

BIULETYN TECHNICZNY



P.2900/79

MECHANIKA

3 (205)
1979

Redakcja Kolegium w składzie:

mgr Z. Bieguszevska-Kochan, mgr W. Borucki (redaktor działu „Ekonomika”),
mgr B. Drożak, mgr inż. J. Dziewięcki (redaktor naczelny), J. Esikowski,
mgr inż. R. Farfał, dr hab. M. Greniewski,
doc. dr hab. inż. A. Janicki (redaktor naukowy), inż. L. Kowalski,
mgr J. Kutrowska (sekretarz redakcji), mgr inż. L. Krzystolik, inż. R. Maciesowicz,
mgr E. Mańkiewicz-Cudny, red. T. Podwysocki, dr inż. R. Pregiel,
mgr inż. A. Teodorczuk, mgr inż. T. Ustaborowicz,
mgr inż. M. Wajcen (redaktor działu „Technika”)

Warunki prenumeraty

Jednostki gospodarki uspołecznionej, instytucje, organizacje i wszelkiego rodzaju zakłady pracy zamawiają prenumeratę w miejscowych Oddziałach RSW „Prasa-Książka-Ruch”, w miejscowościach zaś, w których nie ma Oddziałów RSW – w urzędach pocztowych. Czytelnicy indywidualni opłacają prenumeratę wyłącznie w urzędach pocztowych i u doręczycieli. Prenumeratę roczną w cenie 516 zł należy zamawiać do 25 listopada na rok następny, półroczną do 10 czerwca na II półroczu.

ZJEDNOCZENIE PRZEMYSŁU AUTOMATYKI
I APARATURY POMIAROWEJ „MERA”



2900/79

„MERA”

BIULETYN PRZEMYSŁU
KOMPUTEROWYCH SYSTEMÓW
AUTOMATYZACJI I POMIARÓW

WARSZAWA, MARZEC 1979

SPIS TREŚCI

A. Antoń	Perspektywy rozwoju Zakładów "Mera-Lumel"	3
J. Matyja B. Świetlicki	Rejestrator X-Y/t typu KL1 produkcji "Mera-Lumel" ..	5
B. Baranowski	Nowa generacja przetworników serii P5	12
L. Jędrzejczak E. Wojciechowski	Pomiar rzeczywisty wartości skutecznej w mierniku NZ1	20
W. Pierzgalski	Mierniki cyfrowe do pomiaru mocy w sieciach przemy- słowych	25
R. Kwolek Z. Raduła	Nowa metoda złączenia drobnych części	34

Opracowanie redakcyjne: Redakcja Biuletynu "Mera", ul. Patriotów 77, 04-950 Warszawa
/tel. 12-41-71/. Druk: Dział Wydawnictw "Mera-Pnefal", ul. Patriotów 77, 04-950 Warszawa
/tel. 12-41-64/. Zam. 49/79, 2300 egz.

PERSPEKTYWY ROZWOJU ZAKŁADÓW „MERA-LUMEL”

25 lat temu rozpoczęły działalność produkcyjną Zielonogórskie Zakłady Wytwórcze Mierników Elektrycznych A-21 w Zielonej Górze. Zakłady powstały na terenie bez tradycji w dziedzinie przemysłu elektrotechnicznego, a liczba osób organizujących produkcję i mających doświadczenia przemysłowe była znikoma. Podstawowym asortymentem produkcyjnym były tablicowe mierniki elektryczne. Produkcję rozpoczęto od przejętych z Zakładów "Era" w Warszawie mierników elektromagnetycznych.

Dalszy rozwój asortymentu mierników tablicowych opierał się na opracowaniach zakładowego biura konstrukcyjnego współpracującego od początku z placówkami naukowo-badawczymi, głównie z Wrocławia i Warszawy. Na szybki rozwój produkcji wpłynęło także przejęcie wykonawstwa zestawu wskaźników do samochodów oraz osprzętu elektrotechnicznego jak: listwy zaciskowe, łączniki krzywkowe itp. Zmieniono wówczas nazwę zakładów na Lubelskie Zakłady Aparatów Elektrycznych "Lumel".

Wzrost zapotrzebowania na aparaturę pomiarową połączony z przejściem zakładów do Zjednoczenia "Mera" zapoczątkowały proces przekazywania produkcji osprzętu tablicowego i wskaźników samochodowych do innych zakładów.

Na wyroby produkowane w Lubelskich Zakładach Aparatów Elektrycznych "Mera-Lumel" składają się obecnie następujące grupy asortymentowe:

- mierniki tablicowe wskazówkowe,
- mierniki tablicowe cyfrowe,
- mierniki przenośne wskazówkowe i cyfrowe,
- rejestratory elektroniczne,
- regulatory temperatury,
- przetworniki pomiarowe,
- przekaźniki pomocnicze,
- urządzenia pomiarowe produkowane jednostkowo.

Istotnym elementem przyspieszającym rozwój techniczny zakładów i stabilizującym asortyment wyrobów należących do grup: aparatura pomiarowa i urządzenia dla automatyki były licencje. Licencje traktowano nie jako czynnik zastępujący własny rozwój techniczny, tylko ten rozwój przyspieszający. Tak np. regulatory temperatury elektroniczne licencyjne

nie są już w "Lumelu" produkowane, a ich miejsce zajęły regulatory wg własnego opracowania, które uzyskały znak najwyższej jakości Q.

Ważnym krokiem w rozwoju zakładów było powołanie w 1968 r. Zakładu Doświadczalnego i przekształcenie go w roku 1972 w Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Metrologii Elektrycznej "Mera-Lumel" /OBR ME/.

Kadry

Kluczowym zagadnieniem rozwoju zakładów "Mera-Lumel" i ich udziału w realizacji celów społeczno-ekonomicznych kraju są kadry. Organizowanie zakładów rozpoczęto od kompletowania załogi narzędziowni, przy czym udało się tu zebrać grupę pracowników doświadczonych, o wysokich kwalifikacjach. Z ich doświadczeń korzystała młoda kadra narzędziowców - absolwentów miejscowych szkół. Z większymi trudnościami przebiegało tworzenie zakładowego zaplecza technologicznego i konstrukcyjnego.

W pierwszym okresie specjalistów z wyższym wykształceniem angażowano głównie spośród absolwentów uczelni Wrocławia, Poznania i Szczecina. Technicy i wykwalifikowani robotnicy to w większości absolwenci szkół zielonogórskich. Powstała w 1965 r. Wyższa Szkoła Inżynierska w Zielonej Górze w pierwszym okresie korzystała między innymi z pomocy kadrowej "Lumelu", odpłacając po 4 latach absolwentami zaciągnięty dług.

Decydującym krokiem w przełamaniu ograniczeń rozwoju ilościowego i jakościowego zakładowego zaplecza technicznego było powołanie Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Metrologii Elektrycznej "Mera-Lumel". Zakłady "Mera-Lumel" stały się także istotnym ośrodkiem rozwoju przemysłu elektrotechnicznego i elektronicznego w regionie zielonogórskim, głównie ze względu na dostarczanie kadr wysokokwalifikowanych specjalistów dla nowo tworzonego zakładu. W rozwoju kadry występują również pewne czynniki ograniczające jak np. obserwowana degradacja pozycji finansowej i społecznej zawodu narzędziowca, co daje o sobie znać pewnym spadkiem zatrudnienia.

Zmiany profilu kształcenia w wyższych uczelniach zmniejszyły znacznie liczbę absol-

wentów kierunków technologicznych, co zmusza zakład do kształcenia specjalistów z tych dziedzin we własnym zakresie.

Stymulatory rozwoju

Do głównych stymulatorów rozwoju zakładów, pomijając oczywiście kluczowe znaczenie kadr, należą:

- eksport wyrobów, przede wszystkim do krajów wysoko rozwiniętych,
- dynamiczna polityka asortymentowa oparta na długofalowej analizie potrzeb,
- rozwój własnego zaplecza badawczo-rozwojowego, technologicznego i narzędziowego,
- właściwa polityka licencyjna,
- współpraca techniczna z zagranicą,
- współpraca z zewnętrznymi placówkami naukowymi.

W warunkach, gdy rynek krajowy jest w dziedzinie aparatury pomiarowej i automatyki typowym rynkiem producenta, eksport wyrobów jest głównym stymulatorem poziomu jakości i poziomu kosztów wytwarzania. Obecnie ponad 30% produkcji "Lumelu" kierowane jest na eksport i to w dużej mierze do krajów wysoko rozwiniętych. Eksport do krajów wolnodewizowych rośnie w ostatnich latach w tempie około 30% rocznie.

Szeroka gama wyrobów produkowanych przez "Mera-Lumel" jest także jednym z czynników rozwoju eksportu. Program rozwoju asortymentu produkcji opracowywany jest w OBR ME na okresy 5-8 lat i poddawany szczegółowej analizie na forum Rady Naukowo-Technicznej, działającej przy Ośrodku Badawczo-Rozwojowym. Rada Naukowo-Techniczna skupia czołowych naukowców - specjalistów z dziedziny metrologii elektrycznej z różnych ośrodków naukowych i produkcyjnych.

Duży i często modernizowany asortyment produkcyjny daje solidne podstawy rozwoju ekonomicznego przedsiębiorstwa, aczkolwiek stwarza niemałe kłopoty produkcyjne, zaopatrzeniowe i organizacyjne. O wielkości tego problemu świadczą poniższe liczby:

- liczba typów produkowanych wyrobów	112
- liczba stosowanych procesów technologicznych	230
- liczba materiałów objętych indeksem	29800
- liczba rodzajów części wykonywanych w zakładzie	9600

Znaczenie własnego zaplecza technicznego i jego rozwój omówiono w rozdziale Kadry. Wyroby, których początek produkcji na większą skalę daty licencji to regulatory temperatury i rejestratory elektroniczne oraz przekaźniki pomocnicze. Licencje wykorzystano nie tylko celem rozwoju produkcji. Stały się one również ważnym elementem kształcenia własnego zaplecza technicznego, a o pozytywnych tego re-

zultatach świadczy najlepiej dalszy własny rozwój tych grup wyrobów.

Oprócz współpracy licencyjnej "Mera-Lumel" wiele skorzystało ze współpracy technicznej i naukowej z fabrykami i instytucjami w ZSRR, Czechosłowacji i NRD. Ta forma współpracy jest ciągle nie w pełni wykorzystywanym źródłem wymiany innowacji.

Konieczność współpracy z zewnętrznymi placówkami naukowo-badawczymi i korzyści w dziedzinie nowych opracowań nie wymagają uzasadnienia. Ważnym, a często niedocenianym efektem tej współpracy jest inspiracja rozwoju naukowego własnej kadry. Owocuje to w postaci patentów, publikacji, prac naukowych, a przede wszystkim wysokiego poziomu opracowań technicznych; wyrabia niezbędne dla każdego technika krytyczne podejście do rozwiązań zarówno obcych jak i własnych.

