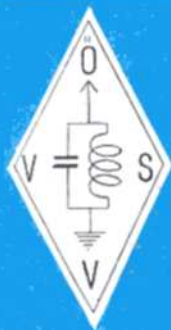


J 21 956 F



UKW

BERICHTE

Ultraschwellen-
und Dezimeterwellentechnik

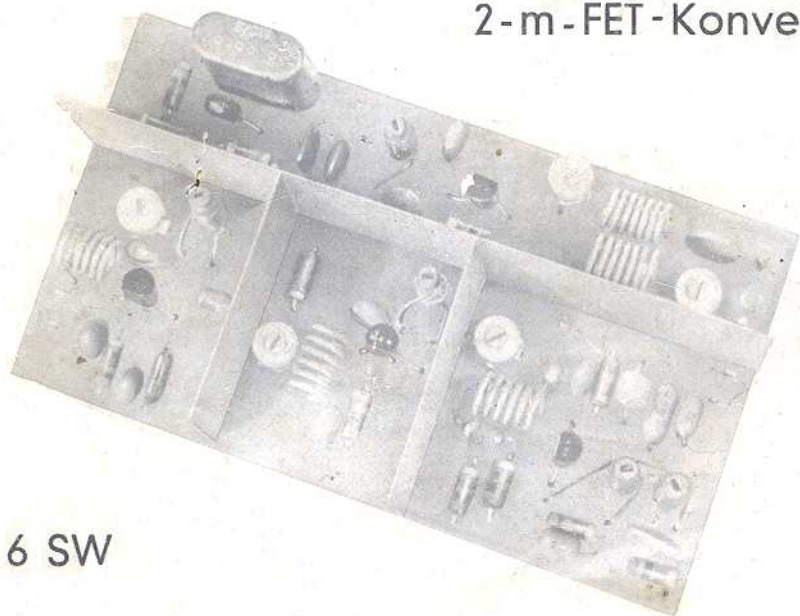
ZEITSCHRIFT FÜR DEN VHF-UHF-AMATEUR

7. Jahrgang

August 1967

Heft 2/67

2-m-FET-Konverter



DL 6 SW

DM 3.50

Ein 2-m-Konverter mit Feldeffekt-Transistoren

von W. von Schimmelmann, DL 6 SW

1. Einleitung

In verschiedenen Veröffentlichungen [1], [2] wurde in letzter Zeit das gute Großsignalverhalten der Feldeffekt-Transistoren, d.h. ihre hohe Kreuzmodulations- und Intermodulationsfestigkeit, hervorgehoben. Da zur Zeit Feldeffekt-Transistoren erhältlich sind, die nicht mehr kosten als eine gute Röhre, sollten in eigenen Versuchen ihre Hochfrequenzeigenschaften in einem 2-m-Konverter überprüft werden. Ein mit Röhren bestückter Konverter sollte ersetzt werden, falls Kreuzmodulationsfestigkeit, Grenzempfindlichkeit und Verstärkung des Versuchsgerätes in die Größenordnung der mit Röhren erzielbaren Werte kommen.

Dieses Ziel wurde mit dem hier beschriebenen Konverter erreicht, wie die am Schluß des Berichtes in Abs. 5 wiedergegebenen Meßwerte zeigen. Zum Vergleich wurden unter gleichen Bedingungen verschiedene Röhren- und Transistorkonverter gemessen.

Es wurden die Sperrschicht-Feldeffekt-Transistoren vom Typ TIS 34 von Fa. Texas Instruments verwandt. Diese erwiesen sich als recht gut und als unempfindlich gegen Überlastungen.

Im ersten Versuch wurde ein Konverter mit nur einer HF-Verstärkerstufe aufgebaut. Die folgende Mischstufe war über ein Bandfilter angekoppelt. Vor- und Mischstufe waren mit je einem Transistor TIS 34, der Oszillatorteil mit Transistoren BF 224 bestückt. Aufgrund der zur Zeit noch bei recht niedrigen Werten liegenden Steilheit der Feldeffekt-Transistoren war jedoch die Verstärkung der Vorstufe so klein, daß die Rauschzahl der Mischstufe noch merklich in die Gesamttauszahl einging. Es wurde versucht, durch ein hohes L/C-Verhältnis der HF-Bandfilterkreise große Verstärkung und durch Weglassen von Abstimmkernen geringe Verluste zu erzielen. Jedoch wurde auch mit diesen Maßnahmen nur eine Grenzempfindlichkeit von $F_{ges} \approx 3,5$ erreicht. Dabei zeigte sich, daß die Einstellung der Neutralisation so kritisch war, daß sie nur mit Hilfe eines Wobbelsichtgerätes exakt vorgenommen werden konnte.

