug.

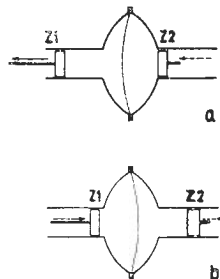


Twee fasen van de op- en ontlading van een condensator, als deze op een wisselspanning wordt aangesloten. Ten gevolge van de wisselende op- en ontlading vloeit er in de keten een heen en weer gaande stroom. Fig. 10

Wat gebeurt er nu als wij een condensator aansluiten op een wisselspanning? Wij zullen dit bekijken aan de hand van fig. 10, waarin een condensator via een wisselstroom-ampèremeter op een wisselspanning is aangesloten.

Men ziet dan het eigenaardige gebeuren dat de meter uitslaat, en zolang de wisselspanning aangesloten blijft, niet op zijn 0-stand terugkomt. Er loopt dus blijkbaar een stroom in de keten, ondanks het feit dat deze keten door het isolerend diëlectricum van de condensator is onderbroken. Om dit verschijnsel te verklaren nemen wij eerst als voorbeeld een "mechanische" condensator (fig. 11).

Deze condensator is opgebouwd uit 2 metalen schalen (komvormig) die met hun holle zijden zo tegen elkander zijn aangedrukt dat zij luchtdicht aaneensluiten. Tussen de schalen is echter een rubber vlies gespannen. Elk der schalen heeft in de zijkant een opening die in een buis uitmondt, waarin zich een zuiger bevindt. De ruimten tussen de zuigers en het vlies is gevuld met lucht. Bevinden de zuigers Z_1 en Z_2 zich in rusttoestand, d.w.z. is de afstand van beide zuigers tot aan het vlies gelijk, dan zal er geen druk op het vlies worden uitgeoefend. Nu bewegen wij de zuiger Z_1 in de richting van het vlies. De lucht tussen de zuiger Z_1 en het vlies zal samengeperst worden en onder invloed hiervan zal het vlies naar rechts doorbuigen. Dit heeft weer tot gevolg dat de lucht in de rechterkamer tussen vlies en zuiger Z_2 samengeperst wordt, waardoor de zuiger Z_2 naar rechts gedrukt wordt. De lucht aan de andere zijde van deze zuiger zal diens gevolg naar buiten gedrukt worden. Men krijgt dus een luchtverplaatsing in het buizenstelsel, ondanks het feit dat het vlies de lucht niet doorlaat. Bewegen we nu de zuiger Z_1 terug, dan zal een luchtverdunning tussen Z_1 en het vlies ontstaan en het vlies naar links getrokken worden. De zuiger Z_2 zal zich naar links verplaatsen en men krijgt een luchtverplaatsing in het buizenstelsel naar links; dus juist tegengesteld aan de richting van de eerste keer. Halen we de zuiger Z_1 op deze wijze regelmatig op en neer, dan zullen wij dus een heen-en-weer-gaande luchtstroming in de buis constateren.



Mechanisch voorbeeld ter demonstratie van het gedrag van een condensator voor wisselstroom.

Fig. 11

We willen thans dit mechanische voorbeeld toepassen op de schakeling van fig. 10. In de eerste fase van de wisselspanning worden de platen van de condensator b.v. volgens fig. 10a opgeladen; de plaat a krijgt een negatieve lading en de plaat b een even grote positieve lading. Deze lading zal maximaal zijn zodra de wisselspanning in haar eerste fase haar maximum waarde heeft bereikt. De stroom is dan 0 (de schakeling is in evenwicht). Daarna neemt de wisselspanning af en zal de lading van de condensator naar de wisselspanningsbron terugvloeien. Vervolgens zal de condensator in de negatieve fase in tegengestelde richting worden opgeladen. Men verkrijgt dan de situatie, geschetst in fig. 10b. In de eerste fase liep er een laadstroom in de ene richting; terwijl de stroom in de volgende fase juist een tegengestelde richting heeft. U ziet dat er voortdurend een stroomverplaatsing in de leiding plaats heeft, ondanks

het feit dat de condensator zelf geen stroom doorlaat. Het was deze stroomverplaatsing die de ampèremeter aantoonde.

Men kan nu, analoog aan de wisselstroomweerstand van een spoel, spreken van een wisselstroomweerstand van een condensator (of capacatieve reactantie).

Deze wisselstroomweerstand X_C is gelijk aan:

$$X_C = \frac{\text{wisselspanning}}{\text{wisselstroom}}$$

Neemt men de proef met verschillende condensatoren in de schakeling van fig. 10, dan zal men bemerken dat de stroom des te groter is naarmate de capaciteit van de condensator groter is. Een grotere capaciteit betekent immers dat de condensator een grotere lading kan opnemen. Tengevolge van deze grotere lading zal de stroomverplaatsing dus groter zijn.

Voert men de proef met dezelfde condensator uit, maar met wisselspanningsbronnen met verschillende frequenties, dan bemerkt men eveneens verschillende aanwijzingen van de ampèremeter. Bij een wisselspanning met een hoge frequentie zal de stroom groter zijn dan bij een lagere frequentie. Ook dit verschijnsel kan men direct met behulp van fig. 10 inzien. Als men b.v. een frequentie heeft van 10 perioden per seconde, dan zal een zelfde hoeveelheid electronen 10x per seconde in de leiding heen en weer gaan. Verhoogt men de frequentie tot 50 perioden per seconde, dan heeft er 50x per seconde een heen en weer gaan van de stroom plaats; in dit geval is de totale hoeveelheid verplaatste stroom 5x groter dan in het geval van de wisselspanning met een frequentie van 10 perioden per seconde. Bij een zelfde spanning betekent een grotere stroom een kleinere weerstand. De wisselstroomweerstand van een condensator wordt dus kleiner, naarmate de capaciteit van de condensator en de frequentie van de wisselstroom groter is. Men kan bewijzen dat de wisselstroomweerstand van een condensator gelijk is aan:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{6,28 f C}$$

waarin f = frequentie in Hz en C = capaciteit in Farad.

Voorbeeld

Een condensator met een capaciteit van 10.000 pF wordt aangesloten op een wisselspanning van 50 V. Hoe groot is de stroom bij een frequentie van 100 Hz en van 10.000 Hz?

De wisselstroomweerstand van deze condensator is voor een frequentie van 100 Hz gelijk aan:

$$\frac{1}{6,28 f C} = \frac{1}{6,28 \times 100 \times \frac{1}{100.000.000}} = 157.000 \text{ Ohm} = 157 \text{ k}\Omega$$

Bij een frequentie van 10.000 Hz kan men op dezelfde wijze berekenen dat de weerstand slechts 1570 Ohm is.

De wisselstroom wordt in het geval van de frequentie van 100 Hz:

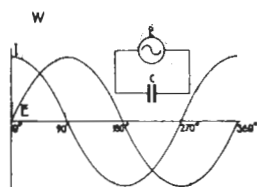
$$I = \frac{E}{X_C} = \frac{50}{157.000} = \text{ruim } 0,0003 \text{ A} = \text{ruim } 0,3 \text{ mA.}$$

Met een frequentie van 10.000 Hz kan men de stroom op dezelfde

wijze berekenen en men verkrijgt dan een waarde van ruim 30 mA.

Uit dit voorbeeld ziet U duidelijk dat de condensator van 10.000 μ F voor de lage frequentie van 100 Hz een hoge wisselstroomweerstand heeft; deze weerstand is daarentegen vrij laag bij de honderd maal zo hoge frequentie van 10.000 Hz. Op het verschil in gedrag voor verschillende frequenties komen wij nog in latere lessen terug, aangezien hiervan zeer veel gebruik wordt gemaakt in de radiotechniek.

Wij willen thans nog onderzoeken hoe de stroom en de spanning zich in de keten met een condensator, wat fase betreft, gedragen. Men kan dit vrij eenvoudig inzien als men het op- en ontladverschijnsel moment voor moment beschouwt. Hiertoe grijpen wij terug naar fig. 10. Daarbij constateerden wij reeds dat op het moment van de maximale waarde van de spanning de stroom 0 was. Zodra de spanning op de condensator 0 is, en de wisselspanningsbron spanning levert, zal op het eerste moment geen tegenspanning in de keten aanwezig zijn, en dientengevolge de stroom juist maximaal zijn. Naar-



De wisselstroom en -spanning in een keten met een condensator hebben een faseverschuiving van 90° . De stroom ijlt voor bij de spanning. Tevens is het gedrag van het vermogen W door de stippelijijn uitgebeeld, waaruit men ziet dat het vermogen in de ene halve fase aan de condensator wordt toegevoerd, in de andere halve fase door de condensator wordt afgegeven.

Fig. 12

mate de spanning over de condensator, die tegengesteld gericht is aan die van de wisselspanning, toeneemt, zal de stroom afnemen. Men ziet hier dus hetzelfde verschijnsel optreden als bij een zelfinductie, dat de stroom 0 is op het moment dat de wisselspanning, haar maximale waarde bereikt en maximaal is als de spanning 0 is. De wisselstroom en -spanning in een keten met een condensator hebben dus een faseverschuiving van $\frac{1}{4}$ periode, d. w. z. van 90° . Verder blijkt uit het voorgaande dat de stroom maximaal is als de condensator nog geen tegenspanning heeft gevormd, d. w. z. als de spanning over de condensator 0 is. De stroom ijlt dus vóór bij de spanning, hetgeen precies tegengesteld is aan het gedrag van de spoel, waarbij de stroom juist achter bij de spanning is. Men krijgt voor een condensator dus het beeld van fig. 12.

Men ziet verder uit fig. 10 dat de stroomhoeveelheid die door de wisselspanningsbron in de eerste halve fase voor het opladen van de condensator wordt aangevoerd, in de volgende halve fase weer teruggegeven wordt aan de wisselspanningsbron. Wat de condensator in de ene kwart periode krijgt, geeft hij dus in de volgende kwart periode terug. Er wordt dus door de condensator geen energie verbruikt. Ook dit punt is geheel analoog aan wat wij bij de spoel hebben gezien. In fig. 12 is tevens de kromme voor het vermogen getekend. Hieruit blijkt dat dit vermogen per periode 2x positief is en 2x negatief, in totaal dus 0 is.

44. Constructies van condensatoren

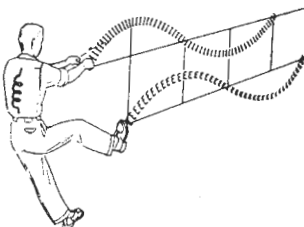
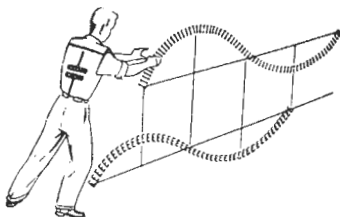
Afhankelijk van het doel waarvoor condensatoren zijn bestemd, worden de volgende eisen gesteld:

1. De capaciteit moet binnen bepaalde tolerantiegrenzen liggen, d.w.z. hun waarde mag slechts een bepaald bedrag van de opgegeven waarde afwijken.

2. De condensator moet een bepaalde gelijkspanning continu kunnen verdragen (de zogenaamde bedrijfsspanning). Indien hij moet worden gebruikt bij een wisselspanning, wordt tevens de waarde opgegeven van de maximaal toelaatbare amplitude van de wisselspanning.

3. De capaciteit moet zo weinig mogelijk veranderen met de temperatuur.

4. De condensator moet bestand zijn tegen schokken en trillen, en voor de tropen en andere bepaalde gebieden een hoge temperatuur en een grote vochtigheid kunnen verdragen.



Illustratie van het verschil in gedrag van een condensator en een spoel bij aansluiting op een wisselspanning.

Fig. 13

Men verdeelt in de radiotechniek de condensatoren gewoonlijk in 2 groepen:

- A. De variabele condensatoren.
- B. De vaste condensatoren.

A. Variabele condensatoren

Uit paragraaf 41 hebben we gezien dat de capaciteit van de condensator van 3 factoren afhankelijk is:

1. Van de *oppervlakte* van de tegenover elkander staande platen. Door de oppervlakte te variëren, beschikt men dus over een methode om de capaciteit van de condensator te veranderen.
2. Van de *onderlinge afstand* van de platen. Door deze onderlinge afstand groter of kleiner te maken kan men de capaciteit kleiner resp. groter maken.
3. Van het soort *diëlectricum*.

Bij de praktische constructies van deze condensatoren maakt men hoofdzakelijk gebruik van de eerste mogelijkheid, dus van de variatie van de oppervlakte.

Men onderscheidt de variabele condensatoren nog in condensatoren

voor continu variatie (afstemcondensatoren) en in condensatoren die slechts een enkele maal worden ingesteld (trimmers). Wij zullen ons eerst bij de constructie van de afstemcondensatoren bepalen. De meest gebruikelijke constructie is de zg. draaicondensator (fig. 14), waarbij een aantal platen in meer of minder half



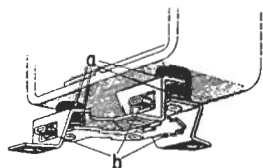
Tekening van een tweevoudige afstemcondensator (draaicondensator).

- De rotorplaten zijn bijna geheel ingedraaid; de condensator heeft dus bijna zijn max. capaciteit.
- De rotorplaten zijn uitgedraaid (minimum capaciteit). Men ziet op deze tekening duidelijk de inkepingen van de laatste platen van de condensator, waarmee in de fabriek het capaciteitsverloop van de condensatoren wordt ingesteld.

Fig. 14

ronde vorm vast is opgesteld en waartussen een aantal platen meer of minder kan worden ingedraaid. De maximum capaciteit van deze condensatoren is meestal circa 500 pF. De vaste parallel geschakelde platen worden de statorplaten genoemd. Tussen deze platen draaien de zg. rotorplaten. In de ontvangtoestellen heeft men gewoonlijk meerdere condensatoren op een aandrijf-as gekoppeld. Men spreekt dan van 2-voudige of 3-voudige condensatoren.

De rotorplaten worden door middel van een sleepeer op de as in de schakeling aangesloten. In vele gevallen zijn deze platen dan met het gestel van de condensator verbonden. Aangezien een goede aansluiting van de rotorplaten zeer belangrijk is, dient men er steeds op te letten dat bij vervanging van een variabele condensator dezelfde aansluitcontacten worden gebruikt als van de oude condensator. De buitenste platen van een draaicondensator zijn van inkepingen voorzien. Dit verschaft de fabrikant de mogelijkheid om het capaciteitsverloop van de condensatoren onderling precies aan elkander gelijk te maken. Bij de reparatie verbuige men nimmer deze buitenste platen!



Schets van de onderzijde van een variabele condensator ter illustratie van de bevestiging met verende rubbertules g; de rubberbandjes b zijn aangebracht om tijdens transport de beweging van de condensator te beperken.

Fig. 15

Een belangrijk punt is de mechanische stabiliteit tegen schokken. Daarom worden tegenwoordig de afstemcondensatoren vrijwel algemeen verend op het chassis bevestigd. Fig. 15 laat een verende bevesti-

ging door middel van rubber tules zien. Tevens wordt hiermede de zg. condensator-microfonie voorkomen. Dit is een accoustische terugkoppeling, d.w.z. een terugkoppeling, veroorzaakt door de geluidstrillingen van de luidspreker, die een mechanische trilling, in hetzelfde rhythme van de geluidstrilling, van de condensatorplaten teweeg brengt. Dit uit zich in een loeiend of huilend geluid in de luidspreker.

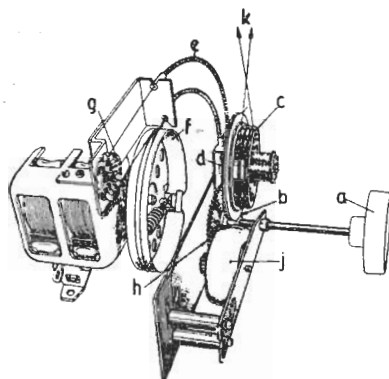
Om beschadiging van deze bevestiging gedurende transport te voorkomen, wordt de beweging van de condensator door de rubber bandjes *b* (fig. 15) beperkt.

Het verdraaien van de rotorplaten, dus het instellen op een andere capaciteit, geschiedt door middel van een zg. aandrijfmechanisme. Dit mechanisme wordt meestal met de hand bediend, in een enkele luxe uitvoering door middel van een kleine electromotor.

De handbediening kan nog op 2 manieren plaats hebben: door middel van een draaibare afstemknop en door middel van drukknoppen.

Voor een nauwkeurige afstemming is een grote vertraging in de aandrijving noodzakelijk. Deze vertraging kan worden verkregen door middel van tandwielen, frictieschrijven en snaaroverbrenging.

Figuur 16 laat een voorbeeld zien van een combinatie van frictie- en snaaroverbrenging.



De aandrijving met behulp van frictie- en snaaroverbrenging van een afstemcondensator.

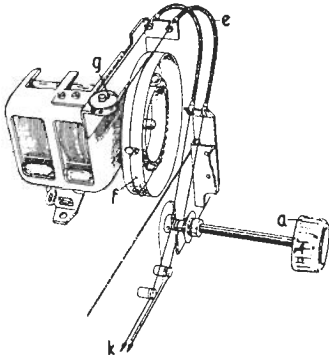
- a = afstemknop
- b = frictiekoppeling
- c = Philite snaarschijf
- d = kleine snaarschijf
- e = *Bowdenkabel*
- f = condensatoraandrijftrommel
- g = snaar-overbrengingswiel
- h = tandwieloverbrenging
- i = vliegwiël
- k = snaar voor de aandrijving van de stationwijzer.

Fig. 16

In verband met de nauwkeurige afstemming worden hoge eisen aan de mechanische constructie van deze aandrijving gesteld. Speling tussen de verschillende delen van het aandrijfmechanisme heeft onmiddellijk zg. *backlash* tot gevolg. Men spreekt van *backlash*, indien bij nauwkeurige afstemming op de zender, uitgaande van het ene uiteinde van de stationsnamenschaal een wijzerinstelling wordt gevonden, welke verschilt van die welke gevonden wordt als men uitgaat van het andere einde van de stationsnamenschaal.

Indien in de aandrijving een grote mechanische vertraging is aangebracht, maakt men soms gebruik van een vliegwiël waardoor het afstemmen sneller kan geschieden (zie fig. 16j). Met de condensatoraandrijving is tevens gekoppeld de aandrijving van de naald voor de aflezing van de stationsnamenschaal. Fig. 17 laat nog een voorbeeld van een eenvoudige aandrijving van een der ontvangers uit de populaire klasse zien.

In plaats van een draaibare condensator heeft men een korte tijd ook nog de zg. schuifcondensator toegepast. Hierbij had men de

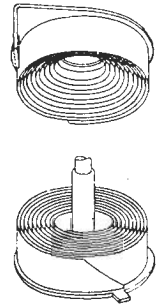


Het aandrijfmecanisme voor de afstemcondensator en stationswijzer van een eenvoudige constructie. De letters corresponderen met de tekst van fig. 16

Fig. 17

platen spiraalvormig in elkander gedraaid en werden 2 helften meer of minder in elkander geschoven, waardoor de capaciteit meer of minder werd vergroot (fig. 18).

De tweede groep condensatoren, waarvan de capaciteit variabel is, doch waarbij het niet de bedoeling is dat hierbij de capaciteit regelmatig wordt gevarieerd, is de groep van de *afregelcondensatoren of trimmers*. Deze trimmers worden gebruikt om verschillende afstemkringen af te regelen (zie hiervoor ook les 10). Wanneer deze condensatoren eenmaal zijn ingesteld, worden zij meestal met lak verzegeld, zodat zij daarna als een vaste condensator dienst doen. Men onderscheidt de trimmers door hun dielectricum. De belangrijkste constructies zijn:

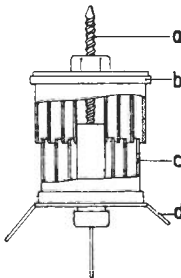


Vereenvoudigde voorstelling van de twee helften van een schuifcondensator.

Fig. 18

a. De luchttrimmer (fig. 19)

De luchttrimmer bestaat uit een cilindrische stator, waarin door middel van een schroefspil een eveneens cilindrische rotor kan worden gedraaid. De minimum capaciteit is circa 3 pF, de maximum capaciteit kan zijn 20, 30 of 60 pF (voor speciale gevallen zijn ook wel luchttrimmers met een hogere capaciteitswaarde gebruikt.)



Schets van een luchttrimmer.

- a = schroefspil
- b = cilindrische rotor
- c = cilindrische stator
- d = aansluitcontact van het statorgedeelte
- e = aansluitcontact van het rotorgedeelte.

Fig. 19

Aangezien als diëlectricum lucht wordt gebruikt, zijn de verliezen van deze trimmers zeer laag. Deze constructie wordt dan ook de laatste jaren algemeen gebruikt. De instelling geschiedt door middel van een zg. trim sleutel van geïsoleerd materiaal.

b. De keramische trimmer (fig. 20)

Deze trimmer bestaat uit een keramisch buisje dat dienst doet als diëlectricum. De elektroden worden gevormd door een vertinde messing mantel en een vertind messing staafje dat door middel van een schroefdraad meer of minder in het keramische buisje kan worden gebracht. De verliezen van deze condensator zijn eveneens zeer gering.



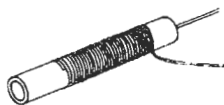
Een keramische trimmer.

a = schroef, waarmede een vertind messing buisje *b* in het keramisch buisje *c* (diëlectricum) wordt gedraaid.
d = vertinde messing mantel.

Fig. 20

c. De draadtrimmer (fig. 21)

De draadtrimmer bestaat uit een keramisch buisje dat inwendig is verzilverd en uitwendig voorzien is van een laag dicht op elkander gewikkeld draad. Tussen de zilverlaag en de uitwendig aangebrachte draad bestaat een capaciteit, welke verkleind kan worden door draad af te wikkelen.



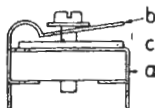
Een draadtrimmer.

Fig. 21

Het voordeel van dit type afregelcondensator is dat zij klein en licht is, en dientengevolge direct in de bedrading van het toestel kan worden aangebracht. Bovendien is de capaciteit, dank zij het keramische diëlectricum, vrij groot nl. enkele honderden pF. Zij hebben echter het nadeel dat de capaciteit alleen kan worden verkleind en niet vergroot, zodat zij meestal slechts eenmaal voor de instelling kunnen worden gebruikt.

d. De mica trimmer (fig. 22)

Aangezien deze trimmer vroeger veel werd gebruikt, willen wij deze constructie niet onvermeld laten. Hij bestaat uit één of meer hard-papieren of keramische plaatjes, waarop zich een plaatje a van geleidend materiaal bevindt. Op dit plaatje ligt het mica plaatje c en daarboven een verend geleidend plaatje b. Het plaatje c vormt het diëlectricum, de plaatjes a en b zijn de elektroden. Door het plaatje b meer of minder in te draaien, waardoor dus de afstand tussen de plaatjes a en b groter of kleiner wordt, kan de capaciteit worden geregeld.



Eenvoudige constructietekening van een mica-trimmer. De plaatjes *a* en *b* zijn de elektroden. Het plaatje *c* vormt het diëlectricum.

Fig. 22

Aangezien deze trimmers niet stabiel zijn, worden zij de laatste jaren slechts weinig gebruikt.

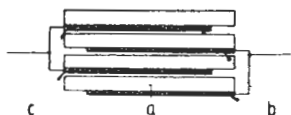
B. Vaste condensatoren

Zoals de naam het reeds zegt, bezitten deze condensatoren een vaste capaciteit die niet kan worden veranderd. Ook deze condensatoren onderscheidt men naar hun diëlectricum.

De belangrijkste constructies zijn:

a. De mica condensator

Het diëlectricum bestaat uit dunne micaplaatjes van hoge kwaliteit die aan een zijde gedeeltelijk bedekt zijn met een zilverlaagje. (fig. 23a). Afhankelijk van de capaciteit bevatten zij meer of minder plaatjes, waarvan de elektroden parallel geschakeld worden. Na het samenstellen wordt deze condensator in speciale was gedompeld, waardoor zij afgeschermd is tegen de invloed van vocht en temperatuursveranderingen.



a. Eenvoudige voorstelling van de samenstelling van een vaste micacondensator.

a = dunne micaplaatjes

b = zilverlaagjes, die tezamen de ene elektrode vormen

c = zilverlaagjes, die tezamen de andere elektrode vormen.

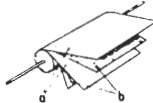
b. Voorbeeld van een micacondensator, waarbij een gedeelte van het compound is verwijderd om het binnenwerk te laten zien.

Fig. 23

Aangezien de verliezen van deze condensatoren gering zijn, worden zij vooral gebruikt in schakelingen met hoge frequenties (oscillatorkringen, M.F. bandfilters) of waar weinig lekverlies belangrijk is. Er komen capaciteitswaarden tussen 10 en 1000 pF voor. In één van de uitlopers van de Philips mica condensatoren is steeds een deukje aangebracht. Dit geeft aan dat deze uitloper verbonden is met het buitenste bekleedsel van de condensator. Deze aansluiting moet daarom steeds aan de aardzijde in de schakeling worden verbonden. Tenslotte zij nog vermeld dat de temperatuurs-coëfficiënt van dit type condensator positief is, d.w.z. dat bij temperatuursverhoging de capaciteit iets zal toenemen.

b. De papiercondensator

Deze condensatoren worden in het ontvangtoestel en de versterker veel gebruikt. Zij komen meestal voor in 2 uitvoeringen: In een ronde vorm, genaamd rolblokcondensator of persblokcondensator (fig. 24) en in doosvorm, genaamd dooscondensator (fig. 25).



Het uiterlijk van een papiercondensator (persblokcondensator) en een beeld van de samenstelling.

a = gewimpregneerde papierstrook als dielectricum.

b = aluminium folie. Fig. 24

Voorbeeld van een dooscondensator.

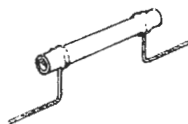
Fig. 25

De constructies van beide uitvoeringen is dezelfde. Zij bestaat uit 2 aluminium folies (dit zijn heel dunne lagen), waartussen enige lagen gelpregneerd papier liggen (fig. 24). De aluminium folies zijn de elektroden van de condensator, het papier is het diëlectricum. Deze lagen worden in de fabriek met behulp van een wikkelmachine gewikkeld, waardoor een ronde vorm ontstaat. Het gebruikte papier moet aan zeer hoge eisen voldoen; het moet een hoge doorslagspanning hebben, gelijkmatig van dikte en homogeen van samenstelling zijn. Na het wikkelen wordt de condensator gelpregneerd en tenslotte van een omhulling van compound voorzien, zodat vocht niet bij het inwendige kan komen.

Bij de ronde papiercondensatoren kan men aan de lengte van de aansluitdraden zien, welke draad verbonden is met de buitenste folie. De langste aansluitdraad is met deze folie verbonden en moet bij aansluiting in het chassis met het punt worden verbonden dat het laagste potentiaal ten opzichte van het chassis heeft. In dat geval is het binnenste van de condensator afgeschermd tegen uitwendige invloeden. Een tweede indicatie voor de aansluiting van dit condensator-type heeft men in de stempeling. De draad aan de linkerzijde van de stempeling is aan de buitenste folie verbonden.

c. De keramische condensator (fig. 26)

Deze condensator bestaat uit een buisje van keramisch materiaal, dat als diëlectricum dienst doet. De binnenzijde en een deel van de buitenzijde van het keramisch buisje is bedekt met een zilverlaagje. Beide laagjes doen dienst als elektroden. Het geheel wordt gedompeld in een vochtwerende lak om de condensator te beschermen tegen de invloed van vocht. Men gebruikt deze condensator in die gevallen, waarbij vooral prijs gesteld wordt op kleine afmetingen.

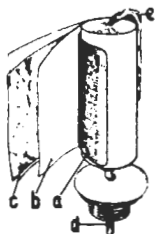


Keramische condensator.

Fig. 26

d. De electrolytische condensator

Wanneer men in een aluminium bakje, waarin zich een waterige zuuroplossing bv. boorzuur bevindt, een aluminium staaf plaatst en het bakje met de negatieve pool en de aluminium staaf met de positieve pool van een batterij verbindt, zal zich op het aluminium staafje een dun laagje aluminium-oxyde vormen (aluminium-oxyde is een zuurstofverbinding met het aluminium en heeft voor één richting van de stroom de eigenschappen van een isolator). Wij hebben op deze wijze een electrolytische condensator gevormd, waarbij de aluminium staaf de positieve electrode vormt en de zuuroplossing (de electrolyt) de negatieve pool is. Het laagje of huidje van aluminium-oxyde doet nu dienst als diëlectricum. Men heeft hier het eigenaardige geval dat de condensator polair is d.w.z. dat deze condensator uitsluitend met een gelijkspanning mag worden gebruikt (men kan in combinatie met een gelijkspanning een wisselspanning toelaten, mits de amplitude van deze wisselspanning klein is vergeleken bij de waarde van de gelijkspanning).



Eenvoudige voorstelling van de samenstelling van een "droge" electrolytische condensator.

- a = geëtste aluminiumstrook voorzien van een huidje van aluminiumoxyde
- b = papierlaag, doordrenkt met een zuuroplossing
- c = aluminiumstrook
- d = aansluiting van de positieve electrode
- e = aansluitstrook van de negatieve electrode.

Fig. 27

Vroeger onderscheidde men de electrolytische condensator in 2 typen: de natte en de droge uitvoering. Tegenwoordig gebruikt men practisch uitsluitend de "droge" constructie (fig. 27) Hierbij wordt tussen 2 aluminium stroken een papierlaag gewikkeld die doordrenkt is met de zuuroplossing. De ene aluminium strook bezit een huidje van aluminiumoxyde, de andere aluminium strook is daarentegen zodanig geprepareerd dat deze niet oxydeert. Door de strook een grote lengte te geven, verkrijgt men reeds een grote oppervlakte van de platen van deze condensator. Men heeft deze oppervlakte nog extra vergroot door de aluminium strook met het oxyde huidje te beitsen, waardoor de oppervlakte ruw wordt en de werkzame oppervlakte enige tientallen malen groter is geworden (zie fig. 28). Aangezien het oxyde huidje (het dielectricum) uiterst dun is, is de afstand tussen de 2 platen zeer klein, hetgeen de grootte van de capaciteit eveneens ten goede komt. Dank zij deze constructie heeft men de mogelijkheid om vrij grote capaciteit te verkrijgen bij kleine afmetingen. De electrolytische condensator komt in verschillende uitvoeringen voor:



Vergroot beeld van de doorsnede van een gebeitste aluminiumstrook.

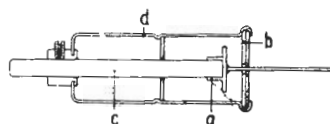
Fig. 28

1. Enkelvoudige en dubbele condensatoren voor hoge spanningen (met waarden tot $50 \mu\text{F}$ en voor spanningen tot 500 V).
2. Enkelvoudige en dubbele condensatoren voor lage spanningen (met waarden tot $250 \mu\text{F}$ en voor spanningen tussen $12\frac{1}{2}$ en 50 V).

De uitvoering der condensatoren genoemd onder 1. is in een aluminium bus, waaronder geïsoleerd een of twee polen uitkomen. Het huis van de condensator is de -pool, de geïsoleerde contacten onder aan de condensator zijn steeds de +polen. De condensator genoemd onder punt 2. heeft meestal aan weerszijden een soldeerlip; op het huis van de condensator staat dan aangegeven, welke aansluitingen de -pool en de +pool zijn.

e. De temperatuurcompensatie-condensator

Dit condensatortype staat geheel apart en is een enkele maal toegepast in ontvangtoestellen. Het kenmerkende van deze condensator is de eigenschap dat bij toeneming van de temperatuur, de capaciteit kleiner wordt, d.w.z. dat hij een negatieve temperatuurcoëfficiënt heeft. De constructie van deze condensator berust op de verschillende warmteuitzettingen van verschillende materialen bv. van aluminium en porcelein.



Constructie van een temperatuurcompensatiecondensator.

a = de ene condensatorplaat

b = de andere condensatorplaat

c = porceleinen buisje, waarop *a* is bevestigd

d = aluminium huis.

Fig. 29

Het aluminium huis (fig. 29d) van deze condensator zet bij stijgende temperatuur meer uit dan het porceleinen buisje c, waarop een condensatorplaatje a is gemonteerd. Dit heeft tot gevolg dat de afstand tussen dit plaatje a en het andere condensatorplaatje b, dat aan het aluminium huis is bevestigd, groter wordt; dus dat de capaciteit kleiner wordt. De capaciteitsverandering bedraagt circa 0,1 pF per graad Celcius verhoging; de gemiddelde capaciteit kan tussen 2 en 4 pF worden ingesteld.

S A M E N V A T T I N G

1. Een condensator wordt gevormd door 2 geleiders waartussen zich aan isolator bevindt; deze middenstof wordt diëlectricum genoemd.
2. De eigenschap van een condensator, om een hoeveelheid electriciteit op te zamelen, noemt men de capaciteit (electricisch bevattingsvermogen). Deze capaciteit wordt uitgedrukt in de eenheid Farad (symbool F).
3. Een condensator bezit een capaciteit van 1 Farad, als deze bij een spanning van 1 Volt een lading opneemt van 1 Coulomb.
Naast de eenheid Farad gebruikt men in de praktijk de eenheden micro-Farad (μF) en pico-Farad (pF).
 $1 \mu\text{F} = 1/1.000.000 \text{ F} = 1.000.000 \text{ pF}$
 $1 \text{ pF} = 1/1.000.000.000.000 \text{ F} = 1/1.000.000 \mu\text{F}$
4. De capaciteit van een condensator is van de volgende factoren afhankelijk:
 - a. de oppervlakte van de tegenover elkander staande platen.
 - b. de onderlinge afstand van de platen.
 - c. het diëlectricum tussen de platen.
5. De diëlectriciteitsconstante geeft aan hoeveel maal de capaciteit groter wordt door toepassing van het bepaalde diëlectricum t.o.v. lucht.
6. Voor een condensator geldt steeds het verband: $Q = C \times V$ waarin
Q = lading in Coulomb
C = capaciteit in Farad
V = spanning in Volt.
7. Plaast men tussen de platen van een condensator een derde plaat die met aarde is verbonden, dan zal de capaciteit tussen de twee buitenste platen tot 0 worden teruggebracht.
8. Bij serieschakeling van condensatoren is het omgekeerde van de vervangingscapaciteit gelijk aan de som van de omgekeerde waarden van de afzonderlijke capaciteiten. Voor twee condensatoren in serie is de vervangingscapaciteit gelijk aan het product van hun capaciteiten gedeeld door hun som.
9. Bij parallelschakeling van condensatoren vindt men de vervangingscapaciteit door optelling van de afzonderlijke capaciteiten.
10. Onder de wisselstroomweerstand van een condensator verstaat men de "schijnbare" weerstand die een gevolg is van de capaciteitswerking. Men spreekt ook wel van capaciteve reactantie.
De grootte van deze wisselstroomweerstand is afhankelijk van de frequentie van de wisselstroom en van de capaciteit van de condensator. Hiervoor geldt: $\text{wisselstroomweerstand } X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{6,28 f C}$
Hierin is f de frequentie in Hz en C de capaciteit in Farad.
11. Sluit men een condensator op een wisselspanning aan, dan ontstaat er een wisselstroom die op de aangelegde spanning 90° in fase voorijlt.
12. Sluit men een condensator op een wisselspanningsbron aan, dan zal de energie waarmede de condensator wordt geladen, niet "verbruikt" worden; deze energie wordt steeds uitgewisseld tussen de wisselspanningsbron en de condensator.
13. Men onderscheidt de condensatoren in de radiotechniek in variabele condensatoren en vaste condensatoren.
14. De variabele condensatoren onderscheidt men in condensatoren voor continu variatie (afstemcondensatoren) en voor afregeling (trimmers).
15. De trimmers en de vaste condensatoren onderscheidt men naar hun diëlectricum.

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

1. Drie condensatoren zijn parallel geschakeld. De waarden van de capaciteiten zijn resp. 30 pF, 0,1 μ F en 470 pF.
Wat is de totale capaciteit?
2. Men schakelt drie condensatoren, elk van 270 pF, in serie.
Hoe groot is de totale capaciteit?
3. Een condensator van 320 pF wordt aangesloten op een wisselspanning van 50 Hz.
Wat is de schijnbare weerstand van deze condensator? Hoe groot wordt deze weerstand als de frequentie wordt verhoogd tot 500 kHz?
4. Een condensator van 50 μ F wordt aangesloten op een wisselspanning van 4 V met een frequentie van 100 Hz.
Hoe groot is de wisselstroom die door deze condensator zal vloeien?
5. Een weerstand van 100 Ohm in serie met een condensator van 0,1 μ F wordt aangesloten op een wisselspanning. Ten gevolge daarvan loopt er een stroom van 0,1 A met een frequentie van 100 Hz.
Hoeveel vermogen in Watt moet door de wisselspanningsbron worden geleverd?

45. Luchttrillingen

Wanneer wij een stalen naald met het ene einde in een bank-schroef klemmen en het andere einde naar ons toe trekken en vervolgens los laten, zien wij, dat het vrije einde van de naald met grote snelheid heen en weer beweegt. Tevens nemen wij geluid waar. De heen en weer beweging van de naald zal na enige tijd uitsterven en tenslotte zal de naald tot rust komen. De oorzaak hiervan is:

1. dat de naald zich tegen de beweging verzet,
2. dat de naald is omringd door lucht, welke zich eveneens tegen de beweging verzet.

Wij zullen nu eens nagaan, wat er met de lucht gebeurt, als de naald zich heen en weer beweegt.

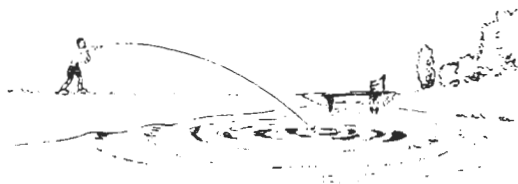


Een trillende naald veroorzaakt luchttrillingen (luchtverdichtingen en -verdunningen), die men als geluid hoort.

Fig. 1

Beweegt het vrije einde van de naald zich naar achteren, dus van ons af, dan zullen de luchtdeeltjes, welke zich achter de naald bevinden, naar achteren geduwd worden. Deze luchtdeeltjes zullen op hun beurt de aangrenzende luchtdeeltjes naar achteren duwen, enz. De luchtdeeltjes zullen zich echter verzetten tegen dit geduw en zodoende de beweging van de naald tegenwerken. Door deze beweging van de naald ontstaat vóór de naald een luchtverdunning, waardoor de deeltjes in de omgeving deze verdunning zullen trachten aan te vullen.

Beweegt het vrije einde zich naar ons toe, dan worden de luchtdeeltjes, welke zich vóór de naald bevinden, naar ons toe geduwd, en de luchtdeeltjes achter de naald tengevolge van een verdunning op hun beurt naar voren gezogen. Op deze wijze ontstaan gedurende de trilling van de naald verdichtingen en verdunningen van de lucht rondom de naald, die zich in alle richtingen voortplanten.



De voortplanting van de luchttrillingen kunnen zeer eenvoudig demonstreren door een steen in het water te gooien.

Fig. 2

Deze trillingsvoortplanting kan men zeer eenvoudig gedemonstreerd zien, door een steen in stilstaand water te werpen. Men ziet dan, dat het water-oppervlak in trilling geraakt, en dat deze trilling zich naar alle richtingen voortplant. Verder ziet men, dat de heftigheid van de trilling op grotere afstand afneemt, want de golfjes worden steeds kleiner naarmate de cirkels groter worden.

Indien de stalen naald in 1 sec 50 maal heen en weer beweegt, dus 50 trillingen per seconde maakt, zeggen we, dat de frequentie van de trilling 50 perioden per seconde is. De tijdsduur van één trilling bedraagt dan $1/50$ sec (zie hiervoor ook les 6, par. 28).

De voortplanting van de luchtverdunningen en -verdichtingen, dus van de luchttrillingen, geschiedt met een bepaalde snelheid. Dit kan men constateren bij onweer met donder en bliksemstralen. Bij een onweer vindt er op het moment, dat men de bliksemstraal ziet, een soort explosie plaats. Deze explosie hoort men echter meestal na een bepaalde tijd. De tijdsduur hiervan is gelijk aan het verschil in tijd tussen het moment, dat men de bliksemstraal waarneemt en de tijd, dat men de donder hoort. De voortplantingssnelheid van het geluid in lucht bedraagt ongeveer 330 m per seconde. Dit betekent dus, dat, als een geluidsbron zich op een afstand van 1 kilometer van ons bevindt, men het geluid na ca. 3 sec hoort. Bij een onweer kan men dus de tijd noteren na het moment, dat men de bliksemstraal ziet, en die waarop men de donder hoort. Dit tijdsverschil in seconden, vermenigvuldigd met 330 m, geeft dan de afstand tot de plaats, waar het onweer zich bevindt. (De lichtstralen hebben weliswaar eveneens tijd nodig om ons oog te bereiken; de voortplantingssnelheid van deze stralen is echter zo groot, dat de tijd, die de lichtstralen nodig hebben om de afstand tot ons oog af te leggen, verwaarloosd kan worden vergeleken bij de tijd, die het geluid nodig heeft om deze zelfde afstand af te leggen).

De afstand, waarover de luchttrilling zich gedurende de tijd van 1 periode voortplant, noemt men de golflengte van de trilling.

Wij hebben reeds geconstateerd, dat van een trilling met een frequentie van 50 per/sec 1 periode $1/50$ sec duurt. Gedurende deze tijd van 1 periode heeft de trilling zich dus $1/50 \times 330 \text{ m} = 6,6 \text{ m}$ voortgeplant. De golflengte bedraagt dan 6,6 m.

46. Het geluid

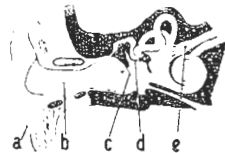
Zoals wij reeds bij de proef met de stalen naald constateerden, kunnen wij bepaalde luchttrillingen als geluid waarnemen. Deze luchttrillingen of geluidstrillingen hebben frequenties, die variëren tussen ca. 25 en 16.000 per/sec. Deze grenzen zijn echter voor ieder mens verschillend. Kinderen zullen b.v. hogere frequenties horen dan oudere mensen. Bovenstaande grenzen moeten dan ook als uiterste waarden worden beschouwd.

Strijken wij de snaren van een viool aan, dan horen wij eveneens geluid. De frequentie van de geluidstrilling blijkt dan afhankelijk te zijn van de lengte, de dikte van de snaar en van de kracht, waarmee de snaar is gespannen. Naarmate de snaar langer en dunner is, horen wij een hogere toon. Deze hogere toon is een geluidstrilling

met een hogere frequentie. De sterkte van het geluid hangt af van de amplitude van de trilling; hoe groter de amplitude is des te sterker horen wij het geluid. Dit kan men onmiddellijk met de proef met de stalen naald constateren. Als het vrije einde van de naald verder gebogen wordt, wat gelijk staat met een grotere amplitude, hoort men het geluid sterker.

47. Het menselijk oor

Het orgaan, waarmee het geluid wordt waargenomen is het oor (fig. 3). Het menselijk oor kan in twee delen worden gesplitst: het zichtbaar gedeelte of oorschelp en het eigenlijke gehoororgaan, dat zich binnen in het hoofd bevindt. De oorschelp (a) dient om het geluid te verzamelen. De verzamelde geluidstrillingen (luchtverdichtingen en -verdunningen) worden via het gehoorkanaal (b) op het trommelvlies (c) overgebracht. Dit trommelvlies sluit het gehoorkanaal af en is over een benen raam gespannen, op dezelfde manier als het vlies van een trommel; vandaar de naam trommelvlies. Als het oor wordt getroffen door het geluid, d.w.z. als luchtverdichtingen en -verdunningen de oorschelp bereiken, worden zij in het gehoorkanaal samengeperst, waardoor de verschillen in verdichtingen en verdunningen nog worden versterkt. Een luchtverdichting drukt het trommelvlies verder naar binnen, bij een luchtverdunning veert het trommelvlies terug. Men verkrijgt op deze wijze een mechanische trilling van het trommelvlies, die via de z.g. gehoorbeentjes en andere organen op de gehoorzenuwen worden overgebracht en als geluid worden waargenomen.



Een schets van het menselijk oor.

- a = oorschelp
- b = gehoorkanaal
- c = trommelvlies
- d = gehoorbeentjes
- e = gehoorzenuwen

Fig. 3

48. De microfoon

In de radio- en versterker-techniek wordt van de microfoon gebruik gemaakt om de geluidstrillingen in elektrische trillingen om te zetten. Dit kan op verschillende manieren en volgens verschillende systemen gebeuren. Al deze systemen zijn echter tot één grondprincipe terug te brengen en wel, dat de luchttrillingen eerst worden omgezet in mechanische trillingen, welke op hun beurt in elektrische trillingen worden omgezet. Men heeft dus steeds de volgorde: luchttrilling-mechanische trilling-electrische trilling.

Het omzetten van de luchttrilling in een mechanische trilling geschiedt veelal door middel van een membraan, op de zelfde wijze als dit in het menselijk oor door middel van het trommelvlies plaats heeft.

In fig. 4 zijn twee posities van zo'n membraan getekend. In fig. 4a bevindt zich voor het membraan een luchtverdichting en wijkt het membraan naar rechts uit. In fig. 4b is een luchtverdunning getekend, waardoor de uitwijking van het membraan naar links gericht is.

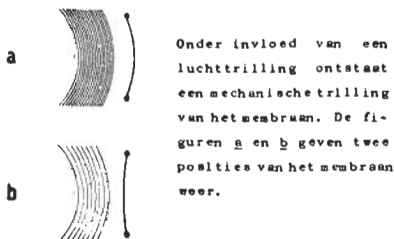


Fig. 4

Het omzetten van de mechanische trillingen in elektrische spanningen of stromen kan op verschillende manieren worden gerealiseerd:

- a. de mechanische trillingen worden omgezet in weerstandsveranderingen, waarvan de frequentie uiteraard gelijk is aan die van de mechanische trillingen (koolmicrofoon);
- b. de mechanische trillingen veroorzaken langs inductieve weg elektrische wisselspanningen (electrodynamische microfoon);
- c. de mechanische trillingen worden via capaciteitsveranderingen omgezet in wisselspanningen (condensatormicrofoon);
- d. de mechanische trillingen worden door middel van een kristal in wisselspanningen omgezet (kristalmicrofoon).

Aan alle microfoons wil men graag, ongeacht hun systeem, de volgende eisen stellen:

1. de afgegeven elektrische wisselspanning moet een zo getrouw mogelijk beeld geven van de luchttrilling. Dit betekent, dat de amplituden van de wisselspanningen voor de verschillende frequenties in dezelfde verhouding moeten liggen, als de amplituden van de geluidstrillingen voor deze frequenties.
2. De microfoon moet zo gevoelig mogelijk zijn, d.w.z. dat de geluidstrilling in een zo sterk mogelijke elektrische trilling of wisselspanning moet worden omgezet.
Het blijkt dat het bij de praktische constructies niet mogelijk is, om beide eigenschappen tegelijk te verwezenlijken.

Na deze algemene punten willen wij thans nader op de constructie van enkele veel gebruikte microfoon-typen ingaan.

a. Koolmicrofoon

De koolmicrofoon bestaat uit een microfoonhuis of koolkamer, gevuld met koolkorrels en aan de voorzijde afgesloten met een membraan (fig. 5). De eigenlijke koolkamer (1) is meestal een schijf marmer, waarin groeven zijn aangebracht. In de groeven (2) liggen

twee ringvormige electroden, welke met een laagje goud zijn bedekt. Dit goudlaagje dient, om een zo goed mogelijk electrisch contact te verkrijgen. Het membraan (3), welke het inwendige van de koolkamer afsluit, bestaat uit een uiterst dun veerkrachtig materiaal, b. v. mica of cellophaan. De ruimte tussen het membraan en de electroden is gevuld met fijne koolkorrels en is luchtdicht afgesloten, om te voorkomen, dat de koolkorrels vochtig worden. Het laagje koolkorrels fungeert als een weerstand, die opgebouwd is uit de meer of minder slechte contacten van de koolkorrels onderling. Zodra door het spreken voor de microfoon het membraan in trilling komt, worden de koolkorrels meer of minder samengedrukt. Door het samendrukken zal de overgangsweerstand tussen de koolkorrels kleiner worden, aangezien zij dan onderling beter contact maken. Bij een luchtverdunning gebeurt het tegenovergestelde.

Men schakelt nu de koolmicrofoon volgens fig. 6. In de linker stroomkring, welke gevormd wordt door de microfoonbatterij E, de primaire wikkeling van de transformator T en de microfoon M, zal een stroom vloeien, die afhankelijk is van de grootte van de batterijspanning E en van de weerstand van de microfoon M. Varieert nu de weerstand van de microfoon, tengevolge van de trillingen van het membraan, dan zal bij een constante spanning E de stroom eveneens variëren. De batterijspanning ligt gewoonlijk tussen 4 en 6 V (deze spanning wordt laag gehouden om te voorkomen, dat de stroom in de keten te hoog wordt; de slechte overgangsweerstand tussen de koolkorrels zou bij een te grote stroomsterkte aanleiding kunnen geven tot vonkjes, welke bij de weergave kenbaar worden in de vorm van een hinderlijk ruisen). De ruststroom, dat is de stroom die in de keten vloeit als het membraan niet in beweging is, bedraagt bij een spanning van 4 V ca. 100 mA. Spreekt men nu voor de microfoon, dan zal de weerstand in de keten dus groter of kleiner worden en de stroom zal variëren rond de waarde van 100 mA, b. v. tussen 95 en 105 mA. In fig. 7 is het verloop van de stroomsterkte gedurende een periode weergegeven. In fig. 7a ziet men een beeld van de luchttrilling met haar verdichtingen en verdunningen. Daaronder is de overeenkomstige trilling van het membraan weergegeven en in fig. 7c, die van de veranderlijke stroom in de microfoonketen. Tenslotte geeft fig. 7d een beeld van de wisselspanning, die tengevolge van de veranderlijke stroom over de primaire wikkeling van de transformator T ontstaat. Deze wisselspanning wordt daarna getransformeerd naar de secundaire wikkeling, waarbij er door een juiste transformatie-verhouding voor

Schets van een koolmicrofoon.
1 = koolkamer
2 = groeven, waarin ringvormige electroden liggen.
3 = membraan
4 = beschermkap
5 = aansluitingen

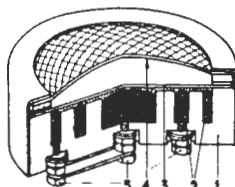
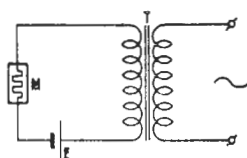


Fig. 5



Schakeling van de koolmicrofoon met transformator. De verschillende fazen van het omzettingsproces van geluidstrillingen in elektrische trillingen. Fig. 6

de stroom in de keten te hoog wordt; de slechte overgangsweerstand tussen de koolkorrels zou bij een te grote stroomsterkte aanleiding kunnen geven tot vonkjes, welke bij de weergave kenbaar worden in de vorm van een hinderlijk ruisen).

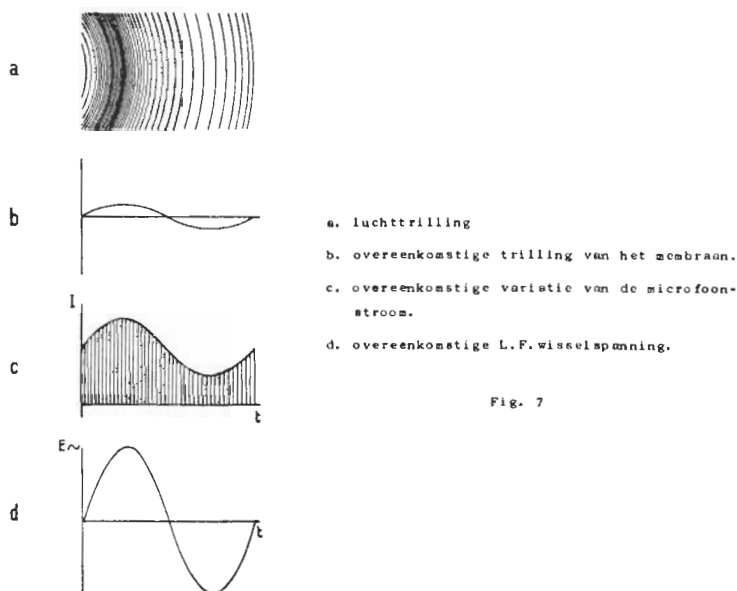


Fig. 7

gezorgd wordt, dat de secundaire spanning een aantal malen groter is dan de primaire spanning. Tenslotte kan men de secundaire spanning in een versterker versterken (op de werking van een dergelijke versterker komen wij in latere lessen nog terug).

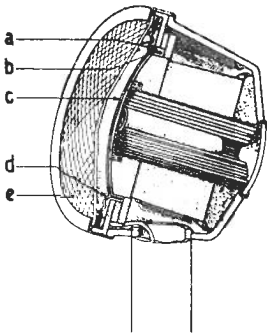
De koolmicrofoon wordt zeer veel gebruikt voor het weergeven van spraak, b.v. voor omroep-installaties in touring-cars en in de telefonie. Een gunstige eigenschap is, dat hij zeer gevoelig is, d.w.z. dat een grote wisselspanning ontstaat, als men voor de microfoon spreekt. Zodra echter bijzondere eisen aan de kwaliteit worden gesteld, zoals bij de weergave van muziek, gebruikt men de koolmicrofoon meestal niet.

Tenslotte nog een praktische opmerking: Als een koolmicrofoon een lange tijd niet in gebruik is geweest, verdient het aanbeveling, de microfoon voor het gebruik voorzichtig te schudden. Het schudden moet in de richting van het vlak van het membraan geschieden. Ten gevolge van het lange liggen kunnen de koolkorrels aan elkander gaan "koeken", waardoor de microfoon ongevoeliger wordt.

b. Electrodynamische microfoon

Op het electro-dynamische principe berusten twee typen microfoons: de spoel- of membraan-microfoon en de bandmicrofoon. Wij zullen ons beperken tot de bespreking van de constructie van de spoelmicrofoon.

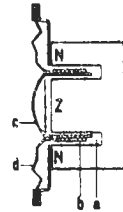
Fig. 8a toont een doorsnede van een dergelijke microfoon, fig. 8b het principe. Het grondprincipe berust op het feit, dat in een spoeltje, dat zich in een magnetisch veld beweegt, een EMK- van inductie wordt opgewekt (zie les 6, par. 26).



Constructieacheta van de spoel- of membraan-microfoon.

- a = ringvormige luchtspleet
 b = spoeltje op het membraan
 c = membraan
 d = flexibele bevestiging van het membraan
 e = beschermap

Fig. 8a



Principe van de electro-dynamische microfoon.

Fig. 8b

Wij kunnen de electro-dynamische microfoon in twee belangrijke gedeelten splitsen:

1. het magneet-systeem, dat voor een krachtig gelijkmatig verdeeld machnetisch veld zorgt,
2. het vrij bewegende systeem, bestaande uit het membraan met het spoeltje.

Het gelijkmatig verdeelde magnetisch veld wordt verkregen door een magneetsysteem met ringvormige luchtspleet (a). In deze luchtspleet beweegt op en neer het spoeltje (b). Aan dit spoeltje is het membraan bevestigd. Dit membraan bestaat uit papier, plastic of dun aluminium en bezit de vorm van een kapje, opdat het spoeltje met membraan vrij op en neer kan bewegen, is aan de zijkant van het membraan een flexibele papieren ring (d) bevestigd, die tussen twee papierringen op het magneethuis is gemonteerd.

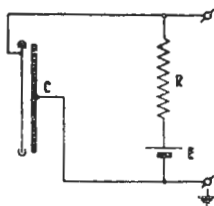
Het geheel is zeer teer, zodat maatregelen getroffen zijn om de kans op beschadiging zo klein mogelijk te maken. Aan de voorzijde is een kap van fijn metaalgaas (e), welke aan de binnenkant met zijde is bekleed. Dit laatste dient om te voorkomen, dat stofdeeltjes in de microfoon doordringen; het binnendringen van stofdeeltjes kan tot gevolg hebben, dat het spoelsysteem niet meer vrij in de luchtspleet van het magneetsysteem loopt (men zegt ook wel: aanloopt).

Spreekt men nu in de microfoon, dan brengen de luchttrillingen het membraan in trilling, met het gevolg, dat het spoeltje zich in hetzelfde rythme in de luchtspleet van de magneet gaat bewegen. Er zal nu door magnetische inductie een wisselspanning in het spoeltje worden opgewekt, waarvan men de richting zou kunnen bepalen met de drie-vingerregel (zie les 6, paragraaf 28). Men heeft hier eigenlijk het omgekeerde verschijnsel van de Lorentz-kracht, hetwelk in les 5, paragraaf 23, bij behandeling van de draaispoelmeter werd beschreven. De opgewekte wisselspanning is echter zeer zwak, zodat zij moet worden versterkt. Dit geschiedt weer in een versterker.

c. Condensatormicrofoon

Bij dit type microfoon vormt het membraan een van de platen van een luchtcondensator. Fig. 9 geeft het principe van de schakeling van deze microfoon weer. Door de batterij E verkrijgt de condensator een zekere lading Q . Als het membraan door het geluid in trilling komt, verandert de afstand tussen de platen van de condensator, en dus ook de capaciteit van de condensator.

Deze capaciteitsvariatie, uiteraard in het ritme van de geluidstrilling, veroorzaakt een wisselstroompje in de keten, dat over de weerstand R een wisselspanning geeft. Aangezien deze microfoon niet algemeen wordt gebruikt, zullen wij niet verder op de bijzonderheden ingaan.



Principeschema van de condensatormicrofoon.

Fig. 9

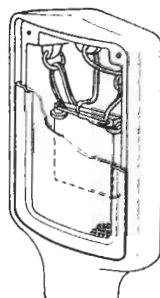
d. Kristalmicrofoon Fig. 10

De werking van deze microfoon berust op een typische eigenschap van bepaalde kristallen. Als men op deze kristallen een druk uitoefent, ontstaat een potentiaalverschil over het kristal.

Dit potentiaalverschil is evenredig met de druk op de zijkant van het kristal. De geluidstrillingen kunnen nu via een membraan, dat met een van de zijkanten van het kristal is gekoppeld, drukverschillen teweegbrengen. Deze microfoon vindt vrij veel toepassing, omdat de afmetingen zeer klein kunnen zijn en de kwaliteit goed is.

Algemene wenken

Wij hebben in het voorgaande reeds geconstateerd, dat de microfoon een teer instrument is. Bij reparatie mag men de te repareren microfoon dan ook nimmer zonder voorzorgsmaatregelen op de werkbank leggen, aangezien op de bank altijd stof en metaaldeeltjes aanwezig zijn. Dit geldt vooral voor de electro-dynamische microfoon, waarin een zeer sterke magneet wordt gebruikt. De metaaldeeltjes zullen door deze magneet worden aangetrokken en zich vooral in de buurt van de luchtspleet gaan vastzetten. Microfoonreparaties dienen dan ook in een stofvrije ruimte, met de grootste zorgvuldigheid te geschieden, terwijl men op de werktafel eerst een stuk wit papier moet leggen. De te gebruiken gereedschappen moeten eveneens op dit papier liggen en verder moet de reparatie zonder onderbreking worden verricht. Is men door een of andere oorzaak genoodzaakt de reparatie toch te onderbreken, dan verdient het aanbeveling, de



Constructieschets van een kristalmicrofoon.

Fig. 10

onderdelen onder een glazen stolp of in een glazen kast op te bergen om te voorkomen, dat stof op de onderdelen terecht komt.

49. De luidspreker

De luidspreker dient om elektrische wisselspanningen om te zetten in geluidstrillingen. De taak van de luidspreker is dus juist tegengesteld aan die van de microfoon. Men kent vier verschillende systemen:

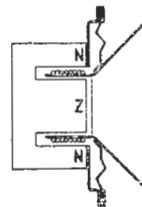
- a. het electrodynamische systeem
- b. het electromagnetische systeem
- c. het electrostatische systeem
- d. het systeem met een kristal.

Van deze systemen is het electrodynamische verreweg het belangrijkste, aangezien dit tegenwoordig overwegend wordt toegepast. Wij zullen ons daarom tot de behandeling van de electrodynamische luidspreker beperken.

De electrodynamische luidspreker

De electrodynamische luidspreker berust op de eigenschap dat een stroomvoerende geleider in een magnetisch veld een afbuigende kracht (Lorentzkracht) ondervindt. Wij hebben dit principe reeds behandeld bij de draaispoelmeter (les 5) en de motor (les 6)

In fig. 11 is het principe van de electrodynamische luidspreker voorgesteld. Hierin ziet men het draadspoeltje in de luchtspleet van het magnetisch veld. Door het spoeltje wordt een wisselstroom gestuurd en onder invloed hiervan zal het spoeltje in de lengterichting heen en weer gaan bewegen. Aan het spoeltje is een papieren conus bevestigd. Door de beweging van het spoeltje komt de conus in beweging, waardoor een luchttrilling, en dus geluid, geproduceerd wordt.



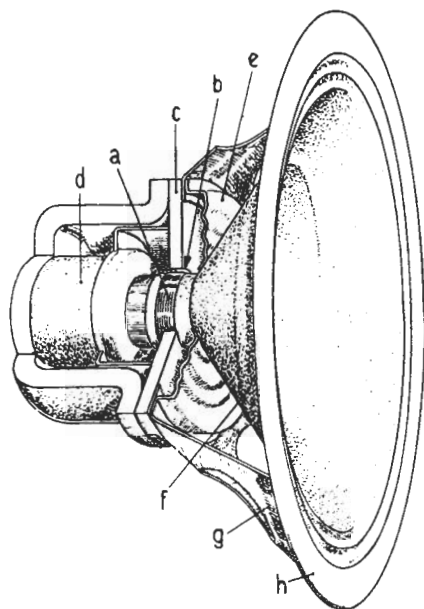
Principe van een electrodynamische luidspreker.

Fig. 11

Het spoeltje moet zodanig worden aangebracht, dat het uitsluitend in de lengterichting heen en weer kan bewegen. De bevestiging geschiedt daarom door middel van een centreerinrichting, die een beweging in de dwarsrichting voorkomt en uitsluitend een beweging in lengte toelaat.

Fig. 12 toont de constructie van een electrodynamische luidspreker. Het spoeltje (a) (men noemt dit het spreekspoeltje) beweegt in de luchtspleet (b) van het magneetsysteem (c-d). Aan het spreekspoeltje zit de conus (f). Het geheel is bevestigd aan de conusdrager (g) door middel van de flensrand (h). De centrering geschiedt bij dit systeem door middel van een z.g. vaste centrering (e).

Men treft ook systemen aan meteen instelbare centrering. In fig.



Constructieschets van een electrodynamische luidspreker.

- a = spreekspoeltje
- b = luchtapleet in het magneetsysteem
- c-d = magneetsysteem
- e = centrering
- f = conus
- g = conusdrager
- h = flensrand van de conusdrager.

Fig. 12

13 zijn drie methoden van centrering afgebeeld. In fig. 13a is de z.g. binnencentrering getekend. Op de plaats waar de conus op het spreekspoeltje is bevestigd, is een dun hardpapier schijfje met uitsparingen (zodathet flexibel is) aangebracht, waarbij zich in het midden een schroefgat voor de bevestiging bevindt. Door middel van een schroefbout wordt het hardpapier plaatje zodanig op de centrale pool (in fig. 11 de Zuidpool) van de magneet bevestigd, dat het systeem in de luchtspleet van de magneet volkomen vrij loopt. In fig. 13b vindt U een conus met spreekspoel met buitencentrering afgebeeld.

Hierbij geschiedt de bevestiging door middel van een stervormige flexibele hardpapier vleugel (in de figuur ziet U twee van de drie bevestigingslippen). Fig. 13c toont een conus met vaste centrering, zoals deze ook in het systeem van fig. 11 is gebruikt. Deze centrering moet op de bodem van de metalen conusdrager met celluloidlijm worden gelijmd.

De stroomtoevoer naar het spreekspoeltje heeft plaats door middel van twee soepele snoertjes, die de bewegingsvrijheid van de conus met spreekspoel niet mogen belemmeren en toch ook weer niet zo slap mogen zijn, dat zij tegen de conus kleppen. Om het binnendringen van stof en ijzersplinters te voorkomen, wordt de luidspreker omgeven met een dunne stofdichte linnen hoes. De wisselstroomweerstand van het spreekspoeltje is ca. 5-40 Ohm bij een frequentie van 1000 Hz; deze weerstand is afhankelijk van het type luidspreker.

Voor een goede geluidswaergave kan men het luidspreker systeem niet zonder meer gebruiken. Men zou dan n.l. vooral van de lage frequenties een slechtere waergave krijgen dan van de hoge frequenties. Dit is een gevolg van de z.g. acoustische kortsluiting. Wan-

neer de conus in fig. 11 zich naar rechts beweegt, zullen de luchtdeeltjes naar rechts worden geduwd, terwijl de luchtdeeltjes achter de conus eveneens naar voren worden gezogen. Een gedeelte van de luchtdeeltjes zal zich naar voren voortplanten, het overblijvende gedeelte zal zich echter om de rand van de conus bewegen en zal de luchtverdunning aan de achterkant van de conus opheffen. Men kan dit tegenwerkende verschijnsel voor een groot gedeelte opheffen door de luidspreker van een klankbord te voorzien. Op deze wijze wordt de weglengte voor de luchtdeeltjes naar de achterzijde van de conus zodanig verlengd, dat zij praktisch geen kans krijgen om de conusbeweging tegen te werken. Hieruit volgt ook, dat het effect van het klankbord des te groter is, naarmate de afmetingen groter zijn. In het ontvangstoestel fungeert de kast als klankbord. De kast moet echter aan de achterzijde zoveel mogelijk open zijn, omdat in een geheel gesloten kast de daarin opgesloten hoeveelheid lucht tot resonantie (meetrillen) kan worden gebracht, waardoor de uitermate storende kast-boem kan ontstaan. In verband hiermede moet men het radiotoestel nimmer te dicht tegen de wand plaatsen. Ter bestrijding van het richteffect van de conus voor de hoge tonen, waardoor deze tonen hoofdzakelijk in de lengterichting van de luidspreker gehoord worden, plaatst men in sommige luidspreker-typen een kegel van Philite. Men noemt dit een klankverstrooier.

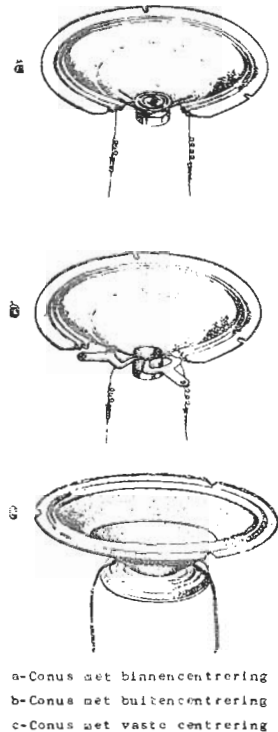
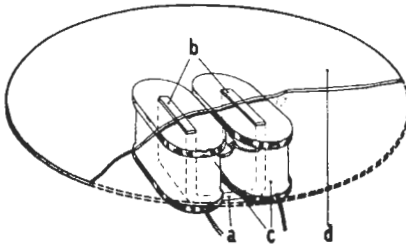


Fig. 13

Aangezien bij de electro-dynamische luidspreker van een zeer sterke magneet wordt gebruik gemaakt, moet bij reparatie van luidsprekers gebruik gemaakt worden van een schone werkbank. Een sterke magneet heeft een grote aantrekkingskracht voor ijzervijlsel of -slijpsel! Men zie hiervoor tevens blz. 8 algemene wenken.

50. De koptelefoon

Als de aan de luidspreker toegevoerde energie zeer klein is, zullen de uitwijkingen van de conus ook zeer klein zijn, zodat de geluidsterkte zeer gering is. In zulk een geval gebruikt men de koptelefoon. In de koptelefoon brengen de elektrische trillingen, langs electromagnetische weg, het membraan in mechanische trilling.



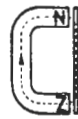
Principe van de koptelefoon.

- a = magneet
- b = magneetpolen
- c = spoeltjes waardoor de stroom gevoerd wordt
- d = dunne ijzeren trilplaat.

Fig. 14

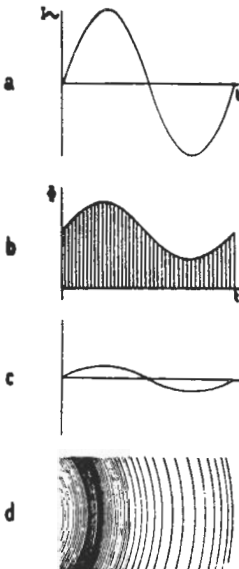
Het membraan brengt op zijn beurt de lucht, die zich tussen het membraan en de oorschelp bevindt, in trilling. Het verlies aan geluidsenergie is op deze wijze zeer gering.

In fig. 14 is op eenvoudige wijze de constructie van de koptelefoon afgebeeld. In het telefoonhuis bevindt zich een permanente hoefvormige magneet. (a). Om de magneetpolen (b) zijn spoeltjes (c) aangebracht. Op een zeer geringe afstand van de magneetpolen bevindt zich een dunne ijzeren trilplaat (d). Als er geen stroom door de spoeltjes vloeit, bestaat er een constant magnetisch veld, waarvan de krachtlijnen lopen volgens fig. 15. Zodra echter een wisselende stroom door de spoeltjes vloeit, zal het magnetisch veld versterkt of verzwakt worden, afhankelijk van de richting van de stroom. De trilplaat wordt diensgevolge meer of minder aangetrokken door de magneetpolen en komt dus in trilling.



Het krachtlijnen-verloop van het magnetisch veld bij een koptelefoon

Fig. 15



- De verschillende fasen van het omzettingsproces van elektrische trillingen in geluidstrillingen.
- a = elektrische stroom
 - b = overeenkomstige variatie van het magnetisch veld
 - c = overeenkomstige mechanische trilling van de trilplaat
 - d = overeenkomstige luchttrilling.

Fig. 16

In fig. 16 zijn nog de verschillende fazen van het omzettingsproces van elektrische trilling in geluid getekend. De bovenste figuur geeft de wisselstroom weer, fig. 16b de variatie van het magnetisch veld, fig. 16c de trilling van het membraan als gevolg van de magnetische veld-variatie, en de onderste figuur de geluidstrilling.

SAMENVATTING

1. Geluid plant zich als een luchttrilling voort met een snelheid van ca. 330 m/sec.
2. Hoe hoger de frequentie van de luchttrilling is, des te hoger is de toon die men waarneemt. Geluidstrillingen hebben frequenties die variëren tussen ca. 25 en 16000 per/sec.
3. De golflengte is de afstand, die één trilling in een periode aflegt. Het verband tussen golflengte, voortplantingssnelheid en frequentie wordt gegeven door de formule:

$$\text{golflengte (in m)} = \frac{\text{voortplantingssnelheid (in m/sec)}}{\text{frequentie (in per/sec)}}$$
4. De microfoon heeft tot taak geluidstrillingen in elektrische trillingen om te zetten.
5. Men onderscheidt de volgende microfoonconstructies:
 - a. koolmicrofoon (berust op weerstandsverandering)
 - b. electrodynamische microfoon (berust op het inductie-effect)
 - c. condensatormicrofoon (berust op capaciteitsverandering)
 - d. kristalmicrofoon.
6. De luidspreker dient om elektrische trillingen om te zetten in geluidstrillingen.
7. De electrodynamische luidspreker berust op de eigenschap, dat een stroomvoerende geleider in een magnetisch veld een afbuigende kracht ondervindt (Lorentz-kracht).
8. Het spreekspoeltje met conus van een electrodynamische luidspreker wordt in de luchtspleet ingesteld door middel van de centrering.
9. Men onderscheidt binnencentrering en buitencentrering.
10. Voor het omzetten van een geringe elektrische energie in geluidsenergie gebruikt men een koptelefoon.
11. De electromagnetische koptelefoon berust op het effect, dat een wisselstroom door spoeltjes geleid, een wisselend magnetisch veld teweegbrengt, onder invloed waarvan een ijzeren trilplaat in trilling komt.

Vragen en Vraagstukken

1. De snaren van een viool zijn alle even lang. Toch verkrijgt men bij het strijken van de ene snaar een hogere toon dan bij een andere snaar. Hoe verklaart U dit?
2. De wisselstroomweerstand van het spoeltje van een electrody-namische luidspreker is bij een frequentie van 1000 Hz 40 Ohm. Wat is de zelfinductie van het spoeltje? Ter vereenvoudiging van het vraagstuk kan de Ohmse weerstand van het spoeltje gelijk aan 0 Ohm worden gesteld.
3. Bepaal de stroomverandering in een microfoonketen, bestaande uit een koolmicrofoon, waarvan de weerstand tussen de grenzen 80 Ohm en 140 Ohm verandert, en een batterij met een spanning van 6 V.
4. Een koptelefoon bestaat uit twee telefoonelementen, elk met twee spoeltjes. Alle spoeltjes zijn in serie geschakeld en ieder spoel-tje is bewikkeld met 60 m emailledraad van 0,07 mm middellijn. Bereken de totale weerstand van de koptelefoon. Wat is de totale spanning bij een stroom van 0,02 mA? De soortelijke weerstand van het draad is 0,0175 Ohm.

B. RADIOTECHNIEK

51. Het overbrengen van geluid over een grote afstand

Aangezien de geluidstrillingen zich slechts over een beperkte afstand voortplanten, moet men voor grotere afstanden naar andere middelen zoeken. In de radiotechniek maakt men hierbij gebruik van z.g. radiogolven. Onder radiogolven verstaan wij elektrische trillingen met hoge frequenties, die worden gebruikt om een draadloze verbinding tussen de plaats waar het geluid wordt geproduceerd en de plaats waar men het geluid wil horen, tot stand te brengen. De frequenties van deze radiogolven hebben een waarde die ligt tussen ca. 150 kHz en 100 MHz. Dank zij deze hoge frequenties bezitten deze elektrische trillingen (men noemt ze hoogfrequent trillingen, of afgekort H.F. trillingen) de eigenschap om zich ook buiten de geleiders over grote afstanden te kunnen voortplanten. Elektrische trillingen met lage frequenties (b.v. de frequenties van de geluidstrillingen) bezitten deze eigenschap niet. Zij worden laagfrequent trillingen - afgekort L.F. trillingen - genoemd.

Wij zullen nu het gehele systeem tussen het voortbrengen van het geluid en het ontvangen van het geluid aan de hand van fig. 1 nagaan.

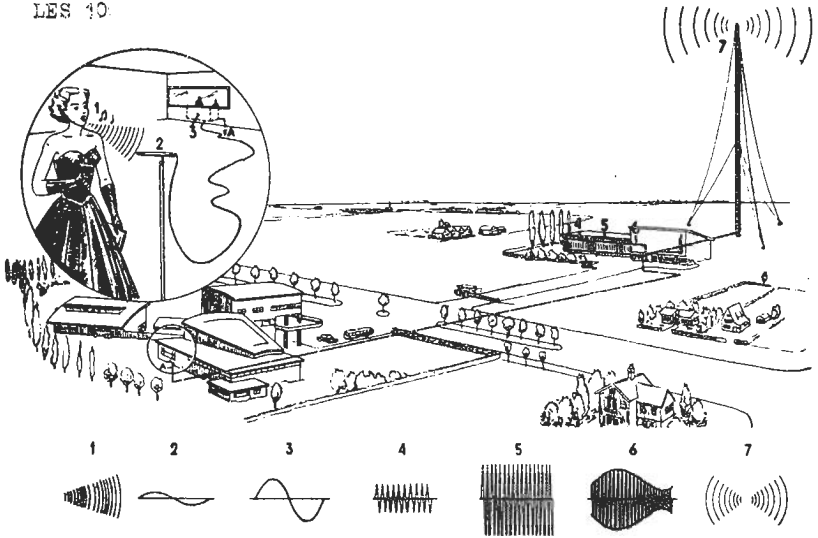
De geluidstrillingen (1) worden eerst door middel van de microfoon (2) in elektrische trillingen (2) met dezelfde frequentie omgezet. Dit geschiedt in de omroepstudio. Deze elektrische trillingen zijn echter zeer zwak, zodat ze eerst moeten worden versterkt alvorens aan de eigenlijke zendinstallatie te kunnen worden toegevoerd. Dit versterken geschiedt in de laagfrequentversterker (3).

In de zender worden allereerst de trillingen met hoge frequentie (H.F. trillingen) opgewekt; het gedeelte van de zender, waarin dit geschiedt, noemt men het generator- of oscillatorgedeelte (4). Deze trillingen hebben een constante amplitude en frequentie. Ook deze trillingen worden eerst versterkt (5) en daarna aan een trap toegevoerd, waar tevens de versterkte L.F. trillingen binnenkomen (6). De L.F. trillingen (afkomstig van muziek of spraak) worden in deze trap als het ware geënt op de H.F. trillingen. De technische term voor dit enten is *moduleren*. De H.F. trillingen zijn dus als het ware de dragers van de L.F. trillingen; zij worden ook *draaggolf* van de L.F. trillingen genoemd.

Dit moduleren of beïnvloeden van de draaggolf kan op verschillende manieren plaats hebben:

1. Men kan de *amplitude* van de hoogfrequente draaggolf variëren in het laagfrequente ritme (*amplitude-modulatie*).
2. Men kan de *frequentie* van de hoogfrequente draaggolf variëren in het ritme van de laagfrequente trillingen (*frequentie-modulatie*).

Beide methoden zijn momenteel in gebruik. Aangezien echter voor omroepdoeleinden nog steeds hoofdzakelijk de eerste methode wordt toegepast, zullen wij in het vervolg uitsluitend met gemoduleerde draaggolven met *amplitude-modulatie* rekening houden. Fig. 1a geeft dan ook de bewerkingen voor het ontstaan van een amplitude-gemodu-



De opwekking van een gemoduleerde draaggolf in de zender. De geluidstrillingen (1) worden door middel van de microfoon (2) in elektrische trillingen omgezet. Deze trillingen worden in L.F. versterkers (3) versterkt en daarna aan de zender toegevoerd. In de zender worden de H.F. trillingen (4) opgewekt, versterkt (5) en daarna met de L.F. trillingen (3) gemoduleerd (6). Tenslotte worden de gemoduleerde trillingen door de antenne (7) uitgestraald.

Fig. 1a

leerde draaggolf weer.

De gemoduleerde trillingen worden vervolgens aan de zendantenne (7) toegevoerd, welke deze trillingen uitstraalt.

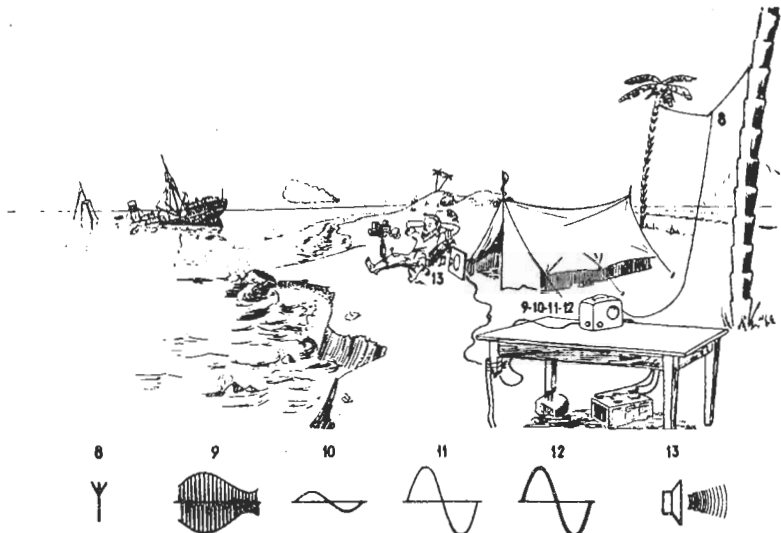
52. Het ontvangtoestel

Het ontvangtoestel heeft nu tot taak de op de antenne ontvangen signalen, dit zijn de gemoduleerde trillingen (beeld 6 in fig. 1a), zodanig te bewerken, dat alleende modulatie (d.i. de L.F. trilling)



Illustratie van de trillingsoverdracht via een draaggolf. De brief (L.F.-trilling) wordt via de post en trein (draaggolf) getransporteerd naar de plaats van bestemming. Daar zorgt de postbode voor de bezorging (ontvanger) en wordt de brief tenslotte gelezen (luidspreker).

Fig. 2



Een beeld van de verschillende bewerkingen van de ontvangen trillingen in de ontvanger. De op de antenne (8) binnen gekomen trillingen worden eerst geselecteerd. Daarna wordt van de gewenste gemoduleerde trilling (9) de L.F. trilling (10) (modulatie) afgenomen. Deze wordt versterkt (11) en (12) en tenslotte aan de luidspreker toegevoerd (13), waar zij in geluidstrillingen worden omgezet.

Fig. 1b

overblijft en deze na voldoende versterking aan de luidspreker toe te voeren. Deze bewerkingen zijn in principe in fig. 1b weergegeven. Op de antenne (8) komen de trillingen van de verschillende zenders binnen, zodat men in het ontvangtoestel moet beginnen een zeef aan te brengen, die de H.F. trillingen met verschillende frequenties kan scheiden. Dit uitkiezen of selecteren van de verschillende H.F. trillingen geschiedt door middel van afstemkringen (zie paragraaf 54). De gewenste gemoduleerde H.F. trilling (9) wordt nu aan de z.g. detector toegevoerd, die de L.F. trillingen losmaakt van de draaggolf. Men houdt daarna de L.F. trilling (10) over. De door de detector afgeleverde L.F. spanning is echter te zwak om een luidspreker voldoende te laten werken. Daarom wordt de L.F. spanning meestal eerst versterkt (11) en daarna aan een trap toegevoerd, die de vereiste L.F. energie (12) kan leveren om de luidspreker (13) te voeden. De luidspreker zet tenslotte de elektrische trillingen in geluidstrillingen om.

Een ontvanger, waarin men bovenstaande bewerkingen in deze volgorde toepast, noemt men een "rechtuit"- of "cascade"-ontvanger.

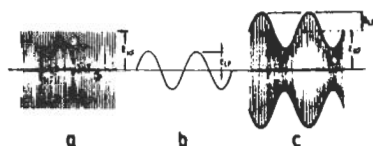
Tegenwoordig maakt men weliswaar hoofdzakelijk z.g. superhetero-

dyne ontvangers. Wij zullen ons echter voorlopig uit overwegingen van eenvoud beperken tot de problemen van de cascadeontvanger.

53. De gemoduleerde draaggolf

In fig. 3 zijn de verschillende stadia van het ontstaan van een gemoduleerde draaggolf apart getekend. In fig. 3a is de draaggolf met constante amplitude getekend.

In fig. 3b is de laagfrequenttrilling weergegeven, terwijl in fig. 3c de combinatie van beide trillingen is afgebeeld. De mate van beïnvloeden van de H.F. trilling door de L.F. trilling drukt men



- a) draaggolf met constante amplitude E_{HF}
 b) L.F. trilling met amplitude E_{LF}
 c) gemoduleerde draaggolf, waarvan

$$\frac{E_{LF}}{E_{HF}} = 0,5$$

Fig. 3

uit in de "modulatie diepte". De modulatie diepte is de verhouding van de amplitude van de L.F. trilling tot die van de ongemoduleerde draaggolf. De modulatie diepte, die men in procenten uitdrukt, is dus gelijk aan:

$$\text{modulatie diepte} = \frac{\text{amplitude L.F. trilling}}{\text{amplitude H.F. trilling}} \times 100\% = \frac{E_{LF}}{E_{HF}} \times 100\%.$$

In fig. 3c is de modulatie diepte 50%.

De voortplantingssnelheid van de H.F. elektrische trillingen is even groot als die van de trillingen waaruit de lichtstralen bestaan; ze bedraagt ca. 300.000 km per seconde. De golflengte, d.i. de afstand die een trilling in 1 periode aflegt (zie les 9) is gelijk aan:

$$\text{golflengte} = \frac{300.000.000}{\text{frequentie (Hz)}} \text{ meter}^x$$

Voor een H.F. trilling met een frequentie van 1 MHz = 1000.000 Hz is dus de golflengte:

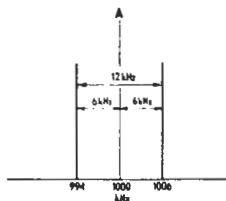
$$\text{golflengte} = \frac{300.000.000}{1.000.000} = 300 \text{ meter}$$

Men spreekt daarom zowel over de golflengte als over de frequentie van een zender. Voor de omroep maakt men hoofdzakelijk gebruik van radiogolven met golflengten die liggen in de volgende bereiken:

x) Men gebruikt voor de golflengte het symbool λ (spreek uit lambda); de λ is de Griekse letter l.

- | | | |
|-----------------------|---|-------------------|
| 1) lange golven | : | van 600 - 2.000 m |
| 2) middengolven | : | van 200 - 600 m |
| 3) korte golven | : | van 10 - 200 m |
| 4) ultra korte golven | : | kleiner dan 10 m |

Tot nu toe hebben wij het doen voorkomen, alsof de zender slechts één golf uitzendt: de draaggolf, die weliswaar gemoduleerd is. Het blijkt echter, dat een gemoduleerde draaggolf samengesteld is uit trillingen met verschillende frequenties. Een draaggolf die b.v. met een enkele frequentie is gemoduleerd, is samengesteld uit 3 verschillende trillingen, waarvan de frequenties gelijk zijn aan de frequentie van de draaggolf zelf, de som van de draaggolf- en modulatiefrequentie en het verschil van beide frequenties. Is de draaggolffrequentie b.v. 100 kHz en de frequentie van de modulerende spanning 1000 Hz = 1 kHz, dan zal deze gemoduleerde draaggolf bestaan uit drie trillingen, waarvan de frequenties zijn 99 kHz, 100 kHz en 101 kHz.



Gaan wij er van uit, dat alle geluidstrillingen tussen 50 en 6000 Hz goed moeten worden overgedragen, d.w.z. dat de L.F. modulatiefrequenties van 50 tot 6000 Hz goed moeten overkomen, dan moeten wij er mee rekenen, dat naast de draaggolf trillingen ontstaan, waarvan de ene een frequentie van max. 6000 Hz groter, en de ander een frequentie van max. 6000 Hz kleiner dan die van de draaggolf bezit. In de practijk zal men zelden de draaggolf met één frequentie moduleren, doch met verscheidene tegelijk. Tijdens een muziekuitzending worden b.v. tientallen geluidstrillingen met verschillende frequenties tegelijkertijd door de microfoon in elektrische trillingen omgezet. Een draaggolf, gemoduleerd met trillingen afkomstig van deze muziek, zal dus opgebouwd zijn uit even zovele golven met verschillende frequenties, die aan weerszijden van de draaggolffrequentie liggen. Dit heeft tot gevolg, dat een zender een bepaald frequentiegebied in beslag neemt. Men noemt dit gewoonlijk de frequentieband van de zender of een kanaal. De frequentiebanden aan weerszijden van de draaggolffrequentie noemt men de zijbanden. De breedte van de zijband is gelijk aan de hoogste modulatiefrequentie die men wil overbrengen. In het bovengenoemde voorbeeld was de hoogste modulatiefrequentie 6 kHz. Uit frequentie-oogpunt zou een zender bij deze modulatiefrequentie een frequentieband in beslag nemen die gelijk is aan $2 \times 6 = 12$ kHz.

Als een draaggolf A met een frequentie 1000 kHz is gemoduleerd met een frequentie van 6 kHz, ontstaan naast de draaggolffrequentie twee zijfrequenties gelijk aan $1000 + 6 = 1006$ kHz en $1000 - 6 = 994$ kHz.

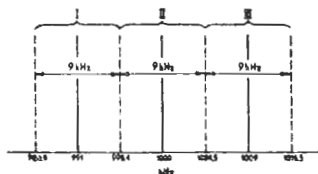
Fig. 4

Wij hebben in de voorgaande les gezien, dat het frequentiegebied van het geluid eigenlijk veel groter is en men zou uit kwaliteitsoverwegingen er naar willen streven om het volledige frequentiegebied van het geluid over te brengen. Uit praktische overwegingen is dit echter niet mogelijk. Het middengolfgebied bestrijkt b.v. een fre-

Wij hebben in de voorgaande les gezien, dat het frequentiegebied van het geluid eigenlijk veel groter is en men zou uit kwaliteitsoverwegingen er naar willen streven om het volledige frequentiegebied van het geluid over te brengen. Uit praktische overwegingen is dit echter niet mogelijk. Het middengolfgebied bestrijkt b.v. een fre-

quentiegebied van 500 - 1500 kHz. Dit geeft dus een frequentieruimte van $1500 - 500 = 1000$ kHz. Zou men nu de zenders willen gaan moduleren met als hoogste frequentie $15000 \text{ Hz} = 15 \text{ kHz}$, dan zou elke zender een frequentieband van 30 kHz in beslag nemen. Men heeft ter beschikking 1000 kHz, zodat in het middengolfg gebied plaats zou zijn voor $\frac{1000}{30} = 33$ zenders. Intussen is het aantal omroepzenders derma-

te toegenomen, dat er een waar gedrang in het frequentiegebied is ontstaan, zodat men internationaal isovereengekomen, dat de afstand der draaggolffrequenties een bepaald minimum bedrag moet bedragen. Voor Europa is deze afstand op 9 kHz gesteld, voor Amerika b.v. op 10 kHz. Dit betekent voor de Europese landen, dat voor elke zender een frequentieband van 9 kHz beschikbaar is en dat elke zijband een breedte heeft van $4\frac{1}{2}$ kHz. De hoogste frequentie van de modulerende trilling mag dus feitelijk $4\frac{1}{2}$ kHz niet overschrijden. Men krijgt dan het beeld van fig. 5.



Elke zender heeft een frequentieband van 9 kHz ter beschikking. De onderlinge frequentieafstand tussen de zenders is dus eveneens 9 kHz.

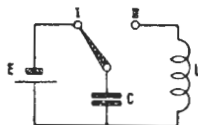
54. De afstemkring

Fig. 5

In de ontvang-antenne worden nu door de gemoduleerde draaggolven van de verschillende zendstations spanningen geïnduceerd, die verschillende frequenties bezitten. Wij hebben dus allereerst een zeef nodig, die alleen de gewenste zender met het bepaalde muziekprogramma doorgeeft. De selectie (het kiezen van de zenders) geschiedt met behulp van afstemkringen. Het is logisch, dat men een dergelijke afstemkring opbouwt uit elementen, waarvan de eigenschappen afhankelijk zijn van de frequentie. Uit de lessen 7 en 8 hebben wij geleerd, dat de condensator en de spoel een frequentieafhankelijk karakter bezitten. De wisselstroomweerstand van de spoel neemt toe met de frequentie, die van de condensator neemt af met de frequentie.

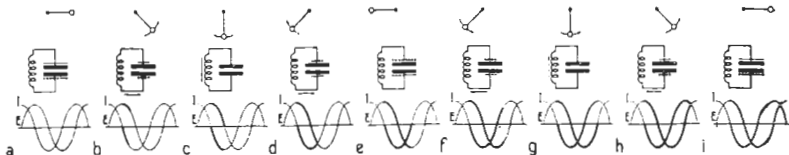
Een afstemkring bestaat altijd uit een combinatie van een spoel en een condensator. Wij zullen daarom eerst het gedrag van deze combinatie onder verschillende omstandigheden bekijken. Daartoe gaan wij uit van fig. 6, waarin de condensator C via de schakelaar in stand I wordt opgeladen door de batterij E. Daarna wordt de schakelaar in stand II gebracht. Wat er nu gaat gebeuren, willen wij aan de hand van fig. 7a t/m 1 stap voor stap volgen.

In fig. 7a is de toestand, onmiddellijk na het overschakelen in stand II, voorgesteld. De condensator is dus geladen.



Stand I van schakelaar: De condensator C wordt door de batterij opgeladen. Stand II van schakelaar: De spoel is parallel aan de condensator geschakeld, waardoor een elektrische trilling in deze kring ontstaat. Fig. 6

Nu zal de condensator zich gaan ontladen over de spoel I; de overmaat aan electronen op de bovenste plaat zal zich via de spoel naar de onderste plaat, die positief is en dus een tekort aan electronen heeft, verplaatsen. Er zal dus een electronenstroom gaan vloeien in de richting van de pijl, aangegeven in fig. 7b. Door deze stroomverplaatsing ontstaat in de spoel een inductiespanning, die een zodanige richting heeft, dat zij de stroomverandering tracht tegen te wer-



Verschillende fazen van het ontstaan van een elektrische trilling in een kring. Bovenaan de figuren zijn tevens de overeenkomstige posities van een slingerende kogel getekend.

Fig. 7

ken. De ontlading van de condensator C zal zich voortzetten tot de condensator volledig ontladen is (fig. 7c), waarbij de stroom in de kring zijn maximale waarde bereikt.

Bij geheel ontladen condensator is er geen spanning meer over de spoel, zodat er geen reden is om de stroom in de spoel nog groter te laten worden of gelijk te houden. De stroom neemt dan ook in waarde af.

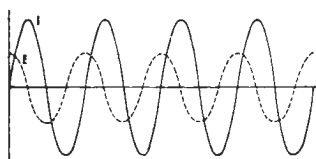
Miertegen verzet de spoel zich echter, zodat nu de inductiespanning een richting krijgt, die zich verzet tegen het afnemen van de stroom. De stroom zal dus blijven voortvloeien en de condensator C in tegengestelde richting gaan opladen (fig. 7d). Dit opladen gaat door tot de spanning over de condensator C haar maximale waarde heeft bereikt (fig. 7e). Wij hebben nu in principe dezelfde toestand gekregen als waarin begonnen werd, met dit verschil, dat de condensator in tegengestelde richting is opgeladen. Er heeft eigenlijk een uitwisseling van energie tussen condensator en spoel plaats gehad. De condensator was eerst opgeladen, zodat op de platen een zekere hoeveelheid energie aanwezig was. Deze energie wordt omgezet in de spoel in magnetische energie, waarna deze magnetische energie weer wordt omgezet in de elektrische energie op de condensator. De zelfde verschijnselen spelen zich daarna af in tegengestelde richting (zie fig. 7f t/m i), zodat in de laatste fase (fig. 7i) weer dezelfde toestand is bereikt als aan het begin in fig. 7a.

In fig. 7 is tevens het verloop van de spanning over de condensator en de stroom in de kring afgebeeld. U ziet dat in de kring een sinusvormige wisselstroom is ontstaan; men spreekt wel van een trilling, en dat de kring in trilling is geraakt. Als de spoel en de condensator zonder verliezen zouden zijn, zou men een eeuwig durende trilling in de kring krijgen, d.w.z. men zou een eeuwig durende uitwisseling van de energie van de condensator naar de spoel en omgekeerd krijgen. Er zou dan een sinusvormige wisselstroom ontstaan met een constante amplitude; men noemt dit een ongedempte trilling. Fig. 8 geeft hiervan een beeld.

Zoals wij in de lessen 7 en 8 hebben gezien, zijn de spoel en de condensator echter nimmer zonder weerstand. Deze weerstand zetelt vooral in de spoel in de vorm van de ohmse weerstand van de draad en de toename daarvan tengevolge van het z.g. skineffect. Dit heeft tot gevolg, dat bij elke uitwisseling van energie van de condensator naar de spoel en omgekeerd, enige energie verloren gaat in deze weerstand. De amplitude van de stroom in de kring en van de spanning over de kring zal diengevolge steeds kleiner worden en de trilling zal na een bepaalde tijd, afhankelijk van de grootte van de weerstand, uitsterven. Men noemt een dergelijke trilling een gedempte trilling.

Het trillingsverschijnsel in een kring kan men zeer eenvoudig en duidelijk demonstreren met een mechanische slinger, b.v. een kogel die aan een dunne draad is opgehangen. In fig. 7 zijn bovenaan de verschillende posities van een slingerende kogel weergegeven. In de eerste positie is de kogel horizontaal gehangen. De kogel heeft als het ware een voorspanning, onder invloed waarvan hij zal gaan bewegen. In positie c heeft hij de rusttoestand bereikt, maar door de snelheid, die hij verkregen heeft, slingert hij door. In de positie e is de voorspanning dus nul, maar de snelheid het grootst. Dit correspondeert met de elektrische situatie in de kring, waarin de stroom zijn grootste waarde heeft op het moment, dat de spanning over de condensator nul is. In positie g heeft de kogel zijn andere uiterste stand bereikt; daarna slingert hij terug, passeert het nulpunt (pos. g) en bereikt weer zijn uiterste stand, die overeenkomt met de beginstand. Op dat moment is een volledige heen- en weer slingering volbracht; in de kring was dan een complete periode van de sinusvormige stroom volbracht.

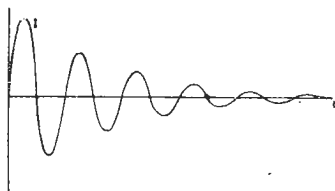
Indien de kogel in het geheel geen weerstand zou ondervinden, zou eveneens een eeuwig durende slingering ontstaan met een constante amplitude. In werkelijkheid ondervindt de kogel echter terdege weerstand. Deze weerstand ontstaat door de wrijving in zijn ophangpunt en door de weerstand die de lucht biedt. Dit heeft tot gevolg, dat de kogel op de duur uitslingert en tot rust komt.



Een sinusvormige stroom en spanning met constante amplitude noemt men een ongedempte trilling.

Fig. 8

Men krijgt dan het beeld van fig. 9.



Voorbeeld van een gedempte trilling.

Fig. 9

De tijd, waarin een trilling in een kring tot stand komt, d.w.z. van een periode, hangt af van de grootte van de capaciteit en van de zelfinductie. Een grote capaciteit kan een grote lading herbergen. Het opladen en het ontladen van een grote capaciteit zal dan echter meer tijd nemen. Het zelfde geldt voor de grootte van de zelfinductie van de spoel. Een grote zelfinductie veroorzaakt een sterker magnetisch veld, waardoor de vereiste tijd voor het opbouwen van het veld groter zal zijn dan in het geval van een kleinere zelfinductie. Als de tijd groter is, betekent dit, dat er minder perioden per seconde volbracht worden, dus dat de frequentie lager is. *De frequentie van de opgewekte trilling is dus afhankelijk van de grootte van de capaciteit en van de zelfinductie. Zij wordt groter, naarmate de capaciteit en de zelfinductie kleiner zijn en omgekeerd.*

Men kan bewijzen, dat de frequentie van een trilling in een kring wordt bepaald door de formule:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{6,28\sqrt{LC}}$$

waarin f = frequentie in Hz

L = zelfinductie in Henry

C = capaciteit in Parad.

Voorbeelden

1. Een spoel met een zelfinductie van 2 mH en een condensator van 500 pF vormen samen een kring. Wat is de frequentie van de kringstroom, als een bepaalde lading op de condensator wordt aangebracht?

De frequentie berekenen wij uit bovenstaande formule. Vullen wij hierin de waarden van L en C in, dan krijgen wij:

$$f = \frac{1}{2 \times 3,14 \sqrt{\frac{2}{1000}} \times \frac{500}{1.000.000.000.000}}$$

$$= \frac{1}{6,28 \sqrt{\frac{1000}{1.000.000.000.000.000}}}$$

$$= \frac{1}{6,28 \sqrt{\frac{1}{1.000.000.000.000.000}}}$$

$$= \frac{1}{6,28 \frac{1}{1.000.000}} = \frac{1.000.000}{6,28} = \text{ca. } 160.000 \text{ Hz}$$

$$= \text{ca. } 160 \text{ kHz}$$

2. Een kring bestaande uit een condensator en een spoel moet in een frequentie van 500 kHz gaan trillen. De spoel heeft een zelfinductie van 1 mH. Hoe groot moet de capaciteit van de condensator zijn?

LES 10

tor zijn?

Wij gaan weer uit van de formule:

$$f = \frac{1}{2 \pi \sqrt{LC}}$$

De moeilijkheid is nu, dat de capaciteit C onder het wortelteken voorkomt. Wij gaan daarom eerst deze formule in het kwadraat verheffen (voor het begrip kwadraat zie men les 6, par. 29b). Wij krijgen dan:

$$f^2 = \frac{1}{4 \times 10 \times L \times C}$$

(Hierin zijn reeds de kwadraten van 2 en π ingevuld).

C wordt nu:

$$C = \frac{1}{40 \times f^2 \times L}$$

$$C = \frac{1}{40 \times 500.000 \times 500.000 \times \frac{1}{1000}}$$

$$C = \frac{1}{10.000.000.000} \quad F = 100 \text{ pF}$$

Uit het bovenstaande bleek, dat een kring uitslingert als men een bepaalde energie heeft toegevoerd en de kring daarna aan haar lot overlaat. In het ontvangtoestel is de situatie echter anders. Hierin wordt aan de kring een wisselstroom met een bepaalde frequentie toegevoerd; de kring wordt dus niet aan zichzelf overgelaten en krijgt nu geen kans om uit te slingeren.

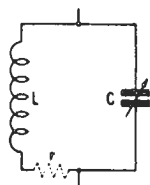
In tegendeel, er zal in de kring een elektrische trilling aan de gang gehouden worden, waarvan de grootte o. a. van het feit zal afhangen, of de frequentie van de toegevoerde stroom gelijk is aan de eigen trillingsfrequentie (zie formule op voorgaande bladzijde) van de kring. Men zegt dan dat de kring in resonantie is, d. w. z. meetrikt in de frequentie van de stroom, die aan de kring wordt toegevoerd. Men kan dit weer direct inzien als men teruggrijpt naar de slingerende kogel. De kogel slingerde uit ten gevolge van de luchtweerstand en de demping in zijn ophangpunt. Als men nu iedere keer als de kogel zijn ene amplitude bereikt, een zetje geeft, krijgt de kogel energie toegevoerd en zal hij aan het slingeren blijven. Het extra zetje moet echter steeds op het juiste moment gegeven worden, d. w. z. op het moment dat de kogel in zijn uiterste stand is. Het rythme waarin deze zetjes worden gegeven moet dus gelijk zijn aan het rythme van de slingering van de kogel.

Zoals reeds in het voorgaande gezegd, bevindt zich in elke kring een bepaalde verliesweerstand, die men door een gewone Ohmse weerstand voorstelt. Als men echter het schema van een ontvangtoestel bekijkt, zal men nimmer deze weerstand in het schema getekend zien. Men zou echter een kring feitelijk moeten tekenen zoals in fig. 10 is weergegeven. Wij hebben hierin opzettelijk de weerstand

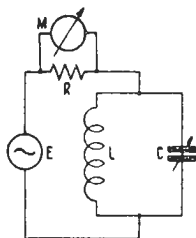
gestippeld getekend, omdat hij in parasitaire vorm aanwezig is. Verder denkt men in een dergelijk schema de spoel en de condensator volkomen verliesvrij.

Om het gedrag van een parallelkring nader te bekijken, gaan we deze kring schakelen volgens fig. 11. Deze kring bestaat uit een spoeltje met een zelfinductie van 15,4 mH (waarvan de verliesweerstand ca. 100 Ohm is) en een condensator van 17500 pF^x)

De kring wordt aangesloten via een weerstand van 100 Ohm, waarover een wisselspanningsmeter geschakeld is, op de uitgangsklemmen van een toongenerator (een toongenerator is een instrument, dat een constante wisselspanning voor verschillende frequenties in het hoorbare gebied kan leveren). Men stelt nu de toongenerator bij een spanning van 10 V op verschillende frequenties in en men noteert daarbij de waarden van de gemeten spanning. (De stroom vindt men dan door de gemeten spanning te delen door de weerstand van 100 Ohm). Wij hebben deze stroomwaarden in onderstaande tabel verzameld:



Principeschema van een parallelkring. Fig. 10



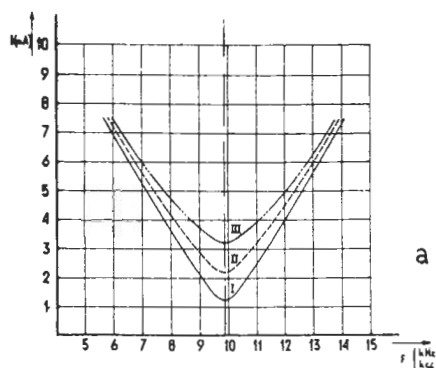
Schema voor het opnemen van een resonantiekromme van een parallelkring bij lage frequenties.
E = toongenerator
R = weerstand van 100 Ohm
M = wisselspanningsmeter

Fig. 11

f (kHz)	I (mA)	Z ($= \frac{E}{I}$) (k Ω)
7	5,3	1,9
7,5	4,5	2,2
8	3,6	2,8
8,5	2,8	3,6
9	2	5
9,5	1,4	7,2
9,8	1,16	8,6
10	1,18	8,5
10,5	1,7	6
11	2,4	4,2
11,5	3,2	3,1
12	4	2,5
12,5	4,8	2,1
13	5,6	1,8

x) Wij hebben voor deze proef de onderdelen van een z.g. fluitfilter genomen, dat in vele Philips ontvangapparaten wordt toegepast. Wil men eventueel zelf de proef nemen, dan kan men hiervoor gebruiken de spoel codenummer A1 000 68.2 en een condensator van 17500 pF.

Het blijkt, dat de stroom bij een bepaalde frequentie (9,8 kHz) een minimale waarde heeft. Hieruit volgt, dat de wisselstroomweerstand (of impedantie)^{x)} voor deze frequentie het grootst is.



a

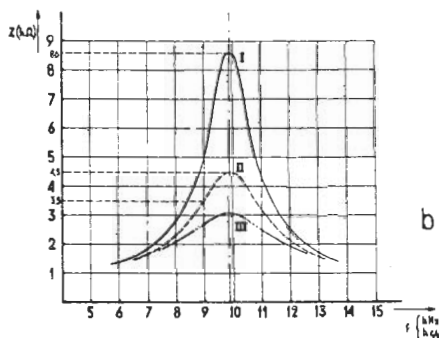
- a) De stroom naar de parallelkring van fig. 12, afhankelijk van de frequentie van deze stroom.
b) De impedantie van de kring, afhankelijk van de frequentie.

Kromme I - de kring heeft een totale verliesweerstand van 100 Ohm.

Kromme II - de weerstand r is 200 Ohm.

Kromme III - de weerstand r is 310 Ohm.

Fig. 12



b

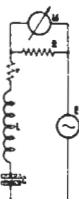
Voor frequenties die lager en hoger dan deze frequentie zijn, neemt de stroom door de weerstand R toe en neemt de impedantie van de kring dus af. In de derde kolom van bovenstaande tabel zijn de waarden van de impedanties van de parallelkring vermeld. Zet men de waarden uit de tabel in een grafiek uit, dan ontstaan de figuren 12a en b (Kromme I). In fig. 12a is op de horizontale as de frequentie uitgezet, op de verticale as de stroom.

De waarden van de impedantie van de kring, afhankelijk van de frequentie, zijn in fig. 12b afgebeeld. Hierin ziet men dat de kring zijn grootste weerstand heeft bij een frequentie van 9,8 kHz en dat deze impedantie het grootst is als de verliesweerstand van de kring

x) Zodra een keten uit een samenstelling van een spoel en een condensator met weerstand bestaat, spreekt men van impedantie, in plaats van wisselstroomweerstand. Deze impedantie wordt aangegeven met Z .

het kleinst is^{x)}. De krommen II en III zijn gemeten voor een totale verliesweerstand van 200 Ω resp. 310 Ω .

Herhalen wij deze proef voor de serieschakeling van de spoel en de condensator, zodat men het schema van fig. 13 krijgt, en noteren wij hiervan eyeneens de waarden van de stroom bij verschillende frequenties, dan ontstaat onderstaande tabel. De waarden van de impedantie Z zijn weer berekend uit de generator-spanning (die in dit geval 1 V bedraagt) en de gevonden stroom.



f (kHz)	I (mA)	Z ($= \frac{E}{I}$) (Ohm)
7	1,6	625
7,5	2	500
8	2,5	400
8,5	3,4	295
9	4,8	205
9,5	7,3	140
9,8	8,9	110
10	8,8	113
10,5	5,9	170
11	4	250
11,5	3	39
12	2,2	450
12,5	1,7	580

Schema voor het opnemen van een resonantiekromme van een seriekring bij lage frequenties.

E = toongenerator

R = weerstand van 15 Ohm

M = wisselspanningsmeter.

Fig. 13

Het merkwaardige feit treedt nu op, dat de stroom juist *maximaal* is bij de resonantie-frequentie. Verder blijkt deze resonantie-frequentie, bij gebruik van dezelfde spoel en condensator, dezelfde waarde te hebben als bij de parallelschakeling. Aangezien de generatorspanning constant gehouden is, volgt uit de wet van Ohm dat de impedantie van de seriekring bij de resonantie-frequentie het kleinst is en buiten resonantie in waarde toeneemt. Zet men de meetresultaten voor de serieschakeling in een grafiek uit, dan ontstaan fig. 14a en b. Hierin gelden de krommen I, II en III voor een verliesweerstand van de kring van 110 Ohm, 210 Ohm, resp. 320 Ohm.

x) Men kan bewijzen, dat de impedantie van een parallelkring, bij de resonantie-frequentie, gelijk is aan

$$Z = \frac{L}{rC}$$

waarin L = zelfinductie in H

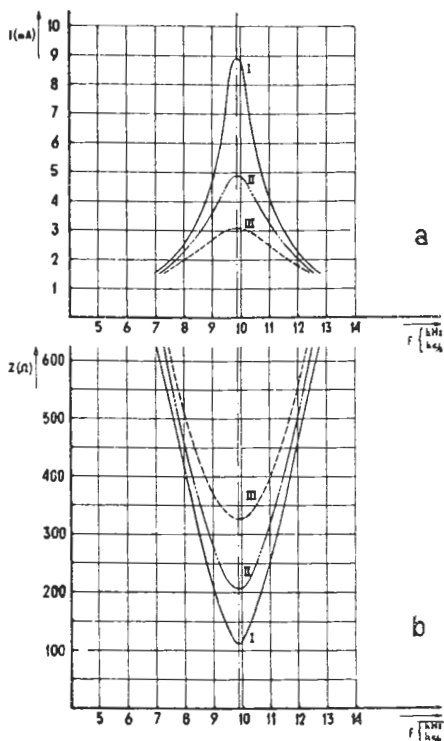
r = totale weerstand in de kring in Ohms

C = capaciteit in F.

Voor bovengenoemd voorbeeld geeft dit:

$$Z = \frac{0,0154}{100 \times \frac{17500}{1.000.000}} = \text{ca. } 8600 \text{ Ohm} = \text{ca. } 8,6 \text{ k}\Omega$$

Uit de formule volgt verder, dat een grotere verliesweerstand een kleinere kringimpedantie tot gevolg heeft, hetgeen ook reeds bij de metingen werd geconstateerd.



a. De stroom door de seriekring van fig. 14 afhankelijk van de frequentie.

b. de impedantie van de kring, afhankelijk van de frequentie.

Kromme I: De kring heeft een totale verliesweerstand van ca. 110 Ohm

Kromme II: De totale verliesweerstand is ca. 210 Ohm

Kromme III: De totale verliesweerstand is ca. 320 Ohm.

Fig. 14

Wij hebben uit fig. 12 gezien, dat de impedantie van een parallelkring groter is naarmate de verliesweerstand kleiner is. Verder bleek de impedantie het grootst te zijn bij de resonantie-frequentie, terwijl zij afnam naarmate de frequentie van de wisselspanning meer afweek van de resonantie-frequentie. Nu is de kring in het ontvangtoestel meestal zodanig geschakeld dat een constante wisselstroom aan de kring wordt toegevoerd. Hoe groter dan de impedantie is, des te groter zal de spanning over de kring zijn. Aangezien de impedantie van de kring afneemt als de kring buiten afstemming is, d.w.z. als de frequentie van de wisselspanning niet overeenkomt met de resonantie-frequentie van de kring, zal de spanning over de kring buiten afstemming kleiner zijn. Als men nu twee even grote stromen met verschillende frequenties aan de kring toevoert en de kring is afgestemd op één van deze frequenties, dan zullen over de kring wisselspanningen ontstaan, waarvan de grootte afhankelijk is van de frequentie en van de impedantie van de kring voor de betreffende wisselspanning. De wisselstroom met een frequentie, gelijk aan de resonantie-frequentie, zal een veel grotere spanning over de kring doen ontstaan dan de stroom met de afwijkende frequentie. Het verschil in spanning is afhankelijk van het frequentie-verschil en van de vorm van de resonantie-kromme (zie fig. 12). Vergelijken we in deze kromme het verschil in impedantie, waarmede de spanning evenredig is, voor een frequentie-verschil van 800 Hz, dan noteren we de volgende waarden:

Voor kromme I is de impedantie in resonantie gelijk aan $8,6 \text{ k}\Omega$. bij 9 kHz (dus voor een verstemming van 800 Hz) $5 \text{ k}\Omega$. De verhouding van beide impedantiewaarden levert het getal $\frac{5}{8,6} = 0,58$ op. Dit betekent dus, dat het signaal met een frequentie van 9 kHz $0,58$ maal zwakker doorkomt t.o.v. het signaal van $9,8 \text{ kHz}$ (resonantiefrequentie).

Voor de kromme II noteren we, bij dezelfde frequenties, de waarden $4,5 \text{ k}\Omega$, en $3,5 \text{ k}\Omega$, zodat hiervan de verhouding wordt $0,78$. Bij deze kring wordt het signaal met dezelfde afwijkende frequentie minder sterk verzwakt dan in het geval van de kring van kromme I. Men noemt de kring van kromme I selectiever dan die van kromme II. De eigenschap om stromen of spanningen met verschillende frequenties te selecteren noemt men de selectiviteit.

Uit deze voorbeelden volgt dat de selecterende eigenschap des te beter is, naarmate de verliesweerstand van de kring kleiner is. Verder bleek uit het bovenstaande dat de impedantie van een parallelkring dan groter was. Blijkbaar is de kwaliteit van de kring in sterke mate afhankelijk van de verliesweerstand. Men drukt deze kwaliteit in een factor uit, de zogenaamde kwaliteitsfactor (gesymboliseerd door de letter Q)^{x)}

Hetzelfde geldt voor een seriekring. Uit fig. 14 ziet men, dat de seriekring des te selectiever is, naarmate de verliesweerstand in de kring kleiner is. De totale impedantie zal nu echter des te kleiner zijn naarmate de kwaliteit van de kring beter is. In dit opzicht is het gedrag van een seriekring juist tegengesteld aan dat van een parallelkring.

Schets van een spoelstel met variabele zelfinductie.

a = kern van ijzerpoeder

b = kernlichaam

c = spoel

d = tandradoverbrenging waarmee de kern a in de spoel c kan worden geshoven.

e = draaias.

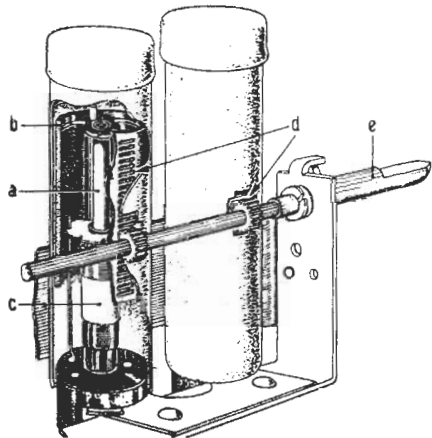


Fig. 15

x) Voor deze factor Q geldt de formule:

$$Q = \frac{6,28 fL}{r}$$

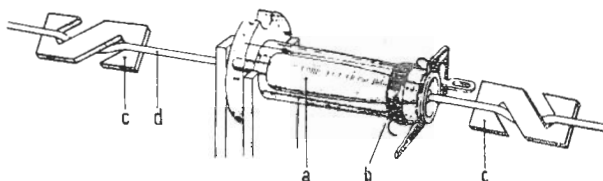
waarin f = frequentie in Herz

L = zelfinductie in H

r = verliesweerstand in Ohm.

De kringen in het ontvangerstoestel hebben gewoonlijk een kwaliteitsfactor Q tussen ca. 50 en 150.

Uit de formule op blz. 9 bleek, dat de resonantie-frequentie afhankelijk is van de waarde van de condensator en de zelfinductie. Men kan dus de resonantie-frequentie variëren door de capaciteit van de condensator of de zelfinductie van de spoel te veranderen. Voor een continue verandering van de capaciteit maakt men gebruik van de variabele condensator; voor een kleine verandering of bijregeling van de capaciteit gebruikt men de trimmers (zie les 8). In de meeste ontvangoestellen wordt een variabele condensator gebruikt. In sommige apparaten maakt men echter ook wel gebruik van een veranderlijke zelfinductie. Fig. 15 toont een voorbeeld van een spoelstel met variabele zelfinductie. Hierin wordt een kern 'a' meer of minder in het spoelstel 'c' geschoven. Dit geschiedt via de draaias 'e' en de tandradoverbrenging 'd', waarmee het kernlichaam 'b' op en neer kan worden geschoven. Naarmate de kern meer in de spoel wordt geschoven, wordt de zelfinductie groter. Deze kern is van speciaal magnetisch materiaal gemaakt (zie hiervoor ook par. 38B, les 7).



Schets van een variabele zelfinductie voor bijregeling van een kring.

a = metalen kogel, bevestigd op aandrijfkoord d.

b = spoel

c = klemplaatjes, die de afstand, waarover de spoel zich kan verplaatsen, bepaalt.

Fig. 16

Fig. 16 toont een andere uitvoering van een variabele zelfinductie. Hierbij wordt een metalen kogel 'a', die op het aandrijfkoord van de afstemming is bevestigd, meer of minder in de spoel 'b' geschoven. De zelfinductie wordt hierbij kleiner naarmate de metalen kogel meer in de spoel wordt gebracht. Het in resonantie brengen van de kring door middel van verandering van de capaciteit of de zelfinductie noemt men afstemmen.

Uit de formule op blz. 9 volgt verder hoe groot het frequentiegebied is van een bepaalde afstemkring. Heeft men bij een bepaalde waarde van de spoel en de condensator een frequentie van 500 kHz, en varieert men de capaciteit van de condensator zodanig dat deze 9 maal zo klein is geworden, dan zal de frequentie 3 maal zo groot geworden zijn (de capaciteit staat in deze formule onder het wortelteken). Wij hebben in les 8 gezien, dat de maximum capaciteit van de variabele condensator ca. 500 pF bedraagt. Meestal staat parallel aan deze condensator nog een afregelcondensator of trimmer met een capaciteit van ca. 25 pF, terwijl bovendien de bedrading t.o.v. het chassis een bepaalde capaciteit (bv. ca. 15 pF) vertegenwoordigt (deze zgn. parasitaire capaciteit wordt gevormd door de bedrading als de ene plaat en het chassis als de andere plaat met lucht als dielectricum). De totale capaciteit in de maximum stand van de condensator wordt dan $500 + 25 + 15 = 540$ pF. De minimum capaciteit wordt bepaald door de nulcapaciteit van de variabele condensator in combinatie met de hiervoor genoemde capaciteiten van $25 + 15$ pF.

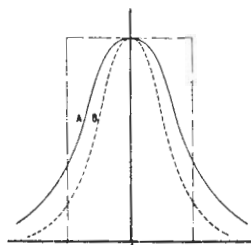
Stellen we de totale minimumcapaciteit op 60 pF, dan wordt de maximale capaciteitsvariatie $60 \text{ pF} : 540 \text{ pF} = 1 : 9$. Zoals hierboven reeds vermeld, varieert de frequentie, waarvoor de kring in resonantie kan worden gebracht, in de verhouding 1 : 3.

Zoals wij in par. 53 hebben gezien, moeten de frequenties van de draaggolven van de verschillende zenders een onderling verschil hebben van 9 kHz. Men drukt de selectiviteit van de kringen van een ontvangtoestel gewoonlijk uit in de frequentieafwijking t.o.v. de resonantie-frequentie die nodig is om een verzwakking van 1/10 te verkrijgen. Het blijkt dan, dat men dit met een enkele kring niet kan verwezenlijken, zodat men meer kringen achter elkander gebruikt.

Deze zin behoeft echter enige correctie. Uit oogpunt van selectiviteit zou men desnoods met 1 kring kunnen uitkomen. Deze kring zou echter een dermate scherpe top vertonen, dat de hoge modulatiefrequenties te sterk zouden worden verzwakt (zie bv. de krommen A en B in fig. 17). Uit par. 53 bleek immers, dat de zender een frequentieband uitzendt, zodat de afstemkromme een dusdanige vorm moet hebben dat de zijbanden onverzwakt worden doorgelaten. Men zou dus eigenlijk een afstemkromme met een rechthoekige vorm van fig. 17 willen hebben: een brede top en zeer steile flanken. Men zou de oplossing kunnen zoeken in het gebruik van meer afstemkringen die ten opzichte van elkander zijn verstemd (in televisie-ontvangers wordt dit inderdaad gedaan). De totale resonantiekromme krijgt dan het beeld van fig. 18. Voor het normale radio-ontvangtoestel is dit echter geen praktische oplossing, omdat men bij het gebruik van meer kringen de variabele afstemcondensator door middel van één knop wil bedienen (de zgn. éénknopsafstemming). De oplossing heeft men gevonden in het gebruik van gekoppelde kringen (bandfilters).

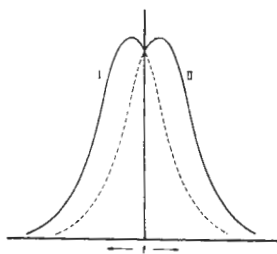
55. Het bandfilter

In les 7 is de magnetische koppeling tussen twee spoelen behandeld. Hierbij hebben wij gezien dat de mate van koppeling werd uitgedrukt in de coëfficiënt van



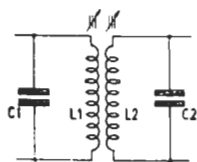
Twee voorbeelden (A en B) van een resonantiekromme van een enkele kring. De hogere modulatiefrequenties worden hierbij sterk verzwakt. De rechthoek geeft de vorm van een ideale resonantiekromme.

Fig. 17



Resonantiekrommen van twee ten opzichte van elkander verstemde kringen. De totale resonantiekromme wordt weergegeven door de getrokken lijn I - II.

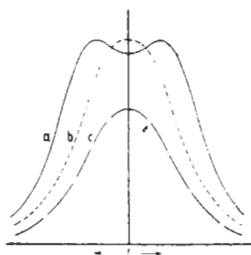
Fig. 18



Principeschema van twee magnetisch gekoppelde kringen (bandfilter).

Fig. 19

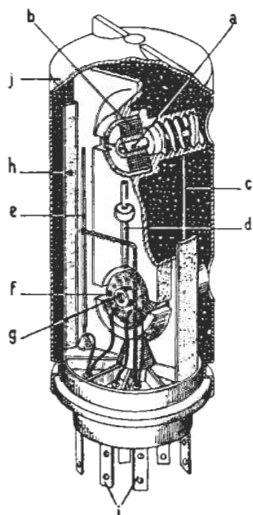
wederzijdse inductie. Door deze koppeling wordt het veld van de koppelende spoelen wederzijds beïnvloed. Gebruikt men nu twee afstemkringen, waarvan men de spoelen magnetisch met elkander koppelt, dan wordt het gedrag van beide kringen wederzijds beïnvloed. Als de koppeling heel zwak is, verkrijgt men een totale resonantie-kromme die dezelfde vorm heeft als die van een enkele kring (fig. 20a). Maakt men de koppeling vaster, dan zal de impedantie van het geheel toenemen, waardoor kromme b ontstaat. Ook deze kromme heeft nog een enkele top. Maakt men de koppeling nog vaster, dan zal de resonantie-kromme twee toppen verkrijgen (fig. 20c), in dezelfde geest als het geval was bij de totale resonantie-kromme van twee ten opzichte



Resonantiekromme van een bandfilter

- a - voor overcritische koppeling
- b - voor kritische koppeling
- c - voor ondercritische koppeling

Fig. 20



Constructieschets van een magnetisch gekoppeld bandfilter.

- a = inschroefbare "Ferroxcube" kern
- b = spoel van de ene kring
- c = vaste keramische condensator parallel aan spoel b
- d = koppelings-staafje van "Ferroxcube"
- e = vaste keramische condensator parallel aan spoel f
- f = spoel van de andere kring
- g = inschroefbare "Ferroxcube" kern
- h = spoelhouder van isolerend materiaal
- i = aansluitlippen van het bandfilter
- j = aluminium bus voor afscherming.

Fig. 21

van elkander verstemde kringen. Men noemt de kringen behorende bij kromme a onder-critisch gekoppeld; in het geval van kromme b critisch gekoppeld zodra de kromme twee toppen vertoont, spreekt men van over-critische koppeling. Zolang men deze koppeling niet te sterk maakt, heeft men het voordeel dat de top van de resonantie-kromme vrij vlak verloopt, terwijl bij een goede kwaliteit van de kringen de steilheid van de flanken groot kan zijn. Op deze wijze kan men de ideale rechthoekige vorm van fig. 17 benaderen, waardoor de frequentieband onverzwakt wordt doorgelaten. Men noemt twee gekoppelde kringen daarom een bandfilter.

Fig. 21 geeft een beeld van een praktische uitvoering van een bandfilter. Twee spoeltjes *b* en *f* zijn op de spoelhouder *h* bevestigd. De koppeling tussen beide spoelen geschiedt door middel van wederzijdse inductie, geholpen door een staafje *d* van ijzerpoeder (*Ferroxcube*). Parallel aan de spoelen zijn vaste keramische condensatoren *e* en *c* geschakeld. De resonantiefrequentie van deze kringen is ca. 450 kHz. Met de inschroefbare *Ferroxcube* kernen *a* en *g* kan deze frequentie worden ingesteld. De verbindingen zijn door een geïsoleerde bodem naar buiten gevoerd via hun aansluitcontacten *i*. Het geheel is afgeschermd door middel van een aluminium bus *j*.

SAMENVATTING

1. Voor het overbrengen van geluid over een grote afstand maakt men in de radiotechniek gebruik van elektrische trillingen met hoge frequentie (draaggolf).
2. Moduleren is het enten van de L.F. trillingen op de H.F. trillingen. Men spreekt dan van een gemoduleerde trilling.
3. Als de *amplitude* van de H.F. trilling door de modulatie in het ritme van de L.F. trilling wordt gevarieerd, spreekt men van amplitude-modulatie.
4. De modulatie-diepte van een gemoduleerde trilling is gelijk aan:

$$\text{modulatie-diepte} = \frac{\text{amplitude L.F. trilling}}{\text{amplitude H.F. trilling}} \times 100\%$$

5. Voor de radiogolven is de golflengte gelijk aan:

$$\text{golflengte} = \frac{300.000.000}{\text{frequentie in Herz}} \text{ meter.}$$

6. Voor de radio-omroep deelt men de golflengten in de volgende gebieden in:

lange golf	:	van 600 - 2000 m
midden golf	:	van 200 - 600 m
korte golf	:	van 10 - 200 m
ultra korte golf	:	kleiner dan 10 m

7. Een zender neemt als gevolg van de modulatie van de H.F. trilling een bepaalde frequentieband in beslag; de breedte hiervan wordt bepaald door de frequentie van de hoogste modulerende toon. De frequentieband bestaat uit twee zijbanden.
8. Een afstemkring wordt gevormd door de combinatie van een spoel en een condensator. Bij parallelschakeling spreekt men van een parallelkring, bij serieschakeling van een seriekring.
9. De frequentie van een trilling in een kring is afhankelijk van de grootte van de capaciteit en van de zelfinductie. De frequentie wordt groter naarmate de capaciteit en de zelfinductie kleiner zijn, en omgekeerd.
10. De resonantie-frequentie van een kring wordt bepaald door de formule:

$$f = \frac{1}{6,28\sqrt{LC}}$$

waarin f = frequentie in Herz,
 L = zelfinductie in H,
 C = capaciteit in F.

11. Zodra een keten uit een samenstelling van een spoel en een

condensator met weerstand bestaat, spreekt men van impedantie (aangegeven door de letter Z).

12. De impedantie van een parallelkring is het grootst in resonantie.

Zij is gelijk aan:
$$Z = \frac{L}{rC}$$

waarin L = zelfinductie in H

r = totale verliesweerstand in de kring in Ω

C = capaciteit in F.

13. De impedantie van een seriekring is het kleinst bij resonantie. Zij is dan gelijk aan de verliesweerstand van de kring.

14. Men drukt de kwaliteit van een kring in de kwaliteitsfactor Q uit. Voor deze factor geldt de formule:

$$Q = \frac{6,28 fL}{r}$$

waarin f = frequentie in Herz

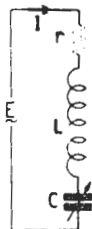
L = zelfinductie in H

r = verliesweerstand in Ω

15. Het afstemmen van een kring, d.i. het in resonantie brengen van de kring, kan geschieden door middel van een variabele condensator of door middel van een spoel met variabele zelfinductie.
16. De eigenschap van een kring om stromen of spanningen met verschillende frequenties te selecteren noemt men de selectiviteit. Men drukt de selectiviteit van een afstemkring gewoonlijk uit in de frequentieafwijking t.o.v. de resonantie-frequentie, die nodig is om een verzwakking van 1/10 te verkrijgen.
17. Twee gekoppelde kringen noemt men een bandfilter. Zodra de resonantie-kromme van het bandfilter, tengevolge van de koppeling, twee toppen vertoont, noemt men de koppeling over-critisch.

Vragen en Vraagstukken

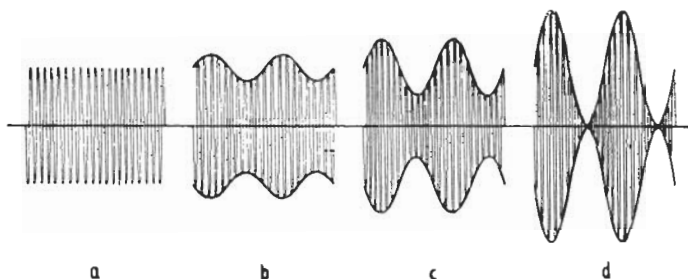
1. De golflengte van een zender is 50 m. Wat is de frequentie van de draaggolf?
2. De frequentie van de draaggolf van een zender is 5 MHz. Wat is de golflengte?
3. Een H.F. spanning heeft een amplitude van 10 V. Zij wordt gemoduleerd met een L.F. spanning ($f \approx 1000$ Hz), met een amplitude van 4 V. Hoe groot is de modulatie diepte? Hoe ziet de gemoduleerde H.F. trilling er dan uit?
4. Als bij dezelfde H.F. trilling de modulatie diepte 60% is, hoe groot is dan de amplitude van de modulerende L.F. trilling?
5. In nevenstaande schakeling is de kring in resonantie voor een frequentie van 1 MHz. De generator spanning E bedraagt $0,1 V_{\text{eff}}$. De weerstand $r = 5 \text{ Ohm}$. Hoe groot is dan de wisselstroom I ?



56. Detectie (demodulatie)

Zoals wij in de voorgaande les hebben geschreven, zouden wij in de eerste plaats rekening houden met zenders met amplitude-modulatie. Wij zullen ons bij de behandeling van detectie dan ook uitsluitend bezig houden met het gelijkrichten van amplitude-gemoduleerde signalen.

Bij amplitude-modulatie wordt de amplitude in het ritme van de frequentie van de modulerende spanning gevarieerd. De grootte van variatie is afhankelijk van de grootte van de modulerende spanning.



- a. Ongemoduleerde H.F.trilling.
 b. Deze H.F.trilling voor 25% gemoduleerd.
 c. Dezelfde H.F.trilling voor 50% gemoduleerd.
 d. Dezelfde H.F.trilling voor 100% gemoduleerd.

Fig. 1

In fig. 1 hebben wij afgebeeld:

- a) een ongemoduleerde H.F. trilling,
 b) deze H.F. trilling voor 25% gemoduleerd,
 c) dezelfde H.F. trilling, doch nu 50% gemoduleerd,
 d) dezelfde H.F. trilling, doch 100% gemoduleerd.

Uit deze figuur is te zien, dat in *c* de grootte van de moduleerende spanning tweemaal die in *b* is, terwijl in *d* deze spanning weer tweemaal die in *c* is. Zoals wij in de vorige les hebben gezien, wordt dit uitgedrukt door de modulatie-diepte, die de verhouding geeft van de amplitude van de modulerende spanning tot die van de ongemoduleerde H.F. spanning.

Wij zullen in de loop van de les zien, dat bij ontvangst van bovengenoemde drie signalen de L.F. wisselspanning aan de weergever (koptelefoon) ook steeds tweemaal zo groot wordt.

Voordat nu het geluid (modulatie) hoorbaar is, moet nog iets met het gemoduleerde H.F. signaal gebeuren. We moeten nl., zoals in les 10 reeds is gezegd, de L.F. modulatie als het ware losmaken van de H.F. draaggolf. Deze bewerking noemen we *demodulatie* of *detectie*, en we gebruiken daarvoor een *detector*.

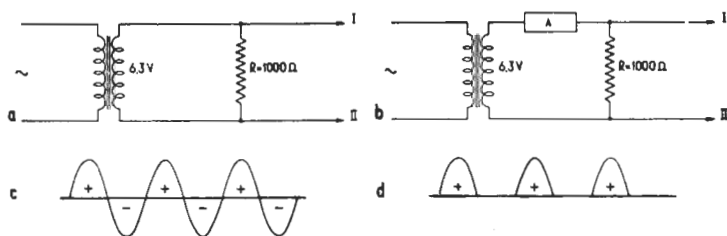
De detector in een radio-ontvanger is het meest essentiële onderdeel; zonder detector is het niet mogelijk de L.F. modulatie los te

maken van de H.F. draaggolf. In volgende lessen zullen wij zien dat in een moderne omroepontvanger ook nog H.F., middenfrequent- en L.F. versterkers voorkomen.

De H.F. - en middenfrequentversterker maken de ontvanger gevoelig voor zeer kleine signaalsterkten. De L.F. versterker stelt ons in staat een groot geluidsvolume te produceren. Wanneer aan deze eigenschappen echter geen eisen worden gesteld, kunnen we deze versterkingen desnoods stuk voor stuk weglaten. De detector moet echter steeds aanwezig zijn om radio-ontvangst mogelijk te maken.

Hoe wordt nu detectie verkregen? Detectie kan worden verkregen door gebruik te maken van een gelijkrichter. Hier komt alweer een vraag naar voren en wel: Wat is een gelijkrichter? Een gelijkrichter is een element dat van een wisselstroom maar één helft van iedere periode doorlaat; de ander helft daarentegen tegenhoudt.

Dit effect kunnen we gemakkelijk als volgt zichtbaar maken (zie fig. 2). Wordt in de schakeling van fig. 2a aan de punten I en II een oscillograaf aangesloten (op de werking van dit instrument komen wij in een latere les terug), dan kunnen we een beeld volgens

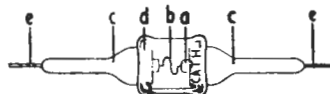


- a. Meetschakeling voor het aantonen van een wisselspanning. De klemmen I en II worden op een oscillograaf aangesloten.
- b. Meetschakeling a met tussenvoeging van een gelijkrichtend element A.
- c. Het beeld van de wisselspanning dat men in schakeling a op een kathodestraaloscillograaf ziet afgebeeld.
- d. Het beeld van de gelijkgerichte spanning dat men in schakeling b op een kathodestraaloscillograaf ziet afgebeeld.

Fig. 2

fig. 2c op het scherm van de oscillograaf waarnemen. Nemen we nu in de secundaire keten van de transformator een gelijkricht - element A op (fig. 2b), dan zal een beeld volgens fig. 2d op de oscillograaf verschijnen. Wij zien dan, dat de spanning over de weerstand R alleen maar uit de positieve helften van de oorspronkelijke wisselspanning bestaat. Er wordt nu slechts in één richting stroom doorgelaten, nl. de positieve richting; vandaar de naam gelijkrichter.

Afbeelding van een Germaniumdiode.



- a = Schijfje Germanium.
- b = Contactdraadje van wolfram.
- c = Metalen houders.
- d = Glazen buisje van houders c gesmolten
- e = Aansluitdraden.

Fig. 3

In de begintijd van de radiotechniek werd voor de detector gebruik gemaakt van de gelijkrichtende werking van bepaalde kristallen. Een dergelijke detector werd daarom kristaldetector genoemd. Deze was echter zeer instabiel en werd, na het verschijnen van de radiobuis, vrijwel niet meer gebruikt.

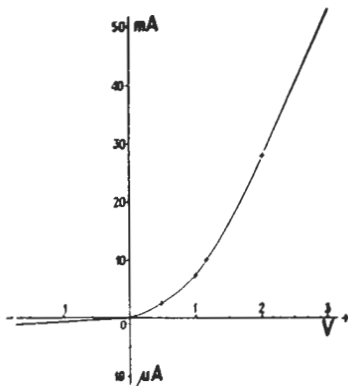


Tijdens de laatste wereldoorlog kwam weer een kristaldetector naar voren, met zeer goede en stabiele eigenschappen. Bij de fabricage hiervan wordt gebruik gemaakt van het element Germanium. Daar bij de radiobuizen een gelijkrichter wordt aangeduid met het woord diode, wordt deze kristaldetector, waarbij gebruik gemaakt is van het Germanium, vrijwel algemeen Germaniumdiode genoemd. Deze Germaniumdioden worden de laatste tijd steeds meer gebruikt in de radio- en meettechniek. Wij zullen in het volgende uitgaan van de Philips Germaniumdiode OA50 (een bekend type van Sylvania voor algemeen gebruik is de 1N34).

Schematische voorstelling van een Germaniumdiode.

Fig. 4

In fig. 4 is een Germaniumdiode schematisch weergegeven. De stroom wordt doorgelaten in de richting van de pijl, dus hier van links naar rechts. Het aansluitpunt waar de stroom de diode verlaat, wordt kathode genoemd. Op het glazen buisje van de Germaniumdiode is de kathode aangegeven door een wit vlakje met het opschrift *CATH* (zie fig. 3).



Karakteristiek van een Germaniumdiode OA50. In positieve richting is de stroomschaal uitgedrukt in mA, in negatieve richting daarentegen in μ A.

Fig. 5

De gelijkrichtende eigenschap kunnen we in een grafiek uitbeelden (fig. 5). Deze grafiek wordt wel de gelijkrichtkarakteristiek genoemd, omdat hiermee als het ware het karakter van de gelijkrichter wordt weergegeven.

Voor de positief gerichte spanning laat de diode OA50 een grote stroom door, voor de negatief gerichte spanning daarentegen bijna geen stroom. De stroom in negatieve richting is echter zó klein, dat we deze in het vervolg zullen verwaarlozen.

We willen nu eens zien wat we krijgen, als wij de vier spanningen van fig. 1 aan een Germaniumdiode aanleggen. Hiertoe gaan wij uit van de schakeling van fig. 6. Via de weerstand R wordt de H.F. spanning, waarvan de frequentie b.v. 1,5 MHz is, al of niet gemoduleerd, aan de Germaniumdiode toegevoerd. Wanneer de klem A van de generator G positief is, laat de diode OA50 de stroom door en vloeit door R een stroom in de richting van de pijl. Is echter de klem B

positief (dus A negatief), dan kan er geen stroom vloeien, aangezien de OA50 nu functioneert als een praktisch volkomen isolator. Door de weerstand R gaan dus stroomstootjes, zoals fig. 2d voorstelt.

Hoe groot deze stroomstootjes door R zullen zijn, kunnen we in fig. 7 zien. Wij tekenen daartoe symmetrisch onder de karakteristiek van de OA50, de wisselspanning van de generator G. De positief gerichte halve perioden worden doorgelaten en de grootte van de hierdoor ontstane stroom kan uit de karakteristiek worden bepaald. Uit de wet van Ohm volgt dat de waarde van deze stroom door R tevens een maat is voor de spanning over R.

Uit fig. 7 kunnen we nu het volgende zien:

fig. 7a: na gelijkrichting van een ongemoduleerd H.F. signaal ontstaat als het ware een gelijkstroom, bestaande uit zeer vele stroomstootjes. In dit geval 1.500.000 per seconde. Deze voorstelling is niet helemaal juist, maar voor ons doel wordt de waarheid voldoende benaderd. Later zullen wij nog hierop terugkomen.

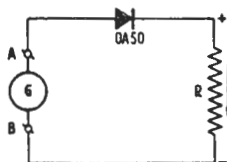
fig. 7b: na gelijkrichting van een gemoduleerd H.F. signaal ontstaan -c weer gelijkstroomstootjes, waarvan nu echter de amplitude -d varieert in het rythme van de modulatie.

Bepalen wij nog eens onze aandacht tot fig. 7c. De hierin ontstane gelijkgerichte stroom is nog eens in fig. 8a afgebeeld. Deze stroom-vorm kunnen we ons nu opgebouwd denken uit een gelijkstroom (fig. 8b) en een wisselstroom (fig. 8c), waarvan de nullijn overeenkomt met de amplitudewaarde van de gelijkstroomstootjes van fig. 8b.

Uit fig. 7b-c-d is verder het volgende te zien. Bij een bepaalde draaggolfsterkte is, na gelijkrichting, de amplitude van de L.F. wisselstroom (fig. 8c) evenredig met de modulatie diepte. We kunnen ook zeggen, dat de amplitude van de L.F. wisselstroom gelijk is aan de amplitude van de H.F. draaggolf x de modulatie diepte in %. Een tweemaal zo sterke H.F. draaggolf, gemoduleerd met eenzelfde modulatie diepte, geeft dus na gelijkrichting een tweemaal zo grote L.F. wisselspanning. Dit is weergegeven in fig. 9.

Ter illustratie enige voorbeelden:

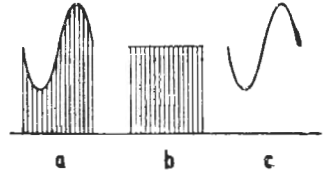
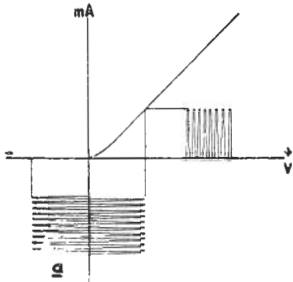
1. De amplitude van de draaggolf is 2 V. De modulatie diepte bedraagt 50%. De amplitude van de L.F. spanning is dan $\frac{50}{100} \times 2 = 1 \text{ V.}$
2. De amplitude van de draaggolf is nu 4 V. De modulatie diepte is weer 50%. Thans is de amplitude van de L.F. spanning 2 V.



Eenvoudige gelijkrichtschakeling met een Germaniumdiode OA50.

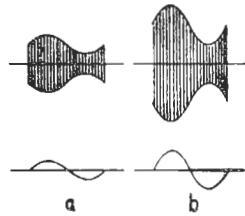
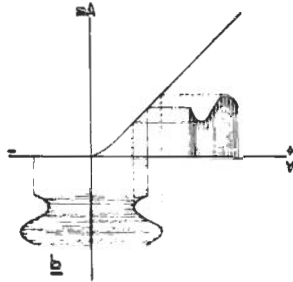
G = H.F. generator, die een ongemoduleerde of een gemoduleerde H.F. spanning kan leveren.

Fig. 6



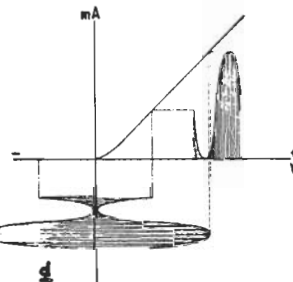
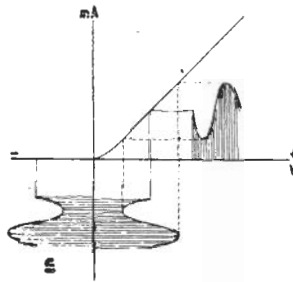
- a. Gelijkgerichte H.F. draaggolf, 50% gemoduleerd.
- b. Gelijkstroocomponent.
- c. L.F. component.

Fig. 8



Bij gelijke modulatie diepte is de L.F. component evenredig met de draaggolfsterkte.

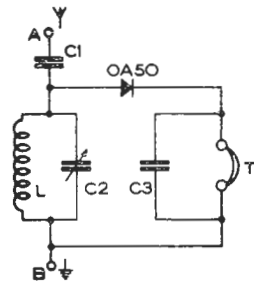
Fig. 9



Grafische voorstelling van de gelijkrichting van een H.F. signaal.

- a. Ongemoduleerd (frequentie 1,5 MHz)
- b. 25% gemoduleerd
- c. 50% gemoduleerd
- d. 100% gemoduleerd

Fig. 7



Principeschema van een zeer eenvoudige kristalontvanger (met capacitieve antennekoppeling).

Fig. 10

57. Enige eenvoudige ontvangers met een Germaniumdiode

We zullen nu eens zien, hoe we met een Germaniumdiode als detector een zeer eenvoudige radio-ontvanger kunnen maken. Fig. 10 geeft hiervan het prinsipiëlschema. De onderdelen hiervan zijn:

- C1 - antenne-koppelcondensator met een capaciteit van 50-100 pF.
- C2 - afstemcondensator met maximum capaciteit van 500 pF.
- C3 - telefooncondensator met een capaciteit van 1000-2000 pF.
- L - afstemspoel. De waarde hiervan is afhankelijk van het frequentiegebied, dat we met de kring L-C2 willen afstemmen (zie hiervoor les 10).
- T - koptelefoon met hoge weerstand.

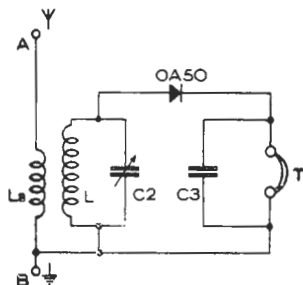
Het punt A wordt met een antenne verbonden, het punt B met een aardleiding. Vergelijken we nu fig. 10 en fig. 6 met elkander, dan zien we grote overeenkomst:

- a. de afstemkring L-C2 is te vergelijken met de H.F. generator G van fig. 6. Als deze kring op een bepaalde zender is afgestemd, ontstaat hierover een gemoduleerde H.F. spanning met een frequentie van de draaggolf, waarop is afgestemd.
- b. De detector (gelijkrichter) OA50 is gelijk en op dezelfde manier geschakeld.
- c. De koptelefoon T is te vergelijken met de weerstand R van fig. 6.

Wordt de zender, waarop L-C2 is afgestemd, niet gemoduleerd, dan gaat door de telefoon alleen een gelijkstroom (fig. 7a en fig. 8b). Deze gelijkstroom is niet hoorbaar in de telefoon; de trilplaat reageert alleen op een L.F. stroomverandering (zie les 9). Zodra echter de zender een gemoduleerde draaggolf uitzendt, wordt de telefoon door een L.F. wisselstroom doorlopen (fig. 7b-c-d- en fig. 8c). Deze L.F. wisselstroom vloeit door de spoeltjes van de telefoon. Onder invloed hiervan komt de trilplaat van de telefoon in trilling en horen we geluid.

Over de functie van de condensator C3 is tot nu toe nog niet gesproken. Hiertoe moeten we even teruggaan naar de beschrijving van fig. 7a. Daarbij hebben we gemakshalve even aangenomen dat de gelijkgerichte stroom een gelijkstroom is. Dit is niet helemaal waar: deze stroom bevat nl. een H.F. deel met dezelfde frequentie als de draaggolf. De telefoon gedraagt zich als een grote zelfinductie (vele windingen om ijzeren poolschoenen), en biedt dus aan dit H.F. deel van de stroom een grote weerstand (in les 7 hebben we immers geleerd, dat de wisselstroomweerstand van een spoel gelijk is aan $6,28 fL$). Een condensator biedt echter des te minder weerstand aan de stroom naarmate de frequentie hoger is (zie les 8). Door nu C3 parallel aan de telefoonspoeltjes te schakelen, vindt het H.F. gedeelte van de gelijkgerichte stroom een gemakkelijke weg over deze condensator. De waarde van C3 wordt nu zo gekozen dat de weerstand voor de L.F. modulatie-frequenties groot is, zodat de L.F. stroompjes nagenoeg onverzwakt door de telefoonspoeltjes gaan.

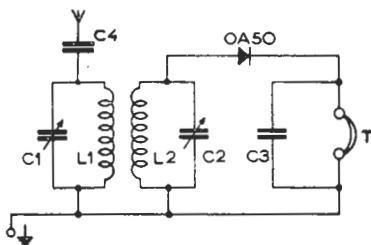
Bij de hier beschreven ontvanger wordt de H.F. spanning die in de antenne wordt opgewekt, via een condensator (C 1) aan de afstemkring L-C2 toegevoerd (wij noemen een dergelijke schakeling een capacitieve antenne-koppeling). Bij de moderne ontvangers wordt een dergelijke koppeling bijna niet meer toegepast. Hierbij wordt de antenne-spanning meestal langs inductieve weg op de afstemkring overgebracht. Fig. 11 geeft hiervan het schema. Wij spreken dan van inductieve antenne-koppeling. De afstemspoel L en de antenne-spoel La zijn hierbij op één spoellichaam gemonteerd. Door de in de antenne aanwezige H.F. spanning vloeit door de antenne-koppelspoel La een H.F. stroom. Het hierdoor ontstane krachtlijnveld snijdt de afstemspoel L, waardoor hierin een H.F. spanning geïnduceerd wordt.



Principeschema van een zeer eenvoudige kristalontvanger met inductieve antennekoppeling.

Fig. 11

Door de selecterende werking van de afstemkring zal een zender, werkende op resonantie-frequentie van L-C2, de grootste spanning over de afstemkring doen ontstaan. Deze zender zal dus het sterkst worden ontvangen. (zie ook les 10). Hoewel deze ontvanger door de selectieve werking van de kring reeds een zekere voorkeur heeft voor de zender waarop de kring is afgestemd, is een storingsvrije ontvangst niet altijd verzekerd. De plaatselijke omstandigheden kunnen zodanig zijn dat verscheidene zenders een even grote spanning in de ontvangantenne opwekken. Is hun frequentieverschil niet zeer groot (bv. minder dan 50 à 100 kHz), dan zullen we een naburige zender (hoewel zwakker) door de gewenste zender heen horen. We zeggen dan dat de ontvanger onselectief is. De selectiviteit kan worden verbeterd door gebruik van twee kringen, die beide op dezelfde frequentie worden afgestemd. Hierdoor wordt tweemaal selectie toegepast en een zender buiten afstemming zal dus extra worden verzwakt. Fig. 12 geeft het principe schema van een dergelijke ontvanger weer. De beide afstemkringen L1-C1 en L2-C2 zijn aan elkander gelijk en worden beide op de frequentie van de te ontvangen zender afgestemd. Ook in deze schakeling kan weer capacitieve antennekoppeling worden toegepast.



Principeschema van een eenvoudige kristalontvanger met twee inductief gekoppelde afstemkringen (met capacitieve antennekoppeling).

Fig. 12

Voor een gegarandeerd storingsvrije ontvangst is de nu verkregen selectiviteit

nog onvoldoende. Bij de bespreking van moderne ontvangers zullen we zien dat voor een goede selectiviteit minstens vier afstemkringen nodig zijn.

Met de in fig. 10, 11 en 12 weergegeven ontvangers kunnen locale zenders goed worden ontvangen. Voor studiemateriaal loont het daarom zeker de moeite om zulk een ontvanger te maken. Men dient hierbij echter steeds één ding voor ogen te houden. De prestaties van een dergelijke ontvanger zijn gering. Alle energie die in de telefoon wordt omgezet in geluid, moet door de antenne worden geleverd. In de ontvanger zelf zijn immers geen energie leverende elementen aanwezig. Dit houdt in dat we voor ontvangst van zenders op enige afstand (30 - 60 km) een hoge en lange antenne nodig hebben. Verder is een goede aardverbinding van zeer groot belang.

58. Wisselstroommeters

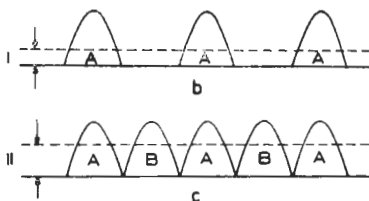
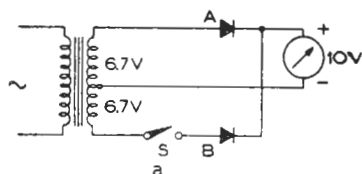
In les 5 hebben we gezien op welke wijze we met een weekijzermeter gelijkspanningen en-stromen kunnen meten. Aangezien de werking van deze meter op het gelijknamig magnetiseren van twee ijzeren plaatjes die zich in een spoel bevinden, berust, kunnen met deze meter zondermeer wisselspanningen en stromen worden gemeten. Hoewel de weekijzer-stroommeter goed bruikbaar is voor het meten van de uit het lichtnet opgenomen stroom van een ontvanger of versterker, wordt zij voor de radioservice toch weinig gebruikt. Het is bij dit type instrument nl. niet eenvoudig om het geschikt te maken voor meer stroombereiken. Dit is wel het geval met de draaispoelmeter, die eveneens in les 5 is behandeld. Hierbij kan op een eenvoudige wijze, met behulp van parallelweerstand (shunts), de meter voor verschillende stroombereiken geschikt worden gemaakt.

Als wisselspanningsmeter heeft de weekijzermeter de volgende bezwaren:

- a. voor volledige uitslag van de meter is een betrekkelijk grote stroom nodig (10 mA of meer), zodat de Voltmeter een lage Ohm/Volt waarde krijgt (zie les 5);
- b. de aanwijzing van de meter is, ten gevolge van de zelfinductie van de meetspoel, sterk frequentie-afhankelijk. Bij frequenties hoger dan 200 à 400 Hz wordt de meter ongevoeliger en wijst dan een lagere waarde aan. Deze miswijzing wordt groter naarmate de frequentie toeneemt. Voor metingen aan L.F. versterkers, waarbij we met frequenties van 30 Hz tot 10.000 Hz hebben te maken, is de weekijzermeter dan ook onbruikbaar.

Deze bezwaren kunnen we als volgt omzeilen. De te meten wisselspanning (of wisselstroom) wordt eerst omgezet in een gelijkspanning. Daarna wordt deze gelijkspanning met een draaispoelmeter gemeten. Voor de omzetting van de wisselspanning in een gelijkspanning kunnen we weer gebruik maken van de Germaniumdiode. Als we in fig. 6 de weerstand R vervangen door een draaispoelmeter met een meetbereik van bv. 10V, zullen we een uitslag van de meter waarnemen. De meter zal echter minder dan 6,3V (de spanning van de transformator) aanwijzen. Dit is als volgt in te zien. Aan de meter wordt alleen gedurende de positieve helft van iedere periode stroom toegevoerd. De draaispoelmeter wijst de gemiddelde waarde aan, die aanmerkelijk lager ligt dan de effectieve waarde van de te meten wissel-

spanning. Men zou hierin verbetering kunnen krijgen als ook de negatieve helft van iedere periode nuttig zou kunnen worden gebruikt. Dit kan men bereiken met de schakeling van fig. 13. Als de schakelaar S geopend is, is de stroom door de meter zoals in fig. 13b is weergegeven. Diode A doet nu alleen dienst. De aanwijzing van de meter is gelijk aan het niveau I. Wordt de schakelaar S gesloten, dan wordt diode B bijgeschakeld. Gedurende de tijd dat A een negatieve spanning krijgt toegevoerd, is de spanning aan B positief. B neemt dus de tot nu toe onwerkzame helft van iedere periode voor haar rekening en voert de resulterende gelijkspanning eveneens aan de meter toe. Fig. 13c geeft het beeld van de stroom als beide helften van de periode worden gelijkgericht. Het niveau II stelt nu de gemiddelde waarde voor en het blijkt, dat deze waarde twee maal zo groot is als die van het niveau I (in les 6 is verklaard, dat de gemiddelde waarde van een sinusvormige wisselstroom of spanning gelijk is aan $0,64 \times$ de maximale waarde).



- Schakeling ter demonstratie van enkelfazige (schakelaar S open) en dubbelfazige (schakelaar S gesloten) gelijkrichting.
- Enkelfazige gelijkgerichte spanning. I geeft het niveau van de gemiddelde gelijkspanning.
- Dubbelfazige gelijkgerichte spanning. II geeft het niveau van de gemiddelde gelijkspanning.

Fig. 13

In fig. 13b wordt slechts één fase (de positieve) van een periode gebruikt. We spreken dan van *enkelfazige gelijkrichting*. In fig. 13c worden daarentegen beide fazen (positief en negatief) van de periode benut. In dat geval spreken we van *dubbelfazige gelijkrichting*.

We zien uit fig. 13 dat een dubbelfazige gelijkrichting meer effectief is. Ter verduidelijking een meetvoorbeeld. In de schakeling van fig. 13 met de vermelde spanningen van $2 \times 6,7$ V en een draaispoelmeter met een bereik van 0 - 10V (1000 Ohm/Volt) gaf de meter met open schakelaar S een uitslag van 3V, met gesloten schakelaar een uitslag van 6V.

Hieruit blijkt, dat het bij het meten van wisselspanningen tergeze zin heeft, om dubbelfazige gelijkrichting toe te passen.

Nu is de schakeling van fig. 13 voor het meten van wisselspanningen geen gelukkige oplossing. Deze schakeling vereist een dubbele meetspanning. Bovendien heeft men drie verbindingdraden van de wisselspanning naar het meetinstrument nodig. Om dit te vermijden past men een andere schakeling toe, die bekend is onder de naam *Graetz-schakeling*. Hierin worden vier dioden gebruikt, waarbij op

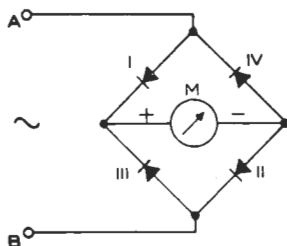
eenvoudige wijze dubbelfazige gelijkrichting wordt verkregen. Fig. 14 geeft deze schakeling weer. De te meten wisselspanning wordt aan de punten A en B toegevoerd. Als A positief is, is de stroomrichting A-I-M-II-B. Tijdens de halve periode dat B positief is, gaat de stroom in de richting B-III-M-IV-A. De stroom door de meter M krijgt dus weer het karakter van fig. 13c, dit is het karakter van dubbelfazige gelijkrichting. In dit geval heeft men echter slechts twee aansluitcontacten voor de wisselspanning.

Men kan de Graetz-schakeling aardig inzien met behulp van een watervoorbeeld. In fig. 15 is een buizenstelsel met een pompinstallatie, die dezelfde werking vertoont als de elektrische Graetz-schakeling, getekend. De cilinder A en het daarmee verbonden buizenstelsel zijn geheel gevuld met water. I, II, III en IV zijn kleppen die het water slechts doorlaten in de erbij getekende pijlrichting. (Een dergelijke klep of ventiel is in wezen niets anders dan een gelijkrichter). Bewegen we de zuiger D in opwaartse richting, dan zal het water gaan bewegen zoals door de getrokken pijlen is aangegeven. Een neergaande beweging van de zuiger D veroorzaakt een beweging van het water zoals door de gestippelde pijlen is aangegeven. Wij zien nu dat:

- door de buizen B en C een wisselstroom vloeit;
- door de kleppen I en II water gaat als de kleppen III en IV gesloten zijn en omgekeerd. De waterdoorgang door de kleppen is te vergelijken met een enkelfazige gelijkgerichte stroom;
- door M vloeit een gelijkstroom;
- de wisselstroom, opgewekt door de op- en neerwaartse bewegingen van D, vloeit dubbelfazig gelijkgericht door M.

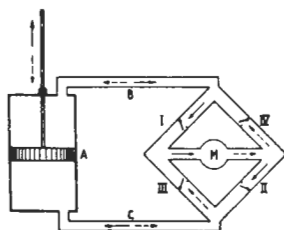
Wij kunnen nu met de schakeling van fig. 14 op een zeer eenvoudige wijze een spannings- en stroommeter maken met verschillende meetbereiken. Voor de Voltmeter kunnen we bv. in serie met de klem A passende voorschakelweerstand opnemen zoals in les 5, par. 24b, is beschreven. Voor gebruik als stroommeter kunnen we tussen de klemmen A en B passende shuntweerstand schakelen, zoals in les 5, par. 24a, is uiteengezet.

Bij gebruik van Germaniumdioden in de schakeling van fig. 14 blijkt de aanwijzing van het meetinstrument onafhankelijk van de frequentie te zijn. Bij dezelfde spanning tussen A en B is de meteraanwijzing constant voor een frequentiegebied van ca. 20 Hz tot ver boven 50.000 Hz.



Gelijkrichtschakeling van Graetz.

Fig. 14



Watervoorbeeld ter illustratie van de schakeling van Graetz.

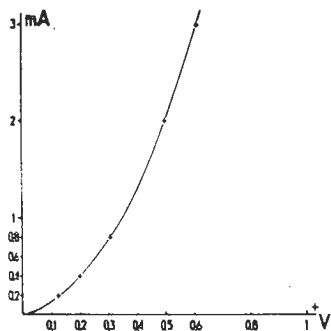
Fig. 15

Lineariteit van de schaal

Als we de schakeling van fig. 14 gaan gebruiken voor het maken van een Voltmeter voor lage spanningen (bv. voor 1 à 3 Volt voor volle schaaluitslag), dan zullen we helaas een onaangename ervaring opdoen. We zullen dan bemerken, dat de schaal niet lineair verloopt. Ze krijgt enigszins het karakter van een weerkijzermeter (fig. 8, les 5). De oorzaak hiervan ligt in het feit, dat de karakteristiek van de Germaniumdiode in het begin niet recht is, maar enigszins gebogen. De weerstand van de diode is in dit gebied niet constant; zij verandert naarmate er een andere stroom doorloopt (dit verschijnsel vinden wij bij vrijwel iedere gelijkrichter terug). Wij zullen nu nagaan hoe groot deze weerstandsverandering is en welke gevolgen dit voor de meteraanzijning heeft.

In fig. 16 is het begin van de karakteristiek van de Germaniumdiode OA50 op een grotere schaal getekend. Voor verschillende stromen bepalen we daaruit de overeenkomstige spanningen. Met behulp van de wet van Ohm kunnen we dan de daarbij behorende weerstand berekenen. Tevens berekenen we de toeneming van de weerstand in %. De resultaten zijn in onderstaande tabel verzameld.

Stroom (mA)	Spanning (Volt)	Weerstand (Ohm)	Toeneming v. d. weerstand in %
1	0,35	350	0
0,8	0,30	375	7,1
0,6	0,25	417	19
0,4	0,20	500	43
0,2	0,12	600	71
0,1	0,08	800	128



Het begingedeelte van de karakteristiek van de Germaniumdiode OA50. Voor de eenvoud wordt aangenomen dat de stroom in de negatieve richting nul is.

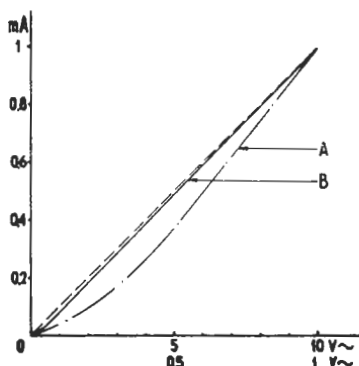
Fig. 16

In fig. 14 staan beurtelings de dioden I-II en III-IV met de meter in serie. Hierbij krijgen we dus de dubbele spanning en weerstand voor de twee dioden, maar de procentuële toeneming van de weerstand blijft dezelfde als bij 1 diode. Wij gaan eens na, hoe het totale weerstandsverloop wordt bij een Voltmeter, waarbij de volle schaaluitslag wordt bereikt bij 1,3 resp. 10V. Wij gaan daartoe uit van een meter met een gevoeligheid van 1 mA voor volle uitslag. Bij 1,3 en 10V moet dus de totale weerstand 1000 Ohm, 3000 Ohm en 10000 Ohm zijn. De 2 dioden samen hebben bij 1 mA een weerstand van 700 Ohm. De weerstand van de meter M (R_m) plus de voorschakelweerstand R_v moet dus zijn 300 Ohm, 2300 Ohm resp. 9300 Ohm. Deze weerstand ($R_m + R_v$) is bij verschillende stroomsterkten constant. Wij kunnen nu weer een tabel samenstellen, waarin de procentuële toeneming van de totale weerstand is aangegeven. Deze tabel is dan:

Diodestroom Id (mA)	Diodeweerstand Rd (Ohm)	Toeneming van Rd (%)	Meetbereik 0 - 1 V		Meetbereik 0 - 3 V		Meetbereik 0 - 10 V	
			Rd + Rm + Rv = Rt (Ohm)	Toeneming van Rt (%)	Rd + Rm + Rv = Rt (Ohm)	Toeneming van Rt (%)	Rd + Rm + Rv = Rt (Ohm)	Toeneming van Rt (%)
1	700	0	1000	0	3000	0	10000	0
0,8	750	7,1	1050	5	3050	1,67	10050	0,5
0,6	834	19	1134	13,4	3134	4,5	10134	1,34
0,4	1000	43	1300	30	3300	10	10300	3
0,2	1200	71	1500	50	3500	16,7	10500	5
0,1	1600	128	1900	90	3900	30	10900	9

Het spreekt wel haast vanzelf dat bij meetbereiken groter dan 10 V (bv. 0 - 100 V en 0 - 300 V) de procentuële afwijkingen steeds kleiner zullen zijn. Uit bovenstaande tabel kunnen we nu gemakkelijk bepalen welke spanning aan de wisselstroom-Voltmeter moet worden toegevoerd om een bepaalde diodestroom te verkrijgen. De uitslag van de draaispoelmeter M is evenredig met deze diodestroom. Hieruit volgt, dat we ook kunnen bepalen hoe groot de uitslag van de draaispoelmeter M zal zijn bij een bepaalde wisselspanning die we willen meten. De resultaten van deze bepalingen zijn voor bovengenoemde drie bereiken in onderstaande tabel weergegeven:

Diodestroom Id (mA)	Meetbereik 0 - 1 V	Meetbereik 0 - 3 V	Meetbereik 0 - 10 V
	Wisselspanning (V)	Wisselspanning (V)	Wisselspanning (V)
1	1	3	10
0,8	0,84	2,44	8,04
0,6	0,68	1,88	6,08
0,4	0,52	1,32	4,12
0,2	0,30	0,70	2,10
0,1	0,19	0,39	1,09

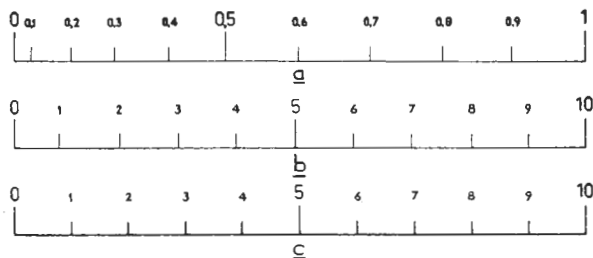


Diodeestroom afhankelijk van de wisselspanning voor de bereiken 0 - 1V en 0 - 10 V. De gestippelde lijn stelt een zuiver lineaire schaalverdeling voor. De lijn A behoort bij het 0 - 1 V bereik, de lijn B bij het 0 - 10 V bereik

Fig. 17

In fig. 17 zijn bovengenoemde gegevens voor de bereiken 0 - 1 en 0 - 10 V in een grafiek uitgezet.

We zien hieruit duidelijk, dat de Voltmeter voor 0 - 10 V een vrijwel lineaire schaal zal hebben. De meter voor 0-1V zal daarentegen een schaal hebben die vrij sterk afwijkt van het lineaire verloop.



- a. Schaalverdeling van de wisselspanningsmeter voor het bereik van 0 - 1 V.
 b. Schaalverdeling van de wisselspanningsmeter voor het bereik van 0 - 10 V.
 c. Zuiver lineaire schaalverdeling voor een bereik 0 - 10 V. Fig. 18

Fig. 18 geeft nu:

- a. de schaal voor 0 - 1 V
 b. de schaal voor 0 - 10 V
 c. een zuiver lineaire schaal voor 0 - 10 V.

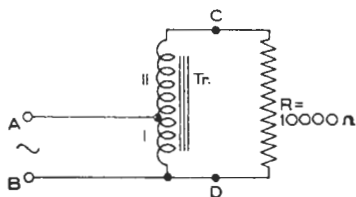
Voor het bereik van 0 - 3 V zal de schaalafwijking liggen tussen die van 0 - 1 V en 0 - 10 V.

We kunnen uit het bovenstaande de volgende conclusies trekken:

- a. bij gebruik van een draaispoelmeter van 0 - 1 mA in de schakeling van fig. 14 zal de schaalverdeling voor meetbereiken van 0 - 10 V en hoger als lineair kunnen worden beschouwd;
 b. voor meetbereiken lager dan 0 - 10 V kunnen we eveneens een lineaire schaal verkrijgen; we moeten dan echter het stroomverbruik van de meter M verhogen; voor 0 - 3 V bv. tot 3 mA (uit fig. 16 blijkt duidelijk, dat bij deze stroomwaarde de karakteristiek van de OA50 over een groot gedeelte vrijwel recht verloopt).

Als we voor de lage meetbereiken een hoger stroomverbruik van de meter (dus een lagere Ohm/V-waarde) accepteren, is er nog een andere methode om een lineaire schaal te verkrijgen. Deze methode verschaft ons tevens op een zeer eenvoudige wijze de mogelijkheid, om de meter voor verschillende wisselstroombereiken geschikt te maken. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een zgn. stroomtransformator.