Kierunki rozwoju

Zakłady "Mera-Lumel" są przedsiębiorstwem wielozakładowym, a pomieszczenia fabryczne to w większości stare obiekty adaptowane do produkcji aparatury pomiarowej. W roku 1978 rozpoczęto długo oczekiwaną rozbudowę zakładu na nowym terenie. Pozwoli to na modernizację technologii produkcji i na radykalną poprawę warunków pracy załogi. Nowy teren jak i dostosowany do dalszej rozbudowy projekt nowego oddziału stanowią kolejny etap dalszego rozwoju zakładów.

Jednocześnie w asortymencie wyrobów produkowanych w "Lumelu" pojawiają się po raz pierwszy urządzenia pomiarowe zorientowane systemowo, będące punktem wyjścia do produkcji systemów pomiarowych. W roku ubiegłym rozpoczęto produkcję rejestratorów X-Yt KL1 i wykonano pierwszą serię rejestratorów X-Y KL2, przystosowanych do pracy w systemach minikomputerowych z interfejsem wg standardu IEC. W roku bieżącym przewiduje się wykonanie kalibratorów precyzyjnych napięć i prądów stałych również z interfejsem IEC. W dalszej kolejności przewiduje się produkcję systemowych regulatorów i innych urządzeń z wykorzystaniem mikroprocesorów.

Równocześnie będzie się rozwijać prace nad specyficznymi dla produkcji aparatury pomiarowej procesami technologicznymi, których celem jest podniesienie jakości, uzyskanie wysokiej niezawodności i konkurencyjności aparatury "Mera-Lumel" na rynkach światowych. W sprzyjającym klimacie stworzonym przez władze terenowe pragniemy rozwijać w regionie zielonogórskim sieć małych zakładów satelitarnych, specjalizujących się w wybranych procesach technologicznych. Zakłady te miałyby w "Lumelu" głównego odbiorcę swych wyrobów, bazę narzędziową oraz niezbędną opiekę techniczną.

mgr inż. JERZY MATYJA
mgr inż. BOGDAN ŚWIETLICKI
LZAE „Mera - Lumel”

REJESTRATOR X-Y/1 TYPU KL1 PRODUKCJI „MERA-LUMEL”

Uruchomienie krajowej produkcji przemysłowej rejestratorów X-Y stwarza możliwości szerszego ich rozpowszechnienia. Głównymi ich odbiorcami są obecnie placówki naukowo-badawcze, gdzie rejestratory X-Y są narzędziem pracy inżynierów. Otwierają się również szerokie możliwości zastosowań w sferze produkcyjnej, w urządzeniach techniki medycznej itp.

Ogólna koncepcja budowy rejestratora

Sposób zapisu w układzie współrzędnych prostokątnych, format arkusza papieru - A3, warunek pracy w pozycji pionowej w typowych stojakach 19-calowych zdefiniowały podstawowe wymiary rejestratora KL1 /rys. 1/. Celem zwiększenia uniwersalności zastosowań, założono możliwość wyposażenia rejestratora /fot. 1/ w dostawny moduł przewijacza taśmy rejestracyjnej /1/ zasilany z rejestratora. Do napędu taśmy użyto silnika synchronicznego, a wyboru prędkości przesuwu dokonuje się przełącznikiem klawiszowym /2/. Część zapisową rejestratora związano z odchylnym sto-

łem roboczym /fot. 2/, a część elektroniczną związano z podstawą i pudłem przyrządu.

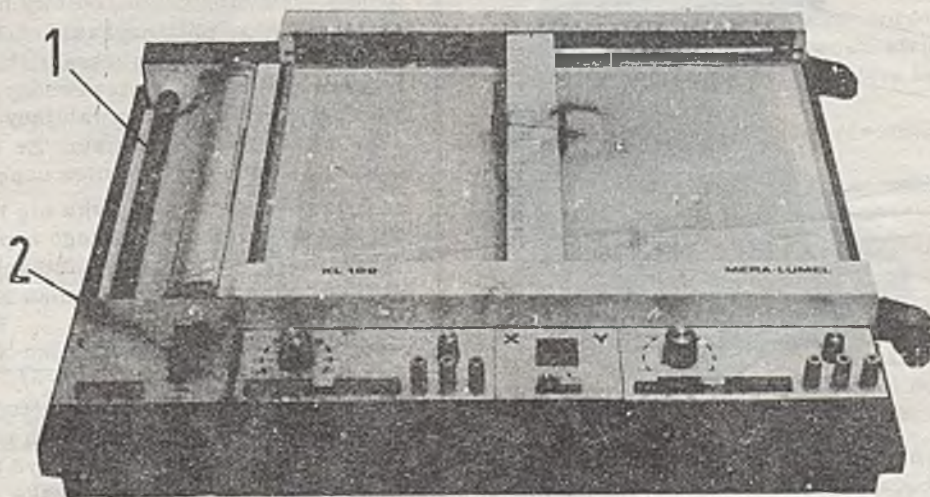
Rejestrator KL1 jest przyrządem o konstrukcji modułowej. Taką koncepcję budowy przyrządu przyjęto ze względu na znacznie łatwiejszą organizację montażu, uruchamianie i obsługę serwisową przyrządu. Ponadto konstrukcja taka stwarza mniej ograniczeń przy dalszym rozwoju wyrobu. Do podstawowych podzespołów /modułów/ zaliczyć można:

- bloki sterujące X, Y blok zasilania,
- część zapisową z ramieniem Y,
- podstawę rejestratora z blokami układów elektrycznych.

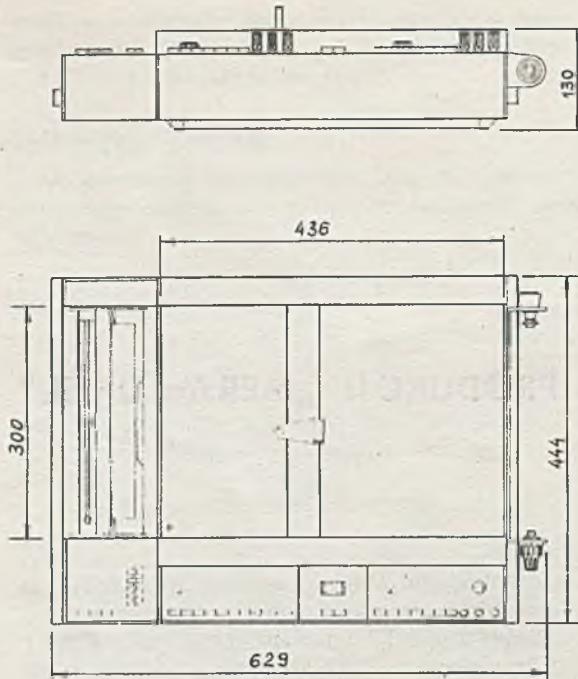
Najczęściej spotykanymi rozwiązaniami budowy bloków sterujących, w zależności od sposobu łączenia ich z częścią zapisową są:

- bloki dostawione /rys. 2/,
- bloki wstawiane.

Przy rozwiązaniu 1 /rys. 2/ każdy z bloków musi mieć własny szkielet, obudowę, złącze wtykowe oraz rozbudowane elementy mechanicznego łączenia bloku z częścią zapisową. W

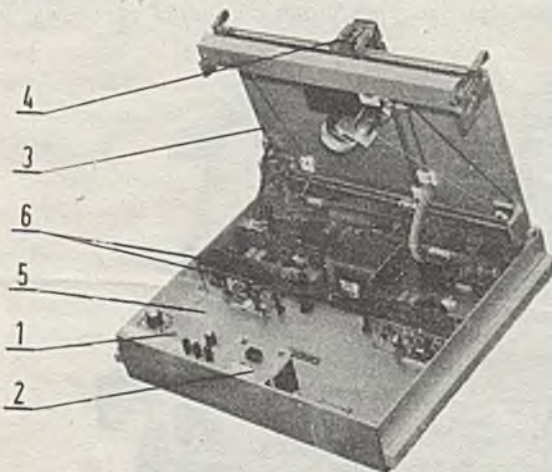


Fot. 1. 1-przewijacz taśmy, 2-przełącznik przesuwu taśmy



Rys. 1.

rejestratorze KL1 przyjęto koncepcję 2, gdzie poszczególne bloki sterujące o jednolitych wymiarach gabarytowych wstawiane są do rejestratora /fot. 2/. Przy takiej koncepcji ilość części w bloku jest mniejsza, cała konstrukcja rejestratora znacznie sztywniejsza, a zachowanie estetyki wyrobu łatwiejsze. Część zapisowa rejestratora KL1 związana jest ze stołem roboczym. Do stołu mocowane są: płyta elektrostatycznego trzymania arkusza, potencjometr pomiarowy X, ramię Y, karetką z pisa-



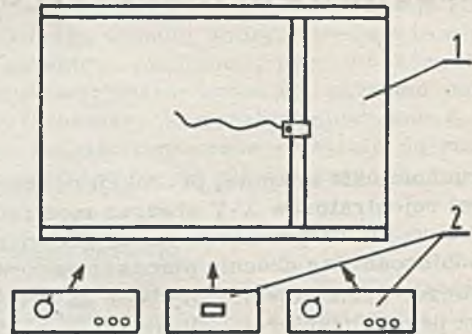
Fot. 2. 1-blok sterujący X, 2-blok zasilania, 3-stół roboczy /część zapisowa/, 4-ramię Y, 5-podstawa rejestratora, 6-układy elektryczne

kiem. Na budowę tego bloku najistotniejszy wpływ ma przyjęty sposób mocowania arkusza papieru.

W produkowanych dotychczas rejestratorach spotyka się trzy systemy mocowania arkusza:

- listwami magnetycznymi,
- podciśnieniowy,
- elektrostatyczny.