Die vorliegende Schaltung ist mit zwei HF-Vorstufen aufgebaut. Da nun die Verstärkung ausreicht, ist der Eingang der zweiten HF-Stufe und der Mischstufe niederohmiger ausgeführt. Somit wird die Neutralisation unkritisch und die Feldeffekt-Transistoren erhalten den für rauschärmste Verstärkung geforderten Quellwiderstand von etwa $1 \text{ k}\Omega$,

2. Schaltungsbeschreibung (Abb. 1)

Die Schaltung Abb. 1 besteht aus zwei HF-Verstärkerstufen, der Mischstufe und einem zweistufigen Hilfsoszillator. Der Oszillator schwingt mit einem 38,66-MHz-Quarz. Ihm folgt eine Verdreifacherstufe von 38,666 MHz auf 116 MHz.

In den beiden HF-Vorstufen und in der Mischstufe werden die Sperrschicht-Feldeffekt-Transistoren (im Gegensatz zu Metall-Oxyd-Silicon-Feldeffekt-Transistoren (MOS-FET) TIS 34 benutzt. Der Typ TIS 34 ist ein depletion-mode-Feldeffekt-Transistor. Das bedeutet, daß bereits bei einer gate-source-Spannung von 0 Volt ein drain-Strom fließt. Deshalb sind in der vorliegenden Schaltung keine gate-Spannungsteiler vorhanden, sondern es wird die zur Stromdrosselung nötige Vorspannung durch Spannungsabfall an den source-Widerständen erzeugt. Der depletion-mode-Feldeffekt-Transistor hat von seiner Technologie her den Vorteil einer kleineren Rückwirkungskapazität C_{dg} , was ihn zunächst für Anwendungen im UKW-Gebiet besonders auszeichnet.

Beide HF-Vorstufen arbeiten in neutralisierter source-Schaltung. Zur Neutralisation dienen die Spulen L 2 bzw. L 5, welche mit der Rückwirkungskapazität des jeweiligen Transistors einen Parallelresonanzkreis für 145 MHz bilden. Die Kondensatoren C 2 bzw. C 7 dienen zur Gleichstrom-Trennung.

Der Eingangskreis des 2-m-Konverters mit L 1, C 1 besitzt eine sehr niederohmige Anzapfung für die Antenne. Aus L 4, C 6 besteht der Zwischenkreis zwischen den beiden HF-Vorstufen. Die drain-Spannung wird dem Transistor T 1 parallel zum Schwingkreis über die Drossel L 3 zugeführt.

Über einen weiteren Zwischenkreis mit L 6, C 9 gelangt das im Transistor T 2 weiterverstärkte Signal an die Mischstufe, die nicht neutralisiert zu werden braucht. Ohne Ansteuerung durch den Oszillator tritt am source-Widerstand R 7 des Misch-Feldeffekt-Transistors T 3 ein Spannungsabfall von etwa 1,2 Volt auf. Ein Ruhestrom von ca. 0,2 mA ist die Folge. Die Amplitude des 116-MHz-Hilfsoszillators ist ausreichend, wenn der Spannungsabfall am Widerstand R 7 etwa 2,1 Volt erreicht. Der drain-Strom ist damit auf ca. 0,35 mA angestiegen.

Der Primärkreis des auf die Mischstufe folgenden ZF-Bandfilters ist mit dem Widerstand R 8 bedämpft. Über den kalten Enden der Spulen L 7 und L 8 ist eine Koppelschleife angebracht. Zusammen mit der Ankopplung des nachfolgenden Empfängers über den kapazitiven Spannungsteiler C 16/C 17 entsteht hier eine Bandbreite von etwa 2,5 MHz mit einer Einsattelung von ca. 3 dB bei 29 MHz.