De principiële schakeling is in fig. 19 weergegeven. De transformator Tr is in dit geval



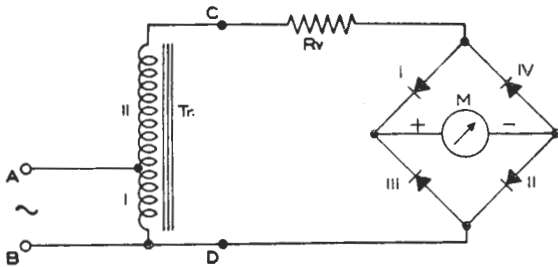
Principieschema van een stroomtransformator. De spanningen over de punten C-D en A-B staan in dezelfde verhouding als de windingstallen van $I + II$ en I .

Fig. 19

LES 11

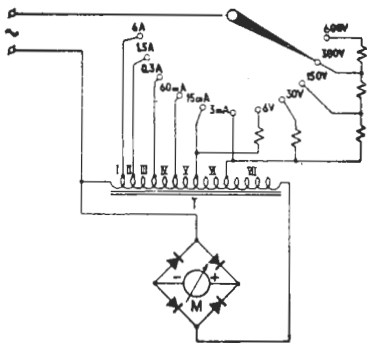
een autotransformator, x) Een transformator met gescheiden wikkelingen is echter eveneens bruikbaar.

De wikkeling II van de transformator Tr heeft bv. vier maal zoveel windingen als de wikkeling I. Wordt nu aan de punten A en B een wisselspanning van 2 V aangelegd, dan ontstaat tussen de punten C en D (dus over de weerstand R) een spanning van 10 V. Door R vloeit dus een stroom van 1 mA en door de wikkeling I zal dan een stroom van 5 mA lopen.



Wisselspanningsmeter met stroomtransformator.

Fig. 20



Schema van een wisselspannings- en stroommeter met stroomtransformator. De wikkelgegevens van de autotransformator T zijn:

- I = 1 winding
- II = 3 windingen
- III = 16 windingen
- IV = 80 windingen
- V = 300 windingen
- VI = 1600 windingen
- VII = 4000 windingen

Fig. 21

x) In les 7 hebben we gezien, dat bij een transformator met gescheiden wikkelingen een wisselstroom in de primaire wikkeling een spanning in de secundaire wikkeling induceert. Deze inductie kwam tot stand doordat beide wikkelingen door hetzelfde krachtlijnenveld werden omvat. Als men echter de wikkelingen niet gescheiden uitvoert, doch in elkanders verlengde legt, dan zal bij toevoeren van een spanning aan een der wikkelingen eveneens een spanning in de andere wikkeling worden geïnduceerd. Deze tweede wikkeling bevindt zich immers in hetzelfde magnetisch veld van de primaire wikkeling. Een dergelijke uitvoering van de transformator noemt men een autotransformator. De spanningsverhouding zal hierbij worden:

$$\frac{E_{CD}}{E_{AB}} = \frac{n(I + II)}{n_I}$$

Bekijken we nu eens fig. 20. Hierin hebben we dezelfde situatie als in fig. 19, met dit verschil dat R is vervangen door een wisselstroomvoltmeter van 0 - 10 V - 1000 Ohm/V. Voor volle uitslag van de meter moet aan de punten A en B 2 V worden toegevoerd bij 5 mA. Op deze wijze hebben wij met behulp van de stroomtransformator Tr een meetbereik van 0 - 2 V met lineaire schaal verkregen.

Door een juiste keuze van de windingsgetallen van de wikkelingen I en II kunnen we nu ieder gewenst meetbereik (zowel voor spanning als voor stroom) maken met behoud van een lineaire schaalverdeling.

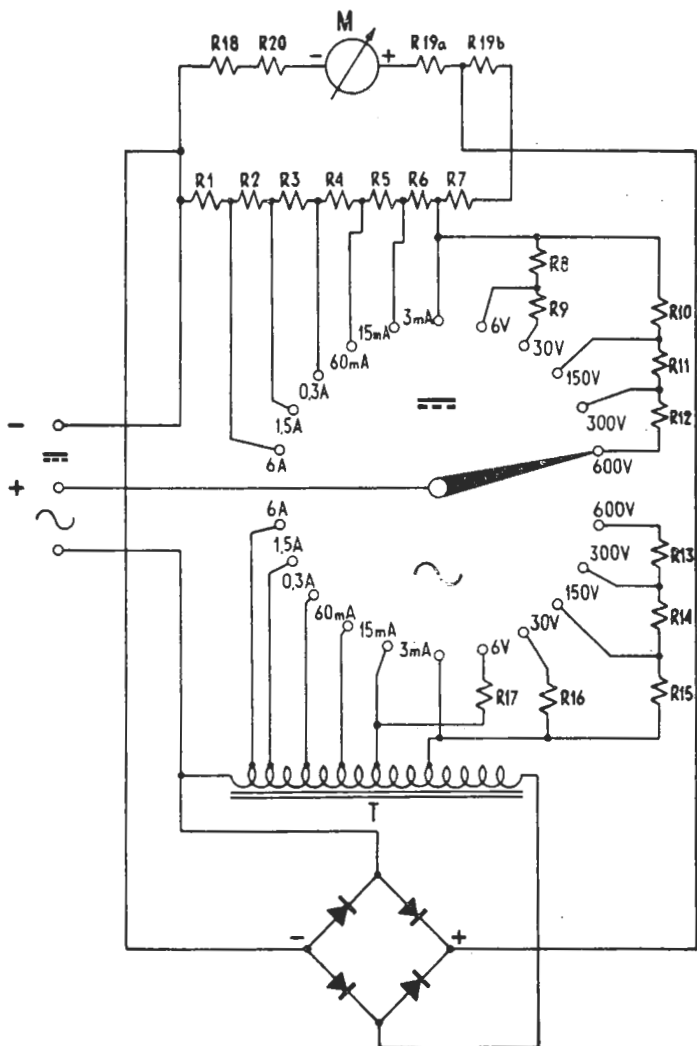
Voorbeeld als stroommeter

We kiezen de wikkelverhouding II : I is 999 : 1. Nu moet aan de klemmen A-B een spanning van 0,01 V bij 1 A worden toegevoerd om de meter volledig te doen uitslaan. Dit komt hierop neer, dat we een wisselstroomampèremeter met een bereik van 0 - 1 A hebben gekregen met een lineaire schaal.

Tot slot willen wij bekijken, op welke wijze een gecombineerde meter voor wisselspanning en wisselstroom kan worden gemaakt. Fig. 21 geeft hiervan het principeschema. Dit is een meter voor gebruik in de industrie. Voor gebruik in een radiowerkplaats is de Ohm/V waarde te laag; voor de bereiken 6 - 600 V is zij slechts 333 Ohm/V en voor het 3 V bereik 66,6 Ohm/V. Deze lage Ohm/V waarde (grote stroomsterkte nodig voor volle uitslag) is hier genomen om een absoluut lineaire schaal te verkrijgen. Wij zullen in een latere les, bij de bespreking van de meetapparaten voor de radio-service-werkplaats, een universeelmeter behandelen, waarvan de schaal lineair en de Ohm/V waarde toch hoog is.

In fig. 21 worden de verschillende meetbereiken door middel van een omschakelaar zeer eenvoudig verkregen. Voor de stroommeting wordt de hierbij behorende aftakking op de transformator gekozen. Voor spanningsmeting wordt de juiste serieweerstand in serie met de stroomtransformator geschakeld.

We kunnen nu nog een stap verder gaan en de schakeling van fig. 25 in les 5 combineren met die van fig. 21. Wij krijgen dan een meter die geschikt is voor het meten van gelijk- en wisselspanningen en van gelijk- en wisselstromen. Dit noemen we een universeelmeter. Fig. 22 geeft hiervan het schema. De wisselstroomschakeling is gelijk aan die van fig. 21, met het verschil dat parallel aan de meter een shuntweerstand met aftakkingen is geschakeld. Door het gebruik van deze aftakweerstand heeft de overgangsweerstand van de schakelaar geen invloed op de uitslag van de meter (zie par. 24 van les-5). De aansluitklemmen gemerkt met --- worden gebruikt bij gelijkstroommetingen. Bij wisselstroommetingen worden de klemmen \sim gebruikt.



Het volledige prinseschema van de universeelmeter type No. 10 376 05.

R1 = 0,05 Ohm	R8 = 1.915 Ohm	R15 = 49.410 Ohm
R2 = 0,15 Ohm	R9 = 8.000 Ohm	R16 = 9.300 Ohm
R3 = 0,80 Ohm	R10 = 50.000 Ohm	R17 = ca. 300 Ohm
R4 = 4,0 Ohm	R11 = 50.000 Ohm	R18 = 205 Ohm
R5 = 15,0 Ohm	R12 = 100.000 Ohm	R19 = ca. 10 + 10 Ohm
R6 = 80 Ohm	R13 = 100.000 Ohm	R20 = ca. 40 Ohm
R7 = 228 Ohm	R14 = 50.000 Ohm	

Fig. 22

SAMENVATTING

1. Het losmaken van de L.F. modulatie van de H.F. draaggolf in het ontvangoestel noemt men demoduleren of detecteren.
2. De detectie berust op gelijkrichting van de wisselstroom.
3. Als detector kan men een Germanium-diode gebruiken. Hierbij maakt men gebruik van de gelijkrichtende werking van een kristal-element.
4. De eenvoudigste ontvanger is de z.g. kristalontvanger, waarin als detector een kristal of Germanium-diode wordt gebruikt.
5. Men kan met een weekijzermeter zonder meer wisselspanningen en -stromen meten. De weekijzermeter heeft echter het nadeel, van frequentie-afhankelijk te zijn. Naarmate de frequentie hoger is, zal de meteraanwijzing meer afwijken van de werkelijke waarde. Bovendien is het niet eenvoudig deze meter geschikt te maken voor meer stroombereiken.
6. Men kan een draaispoelmeter voor het meten van wisselspanningen en -stromen gebruiken, als men deze spanningen en -stromen eerst gelijkricht.
7. Als men van een wisselstroom slechts één helft van de periode doorlaat, spreekt men van enkelfazige gelijkrichting. Worden beide helften van een periode benut, dan heeft men dubbelfazige gelijkrichting.
8. Dubbelfazige gelijkrichting kan men ook verkrijgen met de Graetz-schakeling.
9. Aangezien de stroom/spanningskarakteristiek van een gelijkrichter in het begin gebogen is, zal de schaalverdeling van het wisselstroom-meetinstrument met draaispoelmeter bij kleine spanningen en stromen niet lineair zijn.
10. Door gebruik te maken van een stroomtransformator kan men ervoor zorgen, dat de spanning op de meter + gelijkrichtelement zo hoog is (minimum ca. 10 V), dat een praktisch lineaire schaal wordt verkregen.

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

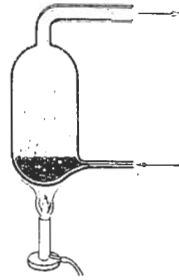
1. Een milli-ampèremeter van 0-1 mA moet geschikt gemaakt worden voor de meetbereiken van 0-10 mA en van 0-50 V. De meterweerstand is 5 Ohm. Welke shunt- en serie weerstanden moeten worden gebruikt? Hoe wordt, met gebruik van een schakelaar, het schema?
2. Teken het vereenvoudigde schema voor het meetbereik van 60 mA wisselstroom van de universeelmeter in fig. 24.
3. Voer hetzelfde uit voor het meetbereik van 150 V wisselspanning.

59. De radiobuisA. Electronenemissie

Voor het versterken en gelijkrichten van wisselspanningen maakt men in het ontvangtoestel gebruik van radiobuizen. Een radiobuis bestaat uit een glazen (soms metalen) ballon die praktisch luchtleedig (vacuum) is gepompt. In de ballon bevindt zich een electrodenstelsel, dat in haar eenvoudigste vorm uit 2 electroden bestaat; de meeste systemen bevatten echter meer dan 2 electroden. Deze electroden worden geïsoleerd naar buiten gevoerd door middel van doorvoerdraden of pennen, waaraan diverse spanningen kunnen worden toegevoerd.

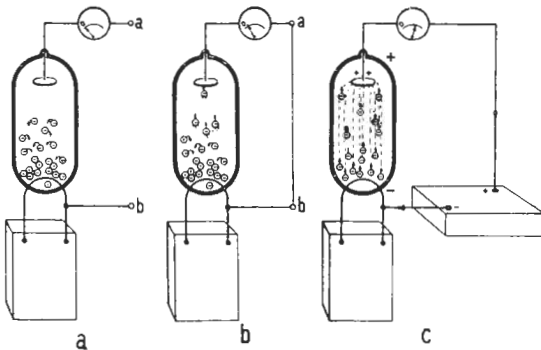
Men heeft bij deze electroden steeds een kathode en een anode. De electrode die met de negatieve pool van de voedingsspanning wordt verbonden heet kathode; die welke met de positieve pool wordt verbonden noemt men anode.

Sluit men de anode en kathode van een 2-electrodenbuis (men noemt deze een diode) zonder meer op een spanningsbron aan, dan zal er geen stroom vloeien. Het luchtleedige vormt nl. een zeer goede isolator. Men krijgt pas een electronenstroom als men de kathode verwarmt. Deze warmte verkrijgt men door een elektrische stroom door een metalen draad te zenden. Zoals in les 1, paragraaf 7, is behandeld, wordt de energie (gelijk aan I^2R) die door een elektrische stroom aan een weerstand wordt toegevoerd, omgezet in warmte.



Vergelijkend beeld van electronenemissie met verdamping van een vloeistof door verhitting.

Fig. 1



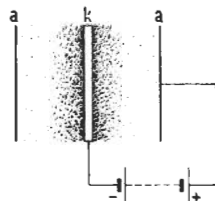
- De gloeidraad emitteert electronen. Aangezien er geen geleidende verbinding tussen anode en kathode bestaat, zal de meter niet uitslaan.
- Nu treedt een geringe electronenstroom naar de anode op, die door de verbinding naar de kathode gaat. De meter slaat iets uit.
- De anode heeft een positief potentiaal ten opzichte van de kathode waardoor zich nu vele electronen naar de anode zullen bewegen. De meter slaat nu veel verder uit.

Fig. 2

De kathode bestaat in haar eenvoudigste uitvoering uit een draad van nikkel of wolfram. Als de draad tot een bepaalde temperatuur wordt verhit, wordt aan de rond de atoomkernen wentelende electronen zoveel energie toegevoerd, dat verscheidene van deze electronen kans zien zich aan de invloed van de positieve kern te onttrekken. Zij zullen dan de metaaloppervlakte van de draad verlaten. Zolang de anode geen spanning t.o.v. de kathode heeft, oefent de anode geen invloed uit op deze (negatief geladen) electronen. Toch zal men in fig. 2b waarin voor een stroomgeleidende verbinding tussen de anode en kathode is gezorgd, een stroompje door de

mA-meter waarnemen. Blijkbaar hebben een aantal electronen de kathodedraad (men noemt dit in de radiotechniek de gloedraad) met zulk een snelheid verlaten, dat zij zelfs door het luchtledige heen de anode bereiken. Brengen we nu tussen de anode en de kathode een spanningsbron aan (fig. 2c), dan zullen we de meter veel verder zien uitslaan. Door de positieve spanning worden de negatief geladen electronen naar de anode getrokken en zij begeven zich door de anodeleiding via de mA-meter naar de spanningsbron terug. x)

Volgens het voorgaande zou men denken, dat de electronen rechtstreeks uit de gloeidraad naar de anode worden getrokken. Dit is echter niet het geval. Zodra nl. de eerste serie electronen de kathode verlaten, zullen deze electronen de electronen die daarna uit de kathode gaan, trachten terug te stoten. Alle electronen zijn immers negatief geladen en gelijknamige ladingen stoten elkander af. Men krijgt dus voor de electronen die de kathode willen verlaten enerzijds de krachtwerking in de richting van de anode, anderzijds de afstotende kracht van de zich voor hen bevindende electronen. Dit heeft tot gevolg dat er zich rond de kathode als het ware een wolk van electronen vormt die negatief geladen is. Men noemt dit de *ruimtelading* (fig. 3). Als nu de anode door het positieve potentiaal t.o.v. de kathode aan deze negatief geladen electronen gaat trekken, dan zullen in de eerste plaats de electronen die zich aan de buitenkant van de ruimtelading bevinden, naar de anode gaan. Zodra deze electronen naar de anode zijn vertrokken, kunnen de daarop volgende electronen hun plaats opvullen en zullen weer electronen uit de kathode de kans krijgen zich bij de ruimtelading te voegen. De electronenstroom in de buis wordt dus uit de ruimtelading om de kathode betrokken en niet direct uit de kathode zelf.



Er vormt zich bij emissie van de kathode een negatieve ruimtelading rond de kathode.

Fig. 3

B. De Kathode

Uit oogpunt van constructie maakt men onderscheid tussen direct en indirect verhitte kathoden.

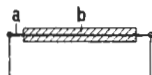
x) Zoals U hier ziet, loopt de electronenstroom van de kathode naar de anode, d.w.z. van min naar plus. In het voorgaande hebben we geleerd, dat de elektrische stroom in feite een verplaatsing van electronen is, dus ook van min naar plus. In de begintijd van de electriciteit, toen men nog niet zulk een inzicht had in de theorie van de elektrische stroom, had men aangenomen dat de elektrische stroom van plus naar min liep. Deze stroomrichting is in bijna alle studieboeken aangehouden, zodat men wel zegt dat de richting van de elektrische stroom tegengesteld is aan die van de electronenstroom. Om nu niet van de aanduiding van de stroomrichting in de meeste leerboeken af te wijken, zullen wij in het vervolg de richting van de *elektrische stroom* aannemen, *dus ook in de radiobuis van anode naar kathode.

In het eerste geval bestaat de kathode uit een metalen draad, waardoor een stroom - de gloeistroom - vloeit, onder invloed waarvan deze draad electronen emitteert. In het tweede geval bestaat de kathode uit een dun metalen buisje, waarin een gloeidraad geïsoleerd is aangebracht. Het buisje wordt verhit door de gloeidraad. Nu emitteert niet de gloeidraad, doch het metalen buisje.

a. Direct verhitte kathode

Zoals reeds hiervoor gezegd is, bestaat een direct verhitte kathode uit een metalen draad - gloeidraad - waardoor een elektrische stroom - de gloeistroom - loopt. Deze draad is van nikkel of wolfram en is bij de ontvangbuizen meestal uiterst dun; bij de moderne batterijbuizen is de diameter bv. 0,01 mm. Bij zendbuizen kan ze daarentegen een diameter van enige milli-meters hebben.

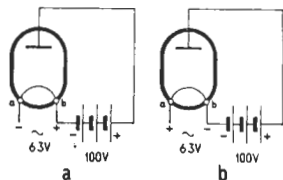
Het zal duidelijk zijn, dat men bij een bepaalde toevoer van warmte, dus bij een bepaalde gloeistroom, zoveel mogelijk electronen tracht vrij te maken, of in andere woorden, de emissie zo groot mogelijk te maken. Daarom voorziet men de gloeidraad van een laagje metaaloxide; spreekt men dan ook van een oxydekathode (fig. 4). De oxydekathode levert een voldoende emissiestroom bij een temperatuur van ca. 700 - 800 °C. Deze temperatuur is zo gekozen dat de eigenschappen van de buis bij bepaalde variaties van de temperatuur, ten gevolge van spanningsschommelingen van de gloeistroombron, waardoor onder- of oververhitting wordt veroorzaakt, niet al te zeer veranderen.



Een direct verhitte kathode
a = gloeidraad
b = oxydelagje

Fig. 4

Wegens het geringe gloeistroomvermogen wordt bij buizen, die door batterijen worden gevoed, bijna uitsluitend directe verhitting toegepast. Deze verhittingsmethode is daarentegen, in verband met brom, minder geschikt voor voeding met wisselstroom. Bij wisselstroomvoeding varieert de spanning over de gloeidraad (men noemt dit gloeispanning) met de frequentie van de stroom d.w.z. van het net. In fig. 5a en b zijn 2 situaties getekend van de gloeispanning.



Bij wisselstroomvoeding van de gloeidraad varieert de spanning van de anode ten opzichte van de uiteinden van de gloeidraad.

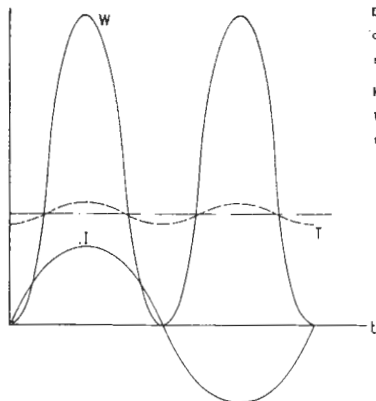
- De spanning van de anode ten opzichte van punt a van de gloeidraad is $6,3 + 100 \text{ V} = 106,3 \text{ V}$.
- De spanning van de anode ten opzichte van punt a van de gloeidraad is nu $100 - 6,3 = 93,7 \text{ V}$.

Fig. 5

In fig. 5a is punt a 6,3 V negatief t.o.v. punt b, en zal de totale spanning van de anode t.o.v. punt a van de kathode $100 + 6,3 \text{ V} = 106,3 \text{ V}$ zijn.

In fig. 5b is punt a daarentegen 6,3 V positief t.o.v. punt b en nu zijn de spanningen van 6,3 V en 100 V tegen elkander in geschakeld (in oppositie - zie les 3, paragraaf 15), zodat de totale spanning tussen punt a van de gloeidraad en de anode $100 - 6,3 \text{ V} = 93,7 \text{ V}$

wordt. Aangezien in fig. 5a de anode een hoger positief potentiaal t.o.v. punt a van de gloeidraad heeft dan in fig. 5b, zal de aantrekkingskracht van de anode op de electronen van de ruimtelading in het eerste geval groter zijn dan in het tweede geval, d.w.z. de electronenstroom naar de anode zal dan groter zijn. Op deze wijze varieert de electronenemissie in het rythme van de frequentie van de gloeistroom, hetgeen als brom tot uiting komt.



De temperatuur, en dus ook de emissie, van een direct verhitte kathode, varieert bij wisselstroomvoeding.

Kromme I stelt de wisselstroom voor, kromme W de energie in de gloeidraad en kromme T de temperatuurvariatie van de gloeidraad.

Fig. 6

Bovendien zal de temperatuur van de gloeidraad, en dus ook de electronenemissie, variëren in afhankelijkheid met de frequentie van de wisselstroom (fig. 6). Ook dit hoort men in de luidspreker als een bromtoon.

Om deze redenen is men er toe overgegaan bij buizen voor netvoeding indirect verhitte kathoden te gebruiken.

b. Indirect verhitte kathode

Deze kathode bestaat uit een metalen buisje (meestal van nikkel) waarop het metaaloxidelagje is aangebracht (fig. 7). In het buisje wordt de gloeidraad die bedekt is met een isolerende en hittebestendige laag, geschoven. Nu dient de gloeidraad uitsluitend als verhittingselement en het kathodebuisje is de emitterende electrode. Bij deze constructie is de spanning van de anode t.o.v. elk punt van de kathode constant, en zal dus ook de emissie van het gehele kathode-oppervlak constant en onafhankelijk van de frequentie van de gloeistroom zijn. Bovendien heeft een dergelijk buisje een grote warmtecapaciteit, (zij behoudt, door haar grotere oppervlakte, de warmte beter) zodat de temperatuur praktisch niet wordt beïnvloed door de met de frequentie variërende stroom door de gloeidraad. Op grond hiervan zijn praktisch alle moderne buizen voor netvoeding van een indirect verhitte kathode voorzien.

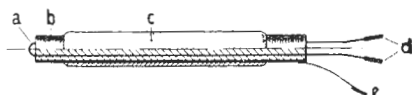
De gloeidraad van een indirect verhitte kathode komt voor in een gespiraliseerde vorm (fig. 7) en in een gevouwen uitvoering (fig. 8).



Samenstelling van een indirect verhitte kathode.

- a = gespiraliseerde gloeidraad
- b = kathode-buisje met oxydelaagje
- c = kathode-buisje met gloeidraad.

Fig. 7



Indirect verhitte kathode met gevouwen gloeidraad.

- a = gloeidraad met isolatielaagje
- b = kathode-buisje
- c = oxydelaagje
- d = gloeidraad aansluitingen
- e = kathode-aansluiting

Fig. 8

C. Voedingsbronnen voor de gloeidraad.

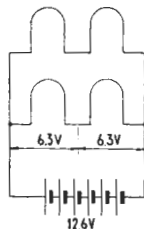
Zoals reeds hiervoor werd aangestipt, kan de voeding van de gloeidraad van de radiobuis op verschillende manieren geschieden. De constructie van de gloeidraad is sterk afhankelijk van de wijze van voeding. Men deelt de buizen daarom, naar hun voeding van de gloeidraad, in de volgende groepen in:

1. *Buizen voor batterijvoeding.*

Hierbij wordt de gloeidraad door een droge batterij gevoed. Aangezien de levensduur van de batterij afhangt van de stroom die zij moet leveren, zal men er bij deze buizen naar streven, de gloeistroom zo laag mogelijk te houden, desnoeds ten koste van hun elektrische eigenschappen. Bovendien speelt de factor ruimte, dus de afmetingen, ook dikwijls een rol (wij denken hier aan draagbare batterijtoestellen). De moderne batterijbuizen hebben daarom een gloeispanning van 1,2 V - 1,4 V, dit is de spanning van een enkele cel van een droge batterij. De gloeistroom van deze buizen is bij deze spanning 25, 50 of 100 mA.

2. *Buizen voor accuvoeding*

Ook hierbij geschiedt de voeding door een gelijkstroom. Men zou de kathode in dit geval eveneens direct kunnen verhitten. Nu is het grootste toepassingsgebied van deze buizen de autoradio, waarbij men gebruik maakt van de auto-accu, die een spanning heeft van 6,3 of 12,6 V (3 resp. 6 loodcellen, zie les 3 par. 14). Verder moet men voor gebruik in autoradio rekening houden met de schokken, waaraan de buizen in dergelijke ontvangers zijn



Voorbeeld van een schakeling van 6,3 V gloeidraden op een 12,6 V accu. Fig. 9

blootgesteld.

De constructie moet dus zeer robuust zijn. Hiertoe leent zich de indirect verhitte kathodeconstructie het beste. In verband met de 6,3 V spanning van de accu, heeft men de gloeispanning van deze buizen op 6,3 V gesteld, waarbij bij de meeste typen een stroom vloeit van 200 mA. Bij gebruik van een 12,6 V accu, schakelt men dan de buizen 2 aan 2 in serie, zoals in fig. 9 is aangegeven.

3. *Buizen voor wisselstroomvoeding*

Zoals reeds uit het voorgaande bleek, moeten deze buizen in elk geval van een indirect verhitte kathode worden voorzien. De typen van de laatste 15 jaren hebben een gloeispanning van 6,3 V. Aangezien deze buizen in ontvangtoestellen worden gebruikt die op het wisselstroomnet worden aangesloten, waarvan de spanning tussen 110 V en 245 V ligt, maakt men gebruik van een transformator waarmee via een geschikte wikkellingsverhouding de spanning van 6,3 V wordt verkregen. (zie ook fig. 24 in les 7) Alle gloeidraden worden dan, parallel geschakeld, aangesloten op de secundaire wikkling van de transformator. De gloeispanning moet dus gelijk zijn. De gloeistroom hangt af van de electronenstroom die voor hun functie in het toestel nodig is.

4. *Buizen voor gelijkstroom/wisselstroomvoeding*

Men heeft behalve wisselstroomnetten ook lichtnetten die gelijkspanning leveren, waarvan de spanning ligt tussen 110 en 240 V. Aangezien men een gelijkspanning niet door middel van een transformator omlaag kan transformeren, is men genoodzaakt de gloeidraden rechtstreeks uit het net te voeren. Om deze reden worden voor gelijkstroomnetten speciale, indirect verhitte buizen gemaakt, waarvan de gloeidraden niet voor dezelfde spanning, doch voor dezelfde gloeistroom zijn bemeten. De gloeidraden worden nu n.l. in serie geschakeld, en in zulk een geval worden de gloeidraden immers door dezelfde stroom doorlopen. Bij deze buizen kan dus de gloeispanning verschillend zijn. Men heeft deze buistypen voor een gloeistroom van 100, 200 en 300 mA gemaakt (de Amerikaanse buistypen voor serievoeding hebben een gloeistroom van 150 of 300 mA). In deze serieschakeling zijn deze buizen eveneens geschikt voor wisselstroomvoeding.

D. Buistypen

Zoals reeds in het begin van deze les is verteld, bezit de eenvoudigste buis twee elektroden: een kathode en een anode. Ook als de kathode indirect verhit is, dus bestaat uit een gloeidraad met twee aansluitingen en een kathodebuisje, wordt zij als een enkele electrode beschouwd. Een twee-elektrodenbuis noemt men een diode. De schematische voorstelling van een diode is in fig. 10 weergegeven.



Schematische voorstelling van een diode.

De constructie en de elektrische eigenschappen van de diode zijn afhankelijk van de functie die zij moet verrichten. Als detector, in de plaats van een Germaniumdiode, dient zij als gelijkricht-

Fig. 10

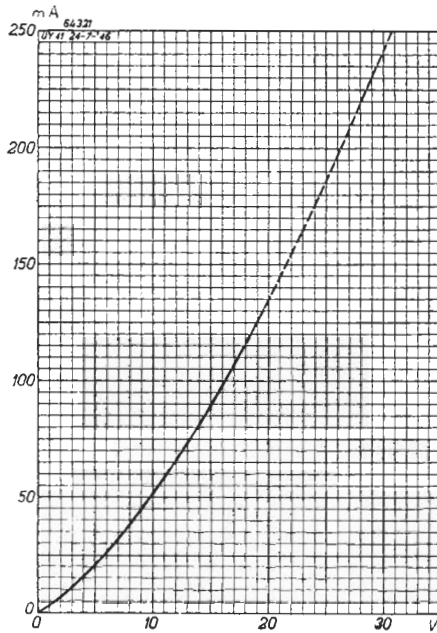
ter van H.F.-spanningen, waarbij slechts zeer zwakke stroompjes vloeien. De kathode hoeft dan slechts een kleine stroom te leveren en de spanningen die daarbij optreden, zijn niet hoog.

Verder wordt de diode gebruikt als netspanningsgelijkrichter. In dat geval is de gelijkgerichte stroom veel groter (in een ontvangtoestel in de grootteorde van 70-100 mA) en zijn de daarbij optredende spanningen ook veel groter. Dit brengt een veel zwaardere kathodeconstructie met zich. Voor deze toepassing worden zowel buizen met direct verhitte als met indirect verhitte kathoden gemaakt.

Men kan nu, evenals dit bij de Germaniumdiode is uitgevoerd (les 11), bekijken wat de waarde van de stroom is bij verschillende spanningen over de diode, en dit in een karakteristiek vastleggen (zie fig. 11). Men krijgt dan ongeveer hetzelfde beeld als van fig. 16 in les 11. Zolang de anode

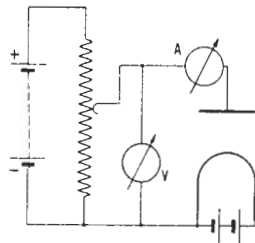
positief is, loopt er een stroom van de kathode naar de anode; zodra de anode negatief is t.o.v. de kathode, vloeit er geen stroom. In het laatste geval ondervinden de negatief geladen electronen een afstotende kracht van de anode, zodat zij er niet in slagen op de anode terecht te komen. Men kan deze karakteristiek volgens de schakeling van fig. 12 opnemen. Als men deze proef wil nemen, verdient het aanbeveling hiervoor geen nieuwe buis te gebruiken, aangezien aan de kathode een testerke emissiestroom wordt onttrokken als men de volledige karakteristiek wil opnemen.

Men heeft ook buizen, waarbij men



Stroom-spanningskarakteristiek van een diode

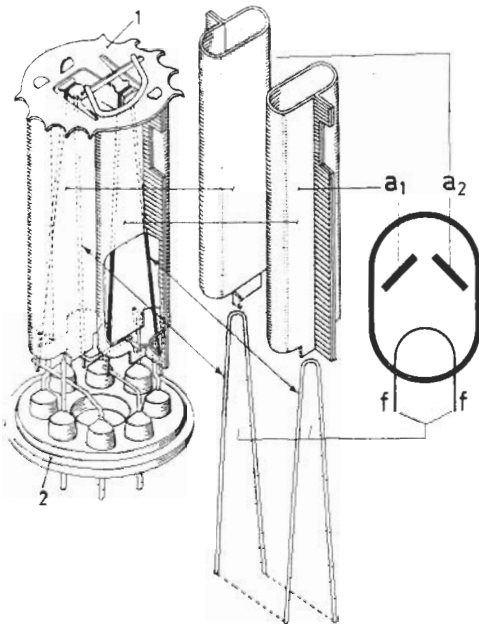
Fig. 11



Principeschema voor de meting van de diodekarakteristiek.

Fig. 12

twee dioden in één ballion heeft ondergebracht (fig. 13). Men spreekt dan van een dubbele diode of duodiode. Op het gebruik van de enkele en de dubbele diode komen wij in de volgende les nog terug.



Vereenvoudigde constructietekening van een dubbele diode (net-spanningsgelijkrichter).

a1 = de ene anode

a2 = de tweede anode

f = de gloeidraden, die in de buis parallel geschakeld zijn.

1 = Mica steunplaatje

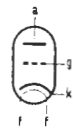
2 = glazen bodem met ingeperste pennen.

Fig. 13

Brengt men tussen de kathode en de anode een derde electrode aan, dan kan men door een spanning tussen deze electrode en de kathode aan te leggen, de ruimtelading en daarmee de electronenstroom, beïnvloeden. Deze extra electrode wordt meestal in de vorm van een spiraaldraad uitgevoerd en rooster genoemd. (in fig. 16 zijn verschillende modellen van roosters afgebeeld). Deze roosters bevinden zich cilindrisch rondom de kathode en zijn op geschikte steunen bevestigd. Zij worden in het algemeen uit dun draad vervaardigd en spiraalvormig om 1 of meer steunstaafjes, de zgn. roosterbalkjes, gewikkeld. De electronen kunnen door de openingen tussen de roosterdraden (roostermazen) schieten.

In een buis met 1 rooster heeft dit doorgaans de functie van sturende electrode en wordt daarom ook *stuurrooster* genoemd.

Een dergelijke buis met drie electroden, nl. kathode, rooster en anode, wordt een triode genoemd. De schematische voorstelling van een triode vindt U in fig. 14 afgebeeld. Verscheidene buizen zijn voorzien van meer roosters (fig. 16 laat als voorbeeld de samenstelling zien van een buis met drie roosters). Afhankelijk van het aantal electroden heeft men de radiobuizen de volgende namen gegeven:



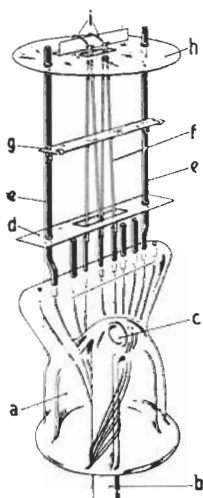
Schematische voorstelling van een triode.

Fig. 14

diode,	als de buis 2 electroden heeft	
triode,	als de buis 3 electroden heeft	(1 rooster)
tetrode,	als de buis 4 electroden heeft	(2 roosters)
penthode,	als de buis 5 electroden heeft	(3 roosters)
hexode,	als de buis 6 electroden heeft	(4 roosters)
heptode,	als de buis 7 electroden heeft	(5 roosters)
octode,	als de buis 8 electroden heeft	(6 roosters)
enneode,	als de buis 9 electroden heeft	(7 roosters)

Verder heeft men buizen, waarbij men meer dan één systeem in de ballon heeft ondergebracht, bv. twee diodes en een triode, die men een duo-diode-triode noemt; een triode met een hexode die de naam draagt van triode-hexode, enz.

Op de werking en de functie van deze buizen zullen wij in de volgende lessen uitvoeriger terugkomen.



Kneep met gemonteerde gloeidraad.

a = kneep

b = pompstengel

c = opening van pompstengel

d = onderste mica steunplaatje

e = steunstaafjes

f = met oxyde bedekte gloeidraad

g = mica steunplaatje voor de gloeidraad

h = bovenste mica steunplaatje

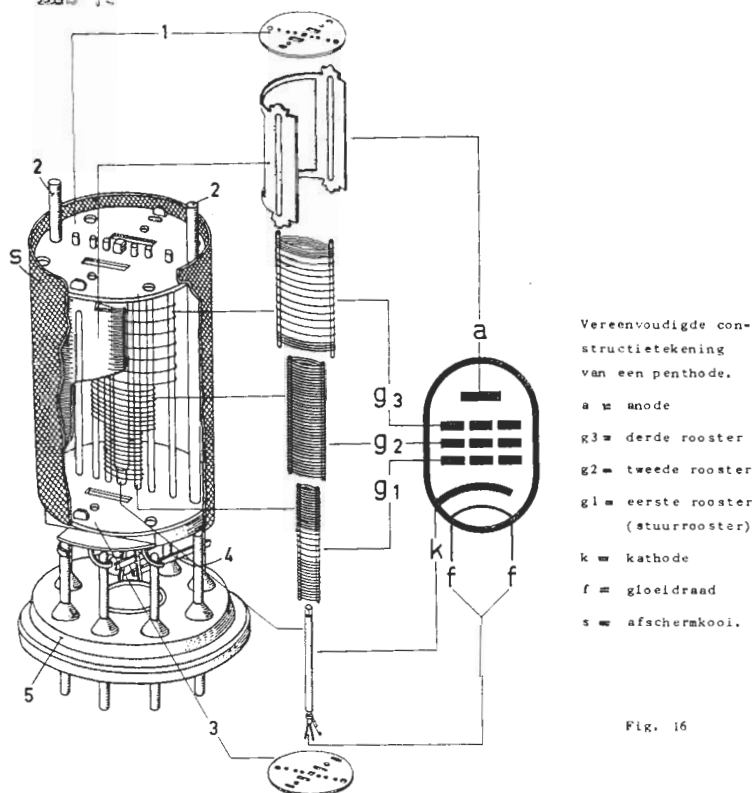
i = veren voor het spannen van de gloeidraad.

Fig. 15

E. Constructie

Zoals reeds in het begin is verteld, bestaat een radiobuis uit een electrodensysteem dat in een luchtledig gemaakte ballon is ondergebracht. Men heeft in de loop der jaren radiobuizen met verschillende uitvoeringen gemaakt. Wij willen hieronder alleen de belangrijkste constructies behandelen.

Bij de oorspronkelijke constructie (zie fig. 15) werd het electrodensysteem gedragen door twee verticale steunen, de zgn. steunbalkjes (e). Deze beide steunen vormen de ruggegraat van het systeem en zijn in de uit een glazen buis vervaardigde kneep (a) gesmolten. Het electrodensysteem wordt tussen twee horizontale steunplaatjes (d en h) opgesteld. Deze steunplaatjes zijn dikwijls, om tevens een afscherming te verkrijgen, uit metaal vervaardigd en hierin zijn kruisgewijze spleten gestanst die door mica of keramische plaatjes zijn bedekt. In de isolerende plaatjes zijn de roos-



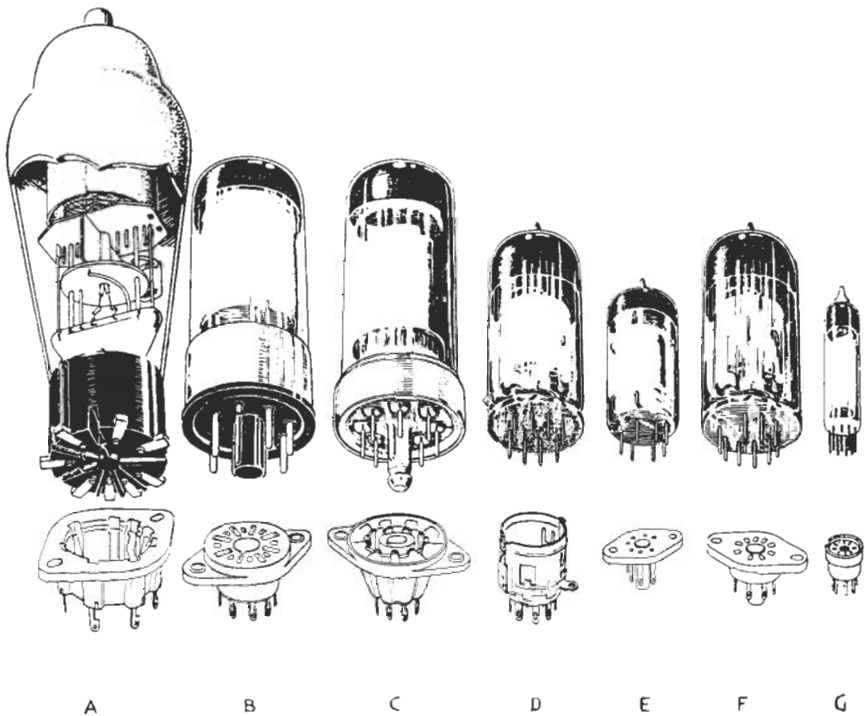
Vereenvoudigde constructietekening van een penthode.

a = anode
 g3 = derde rooster
 g2 = tweede rooster
 g1 = eerste rooster (stuurrooster)
 k = kathode
 f = gloeidraad
 s = afschermkooi.

Fig. 16

- 1 = bovenste mica steunplaatje
 2 = steunstaven van het electrodensysteem
 3 = onderste mica steunplaatje
 4 = verbindingsstrippjes van de elektroden met de aansluitpennen
 5 = glazen bodem met ingeperste pennen.

tersteunen en de kathode bevestigd, zodat ze alle onderling zijn geïsoleerd. De anode bestaat uit een metalen cylinder, die meestal aan de beide verticale draagsteunen wordt bevestigd. In de kneep is nu het vereiste aantal doorvoerdraden aangebracht, waaraan de verschillende elektroden van het buissysteem worden gelast. De andere uiteinden van de doorvoerdraden worden gesoldeerd aan de pennen of de contacten in de huls. De kneep heeft aan de onderzijde een rand, die met de glazen ballor wordt samengesmolten. Aan de kneep is een glazen pompstengel (b) bevestigd, terwijl zich in de kneep op de plaats waar de pompstengel is aangesmolten, een gat (c) bevindt. Zodra de kneep met de ballor is samengesmolten kan nu de lucht door pompen door de stengel worden verwijderd. De doorvoerdraden van de kneep zijn in de pennen van de huls gesoldeerd; deze huls is aan de ballor gekit. In de laatste 15 jaren zijn de buizen met deze constructie voorzien van een huls met zij-contacten (zie fig. 17 A) of een huls met 8 pennen (octalhuis). Bij deze laatste huls zijn de 8 pennen symmetrisch in een cirkel gerangschikt en bevindt zich in het midden een zgn. zoekstift, die van een ril is voorzien (fig. 17 B).



Verschillende uitvoeringen van de radiobuis met de daarbijbehorende buishouder.

- A. Oude uitvoering met kneepconstructie en huls met zijcontacten.
- B. Oude uitvoering met kneepconstructie en Octal-huls met zoekstift.
- C. Sleutelbuis met zoekstift.
- D. Rimlock-buis met zoeknok. ⌘
- E. Miniaturbuis met 7 pennen.
- F. Noval-buis met 9 pennen.
- G. Subminiatur-buis (met aansluitpennetjes of met draden om direct in het chassis te worden gesoldeerd).

Fig. 17

Deze kneepconstructie heeft het nadeel, dat de toevoerdraden naar de electroden over een vrij grote afstand parallel aan elkander lopen en vrij lang zijn. Hierdoor ontstaan tussen de draden ongewenste capaciteiten en dientengevolge ongewenste koppelingen.

In verband hiermede is men van de kneepconstructie met huls afgestapt en is men er toe overgegaan, buizen te maken met een glazen bodem zonder huls. Het kenmerk van deze constructie is de afwezigheid van de kneep en van de huls. De bodem is een vlakke glazen plaat, met of zonder opstaande rand, waarin 8 doorvoerpennen aanwezig zijn, waarop het electrodensysteem wordt bevestigd. Deze pennen dienen tevens als aansluitcontacten van de buis. De eerste constructie waarbij dit systeem werd toegepast, was die van de sleu-

telbuisen (fig. 17 C). Op de 8 doorvoerpennen wordt het verticaal opgestelde electrodensysteem gelast, zodat het systeem uiterst stevig opgebouwd is. Omdat de pennen symmetrisch in een cirkel zijn gerangschikt, werd ook deze buis met een centrale zoeknok uitgerust. Deze zoeknok maakt deel uit van een metalen afschermplaat die onder aan de buis wordt gemonteerd.

Na de oorlog heeft men door een verbetering van de constructie en door gebruik van nieuwe materialen, de afmetingen kleiner kunnen maken. Op deze wijze zijn de Rimlockbuisen ontstaan (fig. 17 D) en de miniatuurbuisen (fig. 17 E). De Rimlockbuis heeft 8 symmetrisch opgestelde pennen; de "zoeking" geschiedt hierbij door middel van een nokje op de zijkant van de buis. Bij de miniatuurbuisen heeft men 7 pennen die volgens een achthoek geplaatst zijn, zodat men hierdoor een asymmetrische opstelling van de pennen heeft verkregen. Verder maakt men buistypen van dezelfde constructie, maar met negen pennen (zgn. Novalbuisen). De pennen zijn volgens een regelmatige tienhoek gerangschikt, zodat door het ontbreken van de tiende pen een asymmetrische pennenstand is ontstaan (fig. 17 F).

De nieuwste ontwikkeling is de subminiaturbuis, waarvan de afmetingen weer aanzienlijk kleiner zijn dan die van de Rimlock- en miniaturbuis. Deze buistypen vinden o.a. toepassing in de gehoorapparaten. (fig. 17 G).

De aansluiting van de buis in het ontvangtoestel geschiedt door middel van een buishouder. In de figuren van de verschillende buisconstructies zijn tevens de bijbehorende buishouders getekend.

F. Typenummering

De Europese type-aanduiding werkt als volgt: Het typenummer bestaat uit twee of meer letters en één of twee cijfers. Deze letters en cijfers hebben de volgende betekenis:

Eerste letter (deze letter duidt de gloeidraadvoeding aan):

- A - 4 Volt wisselstroomvoeding
- C - 200 mA gloeistroom (gelijk- en wisselstroomvoeding)
- D - batterijvoeding, met een gloeispanning van 1,2 - 1,4 V
- E - 6,3 V wisselstroom- en accuvoeding
- K - 2 V batterijvoeding
- P - 300 mA gloeistroom (gelijk- en wisselstroomvoeding)
- U - 100 mA gloeistroom (gelijk- en wisselstroomvoeding)

Tweede en eventueel volgende letters (zij duiden het systeem en eventueel de functie van de buis aan). Deze letters hebben de volgende betekenis:

- | | |
|-----------------------|--|
| A - enkele diode | K - octode |
| B - dubbele diode | L - penthode (eindbuis) |
| C - triode | M - afstemindicator |
| D - triode (eindbuis) | Q - enneode |
| E - tetrode | X - <u>gasgevulde</u> dubbelfazige gelijk- |
| F - penthode | Y - enkelfazige gelijkrichter (richter) |
| H - hexode of heptode | Z - dubbelfazige gelijkrichter |

Cijfers

De daaropvolgende cijfers zijn in groepen ingedeeld. Deze groepen hebben betrekking op de uitvoering van de buis. Per groep heeft het cijfer de betekenis van een rangnummer. De belangrijkste groepen zijn:

0 - 10	buisen met kneeconstructie met zij-contactenhuls
20 - 30	sleutelbuisen
30 - 40	buisen met kneeconstructie met octalhuls
40 - 50	Rimlockbuisen
60 - 80	subminiaturbuisen
80 - 90	Novalbuisen
90 - 100	miniaturbuisen.

Voorbeelden

Een D A F 91 is een batterijbuis voor een gloeispanning van 1,4 V; zij bevat een diode-penthode en is uitgebracht in miniaturuitvoering.

Een EL41 is een buis voor 6,3 V wisselstroomvoeding; zij is een penthode-eindbuis in Rimlockuitvoering.

Een UBC41 is voor 100 mA gloeistroomvoeding; zij bevat een dubbele diode en triode en is uitgebracht in Rimlockuitvoering.

De typenummers van Amerikaanse radiobuisen zijn samengesteld uit een getal, een of twee letters en een rangnummer. Het eerste cijfer duidt de gloeispanningsgroep aan; de letters hebben geen speciale betekenis.

SAMENVATTING

1. Een radiobuis bestaat uit een glazen (soms metalen) ballon die luchtledig is gepompt en waarin zich een electrodensysteem bevindt.
2. Het eenvoudigste electrodensysteem bestaat uit twee electroden: de kathode en de anode.
3. Men onderscheidt de kathode naar haar constructie in:
 - a. Direct verhitte kathode, waarbij de gloeidraad het emitterende lichaam is;
 - b. Indirect verhitte kathode, waarbij de gloeidraad slechts als verhittings-element dienst doet. Het emitterende lichaam is nu het met een oxydelaagje bedekte kathode-buisje.
4. Uit oogpunt van gloeidraadvoeding deelt men de radiobuizen in de volgende groepen in:
 - a. Buizen voor batterijvoeding (Gloeispanning 1,2 - 1,4 V)
 - b. Buizen voor accuvoeding (Gloeispanning 6,3 V)
 - c. Buizen voor wisselstroomvoeding (Gloeispanning 6,3 V)
 - d. Buizen voor gelijkstroom/wisselstroomvoeding (Gloeistroom 100, 200 of 300 mA).
5. Rondom de kathode vormt zich een ruimtelading die wordt gevormd door de geëmitteerde, negatief geladen, electroden.
6. Ter beïnvloeding van de electronenstroom naar de anode brengt men in de meeste buizen tussen de anode en de kathode één of meer roosters aan.
7. Men onderscheidt de buizen ook naar het aantal electroden.

Een diode	is een buis met 2 electroden
Een triode	is een buis met 3 electroden
Een tetrode	is een buis met 4 electroden
Een penthode	is een buis met 5 electroden
Een hexode	is een buis met 6 electroden
Een heptode	is een buis met 7 electroden
Een octode	is een buis met 8 electroden
Een enneode	is een buis met 9 electroden.
8. De belangrijkste uitvoeringen van de radiobuis, die thans voorkomen, zijn:
 - a. Glazen ballon met kneepconstructie en huls met zijcontacten.
 - b. Glazen of metalen ballon met kneepconstructie en huls met acht pennen (Octal-huls).
 - c. Sleutelbuis met glazen bodem en metalen zoekstift.
 - d. Rimlockbuis met glazen bodem en een zoeknokje op de zijkant van de ballon.
 - e. Miniaturbuis met glazen bodem en zeven pennen.
 - f. Novalbuis met glazen bodem en negen pennen.
 - g. Subminiaturbuis met glazen bodem en aansluitpennetjes of aansluitdraden.
9. De Europese typenummers bestaan uit twee of meer letters en één of twee cijfers. De eerste letter duidt de gloeidraadvoeding aan; de tweede en eventueel volgende letter duidt het systeem van de buis aan. De daaropvolgende cijfers hebben betrekking op de uitvoering van de buis.

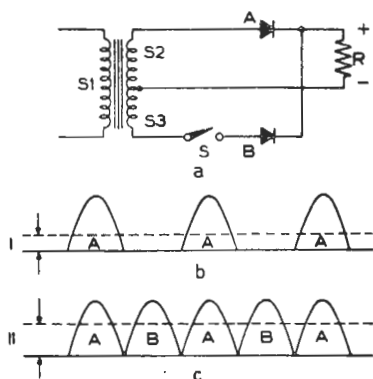
VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

1. De in serie geschakelde buizen UCH 42, UAF 42, UBC 41, UL 41 en UY 41 moeten in serie met een weerstand, op de netspanning van 220 V worden aangesloten. De gloeistroom van deze buizen is 100 mA. De gloeispanning van deze buizen bedraagt resp. 14 V, 12,6 V, 14 V, 45 V en 31 V. Welke waarde moet de serieweerstand hebben en voor welk vermogen moet deze weerstand worden berekend?
2. Leidt uit het typenummer af wat voor buizen de volgende typen zijn:
 - EAF 42
 - UL 41
 - DL 92
 - EF 80
 - UCH 42
3. Ga aan de hand van fig. 6 na, welke frequentie de bromspanning heeft tengevolge van de temperatuurvariaties bij wisselstroomvoeding. De frequentie van de wisselstroom is 50 Hz.
4. Teken het schema van fig. 13 uit les 11, waarin U echter de Germaniumdioden vervangt door enkelfazige gelijkrichtbuizen (enkele dioden).

60. Gelijkrichting. (Voedingsgedeelte)

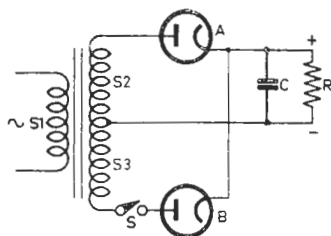
A. Gelijkrichter voor aansluiting op wisselspanningsnetten.

In les 11 is het principe en de toepassing van de gelijkrichter reeds behandeld. Hierbij werd gebruik gemaakt van Germanium-dioden. Wij zullen thans de gelijkrichter bekijken met gebruik van de normale diode (2 elektrodenbuis). Wij gaan hiervoor uit van fig. 13 uit



- Schakeling voor het demonstreren van enkelfasige gelijkrichting (schakelaar S open) en dubbelfasige gelijkrichting (schakelaar S gesloten).
- Enkelfasig gelijkgerichte spanning. I geeft het niveau van de gemiddelde spanning weer.
- Dubbelfasig gelijkgerichte spanning. II geeft het niveau van de gemiddelde spanning weer.

Fig. 1



Het schema van fig. 1a, waarin nu echter de Germanium-dioden door normale dioden zijn vervangen en parallel aan de belastingsweerstand R de condensator C is aangebracht.

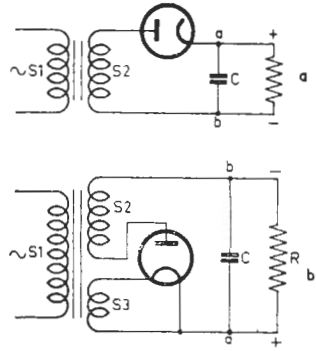
Fig. 2

les 11 die wij opnieuw hebben afgebeeld in fig. 1, waarin wij echter de meter hebben vervangen door een belastingsweerstand R. (Deze weerstand is een denkbeeldige weerstand; hij wordt gevormd door de stroom-afnemende radiobuizen en de grootte wordt bepaald door de gelijkspanning gedeeld door de afgenomen gelijkstroom). Vervangen wij nu in dit schema de Germanium-dioden door normale dioden, dan ontstaat het schema van fig. 2. Hierin hebben wij tevens parallel aan de belastingsweerstand R een condensator C getekend. Voor de eenvoud van de figuur hebben wij de gloeidraadvoeding van de dioden weggelaten. Zoals reeds in les 11 is verteld, ontstaat het beeld van fig. 1b bij enkelfasige gelijkrichting (schakelaar S open) en het beeld van fig. 1c bij dubbelfasige gelijkrichting (schakelaar S gesloten).

Door het aanbrengen van de condensator C krijgt de spanning over R een ander beeld. Om dit te bekijken, zullen wij eerst fig. 2 in zijn eenvoudigste vorm voor enkelfasige gelijkrichting tekenen. Er ontstaat dan fig. 3a. Fig. 3b geeft hetzelfde schema, nu echter met de gloeidraadvoeding via een aparte wikkeling op de transformator. Zoals we reeds geconstateerd hebben, ontstaat bij enkelfasige gelijkrichting het beeld van fig. 1b, als de condensator C niet aanwezig is. Door de condensator verandert echter de situatie. Zodra de gelijkrichtbuis stroom doorlaat, wordt de condensator C opgeladen.

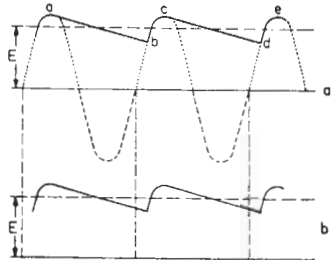
LES 17

Er loopt weliswaar tegelijkertijd een stroom door de parallel geschakelde weerstand R; dit houdt echter het opladen van de condensator niet tegen. Nemen wij eenvoudigheidshalve aan, dat de condensator tot de topwaarde van de wisselspanning wordt opgeladen, dan is de spanning over de condensator (na $\frac{1}{4}$ periode) gelijk aan punt a in fig. 4a. Daarna daalt de wisselspanning en wordt zij in de volgende halve periode zelfs negatief. Zonder condensator zou er geen stroom door R lopen. Nu voedt de lading op de condensator C echter de weerstand R, zodat ook in de negatieve fase een stroom door de weerstand R vloeit. De condensator ontladend zich dus over de weerstand R. Hoeveel lading de condensator C kwijt raakt, hangt van de waarde van de weerstand R af. Zodra de spanning in de volgende halve periode een waarde b heeft bereikt, wordt de condensator opnieuw bijgeladen tot de topwaarde x) en daarna ontladend de condensator zich weer en herhaalt zich hetzelfde proces. Bij de gelijkrichter met condensator heeft dus een voortdurende open gedeeltelijke ontlading van de condensator C plaats, waardoor de spanning over de condensator om een gemiddelde waarde E schommelt. Dit is de gelijkspanning, die door de gelijkrichter wordt geleverd. De variatie van de spanning kan men als een wisselspanning beschouwen, met een frequentie, gelijk aan de netfrequentie (zie fig. 4b). De geleverde gelijkspanning is nu hoger dan in het geval zonder condensator. Uit de werking van de condensator C blijkt



- a. Het prinsipeschema van een enkelfasige gelijkrichter (gelijk aan schema fig. 2 met schakelaar S open).
- b. Het prinsipeschema van fig. 3a zodanig getekend, dat de gloeidraad van de gelijkrichtbuis door middel van de nettransformator wordt gevoed.

Fig. 3



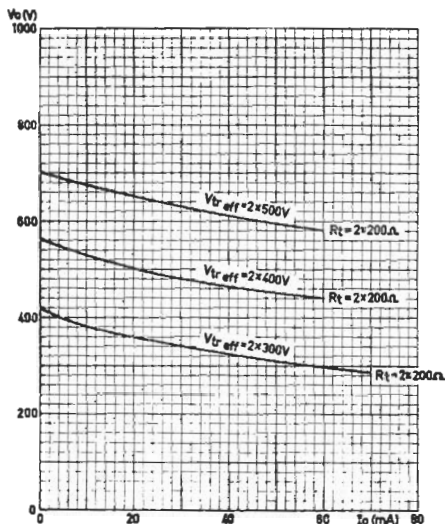
- a. Het beeld van de enkelfasig gelijkgerichte spanning over de buffercondensator C van fig. 3a.
- b. Detail van fig. 4a. Hieruit blijkt dat de rimpelspanning een frequentie heeft die gelijk is aan de netfrequentie.

Fig. 4

x) In werkelijkheid bereikt de spanning over de condensator deze topwaarde niet. Voor de eenvoud van behandeling nemen wij echter aan, dat deze spanning tot aan de topwaarde van de wisselspanning komt.

dat deze als het ware een reservoir van electronen vormt, waaruit in de negatieve fase stroom aan de belastingsweerstand R wordt geleverd. Men noemt deze condensator daarom wel reservoircondensator of buffercondensator.

Deze spanning dient voor voeding van de verschillende elektroden van de versterkerbuizen in het ontvangtoestel.^{x)} Nu bevindt zich bij deze gelijkspanning nog een wisselspanning met de netfrequentie (men noemt deze wisselspanning wel rimpelspanning). Aangezien deze rimpelspanning het gevolg is van de ladingsverandering van de condensator C , volgt hieruit dat, naarmate de verandering van de lading groter is, een grotere rimpelspanning ontstaat. Als dus de weerstand kleiner is, d. w. z. bij een bepaalde gelijkspanning een grotere stroomafname, zal de ladingsverandering groter zijn en wordt dus de rimpelspanning groter. Als de condensator C een kleine capaciteit heeft, zal bij een bepaalde ladingsverandering de invloed groter zijn, dan in het geval van een grote capaciteit. Dit heeft tot gevolg dat de rimpelspanning ook groter is, naarmate de condensator C kleiner is^{x)}. (Zie blz. 4)



De gelijkspanning in afhankelijkheid van de afgenomen gelijkstroom voor drie verschillende transformatorwisselspanningen voor de gelijkrichtbuis AZ 41. De totale weerstand in de gelijkrichtketen bedraagt in alle drie de gevallen 200 Ohm.

Fig. 5

x) De grootte van deze gelijkspanning hangt nog af van de weerstand in de gelijkrichtketen. Deze weerstand wordt o. a. gevormd door de Ohmse weerstand van de transformator en de inwendige weerstand van de gelijkrichtbuis. Naarmate meer stroom wordt afgenomen, zal meer spanningsverlies over deze weerstanden ontstaan en zal de geleverde gelijkspanning kleiner zijn. Zo krijgt men b. v. voor de dubbelfasige gelijkrichtbuis AZ 41 het beeld van fig. 5. Hierin ziet men verticaal de gelijkspanning afgebeeld, horizontaal de afgenomen gelijkstroom, bij een totale weerstand in de gelijkrichtketen van 200 Ohm en voor drie verschillende transformatorspanningen. Hieruit ziet men tevens, dat bij nullast, d. w. z. geen stroomafname, de spanning over de buffercondensator oploopt tot 1,4 x de effectieve transformatorspanning (bij 300 V_{eff} b. v. tot $300 \times 1,4 = 420$ V). Bij de keuze van de bedrijfsspanning van de buffercondensator dient men met dit feit terdege rekening te houden.

Keren we nu weer terug naar het schema van fig. 2 en tekenen wij de situatie voor dubbel-fasige gelijkrichting, dan ontstaat fig. 6. Hierin hebben wij reeds de gloeidraadvoeding door middel van de transformator aangegeven. Zoals we in les 11 hebben gezien, wordt nu ook gebruik gemaakt van de negatieve fasen van de wisselspanning, waardoor, zonder condensator C, het beeld van fig. 1c ontstond; met de condensator C ontstaat het beeld van fig. 7a. Deze figuur heeft veel overeenkomst met fig. 4a; er ontstaat weer een fluctuerende gelijkspanning. Wij kunnen echter de volgende verschillen constateren:

1. In fig. 7a zijn ook de negatieve helften benut (dubbel-fasige gelijkrichting).
2. De condensator C wordt diensgevolge gedurende een kortere tijd over de weerstand R ontladen; de ladingsverandering zal daarom kleiner zijn en de rimpelspanning zal dus kleiner zijn.
3. De rimpelspanning heeft nu een tweemaal zo hoge frequentie als bij enkelfasige gelijkrichting (zie fig. 7b).

Overigens geldt ook bij dubbel-fasige gelijkrichting dezelfde afhankelijkheid van de rimpelspanning van de grootte van de condensator C en van de afgenomen stroom. De rimpelspanning neemt dus toe naarmate de afgenomen stroom toeneemt en de condensator C kleiner is ^{x)}.

xx) Men kan de grootte van de rimpelspanning bij enkelfasige gelijkrichting met de volgende vuistformule zeer eenvoudig berekenen:

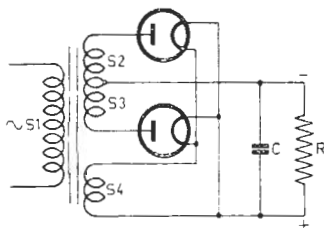
$$\text{Rimpelspanning} = 4,5 \frac{\text{afgenomen stroom (in mA)}}{\text{capaciteit van de buffercondensator (in } \mu\text{F)}} V_{\text{eff}}$$

Voor een afgenomen stroom van 60 mA en een buffercapaciteit van 50 μF wordt de rimpelspanning dus: $4,5 \frac{60}{50} = 5,4 V_{\text{eff}}$.

x) Voor de berekening van de rimpelspanning bij dubbel-fasige gelijkrichting heeft men eveneens een eenvoudige vuistformule:

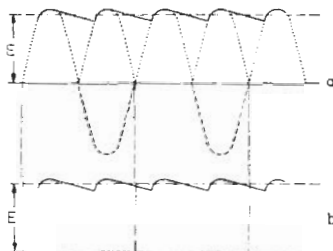
$$\text{Rimpelspanning} = 1,7 \frac{\text{afgenomen stroom (in mA)}}{\text{capaciteit van de buffercondensator (in } \mu\text{F)}} V_{\text{eff}}$$

Voor dezelfde waarden van de afgenomen stroom en capaciteit als in de eerste voetnoot komen we tot een rimpelspanning van ca. $2 V_{\text{eff}}$. Hieruit blijkt, dat de rimpelspanning bij dubbel-fasige gelijkrichting aanzienlijk kleiner is, dan bij enkelfasige gelijkrichting.



Principeschema van een dubbel-fasige gelijkrichter met 2 enkele dioden.

Fig. 6



a. Het beeld van de dubbel-fasige gelijkgerichte spanning over de buffercondensator C van fig. 6.

b. Detail van fig. 7a. Hieruit blijkt, dat de rimpelspanning een frequentie heeft die gelijk is aan de dubbele netfrequentie.

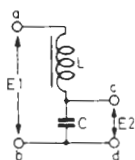
Fig. 7

B. Afvlakking

Als men de gelijkspanning met de aanwezige rimpelspanning zonder meer aan de verschillende elektroden van de versterkbuizen zou toevoeren, zou men door de rimpelspanning een bromtoon in de luidspreker horen. Het is daarom nodig, deze rimpelspanning nog te verzwakken, of in elk geval zodanig te verzwakken, dat zij niet meer hoorbaar wordt in de luidspreker. Voor het verzwakken van de rimpelspanning maakt men gebruik van filters, die de gelijkspanning wel doorlaten, de rimpelspanning daarentegen zeer sterk verzwakt doorlaten. Dergelijke filters noemt men afvlakfilters, omdat de spanning in fig. 4a en 5a als het ware vlakker wordt gemaakt.

In fig. 8 is een filter getekend, dat vroeger praktisch algemeen in ontvangers werd toegepast, tegenwoordig echter bijna uitsluitend in versterkers. Dit filter bestaat uit een serieschakeling van een spoel L met hoge zelfinductie en een condensator C met grote capaciteit. Deze serieschakeling wordt over de klemmen a en b van de gelijkrichter geschakeld en de gelijkspanning wordt afgenomen van de klemmen c en d over de condensator C. Door de hoge zelfinductie heeft de spoel L een grote weerstand voor de rimpelspanning ($X_L = 6,28 f L$) (zie les 7). De Ohmse weerstand van de spoel L hebben wij hier eenvoudigheidshalve verwaarloosd). De condensator C heeft echter dank zij zijn hoge capaciteit een lage weerstand voor de wisselspanning ($X_C = \frac{1}{6,28 f C}$; zie les 8). Beide elementen werken nu voor de wisselspanning als een spanningsdeler. Uit de theorie van de spanningsdeler (zie les 2 par. 10), weten we dat de spanningen over de weerstanden van de spanningsdeler in dezelfde verhouding zijn als de weerstanden zelf. Als dus de condensator C een zeer kleine weerstand heeft en de spoel L een zeer grote weerstand, betekent dit dat over de condensator C slechts een zeer klein gedeelte van de wisselspanning komt te staan en over de spoel L het grootste gedeelte. Hieruit volgt verder dat dit des te gunstiger wordt, naarmate de spoel L een grotere zelfinductie heeft en de condensator C een grotere capaciteit. Wij zullen dit met een getallenvoorbeeld illustreren. Daartoe gaan wij uit van een spoel (men noemt dit wel een smoerspoel) van 8 H en een condensator van 50 μ F. De wisselstroomweerstand van de spoel is bij dubbelfasige gelijkrichting (dubbele netfrequentie) gelijk aan: $X_L = 6,28 \times 100 \times 8 = \text{ca. } 5000 \text{ Ohm}$ (hier is als netfrequentie 50 Hz aangenomen). De condensator heeft voor dezelfde frequentie een wisselstroomweerstand van:

$$X_C = \frac{1}{6,28 \times 100 \times \frac{50}{1.000.000}} = \text{ca. } 32 \text{ Ohm.}$$



Principeschema van een afvlakfilter, bestaande uit een smoerspoel L en een condensator C. Over de klemmen a en b staat de gelijkspanning + de rimpelspanning; over de klemmen c en d staat de gelijkspanning verminderd met het spanningsverlies in de spoel L en de sterk verzwakte rimpelspanning.

Fig. 8

De spanningsverdeling zal volgens de verhouding van de wisselstroomweerstand (van C en L) zijn, zodat over de condensator C slechts ca. $\frac{32}{5000} = \frac{1}{160}$ gedeelte van de oorspronkelijke rimpelspanning zal komen te staan. Voor het voorbeeld in de tweede voetnoot op blz. 4 zou dus de rimpelspanning over de condensator van het afvlakfilter worden

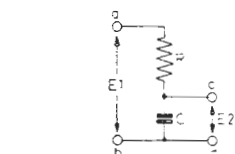
$$\frac{1}{160} \times 2 \text{ V} = \frac{1}{80} \text{ V} = \text{ca. } 12,5 \text{ mV.}$$

Voor enkelfasige gelijkrichting, waarbij de frequentie van de rimpelspanning gelijk is aan de netfrequentie, is de werking van het afvlakfilter minder gunstig. De frequentie is immers de helft van die bij dubbelfasige gelijkrichting, zodat de wisselstroomweerstand van de spoel 2 x kleiner wordt en die van de condensator 2 x groter. Voor bovengenoemd voorbeeld krijgen we dus 2500 Ohm voor de spoel en 64 Ohm voor de condensator, zodat nu de verzwakking van de rimpelspanning ca. 1/40 wordt.

De gelijkstroom zal eveneens de spoel L doorlopen. (De condensator C vormt nu een oneindig hoge weerstand voor deze stroom). In de spoel zal dus eveneens een gelijkspanningsverlies ontstaan, waarvan de grootte afhankelijk is van de Ohmse weerstand van de spoel. Deze weerstand ligt meestal in de grootte-orde van 250 Ohm. Bij een gelijkstroom van 60 mA zou dus een gelijkspanningsverlies ontstaan van $0,06 \times 250 = 15 \text{ V}$.

(In les 10 hebben we gezien, dat een serieschakeling van een spoel en een condensator in resonantie kan komen. In dat geval zal de spanning over de condensator juist groter worden. De waarden van L en C moeten daarom in elk geval zo gekozen worden, dat deze resonantie voor de frequentie van de rimpelspanning niet kan optreden).

In de ontvangapparaten is dit afvlakfilter bijna geheel verdrongen door een filter, bestaande uit een weerstand en een condensator. (fig. 9) In principe is de werking van dit filter geheel gelijk aan dat van fig. 8. De weerstand R is in de plaats gekomen van de spoel L. De weerstand moet nu dus een zodanige waarde hebben, dat deze groot is vergeleken bij de wisselstroomweerstand van de condensator. In dat geval kunnen voor de spanningsverhouding $\frac{E_2}{E_1}$ de verhouding van $\frac{XC}{R}$ nemen. Ter illustratie een praktisch getalenvoorbeeld. Daartoe gaan wij uit van een weerstand van 1200 Ohm, een capaciteit van 50 μF en een frequentie van 50 Hz (enkelfasige gelijkrichting). Uit het voorgaande getalenvoorbeeld bleek dat de wisselstroomweerstand van deze condensator ca. 64 Ohm bedraagt. De spanningsverzwakking wordt dus:



Principeschema van het afvlakfilter, bestaande uit een weerstand en een condensator.

Fig. 9

De spanningsverzwakking wordt dus:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{XC}{R} = \frac{64}{1200} = \text{ca. } \frac{1}{20}$$

Voor dubbelfasige gelijkrichting is de frequentie 2 x zo groot, dus de wisselstroomweerstand van de condensator 2 x zo klein. $X_C =$ dus 32 Ohm. Voor de spanningsverzwakking verkrijgen we nu een factor

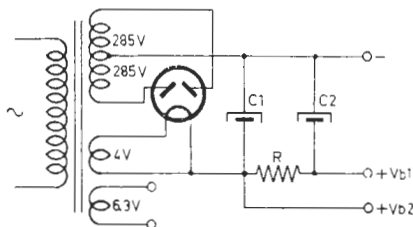
$$\frac{1}{40}$$

Men zou kunnen redeneren dat de rimpelspanningsverzwakking nog groter gemaakt zou kunnen worden door een hogere waarde voor de afvlakweerstand R te nemen. Wij komen nu echter een andere moeilijkheid tegen: het gelijkspanningsverlies in deze weerstand. Ook voor gelijkstroom blijft de weerstand 1200 Ohm. Voor een stroomafname van 60 mA betekent dit een spanningsverlies van $0,06 \times 1200 = 72$ V. Om eenzelfde uitgangsspanning als bij het afvlakfilter met een spoel te verkrijgen, zou men de secundaire transformatorspanning moeten verhogen. Dit zou echter verschillende nadelen met zich brengen. Men lost dit probleem op de volgende wijze op:

De grootste stroomafnemer - dit is de eindbuis - wordt vanaf de buffercondensator gevoed. In dat geval is de gelijkstroom door de afvlakweerstand veel kleiner en dientengevolge ook het spanningsverlies. Nemen wij als voorbeeld de eindbuis EL 41, die een gelijkstroom van ca. 35 mA van de gelijkrichter afneemt, dan blijft er van de 60 mA (= het gelijkstroomverbruik in een normale radio-ontvanger) 25 mA over. Deze 25 mA veroorzaken dan over de weerstand van 1200 Ohm een spanningsverlies van 30 V, hetgeen natuurlijk aanzienlijk minder is dan de 72 V van het voorgaande voorbeeld. Omdat de spanning voor de eindbuis dan van de buffercondensator wordt afgenomen, heeft men wel meer kans op brom in verband met de rimpelspanning, die zich over deze buffercondensator bevindt. Dit nadeel kan men echter op verschillende wijzen opheffen. Wij komen hierop in latere schemabesprekingen nog terug.

Het complete voedingsgedeelte van een wisselstroomontvanger is nu in fig. 10 getekend. Uit de grote waarden van de capaciteit van de condensatoren C1 en C2 blijkt reeds, dat zij electrolytische condensatoren zullen zijn. Dit type condensator wordt ter onderscheiding van de andere condensatorconstructies door een speciaal symbool aangegeven, hetgeen ook in fig. 10 is geschied. De als \square

getekende plaat is hierbij de mantel van de condensator en steeds de -pool. In deze figuur is de dubbelfasige gelijkrichtbuis aangegeven, zoals normaal in de schema's wordt getekend. De wikkeling van 6,3 V dient voor de voeding van de gloeidraden van ontvanguizen.

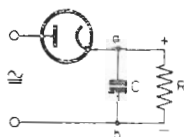


Principeschema van het complete voedingsgedeelte van een ontvanger voor wisselstroomvoeding.

Fig. 10

C. Gelijkrichter voor aansluiting op gelijk- en wisselspanningsnetten.

Zoals wij reeds in de voorgaande les hebben verteld, moet men ook rekening houden met gelijkspanningsnetten. De spanning van een dergelijk net zou men eigenlijk niet behoeven gelijk te richten; men heeft hoogstens een afvlakfilter nodig om de wisselspanningscomponenten die steeds op een dergelijke gelijkspanning aanwezig zijn, te verzwakken. Aangezien men echter het ontvangoestel zo universeel mogelijk maakt, heeft men deze ontvangers steeds zodanig ingericht, dat zij zowel geschikt zijn voor aansluiting op gelijkspanningsnetten als op wisselspanningsnetten. In verband met de laatste mogelijkheid heeft de ontvanger dus toch een gelijkrichter nodig. Aangezien het toestel echter tevens op een gelijkspanningsnet moet kunnen worden aangesloten, kan men hierbij geen gebruik maken van een transformator. De wikkeling van een transformator betekent nl. praktisch een kortsluiting bij aansluiting op een gelijkspanning (zie hiervoor ook les 7). Het principe van deze gelijkrichter wordt daarom zoals in fig. 11 is aangegeven. Vergelijkt men deze figuur met fig. 3a dan ziet men onmiddellijk de overeenkomst. In plaats van de transformator S1-S2 komt nu de netspanning rechtstreeks op de gelijkrichter. Verder geldt hiervoor dan ook hetzelfde als in het voorgaande reeds is verteld over de enkelfasige gelijkrichter en de afvlakking.

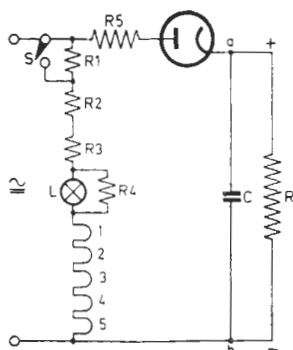


Principeschakeling van een enkelfasige gelijkrichter.

Fig. 11

De voeding van de gloeidraad van de gelijkrichter kan nu echter niet door middel van de transformator geschieden, hetgeen eveneens geldt voor de gloeidraden van de andere ontvangbuizen. Zoals wij reeds in les 12 kort hebben aangestipt, schakelt men dan de gloeidraden in serie en het geheel met een serieweerstand op de netspanning. Voor dit type ontvangoestellen, d.w.z. voor universele voeding, gebruikt men dan ook buizen met dezelfde gloeistroom, zoals de z.g. U-buizen met een gloeistroom van 100 mA. Een veel gebruikte serie is bijv.:

UCH 42 - UAF 42 - UBC 41 - UL 41 - UY 41 - (zie ook vraagstuk 1 van les 12), waarvan de totale gloeispanning 116,6 V bedraagt. Voor elke hogere spanning moet men dus een weerstand in serie opnemen. Voor 220 V wordt dit bv. 1044 Ohm, voor 200 V 834 Ohm. Wil men dus het ontvangoestel op verschillende netspanningen kunnen aansluiten, dan moet men de totale serieweerstand in verschillende afzonderlijke weerstanden verdelen, die men door middel van een schakelaar kan kortsluiten. Een voorbeeld van een dergelijke schakeling geeft fig. 12. In deze figuur ziet U tevens een weerstand in serie met de anode van de gelijkrichtbuis opgenomen. Dit is noodzakelijk bij netspanningen boven 125 V en dient voor beveiliging van de gelijkrichtbuis. Een ander probleem bij ontvangers met universele voeding is de voeding van het schaalverlichtingslampje. Dit lampje, dat meestal een betrekkelijk lage spanning heeft, dient uiteraard eveneens in de serieketen van de gloeidraden te worden opgenomen. De gloeidraden van de ontvangbuizen bezitten echter uit oogpunt van weerstand een eigenaardige eigenschap. De weerstand van deze gloeidraden is in



Vereenvoudigde schakeling van het complete voedingsgedeelte van een ontvanger voor voeding uit gelijkstroom/wisselstroomnetten van 200 en 220 V. Voor 200 V wordt de weerstand R1 door middel van de schakelaar S kortgesloten.

$$R1 = 200 \Omega$$

$$R2 = 240 \Omega$$

$$R3 = \text{N.T.C. weerstand (koud ca. } 3000 \Omega \text{)}$$

$$\text{(warm ca. } 220 \Omega \text{)}$$

$$R4 = \text{N.T.C. weerstand (koud ca. } 10000 \Omega \text{)}$$

$$\text{(warm ca. } 250 \Omega \text{)}$$

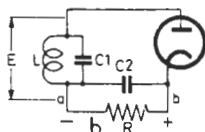
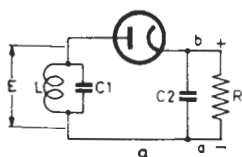
$$R5 = 180 \Omega$$

Fig. 12

koude toestand ca. 1/7 van die in warme toestand. De gehele serieketen met seriële weerstand is berekend met de weerstand van de gloeidraden in warme toestand. Dit heeft tot gevolg, dat bij het inschakelen van het toestel, als de gloeidraden dus nog koud zijn, de stroom in de keten veel groter is, dan die in warme toestand. Deze veel grotere stroom kan het schaalverlichtingslampje niet verdragen, zodat men er iets op moet vinden om de nadelige invloed van de inschakelstroomstoot op te vangen. Hiervoor maakt men gebruik van N.T.C. weerstanden (zie les 2 par. 9C). Deze hebben een karakter dat juist tegengesteld is aan dat van de gloeidraden van de radio-buis, dus in koude toestand een hoge weerstand en in warme toestand een lage weerstand. In fig. 12 heeft men nu een combinatie van een serie N.T.C. weerstand (R3) en een parallel-N.T.C. weerstand (R4) (d.w.z. parallel aan het schaalverlichtingslampje) toegepast. R3 voorkomt de nadelige invloed van de inschakelstroomstoot. R4 zorgt ervoor dat het toestel blijft werken als het lampje L eventueel doorbrandt. De gloeidraadketen blijft dan toch gesloten. Wij zullen in een latere les, bij de bespreking van ontvangers voor universele voeding, nog uitvoeriger terugkomen op de omschakeling voor verschillende netspanningen.

61. Detectie

Wij hebben in les 11 par. 56 reeds de detectie met behulp van een Germanium-diode behandeld. Er is in principe geen verschil of men een Germanium-diode gebruikt of een normale diode, die op elektronenemissie berust. Hetgeen in les 11 is gezegd, geldt dan ook in zijn geheel voor het gebruik van de normale diode. Wij willen echter op één punt nog iets nader ingaan. Wij zullen dit doen aan de hand



a. Principeschema van een diode-detectortrap.

b. -Gelijk aan fig. 13a, doch op een andere wijze getekend.

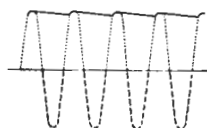
Fig. 13

van fig. 13a en b dat het principeschema voorstelt van het diode-detectiegedeelte van een ontvanger. Het schema in fig. 13a is eigenlijk geheel analoog aan dat van fig. 3a. In plaats van de transformator S1-S2 is nu een afstemkring getekend. Over de afstemkring staat een wisselspanning E, nu echter met een hoge frequentie, namelijk de draaggolffrequentie, waarop de kring is afgestemd. Als de draaggolf ongemoduleerd is, krijgt men hetzelfde beeld, als in fig. 4a. Over de weerstand R, en over de condensator C, ontstaat weer een gelijkspanning met een rimpelspanning (fig. 14). Aangezien de periode van de H.F.-spanning nu een veel kortere tijd in beslag neemt (bij een draaggolffrequentie van 1000 kHz

bijv. $\frac{1}{1.000.000}$ sec.) en de weerstand

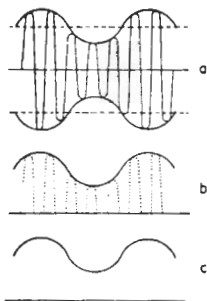
R gewoonlijk een zeer hoge waarde heeft (ca. 0,5 Megohm), zal de ontlading van de condensator veel minder zijn, dan in het geval van fig. 4a. Dit komt hierop neer, dat de rimpelspanning zeer klein zal zijn. Zodra echter de draaggolf gemoduleerd is, varieert de amplitude van de draaggolf in het ritme van de laagfrequentie. Deze laagfrequentie moeten we na de detectie overhouden. Dit verkrijgt men automatisch, door de condensator C en de weerstand R zodanige waarden te geven, dat de fluctuatie van de spanning voor de draaggolffrequentie verwaarloosbaar klein is, echter de variatie van de amplitude van de H.F. spanning in het laagfrequentie ritme wel duidelijk door de ontlading van de condensator C wordt gevolgd. Aangezien de modulatie-frequentie tot ca. 6000 Hz gaat, de tijd van één periode dus 1/6000 seconde duurt, moet de grootte van R zodanig gekozen zijn, dat de condensator C in de tijd van 1/6000 seconde voldoende de modulatieverandering van de amplitude van de H.F. draaggolf kan volgen. Praktische waarden van C en R zijn 100 pF resp. 0,5 Megohm. In fig. 13b is het schema van fig. 13a iets anders getekend. Op deze wijze treft men het dikwijls in de schema's van ontvangers aan. In fig. 15 zijn de verschillende fasen van de detectie van een gemoduleerde draaggolf weergegeven. Men vindt hierin:

- Het beeld van de gemoduleerde draaggolf.
- Het beeld van de gedetecteerde gemoduleerde draaggolf.
- De L.F. spanning die over de weerstand R ontstaat.



Beeld van de gelijkspanning + rimpelspanning over de condensator C in de schakeling van fig. 13a, in het geval van een ongemoduleerde draaggolf.

Fig. 14

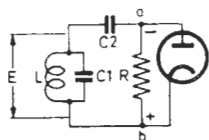


- Het beeld van een gemoduleerde draaggolf.
- Het beeld van een gedetecteerde gemoduleerde draaggolf.
- De L.F. spanning over de weerstand R.

Fig. 15

Het schema van fig. 13 treft men ook wel in gewijzigde vorm aan, zoals in fig. 16 is weergegeven. Het typische verschil met fig. 13 is, dat nu de weerstand R direct parallel aan de diode staat. Overigens speelt zich de detectie op dezelfde wijze af en ontstaat over R de gelijkspanning en de L.F. modula-

tiespanning. Over het gebruik van deze schakeling zullen wij nog in een latere les terugkomen.



Principeschema van een diode-detectortrap, waarbij de weerstand R parallel aan de diode staat.

Fig. 16

S A M E N V A T T I N G

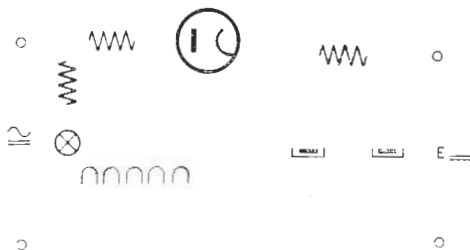
1. Bij een (enkelfasige of dubbelfasige) gelijkrichter voor de voeding van een ontvangtoestel, schakelt men over de uitgang van de gelijkrichter een z.g. buffercondensator.
2. Door deze buffercondensator (ook wel reservoircondensator genoemd) verhoogt men het niveau van de gemiddelde gelijkspanning en is de wisselspanningscomponent des te kleiner, naarmate de condensator groter en de afgenomen stroom kleiner is.
3. De rimpelspanning is de wisselspanning die over de buffercondensator ontstaat. Bij enkelfasige gelijkrichting heeft zij een frequentie gelijk aan de netfrequentie; bij dubbelfasige gelijkrichting is de frequentie van de rimpelspanning gelijk aan de dubbele netfrequentie.
4. Men kan de rimpelspanning met behulp van de volgende vuistformules zeer eenvoudig berekenen:
 Enkelfasige gelijkrichting:

$$\text{Rimpelspanning} = 4,5 \frac{\text{afgenomen stroom (in mA)}}{\text{capaciteit van de buffercondensator (in } \mu\text{F)}} V_{\text{eff}}$$
 dubbelfasige gelijkrichting:

$$\text{Rimpelspanning} = 1,7 \frac{\text{afgenomen stroom (in mA)}}{\text{capaciteit van de buffercondensator (in } \mu\text{F)}} V_{\text{eff}}$$
5. Om de nadelige invloed van de rimpelspanning (hoorbaar als brom) te vermijden, wordt achter de buffercondensator nog een afvlakfilter geschakeld. Men heeft filters bestaande uit een spoel en een condensator, of uit een weerstand en een condensator.
6. In het voedingsgedeelte van ontvangers voor wisselstroomvoeding, worden de gloeidraden van de buizen gevoed via een aparte wikkeling op de transformator.
7. In ontvangers voor gelijkstroom/wisselstroomvoeding, kan men geen transformator toepassen. Hier schakelt men daarom de gloeidraden in serie, evt. met tussenschakeling van een weerstand, direct op de netspanning.
8. Het schaalverlichtingslampje in ontvangers voor gelijkstroom/wisselstroomvoeding, wordt eveneens in serie met de gloeidraadketen opgenomen. Ter vermindering van een te hoge inschakelstroomstoot, maakt men hierbij gebruik van een N.T.C. weerstand in serie met het schaalverlichtingslampje.
9. Voor de gelijkrichting van de gemoduleerde draaggolf wordt tegenwoordig meestal een diode-detector gebruikt. De grootte van de detectie-condensator en belastingsweerstand wordt hierbij zo gekozen, dat de H.F. rimpelspanning verwaarloosbaar klein is, de L.F. variatie echter over blijft.

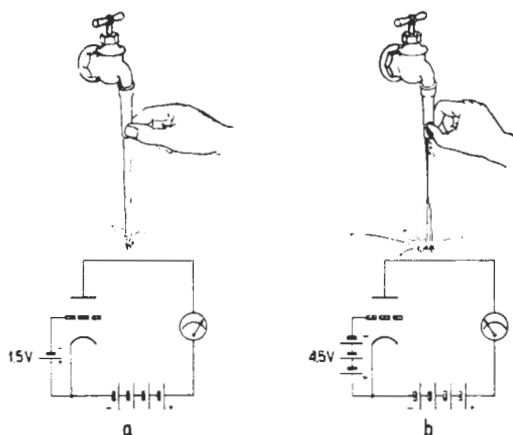
Vragen en Vraagstukken

1. Wat zijn de voordelen van dubbelfasige gelijkrichting ten opzichte van enkelfasige gelijkrichting?
2. Bereken het spanningsverlies in een smoorspoel met 2500 windingen (gemiddelde lengte van een winding = 15 cm) van 0,15 mm emaille-draad, als de stroomsterkte 60 mA bedraagt. De soortelijke weerstand van de draad bedraagt 0,0175.
3. Een transformatorspoel bevat 650 m draad met een doorsnede van 0,08 mm². Als de E.M.K. van deze spoel 450 V_{eff} bedraagt, hoe groot is dan de klemspanning bij een stroombelasting van 58 mA? De soortelijke weerstand van de draad bedraagt 0,0175.
4. Hieronder zijn getekend de onderdelen en de gelijkrichtbuis van het voedingsgedeelte van een ontvanger voor gelijkstroom/wisselstroomvoeding. Teken de leidingen in de figuur, zodat het totale schema ontstaat.



62. De triode

Zoals wij in les 12, par. 59D, reeds hebben aangestipt, kan men de electronenstroom van de kathode naar de anode beïnvloeden door tussen beide electroden een rooster aan te brengen. In fig. 16 van de zelfde les vond U een voorbeeld hoe een dergelijk rooster eruit ziet en hoe dit schematisch wordt voorgesteld (fig. 14 les 12).



Vergelijkend watervoorbeeld van de invloed van het stuurrooster op de anodestroom met overeenkomstige elektrische situatie.

- a. Negatieve roosterspanning is gering; grote anodestroom.
 b. Negatieve roosterspanning is groter; kleinere anodestroom.

Fig. 1

Om de invloed van het rooster op de electronenstroom in te zien, willen wij eerst een vergelijkend watervoorbeeld bekijken (fig. 1a en b). Sluiten wij een soepele slang op de waterkraan aan, dan is de waterstraal die uit de slang spuit te vergelijken met de electronenstroom die in een radiobuis van de kathode naar de anode loopt. Wanneer wij de slang tussen duim en wijsvinger indrukken, wordt de stroom minder; drukken wij hard genoeg, dan kunnen wij zelfs de stroom helemaal doen ophouden. Drukken wij afwisselend hard en zacht, dan zien wij hoe in hetzelfde tempo de waterstraal dikker of dunner wordt. Nu kunnen wij de druk van de waterleiding vergelijken met de anodespanning en de druk tussen duim en wijsvinger met een negatieve roosterspanning. Door het rooster een negatieve spanning ten opzichte van de kathode te geven, worden immers de negatief geladen electronen naar de kathode teruggestoten. Een geringe roosterspanning komt overeen met een lichte druk van de duim op de slang, een grote negatieve roosterspanning komt overeen met een sterke druk van de duim. Wij kunnen de spanning op het rooster inderdaad zó negatief maken, dat het rooster alle electronen naar de kathode terugstuurt, zodat geen enkel electron er in slaagt om de anode te bereiken, d. w. z. de anodestroom nul wordt.

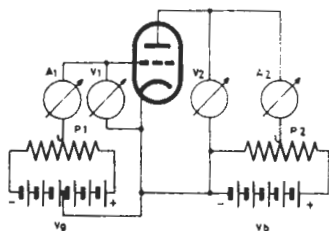
Op de electronen werken dus feitelijk drie krachten:

1. De kracht die de electronen van de kathode vrijmaakt (afhankelijk van de temperatuur van de kathode).
2. De aantrekkende kracht van de positieve anode.
3. De afstotende kracht van het negatieve rooster.

Voor ons zijn de 2 laatstgenoemde krachten de belangrijkste. De eerstgenoemde kracht kunnen we als constant beschouwen. Het hangt dus van de invloed van de laatstgenoemde krachten af, hoeveel electronen de anode zullen bereiken, of in andere woorden, hoe groot de anodestroom zal zijn.

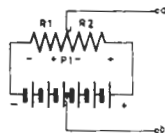
Wij willen thans iets nader ingaan op de werking van de triode. Daartoe gaan wij uit van de schakeling van fig. 2. Hierin wordt de positieve spanning voor de anode via een potentiometer P2 van de anodebatterij V_b betrokken, en kan aan het stuurrooster via een potentiometer-schakeling een positieve of een negatieve spanning ten opzichte van de kathode worden toegevoerd. (Uit fig. 3 kan men duidelijk zien, dat de roosterspanning negatief wordt als de looper van de potentiometer P1 zich links van het middenpunt bevindt en positief wordt, als de looper zich rechts van het middenpunt bevindt). De meters A1 en A2 zijn mA-meters voor het meten van de roosterstroom resp. de anodestroom en de meters V1 en V2 zijn voltmeters voor het meten van de roosterspanning resp. de anodespanning. Wij beginnen met de looper van de potentiometer P1 in het middenpunt te plaatsen (in fig. 3 is dan $R_1 = R_2$), zodat de spanning van het rooster ten opzichte van de kathode 0 V bedraagt. Wij kunnen nu voor verschillende waarden van de spanning op de anode (= anodespanning) nagaan, hoe groot de stroom is, die daarbij vloeit. De waarden van de anodespanning en de anodestroom worden dus afgelezen op de meters V2 en A2. Men krijgt dan een aantal getallen, die men kan uitzetten in een grafiek, de z.g. anodestroom/anodespannings-karakteristiek (of kortweg I_a/V_a -karakteristiek). ^{x)}

In fig. 4 rechts geeft de grafiek 1 deze getallen weer voor het triode-gedeelte van de EBC 41 (dit is een duo-diode-triode, waarvan wij alleen het triode-gedeelte bekijken). Zoals men uit deze gra-



Principeschema voor de meting van I_a/V_g - en I_a/V_a -karakteristieken van een triode.

Fig. 2

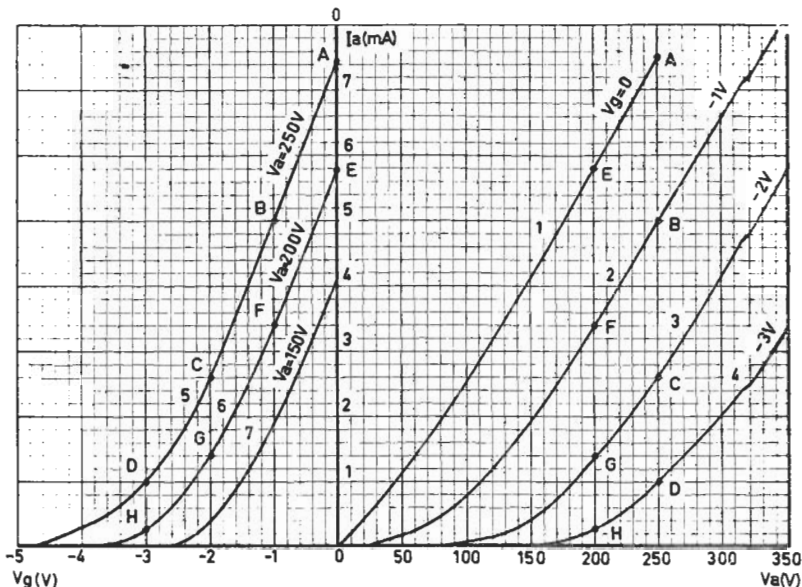


Detail van fig. 2. Klem b bevindt zich op de middenaftakking van de batterij. Afhankelijk van de stand van de potentiometer P1 zal klem a negatief of positief ten opzichte van klem b worden.

Fig. 3

x) De spanningen en stromen van de radiobuizen duidt men meestal met symbolen aan. De spanningen worden voorgesteld door de hoofdletter V, gevolgd door een letter, die de betreffende electrode voorstelt, b. v. V_f = gloeispanning, V_a = anodespanning, V_g = roosterspanning, enz.

Zo worden de stromen voorgesteld door de hoofdletter I, gevolgd door de zelfde letters als bij de spanningen; dus I_f = gloeistroom, I_a = anodestroom en I_g = roosterstroom.



I_a/V_g - en I_a/V_a -karakteristieken van een triode.

Fig. 4

fiek ziet, neemt de stroom naar de anode regelmatig toe met een hogere spanning op de anode. Wij hebben deze grafiek slechts getekend tot een waarde van ca. 7,5 mA, die bij een anodespanning van 250 V en een roosterspanning van 0 V optreedt. (Als wij de anodespanning nog meer zouden gaan verhogen, zou men zien, dat op een gegeven moment de stroom niet meer in de zelfde mate toeneemt en boven een bepaalde waarde van de anodespanning zelfs constant blijft. Men heeft dan de z.g. verzadigingsstroom van de buis bereikt. Wij zullen hierop echter niet verder ingaan, omdat de electronenbuizen in een ontvangtoestel nimmer zodanig worden gebruikt, dat zij tot aan de verzadigingsstroom lopen).

Schuiwen wij nu de potentiometer P1 zover naar links, dat de meter V1 -1V aanwijst, zodat het rooster 1V negatief is ten opzichte van de kathode (men zegt dan, dat de negatieve roosterspanning -1V is), dan kan men daarna de zelfde metingen doen als bij 0V roosterspanning. Het zal duidelijk zijn, dat bij de overeenkomstige anodespanning van de voorgaande metingen andere stromen zullen worden gemeten. Het rooster is immers negatief ten opzichte van de kathode, zodat het rooster een remmende invloed heeft op de negatief geladen electronen, die het rooster moeten passeren, om op de anode terecht te komen. Dit ziet men ook uit de grafiek 2 in fig.4, waar pas bij ca. 50 V spanning op de anode een geringe stroom begint te lopen, terwijl bij deze spanning in het voorgaande voorbeeld (bij 0V roosterspanning) reeds 1 mA anodestroom liep. Tekent men de meetresultaten weer punt voor punt op, dan verkrijgt men de karakteristiek 2, die vanaf een bepaald punt vrijwel parallel loopt aan de eerste karakteristiek. Zo kan men deze metingen herhalen voor verschillende

waarden van de roosterspanning. De lijnen 3 en 4 stellen de karakteristieken voor bij een negatieve roosterspanning van -2V resp. -3V. De combinatie van deze grafieken noemt men het karakteristiekenbeeld van een radiobuis; het is als het ware het visitekaartje van de betreffende radiobuis.

Wij kunnen de anodestroom ook bekijken voor een vaste anodespanning, echter met een variërende roosterspanning. Voor deze meting blijft de potentiometer P2 in de zelfde positie staan en wordt de anodestroom gemeten voor verschillende standen van de potentiometer P1 (verschillende negatieve roosterspanningen). Zo geeft karakteristiek 5 het beeld weer voor een spanning van 250 V van de anode ten opzichte van de kathode. Bij 0 V roosterspanning is de anodestroom ca. 7,5 mA; naarmate het rooster meer negatief wordt, neemt de anodestroom af, omtenslotte bij -4,8V roosterspanning geheel 0 te worden. Deze -4,8V noemt men de *afknijpspanning*.

Verlaagt men nu de anodespanning tot b.v. 200 V, dan zal natuurlijk een overeenkomstige anodestroom ten opzichte van het voorgaande voorbeeld lager liggen, ten gevolge van de minder aantrekkende kracht van de anode op de electronen. Men kan ook hiervoor punt voor punt optekenen, hoe groot de stroom is bij verschillende waarden van de negatieve roosterspanning; men verkrijgt op deze wijze karakteristiek 6 in fig. 4. Karakteristiek 7 stelt het zelfde voor, echter voor een anodespanning van 150 V. Men ziet dat ook deze karakteristieken bijna geheel evenwijdig aan elkander lopen. Men noemt deze karakteristieken de anodestroom/roosterspannings-karakteristieken of kortweg I_a/V_g -karakteristieken. (Door de loper van de potentiometer P1 rechts van het middenpunt te plaatsen, kan men het rooster een positieve spanning toevoeren. Behalve een grotere anodestroom, constateert men dan tevens een stroom naar het rooster (op meter A1). Aangezien de versterkbuisen in het ontvangtoestel nimmer zo worden gebruikt, dat het rooster positief wordt ten opzichte van de kathode, zullen wij hierop niet dieper ingaan).

Als men de I_a/V_g -karakteristieken en de I_a/V_a -karakteristieken van fig.4 met elkander vergelijkt, kan men hierin veel overeenkomst ontdekken. Men kan zelfs het ene stel karakteristieken grafisch construeren met behulp van het andere stel, zonder dat men hiervoor extra metingen heeft uit te voeren. Wij hebben in beide stellen karakteristieken met hoofdletters de overeenkomstige punten aangeduid. Hieruit kan men zien, dat de I_a/V_g -karakteristiek voor een anodespanning van 250 V kan worden opgebouwd uit de punten A, B, C en D van de verschillende I_a/V_a -karakteristieken. Dit zijn n.l. de punten, die alle bij een zelfde anodespanning van 250 V behoren.

Aangezien men met behulp van deze karakteristieken het gedrag van een radiobuis in een bepaalde schakeling kan nagaan, worden tegenwoordig van elke radiobuis dergelijke karakteristieken gepubliceerd. Dit gedrag wordt eigenlijk hoofdzakelijk door 3 eigenschappen bepaald, die we in getallen uitdrukken. Deze eigenschappen zijn:

1. de *inwendige weerstand* uitgedrukt in Ohm en voorgesteld door het symbool R_i ;
2. de *steilheid* uitgedrukt in mA/V en voorgesteld door S;
3. de *versterkingsfactor*, een verhoudingsgetal dat voorgesteld wordt door de Griekse letter μ .

In les 1 hebben wij gezien, dat spanning, stroom en weerstand door de wet van Ohm onverbrekkelijk met elkander zijn verbonden. Het zelfde geldt bij een radiobuis voor de eigenschappen R_i , S en μ (wet van Barkhausen). Wij zullen in de volgende paragrafen zien, hoe wij deze drie eigenschappen uit de I_a/V_g -karakteristieken kunnen bepalen.

63. De inwendige weerstand van een radiobuis (R_i)

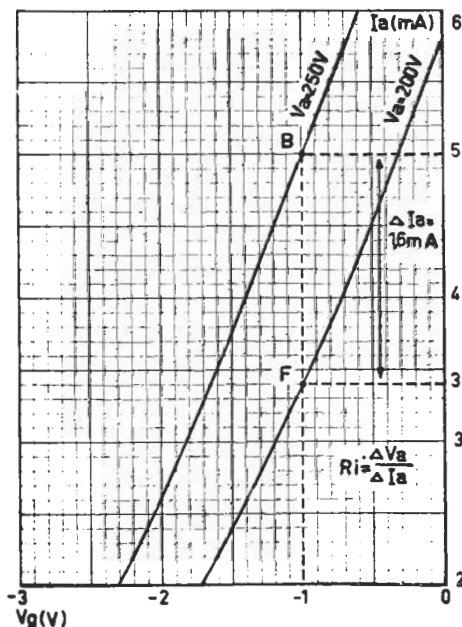
De inwendige weerstand van een radiobuis is eigenlijk een wisselstroom-weerstand, omdat zij wordt bepaald door een anodespanningsverandering en de dientengevolge optredende anodestroomverandering bij een constante roosterspanning. Het quotiënt van deze veranderingen is de inwendige weerstand. In formule geeft dit:

$$R_i = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a} \quad (\text{Bij dezelfde waarde van roosterspanning})$$

(Δ de Griekse letter D, spreek uit delta; het wordt gebruikt als symbool voor een verandering van een bepaalde grootheid).

Wij willen ernadrukkelijk de aandacht op vestigen, dat de inwendige weerstand van een radiobuis niet is de anodespanning gedeeld door de daarbij behorende anodestroom. Een dergelijke weerstand heeft het karakter van een gelijkstroomweerstand, terwijl de inwendige weerstand R_i juist betrekking heeft op veranderingen van de spanning en de daarbij behorende stroom.

Wij kunnen uit de karakteristieken van fig. 4 heel eenvoudig aflezen, hoe groot de inwendige weerstand van deze buis is. Bekijken



Detail van de I_a/V_g -karakteristieken van fig. 4, ter bepaling van de inwendige weerstand R_i .

Fig. 5

wij de I_a/V_g -karakteristieken (zie eveneens fig. 5) bij een constante roosterspanning van $-1V$, dan stelt de afstand tussen de punten B en F de anodestroomverandering voor bij een anodespanningsverandering van $250 - 200 = 50 V$. De afstand B-F komt overeen met $1,6 mA$, zodat

$$R_i = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a} = \frac{50}{\frac{1,6}{1000}} = \text{ca. } 31.000 \text{ Ohm} = \text{ca. } 31 \text{ k}\Omega$$

Men kan de inwendige weerstand voor verschillende punten in de karakteristiek bepalen en daaruit blijkt, dat in het z.g. rechte gedeelte van de I_a/V_g -karakteristieken de K_i vrijwel constant is; buiten het rechte deel neemt hij echter toe, naarmate de negatieve roosterspanning toeneemt.

64. De steilheid van een radiobuis (S)

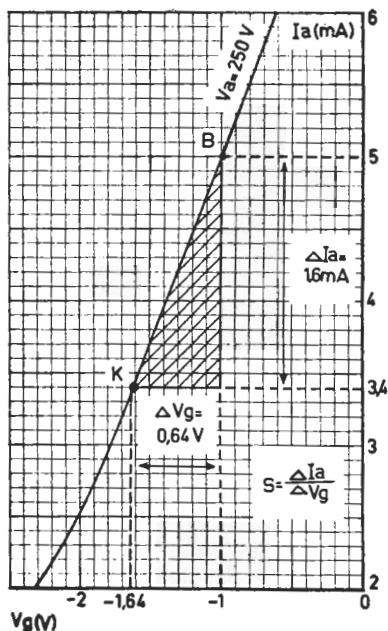
De steilheid van een radiobuis geeft aan, hoeveel de anodestroomverandering (in mA) is tengevolge van een roosterspanningsverandering van $1 V$ bij een vaste waarde van de anodespanning. Aangezien de I_a/V_g -karakteristieken net verband tussen de anodestroom en de roosterspanning weergeven bij een bepaalde anodespanning, slaat het begrip steilheid op deze karakteristieken. Men zou voor steilheid b.v. ook het woord helling kunnen gebruiken. Hoe groter de helling is van de karakteristiek, dus des te steiler de karakteristiek, des te groter is de steilheid. Neemt men b.v. de karakteristiek 5 in fig. 4, die in fig. 6 nog eens apart is getekend, dan behoren de punten B en K bij anodestroomwaarden van 5 resp. $3,4$ mA, zodat het anodestroomverschil gelijk is aan $1,6$ mA. Deze punten behoren bij roosterspanningen van $-1 V$ en $-1,64 V$, zodat het roosterspanningsverschil gelijk is aan $0,64 V$. Een roosterspanningsverandering van $0,64 V$ heeft dus een anodestroomverandering van $1,6$ mA tengevolge. De steilheid is dan $\frac{1,6}{0,64} = \text{ca. } 2,5 \text{ mA/V}$.

De definitie van de steilheid in formule-vorm is:

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta V_g} \quad (\text{bij een zelfde}$$

anodespanning).

(de grootte mA/V is een maat die het omgekeerde is van die van de



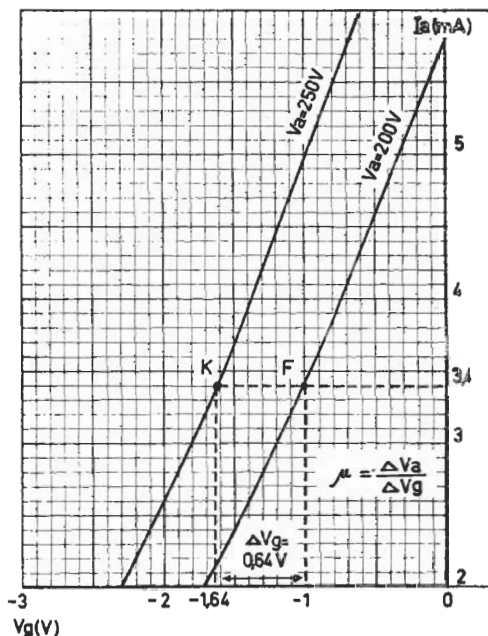
Detail van de I_a/V_g -karakteristiek voor $V_a = 250 V$ uit fig. 4, ter bepaling van de steilheid S.

Fig. 6

weerstand (Ohm). In de Amerikaanse literatuur drukt men dan ook de steilheid uit in de eenheid micromho $= \frac{1}{1000} \text{ mA/V}$; dus $1 \text{ mA/V} = 1000$ micromhos).

65. De versterkingsfactor van een radiobuis (μ)

De derde grootte van een radiobuis is de versterkingsfactor, gesymboliseerd door de Griekse letter μ . Deze factor is een verhoudingsgetal; het drukt de verhouding van de anodespanningsverandering en de roosterspanningsverandering uit, die ieder voor zich een zelfde



Detail van de I_a/V_g -karakteristieken uit fig. 4 ter bepaling van de versterkingsfactor μ .

Fig. 7

anodestroomverandering zouden veroorzaken. Bekijken we fig. 7, dan staat de buis ingesteld in punt K van de karakteristiek voor $V_a = 250 \text{ V}$. Nu verminderen we V_a met 50 V en komen dus in punt Q van de karakteristiek voor $V_a = 200 \text{ V}$. De afstand K-Q is de anodestroomverandering, veroorzaakt door de anodespanningsverandering van 50 V . We kunnen nu deze anodestroomverandering ongedaan maken door (bij $V_a = 200 \text{ V}$) de roosterspanning van $-1,64 \text{ V}$ op -1 V te brengen. We komen nu in punt P, waarbij de anodestroom weer dezelfde waarde heeft als in punt K. We zien hieruit, dat een roosterspanningsverandering van $0,62 \text{ V}$ dezelfde invloed heeft als een anodespanningsverandering van 50 V . De versterkingsfactor is dan

$$\mu = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g} = \frac{50}{0,64} = 78$$

Aangezien het rooster op een kleinere afstand van de kathode gelegen is dan de anode, is het logisch, dat het rooster een grotere invloed op de uit de ruimtelading tredende electronen heeft dan de anode. Dit is de verklaring van het feit, dat de roosterspannings-

verandering van 0,64 V een even grote invloed op de anodestroom heeft als de anodespanningsverandering van 50 V.

66. Wet van Barkhausen

Tussen de behandelde drie eigenschappen van de buis bestaat nog een eenvoudig onderling verband. Het product van R_i en S is n.l. gelijk aan:

$$R_i \times S = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a} \times \frac{\Delta I_a}{\Delta V_g} = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g} = \mu$$

Hieruit volgt, dat het product van de inwendige weerstand en de steilheid gelijk is aan de versterkingsfactor. Dus

$$S \times R_i = \mu.$$

Dit verband is algemeen bekend als de *wet van Barkhausen*. Als men dus twee grootheden van de buis weet, kan men met behulp van bovenstaande formule de derde bepalen. Voor de karakteristieken van fig. 4 vonden wij de volgende resultaten:

$$\begin{aligned} S &= 2,5 \text{ mA/V} \\ R_i &= 31 \text{ k}\Omega \\ \mu &= 78. \end{aligned}$$

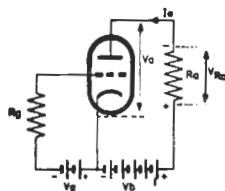
Het product van R_i en S geeft inderdaad weer het getal 78. (Bij deze bewerking moet men er aan denken, dat de grootheid mA/V eerst herleid moet worden tot A/V.)

Ter illustratie nog het volgende voorbeeld: Van het triodegedeelte van de ECH 42 is bekend: $S = 2,8 \text{ mA/V}$ en $\mu = 22$. De inwendige weerstand R_i kan nu onmiddellijk worden berekend uit:

$$R_i = \frac{\mu}{S} = \frac{22}{\frac{2,8}{1000}} = \text{ca. } 8000 \text{ Ohm.}$$

67. Het versterken van wisselspanningen met behulp van een radio-buis.

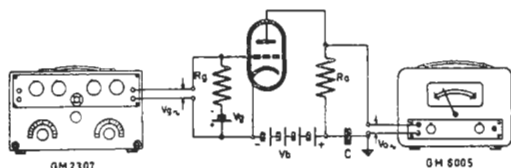
In de meetschakeling van fig. 2 kan men waarnemen, wat er gebeurt als de spanning op het rooster of op de anode verandert. Voor de praktische toepassing van de buis heeft deze schakeling echter geen enkele waarde. Als versterkbuis is het de bedoeling, dat een bepaalde wisselspanning tussen rooster en kathode in versterkte mate in de anodeleiding te voorschijn komt. Dit is alleen mogelijk, als een bepaalde weerstand in de anodeleiding is opgenomen. In dat geval immers verwekt de anodestroomverandering een spanningsverandering over de betreffende weerstand. Het eenvoudigste geval wordt door het schema van fig. 8 weergegeven, waarin de anodeleiding een ohmse weerstand R_a is opgenomen. Wij zullen deze schakeling eerst aan de hand van een proef bekijken (zie fig. 9). Hierin wordt aan de ingang van de versterkbuis, d.w.z. tussen roos-



Principeschema van een triode met anodeweerstand R_a . De anodespanning V_a wordt nu $V_a = V_b - I_a \times R_a$.

Fig. 8

ter en kathode een wisselspanning door middel van een toongenerator (bijv. G.M. 2307) toegevoerd. De spanning over de weerstand Ra wordt



Meetopstelling voor het meten van de spanningsversterking van een triode.

Fig. 9

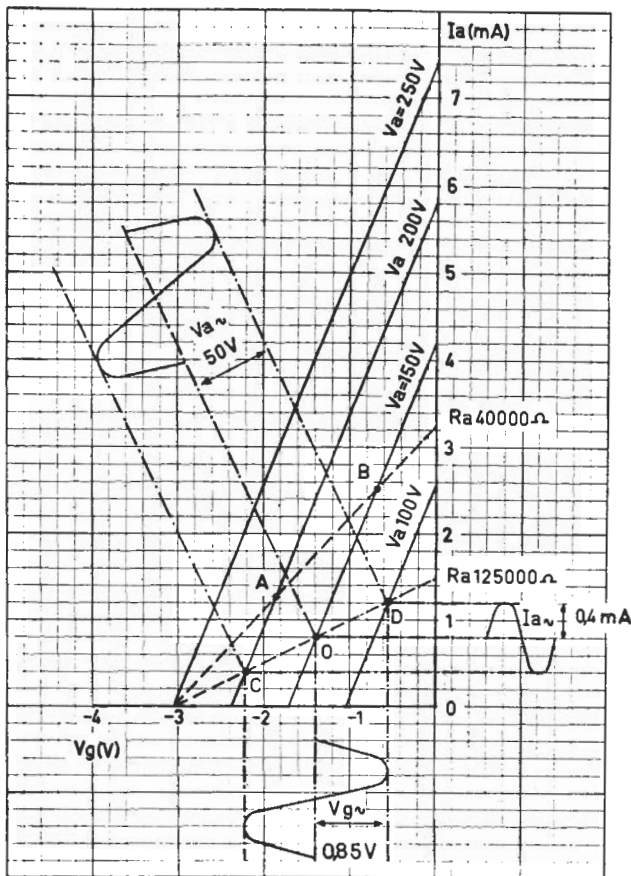
aan een elektronische voltmeter, type GM 3132 of GM 6005, toegevoerd. Voor de triode kan men b.v. het triodegedeelte van de EBC 41 gebruiken. Als de toongenerator een wisselspanning van 0,1 Veff aan het rooster toevoert, zal men op de elektronische voltmeter een spanning van ca. 4,5 Veff aflezen. De versterking van de buis is dus gelijk aan $\frac{4,5}{0,1} = 45$. De versterkingsfactor van de buis EBC 41 is 70. Er is dus een merkbaar verschil tussen de verkregen versterking en de grootte van de versterkingsfactor. Om de oorzaak van dit verschil nategaan, grijpen wij weer terug naar het schema van fig. 8.

Beschouwen wij eerst in dit schema de gelijkstroom en de gelijkspanning van de buis. Door de buis vloeit een anodegelijkstroom, die ook door de weerstand Ra loopt. In deze weerstand ontstaat dus een spanningsverlies gelijk aan $I_a \times R_a$. De polariteit van deze spanning is tegengesteld aan die van de anodebatterij Vb, zodat de spanning op de anode van de buis ten opzichte van de kathode gelijk is aan de batterijspanning Vb verminderd met het spanningsverlies over de weerstand Ra. De anodespanning wordt dus:

$$V_a = V_b - I_a \times R_a.$$

De karakteristieken in fig. 4 waren echter opgenomen zonder enige weerstand in de anodeleiding. Wij noemen dit de statische karakteristieken. De karakteristiek voor 250 V behoorde dus bij een voedingsspanning van 250 V.

De situatie verandert echter, door het opnemen van de anodeweerstand Ra. De anodespanning is nu afhankelijk van de grootte van de anodeweerstand Ra en van de anodestroom bij een bepaalde waarde van de voedingsspanning. Dit heeft tot gevolg, dat de I_a/V_g -karakteristieken anders gaan lopen voor het schema van fig. 8. Om te laten zien, hoe het nieuwe verloop van deze karakteristieken is, hebben wij in fig. 10 de statische I_a/V_g -karakteristieken nogmaals getekend, echter in gelidealiseerde vorm, d.w.z. de onderste bocht is uit deze karakteristieken weggelaten, zodat wij hen zuiver recht hebben getekend. Wij hebben daarin tevens de nieuwe I_a/V_g -karakteristieken (men noemt deze de dynamische I_a/V_g -karakteristieken) voor anodewestanden van 40.000 Ohm en 125.000 Ohm getekend. Bij een voedingsspanning van 250 V hebben deze lijnen één punt gemeen, n.l. het afknijppunt, waarbij de anodestroom tot 0 is teruggebracht. Als er geen anodestroom loopt, zal er immers ook geen spanningsver-



Geïdealiseerde statische I_a/V_g -karakteristieken (van fig.4) met de dynamische I_a/V_g -karakteristieken voor $R_a = 40.000\ \Omega$ en $R_a = 125.000\ \Omega$.

Fig. 10

lies in de weerstand ontstaan, zodat dan de anodespanning gelijk wordt aan de batterijspanning. Zodra echter stroom loopt, ontstaat er spanningsverlies over de weerstand R_a en zal de anodespanning dus minder zijn. Zo komt punt A overeen met een anodestroom van 1,25 mA. Deze stroom verwekt over de anodeweerstand van 40.000 Ohm een spanning van 50 V, zodat de anodespanning $250 - 50 = 200$ V bedraagt. Punt A moet dus tevens op de statische karakteristiek voor 200 V liggen. Zo kan men ook punt B construeren en de totale dynamische karakteristiek voor een voedingspanning van 250 V trekken. Men ziet onmiddellijk uit de figuur, dat de steilheid van deze nieuwe karakteristiek aanzienlijk kleiner is dan die van de overeenkomstige statische karakteristiek. ^x (zie volg. blz.)

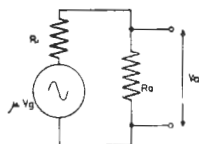
Nu gaat het erom, om wisselspanningen te versterken. Op het rooster van de buis komt dus een wisselspanning en nu zal de anodestroom variëren, afhankelijk van de verandering van de roosterspanning. In

fig. 10 hebben wij dit uitgevoerd voor een roosterspanningsverandering met een amplitude van 0,85 V. Deze variatie speelt zich af om de vaste waarde van de roosterspanning van -1,4 V. De amplitudewaarden van de totale roosterspanning worden dus $-1,4 - 0,85 = -0,55\text{V}$ en $-1,4 + 0,85 = -2,25\text{V}$. Met deze amplitudewaarden van de roosterspanning komen de amplitudewaarden van de anodestroom van 1,2 mA en 0,4 mA overeen, terwijl de anoderuststroom, behorende bij de roosterspanning van -1,4 V, 0,8 mA bedraagt. De amplitude van de anodestroomverandering bedraagt dus 0,4 mA. Deze anodestroomverandering veroorzaakt over de anodeweerstand van 125.000 Ohm een wisselspanning met een amplitude van $\frac{0,4}{1000} \times 125.000 = 50\text{V}$. Dit ziet men ook in de karakteristiek. Het rustpunt 0 (men noemt dit ook wel het werkpunt) ligt op de statische karakteristiek van 150 V. De punten C en D, behorende bij de amplitudewaarden van roosterspanning en anodestroom, liggen op de statische karakteristieken van 200 V en 100 V. Hieruit ziet men, dat er een anodespanningsverandering optreedt van 50 V. De versterking wordt nu $\frac{50}{0,85} = 58,5 \times$.

In fig. 10 ziet U beneden aan de figuur de roosterwisselspanning afgebeeld, rechts is de anodewisselstroom getekend en links bovenaan de figuur de anodewisselspanning.

Men kan het gedrag van de versterkbuis ook nog op een andere wijze bekijken. Hiertoe hebben wij het schema van fig. 8 op een andere wijze getekend in fig. 11. Daarin is de buis vervangen door een spanningsgenerator met een EMK gelijk aan $\mu \times V_g$ met een inwendige weerstand R_i en een uitwendige weerstand R_a . Wij hebben dus nu een wisselspanningsgenerator gekregen, waarover een serieschakeling van R_i en R_a staat. Over de weerstand R_a zal dus een wisselspanning V_o ontstaan, die gelijk is aan:

$$V_o = \frac{R_a}{R_i + R_a} \times \mu \times V_g.$$



Vervangingschema van een radiobuis als versterker. De radiobuis wordt hierin voorgesteld als een spanningsgenerator met een EMK van $\mu \times V_g$ en een inwendige weerstand R_i waarop de weerstand R_a is aangesloten.

Fig. 11

x) Men kan bewijzen, dat de dynamische steilheid S_d gelijk is aan

$$S_d = S \frac{R_i}{R_i + R_a}$$

Dit toegepast op de karakteristiek van fig. 10 wordt:

$$S_d = 2,5 \frac{31.000}{31.000 + 40.000} = 1,1 \text{ mA/V}$$

Uit de dynamische karakteristiek voor een anodeweerstand van 40.000 Ohm blijkt inderdaad, dat de dynamische steilheid deze waarde heeft (3,4 mA anodestroom bij 3,2 V roosterspanning). Zo wordt de dynamische steilheid voor een anodeweerstand van 125.000 Ohm gelijk aan:

$$S_d = 2,5 \frac{31.000}{31.000 + 125.000} = 0,5 \text{ mA/V}$$

De versterking wordt dus gelijk aan

$$G = \frac{V_o}{V_g} = \frac{R_a}{R_1 + R_a} \times \mu.$$

Vullen wij hierin weer de waarden van het vorige voorbeeld, dan verkrijgen wij:

$$G = \frac{125.000}{31.000 + 125.000} \times 70 = 56.$$

(Wij vonden uit de karakteristieken van fig. 10 een versterking van 58,5. Het verschil met 56 wordt veroorzaakt door het feit dat de karakteristieken in fig. 10 geïdealiseerd zijn).

Uit bovenstaande formule kunnen wij nog de volgende conclusie trekken: De versterking zal des te groter zijn naarmate de breuk de waarde 1 meer nadert, d.w.z. naarmate R_a groter is dan R_1 . Een grotere anodeweerstand R_a betekent echter ook een groter spanningsverlies, waardoor minder spanning op de anode van de buis ten opzichte van de kathode terecht komt. Bij een bepaalde voedingsspanning van b.v. 250 V is men uit deze overweging begrensd in de keuze van R_a . Men zou natuurlijk de voedingsspanning V_b kunnen verhogen, zodat zelfs met een grotere waarde van R_a een voldoende anodespanning overblijft. Dit heeft echter tot gevolg, dat het voedingsgedeelte van het ontvangtoestel voor een hogere spanning berekend moet zijn. Dit betekent een duurdere nettransformator en duurdere afvlakcondensatoren. Dit heeft tot gevolg, dat men een compromis sluit tussen de beschikbare voedingsspanning en de verkrijgbare versterking. Een gebruikelijke waarde voor de anodeweerstand van een triode is ca. 0,1 Megohm.

Hoewel men met behulp van de karakteristieken van de buis nauwkeurig kan bepalen hoe groot de versterking bij een bepaalde anodeweerstand is, maakt men in het algemeen gebruik van de gegevens, die de buizenfabrikanten publiceren. Zo is de publicatie van de triodegedeelten van de EBC 41 en de UBC 41 als volgt:

Type	Voedingsspanning (Volt)	Anodeweerstand (Megohm)	Versterking	Anodestroom (mA)
EBC 41	250	0,1	43	1,15
UBC 41	170	0,1	37	0,45

S A M E N V A T T I N G

1. Een triode is een drie-electrodenbuis, waarbij tussen kathode en anode een stuurrooster is aangebracht.
2. De anodestroom kan worden gevariëerd dooreen variërende spanning tussen rooster en kathode aan te leggen.
3. Het gedrag van de triode wordt hoofdzakelijk bepaald door drie karakteristieke grootheden.
 - a. De inwendige weerstand R_i

$$R_i = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a} \quad (\text{bij een vaste roosterspanning})$$

- b. De steilheid S

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta V_g} \quad (\text{bij een vaste anodespanning})$$

- c. De versterkingsfactor μ

$$\mu = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g} \quad (\text{bij een vaste anodestroom})$$

4. Tussen deze drie grootheden bestaat een vast verband, dat bekend is als de wet van Barkhausen:

$$\mu = R_i \times S$$

5. De I_a/V_g - en I_a/V_a -karakteristieken van een radiobuis geven het verband weer van de anodestroom en roosterspanning resp. anodespanning.
6. Zodra in de anodeleiding van een triode een weerstand wordt opgenomen, kan niet meer de z.g. statische karakteristiek worden gebruikt. In dit geval moet men gebruik maken van de dynamische karakteristiek, waarvan de steilheid S_d gelijk is aan:

$$S_d = S \frac{R_i}{R_i + R_a}$$

7. De triode wordt o.a. gebruikt voor het versterken van wisselspanningen. De versterking G is dan gelijk aan:

$$G = \frac{R_a}{R_i + R_a} \mu$$

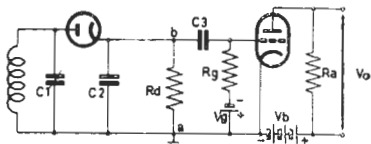
8. Als versterker kan men de buis beschouwen als een spanningsgenerator, waarvan de EMK gelijk is aan μV_g , waarop is aangesloten de serieschakeling van de inwendige weerstand R_i en de uitwendige belastingsweerstand R_a .

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

1. Leid uit nevenstaande I_a/V_g -karakteristieken de drie grootheden S , R_i en μ van de betreffende triode af.
2. Hoe groot wordt de dynamische steilheid van de buis uit vraag 1, als de uitwendige belastingsweerstand 50.000 Ohm is? De voedingsspanning V_b is 250 V .
3. Hoe groot wordt de versterking van deze buis met $R_a = 50.000 \text{ Ohm}$?
4. Van een radiobuis met een steilheid van 5 mA/V verandert de rooster spanning 2 V . Hoeveel verandert de anodestroom?
5. Als in fig. 3 van deze les $R_1 = 50.000 \text{ Ohm}$ en $R_2 = 100.000 \text{ Ohm}$ is, terwijl de batterijspanning 15 V is, welke spanning staat dan tussen de punten a en b en hoe is de polariteit van deze spanning?

68. L.F. versterking

Met de meetopstelling van fig. 10 in les 14 hebben wij de versterkende werking van een triode gedemonstreerd. Vervangen wij nu in dit schema de toongenerator door de diodedetector, waarvan het schema in fig. 12a (les 13) is afgebeeld, dan ontstaat fig. 1. De diodedetector levert immers de L.F. wisselspanning die als modulatie op de gemoduleerde draaggolf aanwezig is. In fig. 1 is nu de detector gekoppeld met de versterker-triode.



Principeschema van de detectortrap die door middel van de condensator C3 gekoppeld is met de LF versterktrap.

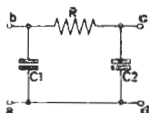
Fig. 1

Wij zullen nu eerst eens deze figuur onder de loupe nemen en nagaan welke praktische verbeteringen kunnen worden aangebracht, resp. welke waarden de verschillende onderdelen moeten hebben.

A. De Koppeling

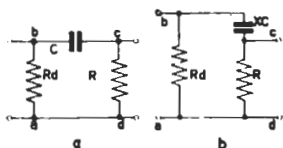
Over de diodebelastingsweerstand R_d en de diodecondensator C_2 ontstaat een gelijkspanning, waarvan de grootte afhankelijk is van de sterkte van de H.F. spanning over de kring en een L.F. wisselspanning, waarvan de amplitude afhankelijk is van de sterkte van het H.F. signaal en demodulatie diepte. (Zie les 11). Het gaat er nu om, om het L.F. signaal door te geven aan het rooster van de volgende versterker-triode.

Wij hebben dus over de klemmen a en b een combinatie van een gelijkspanning en een wisselspanning, waarvan wij alleen de wisselspanning willen overhouden. Wij hebben hier eigenlijk het omgekeerde van de samenstelling van het afvlakfilter, dat in les 13 is behandeld. Dit afvlakfilter met een weerstand is nog eens in fig. 2 afgebeeld. Hierbij hebben wij aan de ingangsklemmen van het filter eveneens een combinatie van een gelijkspanning en een wisselspanning. Het verschil ten opzichte van de bovengenoemde koppeling is, dat in het afvlakfilter de gelijkspanning moet worden doorgegeven, de wisselspanning echter niet.



Afvlakfilter met weerstand.

Fig. 2



- Weerstandskoppeling. Aan de klemmen ab staat een gelijkspanning + de LF wisselspanning, aan de klemmen cd blijft alleen de wisselspanning over.
- Fig. 3a op een andere wijze getekend, zodat de wisselspanningsdeling door de koppelcondensator en lekweerstand duidelijker uitkomt.

Fig. 3

Tekenen wij nu de koppeling apart, dan ontstaat fig. 3a. Over de klemmen a en b staat dus de combinatie van gelijk- en wisselspanning. Over de klemmen c en d willen wij alleen de wisselspanning overhouden. De condensator C blokkeert de gelijkstroom, zodat aan c en d geen gelijkspanning zal ontstaan. Het hangt nu van de wisselstroomweerstand van de condensator C en de weerstand R af, hoeveel L.F. wisselspanning over de weerstand R zal komen te staan. Het zal duidelijk zijn, dat men er naar zal streven om de wisselspanning over R zo groot mogelijk te houden.

Tekenen wij fig. 3a op een iets andere wijze, dan ontstaat fig. 3b. Hierin zien wij duidelijk de potentiometerwerking van de reactantie X_C en R. De verhouding van de uitgangsspanning E2 tot de ingangsspanning E1 zal bij benadering zijn:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{R}{R + X_C}$$

Zorgen wij er nu voor, dat X_C klein is vergeleken bij R, dan kan men in bovenstaande breuk X_C ten opzichte van R verwaarlozen en nadert de breuk de waarde 1.

Nu is de reactantie van de condensator gelijk aan:

$$X_C = \frac{1}{6,28 \text{ fC}}$$

De L.F. spanningen kunnen een frequentie hebben van 30-10.000 Hz. Wil men bij de laagste frequentie nog praktisch geen verzwakking van de wisselspanning hebben, dan moet de reactantie X_C voor een frequentie van 30 Hz nog klein zijn ten opzichte van de weerstand R, die gewoonlijk een waarde heeft van ca. 1 Megohm. Voor een capaciteit van 10.000 pF wordt X_C gelijk aan:

$$X_C = \frac{1}{6,28 \times 30 \times \frac{10.000}{1.000.000}} = \text{ca. } \frac{10.000.000}{20} = 500.000 \text{ Ohm} = 0,5 \text{ Megohm.}$$

Voor de hogere frequenties wordt de reactantie steeds kleiner en de spanningsdeling steeds gunstiger. Voor een frequentie van 100 Hz wordt de reactantie b.v. ca. 0,15 Megohm, hetgeen ten opzichte van de weerstand van 1 Megohm reeds aanzienlijk minder verzwakking betekent.

Uit bovenstaand rekenvoorbeeld blijkt, dat de waarde van C van 10.000 pF te klein is om een merkbare verzwakking van de wisselspanning te voorkomen. Men zou in dit geval een capaciteit van minstens 50.000 pF willen hebben. De oplossing kan echter eveneens worden gezocht in een grotere waarde van de weerstand R. Deze is echter beperkt door de voorschriften van de buizenfabrikant. Voor de EBC 41 is b.v. een maximale waarde van 3 Megohm toegestaan.

B. De anodevoeding

Wij hebben tot nu toe voor de voeding van de anode een batterij getekend. Dit is inderdaad het geval in een batterij-ontvanger, in ontvangtoestellen voor netvoeding betreft men de positieve spanning van het gelijkrichtergedeelte dat in les 13 is behandeld (b.v. de spanning \rightarrow Vb1 in fig. 9).

C. Negatieve roosterspanning

Elke versterkbuis heeft een bepaalde negatieve roosterspanning nodig, zodat zelfs bij de grootste amplitude van de wisselspanning het rooster nog negatief blijft ten opzichte van de kathode. Als het rooster positief zou worden, zou roosterstroom lopen, hetgeen vervorming tot gevolg heeft (wij komen hierop nog later terug). Het verkrijgen van de negatieve roosterspanning geschiedt praktisch altijd door middel van een weerstand. Men heeft hiervoor 2 oplossingen:

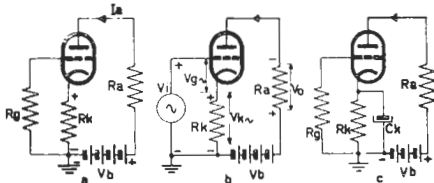


Fig. 4

- Schema van een versterkbuis met kathodeweerstand, ter illustratie van het ontstaan van de negatieve roosterspanning over deze weerstand.
- Hetzelfde schema, nu echter met een wisselspanning aan de ingang van de buis. Over de kathodeweerstand R_k ontstaat nu een wisselspanning V_k , die in tegenfase is met de ingangswisselspanning V_i .
- Het schema van fig. 4a, waarin parallel aan de kathodeweerstand R_k een ontkoppelcondensator C_k is geschakeld.

1. door middel van een weerstand in de kathodeleiding (kathodeweerstand).

Hiervoor gaan wij uit van fig. 4a, waarin de situatie getekend is zonder een wisselspanning op het rooster. In de kathodeleiding is een weerstand R_k opgenomen. De anodestroom loopt nu vanaf de +pool van de batterij V_b , door de anodeweerstand R_a , de buis en tenslotte via de kathodeweerstand R_k terug naar de -pool van de anodebatterij. Uit deze stroomloop zien wij, dat over de weerstand R_k een zodanige spanning ontstaat, dat de kathode positief is ten opzichte van de onderzijde van de weerstand R_k , waarmee het rooster via de weerstand R_g is verbonden. De kathode is dus positief ten opzichte van het rooster of hetgeen op hetzelfde neerkomt, het rooster is negatief ten opzichte van de kathode. De waarde van de weerstand R_k moet nu zó zijn, dat de anodestroom I_a x de weerstand R_k gelijk is aan de negatieve roosterspanning V_g . Voor $V_g = -2V$ en $I_a = 1 \text{ mA}$ moet de kathodeweerstand dus gelijk zijn aan:

$$R_k = \frac{V_g}{I_a} = \frac{2}{0,001} = 2000 \text{ Ohm.}$$

Zodra echter een wisselspanning op het rooster aanwezig is, waardoor dus een anodewisselstroom ontstaat, komt hier nog een effect bij. Behalve een gelijkspanning ontstaat nu over de weerstand R_k ook een wisselspanning V_k , die in tegenfase blijkt te zijn met de ingangswisselspanning V_i (zie fig. 4b). Nemen wij aan dat de wisselspanning V_i juist in haar positieve fase is, dan treedt een anodestroomvergroting op, waardoor een spanningsvergroting over R_k ontstaat. Uit fig. 4b blijkt nu, dat de spanningen V_i en V_k tegengesteld in fase zijn, zodat het verschil van deze twee spanningen tussen rooster en kathode komt te staan. Deze spanning, V_g , is de sturende spanning van de electronenstroom van de kathode naar de anode en blijkt dus hier kleiner te zijn dan de toegevoerde wisselspanning V_i . Willen we dit effect vermijden, dan moeten we R_k voor de wisselstroom als het ware kortsluiten. We zeggen ook wel: R_k

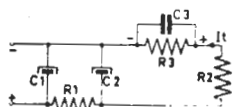
voor de wisselstroom ontkoppelen. Dit geschiedt door parallelschakeling van een condensator aan R_k (fig. 4c). De gelijkstroominstelling (dus de negatieve roosterspanning) wordt hierdoor niet beïnvloed. Deze condensator (ontkoppelcondensator genoemd) moet een zodanige waarde hebben, dat zijn reactantie voor het gehele L.F. gebied klein is ten opzichte van de weerstand R_k .^{x)}

De reactantie van de condensator zal het grootst zijn voor de laagste frequentie. Wil aan de voorwaarde van kleine reactantie ten opzichte van R_k voldaan worden, dan moet men dus rekening houden met de laagste frequentie. Nemen wij als voorbeeld een kathodeweerstand van 1600 Ohm en een ontkoppelcondensator van 25 μ F. Voor 30 Hz heeft deze condensator een reactantie van ca. 200 Ohm. Zoals men ziet, is deze waarde reeds klein ten opzichte van die van R_k (1600 Ohm). Voor elke hogere frequentie wordt dit bovendien gunstiger.

Door de ont koppeling van de kathodeweerstand R_k komt nu de ingangswisselspanning in haar geheel tussen rooster en kathode terecht.

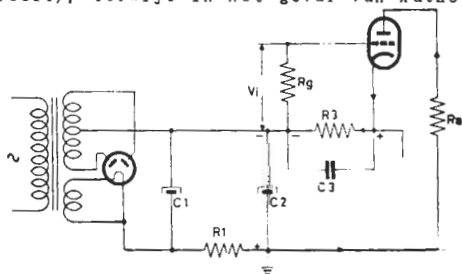
2. Door middel van een weerstand in de gemeenschappelijke minleiding.

In fig. 10 van les 13 werd het voedingsgedeelte van het ontvangtoestel getekend. De gelijkstroom loopt hierin van de +pool van het voedingsgedeelte door de weerstand R , die de stroomafnemende buizen voorstelt, en daarna door de minleiding terug naar de gelijkrichter. Een veel toegepaste methode voor het opwekken van de negatieve roosterspanning is het schakelen van een weerstand in de minleiding (fig. 5). Hierin stelt R_2 de belastingsweerstand voor en R_3 een extra weerstand voor de negatieve roosterspanning. De grootte van deze weerstand wordt nu bepaald door de vereiste negatieve roosterspanning en de stroom die in deze minleiding vloeit. Dit is de totale stroom van alle ontvangbuizen in het ontvangtoestel. Ook deze weerstand wordt ont koppeld door middel van een condensator, opdat over deze weerstand geen wisselspanning ontstaat. Deze oplossing heeft het voordeel, dat men met 1 of 2 weerstanden kan volstaan (afhankelijk van het feit, of men 2 verschillende roosterspanningen nodig heeft), terwijl in het geval van kathodeweerstanden elke buis haar



Detail van het schema van het voedingsgedeelte, waarbij in de minleiding een weerstand R_3 is opgenomen, voor het verkrijgen van de negatieve roosterspanning. R_1 is de afvlakweerstand, R_2 de vervangingsweerstand van de stroomverbruikende buizen.

Fig. 5



Het complete schema van het voedingsgedeelte + een versterkbuis, waarvoor de negatieve roosterspanning van de weerstand R_3 in de minleiding betrokken wordt.

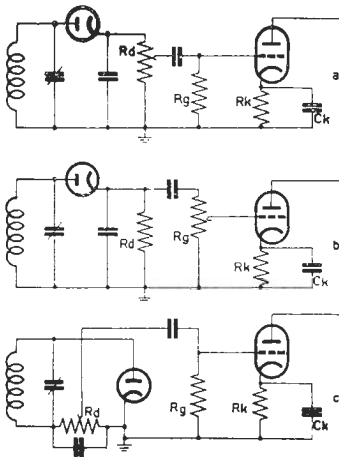
Fig. 6

^{x)} In vele ontvangapparaten is de kathodeweerstand niet ont koppeld door een condensator. Men verkrijgt hierdoor zgn. tegenkoppeling, waarop wij in latere schemabeschrijvingen nog uitvoerig zullen terugkomen.

eigen weerstand moet bezitten plus de daarbij behorende ontkoppelcondensator. De oplossing van de weerstand in de kathodeleiding is dus veel oneconomischer. In fig. 6 is volledigheidshalve het complete schema van het voedingsgedeelte getekend met een versterkbuis, waarbij de negatieve roosterspanning wordt betrokken van de weerstand R3 in de minleiding.

D. Volumeregeling

De L.F. wisselspanning die over de diodebelastingsweerstand R_d staat, hebben wij in het schema fig. 1 onverzwakt aan het rooster van de versterker-triode toegevoerd. Men wil echter in het ontvangstoestel gaarne beschikken over een regeling van de geluidssterkte. Deze geluidssterkte is afhankelijk van de L.F. wisselspanning, zodat de sterkteregeling of volumeregeling neerkomt op een regeling van deze wisselspanning. Men kan deze regeling zeer eenvoudig realiseren door de weerstand R_d als een potentiometer uit te voeren (fig. 7a).



- Detectortrap + volgende LF versterkbuis. De diode belastingsweerstand R_d is als potentiometer uitgevoerd, waarmee de geluidssterkeregelung wordt verkregen.
- Hetzelfde schema, waarin nu echter de lekweerstand R_g van de versterkbuis als geluidssterkeregelaar wordt gebruikt.
- Het schema van fig. 7a op een zodanige wijze geschakeld, dat de kathode van de diode is geaard.

Fig. 7

Door de looper van deze potentiometer meer omlaag te brengen, takt men minder spanning af en brengt men dus minder wisselspanning op het rooster van de volgende buis.

Een andere oplossing is de lekweerstand van de volgende buis, R_g , als potentiometer uit te voeren. Het schema wordt dan als in fig. 7b.

Men gebruikt hiervoor meestal een logarithmische potentiometer (zie les 2, par. 11).

69. Eindversterking

Wij hebben in de voorgaande les gezien, dat over de weerstand R_a in fig. 1, een versterkte wisselspanning te voorschijn komt. In het praktische voorbeeld op blz. 11 van les 14 bedroeg de anodewisselstroom 0,4 mA (amplitude-waarde). In de weerstand R_a wordt dus een wisselstroom vermogen opgewekt, gelijk aan $I^2 R$. Vullen wij hierin

de getallen van de voorgaande les in, dan komen wij tot een vermogen van

$$W = \frac{0,4}{1,4 \times 1000} \times \frac{0,4}{1,4 \times 1000} \times 100.000 = \frac{8}{1000} W = 8 \text{ mW}$$

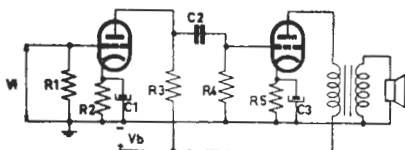
Voor de stroom hebben wij hierin de effectieve waarde ($\frac{0,4}{1,4}$ mA)

moeten invullen. Dit vermogen is weliswaar voldoende om enige koptelefoons te laten werken, echter onvoldoende om een luidspreker aan te drijven. Voor een luidspreker heeft men minstens een vermogen van ca. $0,5 \text{ W} = 500 \text{ mW}$ nodig. Daarom schakelt men achter de L.F. versterkbuis een zgn. eindbuis, die de eigenschap heeft de vereiste energie aan de luidspreker te kunnen leveren. Deze buis werkt met een hogere anodespanning, en tevens met een grotere anodestroom, zodat aan een weerstand in de anodeleiding het vereiste vermogen kan worden geleverd. De koppeling met deze buis geschiedt meestal op dezelfde wijze als die met de diodedetectortrap, d.w.z. door middel van een condensator en weerstand (zie fig. 8). Voor de keuze van de condensator en de daaropvolgende roosterlekweerstand geldt weer dezelfde redenering als bij de koppeling met de voorgaande buis. De reactantie van de koppelcondensator moet dus weer klein zijn ten opzichte van de lekweerstand.

Er bestaat echter nog een verschil ten opzichte van de koppelcondensator met de detectortrap.

De koppelcondensator achter de L.F. versterkbuis is via de anodeweerstand van deze buis met de positieve spanning van het voedingsgedeelte verbonden. Dit heeft tot gevolg dat aan de lekverliezen van deze condensator (parallelweerstand) hogere eisen worden gesteld. Als de condensator met het rooster van de volgende buis wordt gekoppeld, zal dit rooster via de lekweg van deze condensator positief worden opgeladen. Dit uit zich in vervorming en als de lek zeer groot is, zal dit zelfs tot een defect geraken van de buis kunnen leiden. Ingeval een ontvangtoestel klachten geeft over vervorming en deze vervorming wordt merkbaar sterker bij een groter geluidsvolume, kan dit door een defecte ontkoppelcondensator worden veroorzaakt. De eindbuis moet eveneens een negatieve roosterspanning hebben, die men weer kan betrekken door middel van een kathodeweerstand of een weerstand in de minleiding.

Als praktisch voorbeeld zij vermeld, dat een bepaalde eindtriode bij een spanning van 250 V op de anode, een anodestroom trekt van 33 mA. Bij een anodewisselstroom van ca. 20 mA effectief en een anodeweerstand (in de vorm van een luidspreker) van 3500 Ohm, wordt een vermogen van 1,5 W geleverd.



Schema van een LF versterkbuis met de daarop volgende eindbuis, waaraan de luidspreker via een transformator is gekoppeld.

Fig. 8

70. Aanpassing

Nu worden tegenwoordig bijna uitsluitend electrodynamische luidsprekers gebruikt. De wisselstroomweerstand van een dergelijke luidspreker is, afhankelijk van het type, 5-40 Ohm. Voor een zo gunstig mogelijk rendement en energieafgifte door de eindbuis, moet de belastingsweerstand in de anodeleiding een bepaalde waarde hebben, die door de buizenfabrikant steeds wordt gepubliceerd. Deze waarde ligt, afhankelijk van het type eindbuis, in de grootte orde van 3000-10.000 Ohm. Hieraan voldoet de weerstand van de electrodynamische luidspreker zelf allerminst. Het is daarom nodig, de weerstand van de luidspreker tot de gewenste waarde (de zgn. aanpassingsweerstand) te transformeren, hetgeen men met behulp van een transformator kan doen. Wij zullen dit aan de hand van fig. 9 bekijken.

In deze figuur is het principeschema van een transformator weergegeven, waarbij aan de secundaire zijde een weerstand R_s is geschakeld. Aan de transformator wordt een wisselspanning E_p toegevoerd, de secundaire spanning is E_s . De transformatieverhouding is gelijk aan n ; (zie les 7, par. 37).

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{n}{1}$$

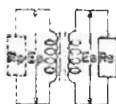
Aan de weerstand R_s wordt een vermogen geleverd, gelijk aan $\frac{E_s^2}{R_s}$. Dit vermogen moet aan de primaire zijde worden toegevoerd. Wij veronderstellen nu, dat de transformator ideaal is, dus verlies vrij werkt. Wij kunnen nu de transformator plus de weerstand R_s vervangen denken door een weerstand R_p . De waarde van R_p moet nu zo groot zijn, dat hieraan, door de primaire spanning E_p , hetzelfde vermogen ($= \frac{E_s^2}{R_s}$) wordt toegevoerd. Dit vermogen is dus ook gelijk aan $\frac{E_p^2}{R_p}$. We krijgen dus:

$$\frac{E_s^2}{R_s} = \frac{E_p^2}{R_p}$$

Hiervoor kunnen wij ook schrijven: $\frac{R_p}{R_s} = \frac{E_p^2}{E_s^2} = n^2$ of $n = \sqrt{\frac{R_p}{R_s}}$.

De transformatieverhouding van de luidsprekertransformator is dus gelijk aan de wortel van de verhouding van de aanpassingsweerstand van de eindbuis en de luidsprekerweerstand. Op een apart blad in deze les zijn in tabelvorm de quadraten van de getallen 1 - 100 opgenomen. Indien men de wortel uit een bepaald getal wil hebben, zoekt men het naastbijliggende getal in de tweede kolom op; het getal in de eerste kolom geeft dan de wortel uit het getal van de tweede kolom.

Moet b.v. van een triode eindbuis de anodeweerstand 3500 Ohm zijn en bedraagt de weerstand van de electrodynamische luidspreker 5 Ohm, dan kunnen wij uit bovenstaande formule de wikkelingverhouding van de transformator (men noemt deze de aanpassingstransforma-



Principeschema van een transformator met een weerstand R_s over de secundaire wikkeling. Men kan de transformator weerstand R_s vervangen denken door een weerstand R_p over de primaire wikkeling, als gelijk is aan:

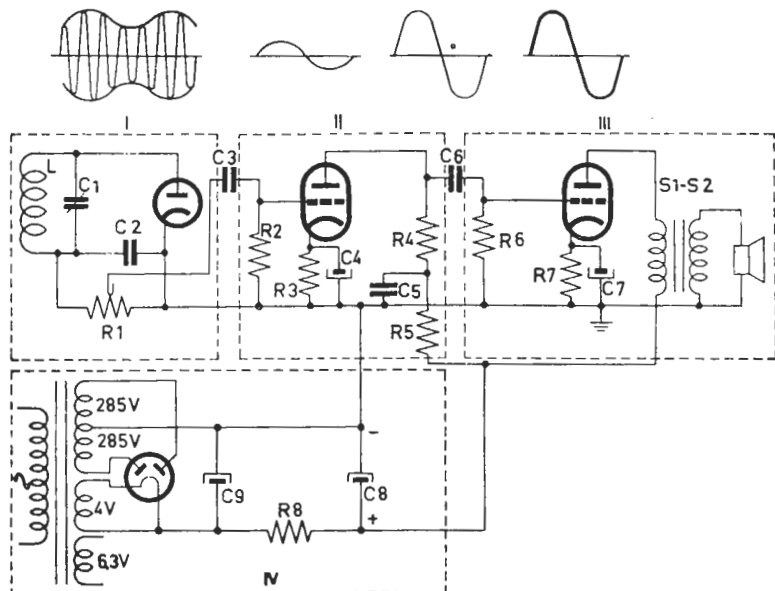
$$R_p = n^2 R_s$$

Fig. 9

tor of luidsprekertransformator) berekenen. Voor deze getallen wordt de transformatieverhouding

$$n = \sqrt{\frac{3500}{5}} = \sqrt{700} = \text{ca. } 26.5.$$

Uit het bovenstaande bleek, dat het vermogen des te groter wordt naarmate de anodewisselstroom en de anodewisselspanning groter zijn. Bij een bepaalde eindbuis zou men dus kunnen zeggen, dat de instelling d.w.z. de keuze van de anodestroom, zo groot mogelijk genomen moet worden waardoor men ook een groter vermogen kan verkrijgen. Dit gaat echter niet op! Voor elke buis is nl. een bepaalde maximale anodestroom bij een bepaalde anodespanning toelaatbaar. Het product van deze twee gegevens noemt men de *anodedissipatie*. Men drukt deze dissipatie uit in Watt. Heeft men b.v. een eindbuis met een anodedissipatie van 6 W, dan wil dit zeggen dat bij een anodespanning van 200 V een anodestroom van 30 mA mag lopen. Voert men dus de



Compleet schema van een ontvanger vanaf de detectortrap.

- I - Detector.
 II - LF versterker
 III - Eindversterker + luidspreker
 IV - voedingsgedeelte.

CONDENSATOREN

- C1 - max. 500 pF (afstemcondensator)
 C2 - 100 pF (keramische condensator)
 C3 - 10.000 pF (rolblokcondensator)
 C4 - 25 μ F - 12½ V (electrolytische condensator)
 C5 - 50.000 pF (rolblokcondensator)
 C6 - 10.000 pF (rolblokcondensator)
 C7 - 50 μ F - 25 V (electrolytische condensator)
 C8 - 50 μ F - 320 V (electrolytische condensator)
 C9 - 50 μ F - 320 V (electrolytische condensator)

WEERSTANDEN

- R1 - 0,5 M Ω (logarithmische potentio-
 meter)
 R2 - 1 M Ω (koolweerstand)
 R3 - 1600 Ω (koolweerstand)
 R4 - 0,1 M Ω (koolweerstand)
 R5 - 50.000 Ω (koolweerstand)
 R6 - 1 M Ω (koolweerstand)
 R7 - 150 Ω (koolweerstand)
 R8 - 1200 Ω (draadgewonden weerstand)

anodestroom op, hetgeen men kan bereiken door de negatieve rooster-spanning kleiner te maken (zie fig. 4, les 14), dan zal bij dezelfde anodespanning, de anodedissipatie worden overschreden. De buis wordt dan te heet, waardoor de levensduur aanzienlijk kan worden bekort. Door een grotere anodestroom wordt de anode door veel meer electronen gebombardeerd. Dit electronen bombardement wordt in warmte omgezet, met het bovenvermelde effect.

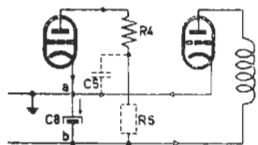
Combineren we de verschillende gedeelten die wij in les 13, 14 en deze les hebben behandeld, dan ontstaat fig. 10. Hierin is:

- I = diode-detectortrap
- II = L.F. versterker
- III = eindversterker + luidspreker
- IV = voedingsgedeelte.

Wij willen duidelijkheidshalve het schema nog even trap voor trap bekijken. Over de kring LC1 ontstaat, hetzij via een koppeling van de antenne, hetzij via een voorafgaande H.F. versterktrap, een gemoduleerde H.F. spanning, waarvan de frequentie gelijk is aan de resonantiefrequentie van de kring LC1. Door de detectie ontstaat over de weerstand R1 een gelijkspanning + een L.F. spanning. De L.F. spanning wordt via de koppelcondensator C3 aan het rooster van de L.F. versterkbuis toegevoerd. Deze buis ontvangt een negatieve rooster spanning door middel van een kathodeweerstand R3, die ontkoppeld is door de condensator C4. Over de anodeweerstand R4 ontstaat nu de versterkte L.F. wisselspanning.

In serie met de weerstand R4 is nog een weerstand R5 opgenomen, die deel uitmaakt van een ontkoppelfilter R5-C5. De functie van dit filter is tweeledig:

1) *ontkoppeling van de L.F. buis en de eindbuis.* Deze buizen zijn n.l. op parasitaire wijze via de wisselstroomweerstand van de afvlakcondensator C8 met elkaar gekoppeld. Om dit in te zien, hebben wij in fig. 11 het L.F. gedeelte van fig. 10 op een vereenvoudigde wijze weergegeven. Hieruit ziet men, dat de wisselstromen van beide buizen door de condensator C8 lopen en hierover een spanning, zij het van geringe waarde, veroorzaken. Deze gemeenschappelijke spanning kan een voldoende oorzaak zijn, dat de L.F. versterker gaat genereren. Om deze ongewenste koppeling te voorkomen, is in de anodeleiding van de L.F. versterkbuis het filter R5-C5 opgenomen. De wisselstroomweerstand van C5 moet voor de frequenties van het L.F. gebied, klein zijn ten opzichte van de weerstand R5. Op deze wijze wordt bereikt, dat de anodewisselstroom van de L.F. buis voor het grootste gedeelte via C5 naar de minleiding terugloopt, en niet via C8.



Vereenvoudigde voorstelling van het schema van het LF gedeelte ter illustratie van de functie van het ontkoppelfilter R5 - C5.

Fig. 11

2) *vermindering van de rimpelspanning.* Het is soms uit brom-overwegingen nodig, de rimpelspanning over de laatste afvlakcondensator C8 extra af te zwakken. Hiervoor geldt de zelfde voorwaarde als voor de ont koppeling, n.l. dat de reactantie van C5 klein moet zijn ten opzichte van R5.

In dit geval is voor C5 een waarde van 50.000 pF gekozen, voor R5 een waarde van 50.000 Ohm.

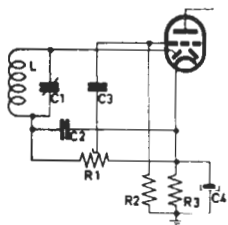
Het rooster van de eindbuis is via de koppelcondensator C6 met de anodeweerstand R4 gekoppeld. Ook de eindbuis is voorzien van een kathodeweerstand R7 met ont koppelcondensator C7 voor de vereiste negatieve roosterspanning. De uitgangsenergie van de eindbuis wordt via de uitgangstransformator S1-S2 toegevoerd aan de luidspreker.

De voeding geschiedt uit het wisselstroomnet. De gelijkrichting is dubbelfazig, C9 is de buffercondensator en R8-C8 is het afvlakfilter. De wikkeling van 6,3 V dient voor voeding van de gloeidraden van de ontvangbuizen.

Boven aan de figuur zijn bovendien de vormen van de wisselspanningen en -stromen weergegeven.

Soms treft men in een ontvanger niet het gedeelte II aan. De eindtrap is dan rechtstreeks gekoppeld met de diodeweerstand R1, dus zonder tussenvoeging van de L.F. versterkerbuis. Het is duidelijk, dat in zo'n geval de totale versterking minder is en dat voor een bepaald uitgangsvermogen meer H.F. spanning op de diode nodig is.

Wij hebben reeds meermalen de duo-diode-triode EBC 41 vermeld. Zoals de naam het reeds zegt, bevat deze buis 2 dioden en een triode. Een van deze dioden wordt gebruikt als detectordiode, de triode als L.F. versterker. Past men deze buis in het schema van fig. 10 toe, dan wordt het schemagedeelte van I + II gelijk aan fig. 12. Wij hebben hierin dezelfde weerstanden condensator aanduidingen gebruikt als in fig. 10, zodat men beide schema's gemakkelijk met elkander kan vergelijken. Het gebruik van de tweede diode zullen wij in één van de volgende lessen beschrijven.



Schema van de detector + LF versterker-gedeelte uit fig. 10, waarin voor de detectordiode + LF triode de combinatiebuis EBC 41 (duo - diode - triode) is gebruikt.

Fig. 12

SAMENVATTING

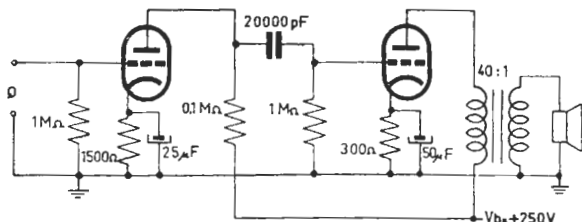
1. Voor de koppeling van de ene buis met de volgende buis in het LF gedeelte van een ontvanger, maakt men veel gebruik van de combinatie koppelcondensator - lekweerstand.
2. De grootte van de koppelcondensator moet zo zijn, dat zijn reactantie voor de laagste frequentie van de te versterken wisselspanning klein is ten opzichte van de volgende lekweerstand.
3. De negatieve rooster spanning van een versterkbuis wordt meestal automatisch verkregen door:
 - a. een weerstand in de kathodeleiding of
 - b. een weerstand in de minleiding van het voedingsgedeelte.
4. In beide bovengenoemde gevallen wordt de weerstand dikwijls overbrugd door een ontkoppelcondensator. De waarde hiervan moet zo zijn, dat zijn reactantie voor de laagste frequentie van de LF wisselspanning klein is ten opzichte van de parallelweerstand.
5. Voor de geluidsterkte-regeling maakt men gebruik van:
 - a. de diode-belastingsweerstand of
 - b. de lekweerstand van de LF versterkbuis.
 In beide gevallen komt in de plaats van de vaste weerstand een potentiometer.
6. De eindversterkbuis levert de nodige wisselstroomenergie aan de luidspreker.
7. De wisselstroomweerstand van de luidspreker moet zijn 'aangepast' aan de aanpassingsweerstand van de eindbuis. Hiervoor maakt men gebruik van een aanpassingstransformator (of luidsprekertransformator).
De transformatieverhouding is:

$$n = \sqrt{\frac{R_p}{R_s}}$$

8. De anodedissipatie van een radiobuis is gelijk aan het product van de anodespanning en de anodegelijkstroom.
Dus $W_a = V_a \times I_a$.

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

1. De maximale anodedissipatie van de eindbuis EL41 bedraagt 9 W. Als de anodespanning 250 V is, hoeveel mag dan de anodeglijksstroom zijn?
2. Bepaal de kathodeweerstand van een triode met een anodestroom van 8 mA, als de negatieve roosterspanning 4 V bedraagt.
3. De aanpassingsweerstand van de eindbuis EL41 is 7000 Ohm. De wisselstroomweerstand van het luidsprekerspoeltje is ca. 11 Ohm. Hoe groot moet de transformatieverhouding van de luidsprekertransformator zijn?
4. Aan de luidspreker wordt een vermogen van 4 W geleverd. Het luidsprekerspoeltje heeft een weerstand van 4 Ohm. Hoe groot is de wisselstroom in het spoeltje?
5. In onderstaand principe-schema van een gramfoonversterker zijn de gegevens van de eerste buis: $\mu = 25$; $r_1 = 20.000 \text{ Ohm}$; $R_a = 0,1 \text{ Megohm}$. Op de ingang van de versterker wordt een pick-up aangesloten die een wisselspanning van 0,1 V effectief afgeeft. Gevraagd wordt:
 - a. De versterking van de eerste buis.
 - b. Hoe groot is dan de wisselspanning op het rooster van de eindbuis, als de frequentie van de wisselspanning 3000 Hz is?
 - c. Als de dynamische steilheid van de eindbuis 2 mA/V bedraagt, hoe groot is dan de anodewisselstroom in de primaire winding van de uitgangstransformator?
 - d. Als de luidsprekertransformator een wikkelingsverhouding van 40 : 1 heeft, hoe groot is dan de stroom door het luidsprekerspoeltje?



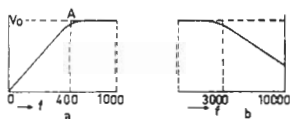
T A B E L

$n = \sqrt{n^2}$	n^2	$n = \sqrt{n^2}$	n^2
1	1	51	2601
2	4	52	2704
3	9	53	2809
4	16	54	2916
5	25	55	3025
6	36	56	3136
7	49	57	3249
8	64	58	3364
9	81	59	3481
10	100	60	3600
11	121	61	3721
12	144	62	3844
13	169	63	3969
14	196	64	4096
15	225	65	4225
16	256	66	4356
17	289	67	4489
18	324	68	4624
19	361	69	4761
20	400	70	4900
21	441	71	5041
22	484	72	5184
23	529	73	5329
24	576	74	5476
25	625	75	5625
26	676	76	5776
27	729	77	5929
28	784	78	6084
29	841	79	6241
30	900	80	6400
31	961	81	6561
32	1024	82	6724
33	1089	83	6889
34	1156	84	7056
35	1225	85	7225
36	1296	86	7396
37	1369	87	7569
38	1444	88	7744
39	1521	89	7921
40	1600	90	8100
41	1681	91	8281
42	1764	92	8464
43	1849	93	8649
44	1936	94	8836
45	2025	95	9025
46	2116	96	9216
47	2209	97	9409
48	2304	98	9604
49	2401	99	9801
50	2500	100	10000

71. LF versterker met weerstandskoppeling

In de voorgaande les werd het principe van de LF versterking behandeld, waarbij voor de koppeling met de volgende versterkbuis een combinatie van weerstand-condensator-weerstand werd gebruikt. Een dergelijke koppeling wordt weerstandskoppeling genoemd, omdat hierbij de anodewisselspanning over een weerstand (R_a) ontstaat. Er wordt hierin weliswaar gebruik gemaakt van een koppelcondensator, maar zolang de reactantie van deze condensator klein is ten opzichte van de volgende lekweerstand, kan de invloed van deze condensator worden verwaarloosd. We hebben dan inderdaad alleen met de koppelweerstand R_a te maken.

Wij hebben uit het rekenvoorbeeld op blz. 2 van les 15 gezien, dat vooral voor de laagste frequenties, de koppelcondensator een verzwakking veroorzaakt. Het is niet zo moeilijk voor elke frequentie uit te rekenen, hoe groot deze verzwakking is. De resultaten van deze berekeningen kan men in een grafiek uitzetten; fig. 1a geeft hiervan een voorbeeld. We zien hieruit dat boven een bepaalde frequentie (A in fig. 1a) de koppelcondensator geen verzwakkende invloed meer heeft. Gaan we nu van de logische veronderstelling uit, dat de

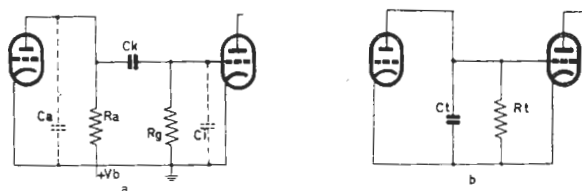


- a. Frequentie karakteristiek voor het lage frequentiegebied. Op de verticale as is de uitgangsspanning van de versterker of het ontvanger toestel uitgezet, op de horizontale as de frequentie.
- b. Frequentie karakteristiek voor het hoge frequentiegedeelte.

Fig. 1

wisselspanningen met de verschillende frequenties, in het ontvanger toestel, in dezelfde sterkteverhouding aan de luidspreker moeten worden toegevoerd als zij in de studio van de zender worden opgewekt, dan moet de versterking gelijkmatig zijn voor alle frequenties. Dan mag de versterker geen voorkeur voor een bepaalde frequentie vertonen of een bepaald gedeelte van het frequentiegebied zwakker doorgeven dan een ander gedeelte. Het verloop van het begingedeelte van de grafiek in fig. 1a (men noemt dit de frequentie-karakteristiek) betekent dus een afwijking van de werkelijke situatie, d.w.z. de lage tonen zullen zwakker doorkomen dan zij voor de microfoon in de studio ten gehore werden gebracht. Men noemt dit vervorming, omdat als het ware een vervormd beeld van de oorspronkelijke spraak of muziek wordt weergegeven. Er zal dus naar gestreefd worden, deze vervorming zoveel mogelijk te voorkomen. In verband met de weergave van de lage tonen zal daarom steeds de koppelcondensator een zodani-

ge waarde gegeven worden dat zijn reactantie X_C klein is ten opzichte van de lekweerstand van de volgende buis. Behalve de lage frequenties worden ook de hoge frequenties verzwakt en wel door de altijd aanwezige parasitaire parallelcapaciteit. In fig. 2a. hebben we de weerstandskoppeling nogmaals getekend met de aanwezige parallelcapaciteiten C_a en C_i . De capaciteit C_a bestaat uit de capaciteit tussen de anode en de kathode van de eerste buis + de capaciteit van de daaraan verbonden bedrading tegenover aarde, C_i bestaat uit



- a. Principeschema van de weerstandskoppeling met de parasitaire parallelcapaciteiten C_a en C_i .
- b. Vervangingsschema van fig. 2a voor de hoge frequenties. In dit geval kan men het koppel-element vervangen denken door de parallelschakeling van een weerstand met een condensator.

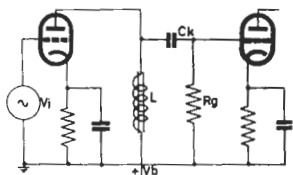
Fig. 2

de capaciteit tussen het stuurrooster en de kathode van de volgende buis + de capaciteit van de daaraan verbonden bedrading tegenover aarde. Voor de hoge frequenties kan de invloed van de koppelcondensator C_k worden verwaarloosd, daar voor deze frequenties de reactantie X_C zeker klein is ten opzichte van R_g . We kunnen het schema van fig. 2a dan vereenvoudigen tot dat van fig. 2b. Hierin is nu C_t gelijk aan de parallelschakeling van C_a en C_i en R_t gelijk aan de parallelschakeling van R_a en R_g . De anode-impedantie van de versterkbuï, Z_a , is nu gelijk aan de parallelschakeling van C_t en R_t . Aangezien de reactantie van een condensator kleiner wordt, naarmate de frequentie hoger is, zal de invloed van de condensator C_t op de anode-impedantie groter worden met toenemende frequentie. De impedantie zal dus met een hogere frequentie steeds kleiner worden, en dientengevolge ook de versterking. Deze verzwakking van de hoge frequenties door C_t kan ook weer grafisch worden voorgesteld (fig. 1b.). Combinatie van fig. 1a en b geeft de volledige frequentie-karakteristiek van het L.F. gedeelte.

Wij zullen in een latere les zien op welke wijze de invloed van C_k en C_t op de frequentie-karakteristiek kan worden gecompenseerd.

72. Smoorspoelkoppeling

Uit de vorige les bleek dat de versterking van een triode begrensd wordt door de grootte van de anodeweerstand. Bij een bepaalde voedingsspanning kan de anodeweerstand niet te groot worden gekozen, daar anders te weinig spanning voor de anode overblijft ($V_a = V_b - I_a \times R_a$). Men kwam toen op de gedachte de anodeweerstand te vervangen door een spoel met grote zelfinductie (fig. 3). De gelijkstroom-



Principeschema van een L.F. versterkbuï met smoorspoelkoppeling.