System mocowania listwami magnetycznymi jest najprostszy, ma jednak szereg niedogodności, takich jak: możliwość uszkodzenia pisaka, słabe przyleganie arkusza itp., które dys-



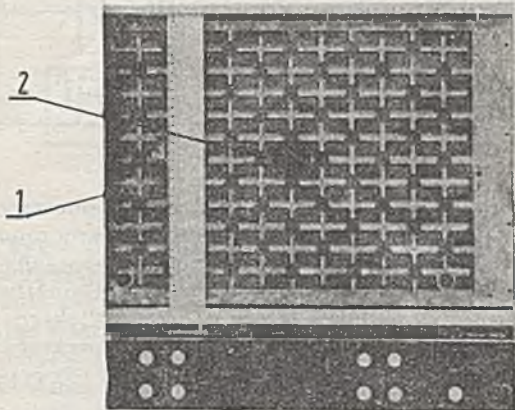
Rys. 2. 1-część zapisowa, 2-bloki sterujące

kwifikują go w nowej konstrukcji. Przy podciśnieniowym mocowaniu arkusza /fot. 3/ stół roboczy stanowi na ogół bardzo skomplikowany, a więc drogi i ciężki odlew ciśnieniowy lub kilowolny /1/ z odpowiednio uformowanymi kanałami, na którym od dołu mocuje się ciężki zespół silnik-pompa. Taki system trzymania arkusza charakteryzuje znaczna hałaśliwość, ciężar oraz duży pobór mocy elektrycznej. Przyjęty w KL1 elektrostatyczny system mocowania arkusza pozwolił na zaprojektowanie stołu jako płaskiej płyty /fot. 2/ "wspomaganej" w narożach odlewu, na których mocowane są prowadnice, ograniczniki krańcowe, zderzaki, kółka linowe itp. Taka konstrukcja stołu jest tania, prosta technologicznie /odlewy narożne wykonane z jednego półfabrykatu/, lekka i elastyczna przy wprowadzaniu wszelkich zmian. Jest to system trzymania niezawodny, o nieznacznym poborze mocy, pozwalający na mocowanie arkuszy dowolnego formatu. Ze stołem roboczym związany jest również napęd pisaka.

W rejestratorach spotyka się trzy podstawowe układy kinematyczne tego napędu.

- Układ o nieruchomych silnikach X i Y /rys. 3/
- Układ o nieruchomym silniku X i ruchomym Y /rys. 4/,
- Układ o nieruchomym silniku X, ruchomym Y i skrzyżowanej lince /rys. 5/.

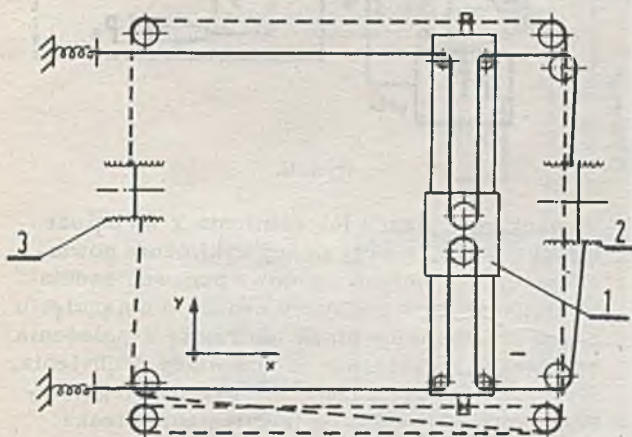
System wg rys. 3 jest stosowany, gdy do napędu pisaka używa się ciężkich silników prądu przemiennego, które muszą być nieruchome. Zastosowanie w napędzie pisaka silników prądu stałego, a zatem silników charakteryzujących się znacznie korzystniejszym wskaźni-



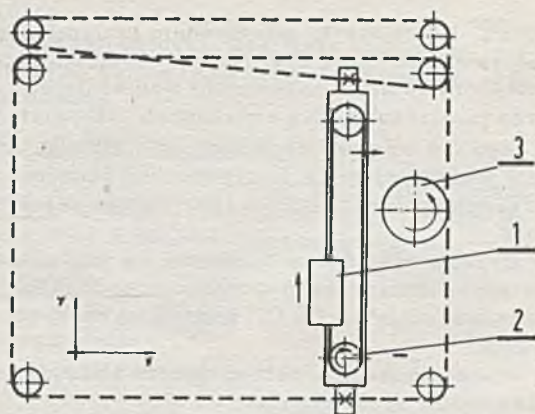
Fot. 3. 1-podstawa stołu roboczego, 2-włot pompy

kiem stosunku mocy do ciężaru pozwala na stosowanie układów wg rys. 4, 5. Są to układy, w których silnik napędu karetki w osi Y umieszczony jest na jeżdżącym ramieniu przesuwającym wzdłuż osi X. W rejestratorze KL1 przyjęto koncepcję kinematyczną ze skrzyżowaną linką wg rys. 5, zapewniającą najkrótsze linki, z najmniejszą liczbą elementów prowadzących linkę. Długość linki napędzającej karetkę, niezależnie od typu rejestratora, wpływa na podstawowe parametry techniczne i eksploatacyjne wyrobu. Sumaryczna długość linki w rejestratorze KL1 jest ponad 3 razy mniejsza niż w rejestratorach zbudowanych wg koncepcji rys. 3 i o około 20% mniejsza niż w rejestratorach zbudowanych wg koncepcji rys. 4.

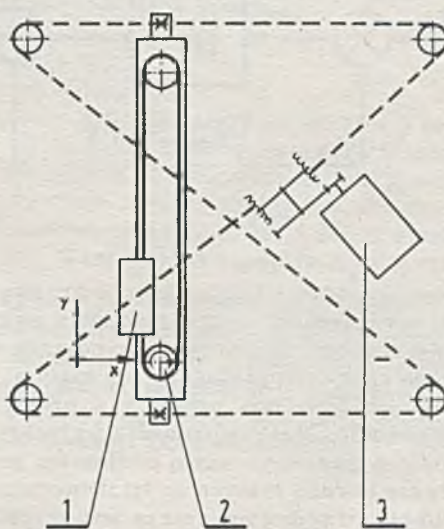
Z podstawą rejestratora związane są układy elektroniczne /fot. 2/ toru wzmacniacza X i Y i układy zasilające. Układy te, podzielone na oddzielne zespoły funkcjonalne, umieszczono na płytkach drukowanych, mocowanych do podstawy w sposób ułatwiający montaż uruchomienia, kontrolę i obsługę serwisową rejestratora.



Rys. 3. 1-karetkę z pisakiem, 2-koło linowe napędu Y, 3-koło linowe napędu X.



Rys. 4. 1-karetkę z pisakiem, 2-koło linowe napędu Y, 3-koło linowe napędu X



Rys. 5. 1-karetkę z pisakiem, 2-koło linowe napędu Y, 3-blok napędu X.

Układy elektroniczne rejestratora X-Y

Układy elektroniczne rejestratorów X-Y można podzielić na dwie podstawowe struktury:

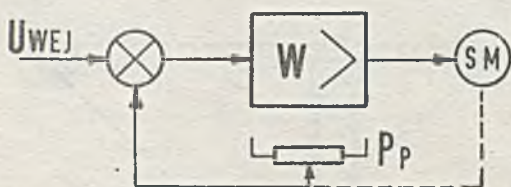
- układ kompensacyjny z wejściem bezpośrednim /rys. 6/,
- układ kompensacyjny z przedwzmacniaczem /rys. 7/.

W rozwiązaniu pierwszym parametry wejściowe rejestratora zależne są od stanu zrównoważenia sygnału wejściowego U_{wej} . W rejestratorze KL1 przyjęto strukturę z przedwzmacniaczem. W strukturze tej uzyskuje się stałość parametrów wejściowych w czasie całego procesu pomiarowego, niezależnie od wybranego zakresu pomiarowego i od stanu zrównoważenia. Ponieważ przedwzmacniacz nie jest objęty w układzie sprzężeniem zwrotnym, dokładność jego decyduje w zasadzie o dokładności całego rejestratora. Musi on charakteryzować się m. in. dużą opornością wejściową.

ciową, liniowością, odpowiednio małymi wartościami szumów i dryftów temperaturowych, stałością ustalonego podziału wzmacniania oraz powtarzalnością uzyskanych parametrów. Z tego też względu przedwzmacniacz jest drugim podzespołem, a jego cena jest jednym z zasadniczych składników ceny całego rejestratora.

Przedwzmacniacze budowane są jako układy ze sprzężeniami bezpośrednimi lub układy z przetwarzaniem. Do ich budowy wykorzystywano:

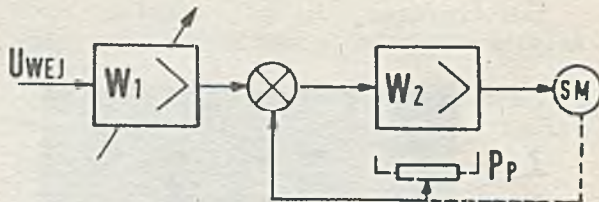
- wzmacniacze z przetwarzaniem zbudowane z elementów dyskretnych,
- monolityczne operacje wzmacniacza scalone,
- monolityczne wzmacniacze operacyjne z przetwarzaniem.



Rys. 6.

W rejestratorze KL1 zbudowano przedwzmacniacz o sprzężeniach bezpośrednich z wykorzystaniem monolitycznego wzmacniacza operacyjnego charakteryzującego się małymi wartościami wejściowego napięcia i prądu nie-równoważenia, dużą opornością wejściową oraz niskim gwarantowanym poziomem szumów w zakresie bardzo małych częstotliwości. W konstrukcji przedwzmacniacza wykorzystano, zgłoszone do opatentowania, rozwiązanie układu wzmacniacza o przełączanym współczynniku wzmocnienia napięciowego. Eliminuje on konieczność selekcji użytych operacyjnych wzmacniaczy scalonych z uwagi na ich technologiczny rozrzut wartości współczynnika wzmocnienia napięciowego, zapewniając powtarzalność i małe wartości szumów oraz dryftów temperaturowych przedwzmacniacza. Zastosowano też w przedwzmacniaczu, zgłoszony do opatentowania, sposób uzyskiwania zerowego współczynnika temperaturowego wejściowego napięcia nierównoważenia operacyjnych wzmacniaczy scalonych. Polega on na zmianie wartości tego współczynnika przez wpływanie na równowagę termiczną wzmacniacza scalonego. Zastosowanie tego sposobu umożliwiło uzyskanie dużej czułości przedwzmacniacza, przy dostatecznie małych błędach temperaturowych, pomimo użycia wzmacniaczy o przeciętnych wartościach współczynnika temperaturowego napięcia nierównoważenia.

Rejestratory X-Y mają często dodatkowe urządzenia umożliwiające rejestrację przebiegów w funkcji czasu. Są to urządzenia mechaniczne przesuwające nośnik zapisu lub układy



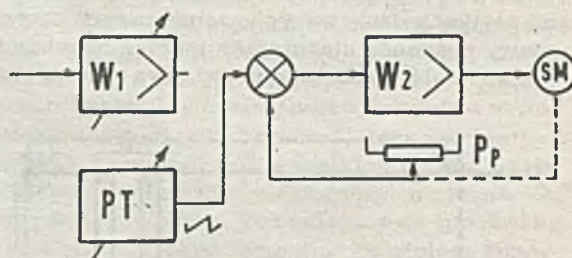
Rys. 7.

elektroniczne, zwane generatorami podstawy czasu. Układ mechaniczny jako dostawny moduł przewijacza taśmy rejestratora KL1 opisany został w pierwszej części artykułu. Umożliwia on rejestrację przebiegów $y = f/t$. Elektroniczne układy podstawy czasu w rejestratorach X-Y stosuje się najczęściej w dwóch rozwiązaniach:

- Autonomiczny układ w postaci oddzielnego bloku wbudowanego lub dobudowanego do rejestratora /rys. 8/,
- Układ funkcjonalnie powiązany z torami pomiarowymi rejestratora /rys. 9/.