Oszillator und Frequenzverdreifacher sind mit den "normalen" (bipolaren) Transistoren BF 224 bestückt. Dies sind npn-Si-Planar-Transistoren in Epoxyd-Gehäusen. Sie können auch durch andere Transistoren, wie zum Beispiel BC 108, BC 130, BF 115, 2 N 914 (BSY 21) oder 2 N 708 (BSY 19) ersetzt werden.

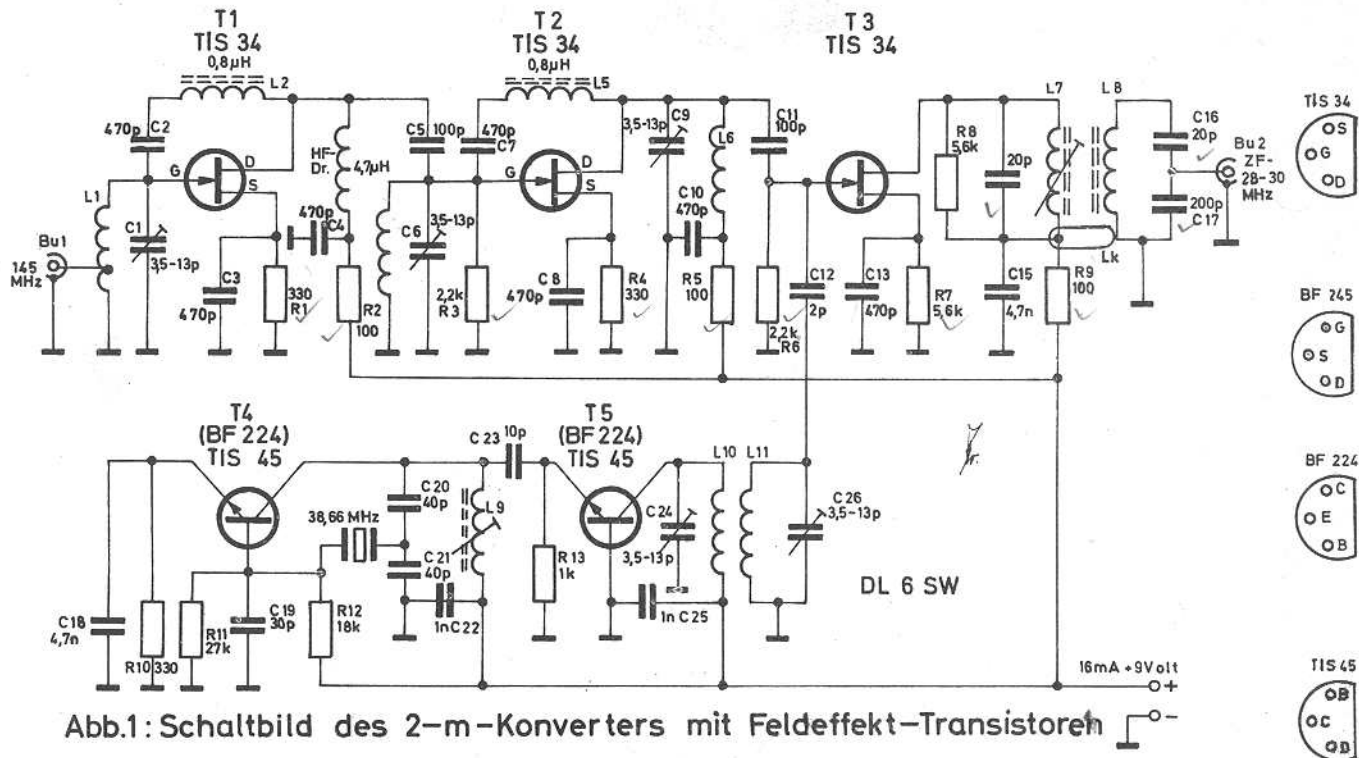


Abb.1: Schaltbild des 2-m-Konverters mit Feldeffekt-Transistoren

Der Hilfsoszillator mit T 4 schwingt mit einem 38,666-MHz-Obertonquarz in einer Schaltung nach [3] oder [4], die mit einem kapazitiven Spannungsteiler für die Rückkopplung versehen wurde. Der in Basisschaltung arbeitende Verdreifacher-Transistor T 5 ist über C 23 lose an den Hochpunkt des Oszillatorschwingkreises angekoppelt. Das 116-MHz-Bandfilter am Kollektor von T 5 ist ohne Koppelschleife induktiv gekoppelt. Dazu sind die Spulen L 10 und L 11 dicht nebeneinander angeordnet. Über den Kondensator C 12 gelangt die Oszillatorfrequenz schließlich an das gate des Mischtransistors T 3.