Fig. 3

weerstand van de spoel wordt uitsluitend bepaald door de Ohmse weerstand van de draad, de wisselstroomweerstand kan echter groot zijn ($X_L = 6,28 \text{ f}\Omega$). Voor $f = 500 \text{ Hz}$ en $L = 100 \text{ H}$, wordt de wisselstroomweerstand gelijk aan:

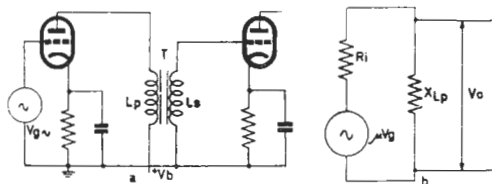
$$X_L = 6,28 \times 500 \times 100 = 300.000 \Omega$$

Schakelen we deze spoel in de anodeleiding van een triode, waarvan $R_i = 30.000 \Omega$ dan is X_L groot ten opzichte van R_i , en zal de versterking praktisch gelijk aan de versterkingsfactor van de buis kunnen zijn. Deze oplossing lijkt ideaal; er zijn helaas ook bezwaren, die tot resultaat hebben dat deze oplossing tegenwoordig praktisch niet meer wordt toegepast. Een spoel met een grote zelfinductie betekent een spoel met zeer veel windingen.

Deze windingen hebben onderling een bepaalde capaciteit, die bij elk ander opgeteld een vrij grote, niet te verwaarlozen, parallelcapaciteit vertegenwoordigt. Deze parallelcapaciteit heeft dezelfde invloed als bij weerstandskoppeling, d.w.z. de hoge tonen worden sterk verzwakt. Door dit verschijnsel wordt de grootte van de zelfinductie sterk beperkt, zodat ook de reactantie veel kleiner moet worden gehouden, waardoor het voordeel belangrijk vermindert. Omdat de constructie van deze spoel veel overeenkomst vertoont met die van de smoorspoel in het afvlakfilter van het voedingsgedeelte, wordt deze koppeling smoorspoelkoppeling genoemd.

73. Transformatorkoppeling

Een derde oplossing, die thans nog wel toegepast wordt, is de transformatorkoppeling (fig. 4a). Inplaats van de anodeweerstand R_a



a. Principeschema van een L.F. versterkbuis met transformatorkoppeling.
b. Vervangingschema van fig. 4a.

Fig. 4

in fig. 2a komt nu de primaire wikkeling van de transformator T. Als de transformator een transformatieverhouding $1 : n$ heeft, wordt de spanning over de primaire nog een factor n opgetransformeerd hetgeen een extra winst oplevert. De versterking wordt dan bij benadering (zie ook fig. 4b):

$$G = \mu \times n \times \frac{X_{LP}}{X_{LP} + R_i} \quad (\text{zie les 14, par. 67})$$

Hierin is:

μ = versterkingsfactor van de triode

X_{LP} = reactantie van de primaire van de transformator = $6,28 \text{ f}\Omega$

n = transformatieverhouding

Hiervoor geldt uiteraard weer dat de reactantie X_{LP} groot moet zijn ten opzichte van de inwendige weerstand R_i van de versterkbuis. Ter illustratie willen wij uitgaan van de volgende gegevens:

$R_1 = 20 \text{ k}\Omega$; $L_p = 30 \text{ H}$, zodat voor $f = 500 \text{ Hz}$: $X_{Lp} = 6,28 \times 500 \times 30 = 100 \text{ k}\Omega$.

Als $\mu = 25$ en $n = 3$, wordt de totale versterking bij benadering:

$$G = \mu \times n \times \frac{X_{Lp}}{X_{Lp} + R_1} = 25 \times 3 \times \frac{100}{100 + 20} = \text{ca. } 62.$$

Men zou de transformatieverhouding n natuurlijk groter kunnen kiezen en daardoor een grotere totale versterking kunnen verkrijgen. Dit brengt echter met zich een groter aantal windingen van de secundaire wikkeling van de transformator en dientengevolge weer een niet te verwaarlozen parallelcapaciteit over deze wikkeling.

In het ontvangtoestel wordt de transformator als koppellement tussen L.F. versterkbuis en eindbuis praktisch niet meer gebruikt, wel echter in versterkers van groot vermogen. Als koppellement tussen eindbuis en luidspreker komt de transformator echter veel voor. Deze toepassing werd reeds in de vorige les behandeld. Wij hebben toen gezien, dat de transformatieverhouding dan wordt bepaald door de verhouding van de aanpassingsweerstand R_a van de eindbuis tot de wisselstroomweerstand van de luidspreker. Uit bovenstaande blijkt, dat bovendien de grootte van de zelfinductie van de primaire wikkeling belangrijk is, nl. dat X_{Lp} voldoende groot is ten opzichte van de R_1 van de eindbuis. Een eindbuis met een grote R_1 vraagt dus een grotere primaire zelfinductie dan een eindbuis met een lage R_1 . Hierop dient men te letten bij vervanging van een luidsprekertransformator door een ander type.

74. Penthode als L.F. versterker.

De triode als LF versterker, vooral als eindbuis, is praktisch geheel verdrongen door de penthode. In les 12 is reeds verteld dat een penthode een buis met 3 roosters is. Vanaf de kathode gezien (fig. 5) zijn deze roosters:

- het stuurrooster g_1 ,
- het schermrooster g_2 ,
- het remrooster g_3 .

Het stuurrooster heeft dezelfde functie als in de triode. Het schermrooster wordt op een positieve spanning aangesloten, terwijl het tevens via een grote capaciteit met aarde is verbonden (fig. 6).

Het remrooster wordt meestal aan de kathode verbonden en dient voor opheffing van de invloed van de secundaire emissie van de anode. De electronen, die uit de kathode komen en zich rondom de kathode in de ruimtelading verzamelen, worden nu door de positieve spanning van het schermrooster, en niet door de anode zoals bij een triode, aangetrok-



Principeschema van een penthode.

- k = kathode
- g_1 = stuurrooster
- g_2 = schermrooster
- g_3 = remrooster
- a = anode

Fig. 5

ken. Een klein gedeelte van de electronenstroom komt op het schermrooster terecht, het grootste gedeelte schiet tussen de roostermazen door en komt via het remrooster met een grote snelheid op de anode terecht. Door de botsing van de electronen op de anode worden weer andere electronen, z.g. secundaire electronen, vrijgemaakt. Deze secundaire electronen willen zich naar het positieve schermrooster begeven, waardoor zij de 'primaire' electronenstroom tegenwerken. Om dit te voorkomen is het remrooster tussen schermrooster en anode aangebracht. Aangezien het remrooster met aarde of met de kathode verbonden wordt, bevindt dit rooster zich op een negatief potentiaal ten opzichte van de anode, waardoor een remmende werking op de secundaire electronen uitgeoefend wordt. Hierdoor krijgt de anode de kans de secundaire electronen weer naar zich toe te trekken. Vandaar de naam remrooster.

Door het aanbrengen van het schermrooster, dat een positieve spanning ten opzichte van de kathode heeft, heeft de anode vanaf een bepaalde spanning, praktisch geen invloed op de electronenstroom. Dit heeft tot gevolg dat een anodespanningsverandering bijna geen anodestroomverandering tot gevolg heeft. Aangezien $R_i = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a}$ zal een bepaalde anodespanningsverandering V_a een veel kleinere anodestroomverandering I_a tot gevolg hebben als bij een triode. Dit komt hierop neer dat de inwendige weerstand R_i van een penthode veel groter is dan die van een triode.

Beschouwen wij de buis weer als een spanninggenerator met een EMK van $\mu \times V_g$ met een inwendige weerstand R_i en een uitwendige weerstand R_a , dan wordt in het geval van een penthode de stroom praktisch geheel bepaald door de R_i (de R_i is nu namelijk veel groter dan de R_a). De penthode kan men daarom ook als een constante stroomgenerator beschouwen, met een stroom I_a , die gelijk is aan $S \times V_g$. De spanning over de anodeweerstand wordt dan:

$$V_o = I_a \times R_a = S \times V_g \times R_a.$$

Hieruit volgt voor de versterking:

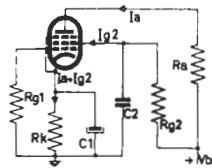
$$G = \frac{V_o}{V_g} = S \times R_a.$$

Hierin is de steilheid S uitgedrukt in A/V. Is de steilheid van de buis b.v. 1 mA/V en $R_a = 0,2 \text{ M}\Omega$, dan wordt de versterking:

$$G = \frac{V_o}{V_g} = 0,001 \times 200.000 = 200.$$

Hieruit blijkt, dat met de penthode een aanzienlijk grotere versterking kan worden verkregen dan met een triode.

In het schema van fig. 6 wordt de principiële schakeling van de penthode als L.F. versterker weergegeven. Hierin is het schermrooster via een hoge weerstand op de voedingsspanning V_b aangesloten. Tevens is het schermrooster door middel van een condensator met aarde verbonden. Deze condensator moet zo groot zijn, dat zijn reactantie klein is ten opzichte van de weerstand R_{g2} in de schermroosterleiding.



Principeschema van een penthode als L.F. versterker.

Fig. 6

15. De penthode als eindbuis

Als eindbuis heeft de penthode het voordeel, dat een kleine roosterwisselspanning meestal voldoende is om de buis een grote wisselstroomenergie te laten afgeven. Ter orientatie volgen hieronder de gegevens van twee veel gebruikte eindpenthoden (EL 41 en UL 41) en, ter vergelijking, van de triode-eindbuis AD 1.

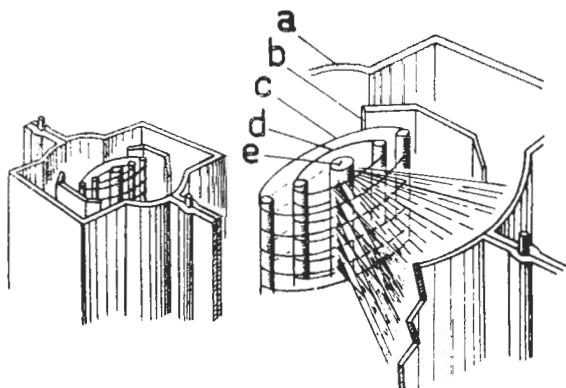
Type	Vf (V)	If (A)	Va (V)	Vg2 (V)	Rk (Ω)	Ia (mA)	Ig2 (mA)	S (mA/V)	Wo (W)	Ra (kΩ)	V (Verf)	Wa (W)
EL 41	6,3	0,71	250	250	170	36	5,2	10	3,9	7	3,8	9
UL 41	45	0,100	170	170	165	53	10	9,5	4	3	6,0	9
AD 1	4,0	0,95	250	-	750	60	-	6	4,2	2,3	30	15

Over deze tabel nog de volgende opmerkingen:

1. Aangezien de negatieve roosterspanning vrijwel altijd automatisch wordt verkregen door middel van een kathode weerstand, is in deze tabel de kathodeweerstand vermeld in plaats van de negatieve roosterspanning. Voor een penthode wordt de negatieve roosterspanning berekend uit:

$$V_{g1} = (I_a + I_{g2}) \times R_k$$

2. V_i is de roosterwisselspanning, die nodig is voor het verkrijgen van het uitgangsvermogen W_o , dat in de tabel vermeld staat.
3. Het schermrooster wordt veelal direct op de voedingsspanning aangesloten.
4. De kathode-weerstand R_k voor de AD 1 is een weerstand in de minleiding, aangezien de kathode van deze triode direct verhit is.



Schets van een "beam power" buis.

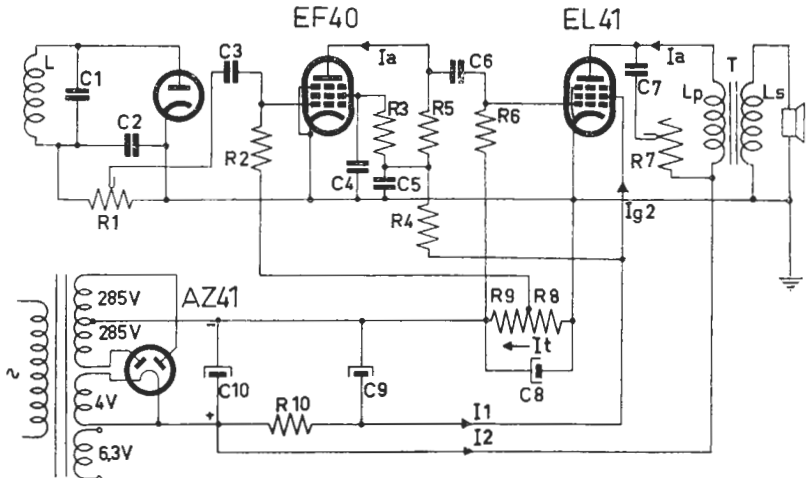
- a = anode
- b = afbuigplaat
- c = schermrooster
- d = stuurrooster
- e = kathode.

Fig. 7

De Amerikaanse fabrieken gebruiken in plaats van de penthode-eindbuis de zogenaamde *beam-power* buis (beam is het Engelse woord bundel). Bij deze buis (fig. 7) is de anode op een grotere afstand van het schermrooster geplaatst. Verder worden de electronen, die het schermrooster passeren, door middel van afbuigplaten tot twee bundels verenigd. Hierdoor worden de electronen dicht op elkander gedreven, met het gevolg dat een zekere negatieve ruimtelading ontstaat. Aangezien deze ruimtelading zich tussen het schermrooster en de anode bevindt, doet zij dezelfde dienst als het remrooster in de penthode.

76. Schemabespreking

Wij hebben tenslotte in fig. 8 nogmaals het complete schema van de detector tot aan de luidspreker, inclusief de voeding, weergege-



Schema van de detectortrap, het L.F.gedeelte en het voedingsgedeelte van een ontvangoestel.

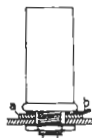
C1 = max. 500 pF (variabele condensator)	R1 = 0,5 Megohm (logarithmische potentiometer)
C2 = 100 pF (keramische condensator)	R2 = 1 Megohm (koolweerstand)
C3 = 20.000 pF (rolblokcondensator)	R3 = 1 Megohm (koolweerstand)
C4 = 50.000 pF (rolblokcondensator)	R4 = 50.000 Ohm (koolweerstand)
C5 = 50.000 pF (rolblokcondensator)	R5 = 0,2 Megohm (koolweerstand)
C6 = 20.000 pF (rolblokcondensator)	R6 = 0,7 Megohm (koolweerstand)
C7 = 50.000 pF (rolblokcondensator)	R7 = 50.000 Ohm (variabele weerstand)
C8 = 100 µF-12,5 V (electrolytische condensator)	R8 = 25 Ohm (koolweerstand)
C9 = 50 µF-320 V (electrolytische condensator)	R9 = 90 Ohm (koolweerstand)
C10 = 50 µF-320 V (electrolytische condensator)	R10 = 1200 Ohm (draadgewonden weerstand)

ven. Hierin zijn de L.F. penthode EF 40 en de penthode-eindbuis EL 41 gebruikt. Dit schema komt in grote trekken overeen met dat van fig. 10 uit les 15. Wij hebben echter ditmaal de negatieve rooster-spanning voor de buizen verkregen door middel van 2 weerstanden in de minleiding (in fig. 10 van les 15 werd de negatieve rooster-spanning door middel van kathodeweerstanden verkregen). Deze weerstanden (R8 en R9) zijn zo gekozen, dat de vereiste negatieve rooster-spanning voor de buizen EF 40 en EL 41 ontstaat. Deze spanningen bedragen voor de EF 40 en EL 41 resp. -1,5 V en -7 V. Bij een totale stroom in de minleiding van 60 mA, geeft dit voor R8 + R9 een waarde van $\frac{7}{0,06} = \text{ca. } 115\Omega$. De spanning over R8 wordt gebruikt voor de negatieve rooster-spanning van de EF 40. De waarde van R8 moet dus zijn:

$$\frac{1,5}{0,06} = 25 \quad ; \quad R9 \text{ wordt dus } 115 - 25 = 90\Omega . \text{ De aanwezigheid van de}$$

weerstanden R8 en R9 in de minleiding van het voedingsgedeelte heeft nog de volgende consequentie: De condensatoren C9 en C10 zijn zo geschakeld, dat hun huis aan de minleiding ligt. Zonder de weerstanden R8 + R9 is de minleiding direct met aarde, d.w.z. met het chassis verbonden. Door de tussenschakeling van de weerstanden is dit niet meer het geval. Dit heeft tot gevolg dat de afvlakcondensatoren niet direct op het chassis kunnen worden gemonteerd. In zo'n geval worden de afvlakcondensatoren door middel van een isolatiering geïsoleerd op het chassis bevestigd. De aansluiting van het huis, dus van de minpool, geschiedt dan met een onderlegging met soldeerlip (zie fig. 9).

Een andere bijzonderheid van het schema van fig. 8 is het filter C7 - R7. Met dit filter kan op een eenvoudige wijze toonregeling worden verkregen. R7 is een regelbare weerstand. Als deze weerstand geheel is uitgedraaid, zodat hij 0Ω is, staat de condensator C7 direct parallel aan de primaire wikkeling van de luidsprekertransformator. We kunnen C7 een zodanige waarde geven, dat zijn reactantie voor de frequentie van de hoge tonen ongeveer even groot is als de getransformeerde luidsprekerweerstand over de primaire ($n^2 \times R_s$). Voor deze hoge tonen gaat dan een groot gedeelte via de condensator C7 en niet door de luidsprekerwikkeling. Op deze wijze worden de hoge tonen dus verzwakt. Wordt de weerstand R7 meer ingedraaid, dan vermindert de invloed van C7, aangezien R7 in serie staat met C7. Men kan de verzwakking van de hoge tonen dus naar wens met de weerstand R7 regelen. Deze toonregeling werkt eenzijdig, nl. alleen verzwakking voor de hoge tonen. Wij zullen in latere schemabesprekingen andere toonregelingsschakelingen behandelen, waarmee zowel de lage als de hoge tonen-weergave kan worden geregeld.



Schets van de geïsoleerde bevestiging van een electrolytische condensator.

a = isolatiering

b = metalen ring met soldeerlip.

Fig. 9

77. Practische werken

A. Brom

Een van de lastigste en meest hinderlijke storingen in het L.F. gedeelte is brom. De storende bromspanning heeft een frequentie gelijk aan de netfrequentie of de dubbele netfrequentie, zodat zij door de L.F. versterker op de zelfde wijze wordt versterkt als de gewenste wisselspanning. Men dient dus alles te doen om te vermijden, dat brom optreedt.

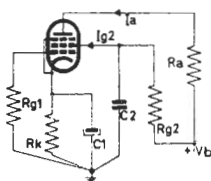
Brom kan op verschillende wijze in de L.F. versterker worden opgewekt. De brom kan op inductieve wijze, b.v. via de nettransformator op de leidingen worden geïnduceerd. In verband hiermede wordt met de plaatsing van de nettransformator rekening gehouden. Verder kan de rimpelspanning over C9 en C10 oorzaak van brom zijn (zie ook les 13). In verband hiermede wordt de voedingsspanning voor de anode en het schermrooster van de L.F. versterkbuis dikwijls extra ontkoppeld door middel van een weerstand en condensator (R4-C5).

Het is ook belangrijk, dat de verschillende weerstanden en condensatoren, die met aarde moeten worden verbonden, werkelijk goed geaard worden en op één punt geaard worden. Als n.l. verschillende onderdelen op verschillende punten worden geaard, kunnen tussen deze punten in het chassis aardstroompjes gaan lopen, die brom tot gevolg kunnen hebben. Zo is in fig. 10 aangegeven, hoe bij de L.F. versterkbuis verschillende onderdelen naar één aardpunt moeten worden gebracht. Tevens moet erop worden gelet, dat de ontkoppelcondensatoren, die hiervoor worden gebruikt, zodanig worden aangesloten, dat voor de verbinding met aarde die electrode wordt gebruikt, die met het buitenbekleedsel is verbonden (zie ook les 8).

De verbindingen met de potentiometers voor de volumeregeling en toonregeling worden over het algemeen van afgeschermd draad gemaakt. De mantel van deze draad wordt dan weer aan het gemeenschappelijke aardpunt verbonden. Aangezien deze afgeschermd draad dikwijls een beduidende capaciteit ten opzichte van aarde heeft, kan dit verzwakking van de hoge frequenties veroorzaken. Deze draadverbindingen moeten dan ook zo kort mogelijk worden gehouden.

B. Microfonie

Wij hebben reeds in les 8 bij de behandeling van de variabele condensator deze storing in het kort vermeld. Microfonie kan ook optreden door de acoustische terugwerking van de luidspreker op de buis. Onder invloed hiervan raakt de buis in mechanische trilling, waardoor een huiltoneel kan ontstaan. Daarom wordt de buishouder van de L.F. versterkbuis dikwijls verend op het chassis bevestigd. Soms kan het nog noodzakelijk zijn, een trilling dempende kap over de buis aan te brengen.



Schema van een L.F. versterker-pentode, waarbij alle aard-aansluitingen op één punt samenkomen.

fig. 10

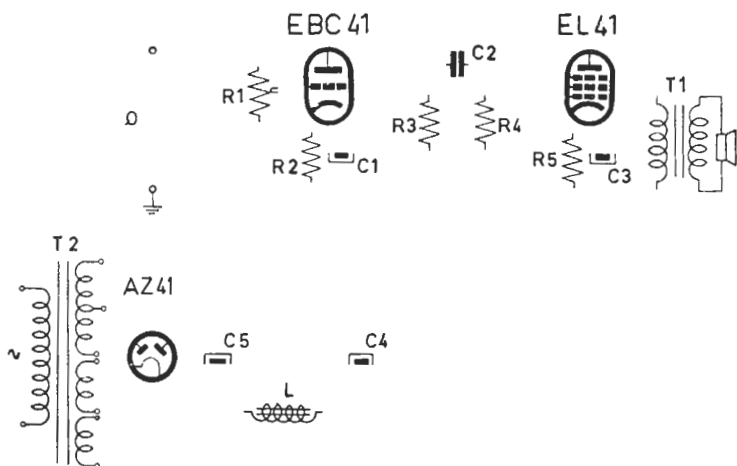
S A M E N V A T T I N G

1. Men onderscheidt voor de koppeling tussen de L.F. buis en de eindbuis de volgende drie systemen:
 - a. weerstandskoppeling
 - b. smoorspoelkoppeling
 - c. transformatorkoppeling.
2. De afhankelijkheid van de versterking van de frequentie geeft men weer door de frequentiekaracteristiek.
3. Bij de weerstandskoppeling veroorzaakt de koppelcondensator een verzwakking van de lage tonen, de parasitaire parallelcapaciteit een verzwakking van de hoge tonen.
4. Een penthode is een buis met drie roosters: stuurrooster, schermrooster en remrooster.
Het schermrooster ontvangt een positieve spanning en wordt, voor wisselspanningen, via een condensator aan aarde gelegd. Het remrooster wordt meestal aan de kathode verbonden.
5. De penthode heeft, dank zij het schermrooster, een hoge inwendige weerstand. Voor de versterking van een penthode kan men daarom de volgende formule gebruiken:

$$G = \frac{V_o}{V_g} = S \times R_a$$
6. De frequentiekaracteristiek van een ontvanger kan worden beïnvloed door een serieschakeling van een condensator met een regelbare weerstand, parallel over de primaire wikkeling van de luidsprekertransformator. Hiermede kunnen de hoge tonen meer of minder worden verzwakt. Men noemt dit een toonregeling.
7. De belangrijkste storingen in een L.F. versterker zijn brom en microfonie.

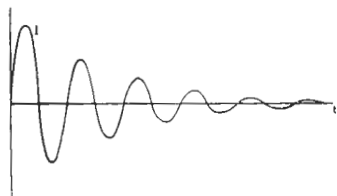
VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

1. Van een penthode is de anodestroom 5 mA en de schermroosterstroom 1 mA. De negatieve roosterspanning moet 3 V bedragen. Hoe groot moet de kathodeweerstand zijn?
2. Van de penthode van vraagstuk 1 is het schermrooster via een weerstand van 0,2 Megohm op de voedingsspanning van 250 V aangesloten. Hoe groot is de schermroosterspanning ten opzichte van aarde in dit geval?
3. Als men deze schermroosterspanning met een Voltmeter van 200 Ohm/Volt meet, komt de uitslag van de meter niet overeen met de werkelijke aanwezige spanning. Kunt U dit verklaren? Het meetbereik van de meter is 100 V.
4. Breng in onderstaand overzicht van onderdelen de verbindingen aan, zodat het schema van een L.P. versterker met voeding uit het wisselstroomnet ontstaat. Geef in dit schema tevens aan, hoe groot de onderdelen ongeveer moeten zijn.



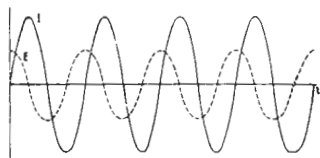
78. De triode als oscillator

In les 10, par. 54, hebben we gezien dat in een afstemkring een trilling ontstaat als een bepaalde energie aan de kring wordt toegevoerd. Als de kring daarna aan zichzelf wordt overgelaten, komt de trilling na een bepaalde, meestal korte, tijd tot rust. Men heeft dan een gedempte trilling, die in fig. 9 van bovengenoemde les is



Beeld van een gedempte trilling.

Fig. 1

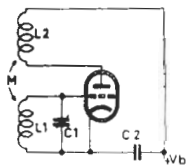


Beeld van een ongedempte trilling.

Fig. 2

voorgesteld en die wij nogmaals in fig. 1 afdrukken. Verder hebben wij gezien, dat deze trilling ongedempt kon worden gemaakt, als juist zoveel energie wordt toegevoerd, als per periode in de kring verloren gaat. Dit verlies is te wijten aan de Ohmse weerstand en de wisselstroomweerstand van de kring, d.w.z. hoofdzakelijk van de spoel. (In het principeschema van de kring wordt dit voorgesteld door een enkele weerstand, waarbij dan de kringelementen zelf verliesvrij worden verondersteld). De ongedempte trilling heeft de eigenschap een constante amplitude te hebben. Deze trilling is nogmaals voorgesteld in fig. 2.

Wij kunnen een dergelijke trilling met behulp van een triode opwekken in de schakeling van fig. 3. Hierbij is in de roosterketen een afgestemde kring L_1-C_1 opgenomen en in de plaatketen een spoel L_2 die magnetisch gekoppeld is met spoel L_1 van de afgestemde kring. Zodra een anodestroomverandering optreedt (hetgeen bijv. reeds een korte tijd na het inschakelen van de buis geschiedt), ontstaat een magnetische veldverandering in de spoel L_2 , waardoor een inductiespanning in de spoel L_1 wordt opgewekt. Hierdoor komt de kring L_1-C_1 in trilling met een frequentie die gelijk is aan de eigenfrequentie van de kring. De hierdoor ontstane wisselspanning (tussen rooster en kathode) veroorzaakt een anode-wisselstroom. Deze wisselstroom induceert via L_2 op zijn beurt weer een spanning in L_1 . Als nu de koppeling tussen de spoelen L_1 en L_2 zodanig is, dat aan L_1 juist zoveel spanning wordt teruggevoerd als de geïnduceerde spanning over de kring afneemt, is aan één voorwaarde voldaan om een ongedempte trilling te krijgen. De tweede voorwaarde is, dat de teruggevoerde spanning (van L_2 naar L_1) in fase is met de spanning over de kring L_1-C_1 . Op deze wijze werkt de triode als een generator of oscillator.

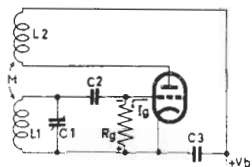


Principe van een inductief gekoppelde oscillator.

Fig. 3

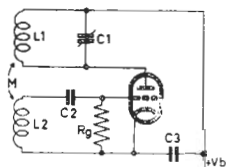
Uit les 10 bleek verder, dat de frequentie van de trilling afhankelijk is van de grootte van de zelfinductie en van de capaciteit. Als men voor de condensator C1 een variabele condensator neemt, kan men de frequentie van de opgewekte wisselspanning regelen. De kringloop: roosterspanning - anodestroom - roosterspanning noemt men terugkoppeling. Hierbij zijn de rooster- en de anodekring met elkander gekoppeld. Door deze koppeling wordt nl. bij een roosterspanningsverandering (door de hierdoor ontstane anodestroomverandering) weer een roosterspanningsverandering teruggevoerd. In het geval van fig. 3 spreken we van een inductieve terugkoppeling. De spoel L2 wordt terugkoppelspoel genoemd.

De schakeling van fig. 3 is zonder meer niet geschikt om een constante wisselspanning op te wekken. Aangezien de teruggekoppelde spanning de oorspronkelijke wisselspanning in stand houdt of zelfs versterkt, ontstaat hierdoor een grotere anodestroomvariatie die weer een grotere teruggekoppelde spanning tot gevolg heeft. Deze teruggekoppelde spanning versterkt weer meer de wisselspanning over de kring enz. Het effect wordt dus steeds sterker, zoodat de oscillator als het ware ophol slaat. Men heeft daarom een element nodig dat voor de wisselspanning stabiliserend werkt. Het stabiliserende effect wordt met behulp van een roostercondensator en een lekweerstand verkregen (fig. 4). Zodra een wisselspanning begint te ontstaan, wordt het rooster in de positieve toppen van de wisselspanning positief. Het rooster trekt stroom en laadt de condensator C2 zodanig op, dat een spanning over de weerstand Rg ontstaat, met een polariteit zoals in fig. 4 is aangegeven. Deze negatieve spanning op het rooster heeft een verkleining van de steilheid van de buis tot gevolg. Een kleinere steilheid betekent een kleinere anodestroomvariatie bij een bepaalde roosterspanningsvariatie. De terugkoppeling wordt hierdoor zwakker. Een toename van de wisselspanning over de kring heeft dus onmiddellijk een toename van de negatieve roosterspanning tot gevolg, en dientengevolge een verkleining van de steilheid. Bij een juiste keuze van de roostercondensator C2 en de lekweerstand Rg ontstaat een stabiel oscilleren, d.w.z. er wordt een wisselspanning opgewekt met een constante amplitude. Een praktische waarde voor de roostercondensator is 50 μ a 100 pF, voor de roosterlekweerstand 50.000 Ohm.



Inductief gekoppelde oscillator met roostercondensator en lekweerstand.

Fig. 4



Inductief gekoppelde oscillator met lekweerstand en roostercondensator, waarbij de afstekering in de anodeleiding is opgenomen.

Fig. 5

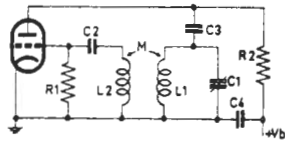
In fig. 4 is de afgestemde kring in de roosterketen opgenomen. Het is ook mogelijk de afstemkring in de anodeketen op te nemen (fig. 5). In deze figuur is de variabele condensator met de positieve spanning verbonden. Om praktische redenen verdient het aanbeveling de variabele condensator aan één zijde te aarden, zodat men de schakeling van fig. 5 meestal in de vorm van fig. 6 uitvoert. Hierin is de afstemkring via een scheidingscondensator C3 in de anodeketen opgenomen en ontvangt de anode van de triode een positieve spanning via de weerstand R2. De terugkoppeling van anode naar roosterketen behoeft niet uitsluitend van inductieve aard te zijn; zij kan bijv. ook gevormd worden door een capaciteit.

In fig. 7 is een oscillatorschakeling getekend met een dergelijke capacitiële terugkoppeling. In de rooster- en anodeketen zijn de kringen L1-C1 resp. L2-C2 opgenomen. Een gedeelte van de versterkte wisselspanning over de anodekring L2-C2 wordt via de capaciteit Cag tussen rooster en anode teruggevoerd naar de roosterkring L1-C1. Als nu aan de voorwaarden, die hierboven zijn genoemd (gelijke fase en voldoende terugkoppeling), wordt voldaan, zal deze schakeling weer oscilleren. Deze schakeling is bekend onder de naam T.P.T.G. schakeling (T.P.T.G. vormen de beginletters van Tuned Plate Tuned Grid, hetgeen betekent: afgestemde plaat, afgestemd rooster).

Men heeft ook nog andere bekende oscillatorschakelingen, zoals de Collpitts-oscillator en de Hartley-oscillator. Wij komen op deze schakelingen terug bij het behandelen van de oscillator-schakelingen bij mengbuizen.

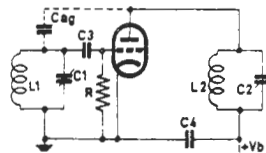
79. H.F. Versterking

In les 10 par. 52 maakten wij reeds melding van het feit dat de op de antenne ontvangen draaggolf meestal eerst wordt versterkt, voordat hij aan de detector wordt toegevoerd. Tevens weten we, dat voor een voldoende selectiviteit (zie les 10) meer dan 1 afgestemde kring nodig is. Deze versterking geschiedt in de H.F. trap. In principe komt de werking van de H.F. versterker overeen met die van de L.F. versterker. Een wisselspanning tussen rooster en kathode van de triode, wordt in versterkte mate over een bepaalde impedantie in de anodeketen teruggevonden. Het verschil met de L.F. versterker schuilt hierin, dat de wisselspanning een veel hogere frequentie heeft en



Inductief gekoppelde oscillator met parallel-voeding van de anode.

Fig. 6



Oscillatorschakeling waarbij de terugkoppeling via de anoderoostercondensator Cag wordt verkregen (T.P.T.G.-oscillator).

Fig. 7

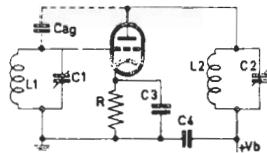
dat de te versterken frequentieband relatief smal is ten opzichte van die van de draaggolffrequentie. Het is logisch dat voor deze impedantie in de anodeketen een afstemkring wordt gebruikt. Deze kring heeft immers een selectief karakter, d.w.z. afhankelijk van de grootte van de capaciteit en de zelfinductie van de kring, heeft zij voor een wisselstroom met een bepaalde frequentie een maximale wisselstroomweerstand (of impedantie).

In les 10 (blz. 13) hebben we gezien dat de impedantie van een parallelkring in afstemming gelijk is aan $Z = \frac{L}{RC}$. (Deze impedantie heeft een praktische waarde van ca. 100.000Ω). Het schema van fig. 8 stelt de schakeling van een triode als H.F. versterker voor. Als wij deze schakeling zouden gaan gebruiken, zouden we reeds zeer spoedig met moeilijkheden hebben te kampen. Hoogstwaarschijnlijk zal de buis gaan oscilleren, hetgeen ongewenst is. Dit is te wijten aan het feit, dat de anode-roostercapaciteit C_{ag} van de triode zo groot is dat de terugkoppeling van de anode-

wisselspanning over de kring L2-C2 via deze capaciteit oscilleren veroorzaakt. Deze capaciteit heeft een grootte-orde van 1 pF; zij wordt gevormd door het rooster en de anode plus hun verbindingen. Aangezien deze capaciteit voor een H.F. versterkbus te groot is, is tussen het stuurrooster en de anode een dicht gewikkeld schermrooster aangebracht. (Een dergelijke buis wordt een tetrode genoemd). De werking van dit schermrooster berust op het effect dat aan het einde van par. 41 van les 8 is beschreven. (Als men tussen 2 condensatorplaten een derde plaat voegt, en deze plaat aan aarde legt, wordt de capaciteit tussen de buitenste platen opgeheven). In de tetrode zijn het stuurrooster en de anode de twee bovengenoemde platen en het schermrooster fungeert als de derde aan aarde gelegde plaat. Om echter tevens een hoge inwendige weerstand te verkrijgen, wordt aan het schermrooster een positieve spanning gelegd (zie hiervoor ook les 16). Dit heeft tot gevolg, dat het schermrooster niet direct kan worden geaard; de aarding geschiedt dan voor wisselspanningen via een capaciteit. Door tussenvoeging van het schermrooster is de capaciteit C_{ag} verkleind tot een waarde van ca. $0,002 \text{ pF}$. Deze waarde is dus ca. $500 \times$ kleiner dan die van de triode. Om verder geen hinder te ondervinden van de secundaire emissie van de anode is tevens een remrooster aangebracht (zie les 16).

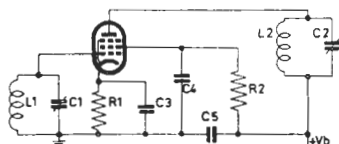
Een buis die is uitgerust met een stuurrooster, schermrooster en remrooster noemen we een penthode. Voor H.F. versterking komt uitsluitend een penthode in aanmerking.

Het schema van de penthode als H.F. versterker is in fig. 9 afgebeeld. De ontkoppelcondensator C3 van het scherm-



Principe van de triode als H.F.-versterker. Door de te grote C_{ag} ontstaat gemakkelijk genereren.

Fig. 8

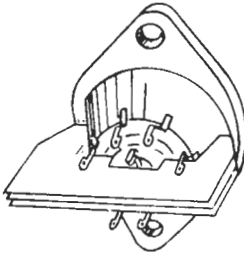


Principe-schema van een H.F. versterktrap met penthode.

Fig. 9

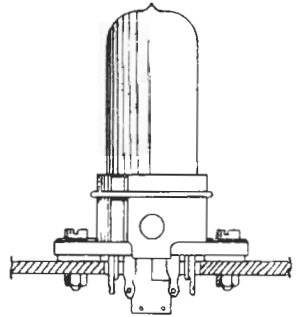
rooster moet zo groot zijn, dat deze praktisch een kortsluiting vormt voor de H.F. wisselspanningen. Een praktische waarde voor deze condensator is ca. 10.000 pF (voor een frequentie van 1,5 MHz, overeenkomende met een golflengte van 200 m, bedraagt X_C ca. 10 Ohm).

Deze zeer lage capaciteit tussen anode en rooster van 0,002 pF, heeft men bereikt door in de buis een afscherming tussen de anode en het stuurrooster aan te brengen. Het zal duidelijk zijn, dat deze zeer geringe capaciteit niet door uitwendige parasitaire capaciteiten mag worden vergroot. Daarom wordt dikwijls ook uitwendig een afscherming tussen het stuurrooster en de anode aangebracht. In fig. 10 zien we hiervan een voorbeeld bij een Rimlockbuis. Deze afscherming wordt zodanig aangebracht, dat de onderdelen die met de anode



Schets van het onderzichts van een buishouder, waarbij een extra afschermplaatje is aangebracht tussen de pennen van de anode en het stuurrooster, voor het behoud van een kleine anode-roostercondensiteit.

Fig. 10

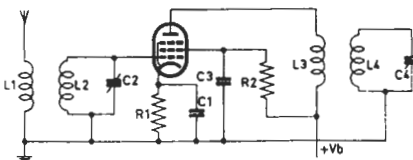


Schets van de montage van een Rimlockbuis houder op het chassis.

Fig. 11

en het stuurrooster zijn verbonden, elkander niet "zien". Bovendien is het bij de Rimlockbuis belangrijk dat de buishouder een goed elektrisch contact maakt met het chassis (dus met aarde). In fig. 11 kunt U dit duidelijk zien.

In fig. 12 is het principeschema van een volledige H.F. trap getekend. De antenne is op inductieve wijze met de eerste afstemkring gekoppeld. De H.F. wisselspanning over deze kring wordt door de pen-

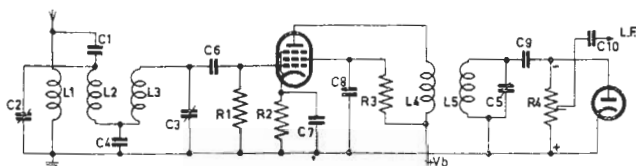


Principeschema van een H.F. versterktrap met penthode. De eerste afstemkring is inductief met de antenne en de tweede afstemkring inductief met de anodeketen gekoppeld.

Fig. 12

thode versterkt en via de inductieve koppeling tussen L3 en L4 op de tweede afstemkring L4 - C4 overgebracht. Zoals wij in les 11 reeds hebben aangestipt, zijn twee kringen meestal niet voldoende om een goede selectiviteit, d.w.z. een goede scheiding van de verschillende zenders, te verkrijgen. Hiervoor zijn minstens 3, en liefst 4, kringen nodig.

Het schema in fig. 13 geeft het H.F. gedeelte + detector van een ontvanger met drie afgestemde kringen weer. Hierbij is in de roostketen van de H.F. versterkbuis een capacitief gekoppeld bandfilter opgenomen, dat inductief en door middel van C1 capacitief met de



Schema van een H.F. versterktrap + detector. In de antenneketen zijn twee afstemkringen als een capacitief gekoppeld bandfilter geschakeld. Dit bandfilter is op inductieve en op capacitieve wijze met de antenne gekoppeld.

Fig. 13

antenne is gekoppeld. Dit bandfilter bestaat uit de twee kringen L2-C2 en L3-C3, die door C4 capacitief zijn gekoppeld. De detectordiode is met de derde afgestemde kring gekoppeld. In dit schema is de detector met parallelweerstand toegepast, aangezien de afgestemde kring geaard is en er de voorkeur aan wordt gegeven, ook de kathode van de diode te aarden. Over de weerstand R4 ontstaat door de detectie een gelijkspanning + een L.F. wisselspanning. De L.F. wisselspanning wordt van de potentiometer R4 via de koppelcondensator C10 aan het rooster van de L.F. versterkbuis toegevoerd.

In fig. 14 hebben wij het schema van een complete ontvanger getekend, waarin de verschillende gegevens uit de vorige lessen en deze les zijn verwerkt. Het H.F. gedeelte is in principe gelijk aan het schema van fig. 13. Er zijn 3 afstemkringen: L2-C2, L3-C5 en L5-C10. Daar er naar gestreefd wordt zo weinig mogelijk bedieningsknoppen te hebben, worden de afstemcondensatoren op één as gekoppeld (zie les 8 par. 44a). De drie afstemkringen moeten voor iedere stand van de drievoudige afstemcondensator op een gelijke frequentie zijn afgestemd. Zonder meer is dit niet het geval, daar parallel aan deze condensatoren, C2, C5 en C10, zich capaciteiten bevinden die worden gevormd door de capaciteit tussen de elektroden van de buizen en de bedradingscapaciteiten. Deze capaciteiten zullen voor de drie kringen meestal verschillend zijn. Van de eerste kring kan zij b.v. 10 pF zijn, van de tweede kring 15 pF en van de derde kring 20 pF. Als het capaciteitsbereik van de variabele condensator 20 - 500 pF is, zou het capaciteitsverloop door deze parasitaire capaciteiten voor de drie kringen verschillend zijn. Met de bovengenoemde waarden zou het capaciteitsverloop van de drie kringen bv. worden: 30 - 510 pF, 35 - 515 pF en 40 - 520 pF. Om nu een gelijk verloop van de capaciteit te verkrijgen worden parallel aan de afstemcondensatoren trimmers geschakeld. Deze trimmers worden zodanig afgeregeld, dat de totale minimumcapaciteit van de kringen gelijk is.

De totale capaciteit van de drie afstemkringen is nu in iedere stand van C2-C5-C10 gelijk. Als de spoelen L2, L3 en L5 gelijke zelfinducties hebben, wordt aan bovengenoemde eis voldaan.

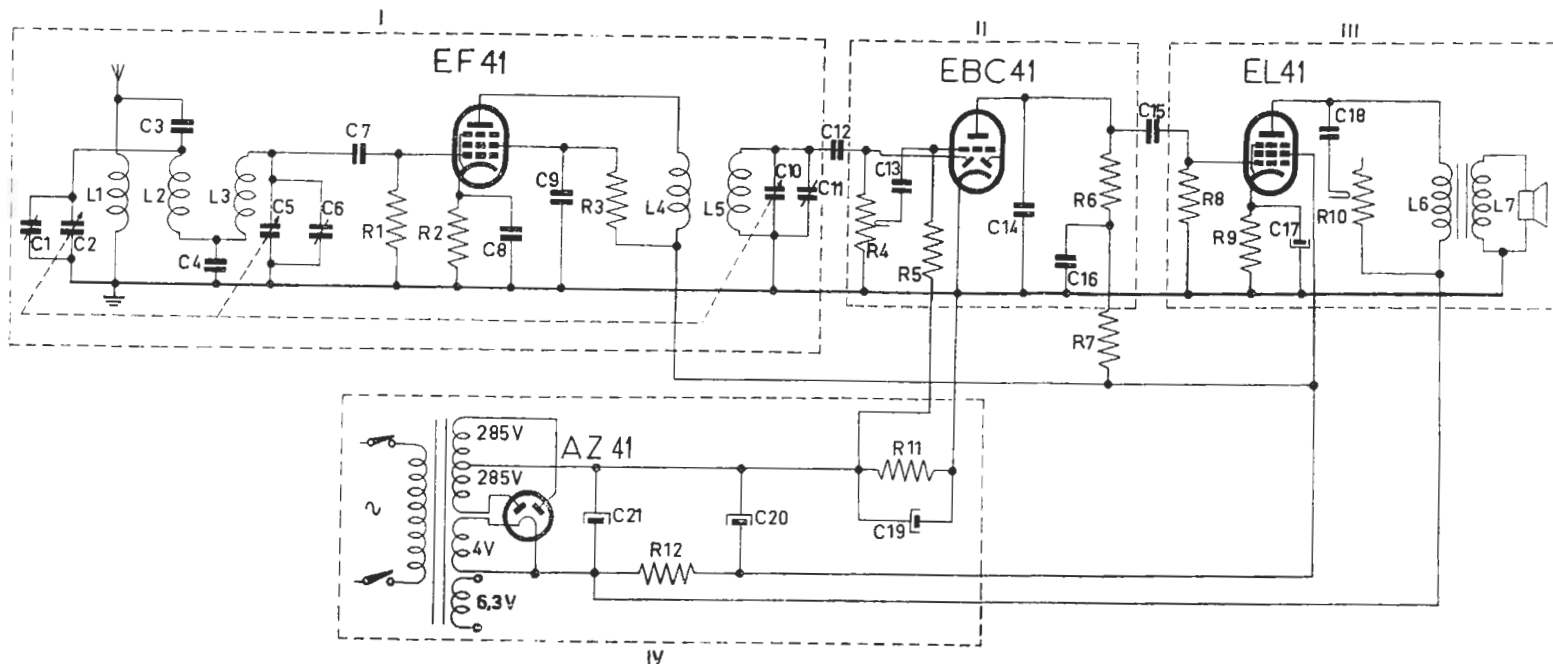
De antenne is via de spoel L1 inductief en via de condensator C3

capacitief met de eerste kring van het bandfilter gekoppeld. Het op het stuurrooster komende signaal wordt door de EF 41 versterkt aangetroffen over de spoel L4. De automatische negatieve roosterspanning voor deze buis wordt verkregen door middel van de kathodeweerstand R2, die door de condensator C8 is ontkoppeld. In de schermroosterleiding van deze buis is een zodanige weerstand (R3) geschakeld, dat de schermroosterspanning ten opzichte van aarde ca. 100 V bedraagt. De condensator C9 zorgt ervoor dat het schermrooster voor de H.F. wisselspanningen is geaard.

De in de derde afstemkring door L4 geïnduceerde wisselspanning wordt door middel van de, zich in de EBC 41 bevindende, diode gelijkgericht. De na de detectie ontstane L.F. wisselspanning staat over de potentiometer R4. Deze L.F. wisselspanning wordt via de koppelcondensator C13 aan het rooster van de EBC 41 toegevoerd. Dit rooster ontvangt verder via de roosterlekweerstand R5 een negatieve spanning van de weerstand R11 in de -leiding. Over de anodeweerstand R6 ontstaat een versterkte L.F. wisselspanning die via de koppelcondensator C15 op het stuurrooster van de eindbuis EL 41 wordt gebracht. Parallel aan de anodeweerstand van de EBC 41 is nog een condensator, C14, van ca. 100 pF geschakeld. Deze condensator dient voor de verwijdering van eventuele nog doorgedrongen H.F. wisselspanning. In serie met de anodeweerstand R6 is nog het ontkoppelfilter R7-C16 opgenomen. De eindbuis EL 41 levert de L.F. energie via de aanpassingstransformator L6-L7 aan de luidspreker af. Parallel aan de primaire wikkeling van de aanpassingstransformator is het filter C18-R10 geschakeld, dat als toonregelaar dienst doet. De anodespanning van de EL 41 wordt betrokken van de buffercondensator C21. De schermroosterspanning van deze buis en de voedingsspanningen voor de andere buizen worden van de tweede afvlakcondensator C20 afgenomen. Op deze wijze wordt voorkomen dat in de afvlakweerstand R12 een te groot spanningsverlies ontstaat.

SAMENVATTING

1. Een oscillator is een schakeling die een ongedempte trilling opwekt. Deze wordt verkregen door de anodeketen van een triode zodanig met de roosterketen te koppelen dat de teruggekoppelde spanning in fase is met de oorspronkelijke roosterwisselspanning.
2. Deze terugkoppeling kan zowel op inductieve wijze als op capacitieve wijze geschieden. Een voorbeeld van een oscillator met capacitieve terugkoppeling is de T.P.T.G. oscillator (Tuned Plate Tuned Grid).
3. Een stabiel oscilleren wordt verkregen door gebruikmaking van een roostercondensator en lekweerstand.
4. De triode is niet geschikt als H.F. versterker wegens de te hoge anode-roostercapaciteit.
5. De anode-roostercapaciteit wordt verkleind door een schermrooster tussen stuurrooster en anode aan te brengen. Het schermrooster ontvangt een positieve spanning en wordt voor de H.F. wisselspanningen via een condensator met aarde verbonden.
6. In de H.F. versterker worden afgestemde kringen als koppel-elementen gebruikt.
7. Bij éénknopsafstemming moeten de spoelen van de afstemkringen gelijke zelfinducties hebben.
8. Capacitieve verschillen van de afstemkringen worden met behulp van trimmers gelijk gemaakt.



Principeschema van een "rechtuit"-ontvanger voor wisselstroomvoeding.

- I H.F. trap
- II Detector + L.F. trap
- III Eindtrap + luidspreker
- IV Voeding gedeelte

CONDENSATOREN:

- | | |
|--|--|
| C1 = max. 30 pF (trimmer) | C19 = 100 μ F-124V (electrolytische condensator) |
| C2 = max. 500 pF | C20 = 50 μ F-320V (electrolytische condensator) |
| C5 = max. 500 pF } drievoudige afstemcondensator) | C21 = 50 μ F-320V (electrolytische condensator) |
| C10 = max. 500 pF | |
| C3 = 10 pF (keramische condensator) | WEERSTANDEN: |
| C4 = 40.000 pF (rofblokcondensator) | R1 = 1 Megohm (koolweerstand) |
| C6 = max. 30 pF (trimmer) | R2 = 300 Ohm (koolweerstand) |
| C7 = 100 pF (keramische condensator) | R3 = 90.000 Ohm (koolweerstand) |
| C8 = 50.000 pF (rofblokcondensator) | R4 = 0,5 Megohm (logarithmische potentioeter) |
| C9 = 50.000 pF (rofblokcondensator) | R5 = 1 Megohm (koolweerstand) |
| C11 = max. 30 pF (trimmer) | R6 = 0,1 Megohm (koolweerstand) |
| C12 = 100 pF (keramische condensator) | R7 = 50.000 Ohm (koolweerstand) |
| C13 = 10.000 pF (rofblokcondensator) | R8 = 0,7 Megohm (koolweerstand) |
| C14 = 100 pF (keramische condensator) | R9 = 170 Ohm (koolweerstand) |
| C15 = 20.000 pF (rofblokcondensator) | R10 = 50.000 Ohm (variabele weerstand) |
| C16 = 50.000 pF (rofblokcondensator) | R11 = 250 Ohm (koolweerstand) |
| C17 = 100 μ F-124V (electrolytische condensator) | R12 = 1200 Ohm (draadgewonden weerstand) |
| C18 = 50.000 pF (rofblokcondensator) | |

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

1. Van de H.F. penthode UF 41 wordt het schermrooster via een weerstand Rg2 op de voedingsspanning van 170 V aangesloten. De schermroosterspanning (ten opzichte van aarde) moet 100 V bedragen. Als bij deze spanning een schermrooster van 1,75 mA loopt, hoe groot moet dan de weerstand Rg2 zijn?

2. Verander het schema van fig. 14 zodanig, dat de negatieve roosterspanning voor alle buizen betrokken wordt van weerstanden in de -leiding. Gegeven is:
totale stroom in de -leiding: 50 mA
negatieve roosterspanning voor de EF 41: -2,5 V.
negatieve roosterspanning voor de EBC 41: -1,4 V.
negatieve roosterspanning voor de EL 41: - 7 V.
Vraag: hoe groot moeten de weerstanden in de -leiding zijn? En voor welk vermogen moeten zij geschikt zijn?

3. Wat zal er gebeuren, als in het schema van fig. 14:
 - a) de primaire wikkeling van de luidsprekertransformator onderbroken wordt?
 - b) de condensator C9 sluiting heeft?

80. De service-oscillator

We hebben in de voorgaande 5 lessen de gehele opbouw van de cascadeontvanger behandeld. Het is nuttig om nu eens te bekijken, welke apparatuur we nodig hebben voor het goed afregelen van deze ontvanger. Daarnaast is het goed te weten, hoe of deze hulpapparaten werken en hoe zij bediend moeten worden. Niets is onpractischer dan het werken met apparatuur, waarvan we de werking niet begrijpen.

In deze les zullen wij nu bekijken hoe de apparatuur, nodig voor dit afregelen, werkt. Hoe de afregeling gedaan wordt, bespreken we in volgende lessen.

Voor het afregelen van een ontvanger hebben we nodig:

1. Een L.F. wisselspanningsmeter.
2. Een trimtransformator.
3. Een service-oscillator.

1. L.F. wisselspanningsmeter

Hiervoor is iedere behoorlijke wisselstroom-voltmeter met een meetbereik van bijv. 0 - 10 V bruikbaar. Een meter beschreven in les 11, fig. 22, leent zich hier goed voor.

2. Trimtransformator

Om niet onnodig verbindingen in de ontvanger los te moeten maken, wordt de L.F. wisselspanningsmeter veelal op de extra luidsprekerbussen van de ontvanger aangesloten. De L.F. spanning is hier echter te laag om de meter behoorlijk te laten uitslaan. (De uitgangstransformator transformeert immers de anodewisselspanning van de eindbuis omlaag!) Daarom schakelen wij een transformator tussen, die de spanning omhoog transformeert. De Philips trimtransformator is voorzien van stekerpennen en stekerbussen; hij kan dus zonder moeite worden tussengeschakeld. De schakeling is in fig. 1 aangegeven.

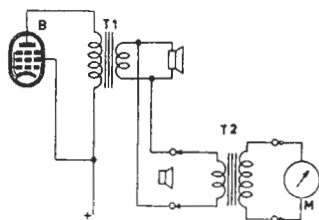
3. Service-oscillator

Een service-oscillator is een instrument, dat ons te allen tijde een H.F. signaal (al of niet gemoduleerd) kan geven, waarvan we de frequentie en de sterkte zelf kunnen bepalen.

Welke eisen moeten aan een goede service-oscillator worden gesteld?

Deze zijn:

1. Frequentiebereik ca. 100 kHz - 30 MHz; dit is het frequentiegebied, dat beschikbaar is voor de normale omroep.
2. Maximale H.F. uitgangsspanning van ca. 100 mV.



Schema ter illustratie van de aansluiting van een meter via een trimtransformator op de extra luidsprekerbussen van een ontvanger-toestel.

B = Eindbuis van de ontvanger

T1 = Uitgangstransformator van de ontvanger.

T2 = Trimtransformator.

M = L.F. wisselspanningsmeter.

Fig. 1

3. Deze H.F. uitgangsspanning moet van praktisch 0 V tot de maximale waarde kunnen worden geregeld.
4. De eenmaal ingestelde frequentie moet constant zijn, terwijl de aanwijzing van deze frequentie nauwkeurig moet zijn. Een afwijking van 1% van de ingestelde waarde is als toelaatbaar te beschouwen.
5. Normale netspanningsvariaties (+ en -10%) mogen de frequentie-nauwkeurigheid niet noemenswaard beïnvloeden.
6. Geen parasitaire straling van het H.F.-signaal: d.w.z. dat het H.F. signaal alleen via de daarvoor bestemde leidingen de ontvanger mag bereiken.

Een goede controle op parasitair stralen is de volgende:

De service-oscillator normaal in bedrijf stellen, doch de H.F. uitgangsklemmen kortsluiten (met een zo kort mogelijke verbinding).

Op een ontvanger, aangesloten aan een normale antenne, mag nu het signaal van de service-oscillator niet - of zeer zwak - merkbaar zijn.

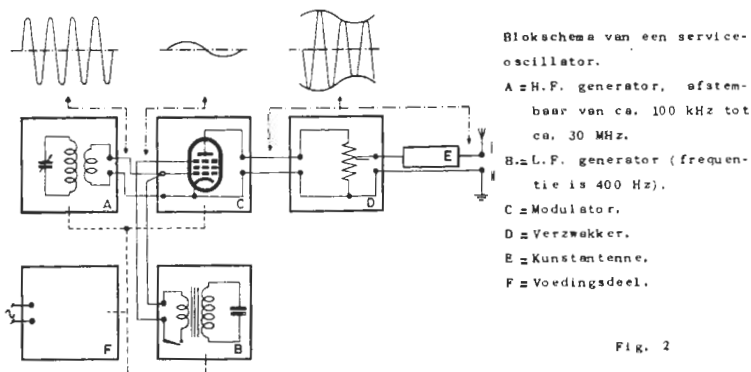


Fig. 2

Hoe werkt nu zo'n service-oscillator?

Fig. 2 geeft daarvan een beeld in blokschema. Hierin zijn de essentiële delen sterk vereenvoudigd weergegeven.

Deze zijn:

A. H.F. generator

Dit is een generatorschakeling waarvan het schema in principe overeenkomt met dat van fig. 5 uit les 17. De frequentie van de opgewekte H.F. wisselspanning kan met behulp van een variabele condensator continu worden geregeld. Deze condensator is voorzien van een schaal, waarop de ingestelde frequentie is af te lezen in kHz en (of) MHz.

Evenals bij een ontvanger worden, voor de verschillende frequentiebereiken, met behulp van een schakelaar verschillende spoelen ingeschakeld.

Met A kunnen we dus iedere gewenste frequentie instellen.

Een deel van de H.F. spanning (draaggolf) wordt aan C toegevoerd.

B. L.F. generator

Dit is een L.F. generatorschakeling met inductieve terugkoppeling (zie les 17), afgestemd op een vaste frequentie. Internationaal is deze frequentie vastgesteld op 400 Hz. Deze L.F. spanning wordt ook aan C toegevoerd. Met een schakelaar kunnen we deze spanningstoevoer desgewenst onderbreken.

C. Modulator

Hierin wordt de van A afkomstige H.F. draaggolf, gemoduleerd met de L.F. spanning door B afgegeven. Aan de uitgang van de modulator C komt nu een gemoduleerd H.F. signaal te voorschijn. De L.F. wisselspanning van de L.F. generator B is zodanig gekozen, dat de modulatie diepte 30% (internationaal) is.

D. Verzwakker

Dit gemoduleerde H.F. signaal wordt aan een potentiometerschakeling D toegevoerd. Aan de uitgang daarvan hebben we nu een compleet signaal beschikbaar dat we naar eigen verkiezing kunnen instellen, en wel:

- a. frequentie van de draaggolf
- b-c. al of niet gemoduleerd met een L.F. spanning van 400 Hz.
- d. gewenste sterkte van het signaal.

E. Kunstantenne

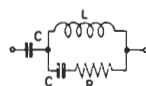
Een antenne, hoewel meestal uit een enkele rechte draad bestaande, heeft een zekere zelfinductie, weerstand en capaciteit. De waarden hiervan zijn afhankelijk van de lengte en hoogte van de antenne. Bij het ontwerpen van de antennespoelen van de ontvangers is gerekend op de zelfinductie, weerstand en capaciteit van een gemiddelde antenne (10 a 15 m lang). Bij het gebruik van de service-oscillator moeten we rekening houden met deze waarden. Daarom wordt, tussen de uitgang van de verzwakker D en de ontvanger nog een kunstantenne geschakeld. Deze kunstantenne is een combinatie van een zelfinductie, weerstand en capaciteit, waarvan de waarden overeenkomen met die van een gemiddelde antenne. Fig. 3 geeft hiervan het schema. Het ontvangtoestel ziet dus als het ware aan zijn antennebus een normale antenne.

F. Voedingsdeel

Hier wordt de netspanning omgezet in de gloeispanning en de anode- en schermroosterspanning voor de delen A, B en C.

De anode- en schermroosterspanning voor A wordt dikwijls gestabiliseerd. Hierdoor zijn deze spanningen nagenoeg onafhankelijk van netspanningsvariaties. De opgewekte H.F. spanning blijft zodoende constant van sterkte en frequentie bij schommelingen van de netspanning.

Voor het stabiliseren, d.w.z. constant houden van een gelijkspanning, wordt veel gebruik gemaakt van neonbuizen. Dit zijn buizen gevuld met neongas, waarin zich twee elektroden bevinden. Wordt aan deze elektroden via een weerstand een bepaalde gelijkspanning gelegd, dan zien wij aan één der elektroden een lichtverschijnsel.



Schema van een kunstantenne.

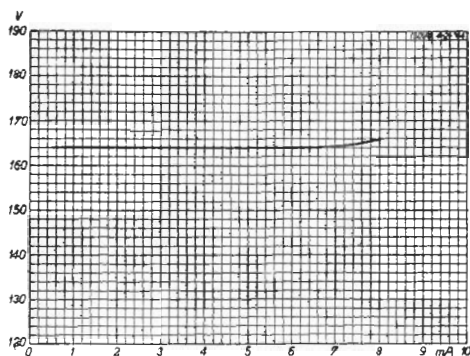
$$L = 20 \mu\text{H}$$

$$R = 400 \Omega$$

$$C = 200 \text{ pF}$$

Fig. 3

In deze toestand blijkt nu dat de spanning over de buis praktisch constant blijft bij verschillende waarden van de stroom door de buis.



Spanning aan de neon-stabiliseerbuis 150 A1 in afhankelijkheid van de stroom door de buis.

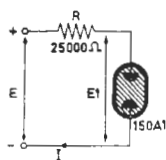
Fig. 4

Bij de Philips stabiliseerbuis 150 A1, blijkt dit op te gaan tussen 1 en 8 mA (zie fig. 4), waarbij de spanning over de buis ca. 164 V is.

Wij gaan nu eens de schakeling van fig. 5 bekijken. De spanning E is zo groot genomen dat I gelijk aan 4 mA is. De spanning over R is dus 100 V. Wij gaan nu E zoveel verhogen, dat I gelijk aan 6 mA wordt. Uit fig. 4 zien wij, dat daarbij de spanning E_1 vrijwel niet varieert. De spanning over R neemt echter toe tot 150 V, zodat wij dus E met ca. 50 V hebben moeten verhogen. Hetzelfde geldt, in omgekeerde zin, bij verlaging van E , tot I gelijk 2 mA is geworden.

Wij zien dus, dat een variatie van E van \pm of - 50 V praktisch geen invloed op E_1 heeft. Op deze manier is het mogelijk de anode- en schermroosterspanning voor deel A van fig. 2 ongevoelig voor netspanningsvariaties te maken.

Wij kunnen ons nu afvragen, waarom de modulatiefrequentie op 400 Hz internationaal is vastgelegd? Bij andere waarden zouden wij ons doel, het afregelen (trimmen) van een ontvanger, toch ook kunnen bereiken? Wij moeten nu even teruggaan naar les 11. In par. 56 fig. 7 hebben we gezien dat de aan de telefoon toegevoerde L.F. spanning toeneemt als de modulatie diepte toeneemt. In de ontwikkelingslaboratoria worden de prestaties van ontvangers gemeten. Men doet dit o.a. door de gemoduleerde H.F. spanning aan de antennebus te meten, die nodig is voor een bepaalde L.F. spanning aan de luidspreker. De grootte van deze H.F. spanning is dus afhankelijk van de modulatie diepte. Men doet dit met apparaten die, in principe, de schakeling van fig. 2 hebben. Om nu vergelijkbare waarden te meten heeft men internationaal afgesproken steeds een modulatie diepte van 30% te gebruiken. Om geheel uniform te zijn, heeft men tevens de modulatiefrequentie op 400 Hz vastgesteld.



Principe van de spanningsstabilisatie met een neonbuis.

E = fluctuerende spanning.
 E_1 = gestabiliseerde spanning.

Fig. 5

Hoewel deze afspraken in de eerste plaats voor laboratorium-apparaten zijn gemaakt, heeft men deze overgenomen voor de service-oscillator.

Afscherming

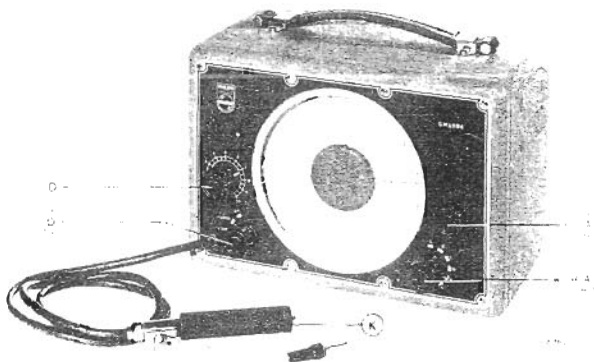
Zoals reeds gezegd is, mag het H.F. signaal de ontvanger alleen via de kunstantenne E bereiken. Als bijv. de H.F. oscillator A direct op de ontvanger kan inwerken, kunnen we de signaalsterkte niet volledig met de verzwakker D regelen.

Om dit te voorkomen zijn de delen A, C en D zeer nauwkeurig afgeschermd. Tevens is de verbinding van D naar E met speciale afgeschermd kabel uitgevoerd, om ongewenste ontvangst van omroepzenders te voorkomen. De verbinding tussen de kunstantenne E en de ontvanger moet, om dezelfde reden, zo kort mogelijk zijn. Om deze afscherming tot zijn recht te laten komen, moet de service-oscillator deugdelijk worden geaard (aardklem aan de achterzijde van het apparaat).

Nu we gezien hebben hoe een service-oscillator werkt, zullen wij twee uitvoeringen van Philips service-oscillatoren bespreken. Dit zijn de typen GM 2884 en GM 2883/02.

81. De Philips service-oscillator GM 2884

Dit is een eenvoudige service-oscillator voor gebruik in radio-



De Philips Service-oscillator GM 2884.

A = Afstekknop van de H.F. generator.

A' = Bereikenschakelaar van de H.F. generator.

D = Continu-verzwakker voor H.F.- en L.F. signaal; tevens netschakelaar.

D' = Stappenverzwakker voor H.F. signaal; tevens omschakelaar van H.F.- of L.F. uitgangsspanning.

F = Afschermd stekker, passende in kunstantenne K.

FIG. 6

werkplaatsen. Fig. 6 geeft hiervan een afbeelding. De letters in deze figuur zijn in overeenstemming met die van fig. 2.

A - de continu-afstemming van de H.F. generator.

A - de frequentiebereikschakelaar, waarmee het gehele frequentiebereik (0,1 tot 25 MHz) in 5 stappen kan worden omgeschakeld. Deze 5 stappen zijn:

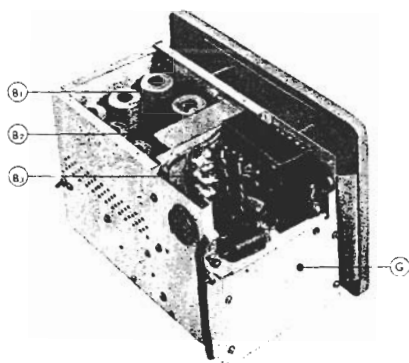
Stand A:	100 - 250 kHz
Stand B:	250 - 600 kHz
Stand C:	600 - 1500 kHz
Stand D:	1,5 - 4 MHz
Stand E:	4 - 10 MHz
Stand F:	10 - 25 MHz

De letters A t/m F zijn tevens op de frequentieschaal aangegeven, om een vlot aflezen en instellen van deze schaal mogelijk te maken. De frequentienauwkeurigheid is beter dan 1%. Bij 10% netspanningsvariatie treedt een frequentievariatie van minder dan 0,2% op.

D - de continu verzwakker voor het H.F. signaal en het L.F. signaal (400 Hz), gecombineerd met de netschakelaar. De maximale H.F. spanning is ca. 100 mV.

D' - Hiermede wordt de H.F. uitgangswisselspanning in stappen geregeld. In de meest rechtse stand hiervan wordt de modulatiespanning aan de uitgangskabel doorgegeven. Met potentiometer D kan deze L.F. spanning dan worden geregeld van 0 - 5 V. Aan de linkerzijde van het apparaat bevindt zich een schakelaar waarmee de modulatie kan worden uitgeschakeld met behulp van een schroevendraaier.

Voor normaal gebruik dient deze schakelaar steeds ingeschakeld te zijn. Fig. 7 toont het inwendige van dit apparaat, waarbij de inwen-



Inwendige van de Philips Service-oscillator GM 2884.

B1 = ECH21 (H.F. generator).

B2 = ECH21 (modulator en L.F. generator)

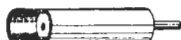
B3 = EZ2 (dubbelfazige gelijkrichter)

G = Schakelaar voor het uitschakelen van de modulatie (met behulp van een schroevendraaier).

Fig. 7

dige afscherming gedeeltelijk is weggenomen. Uit deze figuur zien wij dat de spoelen van de H.F. generator afzonderlijk zijn afgeschermd in metalen bussen en het geheel daarna nog van een afscherming is voorzien. Dit dient om onnodige straling te voorkomen, zoals in de inleiding van deze lesreeds is gezegd. In fig. 8 is de kunst-

antenne, die bij dit apparaat wordt geleverd, afgebeeld. Deze kan zonder meer op de aansluitstekker F uit fig. 6 worden gestoken, waardoor de verbinding van de service-oscillator - kunstantenne - ontvangtoestel, ononderbroken is afgeschermd. Het is van belang, dat bij reparatie aan de afgeschermd kabel tussen service-oscillator en kunstantenne steeds gebruik wordt gemaakt van de oorspronkelijke materialen om deze afscherming te handhaven.



Tekening van de kunstantenne.

Fig. 8

82. De Philips service-oscillator GM 2883/02

De GM 2883/02 is een meer uitgebreide service-oscillator, die zowel voor normaal radio-servicewerk als wel voor eenvoudig laboratoriumwerk bruikbaar is. Van deze service-oscillator zijn ook exemplaren in de handel gebracht onder het typenummer GM 2883; voor gebruik in service-werkplaatsen verschillen zij in wezen niet veel. Bij deze beschrijving hebben wij ons alleen bepaald tot de laatste uitvoering GM 2883/02

De voordelen van dit apparaat ten opzichte van de GM 2884, voor gebruik in de service-werkplaats zijn:

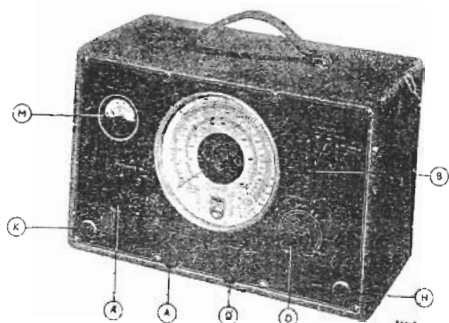
1. Grotere schaalengte, waardoor een nauwkeuriger instellen op de gewenste frequentie mogelijk is.
 2. Een extra frequentiebereik van 400 tot 500 kHz. Dit geeft speciaal voor M.F. afregeling en selectiviteitsmeting aan M.F. versterkers grote voordelen. Over de M.F. versterkers, welke in superneterodyne ontvangtoestellen gebruikt worden, zal later meer worden gezegd.
- Door deze grotere afleesnauwkeurigheid zijn metingen met een nauwkeurigheid van 0,5 kHz uit te voeren.
3. De afgegeven H.F.- en L.F. spanningen zijn afleesbaar op een ingebouwde meter.
 4. De continu-verzwakker van het H.F. signaal is direct in μV en mV afleesbaar.
 5. De ingebouwde meter is bij het afregelen van radio-apparaten tevens bruikbaar als indicator van de uitgangsspanning.

Fig. 9 geeft een aanzicht van deze service-oscillator. De letters hierin komen weer overeen met die uit fig. 2 en wel:

A - continu-afstemming van het H.F. signaal.

A' - bereikenschakelaar, waarmee het gehele frequentiebereik (0,09 - 30 MHz) in 5 stappen omschakelbaar is, terwijl in de zesde stand het speciale bereik van 0,4 - 0,5 MHz is ingeschakeld. De frequentieschaal heeft 3 schaalverdelingen A, B en C, welke gebruikt worden op de volgende manier:

Bereik	0,09	tot	0,3	MHz	schaal	$\frac{B}{10}$
Bereik	0,27	tot	1	MHz	schaal	$\frac{A}{10}$
Bereik	0,9	tot	3	MHz	schaal	B
Bereik	2,7	tot	10	MHz	schaal	A
Bereik	9	tot	30	MHz	schaal	B x 10
Bereik	0,4	tot	0,5	MHz	schaal	C



D = Philips Service-oscillator GM 2883/02

A = Afstemknop van de H.F. generator.

A' = Berekenschakelaar van de H.F. generator

R = Modulatieschakelaar - Netschakelaar.

D = Geijkte continu-verzwakker voor het H.F. signaal.

D' = Regelaar voor H.F.- en L.F. spanning (afleesbaar op meter M).

H = H.F. uitgang.

K = L.F. uitgang

M = Meter voor aanwijzing van de H.F.- en L.F. spanning.

Fig. 9

Hierbij is de frequentie-nauwkeurigheid beter dan 1% (voor het bereik 0,4 - 0,5 MHz beter dan 1 kHz); de frequentievariatie bij 10% netspanningsvariatie is kleiner dan 0,02%.

B — de modulatieschakelaar, gecombineerd met de netschakelaar. Deze heeft 4 standen:

Stand 1: apparaat is uitgeschakeld.

Stand 2: apparaat is ingeschakeld, doch geen modulatie in deze stand. Er wordt dus een ongemoduleerd H.F. signaal afgegeven.

Stand 3: apparaat is ingeschakeld, de modulatiefrequentie is 400 Hz.

Stand 4: apparaat is ingeschakeld, de modulatiefrequentie is 2500 Hz. Voor ons doel wordt stand 3 van deze schakelaar het meest gebruikt.

D — de geijkte continu-verzwakker; de ijking hiervan geldt voor het geval dat meter M met behulp van D' op 100 schaaldelen is ingesteld. Met deze continu-verzwakker kan het H.F. uitgangssignaal geregeld worden van 0 - 100 mV.

D' — instelling van de H.F.- of L.F. spanning. De afgegeven L.F. spanning kan op de meter worden afgelezen.

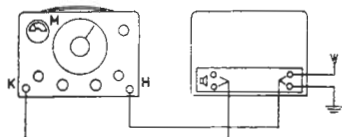
H — aansluitbus voor de afgeschermdе verbindingskabel met het radiotoestel. Hiervan wordt dus de gemoduleerde H.F. spanning afgenomen.

K — aansluitbus voor het afnemen van de L.F. spanning (frequentie gelijk aan de modulatiefrequentie). De waarde hiervan is met behulp van D' instelbaar van 0 - 1 V.

Voor de aansluiting van de bussen H en K worden speciale snoeren meegeleverd. De kunstantenne, die hierbij gebruikt wordt, is dezelfde als bij het apparaat GM 2884.

Het gebruik van de meter M als indicator van de uitgangsspanning.

De schakeling hiervan is in fig. 10 aangegeven.



Aansluitschema bij gebruik van M als uitgangsspanningsindicator bij het afregelen van een ontvanger.

Fig. 10

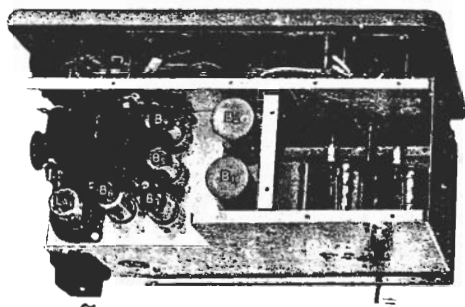
ATTENTIE

Om dit te kunnen doen is het nodig dat:

1. het radiotoestel voorzien is van een laagohmige extra luidspreker aansluiting.
2. U-apparaten (voor gelijk- en wisselspanningsnetten) via een scheidingstransformator aangesloten zijn op het electriciteitsnet. Hierover wordt in een latere les meer gezegd.

Het gemoduleerde H.F. signaal wordt via de kunstantenne aan de antenne- en aardbus van het radioapparaat toegevoerd. De aansluitbus K wordt aan de extra luidsprekerbussen verbonden. Hierdoor zal de meter M op 0 terugvallen. Het H.F. signaal, dat aan de ontvanger wordt toegevoerd, blijft hierdoor echter onveranderd. Bij afregeling van de radio-ontvanger geeft de meter M de L.F. uitgangsspanning aan. (Het kan nodig zijn de aansluitingen aan de extra luidsprekerbussen om te draaien, om de meter te doen uitslaan). Over de techniek van het afregelen van ontvangoestellen zal in een latere les nog verder worden gesproken.

Tenslotte geven wij in fig. 11 nog het inwendige van dit apparaat. Hierbij is weer een gedeelte van de inwendige afscherming weggenomen.



Inwendige van de Philips Service-oscillator GM 2883/02

B1 = EF50 (H.F. generator)

B2 = EF50 (modulator)

B3 = EF41 (L.F. generator)

B4 = EF41 (L.F. versterker)

B5 = EF41 (L.F. versterker)

B6 = AZ41 (dubbelzijdige

gelijkrichter).

B7 = 150A1 (neon-stabiliseer-

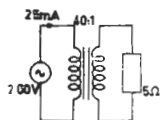
bus).

SAMENVATTING

1. Een service-oscillator is een instrument, dat een H.F. signaal (al of niet gemoduleerd) kan geven, waarvan de frequentie en de sterkte kan worden geregeld.
2. De service-oscillator wordt gebruikt voor het afregelen van de afstemkringen van het ontvangtoestel.
3. De eisen, die aan een service-oscillator worden gesteld, zijn:
 - a. De frequentie van de H.F. uitgangsspanning moet constant en de aanwijzing van de frequentie moet nauwkeurig zijn.
 - b. De H.F. uitgangsspanning moet regelbaar zijn.
 - c. Normale netspanningsvariatiën mogen de frequentie-nauwkeurigheid niet noemenswaard beïnvloeden.
 - d. Het gemoduleerde signaal met een frequentie van 400 Hz moet 30% gemoduleerd zijn.
4. Voor het afregelen van een ontvanger zijn verder nodig:
 - een L.F. wisselspanningsmeter
 - een trimtransformator.

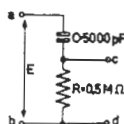
1. Een weerstand van 320 Ohm - 5 W moet worden vervangen door de parallelschakeling van weerstanden van 400 Ohm en 1600 Ohm. Voor welk vermogen moeten deze weerstanden geschikt zijn?

2. Aan de primaire wikkeling van een transformator wordt bij een wisselspanning van 200 V_{eff} een stroom van 25 mA_{eff} geleverd. Op de secundaire wikkeling is een weerstand van 5 Ohm aangesloten. De transformatieverhouding is 40 : 1.



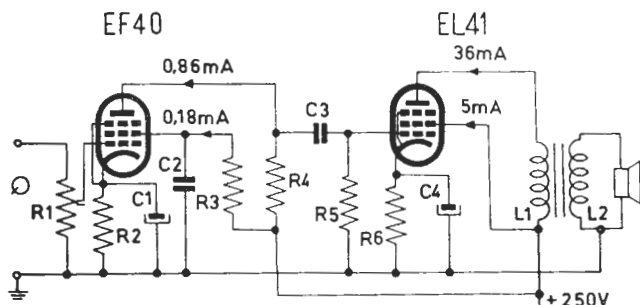
Voor welk vermogen moet deze weerstand geschikt zijn?

3. Aan de klemmen a - b staat een wisselspanning E van een L.F. generator. Men maakt de frequentie eerst 30 Hz, daarna 30.000 Hz. Waarom is bij $f = 30.000$ Hz de spanning aan c - d praktisch gelijk aan E, en waarom is de spanning aan c - d veel kleiner dan E bij $f = 30$ Hz?



4. Aan de hand van onderstaand schema de volgende vragen beantwoorden:

- Hoe groot zijn de anode- en schermroosterspanningen van de EF 40 en EL 41?
- Hoe groot is de negatieve roosterspanning van deze buizen?
- Wat zal het gevolg zijn als R3 doorbrandt, en dus onderbroken wordt?
- Wat bemerkt men als C4 defect geraakt (onderbreekt)?



R1 = 0,5 Megohm
 R2 = 1500 Ohm
 R3 = 1,0 Megohm
 R4 = 0,22 Megohm
 R5 = 0,7 Megohm
 R6 = 170 Ohm

C1 = 50 μ F - 12,5 V
 C2 = 50.000 pF
 C3 = 20.000 pF
 C4 = 100 μ F - 12,5 V

83. H.F. Versterker voor meerdere golfbereiken

In les 10 hebben wij gezien, dat de ontvanger het liefst voor meerdere golfbereiken geschikt moet zijn. Voor de omroep zijn de belangrijkste golfgebieden:

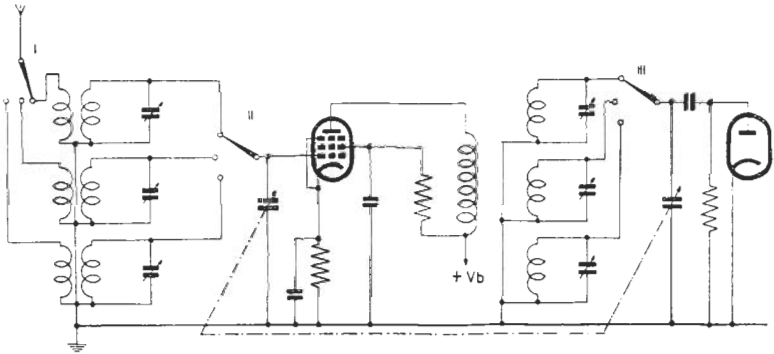
lange golf : 800 - 2000 m (frequentiegebied 375 kHz - 150 kHz)

midden golf: 200 - 600 m (frequentiegebied 1500 kHz - 500 kHz)

korte golf : 15 - 50 m (frequentiegebied 20 MHz - 6 MHz)

Verder is in les 10 verteld, dat de frequentie-variatie per frequentiegebied ca. 1 : 3 bedraagt.

Voor elk frequentiegebied wordt een andere spoel in de afstemkring ingeschakeld. De grootte van deze spoel wordt dan zo gekozen, dat in combinatie met een variabele condensator met een maximum capaciteit van 500 pF een geheel golfgebied wordt bestreken. Voor het omschakelen van de verschillende spoelen dient de golfbereikschakelaar.



Schema van het H.F. gedeelte van een ontvanger voor 3 golfbereiken.

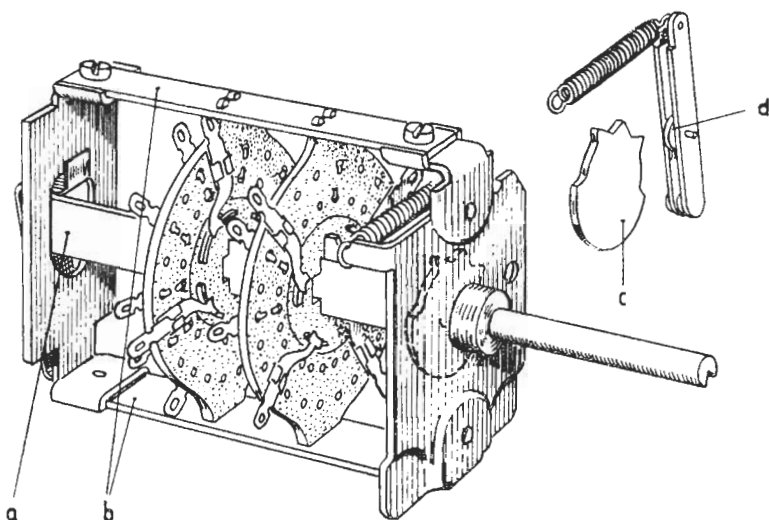
Fig. 1

In fig. 1 hebben wij een voorbeeld gegeven van een eenvoudig H.F. versterkergedeelte, dat geschikt is voor 3 golfgebieden. Wij hebben hierin de schakelaar door enkelvoudige schakelaars voorgesteld. Voor het lezen van het schema is dit inderdaad voldoende.

In de praktijk kunnen de schakelingen dikwijls niet met enkelvoudige schakelaars worden uitgevoerd. Er worden n.l. niet alleen spoelen omgeschakeld, maar dikwijls worden niet in gebruik zijnde spoelen tevens kortgesloten. Dit is de oorzaak, dat de gebruikte schakelaars wat hun opbouw betreft, soms min of meer gecompliceerd zijn. Aangezien het principeschema van de ontvanger het belangrijkste gegeven van een Service-Documentatie is, wordt in het schema de schakelaar meestal zodanig getekend, dat men hieruit niet alleen de aansluitingen daarvan kan lezen, maar ook de mechanische opbouw kan herkennen.

84. De golfbereikschakelaar.

Voor de golfbereikschakelaar bestaan verscheidene constructies. Wij zullen ons uitsluitend bepalen tot de roterende schakelaar zoals



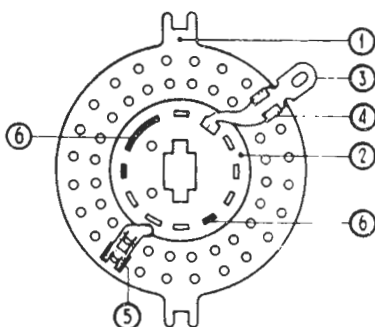
Schets van een golfbereikschakelaar.

De schakelsegmenten zijn bevestigd tussen de strippen b. Zij worden bediend door de as a, waarop tevens een arretschijf c is bevestigd. Zodra het rolletje d in een der uitsparingen van c snijpt, bevindt de schakelaar zich in de vereiste positie.

Fig. 2

deze in de Philips ontvangtoestellen wordt gebruikt. Deze schakelaar bestaat uit verschillende segmenten of schakelaar platen (fig. 2), die alle door een rechthoekige as worden bediend. In fig. 3 is een segment apart getekend. Een dergelijk segment bestaat uit een vaste ring van isolatiemateriaal, de stator, (in fig. 3 pos. 1) en de draaiende rotor (pos. 2), eveneens van isolatiemateriaal. Aan de stator zijn contactveren (3) met krammetjes (4) bevestigd. De krammen (5) houden de rotor op de goede plaats. Tenslotte zijn in de rotor contactstukken en doorverbindingen (6) aangebracht.

De schakelaar segmenten worden in het schema getekend, gezien vanaf de bedieningszijde, terwijl het chassis rechtop staat (hieraan dient men te denken bij reparatie van het toestel, aangezien men dan meestal het toestel op zijn kop zet). Het bovenste punt van de schakelaar

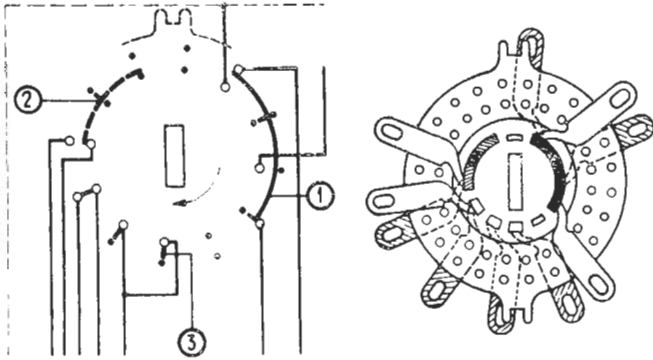


Schakelaarsegment.

- 1 = stator
- 2 = rotor
- 3 = contactveren
- 4 = krammetjes waarmede de contactveren zijn bevestigd.
- 5 = krammen die de rotor op de goede plaats houden.
- 6 = contactstukken.

Fig. 3

in het principeschema is het bovenste punt van de schakelaar in het apparaat. De schakelaar wordt getekend met de as in de meest linkse positie gedraaid. De voor- en achterzijde van de segmenten zijn resp. de zijde waar men vanaf de bedieningszijde tegenaan kijkt



a. Principeschema van de golfbereikschakelaar.
b. Uitvoering van het betreffende schakelaarsegment.

Fig. 4

en de andere zijde. De contactpunten van de veren, die op de voorkant van de stator zijn bevestigd, worden als open cirkeltjes in de buitenste ring van de schakelaar tekening aangegeven (fig. 4a). Waar geen contactpunten van veren aanwezig zijn, wordt een zwarte stip getekend. In totaal kunnen er 12 cirkeltjes in de buitenste ring worden getekend. Dit is ook het geval met de binnenste ring. Doorverbindingen op de voorkant van de rotor worden als getrokken lijnen dicht bij de buitenste ring aangegeven (zie fig. 4a pos. 1). Doorverbindingen op de achterkant van de rotor worden als gestippelde lijnen dicht bij de binnenste ring getekend (fig. 4a pos. 2). Contactstukjes worden als korte strepen tussen de binnenste en de buitenste ring getekend.

Ter verduidelijking van het principe van de schakelaar hebben wij in fig. 5 een schakelaar getekend in 4 posities. Elke positie wordt bereikt na de rotor een hoek van 30° te hebben gedraaid.^{x)} Links in de figuur zijn de schakelaarposities afgebeeld, rechts in de figuur zijn de overeenkomstige tekeningen, zoals die in het principeschema worden weergegeven, getekend.

Ter illustratie is in fig. 6 het H.F. gedeelte van een ontvanger met 3 golfbereiken voorgesteld. In fig. 7a-c zijn de schema's opnieuw getekend voor elk van de drie posities van de schakelaar. In

^{x)} In enkele gevallen heeft de schakelaar een draaihoek van 90° . In de Documentaties van de ontvangtoestellen staat dit dan echter bij het schema vermeld. In dat geval moeten de verschillende rotorcontacten drie 30° posities verder geschakeld worden, om te zien welke elementen in het volgende golfgebied worden ingeschakeld.

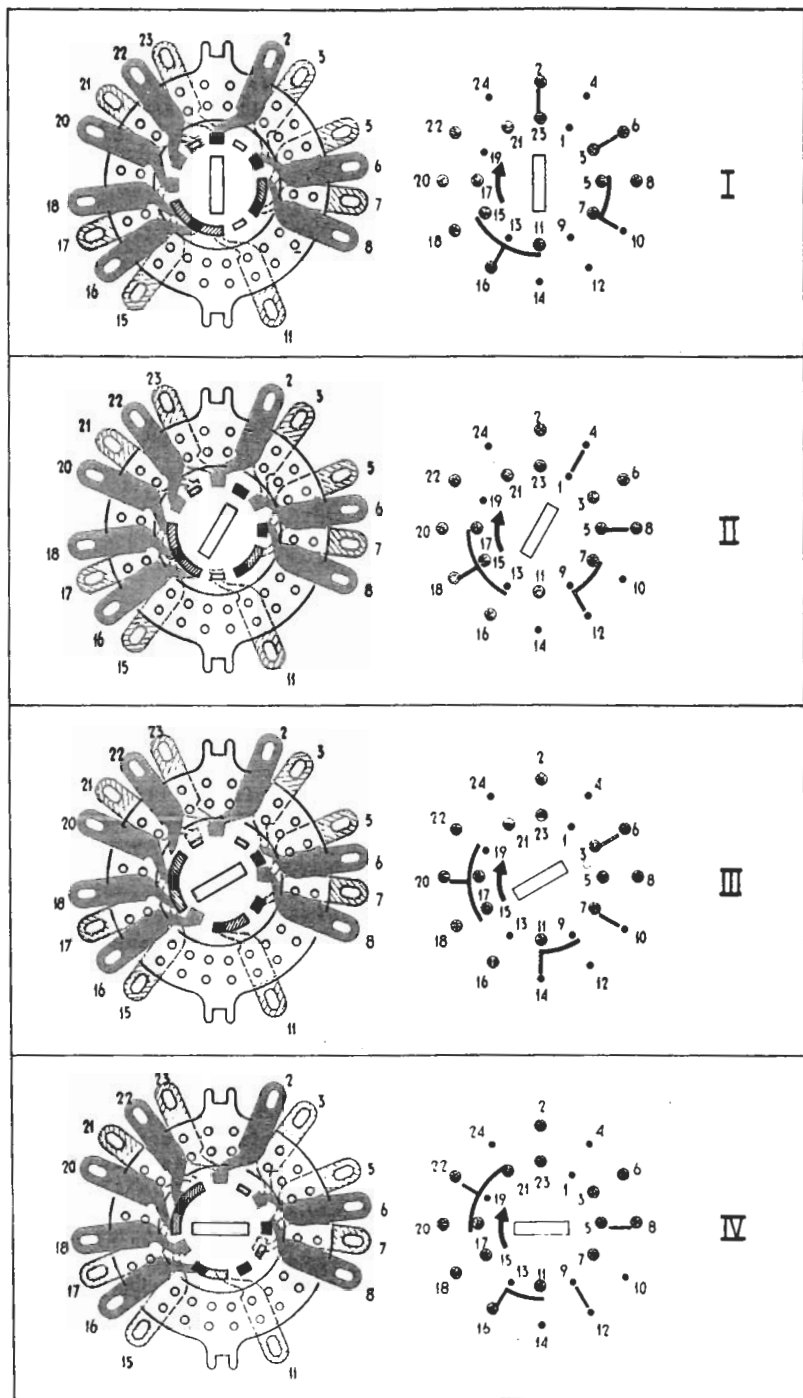
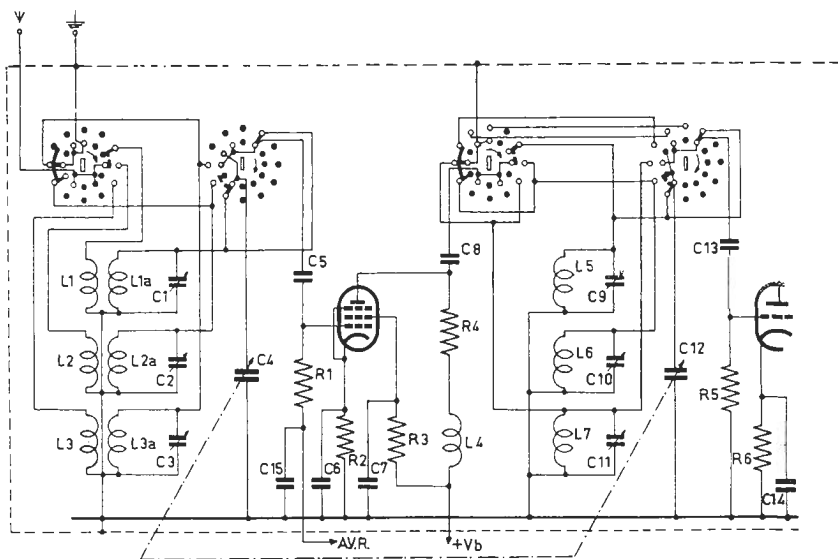


Fig.5



Schema van het H.F. gedeelte van een ontvanger met 3 golfbereiken met ingetekende golfbereikschakelaar.

Fig. 6

deze schema's zijn uitsluitend de kringen aangegeven die in de betreffende posities zijn ingeschakeld. De andere, buiten werking gestelde, kringen zijn gestippeld getekend.

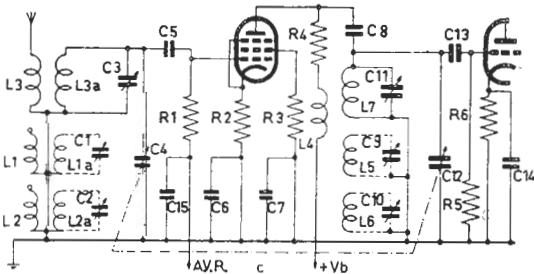
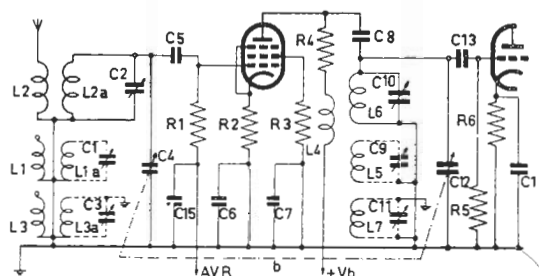
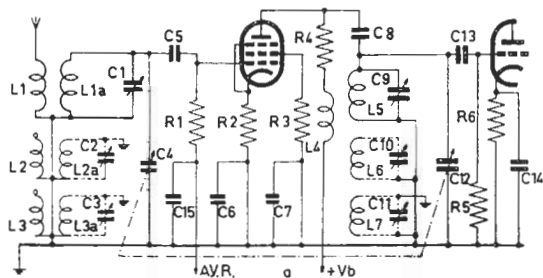
Op het repareren van de golfbereikschakelaar komen wij nog in een latere les over mechanische constructies in de ontvanger terug. Een belangrijke wenk voor het onderhoud van de schakelaar willen wij niet achterwege laten.

Hoewel de contacten van de Philips golfbereikschakelaar van zilver of verzilverd zijn, kan het een enkele maal voorkomen dat kraken optreedt bij het gebruik van een schakelaar. De contactlippen en de contactstukken op de stator resp. rotor van de segmenten moeten dan schoongemaakt en ingevet worden. Het schoonmaken mag uitsluitend geschieden met speciale schakelaar-olie (door de Philips Service-Afdeling wordt deze schakelaar-olie onder het codenummer A9 865 40.0 geleverd).

85. Fading of sluiering

Wij hebben in vorige lessen reeds vermeld, dat de radiogolven door de zendantenne worden uitgestraald en zich voortplanten, en dat deze golven in de ontvangantenne een spanning induceren. Wij hebben ons hierbij niet ingelaten op het feit hoe deze voortplanting geschiedt.

Om de aarde bevindt zich de dampkring. Nu vinden vooral in de dampkringlagen, die op een hoogte van 100 tot 300 km voorkomen, elec-



- a. Het schema van fig. 6 voor het golfbereik I
 b. Het schema van fig. 6 voor het golfbereik II
 c. Het schema van fig. 6 voor het golfbereik III

Fig. 7

trische verschijnselen plaats, die hun ontstaan in het bijzonder aan de zon hebben te danken. Men noemt deze meer of minder elektrische geleidende dampkringlaag *de ionosfeer*. Deze ionosfeer speelt een belangrijke rol bij de voortplanting van de radiogolven.

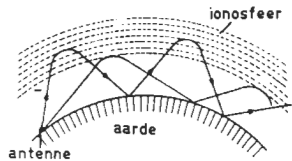
De radiogolven planten zich n.l. op tweeërlei wijze voort:

A. langs de aarde (de z.g. directe straling).

B. via terugkaatsing door de ionosfeer en de aarde (z.g. indirecte straling).

De radiogolven van het lange golfgebied en de zeer korte golven (die b.v. voor televisie worden gebruikt) planten zich hoofdzakelijk door directe straling voort en gedeeltelijk via de ionosfeer.

De radiogolven van het midden en korte golfgebied planten zich vooral via de indirecte straling voort. Dit is in principe in fig. 8 voorgesteld. De radiogolven worden als het ware onder invloed van de ionosfeer omgebogen. Zij bereiken daarna de aardoppervlakte en worden hierdoor weer teruggekaatst. Nu is de ionosfeer jammer genoeg geen stilstaand iets. Niet alleen is de hoogte bij dag en nacht verschillend, maar ook is zij vrijwel continu in beweging. Hierdoor is de hoek, waaronder de radiogolven worden afgebogen, steeds aan veranderingen onderhevig. Deze veranderingen kunnen een zodanige vorm aannemen, dat dit gedurende de ontvangst merkbaar wordt door het sterker en zwakker worden van het geluid. Soms kan het geluid zelfs geheel verdwijnen. Dit verschijnsel wordt aangeduid met 'sluiering' of met het Engelse woord 'fading'. De sluiering gaat daarbij dikwijls gepaard met een sterke vervorming van het geluid.

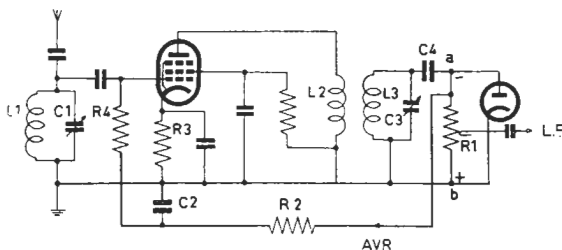


Principiële voorstelling van de afbuiging van de radiogolven door de ionosfeer en van de terugkaatsing door het aardoppervlak.

Fig. 8

86. Fading compensatie of automatische versterkingsregeling (A. V. R.)

De werking van de fading compensatie komt hierop neer dat het ontvangtoestel automatisch tracht een zelfde sterkte van het geluid te handhaven. Dit sluit tevens in dat het toestel bij gelijke stand van de volumeregelaar er naar streeft, zenders van verschillende sterkte even sterk weer te geven; daarom spreekt men gewoonlijk van automatische versterkingsregeling (afgekort A. V. R.). Bij deze schakeling wordt ervan uitgegaan dat de versterking van het ontvangtoestel zodanig is ingesteld, dat een matig sterke zender nog op volle sterkte wordt weergegeven. Wordt nu, tengevolge van fading, de spanning op de antenne minder, dan stelt het toestel zich automatisch op een grotere versterking in, zodat toch weer dezelfde geluidsterkte geproduceerd wordt.



H.F. versterker + detectortrap. De negatieve spanning die na detectie over de weerstand R_1 ontstaat, wordt via het ontkoppelfilter R_2 - C_2 teruggevoerd naar het stuurrooster van de H.F. buis, ter verkrijging van automatische versterkingsregeling.

Fig. 9

Hoe dit wordt bereikt zullen wij aan de hand van fig. 9 nagaan. Hierin hebben wij een HF trap+de diode-detector getekend. Zoals wij uit vorige lessen hebben gezien, ontstaat over de detectorweerstand R1 een gelijkspanning, zodra over de afstemkring L3-C3 een H.F. spanning ontstaat. Deze gelijkspanning is des te sterker naarmate de H.F. spanning sterker is. Deze gelijkspanning wordt nu zodanig naar het stuurrooster van de H.F. versterkbuis teruggevoerd, dat het stuurrooster een grotere negatieve roosterspanning krijgt. Hierdoor neemt de steilheid van de H.F. versterkbuis af en dientengevolge ook de versterking.

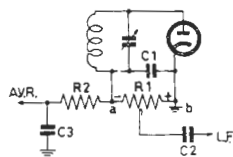
Nu staat over de detectorweerstand R1 behalve de gelijkspanning ook een L.F. wisselspanning, afkomstig van de modulatie op de draaggolf. Als we de spanning over R1 zonder meer aan het rooster van de H.F. versterkbuis zouden terugvoeren, zouden ook de L.F. spanningvariaties op het rooster van deze buis terechtkomen. Deze variaties zouden de modulatie beïnvloeden, hetgeen ongewenst is. Daarom wordt in de terugvoerleiding een filter R2-C2 opgenomen. De condensator C2 heeft een zodanige waarde, dat zijn reactantie voor de laagste frequentie nog klein is ten opzichte van de weerstand R2. (Practische waarden voor deze condensator en weerstand zijn $0,1 \mu\text{F}$ resp. $1 \text{ M}\Omega$). Op deze wijze wordt de L.F. spanningsvariatie afgevlakt en komt op het stuurrooster van de H.F. versterkbuis uitsluitend de gelijkspanning.

In fig. 9 is een detector met parallel weerstand getekend. Het spreekt wel haast vanzelf dat de automatische versterkingsregeling met een detector met serieweerstand (fig. 10) op dezelfde wijze werkt.

Om deze automatische versterkingsregeling goed te laten verlopen, is het nodig, dat de steilheid van de I_a/V_g -karakteristiek van de H.F. versterkbuis continu kleiner wordt naarmate de negatieve roosterspanning toeneemt.

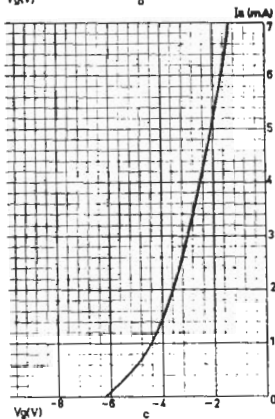
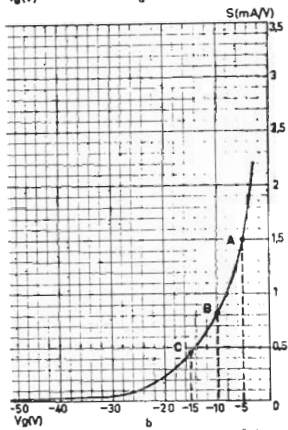
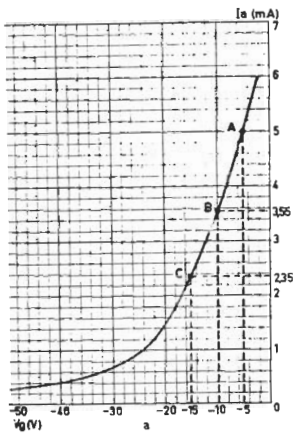
In fig. 11a is een I_a/V_g -karakteristiek getekend. Hierin hebben wij op 3 punten globaal aangegeven hoe groot de steilheid is. In punt a is de steilheid het grootst. In punt b bij een 2 maal zo grote negatieve roosterspanning is de steilheid kleiner en in punt c is de steilheid weer kleiner. Deze steilheid, afhankelijk van de negatieve roosterspanning, kan men eveneens in een karakteristiek vastleggen. Dit is gebeurd in fig. 11 b. Hieruit kan men onmiddellijk aflezen hoe groot de steilheid is bij een bepaalde negatieve roosterspanning. Het is nu voor een goede versterkingsregeling nodig dat de steilheid regelmatig afneemt met een toenemende negatieve roosterspanning. De penthoden die voor H.F. versterking worden gebruikt zijn dan ook zo geconstrueerd, dat hun steilheid regelmatig afneemt met een grotere negatieve roosterspanning. Omdat deze penthoden deel uitmaken van de schakeling voor de automatische geluidsterkteregeling, noemt men deze penthoden wel regelbuizen of regel-penthoden.

In fig. 11c hebben wij nog de I_a/V_g -karakteristiek afgebeeld van een normale H.F. penthode. Vergelijken wij de vorm van deze karakter-



Principeschema van diode - detectortrap met serieweerstand. De spanning over de detectorweerstand R1 wordt gebruikt voor de automatische versterkingsregeling.

Fig. 10



- a. I_a/V_g -karakteristiek van een regelpen-
thode. De punten a, b en c behoren bij
verschillende negatieve roosterspan-
ningen. In deze punten is de steilheid van
de karakteristiek verschillend en wel
kleiner, naarmate de negatieve rooster-
spanning groter is.
- b. De steilheid van bovenstaande I_a/V_g -ka-
rakteristiek in afhankelijkheid van de
negatieve roosterspanning.
- c. I_a/V_g -karakteristiek van een normale
H.F.pentode (zonder regeleigenschappen).

Fig. 11

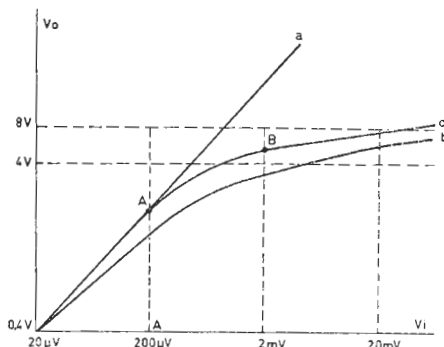
ristiek met die van fig. 11a, dan is onmiddellijk zichtbaar, waarom een penthode met de karakteristiek van fig. 11c weinig geschikt is voor gebruik als regelpenthode.

De werking van de versterkingsregeling stelt men dikwijls voor door de regelkarakteristiek (fig. 12). Hierin wordt op de horizontale as het antennesignaal uitgezet, op de verticale as de uitgangsspanning van het toestel. Zonder automatische versterkingsregeling zou de karakteristiek *a* ontstaan. Met een toenemend antennesignaal stijgt de uitgangsspanning evenredig. Zodra echter versterkingsregeling aanwezig is, neemt de versterking af met een groter antennesignaal zodat dan de karakteristiek *b* ontstaat.

87. Vertraagde automatische versterkingsregeling.

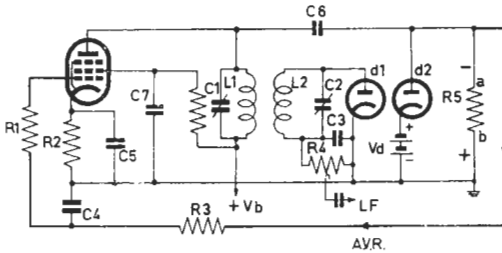
Uit het voorgaande blijkt, dat zodra een draaggolf ontvangen wordt en dus een gelijkspanning (regelspanning) over de detectorweerstand ontstaat, de versterking van de H.F. buis verminderd wordt. Deze versterkingsregeling treedt dus ook op als een zwakke zender wordt ontvangen. Dit heeft tot gevolg, dat een zwakke zender dikwijls niet op volle sterkte gehoord wordt. Men zou de versterkingsregeling daarom het liefst zodanig uitvoeren, dat de zwakke zenders onverzwakt worden doorgegeven. Dit heeft gevoerd tot een oplossing waarbij de automatische versterkingsregeling pas in werking treedt nadat de ontvangen draaggolf een bepaalde sterkte overschreden heeft. Men duidt deze methode aan met vertraagde automatische versterkingsregeling. Omdat de ontvangen draaggolf als het ware een drempelwaarde moet overschrijden voordat de versterkingsregeling begint, noemt men deze methode ook wel gedrempelde versterkingsregeling.

Om de vertraging in de versterkingsregeling te bereiken, wordt gebruik gemaakt van een tweede diode. In fig. 13 is de schakeling weergegeven. Hierin is de diode *d1* de detectordiode. De diode *d2* is via een kleine condensator *C6* aangesloten op een van de laatste afstemkringen, terwijl de diode-anode via de batterij *Vd* een negatieve spanning ten opzichte van de kathode krijgt. Veronderstel dat de negatieve voorspanning *Vd* van de diode-anode 2 V bedraagt. Zolang



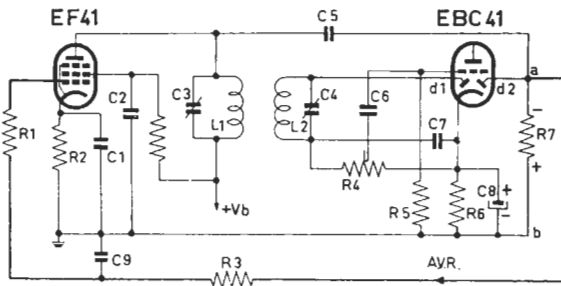
- Karakteristiek van de uitgangsspanning van een ontvanger zonder automatische versterkingsregeling in afhankelijkheid van de antennespanning (Regelkarakteristiek).
- Regelkarakteristiek van het ontvanger met automatische versterkingsregeling zonder vertraging.
- Regelkarakteristiek van het ontvanger met vertraagde automatische versterkingsregeling.

Fig. 12



Principeschema van H.F. versterker + detector, waarin een tweede diode is aangesloten voor het verwezenlijken van de vertraagde automatische geluidsterkteregeling. Fig. 13

er geen andere spanning op de diode komt, zal geen stroom door de diode lopen. Nu komt er een H.F. wisselspanning van de kring L1-C1 via de condensator C6 tussen de anode en de kathode van de diode. Zolang de amplitude van deze spanning kleiner is dan de negatieve voorspanning V_d , zal de anode van de diode negatief blijven en zal er dus geen stroom door de diode lopen. Zodra echter de amplitude van de H.F. wisselspanning groter wordt (bijv. 3V) dan de negatieve voorspanning V_d , dan zal gedurende de positieve amplitude de spanning op de anode van de diode eveneens positief worden (nl. 3-2 1V positief). In dat geval begint er door de diode stroom te lopen. Parallel aan de diode is de weerstand R5 geschakeld. De diodestroom loopt door deze weerstand en zal over deze weerstand een zodanige spanning doen ontstaan, dat punt a negatief wordt ten opzichte van punt b. De diodestroom, en dientengevolge ook de spanning over R5, zal des te groter worden naarmate de H.F. wisselspanning van de diode groter wordt. De spanning over R5 wordt nu als regelspanning gebruikt voor de H.F. versterkbuis. Deze regelspanning wordt dan via het ontkoppelfilter R3-C4 aan het stuurrooster van de H.F. versterkbuis toegevoerd.



Practische uitvoering van fig. 13 met gebruik van de duodiode-triode EBC 41.

Fig. 14

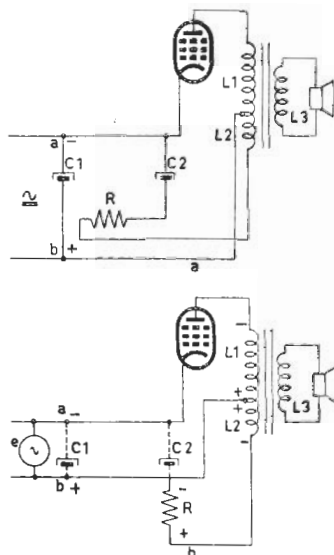
In de praktische schakeling wordt de negatieve voorspanning V_d automatisch verkregen door middel van een kathodeweerstand of een weerstand in de minleiding. In fig. 14 wordt gebruik gemaakt van de spanning over de kathodeweerstand R_6 van de EBC 41. Nu zien we ook waarom de EBC 41 van 2 dioden is voorzien. De ene diode d_1 dient voor de detectie, de andere diode is de zogenaamde A.V.R.-diode. Deze diode is enerzijds via C_5 verbonden met de afstemkring L_1-C_3 , anderzijds via de weerstand R_7 met de onderzijde van de kathodeweerstand R_6 . De regelspanning wordt van de weerstand R_7 betrokken en via het filter R_3-C_9 en de weerstand R_1 aan het stuurrooster van de H.F. versterkbuis EF 41 toegevoerd. Deze buis krijgt bovendien een negatieve voorspanning door middel van de kathodeweerstand R_2 . Deze roostervoorspanning komt nu via de weerstanden R_7 , R_3 en R_1 op het stuurrooster van de EF 41 terecht. De L.F. spanning ontstaat over de detectorweerstand R_4 , die tevens als geluidssterkteregelaar dienst doet. Via de koppelcondensator C_6 komt de L.F. wisselspanning op het rooster van het triodegedeelte in de EBC 41 terecht. De EBC 41 heeft dus in dit schema 3 functies:

- Als detector (diode d_1)
- Als gelijkrichter voor het opwekken van de regelspanning voor de automatische versterkingsregeling (diode d_2).
- Als L.F. versterker (triode).

De regelkarakteristiek die met deze schakeling wordt verkregen, is voorgesteld in fig. 12 (c). Tot punt A volgt de karakteristiek het verloop van die zonder automatische versterkingsregeling. Na dit punt treedt de versterkingsregeling in werking en neemt de uitgangswisselspanning veel minder toe dan het antenne-ingangssignaal. Uit deze karakteristiek volgt, dat als het ingangssignaal zo sterk is dat het zich in punt B bevindt, variaties van het ingangssignaal, ten gevolge van fading, slechts geringe veranderingen van de uitgangswisselspanning tot gevolg hebben.

88. Bromcompensatie.

Wij hebben in de tot nu toe getekende schema's de anodespanning voor de eindbuis betrokken van de buffercondensator. Zoals uit les 13 bleek, bevindt zich over de buffercondensator een rimpelspanning, waarvan de frequentie afhankelijk is van het systeem van gelijkrichting (enkelfazig of dubbel-fazig).



- Principieschema van het afvlakgedeelte + eindtrap, waarbij de primaire wikkeling van de uitgangstransformator is voorzien van een zgn. anti-bromwikkeling (L_2).
- Fig. 15a, op een andere wijze getekend, zodat duidelijker het in tegenfase zijn van de spanningen over L_1 en L_2 zichtbaar is.

Deze rimpelspanning komt gedeeltelijk over de primaire wikkeling van de uitgangstransformator terecht en kan aanleiding zijn tot een hinderlijk brommen. In vele ontvangtoestellen heeft men daarom een speciale schakeling toegepast, waarmede het brommen aanzienlijk wordt gereduceerd. Het principe van deze schakeling is in fig. 15a weergegeven. Om beter in te zien, hoe deze schakeling werkt, is deze figuur op een andere wijze getekend in fig. 15b.

De rimpelspanning over de buffercondensator C1, dus tussen de klemmen a en b, komt de via de eindpenthode op de wikkeling L1 terecht. Wij hebben hierin de momentele polariteit van de bromspanning aangegeven. De rimpelspanning over a en b komt tevens over de extra wikkeling L2 via de afvlakweerstand R en de tweede afvlakcondensator C 2.

Uit de tekening is onmiddellijk zichtbaar, dat beide bromspanningen tegengesteld in fase zijn. Door een juiste keuze van het aantal windingen van L1 en L2 wordt een bevredigende bromcompensatie verkregen.

89. Schemabeschrijving

In fig. 16 hebben wij het schema van fig. 14 uit les 17 opnieuw getekend. Hierin zijn nu de volgende veranderingen aangebracht:

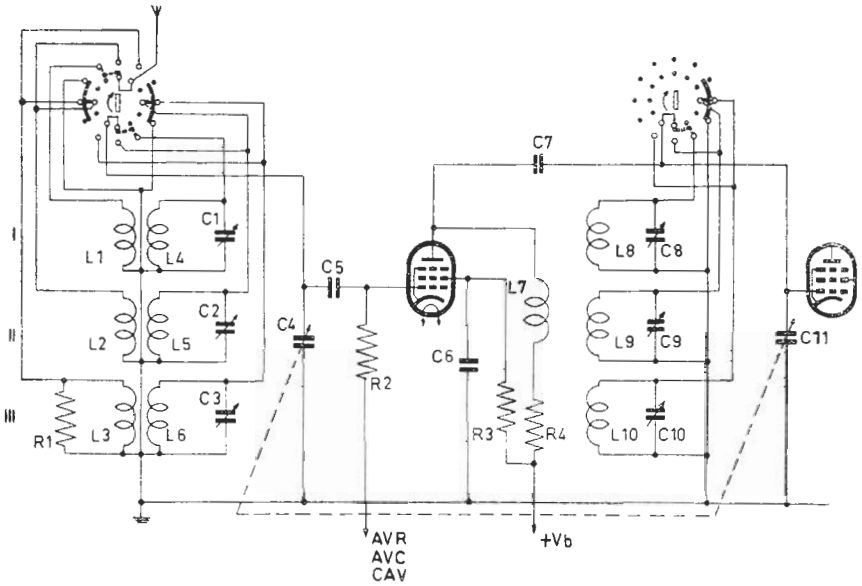
- a) Het schema is voor 2 golfgebieden geschikt gemaakt. De omschakeling geschiedt via 2 segmenten van de golfbereikschakelaar. Met deze schakelaar worden in het middengolfgebied de spoelen L2a en L3a in serie met de condensator C4a kortgesloten. Hetzelfde geschiedt met de spoel L5a. In de open standen van de schakelaar bevinden de spoelen L2 en L2a zich in serie. Hetzelfde is het geval met de spoelen L3 en L3a, en L5 en L5a. In deze positie is het ontvangtoestel geschikt voor langegolf-ontvangst.
 - b) Het ontvangtoestel is voorzien van vertraagde automatische versterkingsregeling. De schakeling is in principe gelijk aan die van fig. 14. De tweede (rechter) diode uit de EBC 41 krijgt de H.F. wisselspanning via de condensator C12 van ca. 20 pF toegevoerd. Voor de vertragingsspanning wordt gebruik gemaakt van de spanning over de kathodeweerstand R6, die ontkoppeld is door de condensator C15. De regelspanning ontstaat over de weerstand R7. Zij wordt toegevoerd via het ontkoppelfilter R14-C23 en de weerstand R1 aan het stuurrooster van de EF 41.
 - c) Ter vermindering van brom is op de primaire van de luidsprekertransformator een zgn. anti-bromwikkeling aangebracht. Het principe komt geheel overeen met dat van fig. 15.
- Overigens is het schema gelijk aan dat van fig. 14 uit les 17.

SAMENVATTING

1. Voor het omschakelen van de verschillende spoelen voor andere golfbereiken maakt men gebruik van een golfbereikschakelaar.
2. Ten gevolge van veranderingen in de afbuiging van de radiogolven door de ionosfeer, kan gedurende de ontvangst het geluid sterker en zwakker worden. Men noemt dit sluiering of fading.
3. In het ontvangtoestel wordt de fading meer of minder gecompenseerd door de automatische versterkingsregeling (A.V.R.). Hierbij wordt van de gelijkspanning over de detectorweerstand gebruik gemaakt, omdat deze spanning evenredig is met de amplitude van de H.F. wisselspanning.
4. De regelspanning wordt toegevoerd aan het stuurrooster van de H.F. versterkbuis. Doordat het rooster meer negatief wordt, neemt de steilheid van de buis af en dientengevolge ook de versterking.
5. In verband met de automatische versterkingsregeling worden in het H.F. versterkgedeelte penthoden gebruikt, waarvan de steilheid continu afneemt met een toenemende negatieve roosterspanning. Deze penthoden worden regelpenthoden genoemd.
6. Om te voorkomen dat de automatische versterkingsregeling ook voor de zwakke zenders werkt, wordt de schakeling dikwijls van een vertraging voorzien. Dit wordt bereikt met behulp van een tweede diode, die een negatieve voorspanning krijgt. Zodra de H.F. wisselspanningsamplitude groter is dan de negatieve voorspanning van de diode, treedt de regeling in werking.
7. Bij schakelingen waarin de anodespanning van de eindbuis betrokken wordt van de buffercondensator, wordt dikwijls door middel van een extra wikkeling op de primaire van de luidspreker transformator bromcompensatie toegepast.

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

1. Teken van onderstaand schema van het H.F. gedeelte met drie golfbereiken de schakeling voor de bereiken II en III apart op.



2. Wat gebeurt er als in het ontvangstoestel met het schema van fig. 16
- de condensator C21 onderbroken is?
 - de condensator C 9 sluiting heeft?
 - de condensator C18 onderbroken is?

90. Het universeel meetapparaat GM 4257

Voor het verrichten van reparaties aan radio toestellen, versterkers e.d. is het in de eerste plaats nodig dat men verschillende grootheden, zoals spanningen, stromen, weerstanden en capaciteiten, kan meten. Voor een vlotte werkwijze is het noodzakelijk gebleken, deze metingen met een enkel meetapparaat te kunnen uitvoeren. Dit geeft n.l. een overzichtelijke opstelling op de werkbank en bespaart de reparateur veel tijd, omdat hij niet telkens voor een ander soort meting b.v. bij het overgaan van een spanningsmeting naar een weerstandsmeting, een ander meetapparaat moet aansluiten. Wij willen, voordat we een dergelijk apparaat bespreken, eerst eens zien welke eisen - meetbereiken en nauwkeurigheden - aan een dergelijk apparaat gesteld moeten worden.

Meetbereiken

In de radio-ontvangers en kleine versterkers komen gelijk- en wisselspanningen tot maximaal 400 V voor, zodat een meetbereik tot 500 V ruim voldoende is. Stroommetingen zullen worden gedaan van enige mA's tot ca. 1 à 1½ A. Voor weerstandsmetingen is het noodzakelijk dat, zowel kleine weerstanden (ca 1 Ohm) als hoge weerstanden (tot ca 10 Megohm), kunnen worden gemeten; voor capaciteiten liggen de waarden in het gebied van 500 pF tot ca 100 uF.

Meetnauwkeurigheid

Voor het gebruik in de service-werkplaats is geen zeer hoge nauwkeurigheid van de metingen noodzakelijk. Men is vanzelfsprekend geneigd zich ten doel te stellen, om spanningen en stromen zo nauwkeurig mogelijk te meten; dit brengt echter met zich dat dan gebruik moet worden gemaakt van dure precisie-instrumenten.

Laten we eens nagaan, hoe groot normaal de toleranties van de onderdelen en spanningen respectievelijk stromen, welke in een radioapparaat voorkomen, kunnen zijn.

Vrijwel de meeste onderdelen, zoals weerstanden en condensatoren, hebben een tolerantie van + of - 10% van de aangegeven waarde. Dit wil dus zeggen, dat wanneer een koolweerstand als 1 Megohm is aangegeven, deze een waarde kan hebben die ligt tussen $1\text{ M}\Omega + 10\% = 1,1\text{ M}\Omega$ en $1\text{ M}\Omega - 10\% = 0,9\text{ M}\Omega$.

Bij het ontwerpen van het toestel is hier rekening mede gehouden, zodat deze variaties in waarde geen invloed op de goede werking van het radiotoestel hebben. Gaan wij nu eens na hoe het met de spanningen (stromen) is gesteld. Wanneer wij eens de moeite nemen om gedurende een gehele dag de netspanning, welke ter beschikking is, te controleren, dan zullen wij zien, dat in vele gevallen deze netspanning niet constant is. Vrij grote afwijkingen van de nominale waarde kunnen voorkomen. Dit wordt veroorzaakt door belastingvariaties op het electrisch net. Bij de constructie van radiotoestellen, versterkers e.d. is hier rekening mede gehouden, zodat de goede werking hiervan niet wordt beïnvloed door netspanningsvariaties van + of - 10%. Om deze redenen heeft het ook geen zin om meetapparaat te gebruiken van een grote nauwkeurigheid (bijv. 1 à 1½%).

Er zijn voor het bovengestelde doel diverse meetapparaten in de

handel, welke allen meer of minder hieraan beantwoorden, doch onderling zeer grote verschillen, wat opbouw en elektrische schakeling betreft, vertonen. Een van deze apparaten willen wij nu eens nader gaan bekijken en wel het door Philips gefabriceerde universeel-meetapparaat type GM 4257.

Wij zullen achtereenvolgens bekijken:

1. De mogelijkheden
2. De mechanische opbouw
3. De elektrische opbouw.

1. De mogelijkheden

Met de GM 4257 kunnen we het volgende doen:

- a. Gelijkspanningsmeting met de volgende meetbereiken: 0-1; 0-2; 0-5; 0-20; 0-50; 0-200 en 0-500 V.
- b. Wisselspanningsmeting met dezelfde meetbereiken als voor gelijkspanning, uitgezonderd het 0-1 V-bereik.
- c. Gelijkstroommeting met de meetbereiken: 0-2; 0-5; 0-20; 0-50; 0-200; 0-500; en 0-2000 mA.
- d. Wisselstroommeting met de meetbereiken 0-50; 0-200; 0-500; en 0-2000 mA.
- e. Weerstandsmeting van $\frac{1}{2}\Omega$ tot $50\text{ m}\Omega$, onderverdeeld in 7 meetbereiken.
- f. Capaciteitsmeting van 500 pF tot 200 μF , onderverdeeld in 5 meetbereiken.
- g. Isolatiebeproeving met 500 V gelijkspanning voor het controleren van de isolatie van diverse onderdelen.
- h. Door een ingebouwde transformator kunnen wij de te onderzoeken radio-apparaten aansluiten op een wisselspanning van 110-245 V waarbij deze wisselspanning niet in direct contact met de netspanning staat. Hierdoor kan bij een U-apparaat (voor gelijkstroom-wisselstroomvoeding) het metalen chassis direct met de aardleiding worden verbonden.

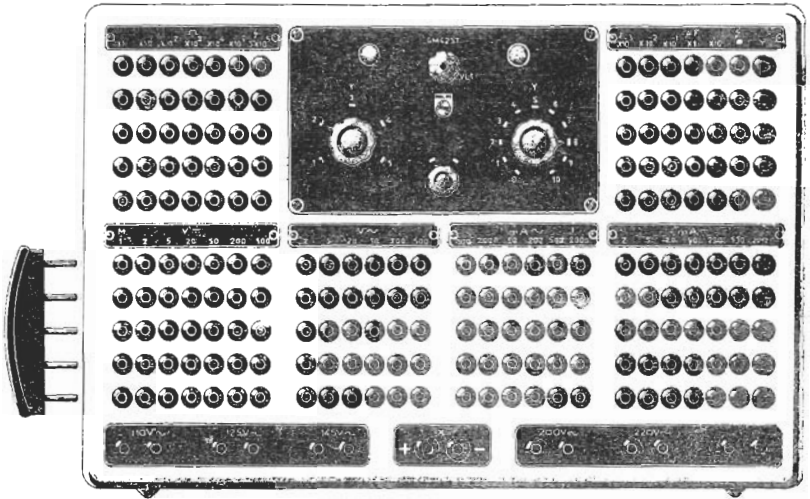
Dit voorkomt levensgevaar voor de reparateur!

Tevens kunnen wij zonder meer de grootte van de primair opgenomen stroom van het radio-apparaat meten.

2. Mechanische opbouw (fig. 1 en 2).

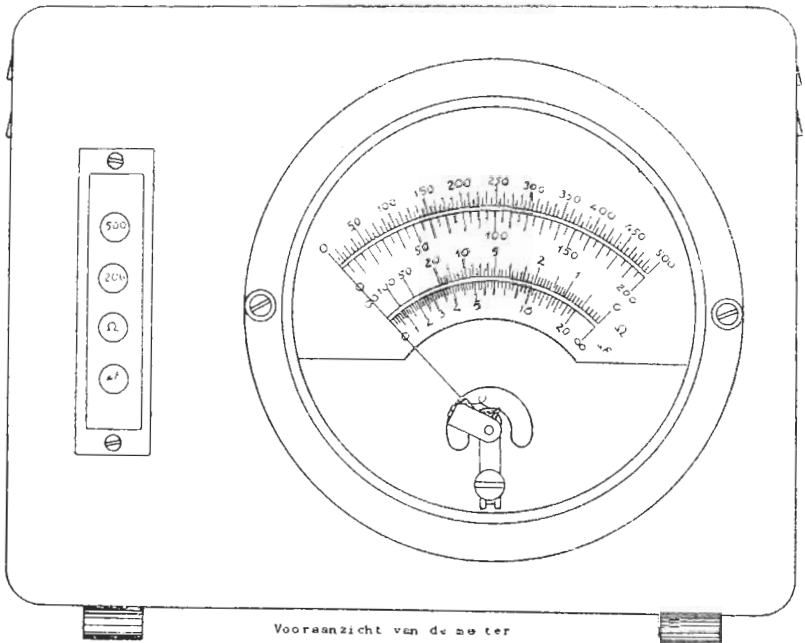
Het is begrijpelijk dat, willen wij de bovengenoemde metingen met een apparaat kunnen uitvoeren, het noodzakelijk is dat verschillende vrij ingewikkelde omschakelingen mogelijk moeten zijn. Voor een intensief gebruik, wat in de radiowerkplaats veelal het geval is, moeten deze omschakelaars robuust geconstrueerd zijn, om geen bedrijfsstoring door slijtage te geven. Tevens moet zeer duidelijke aangegeven zijn, in welke stand de omschakelaar of schakelaars staat om vergissingen bij het werk te voorkomen.

Bij de GM 4257 geschiedt de omschakeling voor de verschillende meetmogelijkheden en meetbereiken met behulp van een 5-polige doorverbindingssteker (P1 in fig. 1). Hierdoor is een zeer robuuste schakelaar verkregen, die ook na jarenlang intensief gebruik goed blijft werken. In fig. 2 zien wij tevens dat de verschillende meetbereiken duidelijk aangegeven zijn bij de plaatsen, waar de stekker P1 kan worden ingestoken. Voor een gemakkelijke



Vooranzicht van het schakelpaneel.
Fig. 1

aflezing van de meterschalen (fig. 2) wordt door indicatielampjes naast de meter aangegeven, welke schaal voor de ingestelde meting moet worden afgelezen. Uit fig. 1 en 2 blijkt dat de meter waarop afgelezen moet worden, niet in het apparaat is ingebouwd. Dit is om de volgende reden gedaan:



Vooranzicht van de meter
Fig. 2

De schakelkast (fig. 1) kan nu zodanig op de werkbank worden geplaatst dat omschakelingen met de steker P1 gemakkelijk kunnen worden uitgevoerd; bovendien kan demeter (fig. 2) boven de werkbank op een zodanige plaats worden gemonteerd, dat hij te allen tijde gemakkelijk afleesbaar is. Voor de elektrische verbinding van de schakelkast naar de meter wordt een meerpolige kabel meegeleverd.

3. *Electrische opbouw*

Wij zullen nu eens bekijken welke schakelingen voor de verschillende metingen gebruikt worden. De hierbij gegeven detail-schakelingen zijn sterk vereenvoudigd; zij dienen om het principe waarop de meting berust, aan te geven.

a. *Gelijkspanningsmeting*

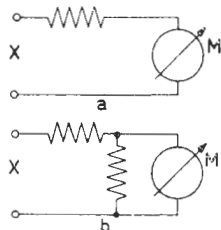
Hierbij is het meetapparaat geschakeld, als aangegeven in fig. 3a en 3b. Door een juiste keuze van de voorschakelweerstand R (fig. 3a) wordt het meetbereik gekozen. De weerstand van het meetinstrument is hierbij zodanig, dat de meter 10.000Ω per volt heeft, uitgezonderd voor het 500 volt-bereik (fig. 3b), waar dit 5.000Ω per volt is.

b. *Wisselspanningsmeting*

In fig. 4a en 4b zijn de principiële schakelingen hiervan aangegeven. Wij zien hieruit, dat gebruik gemaakt is van een stroomtransformator (zie les 11 par. 58, om een lineaire schaal te krijgen. Voor de meetbereiken 50, 200 en 500 V geldt fig. 4b en is de weerstand van de meter 1000Ω per V. Voor de meetbereiken 2, 5 en 20 V wordt gebruik gemaakt van aftakkingen op de transformator T3; de weerstand is hierbij 50Ω per V.

c. *Gelijkstroommeting*

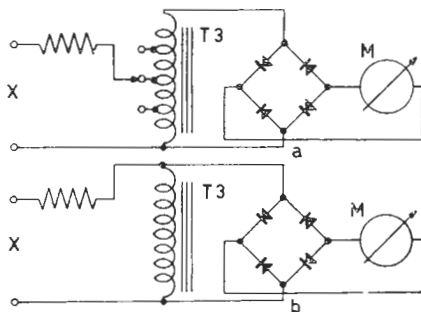
Hiervoor geeft fig. 5 de schakeling. Wij zien dathier zoals in les 5 par. 24 is uiteengezet, gebruik gemaakt wordt van een aftakshunt voor de verschillende meetbereiken.



a. Principeschema voor de gelijkspanningsmeting tot 200 V.

b. Principeschema voor de gelijkspanningsmeting in het 500 V-bereik.

Fig. 3



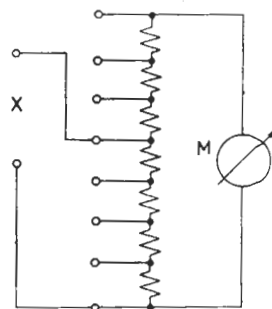
a. Principeschema voor de wisselspanningsmeting voor de meetbereiken 2, 5 en 20 V.

b. Principeschema voor de wisselspanningsmeting voor de meetbereiken 50, 200 en 500 V.

Fig. 4

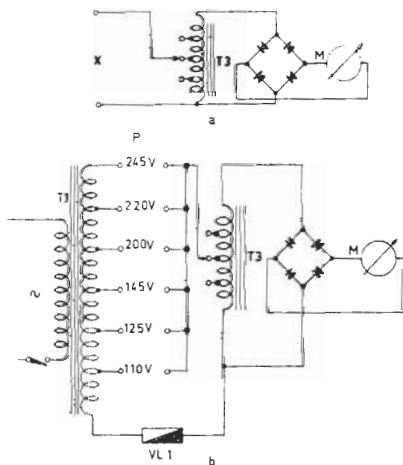
d. Wisselstroommeting

Hierbij wordt wederom gebruik gemaakt van de stroomtransformator T3 (fig. 6a) en worden de verschillende meetbereiken verkregen door aftakkingen op de wikkeling daarvan. Hiervoor is al gezegd dat bij wisselstroommeting 4 meetbereiken beschikbaar zijn. Uit fig. 1 zien wij echter dat er nog 2 bereiken n.l. 500 en 2000 mA zijn. Wordt de omschakelsteker P1 in een van deze 2 standen gezet, dan is de schakeling van het meetapparaat als aangegeven in fig. 6b. Hierbij staat de stroommeter in serie met de wisselspanningsaansluitingen 110 - 245 V van de ingebouwde transformator T1. In deze 2 standen meten wij dus, zonder een onderbreking in een of andere leiding te moeten ma-



Principeschema voor de gelijkstroommeting.

Fig. 5



a. Principeschema voor de wisselstroommeting.

b. Principeschema voor de wisselstroommeting voor de bereiken van 500 en 2000 mA. Op de klemschakelaar P kan het ontvangstoestel worden aangesloten.

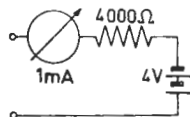
Fig. 6

ken, de stroom welke door de transformator T1 aan het te repareren apparaat wordt geleverd. VL1 is een smeltzekering, om schadelijke gevolgen van kortsluiting te voorkomen.

Opmerking

Bij spannings- en stroommeting is de meetnauwkeurigheid beter dan 5% van de volle schaaluitslag.

Bij wisselspanningsmeting is de onnauwkeurigheid voor verschillende frequenties kleiner dan 10% voor frequenties van 50-6000 Hz (vergeleken ten opzichte van de aanwijzing bij 1000 Hz).

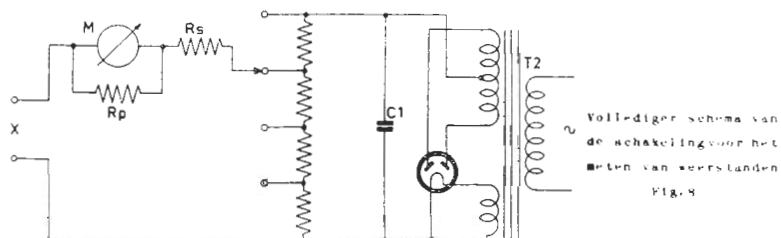


Principeschema voor de weerstandmeting.

Fig. 7

e. Weerstandsmeting

Het principe, waarop de hier toegepaste weerstandsmeting berust, is aangegeven in fig. 7. Wanneer wij hierin de meetklemmen X kortsluiten, zal de meter vol uitslaan. Zijn deze klemmen echter niet doorverbonden, dan blijft de wijzer van de meter op nul staan. Worden de klemmen X verbonden via een weerstand van bijv. 10.000Ω , dan zal de meter een zekere uitslag vertonen. Hoe groot deze uitslag zal zijn, is met behulp van de wet van Ohm gemakkelijk te bepalen. Door nu de batterijspanning en de voorschakel-

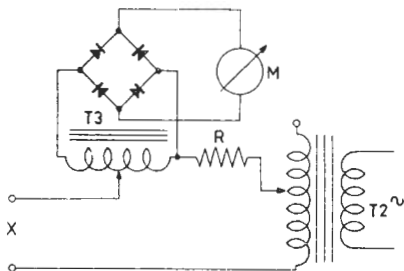


weerstand verschillende waarden te geven, kan men op deze manier een zeer uitgebreid meetgebied bestrijken. Hoe dit in het apparaat GM 4257 gebeurt, is aangegeven in fig. 8. De batterijspanning is hier de spanning over de buffercondensator C1, waaraan een potentiometerschakeling van vaste weerstanden parallel geschakeld is. Hierdoor kunnen wij de gewenste batterijspanning kiezen. Tevens wordt daarbij de waarde van de serie weerstand R_s en de parallel weerstand R_p gewijzigd.

f. Capaciteitsmeting

Wanneer wij in fig. 7 de batterijspanning zouden vervangen door een wisselspanning, dan zien wij het volgende: Bij aansluiting van een condensator aan de meetklemmen X zal de meter een zekere uitslag vertonen. De condensator vormt n.l. een wisselstroomweerstand (zie les 8) welke kleiner is naarmate de condensator groter is. Hierbij kunnen wij uitrekenen, hoe groot de meteruitslag voor een bepaalde capaciteitswaarde zal zijn en zodoende een schaal op de meter aanbrengen die deze capaciteitswaarde aangeeft. De schakeling van de GM 4257 voor capaciteitsmeting is nu aangegeven in fig. 9. Door een juiste keuze van de aftakkingen op de transformatoren T1 en T2 en de voorschakelweerstand R, kunnen de verschillende meetbereiken worden bepaald.

Wij kunnen ons nu afvragen waarom de schakeling van fig. 9 niet toegepast is voor de weerstandsmeting, immers wanneer wij bij deze schakeling een weerstand tussen de klemmen X aansluiten zal de meter ook een bepaalde uitslag geven. Wanneer wij dus deze schakeling zowel voor capaciteits- als voor weerstands-



Principieschema voor het meten van condensatoren.

Fig. 9

meting zouden gebruiken, kon ongetwijfeld het meetapparaat eenvoudiger (dus goedkoper) worden geconstrueerd. Dit zou inderdaad juist zijn, wanneer wij ons beperkten tot het meten van kool- resp. draadweerstand. In de praktijk moeten wij echter ook de weerstanden van de transformatorwindingen kunnen meten. Deze vormen door de aanwezigheid van de ijzerkern een zelfinductie van een niet te verwaarlozen grootte. In les 7 hebben wij gezien dat hierbij een wisselstroomweerstand optreedt, die groter is dan de weerstand van de draadwinding alleen. Met de schakeling van fig. 9 zouden wij hierbij dus grove meetfouten maken. De bovengenoemde bezwaren gelden niet voor de schakeling van fig. 8, daar hierbij de zelfinductie, door het gebruik van gelijkspanning, geen rol speelt.

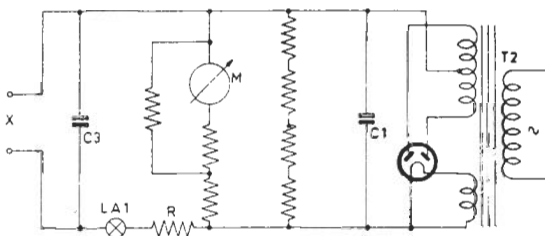
Opmerking

Bij weerstands- en capaciteitsmeting is de gemiddelde meet-nauwkeurigheid ca. 10%.

In fig. 1 zien wij dat bij het hoogste weerstandsbereik en het laagste capaciteitsbereik een bliksempijltje staat aangegeven. Dit is als waarschuwing bedoeld, daar in deze twee standen, bij open aansluitklemmen X, hoge spanningen aan deze klemmen aanwezig zijn. Dit is voor weerstandsmeting 500 V gelijkspanning en voor capaciteitsmeting 300 V wisselspanning.

g. *Isolatiebeproeving*

De schakeling hiervan is aangegeven in fig. 10. Hierbij worden de



Principeschema van de schakeling voor isolatiebeproeving van condensatoren.

Fig. 10

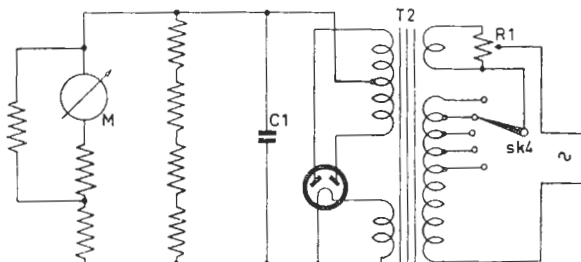
condensatoren C1 en C3 tot 500 V opgeladen. De meter geeft hierbij volle uitslag. Deze schakeling wordt gebruikt om onderdelen, zoals papier-, mica-, en keramische condensatoren op hun isolatie-eigenschappen te beproeven. Bij volledige kortsluiting tussen de klemmen X zal de meter M nog ca 400 schaaldelen aanwijzen en het lampje LA1 gaan oplichten. De weerstand R beperkt de kortsluit-stroom tot ca 40 mA.

Deze schakeling kan met voordeel worden gebruikt voor het reinigen van variabele condensatoren, wanneer zich geleidende stoffeeltjes tussen de condensatorplaten bevinden. Wordt n.l. een dergelijke condensator aangesloten aan de meetklemmen X, dan zal door de plaatselijke kortsluiting van het stofdeeltje, de condensator C3 zich met een grote stroomsterkte ontladen. Door deze ontlaadstroom zal vrijwel steeds het stofdeeltje vernietigd worden en is de variabele condensator weer bruikbaar.

Deze stand is aangegeven met een sterretje, waarbij een bliksempijltje; dit laatste vanwege de 500 V gelijkspanning aan de meetklemmen X.

h. IJking

In het voorgaande hebben wij gezegd dat de spanning van het lichtnet meestal niet constant is. Variatie van deze spanning zal de nauwkeurigheid van de weerstands- en capaciteitsmeting ongunstig beïnvloeden. Om dit te kunnen compenseren wordt de omschakelstecker P1 in de stand Y geplaatst. Fig. 11 geeft de schakeling die daarbij gebruikt wordt. Met de schakelaar SK4 kunnen wij nu de



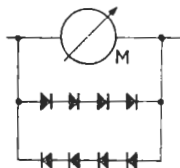
Principeschema voor de schakeling die gebruikt wordt voor de ijking van het apparaat.

Fig. 11

secundaire spanning van T2 in stappen regelen. Met de potentiometer R1 kunnen wij deze spanning nog fijn regelen. De afgegeven spanningen van T2 voor weerstands- en capaciteitsmeting, hebben de juiste waarden, wanneer de meter M tot volle uitslag van de schaal wordt gebracht.

1. Meterbeveiliging

De schakeling van de GM 4257 is zodanig, dat bij spannings- en stroommeting de transformator T1 is ingeschakeld. Als het te repareren radiotoestel op de secundaire winding van T1 wordt aangesloten, wordt hiermee het toestel ingeschakeld. Bij weerstands- respectievelijk capaciteitsmeting is de transformator T1 echter uitgeschakeld en het te repareren apparaat dan automatisch spanningsloos. Hiermede wordt voorkomen, dat het meetinstrument wordt beschadigd als weerstands- of capaciteitsmetingen worden gedaan, terwijl er nog spanning op deze onderdelen aanwezig is. Het is daarom ten eerste aan te bevelen het te onderzoeken radio-apparaat steeds aan te sluiten op de secundaire winding van de transformator T1.

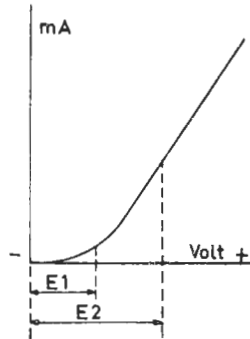


De meter, waaraan ter beveiliging een dubbele serieschakeling van metaalgeleijkrichters parallel geschakeld is.

Fig. 12

Deze voorzorgsmaatregel sluit echter nog niet uit, dat de meter door een foutieve handeling overbelast kan worden en daardoor schade zal oplopen. Daarom is nog parallel aan de meter M een serieschakeling van metaalgeleijkrichters geschakeld (fig. 12). Deze geleijkrichters nemen bij een overbelasting van de meter het grootste deel van de stroom over, zodat de meter in zekere zin beveiligd is tegen overbelasting. De werking hiervan is als volgt: In fig. 13 zien wij de stroom-spannings-karakteristiek van de gebruikte metaalgeleijkrichters. Bij een spanning E_1 geeft de meter volle uitslag; hierbij is de weerstand van de parallelgeschakelde geleijkrichter nog zo groot, dat die geen invloed op de meteruitslag heeft.

Bij een spanning E_2 ($2 \times$ de waarde E_1), is de weerstand van de geleijkrichter zo laag, dat nu het merendeel van de stroom door de geleijkrichter gaat. Om de meter ook te beveiligen bij een foutieve aansluiting, waarbij de polariteit omgekeerd zou zijn, gebruiken wij 2 serieschakelingen van geleijkrichters, welke in oppositie t.o.v. elkaar schakeld zijn (fig. 12). Door deze maatregel kan de meter kortstondig 20voudig worden overbelast zonder daarbij schade op te lopen.



Stroom-spanningskarakteristiek van de in fig. 12 gebruikte metaalgeleijkrichters.

Fig. 13

91. De universele meetbrug *Philoscop*

In aansluiting op het universele meetapparaat GM 4257 willen wij nu een apparaat bespreken voor het meten met grote nauwkeurigheid van weerstanden en condensatoren. Het komt n.l. herhaalde malen voor, dat men de waarde van weerstanden en condensatoren met een grotere nauwkeurigheid moet kunnen bepalen dan met de GM 4257 mogelijk is. Wij denken b.v. aan de voorschakel- en shuntweerstand voor volt- en mA-meters en aan vaste padding-condensatoren in oscillatorschakelingen. (Over padding-condensatoren wordt in de volgende les gesproken).

Hierin voorziet de nieuwe meetbrug GM 4144, genaamd *Philoscop*.

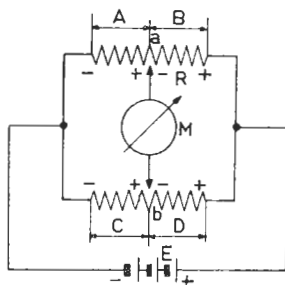
a. *Principe van de brug van Wheatstone*

De *Philoscop* berust op het principe van de brug van Wheatstone. Voor de verklaring gaan wij uit van fig. 14; wij nemen hierbij aan, dat de twee potentiometers R_1 en R_2 een gelijke waarde hebben en mechanisch zo aan elkaar gekoppeld zijn, dat het weerstandsgedeelte A van R_1 steeds gelijk is aan het gedeelte C van R_2 . Hieruit volgt,

dat dan B gelijk is aan D.

Bij verdraaiing van de beide potentiometerassen veranderen weliswaar de uiteinden van de potentiometers, de spanningen A en C, en B en D blijven echter steeds aan elkaar gelijk. Bekijken we de spanningen A en C vanuit de glijpunten a en b, dan ziet men uit fig. 14, dat deze spanningen in oppositie zijn geschakeld. De spanning tussen a en c is dus 0.

Wordt nu een meter M op de punten a en c aangesloten, dan zal deze meter niet uitslaan. Er wordt dan wel gezegd, dat de meter is aangesloten op twee punten, die in spanningsevenwicht zijn.



Principeschema van de brug van Wheatstone.

Fig. 14

Wij hebben in het bovenstaande aangenomen, dat de potentiometers R1 en R2 de zelfde weerstandswaarde hebben. Wij kunnen echter het zelfde bereiken, wanneer R1 en R2 verschillende weerstandswaarden hebben. Ook dit is gemakkelijk in te zien. Het spanningsevenwicht treedt n.l. op zodra de spanningen A en C gelijk zijn. Aangezien beide potentiometers op de zelfde spanningsbron zijn aangesloten, zal een zelfde positie van de glijcontacten een zelfde spanningverdeling van de potentiometer geven, zodat de overeenkomstige deelspanningen A en C resp. B en D steeds aan elkander gelijk zullen zijn.

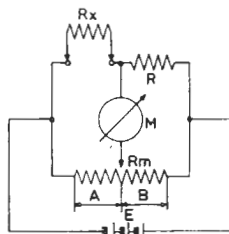
Hieruit volgt, dat spanningsevenwicht optreedt als $\frac{A}{B} = \frac{C}{D}$

Om met deze principiële schakeling onbekende weerstanden te kunnen meten, veranderen wij de schakeling tot die van fig. 15. Hierin is R een bekende weerstand en Rx de onbekende weerstand waarvan wij de waarde willen bepalen. Wanneer nu door draaiing van de meetpotentiometer Rm spanningsevenwicht is gevonden, geldt dus

$$\frac{R_x}{R} = \frac{A}{B} \text{ of } R_x = R \times \frac{A}{B}$$

Wanneer wij nu de potentiometer Rm voorzien van een schaalverdeling die de verhouding $\frac{A}{B}$ aangeeft, kunnen wij direct de waarde van Rx bepalen, als wij de waarde van R kennen.

In fig. 15 is een batterij als spanningsbron getekend, doch wij kunnen zonder bezwaar deze batterijspanning vervangen en in plaats van de meter M bijv. een koptelefoon gebruiken. Wanneer wij dit doen, kunnen wij op dezelfde manier de waarde van een onbekende condensator meten. De schakeling hiervoor is in fig. 16 aangegeven. Om hierbij van dezelfde schaalverdeling van de potentiometer Rm gebruik te maken, moeten wij de plaats van de standaardcondensator C en de onbekende condensator Cx omwisselen ten opzichte van R en Rx van fig. 15. Dit wordt veroorzaakt

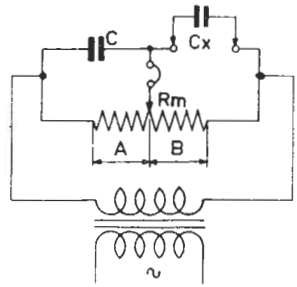


Principeschema van de brug van Wheatstone voor het meten van weerstanden. De te meten weerstand is Rx.

Fig. 15

doordat de wisselstroomweerstand van een condensator kleiner wordt bij toeneming van de capaciteitswaarde (zie les 8, $X_C = \frac{1}{6,28 f C}$).

De schakelingen van fig. 15 en 16 zijn voor praktisch gebruik een beetje onhandig, omdat de schaalverdeling aan de uiteinden sterk gedrongen wordt. Deze schaalverdeling zal n.l. van nul tot oneindig groot gaan. Worden in fig. 16 op de plaatsen met een kruis aangegeven vaste weerstanden opgenomen, dan zal de schaalverdeling een kleiner gebied bestrijken; zij wordt echter veel overzichtelijker en daardoor nauwkeuriger af te lezen.

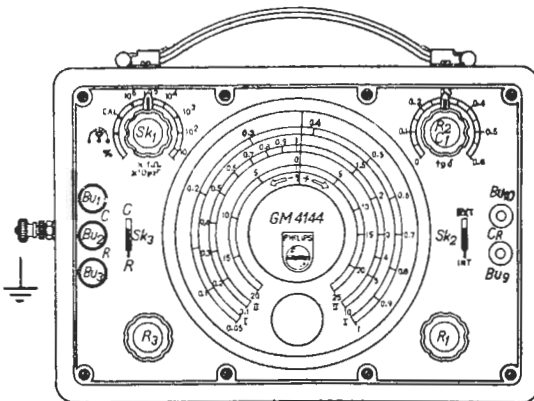


Principeschema van de brug van Wheatstone voor het meten van condensatorrem. De te meten condensator is Cx.

b. De *Philoscop* GM 4144

Wij zullen nu eens zien hoe of de *Philoscop* GM 4144 is uitgevoerd. Fig. 17 geeft het aanzicht van dit apparaat en fig. 18 in vereenvoudigde vorm, de schakeling. Wij zien hieruit dat de meetbrug met een wis-

Fig. 16

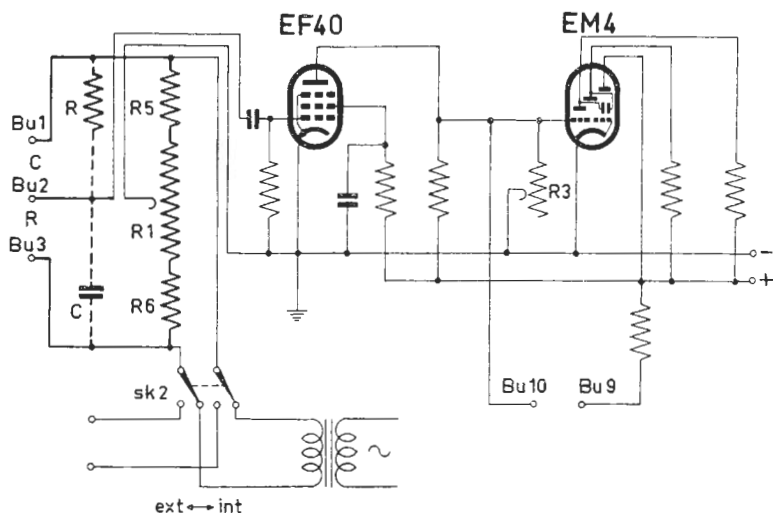


Vooranzicht van de *Philoscop* GM 4144.

Fig. 17

selspanning gevoed wordt, die wij via de schakelaar SK2 kunnen betrekken van de ingebouwde voedingstransformator (SK2 in stand intern) of een uitwendig aan te sluiten wisselspanningsbron (SK2 in stand extern). Voor de service-werkplaats wordt alleen gebruik gemaakt van de ingebouwde voedingsspanning, dus kunnen wij SK2 continu in de stand *intern* laten staan.

Als nul-indicator wordt gebruik gemaakt van een laagfrequent-versterker (EF 40), welke zijn uitgangsspanning afgeeft aan een kathodestraal-indicator EM4. Wanneer er spanningsevenwicht is, dus geen wisselspanning aan het rooster van de EF 40 wordt toegevoerd, is de uitslag van de indicator EM4 minimaal (de werking van de EM4 zal



Vereenvoudigde schakeling van de universele meetbrug "Philoscop" GM 4144.

Fig. 18

later worden verklaard). Met R3 kunnen wij de gevoeligheid van de indicator instellen.

R1 is de meetpotentiometer, waarmede de weerstanden R5 en R6 in serie geschakeld zijn om een meetgebied te verkrijgen met een ruime schaal, dus goede afleesnaauwkeurigheid.

Met de omschakelaar SK1, wordt de waarde van de ingebouwde standaard-weerstanden of condensatoren bepaald. Of er weerstanden of condensatoren worden gebruikt is n.l. afhankelijk van de stand van SK3. Met SK3 in de stand "R" worden standaardweerstanden ingeschakeld, in de stand "C" daarentegen condensatoren. De standaardweerstand R en condensatoren C zijn daarom in fig. 18 gestippeld aangegeven. De te meten weerstand wordt aangesloten aan de meetklemmen Bu2 en Bu3, de onbekende condensator tussen de klemmen Bu1 en Bu2.

Meetbereiken voor weerstanden

Meetgebied	Stand van schakelaar SK 1	Aflezen op schaal	Schaalaflezing vermenigvuldigen met
0,5 - 10 Ω	10	I	10 Ω
5 - 100 Ω	10 ²	I	100 Ω
50 - 1000 Ω	10 ³	I	1000 Ω
500 - 10000 Ω	10 ⁴	I	10 k Ω
5000 - 100000 Ω	10 ⁵	I	100 k Ω
0,1 - 10 M Ω	10 ⁶	II	1 M Ω

Condensatoren

Meetgebied	Stand van schakelaar SK 1	Aflezen op schaal	Schaalaflezing vermenigvuldigen met
10 - - 100 pF	10	I	100 pF
50 - - 1000 pF	10 ²	I	1000 pF
500 - - 10000 pF	10 ³	I	10000 pF
0,005 - 0,1 μF	10 ⁴	I	0,1 μF
0,05 - 1 μF	10 ⁵	I	1 μF
1 - 100 μF	10 ⁶	II	10 μF

Bij de meetbereiken 10-100 pF en 50-1000 pF moet de gevonden waarde worden verminderd met de nulcapaciteit van de GM 4144. Deze nulcapaciteit wordt gevormd door de aansluitklemmen en de bedrading daarvan. Deze kan een waarde van 10-15 pF hebben.

Men kan de nulcapaciteit bepalen door de stand af te lezen waarbij de indicator minimum uitslag heeft in het meetgebied 10-100 pF. Hierbij mag op de klemmen Bu₁, Bu₂ en Bu₃ niets zijn aangesloten. Op deze wijze is het eveneens mogelijk condensatoren te meten, die een capaciteitswaarde bezitten van 1 tot 10 pF.

Voorbeeld:

Gemeten nulcapaciteit 11,0 pF

Gemeten capaciteit 17,8 pF

De waarde van de te meten capaciteit is dan 17,8 - 11,0 = 6,8 pF.

Opmerking

Daar er bij dit apparaat alleen met wisselspanning wordt gewerkt, kunnen wij hiermede *niet* de weerstanden van transformatoren, smoorspoelen e.d. meten, daar de zelfinductie de zaak in de war stuurt. Voor de Service-werkplaats is dit geen bezwaar, daar wij deze weerstanden niet met een grote nauwkeurigheid behoeven te kennen.

Het meten van electrolytische condensatoren en hoge weerstandswaarden.

Een electrolytische condensator heeft steeds een zekere serieweerstand. Daar de ingebouwde standaardcondensatoren praktisch weerstandsvrij zijn, zou deze serieweerstand de meting ongunstig beïnvloeden. Om dit te kunnen compenseren is de weerstand R2 aangebracht, welke in serie met de standaardcondensator, voor het meetgebied 1 - 100 μF, is geschakeld.

Zo kan ook de eigencapaciteit van grote weerstanden een ongunstige invloed uitoefenen en daarom is C1 (op dezelfde as als R2) ingeschakeld bij weerstandsmetingen in het meetgebied 0,1 - 10 MΩ. Het meten van weerstanden van 0,1-10 Megohm moet, om de eigencapaciteit te beperken, met korte verbindingsdraden geschieden.

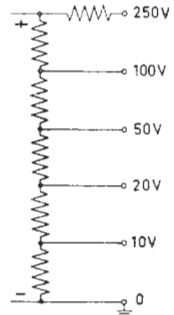
Om de juistheid van de 'Philoscop' te kunnen controleren, heeft SK1 een stand 'calibratie'(CAL). In deze stand worden tussen de klemmen Bu1-Bu2 en Bu2-Bu3 2 nauwkeurig gelijke weerstanden geschakeld. In deze stand moet spanningsevenwicht worden verkregen, wanneer de wijzer op 1 van schaal II staat.

De volgende stand van SK1 is de z.g. 'open brug' stand. Hierbij is inwendig geen condensator of weerstand aan de klemmen verbonden. Door gebruikmaking van uitwendige standaard-weerstanden of -condensatoren kan men nu metingen uitvoeren. In de Service-werkplaats zal deze stand weinig worden gebruikt.

De meest linkse stand van SK1 is de procenten-stand. Hierbij is de schakeling gelijk aan de 'open brug' stand, doch door een andere waarde van R5 en R6 is het meetbereik zeer klein gemaakt (-20% + 25%). In deze stand kunnen weerstanden, capaciteiten en zelfinducties met een zeer grote nauwkeurigheid (beter dan 0,3%) op gelijkheid worden gecontroleerd.

Wanneer wij de waarde van een electrolytische condensator willen meten en deze condensator heeft geruime tijd spanningsloos gelegen (bijv. een nieuwe condensator uit het magazijn), dan is het nodig deze condensator eerst weer te formeren (d.w.z. het oxydehuidje op de aluminium pool vormen.) Voordit doel kunnen gelijkspanningen van 10 - 250 V van de 'Philoscop' worden betrokken (fig. 19). Het is mogelijk om de capaciteit te meten terwijl de electrolytische condensator aangesloten is aan een van deze spanningen.

Met de GM 4144 kunnen wij ook nog de isolatie van papier-, mica- of keramische condensatoren controleren. Hiertoe wordt deze condensator aangesloten tussen de klemmen Ru 9 - Bu 10 (fig. 17 en fig. 18.) Ten gevolge van de isolatieweerstand van de condensator zal hierbij een positieve spanning op het stuurrooster van de EM4 komen en de lichtvlek hiervan dus variëren. Op deze manier zijn isolatieweerstanden van ca. 200 M Ω nog aantoonbaar.



Potentiometerschakeling over de voedingsspanning van de 'Philoscop', zodat verschillende gelijkspanningen voor het formeren van een te meten electrolytische condensator kunnen worden betrokken.

Fig. 19

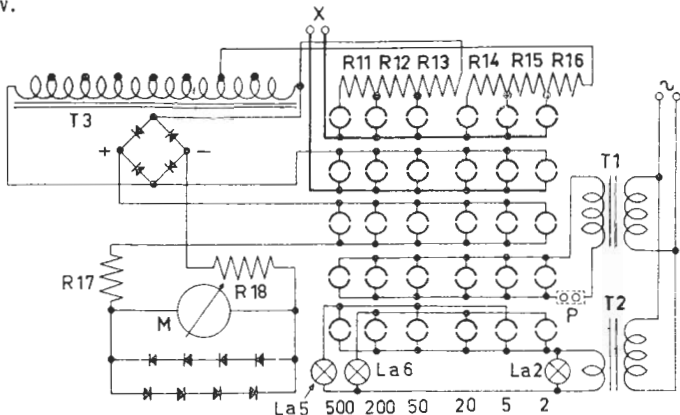
SAMENVATTING

1. De GM 4257 is een universeel meetapparaat voor gebruik in de service werkplaats met de volgende mogelijkheden:
 - a. Meten van gelijk- en wisselspanningen.
 - b. Meten van gelijk- en wisselstromen.
 - c. Meten van weerstanden.
 - d. Meten van capaciteiten.
 - e. Wisselspanning (110 - 245 V; 100 W) beschikbaar voor de voeding van het te repareren ontvangtoestel.
Deze spanning staat niet in directe verbinding met de netleiding.
Bij U-apparaten kan het chassis worden geaard.
 - f. Bij weerstands- en capaciteitsmetingen is deze spanning automatisch uitgeschakeld.
 - g. Directe meting van de primaire stroom (opgenomen vermogen) van het te repareren apparaat.
 - h. Isolatiebeproeving met 500 V gelijkspanning.
 - i. Netspanningsvariaties kunnen worden gecompenseerd, zodat deze geen invloed op de meetnauwkeurigheid hebben.
 - j. De meter is beveiligd tegen overbelasting.

2. De universele meetbrug *Philoscop* type GM 4144, berust op het principe van de brug van Wheatstone. De brugschakeling wordt gevoed met wisselspanning, afkomstig van de voedingstransformator of van een uitwendige spanningsbron. De *Philoscop* biedt de volgende mogelijkheden:
 - a. Meten van weerstanden van 0,5 Ohm tot 10 Megohm.
 - b. Meten van condensatoren van 10 pF - 100 μ F.
 - c. Controle op gelijkheid van weerstanden, condensatoren en zelf-inducties met een nauwkeurigheid van 0,3%.
 - d. Isolatiecontrole van condensatoren.

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

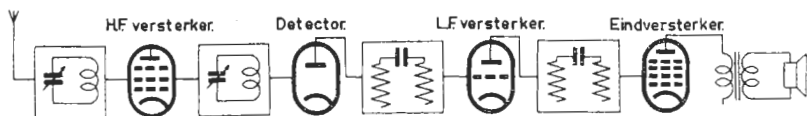
1. Onderstaande figuur geeft de schakeling van het universeel meetapparaat GM 4257 voor wisselspanningsmetingen weer. Hierbij zijn de contactbussen die uit twee delen bestaan, eveneens aangegeven. De 5-polige stekker brengt een verbinding tussen de twee delen van de contactbussen tot stand. Gevraagd wordt de schakeling in haar eenvoudigste vorm te tekenen voor de meetbereiken 200 V en 5 V.



2. Een weerstand R_x moet worden gemeten met behulp van de schakeling van fig. 15. De stand van de looper van de potentiometer is bij spanningsevenwicht zodanig, dat $A = 1/3 B$. Als de weerstand R gelijk is aan 3000 Ohm , hoe groot is dan R_x ?
3. Wat gebeurt er als in het ontvangtoestel met de schakeling van fig. 16 uit les 19
- de condensator $C17$ onderbroken is?
 - de condensator $C22$ onderbroken is?
 - de condensator $C22$ sluiting heeft?

92. Principe van de superheterodyne ontvanger

In de voorgaande lessen hebben wij tot nu toe alleen gesproken over de z.g. cascade-ontvanger. Hierin wordt het ontvangen H.F.-signaal geselecteerd en versterkt, daarna gelijkgericht en tenslotte wordt de modulatiespanning versterkt en aan de luidspreker toegevoerd. Fig. 1 geeft hiervan nogmaals het blokschema weer.



Blokdiagram van een cascade-ontvanger.

Fig. 1

De scheiding (selectie) van de zenders in het H.F.-gedeelte geschiedt met behulp van een of meer afgestemde kringen. In les 10 is o.a. vermeld dat de selectiviteit van deze kringen in sterke mate wordt beïnvloed door de verliesweerstand van deze kringen. Deze verliesweerstand neemt toe met een hogere frequentie. Dit heeft tot gevolg dat de selectiviteit slechter wordt naarmate de frequentie hoger is. Aangezien in de cascade-ontvanger de kringen met behulp van de variabele condensator voor verschillende frequenties in resonantie worden gebracht, wordt de selectiviteit van de kringen dus afhankelijk van de frequentie waarop ze zijn afgestemd. Het wordt hierdoor moeilijk voor zeer hoge frequenties (golflengte kleiner dan 50 m) nog een voldoende selectiviteit te verkrijgen.

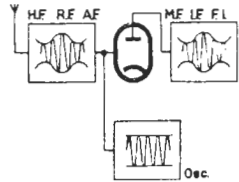
De grotere verliezen van de afstemkringen bij een hogere frequentie hebben tevens tot gevolg dat de impedantie van de kringen kleiner wordt (een kring die in het middengolfgedebied een impedantie van bijv. 100.000Ω heeft, zal in het kortegolfgedebied, bij ca 15 m een impedantie van slechts 15.000Ω hebben). Aangezien de versterking in het H.F.-gedeelte evenredig is met de impedantie van de kring, ontstaat het met zich dat het voor de korte golven ook moeilijk wordt een voldoende versterking te realiseren.