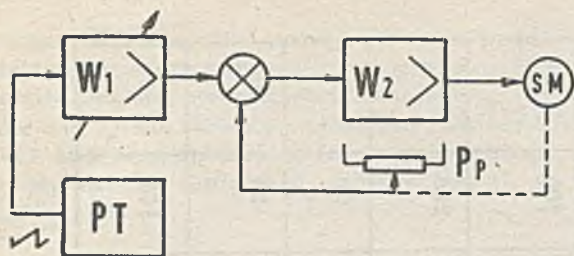
W rejestratorze KL1 przyjęto drugie rozwiązanie, w którym generator podstawowy czasu PT generuje liniowo narastające napięcie o stałym nachyleniu, podawane na wejściu przedwzmacniacza X lub Y. Regulację szybkości przesuwu karetki z pisakiem lub ramieniem Y realizuje się przez zmianę wzmocnienia przedwzmacniacza. Przyjęcie tego rozwiązania umożliwiło znaczne uproszczenie układu elektronicznej podstawy czasu przez wykorzystanie układu przedwzmacniacza.

W rejestratorze KL1 zastosowano układ automatyzujący częściowo jego pracę, zwłaszcza w zakresie współpracy podstawy czasu z układem pomiarowym. Zapewnia on m. in. możliwość wygenerowania jednorazowego lub cyklicznie powtarzającego się działania generatora podstawy czasu, płynną regulację amplitu-



Rys. 8.

dy odchylenia pisaka lub ramienia Y od położenia zerowego, a przy pracy cyklicznie powtarzającej się, natychmiastowe ponowne zadziałanie generatora podstawy czasu po osiągnięciu przez powracający pisak lub ramię Y położenia zerowego, niezależnie od amplitudy odchylenia. Wyłączenie trzymacza elektrostatycznego arkusza papieru powoduje podniesienie pisaka, przesunięcie karetki i ramienia Y w prawe górne położenie na stalce roboczej, umożliwiając wymianę papieru. Zerowanie osi X lub Y następuje po podniesieniu się pisaka, odłącze-



Rys. 9.

niu sygnału wejściowego i zwarcia wejścia przedwzmacniacza. Po dojściu karetki do położenia zerowego pisak opuszcza się, umożliwiając kontrolę i regulację rejestratora.

Funkcje te oraz możliwość sterowania ich działaniem przyciskami w blokach sterujących lub zdalne przez łączówkę umieszczoną w dolnej części rejestratora, znacznie upraszczają obsługę rejestratora. Tor pomiarowy rejestratora zrealizowano jako układ o sprzężeniach bezpośrednich. Rozwiązanie to charakteryzujące się małą stałą czasu, umożliwiło osiągnięcie dużych szybkości ruchu pisaka i ramienia Y. Przez wprowadzenie w tor pomiarowy pierwszej i drugiej pochodnej sygnału sprzężenia uzyskano właściwe przy tym tłumienie ruchu karetki i ramienia Y.

W rejestratorze KL1 wprowadzono zasilanie układów elektronicznych przez przetwornice oraz układy oddzielenia galwanicznego wejściowych obwodów pomiarowych od wzmacniaczy mocy. Uzyskano przez to dobrą separację układów pomiarowych X i Y i znacznie zmniejszo wpływ zakłóceń równoległych na pracę rejestratora. Możliwe stało się również wpro-

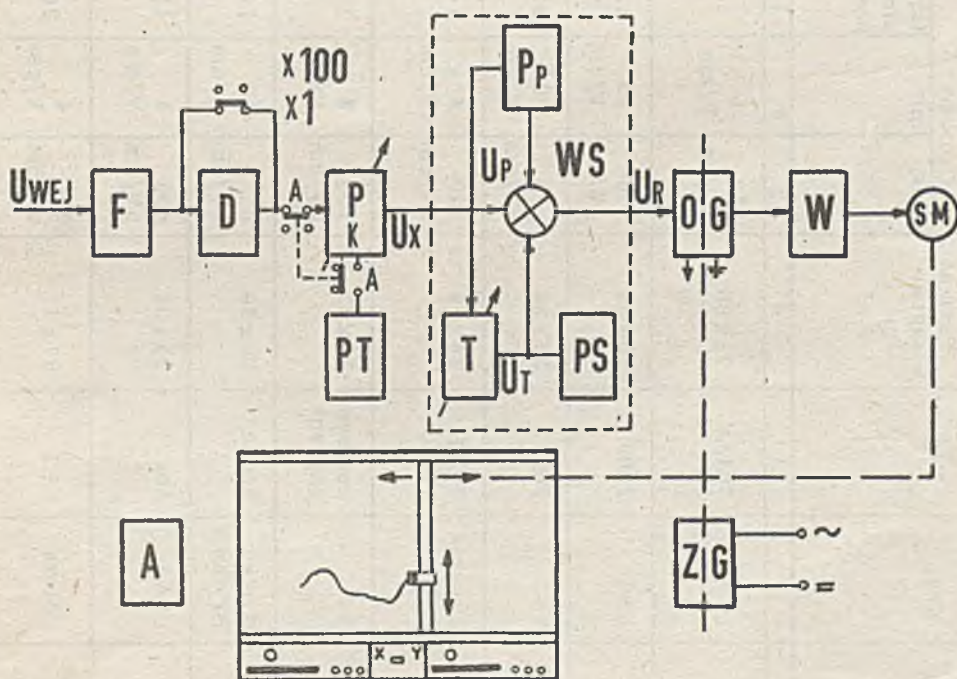
wadzenie, obok zasilania rejestratora napięciem przemiennym, zasilania napięciem stałym 24V, co znacznie rozszerza obszar jego zastosowań.

Schemat blokowy regulatora

Korzystając ze schematu blokowego układu elektronicznego /rys. 10/ opisano funkcje poszczególnych bloków rejestratora KL1.

- F - filtr wejściowy
- D - dzielnik wejściowy
- P - wzmacniacz
- WS - węzeł sumacyjny
- P_p - potencjometr pomiarowy
- PT - podstawa czasu
- T - układ tłumienia
- PS - przesuw skokowy osi
- OG - układ oddzielenia galwanicznego /modulacja-detekcja/
- ZG - układ zasilania głównego
- W - wzmacniacz mocy
- SM - silnik DC
- A - układ automatyki.

Mierzone napięcie U_{we} po przejściu przez układ filtru przeciwzakłóceniewego F wzmocnione jest przez przedwzmacniacz P o wzmocnieniu k , regulowanym skokowo w zależności od wymaganej czułości w osi X lub Y rejestratora /X/. Wzmocnione napięcie $U_x = k \cdot U_{we}$ porównywane jest ze wzorcowym napięciem U_p z potencjometru pomiarowego P_p i z napięciem U_T , z układu tłumienia T proporcjonalnym do szybkości zmian napięcia U_x . Napięcie U_r z węzła sumacyjnego WS po przejściu układu modulacji - detekcji OG i wzmocnieniu przez



Rys. 10.

Tabela 1

Firma	Kraj	Typ	Format zapisu /cm x cm/	Czułość			Oporność wejściowa	Klasa dokładności /%/	Szybkość zapisu /cm/S/		Trzymanie taśmy	Przewijacz taśmy	Podstawa czasu /s/cm/		
				max.	min.	Ilość stop. podz.			X	X			min.	max.	Ilość stopni podziału
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Hewlett-Packard	USA	7045A	25 x 38	250 uV/cm	5 V/cm	10	1 Mohm	+0,2	76	76	elektrostatyczne	-	0,25	50	6
Houston	USA	2000	25 x 38	50 uV/cm	25 V/cm	18	427 Mohm	+0,2	50	50	- " -	-	0,25	25	5
Honeywell	USA	560	25 x 38	5 uV/cm	20 V/cm	21	2 Mohm	+0,15	40	40	- " -	-	0,2	50	8
Sefram	Francja	TGM 164	28 x 38	40 uV/cm	4 V/cm	16	70 Mohm /do 40 mV/cm/	+0,2	75	150	taśmy magnetyczne	+	0,2	200	10
Siemens	RFN	kompensograph	28 x 37	100 uV/cm	3 V/cm	10	1 Mohm	+0,25	82	70	elektrostatyczne	+	0,1	200	11
Bryans	Wielka Brytania	26000	28 x 38	5 uV/cm	10 V/cm	20	1 Mohm	+0,1	88	125	pneumatyczne	+	0,05	50	9
Gould	USA	500	25 x 38	400 uV/cm	4 V/cm	13	5 Mohm	+0,25	100	100	elektrostatyczne	-	0,04	20	9
"Mera-Lumel"	Polska	KL1	27 x 37	40 uV/cm	4 V/cm	20	70 Mohm /do 40 mV/cm/	+0,2	100	100	- " -	-	0,1	100	10

wzmacniacz mocy W. steruje silnikiem prądu stałego SM, który sprzężony jest mechanicznie ze ślizgaczem potencjometru i ramieniem Y /dla osi X/ lub karetką z pisakiem /dla osi Y/. Ruch ślizgacza potencjometru trwa do chwili zrównoważenia napięcia U_p z napięciem $U_x = k \cdot U_{wej} / xx /$

Wejściowy blok sterujący /dla osi X lub Y/ może zawierać układ elektronicznej podstawy czasu PT. Włączenie przełącznika A powoduje odłączenie od przedwzmacniacza toru sygnałowego, a podłączenie na jego wejście układu podstawy czasu PT generuje liniowo narastające napięcie o stałym nachyleniu. Zmieniając wzmacnienie przedwzmacniacza zmieniamy prędkość przesuwu karetki z pisakiem lub ramienia Y.

Dane techniczne

W tabeli 1 zestawiono podstawowe parametry techniczne rejestratora typu KL1, w porównaniu z parametrami rejestratorów X-Y, reprezentujących znane i doświadczone w ich produkcji firmy światowe.

Obszary zastosowań rejestratora

Rejestratory X-Y/t znajdują zastosowanie między innymi jako:

- wyposażenie laboratoriów pomiarowych,
 - wyposażenie przemysłowych stanowisk kontroli jakości,
 - wyposażenie pracowni badawczych w różnych dziedzinach nauki.
- Stosuje się je zwłaszcza do:
- kreślenia charakterystyk elementów elektro-

nicznych /lampy, półprzewodniki.../ oraz układów elektronicznych /wzmacniacze, filtry.../

- kreślenie krzywych odkształceń w próbach wytrzymałościowych materiałów,
- zapisywanie analiz chromatograficznych,
- jako urządzenia wyjściowe maszyn analogowych.