Die Stromaufnahme des gesamten 2-m-Konverters beträgt bei einer Betriebsspannung von 9 Volt etwa 16 mA. Es wurde daher auf eine Stromversorgung aus dem Netz verzichtet. Der Konverter wird stattdessen aus sechs in Serie geschalteten 1,5-V-Babyzellengespeist, deren Lebensdauer schätzungsweise 200 bis 300 Stunden betragen dürfte. Diese Art der Speisung ergibt außerdem eine hervorragende Frequenzstabilität.

3. Mechanischer Aufbau (Abb. 2, Abb. 3)

Der ganze Konverter ist auf einer geätzten Leiterplatte von 63 mm x 113 mm Größe nach Abb. 2a aufgebaut. Die Leiterplatte wird durch 3 Kupfer- oder Messingblechstreifen in vier Kammern unterteilt. So erhält man eine Kammer für den Antenneneingang mit dem Transistor T 1, eine zweite für den Schwingkreis L 4, C 6 mit den Transistor T 2 und eine dritte für die Mischstufe mit dem ZF-Bandfilter. In der vierten, langen Kammer befinden sich der Quarzoszillator und die Verdreifacherstufe.

Zusammen mit dem Schaltbild nach Abb. 1, der Liste der Bauelemente nach Abs. 3.1 und dem Plan nach Abb. 2b kann man nun die Bestückung der Leiterplatte vornehmen. Zunächst beginnt man mit den Widerständen, dann folgen die Kondensatoren. Nach den Spulen werden die Transistoren eingesetzt. Die Anschlüsse der Transistoren von unten her bzw. von den Enden der Drähte her gesehen zeigt Abb. 1. Anschließend lötet man den Quarz und die Trennwände zwischen den einzelnen Kammern ein. Das komplette Gerät ist aus dem Foto Abb. 3 und dem Titelbild des vorliegenden Heftes zu sehen.

3.1 Bauelemente

R 1, R 4, R 10 = 330 Ω ;	R 2, R 5, R 9 = 100 Ω
R 3, R 6, R 11 = 2,2 k Ω ;	R 7, R 8 = 5,6 k Ω
R 12 = 18 k Ω ;	R 13 = 1 k Ω

Alle Widerstände 0,3 W belastbar, Typ KBT von Firma Vitrom

C 1, C 6, C 9, C 24, C 26 = 3,5 - 13 pF, keram. Scheibentrimmer 7 S - Triko 02 von Fa. Stettner, Lauf

C 2, C 3, C 4, C 7, C 8,	
C 10, C 13	= 470 pF, keram. Scheibenkondensator HDK 5 ϕ
C 15, C 18	= 4,7 nF, keram. Scheibenkondensator HDK 8 ϕ
C 22, C 25	= 1 nF, keram. Scheibenkondensator HDK 6 ϕ
C 12	= 2 pF, keram. Scheibenkondensator 5 ϕ