Deze overwegingen hebben geleid tot de toepassing van een geheel ander ontvanger-principe nl. het superheterodyne principe. In een ontvanger volgens dit principe wordt de frequentie van het inkomende H.F.-signaal, onverschillig welke frequentie dit is, getransformeerd tot een vaste frequentie, de z.g. middenfrequentie. Hiertoe maakt men gebruik van een aparte oscillator waarvan men de wisselspanning naar een z.g. mengbuis toevoert, waaraan eveneens de te ontvangen H.F.-wisselspanning wordt toegevoerd (zie fig. 2).

De oscillator wekt daarbij steeds zulk een frequentie op dat het verschil in frequentie met die van het antenne-sigitaal een zelfde frequentie is. Deze verschil-frequentie is eveneens een hoge frequentie. Ter onderscheid met de hoge frequentie van het binnenkomende signaal duidt men deze frequentie met middenfrequentie aan (afgekort A.F.).

Wat geschiedt nu eigenlijk in de mengbuis?

In de mengbuis, ook wel modulatorbuis genoemd, gebeurt in feite hetzelfde als in de modulator van de zender, waar de microfoontrillingen op de draaggolf geënt (of gemoduleerd) worden. In de mengtrap van de superheterodyne ontvanger gebeurt feitelijk hetzelfde. Hierdoor ontstaan in de anodekring van de mengbuis o. a. 2 stroomcomponenten met frequenties gelijk aan de som en het verschil van oscillatorfrequentie en te ontvangen frequentie. Het blijkt nu dat wanneer de ontvangende zender wordt gemoduleerd, deze modulatie ook in de bovengenoemde twee frequenties aanwezig is.



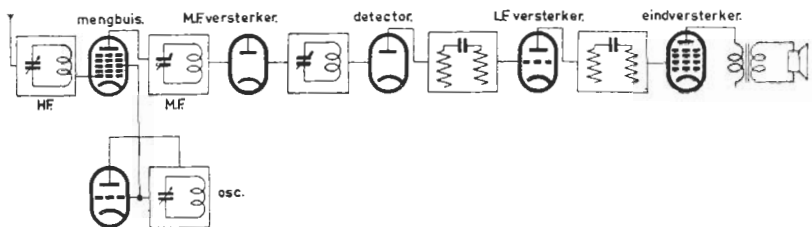
Principe van de mengtrap in een superheterodyne-ontvanger.

Fig. 2

Zoals reeds gezegd heeft de oscillator-wisselspanning een zodanige frequentie dat het verschil met de frequentie van de H.F.-wisselspanning eveneens een hoge frequentie is, nl. de middenfrequentie. Nu krijgt men dit verschil in frequentie niet zonder meer. Hiervoor is nodig dat de mengbuis, waaraan beide wisselspanningen worden toegevoerd, de eigenschappen van een detector heeft. Men noemt daarom de mengbuis wel eerste detector. In het raam van deze cursus zou het te ver voeren hierop in te gaan; het blijkt dat tengevolge van de detectie in de modulatorbuis in de anode-keten wisselstromen ontstaan met frequenties, gelijk aan de frequenties van spanningen die aan de buis worden toegevoerd, doch tevens zoals reeds gezegd met frequenties die gelijk zijn aan de som en het verschil van deze frequenties. Heeft het H.F.-antenne-sigitaal bijv. een frequentie van 1500 kHz en het oscillatorsigitaal een frequentie van 2000 kHz dan zullen de anodestroomcomponenten in de anode-leiding van de modulatorbuis de volgende frequenties hebben: 1500 kHz, 2000 kHz, $2000 + 1500 = 3500$ kHz en $2000 - 1500 = 500$ kHz.

Als nu in de anode-leiding van de modulatorbuis een kring wordt opgenomen die is afgestemd op de verschilfrequentie (middenfrequentie) van 500 kHz, dan zal alleen voor deze frequentie een wisselspanning over de kring ontstaan. (Door de selecterende eigenschap van de kring zullen de stroomcomponenten met de andere frequenties praktisch geen spanning over de kring veroorzaken).

Zoals reeds gezegd, blijkt nu dat deze wisselspanning (M.F.-wisselspanning) eveneens gemoduleerd is met de L.F.-modulatie die op de oorspronkelijke H.F.-wisselspanning aanwezig was. De M.F.-spanning wordt verder versterkt in de M.F.-versterker, gelijkgericht, de L.H. modulatiespanning wordt versterkt en aan de luidspreker toegevoerd. Het blokschema van de superheterodyne ontvanger krijgt dus de vorm van fig. 3. Een vergelijking van dit blokschema met dat van de cascade-ontvanger (fig. 1) toont onmiddellijk het verschil en de overeenkomst. Het verschil schuilt hoofdzakelijk in de mengtrap. Na de mengtrap komt het schema van de superheterodyne-ontvanger in principe geheel overeen met dat van de cascade-ontvanger.

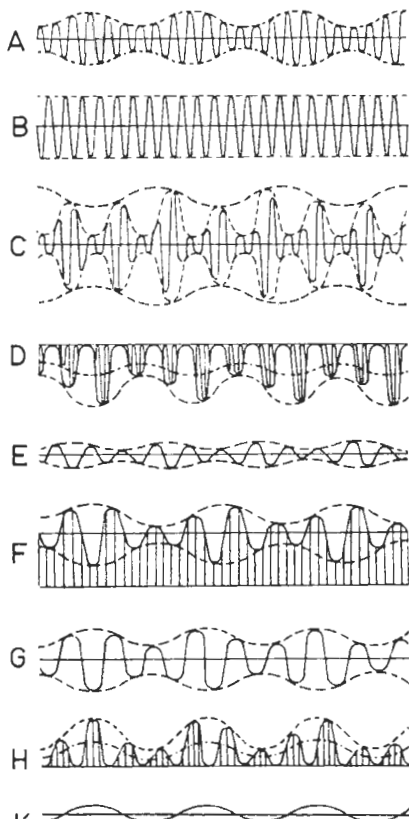


Blok-schema van een superheterodyne-ontvanger.

Fig. 3

Er is echter een groot verschil. De M.F. versterker blijft steeds op dezelfde frequentie afgestemd. Bij deze frequentie is het nog vrij gemakkelijk mogelijk om een goede selectiviteit, gepaard aan een grote gevoeligheid, te verkrijgen. Door omschakeling van het frequentie-bereik van de ontvanger wordt in de M.F. versterker niets veranderd.

Bij de superheterodyne ontvanger is hierdoor op eenvoudiger wijze dan bij de cascade ontvanger een grote-en practisch constante gevoeligheid te bereiken, terwijl bovendien de selectiviteit voor elke afstemming gelijk is.



De verschillende vormen van de signaalspanningen en -stromen in de superheterodyne-ontvanger.

- a. De ontvangen H.F. trilling
- b. De in het ontvangtoestel opgewekte oscillatortrilling.
- c. De resulterende trilling die na het samenvoegen van de trillingen a en b ontstaat.
- d. De anodestroomvariatie na de detectie door de mengbuis
- e. De roosterwisselspanning op de volgende M.F. versterkbuis
- f. De anodestroomvariatie van de M.F. versterkbuis
- g. De M.F. wisselspanning op de detector diode
- h. De wisselstroom in de detectorkring
- k. De resulterende L.F. wisselspanning

Fig. 4

In fig. 4 zijn ter illustratie van de verschillende bewerkingen in de superheterodyne-ontvanger de golfvormen van de verschillende trillingen vanaf de antenne tot aan de luidspreker weergegeven. Hierin zijn resp. voorgesteld:

- a en b De ontvangen H.F.-trilling en de in het ontvangtoestel opgewekte oscillatortrillingen.
- c De resulterende trilling, die na het samenvoegen van de trillingen a en b ontstaan.
- d De anodestroom-variatie na de detectie door de mengbuis.
- e De roosterwisselspanning op de volgende M.F.-versterkbuis.
- f De anodestroom-variatie van de M.F.-versterkbuis.
- g De M.F.-wisselspanning op de detector-diode.
- h De wisselstroom in de detector-keten.
- k De resulterende L.F.-wisselspanning.

93. De mengtrap

In de mengtrap komen de van de antenne afkomstige H.F. trillingen en de apart opgewekte oscillatortrilling binnen. De frequentie van de oscillatortrilling moet steeds zo groot zijn dat het verschil met de frequentie van de te ontvangen H.F.-trilling een vast bedrag is, nl. middenfrequentie.

Nu varieert de frequentie van deze H.F.-trilling, afhankelijk van de golflengte van de gewenste zender. Nemen we als voorbeeld het middengolf-gebied, dan ligt deze frequentie tussen ca. 500 kHz en 1500 kHz. De oscillator-frequentie moet dus eveneens variabel zijn. Gaan wij uit van een middenfrequentie van 500 kHz, dan kan de oscillatorfrequentie liggen tussen

$500 + 500$ en $1500 + 500$; is dus 1000 en 2000 kHz; of $500 - 500$ en $1500 - 500$; wat zou zijn 0 en 1000 kHz.

Een frequentie van 0 Hz is een onmogelijkheid, dus uit dit getalenvoorbeeld blijkt dat bij een middenfrequentie van 500 kHz de oscillatorfrequentie voor deze frequentie-band hoger moet zijn dan de signaalfrequentie.

Uit bovenstaande getallen volgt verder dat voor het middengolf-gebied de frequentie-variatie van de signaalfrequentie 500 : 1500 1 : 3 is; voor de oscillatorfrequentie is deze frequentie-verhouding $1000 : 2000 = 1 : 2$. Een frequentie-variatie van 1 : 3 betekent een capaciteits-variatie van de afstemcondensator van 1 : 9, en een frequentie-variatie van 1 : 2 komt overeen met een capaciteits-variatie van 1 : 4 (zie les 11). Wij hebben deze getallen nog eens samengevat in onderstaande tabel, die wij aangevuld hebben met de getallen voor het korte golfgebied van 15 tot 50 m.

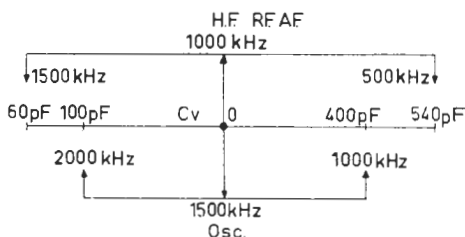
Frequentie-gebied	H. F. -frequentie variatie	Capaciteits-variatie	Oscillator frequentie	Oscillator frequentie variatie	Capaciteits-variatie
500- 1500 kHz	1 : 3	1 : 9	1000- 2000kHz	1 : 2	1 : 4
6000-20000 kHz	1 : 3,3	1 : 10,9	6500-20500kHz	1 : 3,1	1 : 9,6

Wij zien hieruit dat vooral in het middengolfgebied een groot verschil bestaat tussen de capaciteitsvariëaties van de H.F.-kring en de oscillatorkring. Houden wij in het oog dat de moderne ontvanger met behulp van slechts één knop wordt afgestemd, dus dat de verschillende variabele condensatoren op één as zijn gekoppeld, dan zien wij hierin een moeilijkheid schuilen. Uit het versnulin frequentie-variëatie van de H.F.-kring en de oscillatorkring volgt immers onmiddellijk dat het capaciteitsverloop van de H.F.-afstemcondensator anders moet zijn dan die van de oscillator-afstemcondensator.

Men zou deze moeilijkheid kunnen oplossen door de oscillatorafstemcondensator een ander capaciteitsbereik te geven (bijv. kleinere totale capaciteit en andere platenvorm). Uit voorgaande tabel blijkt echter dat dan voor elk frequentie-gebied een andere condensator voor de oscillator-kring nodig zou zijn. Deze oplossing wordt daarom praktisch niet toegepast.

Veelal wordt een meervoudige afstemcondensator gebruikt met gelijke delen voor de signaal- en oscillator afstemming (zie les 8 fig. 14.). Dan zullen echter maatregelen getroffen moeten worden om het gewenste frequentieverloop te verkrijgen.

Wij hebben reeds geconstateerd dat de oscillator frequentie hoger ligt dan de signaalfrequentie. Met dezelfde afstemcondensator zal de spoel van de oscillatorkring dus een kleinere zelfinductie moeten hebben dan die van de H.F.-kring. Meestal wordt de zelfinductie zo gekozen dat de oscillator-frequentie ongeveer in het midden van het frequentie-gebied precies de middenfrequentie hoger ligt dan de hoogfrequentie. Nu zijn we er echter nog niet, want de capaciteitsvariëatie van de condensator is dan nog dezelfde nl. 1 : 9, terwijl deze 1 : 4 moet zijn. Dit is in fig. 5 op een eenvoudige wijze in beeld gebracht. In punt O zijn de H.F.- en oscillatorkringen "in de pas" d.w.z., hierbij is een frequentieverschil precies gelijk aan de middenfrequentie. Links en rechts van dit punt zijn de capaciteitsvariëaties van de condensator van de oscillatorkring groter dan de vereiste variëaties. Naar rechts wordt de capaciteit te groot, naar links juist te klein. Een te grote capaciteit



Vereenvoudigde voorstelling van het vereiste frequentieverloop van de H.F. kring en de oscillatorkring.

Fig. 5

kan worden verkleind door de serie-schakeling van een extra condensator. Gaan we er van uit dat het capaciteitsverloop van de oscillator-afstemcondensator 100 - 400 pF moet worden, dan moet in serie met de condensator van ca 540 pF (samengesteld uit 500 pF van de

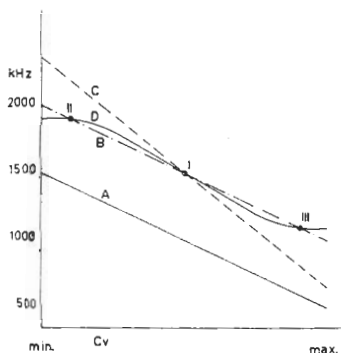
condensator zelf + 40 pF van de bedradingscapaciteit en de parallel-trimmer), een condensator van ca 1400 pF worden opgenomen. Deze serie-condensator beïnvloedt natuurlijk ook de capaciteitswaarde in de andere posities van de afstemcondensator, maar deze invloed wordt des te kleiner naarmate deze condensator op een kleinere waarde ingesteld staat. Bij een waarde van 100 pF blijv. verandert de totale capaciteit tot 93 pF, dus slechts 7%.

Een te kleine capaciteit (links in fig. 5) kan worden vergroot door parallel-schakeling van een extra condensator, in dit geval dus van 40 pF. (Als begin capaciteit was 60 pF aangenomen, zodat de capaciteitsvariatie van de H.F.-kring $60 : 540 = 1 : 9$ is). Ook de parallelcondensator zal de waarde van de totale capaciteit in de andere posities van de variabele condensator beïnvloeden. Deze invloed zal echter kleiner worden naarmate de variabele condensator grotere capaciteit heeft.

Men noemt de parallel- en seriecondensatoren wel de paddingcondensatoren (padding is het Engelse woord voor aanvullen of bijtrekken). Met deze condensatoren wordt de oscillatorkring a.h.w. bijgetrokken ten opzichte van de H.F. kring.

In fig. 6 is het frequentieverloop van de H.F. kring en de oscillatorkring op een andere wijze voorgesteld. Op de horizontale as is de stand van de afstemcondensator uitgezet, op de verticale as de frequentie. De lijn A stelt het frequentieverloop voor, de lijn B het gewenste frequentieverloop van de oscillatorkring. Beide lijnen moeten parallel lopen, omdat dan voor elke stand van de afstemcondensator een constant frequentieverschil bestaat, dat gelijk is aan de middenfrequentie. De lijn C geeft het frequentieverloop van de oscillatorkring weer, als geen serie- en parallelcondensator voor het bijtrekken van de kring is gebruikt. De lijn D geeft tenslotte het frequentieverloop van de oscillatorkring met extra serie- en parallelcondensator. Deze lijn wordt de paddingkromme genoemd. Men ziet hieruit dat nu op drie punten het juiste verschil in frequentie (de middenfrequentie) tussen H.F. kring en oscillatorkring is verkregen nl. de punten I, II en III.

In de andere gedeelten van de paddingkromme is het frequen-



- Lijn A: frequentieverloop van de H.F. kring
 Lijn B: gewenste frequentieverloop van de oscillatorkring
 Lijn C: frequentieverloop van de oscillatorkring als geen serie- en parallelcondensator voor het bijtrekken van de kring is gebruikt.
 Lijn D: frequentieverloop van de oscillatorkring met extra serie- en parallelcondensator (paddingkromme)
 I, II en III: punten waarbij het juiste frequentieverschil aanwezig is.

Fig. 6

tieverschil groter of kleiner dan de middenfrequentie. Men noemt dit de paddingafwijking. Om deze afwijkingen zo klein mogelijk te houden worden de punten II en III niet aan de beide einden van het frequentiebereik gelegd, maar iets daar vandaan.

Wat voor gevolg heeft deze paddingafwijking?

Zoals reeds in het voorgaande is vermeld, zijn in de anodeleiding van de mengbuis een kring (of twee als bandfilter geschakelde kringen) die op de middenfrequentie zijn afgestemd, opgenomen. Hierdoor zal alleen de anodestroomcomponent met de middenfrequentie een spanning over de kring resp. bandfilter opwekken. D.w.z. alleen die H.F. zender zal een spanning over de M.F. kring veroorzaken, waarvan de frequentie (gecombineerd) met de oscillatorfrequentie de middenfrequentie oplevert. Als dus de oscillatorkring bij een bepaalde stand van de afstemcondensator afgestemd is op b.v. 1300 kHz, dan zal alleen de zender die met de oscillatorfrequentie de middenfrequentie oplevert doorkomen. Met de middenfrequentie van b.v. 500 kHz kunnen twee frequenties hiervoor in aanmerking komen:

$$1300 + 500 = 1800 \text{ kHz en } 1300 - 500 = 800 \text{ kHz.}$$

Wij hebben reeds geconstateerd dat de oscillatorfrequentie meestal hoger dan de te ontvangen frequentie gekozen zal worden. De frequentie van 1800 kHz is dus een ongewenste frequentie.

De gewenste zender moet dus een frequentie van 800 kHz hebben. Nu zal de H.F. kring tengevolge van de paddingafwijking ten opzichte van de oscillatorkring enigszins verstemd zijn voor de gewenste zender. Zoals wij in les II hebben gezien betekent een verstemming een verzwakking van de gewenste spanning. Een grote paddingafwijking veroorzaakt dientengevolge een zwakkere ontvangst van de zenders met de betreffende frequenties. Er wordt dus naar gestreefd om de paddingafwijking zo klein mogelijk te houden. Wij zullen hierop nog terugkomen bij de behandeling van het afregelen (trimmen) van een superheterodyne-ontvanger.

Spiegel frequentie

De bovengenoemde ongewenste frequentie van 1800 kHz wordt de spiegel-frequentie genoemd. Ten opzichte van de oscillator frequentie is zij het spiegelbeeld van de ontvangen frequentie.

Het moet uiteraard worden voorkomen dat een zender met de spiegel-frequentie op dezelfde wijze wordt versterkt als de gewenste zender. Hiervoor kan een afstemkring worden gebruikt. Deze kring verzwakt immers elke spanning waarvan de frequentie niet overeenkomt met de resonantiefrequentie van de kring. De verzwakking zal des te groter zijn naarmate de frequentie afwijking ten opzichte van de resonantiefrequentie groter is. Zoals hierboven reeds bleek is de frequentie-stand van de gewenste frequentie en de spiegel-frequentie gelijk aan tweemaal de middenfrequentie. Een hoge middenfrequentie is dus gunstig voor een sterke verzwakking van een H.F. signaal met spiegel-frequentie. Uit deze overweging zijn de tegenwoordige superheterodyne-ontvangers voorzien van M.F. kringen met een middenfrequentie van 450-500 kHz. De vroegere ontvangers hadden veel een zgn. lage middenfrequentie tussen de 110 en 150 kHz.

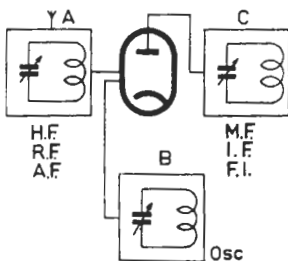
94. Schakelingen van mengbuizen

A. Triode-hexode en triode-heptode

De frequentietransformatie geschiedt in de mengbuis. In deze buis onderscheidt men in principe twee gedeelten: het oscillatorgedeelte en het modulatorgedeelte.

In fig. 7 is het blokschema van de mengtrap voorgesteld. Hierin komt voor:

- Het H.F. gedeelte dat het op de antenne binnenkomende H.F.-signaal via een afstemkring op een stuurrooster van de mengbuis (modulator-gedeelte) brengt.
- Het oscillatorgedeelte, waarin de oscillatorspanning wordt opgewekt, dat meestal naar een apart rooster van de mengbuis wordt gevoerd.
- De M.F. kring in de anodeleiding van de mengbuis, die op de middenfrequentie is afgestemd.

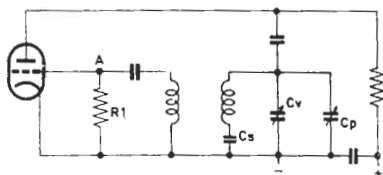


Blokschema van de mengtrap

- H.F. gedeelte
- Oscillator
- M.F. kring.

Fig. 7

De oscillatorschakeling kan het schema hebben van de figuren 4, 5 of 6 uit les 17. Voor ontvangers voor wisselstroomvoeding of voor gelijkstroom/wisselstroomvoeding wordt veel het schema van fig. 6 (les 17) gebruikt. Wij hebben dit schema nogmaals afgebeeld in fig. 8, aangevuld met de serie



Oscillatorschakeling van een mengtrap.

Fig. 8

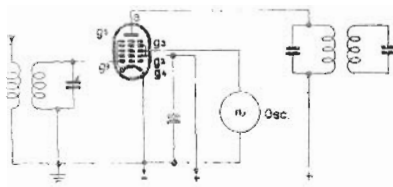
en parallel paddingcondensatoren. Over de weerstand R_1 ontstaat nu een wisselspanning waarvan de frequentie bepaald wordt door de afstemming van de oscillatorkring. Deze spanning wordt nu naar een stuurrooster van de mengbuis gevoerd. Zoals reeds aan het begin van de paragraaf werd medegedeeld wordt aan de mengbuis eveneens het H.F. signaal toegevoerd. Om nu geen beïnvloeding van de H.F. kring en de oscillatorkring te krijgen en om te voorkomen dat het oscillatorsignaal in de H.F. kring doordringt (straling) heeft men speciaal mengbuizen ontwikkeld waarin twee stuurroos-

ters zijn aangebracht (zie fig. 9). Het ene stuurrooster (g_1) wordt verbonden met de H.F. afsteking. Het tweede stuurrooster, d.i. in deze buis het derde rooster (g_3) wordt verbonden met het oscillatorrooster (punt A) uit de schakeling van fig. 6.

Tussen de roosters g_1 en g_3 bevindt zich een schermrooster dat via een condensator met aarde is verbonden. Verder krijgt dit rooster een positieve spanning toegevoerd evenals dit bij een penthode het geval is. Achter het derde rooster komt een tweede schermrooster (g_4) dat inwendig met het eerste schermrooster (g_2) is verbonden. Men noemt een dergelijk electrodensysteem met 4 roosters een hexode. Bevindt zich tussen het schermrooster g_4 en de anode nog een vijfde rooster, een remrooster, dan spreekt men van een heptode. Dit remrooster (g_5) is meestal met de kathode verbonden.

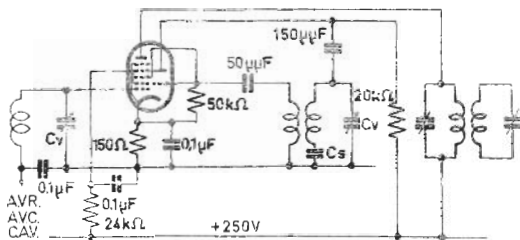
Nu heeft men buizen ontwikkeld waarin zowel het hexode gedeelte als het triode gedeelte (oscillator) in één ballon zijn ondergebracht. Voorbeelden van dergelijke buizen zijn de ECH42 en UCH42.

Fig. 10 geeft het complete schema van een mengtrap met een dergelijke triode-hexode weer. In deze buizen is het tweede stuurrooster g_3 reeds inwendig verbonden met het oscillatorrooster van het triode gedeelte. De electronenstroom van het hexodedeel wordt nu eerst beïnvloed door de H.F. wisselspanning op het eerste stuurrooster. Na het eerste schermrooster gepasseerd te hebben, wordt zij beïnvloed door de oscillator wisselspanning op het tweede stuurrooster g_3 . Op deze wijze vindt elektronisch in de buis een menging plaats, zodat in de anodeleiding van de buis o.a. een anodestroomcomponent ontstaat waarvan de frequentie gelijk is aan het verschil van de oscillatorfrequentie en de hoogfrequentie. Op deze verschilfrequentie (middenfrequentie) zijn de kringen in de anodeleiding afgestemd en ontstaat wisselspanning die voorgesteld is in fig. 4 beeld g. Deze M.F. wisselspanning bevat wederom de L.F. modulatie, die op



Principiële voorstelling van een hexode mengbuis.

Fig. 9



Schema van een mengtrap met een triode-hexode.

Fig. 10

de draaggolf aanwezig is. Na in de M.F. versterkpenthode (die op dezelfde wijze werkt als de H.F. versterkpenthode) versterkt te zijn, wordt deze gemoduleerde M.F. wisselspanning gelijk gericht zodat de L.F. wisselspanning overblijft.

B. Heptode mengbuis

Naast de triode-hexode resp. heptode worden, vooral in ontvanger-toestellen met batterijvoeding, enkelvoudige heptoden toegepast. Hierbij is de volgorde van de beïnvloeding van de kathodestroom anders dan in de triode-hexode. Fig. 11 geeft het prinsipeschema

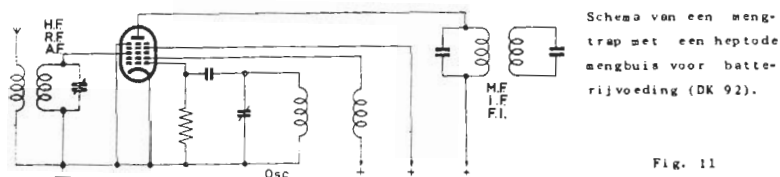
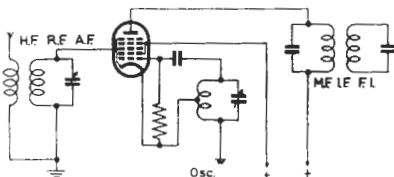


Fig. 11

van een mengtrap waarin een heptode mengbuis is gebruikt. Hierin is het eerste rooster het stuurrooster van het oscillatorgedeelte. Het tweede rooster functioneert als anode van de oscillator. De kathode, rooster 1 en rooster 2 kan men als een triode beschouwen die weer op dezelfde wijze als in les 17 is beschreven geschakeld worden.

Het derde rooster is het stuurrooster waarop het van de antenne komende H.F. signaal gebracht wordt. Daarna volgt het schermrooster en een remrooster. De roosters 3, 4 en 5 en de anode kan men als een penthode beschouwen. De kathodestroom wordt nu dus eerst door de oscillatorwisselspanning beïnvloed en daarna door de H.F. wisselspanning. In de buis heeft weer elektronisch een menging plaats, zodat in de anodeleiding o.a. een anodestroomcomponent met de middenfrequentie ontstaat. Daarna krijgt men weer dezelfde bewerkingen als hierboven beschreven.

De Amerikaanse fabrieken gebruiken als mengbuis meestal een heptode die dan pentagrid genoemd wordt. De schakeling waarin deze buis doorgaans gebruikt wordt is in fig. 12 afgebeeld. Hierin is de spoel van de oscillatorkring zodanig geschakeld dat een gedeelte in de kathodeleiding is opgenomen. Door dit spoelgedeelte vloeit nu de totale elektronenstroom van de buis. Hierdoor



Schema van een mengtrap met de Amerikaanse pentagrid als mengbuis.

FIG. 12

ontstaat een oscilleren zodat over de lekweerstand tussen het eerste rooster en kathode een H.F. spanning met de oscillatorfrequentie komt te staan. Deze wisselspanning beïnvloedt het eerste de kathodestroom. Deze stroom passeert daarna een schermrooster en wordt vervolgens door het derde rooster, dat verbonden is met de H.F. kring, gestuurd. Vervolgens gaat de kathodestroom door het vierde rooster dat inwendig verbonden is met het tweede rooster (schermrooster) en het vijfde rooster dat als remrooster dienst doet. Tenslotte komen de electronen op de anode terecht. In principe komt deze schakeling veel overeen met die van fig. 11.

95. Gegevens van mengbuizen

In les 14 hebben wij de belangrijkste gegevens, zoals steilheid, versterkingsfactor en inwendige weerstand van een electrodenbuis behandeld. Deze gegevens gelden ook voor mengbuizen, zij het met een kleine verandering.

a. Mengsteilheid

In les 14 werd de steilheid van een triode gedefinieerd door het quotient van een anodestroomvariatie en de overeenkomstige roosterspanningsvariatie bij een constante anodespanning. Deze variaties golden voor eenzelfde frequentie. Bij de mengbuis interesseert het ons echter hoe groot de anodestroomvariatie met de middenfrequentie is bij een bepaalde roosterspanningsvariatie met de hoogfrequentie. Dit verband wordt uitgedrukt door de mengsteilheid of conversiesteilheid. In formule uitgedrukt wordt dit dus:

$$\text{Conversiesteilheid } S_c = \frac{\Delta I_a \text{ (M.F.)}}{\Delta V_g \text{ (H.F.)}}$$

Men drukt deze conversiesteilheid in dezelfde grootte uit als de gewone steilheid, dus in mA/V. Ter illustratie zij vermeld dat de conversiesteilheid van de ECH 42 ca. 0.75 mA/V is.

b. Conversieversterking

In les 14 par. 67 is de versterking van een triode behandeld. Deze versterking was gelijk aan

$$G = \frac{V_o}{V_g}$$

Hierin is V_o de uitgangswisselspanning en V_g de ingangswisselspanning. Deze definitie geldt ook voor de conversieversterking van de mengbuis, met dien verstande dat de uitgangswisselspanning de middenfrequentie heeft en de ingangswisselspanning de hoogfrequentie.

SAMENVATTING

1. In de superheterodyne-ontvanger wordt in de mengbuis het van de antenne komende H.F. signaal gemengd met een oscillator signaal. Tengevolge van deze menging ontstaat in de anodeleiding o.a. een anodestroomcomponent waarvan de frequentie gelijk is aan het verschil van de oscillatorfrequentie en de hoogfrequentie. Men noemt deze verschilfrequentie de middenfrequentie (afgekort M.F.).
2. De L.F. modulatie die op het H.F. signaal aanwezig is wordt teruggevonden op de M.F. wisselspanning.
3. De oscillatorkring wordt steeds zodanig afgestemd dat zijn frequentie gelijk is aan de signaal-frequentie + middenfrequentie.
4. Bij een superheterodyne-ontvanger zijn selectiviteit en gevoeligheid vrijwel onafhankelijk van het frequentiebereik.
5. Bij gebruik van dezelfde afstemcondensatoren voor de H.F. en oscillatorkringen worden parallel aan en in serie met de afstemcondensator van de oscillatorkring condensatoren geschakeld, zodat het frequentieverloop van de oscillator een constant bedrag (middenfrequentie) verschilt met het frequentieverloop van de H.F. kring.
6. De paddingafwijking is de afwijking van het ideale verschil (de middenfrequentie) tussen de oscillator- en H.F. afstemming.
7. De spiegelfrequentie is de frequentie die even ver aan de ene zijde van de oscillatorfrequentie ligt als de zenderfrequentie aan de andere zijde. Zij is gelijk aan de zenderfrequentie + tweemaal de middenfrequentie.
8. Als mengbuizen gebruikt men hoofdzakelijk de triode-hexode resp. heptode en de aparte heptode (pentagrid).
9. De mengsteilheid van een mengbuis is gelijk aan:

$$S_c = \frac{\Delta I_a \text{ (M.F.)}}{\Delta V_g \text{ (H.F.)}} \text{ mA/V}$$

10. De conversieversterking van een mengbuis is gelijk aan:

$$G_c = \frac{V_o \text{ (M.F.)}}{V_g \text{ (H.F.)}}$$

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

1. Een superheterodyne ontvanger wordt achtereenvolgens afgestemd op de volgende frequenties:
500 kHz, 1500 kHz, 6 MHz en 20 MHz.
Gevraagd wordt de spiegel frequenties:
 - a. Voor een M.F. = 110 kHz.
 - b. Voor een M.F. = 465 kHz.
 - c. Voor een M.F. = 1500 kHz.

2. Bij speciale korte-golf ontvangers, in gebruik bij commerciële berichtendiensten, wordt wel een M.F. van 1500 kHz toegepast.
Kunt U een reden opgeven waarom deze hoge frequentie wordt gebruikt?

3. We willen controleren of de oscillator van een ontvanger al of niet oscilleert. De schakeling hiervan is als aangegeven in fig. 8.
Hoe kunnen we deze controle op een eenvoudige manier uitvoeren?

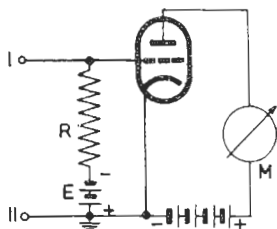
96. De buisvoltmeter

Met de in lessen 18 en 20 beschreven meetapparaten t.w. de Service oscillator en het Universeel meetapparaat, kunnen practisch alle fouten in radio-toestellen en L.F.-versterkers worden opgespoord. Voor een kleine werkplaats kunnen wij dus zeggen, dat deze apparaten voldoende zijn om het werk te doen. Toch blijkt het in de practijk nuttig te zijn om over een meetapparaat te beschikken dat speciaal voor het meten van spanningen een veel hogere ingangsweerstand heeft dan het beschreven universeel meetapparaat. Voor bepaalde metingen, uit te voeren met het universeel meetapparaat, is het nl. nodig om langs een omweg het gewenste resultaat te krijgen. Als voorbeeld nemen wij de anode spanning van een weerstand-gekoppelde laagfrequent versterker. Hierbij is veelal een hoge weerstand in de anodeleiding opgenomen en zal bij het meten van de anodespanning een veel te lage waarde worden gevonden, omdat het meetinstrument, in verhouding tot de anodestroom welke door deze weerstand loopt, een niet te verwaarlozen stroomsterkte nodig heeft voor de aanwijzing. Wanneer wij de beschikking zouden hebben over een apparaat waarbij een ingangsweerstand bijv. ca. 10 M Ω zou zijn, dan vervalt bovengenoemd bezwaar vrijwel volledig. Deze eis van zeer hoge ingangsweerstand kunnen we verwezenlijken door een kunstgreep toe te passen en wel deze, door voor het draaispoelinstrument een radiobuis te schakelen, waarbij deze meter wordt opgenomen in de anodeleiding van de buis. Wanneer de te meten spanning nu aan het rooster van deze buis wordt toegevoerd zal dit een anodestroom verandering veroorzaken, welke door de meter wordt aangegeven. Zorgen wij er nu voor dat het rooster steeds negatief t.o.v. de kathode blijft, dan vormt dit rooster geen belasting voor de te meten spanning, daar er immers geen roosterstroom kan vloeien. In principe is het dus op deze manier mogelijk een meetapparaat te verkrijgen met oneindig hoge ingangsweerstand. Uit praktische overwegingen wordt echter tussen het rooster en de kathode toch een weerstand van hoge waarde aangebracht om ervan verzekerd te zijn dat de roosterkring steeds galvanisch gesloten blijft.

Een dergelijk meetapparaat waarbij wij gebruik maken van een radiobuis om spanningen te kunnen meten wordt buisvoltmeter genoemd.

97. De Moullin voltmeter

In fig. 1 is het principe aangegeven van de buisvoltmeter van Moullin (Moullin was de eerste die gebruik maakte van dit principe). Hierbij werd door de hulpspanning E de radiobuis in het afknijppunt van de Ia-Vg karakteristiek ingesteld (zie fig. 2). Hierdoor zal dus wanneer aan de meetklemmen I en II geen spanning wordt aangesloten de meter M geen uitslag vertonen. Wordt nu aan de meetklemmen I en II een gelijkspanning aangelegd, waarbij de positieve kant aan I is verbonden dan



Schakeling van de Moullin Voltmeter
Door de rooster spanning E is de buis in het afknijppunt van de Ia-Vg karakteristiek ingesteld.

Fig. 1

zal de meter M een zekere uitslag vertonen en is deze uitslag een maat voor de aangelegde gelijkspanning.

Met deze schakeling kan ook wisselspanning worden gemeten. Uit fig. 2 zien wij dat een aan het rooster aangelegde wisselspanning in de anode keten een gelijkgerichte stroom veroorzaakt, en zal dus de meter M hiervan de gemiddelde waarde ($I_a =$ in fig. 2) aangeven. ^{x)}

In deze schakeling bepaalt de weerstand R de belasting die de buisvoltmeter op de te meten spanning veroorzaakt. Om buistechnische redenen wordt hiervoor een waarde van ca. 10 M Ω gekozen (een hogere waarde zou de instelling van de buis instabiel kunnen maken).

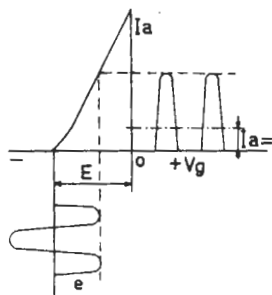
In deze vorm is de buisvoltmeter nog ongeschikt voor gebruik in de Service werkplaats en wel om de volgende redenen:

1. Het meetbereik is beperkt. Wij hebben hierboven reeds gezegd dat tijdens de meting geen roosterstroom mag optreden zodat wij gelijkspanning tot een maximum waarde van E kunnen meten, terwijl bij wisselspanningen de maximale effectieve waarde $\frac{E}{\sqrt{2}}$ is.
2. Wij kunnen alleen maar gelijkspanningen meten welke positief t.o.v. aarde (chassis van het te repareren radio-apparaat) zijn.

Wij zullen nu eens zien hoe of wij deze bezwaren kunnen vermijden.

Meetbereik

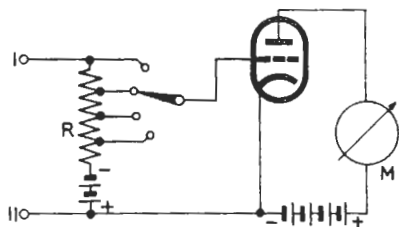
Door, zoals in fig. 3 is aangegeven, op de weerstand R verschillende aftakkingen aan te brengen kunnen we het meetbereik vergroten. Was dit bijv. 0-3 V dan kunnen wij een meetbereik van 0-30 V bereiken wanneer we het rooster op 1/10 deel van R aftakken. Voorgelijkspanningsmetingen kunnen we op deze manier het meetbereik vergroten tot bijv. 0-500 V zonder dat dit bezwaren oplevert. Voor wisselspanningen echter zullen wij moeilijkheden ondervinden. Wanneer we bijv. het meetbereik een factor 10 hebben vergroot, dankrijgen we de situatie zoals aangegeven in fig. 4.



Anode detectie.

De roosterwisselspanning e veroorzaakt een anodegelijkstroom $I_a =$

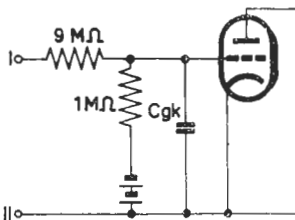
Fig. 2



Vergroting van het meetbereik door aftakkingen op de weerstand R.

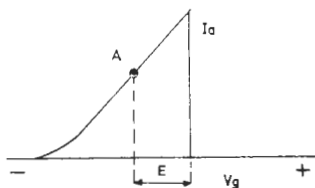
Fig. 3

Hierbij is de condensator Cgk de capaciteit, welke tussen het stuurrooster en de kathode aanwezig is. Wij nemen eens aan dat deze 10 pF is en dat wij een wisselspanning willen meten met een frequentie van 500 kHz (bijv. de middenfrequent wisselspanning aan de detector diode). Voor deze frequentie vertegenwoordigt Cgk een weerstand van ca. 32.000Ω. Hieruit blijkt dus duidelijk dat we nu een spanningsdeling krijgen welke niet meer bepaald wordt door de aftakking op de weerstand R. Tevens is de afwijking hiervan afhankelijk van de frequentie van de te meten spanning, zodat op deze manier voor het meten van wisselspanningen het meetbereik niet kan worden vergroot. Hoe of dit wel kan gebeuren zullen wij verder zien, maar we willen eerst eens nagaan hoe of wij bij het meten van gelijkspanningen, zowel positieve als negatieve spanningen kunnen meten. Hiertoe wordt de buis niet in zijn afknijppunt ingesteld doch in het midden van het rechte deel van de Ia-Vg karakteristiek (punt A in fig. 5). Als we nu het meetbereik van de meter M in de anodeleiding zodanig kiezen dat de anode-stroom de



Cg-k verstoort de spanningsdeling voor wisselspanningen met hoge frequentie.

Fig. 4



De buis ingesteld in punt A; het midden van het rechte deel van de karakteristiek.

Fig. 5

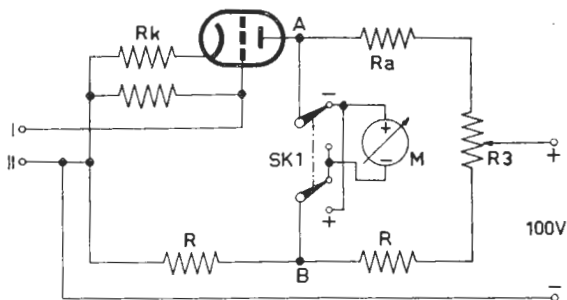


De schaalverdeling, verkregen met de instelling van fig. 5

Fig. 5a

- x) In sommige radio-toestellen komen wij de schakeling van fig. 1 tegen als detector. Wij hebben hier, evenals bij de diode (les 11 en 13) eigenlijk gelijkrichting van het toegevoerde wisselspanningssignaal. In plaats van de meter M is dan een weerstand in de anode keten opgenomen, waarover het laagfrequente signaal (de modulatie van de draaggolf) te voorschijn komt. Wanneer deze schakeling als detector wordt gebruikt spreekt men van anode detectie.

wijzer net op de helft van de schaal brengt, krijgen we een schaalverdeling zoals in fig. 5a is aangegeven. Hierbij is dan het 0-punt in het midden van de schaal; naar rechts krijgen we een schaalverdeling voor positieve spanningen en naar links een voor negatieve spanningen aan de meetklem I. Hierbij is nu de bruikbare schaal-lengte van de meter tot de helft gereduceerd. Voor een ruime schaalverdeling willen we echter graag de gehele schaal-lengte gebruiken en om dit te bereiken passen we een kunstgreep toe. Wij gaan nl. de anode ruststroom door de meter compenseren (zie fig. 6). We zien

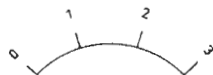


Schakeling waarbij de anode-ruststroom wordt gecompenseerd.

Instelling van de buis als in fig. 5. Met behulp van de omschakelaar SK1 kunnen zowel positieve- als negatieve spanningen worden gemeten.

Fig. 6

dat deze figuur zeer veel overeenkomt met fig. 14 uit les 20. Door een juiste keuze van de weerstanden R en R_a kunnen wij bereiken dat tussen de punten A en B geen spanningsverschil aanwezig is wanneer aan de meetklemmen I en II geen spanning wordt toegevoerd. De meter M zal dus op 0 (linker zijde van de schaal) staan (zie fig. 6a). Om kleine variaties in de buiseigenschappen te kunnen compenseren is de potentiometer R_3 aangebracht, waarmee steeds spanningsevenwicht tussen de punten A en B kan worden ingesteld. Daar wij hiermede de meter op 0-uitslag brengen noemen wij deze regeling nulcorrectie. Om nu zowel positieve als negatieve spanningen t.o.v. chassis te kunnen meten is de omschakelaar SK1 aangebracht, waarmee wij de verbindingen naar de meter M kunnen omwisselen. Wordt aan de klemmen I en II een gelijkspanning aangesloten dan zal de anodestroom door de buis variëren en zal dus ook de spanning over R_a een verandering ondergaan. Het spanningsevenwicht tussen de punten A en B is niet meer aanwezig en de meter M zal een zekere uitslag vertonen.

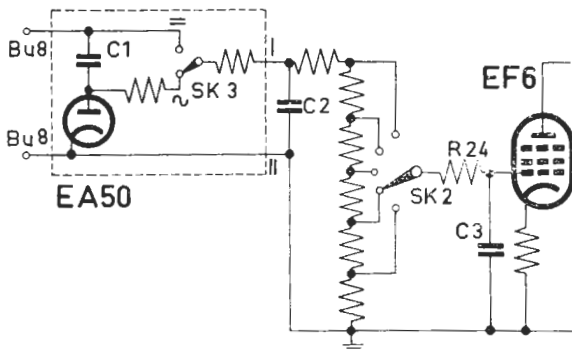


De schaalverdeling verkregen met de schakeling van fig. 6

Fig. 6a

Om nu met deze schakeling ook wisselspanningen te kunnen meten gaan wij deze eerste gelijkrichten en de gelijkspanning die hierdoor ontstaat aan de meetklemmen I en II toevoeren. De schakeling wordt

dan zoals in fig. 7 is aangegeven. Hierbij zijn de klemmen Bu8 en Bu9 de punten waar de te meten spanning wordt aangesloten. Bij het meten van wisselspanningen worden deze door de diode EA50 gelijkge-



Schakeling van de buisvoltmeter GM 7635.

SK2. Omschakelaar voor de verschillende meetbereiken.

SK3. Omschakelaar voor gelijk- en wisselspanningsmeting.

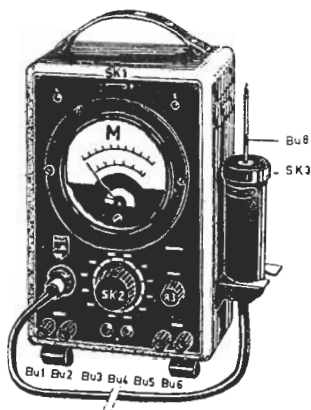
Fig. 7

richt (de condensator C1 is aangebracht om eventuele gelijkspanningen te blokkeren). Door deze gelijkrichting wordt de condensator C2 opgeladen tot praktisch de amplitude van de te meten wisselspanning. De aansluitpunten van deze condensator komen nu verder overeen met de aansluitklemmen I en II uit de vorige figuren. Parallel over C2 is een weerstand met aftakkingen aangebracht zodat wij met de omschakelaar SK2 het gewenste meetbereik in kunnen stellen. De weerstand R24 en de condensator C3 zijn aangebracht om de rimpelspanning die nog in de gelijkgerichte spanning aanwezig is, volledig af te vlakken. Met de omschakelaar SK3 kunnen wij de diode uitschakelen en zodoende gelijkspanningen aan Bu8 meten.

Door het aansluitpunt Bu8 als een korte meetstift uit te voeren en de diode EA50 zo dicht mogelijk hierbij te monteren wordt een zeer lage ingangscapaciteit verkregen, zodat wij op deze manier hoge frequenties (tot 100 MHz) kunnen meten.

98. GM 7635

Door Philips wordt een buisvoltmeter, geconstrueerd volgens het principe van fig. 7, in de handel



Vooraanzicht van de GM 7635.

Fig. 8

gebracht onder het type nummer GM 7635 (zie fig. 8). Hierbij bevinden zich de condensator C1, diode EA50 en omschakelaar SK3 in een meetkop, welke met een 3-polig afgeschermd snoer met het meetapparaat is verbonden. Met de meetpen Bu8 worden nu de punten waarvan men de spanning wil meten afgetast. Door de kleine afmetingen van dit apparaat, zal dit veel worden gebruikt om bij de gebruiker van een radio-apparaat aan huis metingen te kunnen doen. Om nu niet onnodig veel meetapparatuur mede te moeten nemen, is bij deze buisvoltmeter de mogelijkheid aangebracht om ook weerstanden en gelijkstromen te kunnen meten.

Technische gegevens van de GM 7635

Meetgebieden

Wisselspanning: 0-3-10-30-100-300 V (frequentie 50Hz - 100 MHz).

Gelijkspanning: 0-3-10-30-100-300 V; terwijl nog een meetbereik van 1000 V (aansluitklemmen Bu1 en Bu2) beschikbaar is. Met een separate meetkop type GM 4579 kunnen bovendien metingen worden gedaan tot maximaal 30 kV).

Gelijkstroom: 0-3-30-300 mA; hierbij de aansluitklemmen Bu5 en Bu6 te gebruiken.

Weerstanden: 0-1000 Ω ; 0-10.000 Ω ; 0-0.1 M Ω , 0-10 M Ω . Hierbij worden de meetsnoeren aan de klemmen Bu3 en Bu4 verbonden.

Voor het uitvoeren van de gelijkspanningsmeting 0-1000 V en de gelijkstroom- en weerstandsmetingen worden meetsnoeren met geïsoleerde meetpenen medegeleverd.

Deze verschillende meetgebieden kunnen worden ingesteld met de omschakelaar SK2.

Ingangsimpedantie van de meetkop

Voor gelijkspanning : ca 9 M Ω

Voor wisselspanning : ca 2,5 M Ω bij 1000 Hz,
ca 0,7 M Ω bij 1 MHz
ca 130 k Ω bij 10 MHz
ca 20 k Ω bij 40 MHz

Ingangscapaciteit van de meetkop

Stand „~“ : ca 11 pF

Meetfout

Voor wisselspanning: < 3,5 % voor het frequentiegebied 50 Hz-50 MHz.

Voor gelijkspanningen (behalve het

0-1000 V gebied < 3,5 %

Voor gelijkspanningen (1000 V gebied) < 5 %

Voor gelijkstromen : < 3,5 %

Voor weerstanden : ca 5%

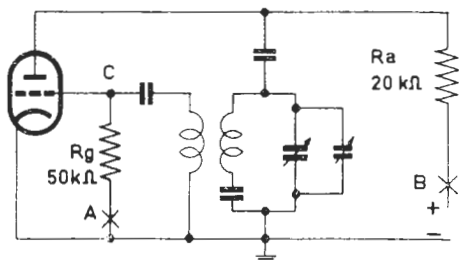
Meetbeveiliging

Bij spanningsmetingen en weerstandsmetingen worden de maximaal optredende stroomveranderingen door de meter *M*, beperkt door de buis EF6 (fig. 7). Hierdoor is de meter beveiligd tegen overbelasting. Bij het meten van gelijkstroom is geen meterbeveiliging aanwezig; het verdient dus aanbeveling hierbij steeds de meting te beginnen met de omschakelaar SK2 op het hoogste meetbereik 0-300 mA.

99. Practisch gebruik van de GM 7635

Wij willen nu nog een paar voorbeelden doornemen waaruit het grote nut van een buisvoltmeter blijkt.

In fig. 9 is de oscillator-schakeling van een radio ontvanger aangegeven. Om de goede werking van een oscillatorschakeling te controleren kunnen wij in de punten A en (of) B een mA-meter inschakelen. In punt A moeten wij ca. 200 μ A meten, dit is de vereiste roosterstroom voor een goede werking van de mengbuis. In



Schakeling van het oscillatordeel van een ontvanger.

Fig. 9

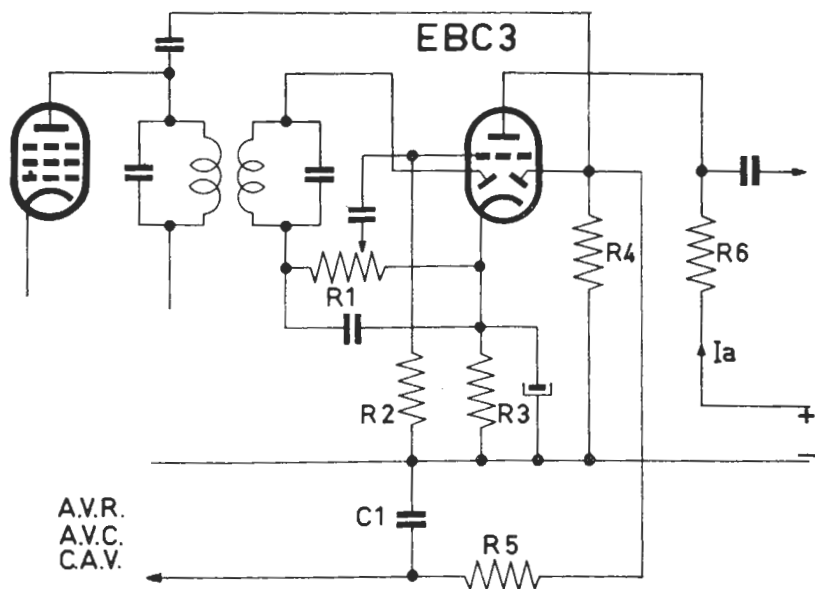
het punt B zullen wij een stroomsterkte van 4 à 5 mA moeten vinden en deze stroom zal moeten oplopen tot een hogere waarde wanneer de weerstand R_g wordt kortgesloten.

Bij beide metingen moeten wij echter verbindingen lossolderen om de mA-meter te kunnen aansluiten. Dit is een tijdrovende handeling. Met een buisvoltmeter echter kunnen wij zonder meer aan het punt C meten of de oscillator schakeling normaal functioneert. We meten dan hier ca. 10 V gelijkspanning. De ingangsweerstand van 9 $M\Omega$ van de GM7635, welke hierbij parallel komt te staan aan R_g , beïnvloedt nl. de schakeling niet.

In fig. 10 is een detector- AVR- en L.F. versterkerschakeling aangegeven. Om de goede werking van bijv. AVR te controleren, kunnen wij in de anodekring van de door de AVR geregelde M.F.-buis een mA-meter opnemen. Bij afstemming op een zender, van dusdanige sterkte dat de AVR in werking treedt, zal deze anodestroom moeten afnemen. Hierbij moeten wij echter weer een verbinding losmaken hetgeen tijdverlies betekent. Met de buisvoltmeter kunnen wij direct constateren of er een regelspanning over R_4 en C_1 ontstaat.

Door de hoge ingangsweerstand van de buisvoltmeter, kunnen wij tevens de anode gelijkspanning van het triode-deel zonder meer met voldoende nauwkeurigheid meten.

In volgende lessen zullen wij nog gelegenheid krijgen om het nut van de buisvoltmeter aan te tonen.



Detector- AVR- en L.F. versterkingschakeling van een ontvanger.

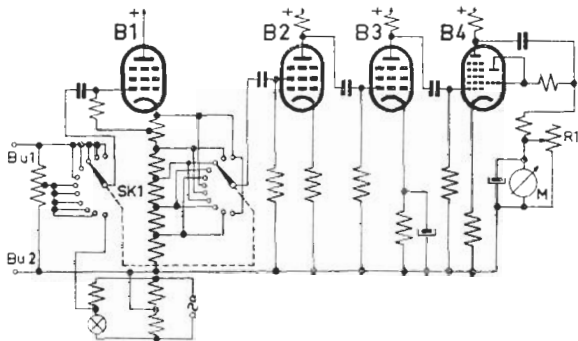
Fig. 10

100. De versterkervoltmeter GM 6005

In vele gevallen bestaat er in de Service werkplaats behoefte aan een zeer gevoelige voltmeter voor wisselspanningen met een hoge ingangsweerstand en een groot frequentie-bereik. Dit is speciaal het geval bij controle van versterker-installaties bijv. het meten van de wisselspanning afgegeven door een microfoon of een pick-up; de wisselspanning over de anode weerstand van een laagfrequent versterkerbuis; de ingangsspanning van een versterker e.d.

Wanneer wij een grote gevoeligheid willen bereiken dus lage spanningen willen meten, laat de buisvoltmeter volgens het in par. 97 en 98 genoemde principe ons in de steek. Hiermede zijn nl. spanningen kleiner dan 0,5 V moeilijk te meten. Om hieraan tegemoet te komen zijn er meetapparaten ontwikkeld, waarbij de te meten spanning eerst wordt versterkt om daarna aan een meter te worden toegevoerd. Door Philips is hiervoor het meetapparaat GM 6005 gemaakt; fig. 11 geeft hiervan een vereenvoudigd schakelschema. De buizen B2, B3 en het heptode deel van B4 vormen een versterker met een breed frequentie gebied. De buis B1 is geschakeld in z.g. kathode koppeling (cathode follower). Hierdoor, en door andere maatregelen, kunnen wij een frequentie onafhankelijke verhoging van het meetbereik met behulp van SK1 bereiken. (Over het hoe en waarom hiervan zullen wij hier verder niet spreken, daar dit voor deze cursus te ver zou voeren.)

De te meten spanning wordt toegevoerd aan de meetklemmen Bu1 en Bu2. Nadat deze spanning dus door de buizen B2, B3 en B4 is versterkt

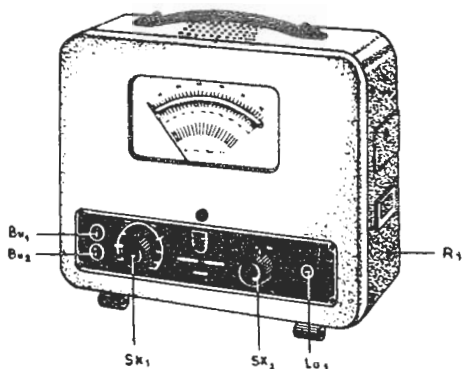


Vereenvoudigd prinsieschema van de GM 6005

Fig. 11

wordt de versterkte spanning door het triode deel van B4 (als diode geschakeld) gelijkgericht en zodoende door de draaispoelmeter M aangegeven. De aanwijzing van de meter M is afhankelijk van de totale versterking en deze kan zich op den duur wijzigen, door buizenslijtage bijv. Om dit te kunnen corrigeren heeft de omschakelaar SK1 een stand "controle". Hierbij wordt een constante wisselspanning van 10 mV, welke in punt A aanwezig is, aan het stuurrooster van B1 toegevoerd. Met de weerstand R1 wordt nu de meter M op volle uitslag gebracht.

In fig. 12 zien wij de GM 6005 afgebeeld. Hierin is SK1 de omschakelaar voor de verschillende meetbereiken; SK2 de netschakelaar; La1 een signaallampje en R1 de instelweerstand voor de ijking van het apparaat. De te meten spanning wordt, zoals reeds gezegd, aangesloten aan de klemmen Bu1 en Bu2.



Vooraanzicht van de GM 6005

Eigenschappen van de GM 6005

Meetbereiken:

0 - 10; 30; 100 en 300 mV;
0 - 1; 3; 10; 30; 100 en 300 V.

Frequentiegebied:

Dit loopt van 20 Hz tot 1 MHz.

De afwijkingen van de frequentie karakteristiek zijn:

Bu1 - Bu2	aansluitklemmen
SK1	meetbereikenschakelaar
SK2	netschakelaar
La1	indicatielampje
R1	instelweerstand voor de ijking van het apparaat.

Fig. 12

tussen 100 Hz en 500 kHz minder dan 1 % en
tussen 20 Hz en 1 MHz minder dan 2 %.

Ingangsimpedantie

Meetgebieden	Ingangscapaciteit	Ingangsdemping
10 mV t.m. 1 V	< 15 pF	bij 20 kHz > 1,5 M Ω bij 1 MHz > 0,7 M Ω
3 V t.m. 300 V	< 6 pF	bij 20 kHz > 1,9 M Ω bij 1 MHz > 0,7 M Ω

Meterbeveiliging

Door de versterker wordt de maximale stroom door de meter M tot een toelaatbare waarde begrensd. Hierdoor wordt de meter beveiligd tegen overbelasting. Is hijv. het apparaat geschakeld op het meetbereik 0 - 10 mV en het wordt aangesloten op een spanning van 200 V, dan treedt geen beschadiging van de meter op.

Decibel schaal

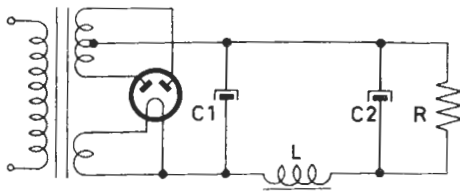
De schaal van het meetapparaat is, naast de gewone spanningsschalen 0 - 100 en 0 - 300, uitgerust met een decibel-schaal. Hierdoor is bij meting van een frequentie-karakteristiek een directe aflezing in decibel (afkorting hiervan is dB) mogelijk.

SAMENVATTING

1. Met de Service oscillator (GM 2883 of GM 2884) en het universeel meetapparaat (GM 4257) zijn practisch alle fouten in ontvangers op te sporen.
2. Vele metingen kunnen echter alleen indirect worden gedaan; b. v. anode- en schermroosterspanningen van L.F. versterkerbuizen, regelspanning in A.V.R. schakelingen, oscillatorspanning e.d. (Dit is tijdrovend)
3. Met een buisvoltmeter kunnen bovengenoemde metingen (en meerdere) direct worden uitgevoerd.
4. Met de versterker-voltmeter GM 6005 kunnen wisselspanningen tot 1 MHz en van zeer kleine waarden tot 300 V worden gemeten.
5. Speciaal voor controle van L.F. versterkers geeft dit apparaat veel tijdsbesparing.

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

1.



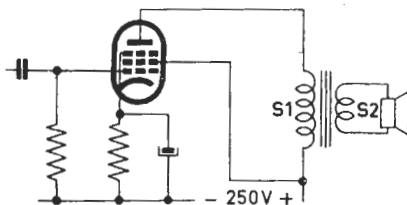
Gegeven is:

De gelijkspanning over C2 is 250 V.
 $R = 50.000 \text{ Ohm}$
 $C1 = C2 = 50 \mu\text{F}$
 $L = 4 \text{ H.}$

Gevraagd:

Hoe kunnen we de rimpelspanningen over C1, respectievelijk C2 bepalen.

2.



Van de aangegeven schakeling is bekend dat:

S 1 = 3160 windingen

S 2 = 100 windingen

De aanpassingsweerstand van de eindbuis is 7000 Ohm.

Gevraagd:

Hoe groot moet de weerstand van de aan S 2 aangesloten luidspreker zijn?

3. Gegeven:

Het schema van fig. 14 uit les 17.

Wat zal er gebeuren als:

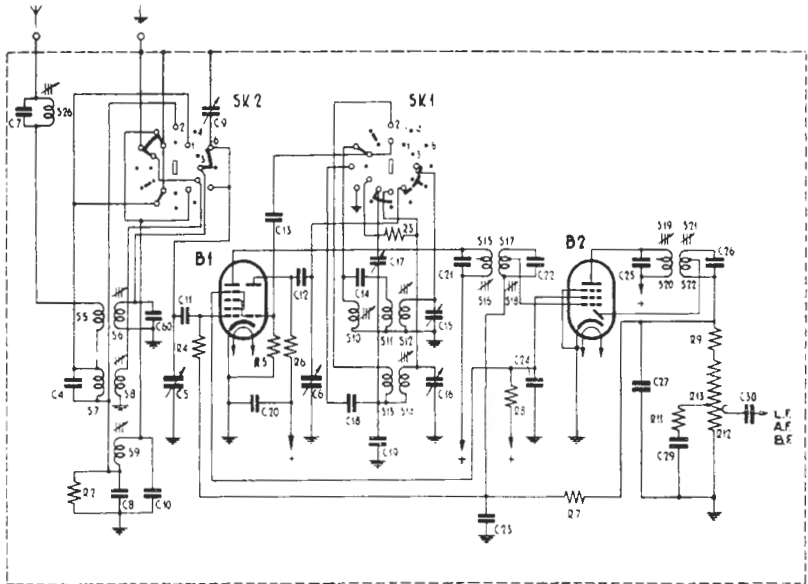
a. De verbinding van L5 naar C10 is onderbroken?

(De verbindingen van L5 met het chassis en met C 12 zijn intact).

b. De condensator C18 sluiting heeft?

101- Een ontvanger met 3 frequentiebereiken

Wij zullen thans eens een complete eenvoudige superheterodyne bekijken, welke geschikt is voor 3 frequentiebereiken n.l.: K.G. 2. M.G. en L.G. In fig. 1 is het schema hiervan aangegeven t/m de detector. Als wij dit schema bekijken en vergelijken met de in vorige



Schema van een superheterodyne ontvanger voor 3 frequentiebereiken. Getekend tot en met de detector.

Frequentiebereiken:

I	K.G. 2	=	16,5	-	50,7	=	(	18,2	-	5,92	MHz)
II	M.G.	=	185	-	580	=	(	1622	-	517	kHz)
III	L.G.	=	1053	-	1975	=	(	285	-	152	kHz)

Middenfrequentie = 452 kHz

C4	=	39	pF	C23	=	47000	pF
C5	=	11-500	pF	C24	=	0.1	μ F
C6	=	11-500	pF	C27	=	82	pF
C7	=	270	pF	C29	=	68000	pF
C8	=	1800	pF	C30	=	8200	pF
C9	=	30	pF	C60	=	3.9	pF
C10	=	72	pF	R2	=	12000	Ohm
C11	=	220	pF	R3	=	8200	Ohm
C12	=	470	pF	R4	=	0.82	Mex ohm
C13	=	56	pF	R5	=	33000	Ohm
C14	=	82	pF	R6	=	33000	Ohm
C15	=	30	pF	R7	=	1.5	Mex ohm
C16	=	30	pF	R8	=	56000	Ohm
C17	=	250-400	pF	R9	=	47000	Ohm
C18	=	100	pF	R11	=	12000	Ohm
C19	=	440	pF	R12	=	0.05	Mex ohm
C20	=	1800	pF	R13	=	0.45	Mex ohm

lessen gegeven schakelingen, dan zien wij hier en daar enige verschillen. Het hoe en waarom hiervan zullen wij thans eens onder de loupe nemen.

De volumeregeling

De potentiometer R12/R13, waarmee het volume geregeld wordt, is voorzien van een aftakking, en parallel aan het deel R12 is de serie schakeling R11-C29 geschakeld. De reden waarom dit gedaan wordt, is de volgende: Wanneer wij het volume van een radio toestel verminderen, zullen wij waarnemen dat de lage tonen in verhouding meer afnemen, dan de midden tonen en de hoge tonen. Dit wordt veroorzaakt, doordat het menselijk oor het gevoeligst is voor frequenties in de oort van 1000 à 2000 Hz, en het minst gevoelig voor lage frequenties. Wanneer er nu geen maatregelen getroffen worden, zal bij zacht ingestelde muziekweergave deze gehoord worden met een overmaat van hoge tonen, dus schril klinken. De serie-schakeling R11-C29 geeft een extra verzwakking voor de hoge tonen, zodat nu de weergave meer natuurlijk klinkt.

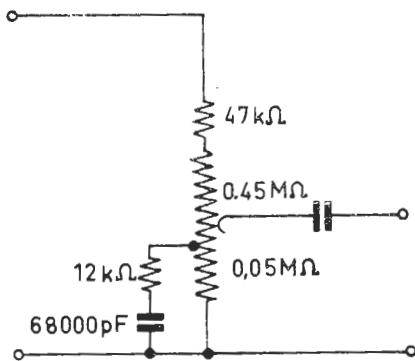
Een dergelijke volume-regeling, waarbij tevens de frequentie-karakteristiek wordt gecorrigeerd (aangepast aan het menselijk oor) noemen we een fysiologische volume-regeling.

In fig. 2 is deze volume-regelaar nog eens getekend met aangifte van de waarden van de onderdelen. In feite veroorzaakt C29 de extra verzwakking van de hoge tonen, doch R11 is aangebracht om de regeling soepel te laten verlopen.

Aftakkingen op de M.F. spoelen

Het stuurrooster van B2 en de detector-diode zijn aangesloten op aftakkingen van de M.F. spoelen. De redenen hiervan zijn:

- Minder demping door de diode-detector.
- Minder verstemming door de variabele Cg-k van de M.F. buis.



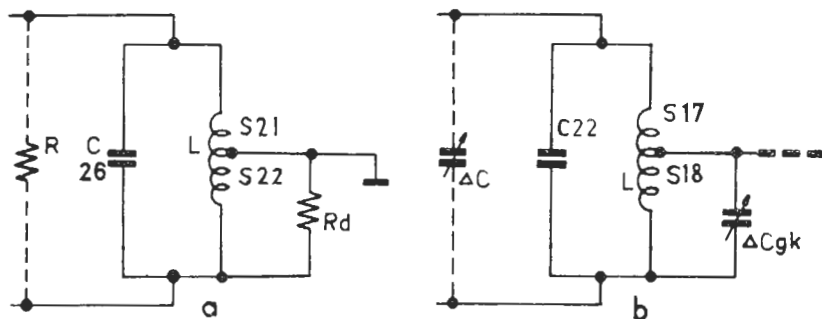
Volumeregeling met aftakking, ter verbetering van de weergave bij teruggedraaide volumeregeling.

FIG. 2

ad a. Diodedemping

De diode-detector vormt een zekere belastingsweerstand over de afgestemde kring en veroorzaakt daardoor een extra demping van deze

kring, waardoor de selectiviteit vermindert. Wordt nu de diodedemping (R_d) op een aftakking van de spoel aangesloten, dan komt deze demping over de gehele kring tevoorschijn als een weerstand R , welke aanzienlijk groter is dan R_d . Zie hiervoor fig. 3a. Wanneer de wikkelverhouding van $S_{22} + S_{21}$ en S_{22} gelijk is aan n , dan blijkt $R = n^2 \times R_d$ te zijn. (Zie hiervoor les 15, par. 70 en les 11, par. 58).



- a. De diode aangesloten op een aftakking van L . De diodedemping R_d heeft hierdoor minder invloed op de totale demping van de afstemkring.
- b. Het rooster van de M.F.-buis aangesloten op een aftakking van L . De variatie van C_{g-k} heeft nu minder invloed op de afstemming van de kring.

Fig. 3

ad.b. Verstemming door de M.F.buis

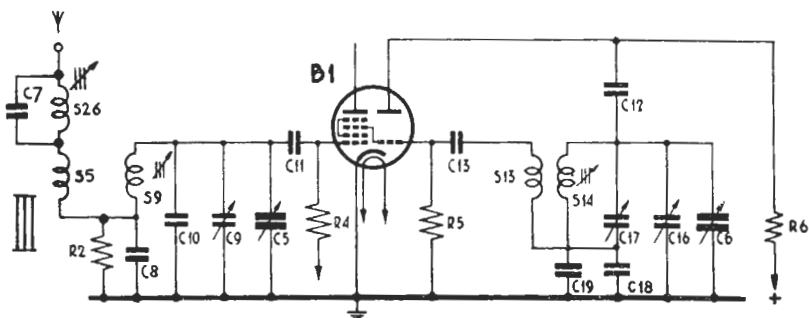
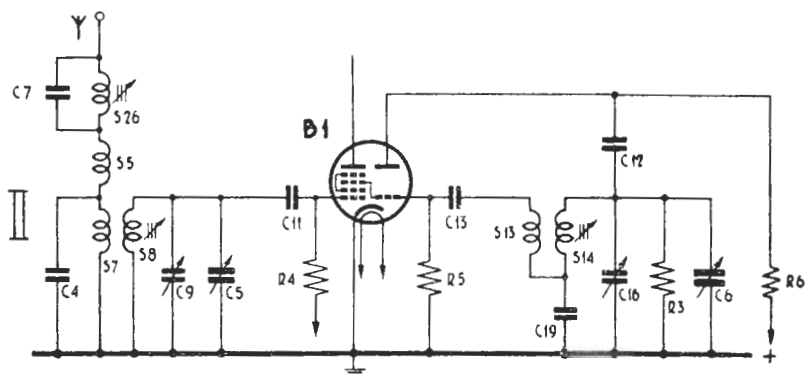
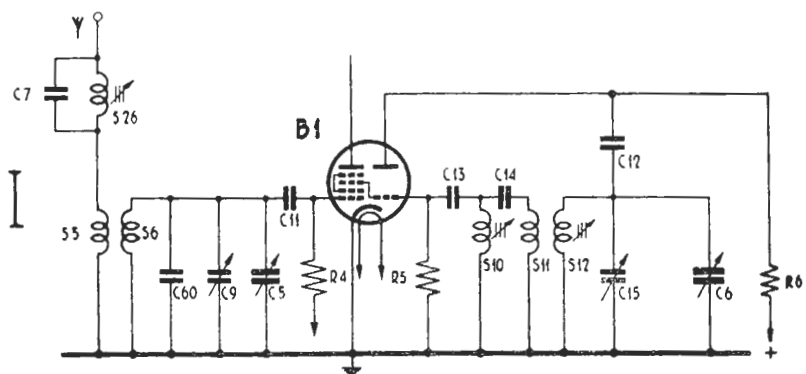
Wanneer van een radiobuis de negatieve voorspanning op het stuurrooster wordt gevarieerd, blijkt tevens de capaciteit tussen dit rooster en de kathode (C_{g-k}) ook te variëren. Door de gevarieerde roosterspanning verandert namelijk de dichtheid van de ruimtelading (zie les 12, par. 59) en zullen zich tussen het rooster en de kathode meer of minder electronen bevinden. Wij kunnen dit beschouwen als een verandering van het dielectricum, waardoor de capaciteit een andere waarde krijgt. Wanneer nu de automatische volumeregeling in werking treedt, verandert de negatieve voorspanning van het stuurrooster van B2 en zal, door de variatie van C_{g-k} , de afstemkring S_{17} - S_{18} - C_{22} verstemmen. Om deze verstemming te verminderen tot een toelaatbaar bedrag, wordt g_1 op een aftakking aangesloten. Het blijkt nu, dat de capaciteits-variatie ΔC_{g-k} als een veel kleinere ΔC over de gehele kring tevoorschijn komt. (Zie fig. 3b). Het blijkt nu, dat ΔC gelijk is aan ΔC_{g-k} gedeeld door n^2 .

Oscillator- en H.F. schakeling

In fig.4 zijn de oscillator en H.F. schakeling voor de drie frequentiebereiken aangegeven.

Oscillatorschakeling

In tegenstelling met de oscillatorschakeling, gegeven in les 22, fig.9, zien wij hier, dat voor het frequentiebereik I een extra roos-



Schakelingen van de H.F.- en oscillatorkring voor de 3 frequentie-
bereiken:

I	18,2 - 5,92 MHz
II	1622 - 517 kHz
III	285 - 152 kHz

Fig. 4

terspoel S10 via C14 parallel geschakeld is aan de terugkoppelspoel S11. Dit is gedaan om over het gehele frequentiebereik een meer constante wisselspanning aan het stuurrooster van het triodedeel te krijgen waardoor de conversiesteilheid van de menguis meer constant blijft.

Om dezelfde reden is voor de frequentiebereiken II en III de terugkoppelspoel S13 niet met het chassis verbonden, doch aan de bovenkant van de serie-padding-condensator geschakeld.

Voor het frequentiebereik III (L.G.) worden dezelfde spoelen gebruikt als voor het frequentiebereik II (M.G.). De omschakeling naar het frequentiebereik III geschiedt nu alleen door vergroting van de afstemcapaciteit, door bijschakeling van C17 en C18.

H.F. schakeling

De H.F. schakeling voor de frequentiebereiken I en II is op een bekende manier uitgevoerd, n.l. met inductieve koppeling van de antenne met de H.F. afstemkring. Voor het frequentiebereik III wordt een z.g. capacitieve stroomkoppeling toegepast. De H.F. stroom in de antennekring veroorzaakt hier een spanning over de condensator C8, welke deel uitmaakt van de H.F. afstemkring. Parallel aan C8 is de weerstand R2 geschakeld, om de antenne galvanisch met de aarde te verbinden. Wanneer wij R2 weglaten, kunnen bepaalde L.F. stoorspanningen het stuurrooster van B1 bereiken en daardoor storende verschijnselen veroorzaken (Bijv. brom bij afstemming op een zender, z.g. modulatiebrom).

Wij zien in fig. 1 en fig. 4 dat de H.F. afstemspoelen en de oscillator spoelen uitgevoerd zijn met variabele ijzerpoederkernen (ferroxcube). In les 10 paragraaf 55 hebben wij gezien, dat wij hiermede de zelfinductie van de spoelen kunnen variëren. Deze mogelijkheid wordt hier gebruikt voor het juiste afregelen (trimmen) van de ontvanger.

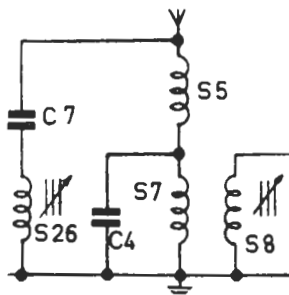
H.F. antenne-filter

In fig. 4 zien wij steeds de parallelschakeling S26/C7 in serie met de antenne staan. Dit parallel geschakelde filter dient om bepaalde storingen te voorkomen. In les 21 paragraaf 92 hebben wij gezien, dat in de anode kring van de menguis o.a. ook het H.F. signaal aanwezig is. Stellen wij ons eens voor, dat een betrekkelijk sterke zender werkt op of nabij de M.F. van onze ontvanger; en dat deze zender in staat is om nog een wisselspanning te veroorzaken op het stuurrooster van B1. Deze storende frequentie zal dan ook in de anodeleiding van B1 aanwezig zijn, en vindt dan een M.F. versterker die juist, of vrijwel, op dit signaal is afgestemd en dus gaarne bereid is dit stoorsignaal verder te versterken. Om deze storing nu te vermijden wordt het filter S26/C7 afgestemd op de M.F. en vormt daardoor voor deze frequentie een hoge impedantie (zie les 10 paragraaf 54). Hierdoor wordt een eventueel stoorsignaal op of nabij de M.F. sterk verzwakt.

Wij vinden dit M.F.-antennefilter ook vaak in de vorm, zoals in fig. 5 aangegeven. Hier zijn de spoel en condensator in serie geschakeld en vormen dus voor de resonantiefrequentie een zeer lage impedantie. Nu wordt dus het storende signaal niet geblokkeerd, doch kortgesloten naar aarde, waardoor ook weer de invloed sterk wordt verminderd.

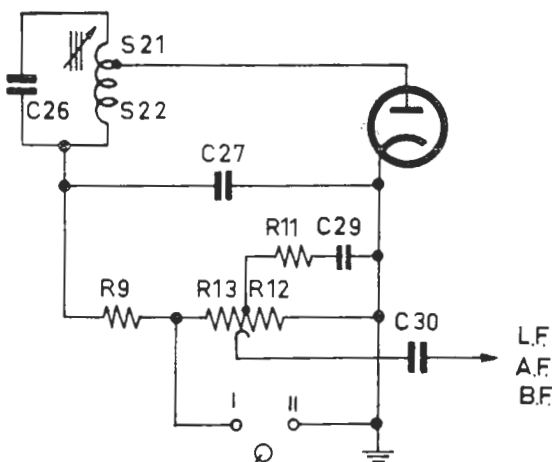
Aansluiting van een grammofoon-opnemer

Alhoewel dit niet in fig. 1 is aangegeven, willen wij hier even bekijken hoe wij een grammofoonopnemer kunnen aansluiten. De meeste radio-ontvangers zijn n.l. uitgevoerd met de mogelijkheid, om een grammofoonopnemer aan te sluiten, waarbij dan het L.F. deel als grammofoonversterker wordt gebruikt. Wij kunnen in principe de grammofoonopnemer direct op de volumeregelaar aansluiten. Zouden wij dit doen bij de schakeling van fig. 10 les 22, dan krijgen we vervorming van de weergave. Deze vervorming wordt veroorzaakt door de detector-diode, daar deze in de positieve helften van het signaal stroom zal doorlaten. Hierdoor zal de afgegeven spanning van de grammofoonopnemer dalen en dus een vervormde spanning op het rooster van de L.F. buis verschijnen. Om deze vervorming te vermijden, wordt de grammofoon-



Het M.F.-antennefilter uitgevoerd als serieschakeling

FIG. 5



Aansluiting van een grammofoonopnemer

FIG. 6

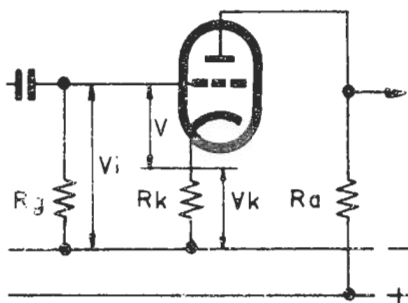
opnemer veelal aangesloten, zoals in fig. 6 is aangegeven. Hierin beperkt R9 de invloed van de detectordiode zodanig, dat de hierdoor

ontstane vervorming toelaatbaar is. Bij meer ingewikkelde apparaten wordt om bovengenoemde reden vaak met behulp van een omschakelaar ervoor gezorgd, dat de detectordiode geen schadelijke invloed kan veroorzaken.

102. L.F. tegenkoppeling

In les 15, par. 68, hebben wij geleerd, dat het noodzakelijk is de katnodeweerstand van een versterkbuis te ontkoppelen met een condensator. Doen wij dit niet, dan krijgen wij vermindering van de versterking. Toch worden in vele radio-ontvangers en L.F. versterkers een of meer kathode-ontkoppelcondensatoren moedwillig weggelaten. De reden hiervan is, dat hierdoor een betere weergavekwaliteit te verkrijgen is en dat de vervorming, veroorzaakt door het niet recht zijn van de I_a/V_k -karakteristiek wordt verminderd.

Wij zullen nu eens bekijken, hoe dit tot stand komt. In fig. 7 is de situatie weergegeven, die wij krijgen, wanneer de kathode-ontkoppelcondensator is weggelaten. Wij weten, dat wanneer wij een signaal V_i aan het rooster toevoeren, er aan de kathode een wisselspanning V_k ontstaat, die V_i tegenwerkt. De resulterende wisselspanning V tussen rooster en kathode is uiteindelijk de nuttige spanning, welke aan de nuis wordt toegevoerd ($V = V_i - V_k$).



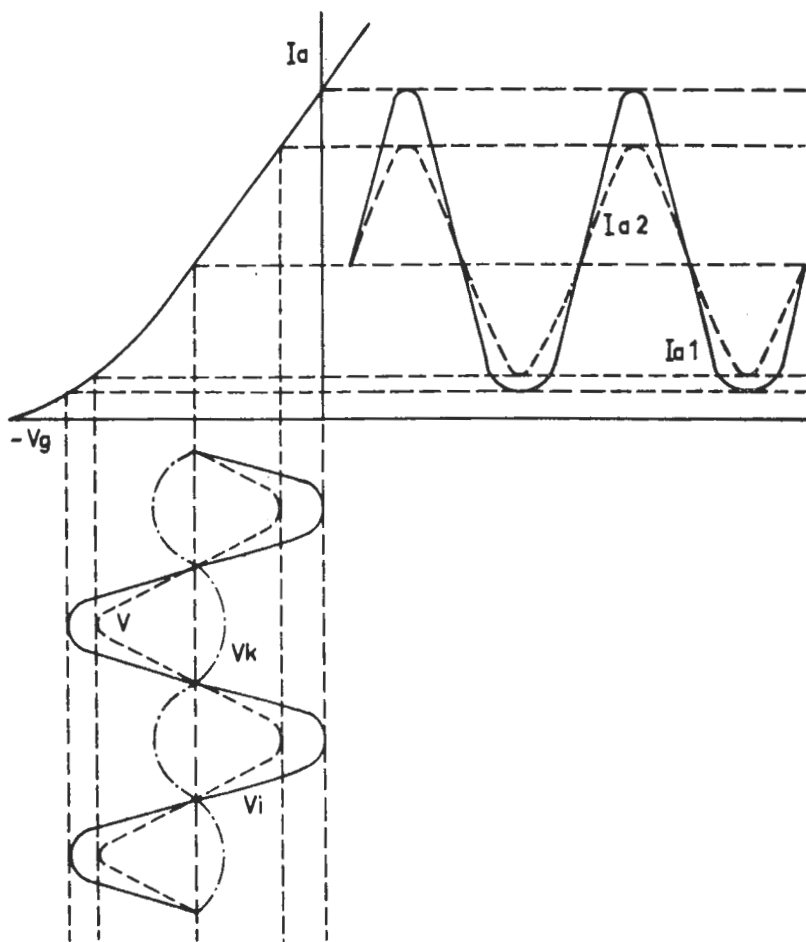
L.F.-tegenkoppeling door het niet ontkoppelen van de katnodeweerstand

Fig. 7

Om nu te zien, hoe hierdoor vermindering van vervorming kan ontstaan, gaan wij fig. 8 eens bekijken. Vooropgesteld moet worden, dat het verloop van spanningen en stromen in werkelijkheid niet zo eenvoudig is, als in fig. 8 aangegeven, doch voor een begrip van deze kwestie is de vereenvoudigde voorstelling voldoende.

Wij zien, dat wanneer de kathode ontkoppeld zou zijn, de wisselspanning V_i een anodewisselstroom I_{a1} zou veroorzaken. Door de kromming van de I_a/V_k karakteristiek is deze I_{a1} sterk vervormd. Doordat de katnodeweerstand R_k niet is ontkoppeld, wordt hierover een spanning V_k ontwikkeld, die gelijkvormig is met I_{a1} , maar tegengesteld gericht is aan V_i . De resulterende roosterwisselspanning $V = V_i - V_k$ blijkt nu vervormd te zijn. Deze roosterwisselspanning veroorzaakt nu de anodewisselstroom I_{a2} , en het blijkt, dat deze, door de kromming van de I_a/V_k -karakteristiek, veel minder vervormd is dan de anodewisselstroom I_{a1} .

Doordat wij bij deze schakeling een spanning terugvoeren naar de aangelegde ingangsspanning, doch de teruggevoerde spanning in te-



L.F. tegenkoppeling geeft vermindering van de vervorming welke ontstaat door kromming van de I_a - V_g karakteristiek.

V_i = aan het rooster toegevoerde signaal

I_{a1} = de door V_i veroorzaakte, vervormde, anode wisselstroom

V_k = de door I_{a1} veroorzaakte tegenkoppelspanning

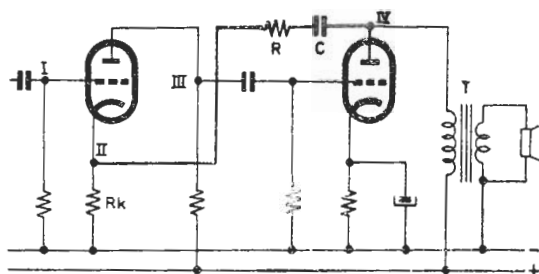
V = het resulterende signaal tussen rooster en kathode

I_{a2} = de door V veroorzaakte anodewisselstroom.

Fig. 8

genfaze is met de oorspronkelijke, spreken wij hier van tegenkoppeling. Dit in tegenstelling met een oscillatorschakeling, waar de teruggevoerde spanning in faze moet zijn met de oorspronkelijke rooster spanning. In fig. 7 en 8 wordt de tegenkoppelspanning V_k bepaald door de anodewisselstroom van de buis. Wij spreken in dit geval van stroomtegenkoppeling. Wij kunnen ook de tegenkoppelspanning betrekken van de anodewisselspanning. Wordt dit gedaan, dan spreken wij van spanningtegenkoppeling.

In fig. 9 en fig. 10 zijn 2 manieren aangegeven van spanningtegenkoppeling. In beide gevallen worden twee buizen in de tegenkoppeling betrokken, waardoor de vervorming, door beide buizen veroorzaakt, wordt verminderd. Het is in fig. 9 gemakkelijk te zien,



L.F. spanningtegenkoppeling over 2 buizen.

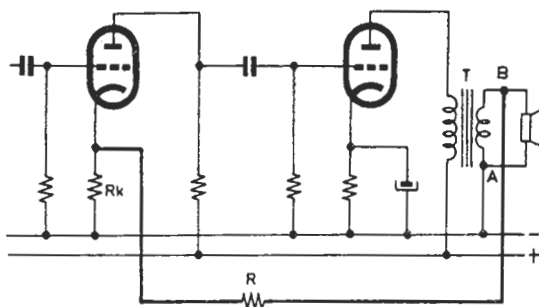
Fig. 9

dat het punt IV in faze is met het punt II en daardoor de tegenkoppelspanning vergroot. Bij een versterkbuïs is immers steeds de anodewisselspanning in tegenfaze met de roosterwisselspanning. Is de kathode niet ontkoppeld, dan is de kathodewisselspanning in faze met de aangelegde roosterwisselspanning. De sterkte van de tegenkoppeling wordt hier bepaald door de verhouding van R en R_k : een grotere waarde van R geeft minder tegenkoppeling en omgekeerd. De condensator C dient alleen om de anodegelijkspanning van de tweede buis te blokkeren.

In fig. 10 wordt ook weer de grootte van de tegenkoppeling bepaald door de verhouding van R en R_k , terwijl de aansluiting aan de secundaire wikkeling van de transformator T zodanig moet zijn, dat het teruggevoerde signaal in tegenfaze is met het oorspronkelijk aanwezige signaal.

Toonregeling met behulp van L.F. tegenkoppeling

In fig. 9 wordt de waarde van C zo groot genomen, dat, ook voor de lage frequenties X_C klein is ten opzichte van $R + R_k$. De sterkte



Een andere schakeling om L.F. spanningtegenkoppeling over 2 buisem te verkrijgen.

FIG. 10

van de tegenkoppeling wordt dan alleen door R en R_k bepaald; dus onafhankelijk van de frequentie. Wordt echter C een kleine waarde gegeven, dan zal de teruggevoerde spanning over R_k voor de lage frequenties kleiner zijn dan voor de hoge. Hierdoor zal dus de versterking voor de lage frequenties toenemen, en de bassen opgehaald worden. Het omgekeerde, dus extra versterking van de hoge tonen, kunnen wij verkrijgen door parallel aan R_k een betrekkelijk kleine condensator te schakelen. Hierdoor wordt voor de hoge frequenties de tegenkoppeling verminderd, dus de versterking opgevoerd.

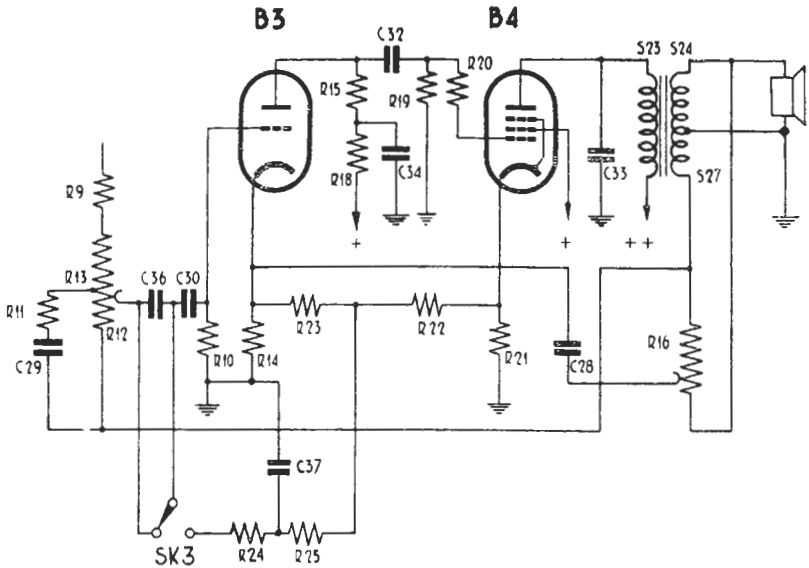
103. Compleet L.F. deel van een ontvanger

In fig. 11 is het complete L.F. deel van een ontvanger weergegeven. Dit schema sluit aan bij fig. 1, zodat dus fig. 1 plus fig. 11 het complete schema vormen van een eenvoudige radio-ontvanger.

In dit L.F. deel wordt op vier manieren tegenkoppeling toegepast en wel twee voor vervormings-reductie en twee voor toonregeling. Wij zullen deze vier manieren achtereenvolgens bespreken.

Vervormingsreductie

- a. De spanning van S27 wordt via R12-R13-C30 aan het sturrrooster van B3 toegevoerd. Dit geeft een praktisch frequentie-onafhankelijke spanningstegenkoppeling. Door C29 wordt, bij laag ingesteld volume, de tegenkoppeling voor de hoge tonen iets sterker, waardoor de in paragraaf 101 van deze les genoemde extra ver-



Het L.F. deel van een radio-ontvanger. Hier is op 4 manieren L.F. tegenkoppeling toegepast, 2 hiervan worden gebruikt voor toonregeling

C 28 = 12000	pF	R 9 = 47000		R 18 = 0.1	MΩ
C 29 = 68000	pF	R 10 = 1	MΩ	R 19 = 0.68	MΩ
C 30 = 8200	pF	R 11 = 12000		R 20 = 1000	
C 32 = 10000	pF	R 12 = 0.05	MΩ	R 21 = 150	
C 33 = 4700	pF	R 13 = 0.45	MΩ	R 22 = 12000	
C 34 = 0.1	μF	R 14 = 1800		R 23 = 18000	
C 36 = 1000	pF	R 15 = 0.12	MΩ	R 24 = 5.6	MΩ
C 37 = 47000	pF	R 16 = 50000		R 25 = 4700	

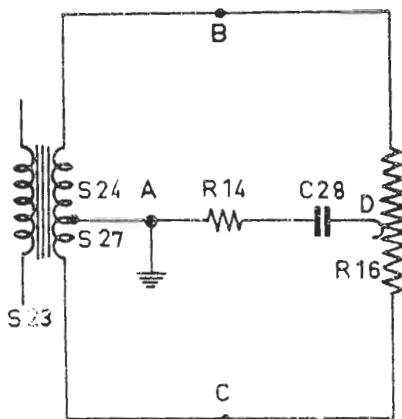
FIG. 11

zwakking van de hoge tonen wordt ondersteund.

b. De kathode-weerstanden R14 en R21 van B3 en B4 zijn niet ont-koppeld, waardoor stroom-tegenkoppeling ontstaat. Deze stroom-tegenkoppeling wordt echter gedeeltelijk te niet gedaan door R22 en R23. De wisselspanningen aan de beide kathoden zijn in tegen-faze, terwijl de amplitude over R21 groter is dan over R14. Door nu de kathode van B4 via R22-R23 met de kathode van B3 te ver-binden wordt de stroom-tegenkoppeling in B3 grotendeels gecompenseerd.

Toonregeling

R16 is de toonregelaar, welke continu instelbaar is. Nemen wij even aan dat het schuifcontact van R16 geheel onderaan staat. In dit geval wordt de spanning van S24 via C28 naar de kathode van B3 teruggevoerd en hebben wij tegenkoppeling. De waarde van C28 is nu zodanig gekozen, dat deze tegenkoppeling voor de lage frequenties practisch niet aanwezig is; wij krijgen dus in deze stand van R16 extra versterking van de lage tonen. Wordt nu het schuifcontact van R16 naar boven geschoven, dan vermindert de invloed van de spanning van S24 en bereiken wij opeen bepaald moment dat er langs deze weg geen tegenkoppeling meer aanwezig is. In fig. 12 is de schakeling van R16-C28-R14-S27-S24 op een iets andere wijze getekend en wij zien dat deze figuur veel overeenkomt met fig. 15 van les 20. Wanneer de vernouding van de weerstanden B-D en C-D gelijk is aan de verhouding van de spanningen over S27 en S24, dan is er tussen de punten A en D spanningsevenwicht. In dit geval wordt er dus geen spanning naar R14 teruggevoerd.



Detail van de schakeling van fig. 11

Fig. 12

Gaan we nu het potentiometercontact in fig. 11 nog verder naar boven verplaatsen dan wordt een deel van de spanning over S27 via C28 aan R14 teruggevoerd. Daar het punt C in tegenfase is met punt B (fig. 12), krijgen we nu meekoppeling in plaats van tegenkoppeling. Hierdoor worden de hoge tonen extra versterkt. Hierdoor kunnen wij bij ontvangst van locale zenders de weergave-kwaliteit verbeteren, door de hoge tonen extra op te halen.

Basschakelaar

Wanneer wij het schuifcontact van R16 naar beneden hebben verplaatst, worden de lage tonen sterker weergegeven dan de hoge. Dit kan, speciaal bij het beluisteren van een spreker met een diepe stem, een hinderlijk lage weergave veroorzaken. Door SK3 om te schakelen, worden de lage tonen extra verzwakt en het gesprokene komt beter verstaanbaar uit de luidspreker. Dit verzwakken van de lage tonen geschiedt op twee manieren:

1. C36 wordt in serie met C30 geschakeld, waardoor de koppelcapaciteit tussen de volumeregelaar en het stuurrooster van B3 een betrekkelijk kleine waarde krijgt en de lage tonen minder sterk worden weergegeven.

2. Een deel van de wisselspanning over R21 (n.l. die over R23-R14) wordt naar het stuurrooster van B3 teruggevoerd en geeft tegenkoppeling. Door R24 en C37 worden de hoge modulatiefrequenties sterk verzwakt, zodat alleen de lage frequenties het stuurrooster langs deze weg bereiken, en wordt zodoende de weergave van de lage tonen verzwakt.

SAMENVATTING

1. Om een gelijkmatiger oscilleren over het gehele frequentiebereik te verkrijgen wordt:
 - a. Op de K.G. bereiken een extra roosterspoel aangebracht.
 - b. Op het L.G.- en M.G. bereik de roosterspoel aan de seriepadding-condensator aangesloten.
2. Om storingen door zenders, werkende op of nabij de middenfrequentie te voorkomen, wordt in serie met de antennekring een sperkring opgenomen. Dit is een parallelkring, afgestemd op de middenfrequentie.
3. Wordt een seriekring toegepast, dan wordt deze tussen antenne en aarde geschakeld.
4. De L.F.volumeregelaar is veelal van een aftakking voorzien. Parallel aan het onderste deel van de potentiometer wordt dan een serieschakeling van R en C geschakeld. Hierdoor, bij instelling op een laag volume een meer natuurlijke weergave.
5. Laagfrequent-tegenkoppeling wordt toegepast om vervorming, ontstaan door de niet rechte Ia-Vg karakteristiek, te verminderen.
6. Met behulp van L.F. tegenkoppeling kan, op verschillende manieren, toonregeling worden verkregen.

Vragen EN Vraagstukken

1. Gevraagd de verhouding van max.- en minimum capaciteit voor de afstemkringen van het H.F.- en oscillatordeel van de in deze les besproken ontvanger.
Dit te bepalen voor de frequentiebereiken II en III
2. Gegeven:
C23 in fig. 1 heeft sluiting. Hierdoor wordt bij ontvangst van sterke zenders vervorming in de weergave ondervonden. Zwakke zenders daarentegen worden onvervormd ontvangen.
Hoe is dit te verklaren?
3. Gegeven:
De schakeling van fig. 10
Gevraagd:
 1. Hoe kunnen we hierin de weergave van de hoge tonen versterken?
 2. Hoe kunnen we de hoge tonen verzwakken?
4. Gegeven:
Een L.F. versterker is geschakeld als aangegeven in fig. 10. De transformator T raakt defecten wordt door een nieuwe vervangen. De reparateur maakt hierbij een fout zodat de punten A en B omgekeerd worden aangesloten.
Welk verschijnsel kan door deze fout worden veroorzaakt?

104. Een tweede functie van de A.V.R.

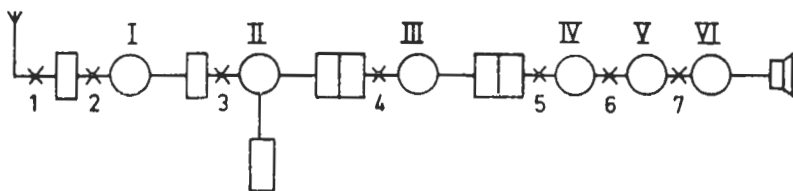
In les 19 paragraaf 85 en 86 hebben we geleerd dat de automatische volumeregeling (A.V.R.) is ingevoerd om de invloed van fading te compenseren. De functie van de A.V.R. is hierbij het verkrijgen van een meer constante geluidssterkte bij variaties in het op de antenne ontvangen signaal.

Deze functie van de A.V.R. schijnt, op het eerste gezicht, niet nodig te zijn voor de ontvangst van b.v. sterke lokale zenders. Hierbij treedt n.l. geen fading op en behoeven we dus niet de nadelige invloed daarvan te compenseren.

Bij de vragen en vraagstukken van les 23 hebben we echter gezien dat de A.V.R., ook bij de ontvangst van sterke signalen, wel degelijk een functie heeft. In dit geval zorgt de A.V.R. er voor dat de buizen die hierdoor worden geregeld (speciaal de M.P. buis) geen te sterk signaal aan het rooster krijgen toegevoerd. Wordt dit signaal te groot, dan zal er vervorming in de weergave ontstaan.

Wij willen nu eens nagaan hoe groot die signaalspanningen bij een gemiddelde radio-ontvanger, uitgerust met een H.F. versterker, kunnen worden.

In fig. 1 is deze ontvanger in blokschema weergegeven; het blijkt hieruit dat we achtereenvolgens de volgende trappen hebben, die ieder voor zich een versterkende werking hebben:



Blokschema van een superheterodyne ontvanger met H.F. versterking.

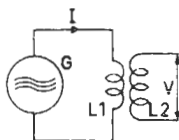
Fig. 1

de H.F. trap I; de mengtrap II; de M.P. trap III; de L.P. trap V en de eindtrap VI.

Wanneer we over voldoende gegevens beschikken, zouden we kunnen uitrekenen hoe groot de spanningsversterking van iedere trap afzonderlijk is. We zullen dat hier niet doen (dit zou voor deze cursus te ver voeren), maar waarden aannemen zoals deze in vele ontvangers kunnen voorkomen.

Voor we hier verder mee gaan, moeten we eerst nog een begrip, dat gebruikt wordt bij afstemkringen, nader onder de loupe nemen. Dit

is de z.g. opslinging van een wisselspanning in de kring. We bekijken daartoe fig. 2. Hierin is G een H.F. generator die een stroom I door de spoel L1 stuurt. Hierdoor zal in L2 een spanning V worden geïnduceerd. De grootte hiervan zal o.a. afhankelijk zijn van de afstand tussen L1 en L2 en van de windingsverhouding van L1 en L2, doch is over een groot frequentiegebied, onafhankelijk van de frequentie van de generator G.

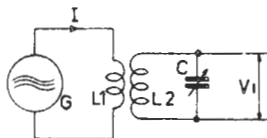


Door de H.F. generator G wordt vis L1, een spanning V in L2 geïnduceerd.

Fig. 2

Nu schakelen we parallel aan de spoel L2 een variabele condensator en stemmen de hierdoor gevormde afstemkring L2-C af op de toegevoerde frequentie. (fig. 3) (De afstand tussen L1 en L2 en de windingsverhouding van beiden zijn niet veranderd)

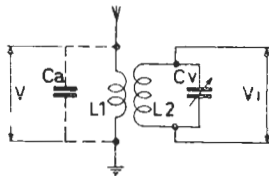
Uit les 10 paragraaf 54 weten wij dat de spanning V1 dan maximaal zal zijn. Het blijkt nu dat V1 groter is dan de spanning V in fig. 2. De verhouding V1/V noemen we nu de opslinging van de aangelegde spanning in de kring L2-C. Deze opslinging is evenredig met de kwaliteitsfactor Q van de kring (zie les 10 paragraaf 54). De opslinging die we nu gevonden hebben is die van de enkele afstemkring L2-C. In de praktijk hebben we meestal met gekoppelde kringen te maken. Wanneer we dan over de opslinging spreken, be-



Bij afstemming van L2-C op de frequentie van G ontstaat de spanning V1. V1 is groter dan V van fig. 2.

Fig. 3

doelen we die van de gekoppelde kringen in zijn geheel. Een voorbeeld hiervan zien we in fig. 4. Deze stelt de antennekring (antennekoppelspoel L1 en de antenne capaciteit Ca) plus de daarmee gekoppelde afstemkring L2-Cv voor. In de antenne wordt, door een bepaalde zender, een spanning V veroorzaakt. Bij afstemming van de kring L2-Cv op deze zender ontstaat over Cv een spanning V1. De verhouding V1/V wordt dan de totale opslinging genoemd. (In deze opslinging zijn dus tevens de koppeling tussen L1 en L2 en de wikkerverhouding van L1 en L2 opgenomen).



Door de antennespanning V ontstaat de spanning V1 over de afgestemde kring L2-Cv.

Fig. 4

We gaan nu weer terug naar het blokschema in fig. 1. We nemen nu aan dat de totale opslinging van de H.F. antenne-afstemkring 5x is; de spanningsversterking van de H.F. trap 10 x; de conversiever-

sterking van de mengtrap 80 x is en de spanningsversterking van de M.F. trap 125 x is. De detectortrap IV geeft ons geen spanningsversterking. Hier wordt het gemoduleerde M.F. signaal omgezet in een L.F. signaal en we weten uit les 11 paragraaf 56 dat de sterkte van dit L.F. signaal afhankelijk is van de modulatie diepte. Wanneer de detectie ideaal zou zijn en de modulatie diepte 30%, dan zou het L.F. signaal in punt 6 gelijk aan 0,3 maal het M.F. signaal in punt 5 zijn. In werkelijkheid zal dit nog lager zijn, zodat we in ons geval, voor een modulatie diepte van 30%, een vernouding van 0,2 zullen aannemen. Verder nemen we aan dat de L.F. trap 10 x versterkt.

Van de antenne tot aan het rooster van de eindbuis krijgen we dan een totale versterking van: $5 \times 10 \times 80 \times 125 \times 0,2 \times 10 = 1.000.000$ maal. Dit lijkt zeer veel, maar is in bepaalde gevallen nog niet voldoende om de eindbuis vol uit te sturen. Nemen wij eens aan dat een ver verwijderde zender een spanning van $2 \mu\text{V}$ in de antenne induceert. Met de volumeregelaar vol open gedraaid, krijgen we dan een L.F. spanning van 2 Volt aan het stuurrooster van de eindbuis, die daarmee nog niet vol uitgestuurd wordt. (Voor de eindbuis EL41 is bv. een spanning van ca. 4 V nodig voor volledige uitsturing). Krachtige (locale) zenders kunnen echter wel een spanning van 1 V in de antenne veroorzaken. In dat geval zal er, wanneer geen A.V.R. aanwezig is, een spanning van 50 Volt aan het rooster van de mengbuis ontstaan en hier reeds vervorming van de modulatie veroorzaken.

In onderstaande tabel is uitgezet hoe groot de spanning op verschillende punten in de ontvanger (aangegeven in het blokschema van fig. 1) wordt, bij enkele waarden van de antennespanning. Waarden hoger dan 50 Volt zijn niet meer aangegeven.

1. antennespanning	2	μV	100	μV	10	mV	1	V
2. rooster H.F. buis	10	μV	500	μV	50	mV	5	V
3. rooster mengbuis	100	μV	5	mV	0,5	V	50	V
4. rooster M.F. buis	8	mV	0,4	V	40	V	-	
5. detector	1	V	50	V	-		-	
6. rooster L.F. buis	0,2	V	10	V	-		-	
7. rooster eindbuis	2	V	-		-		-	

We zien hier duidelijk uit dat voor een onvervormde ontvangst van sterke zenders de totale versterking van de ontvanger moet worden gereduceerd. We kunnen dit niet met de volumeregelaar die tussen de detector en de L.F. versterker is geschakeld doen, daar de vervorming reeds vóór de volumeregelaar (in de M.F. buis en de mengbuis) ontstaat. De A.V.R. komt ons hier te hulp, daar deze er voor zorgt, dat bij ontvangst van sterke zenders, de versterking van de H.F.-, meng- en M.F. buis wordt verlaagd.

De A.V.R., oorspronkelijk ontstaan om de gevolgen van fading te compenseren, heeft dus nog een tweede taak en wel het voorkomen van vervorming bij ontvangst van sterke signalen.

105. Bandspreiding

In vele ontvangers wordt in het K.G. gebied bandspreiding toegepast. We willen nu eens nagaan wat bandspreiding is en hoe dit

wordt bereikt.

Wanneer we met een ontvanger, zoals in les 23 beschreven, naar stations op het K.G. bereik gaan luisteren, zal ons direct één ding opvallen: De verschillende stations liggen schijnbaar dichter bij elkaar dan op het M.G. bereik. Dit dichter bij elkaar liggen wil niet zeggen een kleinere frequentieafstand; we vinden de zenders echter op de afstemschaal veel dichter bij elkaar. Om dit verschijnsel te verklaren willen we nu het M.G.- en K.G. bereik van deze ontvanger bekijken. Op M.G. is het frequentiebereik $1622 - 517 = 1005$ kHz; op K.G. daarentegen $18200 - 5920 = 12280$ kHz. Wij nemen nu aan dat op beide frequentiebereiken de verschillende zenders een frequentieverschil van 10 kHz hebben. In het middengolfgebied is er plaats voor 100 zenders en in het kortegolfgebied voor 1228 zenders. Als de afstemschaal van het toestel een lengte van 200 mm heeft, wil dit zeggen dat:

1. we op M.G. na een gemiddelde verplaatsing van 2 mm van de stationswijzer een andere zender kunnen ontvangen;
2. op K.G. deze gemiddelde verplaatsing ca 0,2 mm zal zijn.

Ook is het vaak moeilijk een bepaalde K.G. zender, die we weer willen ontvangen, terug te vinden.

In het K.G. gebied (10 - 50 m) worden voor omroep in feite een aantal golfbanden gebruikt (rond 11 m, 13 m, 15 m, 19 m, 25 m, 31 m, 40 m en 50 m). Het gaat er nu om deze golfbanden over een groter gedeelte van de afstemschaal te spreiden.

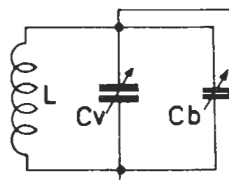
Deze zogenaamde bandspreiding kunnen we op verschillende manieren bereiken; enige daarvan willen we eens nader gaan bekijken.

Dit zijn:

- a. Bandspreiding door bijschakeling van een aparte afstemcondensator.
- b. Bandspreiding door variatie van de zelfinductie van de afstemkring.
- c. Bandspreiding door serie- en parallelschakeling van condensatoren.
- d. Bandspreiding met behulp van een speciaal geconstrueerde afstemcondensator.

ad a. Hiervan is de schakeling van de afstemkringen in principe zoals aangegeven in fig. 5. Parallel aan de normale afstemcondensator Cv is een kleine variabele condensator Cb geschakeld, die met een aparte afstemknop kan worden bediend.

De stand van Cb kan op een aparte schaal worden afgelezen. We nemen eens aan dat de capaciteitsvariatie van Cb 30 pF is. Met Cb op minimum capaciteit wordt Cv nu zodanig ingesteld,



Bandspreiding met behulp van een kleine variabele condensator. Cv is de normale afstemcondensator; Cb is de condensator voor de bandspreiding.

Fig. 5

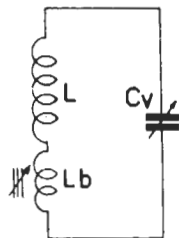
dat de totale afstemcapaciteit ($C_v + C_b +$ bedradingscapaciteit) 300 pF bedraagt. Met C_b op maximum capaciteit wordt de totale kringcapaciteit dan 330 pF. De resonantiefrequentie die hierbij wordt verkregen, stellen we op 10 MHz. Met C_b kunnen we nu de afstemcapaciteit variëren van 300 pF tot 330 pF. Dit geeft dus een capaciteitsverhouding (tussen maximum- en minimum capaciteit) van $\frac{330}{300} = 1,1$. Uit

les 10 par. 54 blijkt dat we nu een frequentieverhouding van $\sqrt{1,1} = 1,05$ krijgen. Dit wil dus zeggen dat we, voor bovengenoemd voorbeeld, met C_b een frequentiebereik van $10 \times 1,05 - 10 = 10,5 - 10$ MHz = 0,5 MHz bestrijken. Dit is aanzienlijk kleiner dan het bereik van 12,28 MHz dat we aan het begin van deze paragraaf vonden. We kunnen hiermede dus een effectieve bandspreiding verkrijgen; in de praktijk wordt dit systeem toch weinig toegepast, en wel voornamelijk om de volgende reden:

We willen in het gevonden frequentiebereik van 10,5 - 10 MHz, de zenders met voldoende nauwkeurigheid terug kunnen vinden. Hiertoe is het nodig dat C_v zeer nauwkeurig weer op dezelfde capaciteitswaarde kan worden ingesteld. Dit is niet voldoende nauwkeurig op de afstemschaal af te lezen. We moeten daarom C_v voor ieder deel van het frequentiebereik dat we gespreid willen ontvangen, van een zeer nauwkeurige (en instelbare) mechanische palinrichting voorzien. Dit wordt een kostbare constructie en daarom vrijwel niet toegepast.

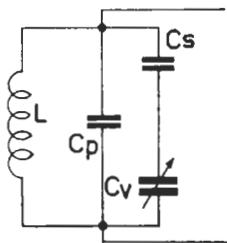
ad b. Bij dit systeem wordt de zelfinductie van de afstemkring een klein beetje gevarieerd. Fig. 6 geeft de schakeling. Deze variatie wordt verkregen door verschuiving van de kern in de spoel L_b , die een deel is van de totale zelfinductie ($L + L_b$). Een voorbeeld van een praktische uitvoering van een dergelijke regelbare zelfinductie werd gegeven in les 10, fig. 16.

Op deze manier is eveneens een zeer goede bandspreiding te verkrijgen, doch ook hier stuiten we op het, onder a. genoemde, bezwaar dat de stand van C_v zeer goed gefixeerd moet zijn.



Bandspreiding door variatie van de zelfinductie L_b .

Fig. 6



Bandspreiding verkregen door serie- en parallelschakeling van condensatoren.

Fig. 7

ad c. Bij serie- en parallelschakeling heeft de normale capaciteitsvariatie van de variabele condensator een sterk verkleinde invloed op het frequentiebereik. De hiervoor gebrukte schakeling is in fig. 7 afgebeeld. We zien hierbij een overeenkomst met de schakeling van de oscillatorkring in de mengtrap. Ook hier moesten we bij gebruikmaking van een normale afstemcondensator het frequentiebereik verklei-

nen (zie les 21 fig. 8). Bij bandspreiding is echter de waarde van Cs kleiner en van Cp groter genomen.

Een praktisch voorbeeld:

Cv	10 - 490 pF
Cs	150 pF
Cp	80 pF

De serieschakeling van Cv en Cs kunnen we ons vervangen denken door een condensator met variabele capaciteit. De minimum capaciteit daarvan is:

$$\frac{10 \times 150}{10 + 150} = \frac{1500}{160} = 9,3 \text{ pF}$$

De maximum capaciteit is:

$$\frac{490 \times 150}{490 + 150} = \frac{73500}{640} = 114,8 \text{ pF}$$

(zie les 8 par. 42)

Rekening houdende met Cp, wordt de totale afstemcapaciteit:

$$\begin{aligned} \text{minimum } 80 + 9,3 &= 89,3 \text{ pF} \\ \text{maximum } 80 + 114,8 &= 194,8 \text{ pF} \end{aligned}$$

De verhouding van maximum- en minimumcapaciteit wordt nu $\frac{194,8}{89,3} = 2,18$.

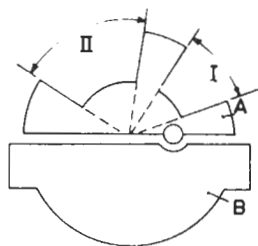
Dit geeft (zie les 10 par. 54) een frequentieverhouding van $\sqrt{2,18} = 1,475$.

Stellen we de minimum frequentie op 17 MHz, dan wordt de maximum frequentie $1,475 \times 17 \text{ MHz} = 25,075 \text{ MHz}$.

Wekrijgen met deze schakeling dan een frequentiebereik van 8,075 MHz, hetgeen een ruim tweemaal zo grote bandspreiding betekent.

ad d. Bij deze methode wordt gebruik gemaakt van een afstemcondensator met voor elke kring een dubbel stel pakketten. Een stel daarvan heeft de normale platenvorm; het tweede stel heeft platen met een speciale vorm. Voor de ontvangst van lange- en middengolfzenders wordt het normale platenstel gebruikt; bij ontvangst van kortegolfzenders wordt het tweede platenstel voor de afstemming gebruikt. Fig. 8 geeft aan hoe de vorm daarvan is. Door de uitsparingen in de rotorplaten wordt in de gebieden I en II een kleine capaciteitsvariatie bereikt en zal hier dus bandspreiding optreden. De uitsparingen worden nu zo gemaakt dat juist in de omroepbanden van het K.G. gebied bandspreiding optreedt.

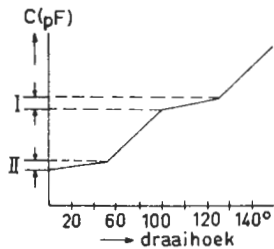
In fig. 9 is de capaciteitsvariatie in afhankelijkheid van de draaihoek van de condensator grafisch uitgezet. Hieruit is duidelijk te zien dat in de gebieden I en II een kleine capaciteitsvariatie optreedt bij een relatief grote draaihoek van de condensator.



Speciale platenvorm van de afstemcondensator voor het verkrijgen van bandspreiding. A - draaibare platen; B - vaste platen. I en II-gebieden waar bandspreiding wordt verkregen.

Capaciteitsvariatie van de speciale condensator (fig.8) in afhankelijkheid van de draaihoek van de condensator.

Fig. 9



106. Ontvanger met bandspreiding

Bij de ontvanger die we nu willen bespreken, wordt de bandspreiding door serie- en parallelschakeling van condensatoren verkregen. In fig. 10 is het schema tot en met het eerste M.F. bandfilter getekend. In fig. 11 zijn nog eens separaat aangegeven welke onderdelen in bedrijf zijn voor de frequentiebereiken KG 2a tot en met KG 2d. De H.F. kringen (roosterkring B1 en roosterkring B2) zijn uitgevoerd, zoals in fig. 7 is aangegeven.

Bij de oscillatorschakeling vinden we nog twee afwijkingen ten opzichte van de, in de vorige lessen aangegeven, schakelingen. Deze afwijkingen zijn:

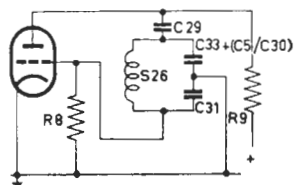
1. Voor de frequentiebereiken KG 2a t/m KG 2c is de oscillator geschakeld volgens het Colpittsschema.
2. Parallel aan de oscillatorkring vinden we de zelfinductie S29 respectievelijk S30 geschakeld.

We willen deze twee punten eens nader beschouwen.

1. De Colpittsschakeling .

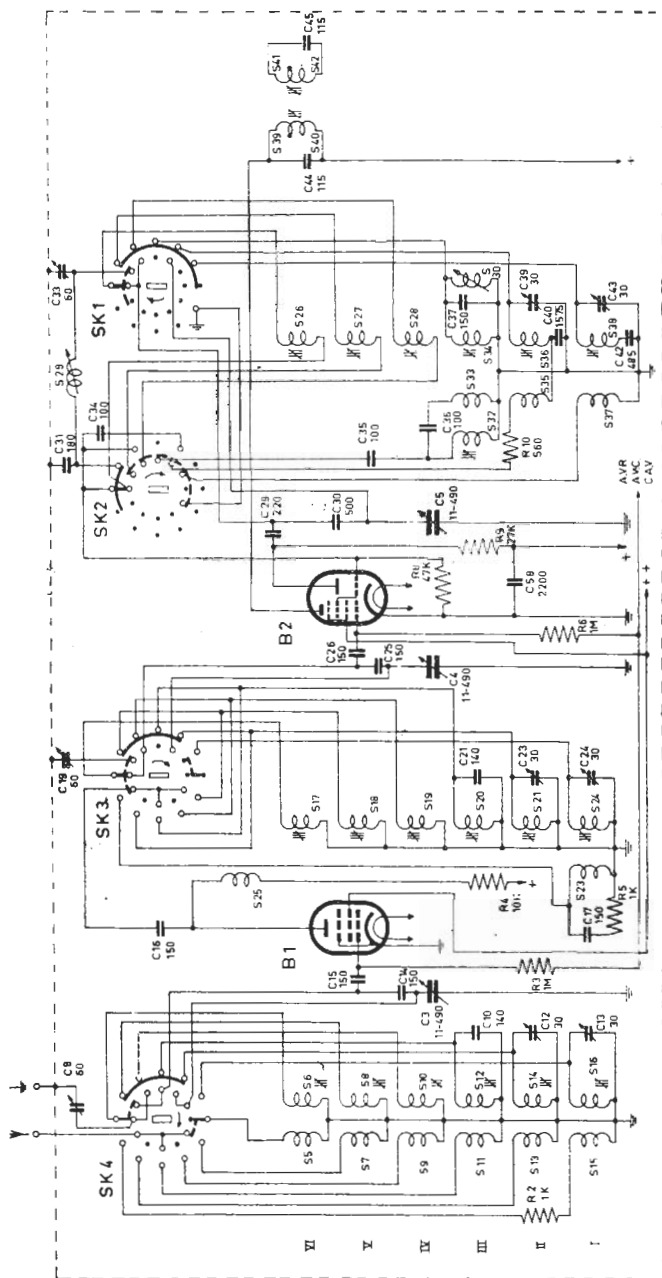
In fig. 12 is de oscillatorschakeling voor het frequentiebereik 27,3 - 17,6 MHz (K.G. 2a) vereenvoudigd getekend. (de functie van S29, die hierin is weggelaten, wordt onder punt 2 behandeld).

De werking van deze oscillatorschakeling is nog niet in deze cursus behandeld. Door vergelijking van deze schakeling met die van fig. 12 in les 21 (Hartley-schakeling), wordt de werking echter onmiddellijk duidelijk. Bij de Hartleyschakeling is de terugkoppeling door een aftakking op de spoel verkregen, bij de Colpitts-schakeling geschiedt dit capacitief.



De oscillatorschakeling voor het bereik KG 2a vereenvoudigd getekend.

Fig. 12



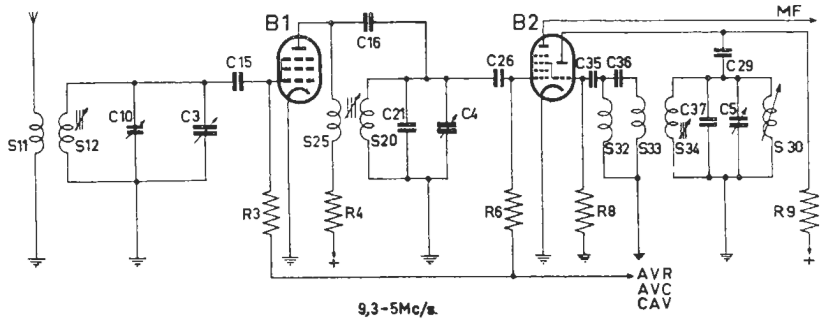
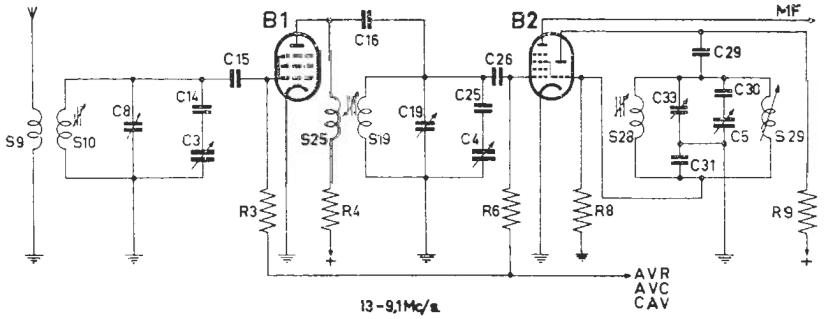
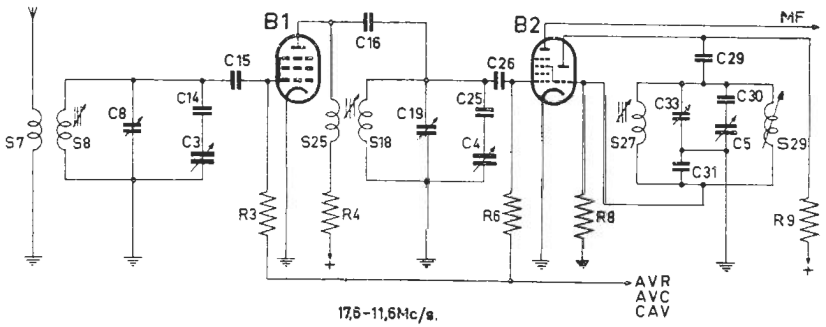
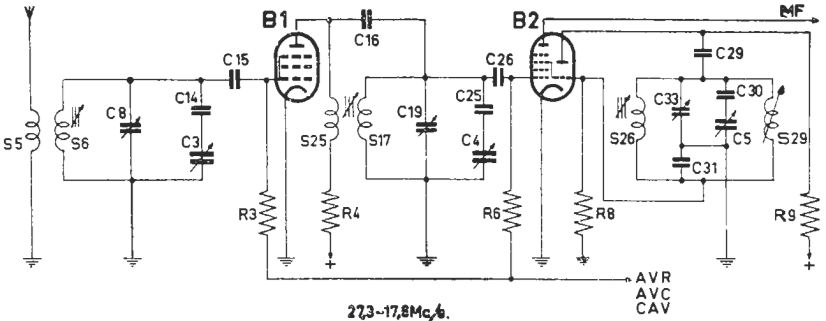
H.F.- en oscillatordeel van een ontvanger waarbij voor K.G. ontvangst bundspreiding is toegepast.

I	M.O.	185	- 580	m	(1622	- 517	kHz)
II	KG 3	60	- 187	m	(	5	+ 1.004 MHz)
III	KG 2d	32,25	- 60	m	(	9,3	- 5,0 MHz)
IV	KG 2c	23,07	- 32,96	m	(	13,0	- 9,1 MHz)
V	KG 2b	17,00	- 25,87	m	(	17,6	- 11,6 MHz)
VI	KG 2a	10,98	- 17,00	m	(	27,3	- 17,6 MHz)

Middelfrequentie 452 kilz

De schakelaar SK1 t/m SK4 is in de stand 2a getekend.

Fig. 10



H.F.- en oscillatorddeel van de ontvanger separaat getekend voor de golfbereiken KG 2a t/m KG 2d.

Fig. 11

De terugkoppeling wordt bepaald door de verhouding van C31 en de vervangingscapaciteit van C5, C30 en C33. Door variatie van C5 zal de terugkoppeling maar zeer weinig veranderen, daar de totale capaciteit van de afgestemde kring maar weinig varieert. Als bijzonderheid kan nog worden vermeld, dat C31 niet alleen deel van de afstemcapaciteit is, maar ook als roostercondensator voor het oscillatorrooster dienst doet.

2. Parallelschakeling van S29 resp. S30.

Door de serie- en parallelschakeling van condensatoren in de afstemkringen is reeds een behoorlijke bandspreiding verkregen, met als resultaat een gemakkelijker afstemmen op de K.G. bereiken. Toch is er soms nog behoefte aan een extra fijnregeling op de afstemming. In de ontvanger van fig. 10 wordt dat bereikt door parallelschakeling van een spoel, waarvan de zelfinductie kan worden gevarieerd door verschuiving van de kern. De totale zelfinductie van de afstemkring is nu gelijk aan de vervangingszelfinductie van de parallelschakeling van S29 resp. S30 en S26. Deze totale zelfinductie kan met een afzonderlijke bedieningsknop worden gevarieerd. Hierdoor wordt een extra fijninstelling van de oscillatorfrequentie verkregen.

SAMENVATTING

1. Automatische volumeregeling werd oorspronkelijk ingevoerd om de invloed van fading te compenseren.
2. Een tweede taak van de A.V.R. is het voorkomen van vervorming in de weergave bij ontvangst van sterke zenders.
3. Bandspreiding wordt toegepast om, op de K.G. omroepbanden, een gemakkelijker afstemmen van de zenders te verkrijgen.
4. Bij de besproken ontvanger wordt dit bereikt door een serie- en parallelschakeling van condensatoren in de afstemkringen.
5. Een extra fijnafstemming wordt nog verkregen door een kleine variatie van de zelfinductie van de oscillatorkring.
6. Bij de Colpitts-oscillator wordt de terugkoppeling door middel van een capacitieve aftakking op de kring verkregen.

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

1. Gegeven: Een radioapparaat waarvan het H.F. - en M.F. deel geschakeld zijn volgens fig. 1 van les 23.
De gebruiker brengt dit apparaat ter reparatie met de volgende klacht:
Totaal geen ontvangst op frequentiebereik I. Op de bereiken II en III is de ontvangst normaal. De fout is niet door buizenwisseling te verhelpen.
Gevraagd:
Welke onderdelen kunnen deze fout veroorzaken?
2. Gegeven: dezelfde ontvanger als in vraag 1. De klacht is nu: Zwakke ontvangst op bereik II; de plaats van de zenders op de afstemschaal is goed. Ontvangst op de bereiken I en III is normaal.
Gevraagd:
Welke onderdelen kunnen nu de fout veroorzaken?
3. Gegeven een ontvanger zoals in fig. 10 van deze les is aangegeven.
Gevraagd:
Teken de schakeling van het H.F. - en oscillatordeel voor het M.G. bereik (1622 - 517 kHz) en het bereik KG3 (5 - 1,604 MHz).

107. De voeding van het ontvangtoestel.

In les 12 hebben wij reeds vermeld dat, in verband met de verschillende soorten voedingsbronnen, verschillende buizenseries zijn ontwikkeld. Nu kan men de voeding onderscheiden in de gloeidraadvoeding en de anodevoeding (die tevens de schermroostervoeding is). Wij kunnen nu de voedingen in de volgende belangrijkste groepen verdelen:

	Gloeidraadvoeding	Anodevoeding
a. Wisselstroomvoeding	Wisselstroom	Gelijkgerichte wisselspanning
b. Gelijksstroom/wisselstroomvoeding	Wisselstroom/gelijksstroom	Gelijkgerichte wisselspanning/gelijkspanning
c. Accuvoeding	Accu	Door middel van een triller opgewekte wisselspanning die daarna wordt gelijkgericht
d. Batterijvoeding	Batterij	Batterij
e. Batterij- en wisselstroomvoeding	Batterij of gelijkgerichte wisselstroom	Batterij of gelijkgerichte wisselspanning

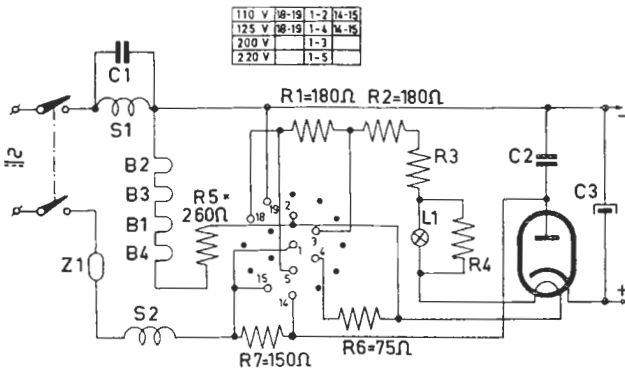
Wij willen thans eens nader op sommige van deze voedingen ingaan.

a. *Wisselstroomvoeding*

De wisselstroomvoeding hebben wij reeds uitvoerig behandeld in les 13 zodat wij hierop niet meer behoeven in te gaan.

b. *Gelijksstroom/wisselstroomvoeding*

De gelijksstroom/wisselstroomvoeding werd eveneens in les 13 in principe behandeld. Zoals wij in deze les hebben besproken, worden de



Schema van het voedingsgedeelte van een gelijkstroomontvanger. Hierin zijn R3 en R4 NTC-weerstanden.

*3 = ca 3000 ohm (koud)
ca 220 ohm (warm)
*4 = ca 10000 ohm (koud)
ca 250 ohm (warm)

Fig. 1

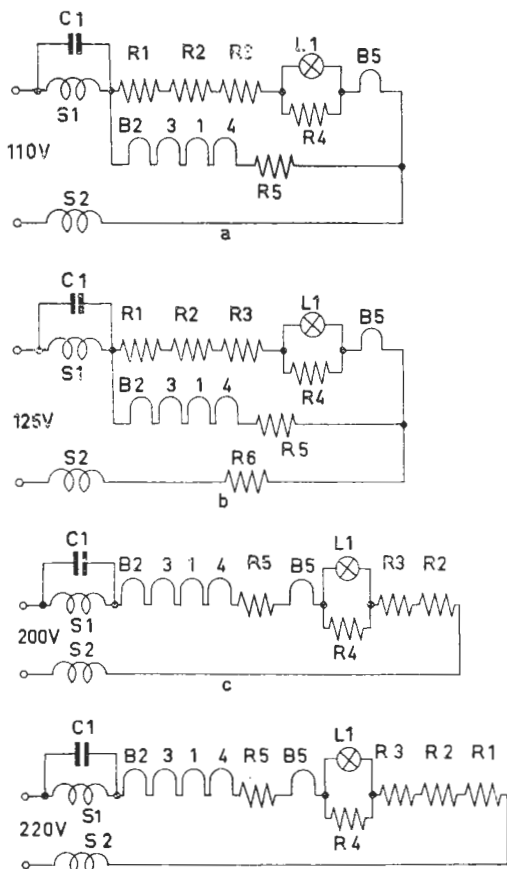
gloeidraden van de ontvangbuizen in serie geschakeld, meestal met een serieweerstand, waarvan de grootte afhankelijk is van de betreffende netspanning. Nu moet het moderne ontvangtoestel geschikt zijn voor verschillende netspanningen, die variëren tussen 110 V en 220 V. Tevens moet rekening worden gehouden met één of meer schaalverlichtingslampjes die eveneens in serie met de gloeidraadketen moeten worden opgenomen.

Bij een laagvoltnet (110 V en 125 V) is het dan niet mogelijk om alle gloeidraden met schaalverlichtingslampje en NTC weerstand in één tak te schakelen. Voor deze netspanning verdeelt men de gloeidraden over twee takken. Voor hoogvoltnetten (200 V en 220 V) worden deze takken in serie geschakeld zodat men dan één tak heeft.

In fig. 1 hebben wij als voorbeeld het schema van het voedingsgedeelte afgebeeld, zoals dit in vele ontvangers voorkomt. In fig. 2a t/m d hebben wij de schakeling van de gloeidraadketen apart getekend voor de verschillende netspanningen.

Zoals U hieruit ziet, heeft men voor 110 V en 125 V twee paralleltakken. In de ene tak zijn de gloeidraden van de ontvangbuizen opgenomen, in de andere tak de gloeidraad van de gelijkrichtbuis met het schaalverlichtingslampje en enige serieweerstanden. Hier van zijn de weerstanden R3 en R4 NTC-weerstanden, waarover wij reeds in les 13 hebben gesproken. (beperking van de inschakelstroomstoot).

Bij 200 V en 220 V worden alle gloeidraden, schaalverlichtingslampje en weerstanden in één tak in serie geschakeld.



Het schema van fig. 1 apart getekend voor de vier verschillende netspanningen.

Fig. 2

Deze omschakeling kan geschieden door middel van stripjes. In de moderne apparaten wordt de omschakeling uitgevoerd door middel van een zogenaamde spanningscarroussel die in de betreffende stand voor de juiste doorverbindingen en kortsluitingen van weerstanden zorgt. In het schema van fig. 1 ziet U verder dat in serie met de anode van de gelijkrichtbuis een weerstand R7 ingeschakeld wordt bij de netspanningen van 200 V en 220 V. Bij de netspanningen van 110 V en 125 V wordt deze weerstand kortgesloten.

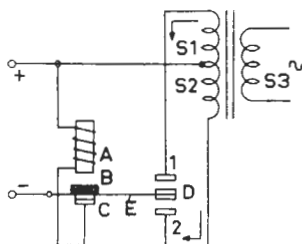
c. Accuvoeding

Bij de accuvoeding heeft men als voedingsbron een 6 V of 12 V auto-accu ter beschikking. Voor het verkrijgen van de hoogspanning voor de voeding van de anode (en schermrooster) maakt men gebruik van een vibrator of triller.

Het principe van de triller-omvormer willen wij aan de hand van fig. 3 verklaren. De triller bestaat uit een electromagneet A die

via het contact C en de trilarm E met de accu is verbonden. In rusttoestand van E loopt een stroom door de spoel van de electromagneet A; hierdoor wordt het anker B aangetrokken. Het anker B is echter verbonden met de trilarm E, zodat het contact D naar boven wordt bewogen en contact maakt met het punt 1. De stroom gaat nu vloeien van de + klem van de accu door de primaire wikkeling S1 van de transformator, de contacten 1 en D en de trilarm terug naar de - klem van de accu. Aangezien nu echter de stroomketen van de magneetspoel onderbroken is, trilt de verende trilarm E terug. Het trilcontact D zwaait door, waardoor nu het contact gesloten wordt tussen de punten D en 2. Nu loopt de stroom door de primaire wikkeling S2.

Aangezien de trilarm E steeds in trilling blijft door het aantrekken van het anker B door de electromagneet A en het loslaten ervan, zal er beurtelings een stroom door S1 en S2 lopen. Er wordt dientengevolge een wisselend magnetisch veld in de kern van de transformator opgewekt, waardoor in de secundaire wikkeling S3 een wisselspanning wordt geïnduceerd. Door een juiste keuze van de wikkelingsverhouding van de transformator kan deze spanning op de gewenste hoge waarde worden gebracht. Men had oorspronkelijk een gelijkspanning van de accu; het resultaat is een wisselspanning. De gelijkspanning is dus omgevormd in een wisselspanning; vandaar de naam triller-omvormer. Hieraan is het te danken, dat voor voeding van het ontvangtoestel een 6 V of 12 V accu kan worden gebruikt, terwijl men toch aan de secun-



Principeschema van een triller of vibrator zonder gelijkrichter.

A = electromagneet

B = anker

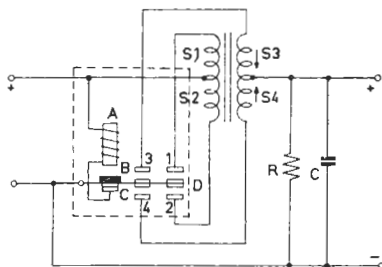
C = primair contact

D = trilcontact dat beurtelings verbinding maakt met de contactpunten 1 en 2.

E = trilarm

Fig. 3

daire wikkeling van de transformator over wisselspanning van b.v. 250 V beschikt. Deze spanning kan men op normale wijze met behulp van een gelijkrichtbuis gelijkrichten. Bij een triller beschikt men echter over een eenvoudige mogelijkheid om deze gelijkrichting, door het aanbrengen van een tweede stel contacten, automatisch door de triller zelf te laten verrichten. Men verkrijgt dan het schema van fig. 4. De punten 3 en 4 zijn in dit schema het extra stel contacten, die synchroon (d.w.z. gelijk) met de contacten 1 en 2 gesloten en geopend worden. Op deze wijze zal door S3 en S4 via de belastingsweerstand R beurtelings een stroom in de pijlrichting lopen. Hieruit volgt dat tussen de middenaftakking van de secundaire wikkeling en de - leiding een pulserende gelijkspanning ontstaat, die na afvlakking door middel van condensatoren in combinatie met een spoel of een weerstand geschikt is, om voor



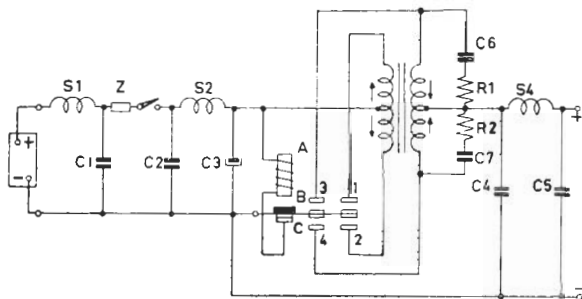
Schema van een synchroontriller. Hierin zorgen de contacten 3 en 4 voor de gelijkrichting van de wisselspanning over de transformatorwikkeling S3-S4.

Fig. 4

de voeding van de verschillende electroden te worden gebruikt. (Een bijzonderheid van deze schakeling is dat de middenaftakking van de secundaire wikkeling van de transformator in dit geval de positieve pool is van de gelijkgerichte spanning. In het voedingsgedeelte van een wisselstroomontvanger is deze middenaftakking daarentegen de negatieve pool van de gelijkgerichte spanning). Aangezien in de magneetspoel en in de transformatorwikkeling een bepaalde hoeveelheid magnetische energie wordt gebracht, die steeds plotseling wordt onderbroken, treden bij het sluiten en het verbreken van de contacten hoge spanningen op, die aanleiding geven tot vonkvorming aan de contacten. Door deze vonkvorming wordt de levensduur van de contacten schadelijk beïnvloed, terwijl bovendien hinderlijke radiostoringen worden opgewekt. Om de schadelijke invloed van deze vonkvorming te voorkomen, schakelt men over de secundaire wikkeling van de transformator RC-filters. Zij dempen als het ware de ontlading. Ter voorkoming van de radiostoringen worden in de toevoerleiding en de uitgangsleiding van de vibrator een ontstoringsfilters opgenomen. Op deze wijze ontstaat het schema van fig. 5, dat gelijk is aan fig. 4 aangevuld met de ontstoringsfilters, de dempingsweerstand en condensatoren.

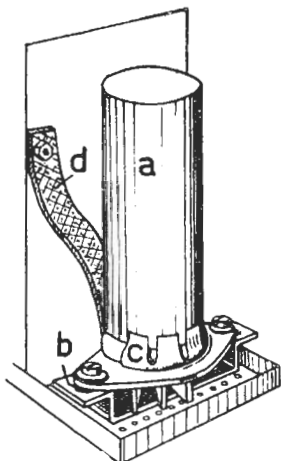
Voor de ontstoring is het tevens belangrijk dat het gehele trillergedeelte deugdelijk wordt afgeschermd en de afscherming wordt geaard. De triller (in fig. 4 is het trillergedeelte omlijnd) wordt daarom dikwijls door middel van speciale aardveren geaard (zie fig. 6). In fig. 7 is nog het binnenwerk van een synchroontriller afgebeeld; de letters bij deze tekening corresponderen met die van fig. 4.

Men onderscheidt de trillers in:



Schema vaneen trillereenheid met synchroonvibrator. R1-C8 en R2-C7 zijn dempingsfilters ter vermindering van het effect vande vonkvorming. C2-S2-C3en C4-S4 zijn ontstoringsfilters. S1-C1 is een ontstoringsfilter dat opgenomen is in de verbindingsleiding van de accu met de trillereenheid.

Fig. 5



Schets van een triller met aardvoeren.

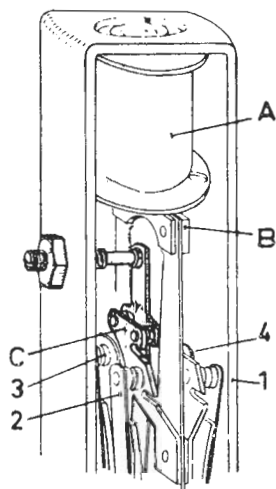
a = triller in bus

b = rubber tuies voor verende opstelling

c = speciale veren voor aardcontact

d = speciale soepele aardverbinding.

Fig. 6



Het binnenwerk van een synchroonvibrator. De letters en cijfers corresponderen met die van Fig. 4.

Fig. 7

1. Laagvolt-trillers

2. Hoogvolt-trillers

De laagvolt-trillers worden gebruikt met een 6 V of 12 V accu. Een voorbeeld van deze toepassing vindt men in de autoradio en in de normale ontvangoestellen die door middel van een autoaccu kunnen

worden gevoed. In dergelijke ontvangers worden ontvangbuizen gebruikt met een gloeispanning van 6,3 V. Bij een 6 V accu kunnen de gloeidraden dan direct op de accu worden aangesloten; zij worden dus parallel geschakeld. Bij een 12 V accu moeten de gloeidraden twee aan twee in serie geschakeld worden (zie b.v. fig. 9 in les 12). Bij de triller moet men eveneens met deze twee accuspanningen rekening houden. Men heeft trillers waarbij de magneetspoel met een aftakking is voorzien; in andere apparaten heeft men aparte trillers voor 6 V en voor 12 V.

De hoogvolt-trillers worden gebruikt om bepaalde ontvangtoestellen voor wisselstroomvoeding op een gelijkstroomnet te kunnen aansluiten.* Deze trillers worden in zogenaamde trillereenheden geleverd die zodanig zijn uitgevoerd, dat zij op eenvoudige wijze in de kast van het wisselstroomapparaat kunnen worden aangebracht.

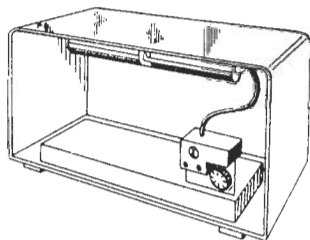
Het schema van een dergelijke trillereenheid verschilt wel enigszins met dat van fig. 4. Hierin ontbreken o.a. de transformator en het tweede stel contacten. In dit geval wordt namelijk de nettransformator van het ontvangtoestel gebruikt en heeft de gelijkrichting door middel van de gelijkrichtbuis van het ontvangtoestel plaats. Hoewel in de trillereenheden reeds alle maatregelen voor de ontstoring zijn getroffen, dient men bij gebruik van deze trillereenheden steeds alle voorzorgsmaatregelen betreffende afschermingen goede aarding in acht te nemen.

d. Batterijvoeding

Voor de batterijvoeding worden droge batterijen gebruikt. Soms neemt men een aparte batterij van 67,5 - 90 V voor de anode - en schermroosterspanning en een batterij van 1,5 V voor de gloeispanning. Er worden ook gecombineerde batterijen gebruikt met een 4-polige aansluiting, waarvan zowel de anode - als de gloeispanning wordt betrokken (zie fig. 14 in les 3).

e. Batterij- en wisselstroomvoeding

De moderne batterij-ontvangtoestellen zijn meestal tevens geschikt voor wisselstroomvoeding. Aangezien de batterijbuizen niet direct



Illustratie van de montage van een trillereenheid in een ontvangtoestel voor wisselstroomvoeding, waardoor het geheel kan worden aangesloten op een gelijkstroomnet.

Fig. 8

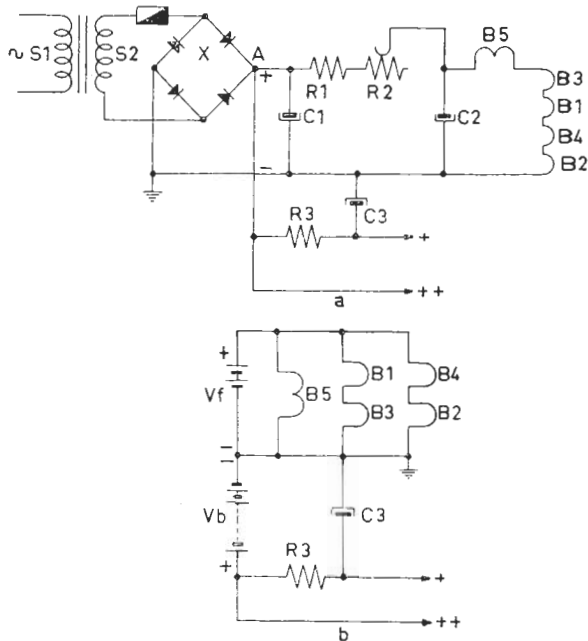
* Men zou kunnen opmerken dat deze oplossing veel oneconomischer is dan die van de gelijkstroom/wisselstroomontvanger van groep b. In dit ontvangertype heeft men echter bij een lage netspanning slechts een lage voedingsspanning ter beschikking, waardoor het moeilijker wordt een voldoende grote uitgangsenergie voor de luidspreker te verkrijgen. Vandaar dat in apparaten van de hoogste prijsklasse de oplossing met een trillereenheid is gekozen, waardoor ook bij een lage netspanning dezelfde uitgangsenergie wordt verkregen als bij aansluiting op een wisselspanning.

met wisselstroom mogen worden gevoed (zie les 12. paragraaf 59 B), moet de wisselspanning eerst worden gelijkgericht en daarna afgevlakt. Fig. 9a geeft een voorbeeld van de schakeling van een dergelijk voedingsgedeelte. De secundaire wisselspanning wordt door middel van 4 seleen-cellen in Graetzschakeling (zie les 11 paragraaf 58) dubbelfasig gelijkgericht. De pulserende gelijkspanning wordt daarna afgevlakt door het filter $C1 - R1 - R2 - C2$, zodat over $C2$ een praktisch zuivere gelijkspanning ontstaat.

De waarde van $R1 + R2$ wordt nu zo ingesteld dat de spanning over $C2$, dus over de in serie geschakelde gloeidraden, juist gelijk is aan de som van

de gloeispanningen (in fig. 9a b.v. $6 \times 1,35 \text{ V} = 8,1 \text{ V}$). Bij een spanning van 90 V over $C1$ moeten de weerstanden $R1 + R2$ een waarde van ca. 1640 Ohm hebben (bij een gloeistroom van 50 mA). Van punt A wordt verder via $R3 - C3$ als afvlakfilter de anodespanning voor de ontvangbuizen betrokken. Van de klem ++ wordt de anodespanning van de eindbuis afgenomen.

Voor batterijvoeding worden de gloeidraden omgeschakeld volgens het schema van fig. 9b. Nu staan de gloeidraden twee aan twee in serie en parallel, zodat de gloeispanningsbatterij V_f een spanning van 2,8 V ($= 2 \times 1,4 \text{ V}$) moet leveren. De anodespanning wordt nu van een aparte batterij betrokken.



a. Schema van het voedingsgedeelte van een ontvanger voor batterij- en wisselstroomvoeding, getekend voor wisselstroomvoeding
b. Hetzelfde voedingsgedeelte voor batterijvoeding.

Fig. 9

* De werking van een seleencel komt in principe overeen met die van een Germaniumdiode (zie les 11 paragraaf 56). Zij wordt veel gebruikt als gelijkrichter van wisselspanningen voor de voeding van ontvangtoestellen.

108. Afstemindicator

Zoals wij in les 19 hebben gezien, oefent de automatische versterkingsregeling (AVR) een regelende invloed uit op de H.F.- en M.F. versterking van de ontvanger. Bij het verstemen van het apparaat zal de AVR zich als het ware verzetten tegen het afnemen van de spanning over de kringen. Dit heeft tot gevolg dat het bij een ontvangtoestel, voorzien van AVR, moeilijker is op het gehoor precies af te stemmen. Men neemt geen scherp maximum in de geluidsterkte waar bij afstemming op een zender. Men zegt dan wel dat de afstemscherpte minder wordt.

Men voorziet daarom veel ontvangtoestellen van een optische (zichtbare) afstemmingsindicatie, waarmede men de juiste afstemming met het oog kan waarnemen. Voor deze optische afstemmingsindicatie zijn in de loop der jaren verschillende systemen toegepast. De meeste van deze systemen berusten op het feit, dat in afstemming de gelijkspanning over de belastingsweerstand in de diode - detectorkring maximaal is. Tevens is de anodestroom van de buizen die men met behulp van de AVR regelt, minimaal (in dat geval is immers negatieve regelspanning op het rooster van deze buizen maximaal).

Op dit laatste berustte één van de oude, veel gebruikte, indicatiesystemen, waarbij een mA-metertje in de anodeleiding van de M.F. buis wordt geschakeld. Voor de juiste afstemming geeft het metertje dan een minimum uitslag. Verschillende van deze mA-metertjes hadden een bijzondere uitvoering. Bij sommige van deze bewoog het draaispoeltje een plaatje in een lichtbundel, waardoor op een matglas een schaduw werd veroorzaakt waarvan de breedte afhankelijk was van de stand van het draaispoeltje.

De laatste 15 jaren past men hoofdzakelijk afstemmingsindicatie toe met een zogenaamde electronenstraal-indicatorbuis. Hiervan komen verscheidene uitvoeringen voor, waarvan wij er twee willen behandelen.

a. De afstemindicator, bekend onder de naam 'Magisch oog'

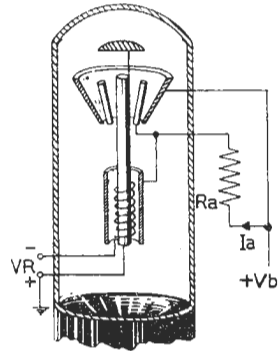
Hiertoe behoren o.a. de afstemindicatoren type EM4, EM34 en UM4. Het principe van deze buis is in fig. 10 voorgesteld. Zij bestaat in principe uit een triode plus een indicatorgedeelte. Het rooster van de triode wordt meestal verbonden met de belastingsweerstand in de detectorketen (AVR spanning). De gelijkspanning die bij afstemming over deze weerstand ontstaat, komt nu tussen het rooster en de kathode van de triode te staan, zodanig dat het rooster negatief is ten opzichte van de katnode. De anode van de triode is via een hoge weerstand (ca. 1 Megohm) verbonden met de positieve spanning van het voedingsgedeelte. Wanneer nu de roosterspanning verandert, verandert ook de anodestroom en dientengevolge de spanningsval in de anodeweerstand Ra. Van deze spanningsval wordt gebruik gemaakt om de eigenlijke indicatie te verkrijgen.

Rondom het bovenste gedeelte van de kathode bevindt zich een kegelvormige electrode. Van boven gezien kijkt men in de binnenzijde van de kegel die bedekt is met een fluorescerende stof (dit is een stof die oplicht, zodra hierop electronen terecht komen). De kegel, genoemd het fluorescentiescherm, wordt direct verbonden met de

positieve spanning van het voedingsgedeelte (Vb in fig. 10) en heeft dus een constante positieve spanning ten opzichte van de kathode. Als er verder geen sturende elektroden tussen dit scherm en de kathode aanwezig waren, zou het gehele oppervlak van het scherm oplichten door de er op vallende electronen. Nu bevinden zich echter tussen de kathode en het scherm enige staafjes, die met de anode van de triode zijn verbonden. Zij hebben dus een spanning ten opzichte van de kathode, die gelijk is aan:

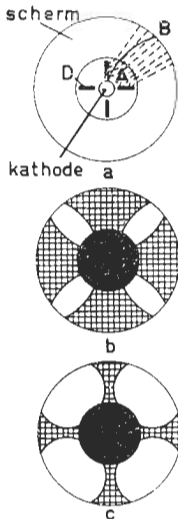
$$V_a = V_b - I_a \times R_a$$

De staafjes (afbuigstaafjes) hebben dus steeds een lagere spanning ten opzichte van de kathode dan het scherm. Men kan ook zeggen dat de afbuigstaafjes negatief zijn ten opzichte van het scherm. Dit heeft tot gevolg, dat deze staafjes een afbuigende invloed uitoefenen op de electronen die zich van de kathode naar het scherm begeven. Het zal duidelijk zijn dat deze afbuigende werking des te sterker is, naarmate het verschil in spanning tussen de staafjes en het scherm groter is. In fig. 11 wordt deze afbuigende



Principe van de electronenstraalafstemindicator.

Fig. 10



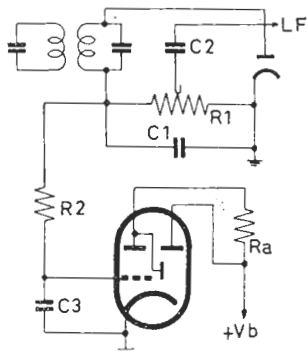
- a. Schematische voorstelling van de opstelling der elektroden in het indicatorgedeelte. Tussen de afbuigstaafjes D en de anode wordt een electrostatisch veld gevormd dat een afbuigende werking heeft op de electronen, die zich naar de anode begeven.
- b. Lichtbedekking van het fluorescentiescherm bij een lage negatieve spanning aan het rooster van het triodesysteem. De gearceerde gedeelten stellen de schaduwsectoren voor.
- c. Lichtbedekking van het fluorescentiescherm bij een hoge negatieve spanning aan het rooster van het triodesysteem. De gearceerde gedeelten stellen de schaduwsectoren voor.

Fig. 11

werking van de staafjes duidelijk geïllustreerd. In fig. 11a is de doorsnede van het indicatorgedeelte schematisch voorgesteld. Tussen de afbuigstaafjes D en het scherm is het electrostatisch veld door stippellijnen weergegeven. Dit veld heeft een afbuigende werking op de electronen die zich naar het scherm begeven. De lijn A-B geeft de baan van een electron als voorbeeld weer. In fig. 11b ziet men het beeld van de licht- en schaduwsectoren op het fluorescëntiescherm voor een lage negatieve spanning op het rooster. In fig. 11c vindt men hetzelfde beeld voor een hoge negatieve spanning aan het rooster van het triodedeel.

In fig. 12 is een compleet principeschema van de detectortrap plus afstemindicator aangegeven. In dit schema is het rooster van de afstemindicator niet onmiddellijk verbonden met de belastingsweerstand R1 van de detector. Er bevindt zich nog een filter (R2 - C3) tussengeschakeld dat tot doel heeft de L.F. wisselspanning (modulatie), die zich eveneens over de weerstand R1 bevindt, uit te filteren. Zonder dit filter zou geen scherpe indicatie op het 'magisch oog' worden verkregen.

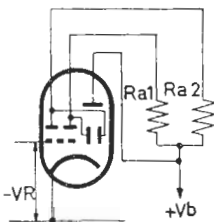
Tegenwoordig wordt noodzakelijk gebruik gemaakt van een afstemindicator die twee verschillende gevoelheden bezit (de EM 34 voor wisselstroomvoeding en UM 4 voor gelijkstroom/wisselstroomvoeding). Hierbij is het enkele triodesysteem vervangen door twee triodesystemen met verschillende versterkingsfactor. De twee anoden van deze triodesystemen zijn elk verbonden met één van de twee afbuigstaafjes van het



Principeschema van de detectortrap plus afstemindicator.

Fig. 12

indicatorgedeelte (zie fig. 13 en 14). De anoden worden weer via serieweerstanden van 1 à 2 Megohm met de positieve gelijkspanning van het voedingsgedeelte verbonden. De twee trioden worden beide door de negatieve gelijkspanning aan het rooster gestuurd. Het triodegedeelte met de grootste versterkingsfactor zal reeds bij een vrij geringe negatieve spanning een zodanige invloed hebben op het indicatorgedeelte, dat de ene helft 'dicht zit' bij een vrij kleine spanning. Het andere triodegedeelte met de kleinste versterkingsfactor begint pas in werking te treden als de negatieve spanning aan het rooster betrekkelijk groot is, dus bij ontvangst van sterkere antennesignalen. Op deze wijze geeft de afstemindicator zowel bij ontvangst van zwakke zenders als van sterke zenders een duidelijke indicatie. De EM 34 en UM 4 worden zo in het ontvangtoestel opgesteld dat men het beeld van fig. 15 ziet door een opening in de kast. De aansluiting van deze buizen geschiedt door middel van een buisvoet van het Octaltype.



Principeschema van de afstemindicator EM34.

Fig. 13

antennesignalen. Op deze wijze geeft de afstemindicator zowel bij ontvangst van zwakke zenders als van sterke zenders een duidelijke indicatie. De EM 34 en UM 4 worden zo in het ontvangtoestel opgesteld dat men het beeld van fig. 15 ziet door een opening in de kast. De aansluiting van deze buizen geschiedt door middel van een buisvoet van het Octaltype.

Constructie van de afstemindicator EM34.

a = Gloeidraad

b = Kathode

c = Stuurrooster van beide triodesystemen

d = Anode van het triodesysteem met een grote versterkingsfactor

e = Anode van het triodesysteem met een kleine versterkingsfactor

f = Afbuigstaafje van het systeem met kleine gevoeligheid

g = Afbuigstaafje van het systeem met grote gevoeligheid

h = Fluorescentiescherm

i = Beschermkapje tegen het kathodelicht

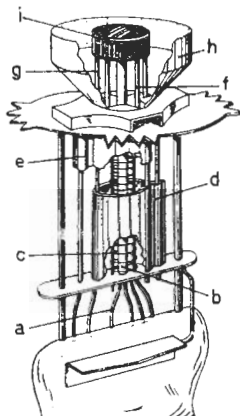


Fig. 14

b. De afstemindicator DM 71

Deze indicator, die sinds korte tijd in ontvangoestellen wordt gebruikt, heeft een zeer eenvoudige constructie. Het was daarom mogelijk dit buisje in de ballon van een subminiaturbuis onder te brengen (diameter ca. 10 mm, lengte ca. 25 mm). Deze indicator bestaat uit een triodesysteem: een direct verhitte gloeidraad voor een gloeispanning van 1,25 V (gloeistroom 25 mA), een stuurrooster in de vorm van een metalen plaatje waarin een opening is uitgespaard in de vorm van een uitroepteken en een anode die bedekt is met een fluorescerend materiaal. Fig. 16 toont een afbeelding van dit buisje, terwijl in fig. 17 het principeschema is weergegeven.



Voorstelling van de schaduw- en lichtsectoren op het scherm van de EM34.

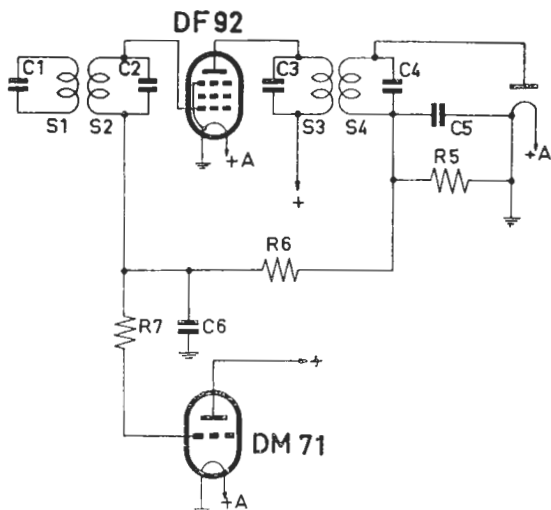
Fig. 15

Als het rooster geen negatieve spanning ten opzichte van de gloeidraad heeft, zullen alle electronen van de gloeidraad naar de anode gaan en zal de anode oplichten. Dit is dan zichtbaar door de opening in het roosterplaatje. Zodra het rooster negatief wordt, zal een gedeelte van de electronen niet meer op de anode terecht komen en zal dus een kleiner gedeelte van de anode oplichten. De onderdrukking van de electronenstraal zal in de eerste plaats in het smalste gedeelte van de opening in het roosterplaatje geschieden (in B in fig. 18). Naarmate het rooster meer negatief



Afbeelding van de afstem indicator DM 71.

Fig. 16



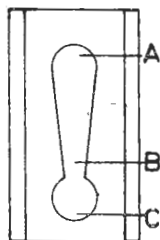
Principeschema van de M.F. trap plus detectortrap en de afstemindicator DM 71.

Fig. 17

wordt, zullen steeds meer elektroden de pas afgesneden worden, waardoor het oplichtende deel van de anode, gezien door het rooster, steeds kleiner wordt. Tenslotte zal het oplichten van de anode alleen op de punten A en C zichtbaar zijn. In fig. 17 vormen R6 en C6 weer een ontkoppelfilter voor de L.P. spanningen over R5.

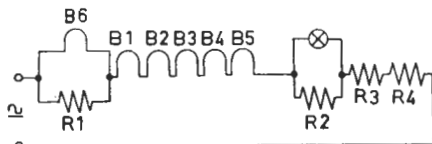
Hoewel de DM 71 door haar constructie een batterijbuis is, kan zij ook worden gebruikt in apparaten voor wisselstroom- en gelijkstroom/wisselstroomvoeding. In fig. 19 is een schema afgebeeld, waarin de DM 71 is opgenomen in de gloeistroomketen van een gelijkstroom/wisselstroomontvanger.

Gewoonlijk monteert men de DM 71 zodanig dat zij in haar lengte voor een opening in de kast komt. Het is echter ook mogelijk dit type zo te monteren dat het in de plaats van de stationswijzer van de namenschaal gebruikt wordt. Beide uitvoeringen komen in de apparaten voor.



Tekening van het plaatvormigestuurrooster uit de DM 71 met de opening in de vorm van een uitroepteken.

Fig. 18



Schema van het voedingsgedeelte van een gelijkstroom/wisselstroomontvanger, waarin de afstemindicator DM 71 (B6) in de gloeistroomketen is opgenomen.

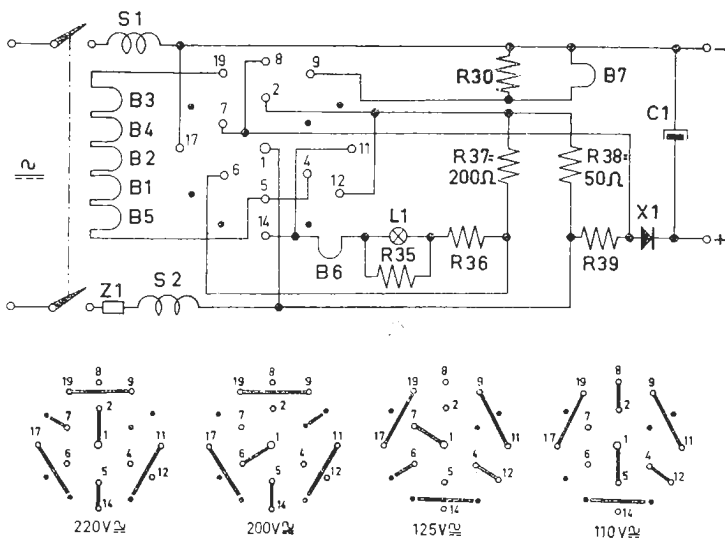
Fig. 19

SAMENVATTING

1. In gelijkstroom/wisselstroomtoestellen bestaat de gloeidraadketen bij aansluiting op laagvoltnetten gewoonlijk uit twee takken, voor hoogvoltnetten uit één tak. In deze takken zijn opgenomen de gloeidraden van de ontvanger en gelijkrichtbuizen, één of meer schaalverlichtingslampjes en één of meer serieweerstanden.
2. De omschakeling van de paralleltakken in een serietak geschiedt meestal door middel van een zogenaamde spanningscarrousel.
3. Bij voeding van het ontvangtoestel uit een 6 V of 12 V accu maakt men gebruik van een trilleromvormer (of vibrator). Deze triller vormt de gelijkspanning om in wisselspanning, waarna deze wisselspanning door middel van een transformator op de gewenste waarde wordt gebracht.
4. Door het aanbrengen van een extra stel trilcontacten wordt deze wisselspanning automatisch gelijkgericht. Men noemt een dergelijke triller een synchroontriller.
5. Omde aansluiting van bepaalde wisselstroomapparaten op een gelijkstroomnet mogelijk te maken, gebruikt men de hoogvolt-triller.
6. In verband met de nivellerende werking van de AVR op de afstemscherpte past men in vele ontvangtoestellen optische afstemmingsindicatie toe.
7. Men onderscheidt thans hoofdzakelijk twee typen afstemindicatoren:
 - a. het 'magisch oog', dat uit één of twee triodesystemen en een apart indicator-gedeelte bestaat.
 - b. een eenvoudige indicator die uit een triodeconstructie bestaat, waarvan de anode met een fluorescerend materiaal is bedekt. Het rooster bestaat uit een plaatje waarin een opening in de vorm van een uitroepteken is aangebracht.

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

1. Onderstaand schema stelt het voedingsgedeelte voor van een ontvanger voor gelijkstroom/wisselstroomvoeding. Hierin ziet U tevens de gloeidraad-voeding voor de optische indicator DM 71 (B7) opgenomen. Teken dit schema apart voor de verschillende voedingsspanningen (110 V, 125 V, 200 V en 220 V).



2. De gloeidraden in bovengenoemd schema nemen 100 mA gloeistroom; de gloeidraad van de afstemindicator DM 71 neemt echter slechts 25 mA gloeistroom bij een gloeispanning van 1,25 V. Hoe groot moet de weerstand R38 zijn? Voor welk vermogen moet de weerstand R30 zijn?
3. Wat bemerkt men als in het ontvangtoestel, uitgerust met een voedingsgedeelte zoals in vraag 1 is aangegeven, in de schakeling voor 110 V de weerstand R36 doorbrandt? Wat zou er gebeuren als men deze NTC weerstand verving door een normale koolweerstand van dezelfde waarde?

109. De Toongenerator

Tot nu toe zijn de volgende meetapparaten die in de Service Werkplaats worden gebruikt, behandeld:

1. Het universeel meetapparaat (Les 20, Par. 90)
2. De meetbrug (Les 20, Par. 91)
3. De Service-oscillator (Les 18)
4. De buisvoltmeter (Les 22).

Bij deze apparaten missen wij nog een LF generator voor het opwekken van een LF spanning, waarvan de frequentie naar wens kan worden gevarieerd.

Wij kunnen ons nu afvragen, of het nodig is een dergelijk apparaat aan het instrumentarium toe te voegen. Met de hierboven genoemde apparaten kunnen wij toch iedere fout in een ontvang-toestel of LF versterker opsporen? Inderdaad is dit mogelijk, maar bij bepaalde fouten zullen wij merken, dat we dan dikwijls veel tijd nodig hebben, om die fout te ontdekken. Hebben wij nu de beschikking over een toongenerator, dan kunnen we tijd sparen. Ter illustratie enige voorbeelden, waarbij dit het geval is.

- a. Een ontvangtoestel geeft zo nu en dan een ritselend bijgeluid. Dit kan worden veroorzaakt door:
 1. Een losgeraakt onderdeel van de kast of het chassis dat door de geluidstrillingen in beweging wordt gebracht.
 2. De luidspreker zelf. Deze ritsel treedt alleen op bij bepaalde frequenties en zal dus bij weergave van spraak of muziek zeer onregelmatig voorkomen.

Als men naar de muziek luisterend, de oorzaak van het ritselen wil opsporen, kost dit veel tijd. Is nu een toongenerator beschikbaar, dan kunnen we aan het te onderzoeken apparaat een constant signaal toevoeren, waarvan we de frequentie kunnen variëren. De frequentie wordt dan zo ingesteld, dat dezelfde ritsel hoorbaar is (deze ritsel blijft nu constant aanwezig); de oorzaak kan daarna vlot opgespoord worden.