Jako przykład zastosowania przedstawionego rejestratora KL1 można wskazać system pomiarów magnetycznych, gdzie rejestrator kreśli krzywe magnesowania B-II. Pomiar parametrów magnetycznych próbek wykonywany jest w cyklu półautomatycznym.

System ten został opracowany i wdrożony do produkcji w OBRE.

x/ Pomiar dla zakresów czułości przedwzmacniacza 0,04...40 mV/cm następuje bez dzielnika wejściowego D, a dla zakresów podstawowych x 100 z użyciem dzielnika wejściowego D. xx/ Układ przesuwu skokowego osi PS znajdującej się w węźle sumacyjnym WS umożliwia przesunięcie pisaka w osi X i Y o 25 cm, 50 cm lub 75 cm niezależnie od ustawionej wartości czułości rejestratora.

Literatura

- [1] Materiały informacyjne firm: Bryans /Wielka Brytania/, Sefram /Francja/, Hewlett-Packard /USA/, YEW /Japonia/, Siemens /RFN/.
- [2] Materiały informacyjne i założenia konstrukcyjne rejestratora typu KL1 - "Mera-Lumel".



mgr inż. BERNARD BARANOWSKI
LZAE „Mera - Lumel”

NOWA GENERACJA PRZETWORNIKÓW SERII P5

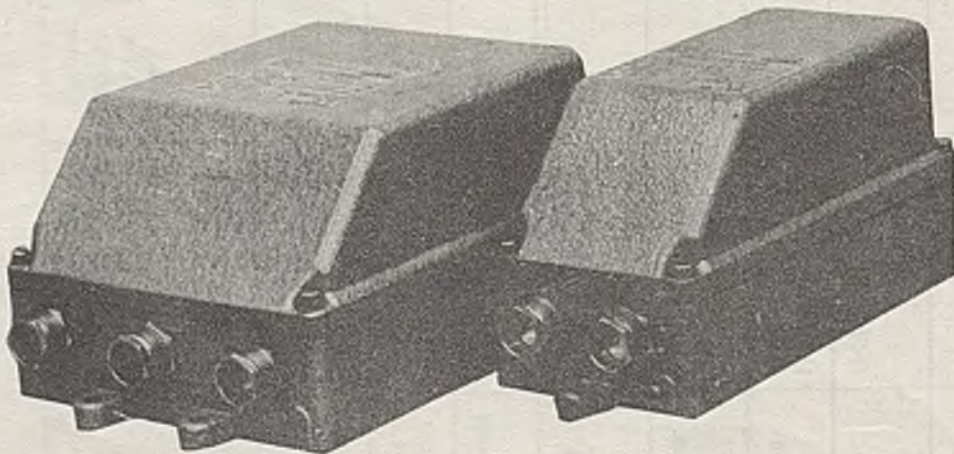
W Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Metrologii Elektrycznej "Mera-Lumel" produkowane są przetworniki pomiarowe różnorodnych wielkości elektrycznych i niektórych nieelektrycznych w ramach Uniwersalnego Systemu Pomiarów /USP/ [1]. Przetworniki te mogą współpracować z czujnikami i przetwornikami stosowanymi w Systemie Automatycznej Regulacji Procesów Przemysłowych /URS/.

Rozwój różnych dziedzin przemysłu wymaga stosowania coraz dokładniejszej aparatury kontrolno-pomiarowej, o lepszych właściwościach metrologicznych i eksploatacyjnych. Z tego też względu zachodzi konieczność modernizacji i unowocześnienia przetworników aktualnie produkowanych. W ramach prac rozwojowych opracowano nową generację przetworników pomiarowych serii P5. W nowych rozwiązaniach przetworników wykorzystano najnowsze zjawiska fizyczne, nowe zasady przetwarzania oraz zdobycze współczesnej elektroniki i elektrotechniki, konstrukcji i technologii. Nowe ukła-

dy charakteryzują się małą wrażliwością na zakłócenia przemysłowe oraz małym wpływem kształtu przebiegów mierzonych na niedokładność przetwarzania.

Przetworniki serii P5 przeznaczone są do pomiaru różnorodnych wielkości elektrycznych i niektórych nieelektrycznych występujących w przemyśle, z równoczesnym przetwarzaniem tych wielkości na zunifikowany sygnał stałoprądowy. Przetwarzanymi wielkościami elektrycznymi są:

- moc czynna w układach 1-fazowych i 3-fazowych
- moc bierna w układach 3-fazowych
- prąd przemienny sinusoidalny
- prąd przemienny niesinusoidalny /AC+DC/
- prąd stały
- napięcie przemiennie sinusoidalne
- napięcie przemiennie niesinusoidalne /AC+DC/
- napięcie stałe
- napięcie przemiennie niesinusoidalne /AC+DC/
- znamionowe



Fot. 1.

- częstotliwość sieciowa
- przesunięcie fazy między napięciem a prądem w układach 1-fazowych i trójfazowych

Natomiast przetwarzane wielkości nieelektryczne to:

- temperatura - współpraca z czujnikami termoporowymi - współpraca z termoelementami

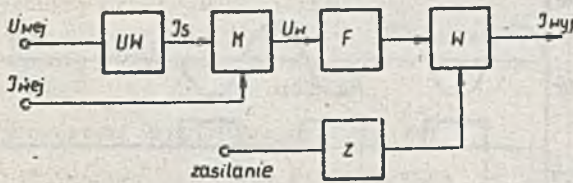
- przesunięcie kątowe lub liniowe - współpraca z czujnikiem potencjometrycznym

- obroty - współpraca z czujnikami n/f

Zgodnie z obowiązującą unifikacją sygnałów wyjściowych przetworników przyjęto, że sygnałem wyjściowym przekaźników będzie standardowy sygnał stałoprądowy o wartościach:

$0 \dots 5 \text{ mA}$; $0 \dots \pm 5 \text{ mA}$; $0 \dots 20 \text{ mA}$; $0 \dots \pm 20 \text{ mA}$; $4 \dots 20 \text{ mA}$. Przy czym maksymalny spadek napięcia na wyjściu nie może przekroczyć $10 \text{ V} / R_{o \max} = 2 \text{ k}\Omega$ dla $I_{\text{wyj}} = 5 \text{ mA}$:

$R_{a \max} = 500$ dla $I_{\text{wyj}} = 20 \text{ mA}$



Rys. 1.

Ogólny wygląd przetworników serii P5 ilustruje fot. 1.. Metalowa obudowa, otrzymywana metodą odlewania ciśnieniowego zapewnia przetwornikom dużą szczelność i wytrzymałość mechaniczną. Przewody doprowadzające wprowadzone są przez dławiki i połączone do listwy zaciskowej znajdującej się wewnątrz obudowy. Obudowa składa się z dwóch części: podstawy i pokrywy. Przewody doprowadzające przyłącza się do listwy zaciskowej po zdjęciu pokrywy. Układ elektroniczny przetwornika chroniony jest przed możliwością przypadkowych uszkodzeń przy montażu przetwornika na obiekcie dodatkową osłoną z przezroczystego tworzywa sztucznego.

Przetworniki P5 przystosowane są do pracy w warunkach przemysłowych w dowolnym położeniu. Szczelna obudowa, spełniająca wymaga-

nia IP54 wg PN-63/E-08106, umożliwia instalowanie przetworników w pomieszczeniach o-twartych zadaszonych. Warunki normalnej eksploatacji przetworników są następujące:

- temperatura otoczenia $-20^{\circ} \dots 20^{\circ} \text{C} \dots +55^{\circ}$

- temperatura otoczenia $-20^{\circ} \dots 20^{\circ} \text{C} \dots +55^{\circ} \text{C}$

- wilgotność względna otaczającego powietrza $30 \dots 80\%$
 95% przy 35°C

- wibracje
częstotliwość $0 \dots 60 \text{ Hz}$
przyspieszenie $0 \dots 10 \text{ m/s}^2$

- zewnętrzne pole magnetyczne $0 + 400 \text{ A/m}$

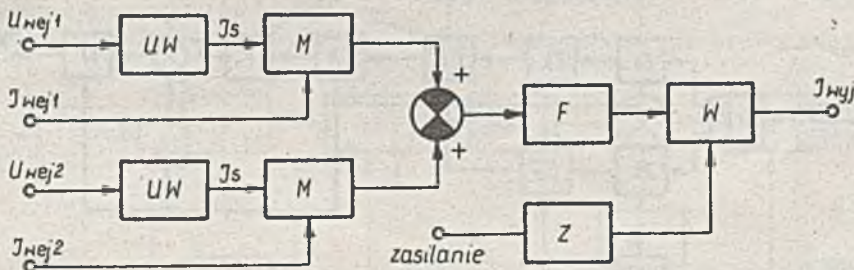
- napięcie zasilające $220 \text{ V} \begin{matrix} +10\% \\ -15\% \end{matrix}$

Przetworniki pomiarowe serii P5

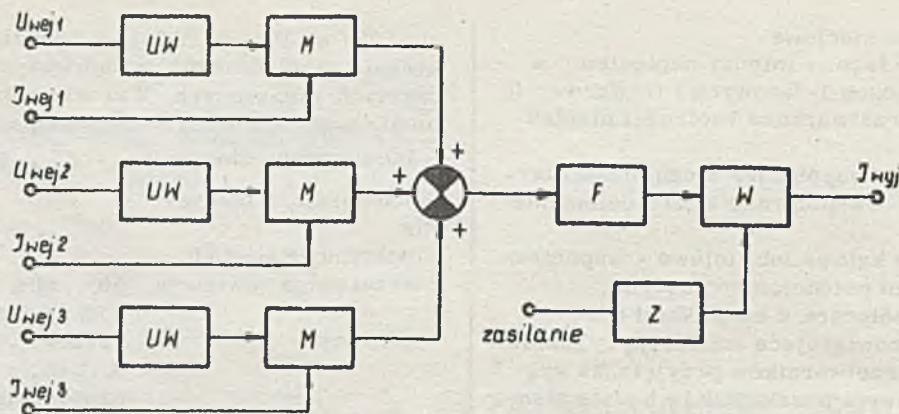
Przetworniki mocy PP5

Przetworniki typu PP5 przeznaczone są do ciągłego przetwarzania mocy czynnej prądu 1-fazowego i mocy czynnej i bierniej prądu 3-fazowego w sieciach 3 i 4-przewodowych. Schemat blokowy przetwornika mocy do sieci 1-fazowej przedstawiono na rys. 1.