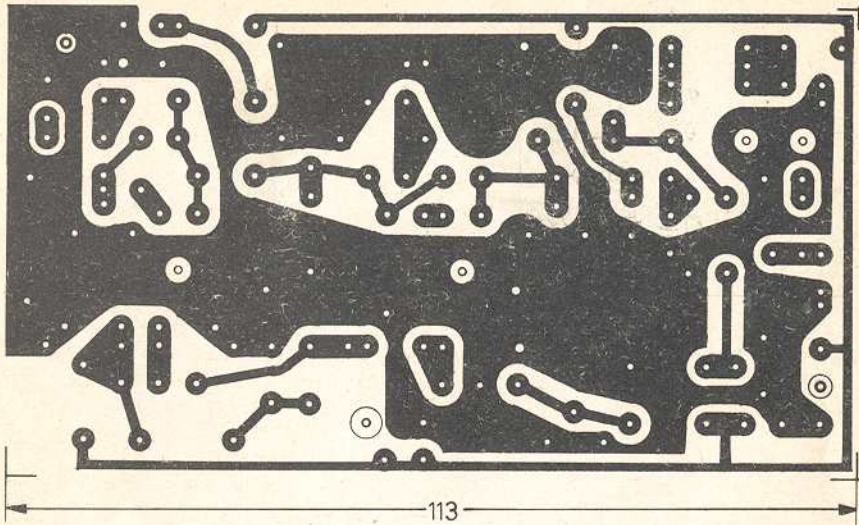


Abb. 2 a Leiterseite
 Feldeffekt-Transistor-Konverter für das 2-m-Band DL 6sw

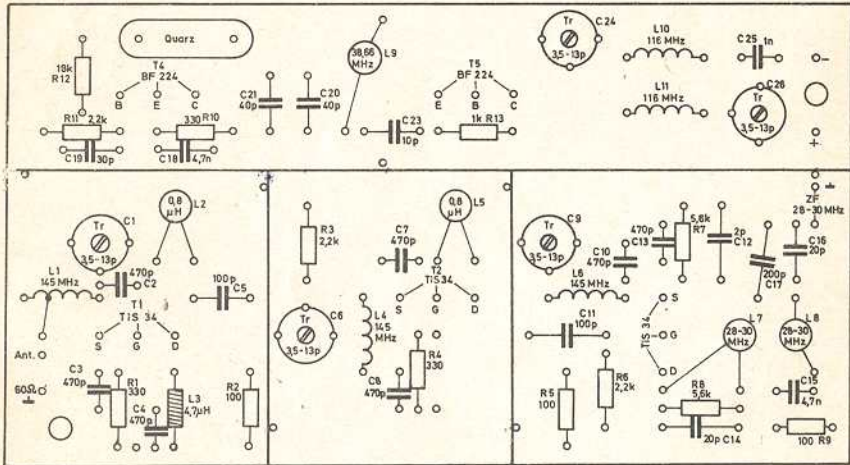
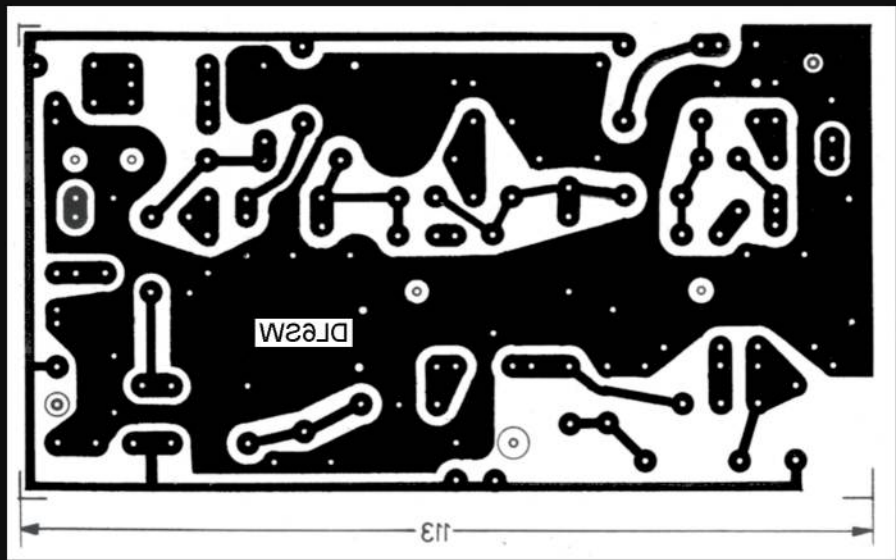


Abb. 2 b Bestückungsplan



- C 5, C 11 = 100 pF, keram. Rohrkondensator 3 x 12
 C 14, C 16 = 20 pF, keram. Rohrkondensator 2 x 10
 C 17 = 200 pF, keram. Rohrkondensator 3 x 16
 C 19 = 30 pF, keram. Rohrkondensator 2 x 10
 C 20, C 21 = 40 pF, keram. Rohrkondensator 2 x 10
 T 1, T 2, T 3 = TIS 34 (BF 245) von Fa. Texas Instruments
 T 4, T 5 = BF 224 von Fa. Texas Instruments
 Q = Quarz 38,666 MHz HC-6/U lötlbar