- b. Afwijkingen van de frequentie-karakteristiek, waardoor een slechte weergave ontstaat (te veel lage of hoge tonen). Dit wordt dikwijls veroorzaakt door fouten in de LF tegenkoppeling. Hierbij zullen geen veranderingen in de stromen en/of spanningen in de schakeling optreden. Met het universeel meetapparaat kan de fout slechts langs een omweg worden bepaald (het nameten van alle weerstanden en condensatoren van de schakeling).

Een toongenerator moet nu aan de volgende eisen voldoen, opdat het voor de Service bruikbaar is:

1. Frequentiebereik van circa 30 Hz tot circa 16 kHz.
Dit frequentiebereik moet het hoorbare gebied omvatten.
2. Geringe vervorming van de afgegeven spanning.
Wanneer dit niet zo is, kunnen we een LF versterker niet op vervorming controleren.
3. Constantheid van de afgegeven spanning.
De amplitude van de afgegeven spanning moet vrijwel constant zijn over het gehele frequentie-gebied. Dit geeft veel gemak bij het meten van LF versterkers, b.v. voor het opnemen van de frequentie-karakteristiek.

110. De Philips Toongenerator GM 2307

Onder het typenummer GM 2307 wordt door Philips een toongenerator in de handel gebracht die ruimschoots aan bovengenoemde eisen voldoet. De mogelijkheden van dit apparaat zijn:

Frequentiebereik: 30 tot 16000 Hz.

Afleenauwkeurigheid: Tussen 200 en 16000 Hz $\pm 1\%$
Tussen 30 en 200 Hz beter dan 2 Hz.

Uitgangsspanning: Regelbaar van 0 tot 15 V (bij aanpassing op 1000 Ω)
Over het gehele frequentiegebied constant binnen $\pm 2\frac{1}{2}\%$.

Bij een netspanningsvariatie van 10% verandert de uitgangsspanning 2%.

Vervorming: Voor 200 Hz en hoger: kleiner dan 1%.

Voor 30 Hz: kleiner dan 3%.

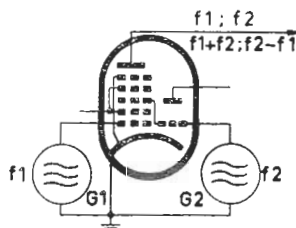
Aanpassingsmogelijkheid: Door een omschakelaar kan de eindtrap worden omgeschakeld voor verschillende belastingen.

Nul-instelling: Met behulp van een afstemindicator kan de frequentie van de toongenerator worden geijkt.

We willen nu eens bekijken hoe de GM 2307 is opgebouwd. We zullen ons hierbij beperken tot een globale behandeling, daar een volledige beschrijving voor ons doel te ver zou voeren. Het is in de eerste plaats belangrijk, zoveel van het apparaat te weten, dat we er vlot mee kunnen werken (we zouden ook kunnen zeggen, dat de diverse bedieningsknoppen geen raadsels meer zijn).

De toongenerator GM 2307 berust op het principe van frequentie-transformatie, zoals we dat bij de superheterodyne-ontvanger hebben leren kennen. (zie les 21). In fig. 1 is nogmaals het principe van een mengtrap weergegeven. We weten uit les 21 dat in de anodeleiding van de mengbuis wisselstromen met de frequenties f_1 , f_2 , $f_1 + f_2$ en $f_2 - f_1$ ontstaan. We kiezen nu de frequenties f_1 en f_2 zodanig, dat hun verschil ($f_2 - f_1$) in het LF gebied valt. Zorgen we ervoor dat op de een of andere manier de frequenties f_1 , f_2 en $f_1 + f_2$ (die alle in het HF gebied vallen) verdwijnen, dan houden we een wisselstroom over, die we voor ons doel kunnen gebruiken. Maken we de frequenties van een der beide HF generatoren variabel, dan kunnen we daarmee tevens de frequentie van deze LF wisselstroom naar wens variëren.

Men zal zich wellicht afvragen waarom het LF signaal langs deze indirecte weg wordt opgewekt en waarom niet zonder meer een normale generator-schakeling gebruikt wordt (b.v. zoals in fig. 5 in les 17 is afgebeeld), waarbij de L en C van de afstemkring zo groot gemaakt worden dat direct een LF signaal wordt verkregen. Dit is inderdaad mogelijk, maar heeft de volgende bezwaren:

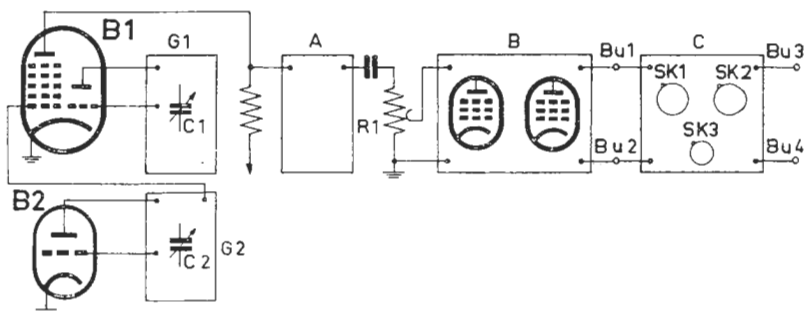


Principe van een mengschakeling. G1 en G2 zijn HF-generatoren waarvan de frequenties f_1 en f_2 zijn.

Fig. 1

1. Voor deze lage frequenties zijn grote waarden van L en C nodig d.w.z. kostbare onderdelen.
2. Uit les 10, par. 54 weten we, dat de verhouding van de maximum tot de minimum capaciteit van de gehele afstemkring in het algemeen niet groter dan 10 à 15 kan worden gemaakt. In ons geval (grote spoelen met grote eigencapaciteit) zal deze verhouding nog lager liggen, b.v. ca. 9. De verhouding van maximale tot minimale frequentie wordt dan 3. Het genoemde frequentie-gebied van 30 - 16000 Hz moet dan worden verdeeld in 6 bereiken, hetgeen een gecompliceerde (dus dure) omschakelaar noodzakelijk maakt.
3. Het is vrijwel onmogelijk, bij een capaciteits-variatie van 9:1, een redelijk constante wisselspanning te verkrijgen.

Deze bezwaren ontmoeten we niet bij toepassing van het superheterodyne principe, zodat deze ogenschijnlijk ingewikkelde oplossing toch beter (en goedkoper) tot ons doel voert.



Blokschema van de toongenerator GM 2307

- G1 en G2 - HF oscillatoren
- A - Laagdoorlaatfilter
- B - Tweetraps LF versterker
- C - Aanpassingseenheid
- R1 - Regelpotentiometer met gelijkte schaal.

Fig. 2

In fig. 2 is het schema van de GM 2307 in blokvorm weergegeven. We zullen nu verschillende onderdelen successievelijk behandelen.

HF Generatoren G1 en G2

Van beide HF generatoren kan de frequentie met behulp van de afstemcondensatoren C1 en C2 worden gevarieerd. Door parallel- en serie-schakeling van condensatoren wordt in sterke mate bandspreiding verkregen (zie les 24, par 105). De frequentiebereiken van beide generatoren zijn:

G1 - 100 - 85 kHz en G2 - 100 - 101 kHz.

C1 is voorzien van een schaalverdeling van 0-15000 Hz; C2 heeft een schaalverdeling van 0-1000 Hz. Om de frequentie van de afgegeven LF spanning te bepalen, moeten we de aanwijzingen van C1 en C2 bij elkaar optellen.

Laagdoorlaatfilter A

Zoals we reeds hebben gezien, zijn, behalve de gewenste LF wisselstroom ook nog 3 stroomcomponenten met hoge frequentie in de anode leiding van B1 aanwezig. Om deze HF componenten kwijt te raken, is het laagdoorlaatfilter A tussengeschaakeld. Dit filter bestaat uit een combinatie van spoelen en condensatoren dat frequenties beneden ca. 70 kHz onverzwakt doorlaat; de frequenties hoger dan ca. 70 kHz worden echter tegengehouden. (Het lage deel van het frequentie-spectrum wordt door het filter A doorgelaten; vandaar de naam 'laagdoorlaatfilter'). Op deze wijze ontstaat over de potentiometer R1 alleen een LF spanning met de ingestelde frequentie.

Regelpotentiometer R1

Met de regelpotentiometer kunnen we de door de GM 2307 afgegeven wisselspanning van 0 tot maximum regelen. R1 is voorzien van een in volt gelijkte schaalverdeling. In de standen 'verzwakker' en '1000 Ω ' van de schakelaar SK1, geeft deze schaal de spanning aan die op de klemmen Bu1 en Bu2 aanwezig is (0-15 V)

LF Versterker B

De LF wisselspanning, afkomstig van R1, wordt in een tweetraps LF versterker versterkt. Door toepassing van LF tegenkoppeling (Les 23, par. 102) is de vervorming van de afgegeven spanning laag gehouden en de amplitude vrijwel constant over het gehele frequentie-gebied.

Aanpassingseenheid C

Hiermede kan de eindtrap van de GM 2307 worden aangepast aan verschillende uitwendige weerstandswaarden. Dit wordt bereikt met de omschakelaar SK1.

Deze schakelaar heeft hiertoe 6 standen:

*Stand *1* - Verzwakker ingeschakeld*

Normaal bedraagt de maximum ingangsspanning 15 V; deze spanning kan binnen 5% nauwkeurig op de schaalverdeling van de regelpotentiometer R1 worden afgelezen. Voor zeer nauwkeurige meting kan de ingangsspanning met behulp van de Philips elektronische voltmeter GM 6005 worden gemeten, door dit apparaat op de klemmen Bu1 en Bu2 aan te sluiten.

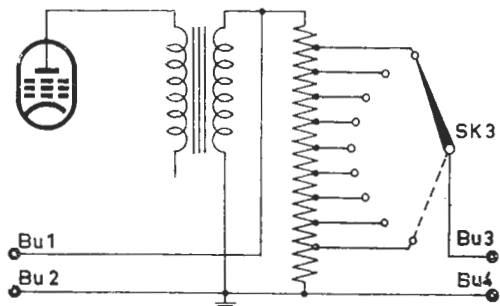
De uitgangsspanning van de verzwakker wordt van de klemmen Bu3 en Bu4 afgenomen. De over deze klemmen komende impedantie mag niet lager zijn dan 25000 Ω . De uitgangsspanning van de verzwakker kan met knop SK3 in 9 trappen worden geregeld en bedraagt, afhankelijk van de stand van deze knop: 1×10^{-1} , 3×10^{-1} , 10^{-1} , 3×10^{-2} , 10^{-2} , 3×10^{-3} , 10^{-3} , 3×10^{-4} respectievelijk 10^{-4} maal de ingangsspanning x).

Staat de omschakelknop SK 2 in de linker stand (*Asym*), dan zijn de ingangs- en uitgangsspanning van de verzwakker asymmetrisch t.o.v. aarde:

de aansluitklemmen Bu2 en Bu4 zijn in dat geval geaard. De hierbij ontstane schakeling van de eindtrap is in fig. 3 aangegeven.

Zet men de omschakelknop SK2 in de rechter stand (*Sym*), dan is de spanning van de verzwakker symmetrisch t.o.v. aarde:

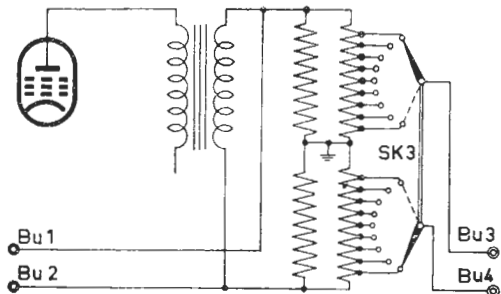
x) $10^{-1} = 0,1$; $10^{-2} = 0,01$; $10^{-3} = 0,001$ en $10^{-4} = 0,0001$.



Eindtrap van de GM 2307
 SK1 in stand *verzwakker*
 SK3 in stand *Asymmetrisch*.

Fig. 3

het elektrische midden van de verzwakker is in dat geval geaard. Geen van de 4 klemmen Bu1 t/m Bu4 mag nu worden geaard of met een punt worden verbonden, dat een vaste potentiaal tegen aarde heeft. De hierbij ontstane schakeling is in fig. 4 aangegeven.



Eindtrap van de GM 2307
 SK1 in stand *verzwakker*
 SK3 in stand *Symmetrisch*.

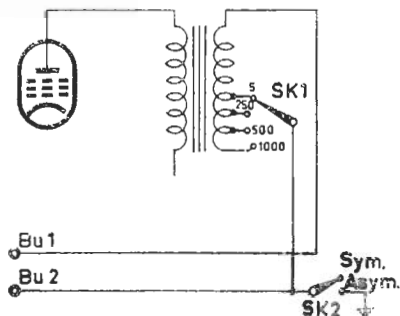
Fig. 4

Stand *2*, *3*, *4* en *5*. Uitgangsimpedantie 1000Ω , 500Ω , 250Ω resp. 5Ω

In deze standen van SK1 wordt de uitgangsspanning van de klemmen Bu1 en Bu2 afgenomen. De aansluitklemmen Bu3 en Bu4 zijn nu niet aangesloten.

De bij deze standen behorende belastingsweerstand moet hierbij tussen de klemmen Bu1 en Bu2 zijn aangesloten, daar anders vervorming van het LF signaal zou kunnen optreden.

De schakeling van de eindtrap is nu zoals aangegeven in fig. 5. De uitgangsspanning wordt met de regelpotentiometer R1 ingesteld. In stand *2* is de maximum uitgangsspanning, voor een belastingsweerstand van 1000Ω , 15 V. De uitgangsspanning kan van de schaal van R1 worden afgelezen. Voor de andere standen van SK1 dient deze aflezing met de volgende factoren te worden vermenigvuldigd:



Bindtrap van de GM 2307

SK1 in stand $\circ 1000\Omega$ $\circ 250\Omega$ $\circ 5\Omega$.

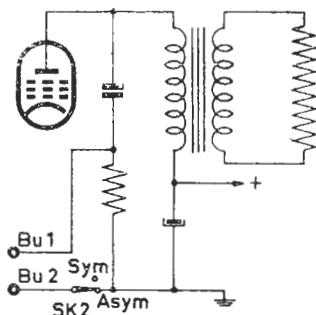
Fig. 5

Stand $\circ 3$ (500 Ω) : ca. 0,67

Stand $\circ 4$ (250 Ω) : ca. 0,45

Stand $\circ 5$ (5 Ω) : ca. 0,06

In de linker stand van knop SK2 (\circ Asym \circ) is de uitgangsspanning asymmetrisch t.o.v. aarde: klem Bu2 is in dat geval geaard. (zie fig. 5). In de rechter stand van knop SK2 (\circ Sym \circ) is de spanning-leverende wikkeling van de uitgangstransformator geheel vrij van aarde. Zowel klem Bu1 als Bu2 mag in dat geval worden geaard. Ook kan de wikkeling in een keten worden opgenomen die een vaste potentiaal van max. 100 V tegen aarde heeft.



Bindtrap van de GM 2307

SK1 in stand voor hoge uitgangsspanning.

Fig. 6

Stand $\circ 6$. Hoge uitgangsspanning

In deze stand van SK1 is de schakeling van de eindtrap als in fig. 6 is aangegeven. Knop SK2 moet hierbij in stand \circ Asym \circ staan. De spanning wordt weer van de aansluitklemmen Bu1 en Bu2 (aarde) afgenomen. De tussen deze klemmen aan te sluiten impedantie moet ca. 100.000 Ω bedragen. De uitgangsspanning wordt weer met de regelpotentiometer R1 ingesteld. De max. uitgangsspanning is nu ca. 50 V.

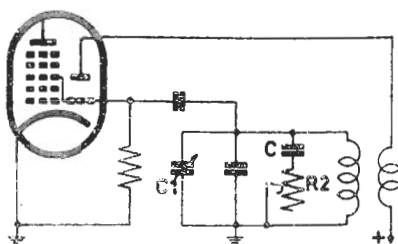
OPMERKING

Zoals uit de schema's van fig. 3, 4, 5 en 6 blijkt, zijn de uitgangsklemmen van de toongenerator in alle standen van de aanpassingsschakelaar SK1 voor gelijkstroom gesloten. Men mag deze klemmen dan ook

niet direct met 2 punten verbinden, waartussen een gelijkspanning staat; in zulk geval moeten scheidingscondensatoren van geschikte waarden worden tussengeschakeld.

Frequentie-ijking

Om een juiste frequentie-ijking, ook gedurende langere tijd, te kunnen garanderen, kan de frequentie van de HF generator G1 worden bijgesteld. Fig. 7 geeft hiervan een detailschema. Door variatie van R2 wordt de condensator in meer of mindere mate parallel aan de afstemkring geschakeld. Met R2 kan op deze wijze de frequentie van G1 een weinig worden gevarieerd. Bij de frequentie-ijking worden de schaalwijzers van C1 en C2 op nul gezet. In deze positie moet de frequentie van beide generatoren gelijk zijn. Met R2 wordt nu de frequentie van G1 precies gelijk gemaakt aan die van G2.

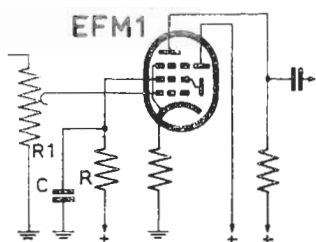


Detailschema van de HF generator G1.

Fig. 7

Nulindicatie

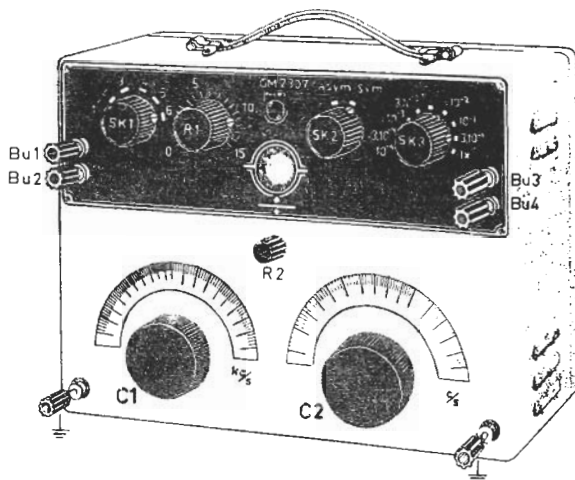
De bovengenoemde frequentie-ijking kunnen we niet op het gehoor doen, daar ons oor frequenties beneden ca. 15 Hz niet meer kan waarnemen. Daarom is in de GM 2307 een optische nulindicator ingebouwd. Hier voor wordt gebruik gemaakt van de eerste buis (EFM1) van de LF versterker B in fig. 2. Deze buis is een combinatie van een LF penthode en een afstemindicator. De werking hiervan zullen wij aan de hand van fig. 8 bekijken. De afbuigstaaftjes van de afstemindicator (zie les 25, par. 108) zijn in de EFM1 verbonden met het schermrooster van het penthode-deel. Wanneer de spanning aan het schermrooster verandert, zullen de lichtsectoren van de afstemindicator in breedte variëren. Voor frequenties van ca. 15 Hz en hoger is het schermrooster door middel van de condensator C voldoende ontkoppeld, zodat dan de spanning aan het schermrooster constant blijft. Wordt de frequentie van de aan het stuurrooster toegevoerde spanning lager, dan zal de schermroosterspanning steeds meer met de frequentie variëren. (De ontkoppeling van C wordt steeds minder; zie les 16 par. 74). We zien nu de lichtsectoren van de afstemindicator bewegen, totdat de frequentie van de aan het stuurrooster toegevoerde spanning nul is geworden; dan staan de lichtsectoren weer stil. Hierdoor is een zeer nauwkeurige indicatie van de frequentie gelijkheid van G1 en G2 verkregen.



Detailschema van de nulindicator.

Fig. 8

Fig. 9 geeft tenslotte een vooraanzicht van de GM 2307, waarop alle bedieningsknoppen en aansluitklemmen zijn aangegeven.



Vooreansicht van de GM 2307

C1 - Instelling frequentie bereik 0 - 15.000 Hz

C2 - Instelling frequentie bereik 0 - 1000 Hz

R1 - Regelpotentioneter

R2 - Frequentie-ijking

SK1 - Keuzeschakelaar voor de aanpassing

SK2 - Omschakelaar voor symmetrische of asymmetrische uitgangsspanning.

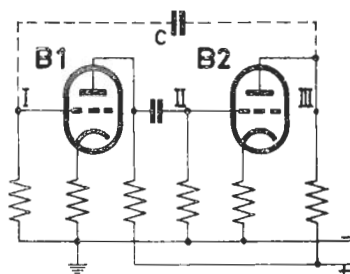
SK3 - Stappenverzwakker.

Fig. 9

111. De Philips Toongenerator GM 2315

Onder het typenummer GM 2315 wordt door Philips een eenvoudige toongenerator in de handel gebracht. Dit type heeft minder goede eigenschappen dan de GM 2307, doch is voor de Service Werkplaats nog zeer goed bruikbaar.

De schakeling is die van een zogenaamde RC-generator. Hoewel een volledige verklaring van deze schakeling te ver zou voeren, willen wij aan de hand van een paar figuren trachten een beeld van de werking te geven. Daartoe gaan wij uit van fig. 10. Wij nemen aan dat in punt I, dus aan het stuurrooster van B1, een wisselspanning aanwezig is. Uit les 23, par. 102 weten wij dat in punt II een wisselspanning ontstaat die met de spanning in punt I in tegenfase is. De wisselspanning in punt III zal weer in tegenfase zijn met die in punt II; dus gelijk in fase zijn met die in punt I. Verbinden wij nu de punten III en I



Principeschem van een tweetraps LV versterker. Door het aanbrengen van de koppelcondensator C kan men de schakeling laten oscilleren.

Fig. 10

door middel van een condensator C, dan zal een deel van de spanning in punt III teruggevoerd worden naar punt I en de daar reeds aanwezige wisselspanning versterken. Wij hebben op deze wijze een positieve terugkoppeling verkregen (zie les 17 par. 78), en de schakeling zal oscilleren. De frequentie waarin dit gebeurt, kan velerlei zijn; voor ons doel is deze schakeling dan ook onbruikbaar. Wanneer we echter in de terugkoppelleiding een serieschakeling van R en C en tussen het stuurrooster van B1 en aarde een parallelschakeling van R en C opnemen, dan krijgen we oscilleren in een bepaalde frequentie (zie fig. 11). Nemen wij $R_1 = R_2$ en $C_1 = C_2$, en noemen we deze waarden R en C, dan kan men bewijzen dat de opgewekte frequentie gelijk is aan

$$f = \frac{1}{6,28 \times R \times C}$$

Door variatie van de waarden van R of C zijn we nu in staat deze frequentie binnen ruime grenzen te variëren. Bij de GM 2315 is voor C1 - C2 een tweevoudige afstemcondensator genomen. De waarden van R1 en R2 worden met een omschakelaar in stappen gevarieerd. Om de vervorming laag te houden en de uitgangsspanning over het gehele frequentiebereik constant te houden, moeten nog enige maatregelen worden genomen. Deze zullen wij echter hier niet verder bespreken.

In fig. 12 is een afbeelding van de GM 2315 weergegeven.

De eigenschappen van deze toongenerator zijn de volgende:

Frequentiebereik: 20 - 200 Hz, 200 - 2000 Hz en 2000 - 20.000 Hz.

In te stellen met SK2 en C1 - C2.

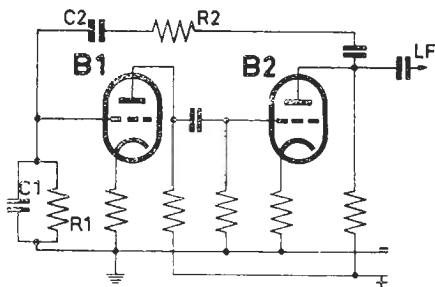
Frequentienauwkeurigheid: Beter dan 7 %.

Uitgangsspanning: Maximum ca. 10 V, regelbaar met

a. De stappenverzwakker SK3 met standen $\times 10^{-3}$; $\times 10^{-2}$; $\times 10^{-1}$ en $\times 1$.

b. De continuegelaar R1 met een schaalverdeling 0 - 10 (deze schaalverdeling dient alleen ter orientatie).

De schakeling van SK3 en R1 is in fig. 13 weergegeven.



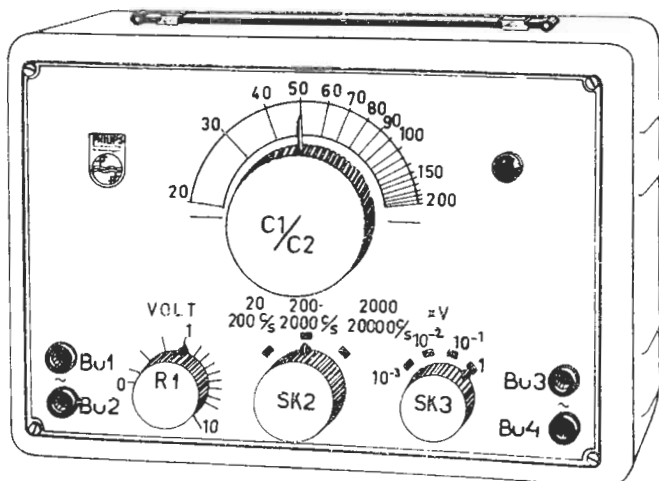
Principe van een RC generator.

Als $R_1 = R_2 = R$ en $C_1 = C_2 = C$, dan is de opgewekte frequentie gelijk aan:

$$f = \frac{1}{6,28 \times R \times C}$$

waarin C in μF en R in $M\Omega$ is uitgedrukt.

Fig. 11



Vooramzicht van de GM 2315

C1/C2 - variabele condensator voor instelling van de frequentie

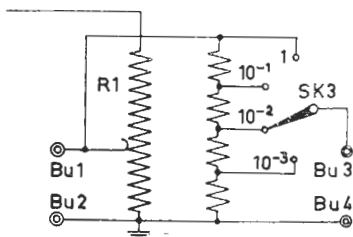
SK2 - omschakelaar voor 3 frequentiebereiken (verandering van de waarden van R1

R1 - amplituderegelaar

en R2).

SK3 - stappenverzwakker.

Fig. 12



Schakeling van R1 en SK3 in de GM 2315.

Fig. 13

Vervorming: minder dan 0,5 % voor frequenties van 100 - 20.000 Hz.
minder dan 1 % bij 35 Hz.

Constantheid van de uitgangsspanning:

Binnen 20 % voor het gebied 40 - 200 Hz.

Binnen 5 % voor het gebied 200 - 2000 Hz.

Binnen 10 % voor het gebied 2000 - 20000 Hz.

SAMENVATTING

1. Voor het vlot opsporen van bepaalde fouten in LF schakelingen is een toongenerator een onmisbaar instrument.
2. Wij onderscheiden twee typen toongeneratoren:
 - a. De toongenerator die op het superheterodyne principe berust.
 - b. De RC-generator.
3. De toongenerator GM 2307 berust op het superheterodyne principe. Met behulp van een afstemindicator is een zeer nauwkeurige frequentie-ijking mogelijk.
4. De toongenerator GM 2315 berust op het principe van de RC-generator.
Hoewel minder nauwkeurig dan de GM 2307 is de GM 2315 zeer goed bruikbaar in de Service Werkplaats.

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

1. Als in een ontvanger met het schema van fig. 14 in les 17 de condensator C19 kortsluiting vertoont, wat zult U dan bemerken?
2. Als in dezelfde ontvanger een van de secundaire wikkelingen van 285 V onderbroken is, wat zult U dan bemerken?
3. Een ontvanger met het bovengenoemde schema geeft slechts zeer zachte ontvangst en een ijl klinkend geluid. Wat kan hiervan de oorzaak zijn?
4. Als dezelfde ontvanger een zeer zachte ontvangst geeft, doch de geluidskwaliteit goed is, wat kan dan de oorzaak van de klacht zijn?

In de gevallen van de vraagstukken 3 en 4 is door buizenwisseling reeds geconstateerd dat de klacht niet wordt veroorzaakt door de buizen.

112. Het afregelen (trimmen) van een ontvanger.

Zoals reeds in par. 79 van les 17 in het kort werd vermeld, geschiedt de afstemming van de kringen gelijktijdig met een meervoudige afstemcondensator. Aangezien over de verschillende kringen diverse bedradings- en buiscapaciteiten staan, worden parallel aan de afstemkringen trimmers geschakeld, waarmede de capaciteit wordt afgeregeld op de voor de gelijkloop van de kringen vereiste waarde.

In de superheterodyne-ontvanger moeten bovendien de H.F.- en oscillatorkringen zo zijn afgeregeld, dat de verschuifrequentie zo goed mogelijk gelijk is aan de middenfrequentie.

De ontvangtoestellen zijn bij aflevering reeds volledig getrimd. Zodra echter een onderdeel in het afstemkringgedeelte defect raakt, en dus door een nieuw vervangen moet worden, dienen de kringen opnieuw te worden ingesteld. Men zou kunnen zeggen dat dit alleen met de kring, waarvan het vervangen onderdeel deel uitmaakt, behoeft te geschieden. De kringen werken echter in zo nauw verband met elkander, dat het dan toch aanbeveling verdient, de ontvanger voor het betreffende frequentiebereik, eventueel plus M.F. kringen, opnieuw af te regelen. Hierbij komt nog dat het altijd mogelijk is, dat de afstemkringen na verloop van jaren enigszins ontregeld zijn, zodat men dikwijls na het opnieuw trimmen tot verrassende resultaten komt. De gevoeligheid en de selectiviteit van het toestel kan soms belangrijk verbeterd zijn.

In les 18, par. 80, is reeds verteld dat voor het trimmen de volgende apparatuur nodig is:

1. Een service-oscillator die een gemoduleerd H.F. signaal levert, waarvan de frequentie en de sterkte naar wens kunnen worden ingesteld.
2. Een L.F. wisselspanningsmeter om de uitgangswisselspanning te meten.
3. Een trimtransformator, zodat de L.F. wisselspanningsmeter op de extra luidsprekerbussen van de ontvanger kan worden aangesloten.
4. Enig trimgereedschap (schroevendraaier en dopsleutel van geïsoleerd materiaal) voor de afregeling van de trimmers.

I. H. F. kringen

Aangezien in de superheterodyne-ontvanger de frequenties van de ontvangen H.F. signalen in de menguis herleid worden tot dezelfde middenfrequentie, is het een eerste vereiste dat de M.F. kringen goed zijn afgestemd. De selectiviteit van het ontvangtoestel wordt immers in de eerste plaats bepaald door de M.F. bandfilters. Bovendien hebben de meng- en M.F. trappen het grootste aandeel in de totale versterking van de ontvanger, en ook deze versterking is weer afhankelijk van het feit dat de M.F. kringen goed zijn ingesteld. Bij het afregelen van de ontvanger wordt dan ook begonnen met de M.F. kringen. Deze kringen maken meestal deel uit van twee M.F. bandfilters, die gescheiden zijn door een penthode-versterkerbuis.

De kringen zijn magnetisch met elkander gekoppeld. In les 10, par. 55, is behandeld dat de kringen dan elkander beïnvloeden. Deze invloed kan zo groot zijn dat de resonantiekromme van het bandfilter zelfs twee toppen kan vertonen (overcritische koppeling). In verband met deze wederzijdse beïnvloeding van de kringen dienen bij het trimmen bepaalde maatregelen te worden getroffen.

- a. Daarom werd bij vele apparaten een van beide kringen van het bandfilter zodanig verstemd (door een condensator van ca. 80 pF) of gedempt (door een weerstand van 20-100 k Ω), dat de invloed van deze kring op de andere af te regelen kring verwaarloosbaar is.

Het M.F. trimprocédé was dan als volgt:

De vierde kring verstemmen of dempen, de derde kring trimmen
 De derde kring verstemmen of dempen, de vierde kring trimmen
 De tweede kring verstemmen of dempen, de eerste kring trimmen
 De eerste kring verstemmen of dempen, de tweede kring trimmen
 Deze trimmethode is inderdaad voor alle apparaten bruikbaar, maar omslachtig. Daarom is sinds een paar jaar een andere methode ingevoerd.

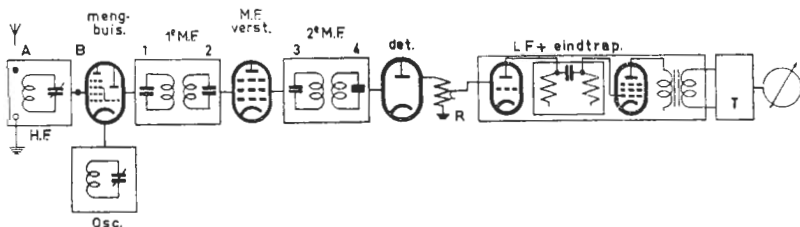
- b. Hierbij wordt begonnen met alle M.F. kringen volkomen te verstemmen door het bijna geheel uitdraaien van de 'Ferroxcube' kernen. Daarna worden respectievelijk de vierde, derde, eerste en tweede kring afgeregeld. Extra demping of verstemming is hierbij niet nodig, waardoor het trimmen veel eenvoudiger en tijdsbesparend wordt.

Bij deze methode mag een kring maar eenmaal op maximum worden afgeregeld, d.w.z. is de derde kring afgeregeld, dan mag niet meer aan de kern van de vierde kring worden gedraaid. Het zelfde geldt voor het andere bandfilter. De kernen worden na het afgeregelen met lak of was verzegeld.

In sommige apparaten is het nog nodig de derde kring opnieuw bij te regelen; dit wordt dan echter in de service-documentatie vermeld.

De gang van zaken bij het instellen van de M.F. kringen is nu als volgt:

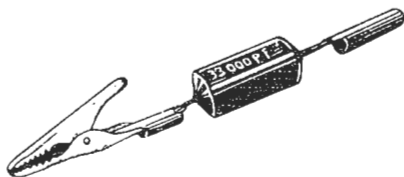
1. De service-oscillator, ingesteld op de middenfrequentie van het af te regelen toestel, via een condensator van ca. 30.000



Blokschema van een superheterodyne-ontvanger, waarop via een trimtransformator een wisselspanningsmeter is aangesloten.

VF aansluiten op het ingangsrooster van de mengbuis (Punt B in fig. 1). *)

2. De wisselspanningsmeter via de trimtransformator aansluiten op de extra luidsprekerbussen van de ontvanger.
3. De potentiometer voor de geluidsstrekte-regeling van het ontvangtoestel op 'maximum' zetten.
4. De golfbereikschakelaar en de afstemcondensator worden in een zodanige stand geplaatst dat de oscillatorfrequentie zo ver mogelijk verwijderd is van de middenfrequentie. In de meeste apparaten komt dit erop neer, dat de golfbereikschakelaar in de M.G.-stand (middengolf) en de afstemcondensator op minimum capaciteit wordt gezet. Men zou uit deze overweging de golfbereikschakelaar in de stand K.G. kunnen plaatsen. In dat geval is de oscillatorfrequentie immers nog verder verwijderd van de middenfrequentie. Men heeft dan echter het nadeel dat de afstemspoel van de H.P. kring practisch een kortsluiting vormt voor de uitgangstrap van de service-oscillator.
5. De ijzerkernen van de M.F. spoelen bijna geheel uitdraaien.
6. De M.F. kringen, door indraaien van de ijzerkernen van de spoelen, in onderstaande volgorde op maximum uitslag van de wisselspanningsmeter trimmen.
 - 4e kring
 - 3e kring
 - 1e kring
 - 2e kring



Schets van een praktische uitvoering van een koppelcondensator voor de aansluiting van de service-oscillator op het stuurrooster van de mengbuis.

Fig. 2

*) Men kan hiervoor het eenvoudigste een condensator gebruiken, waarbij aan de ene aansluitdraad een krokodilleklem wordt gesoldeerd en aan de andere aansluitdraad een stekkerbus, die op de stekkerpen van de uitgangskabel van de service oscillator past (fig. 2).

II. Oscillator- en H.F. kringen

Nu de M.F. bandfilters zijn afgeregeld, komen de H.F.- en oscillatorringen aan de beurt. Aangezien deze kringen voor elk golfgebied verschillend zijn, zal het afregelen per golfgebied moeten gebeuren.

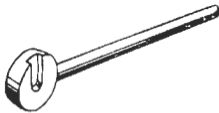
Voor de instelling van de kringen komen gewoonlijk 2 trimfrequenties in aanmerking, en wel die overeenkomen met de punten IJ en III van fig. 6 in les 21 (dit is de les waarin de paddingkromme is behandeld).

Aangezien de vorm van de paddingkromme grotendeels door de keuze van de trimfrequenties wordt bepaald, moeten hiervoor de waarden, door de toestelfabrikant in de service-documentaties aangegeven, nauwkeurig worden aangehouden.

Het trimpunt dat beneden in het golfgebied ligt (punt II) kwam in de oudere apparaten overeen met een draaihoek van 15° van de variabele condensator. *)

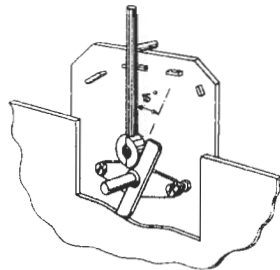
In de tegenwoordige apparaten ligt dit punt bij een draaihoek van ca $7\frac{1}{2}^{\circ}$, d.w.z. geheel aan het begin van de schaal.

Nu moeten we nog in het oog houden dat bij het trimmen van de kringen ook de stationsnamenschaal klopt, d.w.z. dat de wijzer bij afstemming op een bepaalde zender steeds op de goede plaats komt te staan. Daarom zijn de namenschalen van de tegenwoordige ontvangapparaten voorzien van een merkteken, waarvan de plaats overeenkomt met de minimum stand van de variabele condensator. In deze stand wordt dus de wijzer ingesteld. Dit punt valt echter tevens samen



15° mal voor het trimmen van de H.F.- en oscillatorringen.

Fig. 3

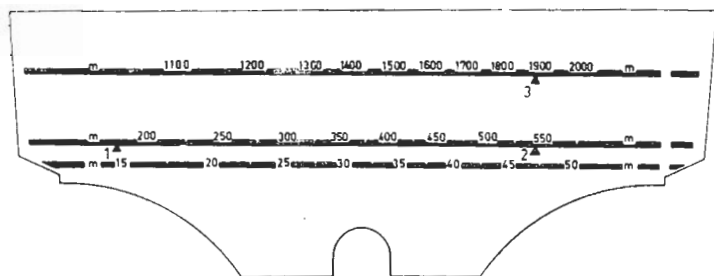


15° mal op de variabele condensator aangebracht.

Fig. 4

met het trimpunt beneden in het golfgebied. Ter illustratie is in fig. 5 een voorbeeld van een stationsnamenschaal met de merkpunten weergegeven.

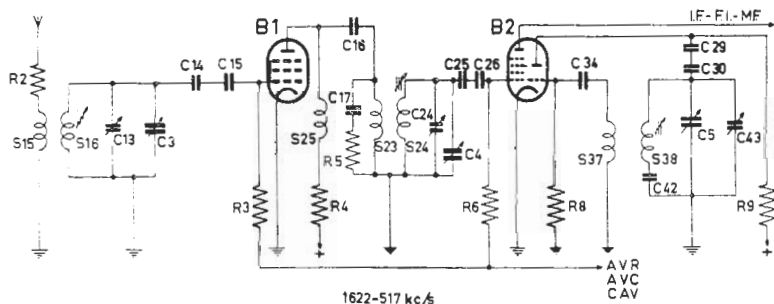
*) Hierbij maakt men gebruik van een z.g. 15° mal (fig. 3). Deze mal wordt aan de voorzijde van de condensator op een pen geschoven, waarna de condensator wordt ingedraaid tot hij tegen de mal stuit. De condensator heeft dan een draaihoek van 15° (zie fig. 4).



Voorbeeld van een stationsnamenschaal met merktekens voor de trimpfrequentie.

Fig. 5

Voor het afregelen van de kringen gaan we nu als volgt te werk (wij gaan bij deze beschrijving uit van fig. 10 in les 24, waarvan wij het schema voor het middengolfgebied voor het gemak in fig. 6 nogmaals afbeelden). Het door de service-oscillator opgewekte H.F. signaal (30% gemoduleerd) wordt via de kunstantenne (zie les 18) aan de antennebus van het ontvangerstoestel toegevoerd. (overeenkomend met punt A in fig. 1). Bij toestellen met een raamantenne of



Schema voor het middengolfgebied van het ontvangerstoestel van fig.10 les 24.

Fig. 6

een 'Ferroceptor' antenne geschiedt de koppeling van de service-oscillator met het toestel op een andere wijze; hierop komen wij verder in de tekst terug.

Het toestel wordt voor het betreffende golfgebied ingeschakeld. Nu wordt eerst de wijzer bij de minimum stand van de afstemcondensator op het trimpunt 1 ingesteld.

Daarna wordt een gemoduleerd signaal van de service-oscillator, ingesteld op een frequentie van 547 kHz, via de kunstantenne aan de antennebus toegevoerd en de wijzer met behulp van de afstemknop op het trimpunt 2 gebracht. Nu worden de ijzerkernen van S38, S24 resp.

S16 ingedraaid tot een maximum uitslag op de wisselspanningsmeter wordt waargenomen. Aangezien bij de superheterodyne ontvanger de afstemming wordt bepaald door de oscillatorkring (zie les 21), moet deze kring het eerst worden ingesteld; in dit voorbeeld S38.

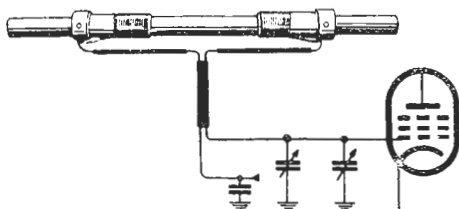
Daarna wordt de wijzer met behulp van de afstemknop op het trimpunt 1 gebracht, dat aan de andere kant van het golfgebied ligt. Er wordt wederom een gemoduleerd signaal via de kunstantenne aan de antennebus toegevoerd waarvan de frequentie nu 1630 kHz bedraagt. De trimmers C43, C24 en C13 worden nu achtereenvolgens geregeld, zodat een maximum uitslag van de wisselspanningsmeter wordt verkregen. Tenslotte worden de instellingen op 547 kHz en 1630 kHz herhaald, waarna de kernen en de trimmers worden afgelakt.

III. H.F. kringen met raamantenne

Tegenwoordig zijn vele ontvangers voorzien van een raamantenne. In dat geval moet het gemoduleerde signaal van de service-oscillator via een koppelraam aan het ontvangtoestel worden toegevoerd. Dit raam kan worden gemaakt van 2 windingen (diameter ca 30 cm) van geïsoleerd draad. Het koppelraam wordt aangesloten op de uitgang van de service-oscillator en los gekoppeld met het raam van de ontvanger (afstand ca 10 cm). De koppeling moet niet te vast zijn, omdat anders verstemming van de antennekring optreedt. Overigens gelden hiervoor dezelfde trimvoorschriften als voor de kringen met een normale antenne.

IV. H.F. kringen met 'Ferroceptor' antenne

Verscheidene ontvangers van het laatste jaar zijn voorzien van een z.g. 'Ferroceptor' antenne. Deze antenne bestaat uit een 'Ferroxcube' staaf waarop zich een afstemspoel bevindt. (zie fig. 7) Aangezien deze 'Ferroxcube' staaf met de spoel deel uitmaakt van de antennekring, en hierdoor grote kans bestaat op parasitaire verstemming van de kring, gelden hiervoor enigszins afwijkende trimvoorschriften. De volgorde van trimmen is hierbij als volgt:



'Ferroxcube' staaf met spoel van de 'Ferroceptor' antenne.

Fig. 7

Eerst worden de oscillatorkringen afgestemd, waartoe het gemoduleerde signaal van de service-oscillator via een capaciteit van 33.000 pF aan het ingangsrooster van de mengbuis wordt toegevoerd (dus niet aan de antennebus zoals hiervoor is beschreven). Na het trimmen van de oscillatorkringen, wordt het signaal verplaatst naar de antennebus en toegevoerd via een capaciteit van 30 à 125 pF (de juiste waarde wordt steeds in de betreffende service-documentatie vermeld). Nu

worden de trimmers en/of de kernen van de spoelen van de H.F. kringen op dezelfde wijze als hiervoor is beschreven ingesteld.

V. M.F. antennefilter

Zoals reeds in les 23 paragraaf 101 is beschreven, bevindt zich meestal in de antennetrap een M.F. filter, dat voorkomt dat ongewenste spanningen met de middenfrequentie in het ontvangtoestel doordringen.

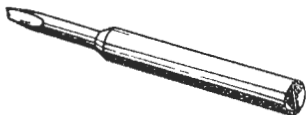
Voor het afregelen van deze kring wordt door middel van de service-oscillator een sterk M.F. signaal, via de kunstantenne, aan de antennebus toegevoerd. De betreffende kring wordt nu zodanig ingesteld, dat de uitgangsspanningsmeter een *minimum* uitslag vertoont (het eerste minimum vanaf de uitgedraaide kernstand bij een spoel of vanaf de uitgedraaide trimmerstand bij een instelcondensator). Meestal dient bij deze instelling de golfbereikschakelaar in de stand M.G. of L.G. te staan en de afstemcondensator op maximum resp. minimum capaciteit.

Enige algemene opmerkingen

Uit de praktijk blijkt, dat men dikwijls opziet tegen het trimmen van een ontvangtoestel. Het is echter geen moeilijk werk, mits men de instellingen systematisch en met zorg uitvoert. De beschrijving in deze les bevat slechts algemene richtlijnen. Voor verschillende ontvangtoestellen kunnen afwijkingen ten opzichte van deze richtlijnen voorkomen. Men doet daarom verstandig de voor elk type ontvangtoestel door de fabrikant verstrekte voorschriften nauwkeurig op te volgen.

Als men de kringen opnieuw moet trimmen, dient eerst de zegelwas te worden verwijderd. Deze was kan in koude toestand met behulp van een schroevendraaier gemakkelijk worden verwijderd. Men mag dit niet door middel van verhitting doen, aangezien men dan de kans loopt dat de kernhouder van de spoel wordt beschadigd.

Voor het instellen make men gebruik van een schroevendraaier van geïsoleerd materiaal (zie fig. 8) en een dopsleutel van geïsoleerd materiaal (zie fig. 9). Met de schroevendraaier kunnen de kernen en sommige trimmercondensatoren worden ingesteld, de z.g. luchttrimmers (fig. 19 les 8) worden met de dopsleutel bediend.



Trimschroevendraaier van geïsoleerd materiaal.

Fig. 8



Trimdopsleutel van geïsoleerd materiaal.

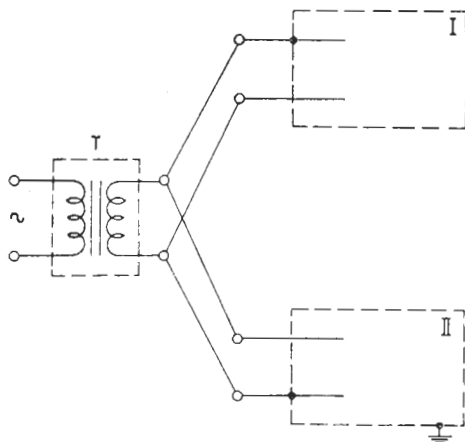
Fig. 9

Als een U-apparaat (voor gelijkstroom/wisselstroom voeding) moet worden getrimd, dient dit steeds via een scheidingstransformator op het wisselspanningsnet te worden aangesloten. Een scheidingstransformator is een transformator met hoge isolatieweerstand tussen de primaire en de secundaire wikkeling en waarvan de secundaire wikkeling niet geaard is. Gebruikt men een dergelijke transformator niet, dan heeft men kans dat het chassis spanning voert ten opzichte van aarde, waardoor aanraking van het chassis levensgevaarlijk zou zijn. Bij gebruik van een transformator waarvan de secundaire niet geaard is, kan men het chassis direct aarden.

Wanneer men 2 of meer apparaten op dezelfde tussentransformator aansluit, moet men ervoor zorgen dat beide chassis aan dezelfde kant van de secundaire wikkeling worden aangesloten; dus niet zoals in fig. 10 is aangegeven. In deze figuur heeft het chassis I spanning ten opzichte van aarde. Indien ook dit chassis geaard wordt, is de transformator kortgesloten.

Heeft men een universeel meetapparaat type GM4257 in de werkplaats, dan kan het betreffende toestel daarop worden aangesloten (zie les 20, paragraaf 90-1h).

Is uitsluitend een gelijkstroomnet aanwezig, dan dient men met een spanningszoeker te controleren of het chassis onder spanning staat. Is het laatste het geval dan moet de netstekker worden omgedraaid.



Onjuiste aansluiting van 2 U-apparaten op een scheidingstransformator.

Fig. 10

Tenslotte vindt U in de volgende paragraaf een voorbeeld van een trimvoorschrift zoals dit in de service-documentatie wordt gegeven.

113. Trimvoorschrift van de superheterodyne-ontvanger van fig. 11

A. M.F. bandfilters

1. Variabele condensator op minimum capaciteit.
2. Golfgebiedschakelaar op M.G.
3. Volumeregelaar op maximum geluidsterkte.
4. Toonregelaar op 'dof'.
5. Radio-PU schakelaar op radio.
6. Voltmeter via trimtransformator aansluiten op extra luidspreker-
oussen.
7. IJzerkernen der M.F. bandfilters bijna geheel uitdraaien.
8. Gemoduleerd signaal van 452 kHz via een condensator van 33000 pF
toevoeren aan g1 van B1.
9. Afregelen op maximum uitslag van de meter volgens onderstaande
tabel.
4e M.F. kring S21-S22-C26
3e M.F. kring S19-S20-C25
1e M.F. kring S15-S16-C21
2e M.F. kring S17-S18-C22
10. IJzerkernen aflakken.

B. M.F. Sperkring

1. Variabele condensator op minimum capaciteit.
2. Golfgebiedschakelaar op M.G.
3. Volumeregelaar op max. geluidsterkte.
4. Toonregelaar op 'dof'.
5. Radio-PU schakelaar op radio.
6. Voltmeter via trimtransformator aansluiten op extra luidspreker-
oussen.
7. Kern van S26 bijna geheel uitdraaien.
8. Gemoduleerd signaal van 452 kHz via normale kunstantenne toevoe-
ren aan de antenneous.
9. S26 trimmen op *minimum* uitgangsspanning op eerste minimum vanaf
uitgedraaide kernstand.
10. Kern aflakken.

C. H.F. en Oscillatorkringen

Het afregelen geschiedt met behulp van trimpunten op de schaal. Alvorens met afregelen te beginnen, moet de wijzer bij minimum stand van de condensator op het meest linkse trimpunt van de schaal ingesteld worden.

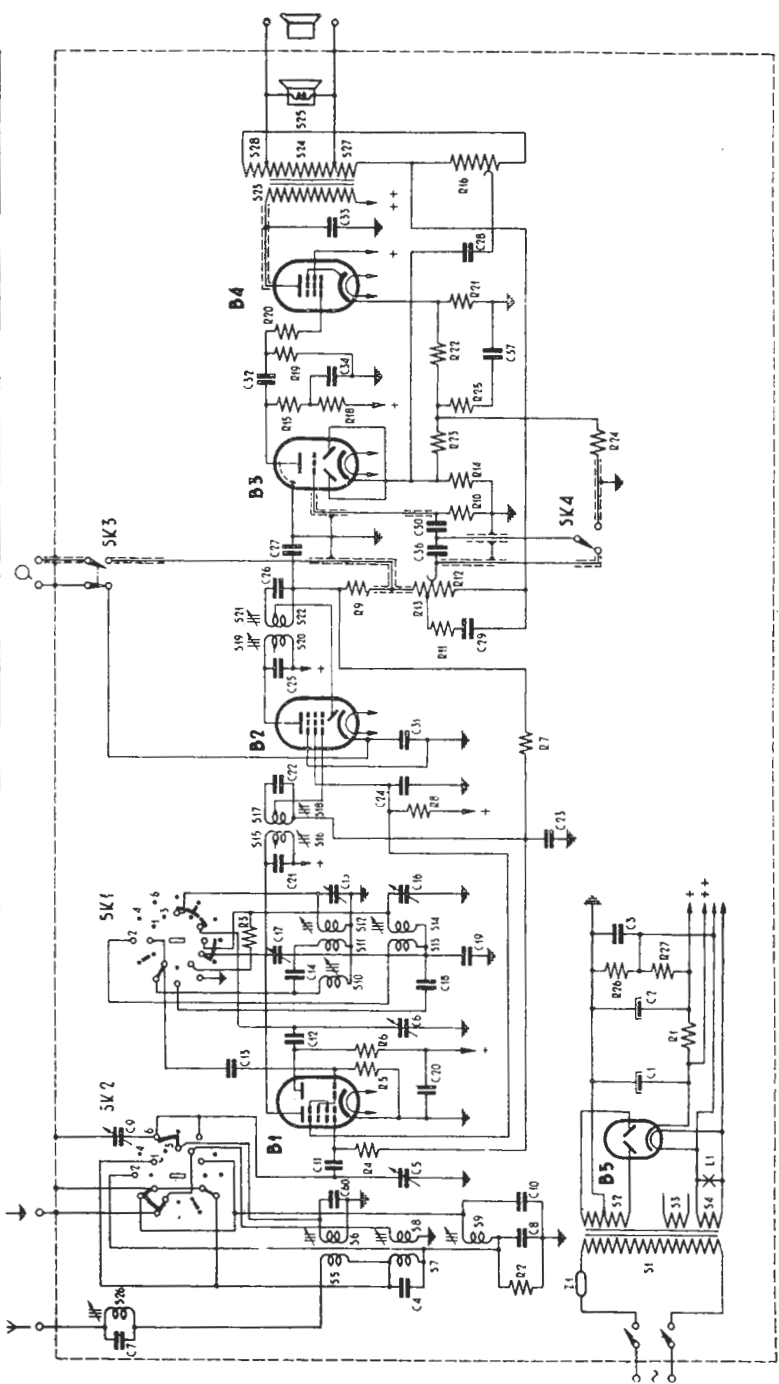
Voor alle golfgebieden geldt:

1. Volumeregelaar op maximum.
2. Toonregelaar in stand 'dof'.
3. Radio-PU schakelaar op radio.
4. Voltmeter via trimtransformator op extra luidsprekerbussen aansluiten.

Afregelen volgens onderstaande tabel, waarbij de aangegeven volgorde moet worden aangehouden.

1	Golfgebiedschakelaar in stand	M.G.	L.G.	K.G.
2	Met behulp van de afstemknop de wijzer brengen op trimpunt.....	548,5 m	1886 m	48,4 m
3	Gemoduleerd signaal van..... via kunstantenne aan de antenneus toevoeren.	547 kHz	159 kHz	6,2 MHz
4	Trim op maximum uitgangsspanning	S14, S8	C17, S9	S12, S6
5	Met behulp van de afstemknop de wijzer brengen op het meest linkse trimpunt.			
6	Gemoduleerd signaal van..... via kunstantenne aan de antenneus toevoeren.	1630 kHz		20,1 MHz
7	Trim op maximum uitgangsspanning	C16, C9		C15
8	Herhaal de punten	2-7		2-7
9	De trimmers en kernen..... aflakken.	S14, S8 C16, C9	S9, C17	S12, S6 C15

5	26.	571689234	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	-----	-----------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----



Compleet prinscheschema van een superheterodyne-ontvanger voor wisselstroomvoeding.

Fig. 11

SAMENVATTING

1. Voor het afregelen van de kringen van het ontvangtoestel wordt gebruik gemaakt van:
 - a. een service-oscillator die een gemoduleerd H.F. signaal kan leveren.
 - b. een L.F. wisselspanningsmeter om de uitgangswisselspanning te meten.
 - c. een trimtransformator, waardoor de meter op de extra luidsprekerbussen van de ontvanger kan worden aangesloten.
2. Bij een superheterodyne-ontvanger worden eerst de kringen van de M.F. bandfilters afgeregeld. Hiertoe wordt het signaal van de Service-oscillator toegevoerd aan het ingangsrooster van de mengbuis.
3. Daarna worden de oscillator- en H.F. kringen ingesteld. Het signaal van de service-oscillator wordt nu via een kunstantenne aan de antennebus toegevoerd.
4. Bij een ontvanger met raamantenne wordt een koppelraam gebruikt.

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

Repetitie!

1. De anodespanning voor de L.F. versterkbuis van een ontvangtoestel moet uit oogpunt van brom extra worden afgevlakt. Hiertoe gebruikt men een weerstand in serie met de voedingsleiding in combinatie met een condensator naar aarde. Wat moeten de waarden van deze weerstand en condensator ongeveer zijn? Als de betreffende buis een anodestroom van 1 mA neemt, voor welk vermogen moet deze extra afvlakweerstand dan geschikt zijn?

2. Gegeven: de oscillatorschakeling van fig. 10 in les 24. Het frequentiebereik is 27,3 - 17,6 MHz.
 C5 = 10 - 490 pF
 C30 = 500 pF
 C31 = 180 pF
 C33 = 50 pF
 Gevraagd: wat zijn de minimale en de maximale waarden van de totale afstemcapaciteit, die parallel aan S26 komt te staan?

3. Teken het schema van een L.F. versterker aan de hand van de volgende richtlijnen.
 Aan de ingang wordt een potentiometer gebruikt, waarvan de loper verbonden is met het stuurrooster van de L.F. buis EF40. Het schermrooster van deze buis wordt gevoed via een serieweerstand terwijl tevens een ontkoppelcondensator wordt aangebracht. De negatieve roosterspanning wordt verkregen door middel van een kathodeweerstand.
 De EF40 wordt via een weerstandkoppeling verbonden met het stuurrooster van de eindbuis EL41. De negatieve roosterspanning van deze buis wordt eveneens door middel van een kathodeweerstand, die ontkoppeld is, verkregen. Er moet een mogelijkheid van toonregeling aanwezig zijn.
 De luidspreker wordt door middel van een uitgangstransformator met de eindbuis gekoppeld. De wisselstroomweerstand van het luidsprekerspoeltje bedraagt ca. 5 Ohm.
 Geef in dit schema de grootte-orde aan van de gebruikte onderdelen.

4. Als een superheterodyne-ontvanger is afgestemd op een frequentie van 1400 kHz en de middenfrequentie is gelijk aan 475 kHz, hoe groot is dan de spiegelrequentie? Op welke frequentie is de oscillator afgestemd?

114. Storingsonderzoek

De taak van de Serviceman is, snel en systematisch een storing in het toestel te localiseren en te repareren. Hiervan is het opsporen van de fout zijn eerste werk. Als dit systematisch geschiedt, waarvoor uiteraard enige training noodzakelijk is, zal dit op den duur veel tijd besparen.

Nu kunnen we het storingsonderzoek in 2 klassen indelen:

1. De statische methode.
2. De dynamische methode.

ad 1. Met de statische methode is het toestel wel op de voedingsspanning aangesloten, maar er wordt geen H.F.- of L.F. signaal aan enig punt van de schakeling toegevoerd. Het apparaat verkeert dan in rust, d.w.z. in een statische toestand.

ad 2. Met de dynamische methode is het toestel aangesloten en wordt tevens een H.F.- of L.F. signaal aan het apparaat toegevoerd. Het apparaat verkeert nu in een werktoestand (d.w.z. in een dynamische toestand). Nu wordt het gedrag van het toestel onder dynamische omstandigheden gecontroleerd.

In de praktijk zal men beide methoden toepassen. Het hangt van de klacht en van het inzicht van de reparaateur af, in hoeverre hij de statische dan wel de dynamische methode zal gebruiken. In beide gevallen verdient het aanbeveling te beginnen met enige statische controles. Meestal zal men het storingsonderzoek beginnen met de vervanging van de buizen door een stel, waarvan men zeker is van de goede werking. *)

Daarna controleert men (bijv. met het universeel meetapparaat) de gelijkspanning over de eerste en de tweede afvlakcondensator van het voedingsgedeelte. Vindt men deze spanning in orde, dan weet men in elk geval dat het voedingsgedeelte goed functioneert.

Men zou nu deze controles kunnen uitbreiden door systematisch alle andere spanningen, en eventueel stromen te meten. Desnoods zou men daarna de weerstanden en condensatoren op hun waarde kunnen controleren. Dit wordt dan echter een langdradige geschiedenis, die zeer tijdrovend is. Om dit te voorkomen, heeft men een dynamische storingszoekmethode geïntroduceerd, waarbij op een systematische manier de ontvanger trapsgewijze wordt gecontroleerd.

Het dynamische storingsonderzoek

Ter illustratie van deze methode willen wij beginnen met een fout in een radiotoestel te bekijken, waarbij de oplossing niet met de statische methode is te bepalen. Hiertoe gaan we uit van fig. 1 in les 23; we nemen aan, dat in dit toestel de verbinding van S17

*) In verband hiermede verdient het zeer aanbeveling altijd een stel service-buizen, die men uitsluitend voor dit doel gebruikt, in de service-werkplaats ter beschikking te houden. Zij maken dus deel uit van de inrichting van de werkplaats.

naar C22 verbroken is (S17 en C22 bevinden zich in een dichte bus, zie fig. 21 les 10, zodat uitwendig niets van deze fout is te bespeuren). Ten gevolge van deze fout zal de afstemkring S17-S18-C22 sterk verstemd zijn, waardoor een zwakke ontvangst ontstaat. Deze klacht wordt op alle frequentiebereiken geconstateerd, zodat we vrijwel zeker de fout in het MF-gedeelte moeten zoeken. Deze fout is zonder meer niet met het universeel meetapparaat GM 4257 te constateren. Immers, er verandert niets aan de spanningen of de stromen, noch aan de weerstanden of capaciteiten. We kunnen deze fout echter wel op de volgende wijze bepalen:

We voeren met behulp van een service-oscillator (les 18) een gemoduleerd signaal van bijv. 452 kHz (de middenfrequentie van de ontvanger) aan het stuurrooster van B1 toe. Het universeel meetapparaat verbinden we met de extra luidsprekeraansluiting van de ontvanger, zodat het dan dienst doet als indicatie-instrument van de uitgangswisselspanning.

Wij bemerken nu dat het verdraaien van de ijzerkernen in de MF bandfilters grote invloed heeft op de uitgangsspanning. Alleen de kern in S17-S18 oefent geen invloed uit op de uitgangswisselspanning. Dit wijst erop, dat de afstemkring S17-S18-C22 niet in orde is. Het eerste MF-bandfilter zal dan vernieuwd moeten worden.

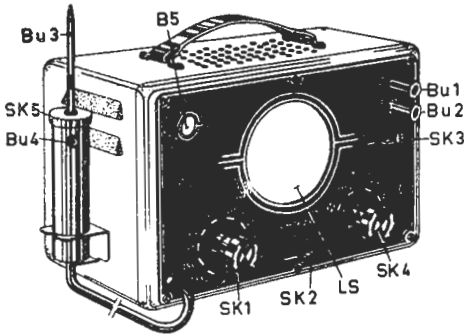
Bovengenoemde methode, welke reeds dynamisch is, is inderdaad in de praktijk toegepast, maar kost nog steeds vrij veel tijd. Om dit bezwaar te ondervangen, is de laatste tijd een dynamische storingszoekmethode ontwikkeld, waarbij het te onderzoeken apparaat systematisch van trap tot trap wordt bekeken. Deze methode is gebaseerd op het controleren van de verschillende trapversterkingen van het toestel (zie les 24, par. 104). Het signaal wordt hierbij door de gebele ontvanger gevolgd. Deze methode wordt daarom wel genoemd 'signal tracing' (signaalvolging); hierbij wordt gebruik gemaakt van een meetapparaat, dat signal-tracer genoemd wordt.

115. De Philips signal-tracer GM 7628

Onder het typenummer GM7628 wordt door Philips een signal-tracer in de handel gebracht, welke de volgende mogelijkheden biedt:

1. Het bepalen van de trapversterking in het HP-, MF-, en LF-gedeelte van een ontvanger.
2. Het snel localiseren van fouten als de ontvanger niet speelt.
3. Controle op het al of niet aanwezig zijn van de oscillatorspanning in een ontvanger.
4. Controle op het al of niet aanwezig zijn van de regelspanning in het AVR-gedeelte van een ontvanger.

In fig. 1 is een vooraanzicht van dit apparaat gegeven. Wij willen nu eens bekijken hoe de signal-tracer voor het uitvoeren van bovengenoemde metingen en controles is geschakeld. Tevens willen wij nagaan hoe deze handelingen moeten worden verricht.

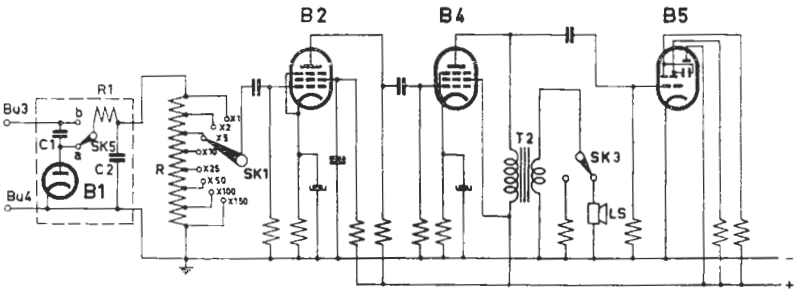


- Bu1-Bu2 - aansluitbussen voor een extra meetapparaat
- Bu3-Bu4 - aansluitpunten voor de te meten spanning
- SK1 - ingangsverzwakker
- SK2 - omschakelaar HF-LF
- SK3 - luidspreker-schakelaar
- SK4 - omschakelaar voor een extra meetapparaat
- SK5 - omschakelaar in de meetkop
- B5 - elektronenstraal-indicator
- LS - ingebouwde luidspreker.

Fig. 1

1. Het bepalen van de trapversterking in het HF- en MF-gedeelte.

De schakeling van de signal-tracer voor deze meting is in fig. 2 vereenvoudigd weergegeven. Het is een 2-traps LF-versterker (B2 en B4) voorafgegaan door de meetdiode B1. Aan de uitgang van de ver-



Een vereenvoudigd schema van de GM7628

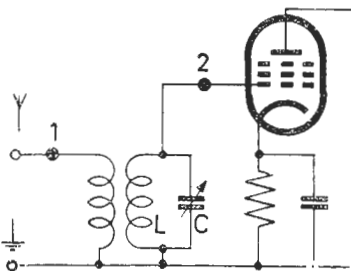
Fig. 2

sterker bevindt zich een afstemindicator B5. Tevens is een luidspreker LS ingebouwd, die met de schakelaar SK3 in- of uitgeschakeld kan worden. Aan de ingang van de versterker zien we een stappenverzwakker SK1, waarmee naar keuze een bekend gedeelte van een LF-spanning over R naar het stuurrooster van B2 kan worden gevoerd. De diode B1 bevindt zich in een meetkop (met de aansluitpunten Bu3-Bu4).

wordt nu aan de punten Bu3-Bu4 een gemoduleerd HF-signaal toegevoerd, dan ontstaat, door de detectorwerking van B1, een LF(modulatie) spanning over R. Deze spanning wordt aan de LF-versterker toegevoerd en zal, na versterking, een uitslag van B5 veroorzaken. Tevens zal de modulatiefrequentie hoorbaar zijn in de luidspreker LS; met SK1 beschikken we over de mogelijkheid om de uitslag van B5 te regelen.

Gebruik als signal-tracer

Wij willen nu de opslingering tussen de punten 1 en 2 van fig. 3 bepalen. Hiertoe wordt met behulp van een service-oscillator een gemoduleerd signaal aan de antennebus toegevoerd. Bu3 van de signal-tracer wordt met de antennebus verbonden (SK1 ingesteld voor maximum gevoeligheid; in fig. 2 is dit de bovenste positie). De uitgangsspanning van de service-oscillator wordt nu zodanig ingesteld, dat B5 een bepaalde uitslag geeft. Nu wordt Bu3 met punt 2 verbonden en de kring LC afgestemd op het toegevoerde signaal. B5 geeft dan maximum uitslag en deze uitslag zal groter zijn dan de voorgaande. Met SK1 wordt nu de gevoeligheid van de signal-tracer zoveel verminderd, dat B5 weer dezelfde uitslag geeft als in het eerste geval (toen Bu3 met de antennebus was verbonden). SK1 is voorzien van een schaal die aangeeft hoeveel maal de gevoeligheid wordt verminderd. Dit getal is nu de opslingering van het signaal tussen de punten 1 en 2 van de ontvanger. Op dezelfde manier kunnen we de versterking tussen andere punten in de ontvanger bepalen. In de volgende les zullen we nog uitvoerig terugkomen op het praktisch gebruik van de signal-tracer.



Antennekring van een ontvanger
Fig. 3

2. Het meten van de trapversterking in het LF-gedeelte.

De schakeling van de signal-tracer voor deze toepassing is dezelfde als in fig. 2 is aangegeven. Alleen is SK5 in de meetkop omgeschakeld, zodat B1 is uitgeschakeld en Bu3 direct met R1 is verbonden. Een LF-sigitaal aan de klemmen Bu3-Bu4 zal, na versterking in B2 en B4, een uitslag van B5 veroorzaken. Overigens gebeurt het meten van de LF-trapversterking op dezelfde wijze als voor het HF- en MF-gedeelte is aangegeven.

3. Het snel localiseren van fouten als de ontvanger niet speelt

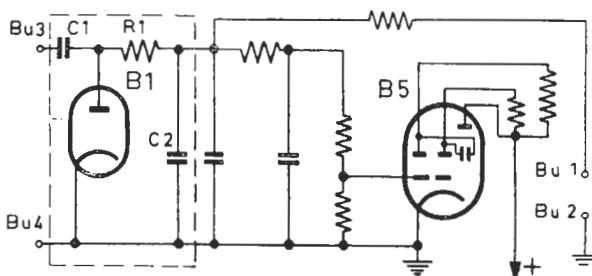
Hiertoe wordt aan de antennebus van het te onderzoeken apparaat een gemoduleerd HF-sigitaal toegevoerd. De ontvanger wordt afgestemd op de frequentie van het toegevoerde sigitaal. Dit afstemmen kan

veelal niet zonder meer gebeuren; wij hebben immers aangenomen dat de ontvanger niet speelt. Het is mogelijk dat de afstemindicator nog werkt, zodat we dan op maximum uitslag daarvan kunnen afstemmen. Als de afstemindicator niet functioneert, of in het betreffende ontvangtoestel ontbreekt, moeten we de ontvanger afstemmen, zoals hiervoor bij de bepaling van de antennekring-opslinging is beschreven.

Wij gaan nu met de signal-tracer het signaal in het ontvangtoestel punt voor punt volgen vanaf de antennebus. Tot het detector gedeelte moet de schakelaar SK5 in stand a staan; na de detector in stand b (fig. 2). Als we nu de schakelaar SK3 in de rechterstand plaatsen, kunnen we via het geluid door de luidspreker van de signal-tracer het signaal volgen. Zolang het signaal in het ontvangtoestel wordt versterkt, zal het geluid sterker worden. Zodra we echter een punt bereikt hebben, waarbij geen geluid meer uit de luidspreker komt, weten we waar de fout schuilt. Deze moet dan in het gedeelte tussen het laatste controlepunt en het voorgaande punt zitten.

4. Het controleren van de oscillatorspanning

De schakeling van de signal-tracer GM 7628 is nu zoals in fig. 4 is weergegeven. Wordt Bu3 verbonden met het oscillatorrooster van de te onderzoeken ontvanger, dan zal de daar aanwezige onge-moduleerde HF-spanning, door gelijkrichting van B1, over C2 een gelijkspanning geven. Deze gelijkspanning wordt aan het stuurrooster van B5 toegevoerd en vergroot de uitslag van B5.



Schakeling voor de controle van de oscillatorspanning.

Fig. 4

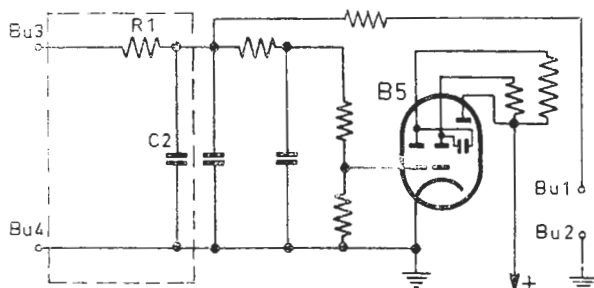
5. Controle van de AVR spanning

Hierbij is de schakeling als aangegeven in fig. 5. De negatieve regelspanning wordt nu direct aan het stuurrooster van B5 gelegd. Door de grotere uitslag van de lichtsectoren van B5 merkt men of de regelspanning aanwezig is.

Indicatiemiddelen

Wij hebben tot nu toe alleen de afstemindicator B5 beschouwd als indicator van de te controleren spanningen. Dit is geen exacte me-

thode, doch voor gebruik in de service-werkplaats voldoende nauwkeurig. Willen we nauwkeuriger te werk gaan, dan kunnen we aan de klemmen Bu1 en Bu2 een separaat meetinstrument aansluiten. Met de omschakelaar SK4 (fig. 5) hebben we de keuze uit 4 mogelijkheden, deze zijn:



Schakeling voor de controle van de AVR-spanning

Fig. 5

a. Oscillator of AVR spanning

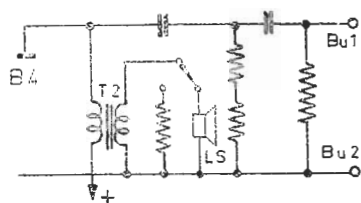
SK4 in stand 1.

De gelijkspanning aan Bu1 en Bu2 kan met een buisvoltmeter worden gemeten. De ingangsweerstand van de buisvoltmeter moet ca 10 Megohm zijn (zie fig. 4 en 5).

b. Gemoduleerde HF- en LF-spanning

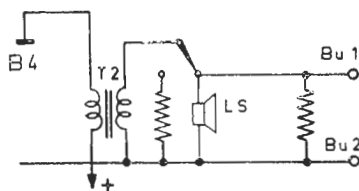
SK4 in stand 2.

B5 is nu uitgeschakeld (zie fig. 6). Aan Bu1 en Bu2 kan nu een wisselspanningsvoltmeter worden aangesloten. De ingangsimpedantie van de meter moet groter dan 10.000 Ohm zijn.



Schakeling voor aansluiting van een hoog-ohmige voltmeter.

Fig. 6



Schakeling voor aansluiting van een laag-ohmige voltmeter.

Fig. 7

c. Gemoduleerde HF- en LF-spanning

SK4 in stand 3.

De schakeling is als in fig. 7 is aangegeven. De aan te sluiten

meter kan een lage impedantie hebben (2,5 Ohm of hoger).

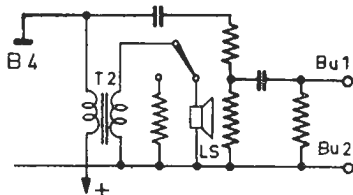
d. Het gebruik van een oscillograaf als indicator

SK4 in stand 4.

Hierbij kan aan Bu1 en Bu2 een kathodestraaloscillograaf worden aangesloten. Dit kan van belang zijn voor het aantonen van vervorming.

De schakeling is weergegeven in fig. 8.

Hieronder volgen nog de elektrische gegevens van de signal-tracer GM 7628.



Schakeling voor aansluiting van een kathodestraal-oscillograaf.

Fig. 8

1. Meetkop

De maximum toelaatbare spanning op de meetpen, ten opzichte van aarde, bedraagt

250 V gelijkspanning plus 100 V wisselspanning. De ingangscapaciteit is ca. 10 pF. De ingangsdemping bedraagt met de schakelaar SK5 in de stand 'HF/OSC' ca 0,2 Megohm bij 1,5 MHz.

2. Ingangsweerstand

- Met de schakelaar SK5 en de verzwakker SK1 in de stand 'AVR' bedraagt de ingangsweerstand ca 12 Megohm.
- Met de schakelaars SK5 en SK2 van de versterker in de stand 'LF' en de verzwakker SK1 in de stand 'x1' of daaropvolgende standen, is de ingangsweerstand groter dan 1 Megohm.

3. Gevoeligheid

- Met de schakelaars SK5 en SK2 in de stand 'HF' en de verzwakker SK1 in de stand 'x1' geeft de electronenstraal-indicator een volle uitslag bij een gemoduleerde HF-spanning van ca 100 mV (modulatie frequentie 400 Hz, modulatie diepte 30%), terwijl een halve uitslag wordt verkregen bij ca 50 mV en een juist waarneembare uitslag bij ca 15 mV.
- Met de schakelaars SK5 en SK2 in de stand 'LF' en de verzwakker SK1 in de stand 'x1', geeft de afstemindicator een volle uitslag bij een LF-spanning (frequentie 400 Hz) van ca 100 mV, terwijl een halve uitslag wordt verkregen bij ca 20 mV en een juist waarneembare uitslag bij 2 mV.
- Met de schakelaar SK5 en de verzwakker SK1 in de stand 'OSC' resp. 'AVR' is de breedte van de schaduwsectoren van de afstemindicator minimum bij een HF-spanning resp. een gelijkspanning van ca 18 V, terwijl een juist waarneembare uitslag wordt verkregen bij ca 1 V.

4. Ingangsverzwakker

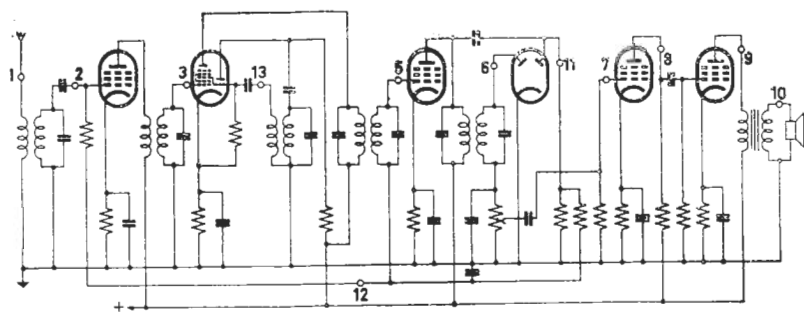
De verzwakker SK1 heeft 8 standen nl. 'x1', 'x2', 'x5', 'x10', 'x25', 'x50', 'x100' en 'x150'. De waarden op de schaal van de verzwakker gelden voor een HF-spanning met een modulatie diepte van 30% en een modulatiefrequentie van 400 Hz.

5. Buizen

Het apparaat bevat de volgende buizen:

EA50	diode (in meetkop)
EF40	pentode versterkerbuis
EL41	eindpentode
EM4	afstemindicator
AZ41	gelijkrichtbuis.

Tenslotte geven wij in fig. 9 ter illustratie een vereenvoudigd schema van een superheterodyne ontvanger, waarin de diverse meetpunten zijn aangegeven. In nevenstaande tabel vindt U nu de verschillende posities van de schakelaars bij meting aan deze punten.



Vereenvoudigd schema van een ontvanger.

Fig. 9

Controle van:	Metten op de punten	Verzwakker SK1 in stand	Schakelaar SK2 in stand	Schakelaar SK5 in stand
1. Antennekring	1 en 2	-	HF	HF
2. HP-versterking	2 en 3	-	'	'
3. Conversieversterking	3 en 5	-	'	'
4. MF-versterking	3 en 5 5 en 6	-	'	'
5. Diodewerking	6 en 7	-	LF	LF
6. LP-versterking	7 en 8	-	'	'
7. Eindtrap	8 en 9	-	'	'
8. Luidspreker & uitgangstransformator	9 en 10	-	'	'
9. AVR-spanning	11 en 12 (2 en 5)	A. V. R.	-	A. V. R.
10. Oscillator	13	OSC	-	OSC

SAMENVATTING

1. Sommige fouten in ontvangers kunnen, indien de statische methode wordt gevolgd, alleen met veel tijdverlies worden opgespoord.
2. Een meer efficiënte methode is het dynamische systeem. Het punt van uitgang daarbij is het bepalen van de trap-versterkingen van een ontvanger of LF-versterker.
3. Het meetapparaat dat hierbij wordt gebruikt heet 'Signaltracer' (signaalvolger).
4. De Philips signal-tracer GM7628 bevat een diode (in- en uitschakelbaar), een twee-trapsversterker en een magisch oog als indicator.
5. De signal-tracer GM 7628 kan worden gebruikt voor:
 - a. Het meten van trapversterking in het HF-, MF- en LF-gedeelte.
 - b. Het snel localiseren van fouten als het apparaat niet speelt.
 - c. Het controleren van de oscillatorspanning.
 - d. Het controleren van de AVR spanning.

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

1. In het toestel van schema fig. I (zie ommezijde) heeft de reparateur C32 vervangen door een andere condensator. Hij gebruikt hiervoor bij vergissing een capaciteit van 50 pF. Wat zal hij hiervan bemerken als het toestel wordt aangesloten?
2. Bij het ontvangtoestel van fig. I is de klacht: hevig ruisen en geen ontvangst op alle frequentiebereiken. Wat kan hiervan de oorzaak zijn? Vervanging van de ouizen heeft geen resultaat.
3. C7-S26 in fig. I is de M.F. sperkring die afgestemd is op de middenfrequentie van 452 kHz. Deze kring moet bij het afregelen van de ontvanger op een *minimum* uitslag van de uitgangsmeter worden getrimd, en niet op *maximum* uitslag, zoals dit bij de andere kringen het geval is.
Kunt U hiervan een verklaring geven?

116. Een complete superheterodyne ontvanger.

De ontvanger die we nu in zijn geheel gaan bespreken is in les 23 reeds gedeeltelijk benadeld. Fig. 1 en fig. 11 van les 23 vormen samen vrijwel de complete ontvanger.

Om niet in herhaling te treden zullen we in deze les alleen de verschillen en aanvullingen ten opzichte van les 23 geven.

Het volledige schema inclusief het voedingsdeel is in fig. 1 weergegeven. De verschillen zijn:

1. *Voeding*

In afwijking met tot nu toe behandelde schakelingen zien we hier een gelijkrichtbuis (B5) met indirect verhitte katnode toegepast. Uit prijsoverweging levert dit 2 voordelen op en wel:

- Wanneer de isolatie tussen gloeidraad en katnode van B5 een voldoende hoge spanning kan weerstaan, kan de extra gloei-spanningswikkeling voor de gelijkrichtbuis vervallen.
- Bij inschakeling van het apparaat worden de afvlakcondensatoren C1 en C2 minder belast. Bij een gelijkrichtbuis met direct verhitte kathode gebeurt dit wel. Daarbij is, na inschakeling van het apparaat, de gelijkrichtbuis vrijwel direct in de werkttoestand (kathode komt snel op temperatuur); oij de ontvangbuizen met hun indirect verhitte kathoden duurt dit enige tijd. De ontvangbuizen nemen nu nog geen anodestroom uit het voedingsdeel op en daardoor zullen de condensatoren C1 en C2 opgeladen worden tot een spanning gelijk aan 1,4 maal de wisselspanning van de wikkeling S2. (de spanning tussen aarde en een der anoden van B5).

Bij een gelijkrichtbuis met direct verhitte katnode moeten de afvlakcondensatoren deze extra hoge spanning kunnen weerstaan. Is de gelijkrichtbuis met een indirect verhitte kathode uitgerust, dan treedt deze hoge spanning niet op.

In het voedingsdeel zien we ook nog R26 en R27 parallel over C2 staan, terwijl de gloeidraadwikkeling S4 aan het knooppunt van R26 en R27 is verbonden. Hierdoor krijgen de gloeidraden een positieve spanning van ca 30 V ten opzichte van aarde. Dit is gedaan om brom door gloeidraademissie te ontgaan. Hoe kan deze gloeidraadrom ontstaan?

In fig. 2 is, in doorsnede, een kathode met gloeidraad afgebeeld. Uit les 12 weten we dat de gloeidraad omgeven is met een isolerende stof. De beide einden d van de gloeidraad zijn niet geïsoleerd. In bedrijfstoestand zullen deze einden, daar ze een hoge



Kathode en gloeidraad.

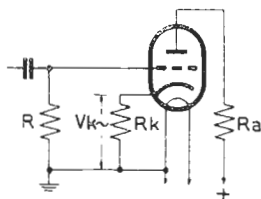
- Kathode buisje
- Emiterende laag
- Geïsoleerde gloeidraad
- Ongeïsoleerde gloeidraad-einden.

Fig. 2

temperatuur bezitten, electronen emitteren. Daar de gloeidraad betrekkelijk dun is, zal dit emitteren in de dubbele netfrequentie variëren (zie les 12 fig. 6). Is de kathode positief ten opzichte van de gloeidraad, dan zullen de geëmitteerde electronen op de kathode terecht komen. In de schakeling van fig. 3 geeft dit een wisselspanning V_k over R_k , welke via R tussen het stuurrooster en kathode staat. Het gevolg is een versterkte bromspanning over R_a , met een frequentie gelijk aan de dubbele netfrequentie.

In de ontvanger van fig. 1 bleek de L.F. buis B3 brom door gloeidraadmisse te geven, te meer daar R_{14} niet voor wisselstroom ontkoppeld is. De remedie was hier; breng de gloeidraad op een positieve gelijkspanning ten opzichte van de kathode (kathode dus negatief ten opzichte van de emitterende gloeidraad) zodat de geëmitteerde electronen de kathode niet kunnen bereiken.

C3 is aangebracht om de gloeidraden voor H.F.-, M.F.- en L.F. spanningen te aarden.



De bromspanning V_k veroorzaakt een versterkte bromspanning over R_a .

Fig. 3

2. Radio-pick-up omschakelaar SK3

SK3 is in fig. 1 getekend in de stand radio. Bij omschakeling naar de stand pick-up wordt de gramfoonopnemer verbonden met de volumeregelaar R12-R13. Om de radio-ontvangst uit te schakelen wordt tevens de kathodeleiding van B2 voor gelijkstroom onderbroken. Bij dit apparaat kan dus de gramfoon-opnemer continu aangesloten blijven; door omschakeling van SK3 kunnen we zonder meer omschakelen van radio- naar gramfoonweergave. De condensator C31 is aangebracht om in de stand 'radio' de lange leiding naar SK3 voor M.F. kort te sluiten.

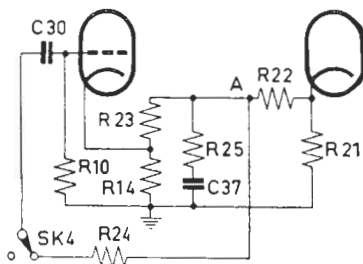
3. L.F. tegenkoppeling

Hier zien we 2 verschillen met fig. 11 van les 23.

- De tegenkoppelspanning die via C28 naar de kathode van B3 wordt teruggevoerd is groter. S24 is namelijk met de wikkeling S28 verlengd.
- Het correctie filter R25-C37 is iets anders geschakeld hoewel het dezelfde functie heeft. In fig. 4 is de schakeling iets anders getekend. Zijn R25 en C37 niet aanwezig, dan wordt een vast deel van de tegenkoppelspanning over R21 (spanningsdeler R22-R23-R14) naar B3 teruggevoerd. Nu worden R25 en C37 aangebracht. Voor de lage frequenties verandert er niets. De reactantie van C37 is hiervoor groot. Voor hoge frequenties (reactantie van C34 is nu klein) staat R25 parallel aan R23-R14, zodat nu de weerstand tussen de punten A en B kleiner wordt. De tegenkoppelspanning in punt A daalt, waardoor voor de hoge frequenties minder tegenkoppeling wordt verkregen.

In fig. 1 van les 23 en fig. 1 van deze les zien we nog dat B1 en B2 geen aparte negatieve roosterspanning krijgen toegevoerd. Zij zijn via R7 verbonden met de diode belastingsweerstand R12-R13. In rusttoestand ontstaat hierover een spanning van ca -0,5 V. Zodra, door aanwezigheid van een H.F. signaal, de diode gaat gelijkrichten neemt de gelijkspanning over R12-R13 toe en dus ook de negatieve roosterspanning van B1 en B2.

Tenslotte volgt hieronder nog de stroom- en spanningstabel:



Deel van de L.F. tegenkoppeling

Fig. 4

STROMEN EN SPANNINGEN

			Va	Vg2(+4)	Vk	Ia	Ig2(+4)
(ECH42)	B1	Hexode	245	55	-	1,9	2,2
		Triode	90	-	-	4,9	-
(EAF42)	B2	Penthode	245	55	-	4,4	0,85
(EBC41)	B3	Triode	110		1,25	0,6	-
(EL42)	B4	Penthode	235	245	10	26	4
			Volt	Volt	Volt	mA	mA

VC1 = 265 Volt

VC2 = 245 Volt

Iprim. (220 V) = 195 mA

Bovenstaande metingen werden verricht met het Universeel meetinstrument GM 4257, apparaat aangesloten op 220 V 50 Hz. Radio-P.U. schakelaar op radiogolfgebied schakelaar op M.G. en geen signaal op de antennebus.

117. Het meten van de trapversterkingen.

In les 28, bij de behandeling van de signal-tracer GM 7628, is in principe al uiteengezet hoe de trapversterkingen kunnen worden gemeten.

Voor we de trapversterkingen bij deze ontvanger gaan bepalen, eerst nog een opmerking.

In de Philips Service Documentaties zullen deze waarden binnenkort worden gepubliceerd, waarbij zij gebaseerd zijn op laboratorium gegevens. De metingen in de service werkplaats, gedaan met de GM7628, kunnen daarvan afwijken. Immers, de GM 7628 heeft niet de nauwkeurigheid van een laboratorium instrument. Ten tweede zullen in ontvangers van hetzelfde type verschillen voorkomen doordat alle onder-

delen niet volkomen aan elkaar gelijk zijn. De waarden van weerstanden en condensatoren en de buiseigenschappen zijn altijd binnen een bepaalde tolerantie (gemiddeld + of - 10%) gelijk aan de opgegeven waarde.

Hoe groot mogen deze versnillen nu zijn voordat we kunnen zeggen: 'Deze ontvanger is inderdaad fout'.

Het blijkt dat wanneer een 2 à 3 voudige afwijking wordt gevonden, dit in de praktijk nog geen aanleiding tot klachten geeft.

Een voorbeeld:

- a. In de service documentatie staat voor een bepaalde trap een versterking van 150 maal opgegeven. Met de GM 7628 wordt nu een versterking tussen 50 en 100 maal gemeten, wat dus toelaatbaar is.
- o. De fout, in les 28 beschreven, n.l. de verbinding van S17 naar C22 onderbroken, is in de beschreven ontvanger aangebracht. Op het genoor was een duidelijke vermindering van de gevoeligheid merkbaar. Bij meting met de signal-tracer bleek de versterking van g1-B1 tot g1-B2 10 maal te laag te zijn. Hier blijkt wel uit dat, wanneer de gebruiker klaagt over minder goed functioneren van zijn toestel de afwijkingen aanmerkelijk groter dan 2 à 3 maal zullen zijn.

Wordt bij een apparaat voor alle trappen een 2 à 3-voudige afwijking gevonden, dan is er alle reden om het apparaat te wanstouwen. Komen deze afwijkingen voor in het H.F.- en M.F.- deel, dan moet de ontvanger opnieuw worden afgeregeld.

Nu de metingen aan de ontvanger.

Als meetapparatuur werd gebruikt de signal-tracer GM 7628 en de service oscillator GM 2883.

Om bij de beschrijving van de diverse metingen niet in uitvoerige herhalingen te moeten treden, hier eersteen paar aanwijzingen.

1. Bij de metingen mag geen sterke AVR optreden; dit zou de versterking van B1 en B2 te veel verkleinen. Daarom moet de sterkte van het ingangssignaal zo klein mogelijk worden genomen.
2. Een signaal waarbij B5 (de electronen-straal indicator) van de GM 7628 een juist waarneembare uitslag geeft in de ongevoelige sector, blijkt in de meeste gevallen aan bovengenoemde voorwaarde te voldoen.
3. Bij sommige apparaten moet de werking van de AVR worden verzwakt. Bij de beschrijving van deze apparaten in de betreffende service documentatie zal worden aangegeven hoe dit gedaan moet worden.
4. Is de GM 7628 verbonden met de ingang van een bepaalde trap, dan is de ingangsverzwakker SK1 in de stand 1 x geplaatst.
5. De sterkte van het toegevoerde signaal wordt met de verzwakker van de service oscillator geregeld.

a. *Opslingering van de antennekring*

Het gemoduleerde signaal wordt aan de antenneklem toegevoerd. De GM 7628 is hier eveneens op aangesloten. De ontvanger wordt ten naaste oij op de toegevoerde frequentie afgestemd. (Dit afstemmen heeft zeer weinig invloed op de uitslag van B5 van de GM 7628). Nu wordt de GM 7628 aangesloten op het stuurrooster van B1 (knooppunt C11-R4). De ontvanger wordt nu afgestemd op maximum uitslag van B5. Hierna SK1 terugdraaien tot B5 de eerst waargenomen uitslag vertoont. SK1 geeft nu de opslingering van de antennekring aan.
Deze meting in het K.G. - M.G. - en L.G. - gebied uitvoeren.

b. *M.F. versterking van B1*

De versterking wordt hier gemeten tussen g1-B1 en g1-B2, waarbij het toegevoerde signaal een frequentie heeft gelijk aan de middenfrequentie van het apparaat, in ons geval 452 kHz. Door de aansluiting van de GM 7628 aan g1-B2 wordt de M.F. afstemkring S17-S18-C22 iets ontregeld. Om dit te corrigeren wordt nu de toegevoerde frequentie op maximum uitslag van B5 bijgeregeld. (We zouden ook de afstemkring zelf kunnen bijregelen met behulp van de poeder-ijzerkern in S17-S18. Na de meting moeten we dan echter de M.F. versterker weer opnieuw afregelen (zie les 27). Deze methode is daarom sterk te ontraden en wordt derhalve door ons niet toegepast).

c. *M.F. versterking van B2*

De meetpunten zijn nu g1-B2 en diode-B2 (knooppunt S21-S22). Ook hier de toegevoerde frequentie bijregelen bij meting aan de detectie-diode.

d. *Detector*

meetpunten zijn detector diode en g1-B3 (de volumeregelaar is niernij in de maximale stand gedraaid).
Bij de detector-meting moeten we anders te werk gaan dan tot nu toe. Het L.F. - signaal aan g1-B3 heeft n.l. een kleinere waarde dan het gemoduleerde M.F. signaal aan de detector diode (zie les 11 par. 56).
De werkwijze is nu als volgt:
Een gemoduleerd M.F. signaal aan de detector diode toevoeren. GM 7628 aan g1-B3 aansluiten. Het toegevoerde signaal op de juiste sterkte instellen. Nu de GM 7628 op de detector diode aansluiten en met SK1 de uitslag van B5 weer op de eerste waarde brengen SK1 geeft dan de verzwakking aan die het signaal ondergaat van detector diode tot g1-B3.

e. *L.F. versterker*

Het ingangssignaal heeft nu een lage frequentie (400 Hz), afkomstig van de L.F. uitgang van de GM 2883. De meetpunten zijn

g1-B3 en g1-B4. De meetmethode is weer dezelfde als onder a tot en met c genoemd.

f. Eindbuis + transformator

Hier wordt gemeten tussen g1-B4 en de aansluiting voor extra luidspreker (knooppunt S24-S28).

Opmerking:

Meting aan de anode van B4 geeft geen betrouwbaar resultaat. Hier is n.l. de vrij sterke rimpelspanning, die over C1 staat, aanwezig. Deze geeft al een bepaalde uitslag van de indicator B5.

Onderstaand vinden we de waarden die bij de besproken ontvanger zijn gemeten. Als vergelijking zijn daarbij tevens de laboratorium metingen aangegeven. Bij de met GM 7628 gemeten waarden zijn meestal 2 waarden genoemd, b.v. 5-10 maal. Dit betekent dat met SK1 in de stand 5 x de uitslag van B5 nog groter, in de stand 10 x echter kleiner is dan de eerst waargenomen uitslag. De versterking van de betreffende trap ligt dus tussen 5 en 10 maal.

Gemeten trapversterkingen

Meetpunten	Frequentie	Versterking	
		Lab. meting	met GM 7628
antenne - g1B1	M.G. - 1000 kHz	2,8	2 - 5
antenne - g1B1	L.G. - 160 kHz	3,3	5 - 10
antenne - g1B1	K.G. - 6,2 MHz	1,25	1 - 2
g1B1 - g1B2	M.F. - 452 kHz	85	ca 50
g1B2 - detector	M.F. - 452 kHz	165	ca 150
detector - g1B3	M.F. - 452 kHz	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{10 - 25}$
g1B3 - g1B4	L.F. - 400 Hz	46	25 - 50
g1B4 - luidspr.	L.F. - 400 Hz	-	ca 1

De grootste afwijking met de laboratorium meting wordt gevonden bij de antenne opslingering op L.G. (160 kHz). Deze afwijking blijft echter binnen een vernouwing van 3 en is dus toelaatbaar.

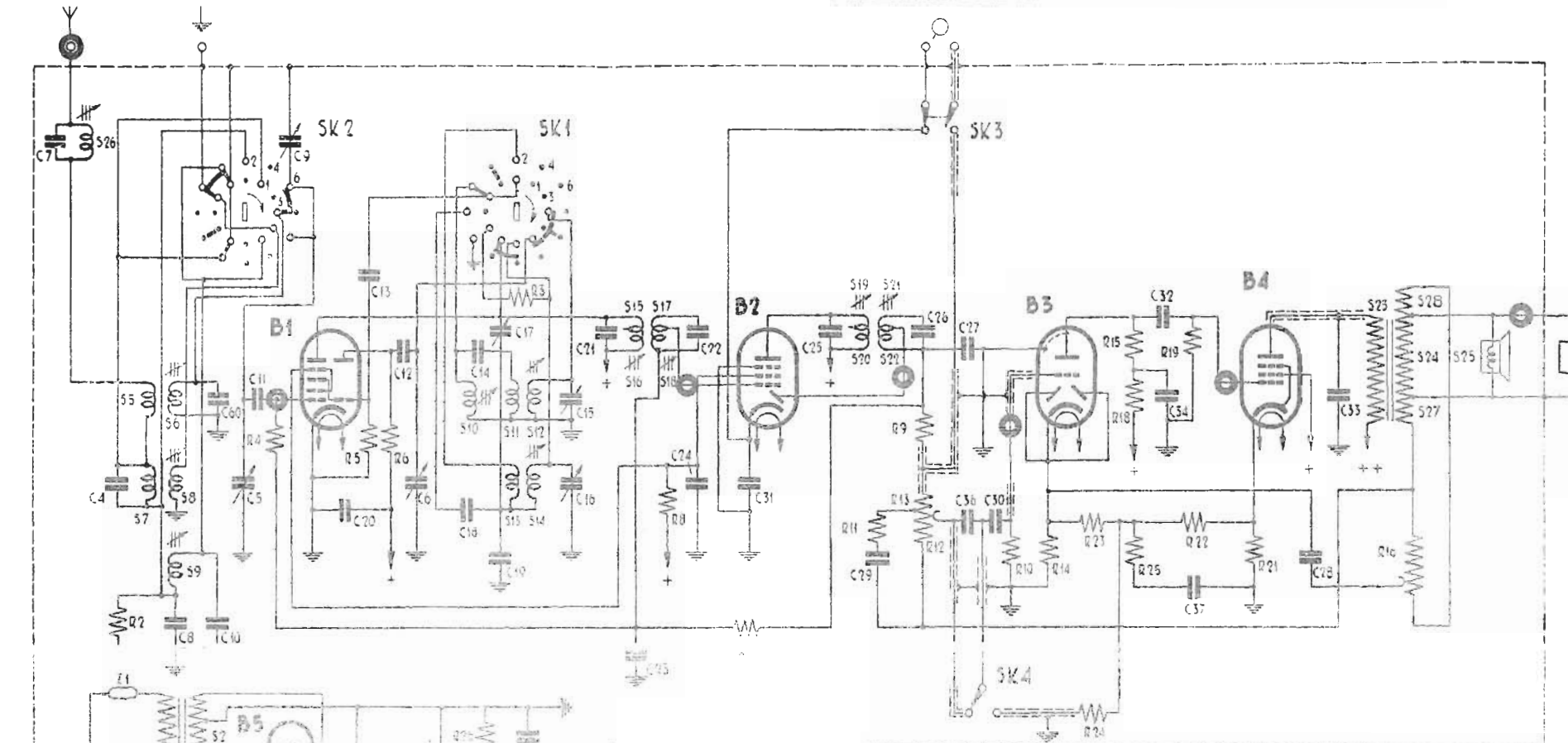
SAMENVATTING.

1. Besproken is de complete schakeling van een superheterodyne ontvanger.
2. Een gelijkrichtbuis met indirect verhitte kathode voorkomt extra hoge spanning over de afvlakcondensatoren bij het inschakelen van het apparaat.
3. Aangezien de kathode-weerstand van de L.F. versterker (83) niet is ontkoppeld, is de kans op brom door gloeidraad-emissie groot.
4. Om deze gloeidraad-brom te elimineren wordt de gloeidraad op een positief potentiaal ten opzichte van de kathode gebracht.
5. Het meten van de trapversterkingen met de GM 7628 is besproken.
6. De gemeten waarden zijn vergeleken met die welke bij laboratorium metingen zijn verkregen.

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

1. We nemen aan dat inde besproken ontvanger het variabele contact van R16 geen contact maakt met de koollaag van R16.
Wat zal de gebruiker merken?
2. De gebruiker komt bij U met de besproken ontvanger en heeft dezelfde klacht als in vraag 1. R16 blijkt in orde te zijn.
Welk onderdeel zal nu defect zijn en wat is er aan dit onderdeel defect?
3. Dezelfde ontvanger als in vraag 1 en 2.
De klacht is: Bij het spelen van gramfoonplaten is radio-ontvangst merkbaar.
Wat is de oorzaak hiervan?

5	26.	57.1.6.8.9.23.4	10	11	13.12	14.	15	16	17	18.	19	20.21	22.	23.	24.	27.28.	25.																				
C	7.	4.	8.	60.	10.	5	11.	9.	20.	1.	13.	12.	6	2.	18.	14.	17.	19	3.	15.	16.	21.	23.	22.	24.	31.	25.	29.	26	27	36	30.	37	34	37.	28.	33.
R.	2.		4.		5	6	1.		26.	27	3.		8.		7.		11.	9.	13.	12.		10.	14.	23.	24.	15.	18	25.	22	19	20.	21.		16.			



Goldgelddraht
 K.O. 1: 10,7 x 6,5 x 0,15 mm
 A.O. 1: 10,7 x 6,5 x 0,15 mm
 L.O. 1: 9,7 x 6,5 x 0,15 mm

C13	50+50	µF	C17	250-400	pF	C33	0,500	pF	R10		
C21			C18	100	pF	C34	0,15	µF	R11	15,000	Ω
C2	10,000	pF	C19	440	pF	C36	1,000	pF	R12	0,65	MΩ
C4	39	pF	C20	1800	pF	C37	27,000	pF	R13	0,45	MΩ
C9			C21	125	pF	C60	5,9	pF	R14	1,800	Ω
C6	14-500	pF	C22	125	pF				R15	0,15	MΩ
C7	270	pF	C23	47,000	pF				R16	50,000	Ω
C8	1800	pF	C24	0,1	µF	R1	1,800	Ω	R16	39,000	Ω
C9	30	pF	C25	125	pF	R2	12,000	Ω	R19		MA
C10	72	pF	C26	125	pF	R3	8,200	Ω	R21	350	Ω
E11	320	pF	C27	82	pF	R4	9,82	MΩ	R22	23,000	Ω
C12	470	pF	C28	15,000	pF	R5	33,000	Ω	R23	23,000	Ω
C13	50	µF	C29	33,000	pF	R6	33,000	Ω	R24	1,6	MΩ
C14	82	pF	C30	8,200	pF	R7	1,5	MA	R25	23,000	Ω
C15	30	pF	C34	2,700	pF	R8	50,000	Ω	R26	0,39	MΩ
C16	30	pF	C32	15,000	pF	R9	47,000	Ω	R27	2,7	MΩ

118. Beschrijving van een superheterodyne-ontvanger voor wisselstroomvoeding.

Wij zullen in deze les eens een ontvanger bekijken die in een hogere prijsklasse ligt dan die in de vorige les is beschreven. Vergelijking van de schema's toont reeds direct enige grote verschillen. De belangrijkste zijn:

1. Een extra H.F. trap.
2. Zes golfbereiken in plaats van drie.
3. Optische afstemmingsindicatie.

Wij zullen nu deze punten, met nog enige andere, successievelijk onder de loupe nemen.

1. HF- en mengtrap

Men zal zich misschien afvragen waarom het nodig is dat een extra h.F. penthode is gebruikt. Met de ouzenserie van de in de vorige les beschreven ontvanger kwam toch voor alle zenders voldoende geluid uit de luidspreker.

Deze ontvanger is echter voorzien van meer kortegolfbereiken, die zich bovendien tot een kortere golflengte uitstrekken (ca 11 m). Hoe lager de golflengte, dus hoe hoger de frequentie, des te moeilijker wordt het om de ontvangst voldoende vrij van ruis te houden.

Hoe ontstaat deze ruis?

Wanneer wij een elektrische kring hebben, waarin tengevolge van een bepaalde E.M.K. een stroom loopt, dan weten we dat in een dergelijke kring altijd weerstand aanwezig is. Deze weerstand bestaat overal, waar electronen door een bepaald materiaal heen moeten, bijvoorbeeld bij een spoel waar de electronen door koperdraad bewegen. Nu is elk materiaal opgebouwd uit atomen (zie les 1), en deze atomen bestaan weer uit positieve kernen met er omheen wentelende electronen. De materialen welke tot de geleiders' benoren, bezitten bovendien een aantal vrije electronen, welke geen vaste plaats om een bepaalde positieve kern hebben. Deze electronen bewegen zich van het ene atoom naar het andere. Dit is reeds uitvoerig besproken in les 1, waarin we tevens zagen, dat de beweging van de electronen door verhoging van de temperatuur heftiger wordt.

Hebben we nu een elektrische kring waarin een bepaalde E.M.K. aanwezig is, dan zal zich de stroom van vrije electronen van het ene atoom naar het andere begeven en zo steeds in één richting verder tussen andere atomen door totdat de kringloop is volbracht. Al naarmate de electronen zich vrijer door het materiaal kunnen bewegen, zal er meer of minder weerstand in de kring zijn.

Ook zonder dat er een E.M.K. van buiten af in de kring wordt gebracht, zal er een beweging van electronen in de kring zijn. Een beweging, welke echter een volkomen onregelmatig karakter heeft, zodat men feitelijk niet kan zeggen dat er een bepaalde stroom in

de ene of andere richting loopt.

Men kan dit vergelijken met een zeer drukke straat, waarin voortdurend mensen in beide richtingen lopen. De straat is voortdurend geheel gevuld en het is onmogelijk te zeggen of er zich een stroom mensen in de ene of in de andere richting beweegt. Zou men echter aan het eind van de straat, bijvoorbeeld om de 5 minuten, de mensen tellen die er in en er uit zijn gegaan, dan zou men kunnen zien dat gedurende de eerste 5 minuten er meer waren ingegaan dan er uit, zodat dus de ingaande stroom het grootst was, terwijl dat een volgende tijdsperiode juist andersom kan zijn. Ofschoon men over een gehele dag genomen niet kan zeggen dat er een stroom in een bepaalde richting is geweest, hebben er wel stroomvariatiës plaats gehad, en wel van een zeer onregelmatig karakter.

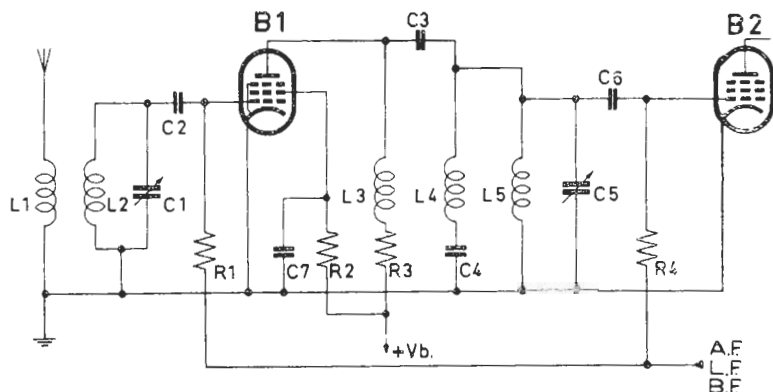
Zo is het ook met de elektrische kring. Tengevolge van de 'thermische' beweging der electronen, treden onregelmatige stroomfluctuaties in de kring op. Is een deel van de kring aangesloten tussen rooster en kathode van een versterkbuis, dan ontstaan spanningsvariatiës van hetzelfde karakter. Worden deze spanningsvariatiës voldoende versterkt, dan zullen deze tenslotte als ruis hoorbaar zijn.

Een tweede oorzaak van het ruisen is gelegen in het feit dat de electronenstroom door een buis, ook wanneer er geen wisselspanning op het rooster aanwezig is, niet dat regelmatige karakter heeft dat we van een gelijkstroom zouden verwachten. We mogen namelijk niet vergeten dat de stroom door de buis uit afzonderlijke electronen bestaat, welke stuk voor stuk of in onregelmatige groepen uit de kathode te voorschijn komen. De electronen bereiken bovendien lang niet altijd ongehinderd de anode, maar botsen onderweg soms tegen andere electroden, de glaswand en dergelijke. De onregelmatigheid welke hierdoor in de anodestroom ontstaat, wordt gewoonlijk het 'hageleffect' genoemd. Ook dit komt tot uiting als ruis. Nu wordt dit ruisen des te sterker, naarmate meer electroden tussen kathode en anode de anodestroom-fluctuaties kunnen beïnvloeden. Een penthode veroorzaakt b.v. meer ruis dan een triode, en een hexode weer meer ruis dan een penthode.

Keren wij nu terug naar de ontvanger van de vorige les, dan zien we dat vanaf de antenne het H.F. signaal de H.F. kringen passeert en daarna op het ingangsrooster van het hexodegedeelte van de mengbuis komt. Hierbij ontstaat door 2 oorzaken ruis:

- a. De kring die een bepaalde weerstand vertegenwoordigt (zie les 10)
- b. De hexode met haar vele roosters tussen de kathode en de anode.

Nu blijkt bij kortegolf-ontvangst de hexode verreweg de grootste bijdrage tot de ruis te leveren. Daarom is in de ontvanger met het schema van fig. 3 als extra H.F. buis een penthode gekozen. Deze buis veroorzaakt veel minder ruis dan een hexode en zorgt ervoor, dat het gewenste H.F. signaal zodanig wordt versterkt, dat dit voldoende overweegt over de door de mengbuis veroorzaakte ruis.



Vereenvoudigd prinsipschema van het H.F.-gedeelte van de ontvanger van fig. 3.

Fig. 1

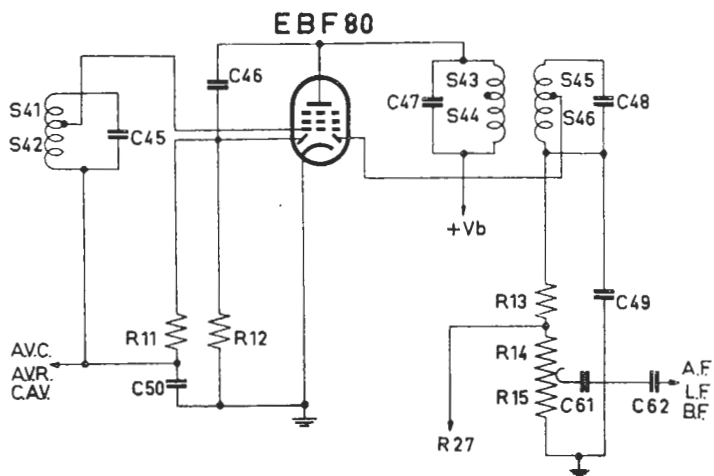
De H.F. trap is nu in principe volgens figuur 1 geschakeld. De eerste H.F. kring is inductief met de antenne gekoppeld. Het signaal passeert de koppelcondensator C2 en komt dan op het stuurrooster van de H.F. penthode terecht. De anode ontvangt haar voedingsspanning via de H.F. smoorspoel L3 en R3. Parallel aan de tweede afstemkring L5-C5 is de M.F. zuigkring L4-C4 geschakeld. Deze kring is afgestemd op de middenfrequentie en vormt voor deze frequentie een kortsluiting. Voor de H.F. antenne-signalen gedraagt de seriekring zich echter als een hoge impedantie, die de afstemkring L5-C5 praktisch niet beïnvloedt.

Verder zijn de H.F. kringen geschakeld zoals reeds in les 24, par. 106, met de bandspreiding is behandeld. Ook in deze ontvanger krijgen de H.F. buis en de mengbuis geen aparte negatieve roosterspanning toegevoerd.

2. M.F. trap

Als M.F. versterker wordt het penthodedeel uit de duo-diode-penthode EBF80 gebruikt. De ene diode (in fig. 2 de linkerdiode) dient voor het opwekken van de AVR spanning. De M.F. spanning over de derde M.F. kring S43-S44-C47 wordt via C46 aan deze diode toegevoerd. Over R12 ontstaat nu een fluctuerende gelijkspanning, waarvan de grootte afhankelijk is van de sterkte van de draaggolf. Deze spanning wordt nu via het ontkoppelfilter R11-C50 (voor afvlakking van de modulatiespanning) aan de stuurroosters van de H.F.-, meng- en M.F. buizen toegevoerd. Als er geen signaal is, zal over R12 nog altijd een negatieve spanning van ca -0,5 V ontstaan, die wordt gebruikt voor de negatieve roosterspanning van de buizen EF41, ECH42 en EBF80.

De tweede diode in de EBF80 functioneert als detector. Over de belastingsweerstand R14-R15 ontstaat het L.F. signaal dat via C61-C62 aan het stuurrooster van B4 (EBC41) wordt gelegd. Het L.F. gedeelte



Principe van de schakeling van de AVC- en detectie-diodes

Fig. 2

is verder praktisch gelijk aan dat in les 23, par. 102, uitvoerig is besproken.

3. Afstemmingsindicatie

De gelijkspanning die na detectie over R14-R15 ontstaat, wordt ook gebruikt voor sturing van de electronenstraal-indicator EM34. Voor de beschrijving van de schakeling zie men les 25. par 108.

4. Spanningen en stromen

Om een indruk te geven van de spanningen en stromen in de schakeling, geven wij hiernaast in een tabel de waarden van de diverse spanningen en stromen aan en naar de verschillende elektroden van de buizen.

Spanningen en stromen

			Va	Vg2(+4)	Vk	Ia	Ig2(+4)
B1	EF41	Penthode	197	67	-	3,4	1,14
		Hexode	230	67	-	2,25	3,4
B2	ECH42	Triode	130	-	-	3,65	-
B3	EBF80	Penthode	230	67	-	5,2	1,8
B4	EBC41	Triode	108	-	1,19	0,53	-
B5	EL41	Penthode	225	230	5,7	32,5	4,7
B7	EM34	Afstem- indicator	230	-	-	1,3	-
			Volt	Volt	Volt	mA	mA

$$V_{C1} = 260 \text{ V}$$

$$V_{C2} = 230 \text{ V}$$

$$I \text{ prim.} = 225 \text{ mA bij } 220 \text{ V (50 Hz)}$$

Deze gemiddelde waarden van stromen en spanningen zijn gemeten met het Universeel Meetapparaat GM 4257, ontvanger aangesloten op 220 V (50 Hz) en zonder antennesignaal.

119. Het meten van de trapversterkingen.

De in de volgende tabel gepubliceerde getallen voor de trapversterkingen zijn op dezelfde wijze gemeten als in de vorige les is beschreven.

Als meetapparatuur is weer gebruikt:

De service-oscillator GM 2883 en de signal-tracer GM 7628.

Voor de goede orde willen wij de verschillende handelingen nogmaals doornemen (Lees daarvoor eerst nog eens de algemene punten in de vorige les, par. 117).

a. *Opslingering van de antennekring*

Het gemoduleerde signaal wordt aan de antennebus (meetpunt 1) ^{*}/ toegevoerd. De GM 7628 is hierop eveneens aangesloten. De ontvanger wordt ten naaste bij op de toegevoerde frequentie, voor het midden-golfgebied b.v. op 1000 kHz, afgestemd.

De sterkte van het toegevoerde signaal wordt zodanig ingesteld, dat de optische indicator van de GM 7628 met SK5 in stand 1 een juist waarneembare uitslag vertoont. Daarna wordt de GM 7628 aangesloten op het stuurrooster van B1 (meetpunt 2). De ontvanger wordt nu af-

^{*}/ De meetpunten zijn genummerd aangegeven in het principeschema fig. 3 en de daarbij behorende bedradingstekening fig. 4.

gestemd op maximum uitslag van de optische indicator van de GM7628. Hierna SK1 terugdraaien tot B5 (de indicator) de eerst waargenomen uitslag vertoont. SK1 geeft nu de opslingering van de antennekring aan. Deze metingen voor de andere golfgebieden hernalen. (Bij het betreffende ontvangtoestel was het nog nodig het contact 14 van de schakelaar SK3 (zie fig. 4) door middel van een condensator van 0,1 μ F voor de nog aanwezige wisselspanning te aarden. Dit contactpunt 14-straalde n.l. nog zoveel naar de omgeving dat de trapversterkingsmeting tot aan de detector werd gestoord.)

b. HF-versterking van B1

De versterking wordt gemeten tussen g1-B1 en g1-B2 (resp. de meetpunten 2 en 3). Het toegevoerde signaal heeft dezelfde frequentie als bij de voorgaande meting. Door de aansluiting van de GM 7628 aan g1 van B2 kan de afstemkring iets worden verstemd. Om dit te corrigeren wordt de toegevoerde frequentie op maximum uitslag van B5 (GM 7628) bijgesteld.

c. M.F.-versterking van B2

De meetpunten zijn nu g1-B2 en g1-B3 (de meetpunten 3 en 4). De Service-oscillator wordt nu op de middenfrequentie (452 kHz) ingesteld. Ook hier wordt de M.F.-kring S41-S42-C45 door aansluiting van de GM 7628 verstemd, zodat de toegevoerde frequentie moet worden bijgesteld.

d. M.F.-versterking van B3

De meetpunten zijn g1-B3 en diode-B3 (meetpunten 4 en 5). Bij meting aan de detector-diode moet de toegevoerde middenfrequentie weer worden bijgesteld.

e. Detector

De meetpunten zijn de detector-diode-B3 en g1-B4 (meetpunten 5 en 6); de volumeregelaar R14-R15 wordt hierbij in de maximum stand gedraaid. Aangezien het L.F.-signaal aan g1-B4 een kleinere waarde heeft dan het gemoduleerde M.F.-signaal aan de detector-diode, wordt de volgorde van de meting iets anders. Een gemoduleerd M.F.-signaal wordt aan de detector-diode toegevoerd. De GM 7628 wordt op g1-34 aangesloten en het toegevoerde signaal op de juiste sterkte ingesteld. Nu verplaatsen wij de GM 7628 naar de detector-diode en brengen met SK1 (van de GM 7628) de uitslag van de indicator op de eerste waarde terug.

SK1 geeft dan de verzwakking aan die het signaal ondergaat van de detector-diode tot het stuurrooster van B4.

f. L.F.-versterker

Het ingangs-signaal moet nu een lage frequentie hebben. Dit signaal (400 Hz) wordt betrokken van de L.F.-uitgang van de Service-oscillator GM2883. De meetpunten zijn nu g1-B4 en g1-B5 (meetpunten 6 en 7). De meetmethode is dezelfde als onder a t/m d.

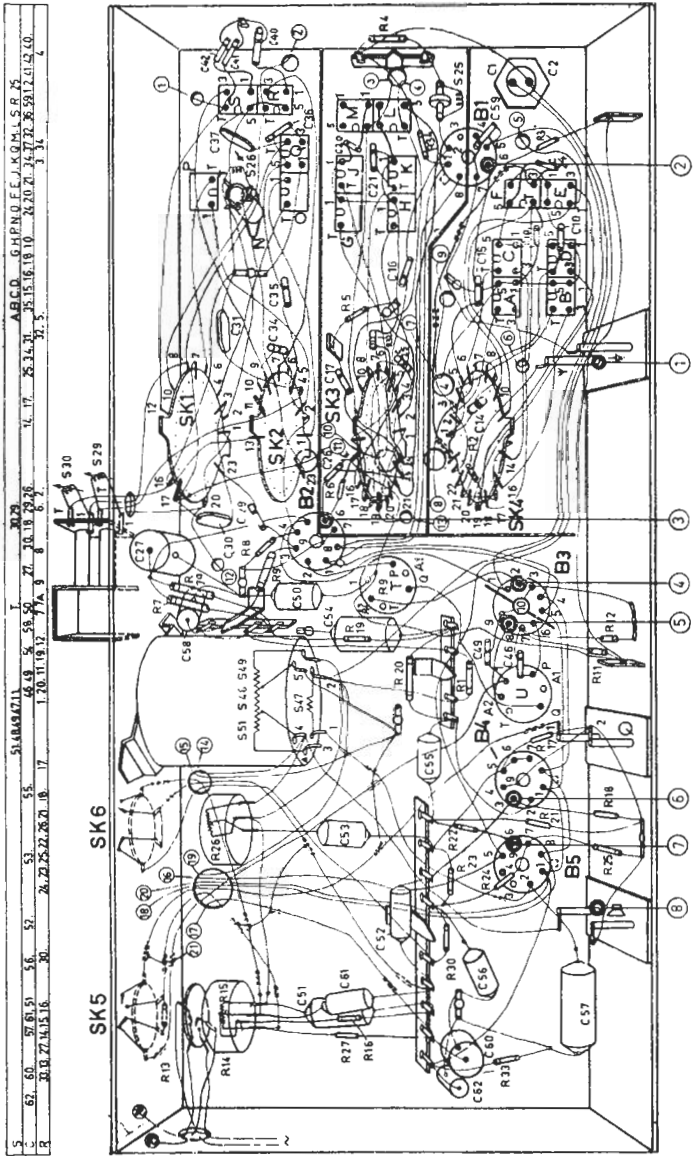
g. Eindbuis + uitgangstransformator

In dit geval zijn de meetpunten g1-B5 en de aansluiting voor een extra luidspreker. (meetpunten 7 en 8). De frequentie van het ingangssignaal is uiteraard weer 400 Hz.

Onderstaand zijn de waarden vermeld, die bij de besproken ontvanger zijn gemeten. Als vergelijking zijn eveneens de resultaten van de laboratoriummeting vermeld.

Gemeten trapversterkingen

Meetpunten	Frequentie	Versterking	
		Lab. meting	Met GM 7628
1-2 Antenne-g1B1	L.G. - 250 kHz	2,7	1 - 2
1-2 Antenne-g1B1	M.G. - 1000 kHz	2,8	1 - 2
1-2 Antenne-g1B1	KG2d - 6,5 MHz	1,5	1 - 2
1-2 Antenne-g1B1	KG2c - 11 MHz	1,6	1 - 2
1-2 Antenne-g1B1	KG2b - 14,5 MHz	2	1 - 2
1-2 Antenne-g1B1	KG2a - 24 MHz	1	1 - 2
2-3 g1B1-g1B2	L.G. - 250 kHz	10,5	5 - 10
2-3 g1B1-g1B2	M.G. - 1000 kHz	10	5 - 10
2-3 g1B1-g1B2	KG2d - 6,5 MHz	8	5 - 10
2-3 g1B1-g1B2	KG2c - 11 MHz	9,7	5 - 10
2-3 g1B1-g1B2	KG2b - 14,5 MHz	7	5 - 10
2-3 g1B1-g1B2	KG2a - 24 MHz	6,3	5 - 10
3-4 g1B2-g1B3	M.F. - 452 kHz	85	25 - 50
4-5 g1B3-detect. diode	M.F. - 452 kHz	165	100 - 150
5-6 detect. diode- g1B4	M.F. - 452 kHz	1/11	1/5 - 1/10
6-7 g1B4-g1B5	L.F. - 400 Hz	41	25 - 50
7-8 g1B5-luid- spreker	L.F. - 400 Hz	-	ca 1



Bedradingstekening van de ontvanger van fig. 3

Fig. 4

SAMENVATTING.

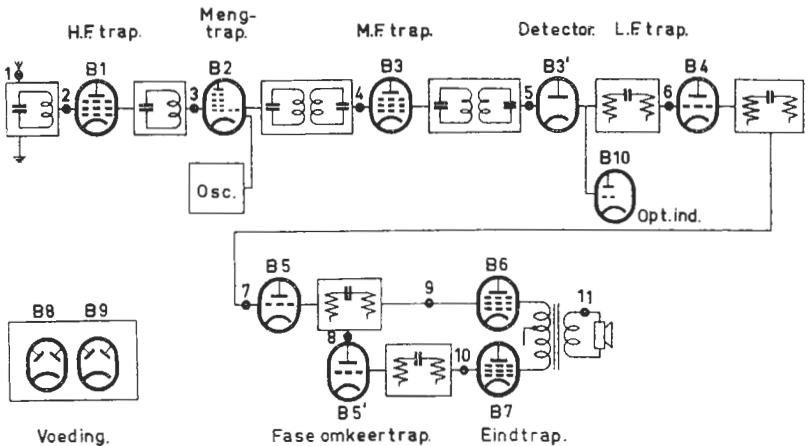
1. In een ontvanger zijn 2 hoofdoorzaken van ruis:
 - a. De thermische ruis die ontstaat in de roosterweerstand en
 - b. De ruis die in de HF-buis en/of mengbuis ontstaat.
2. Om een betere ruisvrije ontvangst, vooral in het korte golfgebied te verkrijgen, wordt een extra HF-versterkbuis toegepast.
3. Deze ontvanger is voorzien van een electronenstraal-indicator voor optische afstemmingsindicatie.
4. Besproken is het meten van de trapversterkingen met behulp van de signal-tracer GM 7628.

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN.

1. Teken het schema apart op van het toestelgedeelte tot aan de detectordiode voor de golfgebieden KG2d en M.G. van de ontvanger van fig. 3.
2. De ontvangst van het ontvangtoestel met het schema van fig.3 is op alle golfbereiken normaal.
De optische afstemindicator B7 reageert echter niet. Wat kan hiervan de oorzaak zijn? (Door het uitwisselen van buizen is reeds geconstateerd dat B7 zelf in orde is).
3. Van hetzelfde ontvangtoestel is de klacht:
Speelt niet in het middengolfgebied. In alle andere golfbereiken is de werking in orde. Wat kan hiervan de oorzaak zijn?

120. Een luxe superheterodyne-ontvanger met balans-eindtrap

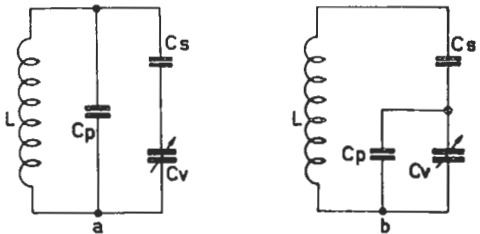
De derde ontvanger die wij willen bespreken, is een voorbeeld van een luxe ontvanger met een balans-eindtrap. Deze ontvanger is uiteraard voorzien van tal van verfijningen, waardoor het geheel vrij gecompliceerd lijkt. Vele service-technici hebben bij reparatie van een dergelijke ontvanger de neiging de moed te verliezen en komen er al gauw toe het apparaat opzij te zetten. Zeer ten onrechte. Als men het schema van zo'n toestel kalm bekijkt, en men maakt er even een olokschema van, valt het meestal wel mee.



Blok-schema van de ontvanger van fig. 15

Fig. 1

Daarvoor is het echter wel belangrijk, dat men de principiële werking van de verschillende trappen van de ontvanger goed door heeft. Bekijken we de ontvanger, die we nu zullen bespreken (fig. 15), en maken we daarvan een blok-schema, dan ontstaat fig. 1. Het gedeelte tot punt 7 is vrij normaal. Daar achter volgt een zogenaamde fase-omkeertrap en een balans-eindtrap, waarover wij het in deze les nog uitvoerig zullen hebben.



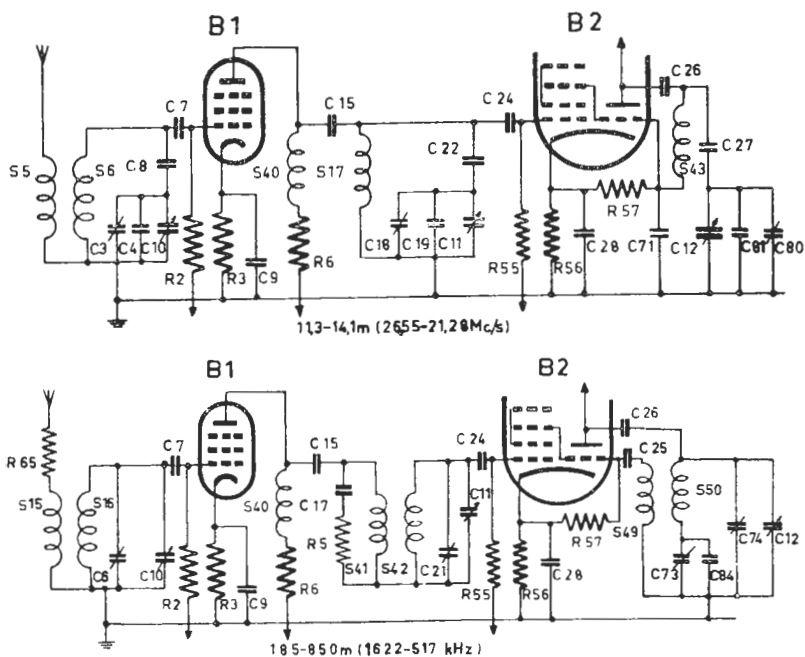
- Principieschema van een afstemkring, waarbij door aanbrengen van een parallel-condensator C_p bandspreiding wordt verkregen.
- Getzelfde schema, waarin nu echter C_p parallel aan de variabele condensator C_v is geschakeld.

Fig. 2

Wij zullen nu het schema, vanaf de antenne, punt voor punt bekijken en ons daarbij alleen tot de afwijkingen ten opzichte van het schema in les 30 bepalen.

a. H.F.- en mengtrap

Ook deze ontvanger heeft 6 golfgebieden, waarvan er 5 het kortegolfgebied bestrijken. In de 4 kortste golfgebieden is band-spreiding toegepast, volgens de methode c van les 24, d.w.z.



Het schema van het H.F.-gedeelte van de ontvanger van fig.15 voor:

- a. het golfgebied KG2a
- b. Het golfgebied M.G.

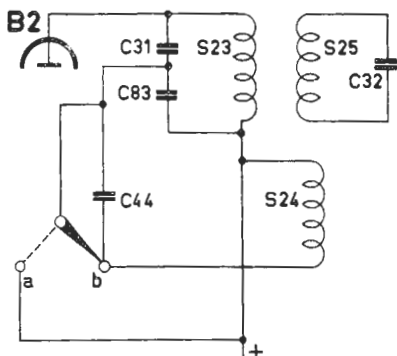
Fig. 3

door serie- en parallelschakeling van condensatoren. In plaats dat de parallelcondensator over de serieschakeling van C_S en C_V (zie fig. 2a) is aangebracht, bevindt C_p zich in deze ontvanger parallel aan C_V . Het principieschema wordt dan zoals aangegeven in fig. 2b. Het resultaat blijft uiteraard hetzelfde.

In de korte-golfgebieden is de oscillator geschakeld volgens het Colpitts-schema (zie fig. 12 in les 24). In het korte golfgebied KG3 en het middengolfgebied heeft de oscillator echter normale inductieve terugkoppeling. In fig. 3a en b zijn ter illustratie de principieschema's voor de golfgebieden KG2a en MG weergegeven.

b. M.F. trap

Het eerste M.F. bandfilter is op een bijzondere manier geschakeld (zie ook fig. 4). In serie met de primaire spoel S_{23} is een extra spoel S_{24} geschakeld, die met de secundaire spoel is gekoppeld. In stand b van de schakelaar is de spoel S_{24} via een capacitieve aftakking (C_{31} - C_{83}) met de kring S_{23} - C_{31} - C_{83} verbonden. Aangezien S_{24} inductief gekoppeld is met S_{25} , wordt een extra koppeling tussen de twee kringen van het bandfilter tot stand gebracht. In les 10, paragraaf 55, hebben we gezien, dat de selectiviteitskromme breder wordt door een vastere koppeling. Naarmate echter deze kromme breder is, kan een bredere frequentieband worden doorgelaten. Een grotere bandbreedte betekent een betere geluidskwaliteit.



Principe van de bandbreedte-regeling met behulp van een extra koppelspoel (S_{24}).

Fig. 4

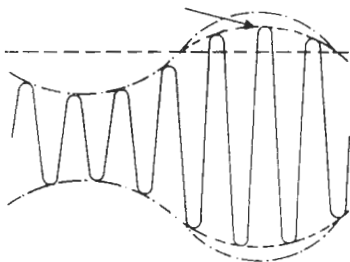
In stand a van de schakelaar wordt C_{83} kortgesloten en krijgt de spoel S_{24} uit de primaire kring geen energie toegevoerd, waardoor de extra koppeling tussen de primaire en secundaire kringen is uitgeschakeld. In dat geval is de bandbreedte van de selectiviteitskromme smaller, d.w.z. minder weergave kwaliteit, doch grotere selectiviteit.

De bandbreedte in positie 'smal' is bij een verzwakking van 1 : 10 11 kHz; in de positie 'breed' wordt dit 17 kHz.

c. A.V.R.-schakeling

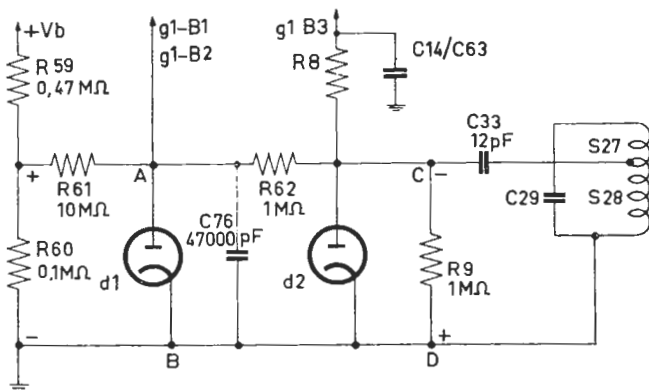
De ontvangtoestellen, die in de vorige twee lessen zijn beschreven, waren voorzien van een onvertraagde fadingcompensatie. In les 19, paragraaf 87, hebben we gezien dat dan zwakke zenders niet altijd op volle sterkte ontvangen zullen worden. Daarom is deze ontvanger voorzien van een vertraagde fadingcompensatie. Nu heeft de schakeling, die in fig. 13 van les 19 is afgebeeld het nadeel, dat in bepaalde omstandigheden vervorming kan optreden. Dit wordt veroorzaakt door de A.V.R. diode, die bij een bepaalde signaalsterkte, ter waarde van de vertragingsspanning, het ene moment geleidend is en het andere moment nietgeleidend is. Hierdoor wordt de kring, waarop de diode is aangesloten, het ene moment wel gedempt, het andere moment niet. De spanning over die kring krijgt dan de vorm van fig. 5, waardoor de LP modulatiespanning wordt vervormd.

Om dit te voorkomen, wordt gebruik gemaakt van een extra diode. Aangezien reeds twee dioden worden toegepast, namelijk een voor detectie en een voor het opwekken van de A.V.R.-spanning, wordt deze schakeling de drie-diodenschakeling genoemd. Het principe van deze schakeling is in fig. 6 afgebeeld.



Het beeld van een gemoduleerde draaggolf, die door de vertraagde A.V.R.-schakeling vervormd wordt.

Fig. 5



Principeschema van de 3-diodenschakeling

Fig. 6

De diode d2 is via C33 op de voorlaatste MF kring S27-S28-C29 aangesloten. Zodra een MF spanning over de kring komt, ontstaat over R9 een gelijkspanning, die als onvertraagde A.V.R. spanning voor B3 wordt gebruikt. De diode d1 is via R61 en een spanningsdeler, bestaande uit R59-R60, met de positieve voedingsspanning +Vb verbonden. Dientengevolge vloeit een stroom door de diode d1. Onder deze omstandigheden is de inwendige weerstand van de diode vrij klein, nl. circa 50.000 Ω . Gezien vanuit het punt C, staat over de punten C en D een potentiometer, bestaande uit R62 (1 M Ω) en de diode weerstand Rd1 (circa 50.000 Ω). Over de punten A en B, dus over C76, komt dus praktisch geen regelspanning te staan; dit komt hierop neer, dat de stuurroosters van B1 en B2, die met punt A zijn verbonden, via de diode d1 aan aarde liggen. Deze buizen ontvangen hun negatieve roosterspanning dan uitsluitend van hun kathodeweerstand R3 en R56. Enerzijds werkt nu op punt A via R61 een kleine positieve spanning, anderzijds een kleine negatieve spanning via R62. Zolang de positieve spanning overheerst, blijft de diode d1 stroom trekken en komt er geen regelspanning voor B1 en B2 ter beschikking. Voor sterkere zenders neemt de regelspanning over C-D toe en vanaf een bepaalde sterkte zal de negatieve spanning zo hoog zijn, dat punt A negatief wordt ten opzichte van aarde. Vanaf dat moment vloeit door de diode d1 geen stroom meer en wordt de inwendige weerstand Rd1 zeer groot. Nu wordt de spanningsdeling over R62 en Rd1 veel gunstiger en komt de regelspanning ook ter beschikking van de roosters van B1 en B2. In de schakeling van fig. 15 wordt de diode d1 gevormd door het remrooster van B3 en kathode. Het remrooster functioneert dus als de anode van de diode.

d. De volume- en toonregeling (fig. 7)

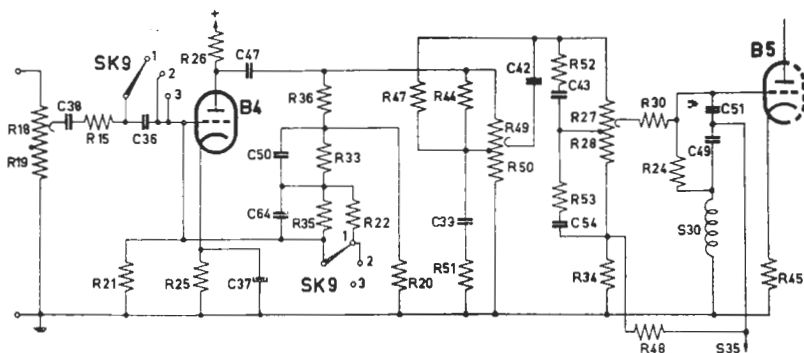
De rechter diode in B3 is de detectordiode. Het gedetecteerde signaal komt over R10+R12 te staan. De gelijkspanning over R12 wordt benut voor sturing van de optische afstemindicator B10.

De LF spanning over R12 wordt toegevoerd aan de eerste volumeregelaar R18-R19. Deze volumeregelaar is gekoppeld met de tweede volumeregelaar R27-R28, waarover de filters R52-C43 en R53-C54 geschakeld zijn. Hiermede wordt een physiologische toonregeling verkregen (zie les 23 paragraaf 101).

Tussen beide volumeregelaars is de eerste LF versterktriode met weerstandskoppeling geschakeld. Deze koppeling ziet er wel heel wat gecompliceerder uit dan we tot nu toe in de behandelde schema's hebben ontmoet. Het heeft voor ons doel geen zin deze schakeling in detail te ontleden. Voor een beter begrip willen wij echter wel de hoofdzaken laten zien.

1. De basschakelaar

Vanaf de eerste volumeregelaar R18-R19 passeert het LF signaal C38, R15 en de schakelaar SK9. In de getekende stand 1 in fig. 7 is een extra condensator C36 van 470 pF in serie geschakeld.



Schema van het L.F. gedeelte met volume- en toonregeling

Fig. 7

Hiermede worden de lage tonen verzwakt. In de standen 2 en 3 is C36 kortgesloten, zodat dan alleen C38 (3900 pF) als koppelcondensator dienst doet. Verder bedient SK9 een filter, dat in het tegenkoppelingscircuit in de anodeketen is opgenomen. Van de anodeketen wordt namelijk via een frequentie-afhankelijke filtercombinatie R36-C33/C50-R35/C64 een spanning in tegenfase naar het stuurrooster van B4 teruggevoerd. Nu zijn de waarden van C64 en R35 zo gekozen (270 pF resp. 6,8 M Ω) dat zij gezamenlijk voor de lagere frequenties een veel grotere weerstand vormen, dan voor de hoge frequenties. Dit heeft tot gevolg, dat voor de lage frequenties de tegengekoppelde spanning veel kleiner is dan voor de hoge frequenties, d.w.z. de lage frequenties worden ten opzichte van de hoge frequenties meer versterkt.

Als de schakelaar SK9 in stand 1 staat, wordt parallel aan R35-C64 een weerstand R22 (0,56 M Ω) geschakeld, waardoor de werking van het filter veel minder effectief is. De lage frequenties worden dan meer tegengekoppeld en dus minder versterkt. De schakelaars SK9 in fig. 7 werken gelijktijdig. De situatie in de drie posities van SK9 is nu als volgt:

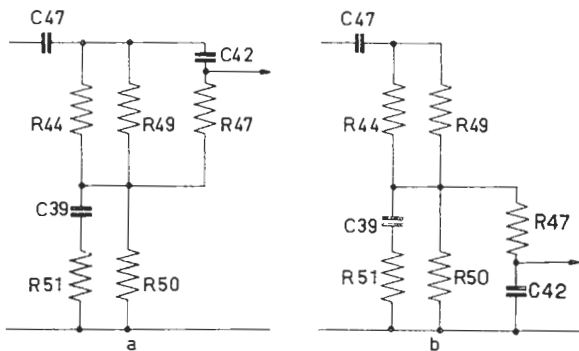
- | | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| Stand 1: minimum aan lage tonen - | C36 in serie met C38-R15 |
| | R22 parallel aan R35-C64 |
| Stand 2: normale weergave | C36 kortgesloten |
| | R22 parallel aan R35-C64 |
| Stand 3: maximum aan lage tonen - | C36 kortgesloten |
| | R22 uitgeschakeld. |

2. De toonregeling

De toonregeling (voor de hoge tonen) wordt verkregen met de potentiometer R49-R50 in combinatie met R44-C39-R51-R47-C42.

Als de looper van de potentiometer aan de top staat, heeft men een maximum aan hoge tonen, in dat geval ontstaat de situatie van fig. 8 a.

Het LF-signaal komt dan van de anode van B4, via C47 en C42 naar de tweede volumeregelaar. De waarden van de weerstanden en condensatoren zijn zo gekozen, dat de hoge tonen ten opzichte van de lage tonen veel beter doorkomen. In de andere uiterste positie (fig. 8b) van de toonregelaar worden de hoge tonen sterk verzwakt (door de potentiometerwerking van R47-C42), terwijl de lage tonen juist beter worden doorgelaten.



Detail van het toonregelingsgedeelte van fig. 7
 a. In de positie van hoge tonen-weergave
 b. In de positie van onderdrukking der hoge tonen

Fig. 8

3. Fluitfilter

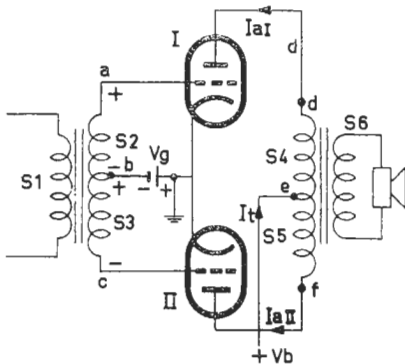
In de roosterketen van B5 bevindt zich een seriekring C49-S30, die afgestemd is op een frequentie van 9000 Hz. In les 10, paragraaf 53, hebben we gezien dat de draaggolven van de verschillende zenders op een bepaalde vaste frequentie-afstand (9 of 10 kHz) van elkander liggen. Nu zendt een zender niet alleen de draaggolf uit, maar een complete frequentieband, waarvan de breedte wordt bepaald door de hoogste modulatie-frequentie. De resonantiekromme van de afstemkringen moet daarom minstens zo breed zijn, dat de modulatieband zo goed mogelijk wordt doorgelaten. Hierdoor is het echter tevens mogelijk, dat de zijband van de naastbij liggende zender, of zelfs de draaggolf daarvan, in het ontvangtoestel doordringt. De twee draaggolven, namelijk de gewenste en de ongewenste, veroorzaken zogenaamde zwevingen, waarvan de frequentie gelijk is aan het verschil van de twee draaggolffrequenties. Deze verschilfrequentie wordt na detectie hoorbaar. Bij een onderlinge frequentie-afstand van 9 kHz zal dan een fluittoon van 9000 Hz te horen zijn. Aangezien een dergelijke toon, zelfs al is ze zeer zwak, zeer hinderlijk kan zijn, is in deze ontvanger parallel aan de secundaire S35 van de luidsprekertransformator een zogenaamd fluitfilter, C49-S30, aangebracht. Voor de frequentie van 9000 Hz vormt dit filter een kortsluiting, waardoor de fluitstoring sterk wordt onderdrukt.

C49-S30 maken tevens deel uit van een tegenkoppelingscircuit, waardoor de frequentie van 9000 Hz wordt tegengekoppeld en de storingsonderdrukking nog effectiever wordt.

e. Balans-eindtrap + fase-omkeerschakeling

Tot nu toe hebben wij alleen eindtrappen behandeld, waarin slechts één eindbuis werd gebruikt. Wil men een groter inuvermogen verkrijgen, dan kan men zijn toevlucht nemen tot een buis voor groter vermogen of enige buizen in parallelschakeling.

Een andere oplossing is twee buizen in balansschakeling. Het principe van deze schakeling is in fig. 9 afgebeeld. Hierin wordt de LF wisselspanning via een transformator, waarvan de secundaire wikkeling van een middenaftakking is voorzien, aan de roosters van de eindbuizen I en II gelegd. De middenaftakking ligt voor de wisselspanning aan aarde. Bekijken we nu op een bepaald moment van de wisselspanning de polariteit van de secundaire wisselspanning aan de punten a en c, dus aan de roosters, t.o.v. kathode, dan zien we dat punt a positief is als punt c negatief is t.o.v. aarde. De spanningen aan de roosters van de buizen I en II zijn dus in tegenfase. In de anode-keten bevindt zich weer een transformator (de uitgangstransformator), waarvan de primaire eveneens van een middenaftakking is voorzien. Via deze aftakking wordt de voedingsspanning aan de anoden toegevoerd.



Principe van de balansschakeling van eindbuizen.

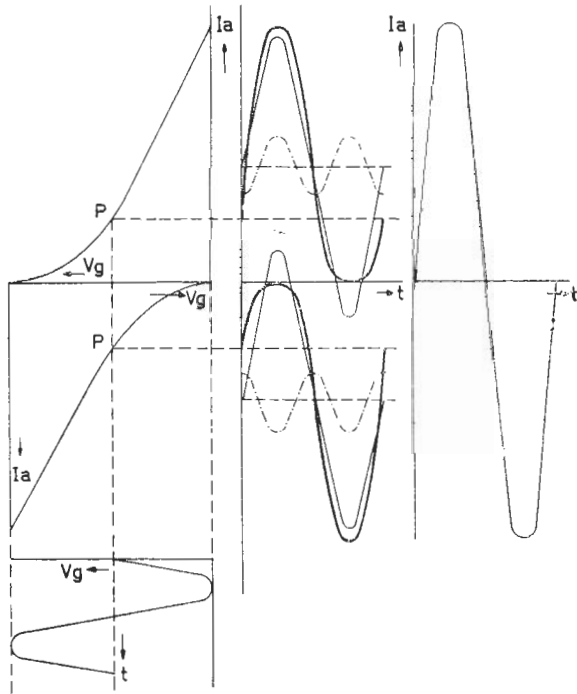
Fig. 9

Aan S4 van de primaire wikkeling van de uitgangstransformator ontstaat nu een wisselspanning die in negatieve richting toeneemt als de roosterspanning in positieve richting verandert. Tegelijkertijd verandert de roosterspanning van de onderste buis in negatieve richting, waardoor de anodespanning over S5 in positieve richting verandert. D.w.z. dat de spanning in punt d ten opzichte van punt e afneemt, naarmate de spanning in punt f ten opzichte van punt e toeneemt. De wisselstromen in de beide primaire transformatorwikkelingen induceren elk wisselstromen in de secundaire wikkeling S6, en wel zodanig dat deze bij elkander worden opgeteld.*

De Engelse benaming van balansschakeling is 'push-pull' schakeling (push = druk, pull = trek); terwijl in de ene buis de stroom als het ware gedrukt of gestuwd wordt, wordt aan de stroom in de andere buis getrokken. Vandaar de naam push-pull.

De anode-gelijkstromen van beide eindbuizen lopen daarentegen in tegengestelde richting door de primaire wikkeling van de uitgangstransformator (zie in fig. 9 Ia1 en Ia2). Het magnetische veld dat door Ia1 in de transformator kern wordt opgewekt is juist tegengesteld gericht aan dat van Ia2, d.w.z. bij balansschakeling heeft men geen gelijkstroom-voormagnetisatie van de kern. Dit heeft tot gevolg dat de afmetingen van de kern kleiner kunnen zijn dan van een transformator voor een overeenkomstig vermogen met een enkele eindbuis. Bovendien is dit zeer gunstig uit oogpunt van vervorming.

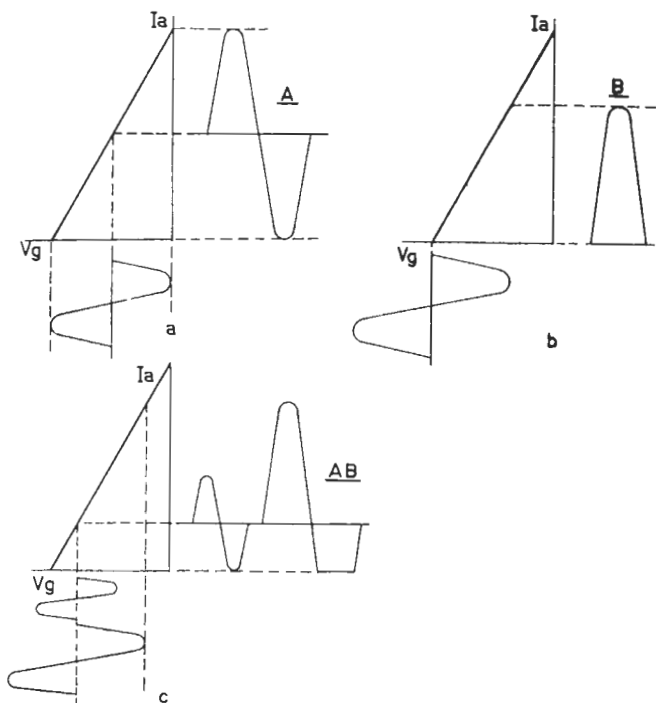
Als men nu de Ia/Vg karakteristieken van de beide buizen zodanig combineert dat de karakteristiek van de onderste buis 180° gedraaid is, en de beide werkpunten op dezelfde verticale lijn liggen, ontstaat fig. 10. Legt men nu aan de stuurroosters een wisselspanning aan, dan ontstaat inde anodeketens van de buizen een vervormde anode-wisselstroom (zie hiervoor ook les 23, paragraaf 102, fig. 8). Deze vervorming bestaat daaruit dat de anode-wisselstroom behalve de oorspronkelijke grondfrequentie tevens een anodestroomcomponent bevat met de dubbele frequentie (men noemt dit de tweede harmonische), en dikwijls ook nog één met de drievoudige frequentie (derde harmonische). In fig. 10 is de component met de dubbele frequentie gestippeld aangegeven. Teilen we nu in deze figuur de beide anodewisselstromen bij elkander op, dan blijken de componenten van de tweede harmonische elkander op te heffen, d.w.z. de vervorming is verdwenen. In werkelijkheid zal de vervorming niet geheel verdwenen zijn, maar in elk geval belangrijk verminderd.



Grafische voorstelling van de balanswerking met behulp van de Ia/Vg karakteristieken van de eindbuizen.

Fig. 10

Nu onderscheidt men de balansschakelingen in verschillende klassen, afhankelijk van de instelling van het werkpunt.



a. Klasse A-instelling van een buis
 b. Klasse B-instelling van een buis
 c. Klasse AB-instelling van een buis

Fig. 11

1. Klasse A-instelling (fig. 11a)

Onder klasse A-instelling verstaat men de instelling van de buis waarbij de negatieve roosterspanning zodanig wordt gekozen dat gedurende de gehele periode van de roosterspanning de anodestroom vloeit. (Het werkpunt bevindt zich dan ongeveer in het midden van het rechte gedeelte van de karakteristiek).

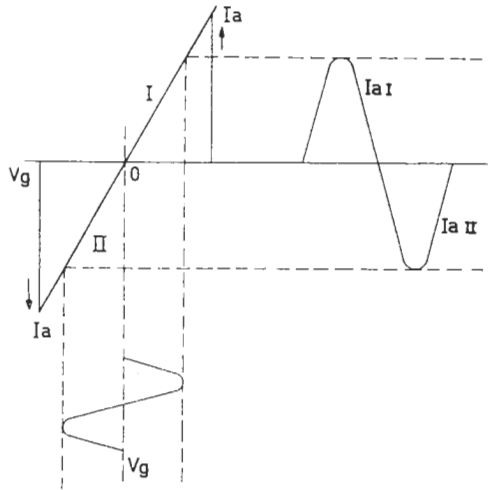
2. Klasse B-instelling (fig. 11b)

Bij deze instelling van de buis kiest men de negatieve roosterspanning zodanig dat de anodestroom juist nul wordt. Het werkpunt

in rusttoestand, dit is zonder roosterwisselspanning, valt dan samen met het afknijppunt van de karakteristiek (zie ook les 14, paragraaf 62). Als nu een roosterwisselspanning op het rooster komt, blijkt de anodestroom uitsluitend uit halve sinusvormige golven te bestaan. Bij toepassing van een enkele eindbuis in deze instelling zou dit natuurlijk een hevige vervorming tengevolge hebben. Zodra twee buizen met B-instelling in balans geschakeld worden, passen de twee halve golven van de anodestroom op elkaar aan, zodat weer een volledige sinusvormige anodewisselstroom ontstaat (zie ook fig. 12).

3. Klasse AB in instelling (fig. 11c).

Indien men het werkpunt van de buis zodanig kiest dat de anodestroom bij kleine signalen wel gedurende de gehele roosterwisselspanningsperiode vloeit, maar bij grote signalen gedurende een gedeelte van de periode gelijk aan nul is, spreekt men van klasse AB-instelling.



Grafische voorstelling van de balanswerking van 2 in Klasse B geschakelde buizen.

Fig. 12

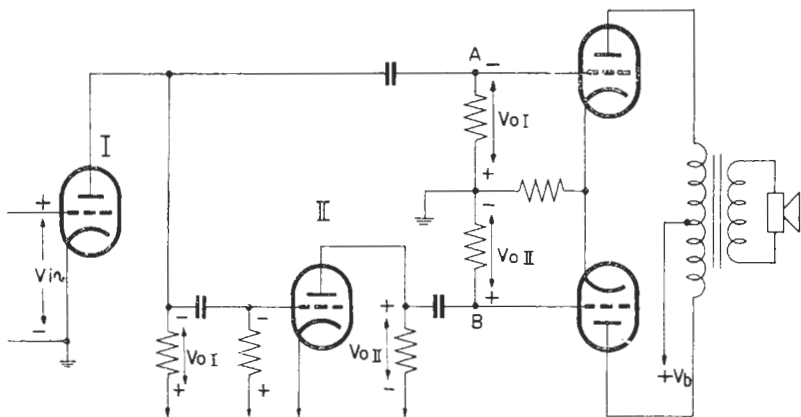
De instellingen klasse B en AB worden meestal in versterkers toegepast. Ze hebben, in het bijzonder klasse B, het grote voordeel van een uiterst gunstig rendement, d.w.z. een gunstige verhouding van het uitgangsvermogen tot het door de anoden opgenomen vermogen.

In ontvangtoestellen heeft men in de meeste gevallen met klasse A instelling, soms met klasse AB instelling te maken, omdat daarbij minder eisen aan het voedingsgedeelte worden gesteld. De eindtrap van de ontvanger fig. 15 is dan ook geschakeld volgens klasse A. Men ziet dit onmiddellijk uit de spannings- en stroomtabel; voor de anoderuststroom van de eindbuizen EL41 is een waarde van ca. 27 mA gepubliceerd.

Fase-omkeertrap

Uit het begin van de behandeling van de balansschakeling bleek, dat we voor de balanseindtrap twee roosterwisselspanningen moeten heb-

ben, die met elkander in tegenfase moeten zijn. In fig. 9 werd dit met een transformator met een secundaire middenaftakking bereikt. Nu hebben we in les 16, paragraaf 73, gezien, dat met transformator-koppeling moeilijk een frequentie-onafhankelijke overdracht van de wisselspanning te realiseren is. Daarom wordt tegenwoordig hoofdzakelijk gebruik gemaakt van een fase-omkeertrap met versterkbuisen. Het principe is in fig. 13 weergegeven. Hierin is I de eerste L.F.



Principe van de L.F.versterk- en fase-omkeertrap

I de L.F.versterkbuis

II de fase-omkeerbuis.

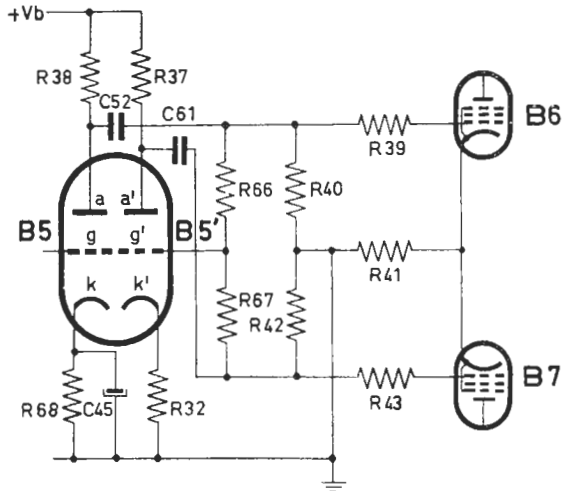
Fig. 13

versterkbuis. Hiervan weten we (zie hiervoor o.a. les 23, paragraaf 102 en les 26, paragraaf 111) dat de anodewisselspanning in tegenfase is met de roosterwisselspanning. De anodewisselspanning wordt toegevoerd aan een tweede buis (II), waarin de fase van de wisselspanning weer wordt omgekeerd. De anodewisselspanning van buis II is dus nu in tegenfase met die van buis I. Als we er nuvoor zorgen dat de versterking van de buis II (de z.g. fase-omkeerbuis) gelijk aan 1 is, krijgen we aan de punten A en B twee wisselspanningen, waarvan de amplituden gelijk, doch tegengesteld in fase zijn.

Deze wisselspanningen worden nu aan de stuurroosters van de in balans geschakelde eindbuizen toegevoerd.

Om een even grote anodewisselspanning van buis II te verkrijgen, wordt meestal slechts een gedeelte van de anodewisselspanning van buis I aan het rooster van buis II toegevoerd. Bovendien wordt buis II zodanig tegengekoppeld, dat de versterking van de buis sterk wordt gereduceerd. Op deze wijze ontstaat figuur 14. Als L.F. versterk- en fase-omkeerbuis wordt de dubbele triode ECC40 gebruikt. Het linker triode-systeem functioneert als L.F. versterker. De anodewisselspanning over R38 wordt via de koppelcondensator C52 aan het

stuurrooster van deene eindbuis B6 toegevoerd. Verder staat parallel aan R38 de spanningsdeler R66-R67-R42. Via deze spanningsdeler komt een gedeelte van de uitgangsspanning van de linker triode op het stuurrooster van de rechter triode B5'. De versterking van deze triode is zodanig ingesteld dat haar uitgangsspanning weer gelijk is aan die van de L.F. triode B5. Dit wordt bereikt door tegenkoppeling n.l. een niet ontkoppelde kathode-weerstand R32 en tegenkoppeling van de anode via C61 en R67 naar het rooster.



Vereenvoudigd schema van de L.F. versterk- en fase-onkeertrap met de ECC40 van het schema van fig. 15.

Fig. 14

De beide eindbuizen EL41 hebben een gemeenschappelijke kathode-weerstand, R41, die niet ontkoppeld is.

f. Voeding

Aangezien het stroomverbruik van de 7 ontvang- en versterkbuizen te groot is voor één gelijkrichtbuis AZ41, zijn twee buizen van dit type parallel geschakeld.

Ook in deze ontvanger is een extra maatregel tegen brom getroffen. Zoals in les 29 reeds is beschreven, is de eerste L.F. versterkbuiss het meest gevoelig voor brom. Gezien vanaf het stuurrooster van deze buis volgt immers de totale L.F. versterking. Daarom is parallel aan de gloeidraad van deze buis (E8C41) een potentiometer R64 aangebracht waarvan het schuifcontact met aarde is verbonden. Deze potentiometer wordt eenmaal op minimum orom ingesteld en daarna vastgezet.

Tenslotte geven wij in onderstaande tabel de waarden van de spanningen en stromen van de verschillende elektroden der buizen.

g. Spanningen en stromen

Buistype			V _a	V _{g2}	V _k	I _a	I _{g2}
B1	EF 41	Penthode	175	80	2	4,8	1,4
B2	ECH42	Hexode	230	75	1,8	2,3	3,1
		Triode	120	-	-	4,4	-
B3	EBF80	Penthode	230	70	-	4,5	1,7
B4	EBC41	Triode	95	-	1,1	0,45	-
		Triode (B5)	80	-	1,8	0,85	-
B5	ECC40	Triode (B5')	80	-	1,8	0,85	-
B6	EL 41	Penthode	260	230	6	27	3,7
B7	EL 41	Penthode	260	230	6	27	3,7
B10	EM 34	Afstemindicator	230	-	-	0,95	-
			V	V	V	mA	mA

V_{C1} = 270 V V_{C2} = 230 V I_{tot} = 300 mA (220 V - 50 Hz)

Deze gemiddelde waarden zijn gemeten met het universeel meet-instrument GM 4257, terwijl geen signaal op de antenne aanwezig is.

h. Het meten van de trapversterking

In de volgende tabel zijn de gemeten trapversterkingen gepubliceerd. Zij zijn op dezelfde wijze gemeten als in de twee vorige lessen is beschreven. Aangezien wij in deze lessen de verschillende handelingen uitvoerig hebben vermeld, willen wij thans volstaan met de publicatie van de tabel.

gemeten trapvetsterkingen

Meetpunten	Frequentie	Versterking	
		Lab. meting	Met GM 7528
1-2 Antenne-g1B1	KG2a - 21,6 Mc/s	1,2	1-2
1-2 Antenne-g1B1	KG2b - 15,25 Mc/s	3,37	2-3
1-2 Antenne-g1B1	KG2c - 11,7 Mc/s	2,5	2-5
1-2 Antenne-g1B1	KG2d - 9,55 Mc/s	2,3	2-5
1-2 Antenne-g1B1	KG3 - 10,1 Mc/s	1,6	1-2
1-2 Antenne-g1B1	MG - 1 Mc/s	2,5	2-5
2-3 g1B1-g1B2	KG2a - 21,6 Mc/s	3,3	2-5
2-3 g1B1-g1B2	KG2b - 15,25 Mc/s	7	5-10
2-3 g1B1-g1B2	KG2c - 11,7 Mc/s	9,5	10-25
2-3 g1B1-g1B2	KG2d - 9,55 Mc/s	16	10-25
2-3 g1B1-g1B2	KG3 - 10,1 Mc/s	13	10-25
2-3 g1B1-g1B2	MG - 1 Mc/s	8,5	5-10
3-4 g1B2-g1B3	MF - 452 kc/s	75	50-100*
3-4 g1B2-g1B3	MF - 452 kc/s	75	10**
4-5 g1B3-detect. diode	MF - 452 kc/s	125	100-150
5-6 detect. diode-g1B4	MF - 452 kc/s	1/29	1/25-1/50
6-7 g1B4-g1B5	LF - 400 c/s	4,5	5-10
7-8 g1B5-g1B5'	LF - 400 c/s	4,2	5-10
7-9 g1B5-g1B6	LF - 400 c/s	7	5-10
7-10 g1B5-g1B7	LF - 400 c/s	7	5-10
9-11 g1B6-luidspreker	LF - 400 c/s	ca 1	ca 1
10-11 g1B7-luidspreker	LF - 400 c/s	ca 1	ca 1

* gemeten bij verzwakte AVR spanning; een weerstand van $0,1 \text{ M}\Omega$ parallel aan C76.

** gemeten bij volle A.V.R. spanning.

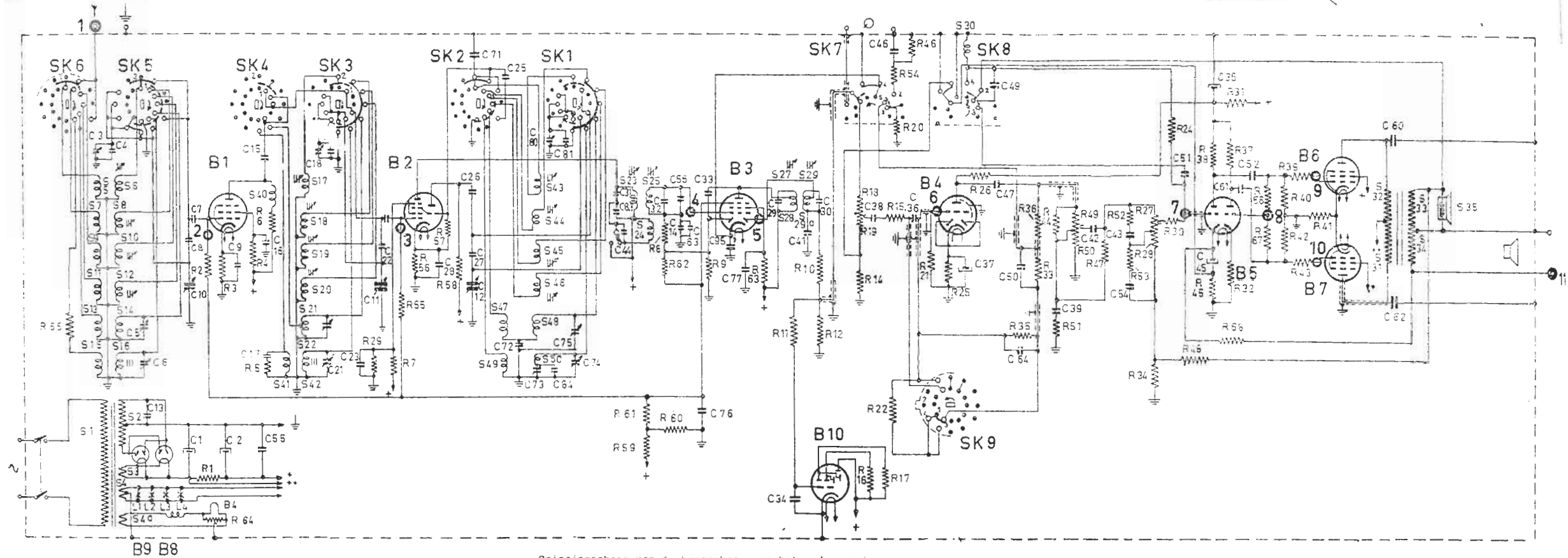
SAMENVATTING

1. Door aanbrengen van een extra koppelspoel in het eerste bandfilter kan de bandbreedte van de selectiviteitskromme gevarieerd worden.
2. Bij de 3-diodenschakeling wordt een extra diode toegepast, die voor de vertragingsspanning van de A.V.R. zorgt. Deze derde diode wordt in de besproken schakeling gevormd door het rooster en kathode van de M.F. buis.
3. Door interferentie van de draaggolf van een naburige zender met de gewenste zender kan een hinderlijke fluittoon van 9000 Hz ontstaan. Om deze fluittoon te onderdrukken, is in het L.F. gedeelte een filter, bestaande uit een serieschakeling van een spoel en condensator, opgenomen. Men noemt dit een fluitfilter.
4. Twee buizen zijn in balans geschakeld als de anoden van deze buizen met de 2 uiteinden van de primaire wikkeling van de uitgangstransformator zijn verbonden, waarvan het midden is afgetakt. Ter sturing van deze buizen zijn 2 gelijke roosterwisselspanningen nodig die met elkander in tegenfase zijn.
5. Deze zich in tegenfase bevindende roosterwisselspanningen verkrijgt men door een tussentransformator, waarvan de secundaire wikkeling met een midden-aftakking is voorzien.
6. Een andere oplossing voor de zgn. fase-omkering bereikt men met een extra versterkbuis. Deze buis wordt zodanig ingesteld dat het uitgangssignaal precies gelijk doch in fase tegengesteld is aan dat van de voorgaande L.F. versterkbuis.
7. Bij de balans-schakeling onderscheidt men 3 instellingen:
 - a. Klasse A-instelling, waarbij de negatieve roosterspanning van de buis zodanig wordt gekozen dat gedurende de gehele periode van de roosterwisselspanning anodestroom vloeit.
 - b. Klasse B-instelling, waarbij de negatieve roosterspanning zodanig gekozen wordt dat de anodestroom juist 0 wordt.
 - c. Klasse AB-instelling, waarbij het werkpunt van de buis zodanig gekozen wordt dat de anode stroom bij kleine signalen wel gedurende de gehele roosterwisselspanningsperiode vloeit, maar bij grote signalen gedurende een gedeelte van de periode 0 is.