Układ wejściowy /UW/ zawierający transformator, dopasowuje napięcie wejściowe do parametrów wejściowych mnożnika /M/ w taki sposób, że przez mnożnik płynie prąd sterujący I_s proporcjonalny do U_{wej} . Mnożnik wykonany jest z czterech cienkowarstwowych oporników z materiału ferromagnetycznego, stanowiących mostek. Ma on tę właściwość, że pod wpływem pola magnetycznego wytwarzanego przez prąd wejściowy I_{wej} , płynący przez odpowiednią cewkę, na jego przekątnej pojawia się sygnał napięciowy U_w . Napięcie U_w jest proporcjonalne do iloczynu wartości chwilowych napięcia U_{wej} i prądu I_{wej} . Konstrukcja mnożnika zapewnia oddzielenie galwaniczne I_{wej} od wyjścia i od drugiego wejścia. Sygnał wyjściowy mnożnika jest napięciem stałym, pulsującym. Po wygładzeniu przez filtr F napięcie to steruje wzmacniacz W. Wielkością wyjściową przetwornika jest prąd stały I_{wyj} ,



Rys. 2.



Rys. 3.

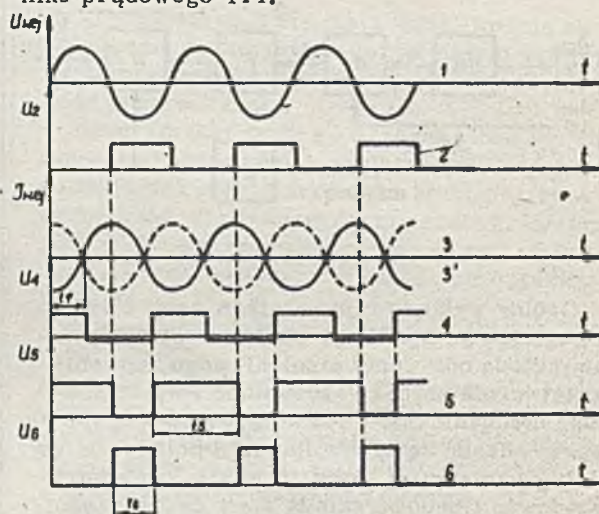
praktycznie niezależny od zmian oporu obciążenia. Schematy blokowe przetworników mocy do sieci 3-fazowej trójprzewodowej pokazano na rys. 2 a do sieci 3-fazowej 4 przewodowej na rys. 3. Podstawowe dane techniczne przetworników zawiera tabela 1.

Przebiegi te są oddzielone galwanicznie od sygnałów wejściowych: pierwszy za pomocą oddzielenia galwanicznego OG, zbudowanego na transoptorze, a drugi za pomocą przekładnika prądowego Tr1.

Przetworniki kąta przesunięcia fazowego typu PK5

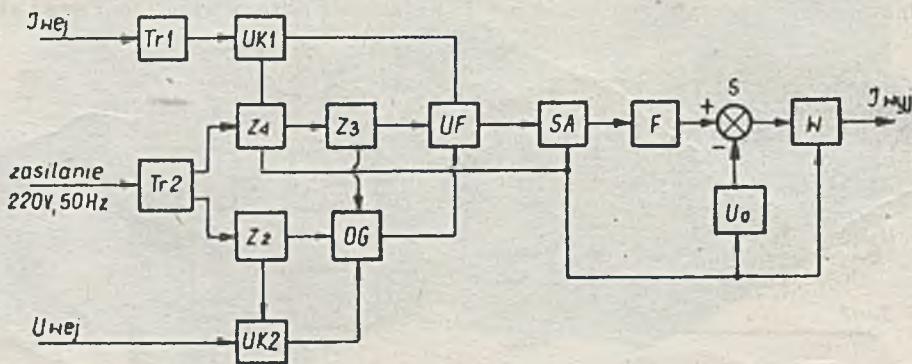
Przetworniki PK5 przeznaczone są do przetwarzania wartości kąta przesunięcia fazowego między napięciem a prądem w sieci jedno-fazowej lub trójfazowej prądu przemiennego. Warunkiem poprawnego pomiaru kąta przesunięcia fazowego w sieci trójfazowej jest symetria napięć i obciążeń.

Schemat blokowy układu przetwornika ilustruje rys. 4. W układzie zastosowano scalony obwód logiczny UCY 6474 / dwa przerzutniki typu D/, który w odpowiednim połączeniu pełni rolę układu fazoczułego UF. Przebiegi w ważniejszych węzłach układu przetwornika pokazano na rys. 5. Na układ fazoczuły UF podawane są dwa przebiegi okresowe o kształtach fali prostokątnej i odpowiednio zgodne z fazami napięcia i prądu wejściowego. Oba przebiegi pochodzą z układów kształtujących UK1 i UK2 sterowanych odpowiednio napięciem wejściowym U_{we} oraz prądem wejściowym I_{we} .



Rys. 5.

Z układu fazoczułego UF uzyskuje się przebieg prostokątny dodatni o częstotliwości sygnałów wejściowych i czasie trwania impulsów proporcjonalnym do kąta przesunięcia ψ , przy czym ψ jest kątem przesunięcia fazowego między napięciem a prądem wejściowym. Kąt ψ może



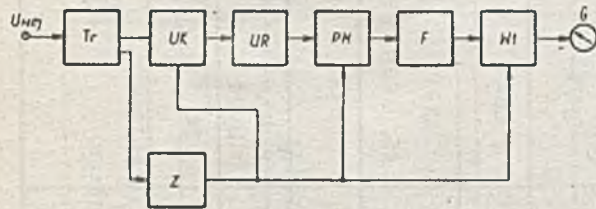
Rys. 4

przybierać wartości z pełnego przedziału 0...360°. Ze stabilizatora amplitudy SA wychodzi przebieg prostokątny o stabilizowanej amplitudzie i czasie trwania t_0 proporcjonalnym do kąta α . Filtr dolnoprzepustowy F uśrednia tak uzyskany przebieg, który dalej porównywany jest w sumatorze S z napięciem odniesienia U_0 . Napięciowy sygnał różnicowy z sumatora S zamieniany jest przez wzmacniacz końcowy W na standardowy sygnał stałoprądowy proporcjonalny do mierzonego kąta przesunięcia fazowego. Wartość tego prądu nie zależy od oporu obciążenia. Poszczególne bloki zasilane są napięciem sieciowym /220V, 50Hz lub 60 Hz/ za pośrednictwem transformatora Tr2 i zasilaczy Z1, Z2 i Z3.

Za pomocą omówionego układu można mierzyć kąt przesunięcia fazowego zarówno w sieci jednofazowej jak i trójfazowej. Przetworniki przeznaczone do sieci trójfazowych uwzględniają przesunięcie fazowe 90° pomiędzy napięciem fazowym i międzyprzewodowym a prąd wyjściowy przetwornika jest proporcjonalny do kąta między napięciem fazowym i prądem danej fazy. Podstawowe dane techniczne przetworników PK5 zawiera tabela 1.

Przetworniki częstotliwości sieciowej

• Przetworniki typu Pf 51 przeznaczone są do pomiaru częstotliwości w sieciach energetycznych prądu przemiennego w szerszym zakresie zmian częstotliwości /45...65 Hz/ max.; 47...53 Hz min./ . Prąd wyjściowy przetwornika



Rys. 6.

jest proporcjonalny do zmiany częstotliwości w zakresie od f_{min} do f_{max} . Podstawowym blokiem przetwornika jest przerzutnik monostabilny, o stabilizowanej amplitudzie i ściśle określonym czasie trwania impulsu wyjściowego. Schemat blokowy przetworników Pf51 przedstawiono na rys. 6.

Napięcie wejściowe o częstotliwości mierzonej podawane jest na transformator Tr. Otrzy-

mane napięcie wtórne transformatora Tr przekazane jest do zasilacza Z i układu kształtującego UK, na wyjściu którego pojawiają się impulsy prostokątne o częstotliwości równej częstotliwości mierzonej. Impulsy różniczkowane są przez układ UR w wyniku czego otrzymuje się impulsy szpilkowe. Impulsy te sterują przerzutnikiem monostabilnym PM/na wzmacniaczu operacyjnym/. Uśrednione napięcie z układu PM /przez blok filtra F/ jest proporcjonalne do zmiany częstotliwości mierzonej.

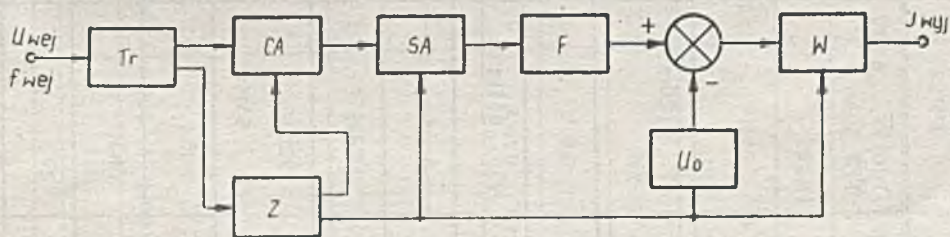
Wzmacniacz W1 pracuje w układzie przetwornika napięcia na prąd. Prąd wyjściowy przetwornika jest proporcjonalny do zmian częstotliwości napięcia wejściowego. Podstawowe dane techniczne przetwornika Pf51 zawiera tabela 1.

• Przetworniki typu Pf 52, przeznaczone są do pomiaru częstotliwości w sieciach energetycznych prądu przemiennego w wąskim zakresie zmian częstotliwości /48...52 lub 58...62 Hz max, 49,5...50,5 Hz lub 59,5...60,5 Hz min/. Prąd wyjściowy przetwornika jest proporcjonalny do zmiany częstotliwości w zakresie od f_{min} do f_{max} . Schemat blokowy przetwornika Pf52 przedstawiono na rys. 7.

Napięcie wejściowe o częstotliwości mierzonej podawane jest na transformator Tr. Otrzymane napięcie wtórne transformatora Tr przekazane jest do zasilacza Z i układu przetwornika CA zawierającego częstotliwość wejściową z zakresu f_{min} - f_{max} na falę prostokątną o współczynniku wypełnienia proporcjonalnym do zmiany częstotliwości w zakresie f_{min} - f_{max} .

Częstotliwości f_{min} odpowiada współczynnik wypełnienia 0...0,2, a częstotliwości f_{max} - 0,8...1. Fala prostokątna o zmiennym współczynniku wypełnienia podawana jest na stabilizator amplitudy SA: .

Ze stabilizatora amplitudy SA wychodzi przebieg prostokątny o stabilizowanej amplitudzie i o czasie trwania proporcjonalnym do mierzonej częstotliwości. Filtr dolnoprzepustowy F uśrednia tak uzyskany przebieg, który dalej porównywany jest w sumatorze S z napięciem odniesienia U_0 . Napięciowy sygnał różnicowy z sumatora S zamieniany jest przez wzmacniacz końcowy W na standardowy sygnał stałoprądowy proporcjonalny do zmiany częstotliwości w zakresie f_{min} - f_{max} . Podstawowe dane techniczne przetwornika Pf52 zawiera tabela 1.