3.2 Spulendaten

- L 1, L 4, L 6 = 6 Wdg., Kupferdraht versilbert (CuAg) 1 mm ϕ , auf 5-mm-Dorn gewickelt (Bohrerschaft), freitragend, Spulenlänge 10 mm
 Anzapfung von L 1 bei 1 Wdg. vom kalten Ende entfernt
 L 2, L 5 = 10 Wdg., Draht: Kupferlackseide (CuLrKC) 0,3 mm ϕ , 0,8 μ H auf Körper B 3,5/14 - 1502 von Fa. Vogt mit Kern GW 3,5/10 x 0,5 FCI von Fa. Vogt
 L 7, L 8 = 20 Wdg., CuLrKC 0,3 mm ϕ , 1,5 μ H auf Körper mit Kern wie bei L 2, L 5
 L 9 = 15 Wdg., CuLrKC 0,3 mm ϕ
 Körper mit Kern wie bei L 2, L 5
 L 10, L 11 = 7 Wdg., CuAg 1 mm ϕ , auf 5-mm-Dorn gewickelt, freitragend, Spulenlänge 10 mm
 L 3 = HF-Drossel 4,7 μ H von Fa. Jahre oder 1 m Kupferlackdraht von 0,2 mm ϕ auf Isolierkörper von 4 mm ϕ



145 MHz 3x
 6 Wdg. 1mm Silberdraht
 auf 5mm Dorn gewickelt



116 MHz 2x
 7 Wdg. 1mm Silberdraht
 auf 5mm Dorn gewickelt



ZF-Filter 2x
 20 Wdg. 0,3 CuLrKC
 Spulenkörper Vogt B 3,5/14-1502
 Gewindekern GW 3,5/10=0,5 FCI

38,66 MHz Kreis

15 Wdg. 0,3 CuLrKC
 Spulenkörper Vogt B 3,5/14-1502
 Gewindekern GW 3,5/10=0,5 FCI

Neutralisation 2x

10 Wdg. 0,3 CuLrKC
 Spulenkörper Vogt B 3,5/14-1502
 Gewindekern GW 3,5/10=0,5 FCI
 auf Q@H abgleichen

3.3 Bemerkungen zum Aufbau

Für die Abschirmung zwischen den einzelnen Kammern benutzt man dünnes Kupfer- oder Messingblech von 0,3 bis 0,5 mm Stärke und 27 mm Breite. Als Längsblech wird ein Streifen 27 mm x 113 mm benötigt. Die beiden Querbleche von der Größe 27 mm x 43 mm werden auf dem einen Ende um 4 mm abgewinkelt und dort an das Längsblech gelötet. Mit kurzen Drahtstücken verankert man die komplette Abschirmeinheit mit der Masse der Leiterplatte.

Der Konverter ist mit einer Halterung für die sechs Babyzellen von Fa. Wonder, Köln, in ein kleines Gehäuse eingebaut. Der kleine Aufbau des Konverters erlaubt natürlich auch einen Einbau in den Kurzwellenempfänger. Für die Stromversorgung reicht in diesem Fall die gleichgerichtete und gesiebte Heizspannung aus.