Vragen EN Vraagstukken

1. Teken het schemagedeelte van het L.F. gedeelte van de ontvanger van fig. 15 vanaf de M.F. buis B3 in de positie van de schakelaars SK7 en SK8 voor grammofoonweergave.
2. Als een van de eindbuizen B6 of B7 defect geraakt, wat zult U dan bemerken?
3. Als het ontvangtoestel met de ingebouwde luidspreker normaal speelt, doch een extra luidspreker geeft geen geluid, wat kan hiervan de oorzaak zijn?
4. Als een van de gelijkrichtbuizen B8 of B9 defect geraakt, wat zal er dan gebeuren?

S:	1,5,7,9,11,13,15,6,8,10,12,14,16,23,4,5,1,4,9	40,41	17,18,19,20,21,22,42	47,49,43,44,45,46,48,50,23,24,25	27,28,29,29 ^a	30	31,32,33,34,35
C:	34	5,6,13	17,8,10,29,15,16,55,17,18,19,20,21,23,11,24,22	28,71,26,27,12,25,72,8,0,81,84,75,74,73,31,83,44,32,4,56,63,33,76,95,77,29,30,41,34	38,45,36	37,49,47	50,84,39,42,43,84,51,45,39,51,52
R:	55	1,6,4,2,3	4,5,6	29,7,55,56,57,58	59,60,61,62,62,9	63	11,10,12,18,19,14,16,17,54,46,15,21,25,2,6,2,0,22,35,33,35,44,51,49,50,47,52,53,24,30,27,28,66,73,38,37,5,7,49,68,39,40,43,31,41



Principeschema van de bekproven superheterodyne-ontvanger

- I Golfgebied KG2a (20,55 - 21,3 Mc/s)
- II Golfgebied 4u2b (18,75 - 15 Mc/s)
- III Golfgebied KG2c (14,39 - 11,5 Mc/s)
- IV Golfgebied KG2d (11,72 - 9,3 Mc/s)
- V Golfgebied Ku3 (10 - 3,28 Mc/s)
- VI Golfgebied WU (1622 - 517 kc/s)

121. Frequentie-modulatie

In les 10 paragraaf 51 werd reeds vermeld, dat het moduleren van de draaggolf kan plaats hebben volgens:

1. amplitude-modulatie.
2. frequentie-modulatie.

Bij de ontvangertheorie, die wij tot nu toe hebben behandeld, hebben wij uitsluitend rekening gehouden met het systeem van amplitude-modulatie (AM). Wij zullen ons thans bezig houden met het systeem van frequentie-modulatie (FM). Wij kunnen ons daarbij allereerst de vraag stellen, waarom frequentie-modulatie wordt toegepast.

Zoals reeds in de vermelde les werd beschreven, neemt elke zender een bepaalde frequentieband in beslag. Deze frequentieband is afhankelijk van de hoogste modulatie-frequentie. Voor een goede kwaliteit is daarom een grote bandbreedte nodig. Door het toenemend aantal zenders is uit frequentie-oogpunt ruimtegebrek ontstaan. Men heeft getracht dit op te lossen door de beschikbare bandbreedte te verkleinen (tot 9 of 10 kHz). Ook hiermede kwam men op de duur niet uit en men zocht de oplossing van dit 'ruimteprobleem' oorspronkelijk in het korte golfgebied van ca 10 tot 60 m. De zenders in dit frequentie-gebied hebben echter voor lokale omroepdoeleinden bepaalde nadelen (fading en geen ontvangst in de z.g. dode zone). Bovendien heeft men bij ontvangst van korte golfzenders met amplitude-modulatie spoediger hinder van elektrische storingen en ruis. De nadelen van fading en geen ontvangst in de 'dode zone' worden grotendeels vermeden door gebruikmaking van een golflengte, die nog lager is dan 10 m b.v. 3 m. Bij toepassing van frequentie-modulatie heeft men bovendien minder last van de elektrische storingen en ruis.

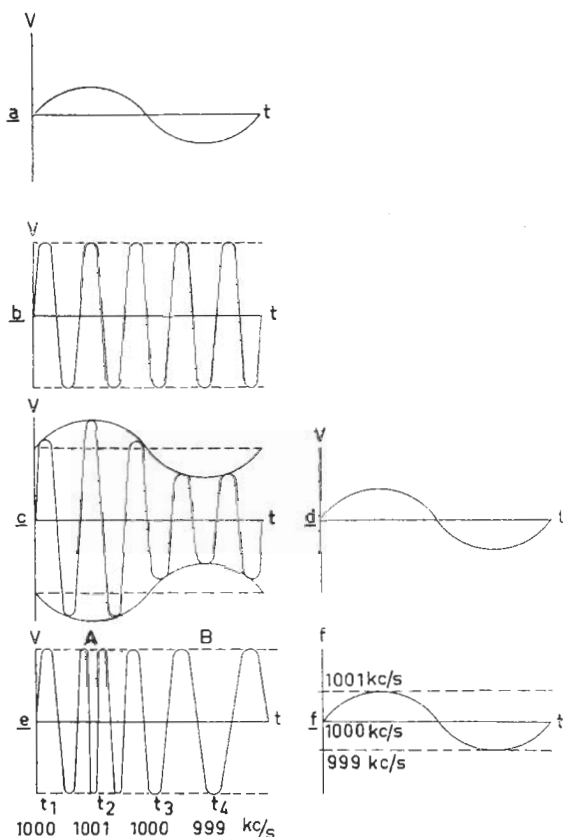
Wat is frequentie-modulatie?

In les 10 en 11 hebben wij reeds gezien wat amplitude-modulatie is. Hierbij varieert de amplitude van de draaggolf in het ritme van de modulatie-frequentie. In fig. 1a-c hebben wij deze modulatie nog eens grafisch afgebeeld.

Dezelfde draaggolf met dezelfde frequentie gemoduleerd, echter volgens het systeem van frequentie-modulatie, is in fig. 1e voorgesteld. De amplitude is nu constant, de frequentie van de draaggolf varieert echter. Als b.v. de draaggolfrequentie 1000 kHz is en de modulatie-frequentie 1 kHz (= 1000 Hz), dan varieert de frequentie tussen 1001 kHz (punt A in fig. 1f) en 999 kHz (punt B). Bekijken wij deze figuur iets nauwkeuriger, dan zien we dat de frequentie met de tijd verandert. Eerst is zij 1000 kHz; na t_2 seconden is zij 1001 kHz om dan weer 1000 kHz te worden en daarna neemt zij af tot 999 kHz. De overeenkomstige LF-verandering is in fig. 1f afgebeeld. Hetzelfde wat in fig. 1c met de amplitude gebeurde, gebeurt in fig. 1e met de frequentie. Vergelijken wij nu de laagfrequentie in fig. 1d met die in fig. 1f, dan is er in het beeld ogenschijnlijk weinig verschil.

In fig. 1d is echter de amplitudeverandering als functie van de tijd weergegeven, in fig. 1f de frequentieverandering.

Het opwekken van een frequentie-gemoduleerde trilling kan op zijn eenvoudigst gebeuren met de schakeling van fig. 2. Hierin is een condensatormicrofoon (Cm) (zie les 9 par. 48) parallel aan de afstemkring van een oscillator geschakeld. Zodra voor de microfoon wordt gesproken, verandert de capaciteit van de microfoon in het ritme van de spreekfrequenties, waar hierdoor verandert tevens de afstemming van de oscillatorkring, dus de oscillatorfrequentie in het LF-rhythme. In de praktijk gebruikt men andere schakelingen; net voert echter te ver hierop verder in te gaan.



Grafische voorstelling van amplitude- en frequentie-gemoduleerde trillingen.

- a - LF-trilling
- b - Ongemoduleerde HF-trilling (constante amplitude)
- c - Amplitude-gemoduleerde HF-trilling (trilling b gemoduleerd met trilling a)
- d - De LF-amplitude-variantie van de gemoduleerde trilling c
- e - Frequentie-gemoduleerde HF-trilling (constante amplitude)
- f - LF-frequentie-variantie van de gemoduleerde trilling e.

Fig. 1

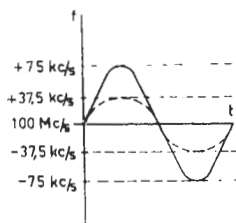
Het zal duidelijk zijn dat de frequentie-modulatiemethode ook voor de ontvanger gevolgen heeft. De detector, waar de scheiding van de modulatie

en de draaggolf geschiedt, berust in de AM-ontvanger op de verandering van de amplitude van de draaggolf (les 10). In de FM-ontvanger moet de detector de frequentievariatiën van de draaggolf omzetten in LF-spanningsvariatiën. Hier wordt de detector dikwijls discriminator genoemd; discriminatie betekent onderscheid maken. (De schakeling moet nl. in staat zijn, de ene frequentie van de andere te onderscheiden.)

Bij de AM-ontvanger hebben wij gezien, dat de amplitudevariatie afhankelijk is van de modulatie diepte (zie les 11). Hoe is dit nu bij de FM-ontvanger? In de eerste plaats willen wij opmerken, dat de frequenties die in fig. 1e zijn gekozen in de praktijk van de frequentie-modulatie niet voorkomen. De draaggolf-frequenties voor de FM-omroepzenders liggen in de buurt van $100.000 \text{ kHz} = 100 \text{ MHz}$. Verder heeft men aan de hand van praktische proeven en berekeningen vastgesteld, dat een maximale frequentievariatie van $\pm 75 \text{ kHz}$ de meest gewenste is. Is nu de draaggolf-frequentie 100 MHz , dan verandert de frequentie, bij maximale modulatie, van $100,075 \text{ MHz}$ tot $99,925 \text{ MHz}$. Dit komt dan overeen met de modulatie diepte van 100% bij amplitude-modulatie. Wanneer minder krachtig gemoduleerd wordt, is ook de frequentievariatie minder. Zo komt b.v. een frequentievariatie van $\pm 37 \frac{1}{2} \text{ kHz}$ overeen met een modulatie diepte van 50%.

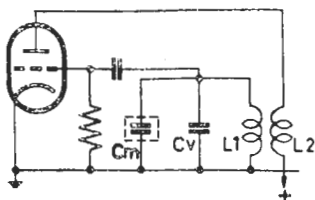
De frequentievariatie van de draaggolf wordt gewoonlijk de frequentiezwaai genoemd. De modulatie diepte bij frequentiemodulatie kan men nu als volgt definiëren: de frequentiezwaai, gedeeld door de max. frequentiezwaai maal 100%.

In fig. 3 geeft de volle lijn de situatie weer, die overeenkomt met een modulatie diepte van 100%, de gebroken lijn die van 50%



LF-frequentie-variantie van een frequentie-gemoduleerde draaggolf bij 100% modulatie (getrokken lijn) en 50% modulatie (stippellijn)

Fig. 3



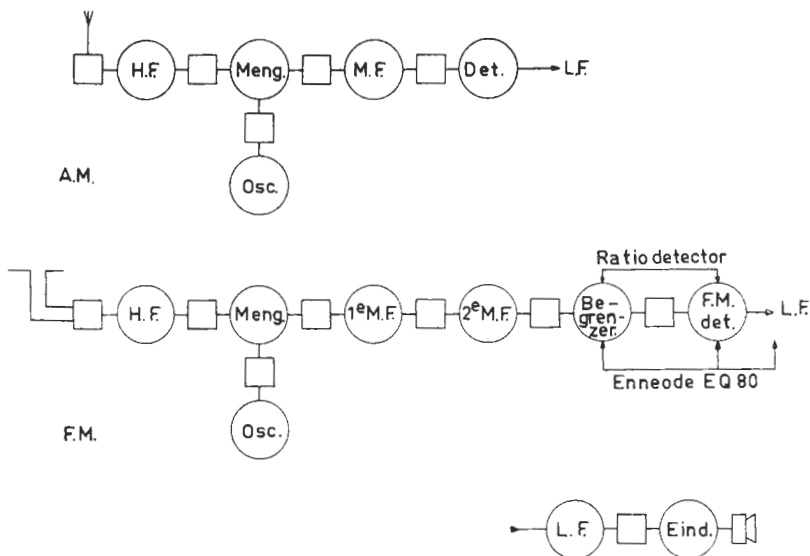
Principechema van een oscillator waarbij variatie van de frequentie verkregen wordt door middel van een condensator microfoon Ca.

Fig. 2

In fig. 1e hebben wij eenvoudigheidshalve een frequentie van 1000 kHz getekend, die in frequentie met 1 kHz werd gemoduleerd. In werkelijkheid liggen de cijfers heel anders. De frequentie-zwaai heeft nl. niets te maken met de frequentie van de modulerende trilling, maar alleen met de sterkte daarvan. Heeft de LF-trilling b.v. een frequentie van 1000 Hz , dan wil dit zeggen dat wanneer deze trilling zeer krachtig is, de draaggolf-frequentie 1000 maal per seconde 75 kHz groter of kleiner wordt; wanneer de LF-trilling b.v. twee maal zo zwak

wordt, zal de draaggolf-frequentie 1000 maal per seconde 37 1/2 kHz groter en kleiner worden.

Uit de frequentiezwaaiv van 75 kHz blijkt onmiddellijk dat een FM-zender een frequentieband van ca $2 \times 75 = 150$ kHz in beslag neemt. De afstemkringen in een FM-ontvanger moeten dan ook een veel grotere bandbreedte hebben dan in de normale AM-ontvangers.



blokschema's van een AM-ontvanger en een FM-ontvanger. Het LF-gedeelte is voor beide ontvangers hetzelfde.

Fig. 4

In fig. 4 zijn de schema's van een AM- en een FM-ontvanger in blokvorm weergegeven. Een oppervlakkige beschouwing van deze figuur laat zien dat ook de FM-ontvanger uit de gedeelten: HF-versterker - mengtrap - MF-versterker - detector - LF-versterker en eindtrap bestaat. De LF-versterker en eindtrap kunnen inderdaad gelijk zijn aan die van een AM-ontvanger. In het gedeelte vanaf de antenne tot de LF-trap komen echter verscheidene belangrijke verschillen voor. Deze verschillen ten opzichte van een AM-ontvanger bestaan vooral uit de volgende punten:

1. De detector, die de frequentie-variatie van het HF-sig-naal moet omzetten in een amplitude-variatie.
2. De amplitude-begrenzer die in veel schakelingen automatisch in het detectiesysteem is verwerkt.

3. De MF-trap die voor een bredere band geschikt moet zijn en daarvoor een veel hogere middenfrequentie heeft.
4. De antenne.

Wij willen nu achtereenvolgens bovenstaande verschilpunten behandelen.

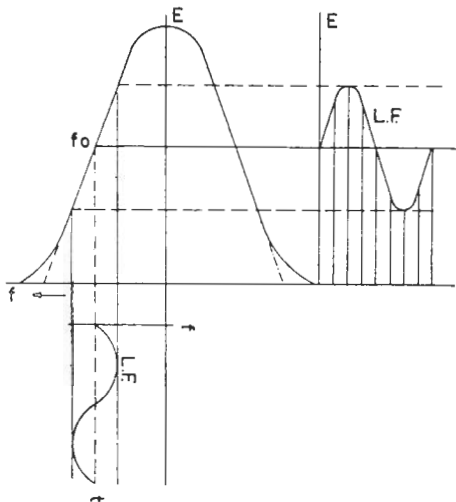
1. De frequentie-detector of discriminator

De eenvoudigste manier om een frequentie-gemoduleerd signaal te detecteren, d.w.z. om te zetten in een LF-wisselspanning, is met behulp van een normale afstemkring plus diode-detector. In les 10, paragraaf 54, hebben wij gezien dat de spanning overeen afstemkring afhankelijk is van de frequentie. Bij de resonantie-frequentie is de spanning maximaal, buiten resonantie neemt de spanning af. Van dit feit wordt gebruik gemaakt bij de FM-detectie. Als in het geval van een bepaalde zender de kring zodanig afgestemd wordt, dat de draaggolf-frequentie in het midden van één der zijflanken van de resonantiekromme komt te liggen, zal bij variatie van de frequentie (in het LF-rhythme) een HF-wisselspanning met veranderlijke amplitude ontstaan (zie fig. 5).

Deze wisselspanning wordt aan een diode-detector toegevoerd, waarna de resulterende LF-spanning in de LF-versterker verder wordt versterkt.

De laatste jaren zijn andere detectiesystemen in gebruik, waarvan wij er twee zullen behandelen:

De radiodetector en de fasedetector met de enneode.



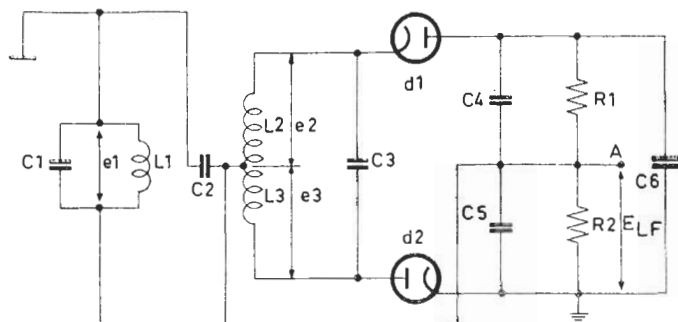
Grafische voorstelling van FM-detectie door middel van verstemming van de afstemkring. De draaggolf-frequentie valt samen met het midden van één van de flanken van de afstemkromme.

Fig. 5

A. De ratio-detector

De schakeling van de ratio-detector is in fig. 6 voorgesteld. Hierin is L1-C1 de voorlaatste MF-kring.

Hieraan is inductief gekoppeld de kring L2-L3-C3, eveneens afgestemd op de middenfrequentie. De spoelen L2 en L3 zijn aan elkander gelijk, zodat over deze spoelen gelijke spanningen komen te staan, die echter ten opzichte van de middenaftakking tegengesteld in richting zijn; immers als de onderzijde van L3 negatief is, is de bovenzijde van L2 positief.



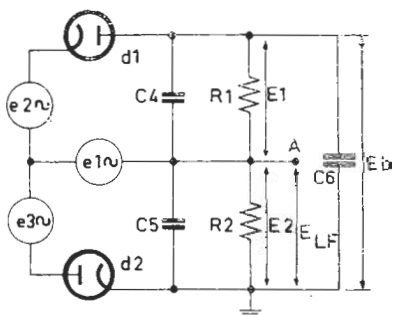
Principeschema van de radiodetector-schakeling.

Fig. 6

Tevens is de top van de eerste kring, L1-C1, door middel van de condensator C2, verbonden met de middenaftakking op de tweede kring. Op de secundaire kring zijn de dioden d1 en d2 aangesloten, terwijl de gelijkrichtketen door de condensatoren C4-C5 en de weerstanden R1-R2 is gesloten.

Beschouwen we in deze schakeling de spanningen die over de spoelen L1-L2 en L3 staan en vervangen we deze door spanningsgeneratoren, dan ontstaat fig. 7. In deze figuur zijn dus de kringen vervangen door generatoren met spanningen e_1 , e_2 en e_3 . Nu kan men aantonen dat de spanning e_1 90° in fase verschoven is ten opzichte van de spanningen e_2 en e_3 , als de toegevoerde frequentie gelijk is aan de resonantie-frequentie van de afstemkringen L1-C1 en L2-L3-C3. De grootte van deze spanningen kunnen wij voorstellen door een pijl, waarvan de lengte een maat is voor de grootte van de spanning.

Twee tegengestelde spanningen, zoals e_2 en e_3 , worden voorgesteld door twee pijlen, die in elkanders verlengde liggen, echter in tegengestelde richting wijzen (zie fig. 8a). Zo stellen we de spanning e_1 , die 90° in fase verschoven is t.o.v. e_2 en e_3 , voor door een pijl, die loodrecht staat op de pijlen van e_2 en e_3 . Op deze wijze



Vereenvoudigd schema van fig. 6.

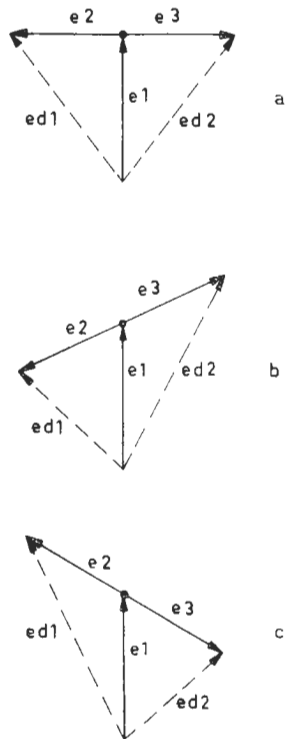
Fig. 7

krijgt men een reëel beeld van de totale werkzame spanning (in fig. 8a ed1 en ed2). Deze totale spanning is nu via de parallel-schakeling van een condensator en een weerstand aangesloten op een diode.

Door gelijkrichting van de totale wisselspanning ontstaan over de condensatoren C4 en C5 gelijke spanningen, die met elkander in serie staan. (De polariteit van deze spanningen is in fig. 7 aangegeven) Zodra de toegevoerde frequentie verandert, tengevolge van de modulatie, verandert ook de fase tussen de spanning e_1 en de spanningen e_2 en e_3 . Afhankelijk van het feit, dat de frequentie nog of lager wordt, gedraagt de secundaire kring zich als een capaciteit, resp. als een zelfinductie. Uit de lessen 7 en 8 weten we, dat bij een capaciteit de spanning 90° achter is bij de stroom, terwijl bij een zelfinductie de spanning juist 90° voor is bij de stroom. Dit heeft tot gevolg, dat bij een bepaalde frequentieverandering de fase van de spanningen anders wordt. In fig. 8b ziet U b.v. dat de fase-verschuiving tussen e_1 en e_2 kleiner dan 90° is geworden, tussen e_1 en e_3 daarentegen, evenzo veel groter dan 90° . Verder ziet U uit fig. 8, dat in a de resulterende spanningen aan elkander gelijk zijn, zodat na detectie de spanningen E1 en E2 eveneens aan elkander gelijk zullen zijn.

Zodra echter door de frequentievariatie een fasevariatie optreedt, verandert ook de grootte van de resulterende spanningen ed1 en ed2, en wel zodanig, dat zij ongelijk in grootte worden. Na detectie van deze spanningen zullen de spanningen E1 en E2 eveneens ongelijk in grootte worden, evenredig met ed1 en ed2. Op deze wijze ontstaat in fig. 6 en 7 tussen punt A en aarde een L.F. wisselspanning overeenkomstig de L.F. frequentievariatie van de draaggolf.

Nu bevindt zich in de praktische radio-detectorschakeling parallel aan de



Grafische voorstelling van de spanningen die over de kringen van fig. 6 werkzaam zijn.

a De frequentie van de draaggolf komt overeen met de resonantie-frequentie van de kringen.

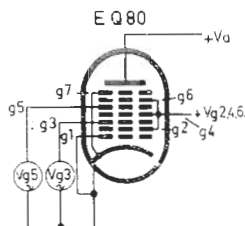
b-c De frequentie van de draaggolf ligt boven resp. onder de resonantiefrequentie van de kringen. Nu treedt een verschil tussen de spanningen ed1 en ed2 op.

Fig. 8

weerstanden R1 en R2 een grote condensator C6. De capaciteit van deze condensator is zo groot, dat de spanning over R1 + R2 constant wordt gehouden. (Door de grote capaciteit verzamelt C6 zoveel lading op de platen, dat een naar verhouding geringe wijziging van $E_1 + E_2$ opgevangen wordt door de lading op de condensator C6) Dit heeft tot gevolg, dat een variatie in de amplitude van het FM-sig-naal over de secundaire kring L2-L3-C3 practisch geen invloed heeft op de grootte van de LF-wisselspanning. Dit betekent, dat de radio-detectorschakeling automatisch een amplitudebegrenzende werking heeft. (Voor de betekenis hiervan zie men de oehandeling van de amplitudebegrenzer). In het schema van fig. 6 is de verbinding van de primaire kring met de middenaftakking van de secundaire kring op capaciteive wijze verkregen. In andere schema's ziet men deze verbinding dikwijls ook op inductieve wijze. De werking is echter dezelfde.

B. De fase-detector met de enneode EQ80

Bij deze schakeling wordt gebruik gemaakt van een nieuwe buis, de EQ80, die enneode genoemd wordt, omdat zij behalve kathode en anode 7 roosters bezit. Voor een goed begrip van de detectorwerking van deze buis is het nuttig eerst de samenstelling van de buis en de werking van de afzonderlijke roosters te behandelen (zie fig. 9). De kathodestroom passeert eerst het rooster g1, dat bij gebruik als FM-detector dezelfde potentiaal heeft als de kathode. Daar volgt het tweede rooster op, dat als schermrooster functioneert en dat op een spanning van circa 20V t.o.v. kathode wordt ingesteld. De roosters g3 en g5 zijn stuurroosters, gescheiden door het schermrooster g4, dat inwendig verbonden is met de schermroosters g2 en g6. Tenslotte is g7 een remrooster, waardoor de buis tevens de eigenschap krijgt van een pentode.

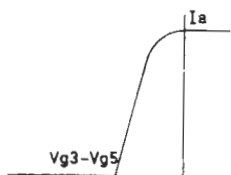


Principiële schakeling van de FM-detector EQ80.

Fig. 9

Als het eerste rooster met de kathode wordt verbonden, staat dit rooster op een constant potentiaal. De elektronenstroom die de kathode verlaat, wordt daarom voor het grootste gedeelte bepaald door het positieve tweede rooster. De stuurroosters g3 en g5 zijn nu zodanig uitgevoerd dat hun invloed op de elektronenstroom naar de anode gelijk is. Als één van beide stuurroosters negatief is ten opzichte van kathode zal de anodestroom nul zijn, omdat de elektronen geen kans zien dit negatieve rooster te passeren. Zij fungeren dus als een kraan in de waterleiding. Er zal pas water vloeien als beide kranen open zijn d.w.z. als beide roosters g3 en g5 positief ten opzichte van kathode zijn.

Het verband van de roosterspanningen Vg3 en Vg5 met de anodestroom I_a wordt weergegeven door fig. 10. Hieruit blijkt dat vanaf

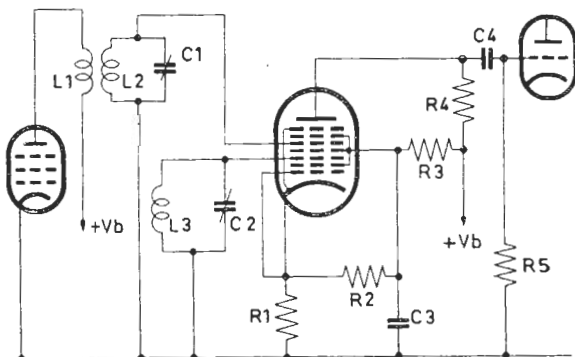


Het verband tussen de roosterspanningen V_{g3} en V_{g5} en de anodestroom I_a van de EQ 80. Vanaf een bepaalde waarde van deze roosterspanningen blijft de anodestroom constant.

Fig. 10

een bepaalde waarde van de roosterspanningen op g_3 en g_5 de anodestroom een constante waarde heeft. Dit komt hierop neer dat de amplitude van de anodestroom onafhankelijk wordt van amplitudevariaties van de roosterwisselspanningen.

De EQ80 wordt nu geschakeld volgens fig. 11. De kringen L2-C1 en L3-C2 worden aangesloten op de stuurroosters g_3 en g_5 . De amplituden van de door de kringen geleverde wisselspanningen zijn gelijk; door de frequentievariatie zal echter net faseverschiltussen deze spanningen variëren. Bij voldoende grote amplituden van de wisselspanningen zal dan in de anodeketen van de EQ80 een stroom vloeien, waarvan de gemiddelde waarde wordt bepaald door het faseverschil tussen de roosterwisselspanningen op g_3 en g_5 . Dit ziet men duidelijk geïllustreerd in fig. 12, waarin de roosterwisselspanningen V_{g3} en V_{g5} , alsmede de anodestroom, als functie van de tijd zijn afgebeeld. Over de weerstand R_4 zal nu zonder meer een LF-wisselspanning ontstaan, die evenredig is met de LF-frequentievariatie van de draag-



Schakeling van een FM-detector met de enneode EQ80

R1	560 Ω
R2	3,9 $k\Omega$
R3	34 $k\Omega$
R4	0,47 $M\Omega$
R5	0,7 $M\Omega$
C3	50 μF
C4	0,01 μF

Fig. 11

frekwentie van de draagfrequentie. De amplitude van de anodestroom zal dan evenredig zijn met de amplitude van de draagfrequentie. Dit is te zien in fig. 12, waarin de anodestroom als functie van de tijd is afgebeeld. Over de weerstand R_4 zal nu zonder meer een LF-wisselspanning ontstaan, die evenredig is met de LF-frequentievariatie van de draag-

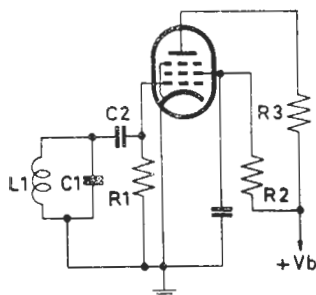
golf van de betreffende zender.

De EQ80 zorgt automatisch voor de amplitudebegrenzing, indien de ingangswisselspanningen op g3 en g5 minstens 8 V eff. bedragen. De LF-wisselspanning in de anodeketen van de EQ80 heeft reeds een zodanige waarde, dat extra LF-versterking voor de eindbuis niet meer nodig is.

2. De amplitudebegrenzer

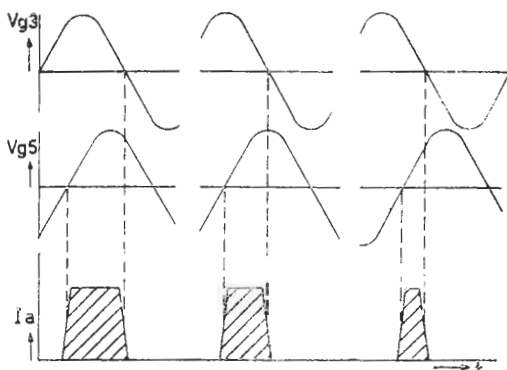
Een van de grote voordelen van het FM-systeem is de veel grotere storingsvrijheid bij de ontvangst van zenders. Storingen, die door elektrische tram, auto's, onweer, enz. worden veroorzaakt, zijn hoofdzakelijk het gevolg van het feit, dat de draaggolf van de gewenste zender in amplitude wordt gemoduleerd door deze stoorspanningen.

Hetzelfde geldt voor ruis. Zorgt men er nu voor, dat de FM-draaggolf of het MF-signaal, dat dezelfde modulatie bevat, in het ontvangtoestel van de parasitaire amplitude-modulatie wordt ontdaan, dan zal de ontvangst rustig en storingsvrij zijn. Het onderdrukken van deze amplitudevariëaties geschiedt in de amplitudebegrenzer.



Principeschema van een amplitudebegrenzer met een penthode.

Fig. 13



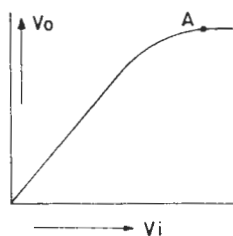
De roosterwisselspanningen V_{g3} en V_{g5} en de anodestroom I_a als functie van de tijd bij de EQ80. Door het variërende fase-verschil tussen de wisselspanningen V_{g3} en V_{g5} ontstaat een anodestroom-variëatie in het laagfrequente rhytmus.

Fig. 12

Fig. 13 geeft een eenvoudige schakeling van de amplitudebegrenzer weer. Hierin zijn de waarden van de weerstanden R_2 en R_3 zo gekozen dat de anodestroom reeds bij een vrij kleine waarde van de rooster spanningen zijn verzadigingswaarde oereikt. De karakteristiek van de penthode in de schakeling van fig. 13 krijgt dan de vorm van fig. 10. Zodra dus de roosterwisselspanning een bepaalde, meestal kleine, waarde overschrijdt, blijft de amplitude van de anodestroom constant. De uitgangswisselspanning over de weerstand R_3 wordt dus eveneens constant.

De werking van de amplitudebegrenzer is in fig. 14 nog grafisch voorge-

steld. Het uitgangssignaal neemt toe met het ingangssignaal tot een bepaald punt (punt A). Voorbij dit punt blijft de uitgangsspanning constant, ondanks een toenemende ingangsspanning. Aangezien de begrenzerwerking vanaf dit punt effectief werkt, is het een eerste vereiste om dit punt in bovengenoemde karakteristiek te bereiken. Elk signaal dat zwakker is, zal dan vergezeld kunnen gaan van ruis en andere storingen.



Grafische voorstelling van de werking van een amplitude begrenzer.

V_o = uitgangsspanning
 V_i = ingangsspanning.

Fig. 14

Bij de voorgaande behandeling van de ratio-detector en de enneode EQ80 hebben we gezien, dat deze amplitude-begrenzing automatisch geschiedt zonder dat extra kringelementen benoeven te worden toegevoegd.

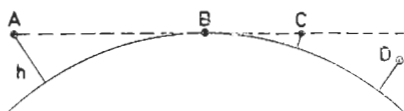
3. De M.F.-versterktrap

Zoals wij reeds aan het begin van deze les erop hebben gezinspeeld, moet, in verband met de modulatie, met een frequentieband van $2 \times 75 = 150$ kHz rekening worden gehouden. (Bij amplitude-modulatie wordt deze bandbreedte bepaald door de hoogste modulatie-frequentie; zij kan b.v. zijn $2 \times 10 = 20$ kHz). De middenfrequentie van de huidige FM-omroepontvanger is op 10,7 MHz gesteld. Voor het doorlaten van deze brede frequentieband is het nodig dat de resonantiekrommen van de kringen of bandfilters een brede vlakke top hebben. Dit is het geval als de kringen een grote verliesweerstand bezitten. Dit werd o.a. getoond in fig. 12 van les 10. Een grote verliesweerstand betekent echter een lage kringimpedantie (immers, $Z = \frac{L}{rC}$ waarin r de verliesweerstand van de kring voorstelt.) De kringen in een FM-ontvanger hebben dan ook een veel lagere impedantie dan in een AM-ontvanger. Aangezien de versterking in het HF- en MF-gedeelte van de ontvanger gelijk is aan $S \times Z$ (zie paragraaf 79 les 17), zou met gebruik van normale HF-pentoden, de versterking oelangrijk minder zijn dan in het overeenkomstige gedeelte van een AM-ontvanger. Daarom worden in de FM-ontvanger dikwijls HF-pentoden gebruikt met een grotere stelheid; het type EP85 heeft o.v. een stelheid van 6 mA/V. Als de kring-impedantie in de anodeleiding van deze buis b.v. 20.000 Ω is, wordt de versterking met deze buis toen nog $0,006 \times 20,000 = 120$.

4. De antenne

Wij hebben reeds vermeld dat de FM-zenders op een frequentie van ca 100 MHz werken. Het gedrag van trillingen met deze frequentie wijkt wel enigszins af van de radiogolven, die wij tot nu toe hebben benoemd. Dikwijls vergelijkt men deze zenders op nog een frequentie met vuurtorens.

Om het licht van een vuurtoren zo ver mogelijk te laten schijnen, zorgt men er o.a. voor dat de lamp zo hoog mogelijk wordt opgesteld. De reikwijdte van de lichtstraal wordt daarbij beperkt door de kromming van het aardoppervlak (zie fig. 15). Van de toren A uit gezien, ligt bij punt B de horizon en alles wat achter die horizon ligt, blijft donker. Staat men achter de horizon op een verhevenheid (punt C), dan bestaat de mogelijkheid weer dat men het licht wel ziet. Punt C moet dan op of boven het verlengde van de lijn A-B liggen. Is b.v. de hoogte van de vuurtoren 225 m en de hoogte van punt C 25 m, dan ligt de horizon ca 60 km verder en bevindt punt C zich op ca 20 km van punt B. De totale reikwijdte van het licht wordt nu 70 km. *)



De reikwijdte van een kortegolf zender hangt in de eerste plaats af van de hoogte van de zendantenne en ontvangaantenne. De radiostralen op de zeer korte golflengten planten zich nl. praktisch rechtlijnig voort. In de figuur zal in punt C de zender A nog ontvangen worden; in punt D zal echter geen ontvangst zeer mogelijk zijn.

Fig. 15

Bij de vergelijking tussen de FM-zenders en de vuurtorens zijn er veel punten van overeenkomst, maar er zijn ook verschillen. Deze verschillen hangen voor een groot deel samen met de golflengte. Voor de golflengte van 3 m (overeenkomend met een frequentie van 100 MHz) vormt de horizon nog geen duidelijke grens, maar wél geldt ook hier dat de beste ontvangst wordt verkregen wanneer de ontvangaantenne de zendantenne kan 'zien'. Onder dit 'zien' verstaan wij dat er zich in een rechte lijn tussen zender en ontvanger geen belangrijke oostakels mogen bevinden.

Nu is wel gebleken dat er op deze regel belangrijke uitzonderingen kunnen zijn. Soms is over honderden kilometers nog ontvangst mogelijk, maar deze ontvangst is vaak onbetrouwbaar en kan van uur tot uur wisselen. Dit is te wijten aan de reflectie die de golven in de hogere luchtlagen ondervinden.

De antenne is via een bepaalde koppeling verbonden met de afstemkring. Zij maakt daarom deel uit van deze kring. Om een zo goed mogelijk effect te verkrijgen, is het gewenst dat de antennelengte gelijk is aan een halve golflengte. Bij de zender wordt hierin niet algemeen voor gezorgd. Bij de ontvanger was dit voor de normale omroepzenders niet mogelijk, omdat het golfgebied tussen 10 en 2000 m ligt. Voor FM met een golflengte van 3m, is het echter wel mogelijk een antennelengte van een halve golflengte aan te houden.

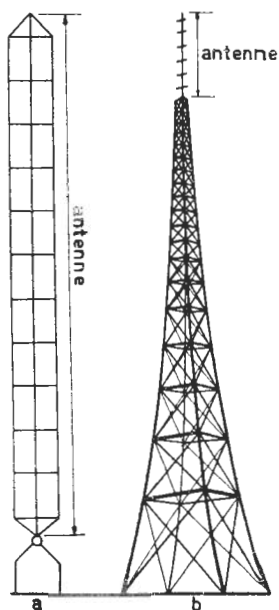
*) Als regel geldt ongeveer: de afstand van zender tot horizon $A-B = 4 \times \sqrt{h}$, waarin h de hoogte van de antenne in meters is. Is de zendantenne b.v. 225 m hoog, dan is $A-B = 4 \times \sqrt{225} = 4 \times 15 = 60$ m.

Uit het versnail van golflengte van een middengolf-zender (b.v. 450 m) en die van een FM-zender op 3 m volgt een merkwaardig versnail in antenneconstructie. In fig. 16 hebben wij ter illustratie twee antennes afgebeeld: de linker antenne behoort bij een zender voor het middengolf-gebied. Hierbij doet de mast in zijn geheel dienst als antenne. Bij de rechter antenne doet uitsluitend het bovenste staaije dienst als antenne.

Aangezien de ontvangantenne bij deze zeer korte golven een veel belangrijker rol speelt dan bij de grotere golflengten, willen wij op de constructie van deze antenne nog iets uitvoeriger ingaan. Zoals wij hiervoor reeds vermeld hebben, wordt het grootste effect verkregen, als de antennelengte gelijk is aan de halve golflengte. De antenne wordt dus als net ware afgestemd op de gewenste golflengte. Het lijkt misschien vreemd dat een stuk antennendraad kan worden afgestemd op een bepaalde golflengte. Uit de voorgaande lessen zou men namelijk de conclusie kunnen trekken dat voor afstemming een condensator en/of een spoel nodig is. Dit is bijv. het geval bij een afstemkring.

Soms wordt ook wel in het lange golf en midden golfgebied een antenne afgestemd, maar ook dan komen er gewoonlijk extra spoelen en condensatoren aan te pas. In fig. 17 zien wij daarvan een voorbeeld. De antenne heeft ten opzichte van aarde een bepaalde capaciteit C_a en samen met C en L maken wij hiervan een afgestemde kring. Voor het normale omroepgebied wordt hiervan echter vrijwel nooit gebruik gemaakt, omdat hiervoor dan een aparte afstemknop nodig zou zijn, hetgeen in strijd is met de nagestreefde één-knopsafstemming.

Voor de zeer korte golf is dat anders. In de eerste plaats wordt de eigenlijke antenne zo kort dat iedereen zich gemakkelijk aan de bepaalde maat kan houden en in de tweede plaats zijn de golflengteverschillen in dat gebied betrekkelijk gering. Het gebied van de FM-omroepzenders ligt tussen 86 en 106 MHz; rekenen wij dit om in golflengten, dan wordt dit van 3,49 tot 2,83 m. Door bepaalde maatregelen te nemen, is het mogelijk de lengte van de antenne zo te kiezen dat zonder 'dijstemmen' toch een benoerlijke afstemming voor dit gehele gebied verkregen wordt.

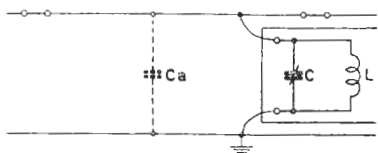


Als vergelijkend voorbeeld twee zendantennes.

Links : een antenne van een middengolf-zender.

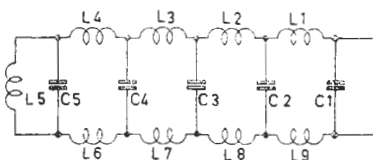
Rechts: een antenne van een kortegolf FM-zender.

Fig. 16



Voorbeeld van een normale ontvangantenne. De eigen-capaciteit C_a t.o.v. aarde staat parallel aan de afstekring.

Fig. 17



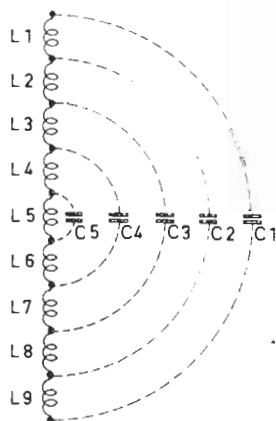
Schematische voorstelling van een omgebogen stuk antennedraad bij een zeer hoge frequentie.

Fig. 18

In fig. 17 hebben wij aangenomen dat de daar getekende antenne alleen capaciteit bezit. Dit is echter niet juist. Elke draad heeft ook een zekere zelfinductie, die voor het gewone omroepgebied een zo geringe rol speelt dat wij die daar moeten verwaarloosd. Dit mag voor het FM-gebied oeslist niet.

In fig. 18 is een omgebogen stuk antennedraad getekend. De beide parallel lopende stukken hebben een zekere capaciteit ten opzichte van elkaar. Deze capaciteit is getekend als 5 condensatoren; wij hadden er even goed 100 kunnen tekenen. Deze capaciteit is n.l. gelijkmatig verdeeld langs de gehele lengte. Datzelfde geldt ook voor de in de draad getekende spoelen, die de zelfinductie van de draad voorstellen. Ook deze zelfinductie is gelijkmatig over de gehele draad verdeeld. Nu is het niet noodzakelijk, dat de draad uit Fig. 18 werkelijk gebogen is. Ook wanneer de draad rechtuit gespannen is, blijven de capaciteiten in principe bestaan. Wij krijgen dan een oeld zoals in fig. 19 is voorgesteld.

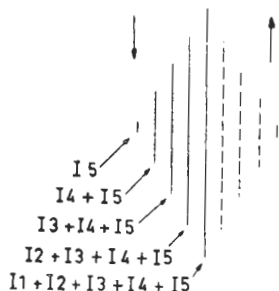
Wij kunnen nu veronderstellen, dat op een bepaald moment alle condensatoren een zekere lading bezitten. Het gevolg zal zijn dat deze condensatoren zich gaan ontladen via de in de draad aanwezige zelfinducties. Dan stuurt C_5 een stroompje door L_5 (I_5), C_4 door L_4 , L_5 , L_6 (I_4), C_3 door L_3 , L_4 , L_5 , L_6 , L_7 (I_3) enz. In fig. 20 is dit nader aangegeven. Wij zien dat in het midden van de draad de grootste stroom vloeit n.l. $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5$. Naar de uiteinden toe wordt de stroom minder, en aan het uiterste puntje is ze 0. Door deze stromen worden in de verschillende zelfinducties magnetische veldengevormd, die, zodra de condensatoren ontladen zijn, ervoor zorgen dat deze weer opgeladen worden, zij het dan met tegengestelde polariteit. Dit verschijnsel moeten wij reeds



Schematische voorstelling van een rechte draad bij een zeer hoge frequentie.

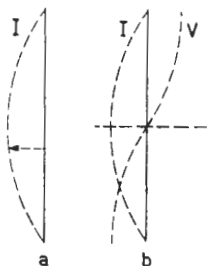
Fig. 19

eerder beschreven in les 10 par. 54, fig. 7. Is dat gebeurd, dan gaan deze zich weer ontladen en sturen een stroom door de draad, maar nu in tegengestelde richting (gestippeld aangegeven in fig. 20). Wij krijgen op deze manier een heen en weer schommelende beweging, precies als dat oij een elektrische slingerkring die uit een spoel en condensator bestaat, het geval is. De frequentie van deze beweging is zo dat de draadlengte juist een halve golflengte bedraagt. Gewoonlijk wordt fig. 20 in een andere vorm getekend, nl. volgens fig. 21a. Hierin wordt op elk punt van de draad de grootte van de stroom bepaald door de lengte van de horizontale lijn van de draad tot aan de geogen gestippelde lijn. Het spreekt wel vanzelf dat deze stromen wisselstromen zijn zodat de uitgezette stroomwaarden de maximale waarden van de wisselstroom aangeven.



Stroomverdeling over de lengte van de draad van fig. 19.

Fig. 20

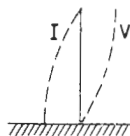


- a. Stroomverdeling over de lengte van de draad van fig. 19, op een andere wijze getekend.
 b. Stroom- en spanningsverdeling over de lengte van de draad van fig. 19.
 beide voorstellingen gelden voor een draad met een lengte gelijk aan de halve golflengte.

Fig. 21

Waar stromen lopen, zijn ook spanningsverschillen. Op het moment dat alle 'condensatoren' geladen zijn, loopt er geen stroom door de draad, maar staat er wel spanning tussen de verschillende delen. Deze spanning is het grootst aan de uiteinden, terwijl precies in het midden van de draad geen spanningsverschil kan optreden. Op dezelfde wijze als dat voor de stromen is gebeurd, kunnen we ook de spanning grafisch uitzetten. Dit is gedaan in fig. 21b. In deze figuur zien we dus, dat in het midden van de draad de maximum stroom loopt, maar dat er op dat punt geen spanning staat. Het gevolg daarvan is o.v. dat op dat punt de draad gewoon kan worden aangeraakt of zelfs met aarde worden verbonden, zonder dat de slingering in de draad erdoor wordt beïnvloed. Merkwaardig is het dat men zelfs de helft van zo'n antenne in de aarde kan laten verdwijnen, zonder dat de stroom- en spanningsverdeling of de frequentie van het bovenste deel verandert. We hebben dan een antenne van een kwart golflengte ($1/4\lambda$), (zie fig. 22)

Voor de ontvangst van zenders op zeer korte golflengte, zoals bij frequentie-modulatie, wordt de antenne van een halve golflengte het meest gebruikt. Deze antennes zijn bekend onder de naam dipool. De aansluiting van een dipool op een ontvangtoestel is anders dan die van een gewone antenne. Wij hebben hiervoor gezien, dat wanneer een dipool zich in het veld van een zender bevindt, in het midden de grootste H.F.-wisselstroom gaat lopen. De vraag is nu hoe men deze stroom naar de ontvanger moet leiden. Dit probleem is des te moeilijker omdat een dipool in verband met de beperkte reikwijdte van de zender zo hoog mogelijk moet worden opgesteld. De kleine, door zijn lengte ($1/2\lambda$), afgestemde antenne moet dus met een lange geleider aan het ontvangtoestel verbonden worden, zonder dat de afstemming verandert.



Stroom- en spanningverdeling over de lengte van een rechte draad, waarvan de lengte gelijk is aan een kwart golflengte

Fig. 22

De verbinding van de toevoerleiding met het ontvangtoestel geschiedt door middel van gekoppelde spoelen (zie fig. 23). Is de toevoerkabel goed uitgevoerd, dan vangt deze zelf niets van de zender op, want het veld van de zender werkt in beide naar beneden gaande draden een stroom in dezelfde richting op. Deze stromen werken elkaar in de spoel tegen, zoals uit fig. 23 blijkt. Alleen de dipool 'ontvangt' iets. Dit geldt ook voor van buiten komende storingen. De invoerleiding van een dipoolantenne is dus ook storingsvrij en dat is de reden waarom deze ook wel voor normale omroepontvangers wordt gebruikt.

Principeschema van de koppeling van een dipoolantenne met de afstemkring van het ontvangtoestel.

Fig. 23

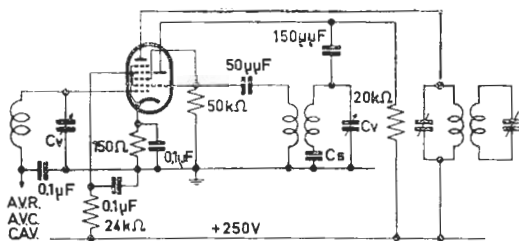
Dikwijls is de uitvoering van de dipoolantennes zo, dat deze bestaat uit twee staven, van een $1/4$ golflengte, terwijl de toevoerkabel bestaat uit een twee-aderige kabel.

SA-MENVATTING

1. Het moduleren van de draaggolf kan plaats hebben volgens
 - a. amplitude-modulatie
 - b. frequentie-modulatie.
2. Bij amplitude-modulatie varieert de amplitude van de draaggolf in het rythme van de laagfrequentie.
3. Bij frequentie-modulatie varieert de frequentie van de draaggolf in het rythme van de laagfrequentie. De amplitude van de draaggolf blijft na constant.
4. Het voordeel van frequentie-modulatie is minder hinder van elektrische storingen en geruis bij ontvangst.
5. De frequentie-variatie van de draaggolf wordt de frequentiezwaai genoemd. De frequentiezwaai heeft niets te maken met de frequentie van de modulerende trilling, maar alleen met de sterkte daarvan.
6. De maximale frequentiezwaai bedraagt gewoonlijk 75 kHz. In verband hiermede moeten de afstemkingen in een FM-ontvanger voor een veel grotere bandbreedte berekend zijn.
7. De trap, waarin het frequentie-gemoduleerd signaal wordt omgezet in een LF-wisselspanning, wordt frequentie-detector of discriminator genoemd.
8. De eenvoudigste vorm van frequentie-detector bestaat uit een afstemkring, die t.o.v. de draaggolf-frequentie is verstemd, en een diode-detector.
9. Een veel gebruikte frequentie-detector-schakeling is de ratio-detector. Bij deze detector wordt tevens automatisch amplitude-begrenzing verkregen.
10. Een andere frequentie-detector is de enneode 2Q80, een buis met 7 roosters, waarvan er 2 als stuurroosters dienst doen. Ook bij deze detector wordt automatisch amplitude-begrenzing verkregen, mits de roosterwisselspanningen een bepaalde waarde overschrijden.
11. De voordelen van frequentie-modulatie, nl. betere storings- en ruisvrijheid, worden eerst verkregen als er voor gezorgd wordt, dat de amplitude van de frequentie-gemoduleerde trilling constant blijft. Om dit te bereiken is een amplitude-begrenzer nodig.
12. In verband met de zeer korte golflengte wordt voor FM-ontvangst een zg. dipoolantenne gebruikt. Men bereikt het gunstigste resultaat als de lengte van de antenne gelijk is aan een halve golflengte.

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

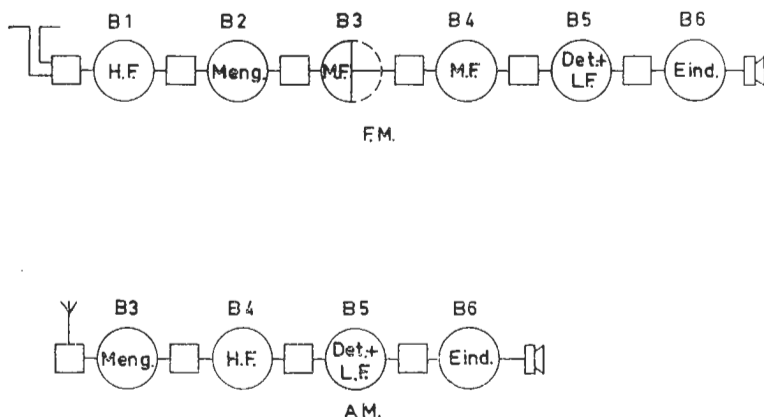
1. Waarom wordt voor het M.G.-gebied geen F.M. toegepast?
2. Antennehoogte van een F.M.-zender is 400 m.
Antennehoogte van de ontvanger is 16 m.
Over welke reikwijdte zal zeker goede ontvangst mogelijk zijn?
3. Voor de volgende frequenties moeten dipolen worden gemaakt:
1000 kHz; 15 MHz; 100 MHz.
Hoe groot moet de lengte van de dipool voor de drie frequenties worden?
4. De mengtrap van een ontvanger had het schema van fig.10 uit les 21. Hierin werden enige onderdelen vervangen en na aansluiting van het toestel bleek de ontvanger geen geluid te geven aan het einde van het golfgebied. Na controle bleek in het schema een kleine wijziging geslopen te zijn, die van bovenstaande klacht de oorzaak was.
Hieronder vindt U het schema na de reparatie.



- a. Welk onderdeel was verkeerd aangesloten?
- b. Verklaar waarom dan de ontvanger aan het einde van het golfgebied niet speelde.

122. Beschrijving van een gecombineerde AM/FM ontvanger

Aangezien in vele landen AM- en FM-omroepzenders worden gebruikt, worden de meeste ontvangtoestellen zodanig gemaakt dat zij beide soorten uitzendingen kunnen ontvangen. Het schema dat wij in deze les willen behandelen, is een voorbeeld van de gemiddelde AM/FM ontvanger. Als wij van dit schema, fig. 5, de blokschema's tekenen, ontstaat fig. 1. Hieruit blijkt dat de buizen B1 en B2 alleen functioneren bij FM-ontvangst.



Blokschema's van de ontvanger van fig. 5 voor FM-ontvangst en AM-ontvangst (N.G. gebied).

Fig. 1

Het overschakelen op de verschillende golfgebieden voor AM-ontvangst en voor de FM-band geschiedt met de schakelaars SK1 t/m SK5. Deze schakelaars zijn op één as gemonteerd, zodat zij door middel van één knop worden bediend. Fig. 5 is getekend in de positie voor grammofoonweergave. In de daaropvolgende posities (rotorcontacten per positie 30° draaien) is het toestel achtereenvolgens geschakeld voor: FM-ontvangst

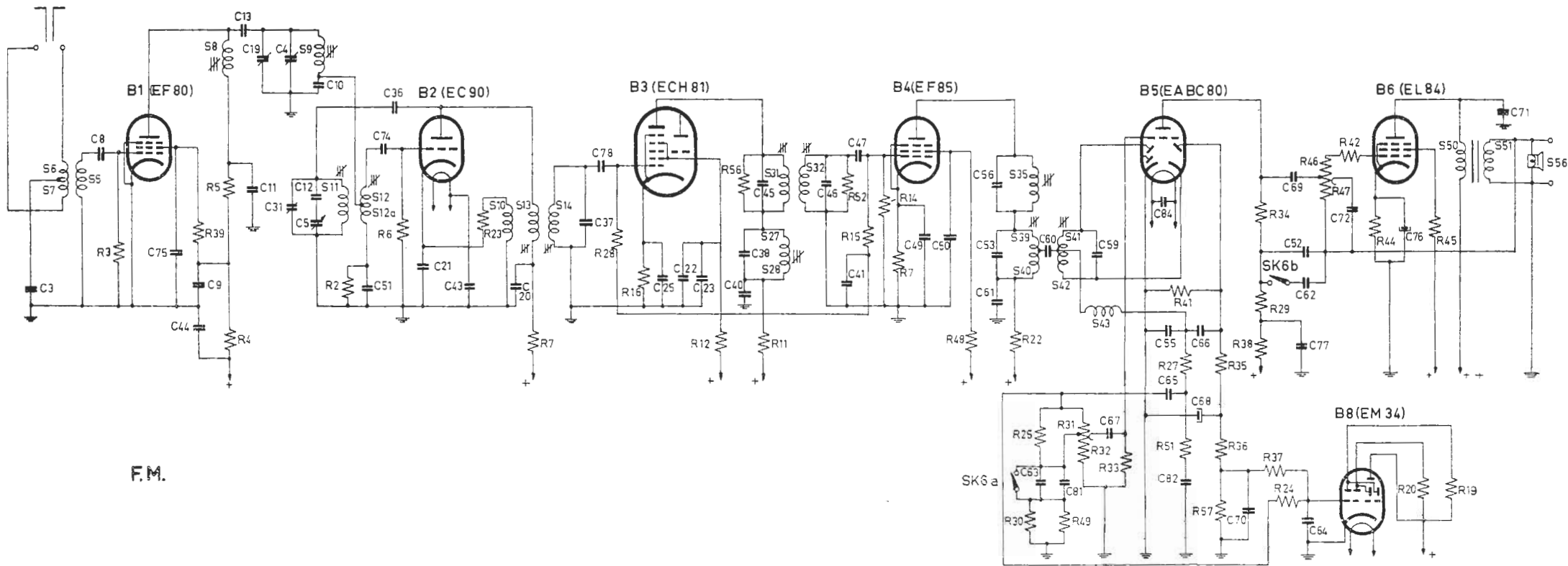
AM-ontvangst met de golfgebieden KG2

MG

LG

A. Beschrijving van het FM-gedeelte

In fig. 2 is het schema van de ontvanger voor FM-ontvangst getekend. Wij zullen successievelijk de verschillende trappen onder de loupe nemen.



F.M.

Schema van fig. 5 voor FM-ontvangst.
Fig. 2

HF-versterktrap

Zoals reeds in de vorige les werd geschreven, wordt als antenne een dipool gebruikt. Deze dipool wordt op inductieve wijze met de HF-versterkbuis EF 80 (B1) gekoppeld. In de anodeketen van deze buis bevindt zich in de eerste plaats een HF-spoel S8, die met de condensator C11 is afgestemd op de middenfrequentie (10,7 MHz). Voor deze frequentie vormt de serieschakeling van spoel en condensator een kortsluiting (zie les 10 par. 54). Deze serieschakeling heeft dezelfde functie als het MF-antenne-filter in de ontvanger van les 28. Voor de gewenste HF-signalen doet S8 dienst als koppel-element van de HF-buis B1 met de mengbuis B2. De spanning over S8 wordt via de koppelcondensator C13 toegevoerd aan de afstemkring S9-C4-C10-C19. Deze kring is op de zenderfrequentie afgestemd.

Mengtrap

De HF-spanning over C10 wordt nu toegevoerd aan een aftakking op de oscillatorspoel S12-S12a. De buis B2 (EC 92) functioneert als een z.k. zelfoscillerende mengbuis, d.w.z. deze buis wekt zelf het oscillatorsignaal op en functioneert tevens als mengbuis van het HF-signaal en oscillator-signaal. Het oscillatorgedeelte bestaat uit de kring S11-C5-C12-C31 en de terugkoppelspoel S12-S12a. Op het stuurrooster van B2 komen nu twee signalen terecht nl. via de aftakking op S12-S12a het ontvangen HF-signaal, verder het door de buis zelf opgewekte oscillatorsignaal.

Door menging in de buis B2 ontstaat in de anodeketen o.a. een anodestroomcomponent met een frequentie, die gelijk is aan het verschil van de oscillatorfrequentie en de hoogfrequentie. Dit signaal wordt via S13 op de kring S14-C37, die op de middenfrequentie is afgestemd, overgebracht. Met de anodespoel S13 is nog de spoel S10 gekoppeld, die in serie met de weerstand R23 in de kathodeleiding van B2 is opgenomen. De spoelen S10 en S13 zijn zodanig gekoppeld dat een geringe positieve terugkoppeling tot stand komt, waardoor de conversie-steilheid stijgt.

Hoewel men dit niet uit het schema zou concluderen, maakt de spoel S13 eveneens deel uit van een MF-afstemkring. De afstemcapaciteit wordt hier gevormd door C36 in serie met C31-C12-C5, in combinatie met de bedradingscapaciteit en de inwendige buiscapaciteit tussen anode en kathode van B2.

MF-versterktrap

Het MF-signaal over de kring S14-C37 wordt aan het stuurrooster van het heptode-gedeelte van de triode-heptode ECH81 (B3) toegevoerd. Dit heptode-gedeelte wordt als een penthode-versterker gebruikt. In de schakeling voor FM-ontvangst wordt het triode-gedeelte van B3 buiten werking gesteld.

In de anodeleiding van B3 komen twee afgestemde kringen voor: de MF-kring S31-C45-R56, afgestemd op een middenfrequentie van 10,7 MHz, en de MF-kring S27-S28-C38, afgestemd op een middenfrequentie

van 452 kHz. De laatstgenoemde kring blijft eenvoudige-
nalve in de schakeling opgenomen, ondanks het feit, dat zij
geen dienst doet bij FM-ontvangst. Bij een frequentie van 10,7 MHz
kan men de kring echter als een kortsluiting beschouwen, omdat
de anode-wisselstroom praktisch uitsluitend via de condensator C38,
zal lopen.

De tweede afstemkring S32-C46-R52 is inductief gekoppeld met de
voorgaande afstemkring en zij vormen samen een bandfilter. Daarna
wordt het MF-sigitaal versterkt door de tweede MF-versterkbuis EF 85
(B4). Deze buis heeft een vrij grote steilheid, zodat, ondanks de
lage impedantie van de kringen, een benoerlijke versterking wordt
verkregen (voor de verklaring zie men les 32).
De roosterketens van B3 en B4 liggen via de weerstand R14 aan aarde.
In de schakeling voor FM-ontvangst krijgen de buizen B3 en B4 name-
lijk geen AVC-spanning toegevoerd.

FM-detector

In de anodeleiding van B4 is wederom een bandfilter opgenomen,
waarvan de aansluiting echter verschilt met die van de voorgaande
bandfilters. Het bandfilter, bestaande uit de kringen S39-S40-C53
en S41-S42-C59 maken nl. deel uit van de FM-detector. (Ook in dit
geval is een MF-kring van het AM-gedeelte, S35-C56, ingeschakeld
gebleven; zij oefent echter geen invloed uit op het MF-bandfilter
van het FM-gedeelte). De schakeling van het FM-detectie gedeelte
berust op het principe van de ratio-detector. Het schema komt dan
ook in principe geheel overeen met dat van fig. 6 in les 32. De
stroom in de anodeketen van B4 induceert via S39-S40 in de spoelen
S41 en S42 spanningen, die gelijk, doch met elkander in tegenfase
zijn. Verder wordt van een aftakking op S39-S40 via de condensator
C60 een derde spanning aan de secundaire kring S41-S42-C59 toege-
voerd. Zoals wij uit de voorgaande les reeds gezien, zal bij de
centrale frequentie van het FM-sigitaal een faseverschuiving van 90°
bestaan tussen V1 en de spanningen V2 en V3 (zie hiervoor ook fig.
8a van les 32). De resulterende spanningen zullen na detectie gelijk
zijn. Zoude echter de frequentie van het FM-sigitaal verandert,
verandert ook het faseverschil tussen bovengenoemde spanningen. Dit
heeft tot gevolg, dat over de condensator C55 een wisselspanning
ontstaat, waarvan de frequentie gelijk is aan de modulatiefrequentie.
Deze spanning wordt via R27 en C65 toegevoerd aan de volumere-
gelaar R31-R32.

Het gedrag van de uitgangsspanning van de frequentie-detector of
discriminator stelt men dikwijls in de vorm van een zgn. discrimi-
nator-kromme voor (zie fig. 3). Hierin is op de verticale as de
LF-uitgangsspanning over C55 voorgesteld, op de horizontale as de
frequentie, waarbij rechts van de verticale as een positieve fre-
quentie afwijking afgeneeld is en op de linkerzijde een negatieve
frequentie-afwijking. Deze karakteristiek heeft 2 uiterste waarden,
verbonden door een vrij rechte lijn. Dit rechte gedeelte van de
discriminator-kromme moet vallen tussen een maximale frequentie-
afwijking van + en - 75 kHz.

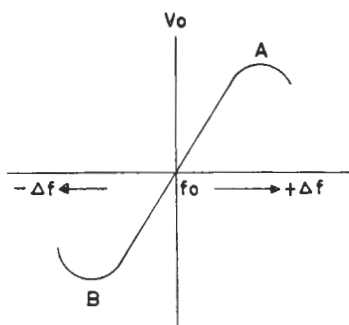
Zoals in de vorige les is beschreven, wordt in de ratio-detectorschakeling parallel aan de condensatoren C55 en C66 een condensator met zeer grote capaciteit geschakeld. Dit is in fig. 2 de electrolytische condensator C68. Door het aanorengen van deze condensator worden amplitudevariaties van het FM-signaal sterk gereduceerd; de schakeling werkt dus tevens als amplitudebegrenzer. De weerstand R35, welke in serie met C68 is opgenomen, heeft ten doel de amplitudebegrenzing op de juiste waarde in te stellen. Deze weerstand heeft nl. een begrenzendende werking voor de laad- en ontlaadstroom van C68.

LF-versterktrap

De LF-wisselspanning over de volumeregelaar R31-R32 wordt via de koppelcondensator C67 aan het stuurrooster van het triodegedeelte van B5 (EABC80- een triple diode-triode) toegevoerd. Na versterking komt het LF-signaal over de anodeweerstanden R34-R29 terecht.

De potentiometer R46/R47 in combinatie met de condensator C72 functioneert als noge tonenregelaar. Via de weerstand R42 komt het signaal tenslotte op het stuurrooster van de eindbuis EL 84 (B6). In de anodeketen van deze buis bevindt zich de uitgangstransformator S50-S51, waarop de luidspreker is aangesloten. De spanning over S51 wordt via de potentiometer R46-R47 in tegenfase met de ingangsspanning aan het stuurrooster van B6 toegevoerd (frequentie-onafhankelijke tegenkoppeling). Nu bevindt zich tussen de looper van de potentiometer en de onderzijde van R47 nog een condensator C72. Deze condensator geeft, afhankelijk van de positie van de looper van de potentiometer, meer of minder verzwakking van de noge tonen. Bovendien is C72 in de tegenkoppelingketen opgenomen, waardoor het effect van deze condensator wordt versterkt. Als de looper van de potentiometer R46-R47 zich bovenaan R46 bevindt, is de tegenkoppeling voor de hoge tonen maximaal. De tegenkoppelingsspanning wordt dan hoofzakelijk via C72 aan het rooster van B6 toegevoerd. Dit is de stand 'dof'. Bevindt zich de looper van R46 en R47 beneden aan R47, dan is de tegenkoppeling voor de hoge tonen minimaal, hetgeen overeenkomt met de stand 'scnerp'.

De schakelaarsecties SK6a en SK6b vormen tezamen de basschakelaar. Indien deze schakelaars gesloten zijn (stand '-bas') wordt enerzijds parallel aan C32 een grote condensator C62 (0,1 μ F) geschakeld



Discriminatorekromme. Op de horizontale as is de frequentie afgezet, op de verticale as de uitgangsspanning van de discriminator.

f_o = middenfrequentie

Fig. 3

waardoor een extra tegenkoppelspanning aan de anode van B5 wordt toegevoerd. Anderzijds worden de condensatoren C63 + C81 kortgesloten. Als beide schakelaars open zijn (stand '+bas') worden in serie met R25 en R30-R49 de condensatoren C63 + C81 opgenomen. Hierdoor vormt deze serieschakeling een grotere impedantie voor de lage tonen, waardoor deze tonen bij klein volume worden opgehaald. (Fysiologische volumeregeling; zie les 23). Tevens wordt de condensator C62 uitgeschakeld.

Optische afstemindicatie

Het stuurrooster van de afstemindicator EM 34 (B8) is via R36 en R37 aangesloten over de condensator C68. De spanning over deze condensator is een gelijkspanning die bij de juiste afstemming maximaal is. Deze gelijkspanning stuurt de afstemindicator EM 34. De weerstand R37 en de condensator C64 dienen als ontkoppeling van eventuele rimpelspanning.

Het rooster van de EM 34 is tevens via R24 verbonden met de top van de volumeregelaar R31-R32. Deze verbinding dient voor de afstemindicatie bij AM-ontvangst. In dat geval functionneren R24 en C64 als LF-ontkoppelfilter.

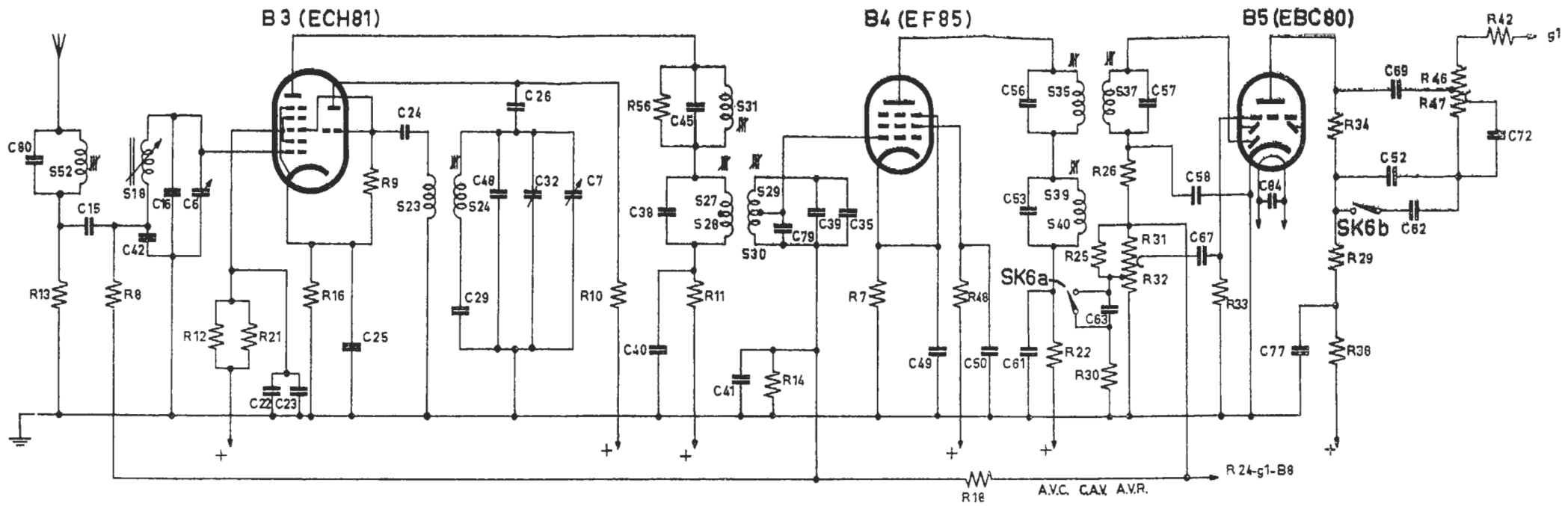
B. Beschrijving van het AM-gedeelte

Deze ontvanger is voorzien van drie golfgebieden voor ontvangst van AM-zenders:

KG2	16,5	-	50 m	(	18,2	-	5,9 MHz)
MG	185	-	580 m	(	1622	-	517 kHz)
LG	870	-	2000 m	(	345	-	150 kHz)

In fig. 4 is het schema van het AM-gedeelte getekend voor het MG-gebied tot aan het stuurrooster van B6. De antennespoel S18 is bevestigd op een staaf 'Ferroxcube', die als 'Ferroceptor'-antenne dienst doet. (Zie les 27, paragraaf 112-IV). Deze spoel vormt met de condensatoren C6, C16 en C42 de eerste afstemkring. De buis B3 (ECH81) werkt nu in zijn geheel als een triode-heptode-mengbuis. Het triodegedeelte is als oscillator geschakeld. In het heptodegedeelte heeft de menging plaats van het HF-sigitaal en het oscillatorsigitaal. (Voor AM-ontvangst zijn de buizen B1 en B2 buiten werking gesteld). Bij gebruik van een buitenantenne wordt de antennespanning via het MF-sperfilter C80-S52 en C15 toegevoerd aan de condensator C42 die deel uit maakt van de eerste afstemkring. De weerstand R13 sluit galvanisch de antenne-aarde-keten (zie les 23).

In de anodeleiding van B3 bevinden zich de kringen S31-C45-R56 en S27-S28-C38. De eerstgenoemde kring is de MF-kring van het FM-gedeelte. Voor de middenfrequentie van 452 kHz vormt deze kring echter een kortsluiting, zodat zijn invloed te verwaarlozen is. De tweede kring is gekoppeld met de kring S29-S30-C39-C35-C79; zij vormen samen een inductief gekoppeld bandfilter.



A.M.

Schema van fig.5 voor AM-ontvangst van het MW-gebied, getekend tot aan het stuurrooster van de eindbuis
 Fig. 4

B4 is de MF-versterker en in de anodeketen is het tweede MF-bandfilter S35-C56 met S37-C57 opgenomen. De derde diode uit B5 (die bij FM-ontvangst niet was aangesloten) functioneert als detector. De belastingsweerstand van deze diodedetector wordt gevormd door R26 in serie met de potentiometer R31-R32. Over deze potentiometer ontstaat de LF-wisselspanning, die via C67 aan het stuurrooster van het triodegedeelte van B5 wordt toegevoerd. Verder is het LF-gedeelte gelijk aan dat bij FM-ontvangst.

In deze schakeling ontstaat over R31 + R32 een gelijkspanning die afhankelijk is van de sterkte van de draaggolf. Deze gelijkspanning wordt via R18 aan de stuurroosters van B3 en B4 als AVC spanning toegevoerd.

C. Het afregelen van de ontvanger

Het afregelen van de ontvanger kan men in twee delen splitsen: het AM-gedeelte en het FM-gedeelte.

Het trimmen van het AM-gedeelte kan normaal geschieden, zoals wij in principe in les 27 hebben beschreven. Het afregelen van het FM-gedeelte wijkt echter belangrijk hiervan af. Er bestaan verschillende methoden voor het trimmen van een FM-ontvanger. De keuze hiervan wordt in de eerste plaats bepaald door het feit of een frequentie-gemoduleerde service-oscillator ter beschikking is. Aangezien in de meeste Service-werkplaatsen een dergelijke oscillator nog ontbreekt, zullen wij ons in deze les beperken tot de methode met gebruikmaking van een amplitude-gemoduleerde service-oscillator, zoals het type GM 2883/02. Het is niet onze bedoeling deze trimmethode uitvoerig te documenteren. Wij geven uitsluitend het trimvoorschrift van deze ontvanger, om een indruk te geven van deze methode.

I. MF-bandfilters

- a. Variabele condensator op maximum draaien.
- b. Golfgebiedschakelaar in FM-stand plaatsen.
- c. Een diode-voltmeter bijv. het type GM 7635 over C68 aansluiten.
- d. De kringen worden eerst provisorisch voorgetrimd.

Draai eerst de kernen van S8 en S14 zo ver mogelijk uit.

Voer dan een ongemoduleerd signaal van 10,7 MHz via een condensator van 1500 pF achtereenvolgens toe aan:

het stuurrooster van B4 en regel op maximum uitslag van de diode-voltmeter af: S41-S42 en S39-S40. Herhaal dit.

Het stuurrooster van B3 en regel af: S32 en S31.

Het stuurrooster van B1 en regel af: S13.

De spanning over C68 mag gedurende het trimmen nooit hoger worden dan ca 4 V. Zo nodig moet de sterkte van het ingangssignaal worden verminderd.

- e. Definitief trimmen. (De service-oscillator is nog steeds aan het stuurrooster van B1 aangesloten).

Demp S31 met een weerstand van 1500 Ω .

Regel S41-S42, S39-S40, S32, S14 en S13 af tot maximum uitslag van de diode-voltmeter.

Verwijder de dempweerstand van S31 en breng deze aan over S32. Regel S31 af tot maximum uitslag van de diode-voltmeter. Regel S41-S42 met een zwak signaal op het gehoor af tot minimum ruis.

f. Contrôle van de ratio-detector.

Sluit de diode-voltmeter aan over C55.

Zoek met de service-oscillator met ongemoduleerd signaal, toegevoerd aan het stuurrooster van B1, het midden van de discriminatorkromme op (zie fig. 3).

Bij afstemming van de service-oscillator verloopt de spanning over C55 volgens een kromme, waarvan een gedeelte recht is. Men zoekt eerst de uiterste waarden van de spanning over C55 op en stelt dan de frequentie van het signaal zodanig in, dat de diode-voltmeter het gemiddelde van de gevonden maximum en minimum spanning aanwijst. De frequentie van de service-oscillator moet dan liggen tussen 10,65 en 10,75 MHz. Verstelt men nu de service-oscillator met + of - 75 kHz, t.o.v. bovengenoemde frequentie, dan moeten de verschillen in meteraanwijzing van de diode-voltmeter aan elkaar gelijk zijn. Is dit niet het geval, dan moeten de discriminatorkringen S39-S40-C53 en S41-S42-C59 opnieuw worden afgeregeld.

II. MF-zuigkring

- Voer een ongemoduleerd signaal met de hierboven gevonden middenfrequentie toe aan een van de antenneousen voor FM en aarde.
- Sluit de diode-voltmeter aan over C68.
- Trim S8 tot *minimum* spanning over C68.

III HF- en oscillatorringen

- C31 en S11 tot op de neeft indraaien; C19 geheel indraaien. De variabele condensator op maximum capaciteit instellen.
- Sluit een diode-voltmeter G_M 7635 aan op de extra luidsprekerbussen.
- Voer een ongemoduleerd signaal van 86,5 MHz aan een van de antennebussen voor FM en aarde toe.
(De service-oscillator heeft een frequentiebereik tot 30 MHz. De bovengenoemde frequentie van 86,5 MHz is dus niet direct beschikbaar. In dit geval wordt gebruik gemaakt van een harmonische frequentie, bijv. de derde harmonische. Als de service-oscillator op 28,8 MHz wordt ingesteld, geeft hij een derde harmonische van ca 86,5 MHz).
- Trim S11 op maximum uitslag van de diode-voltmeter.
- Stel de variabele condensator in op minimum capaciteit.
- Voer een ongemoduleerd signaal van 101 MHz (service-oscillator op 25,25 MHz, zodat de vierde harmonische een frequentie van 101 MHz oplevert) aan één van de antennebussen voor FM en aarde toe.
- Trim C31 tot maximum uitslag van de diode-voltmeter. Dit maximum is het eerste maximum gerekend vanaf de minimum stand van C31.
- Herhaal de punten c t/m g enkele malen.
- Stel de variabele condensator in op minimum capaciteit.

- k. Voer een ongemoduleerd signaal van 101 MHz (zie boven) aan één van de antenne-bussen voor FM en aarde toe.
- l. Trim C19 tot maximum uitslag van de diode-voltmeter.
- m. Voer een ongemoduleerd signaal van 90 MHz (derde harmonische van 30 MHz) aan één van de antennebussen voor FM en aarde toe. Stem het apparaat op dit signaal af.
- n. Trim S9 op maximum uitslag van de diode-voltmeter.
- o. Herhaal de punten j t/m n enkele malen.
- p. Hierna wordt de afregeling van S11 en C31 gecorrigeerd volgens de punten c t/m g.
Tenslotte de trimmers en kernen van de spoelen aflakken.

STROMEN EN SPANNINGEN

Buizen			Va	Vg2(+4)	Vk	Ia	Ig2(+4)
B1	EF 80	Penthode	240	70	-	7,5	1,8
B2	EC 92	Triode	180	-	0,33	7	-
B3	ECH81	Heptode	246	90	2,25	11	4
		Triode *)	105	-	-	4,4	-
B4	EF 85	Penthode	247	120	2	11	2,5
B5	EABC80	Triode	74	-	-	0,27	-
B6	EL 84	Penthode	260	246	7,2	43	5
B8	EM 34	Afstemindicator	250	dI=32 d2=20	-	2,2	
			Volt	Volt	Volt	mA	mA

VC1a : 280 Volt

VC1 : 275 Volt VC2 : 250 Volt

I prim. (220 V-50 Hz): 315 mA

- *) Voor metingen aan de triode van B3: golfgebiedschakelaar op A.G. Alle andere metingen zijn verricht, terwijl het apparaat op F.1. is ingeschakeld, geen signaal op de antenne, met een Universeel meetinstrument GM 4257.

SAMENVATTING

1. Aangezien in vele landen AM- en FM-omroepzenders worden gebruikt, worden vele ontvangtoestellen zodanig gemaakt, dat zij beide soorten uitzendingen kunnen ontvangen.
2. Het gedrag van de FM-detector wordt dikwijls door de discriminatorkromme voorgesteld.
3. In de beschreven schakeling is als FM-detector de ratio-detector toegepast.
4. Bij de ratio-detector wordt amplitudebegrenzing verkregen door net aandringen van een condensator met grote capaciteit parallel aan de detectieschakeling.
5. In dergelijke AM/FM-ontvangers is het LF-versterkgedeelte meestal gelijk voor AM- en FM-ontvangst.

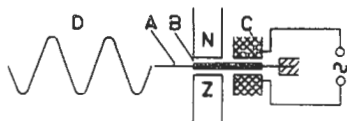
VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

1. Als in de ontvanger met het schema van fig. 5 S43 onderbreekt, wat is dan het gevolg?
2. Als in dezelfde ontvanger C68 onderbreekt, wat zult U dan bemerken?
3. De ontkoppeling van het schermrooster van B3 in fig.5 geschiedt door de parallelschakeling van C22 en C23.
C22 = 6800 pF (keramische condensator)
C23 = 47000 pF (roiblokcondensator)
Kunt U vertellen waarom hiervoor niet één condensator van 53.800 pF is gekozen, maar twee condensatoren van verschillende constructie?
4. In je schermroosterleiding van B3 van fig. 5 bevinden zich de parallelgeschakelde weerstanden R12 en R21.
R12 = 39 k Ω
R21 = 56 k Ω
Hoe groot is de vervangingsweerstand?

123. De elektronenstraal-oscillograaf.

Wij zullen in deze les een apparaat bespreken dat meer en meer onmisbaar wordt in een goed ingerichte werkplaats, namelijk de elektronenstraal-oscillograaf.

Een oscillograaf is in het algemeen een apparaat, waarmee de vorm van wisselende verschijnselen, zoals een wisselspanning, zichtbaar kunnen worden gemaakt. Vroeger gebeurde dit op mechanische wijze, tegenwoordig echter met behulp van een elektronenstraal, die een fluorescerend scherm doet oplichten (zie ook les 25, paragraaf 108, over de afstemindicator). In dit geval spreken wij van een elektronenstraal-oscillograaf of ook wel genoemd kathodestraal-oscillograaf of oscilloscoop. Voor de eenvoud zullen wij in het vervolg uitsluitend over de oscillograaf spreken, daarmede steeds bedoelende de elektronenstraal-oscillograaf.



Mechanische uitvoering van een oscillograaf.

- A - stalen veer die rechts is vastgeklemd en links is voorzien van een schrijfstift.
- B - Weekijzereen anker, aan de veer bevestigd.
- C - Spoel.
- D - Figuur die op de papierstrook wordt geschreven.

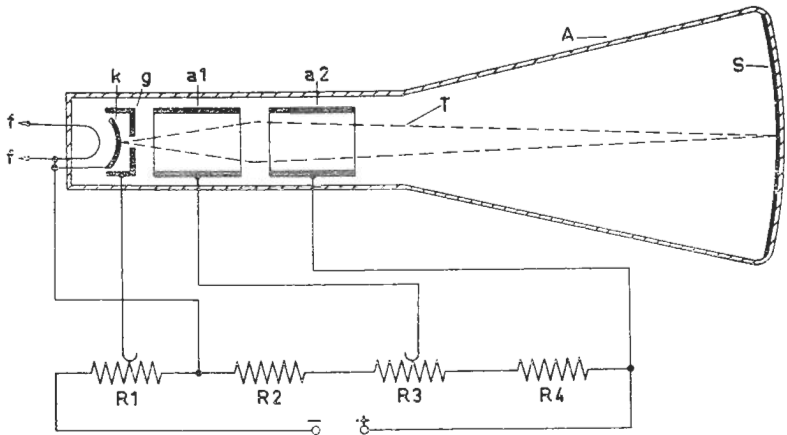
Fig. 1

Om de werking van de oscillograaf te kunnen begrijpen, zullen wij eerst een mechanisch analogo voorbeeld bekijken. In fig. 1 is daarvan een vereenvoudigde voorstelling getekend. Een weekijzereen anker B, waarop een stalen veer A is bevestigd, bevindt zich tussen twee magneetpolen N en Z en is omgeven door een spoel C. Wordt door deze spoel een wisselstroom gestuurd, dan zal het anker B wisselend worden gemagnetiseerd (zie les 4). Het linker einde van B wordt dus afwisselend een Noord- en een Zuidpool, zodat het naar de Zuid- of Noordpool van de permanente magneet zal worden getrokken (ongelijknamige polen trekken elkander immers aan). De stalen veer A en de daaraan verbonden schrijfstift zal hierdoor in een trillende beweging geraken, waarvan de frequentie gelijk is aan die van de toegevoerde wisselstroom. Wordt nu langs deze heen en weer bewegende schrijfstift een papierstrook voortbewogen, dan zal op de strook de vorm van een wisselstroom worden opgetekend. Voorwaarde voor een juiste optekening is dat de papierstrook een eenparige beweging heeft, d.w.z. dat de snelheid gedurende het optekenen constant is.

Met dit systeem is het mogelijk gelijk- en wisselstromen (resp. gelijk- en wisselspanningen) op te tekenen. Voor praktisch gebruik voldoet deze methode echter niet, en wel om de volgende redenen:

- Het frequentiebereik is zeer beperkt. De stalen veer met het anker zal zeer snelle wisselingen niet kunnen volgen. Bij frequenties boven een paar honderd Hz wordt de uitslag te klein om nog geregistreerd te kunnen worden.
- Om het anker B voldoende te kunnen magnetiseren, is een zekere energie nodig. Deze energie moet worden geleverd door de te onderzoeken spanningsbron en vormt daarvoor een aanzienlijke belasting.
- Bij langdurige waarnemingen is het papierverbruik groot.

De elektronenstraal-oscillograaf heeft deze nadelen niet. Het voornaamste onderdeel daarvan is de elektronenstraaluis (of kathodestraalbuis), waarvan fig. 2 een vereenvoudigd beeld geeft. Wij zien hier een grote overeenkomst met de radiobuis.



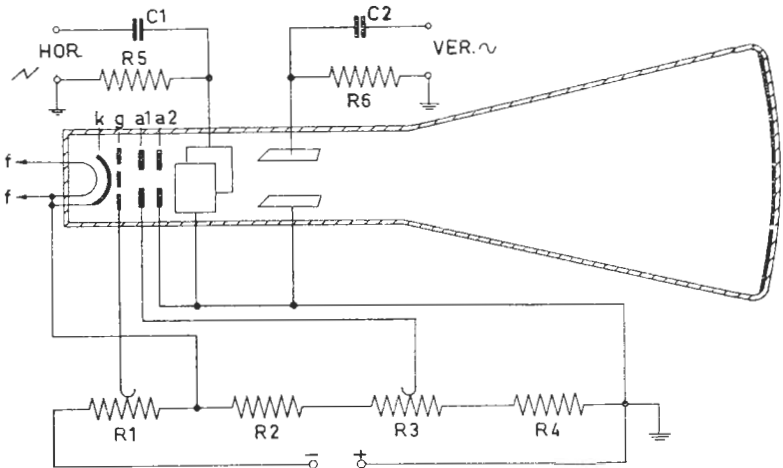
- A - Luchtledige glazen ballon
- f - Gloeidraad
- k - Kathode
- g - Stuurrooster
- a1 - Eerste anode (focuseringsanode)
- a2 - Tweede anode
- S - Fluorescerend scherm
- T - Electronestraal

Fig. 2

Door de kathode *k* (meestal indirect vernit) worden electronen geëmitteerd. De hoeveelheid electronen die onder de aantrekkende invloed van de cilindervormige anoden *a1* en *a2* de buis ingaan, wordt in de eerste plaats bepaald door de negatieve spanning aan het stuurrooster *g* (in te stellen met *R1*). *) Het stuurrooster is hier een cilindervormig kapje met een gaatje in de bodem. De electronen zullen nu in een kegelvormige bundel naar de anode *a1* gaan. Door de eerste anode *a1* een lagere spanning te geven (in te stellen met *R2*) dan de tweede anode *a2*, wordt bereikt dat de electronenbundel zich weer concentreert. (Men noemt dit concentreren of scherp stellen van de electronenbundel het focuseren, en de eerste anode de focuseringsanode).

Hierdoor kunnen wij bereiken dat de electronenstraal op het scherm *S* wordt geconcentreerd en aldaar als een lichtpunt wordt waargenomen.

Om met de electronenstraal op het scherm te kunnen tekenen, moeten wij de straal in verticale en horizontale richting kunnen bewegen. Hiertoe zijn twee stel afbuigplaten ingebouwd. Fig. 3 geeft een schematische weergave van een complete electronenstraalbuis weer. Deze afbuigplaten bevinden zich tussen de tweede anode *a2* en



Schematische voorstelling van een electronenstraalbuis.

'HOR'-aansluitbussen voor horizontale afbuiging.

'VER'-aansluitbussen voor verticale afbuiging.

Fig. 3

*) In feite is deze electrodegeen rooster. De juiste naam is 'Wehnelt cylinder'; in de praktijk gebruikt men echter, in analogie met de radiobuis, toch veel de naam stuurrooster.

het scherm S. De electronenstraal gaat dus tussen beide platen stellen door.

Uit fig. 3 zien we nog dat alle platen eenzelfde gelijkspanningspotentiaal hebben als de anode a2. Hierdoor wordt de richting van de electronenstraal niet gewijzigd. Zodra echter een potentiaalverschil tussen de platen optreedt, zal de straal door de plaat met negatief potentiaal worden afgestoten, en door de plaat met positief potentiaal worden aangetrokken (zie fig. 4 a en b). Het zal duidelijk zijn dat de hierdoor ontstane afbuiging van de straal des te groter zal zijn, naarmate de spanning tussen de platen groter is.

Wordt nu aan de klemmen 'HOR' een wisselspanning gelegd, dan zal de electronenstraal zich in horizontale richting heen en weer over het scherm S bewegen. Hierdoor zal op het scherm een horizontale lijn zichtbaar worden. Bij een wisselspanning aan de klemmen 'VER' zal op dezelfde wijze een verticale lijn ontstaan.

Voor we verder gaan, willen wij eerst eens de punten van overeenkomst met fig. 1 nagaan. Op deze wijze raken we beter vertrouwd met de bedieningsknoppen van de oscillograaf. Dit apparaat lijkt namelijk erg ingewikkeld, in wezen is het echter vrij eenvoudig. De punten zijn:

De electronenstraal ondervindt een afbuigende werking ten gevolge van een potentiaalverschil tussen de afbuigplaten A en B.

Fig. 4

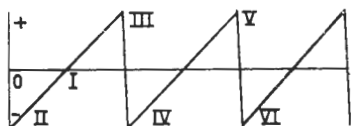


1e De electronenstraal. Deze heeft de functie van de stalen veer met schrijfstift. Een electronenstraal heeft praktisch geen gewicht en kan derhalve uiterst snelle wisselende bewegingen maken.

2e De potentiometer R2. Hiermee wordt de scherppte van de schrijfstift bepaald.

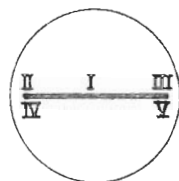
- 3e De potentiometer R1. Door instelling hiervan krijgen we een meer of minder helder beeld; het komt dus overeen met een zachte of harde schrijfstift.
- 4e De afbuigplaten. Deze zijn te vergelijken met de spoel C. De afbuiging geschiedt hier met een spanning, waarbij echter een zeer kleine stroom vloeit. De afbuigplaten nemen dan ook praktisch geen energie op (R5 en R6 zijn 1' a 2 M Ω).
- 5e Het fluorescerende scherm S. Dit vervult de rol van de bewegende papierstrook.

Het vijfde punt vereist nog een nadere verklaring. Om het stilstaande scherm de rol van de bewegende papierstrook te kunnen laten vervullen, moeten we de elektronenstraal met een constante snelheid laten bewegen. Dit kunnen we niet lang doen, daar de diameter van het scherm beperkt is. Daarom moet de straal, bij het bereiken van de rand van het scherm, zeer snel tot zijn beginpunt terugkeren en daarna opnieuw met een constante snelheid gaan bewegen, enz. Dit bereiken we door aan de klemmen 'HOR' een wisselspanning van bijzondere vorm aan te leggen. Fig. 5 geeft daarvan een beeld. Op het tijdstip I (spanning 0) zal de straal zich in het midden van het scherm bevinden. Van I tot III beweegt zij zich naar rechts, en daarna zeer snel geheel naar links te gaan (IV) en dan weer met constante snelheid naar rechts te bewegen (IV tot V) enz. Op het scherm wordt dan een rechte horizontale lijn zichtbaar (fig. 6). De beweging gedurende de tijden II-III, IV-V enz. noemen we de neenslag; die gedurende de tijden III-IV, V-VI enz. de terugslag van de elektronenstraal.



Zaagtandvormige spanning voor lineaire afbuiging van de elektronenstraal.

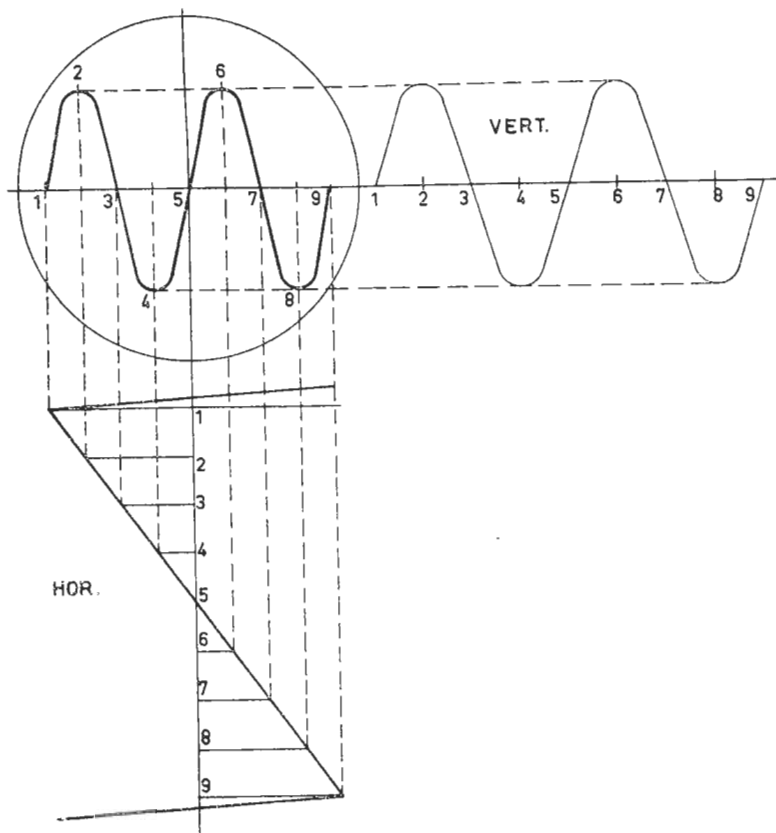
Fig. 5



Beeld op het scherm van de oscillograaf, veroorzaakt door de spanning van fig. 5.

Fig. 6

Terwijl de 'zaagtandspanning' van fig. 5 aan de klemmen 'HOR' is aangesloten, gaan we een wisselspanning met dubbele frequentie aan de klemmen 'VER' toevoeren. De elektronenstraal zal nu, gelijktijdig met de horizontale beweging, een verticale beweging uitvoeren. Als resultaat daarvan zullen twee perioden van de sinusvorm op het scherm worden getekend (zie fig. 7).



Grafische voorstelling van een sinusvormig beeld op het scherm van de electronenstraal-buls. Aan de klemmen 'VER' staat een sinusvorige spanning, aan de klemmen 'HOR' een zaagtandspanning.

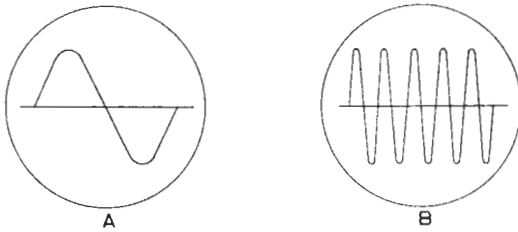
Frequentieverhouding 'VER' : 'HOR' = 2 : 1

Fig. 7

Willen we op het scherm een stilstaand beeld verkrijgen, dan is het noodzakelijk dat de frequentie van de verticale beweging gelijk is aan, of een veelvoud van de frequentie van de horizontale beweging. Fig. 8 geeft hiervan twee voorbeelden.

Zaagtandgenerator (tijdas-generator)

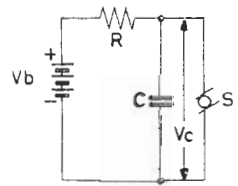
Om de constante horizontale beweging over het scherm te ver-



- a. Sinusvormig beeld op het scherm van de electronenstraalbuis bij een frequentieverhouding 'VER' : 'HOK' = 1 : 1
- b. Hetzelfde beeld bij een frequentieverhouding 'VER' : 'HOK' = 5 : 1

Fig. 8

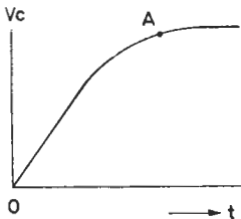
krijgen, is in iedere oscillograaf een zaagtandgenerator ingebouwd. De schakeling daarvan varieert van betrekkelijk eenvoudig tot vrij gecompliceerd. Wij zullen daarom volstaan met behandeling van het principe. Hiertoe gaan wij uit van fig. 9. De condensator C is via de weerstand R aangesloten op de batterij Vb. Over de condensator staat een roterende schakelaar S, die regelmatig gesloten en onderbroken wordt. Bij onderbroken schakelaar zal de condensator C via de weerstand R worden opgeladen. Over de condensator C ontstaat een spanning Vc die gedurende het ladingsproces steeds toeneemt, tot de spanning Vc gelijk is aan



Vereenvoudigde schakeling voor het opwekken van een zaagtandvormige spanning.

Fig. 9

de batterijspanning. Het verloop van deze spanning is weergegeven in fig. 10. Als nu de schakelaar S op het moment A van de karakteristiek, figuur 10, gesloten wordt, ontladde de condensator C zich over de schakelaar en valt de spanning Vc terug op 0 V. Wordt nu de schakelaar S weer onderbroken, dan begint de lading van de condensator opnieuw, totdat de schakelaar S weer gesloten wordt enz. Op deze wijze ontstaat het beeld van fig. 11.

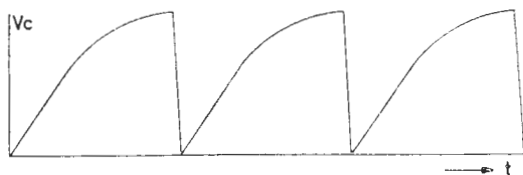


Het verloop van de spanning Vc over de condensator als functie van de tijd

Fig. 10

In plaats van de mechanische oplossing met de schakelaar S kunnen we een elektrische oplossing met een neonbuisje kiezen. Een dergelijk buisje heeft de eigenschap dat pas bij een bepaalde spanning, de z.g.

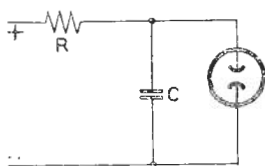
doorslagspanning, stroom begint te vloeien; bij een bepaalde minimale waarde (de z.g. doofspanning) houdt de stroom echter op. Wordt nu een dergelijk neonbuisje parallel aan de condensator C geschakeld, dan zal de spanning over de condensator kunnen aangroeiën tot de waarde van de doorslagspanning van het neonbuisje.



Zaagtandvormige spanning V_c met de schakeling van fig. 9 wordt opgewekt.

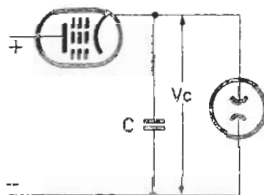
FIG. 11

De condensator wordt dan ontladen, totdat de spanning V_c gelijk is aan de doofspanning van het neonbuisje. De schakeling is in fig. 12 voorgesteld. Deze schakeling heeft met die van fig. 9 het nadeel dat de spanning niet rechtlijnig verloopt. De eis van de zaagtandspanning is echter dat de spanning *constant* toeneemt. Dit wordt bereikt met het schema van fig. 13, waarin de serieerstand is vervangen door een penthode. In les 16 paragraaf 74 is verteld dat de



Principeschema voor het opwekken van een zaagtandvormige spanning met een neonbuisje.

Fig. 12



Schema van fig. 12, waarin de weerstand R vervangen is door een penthode.

Fig. 13

penthode bij een constante schermroosterspanning beschouwd kan worden als een constante stroomgenerator. De oplaadstroom van een condensator zal dus in deze schakeling onafhankelijk worden van de spanning V_c over de condensator. Men krijgt dan het beeld van fig. 14 dat overeenkomt met dat in fig. 5.

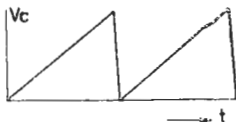
Uit fig. 13 kan men vrij eenvoudig afleiden door welke factoren de frequentie van de opgewekte zaagtandspanning wordt bepaald.

a. Door de condensator C. Een grotere condensator neemt een langere tijd om opgeladen te worden dan een kleinere condensator.

Een langere oplaadtijd komt overeen met een lagere frequentie.

b. Door de laadstroom. Hoe groter de laadstroom van de condensator

is, des te sneller zal de condensator zijn opgeladen. Een grote laadstroom komt dus overeen met een hoge frequentie. Deze laadstroom kan o.v. worden ingesteld door middel van de schermrooster-spanning van de laadpenthode.



Het voert voor deze cursus te ver om dieper op de zaagtandscakelingen in te gaan. Zij komen echter allen op het principe van fig. 13 neer.

Wij zullen thans eens nagaan welke bedieningsknoppen met de zaagtandgenerator te maken hebben.

1. Regeling van de frequentie van de zaagtandspanning: een grofregeling in stappen en een continue-fijnregeling.
2. Continue regelbare instelling van de amplitude van de zaagtandspanning.
3. Schakelaar (of potentiometer) om de zaagtandspanning te synchroniseren (dit is gelijk lopen) met de te onderzoeken spanning. Bij inschakelen hiervan wordt de zaagtandfrequentie gestuurd door de te meten spanning. Het verkregen beeld blijft nu, ook bij netspanningsveranderingen rustig.

Het verloop van de spanning V_c over de condensator als functie van de tijd voor de schakeling van fig. 13.

FIG. 14

Verticale versterker

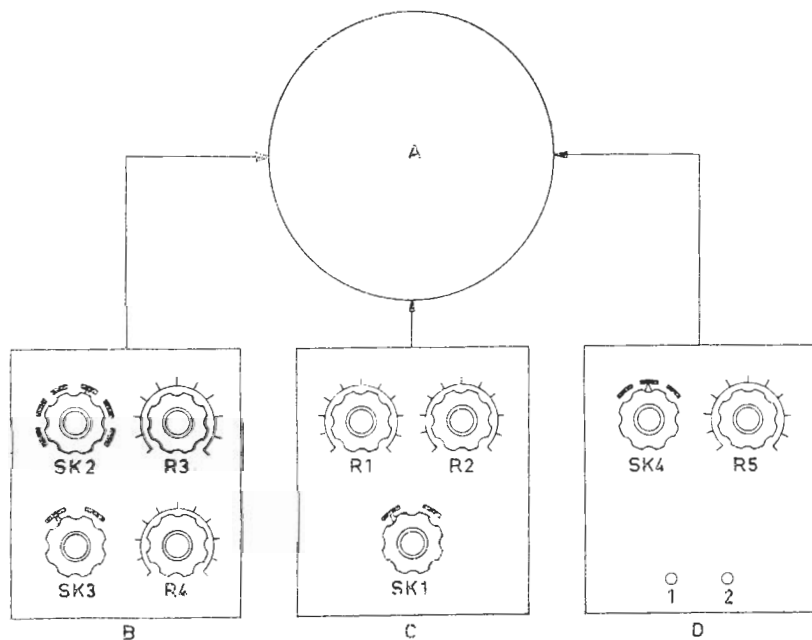
De afbuiggevoeligheid (dit is de lengte van de lijn op het scherm per Volt op de afbuigplaten) van de elektronenstraalbuis is voor veel metingen onvoldoende. *) Daarom wordt de te onderzoeken spanning meestal eerst versterkt en wordt de versterkte spanning aan de afbuigplaten toegevoerd. Deze versterker moet aan de volgende eisen voldoen:

- a. De vervorming moet zeer gering zijn; de te meten spanning moet immers onvervormd op het scherm worden weergegeven. Dit houdt tevens in dat
- b. Het frequentiebereik vrij groot moet zijn. Wordt namelijk een vervormd signaal aan de oscillograaf toegevoerd, dan moeten de harmonischen van dit signaal in dezelfde mate worden versterkt. Is dit niet het geval, dan wordt geen overeenkomstig beeld op het scherm weergegeven.

De totale versterking van deze versterker is met een of twee knoppen in te stellen. Hiermee wordt dan de verticale amplitude van het beeld ingesteld.

*) Bij een elektronenstraalbuis is de afbuiging van de straal op het scherm ca 0,2 mm per Volt tussen de afbuigplaten. Voor een afbuiging van 4 cm zou dus een spanning van $\frac{40}{0,2} = 200$ V nodig zijn.

In fig. 15 is een volledig blokschema van een oscillograaf afgebeeld, waarin de verschillende bedieningsknoppen zijn aangegeven. Na het voorgaante spreekt deze figuur voor zichzelf.



Blokschema van een elektronenstraal-oscillograaf.

A - Electronenstraalbuis.

B - Zaagtandgenerator.

C - Voeding gedeelte.

D - Verticale versterker.

SK1 - Netschakelaar.

R1 - Helderheidsinstelling.

R2 - Focussering.

SK2 - Grofinstelling van de zaagtandfrequentie.

R3 - Fijninstelling van de zaagtandfrequentie.

R4 - Amplitudeinstelling van de zaagtandspanning.

SK3 - Synchronisatie-schakelaar.

SK4 - Grofregeling van de verticale amplitude.

R5 - Fijnregeling van de verticale amplitude.

1-2 - Ingangsklemmen van de verticale versterker.

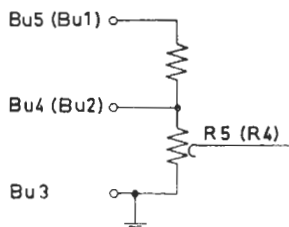
Fig. 15

124. De Philips elektronenstraal-oscillograaf GM 5655/01.

De GM 5655/01 is een eenvoudige oscillograaf die voor vele toepassingen in de Service-werkplaats bruikbaar is. Fig. 16 geeft daar het vooraanzicht van.

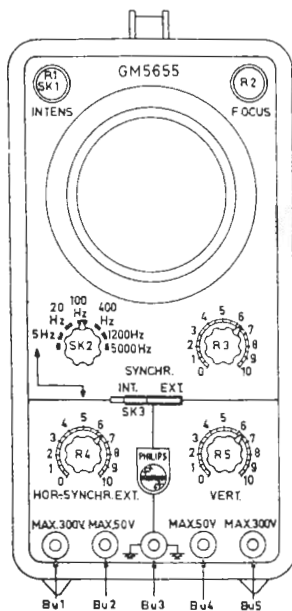
De functies van de bedieningsknoppen zijn dezelfde als in fig. 15. De verschillen zijn:

1. SK1 en R1 zijn gecombineerd.
2. SK4 ontbreekt. Hiervoor zijn twee aansluitbussen genomen. De schakeling daarvan is in fig. 17 weergegeven. De stappenregeling van de afbuiggevoeligheid (verticale versterker) wordt hier bereikt door een andere aansluitbus te kiezen.



Stappenverzwakker in de oscillograaf GM 5655/01.

Fig. 17



Voor-aanzicht van de elektronenstraal-oscillograaf GM 5655/01.

Bu3, Bu4, Bu5 : aansluitbussen voor verticale afbuiging.

Bu3, Bu2, Bu1 : aansluitbussen voor horizontale afbuiging.

Fig. 16

3. De schakelaar SK2 heeft een extra stand. In stand 1 is de zaagtandgenerator uitgeschakeld. Via een versterker die met R4 regelbaar is, zijn nu de aansluitbussen Bu3, Bu2 en Bu1 met de horizontale afbuigplaten verbonden. Deze stand van SK2 wordt o.a. gebruikt voor fazemetingen en voor het meten van frequenties.

Eigenschappen van de GM 5655/01

	Verticaal	Horizontaal
max. gevoeligheid	30 mVeff/cm	15 mVeff/cm
Frequentiekaracteristiek bij max. gevoeligheid	3-50.000 Hz (binnen +10 en -30% t.o.v. 75 Hz)	als verticale versterker
Ingangsweerstand	Bu5-Bu3: 1,1 M Ω Bu4-Bu3: 0,1 M Ω	Bu1-Bu3: 1,1 M Ω Bu2-Bu3: 0,1 M Ω
Ingangscapaciteit	Bu5-Bu3: 12 pF Bu4-Bu3: 30 pF	Bu1-Bu3: 12 pF Bu2-Bu3: 40 pF

Frequentiebereik zaagtand-generator

Instelbaar met SK2

Stand 2	5 - 25 Hz	} tolerantie ca 25%
Stand 3	20 - 120 Hz	
Stand 4	100 - 500 Hz	
Stand 5	400 - 2000 Hz	
Stand 6	1200 - 6000 Hz	
Stand 7	5000 - 25000 Hz	

Meetekop GM 4575

De oscillograaf GM 5655/01 kan in combinatie met de meetekop GM 4575 ook worden gebruikt als signal-tracer. De meetekop wordt daartoe met een 3-polige stekker aan de achterzijde van de GM 5655/01 aangesloten. De gegevens als signal-tracer zijn de volgende:

Omschakelaar	Gevoeligheid	Ingangscapaciteit	Ingangsweerstand
Stand 1	1000 mVeff/cm beeldhoogte	ca 5 pF	ca 0,2 M Ω bij
Stand 2	100 mVeff/cm beeldhoogte	ca 12 pF	1 MHz

Gevoeligheid: is constant tot frequenties van 32 MHz.

Meetspanning: toelaatbaar 250 V_w+ 100 V_v (= 500 V topspanning)

Voorbeeld van een meting uitgevoerd met de oscillograaf GM 5655/01

Op het eerste gezicht lijkt de bediening van een oscillograaf, door het grote aantal bedieningsknoppen, erg ingewikkeld. In werkelijkheid valt het erg mee, daar de meeste knoppen, na eenmaal te zijn ingesteld, niet meer behoeven te worden bijgesteld.

Wij zullen eens zien hoe een wisselspanning van 1000 Hz zichtbaar kan worden gemaakt, waarbij we een beeld met 1 sinusvorm willen verkrijgen. De oscillograaf wordt met SK1 ingeschakeld. De knoppen R1, R2, R3, R4 en R5 plaatsen we voorlopig in de middenstand. De schakelaar SK2 wordt in stand 5 (400-2000 Hz) gezet en schakelaar SK3 in stand 'INT'. Het te onderzoeken signaal wordt nog niet aangesloten.

Na enige tijd verschijnt een horizontale lijn op het scherm. De lengte van deze lijn wordt met R4 op ca 4 cm ingesteld. Met R1 wordt de helderheid en met R2 de scherpte van deze lijn ingesteld.

Nu kunnen we het signaal aan de bussen Bu3 en Bu4 (of Bu5) aansluiten. Meestal verschijnt dan een onsamenhangend beeld op het scherm. De hoogte van het beeld wordt met R5 op ca 4 cm ingesteld, waarna door langzaam draaien van R3 een stilstaand beeld kan worden verkregen. Als dit beeld uit twee sinusvormen bestaat, dan is de frequentie van de zaagtandspanning te laag (500 Hz). R3 wordt nu zover rechtsom gedraaid tot weer een stilstaand beeld wordt verkregen. Dit zal nu een enkele sinusvorm zijn (de frequentie van de zaagtandspanning is 1000 Hz).

De oscillograaf is nu geheel ingesteld. Veelal is, bij contrôle van een apparaat, niet alleen het resultaat bij een enkele frequentie doorslaggevend. Voor een complete meting moet de frequentie en/of de amplitude van het signaal worden gewijzigd. Bij een amplitudewijziging wordt alleen R5 gebruikt om de beeldamplitude weer terug te brengen tot 4 cm. Wordt de frequentie gewijzigd, dan moeten we R3 (en eventueel SK2) bijregelen, om weer een stilstaand beeld te verkrijgen. Alle andere bedieningsknoppen kunnen in dezelfde positie blijven staan.

SAMENVATTING

1. Een oscillograaf is een instrument om de vorm van wisselspanningen (en stromen) zichtbaar te maken.
2. In een electronenstraal-oscillograaf wordt gebruik gemaakt van een electronenstraalbuis met fluorescerend scherm.
3. De figuur wordt door een electronenstraal geschreven. Deze straal is vrijwel zonder gewicht en geeft daarom tot zeer hoge frequenties een natuurgetrouw beeld van het te onderzoeken verschijnsel.
4. Voor de horizontale afbuiging wordt gebruik gemaakt van een zaagtandvormige spanning.
5. Tussen de aansluitklemmen en de verticale afbuigplaten bevindt zich een versterker die voor een groot frequentiegebied geschikt moet zijn.
6. De oscillograaf GM5655/01 kan in combinatie met de meetkop G44575 gebruikt worden als signal-tracer.

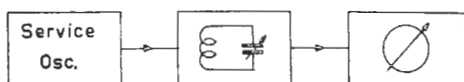
VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

1. Een signaal met een frequentie van 175 Hz wordt aan een oscillograaf toegevoerd. Men wil een beeld met drie sinusvormen verkrijgen.
Op welke frequentie moet de zaagtandgenerator worden ingesteld?
2. De frequentieverhouding 'VER' : 'HOR' = 1 : 2. Het signaal aan de verticale platen is sinusvormig.
Construeer, zoals in fig. 6 is gedaan, de figuur die op het scherm zal ontstaan. (De terugslagtijd mag hierbij als 0 worden aangenomen).
3. Men heeft een weerstand nodig van $500 \Omega - 3 W$. Men heeft echter alleen de beschikking over 1 W weerstanden.
Op welke wijze kunt U dat oplossen?

125. Een toepassing van de elektronenstraal-oscillograaf.

In aansluiting op de vorige les willen wij in deze les een belangrijke toepassing van de oscillograaf voor de service behandelen. Deze toepassing betreft de controle van de M.F.-afstemkromme van een ontvangstoestel, nadat het opnieuw is afgeregeld. Vooral bij kwaliteitsapparaten, waarbij dikwijls de M.F.-bandbreedte regelbaar is (les 31), is het nuttig de vorm van de M.F.-afstemkromme visueel te controleren. Eventuele fouten bij het afregelen zijn dan direct zichtbaar.

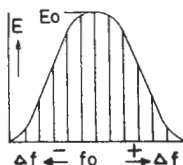
Men zou de afstemkromme met de meetopstelling van fig. 1 kunnen opnemen. Hierbij wordt op een passende wijze een wisselspanning met constante amplitude, maar met variërende frequentie, aan de afstemkring of aan het H.F.- of M.F.-versterkgedeelte toegevoerd. Over de uitgang (de detectie weerstand) wordt met een diode-voltmeter de uitgangswisselspanning gemeten.



Meetopstelling voor het punt voor punt opmeten van de resonantiekromme van een afstemkring.

Fig. 1

Volgens deze methode wordt de afstemkromme punt voor punt opgenomen. Als wij de resultaten grafisch uitzetten, wordt op de horizontale as de frequentie uitgezet en loodrecht naar boven de bij iedere frequentie gemeten uitgangsspanning. De lijn door de eindpunten van de loodlijnen geeft een getrouw beeld van de afstemkromme (fig. 2).



Voorbeeld van een afstemkromme. Op de horizontale as is de frequentie uitgezet, op de verticale as de spanning over de kring.

Fig. 2

Op deze wijze verricht men veelal de selectiviteitsmetingen. Als men Δf zodanig kiest, dat de spanning aan weerszijden van de resonantiefrequentie f_0 tot $1/10$ van de maximale waarde is gedaald, geeft de frequentieband tussen deze 2 punten de bandbreedte bij een verzwakking van $1:10$.

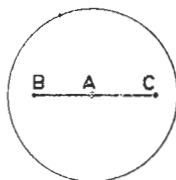
Hoewel dit puntsgewijze opnemen van de afstemkromme de nauwkeurigste methode is, zal het duidelijk zijn, dat deze methode nogal omslachtig en tijdrovend is. Speciaal in verband hiermee heeft men o.a. ten behoeve van de service een methode ontwikkeld, die hoewel iets minder nauwkeurig, belangrijk veel sneller de complete afstem-

kromme verschaft. Bij deze methode maken we gebruik van de oscillograaf.

Om deze controlemeting met de oscillograaf te kunnen doen, moeten we over een frequentie-gemoduleerd signaal beschikken. De modulatie daarvan moet dezelfde vorm en frequentie hebben als de zaagtandspanning die de horizontale afbuiging in de oscillograaf veroorzaakt. Om dit te bereiken, wordt de zaagtandspanning zelf gebruikt, om het toegevoerde M.F.-signaal in frequentie te moduleren.

Ter verduidelijking een eenvoudig getallenvoorbeeld.

We nemen aan dat het M.F.-signaal een frequentie heeft van 465 kHz en dat deze door de zaagtandspanning in frequentie gevarieerd wordt met 10 kHz naar beide zijden. De frequentie van het signaal neemt dan met een constante snelheid van 455 kHz tot 475 kHz toe, keert dan weer snel terug tot 455 kHz, waarna de frequentie-toename opnieuw begint, enz. Gelijktijdig beweegt de electronenstraal zich in hetzelfde ritme over het scherm van de kathodestraalbuis en zal dan een horizontale lijn beschrijven. Ieder punt van deze lijn komt nu overeen met een bepaalde frequentie van het in frequentie gemoduleerde M.F.-signaal (zie fig. 3). De punten A, B en C komen hierin overeen met de frequenties van 465 kHz, 455 kHz en 475 kHz.



Horizontale lijn die een frequentiesnaal voorstelt.

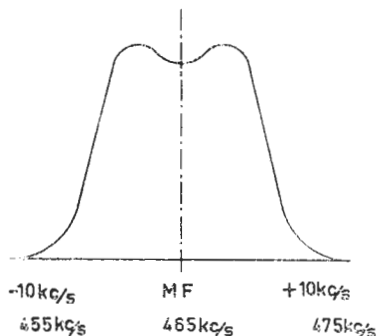
A - 465 kHz

B - 455 kHz

C - 475 kHz

Fig. 3

Dit frequentie-gemoduleerde signaal wordt nu toegevoerd aan een M.F.-versterker, waarvan de afstemkromme de vorm heeft van fig. 4. Deze kromme stelt ook de gelijkspanning over de detectorweerstand voor als de frequentie gevarieerd wordt (zie les 11 par. 56 en les 19 par. 86). Deze detectorspanning wordt aan de verticale ingang van de oscillograaf toegevoerd. We krijgen nu de volgende toestand.



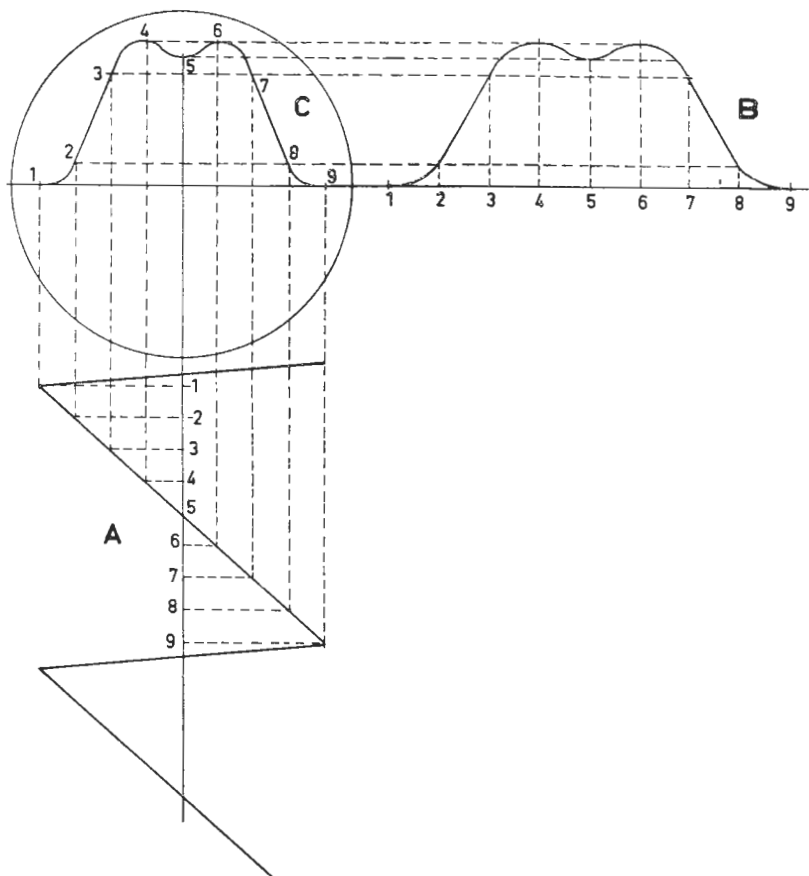
Afstemkromme van een M.F.-versterker.

Fig. 4

Wanneer de lichtvlek in punt B is (fig. 3), is de toegevoerde frequentie 455 kHz. De spanning over de detectorweerstand zal praktisch nul zijn, zodat in de oscillograaf nog geen verticale afbuiging plaats heeft. In de tijd dat de lichtvlek zich begeeft van punt B naar punt A, zal de frequentie variëren van 455 tot 465 kHz, en zal de gelijkspanning over de detectorweerstand overeenkomstig de linker helft van fig. 4 verlopen.

De oscillograaf zal een overeenkomstige verticale afwijking opleveren, zodat een gelijksoortige figuur als de linker helft van fig. 4 zal worden getekend.

Op dezelfde wijze wordt gedurende de tijd A-C, waarbij de frequentie varieert van 465 tot 475 kHz, een figuur beschreven die overeenkomt met de rechter helft van fig. 4. Op het tijdstip:



Constructie van het beeld van een afstekercurve op het scherm van een oscillograaf.

A - horizontale afbuigspanning die een gelijkvormige frequentievariatie geeft.

B - afstekercurve van een M.F.-versterker; tevens de gelijkspanning over de detectorweerstand bij verschillende frequenties.

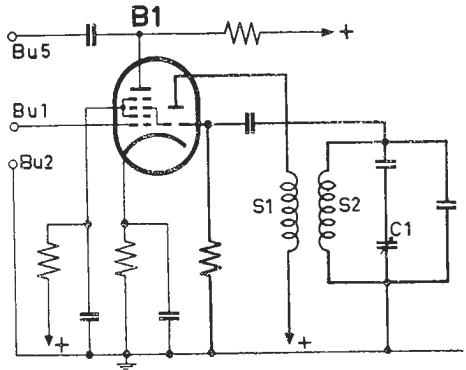
C - door de oscillograaf weergegeven figuur.

Fig. 5

neemt de frequentie zeer snel af tot 455 kHz en de lichtvlek gaat zeer snel terug naar punt B, waarna de bovengenoemde cyclus wordt herhaald. Op het scherm van de oscillograaf wordt dus in het geheel een figuur getekend die overeenkomt met fig. 4.

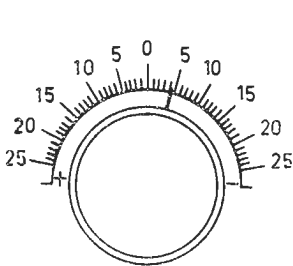
In fig. 5 is op dezelfde wijze als in fig. 7 van les 34 is geschied, de afstemkromme grafisch geconstrueerd.

Zoals reeds in het begin is vermeld, moeten wij, om met de oscillograaf de afstemkromme te kunnen weergeven, beschikken over een frequentie-gemoduleerd H.F.-signaal. De service-oscillatoren GM 2883 en GM 2884 (zie les 18) zijn ingericht om een amplitude-gemoduleerd signaal te verstrekken. Om nu toch de beschikking te krijgen over een frequentie-gemoduleerd signaal, maken we gebruik van een hulpparaat dat een ongemoduleerd H.F.-signaal omzet in een frequentie-gemoduleerd H.F.-signaal. Dit hulpparaat wordt frequentiemodulator genoemd (de Amerikaanse benaming is 'Wobler').



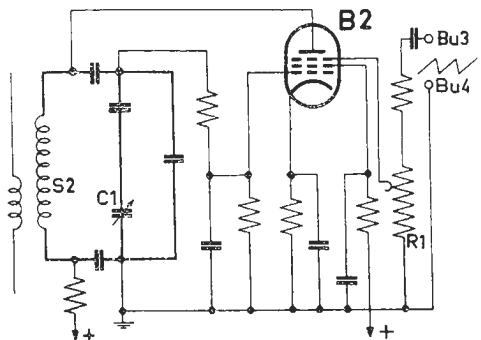
Oscillator-mengbuisgedeelte van de frequentiemodulator GM2886. Met C1 kan de oscillatorfrequentie 25 kHz worden vergroot of verkleind.

Fig. 6



Schaalverdeling van C1.

Fig. 7



Reactantiebuis-schakeling, die parallel geschakeld is aan de oscillatorafstemkring.

Fig. 8

126. De Philips frequentie-modulator GM 2886

Philips brengt voor dit doel een frequentie-modulator in de handel onder het typenummer GM 2886. De werking van dit apparaat is als volgt (zie fig. 6).

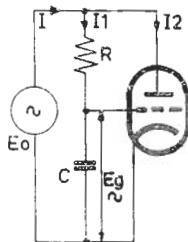
B1 is een triode-hexode die dienst doet als oscillator-mengbuis. De schakeling komt vrijwel overeen met die welke in radio-ontvangers worden gebruikt. De oscillatorfrequentie kan met de condensator C1 25 kHz naar beide zijden worden gevarieerd. C1 is voorzien van een schaalverdeling, zoals in fig. 7 is afgebeeld. Wij kunnen met behulp hiervan de bandbreedte van de afstemkromme bepalen.

Als C1 in stand 0 staat, is de oscillatorfrequentie 4000 kHz. Wordt nu aan de bus BU1 een ongemoduleerd H.F.-signaal met frequentie f toegevoerd, dan ontstaat aan BU5 (de anode van het hexode-gedeelte) o.a. een frequentie $f-4000$ kHz (zie les 21, par. 93). Dit signaal is nog ongemoduleerd. Om hiervan een frequentie-gemoduleerd signaal te maken, wordt nog een buis aan de schakeling toegevoegd (zie fig.8). Deze buis is parallel geschakeld aan de oscillatorkring en heeft in deze schakeling het effect van een zelf-inductie.

Voor een goed begrip van de werking kunnen we deze schakeling terugbrengen tot het eenvoudige principieschema van fig. 9. Hierin bevinden zich parallel aan een generator met spanning E_0 (de oscillatorkring) een versterkbuis met parallel daaraan een serieschakeling van een weerstand R en een condensator C .

De weerstand R en de condensator C hebben een zodanige waarde, dat de wisselstroomweerstand X_C voor de frequentie van E_0 klein is t.o.v. R . In dat geval is de stroom I_1 praktisch in fase met de generatorspanning E_0 (zie les 7, par. 33). De wisselspanning E_g over de condensator C in de roosterketen van de buis ijlt 90° na t.o.v. I_1 (zie les 8, par. 43). Zoals bekend is de anodewisselstroom I_2 van de buis gelijk aan $S \times E_g$ en bovendien in fase met E_g . De anodestroom I_2 is dus eveneens 90° na ijlend t.o.v. I_1 , dus ook t.o.v. E_0 . Een element waarbij de stroom 90° na ijlt bij de spanning, gedraagt zich als een zelfinductie (zie les 7, par. 34). Dit betekent dat de buis in fig. 9 zich als een zelfinductie gedraagt. Men spreekt daarom wel van een reactantiebuis.

Het blijkt nu, dat de grootte van deze zelfinductie afhankelijk is van de steilheid van de buis. De schakeling van fig. 8 komt dus overeen met die van fig. 10. Hieruit zien wij dat de totale zelfinductie van de oscillatorkring bestaat uit een parallelschakeling van S_2 en L' , waarbij L' variabel is (afhankelijk van de steilheid van B_2). Bij variatie van L' zal de totale zelfinductie van de



Principieschema van een reactantiebuis met een inductiefkarakter.

Fig. 9

oscillatorkring veranderen en dus ook de oscillatorfrequentie variëren (zie les 24, par. 105).

Voeren we nu aan de bussen Bu3 en Bu4 de zaagtandspanning van de oscillograaf toe, dan varieert, onder invloed van de spanning aan g3, de steilheid van B2 in hetzelfde rythme. Dit veroorzaakt een overeenkomstige frequentie-modulatie van de 4000 kHz-oscillator, zodat aan Bu5 de gewenste frequentie-gemoduleerde spanning beschikbaar komt.

De grootte van de modulatie (deviatie) kan met R1 worden ingesteld.

Resumerend kunnen we zeggen:

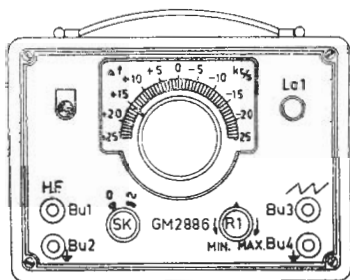
De frequentie van het aan Bu1-Bu2 toegevoerde ongemoduleerde signaal wordt getransformeerd in een andere frequentie.

Deze (draaggolf) frequentie kunnen we met C1 plus of min 25 kHz variëren.

Een zaagtandspanning die aan Bu3-Bu4 wordt toegevoerd, veroorzaakt de gewenste frequentie-modulatie van deze draaggolf.

Met R1 kunnen we de waarde van de frequentiezwaai naar wens instellen.

Het frequentie-gemoduleerde signaal wordt van Bu5 afgenomen.



Vooraanzicht van de Philips frequentie-modulator GM 2886. Bu5 bevindt zich aan de achterzijde van het apparaat.

SK - netschakelaar

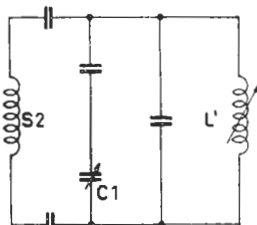
Lc1 - signaallampje

Fig. 11

Maximum toe te voeren gelijkspanning ca 700 V.

Frequentie van de ingebouwde oscillator

4 MHz + of - 1%.



Vervangingschema van fig. 8. L' is de zelf-inductie die door de reactantiebuis wordt gevormd.

Fig. 10

Gegevens van de GM 2886

In fig. 11 is het vooraanzicht van de GM 2886 afgebeeld.

Gevoeligheid

Een toegevoerd H.F.-signaal van 100 mV geeft een frequentie-gemoduleerd verschilsignaal van ca 10 mV.

Ingangsimpedantie

Over Bu1-Bu2 (hulposcillator):
ca 1 M Ω .

Over Bu3-Bu4 (tijdbasis): ca 2 M Ω .
Maximum toe te voeren gelijkspanning ca 500 V.

Uitgangsimpedantie

Op Bu5 ca 200 Ω .

Verstemming

Van + 25 kHz tot - 25 kHz.

Frequentiezwaai

Bij toevoeren van een zaagtandspanning van 50 V (van top tot top) is de frequentiezwaai met behulp van R1 regelbaar tot minstens 50 kHz.

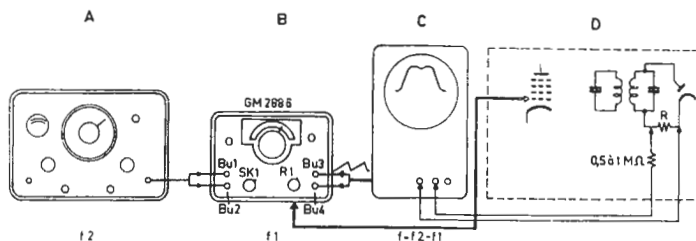
Aflezing

De schaal is direct geijkt in kHz met een nauwkeurigheid van + of -1 kHz.

127. Visuele contrôle van de afstemkromme

Zoals reeds in les 21 is vermeld, wordt de selectiviteit van het ontvangtoestel hoofdzakelijk door het M.F.-gedeelte bepaald. Als de ontvanger is uitgerust met een bandbreedte-regelaar (variabele selectiviteit), dan is deze schakeling daarom altijd in het M.F.-gedeelte opgenomen (zie les 31).

Voor een contrôle van de selectiviteit en de vorm van de afstemkromme van een ontvanger geeft de contrôle van de M.F.-versterker dan ook reeds een voldoende beeld. De schakeling voor deze contrôle is in fig. 12 weergegeven.



Opstelling voor de contrôle van de M.F.-resonantiekromme.

- A - service oscillator
- B - frequentiemodulator
- C - oscillograaf
- D - M.F.-gedeelte van de ontvanger

Fig. 12

Als wij er van uitgaan dat de middenfrequentie van de ontvanger gelijk is aan 465 kHz, dan wordt de service-oscillator (f2) afgestemd op $465 + 4000 = 4465$ kHz. Dit signaal wordt aan de bussen Bu1-Bu2 van de GM 2886 toegevoerd. De uitgangsspanningsregelaar van de service-oscillator wordt hierbij op maximum gezet. De GM 2886 (met C1 in de nulstand) geeft dan een signaal van 465 kHz af.

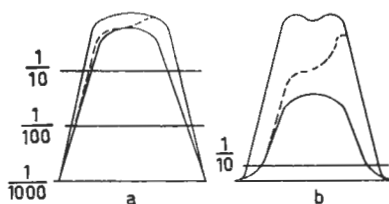
Dit signaal wordt toegevoerd aan het ingangsrooster van de mengbuis van de ontvanger. De zaagtandspanning van de oscillograaf wordt toegevoerd aan de bussen BU3-BU4 van de frequentie-modulator (deze zaagtandspanning is bij alle Philips oscillografen gemakkelijk af te nemen).

De verticale ingang van de oscillograaf wordt via een capaciteitsarme afgeschermd verbinding verbonden met de detectorweerstand R. Om een storende invloed van de ingangsweerstand van de oscillograaf op het detectiecircuit te voorkomen, wordt in deze leiding een serieweerstand van 0,5 à 1 M Ω opgenomen.

De tijdbasisfrequentie van de oscillograaf wordt ingesteld op de netfrequentie. Het is mogelijk, dat nu nog geen beeld op het scherm verschijnt. De afstemming van de service-oscillator moet dan iets worden gewijzigd tot het beeld verschijnt. (Gelijktijdig wordt een ratelend geluid in de luidspreker hoorbaar. Dit geluid kan desgewenst met de volumeregelaar van de ontvanger worden weggedraaid). De frequentie van de service-oscillator moet nu zo ingesteld worden, dat het beeld in het midden van het scherm komt te staan. Met R1 van de GM 2886 kan men de breedte van het beeld naar wens instellen. wordt R1 ingesteld op een grote frequentiezwaai (de afstand B-C in fig. 1 komt dan overeen met b.v. 40 kHz), dan wordt een smalle figuur weergegeven; bij instelling op een kleine frequentiezwaai wordt een breed beeld verkregen. De stand van R1 moet daarom proefondervindelijk worden bepaald.

De figuur op het scherm moet nu redelijk symmetrisch zijn en bij een apparaat met een bandbreedte-regelaar moet het beeld symmetrisch blijven voor de verschillende standen van deze regelaar. Is dit niet het geval, dan zijn de M.F.-kringen niet goed afgeregeld en moet het M.F.-gedeelte opnieuw worden getrimd.

Over de weergegeven figuur nog de volgende opmerking: De verticale afbuiging van de oscillograaf is lineair met de spanning over de detectorweerstand R, d.w.z. wordt deze spanning 2x groter, dan wordt ook de verticale afbuiging 2 x zo groot.



a. Afstemkromme op logarithmische schaal
b. Dezelfde afstemkromme op lineaire schaal

In de publicaties van de afstemkrommen wordt de verticale schaal steeds in een logaritmische verdeling weergegeven. Dit houdt in, dat afwijkingen van de juiste vorm bij een logaritmische schaalverdeling veel minder tot uiting komen, dan bij een lineaire schaalverdeling, zoals de oscillograaf die bezit. Voor de praktijk komt het er op neer, dat kleine afwijkingen van de ideale vorm op het scherm van de oscillograaf niet direct alarmerend zijn (zie fig. 13 a en b).

Meting van de bandbreedte in kHz

Wil men de bandbreedte meten voor b.v. een verzwakking van $1 : \sqrt{2}$, dan gaat men uit van een punt dat zich ongeveer op $7/10$ van de hoogte van de kromme bevindt (zie fig. 14). Dit punt a wordt dan even met een zacht potlood op de buis gemerkt. Nu wordt knop C1 van de frequentiemodulator gedraaid tot punt b in punt a is aangekomen (b'). Uit de aanwijzing van C1 kan deze bandbreedte direct in kHz worden afgelezen.

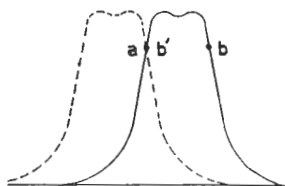
Bij toestellen met variabele bandbreedte kan men de bandbreedte op iedere stand van de desbetreffende regelknop van de ontvanger meten.

Voor een verzwakking van $1 : 10$ heeft de meting op een tiende van de hoogte plaats.

Wil men de selectiviteit en de vorm van de afstemkromme van de complete ontvanger controleren, dan gaat men op vrijwel dezelfde wijze te werk. Het uitgangssignaal van de GW 2886 wordt dan aan de antennebus van de ontvanger toegevoerd (kunstantenne tussen-schakelen). De service-oscillator wordt nu afgestemd op een frequentie $(4000 + f)$ kHz, waarbij f de frequentie is waarop de ontvanger is ingesteld.

Deze frequentie 'f' mag echter niet gelijk aan 4000 kHz of een harmonische daarvan zijn.

De verdere aansluitingen en instellingen zijn gelijk aan die voor de controle van het M.F.-gedeelte.



Meting van de bandbreedte van een afstemkromme.

Fig. 14

SAMENVATTING

1. Een belangrijke toepassing van de oscillograaf voor de Service is de visuele controle van de afstemkromme van het M.P. -gedeelte van een ontvanger.
2. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een frequentie-modulator die het ongemoduleerde HF-signaal van de service-oscillator in frequentie moduleert.
3. Bij de Philips frequentie-modulator GM 2886 wordt de frequentie-modulatie verkregen met gebruikmaking van een reactantiebuis.
4. De schakeling met de reactantiebuis heeft het karakter van een zelfinductie en is parallel geschakeld aan de oscillator-afstemkring. De zelfinductie van deze schakeling is afhankelijk van de steilheid van de buis, welke wordt beïnvloed door de zaagtandspanning van de oscillograaf.
5. De frequentie-modulator GM 2886 is zodanig uitgevoerd, dat de bandbreedte van de afstemkromme direct in kHz kan worden afgelezen.

Vragen en Vraagstukken

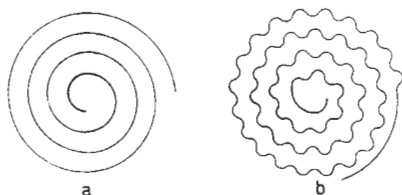
1. In de opstelling van fig. 12 in deze les komt een horizontale lijn van 4 cm op de kathodestraalbuis overeen met een frequentie van 30 kHz.
De resonantiekromme van een kring heeft een ideale vorm met een bandbreedte van 9 kHz.
Teken in de juiste verhouding het beeld dat op het scherm zal verschijnen.
2. Een antenne-afstemkring bestaat uit een spoel van 250 μ H en een variabele condensator van 50-500 pF.
Welk frequentiebereik heeft deze kring?
3. Bepaal de schermrooster-serieweerstand van een penthode als de normale schermroosterstroom 0,8 mA en de schermroosterspanning 80 V bedraagt.
De totale voedingsspanning is 250 V.
Hoe groot is de spanning V_{g2} bij een schermroosterstroom van 0,5 mA?
4. Welke condensator moet men met een condensator van 2400 pF in serie schakelen om een totale capaciteit van 800 pF te verkrijgen?.

128. De gramfoonplaat

Het ontvangtoestel wordt behalve voor ontvangst van de uitzendingen van de omroepstations ook veel gebruikt als versterker van gramfoonmuziek. Deze muziek bevindt zich in geconcentreerde vorm op de gramfoonplaat, en zij wordt door middel van de gramfoonopnemer of pick-up omgezet in elektrische trillingen die in het L.F. gedeelte van het ontvangtoestel worden versterkt en aan de luidspreker toegevoerd.

Alvorens onze aandacht te wijden aan de pick up, zullen wij voor een goed begrip van een en ander eerst iets vertellen over de gramfoonplaat zelf.

De muziekopname op de gramfoonplaat kunnen wij het beste vergelijken met de mechanische oscillograaf die in les 34 werd beschreven. Hierbij werd een elektrische trilling via het in het ritme van deze trilling bewegende anker met daaraan verbonden schrijfstift overgebracht op een in de lengterichting voortbewegende papierstrook (zie fig. 1 van les 34). Als wij deze papierstrook spiraalsgewijze laten voortbewegen, krijgen wij het beeld van de groeven



- a. Spiraalvormige groef in de gramfoonplaat in ongemoduleerde toestand.
 b. Idem, doch in gemoduleerde toestand.

Fig. 1

in de gramfoonplaat (zie fig. 1a). Nu wordt bij de gramfoonplaat niet geschreven, maar een groef ingesneden. Hierbij is dus de schrijfstift van de mechanische oscillograaf vervangen door een speciale beitel. De modulatie (het slingerende geluidsspoor) wordt verkregen door de beitel te koppelen aan een beweegbaar anker van een z.g. snijkop.

(Bij de opname van de gramfoonplaat wordt gebruik gemaakt van een op een drager aangebrachte wasplaat. In deze wasplaat wordt met behulp van een snijkop de groef spiraalsgewijze gesneden. Van deze wasopname wordt een metalen matrijs gemaakt met behulp waarvan een groot aantal copiëen, de eigenlijke gramfoonplaten, kan worden gemaakt).



Vergroot beeld van de groeven in een gramfoonplaat.

Fig. 2

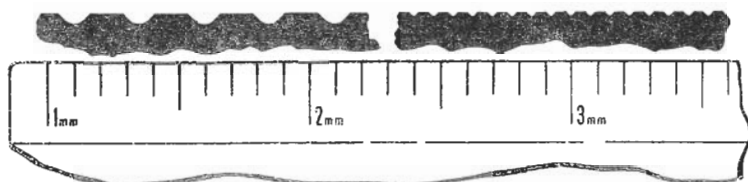
In ongemoduleerde toestand zal alleen een spiraal volgens fig. 1a worden gesneden. Zodra een modulatiespanning wordt toegevoerd, ontstaat het beeld van fig. 1b en 2.

Het zal duidelijk zijn dat de hoeveelheid muziek, die op de plaat kan worden vastgelegd, afhankelijk is van de afmeting van de plaat. Bovendien zal de spiraallengte langer kunnen zijn als de onderlinge afstand tussen de groeven en de middellijn van de groeven zelf zo

klein mogelijk zijn. Verder hangt het van de draaisnelheid af hoe lang de speelduur van de plaat zal zijn.

Tot voor enige jaren was de normale omwentelingssnelheid van de gangbare plaat 78 omwentelingen per minuut. Een plaat met een diameter van 30 cm heeft daarbij een speelduur van ca. 4½ minuut. De laatste jaren worden hoe langer hoe meer zogenaamde langspeel-platen gebruikt. Deze platen hebben een veel smallere groef (men noemt deze platen daarom ook wel micro-groefplaten) en een kleinere onderlinge afstand van de groeven. Bovendien is de omwentelingssnelheid veel langzamer, namelijk $33 \frac{1}{3}$ omwenteling per minuut (er zijn ook fijn-groef-platen in de handel met een omwentelingssnelheid van 45 omwentelingen per minuut). Dit heeft tot gevolg dat de speelduur van deze platen aanzienlijk langer is.

De speelduur van de 25 cm en 30 cm platen met een omwentelingssnelheid van $33 \frac{1}{3}$ omwenteling per minuut is bij voorbeeld 15 minuten respectievelijk 22½ minuut per zijde.



Vergelijking tussen de groefbreedte van de oude standaardplaten en de micro-groefplaten.

Fig. 3

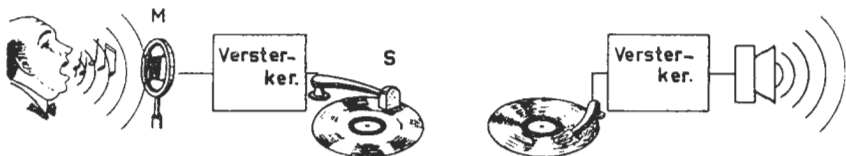
In fig. 3 hebben wij ter vergelijking tussen de platen met het oude systeem en de micro-groefplaten de breedte van de groef en de afstand tussen de groeven op schaal weergegeven.

Het binnenste onbespeelde gedeelte van de plaat is voorzien van een z.g. uitloopgroef, bestaande uit een paar gangen met grote speed. Deze uitloopgroef dient om de gramfoon-motor na het afspelen van de plaat automatisch uit te schakelen. Het uitschakelmechanisme (netschakelaar) wordt dan door de opnemerarm gestuurd (zie par. 130). Ook aan de buitenomtrek is de plaat voorzien van een enkele gang met grotere speed, de z.g. inloopgroef. Hierdoor is het niet beslist noodzakelijk dat de naald bij het begin van de plaat precies in de eerste gang wordt geplaatst.

De aan- en uitloopgroeven zijn vooral van betekenis bij gebruik van platenwisselaars (par. 130), waarbij na het afspelen van een plaat automatisch wordt overgegaan tot een volgende, meestal tot een maximum van 10 stuks.

Bij het afspelen van de plaat volgt de naald van de pick-up de variaties van de groef. Door deze mechanische trilling die dezelfde variaties heeft als die van de overeenkomstige geluidstrilling, wordt een wisselspanning geïnduceerd, waarvan de frequentie gelijk is aan die van de mechanische trilling.

Dit omzetten van de mechanische trilling in een elektrische trilling geschiedt in de gramfoonopnemer of pick-up.



Vereenvoudigde voorstelling van het opname- en weergeveproces van een gramfoonplaat.

M = microfoon; S = anijkop.

Fig. 4

Het totale beeld van de opname tot en met de weergave hebben wij in fig. 4 weergegeven, van de apparatuur die bij de weergave wordt gebruikt, hebben wij reeds verscheidene elementen behandeld: de microfoon (les 9) de luidspreker (les 9) de versterker (les 15). Wij zullen nu overgaan tot behandeling van de pick-up en de gramfoon.

129. Gramfoonopnemer of pick-up

De elektrische gramfoonopnemer of pick-up dient om op gramfoonplaten vastgelegde spraak of muziek via een L.F. versterker en luidspreker weer te geven.

De taak van de pick-up is in principe gelijk aan die van de microfoon. De microfoon zet de geluidstrilling eerst om in een mechanische trilling en daarna in een elektrische trilling. Zoals hiervoor reeds is gezegd, zet de pick-up een mechanische trilling om in een elektrische trilling.

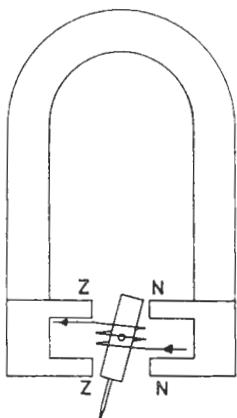
Evenals bij de microfoon maakt men bij de verschillende pick-up-systemen gebruik van de electro-magnetische, electro-dynamische of piëzo-electrische werking. Al naar gelang van het toegepaste principe onderscheidt men dan ook:

- a. Electro-magnetische pick-ups.
- b. Electro-dynamische pick-ups.
- c. Piëzo-electrische of kristal pick-ups.

a. *De electro-magnetische pick-up*

Het principe van deze pick-up is in fig. 5 afgebeeld. Een permanente magneet is voorzien van twee poolschoenen, waar tussenin een spoeltje om een week-ijzeren ankertje dat met de naald is verbonden, om zijn middelpunt kan bewegen. De werking is nu als volgt: de naald volgt de loop van de groef in de gramfoonplaat. Door de 'modulatie' van de groef zal de naald heen en weer worden bewogen in het rythme van demodulatie. In stand a van fig. 6 loopt bijvoor-

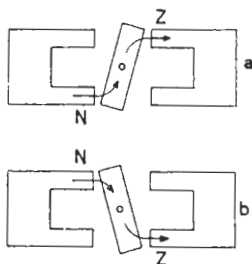
beeld door het anker, en dus door de spoel, een magnetische flux van beneden naar boven.



Principe van een electro-magnetische pick-up.

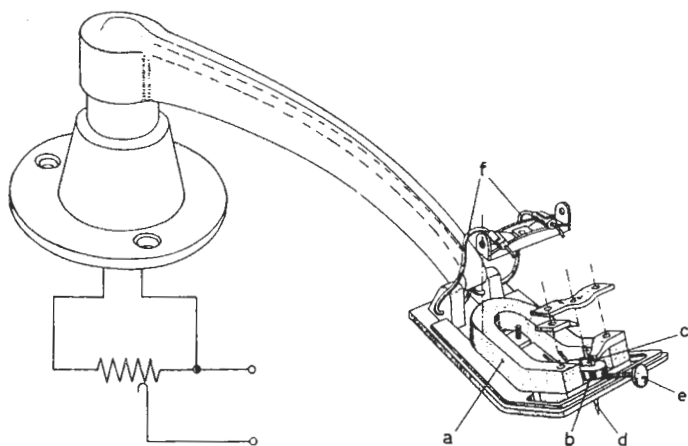
Fig. 5

In stand b daarentegen loopt de flux juist andersom. Door deze wisselende magnetische flux wordt een wisselspanning in het spoeltje geïnduceerd, die naar de ingang van de L.F. versterker wordt gevoerd. (zie les 6).



De veldrichting in het weekijzeren anker van de electro-magnetische pick-up voor twee verschillende bewegingsrichtingen.

Fig. 6



Schets van het binnenwerk van een electro-magnetische pick-up.

- a - permanente magneet.
- b - spoeltje om het anker.
- c - anker.
- d - naald.
- e - schroefpen ter bevestiging van de naald.
- f - verbindingssnoertje van het spoeltje.

Fig. 7

In fig. 7 is ter illustratie een tekening van het binnenwerk van een electro-magnetische pick-up afgebeeld.

De gemiddelde spanning die in het spoeltje wordt opgewekt, is bij de meeste electro-magnetische pick-ups ca. 0,1 V.

Het nadeel van dit type pick-up is dat de opgewekte spanning afhankelijk is van de frequentie. Verder is het gewicht waarmee deze pick-up op de plaat drukt, meestal vrij zwaar. Gewoonlijk tracht men deze druk door middel van contra-gewichten aanmerkelijk te verkleinen, maar hiermee kan niet te ver worden gegaan. De verhouding van het eigen gewicht van de pick-up tot de naalddruk mag nl. niet te groot worden.

b. De electro-dynamische pick-up

De electro-dynamische pick-up bestaat in principe uit een klein permanent magneetsysteem met een cirkelvormige nauwe luchtspleet, dat veel overeenkomst vertoont met het magneetsysteem van de permanente electro-dynamische luidspreker (zie les 9). In de luchtspleet van dit magneetsysteem is een klein cirkelvormig spoeltje aangebracht van dezelfde vorm als het spreekspoeltje van de electro-dynamische luidspreker. Aan dit spoeltje is op de een of andere wijze een saffierpunt als naald bevestigd. Bij het afspelen van de gramfoonplaat worden de uitwijkingen van de naaldpunt overgebracht op het spoeltje, waardoor daarin met de uitwijkingen overeenkomende wisselspanningen worden opgewekt.

De electro-dynamische pick-up wordt niet veel gebruikt (o. a. nog in de omroepstudio) zodat we niet verder op de constructie zullen ingaan.

c. De kristal pick-up

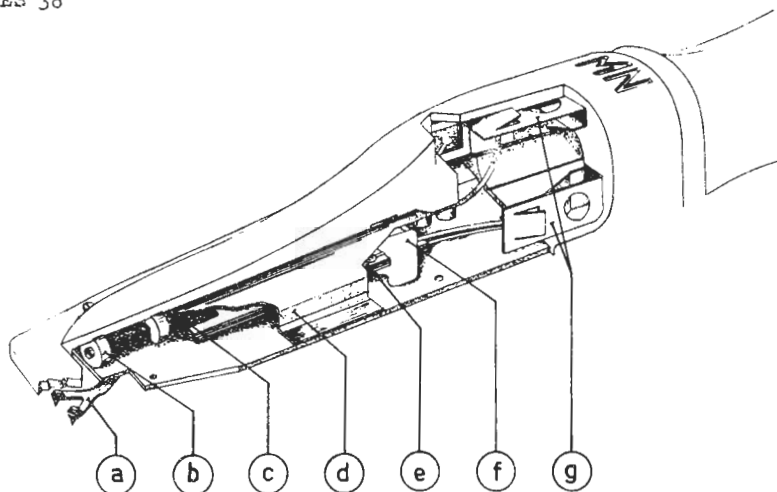
De kristal pick-up berust op hetzelfde principe als de kristal microfoon (zie les 9 paragraaf 48). Zoals daarin reeds werd vermeld, ontstaat bij een druk, verbuiging of torsie van bepaalde kristallen (o. a. van Seignette-zout) een potentiaalverschil tussen de plaatjes van het kristal. Dit potentiaalverschil is o. a. evenredig met de druk of de tordering van het kristal.

In fig. 8 is een afbeelding van het binnenwerk van een Philips kristal pick-up gegeven.

Tot voor kort werden hoofdzakelijk stalen gramfoonnaalden gebruikt die na het afspelen van een of meer zijden moesten worden vernieuwd en in verschillende graden van hardheid en vorm in de handel zijn. Tegenwoordig gebruikt men hoe langer hoe meer een stukje saffier als naaldpunt. De saffierpunt kan een zeer lange levensduur hebben en veroorzaakt veel minder slijtage van de plaat. (De naalddruk bij de Philips platenspeler en -wisselaar is ca. 12,5 gram).

Bij de Philips Kristal Pick-up heeft men twee uitvoeringen:

1. Met een saffierpunt die voor beide soorten groeven geschikt is.
2. Met twee saffierpunten, waarvan één punt dient voor platen met de oude standaardgroef en de andere punt wordt gebruikt met de nieuwe microgroef-platen.



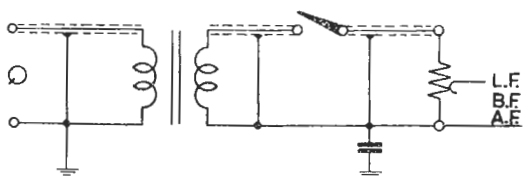
Schets van het binnenwerk van een Philips kristal pick-up.

- a - dubbele saffierpunt voor micro-groefplaten en oude standaardplaten.
- b - verende bevestiging van de saffierpunten.
- c - elastisch koppel-element van de saffierpunten met het kristalelement.
- d - scherm ter voorkoming van brom.
- e - kristalelement.
- f - bevestigingsblokje van het kristalelement.
- g - verzilverde contactveertjes.

Fig. 8

Aansluiting van de pick-up op het ontvangtoestel

De meeste ontvangtoestellen zijn voorzien van een stel bussen, waarop een pick-up kan worden aangesloten. In het algemeen komt de schakeling overeen met die welke in les 23 is behandeld. Dit geldt echter uitsluitend voor ontvangtoestellen voor wisselstroomvoeding. Bij ontvangtoestellen voor gelijkstroom-wisselstroomvoeding dient tussen de pick-up en de aansluitingen daarvan op het ontvangtoestel een transformator geschakeld te worden (zie fig. 9).



Schema voor aansluiting van een pick-up op een ontvangtoestel voor gelijkstroom-wisselstroomvoeding.

Fig. 9

Zou men namelijk de pick-up zonder meer aansluiten op de gramfoon-opnemerbussen, dan kan de pick-up met arm netspanning voeren ten opzichte van aarde. Dit is uiteraard levensgevaarlijk en mag derhalve onder geen enkele voorwaarde zo worden uitgevoerd. Vandaar het gebruik van een tussentransformator.

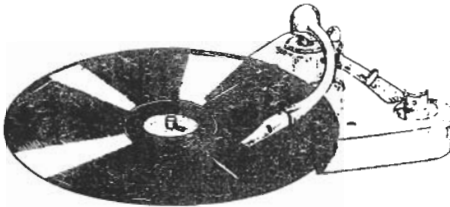
Voor de verbinding tussen de pick-up en de L.F. versterker resp. L.F. versterk-gedeelte van het ontvangtoestel dient men afgeschermd

snoer te gebruiken, waarvan de mantel met het chassis (aarde) moet worden verbonden. Vooral bij gebruik van een volume-regelaar met hoge weerstand moet de pick-up leiding zorgvuldig worden afgeschermd en geaard. Anders krijgt men onherroepelijk hinder van brom.

130. De elektrische gramfoon

De elektrische gramfoon, ook wel genoemd platenspeler, bestaat hoofdzakelijk uit een electro-motor, die de platensnijf aandrijft, en een pick-up.

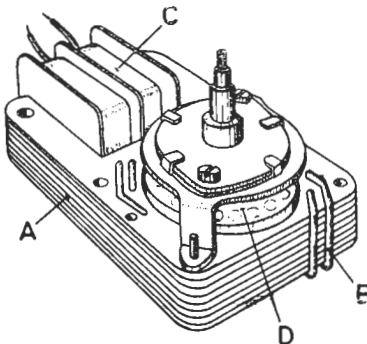
Fig. 10 geeft een tekening van een dergelijke platenspeler weer.



Schets van een Philips platenspeler.

Fig. 10

De motor is veelal een zogenaamde twee-polige asynchroon inductiemotor (zie fig. 11). Deze bestaat uit een gelamelleerde stator (A) waarbij in de beide poolschoenen twee dikke kortgesloten roodkoperen windingen (B) zijn aangebracht. Tussen de poolschoenen bevindt zich een zogenaamde kortsluit-rotor. In de kort-gesloten dikke koperen windingen (B) worden door het wisselende veld tussen de poolschoenen sterke inductiestromen opgewekt, die een bepaalde fazeverschuiving hebben ten opzichte van de wisselstroom door de bekrach-



Schets van een twee-polige asynchrone gramfoonmotor uit de Philips platenspeler.

A - gelamelleerde stator.

B - roodkoperen kortsluit-windingen.

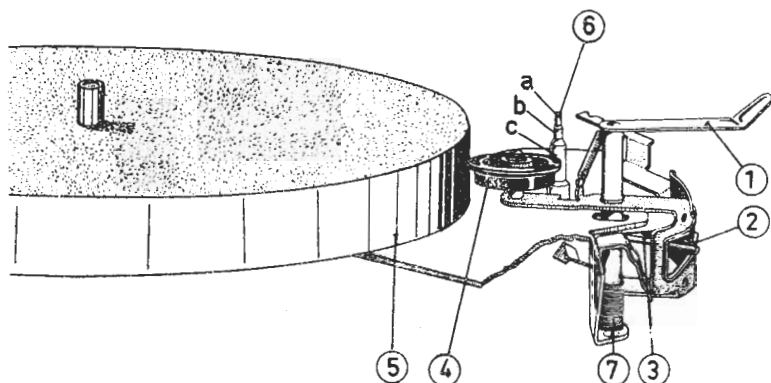
C - bekrachtigingsspoelen van de stator.

D - kortsluit-rotor.

Fig. 11

tigingsspoelen (C) van het hoofdveld. Het door deze kortsluit-stromen opgewekte magnetische veld heeft een bepaalde fazeverschuiving ten opzichte van het hoofdveld. Hierdoor wordt een resulterend magnetisch draaiveld opgewekt, waarvan de omwentelingssnelheid wordt bepaald door de net-frequentie. Op deze wijze wordt een zogenaamd

draaiveld verkregen. Door dit draaiveld worden in de koperen staven van de kortsluit-rotor (D) sterke inductiestromen opgewekt, die op hun beurt weer een magnetisch veld opwekken. Door de invloed van dit veld en het draaiveld gaat de rotor draaien.



Schets van de snelheidsregelaar van de Philips platenspeler.

- 1 --bedieningshendel.
- 2 --beugel met conische uitaparing.
- 3 --schakelstaafje
- 4 --rubber aandrijfwieltje.
- 5 --platenschijf.
- 6 --poelie met drie verschillende diameters voor de verschillende snelheden.
- 7 --veer.

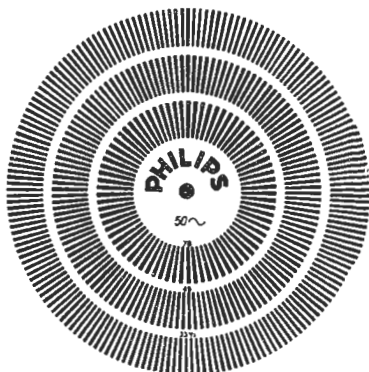
Fig. 12

Het aandrijven van de platenschijf geschiedt door middel van een rubber tussenwiel (zie fig. 12). De motor is voorzien van een verlengstuk met drie verschillende diameters (a, b en c in fig. 12). Al naar gelang de rubber schijf tegen een dikker of dunner gedeelte van het verlengstuk aandrukt, zal de platenschijf met een grotere of kleinere snelheid lopen (78, 45 respectievelijk 33 1/3 omwentelingen per minuut). De omschakeling op een andere omwentelingsnelheid geschiedt bij de constructie van fig. 12 door middel van een beugel met speciale opening (2) waarover een staafje (3) glijdt. Uiteraard zijn voor deze snelheidsomschakeling diverse oplossingen mogelijk zodat wij hierop niet verder zullen ingaan.

De gramfoonplaat moet met dezelfde omwentelingsnelheid worden afgedraaid als waarmee zij is opgenomen.

In het algemeen is daarom het toerental van de gramfoon bijstelbaar. Bij dit instellen maakt men gebruik van een z.g. stroboscopische schijf zoals is voorgesteld in fig. 13. Deze bestaat uit een ronde kartonnen schijf waarop een drietal concentrische ringen met zwarte strepen zijn aangebracht.

Zulk een stroboscopische schijf kan alleen worden gebruikt bij wisselstroomnetten, d.w.z. dat men de ronddraaiende schijf moet verlichten met een gloeilamp, neonlamp of TL buis die uit het wisselstroomnet wordt gevoed. Het licht van deze lichtbronnen zal immers als gevolg van de toegevoerde wisselstroom min of meer flikkeren. Bij een frequentie van 50 Hz flikkert het licht in een frequentie van 100 Hz (dit kan men ook afleiden uit fig. 6 van les 12). Wegens de traagheid van het oog bemerkt men normaal van deze lichtflikkering niets.



Stroboscopische schijf voor de omwentelingsnelheden 78, 45 en $33 \frac{1}{3}$ omwenteling per minuut.

Fig. 13

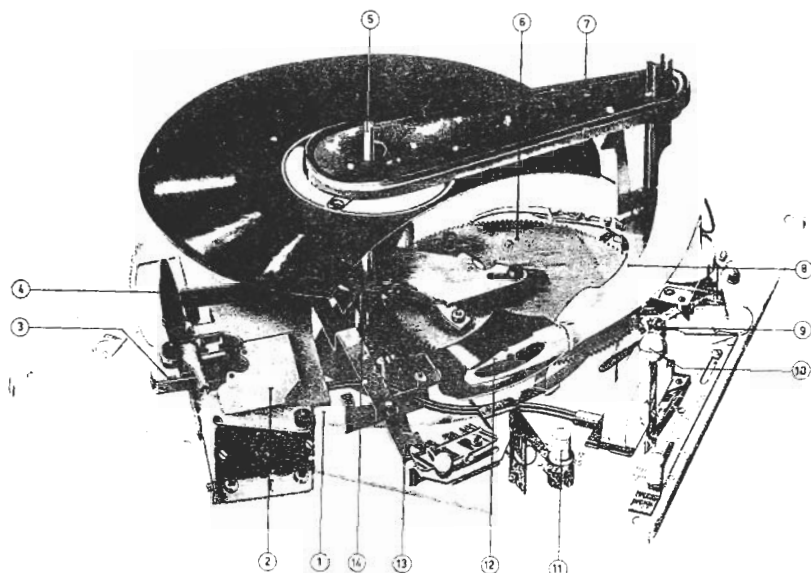
Passeert nu gedurende het 'donkere' moment ($\frac{1}{100}$ seconde) een zwarte streep van de ronddraaiende stroboscopische schijf, dan zullen we van de beweging zo goed als niets zien en krijgt men de indruk dat de schijf stil staat. De afstand tussen twee opeenvolgende zwarte strepen wordt dus bij een netfrequentie van 50 Hz afgelegd in $\frac{1}{100}$ seconde (bij een netfrequentie van 60 Hz wordt dit $\frac{1}{120}$ seconde). Voor een draaisnelheid van 78 omwentelingen per minuut en een netfrequentie van 50 Hz wordt de stroboscoop voorzien van 77 zwarte strepen. Een complete omwenteling wordt dan volbracht in $77 \times \frac{1}{100} = 0,77$ seconden en per minuut worden dan $\frac{60}{0,77} = \text{ca. } 78$ omwentelingen gemaakt. Bij deze omwentelingssnelheid staat de schijf dus in het licht van de door de 50 Hz wisselstroom gevoede lichtbron schijnbaar stil. Loopt de schijf sneller, dan zullen de zwarte strepen schijnbaar in de draairichting meelopen, en wanneer de schijf langzamer loopt in tegengestelde richting terug lopen.

De schijf die in fig. 13 is afgebeeld, is geschikt voor de omwentelingssnelheden van 78, 45 en $33 \frac{1}{3}$ omwenteling per minuut bij een netfrequentie van 50 Hz.

Platenwisselaar

Een speciale uitvoering van de platenspeler is de platenwisselaar. Hierbij worden een aantal platen opgestapeld op een zodanige wijze dat steeds een plaat op de platenschijf gelegd wordt zodra de voorgaande plaat is afgespeeld. Fig. 14 geeft een voorbeeld van een dergelijke platenwisselaar. Aangezien op dit gebied zeer

vele verschillende mechanische constructies zijn, heeft het geen zin hierop verder in te gaan. Fig. 14 dient dan ook alleen ter illustratie van een bepaalde constructie.



Schets van een Philips platenvisselaar:

- 1—platenschijf
- 2—gramfoonmotor
- 3—poelie voor 3 verschillende omwentelingsnelheden
- 4—aandrijfwiel tusschen poelie en platenschijf
- 5—wisselpen
- 6—commandoschijf voor de sturing van de horizontale en verticale beweging van de pick-up
- 7—platendrukker
- 8—stuurhaak, gekoppeld met de pick-up
- 9—in- en uitschakelaar
- 10—starthandel
- 11—herhaal knop
- 12—pick-up element
- 13—snelheidsregelaar
- 14—as met tandradoverbrenging.

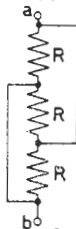
Fig. 14

SAMENVATTING

1. Bij een gramfoonplaat is de muziek in de vorm van een spiraalvormige groef, waarvan de loop varieert in het ritme van de muziekfrequentie, vastgelegd.
2. De elektrische gramfoonopnemer of pick-up dient om op gramfoonplaten vastgelegde spraak of muziek via een L. F. versterker en luidspreker weer te geven.
3. Men onderscheidt de pick-ups hoofdzakelijk in drie typen:
 - a. De electro-magnetische pick-up.
 - b. De electro-dynamische pick-up.
 - c. De piëzo-electrische of kristal pick-up.
4. De moderne gramfoons zijn meestal geschikt voor drie omwentelingsnelheden: 78, 45 en 33 1/3 omwenteling per minuut.
5. De platenwisselaar biedt de mogelijkheid om meerdere (meestal tien) platen achter elkander te spelen.

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

1. De ontvanger met het schema van fig. 1, les 29, werkt goed voor radioontvangst. Bij omschakeling voor gramfoon-weergave met aangesloten pick-up komt geen geluid uit de luidspreker. Wat kan hiervan de oorzaak zijn?
2. Bij bovengenoemde ontvanger is uitsluitend bij gramfoon-weergave een hinderlijke bromtoon hoorbaar. Wat kan hiervan de oorzaak zijn?
3. In nevenstaande figuur is de schakeling van de weerstanden R op een eigenaardige manier getekend. Kunt U dit op een andere wijze tekenen, waaruit onmiddellijk de totale weerstand tussen de klemmen a-b volgt? $R = 300\Omega$.
4. Een electrodynamische luidspreker met een weerstand van 10Ω wordt via een uitgangstransformator met de eindbuis verbonden, waarvan de aanpassingsweerstand 4000Ω bedraagt. Hoe groot moet de transformatieverhouding van de uitgangstransformator zijn?



Als de eindbuis een vermogen van $4W$ aan de luidspreker levert (de verliezen in de uitgangstransformator kunnen worden verwaarloosd), hoe groot zal dan de stroom door de luidspreker zijn?