Rys. 7.

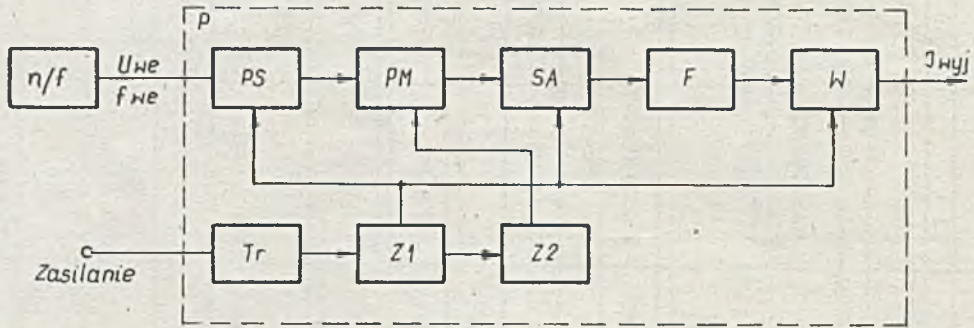
Tabela 1

1 fazowej	Mocy czynnej 3-fazowej		Mocy biernej 3-fazowej		Przesunięcia fazowego w sieci		Obrotów	Telemetryczny		22
	3-przewod.	4-przewod.	3-przewod.	4-przewod.	1 fazowej	3 fazowej		Nadawczy	Odbiorczy	
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
PPb1	PP53	PP54	PPb53	PPb54	PK51	PK53	P05	PTn5	PTo5	
100/√3... 660V 1, 2, 5 A	100/√3... 660V 1, 2, 5 A	100/√3... 660V 1, 2, 5 A	100/√3... 660V 1, 2, 5, A	100/√3... 660V 1, 2, 5 A	100/√3... 660V 1, 2, 5 A min. -30... 0...+30° max. 30... ...330°	100/√3... 660V 1, 2, 5 A min. -30... 0...+30° max. -60... 0...+60°	min. 50Hz max. 10kHz U _{wej.} min. =100mV	0... 5mA 0... 20mA 4... 20mA	5... 15 Hz	
0... 5/20mA	0... 5/20mA	0... 5/20mA	0... 5/20mA	0... 5/20mA	0... 5/20mA 4... 20mA	0... 5/20mA 4... 20mA	0... 5/20mA 4... 20mA	-	0... 5/20mA 4... 20mA	
10 V	10 V	10 V	10 V	10 V	10 V	10 V	10 V	10 V	10 V	
45... 65Hz	45... 65Hz	45... 65Hz	45... 65Hz	45... 65Hz	45... 65Hz	45... 65Hz	-	-	-	
0, 5%	0, 5%	0, 5%	0, 5%	0, 5%	0, 5%	0, 5%	0, 5%	0, 5%	0, 5%	
TAK	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK	
220V 45... 65Hz	220V 45... 65Hz	220V 45... 65Hz	220V 45... 65Hz	220V 45... 65Hz	220V 45... 65Hz	220V 45... 65Hz	220V 45... 65Hz	220V 45... 65Hz	220V 45... 65Hz	220V 45... 65Hz
IP54	IP54	IP54	IP54	IP54	IP54	IP54	IP54	IP54	IP54	
3kV	3kV	3kV	3kV	3kV	3kV	3kV	3kV	3kV	3kV	
A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	
							do współpr z czujnik. magnetycz. i tachometr.			

1 fazowej	Mocy czynnej		Mocy biernej		Przesunięcia fazowego		Obrotów	Telemetryczny		22
	3-przewod.	4-przewod.	3-przewod.	4-przewod.	w sieci 1 fazowej	w sieci 3 fazowej		Nadawczy	Odbiorczy	
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
PP51	PP53	PP54	PPb53	PPb54	PK51	PK53	P05	PTn5	PTo5	
100 $\sqrt{3}$... 660V 1, 2, 5 A	100 $\sqrt{3}$... 660V 1, 2, 5 A	100 $\sqrt{3}$... 660V 1, 2, 5 A	100 $\sqrt{3}$... 660V 1, 2, 5 A	100 $\sqrt{3}$... 660V 1, 2, 5 A	100 $\sqrt{3}$... 660V 1, 2, 5 A min. -30... 0...+30° max. 30... ... 330°	100 $\sqrt{3}$... 660V 1, 2, 5 A min. -30... 0...+30° max. -60... 0...+60°	min. 50Hz max. 10kHz U wej. min =100mV	0... 5mA 0... 20mA 4... 20mA	5... 15Hz	
0... 5/20mA	0... 5/20mA	0... 5/20mA	0... 5/20mA	0... 5/20mA	0... 5/20mA 4... 20mA	0... 5/20mA 4... 20mA	0... 5/20mA 4... 20mA	-	0... 5/20mA 4... 20mA	
10 V	10 V	10 V	10 V	10 V	10 V	10 V	10 V	10 V	10 V	
45... 65Hz	45... 65Hz	45... 65Hz	45... 65Hz	45... 65Hz	45... 65Hz	45... 65Hz	-	-	-	
0, 5%	0, 5%	0, 5%	0, 5%	0, 5%	0, 5%	0, 5%	0, 5%	0, 5%	0, 5%	
TAK	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK	
220V 45... 65Hz	220V 45... 65Hz	220V 45... 65Hz	220V 45... 65Hz	220V 45... 65Hz	220V 45... 65Hz	220V 45... 65Hz	220V 45... 65Hz	220V 45... 65Hz	220V 45... 65Hz	220V 45... 65Hz
IP54	IP54	IP54	IP54	IP54	IP54	IP54	IP54	IP54	IP54	
3kV	3kV	3kV	3kV	3kV	3kV	3kV	3kV	3kV	3kV	
A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	
							do współpr. z czujnik. magnetycz. i tachometr.			

Przetworniki obrotów typu P05

Przetworniki typu P05 przeznaczone są do ciągłego przetwarzania częstotliwości przebiegów przemiennych, okresowych. We współpracy z przetwornikiem magnetycznym lub prądniczką tachometryczną przetwornik P05 przetwarza prędkość obrotową. Schemat blokowy przetwornika typu P05 przedstawiono na rys. 8.



Rys. 8.

Impulsy o częstotliwości proporcjonalnej do obrotów mierzonych podawane są na przerzutnik Schmitta PS o dużej czułości ze względu na mały poziom napięć z przetworników magnetycznych przy niskich obrotach. Przerzutnik PS steruje przerzutnikiem monostabilnym PM, którego impulsy są stabilizowane przez stabilizator amplitudy SA. Uśrednione napięcie przez filtr dolnoprzepustowy F podawane jest na wzmacniacz wyjściowy W, którego prąd wyjściowy jest liniowo zależny od f_{we} . Podstawowe dane techniczne przetworników P05 zawiera tabela 1.

Przetworniki napięcia i prądu typu P5

• Przetworniki napięcia lub prądu stałego typu PU51, przeznaczone są do przetwarzania napięcia lub prądu stałego i mają oddzielony galwanicznie obwód wejściowy od obwodu wyjściowego. Schemat blokowy przetworników PU51, PI51 przedstawiono na rys. 9.

Napięcie lub prąd wejściowy podawane są na obwód wejściowy OW. Dla wykonania napięciowych jest to dzielnik napięcia, a dla wykonania prądowych boczniak. Spadek napięcia z dzielnika lub z boczniaka przetwarzany jest na sygnał prądowy we wzmacniaczu W1. W układzie od-

dzielenie galwaniczne obwodu wyjściowego od wejściowego zapewnia blok OG wykorzystujący własności cienkowarstwowych elementów magnetycznych /CEM/. Wzmacniacz wyjściowy W2 pracuje jako przetwornik napięcia na prąd. Układy elektroniczne przetwornika PU51, PI51 zasilane są z zasilacza Z mającego dwa osobne bloki zasilające obwód wejściowy i wyjściowy. Podstawowe dane techniczne przetworników zawiera tabela 1.

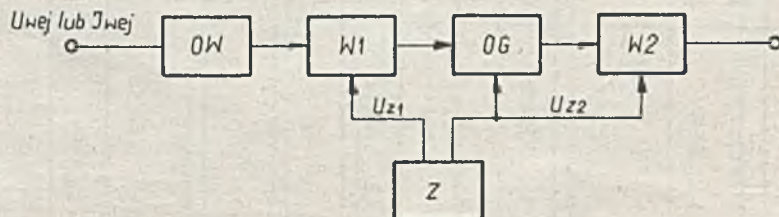
• Przetworniki napięcia lub prądu przemiennego typu PU53, PI53 przeznaczone są do przetwarzania napięcia lub prądu przemiennego zawierającego składową stałą /AC + DC/. Prąd wyjściowy przetwornika proporcjonalny jest do rzeczywistej wartości skutecznej zgodnie z definicją wartości skutecznej

$$U_{SK} = \frac{1}{T} \sqrt{\int_0^T U_{we}^2 dt}$$

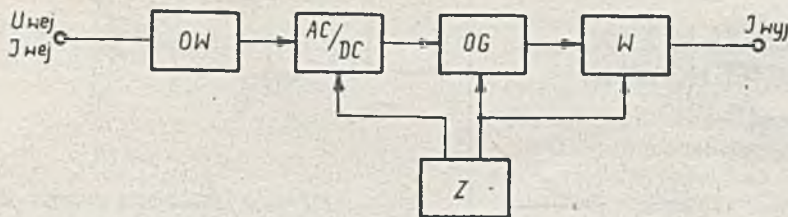
Schemat blokowy przetworników typu PU53, PI53 przedstawiono na rys. 10.

Układ przetworników typu PU53, PI53 w stosunku do układu przetworników PU51, PI51 zawiera dodatkowy blok konwertera rzeczywistej wartości skutecznej AC/DC. Podstawowymi blokami konwertera są wzmacniacze logarytmujące i delogarytmujące. Przetworniki mają oddzielenie galwaniczne obwodu wyjściowego od obwodu wejściowego. Podstawowe dane techniczne przetworników zawiera tabela 1.

• Przetworniki napięcia lub prądu przemiennego typu PU52, PI52 przeznaczone są do przetwarzania napięcia lub prądu przemiennego zawierającego składową stałą /AC+DC/.



Rys. 9



Rys. 10.