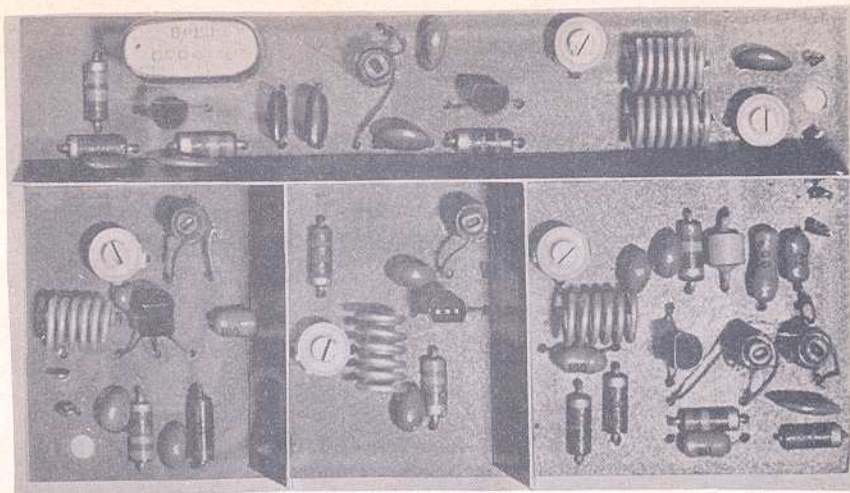


Abb. 3 Fertig bestückter Feldeffekt-Transistor-Konverter für 145 MHz
DL 6 SW

4. Abgleich

Die Neutralisationsspulen L 2 und L 5 werden vor dem Einbau zusammen mit einem Parallelkondensator von 1,5 pF mit Hilfe eines Grid-Dip-Meters auf die Frequenz 145 MHz abgeglichen. Dabei ist darauf zu achten, daß die Leitungslängen der Spulenden nicht größer als im eingebauten Zustand sind. Falls ein Induktivitäts-Meßgerät zur Verfügung steht, können die Spulen direkt auf den Wert 0,8 μ H abgeglichen werden. Die übrigen Schwingkreise gleicht man im eingebauten Zustand vor dem Einschalten des Gerätes mit dem Grid-Dip-Meter grob auf ihre Frequenz ab.

Der Quarzoszillator schwingt nur auf der Sollfrequenz und neigt nicht zu wildem Schwingen. Durch Verändern des Kondensators C 19 zwischen 10 und 30 pF läßt sich die Quarzfrequenz noch etwas ziehen. Der Frequenzverdreifacher wird auf maximalen Spannungsabfall von etwa 2,1 V am source-Widerstand R 7 abgeglichen. Bei ausgeschaltetem Hilfsoszillator beträgt der Spannungsabfall am Widerstand R 7 etwa 1,2 V.

Jetzt wird das ZF-Bandfilter auf maximales Rauschen abgeglichen. Dabei stellt man den Kurzwellen-Empfänger für den Abgleich des Primärkreises L 7, C 14 auf etwa 28,3 MHz, für den Abgleich des Ausgangskreises auf etwa 29,7 MHz ein. Ebenso gleicht man den Eingangskreis bei 145 MHz, den Zwischenkreis L 4, C 6 bei 145,5 MHz und den Mischkreis L 6, C 9 bei 144,5 MHz auf maximale Anzeige des Rauschens ab. Diese Abstimmung wird mehrmals der Reihe nach wiederholt, bis man eine gleichmäßige Verstärkung über das ganze 2-m-Band erhält.

Die Neutralisation braucht in der Regel nicht nachgestimmt zu werden. Ein einfacher Abgleich des Konverters läßt sich mit einem Wobbel-Sichtgerät durchführen, der hier nicht beschrieben zu werden braucht. Hierbei kann auch leicht die Neutralisation überprüft werden. Die Durchlaßkurve läßt sich so einstellen, daß sie ungefähr 2,5 MHz breit ist und eine Einsattelung von etwa 2 dB bei 145 MHz zeigt.

5. Meßwerte

Die nachstehende Tabelle enthält die wichtigsten Meßwerte des vorstehend beschriebenen 2-m-Feldeffekt-Transistor-Konverters. Zum Vergleich dazu sind die Meßwerte eines mit der Röhre PC 88 und eines mit der Röhre PC 97 [5] [6] aufgebauten Konverters, sowie die des Transistor-Konverters MB 22 von Fa. Semcoset mit angegeben. Alle Geräte wurden vom Verfasser unter gleichen Bedingungen gemessen. Als Nachsetzer diente ein Empfänger Drake R 4 mit einer Bandbreite von 2,7 kHz.

Messung	Geräte			TIS-34-	PC-88-	PC-97-	MB 22
				Konverter	Konverter	Konverter	Semcoset
Rauschzahl	F	[-]		2,0	3,5	2,7	2,7
Verstärkung	Vp	[dB]		22	33	18	27
Spiegelselektion	SSp	[dB]		65	60	60	65
Kreuzmodulation	Uin	[mV]		35	35	40	4
Zustopfen	Uin	[mV]		20	10	50	2
ZF-Durchschlagsfestigkeit	Szf	[dB]		65	65	80	75

Zur Kreuzmodulationsmessung:

Auf einem unmodulierten Signal von 1 μ V bei der Frequenz 144,5 MHz tritt 1 % Kreuzmodulation auf, wenn ein zweites, 30-%-moduliertes Signal auf der Frequenz 145,5 MHz mit der oben angegebenen Eingangsspannung Uin zusätzlich vorliegt.