131. Mechanische constructies in radiotoestellen

Met het voortschrijden van de ontvangtechniek zijn ook de mechanische constructies, die hierbij moesten worden toegepast, van steeds groter belang geworden. Eenvoud van bediening kan dikwijls slechts verkregen worden door een mechanisch grotere gecompliceerdheid.

De juiste werking van bepaalde elektrische onderdelen, zoals de variabele condensator, is in zeer hoge mate afhankelijk van de mechanische precisie waarmede ze zijn uitgevoerd. De nauwkeurigheid van de afstemming en die van de schaalijking berusten o.a. op afwezigheid van spelingen in de onderdelen.

De mechanische opbouw van het chassis en van de onderdelen is van het grootste belang voor de stevigheid. Daardoor wordt ook tijdens transport vermeden, dat de elektrische eigenschappen veranderen of dat er mechanische defecten optreden.

Van de in de service-praktijk voorkomende reparaties is een zeker percentage ook van mechanische aard. Het is daarom zeker nodig, aan deze mechanische problemen enige aandacht te besteden. Wij zullen daarom enige van de belangrijkste mechanische kwesties bij radio-apparaten, voor zover deze voor de service van belang zijn, behandelen.

a. Materiaal-eisen en toleranties

Alle gebruikte materialen moeten aan bepaalde eisen voldoen, al naar het doel waarvoor ze gebruikt worden. De constructeur kiest de materialen zodanig, dat de nodige sterkte ruimschoots wordt verkregen. In de fabrieken wordt daarom het materiaal voor de verwerking nauwkeurig op alle in aanmerking komende eigenschappen beproefd.

Om het aantal te fabriceren onderdelen te beperken, en daardoor ook de productie- en magazijnkosten zo laag mogelijk te houden, zijn vele mechanische onderdelen, zoals schroeven, moeren, plaatjes, assen, enz. genormaliseerd. Hierdoor wordt ondanks de grote verscheidenheid van ontvangertypen, bereikt, dat uitwisselbaarheid van onderdelen mogelijk is.

b. Levensduur

Bij de keuze van de mechanische constructies vormt de levensduur een belangrijke overweging. Om tot een juist compromis te komen tussen kostprijs en levensduur, is een bepaald inzicht in de praktische levensdureisen nodig.

Om hiertoe te komen, dienen wij drie soorten levensduur te onderscheiden:

A. Duurzaamheid bij opslag

Hiertoe moet gerekend worden verwerking van textielproducten, uitdroging van electrolytische condensatoren en smeermiddelen. Bij houten kasten moet bijzondere aandacht worden besteed aan

temperatuur en vochtigheid van de opslagruimte om schadelijke invloed te vermijden. Ook roestbescherming valt onder deze rubriek.

B. *Electrische duurzaamheid*

Hiertoe rekenen wij de slijtage van de kathoden van de radio-buizen tijdens het gebruik.

De levensduur van de overige electrische onderdelen is in normale bedrijfstoestand zo groot, dat ze hier buiten beschouwing kan blijven. Slijtage van deze onderdelen is over het algemeen van mechanische aard (een uitzondering is b.v. de electrolytische condensator).

C. *Mechanische duurzaamheid*

Dit is afhankelijk van het gebruik van het toestel, waardoor slijtage en vermoeidheidsverschijnselen worden veroorzaakt in contacten, veren, lagers en lagerpotten en staalkabels. Ook de slijtage van de koollaag van potentiometers valt hieronder.

Om deze oorzaken van mechanische slijtage te leren kennen en de constructie zodanig uit te voeren, dat het verbruik binnen bepaalde grenzen blijft, worden in het laboratorium regelmatig duurproeven uitgevoerd. Hierbij wordt b.v. als minimum eis gesteld, dat van bepaalde onderdelen 25.000 bewegingen moeten kunnen worden uitgevoerd, zonder dat de goede werking van het onderdeel hieronder lijdt.

Behalve de normale gebruikseisen worden in de praktijk aan de constructie nog veel zwaardere eisen gesteld tijdens het transport. Dit is dikwijls zo ruw, dat indien met het ontwerp en de constructie hierop niet gerekend wordt, het toestel defect of op zijn minst genomen electrisch en mechanisch ontregeld op de plaats van bestemming zou aankomen. Om na te gaan of het toestel tegen dit vervoer bestand zal zijn, wordt het voltooide ontwerp aan een valproef onderworpen, waarbij men het volledig verpakt op verschillende zijden van een bepaalde hoogte laat vallen. Verder worden verpakte apparaten na een bepaald, meestal ruw, transport onderzocht, of zij dit transport goed doorstaan hebben.

Om de nadelige invloed van de stoten tijdens het transport op te heffen, worden bij de verpakking buffers van opgerold golfkarton en golfkartonnen bufferplaten gebruikt. Zonodig worden bepaalde zware onderdelen op zijn plaats gehouden door middel van houten klossen of stalen beugels.

Bij het opnieuw verpakken en het verzenden van toestellen moeten daarom al deze verpakingsmaatregelen weer worden toegepast. Hierbij behoort ook het vastdraaien van de bodemschroeven bij die chassis, die vorend in de toestelkast zijn aangebracht.

De hevige stoot bij de val kan ook het scheuren van de luidsprekerconus (door de luchtdruk) en het losspringen van de schaalgeleiding tot gevolg hebben.

Voor de serviceman is het belangrijk te weten, dat een belangrijk percentage van alle toestelfouten op rekening van het transport moet worden gesteld.

c. Dode gang

Dit is een verschijnsel dat vooral heel hinderlijk kan zijn in het afstemmechanisme. Het komt hierin tot uiting, dat al naar de richting, waarin de afstemknop wordt gedraaid, het station op een andere plaats op de afstemschaal wordt gehoord. Een nauwkeurige afstemming wordt hierdoor ten zeerste bemoeilijkt; er is een gebied waarin beweging van de afstemknop geen verandering van de afstemming geeft (*dode gang*). Vooral bij afstemming op korte golf is dit effect buitengewoon storend. Men kan in hoofdzaak twee oorzaken onderscheiden:

1. Dode gang tussen afstemknop en condensator.
2. Dode gang tussen condensator en afstemschaal.

Het is natuurlijk ook mogelijk dat beide oorzaken gelijktijdig aanwezig zijn. Dode gang is nooit geheel te vermijden; hij kan echter wel tot een toelaatbaar minimum worden teruggebracht, door het kiezen van juiste constructies b.v. door veren, die spelingen opnemen, en door het vermijden van grote wrijving in de aandrijfmechanismen.

d. Contacten

De contacten van de schakelaars in radioapparaten eisen zeer veel aandacht, omdat het slecht functioneren hiervan de werking zeer ernstig stoort. Bij de constructie moet men er van uitgaan, dat

1. de overgangsweerstand gering en constant moet zijn;
2. het onderhoud praktisch onmogelijk is;
3. de levensduur moet worden aangepast aan de toepassing.

Glijcontacten zijn over het algemeen zelfreinigend, doordat het vuil (stof, slijpsel) wordt weggeveegd. Het is gebleken, dat zilver een zeer goed materiaal is voor de combinatie van kwaliteit en levensduur. In de Philips apparaten zijn de contacten daarom zwaar verzilverd en in sommige gevallen van massief zilver.

e. Smeermiddelen

De toegepaste smeermiddelen moeten aangepast zijn aan het onderdeel waarvoor ze gebruikt worden. Als algemene regel bij radioapparaten geldt dat onderhoud niet mogelijk is.

Daarom wordt hierbij veel gebruik gemaakt van graphietolie of graphietvet, dat ook bij uitdroging goede smerende eigenschappen behoudt.

Men dient er altijd aan te denken, dat men door toepassing van verkeerde smeermiddelen een toestel grondig kan bederven. Dit geldt in het bijzonder bij gebruik van koekende resp. hard opdrogende oliesoorten. Geoliede plaatsen verzamelen gaarne stof en geven zodoende aanleiding tot korsten. Sommige oliën hebben ook een ongunstige invloed op isolatiematerialen.

Als algemene regel bij de smering geldt, dat een te veel zeer

schadelijk kan zijn en dat slechts voorzichtig en met mate moet worden gesmeerd. Voor contacten gebruike men in het algemeen speciale schakelaarolie.

Wij zullen thans enige reparaties bespreken die hoofdzakelijk een mechanisch karakter hebben.

132. Luidsprekerreparaties

In de loop der jaren zijn tal van verschillende constructies van electro-dynamische luidsprekers gemaakt. De verschillen schuilen vooral in de wijze van bevestiging en centrering van de luidspreker-conus. Na enige algemene richtlijnen gegeven te hebben, zullen wij van twee verschillende constructies de reparatievoorschriften geven.

Algemene richtlijnen

1. Zorg dat de reparatie op een stofvrije tafel met goed gereedschap wordt uitgevoerd.
2. Van de magneet mogen in geen geval de voor- en achterplaat getrokken worden, daar de magneet hierdoor verzwakt.
3. Voorkom braamvorming, daar anders de kans bestaat dat kleine metaaldeeltjes in de luchtspleet komen.
4. Tijdens het verwijderen van de oude lijm uit de beschermkap moet men de luchtspleet afdekken met een rond ijzeren plaatje b.v. een blikken dekseltje. Hierdoor wordt voorkomen dat vuil de luchtspleet binnendringt.
5. Zonodig wordt de luchtspleet opnieuw ingesteld met behulp van een magneetmal (zie fig.1). Hiertoe de moeren van de magneetbouten eerst iets losdraaien, de mal in de luchtspleet drukken en daarna de moeren weer vastdraaien.
6. Het verdient aanbeveling, voordat de conus in de luidspreker wordt aangebracht, de luchtspleet schoon te maken met behulp van een stevig stukje materiaal (latoenkoper of pertinax) omwikkeld met in alcohol of spiritus gedrenkte watten. Metaaldeeltjes worden met behulp van een stalen bladveertje uit de luchtspleet verwijderd.
7. In sommige gevallen is de buitendiameter van de service-conus iets groter dan die van de defecte conus. In die gevallen moet men de buitendiameter van de service-conus op maat knippen.
8. Voordat de conus in de luidspreker wordt aangebracht, wikkele men eerst de snoertjes vlak bij de conus enkele malen stevig om een spijker, zodat een kleine spiraal ontstaat. Bij het aanbrengen van de conus in de beschermkap lette men erop, dat de snoertjes van de conus door die gaten in de beschermkap worden geleid, waar zich de klemlippen of aansluitlippen bevinden.
Klem of soldeer de snoertjes altijd zo vast, dat deze vrij kunnen trillen.



Voorbeeld van een magneetmal.

Fig. 1

9. Bij het monteren van de felsring lette men erop, dat de gaten in de felsring boven de gaten in de eronderliggende papier-ringen en beschermkap komen te liggen. Uitdrukkelijk moet erop gewezen worden dat het boren van bevestigingsgaten in de beschermkap te allen tijde achterwege gelaten moet worden.

I. Reparatie van een luidspreker met binnencentrering (zie fig.2).

1. Verwijder de hoes en, indien aanwezig, de kegel.
2. Knip de bestaande felsring (1) door en verwijder deze en de defecte conus (3).
3. Maak de lichtspleet schoon.
4. Leg een van de twee papieren ringen (2) op de beschermkap (4).
5. Plaats de conus in de beschermkap en steek 4 voelertjes door de openingen van de centrering in de lichtspleet.
6. Schroef de centrering met het boutje vast.
7. Leg de tweede papier-ring op de conusrand.
8. Plaats de felsring op de beschermkap.
9. Buig 2 tegenover elkaar liggende lippen

De verschillende onderdelen van een electro-dynamische luidspreker met binnencentrering.

1. Metalen felsring.
2. Papieren ring.
3. Conus met spreekspoel.
4. Magneetsysteem met beschermkap.

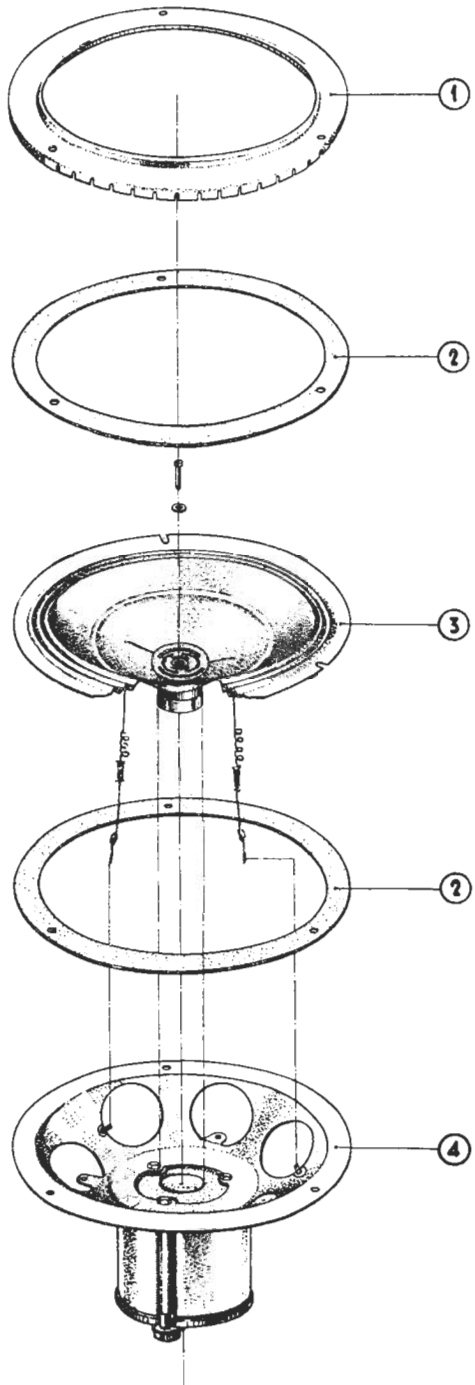
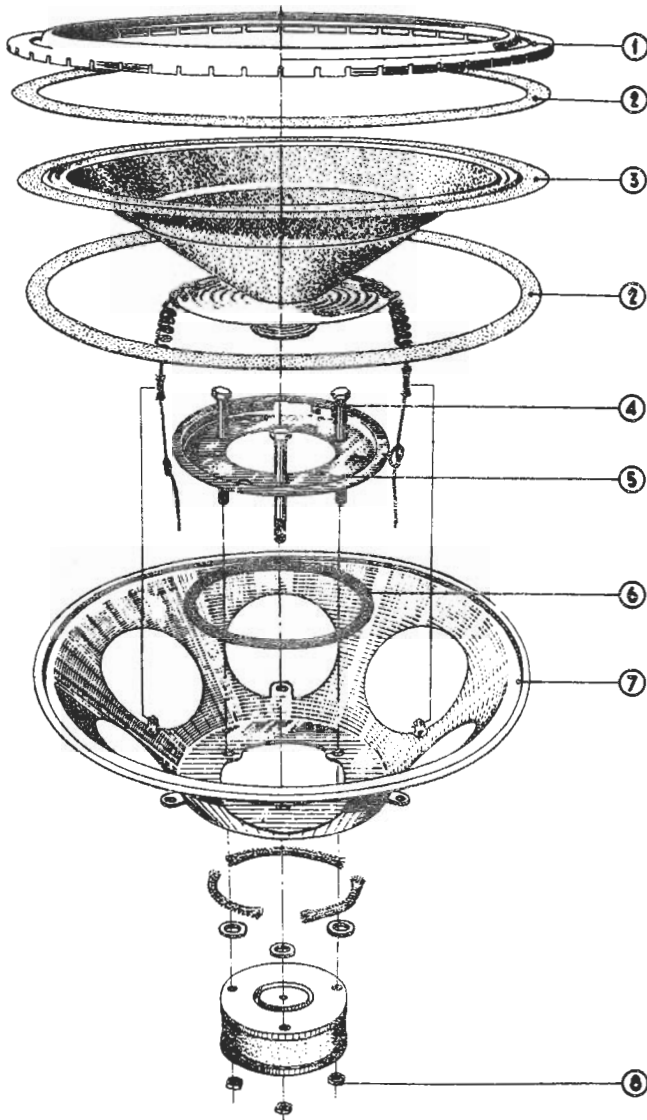


Fig. 2



De verschillende onderdelen van een electrodynamische luidspreker met vaste centrering:

1. Metalen felering.
2. Papieren ring.
3. Conus met spreekspoel en centreerschijf.
4. Bevestigingsbouten.
5. Metalen centreerplaat.
6. Papieren ring.
7. Beschermkap.
8. Moeren.

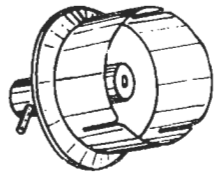
Fig. 3

van de felsring om. Buig hierna 2 lippen om, welke 90° verwijderd liggen van de zo juist omgebogen lippen. Werk op deze wijze verder tot alle lippen omgebogen zijn.

10. Verwijder de voelertjes. Monteer, indien aanwezig, de kegel.
11. Breng de hoes aan en soldeer de uiteinden van de snoertjes vast.

II. Reparatie van een luidspreker met geplakte centreerring (fig. 3).

1. Verwijder de hoes en, indien aanwezig, de kegel.
2. Knip de aanwezige felsring (1) door en verwijder deze en de defecte conus (3).
3. Maak de luchtspleet schoon.
4. Plaats de voorgeschreven magneetmal in de luchtspleet.
5. Draai de 3 moeren (8) los en verwijder de bouten (4). Vijf de boutkoppen tot 2mm af om aanlopen van de centrering te voorkomen.
6. Leg een papierring (6) in de beschermkap (7).
7. Bevestig met de bouten de centreerplaat (5) in de beschermkap.
8. Breng een dikke laag conuslijm aan op de rand van de centreerplaat (5), waar de centreerring komt.
9. Leg een van de twee papierringen (2) op de beschermkap.
10. Verwijder de magneetmal.
11. Plaats de voorgeschreven conusmal (zie fig.4) in de conus en schuif deze zodanig in de luchtspleet, dat de linnen centreerschijf volkomen vlak op de centreerplaat komt te liggen. Druk nu voorzichtig de linnen centreerschijf van de conus op de centreerplaat, er op lettend, dat deze volkomen vlak komt te liggen en overal in aanraking is met de lijm. Na ca. 2 minuten de linnen centreerschijf nog even aandrukken. Laat de lijm nu ca. 2 uur drogen.
12. Leg de tweede papierring op de conusrand en de felsring op de beschermkap.
13. Buig twee tegenover elkaar liggende lippen van de felsring om. Buig hierna twee lippen om, welke 90° verwijderd liggen van de zo juist omgebogen lippen. Werk op deze wijze verder tot alle lippen omgebogen zijn.
14. Verwijder de conusmal. Monteer, indien aanwezig, de kegel. Bij luidsprekers zonder kegel dient het schijfje in de conus te worden gelijmd.
15. Breng de hoes aan en soldeer de uiteinden van de snoertjes aan de soldeerlippen vast.



Voorbeeld van een conusmal.

Fig. 4

133. Het repareren van de golfbereikschakelaar

De werking van de golfbereikschakelaar hebben wij reeds uitvoerig in les 19 behandeld. Wij zullen ons hier bezig houden met het mechanische gedeelte, d.w.z. met het repareren van de schakelaar.

a. Het verwijderen en aanbrengen van een of meer segmenten in het te repareren apparaat.

De schakelaar, welke uit meerdere segmenten bestaat, is zo samengesteld, dat de segmenten een voor een verwijderd kunnen worden. Hiertoe moet men eerst de strippen, waarmee de segmenten vastgehouden worden, losschroeven. Vervolgens moet de veer, die tegen het einde van de as van de schakelaar drukt, verwijderd worden, waarna ook de as van de schakelaar uit de segmenten getrokken kan worden.

Het uittrekken van de as van de schakelaar moet voorzichtig gebeuren, trekkend in de richting van de arrêtering van de schakelaar af. De segmenten moeten hierbij zoveel mogelijk op hun plaatsen gehouden worden.

Moet men een of meer van de segmenten van de golfbereikschakelaar vervangen, dan moeten de draden zodanig worden losgesoldeerd dat de draden zo weinig mogelijk worden verbogen.

Het "oude" segment vervangt men vervolgens door het nieuwe, waarna de draden weer allen aan "dezelfde" lippen moeten worden gesoldeerd. (Men kan het beste de handelingen in de volgende volgorde verrichten:

Eerst de draden lossolderen; daarna de as uitnemen, het "oude" segment door een nieuw vervangen en moeilijk te bereiken contacten reeds vast solderen. Tenslotte de as aanbrengen en de rest van de contacten vast solderen.)

Bij de schakelaar met slechts 1 segment komt het voor, dat het segment niet vastgeschroefd, doch gefelst is. Door de kleine afmetingen van de schakelaar en tevens omdat deze schakelaar zelden wordt gebruikt in het HF-gedeelte van een apparaat, is het niet zo bezwaarlijk deze schakelaar in haar geheel te verwijderen. Ook al zou de samenstelling van het segment een andere aansluitmogelijkheid bezitten, dan nog moeten de draden aan de overeenkomende lippen van het nieuwe segment worden gesoldeerd.

Dit is noodzakelijk om de volgende reden:

De "kruipweg" tussen spanningvoerende delen en platte as resp. frame moet overal minstens 4 mm bedragen. Tussen 2 naast elkaar gemonteerde contactveren is deze "kruipweg" niet aanwezig.

Daarom wordt er bij het ontwerpen van een schakelaar rekening mede gehouden dat de rangschikking van de contactveren op de stator en contactstukken op de rotor zodanig is, dat geen twee spanningvoerende veren resp. contactstukken naast elkaar geplaatst worden.

Zijn de defecte segmenten door nieuwe vervangen, dan kan de as van de schakelaar weer voorzichtig door de openingen in de rotoren van de segmenten gestoken worden, tot het einde van de as in de arrêtering van de schakelaar is gedrukt. Hierna kan de veer, die tegen het losse einde van de as drukt, worden aangebracht, gevolgd door de strippen van het frame.

De segmenten moeten, voordat men de strippen geheel vastschroeft, goed in de openingen van de strippen worden geplaatst.

De segmenten moeten hierbij loodrecht op de as van de schakelaar staan. De zich soms tussen de segmenten bevindende afschermschotjes moeten ook stevig tussen de strippen worden geklemd; zondig moeten de lipjes op de afschermschotjes iets uitgebogen worden.

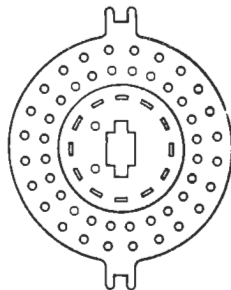
b. Het samenstellen van het segment

Alleen het samenstellen van een schakelaar-segment aan de hand van het principeschema zal hier behandeld worden. Het samenstellen van een segment aan de hand van een defect schakelaar segment zal dan zeker geen moeilijkheden meer opleveren.

Hoe de verschillende onderdelen op het schakelaar segment bevestigd worden, laten de tekeningen (fig. 10 en 12) van de te gebruiken tangen zien.

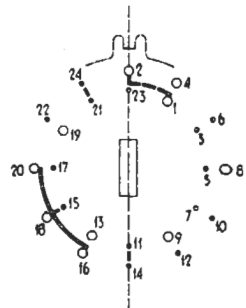
Daar de cirkeltjes en stippen in het principe schema niet de bevestigingsplaats van contactlippen aangeven, maar de plaats waar de lippen contact maken, is het belangrijk eerst het bevestigingspunt van een van de lippen te vinden. Zoals in de tekening van het schakelaar segment (fig. 5) is getekend, zijn er 2 x 24 gaatjes in de sector van het segment. Figuur 6 laat zien hoe een segment in een principeschema is getekend. In deze tekening zijn maar 2 x 12 cirkeltjes of punten aangebracht. Dit zijn geen punten (of cirkeltjes) die overeenkomen met

de cirkeltjes in figuur 5. De cirkeltjes in figuur 6 zijn de plaatsen waar de lippen de rotor raken. De punten geven de plaatsen aan, waar een lip de rotor zou raken; deze lippen zijn echter niet aangebracht. Dat de buitenste serie punten en cirkeltjes de contactpunten op de voorkant van het



Segment van een golfbrekerschakelaar.

Fig. 5



Principeschema van een schakelaarsegment.

Fig. 6

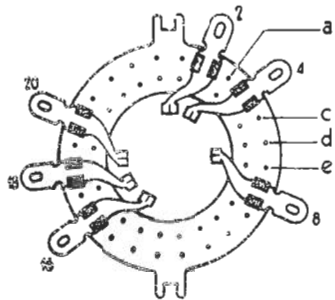
segment zijn en de binnenste serie punten en cirkeltjes de contactpunten op de achterkant van het segment zijn (dit in figuur 6, dus ook in het principeschema), wordt als volgt verklaard:

Kijkt men door een cilindrisch gat, dan ziet men de voorzijde met de grootste diameter, de achterzijde met de kleinste diameter.

Bevestigen van de lippen op de voorkant van de stator

Moet, als getekend is in figuur 6, het contactpunt genummerd 2 liggen op de N.Z. lijn, dan moet de lip bevestigd worden als in figuur 7 is getekend.

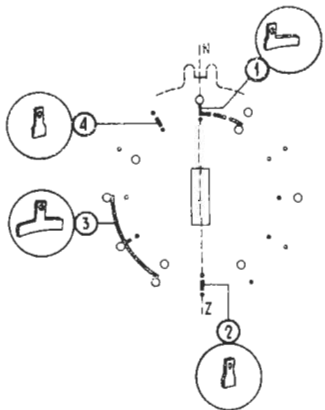
Moet het contactpunt no.4 (in figuur 6) aangebracht worden, dan kan men de lip niet bevestigen in de gaatjes gemerkt met a, maar in de volgende serie (in figuur 7). De lip kan niet in de met a gemerkte gaatjes aangebracht worden, daar lip 2 en 4 elkaar dan zouden raken. Bij 1 plaats opschuiven in de tekening fig.6 (dus in het prinscipeschema) wordt de lip 2 gaatjes verder op het segment aangebracht (zie fig. 7 lip 4). In fig. 6 is gegeven dat punt (6) niet en punt 8 wel wordt gebruikt. In figuur 7 wordt dus ook in de gaatjes c, d en e geen en in de volgende serie gaatjes wel een lip aangebracht. Op deze wijze voortgaande worden de lippen op de voorkant van het segment (dus de cirkeltjes in de buitenste kring) aangebracht. Contactpunt genummerd 16 in figuur 6 ligt 4 plaatsen verder dan contactpunt 8. Dus lip 16 moet in figuur 7 4 x 2 seriegatjes verder bevestigd worden. Op deze wijze wordt de buitenste kring van de contactpunten in figuur 6 afgewerkt. Nu zijn er dus alleen lippen aangebracht op de voorkant van het segment.



Stator met contactlippen.
Fig. 7

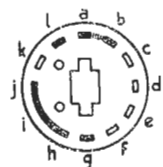
Aanbrengen van contactstukken en doorverbindingen op de rotor

Wij geven nu in fig.8 nogmaals het prinscipeschema van het schakelaarsegment weer, tesamen met de contactstukken op de rotor. In figuur 8 is contactstuk 1 gestippeld, ligt dicht bij de binnenste kring van punten en cirkeltjes en verbindt dan twee punten door.



Schema van een schakelaarsegment met bijbehorende contactstukjes.

Fig. 8



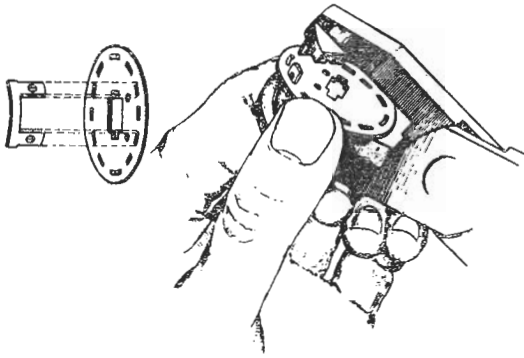
Rotor van het schakelaarsegment fig. 8.

Fig. 9

Dit contactstuk moet dus aangebracht worden in de rotor in gat a (fig.9) en aan de achterkant komt het verbindingsstuk, dat twee gaten in de rotor bedekt (de gaten a en b in (fig9). Voor het aanbrengen van de contacten doorverbindingstukken,

moet de rotor even uit de stator gesaald worden. In opening g van de rotor wordt een doorverbindingstukje aangebracht, dit is in figuur 8 aangegeven met nummer 2 (zie ook fig.10). In ope-

ning i moet een contactstuk worden geplaatst. Dat het doorverbindingsstuk in opening i moet komen, is duidelijk te zien in



Met aanbrengen van de contactstukjes in de rotor met behulp van de speciale teng.

Fig. 10

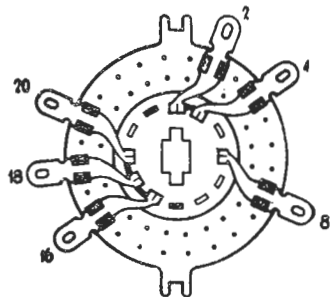
figuur 8 punt 3, waar het streepje van de buitenkring naar de binnenkring loopt. Het contactstuk moet de openingen in de rotor h en j ook bedekken en moet op de voorkant van de rotor aangebracht worden. Dit alles blijkt uit figuur 8. Doorverbindingsstuk 4 (fig. 8) wordt geplaatst in opening l (figuur 9). De rotor is nu gereed.

Het aanbrengen van de rotor in de stator

De rotor moet nu in de stator geplaatst worden, in de stand als in fig. 11 is getekend. Hierbij moet er speciaal op gelet worden, dat de rotor niet achterste voren in de stator wordt aangebracht. Dus even de getrokken en gestippelde contactstukken in fig. 8 vergelijken met de contactstukken op de rotor; de getrokken lijnen zijn contactstukken op de voorkant.

Het aanbrengen van de contactlippen op de achterkant van de stator

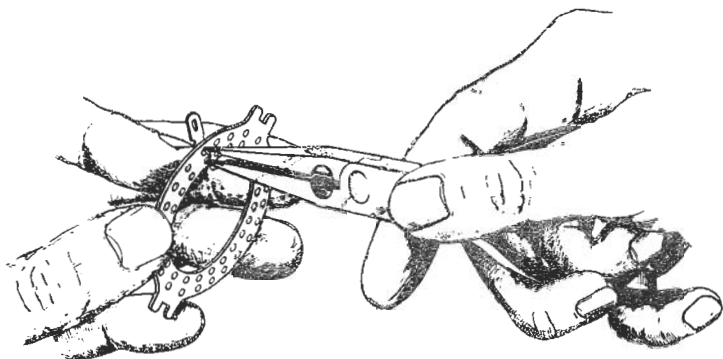
De lippen op de achterkant van de stator (dit zijn dus de cirkeltjes in de binnenste kring in het prinscipeschema) moeten nu worden aangebracht. Volgens figuur 8 (die in fig. 13a opnieuw is afgebeeld) moet het contactpunt 1 (op de binnenste kring) liggen tegenover contactpunt 4 (op de buitenste kring). De lip, die contactpunt 4 verzorgt, is



Stator van het achakelaarsegment.

Fig. 11

lip 4 in figuur 13b. Tegenover het einde van lip 4 moet dus het einde van de lip, op de achterkant van de stator komen. Brengt



Het aanbrengen van de contactlippen in de stator met behulp van de speciale tang.

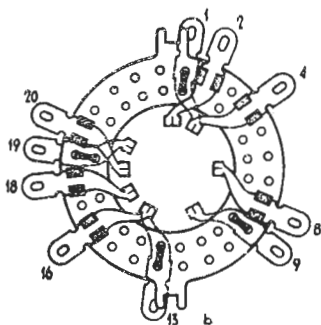
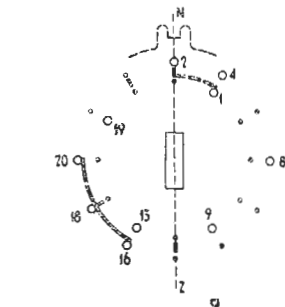
Fig. 12.

men een lip op de achterkant van de stator aan, zodat het contactpunt op de goede plaats ligt, dan komt de lip in de positie als getekend in figuur 13b, lip 1. De plaatsen van de andere lippen op de achterkant kan men nu op eenvoudige wijze bepalen. In figuur 13a is getekend, dat er na contactpunt 1, weer een contactpunt komt 4 posities verder (er zijn 3 stippen voor het volgende cirkeltje komt). Iedere stip in figuur 13a zijn 2 serie gaatjes in figuur 13b, dus lip 9 (voor contactpunt 9 in fig. 13a) krijgt de stand als in figuur 13b is getekend. Lip 13 (deze lip verzorgt contactpunt 13 in figuur 13a) komt 2 posities in figuur 13a, dus 4 serie gaatjes in figuur 13b, verder dan lip 9. Lip 19 wordt 3 posities in fig. 13a of 6 serie gaatjes in figuur 13b verder op de stator bevestigd.

Attentie: In fig. 13b is voor de duidelijkheid van de figuur de rotor niet getekend. Bij het aanbrengen van de lippen op de achterkant van de stator, moet de rotor zich dus *wel* in de stator bevinden.

In het kort de voornaamste punten samengenomen, geeft een overzicht als volgt:

a. De juiste positie van een der



a. Principechema van fig. 6.

b. Volledige stator van het schokelaarsegment.

Fig. 13

lippen op de voorkant van het segment vaststellen. Deze positie moet zo zijn, dat het einde van de lip op de plaats komt, die aangegeven is in het principeschema. Vervolgens alle lippen op de voorkant van het segment aanbrengen. Dit zijn de cirkeltjes in de buitenste kring in het principeschema. Is een contactpunt 1 plaats verder geplaatst dan het vorige (in het principeschema) dan komt de lip 2x een serie gaatjes verder.

- b. Alle contactstukken in de rotor aanbrengen, na eerst de juiste positie van een contactstuk bepaald te hebben, Dit positie bepalen van het eerste contactstuk wordt gedaan, terwijl de rotor in de stator is geplaatst. De volgende contactstukken moeten worden aangebracht, als in het principeschema is aangegeven (in de rotor zijn n.l. 12 openingen voor bevestiging van contactstukken aangebracht; deze openingen corresponderen met de punten in het principeschema). Er moet op gelet worden, dat de contactstukken, die gestipeld zijn in het principeschema, op de achterkant van de rotor komen, terwijl de met getrokken lijnen getekende contactstukken op de voorkant van de rotor moeten komen.
- c. De rotor in de stator plaatsen.
- d. De lippen op de achterkant van de stator aanbrengen. Dit wordt gedaan als beschreven is onder a (voor de lippen op de voorkant van de stator).

Als de samenstelling van een segment zo is, dat er op de voor- en achterkant van de stator, tussen 2 opeenvolgende lippen, een grotere afstand is dan 120° , dan moet een kram worden aangebracht. Dit is om de rotor goed vast te houden in de stator.

c. Controleren van een schakelaar na het vernieuwen van een of meer segmenten

Na het repareren van een schakelaar, zeker na het repareren van een golfbereikschakelaar, is het aan te bevelen de schakelaar goed te controleren. Dit kan op eenvoudige en snelle wijze als volgt worden gedaan:

Het apparaat wordt in bedrijf gesteld en daarna wordt gecontroleerd of het apparaat werkt op alle golfbereiken, of de aanwijzing van de stationswijzer nog juist is, of de gevoeligheid nog goed is, enz.

Tevens moet de schakelaar worden gecontroleerd of geen kraken optreedt, zowel bij het bedienen van de schakelaar als bij het aantikken van het frame van de schakelaar.

Hiervoor wordt het apparaat ingeschakeld zonder dat de antenne is aangesloten. Het apparaat wordt niet op een station afgestemd. Vervolgens wordt het frame van de schakelaar licht aangetikt met b.v. het handvat van een schroevendraaier (nooit aantikken met een metalen voorwerp).

Bij het optreden van kraken kan de oorzaak gemakkelijk worden vastgesteld door telkens een of ander onderdeel, hetzij afscherm-schotje of drukveer van de schakelaar, even vast te houden en na te gaan of het kraken nog optreedt. Het herstellen van de fout is dan eenvoudig.

Als kraken of slecht contact optreedt bij het normale gebruik van de schakelaar, moet men de contactlippen en contactstukken resp. op stator en rotor van het segment schoonmaken en invetten. Dit schoonmaken en invetten mag allsien worden gedaan met speciale schakelaarolie.

1. Schakelaars met rechte rotorcontacten

Voor deze schakelaar (schuifschakelaar) kunnen de gebogen rotorcontacten worden gebruikt. Deze moeten vóór het aanbrengen in de rotor voorzichtig worden rechtgebogen.

134. Het repareren van houten radiokasten

De houten radiokasten zijn zeer gevoelig voor beschadiging. Veel beschadigingen zijn vooral te wijten aan het transport. Bij de maatregelen die voor het repareren nodig zijn, onderscheiden we verschillende gevallen.

1. De laklaag is niet ernstig beschadigd, zodat de beschadiging kan worden weggeschuurd, zonder dat men enig risico loopt de laklaag geheel te verwijderen.

Men neme hiervoor een vlakke schuurkurk van 50 x 40 x 20 mm met het allerfijnste soort schuurpapier (waterproof). Schuur de beschadigde plaats zacht, onder toevoeging van zeepwater, totdat de beschadiging geheel verdwenen is. Wees vooral voorzichtig met het schuren, zodat dit niet te diep gaat. Maak de beschadigde plaats daarna met een flanellen lap goed schoon. Neem vervolgens wat polijstpasta op een zachte flanellen lap en wrijf de plaats met ronddraaiende bewegingen tot alle fijne krasjes van het schuurpapier zijn verdwenen. Schudt hierna wat witte polish op een zachte doek en wrijf dit stevig uit tot de kast blinkt. Tenslotte met een schone flanellen lap nawrijven.

2. De laklaag is niet ernstig beschadigd, maar de beschadiging is toch zo ernstig dat deze niet weggeschuurd kan worden, zonder dat de laklaag wordt verwijderd.

Als de gekleurde onderlaag nog ongeschonden is, gaat men als volgt te werk. Druppel wat blanke cellulose-lak in de beschadiging. Deze lak moet minstens een dag drogen, waarna de overtollige lak met een goede vlakke beitel wordt verwijderd. Zorg er voor, dat deze beitel zorgvuldig en met de grootste nauwkeurigheid is geslepen. Gebruik hem alleen voor het repareren van kasten en houdt hem in perfecte conditie.

Nu schuren we de kast met het allerfijnste soort schuurpapier (waterproof) en zeepwater, waarna de kast verder opgeknapt moet worden als onder 1. is vermeld.

Als de gekleurde onderlaag ook een beetje beschadigd is, moet de beschadiging met een passende kleur verf (een samenstelling van verfpoeeder, politoer plus verdunning en alcohol) worden bijgeleverd. Probeer eerst op een stuk papier of de kleur juist is. Nadat de geverfde plaats droog is, moet daarin de heldere cellulose lak worden gedruppeld. De daarop volgende handelingen zijn dezelfde als hierboven is beschreven.

3. De laklaag is zwaar beschadigd, een gat in het fineer.

Verwijder eerst eventueel losse vernis met de beitel. Laat dan met een lauw warme soldeerbout schellak van de juiste kleur in het gat druppelen. Om een passende kleur te verkrijgen, zal het dikwijls nodig zijn verschillende kleuren schellak samen te smelten. Het spreekt vanzelf, dat dit mengsel zal moeten worden gemaakt voordat het gat wordt gevuld. Men dient er rekening mee te houden dat de schellak bij het indruppelen iets donkerder wordt. Bij het opvullen moet de schellak goed worden aangedrukt. Als de schellak hard geworden is, moet de overtollige lak met de beitel worden weggestoken. Vervolgens schuren met fijn schuurpapier en daarna met het allerfijnste schuurpapier met zeepwater.

Het spreekt wel haast vanzelf, dat houten kasten die alleen gebeitst zijn, niet op bovenbeschreven manier moeten worden behandeld. Hierbij kunnen eventuele gaten met de schellak in de passende kleuren worden opgevuld. Dit moet weer gebeuren met een lauw warme soldeerbout. Kleine beschadigingen kunnen verholpen worden door een samenstelling van cellulose lak en een mengsel van verfpoeder in de passende kleuren gebruiken. Voor de afwerking van de kast boent men de kast met bijenwas.

135. Schaalaandrijving

Hieronder verstaan we zowel de aandrijving van de afstemcondensator als die van de naald van de afstemschaal.

In de service-documentaties worden steeds uitvoerige wenken verstrekt over de loop van de aandrijfkabels en snaren. Wij willen op deze plaats dan ook volstaan met het vermelden van enige praktische wenken.

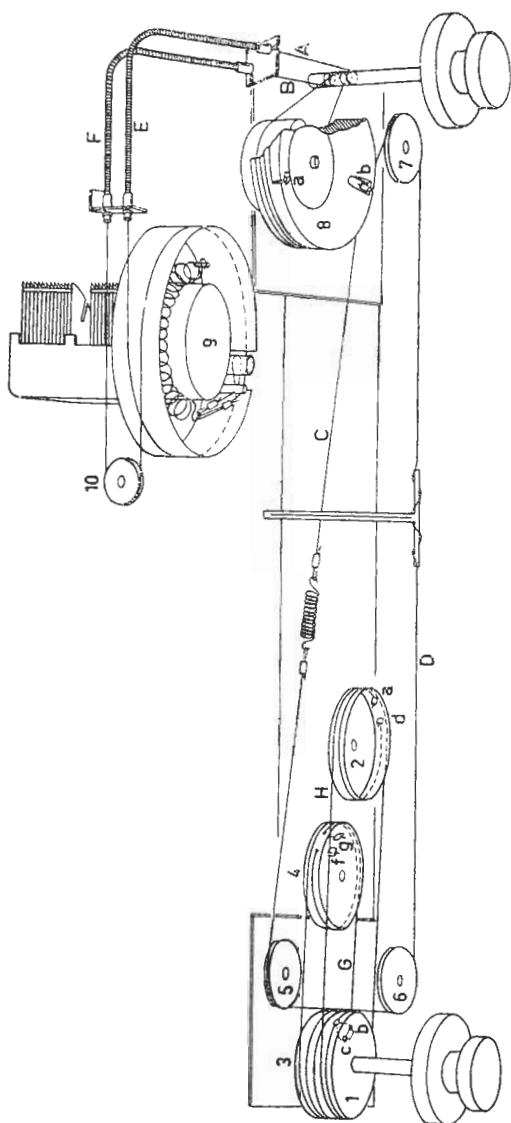
- a. Een van de veel voorkomende fouten is het slippen van de aandrijving ten gevolge van het glad worden van of te veel rek in het koord.

In de meeste gevallen is inkorten van het koord de beste remedie.

- b. Voor de aandrijving van de condensator wordt tegenwoordig meestal gebruik gemaakt van een stalen binnenkabel, die in een stalen buitenkabel loopt. Bij breuk van de binnenkabel verdient het aanbeveling ook steeds de buitenkabel te vernieuwen, aangezien de breuk van de binnenkabel dikwijls te wijten is aan een ongerechtigheid in de betreffende buitenkabel. Verder verdient het aanbeveling altijd even te controleren of de gebroken kabel langs een onderdeel geschuurd heeft, dat de breuk heeft kunnen veroorzaken.

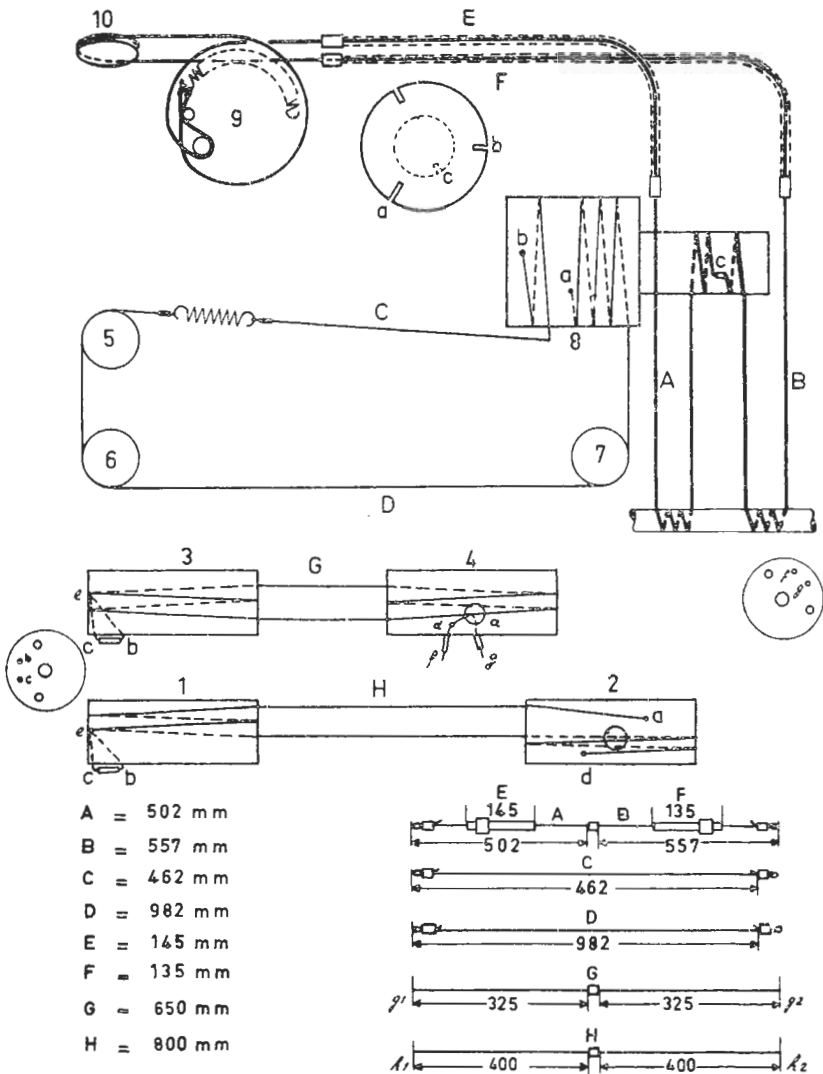
Ook uit oogpunt van storend gekraak moet altijd voorkomen worden, dat de aandrijfkabel in aanraking komt met andere onderdelen. Een voorbeeld hoe een kleine nonchalance een ernstige storing te weeg kan brengen, is dat de aandrijfkabel juist even langs een van de verbindingsdraadjes van de luidspreker loopt. Hierdoor wordt op den duur de isolatie van de luidsprekerverbinding beschadigd en kan er sluiting ontstaan, merkbaar aan een storend gekraak of wegvallen van het geluid.

In fig.14 hebben wij nog ter illustratie een tekening gegeven van de volledige condensator-aandrijving van een ontvangtoestel; in fig.15 de tekening van de condensatoraandrijving, zoals deze in de documentatie wordt gepubliceerd.



Voorbeeld van een schaal- en condensatorandrijving.

Fig. 14



Tekening van de schaal- en condensatoraanrijving van fig.14, zoals deze in de service-documentatie wordt gepubliceerd.

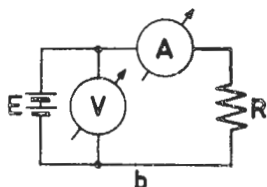
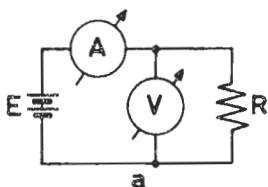
Fig. 15

SAMENVATTING

1. Een bepaald percentage van de reparaties in de Service-werkplaats zijn van mechanische aard.
2. Als algemene regel voor de smering van bewegende onderdelen geldt:
te veel smering kan zeer schadelijk zijn; steeds smere men voorzichtig en met mate.
3. Behandeld zijn de reparaties van
 - a. Electrodynamische luidsprekers.
 - b. Golfbereikschakelaars.
 - c. Houten kasten.
 - d. Schaal- en condensator-aandrijving.

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

1. Voor een bepaalde regeling heeft men een potentiometer van 50.000Ω nodig. Men heeft op dat moment alleen potentiometers van $0,45 \text{ M}\Omega$ in voorraad. Verder beschikt men over een complete reeks van vaste weerstanden. Kunt U aangeven op welke wijze dit probleem kan worden opgelost?
2. Voor de afvlakking in het voedingsgedeelte, waarvan een gelijkstroom van 90 mA betrokken wordt, is een smoorspoel van 4 Henry-100 mA nodig. Aangezien deze smoorspoel niet in voorraad was, werd er een gebruikt van 8 Henry-60 mA . Na de reparatie bleek het toestel op alle stations een hinderlijke bromtoon te hebben. Wat zal hiervan de oorzaak zijn en verklaar dit.
3. In onderstaande schakelingen worden dezelfde batterijen, weerstanden en meters gebruikt. De weerstand van de voltmeter V is 600Ω ; de weerstand van de mA-meter A is 10Ω . De batterij heeft een EMK van $4,5 \text{ V}$ en een inwendige weerstand van 5Ω . Gevraagd wordt de stromen en spanningen, die de meters in beide gevallen aanwijzen.



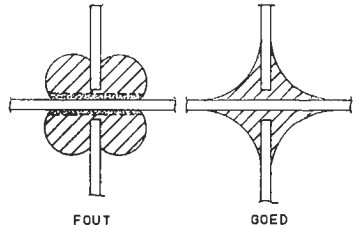
136. Resumerend overzicht van de storingsdeterminatie

In de voorgaande lessen hebben wij de principes, waarop de verschillende functies van de buizen berusten, behandeld. Vele storingsoorzaken zijn in de tekst en in de vorm van vraagstukken vermeld. Tevens hebben wij bij de behandeling van de signaltracer beschreven, op welke wijze met dit instrument op een logische manier een fout kan worden opgespoord.

Uit een en ander bleek, dat in een ontvangtoestel of versterker talloze mogelijkheden van storing schuilen. Volledige beschrijving van alle fouten, die kunnen optreden, heeft dan ook geen zin en zou zelfs voor een eenvoudige schakeling ondoenlijk zijn. Immers tussen alle aansluitpunten van de onderdelen kunnen sluitingen en onderbrekingen voorkomen. In de praktijk komen ze gelukkig slechts op weinig punten voor, *maar men moet met alle mogelijkheden rekening houden*. Een gulden regel voor de Service-man is, dat men niets als vaststaand moet aannemen, indien het er om gaat een fout op te sporen. Ter illustratie 2 voorbeelden:

a. Als een verbinding tussen 2 punten gevormd wordt door een stuk geïsoleerd draad, dan neemt men al gauw aan dat dit een geleidende verbinding zal zijn. Toch komt het voor, dat men zich hiermede vergist en bij onderzoek blijkt, dat de draad binnen de isolatie onderbroken is.

b. Het komt nog al te veel voor dat een ogenschijnlijk goed soldeercontact een slecht contact blijkt te zijn. Het contactpunt is dan weliswaar geheel omgeven door de soldeerdruppel, in de kern vande druppel blijken echter de verbindingen geen of slecht contact te hebben (zie fig. 1).



Voorbeeld van een slecht en een goed soldeercontact.

Fig. 1

Zoals wij vooral in les 28 hebben geschreven, is het voor het storingsonderzoek een eerste vereiste, dat men systematisch te werk gaat. Alleen dan zal men tot een efficiënt repareren van een apparaat komen. Vooral de beginner en de ongeoefende moet al metende (en fouten makende) zijn ervaring opdoen en door deze ervaring zal zijn snelheid van werken en zijn conclusies na het constateren van bepaalde verschijnselen beter worden.

Voor een storingsonderzoek dienen wij in de eerste plaats de symptomen resp. de aard van de fout vast te stellen. In de regel zal deze fout door de klant worden vermeld. Soms echter is deze opgave niet juist of onvolledig, zodat het altijd aanbeveling verdient

om, alvorens met het zoeken naar de mogelijke fouten te beginnen, zich eerst een duidelijk beeld van de opestaande afwijkingen te vormen.

Hierbij kunnen wij de verschnijnselen gemakshalve in een beperkt aantal hoofdgroepen onderscheiden:

- I Apparaat werkt niet
- II Gevoeligheid resp. geluidssterkte te zwak.
- III Werkt met onderbrekingen.
- IV Selectiviteit onvoldoende.
- V Krakende bijgeluiden.
- VI Brom.
- VII Vervorming van de weergave.

Er zijn ongetwijfeld nog andere fouten, die echter meestal als nevenverschijnselen van de groepen III, V, VI en VII beschouwd kunnen worden.

Andere fouten zoals bijv. 'afstemindicator werkt niet' laten wij buiten beschouwing, aangezien het localiseren van een dergelijke fout meestal vrij eenvoudig is. Het is mogelijk, dat de afstemindicator niet of slecht werkt bij een fout van groep II. In dat geval zal het euvel echter verholpen zijn, als de gevoeligheid van het toestel weer in orde is.

Wij zullen thans het localiseren van de fouten van bovenstaande groepen op systematische wijze volgen.

I. Apparaat werkt niet

*1. Apparaat aansluiten op de juiste voedingsspanning *) (netspanning, accu of batterij) en met de bijbehorende buizen op een buitentenne beproeven.*

a. Werkt het apparaat niet goed, dan:

de buizen vervangen dooreen stel service-buizen en eventueel een andere luidspreker proberen (indien aanwezig, op de extra luid-

*) Ontvangtoestellen voor netvoeding sluite men bij voorkeur aan via het Universeel Meetapparaat GM4257. In dat geval meet men onmiddellijk de primair opgenomen stroom. Uit deze meting kan men reeds direct enige nuttige conclusies trekken:

Als er een sluiting of onderbreking in het voedingsgedeelte is, zal het stroomverbruik aanzienlijk hoger of lager dan de normale waarde zijn (deze waarde wordt in elke Service Documentatie vermeld). Deze voorlopige proef heeft vooral zin als de ontvanger niet werkt of de weergave te zwak is, aangezien in vele gevallen de oorzaak van de fout in het voedingsgedeelte of in een van de ontkoppelcondensatoren van de voedingsspanning schuilt. Bovendien heeft deze methode het voordeel, dat bij G/W-apparaten het chasis aan aarde kan worden gelegd.

sprekerbussen aansluiten).

De fouten inde buizen of de luidspreker zijn nu uitgeschakeld of gelocaliseerd.

- b. Werkt het apparaat normaal, dan in bedrijf laten en in observatie houden.

2. *Nagaan of gramfoonweergave mogelijk is.*

Bij apparaten zonder gramfoonopnemerbussen kan de opnemer worden aangesloten aan de vaste klemmen van de volumeregelaar; bij gelijkstroom/wisselstroomapparaten echter in elke leiding een condensator van 0,1 μ F opnemen.

- a. Is gramfoonweergave mogelijk, dan moet de fout in het MF- of HF-gedeelte worden gezocht. In dat geval onderzoeken men dit gedeelte op systematische wijze met behulp van de signaltracer (zie les 28).
- b. Is gramfoonweergave niet mogelijk, dan moet de fout in het LF-gedeelte of het voedingsgedeelte gezocht worden.

3. *Geen gramfoonweergave*

Spanning meten over de tweede electrolytische condensator van het afvlakfilter. (Bij batterij-apparaten de spanning meten achter de batterijschakelaar).

- a. Als de spanning normaal is, is blijkbaar het voedingsgedeelte in orde. In dat geval het LF-gedeelte systematisch onderzoeken met behulp van de signaltracer.
- b. Is er geen spanning over de electrolytische condensator of wijkt deze spanning aanzienlijk af van de waarde, die in de Service Documentatie wordt gepubliceerd, dan moet de fout in het voedingsgedeelte worden gezocht.

Mogelijkheden zijn:

Netsnoer

Veiligheidscontact

Netschakelaar

Spanningscarroussel

Nettransformator

Slecht contact of onderbreking in de houder van de gelijkrichtbuis.

Sluiting in een ontkoppelcondensator, die met de positieve spanning is verbonden, enz.

Sluiting in een van de afvlakcondensatoren.

Onderbreking van de afvlakweerstand.

Defecte triller, in een toestel met accuvoeding.

II. *Gevoeligheid resp. geluidsterkte zwak*

1. *Een stel Service-buizen in het ontvangtoestel plaatsen*

Blijkt het toestel dan in orde, vaststellen welke buis defect is en uitwisselen. Indien niet in orde:

2. *Andere luidspreker aansluiten*

Indien de werking dan normaal is, moet de fout in de luidspreker (of de luidsprekertransformator) gezocht worden.

Als de fout blijft:

3. Het toestel op gramfoonweergave beproeven

Indien deze niet normaal is, moet de fout in het LF-gedeelte of voedingsgedeelte worden gezocht. In het voedingsgedeelte onderzoeken wij de fout met behulp van spanningsmetingen; in het LF-gedeelte gebruikte men de signaltracer. Indien wel normaal:

4. HF- en MF-gedeelte met behulp van de signaltracer controleren

Indien de fout niet aan een defect onderdeel (b.v. MF-bandfilter) is te wijten, zal het ontvangtoestel hoogstwaarschijnlijk ontregeld zijn.

III. Werkt met onderbrekingen

1. Toestel in observatie houden.
2. Als de fout optreedt, te werk gaan volgens I.

IV. Selectiviteit onvoldoende

Toestel opnieuw trimmen volgens de aanwijzingen in de Service Documentatie. Meestal zal het trimmen van het MF-gedeelte voldoende zijn.

V. Krakende bijgeluiden

1. De buizen vervangen door een stel Service-buizen. Als de fout blijft:
2. Vanaf de antenne de verschillende trappen achtereenvolgens buiten werking stellen. Dit kan geschieden door uitnemen van de resp. buizen of (in een gelijkstroom/wisselstroomontvanger en universele ontvanger) door het achtereenvolgens kortsluiten van de roosterkringen. (Als de negatieve rooster spanning voor de eindbuis betrokken wordt van een weerstand in de minleiding, mag hiervan het rooster niet kortgesloten worden).
Is de storing verdwenen, dan:
3. Het betreffende gedeelte van het ontvangtoestel op krakende contacten controleren. Dit kan men het beste doen door aantikken met het heft van een geïsoleerde schroevendraaier, waarbij men dus geen risico loopt om sluiting te veroorzaken.
4. Als de storing blijft bestaan, alle onderdelen die tot kraken aanleiding kunnen geven, controleren. De oorzaken kunnen vooral zijn:
krakende volumeregelaars (koolbandje vetvrij houden),
vuil en stofjes tussen de platen van de afstemcondensator (uitbranden op een hoge spanning; zie les 29, par. 90-3g),
golfbereikschakelaar (contacten reinigen en smeren met de speciaal daarvoor bestemde schakelaarolie,
contacten van de buishouders,
soldeercontacten.

Hierbij verdient het wel aanbeveling zich ervan te vergewissen, dat de kraakstoring in het ontvangtoestel zelf wordt opgewekt. Het is n.l. ook mogelijk dat deze storing wordt veroorzaakt door een of ander electrisch apparaat buiten het ontvangtoestel (b. v. een schakelaar van het lichtnet, electromotor, electrische tram enz). Deze storingen zullen verdwijnen, zodra de antenne-aansluiting van het ontvangtoestel tegen chassis wordt kortgesloten.

VI. Brom

1. Voedingsgedeelte controleren; parallel aan de afvlakcondensatoren een goede electrolytische condensator aanbrengen. Indien de fout niet verdwijnt, dan:
2. De buizen vervangen door een stel Service-buizen. Verdwijnt de fout niet, dan:
3. Alle chassis (aard)-verbindingen controleren.

VII. Vervorming van de weergave

1. De buizen vervangen door een stel Service-buizen. Als de fout blijft optreden, dan:
2. Andere luidspreker aansluiten. Blijft de fout nog bestaan, dan:
3. De stromen en spanningen van het LF-gedeelte nameten. In vele gevallen kan de oorzaak schuilen in een koppelcondensator met een te kleine isolatieweerstand.

In de tabel op blz. 9 hebben wij de zojuist beschreven procedure nog eens op systematische wijze samengevat.

Als men de reparatie heeft uitgevoerd en het chassis weer in de kast is geplaatst, make men er een gewoonte van het apparaat aan een laatste controle te onderwerpen. Men lette daarbij op de volgende punten:

Lopen de knoppen vrij van de kast?
Zijn de knoppen goed bevestigd?
Staat de wijzer in de juiste stand, zodat de afstemming klopt?
Probeer nog even op alle golfbereiken de schakelaars en knoppen.
Poets altijd nog even de kast op, zodat de klant reeds terstond bij het ontvangen van het apparaat een aangename indruk krijgt.

Practische wenken voor de uitvoering der reparaties en het uitwisselen van onderdelen.

De volgende punten moeten bij reparaties en het uitwisselen van onderdelen steeds in acht worden genomen:

1. Na de reparatie moet de bedrading en eventuele afscherming steeds in de oorspronkelijke toestand worden teruggebracht.
2. Veerringetjes, sluitringetjes en isolatiemateriaal moeten precies als voor de reparatie worden aangebracht.
3. Klinknagels en felsbusjes, waarmede een onderdeel was bevestigd, steeds door boutjes en moertjes vervangen.

4. In compound gedompelde condensatoren op minstens 1 cm van het compound solderen.
5. Weerstanden altijd zo vrij mogelijk ophangen (in verband met de warmte-ontwikkeling).
6. Het chassis nooit aan de spoelbussen optillen.
7. Nooit het bovenvlak van Philite-kasten als nandvat gebruiken, doch het apparaat met beide handen aan de onderzijde optillen.
8. Het apparaat nimmer op de knoppen laten steunen.

137. Netstoringen

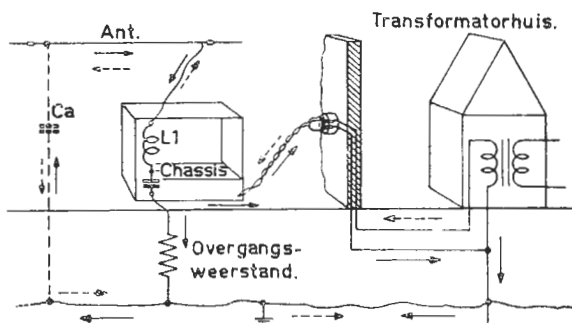
Onder deze verzamelnaam verstaat men alle soorten storingen, die op het elektrische net ontstaan door schakelmanipulaties, waarbij vonkvorming optreedt. De vonkvorming wekt een elektrische storing op, die via het net op het ontvangtoestel wordt overgedragen. Deze overdracht is het sterkst,

indien het ontvangtoestel rechtstreeks met het net verbonden is, zoals o.v. in ontvangtoestellen voor gelijkstroom/wisselstroomvoeding. In fig. 2 wordt getoond, op welke wijze de stoorspanningen van het net op het rooster van de eerste buis in het toestel kunnen terecht komen, als de aardleiding een bepaalde impedantie heeft. De kringloop van de storende stromen wordt aangegeven door gestippelde pijlen, de getrokken pijlen geven de kringloop van de stroom weer, die afkomstig is van de antenne.

In fig. 3 is hetzelfde beeld getekend, echter voor het geval dat het ontvangtoestel van een goede aardleiding is voorzien. De storende stromen lopen nu door de aardverbinding en niet meer door de antennespoel L1, zodat de storing aanzienlijk minder zal zijn.

Het is daarom belangrijk om de impedantie van de aardleiding zo gering mogelijk te maken, ook voor de hoogste frequenties. Aarding aan de gasleiding of aan de centrale verwarming heeft bijna steeds slechte resultaten, omdat deze een te grote impedantie hebben, resp. onderweg naar het aardpunt storingen opvangen.

Bij apparaten met wisselstroomvoeding is de overdracht van storingen uit het net in het algemeen veel minder, doorde aanwezigheid

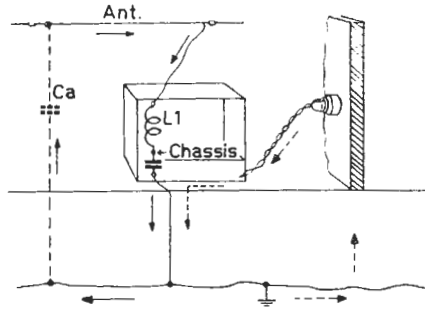


Schematische voorstelling van de overdracht van storingen uit het net op het ontvangtoestel. De loop van de netstoringen is met gestippelde pijlen aangegeven, de stroom die afkomstig is van de antenne door getrokken pijlen.

Fig. 2

van je nettransformator. Toch verdient het ook bij deze ontvangtoestellen aanbeveling een goede aardleiding te gebruiken.

In vele gevallen kan de storing zo hevig zijn dat extra maatregelen moeten worden getroffen. Deze maatregelen kunnen bestaan uit het ontstoren van het betreffende storende apparaat, speciale storingsvrije antenne enz.



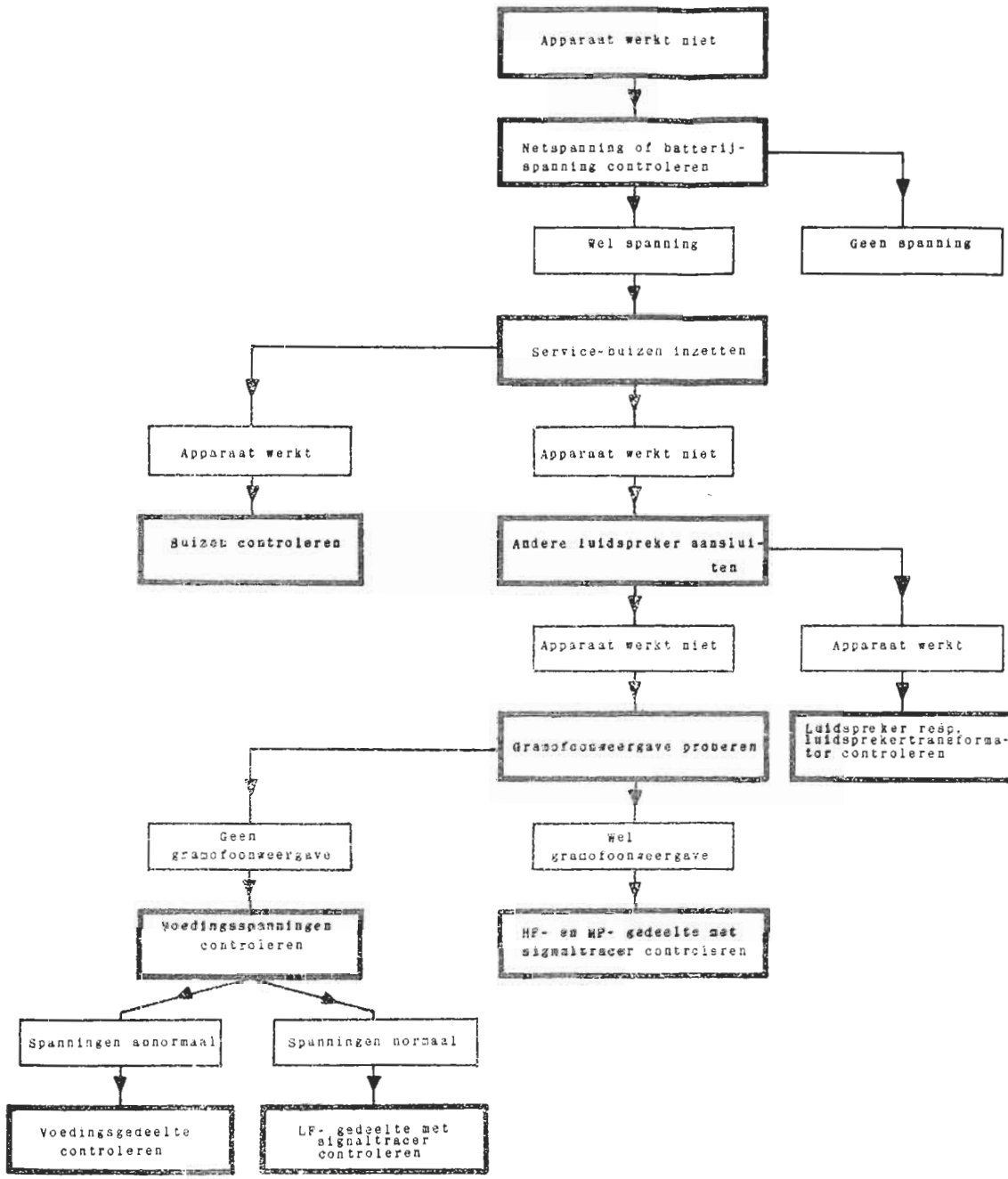
Schematische voorstelling van het stroomverloop van netstoringen bij gebruik van een ideale aardverbinding.

Fig. 3

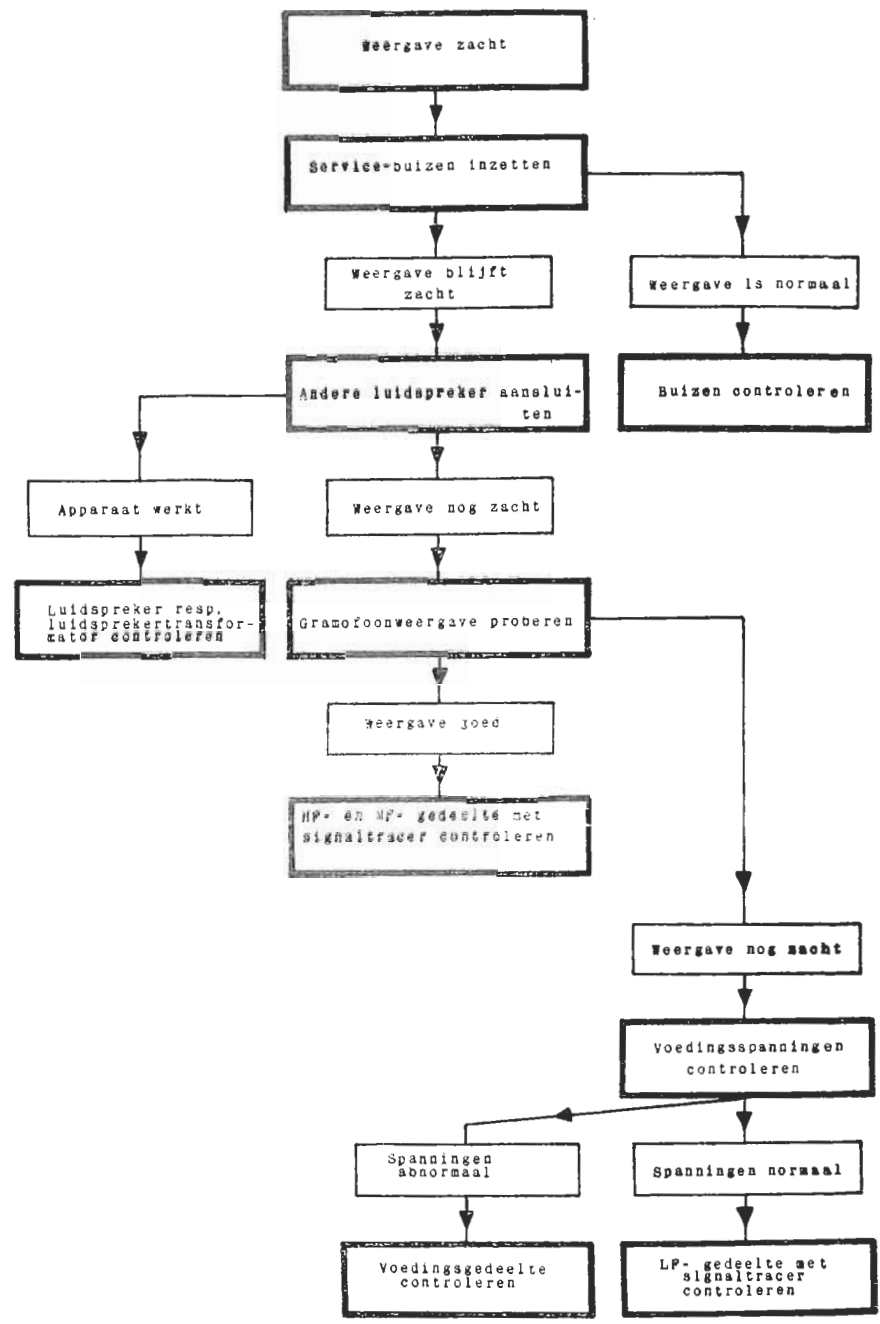
SAMENVATTING.

1. Een eerste vereiste voor een efficiënt storingsonderzoek is, dat men systematisch te werk gaat.
2. Alvorens de storingsdeterminatie met de signaltracer-methode te beginnen, worden eerst enige eenvoudige controles uitgevoerd, waarmee globaal bepaald wordt in welk gedeelte van de ontvanger de fout zit.
3. Kraakstoringen kunnen zowel in als buiten het ontvangtoestel worden veroorzaakt.
4. Kraakstoringen buiten het ontvangtoestel worden onderscheiden in:
 - a. *Netstoringen*, waarbij de storingen hoofdzakelijk via het net het ontvangtoestel binnendringen.
 - b. *Kraakstoringen*, die hoofdzakelijk via de antenne binnenkomen (tramstoring, antenne-installatie, enz).

I

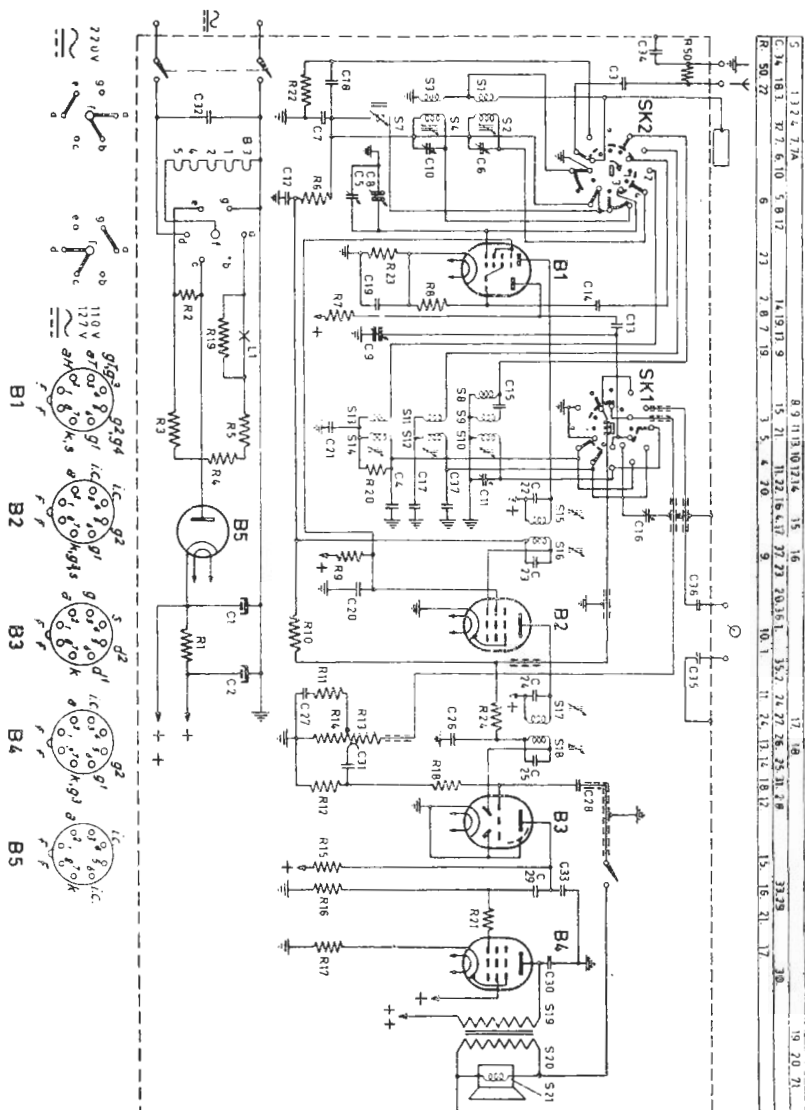


II



Vragen en Vraagstukken.

1. Een ontvangtoestel voor GW-voeding met het schema van fig. 4 is geschakeld voor aansluiting op 220 V netspanning. Het toestel werkt niet; ook niet na vervanging van de buizen door een stel Service-buizen. Er wordt geen spanning gemeten aan de condensator C2. Wat kan de oorzaak zijn?
2. Hetzelfde ontvangtoestel werkt wel op 110 V netspanning, doch niet op 220 V. Waar zal nu de fout schuilen?
3. Het bovengenoemde ontvangtoestel werkt in het geheel niet. Na een systematisch onderzoek, blijkt een onderbreking in de verbinding van R21 met de roosteraansluiting van B4 de oorzaak te zijn. Beschrijf in volgorde de controle-metingen die nodig zijn om tot het localiseren van de fout te komen.
4. Teken het schema van fig. 4 voor het middengolfgebied tot aan de MF-buis.



Principeschema van een ontvanger voor gelijkstroom/wisselstroomvoeding.

Fig. 4

138. Inrichting van de werkplaats

Als een apparaat gerepareerd moet worden, zal het de eigenaar interesseren te weten, dat zijn toestel, wat voor hem een kostbaar bezit is:

1. in vertrouwde handen is en goed gerepareerd wordt,
2. snel gerepareerd wordt,
3. tegen een redelijke prijs gerepareerd wordt.

Het is daarom nuttig, Uw klanten te laten weten, dat Uw werkplaats prima verzorgd en geoutilleerd is. U kunt dit doen op verschillende manieren:

- a. door ervoor te zorgen, dat Uw klanten de werkplaats zien, d.v. door tussen winkel en werkplaats een glazen schot aan te brengen;
- b. door op rustige ogenblikken Uw klant de werkplaats persoonlijk te tonen;
- c. door adverteren (voor toekomstige klanten).

De tijd, dat de werkplaats door de klant beschouwd werd als een (doorgaans duister) domein der magische kunst, is voorbij.

Wij zullen ons in deze les bepalen tot wenken voor de inrichting van de werkplaats zelf. In de volgende lessen zullen wij nader ingaan op de gereedschappen en de elektrische inrichting van de werkplaats. Wij zijn daarbij uitgegaan van gemiddelde omstandigheden, zowel wat accommodatie als klimaat betreft.

Bepaling van de juiste grootte van de werkplaats

In het algemeen zal men niet vrij zijn in de keuze van de afmetingen van de werkplaats. Als richtlijn kan men echter aanhouden, dat de compleet ingerichte werkplaats minimaal een vloeroppervlakte moet hebben van $6\frac{1}{2} \text{ m}^2$ (70 sq. ft.) plus $6\frac{1}{2} \text{ m}^2$ (70 sq. ft.) voor elke reparateur. Dit betekent dus voor een werkplaats met ruimte voor:

- 1 reparateur : $6\frac{1}{2} + 1 \times 6\frac{1}{2} = 13 \text{ m}^2$ (140 sq. ft.)
 2 reparateurs: $6\frac{1}{2} + 2 \times 6\frac{1}{2} = 19\frac{1}{2} \text{ m}^2$ (210 sq. ft.)
 3 reparateurs: $6\frac{1}{2} + 3 \times 6\frac{1}{2} = 26 \text{ m}^2$ (280 sq. ft.)
 enz.

Indeling van de werkplaats

Om in het oegin onnodig gesleepmet werktafels en rekken te voorkomen, wordt eerst de plattegrond van de werkplaats nauwkeurig op schaal op een vel millimeterpapier uitgezet. Men kan d.v. voor elke meter een schaallengte van 5 cm aannemen (voor 3 ft. d.v. 2"). Vervolgens wordt de plattegrond van alle kasten, tafels en rekken op dezelfde schaal op een ander stuk papier uitgezet, waarna alle 'meubels' worden uitgeknipt. Door deze stukjes papier op de plattegrond te leggen, kan men dus de hele werkplaats 'op papier' inrichten.

Alvorens hiertoe over te gaan, verdient het aanbeveling, alle lessen over de werkplaatsinrichting geheel door te lezen, zodat bij het inrichten met alle daarin verwerkte gegevens rekening kan worden gehouden.

Bij het plaatsen van het meubilair dient er vooral op gelet te worden, dat:

1. de weg die de te repareren apparaten in de werkplaats moeten afleggen, zo kort mogelijk is;
2. zoveel mogelijk daglicht - bij voorkeur van boven of van rechts op zij - op de werktafels valt;
3. een aesthetisch geheel wordt verkregen;
4. een in ieder opzicht logische en overzichtelijke opstelling wordt bereikt.

Stelt U zich voor dat U in de nieuwe werkplaats een apparaat van A - Z moet repareren. Hebt U dan alles in Uw onmiddellijk bereik, wat voor de reparatie nodig is? Is er ruimte om een radiogrammofoon te repareren? Is er een aparte tafel voor reparatie van Philipsaves, platenwisselaars, en luidsprekers gereserveerd?

Afwerking van muren, plafonds, enz.

Wanneer eenmaal de definitieve plaats voor de werktafels en de verlichting bepaald is, kan worden overgegaan tot eventuele kleine verbouwingen en daarna tot het leggen van de nodige elektrische leidingen, antennekabels en aardleidingen. Deze dienen bij voorkeur in de muren verwerkt te worden, dit is echter niet strikt noodzakelijk. Het opzet wordt met het leggen van de kabels begonnen, zodat beschadiging van muren e.d. nog gemakkelijk gerepareerd kan worden.

Na het leggen van de leidingen krijgen eerst het plafond en de muren een goede beurt. Men kan moeilijk verwachten in een ruimte met afbrokkelende muren een keurige werkplaats te realiseren. Bovendien werkt het veel aangener in een goed afgewerkte ruimte dan in een slordige omgeving.

Alle losse brokken uit plafond en muren worden verwijderd en de gaten worden gestopt. Indien het plafond zeer slecht is, kan het beter in zijn geheel verwijderd en vervangen worden door platen zacht-board. Dit is een materiaal met uitstekende geluiddempende eigenschappen; het is betrekkelijk goedkoop en gemakkelijk te verwerken. Het zacht-board heeft een gering nadeel, het zet iets uit als het vochtig wordt. Zorgt U daarom, dat de platen iets vochtig zijn, voor U ze aanbrengt (vooral niet nat maken, doch gedurende een nacht in een enigszins vochtige ruimte zetten), ze trekken dan bij het uitdrogen keurig strak.

Nadat alle vlakken zijn afgewerkt, wordt overgegaan tot het witten, sausen of schilderen. Elke benadering heeft zijn voor en nadelen.

Witten geeft een zeer lichte ruimte, net materiaal geeft echter af en kan daarom beter niet voor muren worden gebruikt.

'Saus' is in veel kwaliteiten in de handel. Goede soorten geven niet af. Het is goedkoop en wordt daarom veel gebruikt. Gebruik echter een lichte tint.

Schilderen met niet-glimmende of halfmatte verf is onder alle omstandigheden de meest duurzame benadeling. Het schilderen van muren (kalk) en plafonds is echter een werk, dat door de vakman moet gebeuren.

Bij de keuze van de juiste kleur is de ligging van de werkplaats doorslaggevend. In donkere werkplaatsen gebruikte men voor de wanden zonnige kleuren, zoals creme en geel. Voor zonnige werkplaatsen gebruikte men koele kleuren, zoals b.v. blauwgrijs.

Vloeren

Als de werkplaats een houten vloer heeft, is de goedkoopste oplossing de vloer goed schoon te maken en te beitsen, b.v. in een donkergrijze kleur. Beter is een speciale vloerverf, welke in het hout trekt. Vloeren, welke gebeitst of geverfd worden, moeten beitsd vrij zijn van verf- en olievlekken, daar op deze plaatsen de beits of verf niet houdt.

Zeer goed is een vloerbedekking van effen linoleum, hetgeen echter vrij duur is. Nog beter, echter ook duurder, is een vloerbedekking van rubber. Indien verkrijgbaar, zijn ook asfalttegels zeer goed.

In alle gevallen verdient het aanbeveling, voor iedere werktafel een rubbermat te leggen van ca. 1,50 x 0,75 m (5 x 2½ ft.), zodat de reparateur zowel electrisch als thermisch van de vloer is geïsoleerd.

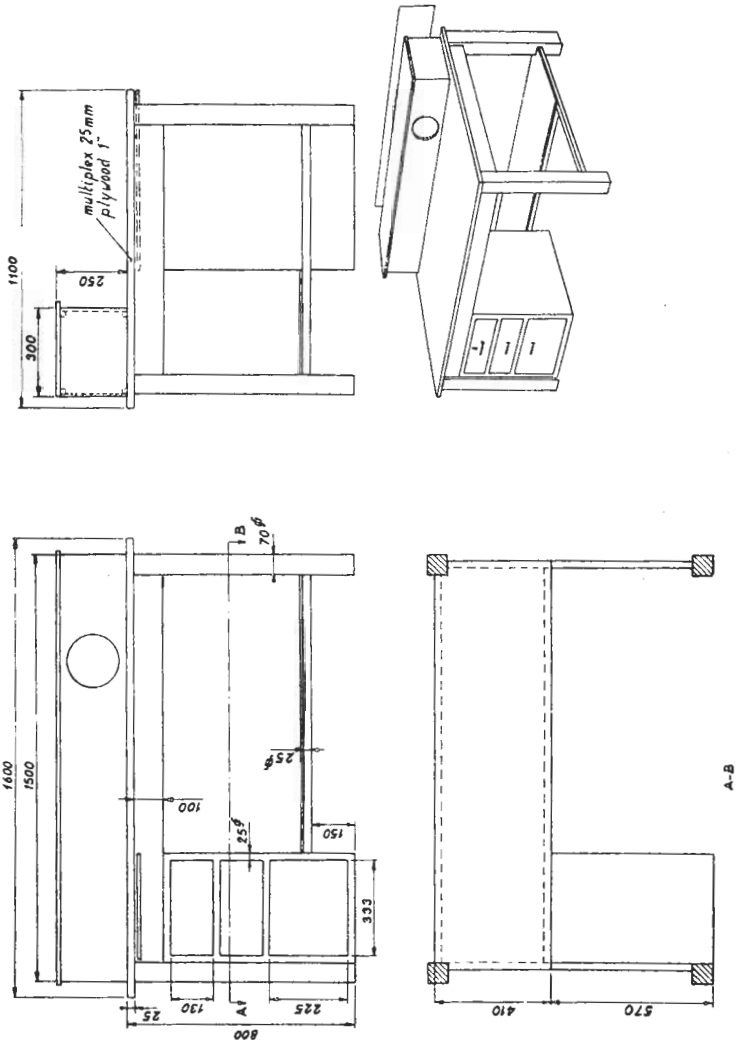
139. Meubilair van de werkplaats

Het voor de werkplaats benodigde meubilair bestaat uit:

- a. werktafel(s) voor radioreparaties;
- b. werkoank voor mechanisch werk;
- c. tafel voor reparaties aan luidsprekers, Philipsnaves, enz.;
- d. (eventueel) tafel voor politoerwerk, in- en uitpakken van apparaten;
- e. kast voor reserve-onderdelen en materiaal;
- f. kast voor documentaties enz.
- g. rekken voor de te repareren en gerepareerde apparaten;
- h. indien nodig, een rekje voor meetapparatuur.

ad a. Werktafel voor radioreparaties

Voor elke reparateur is een werktafel nodig, welke aan de achter-



Werktekening van een werktafel voor radio reparaties.

Fig. 1

zijde van een verhoging is voorzien. Op deze verhoging kan de meet-apparatuur worden geplaatst, waardoor de meters voor de reparateur op ooghoogte komen. Een voorbeeld van een werktafel, die in de praktijk zeer doelmatig is gebleken, is in fig. 1 afgebeeld.

De in de tafel aangebrachte laden worden meestal als volgt ingedeeld:

bovenste lade : enig hand gereedschap, b.v. drie schroevendraaiers, lange bektang, combinatietang en zijsnijtang. Eventueel een of meer doosjes met een grijpvoorraad van weerstanden, persblok- en electrolytische condensatoren. Voor grotere werkplaatsen verdient het aanbeveling deze elektrische onderdelen centraal te bewaren.

Voor het opbergen van weerstanden en condensatoren gebruikte men repen golfcarton. Hierop legt men in volgorde de weerstanden en condensatoren, waarna de uitlopers (aansluitdraden) om het carton worden gebogen (zie fig. 2).

middelste lade: Hierin wordt op een hoogte van 2 1/2 cm (1") van de bodem een door klosjes ondersteunde en van gaten voorziene triplexplaat aangebracht. In de gaten wordt een complete serie service-ouizen geplaatst. Het verdient aanbeveling, deze ouizen door een opvallende kleur te merken, zodat zij niet per ongeluk in een gerepareerd apparaat blijven zitten.

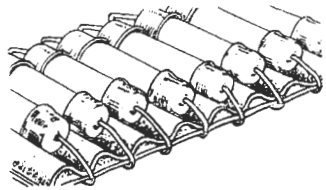
onderste lade : inrichting naar verkiezing.

Boven de laden is een uitschuifbare plank aangebracht, waarop tijdens het repareren de service-documentatie kan worden gelegd.

Achter het gat in de verhoging van de bank wordt een passende luidspreker aangebracht, welke via een uitgangstransformator op de aansluitbussen aan de voorzijde van de verhoging wordt aangesloten. Bij gebruik van het schema van fig. 3 is geen aparte omschakelaar nodig voor hoogohmige en laagohmige aanpassing.

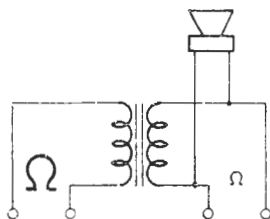
Tevens worden in de voorzijde van de verhoging een aantal bussen voor aarde en antenne aangebracht (zie ook onder 'Antenne' in les 42). Vooral wanneer men veel B-apparaten (apparaten, gevoed uit droge batterijen) moet repareren, verdient het aanbeveling, in de verhoging tevens een gecombineerde anode-gloeistroombatterij aan te brengen. In het voorpaneel wordt dan een aansluitplaatje uit een oude anodebatterij aangebracht, dat via snoertjes en een passende stekker met de batterij wordt verbonden.

Rechts op de werktafel bevindt zich een houder voor de soldeerbout. Deze houder, welke voorzien is van een stuk staalborstel (vijlenborstel) voor het schoonvegen van de soldeerbout, is op eenvoudige



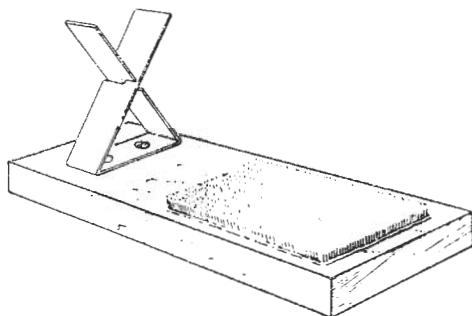
Schets van een reep golfcarton voor het opbergen van weerstanden en condensatoren.

Fig. 2



Principeschema van de omschakeling voor hoogohmige en laagohmige luidsprekers.

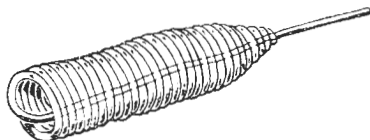
Fig. 3



Schets van houder voor de soldeerbout met staalborstel.

Fig. 4

wijze te maken (zie fig. 4) (zie ook gereedschap No. 5 - Les 41). Voor het solderen wordt uitsluitend gebruik gemaakt van narskernsoldeer. Dit is soldeer in de vorm van een dun buisje, gevuld met nars. Het wordt geleverd in klossen, waarvan voor het gebruik stukken van ca 1,25 m (4 ft.) worden afgenomen. Deze stukken worden met behulp van een potlood opgewonden, zoals aangegeven is in fig. 5. Het soldeer is nu gemakkelijk vast te houden en tijdens het gebruik kan men de draad van het vrije einde uittrekken. Voor reparatie van radiogrammofoons wordt veel gebruik gemaakt van een zeer kleinen laag werkbankje op wielen, dat naast het apparaat kan worden gereden. Hetzelfde idee vindt ook veel toepassing bij reparatie en inbouw van autoradio's. Het werkbankje olijft dan met een stevige kabel (met aarddraad!) met een stopcontact in de werkplaats verbonden.



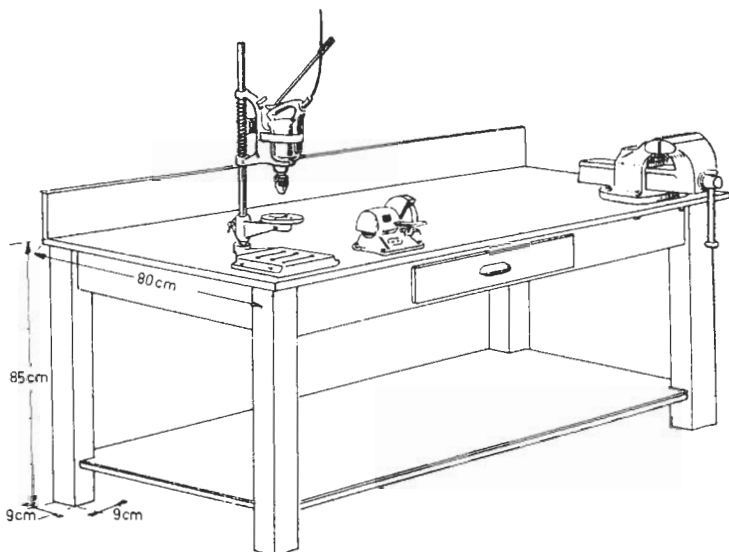
Soldeerspiraal.

Fig. 5

Bankwerk, zoals slijpen, vijlen en boren mag nimmer op de werktafel worden uitgevoerd; dit dient op een speciale werkbank voor mechanisch werk te geschieden.

ad b - Werkbank voor mechanisch werk

In elke werkplaats dient een dergelijke werkbank aanwezig te zijn. Uit fig. 6 blijkt, dat deze bank aanmerkelijk zwaarder is uitgevoerd dan de werktafel a. Teneinde trillingen en lawaai zoveel mogelijk tegen te gaan, wordt de bank geheel vrij van de muur opgesteld. Op het blad worden een bankschroef, een tafelloormachine en een bij voorkeur elektrisch aangedreven slijpsteen gemonteerd. De bank wordt voorzien van een flinke lade, waarin klein gereedschap, zoals boren, tappen, taphouder, enz. wordt bewaard. Boren en tappen

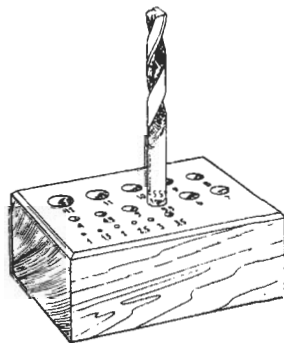


Schets van een werkbank voor mechanisch werk.

Fig. 6

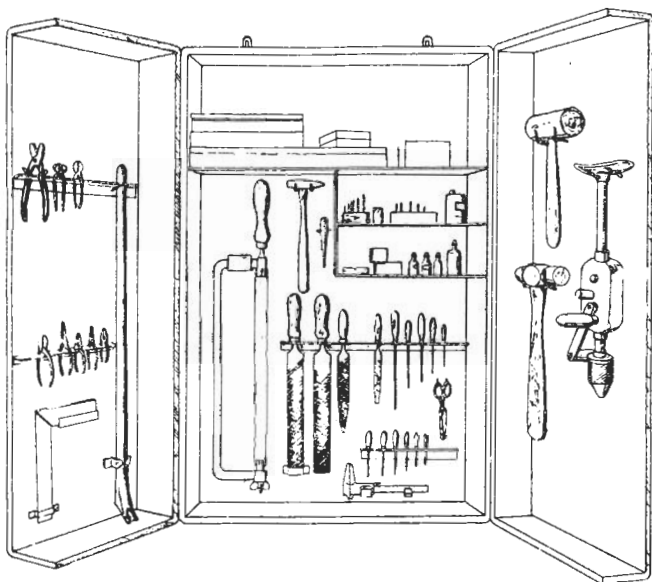
oewaart men het beste in een blok hard hout (o.v.v. beuken, vooral geen eikenhout gebruiken; dit bevat zuren, welke het materiaal kunnen aantasten), waarin voor elke door resp. tap gaten zijn geboord. (zie fig. 7). Op deze wijze hoeft men niet lang naar een oor of tap te zoeken men ziet in één opslag, of alles aanwezig is.

Het zware gereedschap kan op twee manieren worden opgeborgen. Men kan het n.l. achter de werkoank met oehulp van beugels op een tegen de muur aangebrachte plaat multiplex bevestigen. Men kan ook naast de werkoank, tegen de muur, een ondiepe tweedeurs kast aanbrengen. (Fig. 8). Tegen de achterwand van deze kast kan men dan met beugeltjes het zware gereedschap bevestigen, terwijl lichter gereedschap (zoals vijlen, schroevendraaiers, enz.) in metalen rekjes aan de binnenzijde van de deuren kan worden geplaatst. Men kan eventueel de plaat multiplex uit het eerste voorbeeld en de binnenzijde van de kast uit het tweede voor-



Houten blok voor het opbergen van boren en tappen.

Fig. 7



Schets van een kast voor het opbergen van gereedschappen.

Fig. 8

beeld donkergrijs verven. Hierop worden de silhouetten van het gereedschap, op de plaats, waar dit wordt opgeborgen, in een afstekende kleur (b.v. licht rood) aangegeven. Dit geeft twee voordelen:

1. Het gereedschap is steeds op dezelfde plaats opgeborgen - spaart dus tijd aan zoeken.
2. In een oogopslag is te zien of alle gereedschap aanwezig is.

ad c - Tafel voor reparatie van luidsprekers, Philishaves, enz.

Wanneer de ruimte dit ook maar enigszins toelaat, wordt een aparte tafel gereserveerd voor reparatie van luidsprekers, Philishaves, enz. Hiervoor kan een normale tafel worden gebruikt met een bladmaat van ca. 150 x 80 cm (60" x 32"). De tafel moet voorzien zijn van 1 of 2 flinke laden, waarin luidspreker-centreermatten (magneet- en conusmatten), lijm, een complete serie Philishave-onderdelen en

enig klein gereedschap wordt opgeborgen. Op de tafel bevindt zich een soldeerbout met houder, zoals beschreven onder a.

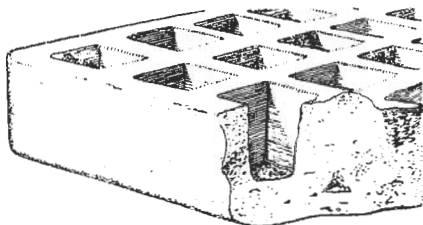
In verband met luidsprekerreparaties dient de tafel vrij van stof en ijzerdeeltjes te worden gehouden; anders loopt men het gevaar, dat in de luchtspleet van de luidspreker ijzerdeeltjes terecht komen. In verband hiermede moet deze tafel uit de buurt van de mechanische werkbank worden gehouden (slijpstof, vijlsel en oorspanen).

ad d - Tafel voor in- en uitpakken, politoeren, enz.

Deze tafel is gelijk aan die, welke onder c is beschreven. In kleine werkplaatsen worden de tafels c en d dan ook meestal gecombineerd. In de laden worden alle ingrediënten opgeborgen, welke voor het opknappen van kasten nodig zijn, zoals poetsdoeken, politoer, lak, polish en voor het inpakken een bol touw.

De pladen van alle tafels en werkbanken worden beplakt met linoleum. Hiervoor is speciale lijm in de handel. Voor net plakken moeten de tafelbladen goed schoon, *vetvrij* en enigszins ruw gemaakt worden. De randen van alle tafel- en werkbanken worden afgezet met een goed aansluitende hardhouten rand (beukenhout). Ter vermindering van kieren, welke verzamelplaatsen voor stof en vuil zijn, worden de houten lijsten gelijmd en geschroefd. Een metaalen rand moet ten stelligste worden afgeraden wegens gevaar van kortsluiting en spanning bij aanraken. Ter bevordering van een duurzaam uiterlijk, kan men de tafels en de werkbank eventueel plank vernissen.

Om beschadigingen te voorkomen, wordt op elke tafel een plaat sponsrubber gelegd, ter grootte van 80 x 50 cm (2'8" x 1'8"). Vilt moet worden afgeraden, omdat druppels soldeer er niet van verwijderd kunnen worden. Het middel wordt dan erger dan de kwaal. Zeer goed voldoet een sponsrubber onderlegger, zoals getekend in fig. 9. Schroeven, ringen, enz. vallen in de gaten en kunnen dan de apparaten niet beschadigen. Men kan er zelfs een apparaat met knoppen opleggen, de knoppen zakken dan in de gaten.



Sponsrubber onderlegger voor de reparatietafel
Fig. 9

Zeer handig is het een stel klampen ter beschikking te hebben. Bij reparatie aan een uit de kast genomen chassis is het nl. dik-

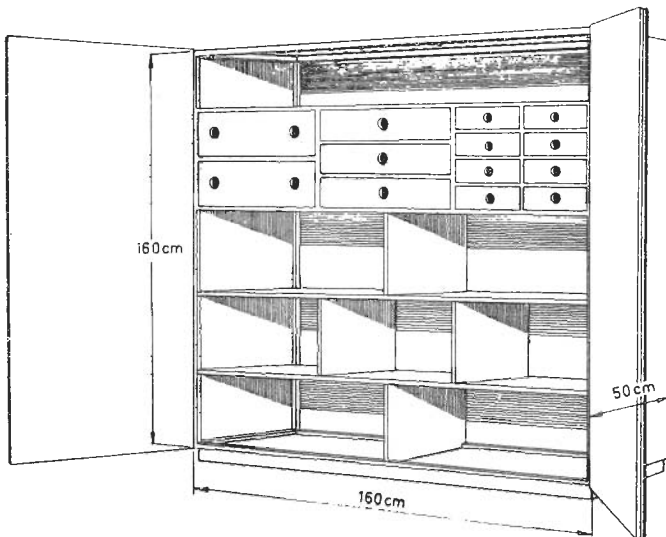
wijls nodig, bepaalde gedeelten van het chassis (b.v. schaal) te ondersteunen. Deze klampen kan men heel eenvoudig maken van een blokje hout (35x50x300 mm), dat aan alle zijden met vilt is bekleed.

ad e - Kast voor reserve-onderdelen en materiaal

Afnankelijk van de omstandigheden, kan deze kast in de werkplaats, de winkel of in een apart magazijn worden geplaatst. Voorwaarde is, dat hij:

1. dicht bij de werktafel van de reparateur staat,
2. onder controle van een speciaal daarvoor aangewezen persoon staat.

De kast wordt voorzien van een aantal kleine laden en/of planken, waarop de onderdelen volgens gewicht worden opgeborgen. Luidspreker conussen komen b.v. op de bovenste plank, voedingstransformatoren worden daarentegen onder in de kast geplaatst. Een praktische indeling is in fig. 10 weergegeven.



Schets van een kast voor het opbergen van service onderdelen

Fig. 10

De volgende artikelen benoemen steeds in voorraad te zijn:
 complete reeks standaard-voedingstransformatoren
 complete reeks standaard-uitgangstransformatoren
 complete reeks koolweerstand
 complete reeks persolok-condensatoren
 electrolytische condensatoren

netschakelaars
koolpotentiometers
onderdelen voor golfoereikschakelaars
alle gangbare buizen
enz.

Zeer kleine onderdelen kunnen worden opgeborgen in van schotjes voorziene bakken. Nog beter is het gebruik te maken van een aantal losse bakjes van hout, stevig karton of plastic; dit heeft het voordeel, dat men een of meer bakjes afzonderlijk uit de kast kan nemen en kan omkeren resp. schoonmaken, zonder dat de inhoud van verschillende bakjes door elkander geraakt.

ad f - Kast voor documentaties

In deze kast worden benalve documentaties, allerlei servicegegevens betreffende onderdelen en reparaties, buizengegevens, technische boeken en radiocursus opgeborgen. De documentaties brengt men in dunne mappen of ordners onder.

Het is nuttig elke reparateur een stel service documentaties van de seizoenapparaten te verstrekken; in de kast blijft dan de complete verzameling service documentaties aanwezig.

ad g - Rek voor de te repareren apparaten

Dit rek moet zowel dicht bij de werktafel van de reparateur als bij de deur, waardoor de apparaten binnenkomen, worden geplaatst. De grootte van het rek hangt uiteraard af van het aantal reparaties per werkplaats.

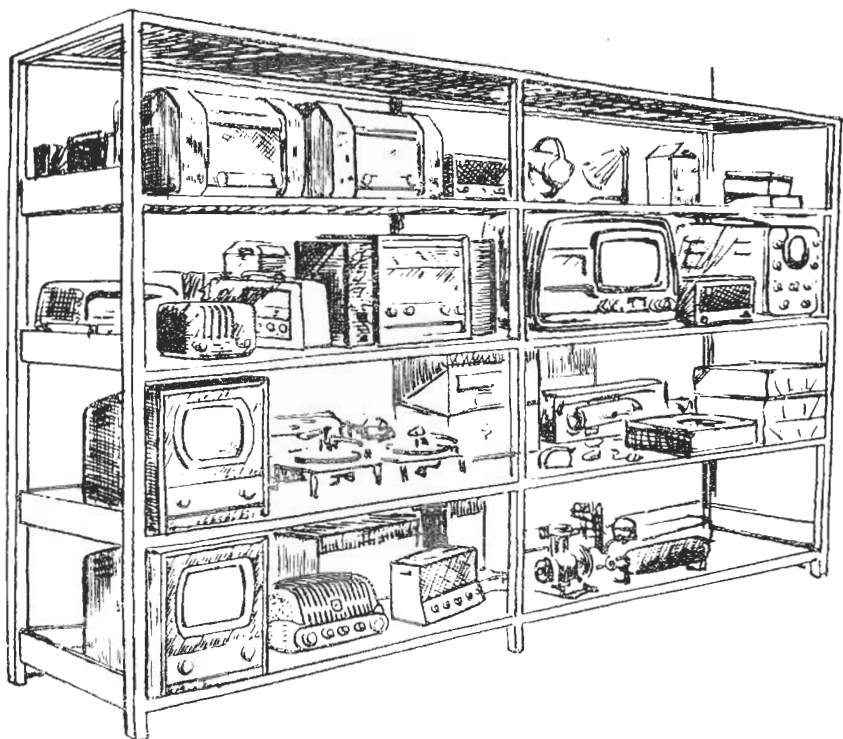
Rek voor gerepareerde apparaten

Dit rek kan van dezelfde constructie zijn als het vorige. Aangezien gerepareerde apparaten meestal spoedig afgehaald of thuis bezorgd worden, kan dit rek aanmerkelijk kleiner zijn. In de praktijk blijkt het meestal dat dit rek 1/3 van de afmetingen kan hebben van het rek voor te repareren apparaten. Het dient zowel dicht bij de werktafel van de reparateur, bij de paktafel als bij de deur waardoor de apparaten de werkplaats verlaten, geplaatst te worden. Soms is nog een derde rek nodig voor apparaten, welke op onderdelen moeten wachten, die niet in voorraad zijn. In een goed georganiseerde werkplaats is dit derde rek meestal overbodig. Globaal gerekend zal het gezamenlijke grondoppervlak van alle stellingen in de praktijk overeenkomen met 2/3 van het grondoppervlak van de onder a genoemde werktafels. In fig. 11 is een voorbeeld van een rekconstructie weergegeven.

Soms zal het nodig zijn, enkele apparaten voor of na de reparatie enige tijd ingeschakeld te laten staan. In verband hiermede verdient het aanbeveling, een of meer planken inde stellingen te voorzien van een aantal stopcontacten.

ad h - Rek voor meetapparatuur

Dit dient geneel te worden aangepast aan de bestaande omstandig-



Schets van een rek voor de te repareren en gerepareerde apparaten

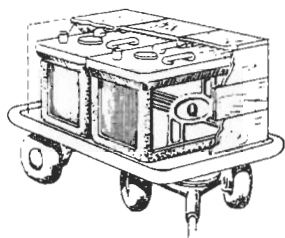
Fig. 11

neden. Houdt bij het plaatsen van het rek in het oog, dat:

1. de apparaten onder het onmiddellijk bereik van de reparateur staan;
2. de klant Uw werkplaats onder meer beoordeelt naar de daar aanwezige meetapparatuur. Zorg er dus voor, dat de meetapparatuur er verzorgd uitziet en dat het rek met meetapparatuur op een voor de klant in het oog lopende plaats is aangebracht.

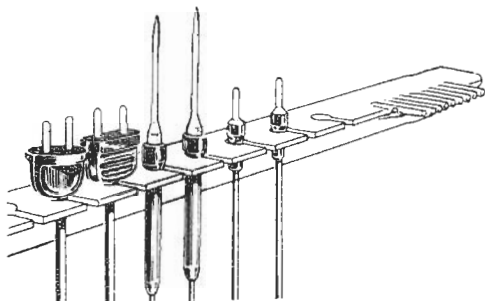
Accu's

Voor het repareren van autoradio's en batterij-apparaten zijn twee in serie geschakelde 6-V accu's nodig. Monteer deze accu's op een plank van grenenhout (zuurbestendig), waaronder vier wieltjes worden aangebracht. Het wagentje wordt afgedekt met een houten kap (eveneens van grenenhout), waarmee enerzijds de accu's beschermd worden tegen vallend gereedschap en anderzijds de kleren tegen accuzuur worden beschermd (zie fig. 12).



Schets van een wagentje met twee 6-V accu's.

Fig. 12



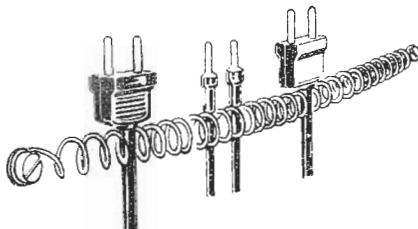
Rekje van dun plaatstaal voor het opbergen van anderen.

Fig. 13

Rekjes voor meetsnoeren

Naast elke werktafel, en bij voorkeur ook ter weerszijden van het rek met meetapparaten, moeten rekjes voor meetsnoeren worden aangebracht. Men kan deze rekjes b.v. maken van dun plaatstaal (zie fig. 13).

Een andere goede en tevens eenvoudige oplossing is het aanbrengen van enkele dikke spiraalveren, waarin de meetsnoeren op eenvoudige wijze opgehangen kunnen worden (zie fig. 14).



Spiraalveer voor het opbergen van snoeren

Fig. 14

140. Verlichting
vande werk-
plaats

De efficiency en de veiligheid in de werkplaats zullen sterk toenemen met een betere verlichting. Met een goede verlichting zal er niet alleen vlugger, doch ook beter en nauwkeuriger worden gewerkt.

Daglicht

Om zoveel mogelijk profijt van het daglicht te trekken, worden de werktafels zodanig geplaatst, dat het daglicht van rechts naar links op de tafels valt. Komt het licht van achteren of van voren, dan werkt de reparateur of in zijn eigen schaduw, of zijn ogen raken

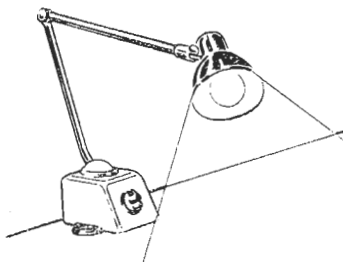
snel vermoeid door het voortdurend accomoderen van licht op donker en omgekeerd.

Kunstlicht

Alleen een verlichting boven de werkbanken is niet voldoende, omdat dan de werkplaats in het halfduister blijft, wat zeer vermoeiend voor de ogen is.

Allereerst wordt dus een behoorlijke algemene werkplaatsverlichting aangebracht, bij voorkeur met T.L. buizen. Wanneer men beschikken kan over een aansluiting op een 3-fazen net, worden de T.L. buizen bij voorkeur op verschillende fazen aangesloten. Het stroboscopisch effect (bij het bewegen van glimmend gereedschap, enz.) wordt daarmee tot een minimum gereduceerd.

Na het aanbrengen van de algemene verlichting, kan men nagaan in hoeverre de verlichting van de werktafels aanvulling behoeft. Soms is het reeds voldoende, op elke tafel een verstelbare werkklamp (zie fig. 15) te plaatsen, terwijl het in andere gevallen b.v. nodig zal zijn, boven elke werktafel een aan pendels opgehangen T.L. armatuur te monteren. Bevinden zich in zo'n armatuur 2 T.L. buizen, dan worden deze weer op twee verschillende fazen van het net aangesloten.



Verstelbare werkklamp.

Fig. 15

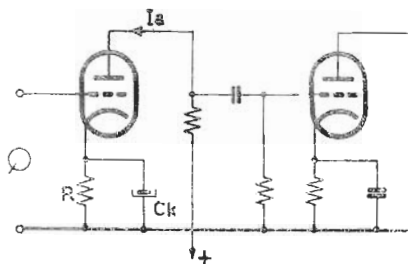
Voor het werken in radiogrammofoons wordt bovendien gebruik gemaakt van een kleine looplamp, voorzien van een klem, zodat ze op een willekeurige plaats vastgezet kan worden. Deze kan tevens gebruikt worden bij installatie en reparatie van autoradio's. Twee van dergelijke looplampen in de werkplaats zijn dan ook beslist geen luxe.

SAMENVATTING

1. Voor een goede service is een doelmatig ingerichtewerkplaats een eerste vereiste.
2. Als richtlijn voor de afmetingen van de werkplaats kan men rekenen met een minimale vloeroppervlakte van $6\frac{1}{2}$ m² (70 sq. ft.), plus $6\frac{1}{2}$ m² (70 sq. ft.) voor elke reparateur.
3. Bij het plaatsen van het meubilair dient men er vooral op te letten, dat
 - a. de weg die de te repareren apparaten in de werkplaats moeten afleggen, zo kort mogelijk is.
 - b. zoveel mogelijk daglicht - bij voorkeur van boven of rechts op zij - op de werktafel valt.
4. Het voor de werkplaats benodigde meubilair bestaat uit:
 - a. werktafel(s) voor radioreparaties
 - b. werkbank voor mechanisch werk
 - c. tafel voor reparaties aan luidsprekers, Philisnaves, enz.
 - d. tafel voor politoerwerk, in- en uitpakken van apparaten, enz.
 - e. kast voor reserve-onderdelen en materiaal
 - f. kast voor documentaties
 - g. rekken voor de te repareren en gerepareerde apparaten
 - h, indien nodig, een rekje voor meetapparatuur.

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

1. Bereken het verbruik van een radiotoestel per maand (reken 30 dagen) dat per dag ca. 4 uur is aangesloten, als het vermogen 65W oedraagt.
2. Voor welke spanningsmeting is een mA-meter van 0 - 3 mA ($R_m = 30 \text{ Ohm}$) geschikt, en voor welke spanningsmeting met een voorschakelweerstand van 3970 Ohm?
3. In de primaire wikkeling van een transformator vloeit, bij aansluiting op 125 V, een stroom van 5 A. De wikkelverhouding is 20: 1, terwijl aan de secundaire wikkeling een weerstand is aangesloten. Als we de verliezen in de transformator verwaarlozen, hoe groot zijn dan de spanning over en de stroom in de secundaire wikkeling?
4. In onderstaande schakeling wordt de condensator C_k weggelaten. Welke van de onderstaande verschijnselen zult u dan kunnen waarnemen?
 1. minder anodestroom
 2. minder vervorming
 3. minder negatieve roosterspanning
 4. minder geluid.



141. Gereedschappen

De in een werkplaats gebruikte gereedschappen zijn in hoge mate bepalend voor de kwaliteit van het reparatiewerk. Het is dan ook niet zonder reden dat de spreuk "Goed gereedschap is het halve werk" burgerrecht heeft verkregen. Ofschoon het voor normale radioreparaties in het algemeen niet noodzakelijk is een zeer uitgebreide reeks gereedschappen te hebben, is men toch aan een aantal beslist noodzakelijke gereedschappen gebonden, zonder welke geen reparateur - met hoeveel kennis en ervaring ook - goede reparaties kan verrichten.

Bij het repareren van oudere apparaten zal het dikwijls nodig zijn mechanische werkzaamheden te verrichten, beugels te maken voor het vastzetten van vervangende onderdelen enz.

Het bovenstaande in aanmerking genomen, zal de lijst van gereedschappen voor elke werkplaats er als volgt uitzien.

A. Voor elke monteur een stel van de volgende gereedschappen:

Beslist noodzakelijk

1. Combinatietang (geïsoleerd)
2. Langebektang
3. Zijsnijtang
4. Schaar
5. Pincet
6. Fittingschroevendraaier 3 mm (geïsoleerd)
7. a) Schroevendraaier 4 mm
b) Schroevendraaier 6 mm
8. Schroevendraaier minimum 30 cm lang voor M3 madeschroeven
9. Soldeerbout 70-100 Watt
10. Dopsleutel voor electrolytische condensatoren
11. Zwaar knipmes
12. Keelspiegel
13. Stofkwast
14. Kwastje voor reinigen van schakelaars
15. Flesje schakelaar-vloeistof
16. Flesje tetrachloorkoolstof
17. Oliekannetje met lichte olie

Niet noodzakelijk, doch zeer gewenst

24. Verstelbare moersleutel tot 25 mm bekwijfde.
25. Ronde buigtang
26. Platte buigtang
27. Kopkniptang
28. a) Zware schroevendraaier 8 mm
b) Zware schroevendraaier 10 mm
29. Haakse schroevendraaier
30. Draadstripper
31. a) Dopsleutel voor M2,6 moeren
b) " " M3 " "
c) " " M4 " "
d) " " M5 " "
32. a) Steeksleutel voor M2,6 moeren
b) " " M3 " "
c) " " M4 " "
d) " " M5 " "
33. Een doosje met 4-6 stuks horlogemakers-schroevendraaiers.

18. Trimschroevendraaier
19. Trimdopsleutel
20. a) 2 Meetsnoeren-50 cm lang
b) 2 " " -75 cm "
c) 2 " " -100 cm "
d) 2 " " -125 cm "
21. 8 Dassenklemmen (opsteekmodel)
22. 2 Opsteekbare testpennen
23. Trimtransformator

3. Gereedschap voor algemeen gebruik:

In iedere werkplaats behoort een stel van de volgende gereedschappen aanwezig te zijn:

Bestlist noodzakelijk

1. a) Blokvijsl basterd
ca. 20 cm lang
b) Blokvijsl zoet
ca. 20 cm lang
2. a) Halfronde vijsl basterd
ca. 20 cm lang
b) Halfronde vijsl zoet
ca. 20 cm lang
3. a) Rondvijsl basterd
10 mm \varnothing
b) Rondvijsl halfzoet
4 mm \varnothing
4. Halfronde grove basterdvijsl (rasp)-ca. 20 cm lang
5. Stalen borstel (vijlenborstel)
6. a) Hamer 200 gram
b) Hamer 500 gram
7. Centerpons
8. Cilindrische doorslag
3 mm \varnothing
9. Koubeitel
10. Handboormachine tot 9 of 12 mm
11. Electriche tafelboormachine tot 12 mm
12. Spiraalboren 1-1,5-2-2,5-3-3,5-4-4,5-5-5,5-6-7-8-9-10-11-12 mm
in overeenstemming met kop van pos. 10 en 11.
13. Stel tappen M2-M2,6-M3-M4

Niet noodzakelijk, doch zeer gewenst

28. Electriche handboormachine
6 x 9 mm
29. Avegaar 15 en 20 mm
30. Omslagboor met centerboren
31. Rawlplug beetel
32. Knijptang
33. Schrobzaag
34. Een stel sleutelvijltjes
35. Figuurzaag met zaagjes
36. Driehoekig zoet vijltje
37. Snijkop M2,6-M3-M4-M5
38. Stalen liniaal
39. Conische doorslag
100 mm lang
40. Slagcijfers en-letters
4 mm hoog
41. Koevoetje voor openbreken van kisten
42. Stofzuiger voor reinigen van apparaten
43. Zuurweger
44. Gelijkrichter voor het laden van accu's

- 14. Taphouder
- 15. Slijpmachine, bij voorkeur
 electrisch
- 16. Stofbril (veiligheidsbril)
- 17. Hefboom-kniptang
- 18. Vlakbeitel voor houtbewer-
 king
- 19. Bankschroef ca 10 cm breed
- 20. Houten of hard rubber hamer
- 21. Schuifmaat
- 22. Winkelhaak
- 23. Kraspen
- 24. Steekpasser
- 25. Blikschaar
- 26. Handzaag
- 27. IJzerzaag met beugel

Speciale gereedschappen

1 Stel per werkplaats

45. Luidsprekermallen

- 09 991 53.0)
- 09 992 41.0) magneetmallen
- 09 992 50.0)
- A9 600 19.0)

- 5M 409 94.0)
- 5M 447 07.0) conusmallen
- M6 149 47.0) 4 stuks in houten blokje
- M6 414 89.0) onder codenummer A9 864 23.1

- 5M 458 54.0) plakmallen

- 46. Lijm voor luidspreker-reparaties codenr. A9 865 88,0
- 47. Voelertjes codenr. 09 990 84.0
- 48. Tangen voor het monteren van segmenten van golfbereikschakelaar
Statortang codenr. A9 600 23.0
Rotortang codenr. 09 994 14.0
- 49. Gewichtjes voor Philishave reparaties
 - 17,5 gram codenr. 09 992 94.0
 - 22,5 gram codenr. A9 600 01.0
 - 25 gram codenr. A9 600 05
 - 35 gram codenr. A9 600 06
- 50. Hulpklem voor het aanbrengen van aandrijfsnaren, codenr.
09 994 09

Nadere bijzonderheden betreffende de gereedschappen.

Het maken van gereedschappen is een moeilijk vak. Niet alleen moet de fabrikant de nodige ervaring hebben om het gereedschap de juiste vorm te geven, doch ook de keuze van het juiste soort staal of materiaal en de juiste behandeling daarvan zijn bepalend voor de kwaliteit. Is b.v. het staal van een kniptang te zacht, dan zal

de bek indeuken en/of snel verslijten; is het staal te hard, dan bestaat het gevaar dat er stukken uit de bek springen.

Het kopen van goed gereedschap is bijna even moeilijk als het vervaardigen ervan. Er is helaas maar al te veel gereedschap van inferieure kwaliteit in de handel en het feit dat een bepaalde tang b.v. mooi verchromd is, geeft geen enkele garantie voor de kwaliteit van hetgeen zich onder de chroomlaag bevindt. Het beste is wel het gereedschap te proberen voor U het koopt. Koopt U een kniptang, knip er dan b.v. een spijker mee door in aanwezigheid van de handelaar. Als de tang inderdaad van goede kwaliteit is, zal hij er beslist geen bezwaar tegen hebben. Overigens is het kopen van gereedschap een zaak van vertrouwen. Onder Uw gereedschap bevinden zich waarschijnlijk een of meer tangen van zeer goede kwaliteit. Kijkt U dan naar het merk van een dergelijke tang en koopt dan bij voorkeur gereedschappen van dit - U bekende - merk.

A. Reslist noodzakelijk - Voor elke monteur

1. Combinatie-tang

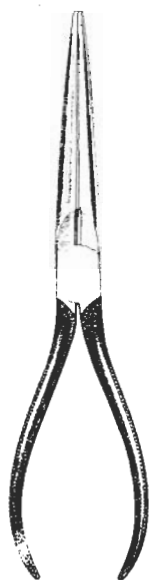
Met deze tang kan men knippen resp. buigen (a in fig. 1)
pijp vastknippen (b in fig. 1)
knippen (c in fig. 1)

2. Langebektang (fig. 2)



Combinatietang

Fig. 1



Lange bektang

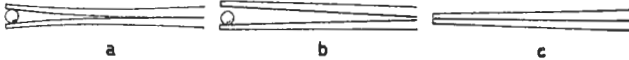
Fig. 2



Zijsnijtang

Fig. 4

Voor deze tang geldt zeker dat hij van prima staal moet zijn. Knijpen we tussen de uiterste punten b.v. een fietskogeltje (en knijpen we hard), dan moet de bek doorbuigen (fig. 3 a), en bij loslaten terugveren (fig. 3 b); m.a.w. na deze proef moet de tang weer goed sluiten (fig. 3c).



Als tussen de uiterste punten van de lange bektang een fietskogeltje geknepen wordt, moet de bek doorbuigen (a), bij loslaten terugveren (b) en na de proef weer goed sluiten (c).

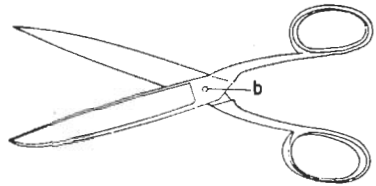
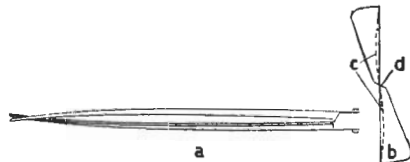
Fig. 3

3. Zijsnijtang (fig. 4)

Ook deze tang moet van het allerbeste staal gemaakt zijn. Is het staal te zacht, dan deukt de bek in; is het te hard, dan springen er stukken uit.

4. Schaar (fig. 5)

De benen van een goede schaar staan enigszins rond (zie fig. 6a), waardoor de benen zich juist op de plaats waar de schaar snijdt, tegen elkander aandrukken. Bij het knippen van papier b.v. is het dan niet mogelijk dat het papier 'omvouwt' en (ongeknipt) plat tussen de benen van de schaar klem loopt. Zijn de benen wel rond en is de schaar goed geslepen, doch loopt het papier toch klem, dan is er te veel speling in de klinknagel b (fig. 5) gekomen. De remedie hiervoor is de klinknagel iets vaster klinken. Hierbij verdient het aanbeveling een flink stuk staal (zware hamer of bankschroef) als aanbeeld te gebruiken.

Schaar
Fig. 5

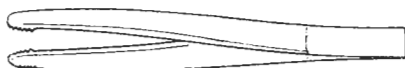
- a. De stand van de benen van een schaar.
b. Bij het slijpen van een schaar moet alleen de snijkant d worden geslepen. Pas als de schaar oud wordt, kan het nodig zijn het vlak c bij te slijpen.

Fig. 6

Bij het slijpen van een schaar moet alleen de snijkant d (fig. 6 b) geslepen worden. Pas als de schaar zeer oud wordt, zal het nodig zijn om het vlak c bij te slijpen, zoals in fig. 6 b overdreven is voorgesteld door de stippellijn.

5. *Pincet (fig. 7)*

Ofschoon dit een der nuttigste gereedschappen is voor het radio-reparatiewerk, blijkt het pincet in veel werkplaatsen volkomen onbekend te zijn. De geringe aanschaffingskosten behoeven



Pincet
Fig. 7

toch voor niemand een bezwaar te zijn.

6. *Fitting-schroevendraaier (fig. 8)*

Een goede fitting-schroevendraaier heeft een behoorlijk geïsoleerd handvat. Behoorlijk geïsoleerd betekent niet een houten handvat, maar b.v. een handvat van kunsthars.



Fitting-schroevendraaier met geïsoleerd handvat.

Fig. 8

7. *Schroevendraaiers 4 mm-6 mm (fig. 9)*

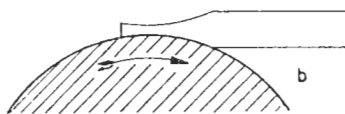
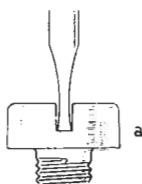
Normale schroevendraaier.

Fig. 9

Er kan niet genoeg de nadruk op het feit gelegd worden, dat in iedere werkplaats een compleet stel schroevendraaiers aanwezig moet zijn en dat iedere monteur bovendien de beschikking moet hebben over een compleet stel schroevendraaiers tot en met 6 mm.

Het slijpen van een schroevendraaier.

Beschadigde schroefkoppen worden veroorzaakt door het gebruiken van een verkeerde maat schroevendraaier of door gebruik van een foutief geslepen schroevendraaier. Een goed geslepen schroevendraaier ziet er uit als in fig. 10a is weergegeven. Het blad is enigszins hol geslepen (in fig. 10a overdreven voorgesteld) en grijpt de schroef aan bij de bodem van de zaagsnede. Maar al te vaak wordt vergeten, dat de schroevendraaier een met precisie geslepen instrument is, dat met zorg dient te worden behandeld en dat zeker niet gebruikt moet worden om er kisten mee open te



a. Vorm van het blad van een goed geslepen schroevendraaier.

b. Het slijpen van de schroevendraaier. Het gedeelte van de slijpsteen is gearceerd getekend.

Fig. 10

breken. In fig. 10b is het slijpen van een schroevendraaier voorgesteld; hierin is het gedeelte van de slijpsteen gearceerd getekend.

8. Schroevendraaier 30 cm lang (fig. 11)



Lange schroevendraaier voor het afnemen van knoppen.

Fig. 11

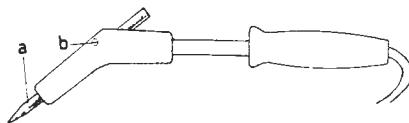
Deze schroevendraaier dient voor het afnemen van knoppen en het hanteren van kleine schroeven op moeilijk bereikbare plaatsen.

In verband met de laatstgenoemde toepassing is het dikwijls handig het metaal van de schroevendraaier magnetisch te maken. Dit doet men door de schroevendraaier even langs de magneet van een electro-dynamische luidspreker te strijken.

9. Soldeerbout 70-100 W (fig. 12)

Voor radio-reparatiewerk is een soldeerbout van 70-100 W het meest geschikte type. Men kan deze bouten zonder bezwaar de gehele dag laten aanstaan, zodat ze direct voor gebruik gereed zijn.

Bij het in gebruik nemen van de soldeerbout moet de stift over het met a aangegeven gedeelte goed vertind worden. Men doet dit, door de stift goed schoon te maken (met een vijlenborstel), daarna de bout goed warm te laten worden en er harskernsoldeer op te laten smelten.



Electriche soldeerbout.

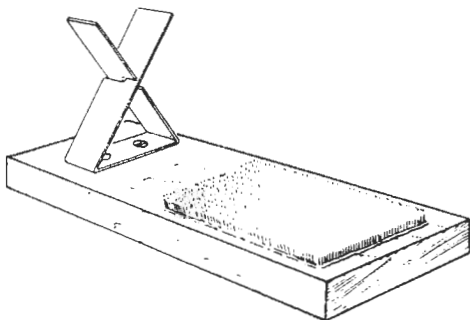
Fig. 12

Wanneer de soldeer niet geheel uitvloeit en er zich nog "droge plekken" op bevinden, waar de soldeer niet pakt, moet de bout in warme toestand met een katoenen doek worden afgeveegd en eventueel worden afgeborsteld. Vervolgens wordt het gedeelte a weer vertind, waarbij de soldeer in het bijzonder op de "vuile" plek wordt gehouden. Deze bewerking moet net zo lang herhaald worden, tot de gehele punt overal met een mooie goed gevloeide laag tin bedekt is.

Door de warmte ontwikkelt zich op de stift oxyde, de z.g. hammerslag, dat van tijd tot tijd, minstens eenmaal per week of beter nog eens per dag verwijderd moet worden. Hiertoe wordt het schroefje b (soms zijn er twee of zelfs drie van deze schroefjes) losgedraaid en de stift (in warme toestand) uit het element genomen. Daarna wordt de soldeerbout uitgeschakeld, aangezien het element in "onbelaste" toestand oververhit zou kunnen worden. De stift wordt daarna met een fijne staalborstel afgeborsteld (vijlenborstel) en vervolgens weer ingezet. Bij iedere soldeerbout dient een houder aanwezig te zijn, zoals beschreven is op blz. 6 van les 39 (nogmaals afgebeeld in fig. 13).

10. Dopsleutel voor moeren van electrolytische condensatoren.
Code No. 09 994 07
(fig. 14)

Voor het losdraaien van de moeren van electrolytische condensatoren is het gebruik van een speciale dopsleutel een eerste vereiste. Men ga niet met schroevendraaier en hamer tewerk. Mogelijk zou alleen de hamer dit proces overleven.



Houder voor de soldeerbout, met vijlenborstel.

Fig. 13



Dopsleutel voor electrolytische condensatoren.

Fig. 14



Zwaar knipmes.

Fig. 15

11. Zwaar knipmes (fig. 15)

Ook dit instrument blijkt in sommige werkplaatsen te ontbreken. Het mes is echter onmisbaar voor het snijden van isolatiemateriaal, het verwijderen van isolatie van geïsoleerde draden enz.

12. Keelspiegel. Code Nr. 09 990 20 (fig. 16)

Dit instrumentje is zeer handig om te gebruiken op plaatsen, welke anders onzichtbaar zouden blijven b.v. voor het lezen van de



Keelspiegel

Fig. 16

waarden van weerstanden en condensatoren, welke met het stempel naar de chassis-zijde zijn gemonteerd, voor inspectie van golfbereik-schakelaars enz.

Keelspiegels worden in twee soorten vervaardigd:

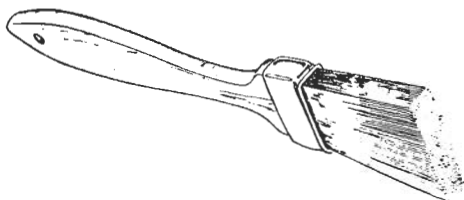
- met een metalen spiegelkje van gepolijst chroom of gepolijst tin,
- met een glazen spiegelkje.

Bij voorzichtige behandeling zijn de metalen spiegeljes, vooral die van tin, de beste. Men gebruike uitsluitend vlakke spiegel-

tjes, dus geen holle of bolle, welke een vervormd en dikwijls onvoldoende verlicht beeld geven.

13. Stofkwast (fig. 17)

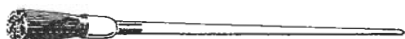
Voor al oudere apparaten zijn dikwijls zo stoffig, dat ze voor reparatie gereinigd moeten worden. Een stofzuiger in combinatie met de stofkwast doet dit werk vanzelfsprekend hygiënischer, sneller en grondiger.



Stofkwast.
Fig. 17

14. Kwastje voor het reinigen van schakelaars (fig. 18)

De haren van dit kwastje moeten een middelmatige hardheid hebben. Zijn ze te zacht, dan kunnen we met dit kwastje het vuil niet verwijderen. Zijn ze te hard, dan bestaat het gevaar voor het verbuigen van de contacten.



Kwastje voor het reinigen van schakelaars.
Fig. 18

15. Flesje schakelaar-vloeistof. Code No. A9 865 40. (fig. 19)

Voor het schoonmaken van schakelaars maken we gebruik van deze vloeistof. Het is samengesteld uit speciale smeeren- en oplosmiddelen. Wanneer we met een kwastje, gedompeld in deze vloeistof, een schakelaar afborstelen, lost het vuil op en wordt het dus verwijderd. Van de achterblijvende vloeistof verdampen de oplosmiddelen, zodat alleen de smeermiddelen achterblijven en de contacten worden gesmeerd. Gedurende het reinigen van golfbereikschakelaars moeten deze door draaien aan de knop worden bewogen, zodat de contacten beter met de vloeistof in aanraking komen en dus beter gereinigd worden.

Voor het reinigen van schakelaars mag nimmer trichlooraethyleen (''tri'') of tetrachloorkoolstof (''tetra'') worden gebruikt. In dat geval kunnen er chloordelen op de contacten achterblijven, waardoor de schakelaar na korte tijd bedorven zal zijn. Chloor tast n.l. in sterke mate het zilver van de contacten aan.



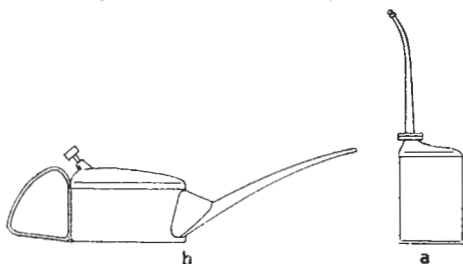
Flesje schakelaarvloeistof.
Fig. 19

16. Flesje tetrachloorkoolstof (fig. 20)

Deze vloeistof wordt niet voor het reinigen van schakelaars gebruikt, doch wel voor veel andere doeleinden, zoals verwijderen van vlekken uit luidsprekerdoek, oplossen en verwijderen van hard

geworden smeervet in lagerbussen, enz. Omdat de dampen van deze vloeistof ongezond zijn, doen we er goed aan, dit in een goed gesloten flesje te bewaren.

17. Oliekannetje met lichte olie (fig. 21 a en b)



a. Oliespuitje.
b. Oliekan met drukknop.
Fig. 21



Flesje tetra.
Fig. 20

Als U olie nodig hebt, koop dan niet 'ergens' een of ander flesje fiets- of naaimachineolie, maar ga liever naar een tankstation (Shell, Esso, enz.) en koop daar een blikje auto-olie SAE-20. U krijgt dan niet alleen een betere soort olie, doch U bent bovendien veel goedkoper uit. Het oliespuitje van fig. 21a is ideaal voor het smeren van fietsdynamo's, wijzers van ontvangstoestellen, het mechanische deel van sommige schakelaars (arrêt-gedeelte), enz. De oliekan met drukknop van fig. 21b leent zich beter voor het smeren van grotere delen, zoals kettingen, kortom van plaatsen, waar meer olie nodig is.

18. Trimschroevendraaier. Code No. A9 600 12 (fig. 22)

Deze schroevendraaier moet geheel van isolatiemateriaal zijn vervaardigd (b.v. kunsthars). In noodgevallen kan een aangesneden stukje bamboe goede diensten bewijzen.



Trim-schroevendraaier.
Fig. 22

19. Trimdopsleutel. Code No. 23 981 02 (fig. 23)

Deze trimsleutel, welke geheel van isolatiemateriaal moet zijn vervaardigd, dient voor het afregelen van de luchttrimmers.



Trim-dopsleutel.
Fig. 23

20. a - 2 meetsnoeren, elk 50 cm lang
b - 2 " " elk 75 cm lang
c - 2 " " elk 100 cm lang
d - 2 " " elk 125 cm lang

Meetsnoer.
Fig. 24



Deze meetsnoeren dient U zelf te maken van soepel geïsoleerd snoer. Van elke lengte maakt U een snoer met twee zwarte stekers en een snoer met twee rode stekers. Het is zeer praktisch om voor elke lengte een andere kleur snoer te gebruiken.

21. *Dassenklemmen, opsteekmodel. (fig. 25)*

Deze klemmen zijn bij a voorzien van een busje, zodat ze op de stekers van de meetsnoeren (20) gestoken kunnen worden. Omdat 4 meetsnoeren 8 stekers hebben, hebben we dus 8 dassenklemmen nodig.



Dassenklem - opsteekmodel.

Fig. 25

22. *Opsteekbare testpennen (fig. 26)*

Hiervan zijn 2 stuks nodig, bij voorkeur 1 zwarte en 1 rode. Bij het kopen van deze testpennen moet men erop letten, dat:



Opsteekbare testpen.

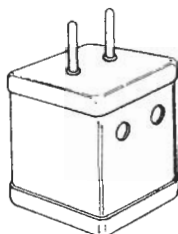
Fig. 26

- a. ze goed geïsoleerd zijn,
- b. de stekers van de meetsnoeren goed sluitend in de bus a passen,
- c. als de steker in bus a is geplaatst, het geheel zonder bezwaar aangeraakt kan worden. Er zijn n.l. testpennen in de handel, waarbij bus a niet voldoende diep is, zodat de steker niet ver genoeg kan worden ingestoken. Bij het werken met een dergelijke testpen loopt men dus de kans een schok te krijgen.



Voorbeeld van een ondeugdelijke testpen. De steker kan niet voldoende ver in de bus gestoken worden.

Fig. 27



Trimtransformator.

Fig. 28

23. *Trimtransformator. Code No. A9 865 27.0 (fig. 28)*

Het gebruik van deze transformator is reeds in les 18 beschreven.

Niet noodzakelijk, doch zeer gewenst - Voor elke monteur

24. *Verstelbare moersleutel tot 25 mm bekwijsde (Fig. 29).*



Verstelbare moersleutel.

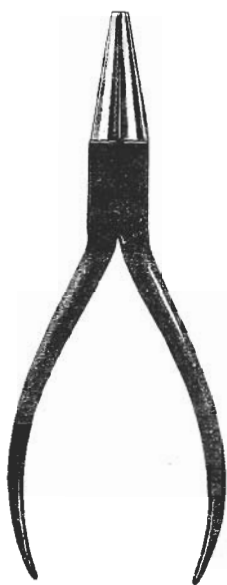
Fig. 29

25. Ronde buigtang (fig. 30)

26. Platte buigtang (fig. 31)

27. Kopkniptang (fig. 32)

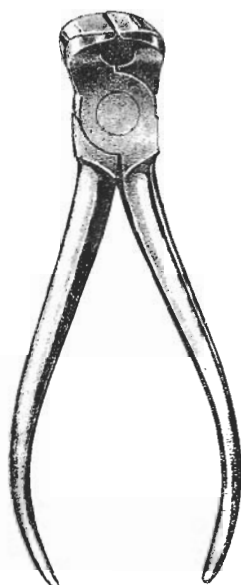
Zie hiervoor ook de opmerkingen bij No. 3 (zijsnijtang).



Ronde buigtang.
Fig. 30



Platte buigtang.
Fig. 31



Kopkniptang.
Fig. 32

28. Zware schroevendraaiers van 8 en 10 mm

Zie hiervoor ook de opmerkingen bij No. 7a en b.

29. Haakse schroevendraaier. Code No. 09 990 36 (fig. 33)

Deze schroevendraaier wordt gebruikt voor schroeven op moeilijk bereikbare plaatsen. Dank zij deze schroevendraaier is het in sommige gevallen niet nodig, het chassis uit de kast nemen (b.v. voor het uitwisselen van sommige potentiometers), zodat het aanschaffen van dit stuk gereedschap zeker verantwoord is.



Haakse schroevendraaier
Fig. 33

30. Draadstripper (fig. 34)

Als men voor het verwijderen van de isolatie van montage draad een mes gebruikt moet men altijd zeer voorzichtig tewerk gaan. Het ge-



Draadstripper
Fig. 34

vaar bestaat n.l. dat men niet alleen de isolatie, doch ook de draad zelf gedeeltelijk doorsnijdt. Nadat men dan de draad keurig gesoldeerd heeft, breekt deze op de halfdoorgesneden plaats af en moet men weer opnieuw beginnen; of hij breekt na enige dagen af en dan is de kiant boos!

De draadstripper doet dit werk niet alleen veel sneller, doch ook veel beter. Beschadiging van de draad is hierbij uitgesloten.



Dopsleutel

Fig. 35



Steeksleutel

Fig. 36

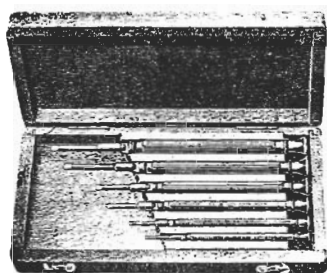
31. Dopsleutels voor M 2,6, - M 3 - M 4 - M 5 moeren (fig. 35)

32. Steeksleutels voor M 2,6 - M 3 - M 4 - M 5 moeren (fig. 36)

Dikwijls worden steeksleutels twee aan twee gecombineerd. Men heeft dan bijvoorbeeld aan de ene zijde van de sleutel M 2,6. aan de andere zijde M 3.

33. Een doosje met horlogemakers-schroevendraaiers (fig. 37)

Voor al voor klein mechanisch werk is het zeer handig over een stel zeer kleine schroevendraaiers te beschikken. Er zijn doosjes met 4, 5 resp. 6 kleine schroevendraaiers hiervoor in de handel.



Een doosje met horlogemakers-schroevendraaiers.

FIG. 37

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

1. Hoeveel stroom mag men maximaal door een 2W-weerstand van 50 Ohm laten passeren en hoeveel spanning mag men maximaal zetten op een 1W-weerstand van 50 k Ω ?

2. In nevenstaande schakeling is gegeven:

$$E = 1 \text{ V}$$

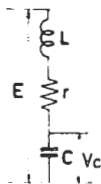
$$L = 1 \text{ mH}$$

$$C = 22,5 \text{ pF}$$

$$r = 20 \text{ Ohm}$$

De seriekring is in resonantie met de frequentie van de generator E.

Bereken de spanning V_C over de condensator C.



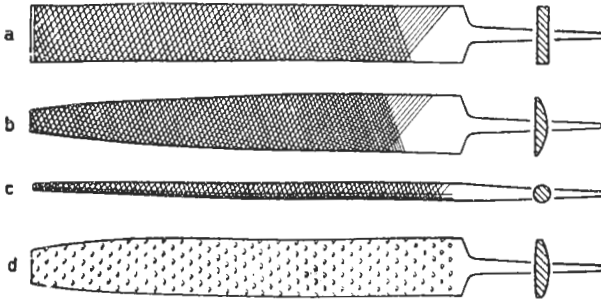
3. Van een superheterodyne ontvanger is de middenfrequentie 500 kHz. Welke is de oscillatorfrequentie, wanneer men een zender met een golflengte van 1000 m ontvangt. (Oscillatorfrequentie is hoger dan de ontvangen frequentie).
4. De anodestroom van een buis bedraagt 6 mA en de schermroosterstroom 1,5 mA. De schermroosterspanning is 75 V lager dan de anodespanning. Beide spanningen worden van de zelfde voedingsbron betrokken, waarbij de verlaagde schermroosterspanning wordt verkregen via een serie-weerstand. Hoe groot moet deze weerstand zijn en voor welk vermogen?
Hoe groot moet men de in de kathodeleiding opgenomen weerstand maken als de negatieve roosterspanning 3 V moet zijn.

141. Gereedschappen (voortzetting)

Gereedschappen voor het smeden - gebruik - Beslist noodzakelijk

1/4. Vijlen (fig. 1a-d)

Vijlen worden onderscheiden naar de vorm (blok-, ronde en half-ronde-vijl, enz.) en naar de aard van het oppervlak. Een grove vijl wordt een *basterdvijl* genoemd, een middelmatig grove vijl heet *half-zoet* en een *fijne* vijl wordt *zoet* genoemd.



a. Blokvijl; b. Halfronde vijl; c. Ronde vijl; d. Rasp.

Fig. 1

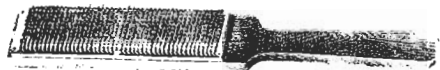
Een *rasp* is een vijl, die nog grover is dan de basterdvijl. Voor het bewerken van hout is een rasp onmisbaar.

Als een vijl niet regelmatig wordt schoon gemaakt, raakt het oppervlak verstopt, zodat de vijl onbruikbaar is. Dit geldt vooral voor de fijnere vijlen. Vooral deeltjes van zacht metaal, b.v. aluminium, messing, lood of tin zijn zeer moeilijk te verwijderen. Het is daarom verstandig voor het vijlen van deze zachte metalen geen zoet-vijl of zelfs een half-zoet vijl te gebruiken. Deze fijnere vijlen zouden na zeer korte tijd volkomen onbruikbaar worden.

Voor het schoonmaken van vijlen maakt men gebruik van een vijlenborstel.

5. Vijlenborstel (fig. 2)

Deze bestaat uit een plankje met handvat, waarop een stukje vijlenborstel is gespijkerd. De eigenlijke borstel bestaat uit een dikke laag textiel, waarin zich stalen krammetjes bevinden (fig. 3). Wij kennen deze borstel reeds van de



Vijlenborstel

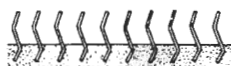
Fig. 2

houder voor de soldeerbout. De vijlenborstel is niet alleen nood-

zakelijk voor het onderhoud van vijlen, doch is eveneens ideaal voor het reinigen van de soldeerhout, voor het verwijderen van roest, oppoetsen van gereedschap enz.

6. Hamers van 200 gr en 500 gr (fig. 4)

Onder het gewicht van een hamer verstaat men het gewicht van het metalen gedeelte *a*. De steel *b* moet gemaakt zijn van essenhout, een zeer veerkrachtige houtsoort. Om de steel goed in het metalen gedeelte te bevestigen, worden door de fabriek in de kop bij *c* een of twee metalen wiggen gedreven (zie fig. 5). Aangezien deze wiggen een voorwaarde zijn voor een duurzame bevestiging, is het zaak, bij aankoop van een hamer, hierop te letten. Voor de werkplaats neme men uitsluitend de hamer, zoals in fig. 4 is afgebeeld. Alleen timmerlieden gebruiken een z.g. klauwhamer (fig. 6).



Detail van de constructie van de vijlenborstel

Fig. 3



Hammer

Fig. 4



Bevestiging van de hamer aan de steel door middel van 2 metalen wiggen.

Fig. 5



Klauwhamer

Fig. 6

7. Centerpons (fig. 7)

Voor men een gat gaat boren, moet het centrum van het gat worden voorgeslagen met een z.g. centerpons. Dit dient om te voorkomen, dat de boor tijdens het boren verloopt. Bij de centerpons wordt de kleine hamer (200 gr) gebruikt.



Centerpons

Fig. 7

8. Cylindrische doorslag 3 mm Ø (fig. 8)

Deze doorslag wordt eveneens samen met de kleine (200 gr) hamer gebruikt voor het doorslaan (naslaan) van spijkers. Slaat men namelijk een spijker in het hout, dan blijft de kop altijd uitsteken. Met de doorslag wordt nu de kop van de spijker tot in het hout gedreven.



Cylindrische doorslag

Fig. 8

9. Koubeitel (fig. 9)

Deze dient voor het afhakken van metaal en steen. Hierbij wordt de zwaardere hamer van 500 gr gebruikt.



Koubeitel
Fig. 9

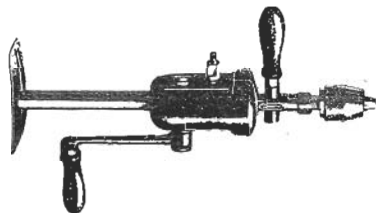
10. Handboormachine tot 9 of 12 mm (fig. 10 - 11)

Een boormachine wordt onderscheiden naar de capaciteit van de boorkop, m.a.w. naar de diameter van de grootste boor die er in kan. Boormachines met een capaciteit van groter dan 6 à 7 mm moeten voorzien zijn van een mechanisme, waarmee de overbrengverhouding van de tandwielen kan worden gewijzigd. Zulke boormachines hebben dus twee snelheden. De reden is, dat men bij een grote overbrengverhouding wel een sneldraaiende boor krijgt, die echter maar weinig kracht kan ontwikkelen (goed voor dunne boren). Voor het boren met dikke boren is meer kracht nodig, hetgeen dan een kleinere snelheid met zich brengt.



Handboormachine
Fig. 10

Bij handboormachines met twee snelheden beschikt men dus over twee mogelijkheden:
a. de boor draait snel met weinig kracht,
b. de boor draait langzaam met veel kracht.



Borstboormachine
Fig. 11

Indien de boormachine in plaats van een handvat een steel met vlakke plaat heeft (zie fig. 11), spreken we van een borstboormachine. Deze

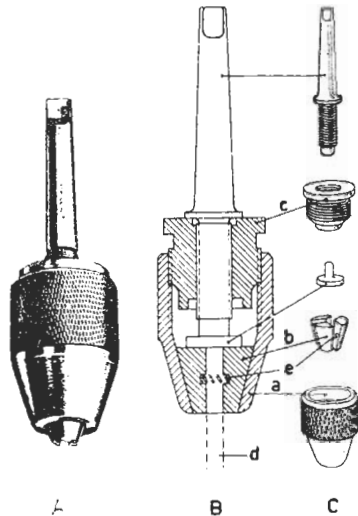
borstboormachine is wel de meest algemeen gebruikte en met reden. Door met het lichaam tegen de plaat *p* (in fig. 11) te drukken, kan men met deze machine een grote kracht ontwikkelen. Er zijn machines in de handel met geheel gesloten tandwielkast (goede smering en weinig onderhoud) en met open tandwielen (hierbij moet men er op passen, dat niets tussen de tandwielen geraakt).

De boorkop is in fig. 12 geschetst. In het kophuis *a* bevinden zich 3 blokjes *b*, welke naar de kopopening worden gedrukt als de kop verder op het draadeinde *c* wordt geschroefd. Omdat de binnenzijde van het kophuis taps is, worden de blokjes naar elkander toe gedrukt, waardoor zij de boor *d* zullen vastklemmen. De blokjes worden op hun plaats gehouden door 3 drukveertjes *e*. Deze veertjes drukken de blokjes tegen de conische binnenzijde van het huis. Wanneer de kop nu los geschroefd wordt, zullen de blokjes langs de conische binnenwand terug glijden, waarbij ze zich steeds tegen

het draadeinde c zullen drukken. Bij het kopen van een boormachine moet men er zich beslist van overtuigen, dat dit systeem inderdaad goed werkt, d.w.z. dat de hokjes niet los liggen en ze bij het losdraaien van de kop inderdaad terug glijden.

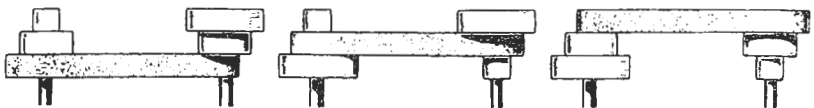
11. *Electrische tafel-boormachine tot 12 mm*

Deze machines zijn in zoveel modellen en prijzen in de handel, dat het ondoenlijk is, in dit korte bestek een gedetailleerde beschrijving te geven. Een van de voornaamste verschillen tussen de diverse typen is wel de manier, waarop de boor naar het werkstuk wordt bewogen. Bij sommige machines beweegt namelijk niet de boor naar beneden, doch moet men de boortafel met het werkstuk door middel van een hefboom naar boven bewegen. Deze constructie is in het algemeen niet zo stabiel als de normale, waarbij men de boorspil met boor door middel van een hefboom op het werkstuk drukt.



- A. Afbeelding van een boorkop
- B. Inwendige constructie van een boorkop
- C. De onderdelen van de boorkop
 - a. Kophuis
 - b. Conische blokjes
 - c. Draadeinde
 - d. Boor
 - e. Drukveertjes

Fig. 12



Grote snelheid

Gemiddelde snelheid

Geringe snelheid

De verschillende posities van de aandrijsnaar voor 3 verschillende draaisnelheden van de boor

Fig. 13

Voor het boren van gaten groter dan 6 à 7 mm Ø is het van belang, dat men de draaisnelheid van de boorspil kan verminderen. Dit gebeurt meestal door de aandrijsnaar op een ander gedeelte van de trapsgewijze aangebrachte riemschijven te leggen (zie fig. 13).

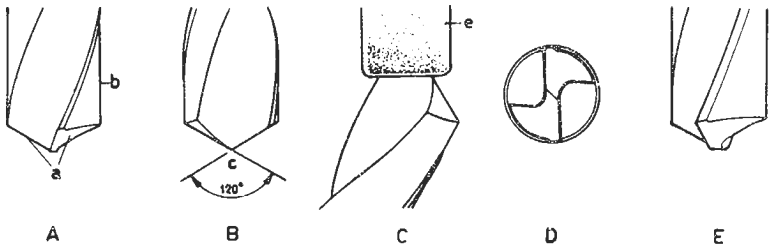
Voor bijzonderheden over de boorkop, zie men onder 'Handboormachines'.

12. *Spiraalboren* 1 - 1,5 - 2 - 2,5 - 3 - 3,5 - 4 - 4,5 - 5 - 5,5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 mm

Men neme uiteraard geen grotere boren in voorraad dan de boorkop van de betreffende boormachine toelaat. Het heeft b.v. weinig zin om boren van 12 mm \varnothing te kopen, als de boorkop slechts boren tot 9 mm \varnothing kan verwerken.

Het slijpen van boren

Als men nieuwe spiraalboren koopt, zijn deze doorgaans feilloos geslepen en voor direct gebruik gereed. De boren zullen echter bij het gebruik slijten, zodat het nuttig is enige wenken voor het slijpen van de boren te geven. Bij het slijpen wordt uitsluitend het vlak *a* (zie fig. 14A) geslepen, nimmer zijde *b*. Dit laatste zou de boor volkomen onbruikbaar maken. De hoek *c* (in fig. 14B), de z.g. slijphoek, moet voor het boren van zacht staal ca. 120° bedragen. Voor andere materialen bestaan er in theorie



- A. Onderzijde van een spiraalboor. Hiervan wordt uitsluitend het vlak *a* geslepen.
- B. De slijphoek bij een boor voor zacht staal moet ca. 120° bedragen.
- C. Het "aanpunten" van een boor met behulp van een slijpschijf *e*.
- D. De "lippen" van een goed geslepen boor moeten volkomen gelijkvormig zijn.
- E. De "lippen" moeten tenslotte een weinig teruggeslepen worden.

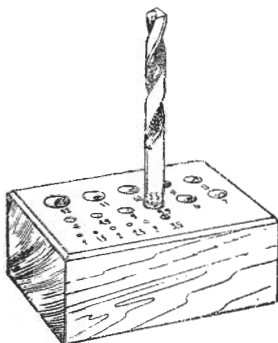
Fig. 14

andere slijphoeken; zo is de slijphoek voor het boren van phillite b.v. 90° . Aangezien in de werkplaats meestal zacht staal geboord zal worden, is het raadzaam alle boren op een hoek van 120° te slijpen. Als men een beetje voorzichtig te werk gaat, kan men met deze boren dan ook wel andere materialen zoals phillite boren.

Nadat een boor opnieuw is "aangepunt" met behulp van de slijpschijf *e* (fig. 14C) moeten de beide "lippen" volkomen gelijkvormig zijn (fig. 14D). Hierna moeten de "lippen" een weinig teruggeslepen worden zoals is aangegeven in fig. 14E. Bij dit terugslijpen kan men het beste een nieuwe boor als voorbeeld bij de hand houden. Dit toont U beter dan de beste tekening, hoe de boor er uiteindelijk uit moet zien. Gedurende het slijpen mogen de boren niet te warm worden. Het staal wordt dan n.l. zacht en/of verliest zijn goede eigenschappen. Bij het boren van diepe gaten boort men derhalve niet te snel en licht de boor af

en toe uit het gat, zodat deze kan afkoelen. Ook kan men de boor koel houden door deze voortdurend te bevochtigen met z.g. boormelk. Deze melk wordt met een kwastje op de boor gebracht; bij gebrek aan boormelk kan men ook dunne olie nemen (bij zacht staal).

Boren worden het best bewaard in een hardhouten blok. Beukenhout leent zich hiervoor uitstekend. Men neme hiervoor geen eikenhout, omdat dit zuren bevat, welke de boren zouden aantasten. In het blok worden op regelmatige afstanden gaten geboord, zoals in fig. 15 is weergegeven. Voor iedere boor wordt een gat geboord, dat een maat groter is dan de boor, welke daarin geplaatst zal worden. Het gat voor de boor met 1 mm ϕ wordt dus geboord met 1,5 mm ϕ , enz.

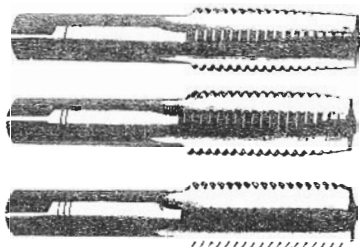


Houten blok voor het bewaren van spiraalboren

Fig. 15

13. Stel tappen M2 - M2,6 - M3 - M4 (fig. 16)

Tappen worden meestal per stel van 3 in houten doosjes geleverd. Indien dit niet het geval is, bewaart men ze in een houten blokje op de zelfde wijze als de boren. Een stel tappen bestaat uit 3 stuks, welke doorgaans aan het ene einde zijn gemerkt met één of meer ringen. De eerste tap heeft 1 ring, de tweede 2 ringen, enz.



Een stel tappen

Fig. 16

Nadat het gat, dat men van schroefdraad wil voorzien, geboord is (met een diameter van 1,5 mm voor M2, 2 mm ϕ voor M 2,6, 2,5 mm ϕ voor M3, en 3,5 mm ϕ voor M4) worden achtereenvolgens de tappen 1, 2 en 3 in en uit het gat gedraaid. Gedurende het tappen moet men de tap smeren met dunne olie en af en toe de tap even iets terug draaien, om zich ervan te vergewissen, dat deze niet vastloopt. Aangezien de dunne tappen vrij breekbaar zijn, ga men er voorzichtig mee te werk.

14. Taphouder (fig. 17)

Voor werkplaatsgebruik kan men het beste een verstelbare taphouder nemen.



Verstelbare taphouder

Fig. 17

Er zijn complete stellen in de handel bestaande uit houder, snijblokjes, tappen en taphouder, waarmee men dus ook schroefdraad op metalen stangetjes kan snijden

15. Slijpmachine

Dit is een van de belangrijkste apparaten, dat nodig is voor het onderhoud van boren, schroefdraaiers en ander gereedschap. Aangezien men de te slijpen werkstukken meestal met twee handen moet vasthouden, is de meest praktische oplossing een elektrische slijpmachine.

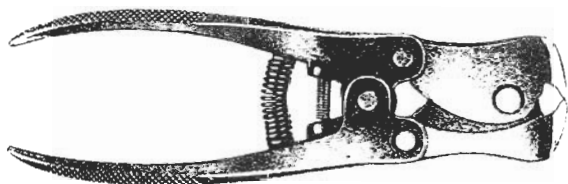
De slijpschijf moet een diameter hebben van ongeveer 10 à 12 cm en een dikte van 1,5 cm. Voor kleine werkplaatsen kan men eventueel volstaan met een elektrische handboormachine met standaard. (Zie ook No. 28).

De boormachine wordt op een standaard bevestigd en een bij geleverde slijpschijf wordt op een eveneens bijgeleverde pen in de boorkop geklemd.

16. Stofbril

Bij het slijpen moeten de ogen beschermd worden tegen de rondvliegende slijp- en metaaldeeltjes. Voor dit doel zijn overal veiligheidsbrillen (eventueel stofbrillen) verkrijgbaar.

17. Hefboom-kniptang (fig. 18)



Hefboom-kniptang

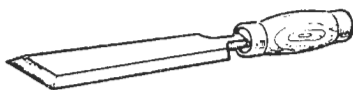
Fig. 18

Deze tang wordt ook wel krachttang of Herculestang genoemd. Door de hefboomwerking kan men met deze tang enorme kracht ontwikkelen (men kan b.v. zonder meer assen van potentiometers doorknippen).

18. Vlakbeitel voor houtbewerking (fig. 19)

Deze beitel wordt uitsluitend gebruikt voor het bewerken van hout. Een hoogst enkele maal zal het nodig zijn, de beitel zacht-

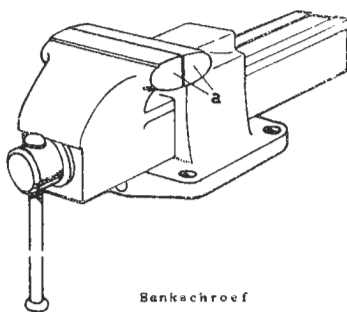
jes na te slaan met een houten hamer. Bij de aankoop van een beitel moet men er dus op letten, dat de houder (handvat) hiertegen bestand is. Sommige beitelhouders zijn aan de bovenzijde voorzien van een metalen ring, waardoor splijten is uitgesloten.



Vlakbeitel voor houtbewerking
Fig. 19

19. Bankschroef, ca. 10 cm breed (fig. 20)

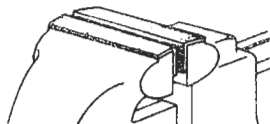
Deze bankschroef dient op de werkbank voor mechanisch werk te worden gemonteerd; bij voorkeur boven of in de buurt van een der tafelpoten. Wanneer b.v. op het werkstuk in de bankschroef geslagen moet worden, zal het geheel beter "dragen" en minder trillen als de bankschroef zich boven een tafelpoot bevindt.



Bankschroef
Fig. 20



A



B

A. Klauwplaten van dun plaatstaal of messing

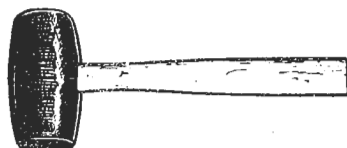
B. De klauwen van de bankschroef met aangebrachte klauwplaten.

Fig. 21

Teneinde de klauwen (a in fig. 20) van de bankschroef te beschermen (bij vijlen en zagen), maken we van een stuk plaatstaal of messing van ca. 1 mm dikte twee z.g. klauwplaten. (Fig. 21A). Deze worden over de klauwen van de bankschroef gelegd (zie fig. 21B). Nu is niet alleen de bankschroef beschermd, doch bovendien wordt het werkstuk beschermd tegen beschadiging door de bankschroefklauwen. Deze klauwen zijn n.l. in vele gevallen voorzien van fijne tanden of ribbels, waardoor het werkstuk beter wordt vastgehouden. De tandjes zijn echter later als puntjes in het werkstuk zichtbaar, wanneer geen beschermplaten zouden zijn gebruikt.

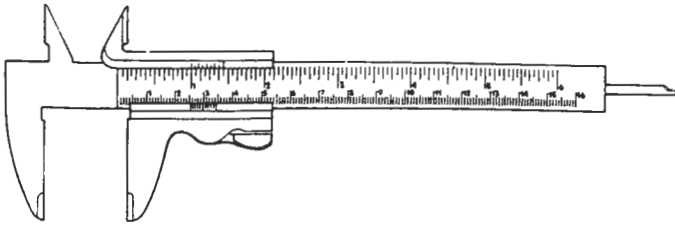
20. Houten of hardrubber hamer (fig. 22)

Deze wordt gebruikt voor het vlakken van dunne plaat, het naslaan van een houtbeitel, enz. Er zijn ook hamers in de handel, waarbij de houten kop is vervangen door een van kunsthars. Deze laatste zijn speciaal geschikt om met beitels gebruikt te worden.



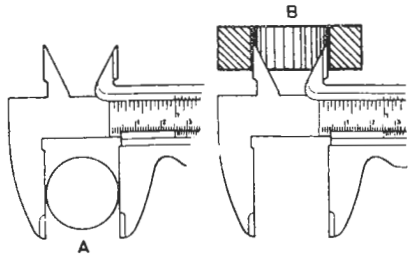
Houten of hardrubber hamer
Fig. 22

21. Schuifmaat (fig. 23)



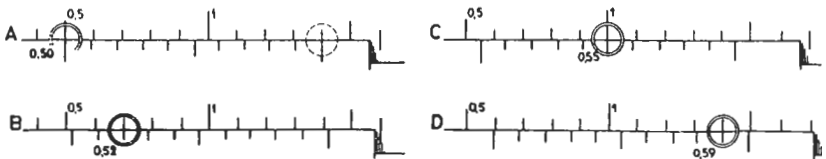
Schuifmaat voor het meten van buitenwerkse, binnenwerkse en dieptematen
Fig. 23

De schuifmaat dient zowel om buitenwerkse als binnenwerkse maten van allerlei voorwerpen te meten. Voor het meten van de buitendiameter, dikte, lengte enz. wordt het voorwerp tussen de benen van de schuifmaat gebracht. De benen worden zover mogelijk naar elkander toegeschoven; het voorwerp mag echter niet 'klemmen'. (Fig. 24A). De dikte enz. is nu direct afleesbaar van de op de schuifmaat aangebrachte schaalverdeling. Voor het meten van binnenwerkse maten worden de 'bovenbenen' van de schuifmaat naar elkander toegebracht. Daarna worden de benen in de te meten opening gebracht, waarna de benen zover mogelijk uitelkander geschoven worden. Op de schaalverdeling is nu de binnenwerkse afmeting van het voorwerp direct afleesbaar (Fig. 24B). De diepte van een bepaald gat kan men meten met de uitstekende stift.



A. Het meten van de buitendiameter van een voorwerp met de schuifmaat
B. Het meten van de binnendiameter van een voorwerp

Fig. 24



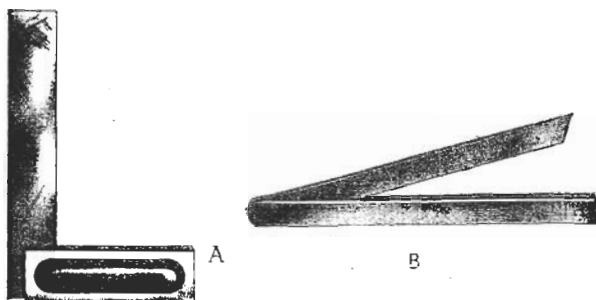
Vier verschillende posities van de nonius op de schuifmaat

- A. Positie voor 5 mm
- B. " " " 5,2 mm
- C. " " " 5,5 mm
- D. " " " 5,9 mm

Fig. 25

Het aflezen van de nonius (= precisieschaal) zal zonder meer duidelijk zijn na het bestuderen van de voorbeelden in fig. 25A-D.

22. Winkelhaak (fig. 26)

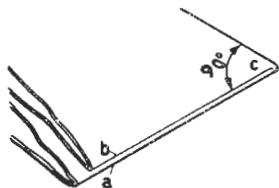


A. Vaste winkelhaak met aanslag

B. Verstelbare winkelhaak met aanslag

Fig. 26

Deze worden in verschillende modellen gemaakt, met en zonder aanslag en al of niet verstelbaar. De niet-verstelbare met aanslag (fig. 26A) is de meest gebruikte. Soms is op het dunne been nog een maatverdeling aangebracht, zodat de winkelhaak tevens als liniaal kan worden gebruikt. Wil men er zich bij het kopen van een winkelhaak van vergewissen, dat de hoek inderdaad precies gelijk 90° is, dan kan men gebruik maken van het volgende hulpmiddel: men neme een stuk dun papier en vouwt dit dubbel. Dit dubbel gevouwen papier wordt nogmaals dubbel gevouwen, er daarbij opletend, dat de zijden *a* en *b* (fig. 27) precies op elkander vallen. Bij *c* ontstaat dan een volkomen haakse hoek (90°) waarmee wij de winkelhaak kunnen vergelijken.



De controle van de haakse hoek (90°) van een winkelhaak met een dubbelgevouwen stuk papier

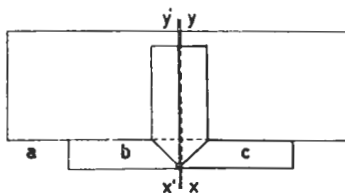
Fig. 27

Een andere eenvoudige controle is de volgende (zie fig. 28):

De winkelhaak wordt eerst in de positie *b* tegen een rechte rand *a* van een plank of tafel gelegd. De lijn *xy* wordt afgetekend. Nu wordt de winkelhaak gewenteld (stand *c*), waarna de lijn *x'y'* moet samenvallen met de lijn *xy* die in stand *b* is getekend.