Zur Messung des Zustopf-Effektes:

Ein unmoduliertes Signal von 2 μ V bei der Frequenz 144,5 MHz wird am Empfängerausgang um 3 dB kleiner, wenn ein zweites Signal auf der Frequenz 145,5 MHz mit der oben angegebenen Eingangsspannung Uin zusätzlich auftritt.

6. Literatur

- [1] H. J. Wilhelmy: Feldeffekt-Transistoren
Funkschau 37 (1965), H. 4, S. 79 - 82
- [2] M. Henninger: Der Feldeffekt-Transistor
Das DL-QTC 38 (1967), H. 5, S. 239 - 244
- [3] RCA-Transistor-Manual 1966, S. 440
- [4] M. Kindler: Ein Transistorkonverter für 145 MHz mit guter Vorselektion
UKW-BERICHT 6 (1966), H. 2, S. 38 - 97
- [5] R. Lentz: Der PC-97-Konverter
Das DL-QTC 34 (1963), H. 6, S. 268 - 273
- [6] Ch. Junge: Der PC-900-Konverter
Das DL-QTC 35 (1964), H. 8, S. 470 - 471

ANMERKUNGEN DER REDAKTION

Die in Absatz 5 angeführten Meßwerte können nicht als Absolutwerte angesehen werden, da gerade diese Messungen - bis auf die Verstärkungsmessung - sehr schwierig und nicht reproduzierbar sind. Eine Tendenz ist jedoch deutlich zu erkennen. Die Tabelle ist recht aufschlußreich.

In der Zwischenzeit wurde von verschiedenen Seiten eine größere Zahl des beschriebenen Konverters nachgebaut, gemessen und praktisch erprobt. Es hat sich gezeigt, daß die angegebenen Meßwerte erreicht und zum Teil noch überschritten wurden. Der Abgleich des Gerätes läßt sich ohne Schwierigkeiten vornehmen. Die praktische Erprobung an einer 16-Element-Gruppenantenne in freier Lage (600 m Höhe über NN) seitens DL 3 SPA hat ergeben, daß das Gerät in jeder Hinsicht einem guten Röhrenkonverter ebenbürtig ist. Im Gegensatz zu allen bisher bekannten normalen Transistorkonvertern traten nicht mehr Kreuzmodulationserscheinungen wie bei guten Röhrengeräten auf.

Auf folgendes soll noch hingewiesen werden:

An Stelle des Feldeffekt-Transistors TIS 34 können auch die von Fa. Texas-Instruments Deutschland gefertigten FET-Transistoren BF 244 und BF 245 verwandt werden. Sie sind elektrisch völlig identisch mit dem TIS 34. (Sockelanschlüsse siehe Abb. 1). Nimmt man für die beiden Oszillator-Transistoren T 4 und T 5 den Transistor TIS 45, so erhält man eine höhere Amplitude der Hilfsfrequenz und damit eine größere Durchgangsverstärkung des Konverters (25 bis 28 dB).

Die Koppelwindung Lk am kalten Ende des ZF-Bandfilters L 7/L 8 (Abb. 1) stellt eine offene Schleife, ein langgezogenes O. keine Acht (8) dar. Auf jedem Spulenkörper L 7 und L 8 ist nur eine halbe Windung untergebracht. Die Windung soll aus Draht von 0,1 bis 0,2 mm ϕ hergestellt werden. Mit dickerem Draht wird die Kopplung zu fest! Das Metallgehäuse des Quarzes soll so kurz wie möglich mit der Masse der Leiterplatte verbunden werden. Kurze Drahtverbindungen anlöten!

Der Konverter sollte unbedingt in einem abgeschirmten Gehäuse mit Koaxialbuchsen-Anschluß untergebracht werden. Soweit die Batterien nicht mit in das Gehäuse eingebaut sind, ist die Spannung über einen Durchführungskondensator zuzuführen. Am offenen Konverter wurden gelegentlich KW-Einstreuungen beobachtet.

LIEFERMÖGLICHKEITEN

Die Leiterplatte des DL 6 SW-FET-Konverters für 145 MHz können vom Verlag UKW-BERICHT (siehe Kleinanzeigen Seite 87) und das betriebsbereite, komplette Gerät mit oder ohne Gehäuse von Fa. H. Bauer, DL 1 DX (siehe Anzeige S. V) bezogen werden.