23. Kraspen (fig. 29)

De kraspen dient voor het



Controle van de haakse hoek van een winkelhaak langs de rechte kant van een tafel

Fig. 28

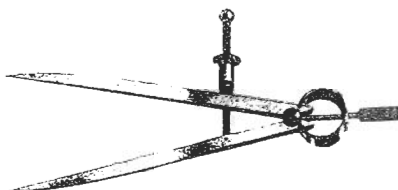
krassen van lijnen op isolatiemateriaal zoals pertinax, trolituul, polystyreen enz. Hiervoor mag immers nimmer een potlood worden gebruikt, daar potloodlijnen geleidend zijn.



Kraspen
Fig. 29

24. Steekpasser (fig. 30)

De steekpasser onderscheidt zich van een normale passer slechts hierin, dat beide benen van een metalen punt zijn voorzien.

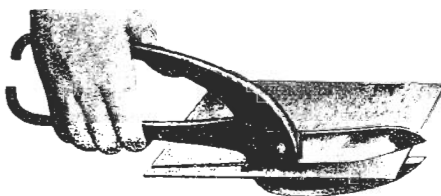


Steekpasser
Fig. 30

25. Blikschaar (fig. 31)

26. Handzaag (fig. 32)

De meest gebruikte handzaag voor de werkplaats is een zaag van middelmatige grootte, die vrij grof gezet is. Onder het "zetten" van een zaag verstaat men het uitbuigen van de tanden. Dit is een zeer nauwkeurig werk, dat door een goede vakman dient te gebeuren. De tanden zijn om de beurt iets naar links en iets naar rechts gebogen (zie fig. 33). Een zaag is voldoende gezet, wanneer men tussen de tanden een gewone naainaald naar beneden kan laten glijden. Het zaagblad loopt dan goed vrij in de zaagsnede en klemt dus niet.



Blikschaar
Fig. 31



Handzaag
Fig. 32

- A. Bovenaanzicht van de zaag, voordat de tanden "gezet" zijn.
- B. Zij aanzicht van de zaagtanden
- C. Bovenaanzicht van de zaag, nadat de tanden "gezet" zijn.

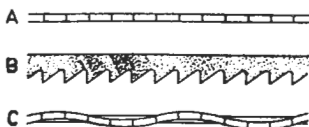
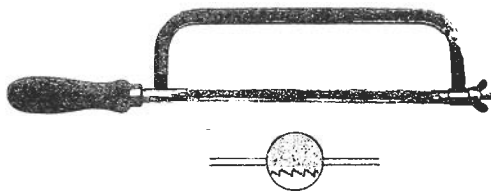


Fig. 33

27. *Ijzerzaag met beugel (fig. 34)*

Met de vleugelmoer kan men het zaagblad meer of minder spannen. Deze spanning luistert niet zo nauw; men spanne echter niet te vast, maar ook niet zo los, dat de zaag uit de beugel schiet. In fig. 34



Ijzerzaag met beugel
Fig. 34

is tevens sterk vergroot de richting van de tanden aangegeven.

Niet-noodzakelijk, doch zeer gewenst - Voor algemeen gebruik.

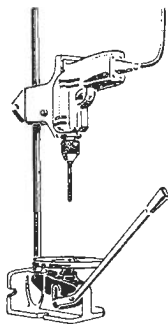
28. *Electrische handboormachine 6 à 9 mm (fig. 35)*

Deze machine kan in veel gevallen de handboormachine van No. 10 vervangen (zie verder ook onder No. 11 en 15).

Er zijn tegenwoordig kleine electrische handboormachines verkrijgbaar met bijbehorende separate horizontale en verticale houder. In de horizontale houder geplaatst, kan de boormachine - na het opzetten van een slijpschijf of lappenschijf - als slijpmachine of polijstmachine worden gebruikt. In de verticale houder geplaatst vormt het geheel een tafelboormachine.

Het nadeel is, dat deze boormachines slechts op een, meestal zeer grote, snelheid kunnen werken. De hele combinatie moet dan ook gezien worden als een goedkope oplossing voor kleine werkplaatsen, welke anders niet tot het aanschaffen van een electrische tafelboormachine, slijpmachine enz. zouden overgaan. *)

Bij het aanschaffen van een electrische boormachine is het van belang erop te letten, dat deze is uitgerust met een drie-aderig aansluit-snoer. Een der aders is met het boormachinehuis verbonden en moet worden geaard. Ook moet erop worden gelet, dat de schakelaar, welke zich op de boormachine bevindt, een vastzetinrichting heeft, zodat men de schakelaar - bij ingeschakelde vastzetinrichting - los kan laten gedurende het boren. In de stand "normaal" springt deze schakelaar terug wanneer men hem loslaat, waardoor de motor wordt uitgeschakeld.



Electrische hand-boormachine met bijbehorende verticale houder
Fig. 35

*) Het is desnoods ook mogelijk, een electrische handboormachine in de bankschroef te klemmen, er met behulp van een dikke bout of spil een slijpschijfje op te monteren en het geheel als slijpmachine te gebruiken.

29. Avegaar 15 en 20 mm (fig. 36)

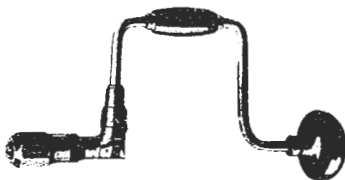
Voor het boren van lange gaten door plafonds, dubbele houten wanden enz. in verband met het doorvoeren van antennekabels of elektrische leidingen, worde deze avegaars gebruikt.



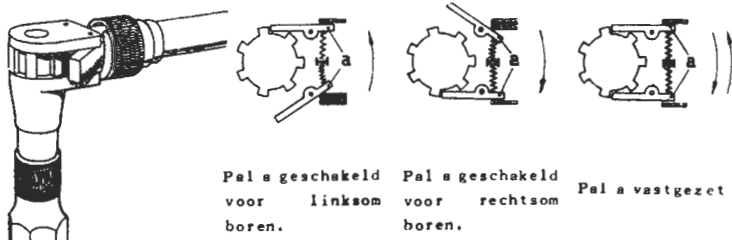
Avegaar
Fig. 36

30. Omslagboor met centerboren (fig. 37)

Deze combinatie wordt gebruikt voor het boren van grote gaten in hout, board enz. en ook wel voor het uitsnijden van ronde gaten in blik. Omslagboren zijn in verschillende uitvoeringen verkrijgbaar, zowel met als zonder ratel. Deze ratel bestaat uit een omschakelbaar pal-mechanisme met behulp waarvan men op moeilijk bereikbare plaatsen en zelfs in hoeken kan boren (zie fig. 38). Het pal-mechanisme kan buiten werking worden gesteld (vastgezet), waarna het geheel als een normale omslagboor kan worden gebruikt.



Omslagboor
Fig. 37



Pal a geschakeld voor linksom boren. Pal a geschakeld voor rechtsom boren. Pal a vastgezet

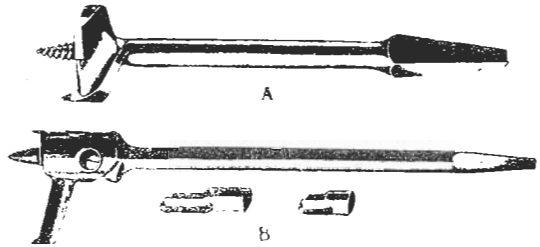
Detail palmechanisme en drie verschillende posities van het palmechanisme
Fig. 38

De boorkop werkt precies eender als is beschreven onder No. 10. met dien verstande, dat de boorkoppen van omslagboren zijn voorzien van twee (soms vier) klauwtjes (blokjes), terwijl boorkoppen van metaalboren er drie hebben. Centerboren zijn aan de bovenzijde vierkant uitgevoerd (vandaar de twee resp. vier klauwtjes in de boorkop). Hierdoor wordt een zeer solide bevestiging van de boor in de kop verkregen. Dit is nodig, omdat vooral bij grote boren zeer veel kracht ontwikkeld moet worden en het gevaar voor slippen van de boor in de kop groot is.

Centerboren zijn verkrijgbaar in allerlei maten. Men kan natuurlijk een compleet stel ineens aanschaffen, men kan echter ook telkens een boor kopen, wanneer men een bepaalde maat nodig heeft. Dit heeft het voordeel, dat men op deze wijze een stel boren van de meest gebruikte maten tot zijn beschikking krijgt.

Overigens zullen centerboren in de meeste werkplaatsen niet zo dikwijls worden gebruikt. In kleine werkplaatsen kan men ook wel volstaan met een verstelbare centerboor (fig. 39). Verstelbare centerboren boren in het algemeen niet zo zuiver als niet verstelbare. De

nauwkeurigheid is echter voor de normale gevallen ruimschoots voldoende. Er zijn modellen in de handel, die men kan verstellen van 16 tot 70 mm diameter.



A. Centerboor
B. Verstelbare centerboor

Fig. 39

- a. Snijpunt waarmede de boor in het hout geprikt wordt
- b. Mespunt waarmede de omtrek van het gat wordt ingesneden
- c. Mes waarmede het gat wordt uitgesneden

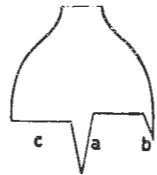
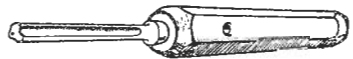


Fig. 40

Bij het boren prikt men eerst punt a (fig. 40) in het hout. Al draaiend zakt deze punt in het hout, waarna door het mes b de omtrek van het gat zuiver wordt ingesneden. Zakt de boor nog dieper in het hout, dan wordt het materiaal binnen de door b gesneden cirkel door het mes c uitgesneden.

31. Rawlplug-beitel (fig. 41)

Deze wordt met de zware hamer van 500 gr gebruikt om gaten in muren te kloppen. In deze gaten worden dan houten pluggen aangebracht, waarin oogschroeven, haken e.d. gedraaid kunnen worden, om bepaalde voorwerpen te bevestigen.



Rawlplug-beitel

Fig. 41

Gedurende het kloppen van het gat moet de beitel steeds worden gedraaid en af en toe uit het gat worden getrokken, om het gruis te verwijderen.

In plaats van houten proppen kan men ook een mengsel van asbest en gips in de gaten stoppen. Hiervoor neemt men ca. 2 delen asbestvezels en 1 deel gips, kneedt dit met water tot een enigszins taale massa (niet meer aanmaken dan men in ca. 10 min. kan verwerken) en stopt dit met een stokje in het gat. Men moet het materiaal goed aandrukken en het gat geheel vullen. Na enkele minuten draait men de schroef erin en het geheel laat men ca. 1 uur drogen.

32. Knijptang (fig. 42)



Knijptang
Fig. 42

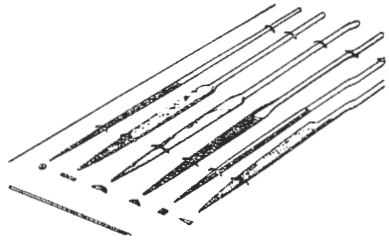
33. Schrobzaag (fig. 43)



Schrobzaag
Fig. 43

34. Sleutelvijltjes (fig. 44)

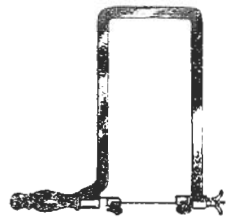
Men vraagt zich wel eens af, of alle slechte staalsoorten gebruikt worden voor de fabricage van sleutelvijltjes. Er is n.l. geen gereedschap waarbij zo met de kwaliteit geknoeid wordt als met sleutelvijltjes. Ook hiervoor geldt, dat een goede vijl hard moet zijn, zo hard, dat hij bij sterk doorbuigen breekt op de zelfde manier als een staafje glas.



Stel sleutelvijltjes
Fig. 44

35. Figuurzaag met zaagjes (fig. 45)

De stand van de zaagjes (richting van de tanden) is in fig. 45 aangegeven. Deze zaagjes zijn ook verkrijgbaar voor het zagen van metaal. Metaal mag echter niet te snel worden gezaagd, aangezien anders het zaagje te heet wordt. Denkt U er vooral aan, dat de zaagjes voldoende gespannen moeten zijn. Bij het inzetten moeten zij zo ver mogelijk in het handvat gestoken worden. Als ze breken, breken ze meestal aan de bovenzijde. Door ze naar boven op te schuiven, hebt U steeds nog enige reserve.



Figuurzaag
Fig. 45

36. Driehoekig zoetvijltje (fig. 46)

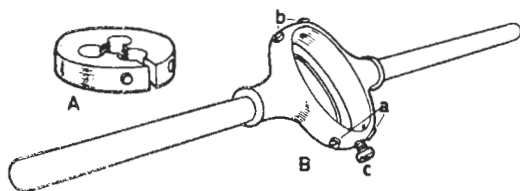


Driehoekig zoetvijltje
Fig. 46

37. Snijkop M 2,6 - M3 - M4 - 45 (fig. 47A en B)

Men raadplege hierover ook No. 14 betreffende de taphouder. Meestal wordt snijgereedschap aangeschaft in de vorm van een complete 'snijdoos'. Hierin bevinden zich dan de bovengenoemde

snijkoppen, een houder voor deze koppen, een blokje waarin de tappen passen (dit heeft dezelfde vorm als de snijblokjes en dient om de tappen in de houder te bevestigen) en soms ook nog een compleet stel tappen.



A. Snijkop
B. Houder voor de snijkop

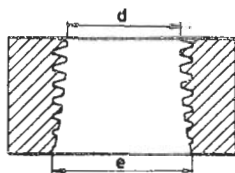
Fig. 47

Met behulp van de schroeven a, b en c (fig. 47B) wordt het blokje

1. in de houder bevestigd
2. op de juiste draaddiameter ingesteld

Wil men nu een schroefdraad snijden, die moet passen in een bepaalde moer, dan moet men beginnen met het snijblokje op grote diameter af te stellen. Hiertoe worden de schroeven a en b los-, de schroef c vastgedraaid. Blijkt de diameter van de gesneden draad te groot te zijn, dan wordt nog een keer nagesneden, nadat men de schroef c iets losser en de schroeven a en b iets vaster heeft gedraaid. De diameter van de gesneden draad wordt dan kleiner, omdat het snijblokje enigszins in elkander wordt gedrukt.

Wanneer men begint te snijden, moet men er zich van vergewissen, dat men het draadblokje op de juiste wijze, namelijk met de grote opening e (fig. 48) op het werkstuk drukt.



Doorsnede van de snijkop

Fig. 48

Voor draadsnijden gelden verder - juist als bij tappen - de volgende regels:

1. smeer voldoende met dunne olie
2. draai af en toe het snijblokje (met de houder) iets terug om te controleren, of het blokje niet vastloopt, en tevens om de smerolie gelegenheid te geven, de snijvlakken van de snijkop te bereiken.

38. Stalen liniaal (fig. 49)



Stalen liniaal

Fig. 49

39. Conische doorslag 100 mm lang (fig. 50)



Conische doorslag

Fig. 50

40. Slagcijfers en -letters 4 mm hoog (fig. 51)

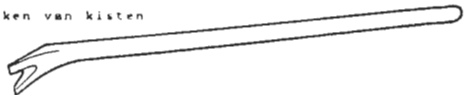
Deze worden uitsluitend in de handel gebracht als complete stellen. Men kan bijvoorbeeld een blikken doosje kopen met de cijfers 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (9 is omgekeerde 6). Of doosjes met een compleet alfabet.



Slagcijfers en -letters
FIG. 51

41. Koevoetje voor het openbreken van kisten (fig. 52)

Koevoetje voor het openbreken van kisten
Fig. 52



42. Stofzuiger voor het reinigen van apparaten

In de meeste werkplaatsen zal voor het schoonhouden van de werkplaats reeds een stofzuiger aanwezig zijn. Als deze stofzuiger aan de muur wordt opgehangen - naast de tafel waar de apparaten worden uitgepakt - kunnen de te repareren apparaten van stof worden ontdaan. Hiertoe wordt op de slang van de stofzuiger een rubber mondstuk bevestigd, zodat met het zuigen geen huizen of andere onderdelen beschadigd kunnen worden. Vooral het z.g. sleemodel is voor de werkplaats zeer handig. Bovendien kan men bij de meeste sleemodellen de slang op de uitlaatopening aansluiten, zodat men bepaalde apparaten kan schoonblazen. Bij sommige stofzuigers wordt bovendien een verstuiver geleverd, waarmee men heel goed blanke lak en zelfs zwaardere soorten lakken kan spuiten, mits deze voldoende zijn verdund. Voor kleine werkplaatsen is deze verstuiver werkelijk een uitkomst.

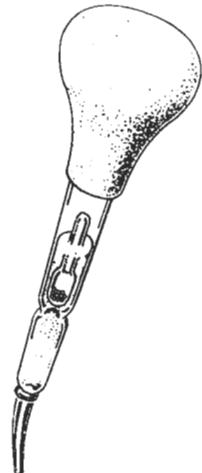
43. Zuurweger (fig. 53)

Deze zuurweger is reeds uitvoerig behandeld in les 4 (accu's).

44. Gelijkrichter voor het laden van accu's

Bij aanschaffen van een gelijkrichter lette men er op, dat deze voldoende stroom kan leveren om het maximaal aantal tegelijk aanwezige accu's te laden.

Zuurweger
Fig. 53



VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

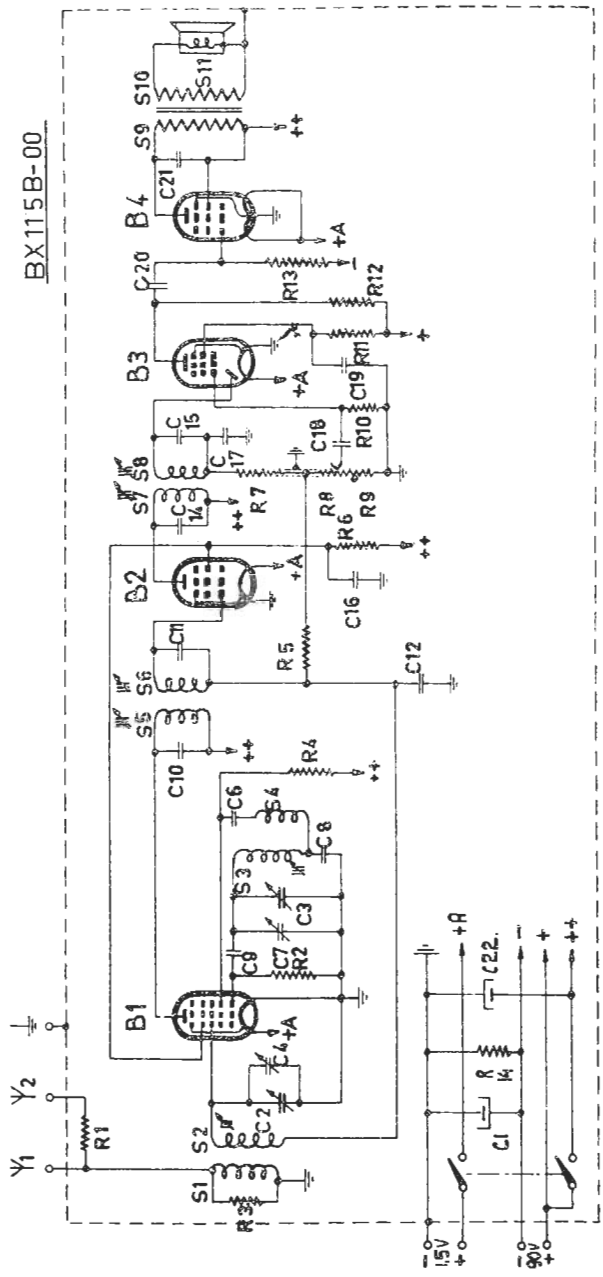
1. Verklaar van nevenstaand schema de functie van alle daarin gebruikte onderdelen en buizen.

De weerstand R_1 bevindt zich tussen de antenne-aansluitbussen Υ_1 en Υ_2 . Bij aansluiting van de antenne op bus Υ_2 is de weerstand R_1 in serie geschakeld. Deze aansluiting wordt gebruikt bij ontvangst van een plaatselijke zender. De weerstand R_3 is parallel geschakeld aan de antennespoel S_1 en dient voor het verkrijgen van een constante opslingering over het gehele golfgebied. De functies van alle andere onderdelen zijn in de voorgaande lessen behandeld.

2. Wat zult U bij het ontvangtoestel van nevenstaand schema bemerken als de condensator C_1 onderbroken is?

S	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
C	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
R	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.

BX115B-00

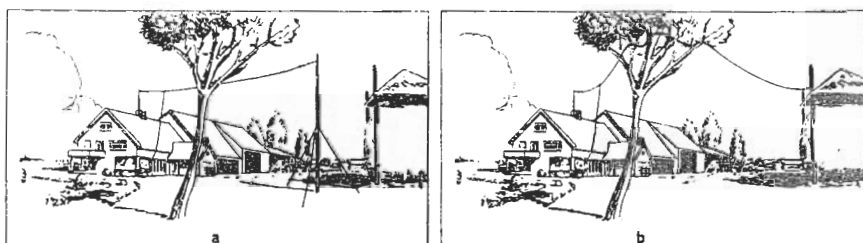


142. De elektrische inrichting van de werkplaats.

Het is voor een Service werkplaats uiteraard een eerste vereiste dat de ontvangst van de zenders goed en storingsvrij is. De antenne-aarde-installatie moet dus aan alle eisen voldoen. Hiervoor kan het nodig zijn dat er maatregelen tegen radio- en netstoringen moeten worden getroffen. Deze problemen houden echter niet alleen verband met de werkplaatsinrichting, doch eveneens met de ontvangst van toestelbezitters. Klachten over de werking van het toestel worden dikwijls veroorzaakt door een slechte antenne-installatie of storende elektrische apparaten uit de onmiddellijke omgeving. Het is daarom geenszins overbodig eerst iets te vertellen over de eisen, waaraan een goede antenne-aarde-installatie moet voldoen.

a. *De antenne*

De antenne welke in het algemeen de gunstigste resultaten geeft, is een eendraads-antenne van het z.g. omgekeerde L-type of een verticale antenne met een totale lengte van ca. 20 m. In steden verdient het aanbeveling de antenne zo hoog mogelijk te maken, omdat het gebleken is dat de invloed van tramstoringen en storingen, afkomstig van elektrische apparaten, dan het kleinst is. Op het platte land, waar weinig hoge gebouwen of ijzerconstructies voorkomen, is een hoogte van 4 tot 8 m voor de antenne ruim voldoende.



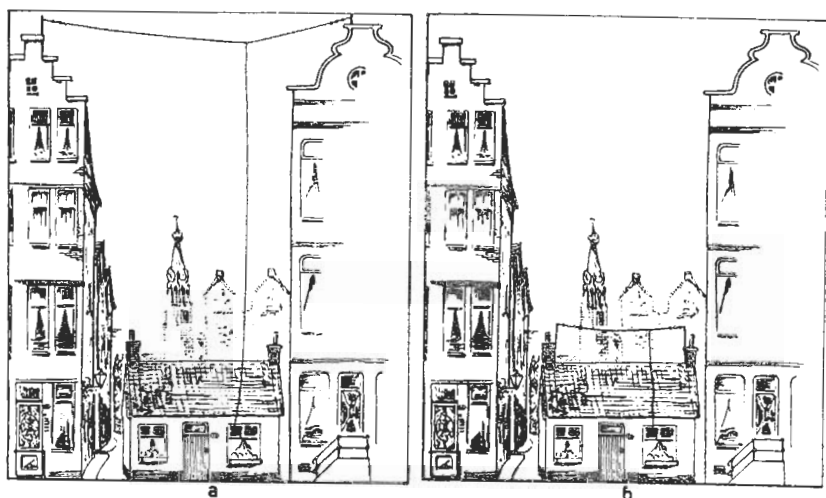
a. Goede antenne-opstelling
b. Verkeerde antenne-opstelling

Fig. 1

Voor alle gevallen geldt dat de antenne niet langs muren, regenpijpen, dakgoten, door bomen, klimplanten en dergelijke mag lopen of afgeschermd mag worden door omringende hoge gebouwen. In de figuren 1 en 2 (a en b) wordt dit duidelijk geïllustreerd.

Verder lette men er steeds op, dat bij aanwezigheid van een bovengronds net of telefoonleiding, de antenne loodrecht op die leiding wordt gespannen.

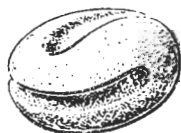
Voor de isolatie van de antenne zijn de meest gebruikte isolatortypen de z.g. ei-isolator en de 'pyrex' isolator. Enige van deze



a. Goede antenne-opstelling
b. Verkeerde antenne-opstelling

Fig. 2

isolatoren worden gewoonlijk in serie geschakeld, om een grotere isolatieweerstand te bereiken. Nu moet men er wel aan denken dat als men aan het ene einde van de antenne een isolatorenketen, uit b.v. 4 stuks bestaande, gebruikt, men ook verplicht is om op alle andere punten waar de antenne wordt geïsoleerd, een gelijkwaardige isolatie aan te brengen. Nog al te dikwijls ziet men de antenne opeengangen tussen een aantal isolatoren, maar de invoerdraad wordt



Ei-isolator.

Fig. 3



Pyrex-isolator.

Fig. 4

dan vastgebonden aan een aan de dakgoot bevestigd isolatiepijpje dat hoogstens voor binnenmontage geschikt is. Het spreekt vanzelf dat hierdoor alle moeite, besteed aan goede isolatie van de antenne, wordt te niet gedaan, in het bijzonder bij vochtig weer.

Omtrent de bevestiging van de isolatoren moet nog worden opgemerkt dat de isolator zo gemonteerd moet worden, dat de op het porcelen werkende krachten dit samenpersen en er geen trek op uitoeven (zie fig. 5). Ook lette men erop dat de isolatoren geen scheuren vertonen en dat ze goed geglaazuurd zijn; is dit niet het

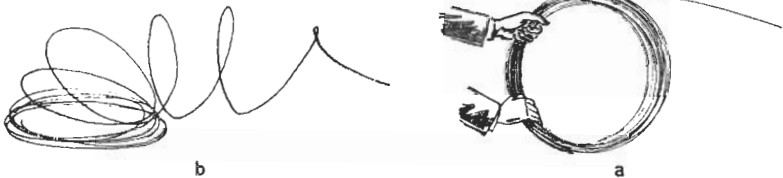


Bevestiging van een ei-isolator
a. Goed b. Verkeerd

Fig. 5

geval, dan zal bij vochtig weer de isolatie slecht worden en de isolator onbruikbaar.

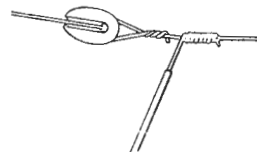
Het beste materiaal voor de antenne is z.g. silicum-bronsdraad met een diameter van 1,5 mm. Deze draadsoort is zeer sterk als hij op trek belast wordt; hij is echter niet bestand tegen knikken of wringen. Op plaatsen waar dit heeft plaats gehad, of waar de tang de draad heeft beschadigd, treedt dikwijls een breuk op. Bij het open afwikkelen gaan wij daarom te werk als in fig. 6a is aangegeven en *niet* als in fig. 6b.



a. Juiste methode van afwikkelen van een rol antennendraad.
b. Zoals het niet moet.

Fig. 6

Bij het aanbrengen van de invoerleiding vermijde men zoveel mogelijk het maken van lassen in de antenne. Een veel gevolgde, *doch foute* methode voor het bevestigen van de invoerdraad aan de antenne-draad geeft fig. 7 weer. Ook indien de las goed gesoldeerd wordt, is deze methode niet aan te bevelen. De kans op storing blijft groot en solderen van een onder trek staande draad is minder wenselijk.

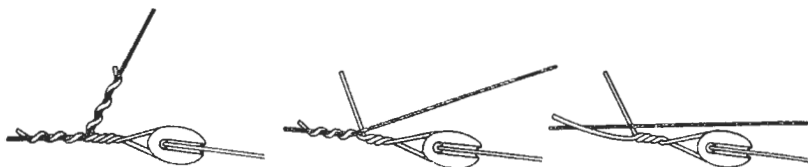


Foute methode voor het bevestigen van de invoerdraad aan de antenne-draad.

Fig. 7

Fig. 8 geeft een eenvoudige en betere methode van montage, waarbij niet gesoldeerd behoeft te worden.

Als de omstandigheden het veroorloven, kan de invoerdraad direct naar de invoerisolator worden gevoerd, mits daardoor op de invoerisolator geen trek wordt uitgeoefend. In zo'n geval en wanneer de



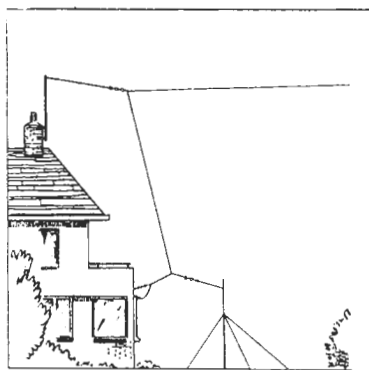
Voorbeeld van een goede bevestigingsmethode van de invoerdraad aan de antenne draad

Fig. 8

invoerdraad van muren, goten en dergelijke moet worden vrij gehouden, moet de invoerdraad worden afgespannen. Fig. 9 geeft een voorbeeld van een dergelijke afspanning.

Het invoeren van de antenne draad kan het beste gebeuren met een z.g. invoerisolator. Deze moet van goede kwaliteit zijn (indien porcelein, goed geglazuurd) en zodanig worden aangebracht dat het in- en binnendringen en achterblijven van regenwater uitgesloten is. Het ligt voor de hand dat de invoerisolator een niet te grote doorsnede moet hebben, opdat beschadiging van raamkozijnen, muren en dergelijke bij de montage tot een minimum beperkt blijft.

Het verdient steeds aanbeveling de antenne-installatie te beveiligen. Niet alleen tegen directe blikseminslag, daar dit niet zoveel voorkomt, maar ook voor bescherming tegen te hoge ladingen die op de antenne bij onweer, hagelbuien enz. kunnen voorkomen. Als de antenne goed geïsoleerd is, kunnen zulke hoge spanningen optreden dat men bij aanraking een gevoelige schok krijgt en de onderdelen in de antennekring van het ontvangerstoestel kans lopen door te slaan.



Voorbeeld van een afgespannen antenne-invoer.

Fig. 9

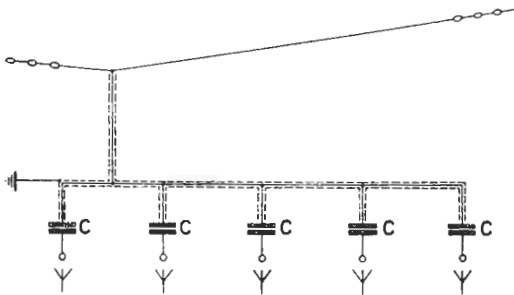
Voor dit doel wordt een edelgasveiligheid, soms gecombineerd met een vonkenbrug, gebruikt. Een dergelijke veiligheid (zie fig. 10) bestaat uit een buisvormige patroon, gevuld met edelgas, waarin zich twee elektroden bevinden. In normale toestand gedraagt deze patroon zich als een isolator. Zodra echter de spanning tussen de elektroden boven een zekere waarde stijgt (de z.g. aanslagspanning; ca 180 V) gedraagt het gas zich als een geleider, waardoor de antenne direct met aarde wordt verbonden, en de lading op de antenne

gelegenheid krijgt om af te vloeien. Daarna gedraagt de veiligheid zich automatisch weer als een isolator.

Bij de montage van de edelgasveiligheid lette men er vooral op dat dit op een zodanige wijze geschiedt, dat stof en water geen gelegenheid krijgen zich te verzamelen op plaatsen, waar zij afbreuk aan de goede isolatie kunnen doen. De aardverbinding voor de beveiligingsinstallatie moet liefst in de onmiddellijke nabijheid van de beveiliging worden aangelegd. Een aardleiding welke bochten vertoont en eerst over geruime afstand de aarde bereikt, is voor antennebeveiliging onbruikbaar.

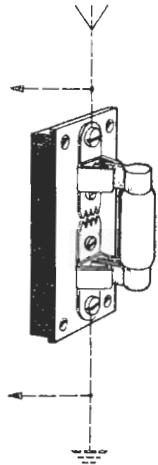
Is de werkplaats gelegen in een gebouw, waar men veel hinder heeft van storingen, veroorzaakt door elektrische apparaten (tram, liften, boormachines, stofzuigers enz.), dan moet de antenne zo hoog mogelijk worden aangebracht en de invoerleiding in afgeschermd capaciteitsarme kabel worden uitgevoerd. Als men met deze kabel werkt, dient men deze kabel na het doorknippen steeds onmiddellijk af te dichten met bijenwas, om te voorkomen dat vocht in de isolatie van de kabel dringt. Dit heeft tot gevolg dat de capaciteit van de kabel groter zal worden en de kabel daarna allesbehalve capaciteitsarm genoemd kan worden.

De mantel van de kabel wordt *op slechts één plaats*, bij voorkeur aan het einde, in de werkplaats, geaard. De met de antenne verbonden ader wordt in de werkplaats, telkens via een condensator van 120 à 200 pF, met de diverse antenne-aansluitbussen op de reparatietafels verbonden (zie fig. 11).



Schema voor de aanleg van de antenne-aansluitbussen in de werkplaats.

Fig. 11



Edelgas-veiligheid met vonkenbrug voor antenne-overspanningsbeveiliging.

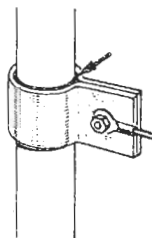
Fig. 10

b. Aardleiding

Een van de beste aardverbindingen en tevens een der gemakkelijkst die men maken kan, is een deugdelijke verbinding met een waterleidingbuis (liefst vóór de hoofdkraan). Men lette erop dat men hiervoor uitsluitend buizen kiest, welke met het waterleidingnet in ver-

oinding staan en dus geen doodlopende, ongebruikte stukken. Het maken van de aardverbinding aan een gasleiding is beslist te ont-raden.

Een zeer goede aardverbinding wordt overigens verkregen, indien men een buis van 2 à 4 m lengte met een doorsnede van 2 à 4 cm in de grond drijft, tot deze in het grondwater reikt. Men kan hiervoor een koperen of een gegalvaniseerd ijzeren buis gebruiken. De verbinding met de aardbuis moet echter steeds plaats hebben met een draad van hetzelfde materiaal als dat van de aardbuis. Zou men namelijk een koperdraad bevestigen aan een ijzeren buis, dan wordt tengevolge van electrolytische werkingen tussen de verschillende metalen, welke in vochtige aarde gelegen zijn, de verbinding onze-ker. De verbinding moet bij voorkeur worden gesoldeerd en wanneer zij gereed is, met compound worden bedekt. Voor de aarddraad gebrui-ke men draad met een doorsnede van ca 3 mm² (ca 4 mm Ø). Een be-trouwbare verbinding met de waterleidingbuis ver-krijgt men, indien men om de zorgvuldig schoon-gekrabde buis een stevige aardklem aanbrengt. Deze aardklem moet van zodanige afmetingen en sterkte zijn dat zij inderdaad zeer stevig kan worden vastgeklemd. Een hulpmiddel dat zowel een beter contact waarborgt, als het beschadigen van de buis tegen gaat, is het aanbrengen van een reepje zacht blank lood tussen klem en buis (zie fig. 12).



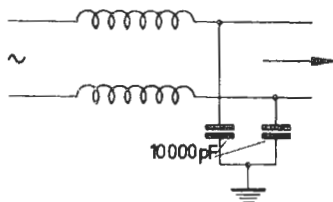
Aardverbinding met de water-leidingbuis door middel van een aardklem.

Fig. 12

c. Maatregelen tegen netstoringen

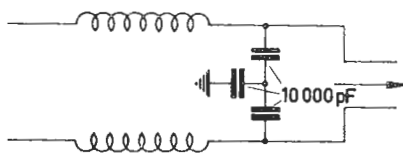
Het onderdrukken van netstoringen is in het algemeen niet zo eenvoudig. Het kan op verschil-lende manieren gebeuren, waarbij de keuze van de methode experimenteel moet worden bepaald.

1. Men kan de netspanning filteren vóór deze aan een ontvanger wordt toegevoerd.
2. Men kan z.g. anti-storingscondensatoren op de storingsverwekkende motoren respectievelijk storingsbronnen aanbrengen. Verschillende oplossingen zijn aan-gegeven in de figuren 13 tot en met 17.



Netfilter voor inbouw in het ontvang-toestel.

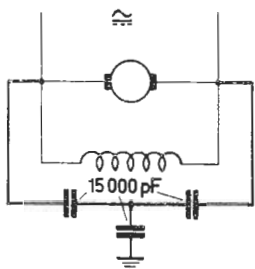
Fig. 13



Schema van een netfilter.

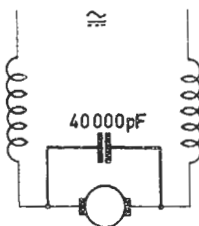
Fig. 14

Fig. 13 geeft een netfilter weer dat bijvoorbeeld in een ontvanger-toestel kan worden ingebouwd. Het schema van fig. 14 is een iets uitgebreider filter. Het merkwaardige van dit filter is, dat er twee condensatoren moeten doorslaan, voordat sluiting van de netspanning kan optreden. Voor beide filters geldt dat de verbindingen van het filter met de metaansluiting van het ontvanger-toestel zo kort mogelijk moeten zijn.



Schema voor ontstoring van een motor met parallel geschakelde collector- en veldwikkeling.

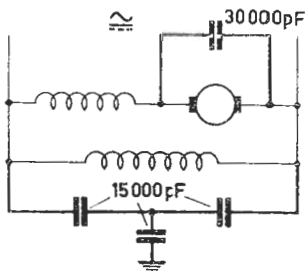
Fig. 15



Schema voor ontstoring van een seriemotor.

Fig. 16

Fig. 15 geeft het schema voor de ontstoring van een motor met parallel geschakelde collector- en veldwikkeling. Fig. 16 laat zien hoe een z.g. seriemotor wordt ontstoord en fig. 17 geeft dit zelfde voor een z.g. compoundmotor. Bij U-apparaten kan men in vele gevallen verbetering verkrijgen door de netstekker omgedraaid in het stopcontact te steken, zodat de min-pool van het toestel (chassis) met de min-pool van het net wordt verbonden. Dit geldt vanzelfsprekend alleen voor wisselstroomnetten, aangezien bij een gelijkstroomnet de stand van de netstekker wordt bepaald door de polariteit van de netspanning.



Schema voor ontstoring van een compoundmotor.

Fig. 17

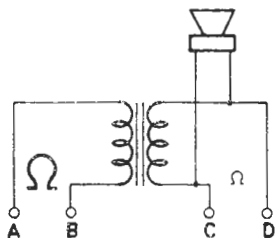
d. Elektrische inrichting van de werktafel voor radioreparaties

In les 39 is de werktafel voor radioreparaties reeds besproken. Daarin is reeds gewezen op het grote nut van een verhoging, waarop de meetapparaten kunnen worden geplaatst. Deze verhoging is tevens geschikt om allerlei aansluitingen, transformatoren en luidsprekers

in te monteren. Te dien opzichte kan nog het volgende worden medegedeeld:

Luidspreker

Men neme hiervoor een model met een doorsnede van ca. 20 cm (8"). Sommige auto-radioluidsprekers zijn hiervoor zeer geschikt, te meer als zij voorzien zijn vaneen metalen beschermingsrooster. De luidspreker wordt aangesloten op een uitgangstransformator volgens het schema van fig. 18. De klemmen A-B-C-D worden in het voorpaneel van de verhoging aangebracht. Moeten op dezelfde tafel ook versterkers gerepareerd worden, dan verdient het aanbeveling een luidsprekertransformator te nemen met een extra 100 V aanpassingswikkeling. Deze 100 V wikkeling wordt eveneens met klemmen in het voorpaneel verbonden.

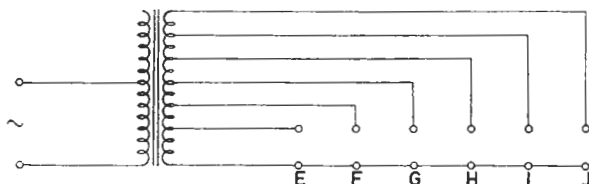


Schema van de luidsprekeraan-
sluiting op de reparatietafel.

Fig. 18

Scheidingstransformator

Deze transformator is onontbeerlijk bij het repareren van ontvangtoestellen voor gelijkstroom-wisselstroomvoeding. Het U-apparaat wordt dan op de niet gearde secundaire wikkeling aangesloten, waarna het chassis van de ontvanger kan worden geaard. (Slechts één ontvanger aansluiten; zie hiervoor ook les 38). De aansluitbussen E-F-G-H-I-J (Fig. 19) worden weer in het voorpaneel van de verhoging gemonteerd.



Schema voor aansluiting van een scheidingstransformator op de
reparatietafel.

Fig. 19

Als op de werktafel een universeel meetapparaat GM 4257 gebruikt wordt, is de scheidingstransformator niet nodig, aangezien een dergelijke transformator reeds in het meetapparaat is ingebouwd (zie hiervoor ook les 20).

Maximaalschakelaar

Het is om veiligheidsredenen dringend noodzakelijk dat op iedere

tafel een maximaalschakelaar wordt aangebracht. Een maximaalschakelaar is in een betrekkelijk klein kastje ondergebracht en voorzien van een drukknop. Door het indrukken van de knop wordt de schakelaar gesloten. Wordt nu een bepaalde belasting overschreden (b.v. door kortsluiting), dan schakelt de maximaalschakelaar automatisch de netspanning uit, waarbij tevens de drukknop naar buiten springt. Alvorens de knop weer in te drukken en dus de netspanning in te schakelen, onderzoeken men eerst of de kortsluiting is weggenomen en/of schakelen we een of meer van de aangesloten apparaten uit.

Maximaalschakelaars worden geleverd voor verschillende stroomsterkten. Voor de radioreparatietafel is een waarde van 10 A zeer geschikt. Sommige maximaalschakelaars zijn tevens voorzien van een tweede drukknop, waarmee men de netspanning kan uitschakelen. Dit model verdient uit veiligheidsoverwegingen de voorkeur. Indien deze uitschakelknop niet aanwezig is, moet op de tafel een drukknop worden aangebracht, waarmee men in geval van nood de netspanning kan kortsluiten, zodat de maximaalschakelaar het net uitschakelt.

Bij het monteren van de werktafel moet men er voor zorgen dat deze uitschakelknop onder onmiddellijk bereik is van de monteur, bij voorbeeld tegen de frontlijst onder het tafelblad.

Aansluitdozen (stopcontacten) voor de meetapparatuur

Langs de lijst aan de achterzijde van het tafelblad worden zes aansluitdozen en zes aardbussen voor aansluiting van de meetapparatuur gemonteerd. Als men meetapparaten heeft, die niet van een netschakelaar zijn voorzien, wordt in de toevoerleiding van het betreffende apparaat een netschakelaar aangebracht.

Verklikkerlampje

In het midden van het frontpaneel wordt een neonlampje aangebracht, dat brandt zodra de maximaalschakelaar wordt ingeschakeld.

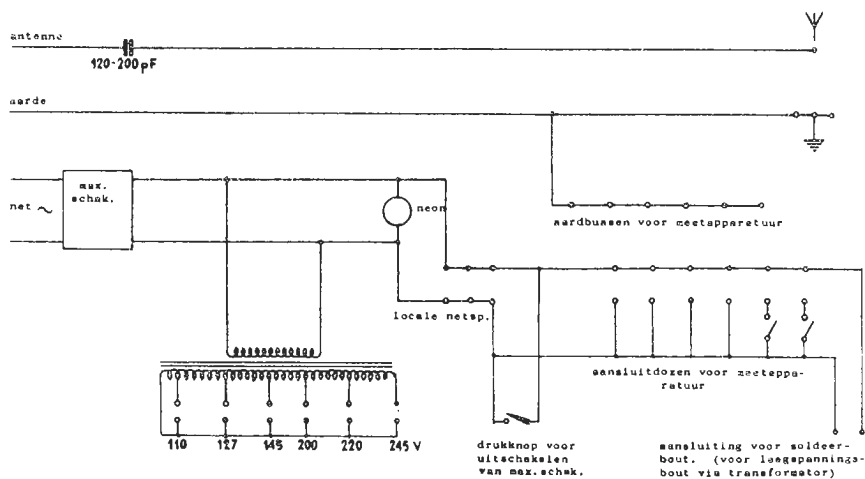
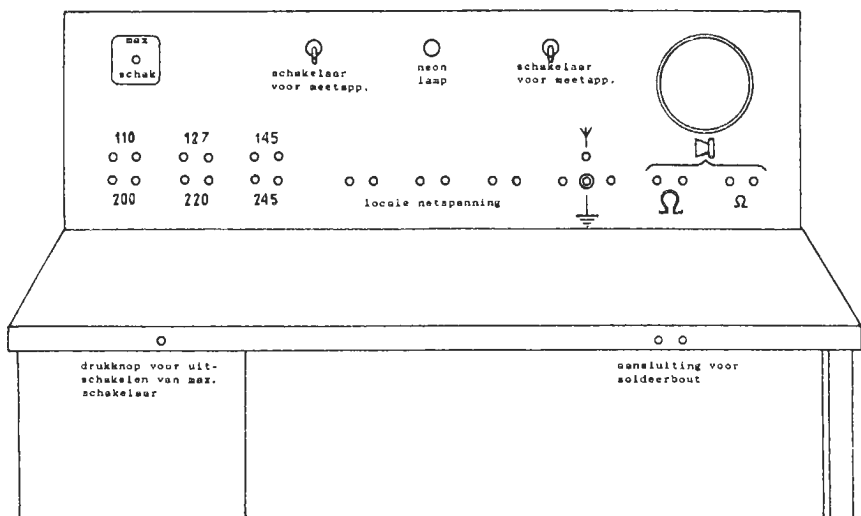
Het bovenstaande kan worden samengevat in het schema van fig. 20.

143. Wenken voor de veiligheid en gezondheid in de werkplaats.

Gewoonlijk is men geneigd te denken dat er voor de radiomonteur maar twee gevaren bestaan:

1. Het krijgen van een elektrische schok.
2. Het vallen van een dak bij het plaatsen van een antenne.

Er zijn echter andere gevaren, waarvan de gevolgen niet zo direct aan het licht komen, doch waarvan de uitwerking in bepaalde gevallen even ernstig kan zijn. Het spreekt vanzelf dat iedereen bepaalde veiligheidsmaatregelen in acht neemt, teneinde zichzelf te beschermen. Om zichzelf te beschermen, moet men echter eerst de gevaren kennen.



Principetekening van de elektrische installatie van de reparatietafel.

Fig. 20

Veiligheidsmaatregelen zijn niet alleen essentieel voor de gezondheid, zij zijn ook van het grootste belang voor een vlotte gang van zaken in de werkplaats. Het voornaamste van alles is:

HOUDT UW WERKPLAATS SCHOON!

Dit betekent o.a. dat de vloer steeds schoon moet zijn en dat er geen onderdelen, gereedschappen en afval op de vloer mogen slingeren. In een goed georganiseerde werkplaats heeft elk stuk gereedschap niet alleen zijn eigen plaats, het wordt er ook opgeborgen.

Voor het opbergen van afval make men bij voorkeur gebruik van onbrandbare, liefst metalen bakken; dus geen kartonnen dozen en dergelijke. Speciale aandacht vereist het opbergen van ontvlambare materialen; deze mogen niet in de buurt van open vuur of stoomverwarming bewaard worden. Poetslappen worden bij voorkeur bewaard in twee bakken, een bak voor de schone en een bak voor de vuile lappen.

Machines

Bij het gebruik van machines drage men geen loshangende kleren; pas ook op dat Uw haar niet door draaiende delen wordt gegrepen. Na het gebruik worden de machines onmiddellijk uitgeschakeld en gereinigd; een goede gewoonte die in vele werkplaatsen nog al te veel wordt vergeten.

Slijpmachine

Verzuim nooit voor het slijpen een veiligheidsbril op te zetten. Verstel of verplaats de machine nooit terwijl ze draait. Bij een goed opgestelde slijpmachine is er tussen de slijpschijf en de tafel voldoende ruimte, zodat een hand of vinger niet kan 'klem' lopen. Vooral bij het slijpen van scherpe gereedschappen, als boren en ruimers, moet men zeer voorzichtig zijn; als het gereedschap uit de nand glipt, kan dit aanleiding geven tot ernstige verwondingen. Voor het slijpen wordt de slijpsteen juist ingesteld, waarbij men er rekening mee moet houden dat slijpen op de platte zijde van de schijf zoveel mogelijk vermeden moet worden.

Tafelboormachine

Een eerste vereiste is dat de drijfriemen en V-snaren van de tafelboormachine behoorlijk beveiligd zijn. Zet werkstukken zoveel mogelijk vast vóór het boren; dit geldt vooral voor kleine werkstukken en bladmetaal. Hoe kleiner het werkstuk, hoe groter de kans op ongelukken.

Gebruik zonodig smeermiddelen en druk de boor niet te sterk op het werkstuk. Maak zoveel mogelijk gebruik van de juiste boorsnelheid en boor bij het boren van grote gaten eerst een klein gat voor.

Brandblussers

In verband met het gevaar van kortsluiting en elektrische schokken mogen in de Service werkplaats slechts bepaalde brandblussers worden gebruikt.

We onderscheiden:

1. Het pompmodel gevuld met tetra-chloorkoolstof

Deze vloeistof is niet geleidend en levert dernalvein electrisch opzicht geen gevaar op.

2. De CO₂ (kooldioxyde) gasblussers

Deze zijn verkrijgbaar in verschillende grootten. Zij zijn speciaal geschikt voor het blussen van z.g. electriciteitsbranden.

3. De 10 liter (2½ gallon) dubbelkoolzure soda/zwavelzuurblusser

Deze blusser is het meest gebruikte type voor kantoren en dergelijke. In de bus, welke voor het gebruik wordt omgekeerd, bevindt zich water waarin dubbel koolzure soda is opgelost. *Aangezien deze oplossing geleidend is, is deze blusser niet geschikt voor gebruik in de radiowerkplaats.*

4. Schuimblusser

Ook deze blusser is niet geschikt voor gebruik bij electriciteitsbranden. Zij wordt echter speciaal gebruikt voor het doven van brandende olie, vet, enz.

Hoogspanning

Zorg bij het werken met hoge spanningen voor isolerende vloerbedekking (rubber mat!) en houdt één hand op de rug of in de zak.

Vergeet U niet dat een normale radio-voedingstransformator reeds een spanning van 2 x 300 V heeft. Dit kan U reeds een schok bij 600 V bezorgen!

Het inademen van schadelijke dampen

In de radio-werkplaats worden een aantal vloeistoffen gebruikt, waarvan de dampen schadelijk voor de gezondheid zijn, wanneer ze gedurende langere tijd worden ingeademd. Enige van deze stoffen, of hun dampen, kunnen bovendien huidziekten veroorzaken wanneer de huid er gedurende langere tijd mee in aanraking komt. In verschillende gevallen is de vergiftigende werking cumulatief, d.w.z. elke keer dat men met de stof (damp) in aanraking komt, wordt de graad van vergiftiging sterker, omdat het lichaam de eenmaal opgenomen stof niet geheel kwijt raakt. De namen van deze, algemeen gebruik-

te, stoffen zijn: tetra-chloorkoolstof, trichlooraethyleen, lakverdunners, lijmoplosmiddelen, aceton, verf-afbijt-middelen, dampen, welke vrijkomen bij verfspuiten enz. Daarom is goede ventilatie resp. een afzuiginstallatie bij lakspuiten een eerste vereiste.

Als regel doet men er goed aan, zich in acht te nemen voor alle vluchtige stoffen. Als een vloeistof vet-verwijderend werkt, kunt u er staat op maken dat;

- 1e. inademen van dampen van deze vloeistof zeer ongezond is;
- 2e. wanneer de huid langere tijd in aanraking komt met deze vloeistoffen of hun dampen, dit aanleiding kan geven tot soms zeer nardnekkige uitslag.

Als U niettemin vluchtige vloeistoffen moet gebruiken, zorg dan voor goede ventilatie of doe het buiten; dus nooit in een kleine, slecht geventileerde ruimte. Voorzie de flessen, waarin de vloeistoffen bewaard worden, van duidelijke etiketten en sluit deze flessen met goed passende kurken. Probeer nooit een vloeistof te identificeren door er aan te ruiken.

Andere dampen, welke niet mogen worden ingeademd, zijn:
dampen van gesmolten soldeer (loodvergiftiging).
dampen van gesmolten of brandend plastic.

Het verbranden van celluloid is in staat U buiten bewustzijn te brengen!

Teflon, een der nieuwere isolatie-materialen geeft bij verhoogde temperatuur fluorine-dampen af. Probeer daarom geen plastic te identificeren door het met een soldeerbout te verhitten en er aan te ruiken.

Ook het verbranden van een seleengelijkrichtcel is een bron van gevaar. De kortgesloten gelijkrichter geeft seleendioxyde af, een zeer giftig gas, dat kenbaar is aan een verschrikkelijke stank. Zo gauw U deze stank ruikt, werpt U de gelijkrichter onmiddellijk naar buiten, opent U alle ramen en gaat zelf ook naar buiten.

In sommige condensatoren (niet Philips) zijn synthetische oliën verwerkt. Wanneer dergelijke condensatoren te veel verhit worden, kan de kop eraf springen. Pas in dat geval op voor de ontwikkende gassen en zorg er voor, niet met de olie in aanraking te komen. Sommige van deze oliën zijn n.l. gechloreerd en deze samenstelling kan bij verwarming phosgeengas afgeven. Phosgeengas was een van de gifgassen uit de eerste wereldoorlog!

Het inademen van stofdeeltjes

Stofdeeltjes, welke vrijkomen bij boren, zagen en vijlen van Philite, hardweefsel, mica enz. kunnen zeer nadelige gevolgen hebben. Sommige mensen zijn bovendien gevoelig voor metaalstof, dat vrijkomt bij boren, slijpen, vijlen en zagen van metaal. Hetzelfde geldt voor het inademen van oxyde-stof dat vrijkomt, wanneer koper

of messing met schuurpapier of staalwol gereinigd worden. Ook zijn er zelfs mensen, die zeer gevoelig zijn voor gewone stof, waarvan we doorgaans een dikke laag aantreffen op alle oudere chassis van apparaten. blaas een dergelijk chassis daarom niet in de werkplaats uit. Doe dit werkje liever in de open lucht en blijf zelfs dan nog aan de 'schone' kant.

Algemene hygiëne

De chassis van de meeste apparaten, die enige tijd in gebruik zijn geweest, zijn bedekt met een dikke laag stof en moeten daarom met dezelfde voorzorgen worden gehanteerd als alle andere vuile materialen. Snij- en schaafwonden moeten in dit verband onmiddellijk gereinigd, gedesinfecteerd en goed verbonden worden. hetzelfde geldt voor huidperforaties, veroorzaakt door draad of gereedschap, en brandwonden veroorzaakt door hete soldeerbouten, weerstanden of buizen.

144. Eerste hulp bij ongelukken

A. Algemeen

1. Bewaar Uw kalmte en informeer wat er precies gebeurd is.
2. Onderzoek of er gevaar (b.v. vergiftige gassen, elektrische stroom) aanwezig is voor:
 - a. U zelf; dan zelfbeschermingsmaatregelen treffen;
 - b. de nog niet getroffen en - Hen waarschuwen en tot voorzichtigheid aansporen;
 - c. de reeds getroffen en - Zorgen dat het geweld niet verder blijft inwerken, zoals:
 - Schade door vergiftige gassen, dan uit ruimte verwijderen,
 - Bekneld zijn - zo snel mogelijk slachtoffer bevrijden.
 - Heftige bloedingen - bloeding door steriel drukverband of handgreep tot staan brengen.
3. Laat indien nodig de dokter, geestelijke, vervoer, politie en eventueel familie waarschuwen. Aan de dokter in het kort de aard van het ongeval en verwondingen melden.
4. Omstaanders op afstand houden en getroffene moed inspreken.
5. Laat patient rustig liggen in de stand zoals U hem vindt.
 - Maak knellende kledingstukken los - ontkleedt zo min mogelijk ter voorkoming van afkoeling - Dek de patient warm toe, behalve in geval van zonnesteek, warmtebevanging en hitteberoerte.
6. Controleer regelmatig pols en ademhaling.
7. Zorg ervoor dat er voor de komst van de dokter zowel koud als gekookt warm water, nagelborsteltje en zeep aanwezig is.

B. Wondbehandeling

Raak een wond nooit aan en zorg ervoor, dat de gekwetste haar evenmin aanraakt.

Behandel de wond droog zonder enige vloeistof te gebruiken. Alleen bij kleine oppervlakkige wonden verdient net aanbeveling dadelijk een kleine hoeveelheid 6% jodiumtinctuur of 2% mercurochroom op de wond en omgeving aan te brengen.

Leg een steriel (bacterievrij) verband aan.

Bij grote wonden het getroffen lichaamsdeel rust geven (draagdoek, eventueel spalkje).

Verwaarloos zelfs de kleinste wond niet, want er dreigt altijd infectiegevaar.

C. Bloedingen

Deze zijnte onderscheiden in uitwendige en inwendige bloedingen. Men maakt hierbij onderscheid in:

- a. Slagaderlijke bloedingen - helderrood bloed komt stootsgewijs en spuitend uit wond.
- b. Aderlijke bloedingen - donkerroodbloed *vloeit* uit wond.
- c. Bloedingen van haarvaten (capillairen) - kleine bloeding.

ad a. Slagader dicht drukken *tussen* wond en hart tegen achterliggend bot - steriel *drukverband* aanleggen. Wanneer slagader niet dichtgedrukt kan worden, dan wondrander tussen duim en wijsvinger naar elkaar toebrengen. In *noodgeval* door duim of wijsvinger in wond te brengen, bloeding proberen tot staan te brengen.

ad b. Steriel drukverband aanleggen (knellende kleding - kousenbanden losmaken).

ad c. Steriel verband aanleggen.

Bij inwendige bloedingen patient rustig plat laten liggen (in de stand zoals U hem vindt). Onder geen omstandigheden laten drinken. Heeft de getroffene drang tot wateren, tracht hente overreden hieraan geen gevolg te geven. Niet door nodeloos vragen deze drang op wekken. Geen waterkraan in de nabijheid van de patient laten lopen.

In het algemeen bij ernstige bloedingen;

Patient neerleggen - warm toedekken - rust - steriel drukverband aanleggen - getroffen lichaamsdeel hoog leggen - op algemene toestand van patient letten (pols en ademhaling controleren).

Alleen in uiterste nood bij een spuitende bloeding knevelverband om een gewond lichaamsdeel aanleggen.

D. Knevelverband

a. Knevelverband aanleggen en aandraaien.

b. knevel losdraaien tot de wond juist weer gaat bloeden.

c. Knevel een halve slag aandraaien en aldus vastzetten.

d. Tijdbriefje aan knevel bevestigen (knevel mag niet langer dan een uur vast blijven zitten).

- e. T-teken (T van Tourniquet) op het voorhoofd van de patiënt of op de bedekkende kleding zichtbaar aanbrengen.
- f. De algemene toestand van patiënt, de knevel en het wondverband regelmatig controleren.

E. Electriciteitsongevallen

- Stroom uitschakelen. Hangt slachtoffer aan draad, bedenk, dat hij valt. Proberen de patiënt op te vangen.
- Zit hij aan draad vast, doch staat hij daarbij op grond, spoor hem dringend aan op te springen, waardoor het contact met aarde verbroken wordt.
- Kunt U niet uitschakelen, gooi dan een metalen draad, buis of staaf op de geleidingsdraad, na vooraf, indien mogelijk, deze draad of staaf verbonden te hebben met waterleidingsbuis of ander aardpunt.
- Kan dit niet, dan getroffene zelf wegtrekken. Ga op rubberplaat, droog hout - droge deken (jas) staan, omwikkel Uw handen met een of ander kledingstuk en trek de patiënt aan zijn kleren van de stroomdraad weg, *(nooit de patiënt met blote handen bij ontblote lichaamsdelen beetpakken)*, of nog beter verwijder de patiënt met een stok of plank.

De patiënt kan, voor zover het de algemene toestand betreft, bij kennis, bewusteloos, in shocktoestand, schijn dood of dood zijn. Dikwijls zijn er plaatselijke verbrandingen b.v. aan handen (ingang) en aan voeten (uitgang). Deze wonden steriel verbinden. Nooit brandblaren open prikken.

Wanneer bij de patiënt geen pols of ademhaling waarneembaar is, kan de patiënt schijn dood zijn. Men begint in zo'n geval zo spoedig mogelijk met kunstmatige ademhaling en passe hartmassage toe. Men moet doorgaan met kunstmatige ademhaling tot de patiënt weer begint te ademen of totdat de dood geconstateerd wordt.

F. Kunstmatige ademhaling

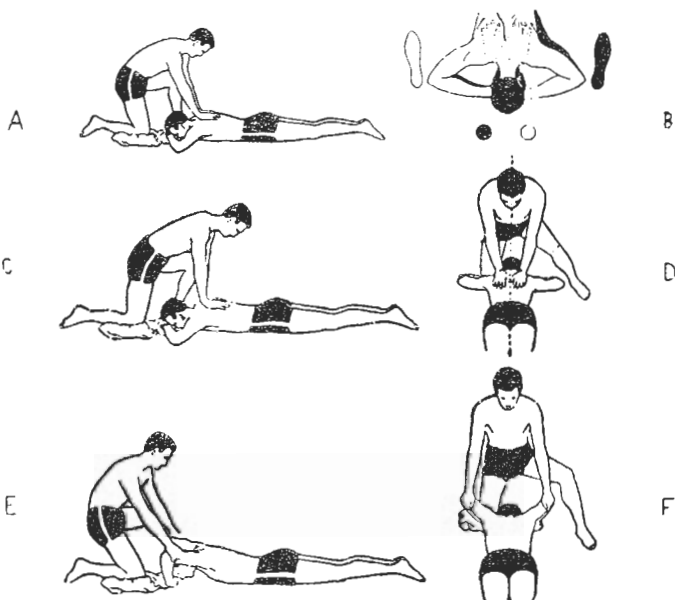
Er zijn verschillende methoden van kunstmatige ademhaling o.a.: v. Hasselt - Schaefer - Sylvester - Holger Nielsen enz. We zullen onderstaand de laatste methode (Holger Nielsen) bespreken.

De patiënt ligt op de buik, de handen gekruist onder het voorhoofd. De helper knielt op een knie terzijde en een weinig voor het hoofd van het slachtoffer. De andere voet rust plat op de grond aan de andere kant, naast de op de grond liggende elleboog van de patiënt. (De stand van de voet van de helper is aangeduid in de tekening, fig. 21a).

De uitademingsfase (fig. 21c en d) wordt op de volgende wijze uitgevoerd: De helper plaatst beide handen wijd geopend op de rug van de schijn dode, de handpalm op de schouderbladen, de duimen gericht naar de wervelkolom. Hij brengt daarbij geleidelijk zijn bovenlichaam naar voren en rust op zijn gestrekte armen, daarbij dus toenemende druk uitoefenend.

De inademingsfase (fig. 21e en f) wordt op de volgende wijze uitgevoerd; Terwijl de helper zijn handen langs de schouders en armen van de patient laat glijden, grijpt hij die armen vlak bij de ellebogen, licht ze op, terwijl hij zijn bovenlichaam naar achteren beweegt en zijn armen daarbij gestrekt houdt. Daardoor wordt het bovenlichaam van het slachtoffer ook enigszins opgeheven. De armen worden vervolgens weer op de grond teruggebracht en de beweging wordt acht maal per minuut herhaald.

Zowel de uit- als de inademingsfase duurt ongeveer 4 seconden.



Verschillende houdingen bij kunststige ademhaling.

- a. Beginhouding.
- b. De juiste houding van de knie, voet en handen.
- c. De fazen 1-3 van de uitademing.
- d. Uitademing.
- e. De fazen 5-7 van de inademing.
- f. Inademing.

Fig. 21

1. Begin de behandeling onmiddellijk, maak knellende kleding los, reinig zo nodig de mond, verwijder vals gebit.

2. Leg patient neer met het gelaat naar beneden, het voorhoofd (dus niet de mond) laat men op de gevouwen handen liggen.
3. Door een paar flinke slagen op de rug tussen de schouderbladen met de vlakke hand brengt men de tong naar voren.
4. Kniel op een knie, iets voor en terzijde van het hoofd van de patient en plaats Uw voet terzijde vande elleboog vanhet slachtoffer, aan de andere kant. De middellijn van de helper moet in dezelfde lijn liggen als die van de patient en zijn gestrekte armen moeten schuin voorwaarts hellen, zodat zijn handen op de schouderbladen van de patient komen te liggen en zijnpolsen boven de kammen van de schouderbladen van de patient. Dit is de aanvangsligging.
5. Schommel naar voren met gestrekte armen tot deze in verticale stand zijn gekomen.De druk moet licht zijn, zonder kracht. (Duur ongeveer twee en een halve seconde).
6. Laat Uw handen langs de armen van de patient tot vlak boven de ellebogen glijden (ongeveer 1 seconde), licht dan zijn schouders en armen een weinig op, terwijl een lichte trek wordt uitgeoefend door terug te schommelen. (Ongeveer twee en een halve seconde).
7. Laat de armen van de patient zakken en leg de handen terug op de schouderbladen (ongeveer 1 seconde).
8. De bewegingen 5, 6 en 7 (ongeveer 7 seconden) moeten worden herhaald. Hierdoor komen 8 complete ademnaligen per minuut.

SAMENVATTING

1. Voor een goede en storingsvrije radio-ontvangst is allereerst een goede antenne- en aarde-installatie nodig.
2. De antenne moet zo hoog mogelijk en de invoer zo vrij mogelijk van muren, regenpijpen enz. worden aangebracht. Tevens dient zij loodrecht op elektrische leidingen te worden opgesteld.
3. Het verdient steeds aanbeveling een antenne- overspanningsbeveiliging aan te brengen. Hiervoor wordt een edelgasveiligheid, soms gecombineerd met een vonkenbrug, gebruikt.
4. In gebouwen, waar men veel hindervan elektrische storingen heeft, moet de invoerleiding in afgeschermd, capaciteitsarme kabel worden uitgevoerd.
5. Bovendien kan het aanbrengen van netfilters respectievelijk het ontstoren van de elektrische apparaten zoals motoren nodig zijn.
6. Neem in een werkplaats altijd de veiligheidsmaatregelen in acht. Zorg bij het werken met hoge spanningen voor isolerende vloerbedekking en houdt een hand op de rug of in de zak.
7. Let bij het aanschaffen van een brandblusser er op dat het type geschikt is voor gebruik in een radio-werkplaats.

VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

Geef aan welk antwoord juist is bij de volgende twee vragen;

1. Een electronenstraal-oscillograaf kan worden gebruikt voor het meten van spanningen.
 - a. In combinatie met een buisvoltmeter.
 - b. Door voor het scherm een geijkte schaal aan te brengen.
 - c. Waar precisiemetingen nodig zijn.

2. Litzedraad wordt gewoonlijk gebruikt voor;
 - a. Bedrading in het voedingsgedeelte.
 - b. Spoelen.
 - c. Volumeregelaars.
 - d. In de negatieve roosterspanningsketen.

- 3 Twee condensatoren C1 en C2 zijn in serie geschakeld.
C1 = 1 μ F C2 = 100 pF
Hoe groot is ongeveer de totale capaciteit van deze serieschakeling.

ANTWOORDEN

LES 1

1. Een waterstroom ontstaat, als men in een gesloten circuit door middel van een pomp of een zuigerinstallatie een stuwings op het water te weeg brengt. De stuwende kracht voor het veroorzaken van een elektrische stroom, verkrijgt men door een batterij (electromotorische kracht).
2. Isolatiematerialen zijn materialen met een zeer hoge elektrische weerstand, die dus de stroom zeer slecht geleiden. Enkele van deze materialen zijn: trolituul, mica, pertinax, Philite, enz.
3. De diameter van een draad is de dikte van een draad. Het is dus een lengtemaat en wordt uitgedrukt in mm of cm. De doorsnede van een draad is een oppervlaktemaat, die men uitdrukt in mm^2 of cm^2 . De diameter of de dikte van de draad kan men meten met behulp van een schuifmaat of een micrometer. De doorsnede van de draad moet men berekenen met behulp van de formule $\frac{1}{4} \pi d^2$, waarin d de diameter is, die men kan meten.
4. De weerstand van het verwarmingselement is $\frac{120}{1,8} = 66 \frac{2}{3}$ ohm.
5. De stroomsterkte in de weerstand is $\frac{130}{65000} = \frac{2}{1000}$ A = 2 mA.
6. De doorsnede van de koperdraad is $\frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times \frac{2}{10} \times \frac{2}{10} = \frac{11}{350} \text{ mm}^2$.
De weerstand is nu gelijk aan: $\frac{\text{soortelijke weerstand} \times \text{lengte}}{\text{doorsnede}}$
 $R = \frac{0,0172 \times 1000}{11/350} = 547 \Omega = 0,547 \text{ k} \Omega$
7. De draaddoorsnede is $\frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 2,54 \times 2,54 = \text{ca } 5 \text{ mm}^2$.
De spanning waarbij de stroomsterkte in de draad 0,5A is, is $0,5 \times 0,945 = 0,4725$ V.
8. Voordat wij de spanning kunnen berekenen, moet eerst de weerstand van de konstantaandraad bekend zijn. Deze weerstand wordt weer berekend zoals in de voorgaande vraagstukken is geschied. De doorsnede van de draad is $\frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 0,45 \times 0,45 = \text{ca } 0,16 \text{ mm}^2$.
De weerstand van de draad is $\frac{0,5 \times 15}{0,16} = 47$ ohm.
De spanning moet dus zijn $1,2 \times 47 = 56,4$ V.
9. Het toelaatbare vermogen is o.a. gelijk aan $I^2 R = I \times I \times R = 1 \text{ W}$.
Aangezien $R = 40.000$ ohm, is $I \times I = \frac{1}{40.000}$ A.
Dus de stroomsterkte $I = \frac{1}{200}$ A = $\frac{1000}{200}$ mA = 5 mA.
10. Het vermogen waarvoor de weerstand geschikt moet zijn, is $I^2 R = I \times I \times R = \frac{1}{10} \times \frac{1}{10} \times 1200 = 12 \text{ W}$.

LES 2

1. De vervangingsweerstand van de 3 weerstanden wordt berekend met behulp van de formule $\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$.

$$\text{We krijgen dus } \frac{1}{R_t} = \frac{1}{100.000} + \frac{1}{5000} + \frac{1}{60.000} = \frac{3}{300.000} + \frac{60}{300.000} + \frac{5}{300.000} = \frac{68}{300.000}$$

$$\text{Dus } R_t = \frac{300.000}{68} = 4412 \text{ ohm.}$$

$$\text{De stroom } I_1 = \frac{105}{100.000} = \frac{1,05}{1000} \text{ A} = 1,05 \text{ mA}$$

$$\text{De stroom } I_2 = \frac{105}{5000} \text{ A} = \frac{21}{1000} \text{ A} = 21 \text{ mA.}$$

$$\text{Zo is de stroom } I_3 = \frac{105}{60.000} = \frac{1,75}{1000} \text{ A} = 1,75 \text{ mA.}$$

De totale stroom I_t = de som van de takstromen, dus

$$I_t = 1,05 + 21 + 1,75 = 23,8 \text{ mA.}$$

Men kan de totale stroom ook berekenen door de spanning van 105 V te delen door de totale vervangingsweerstand van 4412 ohm. Ook dan komt men op 23,8 mA.

2. Het ontvangtoestel neemt bij 110 V een stroom I , die gelijk is aan $\frac{55}{110} = 0,5 \text{ A}$.

Als het ontvangtoestel moet worden aangesloten op 220 V, waarbij men dus de overtollige 110 V laat opnemen in een seriële weerstand, moet deze seriële weerstand gelijk zijn aan: $\frac{110}{0,5} = 220 \text{ ohm}$.

Het vermogen waarvoor deze weerstand geschikt moet zijn, is $I^2 \times R = I \times I \times R = 0,5 \times 0,5 \times 220 = 55 \text{ W}$.

3. Aangezien de gloeidraden van de batterijbuizen parallel geschakeld zijn, moeten de takstromen worden opgeteld om de totale stroom te verkrijgen.

Indit geval moet de batterij dus leveren $50 + 50 + 100 = 200 \text{ mA} = 0,2 \text{ A}$.

De vervangingsweerstand van de gloeidraden is nu: $\frac{1,4}{0,2} = 7 \text{ ohm}$.

4. Aangezien de stroom in de gloeidraadketen 50 mA is en de gloeidraad C slechts 25 mA mag hebben, zal door de weerstand R de andere 25 mA moeten lopen. Deze weerstand moet dus gelijk zijn aan $\frac{1,4}{25/1000} = 56 \text{ ohm}$.

5. Alvorens de stroom I te kunnen berekenen moet de totale weerstand bekend zijn. Deze totale weerstand is de som van 500 ohmen de vervangingsweerstand van de parallelschakeling van 2500 ohm en 625 ohm.

$$R_t = 500 + \frac{625 \times 2500}{625 + 2500} = 500 + 500 = 1000 \text{ ohm.}$$

De batterij moet dus een stroom leveren, gelijk aan $\frac{10}{1000} \text{ A} = 10 \text{ mA}$.

6. De spanning, die over de meter ontstaat, is $\frac{1}{1000} \times 100 = \frac{1}{10} \text{ V}$.

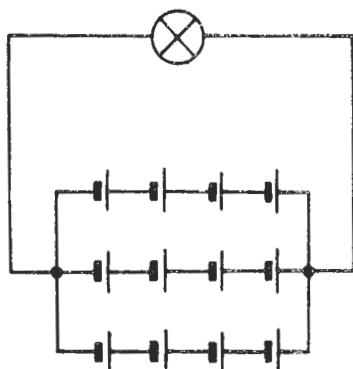
Deze spanning zal ook over de parallelgeschakelde weerstand R staan. Aangezien door deze weerstand een stroom moet vloeien, die gelijk is aan $50 - 1 \text{ mA} = 49 \text{ mA}$, zal deze weerstand gelijk moeten zijn aan

$$\frac{1/10}{49/1000} = \frac{100}{49} = \text{ca } 2 \text{ ohm.}$$

ANTWOORDEN

LES 3

- De totale inwendige weerstand van de batterij is $60 \times 1 \text{ Ohm} = 60 \text{ Ohm}$. De totale E.M.K. is $60 \times 1,4 \text{ V} = 84 \text{ V}$. Bij een stroomsterkte van $2/10 \text{ A}$ is het inwendige spanningsverlies gelijk aan $\frac{2}{10} \times 60 = 12 \text{ V}$. De klemspanning is dus gelijk aan $84 - 12 = 72 \text{ V}$.
- De totale E.M.K. van de accu is gelijk aan $3 \times 2,15 \text{ V} = 6,45 \text{ V}$. Aangezien de klemspanning over de uitwendige weerstand 6 V is, bedraagt het inwendige spanningsverlies $6,45 - 6 = 0,45 \text{ V}$. De totale inwendige weerstand is dus $\frac{0,45}{1,5} = 0,3 \text{ Ohm}$. Aangezien de cellen in serie staan, is de inwendige weerstand van één cel gelijk aan $\frac{3/10}{3} = \frac{1}{10} \text{ Ohm}$.
- Aangezien de 2 cellen van $1,5 \text{ V}$ parallelgeschakeld zijn, is de totale E.M.K. eveneens $1,5 \text{ V}$. De stroom door de weerstand van 30 Ohm is dus gelijk aan $\frac{1,5}{30} = 0,05 \text{ A}$. De stroom door de weerstand van 60 Ohm is: $\frac{1,5}{60} = 0,025 \text{ A}$.
- Aangezien de totale spanning 24 V moet bedragen en de spanning van één accu 6 V is, heeft men in elk geval 4 accu's in serie nodig. De accu's mogen echter een maximale stroom van $0,5 \text{ A}$ leveren, terwijl de aangesloten lamp een stroom van $1,5 \text{ A}$ neemt. Men dient dus 3 takken van 4 in serie geschakelde accu's parallel te nemen, waarbij elke tak $0,5 \text{ A}$ voor haar rekening neemt. Zie onderstaande tekening.



ANTWOORDEN

ES 4

1. Het aantal krachtlijnen per cm^2 bij een inductie van 5000 Gauss bedraagt 5000. Bij een inductie van 10.500 Gauss is dus het aantal krachtlijnen per cm^2 10.500.

2. De inductie van de magneet is $\frac{70.000}{14} \approx 5000$ Gauss.

De draadlengte is $4000 \times 20 = 80.000$ cm \approx 800 m.

De doorsnede van de draad is $\frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times \frac{2}{10} \times \frac{2}{10} = 0,0314$ mm².

De weerstand van de draad is $\frac{0,0172 \times 800}{0,0314} = \text{ca } 440$ Ohm.

De stroomsterkte bedraagt: $\frac{10}{440} = \frac{1}{44}$ A.

Het aantal ampere windingen is $4000 \times \frac{1}{44} \approx 91$ AW.

3. Stel de weekijzeren staaf is A en de magneetstaaf is B. Waar men met het uiteinde van de magneetstaaf B ook bij de ijzerstaaf A komt, deze zal steeds de ijzerstaaf aantrekken, ten gevolge van de magnetische inductie. Als men echter de weekijzerenstaaf in de hand neemt en deze staaf bij de magneetstaaf B brengt, dan zal men bemerken dat er aantrekkingskracht tussen de beide staven bestaat bij de uiteinden van de staaf B. Zodra men echter met de staaf A precies in het midden van de magneetstaaf B komt, zal men bemerken dat er geen aantrekkingskracht tussen beide staven bestaat, omdat men dan juist het magnetische midden van de magneetstaaf heeft.

ANTWOORDEN

LES 5

1. Wij gebruiken hiervoor de formule $R_p = \frac{R_m}{n-1}$.
 Voor dit vraagstuk is $R_m = 5$ ohm.
 $n = \frac{5 \text{ mA}}{1 \text{ mA}} = 5$, dus $R_p = \frac{5}{5-1} = \frac{5}{4} = 1,25$ Ohm.
 Voor het 50 mA bereik wordt dit nu $R_p = \frac{5}{50-1} = \frac{5}{49} = \text{ca } 1/10$ Ohm.

2. Voor het berekenen van de serie weerstand voor het vergroten van het spanningsbereik, gebruiken wij de formule $R_s = (n-1) R_m$.
 Hierin is R_m gelijk aan 360.000 Ohm en $n = \frac{480}{120} = 4$.
 Dit ingevuld geeft:
 $R_s = (4-1) \times 360.000 = 3 \times 360.000 = 1080.000$ Ohm = 1,08 Megohm.

3. Aangezien het hier het vergroten van een stroombereik betreft, moeten wij uitgaan van de formule $R_p = \frac{R_m}{n-1}$.
 Hiervan is n onbekend, daar deze letter aangeeft hoeveel maal het oorspronkelijke bereik wordt vergroot.
 Men lost nu n uit de bovengenoemde formule op, door deze formule een iets andere vorm te geven. Men kan dit o.v. op de volgende wijze doen:
 $n-1 = \frac{R_m}{R_p}$, dus $n = \frac{R_m}{R_p} + 1$. Hieruit volgt $n = \frac{20}{20/999} + 1 = 999 + 1 = 1000$.
 Het stroombereik wordt dus $1000 \times 20 \text{ mA} = 20.000 \text{ mA} = 20 \text{ A}$.

4. Voor het 3 mA-bereik staat de wijzer verbonden met de aansluiting met het getal 3. De stroom loopt van de plus-klem via 2 takken n.l. enerzijds via R_s en R_m (de meter) en anderzijds via de tak $R_9-R_8-R_7-R_6-R_5$ terug naar de min-klem.
 In het 300 V bereik staat de wijzer in het schema in de positie van 300 (rechts onderaan). In dit geval loopt de stroom vanaf de plus-klem via dezelfde 2 takken als in het oovengenoemde geval, maar verder via de weerstanden $R_4-R_3-R_2-R_1$ terug naar de min-klem.

5. Aangezien de voltmeter in zijn hoogste bereik de grootste serie-weerstand heeft, loopt men in dit geval het minste gevaar, dat de meter bij aansluiting op een bepaalde spanning wordt beschadigd. Hoe lager het bereik wordt, hoe kleiner de serie-weerstand van de meter is.

ANTWOORDEN

LES 3

1. Een gelijkstroom is een stroom, die niet van richting verandert, dus steeds van plus naar min loopt.
Een wisselstroom is daarentegen een stroom, die regelmatig van richting verandert.
2. Aangezien het woord frequentie betrekking heeft op het aantal veranderingen per seconde van de wisselstroom, kan men eigenlijk niet van de frequentie van een gelijkstroom spreken. Men zegt ook wel eens dat de frequentie van de gelijkstroom gelijk aan nul is, hetgeen hierop neerkomt, dat deze stroom nimmer van richting verandert.
3. Als in fig. 3 de staaf TA geheel van metaal zou zijn, dan zou de accu via deze staaf worden kortgesloten. De stroom zou immers lopen van de plus-klem van de accu naar de strip A, via het sleepcontact d over de staaf naar het sleepcontact P en via de metalen strip B terug naar de min-pool van de accu. Waarschijnlijk zouden de sleepcontacten tengevolge van de zeer grote stroom verbranden en de accu zou worden beschadigd.
4. Aangezien de inductie spanning afhankelijk is van de snelheid, waarmee de krachtlijnen-verandering plaats heeft, zal bij een dubbele snelheid van de dynamo de inductie-spanning 2 x zo groot worden. Ook de frequentie zal 2 x zo groot worden, dus 50 Hz. Aangezien de frequentie het aantal perioden per seconde is, zou dit betekenen, dat 1 periode in plaats van 1/25 seconde slechts 1/50 seconde zou duren.
5. De hogere spanning van de dynamo bij dezelfde snelheid, wordt bereikt door gebruik van een spoel met meer windingen.
6. a. $f = 1 \text{ Hz}$
b. $f = 12000 \text{ Hz}$
c. $f = 2.000.000 \text{ Hz}$
d. $f = 4000 \text{ Hz}$
e. $f = 7.200.000 \text{ Hz}$
f. $f = 1 \text{ Hz}$
7. De maximale waarde van de netspanning bedraagt $1,4 \times 110 \text{ V} = 154 \text{ V}$.
8. De effectieve waarde van de wisselstroom is $\frac{5}{1,4} = 3,57 \text{ A}$.

ANTWOORDEN VAN DE VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

LES 7

1. Aangezien door de smoorspoel in een radiotoestel een gelijkstroom gaat, wordt de ijzerkern magnetisch en zal deze dientengevolge een schroevendraaier aantrekken.
2. De stroom door de primaire wikkeling van de transformator wordt bepaald door de formule

$$I = \frac{E}{X_L}$$

$$\begin{aligned} \text{waarin } X_L &= 6,28 \text{ fL} \\ &= 6,28 \times 50 \times 40 = 12560 \text{ Ohm.} \end{aligned}$$

Dus de stroom is:

$$I = \frac{220}{12560} = 0,0176 \text{ A} = 17,6 \text{ mA.}$$

3. De effectieve waarde van de sinusvormige wisselstroom met een maximale waarde van 0,8 A is:

$$I_{\text{eff}} = \frac{0,8}{1,4} = 0,57 \text{ A} = 570 \text{ mA.}$$

4. De secundaire spanning is gelijk aan de windingsverhouding $\frac{n_2}{n_1}$ x primaire spanning;

$$\text{dus: } \frac{5000}{1000} \times 1 \text{ V}_{\text{eff}} = 5 \text{ V}_{\text{eff}}$$

5. De wisselstroomweerstand of reactantie van de spoel is 6,28 fL. Voor een frequentie van 30 Hz wordt dit:

$$X_L = 6,28 \times 30 \times \frac{2}{1000} = \text{ca. } 0,4 \text{ Ohm.}$$

Bij een spanning van 1 V_{eff} loopt er dus een stroom van $\frac{1}{0,4} = 2,5 \text{ A}$

$$6,28 \times 500.000 \times \frac{2}{1000} = 6280 \text{ Ohm.}$$

Nu loopt er een stroom van slechts $\frac{1}{6280} = 0,00015 \text{ A} = 0,15 \text{ mA.}$

LES 8

1. De totale capaciteit van parallel geschakelde condensatoren is gelijk aan de som van de afzonderlijke capaciteiten.

Dus $C_t = 30 + 100.000 + 470 = 100.500 \text{ pF}$

($0,1 \mu\text{F} = 100.000 \text{ pF}$; de capaciteiten moeten in dezelfde eenheid (pF) worden uitgedrukt, om opgeteld te kunnen worden.

2. Bij serieschakeling geldt:

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{270} + \frac{1}{270} + \frac{1}{270} = \frac{3}{270} = \frac{1}{90}$$

Dus $C_t = 90 \text{ pF}$

Bij gelijke capaciteiten kan men natuurlijk ook ineens de enkele capaciteit (270 pF) delen door het aantal in serie geschakelde capaciteiten.

Dus $C_t = \frac{270}{3} = 90 \text{ pF}$

3. De schijnbare weerstand of reactantie van een condensator is:

$$X_C = \frac{1}{6,28 fC}$$

Voor een frequentie van 50 Hz geeft dit:

$$X_C = \frac{1}{6,28 \times 50 \times \frac{320}{1.000.000.000.000}} = 10.000.000 \text{ Ohm} = 10 \text{ Megohm.}$$

Voor een frequentie van 500 kHz = 500.000 Hz, dus 10.000 x hogerdan in het eerste geval, wordt de reactantie 10.000 x kleiner, dus

$$X_C = \frac{10.000.000}{10.000} = 1000 \text{ Ohm.}$$

4. De wisselstroom zal zijn: $I = \frac{E}{X_C}$

$$X_C = \frac{1}{6,28 fC} = \frac{1}{6,28 \times 100 \times \frac{50}{1.000.000}} = \text{ca. } 32 \text{ Ohm}$$

Bij een spanning van 4 V zal dus de stroom door de condensator zijn:

$$I = \frac{4}{32} = \frac{1}{8} \text{ A} = 125 \text{ mA.}$$

5. De stroomdoor de serieschakeling van weerstand en condensator, zal zowel door de weerstand als door de condensator 0,1 A zijn.

In de condensator gaat geen vermogen verloren. Wel echter in de weerstand. Dit vermogen is gelijk aan:

$$W = I^2 R = 0,1 \times 0,1 \times 100 = 1 \text{ W.}$$

LES 9

1. De snaren van een viool hebben alle verschillende dikten. De dunste snaar geeft de hoogste tonen en de dikste snaar de laagste tonen.

2. De wisselstroomweerstand van het spoeltje $X_L = 6,28 \text{ fL}$
 $40 = 6,28 \times 1000 \text{ L}$

$$\text{Dus } L = \frac{40}{6280} = 0,0064 \text{ H} = 6,4 \text{ mH.}$$

3. De stroom in de microfoonketen bij een weerstand van 80 Ohm is:

$$I_1 = \frac{6}{80} = 0,075 \text{ A} = 75 \text{ mA.}$$

Bij een weerstand van 140 Ohm is de stroom:

$$I_2 = \frac{6}{140} = 0,043 \text{ A} = 43 \text{ mA.}$$

De stroomverandering is dus: $I_1 - I_2 = 75 - 43 = 32 \text{ mA.}$

4. De weerstand van 1 spoeltje is:

$$R = \frac{S \cdot W \times 1}{q} \quad (\text{zie les 1, par. 6})$$

Hierin is q de doorsnede, gelijk aan:

$$q = 1/4 \times 3,14 \times d \times d = 1/4 \times 3,14 \times 0,07 \times 0,07 = \text{ca. } 0,004 \text{ mm}^2.$$

$$\text{Dus } R = \frac{0,0175 \times 60}{0,004} = 262,5 \text{ Ohm.}$$

Men heeft in totaal 4 spoeltjes, zodat de totale weerstand is:

$$4 \times 262,5 = 1050 \text{ Ohm.}$$

De totale spanning over de koptelefoon is dan:

$$E_t = \frac{0,02}{1000} \times 1050 = 0,021 \text{ V} = 21 \text{ mV.}$$



ANTWOORDEN VAN VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

LES 10

1. De frequentie van de zender is:

$$f = \frac{300.000.000}{50} = 6.000.000 \text{ Hz} = 6 \text{ MHz.}$$

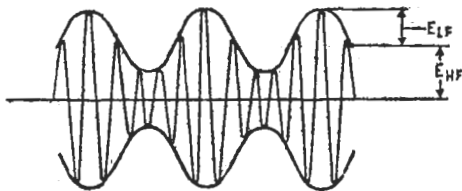
2. De golflengte is:

$$\frac{300.000.000}{5.000.000} = 60 \text{ m}$$

3. De modulatie diepte m is:

$$m = \frac{E_{LF}}{E_{HF}} \times 100\% = \frac{4}{10} \times 100\% = 40\%$$

Het beeld van deze gemoduleerde draaggolf is nu:



4. De amplitude van de L.F. trilling is bij 60% modulatie diepte:

$$0,6 \times 10 = 6 \text{ V}$$

- t. De impedantie van een seriekring in resonantie is gelijk aan de verliesweerstand, dus 5 Ohm.

De stroom I is dus:

$$\frac{0,1}{5} = 0,02 \text{ A} = 20 \text{ mA.}$$

ANTWOORDEN VAN VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

LES 11

1. Voor het vergroten van het meetbereik van 0 - 1 mA tot 0 - 10 mA, moet parallel aan de meter een shunt-weerstand worden geschakeld. Men kan deze weerstand berekenen met de formule:

$$R_p = \frac{R_m}{n-1}, \text{ (zie les 5, par. 24a)}$$

waarin $R_m = 5 \text{ Ohm}$

$$n = \frac{10}{1}$$

Dus $R_p = \frac{5}{10-1} = \frac{5}{9} \text{ Ohm} = 0,56 \text{ Ohm.}$

De volledige uitslag van de meter wordt verkregen bij een spanning van

$$\frac{1}{1000} \times 5 = \frac{5}{1000} = 0,005 \text{ V}$$

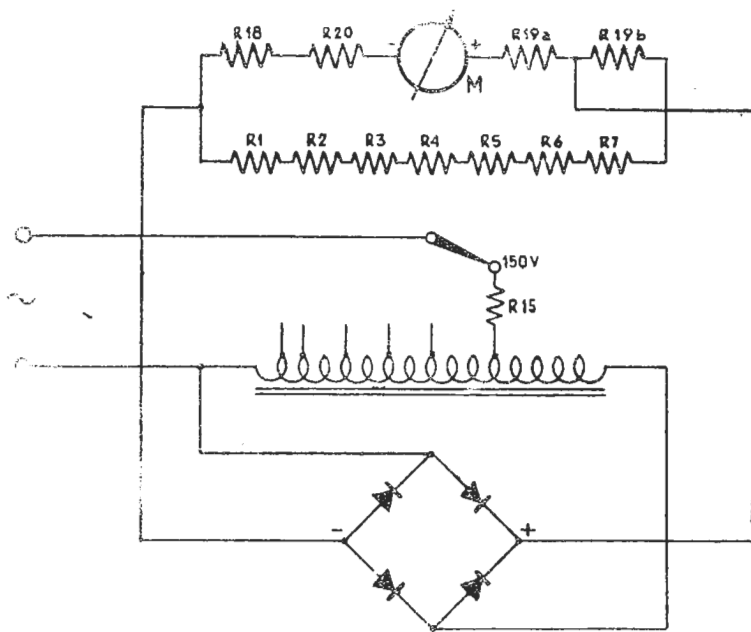
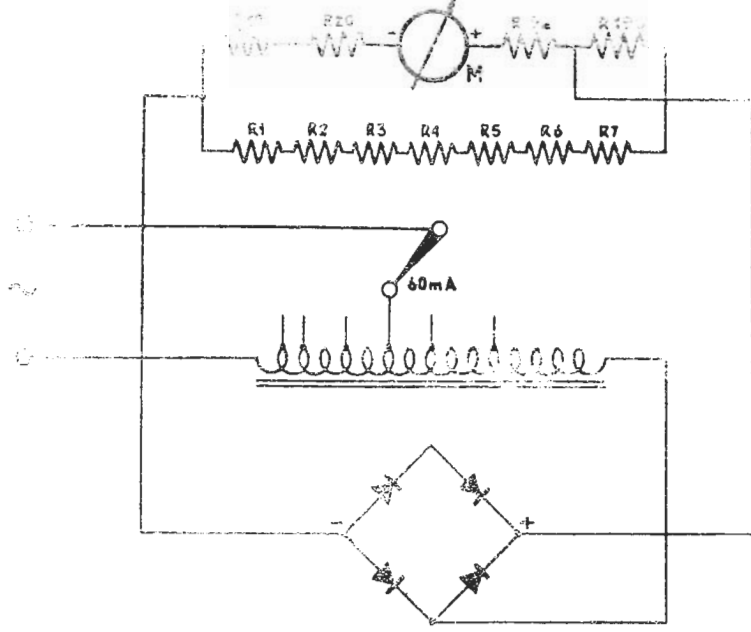
Het spanningsmeetbereik moet worden vergroot tot 50 V. De hiervoor nodige serieweerstand berekent men uit de formule:

$$R_s = (n-1) R_m \text{ (zie les 5, par. 24b)}$$

waarin $n = \frac{50}{0,005} = 10.000$

Dus $R_s = (10.000-1) 5 = \text{ca. } 50.000 \text{ Ohm}$

Het schema in zijn eenvoudigste vorm is:



ANTWOORDEN VAN VRAGEN EN VRAAGSTUKKEN

LES 12

1. De totale spanning van de in serie geschakelde gloeispanningen is:

$$14 + 12,6 + 14 + 45 + 31 = 116,6 \text{ V}$$

Over de serieweerstand komt dus een spanning te staan, die gelijk is aan $220 - 116,6 = 103,4 \text{ V}$.

De stroom door de weerstand is $100 \text{ mA} = 0,1 \text{ A}$, zodat de waarde van de weerstand moet zijn: $R = \frac{103,4}{0,1} = 1034 \text{ Ohm}$.

Het vermogen, waarvoor deze weerstand geschikt moet zijn is minstens

$$W = E \times I = 103,4 \times 0,1 = 10,34 \text{ W.}$$

2. De EAF 42 heeft $6,3 \text{ V}$ gloeispanning (wisselstroom- of accuvoeding); het is een diode-penthode in Rimlock-uitvoering.

De UL41 is een buis voor gelijkstroom/wisselstroomvoeding met een gloeistroom van 100 mA . Het is een penthode-eindbuis in Rimlock-uitvoering.

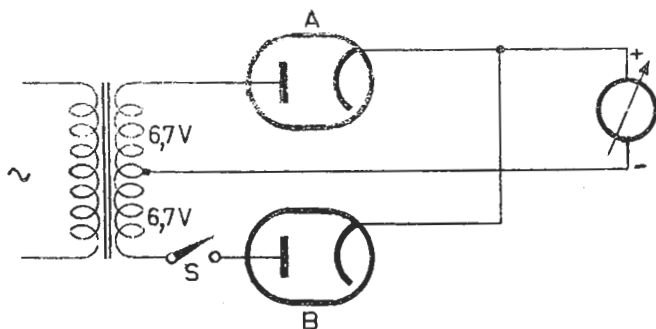
De DL92 is een batterijbuis met een gloeispanning van $1,4 \text{ V}$. Het is een eindbuis in miniatuur uitvoering.

De EF80 is een wisselstroombuis met $6,3 \text{ V}$ gloeispanning. Het is een penthode in Noval-uitvoering.

De UCH42 is een buis voor gelijkstroom/wisselstroomvoeding met een gloeistroom van 100 mA . Het is een triode-hexode in Rimlock-uitvoering.

3. Uit de temperatuurkromme T is te zien (2 toppen boven en beneden de nullijn), dat de bromspanning een tweemaal zo hoge frequentie zal hebben als die van de gloeistroom, dus $2 \times 50 = 100 \text{ Hz}$.

4.



ANTWOORDEN

LES 13

1. De voordelen van dubbelfasige gelijkrichting ten opzichte van enkel-fasige gelijkrichting zijn:
- Kleinere rimpelspanning
 - Dubbele frequentie van de rimpelspanning, waardoor bij dezelfde waarden van de elementen van het afvlakfilter een betere afvlakking wordt verkregen dan met enkel-fasige gelijkrichting.

2. De totale lengte van de draad op de smoorspoel is $2500 \times 15 \text{ cm} = 37500 \text{ cm} = 375 \text{ m}$.

De weerstand van deze draad is;

$$R = \frac{\text{soortgelijke weerstand} \times \text{lengte (in m)}}{\text{doorsnede (in mm}^2\text{)}}$$

De doorsnede is $1/4 \times 3,14 \times 0,15 \times 0,15 = 0,0175 \text{ mm}^2$

$$R = \frac{0,0175 \times 375}{0,0175} = 375 \text{ Ohm.}$$

Over de smoorspoel ontstaat dus een spanningsverlies.

$$E = I \times R = \frac{60}{1000} \times 375 = 22,5 \text{ V.}$$

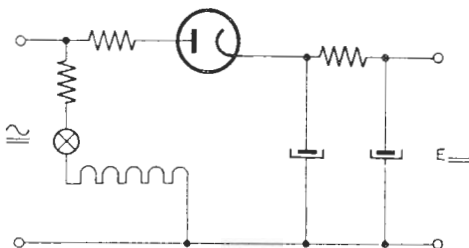
3. De weerstand van de draad op de transformator is

$$R = \frac{0,0175 \times 650}{0,08} = \text{ca. } 142 \text{ Ohm.}$$

Het spanningsverlies in de transformatorwikkeling wordt dus $\frac{58}{1000} \times 142 = \text{ca. } 8 \text{ V.}$

De klemspanning wordt dus ongeveer $450 - 8 = 442 \text{ V.}$

4.



1. Trekken we in de I_a/V_g - karakteristieken een driehoek ABC, (zie keerzijde) dan volgt hieruit:

$$\text{de steilheid } S = \frac{\Delta I_a}{\Delta V_g} = \frac{8}{2,4} = 3,33 \text{ mA/V} \quad (\text{ong.})$$

$$\text{de inwendige weerstand } R_i = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a} = \frac{75}{\frac{8}{1000}} = \frac{75000}{8} \Omega = 9,4 \text{ k} \Omega \quad (\text{ong.})$$

$$\text{de versterkingsfactor } \mu = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g} = \frac{75}{2,4} = 31 \quad (\text{ong.})$$

De versterkingsfactor zou ook met behulp van de wet van Barkhausen kunnen worden berekend.

$$S \times R_i = \mu = \frac{3.33}{1000} \times 9400 = 31 \quad (\text{ong.})$$

Voor een lager gedeelte van de karakteristiek krijgen deze grootheden andere waarden, omdat daar de karakteristiek minder steil is.

2. De dynamische steilheid $S_d = S \frac{R_i}{R_i + R_a}$

$$\text{Dus } S_d = 3,33 \times \frac{9400}{9400 + 50000} = 0,5 \text{ mA/V} \quad (\text{ong.})$$

3. De versterking van de buis is:

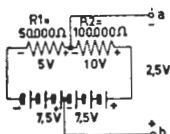
$$G = \mu \frac{R_a}{R_i + R_a} = 31 \times \frac{50000}{9400 + 50000} = 26 \quad (\text{ong.})$$

4. Aangezien $S = \frac{\Delta I_a}{\Delta V_g}$, is $\Delta I_a = S \times \Delta V_g$.

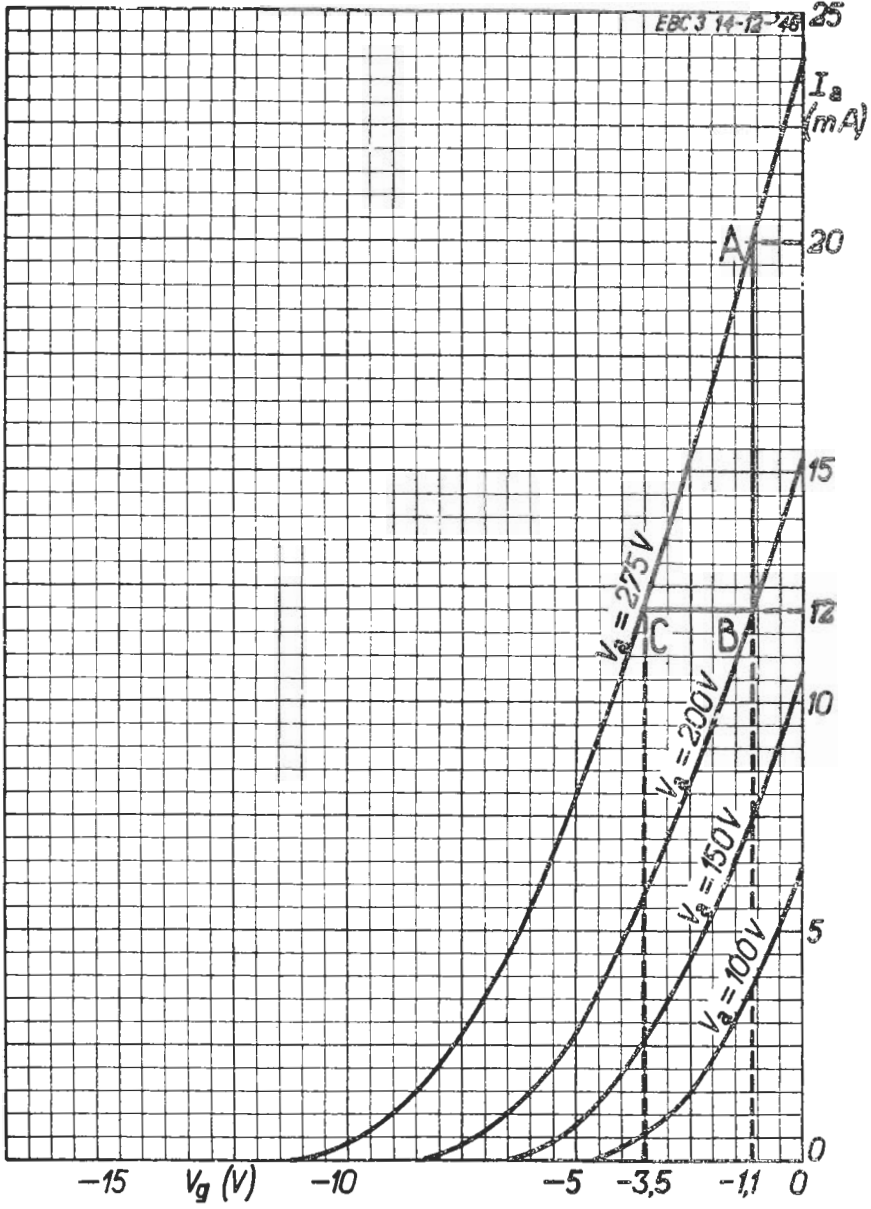
$$\text{Dus } \Delta I_a = 5 \times 2 = 10 \text{ mA.}$$

5. De spanningsverdeling over de weerstanden R_1 en R_2 wordt als in onderstaande figuur is aangegeven.

Er staan tussen de punten a en b twee spanningen in oppositie: de spanning over R_2 van 10 V en de halve batterijspanning van 7,5 V. De totale spanning wordt dus 2,5 V. De polariteit van deze spanning wordt bepaald door de polariteit van de spanning van 10 V. (Zie les 3, par.15d).



- * Verzoeken van het vraagstuk 2 (blz. 14) van deze les te schrappen "De voedingsspanning V_b is 250 V", aangezien bij $V_b = 250$ V het werkpunt bij $V_g = -3,5$ V (waarvoor de oplossing van vraagstuk 1 geldt) overeenkomt met $I_a = 2,25$ mA en $V_a = 137$ V. Hierbij is $S = \text{ca. } 1,7$ mA/V.



ANTWOORDEN

LES 15

1. De anodedissipatie $W_a = I_a \times V_a$; dus $I_a = \frac{W_a}{V_a} = \frac{9}{250} = 0,036 \text{ A} = 36 \text{ mA}$
2. De negatieve roosterspanning over de kathodeweerstand is $V_g = I_a \times R_k$;
dus $R_k = \frac{V_g}{I_a} = \frac{4}{\frac{9}{1000}} = \frac{4000}{9} = 500 \text{ Ohm}$.
3. De transformatieverhouding $n = \sqrt{\frac{7000}{11}} = \sqrt{636} = \text{ca } 25$.
4. Het vermogen is gelijk aan $W = I^2 R$;
dus $I^2 = \frac{W}{R} = \frac{4}{4} = 1$. Dus $I = 1 \text{ A}!!!$
5. a) De versterking van de eerste buis is
 $G = \mu \frac{R_a}{R_i + R_a} = 25 \frac{100.000}{20.000 + 100.000} = 25 \frac{100.000}{120.000} = \text{ca } 20,8$
- b) Voor een wisselspanning van 3000 Hz kan de invloed van de koppelcondensator worden verwaarloosd.
Op het rooster van de eindbuis komt dus een wisselspanning van:
 $20,8 \times 0,1 = 2,08 \text{ Veff}$.
- c) In de primaire wikkeling van de uitgangstransformator vloeit dan een stroom van $S \times V_g = 2 \times 2,08 = 4,16 \text{ mA(eff)}$
- d) De verhouding van primaire stroom I_1 tot secundaire stroom I_2 is juist het omgekeerde van de windingsverhouding (les 7, par. 37).
De secundaire stroom is dus gelijk aan $40 \times 4,16 = 166,4 \text{ mA(eff)}$.

1. De negatieve roosterspanning over de kathodeweerstand bij een penthode is gelijk aan: $V_{g1} = (I_a + I_{g2}) R_k$;

$$\text{dus } R_k = \frac{V_{g1}}{I_a + I_{g2}} = \frac{3}{\frac{5+1}{1000}} = \frac{3000}{6} = 500 \text{ Ohm.}$$

2. Het spanningsverlies in de weerstand van 0,2 Megohm is:

$$\frac{1}{1000} \times 200.000 = 200 \text{ V.}$$

De schermroosterspanning is dus gelijk aan $350 - 200 = 50 \text{ V}$.

3. Het schema wordt in principe volgens fig. 1a. De meterweerstand R_m staat dus parallel aan de gelijkstroomweerstand van de buis tussen kathode en schermrooster. Deze weerstand is gelijk aan:

$$\frac{V_{g2}}{I_{g2}} = \frac{50}{\frac{1}{1000}} = 50.000 \text{ Ohm.}$$

De meterweerstand is $100 \times 200 = 20.000 \text{ Ohm}$. Door het aanbrengen van de meter verandert dus het gelijkstroomcircuit (zie fig. 1b) zodanig, dat een lagere spanning wordt gemeten dan de werkelijke spanning is.

We kunnen ook nog uitrekenen hoe groot de gemeten spanning ongeveer zal zijn. De parallelschakeling van 50.000 Ohm en 20.000 Ohm is gelijk aan:

$$R_t = \frac{50.000 \times 20.000}{50.000 + 20.000} = \text{ca } 14.000 \text{ Ohm.}$$

De totale weerstand in de keten wordt dus $14.000 + 200.000 = 214.000 \text{ Ohm}$. Over de meter komt nu een spanning te staan die gelijk is aan:

$$\frac{14.000}{214.000} \times 250 \text{ V} = \text{ca } 16 \text{ V.}$$

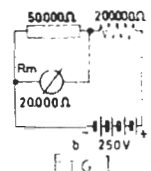
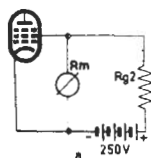
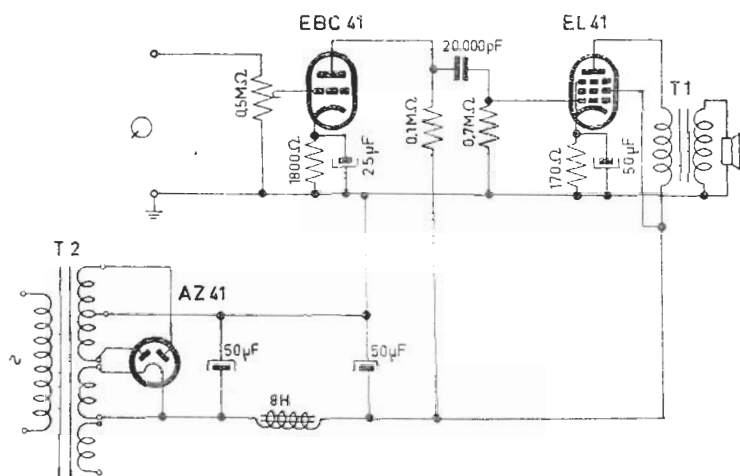


FIG 1



ANTWOORDEN LES 17

1. Over de weerstand R_{g2} moet een spanning ontstaan van 170 - 100 = 70 V. Bij een stroom van 1,75 mA, wordt deze weerstand

$$R_{g2} = \frac{70}{\frac{1,75}{1000}} = \frac{70.000}{1,75} = 40.000 \text{ Ohm} = 40 \text{ kOhm.}$$

2. Het gewijzigde schema is aan de keerzijde van dit blad getekend. Voor de negatieve roosterspanning zorgende weerstanden R2-R9-R11 Over R11 moet een spanning van 1,4 V staan. Bij 50 mA door de weerstand, geeft dit voor de weerstand:

$$R_{11} = \frac{1,4}{\frac{50}{1000}} = \frac{1400}{50} = 28 \text{ Ohm}$$

Over R9 + R11 moet een spanning van 2,5 V staan.

$$\text{Dus } R_9 + R_{11} = \frac{25}{\frac{50}{1000}} = 500 \text{ Ohm.}$$

Hieruit volgt voor R9 = 50 - 28 = 22 Ohm,

Over R2 + R9 + R11 moet 7 V staan.

$$\text{Dus } R_2 + R_9 + R_{11} = \frac{7}{\frac{50}{1000}} = 140 \text{ Ohm, en}$$

$$R_2 = 140 - 50 = 90 \text{ Ohm.}$$

In R2 gaat een vermogen, gelijk aan $I^2 R = \frac{50}{1000} \times \frac{50}{1000} \times 90 \text{ W} = 0,225 \text{ W}$ verloren.

R2 moet dus minstens een 0,5 W weerstand zijn. Voor R9 en R11 wordt dit vermogen nog kleiner.

- 3a. Als de primaire wikkeling van de transformator onderbroken wordt zal aan de luidspreker geen wisselstroom worden toegevoerd. De luidspreker zal dus geen geluid geven. Het schermrooster van de EL 41 zal echter nu het grootste gedeelte van de electronen naar zich toe trekken (op de anode staat nu immers geen spanning!), zodat de schermroosterstroom sterk zal toenemen; zo sterk zelfs, dat het schermrooster te heet kan worden en kans op beschadiging van de buis groot is.
- 3b. Door de sluiting van C9 zal het schermrooster van de EF 41 rechtstreeks met aarde verbonden worden. De buis werkt nu als een triode, waardoor de versterking aanzienlijk zal dalen. Men bemerkt dus dat de zenders zwakker doorkomen. Bovendien wordt R3 nu direct op de 250 V aangesloten. R3 moet nu een vermogen verwerken, gelijk aan $\frac{R^2}{R} = \frac{250 \times 250}{90.000} = \text{ca. } 7 \text{ W}$. Aangezien R3 meestal een 1 W weerstand is, zal hij door de sluiting in C9 doorbranden.
-

ANTWOORDEN REPETITIEVRAGEN LES 18

1. Het vermogen van 5 W wordt nu verdeeld over de twee parallel geschakelde weerstanden van 400 Ohm en 1600 Ohm.

Beide weerstanden zijn op dezelfde spanning aangesloten. Het vermogen, dat in de weerstanden verloren gaat, is gelijk aan $\frac{E^2}{R}$

In de kleinste weerstand gaat dus het meeste vermogen zitten (omdat hierdoor de stroom het grootst is). De weerstanden verhouden zich als volgt:

400 : 1600 = 1 : 4. De 400 Ohm weerstand moet dus berekend zijn op $\frac{4}{5} \times 5 = 4$ W en de 1600 W weerstand moet berekend zijn voor

$$\frac{1}{5} \times 5 = 1 \text{ W.}$$

2. Aan de primaire zijde wordt een vermogen van $E \times I = 200 \times \frac{25}{1000} =$

5 W geleverd. Dit vermogen wordt via de transformator aan de weerstand van 5 Ohm geleverd. De gegevens van de weerstand en de transformatieverhouding waren voor de gestelde vraag eigenlijk overbodig.

3. Het schema van dit vraagstuk kan vereenvoudigd worden tot nevenstaand schema.

X_C (de reactantie van C en R vormen een spanningsdeler.)

Voor $f = 30$ Hz geldt

$$X_C = \frac{1}{6,28 f C} =$$

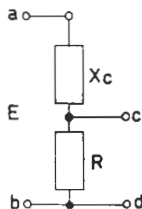
$$\frac{1}{6,28 \times 30 \times \frac{5000}{1.000.000.000.000}} =$$

$$\frac{1.000.000.000.000}{942.000} =$$

ca. 100.000 Ohm = 1 Megohm

Voor $f = 30.000$ Hz, dus een 1000 x hogere frequentie is X_C 1000 x kleiner, dus gelijk aan 1000 Ohm. In het eerste geval bestaat de spanningsdeler dus uit $X_C = 1$ Megohm en $R = 0,5$ Megohm waardoor aan de klemmen c-d minder dan de helft van de spanning aan a-b zal komen.

In de tweede plaats is X_C slechts 1000 Ohm tegen $R = 500.000$ Ohm. Nu heeft X_C praktisch geen invloed en zal de spanning aan c-d nagenoeg gelijk zijn aan E.



4. a. Verwaarlozen we de ohmse weerstand van de luidsprekertransformator dan is de anode- en schermroosterspanning van de EL 41, ten opzichte van aarde 250 V. De anodespanning van de EF 40 is gelijk aan 250 V, verminderd met de spanningsval in R4. Deze spanningsval is $I_a \times R_4 = \frac{0,86}{1000} \times 220.000 = \text{ca } 190 \text{ V}$. De anodespanning ten opzichte van aarde is dus $250 - 190 = 60 \text{ V}$. De spanningsval in de schermroosterweerstand R3 is

$$I_{g2} \times R_3 = \frac{0,18}{1000} \times 1.000.000 = 180 \text{ V.}$$

De schermroosterspanning ten opzichte van aarde is dus $250 - 80 = 70 \text{ V}$.

- b. De negatieve roosterspanning van de EF 40 is gelijk aan

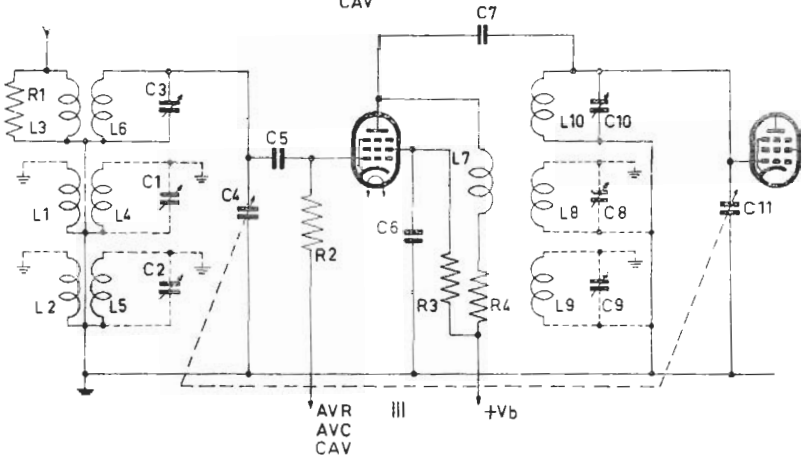
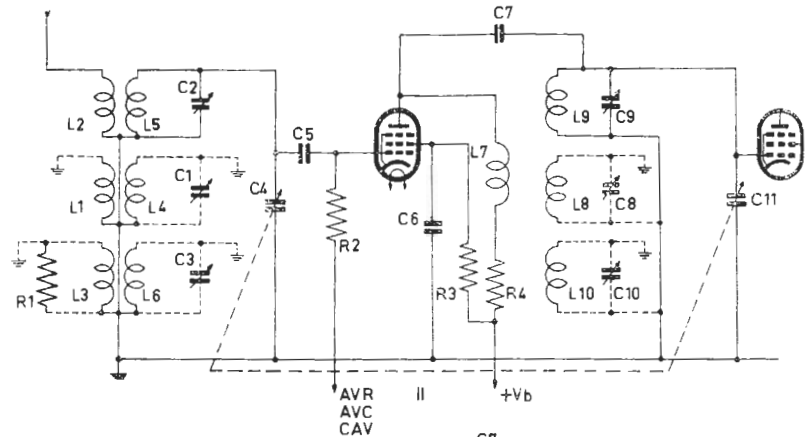
$$(I_a + I_{g2}) \times R_2 = \frac{1,04}{1000} \times 1500 = \text{ca } 1,5 \text{ V.}$$

Voor de EL 41 wordt dit:

$$\frac{(36 + 5)}{1000} \times 170 = \text{ca } 7 \text{ V.}$$

- c. Als R3 doorbrandt, krijgt het schermrooster geen spanning en werkt de EF 40 als een triode. De versterking wordt hierdoor veel kleiner, en de geluidsterkte dus minder.
- d. Als C4 onderbreekt, ontstaat over R6 een wisselspanning, die in tegenfase is met de wisselspanning tussen het stuurrooster en aarde. De "nuttige" roosterwisselspanning wordt kleiner en de geluidsterkte dienovereenkomstig minder (zie hierover les 15, par. 68).
-

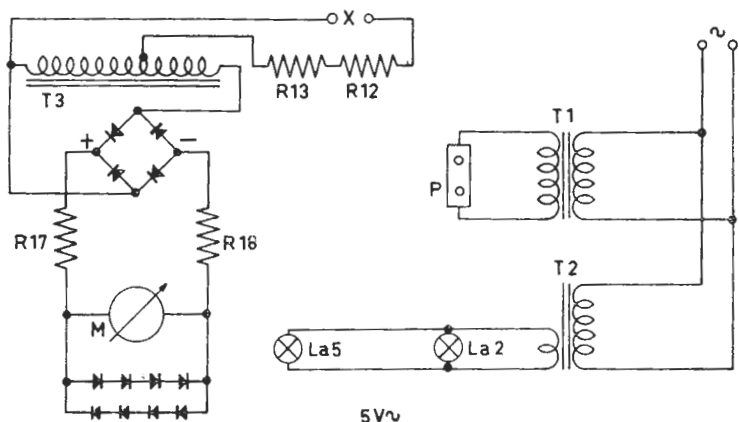
1. De schakeling voor de bereiken II en III is:



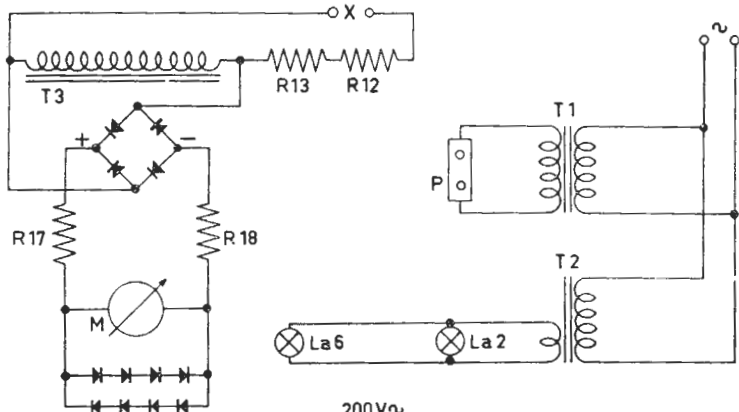
2. a. Door de onvolledige afvlakking van de rimpelspanning over C2 zal het apparaat brommen.
- b. 1. G2 van de EF41 krijgt geen positieve spanning. De versterking van de H.F. versterker zal vrijwel tot nul worden gereduceerd. Het apparaat zal zeer ongevoelig worden.
2. R3 komt parallel aan C21 te staan, dus over R3 komt de volle voedingsspanning. Hierdoor kans op overbelasting (verbranden) van R3.
- c. De L.F. spanning over R8 kan het stuurrooster van de EL41 niet bereiken. Het apparaat geeft geen geluid. (Door de bedradingscapaciteit tussen R8 en R10 zal een zeer kleine koppelingcapaciteit blijven bestaan. Hierdoor worden de hoge frequenties van muziek en spraak nog een weinig doorgelaten. We zullen daarom veelal nog een zachte, doch zeer hoog getimbreerde, weergave kunnen waarnemen).

LES 20

1. De schakelingen voor de meetbereiken 200 V en 5 V zijn:



5V~



200V~

2. $R_x = R \cdot \frac{A}{B} = 3000 \cdot \frac{1}{3} = 1000 \Omega$
3. a. De anodevoeding van het triodegedeelte van de EBC 41 is niet meer ontkoppeld. Kans op L.F. genereren van het L.F. gedeelte van de ontvanger. Dit openbaart zich door kikkeren of een constante giltoon.
- b. Door het wegvallen van de buffercondensator constateren we 2 verschijnselen, n.l.:
1. Verlaging van de afgegeven gelijkspanning. Hierdoor wordt de ontvanger minder gevoelig.
 2. Zeer grote rimpelspanning. Hierdoor wordt een hinderlijke brom merkbaar.
- c. Voedingstransformator en AZ 41 worden zwaar overbelast. Bij de AZ41 kans op emissie-verlies of gloeidraadbreek. Bij de transformator extra verhitting van de 2 x 285 V wikkeling; dit kan tot verbranding van de isolatie leiden.

ANTWOORDEN

LES 21

1. a. 720 kHz; 1720 kHz; 6,22 MHz en 20,22 MHz
b. 1430 kHz; 2430 kHz; 6,93 MHz en 20,93 MHz
c. 3500 kHz; 4500 kHz; 9,- MHz en 23,- MHz.

 2. De ontvangen frequentie en de spiegelrequentie liggen 2 x de M.F. uit elkaar.
Bij een hoger M.F. wordt dus deze afstand evenredig groter. Hierdoor zal de spiegelrequentie (door de H.F. afstemkringen) meer worden verzwakt.
Wanneer bij KG ontvangst veel waarde wordt gehecht aan vrijheid van storing door zenders werkende op de spiegelrequentie, dan is een extra hoge M.F. voordelig.

 3. Door in serie met R1 een mA meter op te nemen. Deze meter moet tussen R1 en het chassis worden geschakeld. Als de schakeling oscilleert zal de meter de roosterstroom aanwijzen. Oscilleert de schakeling niet, dan vertoont de meter geen uitslag.
Bij de meeste Triode-Hexode mengbuizen moet de roosterstroom ca. 0,2 mA bedragen.
-

ANTWOORDEN

LES 22

1. 1e door berekening.

De afgegeven gelijkstroom is $\frac{E}{R} = \frac{250}{50.000} = 0,05 \text{ A} = 50 \text{ mA}$.

In les 13 paragraaf 60 wordt dit aangegeven.

De rimpelspanning over C1 wordt:

$$1,7 \times \frac{50}{50} = 1,7 \text{ V eff.}$$

Om de rimpelspanning over C2 te kunnen bepalen moeten we eerst de verhouding $X_L : X_C$ weten.

$$X_L = 6,28 \times f \times L = 6,28 \times 100 \times 4 = \text{ca } 2500 \text{ Ohm.}$$

(als netfrequentie is 50 Hz aangenomen).

$$X_C = \frac{1}{6,28 \times f \times C} = \frac{1}{6,28 \times 100 \times \frac{50}{1.000.000}} = \text{ca } 32 \text{ Ohm}$$

$\frac{X_L}{X_C}$ is dus ca 133.

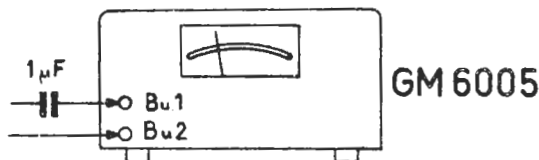
De rimpelspanning over C2 wordt dus ca $\frac{1}{133} \times 1,7 \text{ V} = \text{ca } 0,0128 \text{ V eff}$

$$= \text{ca } 12,8 \text{ mV eff.}$$

2e door meting.

Met de GM 6005 kunnen deze spanningen direct worden gemeten. Om te verhinderen dat de gelijkspanning over C1 en C2 de meting beïnvloedt, moet deze met behulp van een condensator van ca 1 μF worden tegengehouden.

Deze condensator moet in serie geschakeld worden met de aansluitklem Bu1.



2. We kennen de transformator formule:

$$\text{Transformatie verhouding } n = \sqrt{\frac{R_L}{R_s}}$$

$$\text{We kunnen hiervoor ook schrijven: } R_s = \frac{R_p}{n^2}$$

In ons geval is:

$$R_p = 7000 \text{ Ohm. } n = \frac{3160}{100} = 31,6; \text{ dus } n^2 = 31,6 \times 31,6 = 999,56$$

We mogen dit gerust afronden op 1000.

$$\text{Dan wordt } R_s = \frac{7000}{1000} = 7 \text{ Ohm.}$$

De luidspreker moet dus een weerstand van 7 Ohm hebben (zie les 15 paragraaf 70).

3a. Door de onderbreking van de verbinding L5-C10 zal de afstemkring gevormd door L5 en C11, niet meer op het te ontvangen signaal afgestemd zijn.

De ontvanger zal daardoor minder gevoelig en minder selectief zijn.

3b. 1. Er zal geen toonregeling mogelijk zijn (zie les 16 paragraaf 76).

2. Wordt R10 ingesteld op een kleine weerstandwaarde, dan bestaat er grote kans op verbranden van R10.

(De volledige L.F. wisselspanning over L6 staat nu ook over R10).

ANTWOORDEN

LES 23

1. Frequentiebereik II

a. H.F.-kring

Het frequentiebereik is 1622 - 517 kHz.

De verhouding van maximum- en minimumfrequentie is dus

$$\frac{1622}{517} = 3,13$$

De verhouding van minimum- en maximumcapaciteit wordt dus

$$3,13 \times 3,13 = 9,79$$

b. Oscillatorkring

Het frequentiebereik hiervan is $(1622 + 452) - (517 + 452)$ kHz = 2074 - 969 kHz.

De frequentieverhouding is dus $\frac{2074}{969} = 2,14$

De verhouding van minimum- en maximumcapaciteit wordt dus $2,14 \times 2,14 = 4,57$.

Frequentiebereik III

a. H.F.-kring

De frequentieverhouding is nu $\frac{285}{152} = 1,87$

De capaciteitsverhouding wordt dan $1,87 \times 1,87 = 3,49$

b. Oscillatorkring

De frequentieverhouding is hier nu $\frac{285 + 452}{152 + 452} = \frac{737}{604} = 1,20$

Dit geeft een capaciteitsverhouding van $1,20 \times 1,20 = 1,44$

2. De gelijkspanning over R9-R13-R12, welke gebruikt wordt voor de AVR, zal nu de stuurroosters van B1 en B2 niet bereiken. Hierdoor blijven deze buizen op maximum versterking ingesteld. Bij sterke zenders zal nu de wisselspanning aan het stuurrooster van B2 groter worden dan de roosterruimte van de buis. Dit heeft vervorming van de modulatie tot gevolg.

Bij zwakke zenders blijft de roosterwisselspanning van B2 binnen toelaatbare waarden.

3. 1. We schakelen parallel aan Rk een condensator. De waarde hiervan wordt nu zo gekozen dat $X_C = \frac{1}{6,28 \times f \times C}$ voor de la-

ge frequenties groter - doch voor de hoge frequenties kleiner is dan Rk. Voor de hoge frequenties krijgen we dan minder tegenkoppeling, dus meer versterking.

2. Nu wordt een condensator parallel aan R geschakeld. X_C moet nu voor de hoge tonen kleiner dan R zijn. Hierdoor voor de hoge frequenties meer tegenkoppeling, dus minder versterking.

4. We krijgen nu geen tegenkoppeling, maar meekoppeling, daar de aan Rk teruggevoerde spanning in fase is met de oorspronkelijke spanning. Hierdoor kan L.F. oscilleren (gillen) van de versterker optreden. Soms is dit oscilleren zo sterk dat kikkeren (motorboating) optreedt.
-

ANTWOORDEN

LES 24

1. Totaal geen ontvangst op een bepaald frequentiebereik duidt op het niet functioneren van de oscillator op dat bereik. Er heeft dan geen frequentie-transformatie plaats en we ontvangen niets. Wanneer de antennekring voor dat bereik defect is, blijft er bijna altijd nog een zwakke ontvangst over. In ons geval komen dus de volgende onderdelen in aanmerking.

1. S10-S11-S12 kunnen onderbroken zijn.
2. C14 kan onderbroken zijn.
3. C15 kan sluiting hebben.
(C6-R12-C13-R5 en R6 vallen buiten beschouwing. Deze doen op de bereiken II en III ook dienst en daar functioneert het apparaat goed).
4. De frequentiebereikschakelaar SK1 kan geen goed contact maken.

2. De gebruiker geeft aan dat de verschillende zenders op de juiste plaats van de afstemschaal worden gevonden. Dit is een aanwijzing dat het oscillatordeel goed functioneert. Bij afstemmen op een zender wordt steeds de oscillatorfrequentie zo ingesteld dat het verschil tussen de oscillatorfrequentie en de te ontvangen frequentie gelijk is aan de middenfrequentie van de ontvanger. Indien nu het frequentieverloop van het oscillatordeel foutief is, worden de stations op een foutieve plaats op de afstemschaal ontvangen.

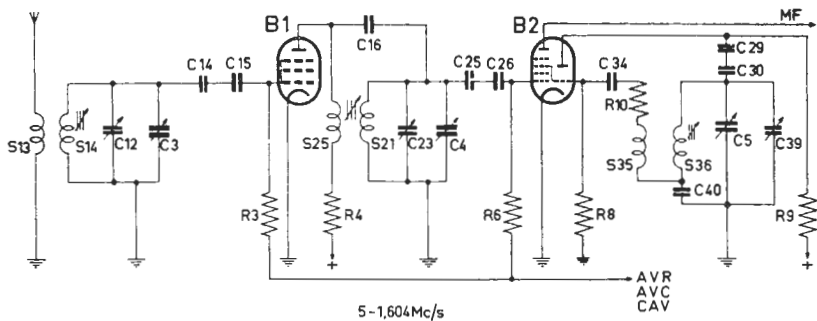
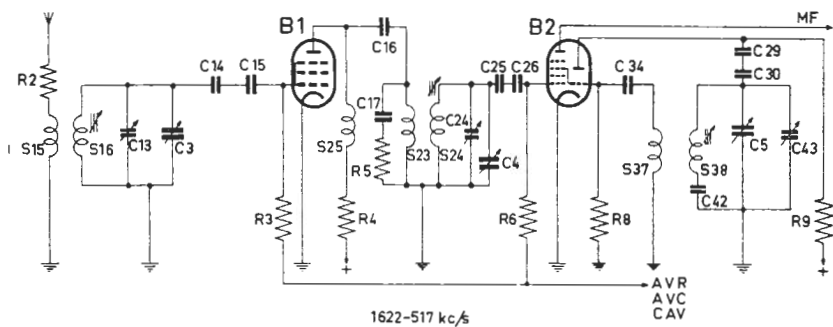
We moeten hier dus de fout in het H.F. afstemdeel zoeken. S26-C7-S5-C9-C5 en C11 vallen buiten beschouwing. Deze onderdelen zijn ook op de bereiken I en III in bedrijf.

De volgende onderdelen kunnen dus de oorzaak zijn:

1. C4 kortgesloten.
2. S7 of S8 onderbroken.
3. SK2 maakt geen goed contact.

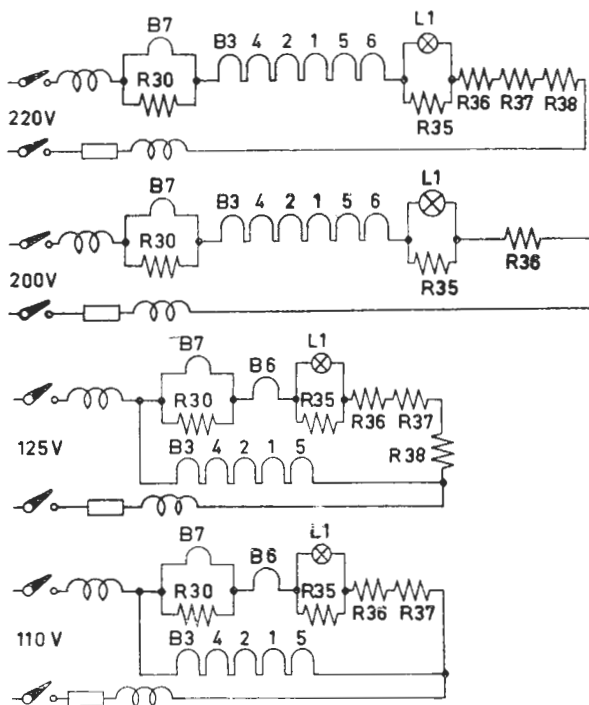
- 3.

zie tekeningen ommezijde.



LES 25.

1.



2. In de gloeistroomketen vloeit een stroom van 100 mA. Aangezien de DM 71 slechts een gloeistroom van 25 mA neemt, moet door R30 een stroom van 75 mA passeren. Bij een spanning van 1,25 V geeft dit een waarde voor R30 van

$$\frac{1,25}{0,075} = \text{ca. } 17 \text{ Ohm}$$

Door R38 vloeit een stroom van 100 mA. Het vermogen is dus gelijk aan $I \times I \times R = 0,1 \times 0,1 \times 50 = 0,5 \text{ W}$.

3. Als R36 doorbrandt, zal de buis B6 niet meer functioneren; het toestel geeft dus geen geluid. Aangezien R36 dient ter voorkoming van de inschakelstroomstoot, zal vervanging door een gewone koolweerstand tot gevolg hebben, dat het schaalverlichtingslampje L1 doorbrandt. Verder bestaat het gevaar dat ook B7 (DM71) doorbrandt, aangezien deze buis een zeer dunne gloeidraad heeft.

ANTWOORDEN

LES 26

1. Door de kortsluiting van C19 krijgt de EBC41 geen negatieve roosterspanning. Bij een zwak signaal zal de ontvangst nog goed zijn, maar zodra de signaalsterkte op het rooster van de EBC41 toeneemt, zal er roosterstroom gaan lopen, waardoor de weergave wordt vervormd.
 2. Door de onderbreking van de halve secundaire wikkeling van de nettransformator zal de AZ41 als enkelfasige gelijkrichter gaan werken. De rimpelspanning wordt groter en de frequentie van deze spanning wordt gelijk aan de netfrequentie (zie les 13). Men zal dus een bromtoon waarnemen. Tevens zal de gelijkspanning dalen, waardoor de weergave zachter wordt.
 3. De klacht van ijkklinkend geluid duidt op een niet doorkomen van de lage frequenties van het LF-signaal. De fout zal dan ook zeer waarschijnlijk worden veroorzaakt door een onderbreking in de koppelcondensator C13 of C15. Door de parasitaire bedradingscapaciteit zal althijdnog enige capacitieve koppeling aanwezig zijn, zodat een zwak geluid bestaande uit de hoogste frequenties zal doorkomen.
 4. Het geluid is weer zwak, maar de kwaliteit van het geluid is goed. Nu moet de fout in het gedeelte vóór de detector worden gezocht. Deze fouten kunnen zijn:
 - a. De kringen zijn ontregeld.
 - b. C4 is kortgesloten; de koppeling tussen de HF-kringen ontstaat dan alleen door parasitaire capaciteiten.
 - c. C7 of C12 is onderbroken; de koppeling geschiedt dan nog door de parasitaire bedradingscapaciteit.
 - d. R3 is onderbroken; de EF41 functioneert dan als triode, waardoor de versterking aanzienlijk minder is.
 - e. C9 heeft kortsluiting; hierdoor zal R3 op den duur doorbranden.
-

LBS 27

1. De ontkoppelweerstand en condensator moeten een waarde hebben van oa. 50.000 Ohm respectievelijk 50.000 pF. Deze waarde is zodanig gekozen dat de weerstand niet te veel spanningsverlies veroorzaakt, terwijl de reactantie van de condensator van 50.000 pF voor de bromfrequentie (meestal 2 x de netfrequentie) klein is ten opzichte van de weerstand van 50.000 Ω .

Het vermogen waarvoor deze weerstand geschikt moet zijn is:

$$I \times I \times R = 0,001 \times 0,001 \times 50.000 = 0,05 \text{ W.}$$

2. Eerst moet de minimale en de maximale waarde van de serieschakeling C5 - C30 worden bepaald. Deze waarden zijn:

voor minimum capaciteit van C5: $\frac{10 \times 500}{10 + 500} = \frac{5000}{510} = 9,8 \text{ pF}$

voor maximum capaciteit van C5: $\frac{490 \times 500}{490 + 500} = \frac{245.000}{990} = 247,4 \text{ pF.}$

Parallel aan deze serieschakeling is C33 geschakeld. De vervangingswaarde voor C5 - C30 en C33 is dus:

minimum waarde = 59,8 pF

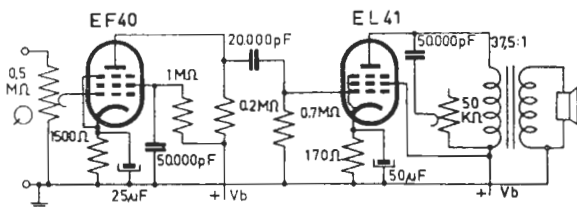
maximum waarde = 297,4 pF

Hiermede is nog in serie C31 geschakeld. Wij kunnen nu dus de totale afstemcapaciteit berekenen. Dit geeft:

minimum capaciteit: $\frac{59,8 \times 180}{59,8 + 180} = \frac{10.764}{239,8} = 45 \text{ pF}$

maximum capaciteit: $\frac{297,4 \times 180}{297,4 + 180} = \frac{53.532}{477,4} = 112 \text{ pF}$

- 3.



4. Voor de spiegelrequentie geldt:
 spiegelrequentie = hoogfrequentie + 2 x middenfrequentie.
 Voor dit geval dus:
 Spiegelrequentie = 1400 kHz + 2 x 475 kHz = 2350 kHz.
 De oscillatorfrequentie is gelijk aan de hoogfrequentie plus middenfrequentie.
 Dus de oscillatorfrequentie is 1400 + 475 = 1875 kHz.

LES 28

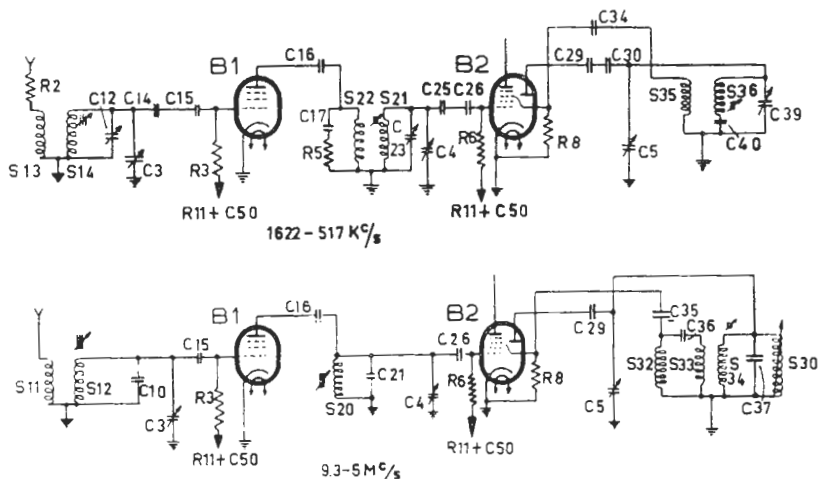
1. Het toestel zal een scherp geluid geven en de weergave zal zwakker zijn, aangezien door de te kleine koppelcapaciteit alle lage frequenties zeer sterk worden verzwakt.
De lekweerstand heeft een waarde van ca 0,7 Megohm; de reactantie X_C van C32 is voor 500 Hz ca 400.000 ohm. Er treedt dus voor deze frequentie en lager een grote spanningsdeling op.
 2. Uit het feit, dat het toestel sterk ruist, blijkt dat het voedingsgedeelte werkt en alle buizen in bedrijf zijn.
Bij een fout tussen de antenne en het stuurrooster van B1, zal vrijwel altijd, weliswaar sterk verzwakt, het H.F. signaal op het rooster van B1 terechtkomen. In dit geval zullen sterke zenders nog hoorbaar zijn (zie vraag 4 les 26).
Er wordt dus blijkbaar geen menging tot stand gebracht. De fout moet daarom in die onderdelen van de oscillator-schakeling worden gezocht, die voor alle frequentiebereiken in bedrijf zijn. De oorzaak kan zijn:
 - a. R6 onderbroken; de oscillator triode krijgt dan geen anodespanning.
 - b. Verbinding naar C12 onderbroken.
 - c. Sluiting in C6 of in de bedrading tegenover aarde.Bij onderbreking van C13 of R5 blijkt soms de oscillator op een bepaald frequentiegebied toch nog te werken.
 3. Zoals het woord sperkring het reeds zegt, moet C7-S26 signalen met de middenfrequentie sperren of tegenhouden. Als dus een M.F. signaal aan de antennebus wordt toegevoerd, mag dit signaal zo weinig mogelijk in de ontvanger doordringen. Als de kring C7-S26 is afgestemd, zal de uitgangsmeter dus een minimum uitslag vertonen (zie ook les 23 paragraaf 101).
-

ANTWOORDEN

LES 29

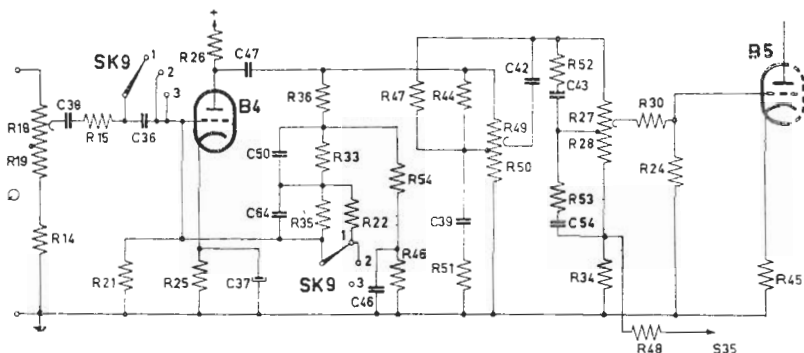
1. R16 is de toonregelaar. Deze kan nu niet functioneren. De klacht zal dus zijn: Toonregelaar werkt niet.
2. C28 is onderbroken. Nu treedt ook geen variatie in de tegenkoppeling op bij draaien van R16.
3. Bij gramfoon weergave is SK3 omgeschakeld. De pick-up is verbonden met de volumeregelaar R12-R13; de kathodeleiding van B2 is voor gelijkstroom onderbroken.
Er kunnen nu 2 fouten zijn:
 - a. C31 heeft sluiting. De kathode van B2 blijft dus met aarde verbonden. B2 functioneert normaal voor radio-ontvangst.
 - b. Het linker schakelaar contact van SK3 blijft hangen, waardoor de kathode van B2 met aarde doorverbonden blijft.

1.



2. Het niet werken van B7 kan worden veroorzaakt door:
- De weerstanden R28 en R29 zijn onderbroken.
 - De verbinding van de anode en de weerstanden R28-R29 met punt 5 van B5 (zie fig. 4) is onderbroken, bijvoorbeeld door een slecht soldeercontact.
 - De weerstand R27 is onderbroken, waardoor het rooster van B7 geen regelspanning krijgt toegevoerd.
 - De condensator C60 heeft kortsluiting, zodat de regelspanning tegenover aarde wordt kortgesloten.
3. Uit het feit dat het toestel in alle andere golfbereiken goed functioneert, blijkt dat de fout in het oscillator gedeelte voor het middengolfgebied schuilt (bij een fout in het H.F. gedeelte vóór de mengbuis zal het toestel meestal nog wel spelen, zij het veel zwakker, en gaat de ontvangst vergezeld van hevig geruis). De oorzaken kunnen zijn:
- Een onderbreking in de spoelen S35 of S36.
 - De lippen van de schakelaar secties SK1 en SK2, waarmee S35 en S36 zijn verbonden, maken geen contact.
 - Een onderbreking in de condensator C40 of in de aansluitingen van deze condensator met S36 of aarde.
 - Kortsluiting in de trimmercondensator C39.
- De andere onderdelen van het oscillator gedeelte zijn ook in bedrijf in de andere golfgebieden, zodat deze onderdelen in orde zullen zijn.

1.



2. In dat geval bestaat de eindtrap uit een enkele eindbuis, zodat het uitgangsvermogen, dat aan de luidspreker wordt geleverd, veel minder wordt; het geluid wordt dus zwakker. Bij grote signaalsterkte zal vervorming optreden, aangezien de eindbuis zodanig is ingesteld, dat het werkpunt meer links op de karakteristiek ligt dan bij normale A-instelling. De linker helft van de sinusspanning zal hierdoor afgeplat worden, hetgeen een vervormde sinusvorm tot gevolg heeft.
3. De oorzaak kan zijn:
- De extra luidspreker is defect of de kabelverbinding van de extra luidspreker met het toestel.
 - Er is een onderbreking in de verbinding van de transformatorwikkeling S34 met de bussen voor de aansluiting van de extra luidspreker.
4. Als een van de gelijkrichtbuizen defect geraakt, moet de overgebleven gelijkrichtbuis de stroom leveren voor het gehele ontvangtoestel. Dit is niet mogelijk, zodat de voedingsspanning zal dalen en hierdoor de versterking van de buizen en het uitgangsvermogen van de eindbuizen zal dalen. De geluidsterkte zal dus zwakker worden. Bovendien wordt de goede gelijkrichtbuis te zwaar belast, zodat verwacht kan worden dat deze buis vrij spoedig defect geraakt, zodat daarna het ontvangtoestel in het geheel niet meer speelt.

ANTWOORDEN

LES 32

1. Het M.G.-gebied heeft een frequentiebereik van ca 500-1500 kHz. Het frequentiegebied beslaat dus 1000 kHz. Aangezien bij F.M. met een frequentieband van $2 \times 75 \text{ kHz} = 150 \text{ kHz}$ gerekend moet worden, zou in het M.G.-gebied voor slechts 6 zenders plaats zijn.
 2. De reikwijdte zal zijn:
 $4 \sqrt{400} + 4 \sqrt{16} = 4 \times 20 + 4 \times 4 = 96 \text{ m.}$
 3. De dipool moet een lengte hebben, die gelijk is aan een halve golflengte.
 - a. Een frequentie van 1000 kHz komt overeen met een golflengte van $\frac{300.000}{1000} = 300 \text{ m.}$ De dipool zou dus een lengte van 150 m moeten hebben.
 - b. Frequentie 15 MHz = 15.000 kHz.
 Golflengte is $\frac{300.000}{15000} = 20 \text{ m.}$
 Lengte dipool moet dus 10 m zijn.
 - c. Frequentie 100 MHz = 100.000 kHz.
 Golflengte is $\frac{300.000}{100.000} = 3 \text{ m.}$
 Lengte dipool moet dus 1 1/2 m zijn.
 4. a. De lekweerstand van de oscillatortriode is met aarde verbonden, in plaats van met de kathode.
 - b. Hierdoor krijgt het oscillatorrooster een extra, vaste, negatieve roosterspanning (= de spanning over de kathodeweerstand) toegevoerd. De oscillator zal daardoor moeilijker oscilleren, hetgeen vooral aan het einde van het golfgebied tot uiting komt.
-

ANTWOORDEN

LES 33

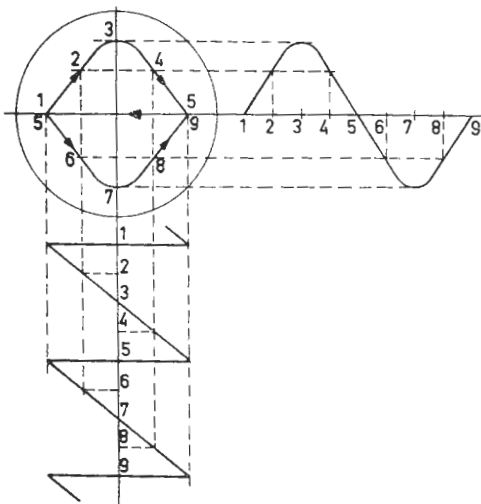
1. Door de onderbreking van S43 is de detectorketen onderbroken. In de schakeling zal nog wel enige capacitieve overdracht plaats hebben, waardoor de ontvanger nog zwakke ontvangst van FM-zenders zal geven, waarschijnlijk vergezeld van ruis.
2. C68 zorgt voor de amplitudebegrenzing. Zodra deze condensator buiten werking is, zal meer hinder van elektrische storingen en ruis worden ondervonden.
3. C23 is een rolblokocondensator, die altijd een zekere zelfinductie bezit. Voor de hoge frequenties vormt C23 daarom geen voldoende ontkoppeling. Daarom is parallel aan C23 een keramische condensator, C22, (die praktisch zelfinductie-vrij is) aangebracht.
4.
$$R_t = \frac{R_{12} \times R_{21}}{R_{12} + R_{21}} = \frac{39 \times 56}{39 + 56} = \frac{2184}{95} = 23 \text{ k} \Omega$$

ANTWOORDEN

LES 34

1. De zaagtand-generator moet worden ingesteld op $\frac{175}{3} = 58 \frac{1}{3}$ Hz.

2.



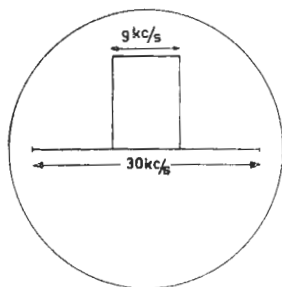
3. Uit les 2 volgt dat de totale weerstand van een aantal parallel geschakelde weerstanden met dezelfde waarde gelijk is aan die weerstandswaarde gedeeld door het aantal. Als men dus drie weerstanden van 1500Ω neemt, wordt de totale weerstand $\frac{1500}{3} = 500 \Omega$.

Elke weerstand is geschikt voor een vermogen van 1 W , zodat de drie parallel geschakelde weerstanden tezamen een vermogen van 3 W kunnen opnemen.

ANTWOORDEN

LES 35

1.



2. Voor de resonantiefrequentie van een kring geldt:

$$f = \frac{1}{6,28 \sqrt{LC}} \quad (\text{zie les 10})$$

a. Voor een capaciteit van 50 pF geeft dit:

$$f = \frac{1}{6,28 \sqrt{\frac{250}{1.000.000} \times \frac{50}{1.000.000.000.000}}} =$$

$$\frac{1}{6,28 \sqrt{\frac{12.500}{1.000.000.000.000.000.000}}} = \frac{1}{6,28 \frac{11,2}{100.000.000}} =$$

$$\frac{100.000.000}{70} = \text{ca } 1.430.000 \text{ Hz} = 1430 \text{ kHz.}$$

b. Voor een capaciteit van 500 pF wordt dit:

$$f = \frac{1}{6,28 \sqrt{\frac{250}{1.000.000} \times \frac{500}{1.000.000.000.000}}} =$$

$$\frac{1}{6,28 \sqrt{\frac{125.000}{1.000.000.000.000.000.000}}} = \frac{1}{6,28 \frac{11,2}{32.000.000}} =$$

$$\frac{32.000.000}{70} = 457.000 \text{ Hz} = 457 \text{ kHz.}$$

3. De spanningsval in de schermrooster-serieweerstand is $250 - 80 = 170$ V.

$$\text{De weerstand is dus } \frac{170}{\frac{0,8}{1000}} = \frac{170.000}{0,8} = 212.500 \Omega = 212,5 \text{ k}\Omega$$

Bij een stroom van $0,8 \text{ mA}$ is de spanningsval gelijk aan:

$$\frac{0,8}{1000} \times 212.500 = 108,25 \text{ V.}$$

De scheraroosterspanning zal nu zijn:

$$250 - 108,25 = 141,75 \text{ V.}$$

4. Voor een serieschakeling van 2 condensatoren geldt:

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Alles uitgedrukt in pF geeft:

$$\frac{1}{800} = \frac{1}{2400} + \frac{1}{C_2}$$

$$\frac{1}{C_2} = \frac{1}{800} - \frac{1}{2400} = \frac{3}{2400} - \frac{1}{2400} = \frac{2}{2400} = \frac{1}{1200}$$

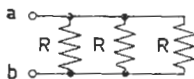
$$\text{Dus } C_2 = 1200 \text{ pF}$$

LES 36

1. Aangezien de ontvanger bij radio-ontvangst normaal werkt, heeft de fout niet in het elektrische gedeelte gezocht te worden.

De oorzaken kunnen zijn:

- Het rechter schakelaar contact van SK3 in fig. 1 van les 29 sluit niet.
 - Onderbreking in het verbindingssnoer van pick-up naar de aansluitbussen voor de opnemer van de ontvanger.
 - Onderbreking in het spoeltje, (in geval van een magnetische pick-up) of defect kristal-element bij een kristal pick-up.
2. Verbindingssnoer van pick-up is niet afgeschermd of afscherming is niet geaard.



3. De schakeling wordt:

$$\text{Dus } R_t = \frac{300}{3} = 100 \Omega$$

4. De transformatieverhouding is:

$$\frac{n}{1} = \sqrt{\frac{R_p}{R_s}} \quad (\text{zie les 15}).$$

$$\text{Dus } \frac{n}{1} = \sqrt{\frac{4000}{10}} = \sqrt{400} = \frac{20}{1}.$$

Het vermogen van $4W$ wordt door de eindbuis aan de weerstand van 10Ω toegevoerd.

Aangezien $W = I^2 \times R$, is $I^2 = \frac{W}{R}$ en

$$I = \sqrt{\frac{W}{R}}$$

$$\text{Dus } I = \sqrt{\frac{4}{10}} = \sqrt{0,4} = \text{ca } 0,63 \text{ A}$$

LES 37

1. Men kan parallel aan de potentiometer een zodanige weerstand aanbrengen, dat de totale weerstand 50.000 Ω bedraagt. De schakeling wordt dus als hiernaast is aangegeven.

Voor de berekening van R_x gaan we uit van de formule (zie les 2):

$$R_t = \frac{R \times R_x}{R + R_x}$$

Alle weerstanden in $k\Omega$ uitgedrukt, geeft:

$$50 = \frac{450 \times R_x}{450 + R_x} \quad \text{of}$$

$$50 \times 450 + 50 R_x = 450 R_x$$

$$22500 = 450 R_x - 50 R_x = 400 R_x$$

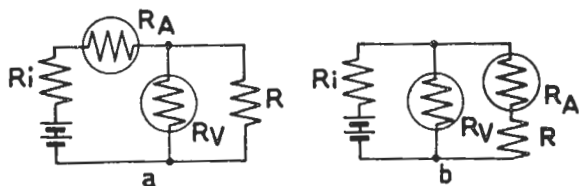
$$\text{Dus } R_x = \frac{22500}{400} = \frac{225}{4} = \text{ca } 56 \text{ k}\Omega.$$

2. De oorzaak van de brom zal de smoorspoel zijn. Deze had weliswaar een zelfinductie van 8 Henry bij 60 mA; zodra echter een stroom van 100 mA door de spoel vloeit, zal de zelfinductie aanzienlijk dalen. De verklaring hiervoor is als volgt:

In les 6, par. 27, is verteld dat de zelfinductie een factor is, die uitdrukt hoe groot de inductiespanning is bij een bepaalde stroomverandering in de spoel.

Nu is de inductiespanning weer afhankelijk van de veldverandering bij een bepaalde stroomverandering. Bij beschouwing van fig. 15 in les 4 ziet men dat in punt K de veldverandering gelijk is aan 1000 Gauss bij een stroomvariatie van 5 mA. In punt C daarentegen is de veldverandering zeer klein bij dezelfde stroomvariatie. Een geringe veldverandering bij een bepaalde stroomvariatie betekent een geringe inductiespanning, en dus een kleine zelfinductie. Hieruit volgt dat de zelfinductie in punt K groot is, en in punt C daarentegen zeer klein.

3. Voor de berekening van de gevraagde stromen en spanningen kunnen wij de schema's a en b het beste veranderen in onderstaande figuren.



a. De totale weerstand in de keten is:

$$R_t = R_i + R_A + \frac{R_V \times R}{R_V + R} = 5 + 10 + \frac{600 \times 150}{600 + 150} = 5 + 10 + 120 = 135 \Omega.$$

De stroom, die de meter A zal aanwijzen is dus:

$$I_A = \frac{4,5}{135} A = \frac{4500}{135} \text{ mA} = 33 \frac{1}{3} \text{ mA}.$$

De spanning, die de voltmeter aanwijst, is gelijk aan de spanning over de parallelschakeling van R_V en R . Deze parallelschakeling heeft een weerstand van 120Ω . De spanning, die de voltmeter V aanwijst, is dus gelijk aan:

$$V_V = \frac{33 \frac{1}{3} \times 120}{1000} = 4 \text{ V}.$$

b. De totale weerstand in de keten is nu:

$$R_t = R_i + \frac{R_V \times (R_A + R)}{R_V + R_A + R} = 5 + \frac{600 \times (150 + 10)}{600 + 150 + 10} =$$

$$5 + \frac{600 \times 160}{760} = 5 + 120 = 125 \Omega.$$

De stroom in de totale keten is dus:

$$I = \frac{4,5}{125} A = \frac{4500}{125} \text{ mA} = 36 \text{ mA}.$$

De spanning, die de voltmeter zal aanwijzen is gelijk aan de totale stroom \times de vervangingsweerstand van de paralleltakken. Dus

$$V_V = \frac{36 \times 120}{1000} = 4,3 \text{ V}.$$

De stroom door de mA-meter A is:

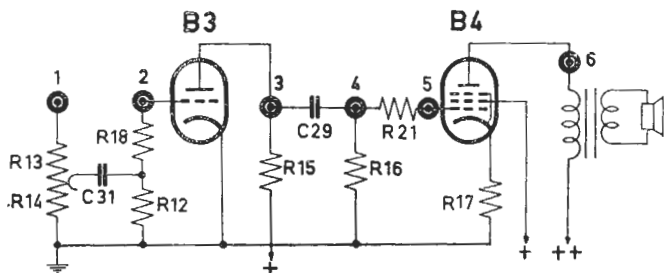
$$I_A = \frac{4,3}{150 + 10} A = \frac{4300}{160} \text{ mA} = 27 \text{ mA}.$$

LES 38

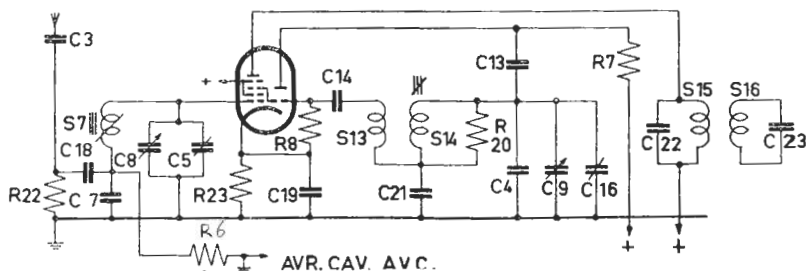
1. De oorzaken kunnen zijn:
 - a. Geen spanning- netschakelaar defect.
 - b. Onderbroken weerstand R5, R4, R3 of R2 (Bij onderbreking van L1 of R19 blijft meestal een van beide onderdelen nog intact en de gloeidraadketen gesloten).
 - c. Slecht soldeercontact van de gloeidraadaansluitingen in de buishouders van B1, B2, B3, B4 of B5 of van de verbindingen aan de spanningscaroussel.
 - d. Onderbreking of slecht contact van de doorverbindingen van de spanningscaroussel.
 - e. C1 en/of C2 heeft sluiting.
 - f. R1 onderbroken.

2. De fout kan zijn:
 - a. R2, R3, R4, R5 of R19 en L1 kunnen defect zijn. De schaalverlichting werkt dan echter niet bij aansluiting op een 110 V-net.
 - b. Slecht contact in de spanningscaroussel.

3. Men gaat te werk volgens het gedeelte I in deze les. Bij punt 3 zal worden geconstateerd, dat geen gramfoonweergave mogelijk is. De spanning over de afvlakcondensatoren van het voedingsgedeelte wordt gemeten en blijkt normaal te zijn. Nu wordt een LF-signaal van een toongenerator of service-oscillator aan punt 1 toegevoerd (zie onderstaand vereenvoudigd schema van het LF-gedeelte). Met de signaltracer wordt nu achtereenvolgens op de punten 2, 3, 4, enz. gecontroleerd of het signaal doorkomt. Sluit men de meetpen bij punt 5 op de buishouder van B4 aan, dan zal het geluid niet meer doorkomen. De fout zit dus tussen de punten 4 en 5, d.w.z. de weerstand R21 of in de soldeercontacten van de punten 4 of 5.



1. Schema.



ANTWOORDEN

LES 39

1. Het toestel is $30 \times 4 = 120$ uur per maand aangesloten. Het verbruik per maand is dus $120 \times 65 = 7800 \text{ Wh} = 7,8 \text{ kWh}$.
2. Zonder voorschakelweerstand is de meter geschikt voor een spanning van $\frac{3}{1000} \times 30 = \frac{90}{1000} \text{ V} = 90 \text{ mV}$.
Met de voorschakelweerstand wordt het bereik $\frac{3}{1000} \times (3970 + 30) = \frac{3}{1000} \times 4000 = \frac{12000}{1000} = 12 \text{ V}$
3. De spanning over de secundaire wikkeling bedraagt $\frac{125}{20} = 6,25 \text{ V}$.
De stroom in de secundaire wikkeling zal zijn $20 \times 5 = 100 \text{ A}$.
Aangezien het primair opgenomen vermogen gelijk moet zijn aan het secundair afgegeven vermogen, zullen de producten van spanning en stroom aan de primaire zijde en aan de secundaire zijde gelijk zijn.
4. De verschijnselen die zullen worden waargenomen zijn:
 - a. Minder vervorming
 - b. Minder geluid.

LES 40

1. Voor het vermogen geldt:

$$W = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

Voor de stroom gebruiken we de formule: $W = I^2 R$

$$I^2 = \frac{W}{R} = \frac{2}{50} = \frac{1}{25}$$

$$\text{dus } I = \sqrt{\frac{1}{25}} = \frac{1}{5} \text{ A} = 200 \text{ mA}$$

De spanning berekenen we met behulp van de formule $W = \frac{V^2}{R}$

$$V^2 = W \times R = 1 \times 50.000 = 50.000$$

$$\text{dus } V = \sqrt{50.000} = 224 \text{ V}$$

2. In resonantie is de impedantie van een serieketen gelijk aan de Ohmse weerstand van die keten; in dit geval dus gelijk aan r .

De stroom in de serieketen is dus: $I = \frac{W}{r} = \frac{1}{20} \text{ A}$.

De spanning V_C over de condensator is $I \times X_C = I \times \frac{1}{6,28 fC}$.

Hierin is f de resonantiefrequentie, die eerst moet worden bepaald.

Hiervoor geldt:

$$f = \frac{1}{6,28 \sqrt{LC}} = \frac{1}{6,28 \sqrt{\frac{1}{1000} \times \frac{22,5}{1.000.000.000.000}}} = \frac{1}{6,28 \sqrt{\frac{225}{10.000.000.000.000.000}}} = \frac{1}{6,28 \frac{15}{100.000.000}}$$

$$\frac{100.000.000}{6,28 \times 15} = \text{ca. } \frac{100.000.000}{100} = 1.000.000 \text{ Hz} = 1.000 \text{ kHz}$$

$$\text{Dus } V_C = \frac{1}{20} \times \frac{1}{6,28 \times 1.000.000 \times \frac{22,5}{1.000.000.000.000}} =$$

$$\frac{1}{20 \times 141,3} = \frac{1.000.000}{2.826} = \text{ca. } 350 \text{ V}$$

3. De frequentie van de zender is gelijk aan :

$$f = \frac{300.000}{\text{golflengte}} \text{ kHz} = \frac{300.000}{1000} = 300 \text{ kHz}$$

Voor de oscillatorfrequentie geldt:

oscillatorfrequentie = zenderfrequentie + middenfrequentie:

dus oscillatorfrequentie = 500 + 300 = 800 kHz

4. De spanning van 75V staat over de weerstand in de schermroosterleiding. Door deze weerstand vloeit de schermroosterstroom van 1,5 mA. De waarde van deze weerstand moet dus zijn :

$$R_{g2} = \frac{75}{\frac{1,5}{1000}} = \frac{75.000}{1,5} = 50.000 \text{ Ohm} = 50 \text{ kOhm}$$

Door de kathodeweerstand vloeit de anode- en schermroosterstroom.
Hiervoor geldt dus:

$$V_g = (I_a + I_{g2}) R_k.$$

$$\text{Dus } R_k = \frac{V_g}{I_a + I_{g2}} = \frac{3}{\frac{7,5}{1.000}} = \frac{3.000}{7,5} = 400 \text{ Ohm}$$

ANTWOORDEN

LES 41

1. Vanaf de antenne gerekend, zijn de functies van de onderdelen de volgende:

S1 is de antennekoppelspoel, die inductief gekoppeld is met de afstemspoel S2. Deze spoel vormt met de trimmer condensator C2 en de afstemcondensator C4 de H.F. afstemkring. De buis B1 is een octode-mengbuis. Het H.F. signaal wordt toegevoerd aan het derde rooster (stuurrooster). Het eerste rooster functioneert als oscillatorrooster en het tweede rooster als oscillatoranode. R2 is de rooster-lekweerstand en C9 de roostercondensator van de oscillatorschakeling. De oscillatorkring wordt gevormd door de spoel S3, de afstemcondensator C3, de trimmer C7 en de padding condensator C8. S4 is de terugkoppelspoel die via de scheidingcondensator C6 in de anodeketen is opgenomen. De oscillatoranode (tweede rooster) wordt gevoed via de serieweerstand R4. In de anodeleiding van de mengbuis B1 bevindt zich de kring S5-C10 die deel uitmaakt van het eerste M.F. bandfilter. De tweede kring S6-C11 is inductief gekoppeld met de eerste kring. Het M.F.-signaal wordt dan aan het stuurrooster van de M.F. penthode B2 toegevoerd. Het schermrooster wordt gevoed via een serieweerstand R6 en ontkoppeld via de condensator C16. In de anodeleiding van B2 bevindt zich de kring S7-C14 die deel uitmaakt van het tweede bandfilter.

De keten die gevormd wordt door de diode in B3, de kring S8-C15 en de weerstanden R7-R8 en R9 met C17 zorgt voor de gelijkrichting van het M.F. signaal.

Het L.F. signaal ontstaat over de weerstanden R7-R8-R9 en wordt via C18 (koppelcondensator) aan het stuurrooster van de L.F. penthode toegevoerd. R10 is de lekweerstand voor deze buis. Het schermrooster van B3 wordt gevoed via de serieweerstand R11 en ontkoppeld door middel van de condensator C19. De weerstand R12 is de anode-koppelweerstand van B3. De versterkte L.F. spanning over deze weerstand wordt via de koppelcondensator C20 aan het stuurrooster van de eindbuis B4 toegevoerd. In de anodeketen van B4 bevindt zich de uitgangstransformator S9-S10, waarbij aan de secundaire zijde de luidspreker S11 is aangesloten.

De negatieve roosterspanning voor B4 wordt betrokken van de weerstand R14 in de minleiding van het toestel. Deze weerstand is ontkoppeld door een grote capaciteit (C1).

De buizen B1 en B2 krijgen een geringe negatieve roosterspanning van de weerstanden R8-R9. Tevens wordt hierin een onvertraagde regelspanning opgewekt die via de ontkoppelweerstand R5 in combinatie met de ontkoppelcondensator C12 aan de roosters B1-B2 wordt toegevoerd.

De voeding voor de gloeidraden en de schermroosters en anoden van de buizen geschiedt door een batterij van 1,5 V en van 90 V. De condensator C22 is over de batterij van 90 V geschakeld en dient voor ontkoppeling voor de hoge frequenties.

2. Als de condensator C1 onderbroken is, ontbreekt de ontkoppeling van R14. Hierdoor krijgt men hetzelfde effect als bij een niet ontkoppelde kathodeweerstand d.w.z. minder gevoeligheid van de eindtrap, dus minder geluid bij een bepaalde zendersterkte.

ANTWOORDEN

LES 42

1. Een elektronenstraal-oscillograaf kan worden gebruikt voor het meten van spanningen, door voor het scherm een gelijk raster aan te brengen.
2. Litzedraad wordt gebruikt voor het wikkelen van H.F.-spoelen.
3. De totale capaciteit van 2 in serie geschakelde condensatoren wordt kleiner dan de kleinste capaciteit. Aangezien C_1 zeer veel groter is dan C_2 , zal in dit geval de totale capaciteit praktisch gelijk zijn aan die van C_2 , dus ca. 100 pF. Men kan dit ook onmiddellijk zien aan de hand van de formule

$$C_{\text{tot}} = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

Hierin is C_2 verwaarloosbaar klein ten opzichte van C_1 , zodat men ook kan schrijven

$$C_{\text{tot}} \approx \frac{C_1 \times C_2}{C_1} \approx C_2$$