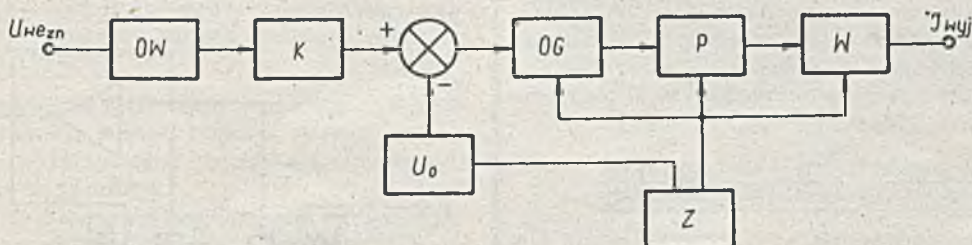
Prąd wyjściowy przetwornika proporcjonalny jest do wartości średniej przebiegu wejściowego wyprostowanego dwupołkowo, a przetwornik wzorcowany jest w wartościach skutecznych przebiegu sinusoidalnego. Schemat blokowy przetworników typu PU52, P152 przedstawiono na rys. 10. Przetwornik AC/DC stanowi prostownik dwupołkowy. Podstawowe dane techniczne przetwornika zawiera tabela 1.

Przetworniki napięcia nominalnego PUn5 przeznaczone są do przetwarzania napięcia przemiennego o zakresie znamionowym zawierającego składową stałą /AC + DC/.

ciowy 5...15 Hz na sygnał stałoprądowy. Zasada pracy przetworników podobna jest do przetworników telemetrycznych serii P1 [2], a w układach elektronicznych zastosowano najnowsze elementy elektroniczne. Podstawowe dane techniczne przetworników typu PTn5, PTo5 zawiera tabela 1.

Perspektywy rozwojowe

Omówione przetworniki są wdrażane aktualnie do produkcji w LZAE "Mera-Lumel". W najbliższym czasie wprowadzone będą przetworniki temperatury typu PTR i PTE do współpracy z czujnikami oporowymi i termoelementami [3]. Układy przetworników będą miały



Rys. 11.

Prąd wyjściowy przetwornika proporcjonalny jest do rzeczywistej wartości skutecznej /zgodnie z definicją wartości skutecznej/ z zakresu wartości przetwarzanego napięcia znamionowego. Schemat blokowy przetwornika typu PUn5 przedstawiono na rys. 11.

Podstawowymi blokami przetwornika są:

- kwadrator K wykorzystujący własności cienkowarstwowego elementu magnetycznego CEM,
- oddzielenie galwaniczne OG z zastosowaniem CEM

- blok pierwiastkujący P z metodą aproksymacji dla prądu stałego

Podstawowe dane techniczne przetwornika zawiera tabela 1.

Przetworniki telemetryczne

Zestaw przetworników telemetrycznych składa się z przetwornika telemetrycznego nadawczego typu PTn5 i przetwornika telemetrycznego odbiorczego typu PTo5.

Przetwornik typu PTn5 przetwarza zunifikowany sygnał stałoprądowy na częstotliwość z zakresu 5...15 Hz. Przetwornik typu PTo5 przetwarza zunifikowany sygnał częstotliwości

linearyzację charakterystyk czujników, a prąd wyjściowy proporcjonalny będzie do temperatury obiektu. Ponadto grupa przetworników wielkości elektrycznych zostanie uzupełniona o przetworniki mocy i współczynnika mocy $\cos \varphi = \frac{P}{S}$ dla przebiegów silnie odkształconych.

Rozwój różnego typu systemów pomiarowych zakłada określone wymagania odnośnie unifikacji konstrukcji mechanicznej. Z tego też względu przetworniki serii P5 będą w przyszłości wykonywane w wersji panelowej.

L i t e r a t u r a

[1] B. Baranowski - "Systemy pomiarowe wdrażane do produkcji w LZAE "Mera-Lumel" Biuletyn "Mera" nr 6/180/1975 r.

[2] Dokumentacja przetworników telemetrycznych PTn, PTo - P1.

[3] B. Nykiel, G. Radzikowska - Założenia konstrukcyjne "Przetworniki temperatury typu PTR5, PTE5" OBRE ME 1978 r.

POMIAR RZECZYWISTEJ WARTOŚCI SKUTECZNEJ W MIERNIKU NZ1

W wielu zastosowaniach istotny jest pomiar rzeczywistej wartości skutecznej napięcia, rośnie bowiem ilość stosowanych w przemyśle elementów nieliniowych, głównie tyrystorów. Elementy nieliniowe poważnie zniekształcają przebiegi sinusoidalne i powodują trudności w ocenie wartości skutecznej napięcia na podstawie pomiaru wartości średniej. Oznacza to, że pomiar przebiegów odkształconych przy użyciu mierników wartości średniej wyskalowanych w wartości skutecznej obarczony jest błędem dodatkowym. W artykule, na tle różnych metod przetwarzania przedstawiono dokładniej metodę logarytmowania i delogarytmowania napięcia zmiennego, zastosowaną w mierniku rzeczywistej wartości skutecznej typu NZ1 produkowanym w Zakładach "Mera-Lumel"

Przegląd znanych metod pomiaru rzeczywistej wartości skutecznej

Rzeczywistą wartość skuteczną definiuje się wg poniższego wzoru

$$V_{sk} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V_{we}^2(t) dt} = \sqrt{V_{we}^2}$$

T - okres przebiegu

V_{we} - wartość chwilowa

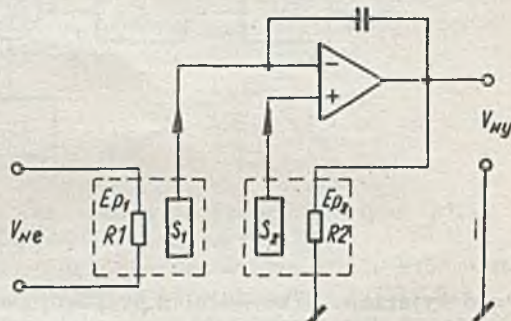
Znane są cyfrowe i analogowe metody pomiaru rzeczywistej wartości skutecznej. W metodach cyfrowych dokonuje się próbkowania przebiegu, przetwarza się na postać cyfrową i przeprowadza się operacje arytmetyczne, aby w efekcie otrzymać liczbę odpowiadającą rzeczywistej wartości skutecznej.

Metody cyfrowe wymagają złożonych układów próbkujących i przeliczających. Zostały one pominięte w artykule bowiem w miernikach tablicowych stosuje się głównie prostsze metody analogowe. Większość obecnie produkowanych przetworników wartości skutecznej można podzielić na dwie grupy. Pierwsza grupa to przetworniki termiczne wykorzystujące ciepłe efekty przepływu prądu. Drugą grupę stanowią

przetworniki, które wykonują wszystkie operacje matematyczne związane z definicją wartości skutecznej, za pomocą elektronicznych układów analogowych /tego typu przetworniki nazwane zostały dalej przetwornikami operacyjnymi/.

Przetworniki termiczne

Większość przetworników termicznych pracuje na zasadzie kompensacji. Rys. 1. ilustruje podstawowy układ takiego przetwornika. Układ ten zawiera dwa identyczne elementy przetwornikowe, z których jeden reaguje na

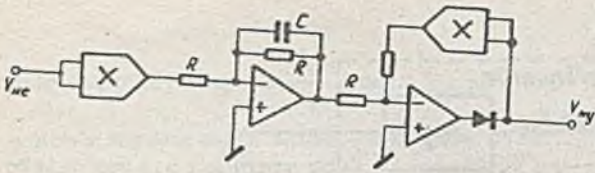


Rys. 1. E_{p1} , E_{p2} - elementy przetwornikowe, R_1 , R_2 - oporniki grzejne o bardzo małym współczynniku temperaturowym, S_1 , S_2 - czujniki

wartość skuteczną sygnału wejściowego a drugi na wyjściowe napięcie stałe. Przy założeniu, że sygnały z czujnika są proporcjonalne do sygnałów na nie oddziałujących i wzmacnienie wzmacniacza jest odpowiednio duże można napisać że:

$$V_{wy} = V_{we} \cdot sk$$

Głównym źródłem błędów przetworników kompensacyjnych są nieidealność i nieidentyczność charakterystyk kwadratorów oraz skończone wzmacnienie wzmacniacza błędów. Czujnikami są termooporniki, termopary oraz tranzystory. W ostatnich latach zauważa się



Rys. 2.

tendencję do zaniku produkcji tego typu przetworników, prawdopodobnie z przyczyn technologicznych.

Przetworniki operacyjne

Przetworniki operacyjne to liczna grupa układów, które wykonują wszystkie operacje matematyczne związane z definicją wartości skutecznej, wykorzystując do tego celu elektroniczne układy analogowe. Poniżej przedstawiono cztery podstawowe metody realizacji operacyjnych przetworników wartości skutecznej napięcia.

Przetwornik operacyjny bezpośredni /rys. 2/

Zgodnie z definicją $V_{wy} = V_{skuteczne}$

W układzie na rys. 2 wykorzystano scalone mnożniki analogowe. W układzie tego typu uzyskuje się uchyby rzędu 0,1% ± 2mV przy zakresach napięć wejściowych od 10mV do 10V. Do zakresu 10mV konieczne są precyzyjne, drogie elementy.

Kombinowany przetwornik operacyjny wykorzystujący mnożenie sumy i różnicy dwóch wielkości /rys. 3/.

Układ zawiera dwa węzły sumacyjne, w których tworzy się sumę i różnicę sygnału wejściowego i wyjściowego. Napięcia z węzłów podawane są na mnożnik.

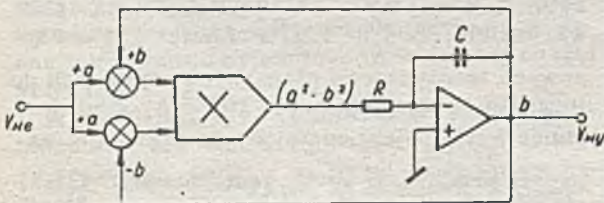
Dzięki działaniu podwójnej pętli sprzężenia napięcie na wyjściu mnożnika równe $a^2 - b^2$ dąży do zera, a wartość sygnału b na wyjściu integratora ustala się na poziomie:

$$b = \sqrt{a^2}$$

Układ powyższy wymaga tylko jednego mnożnika analogowego. Jest to zaleta w stosunku do poprzedniego układu.

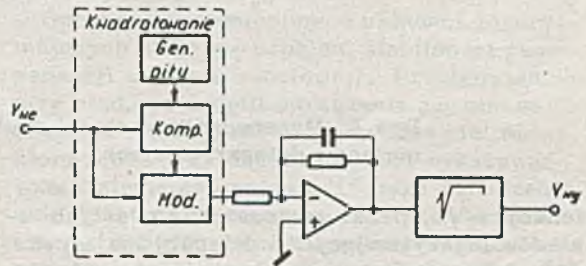
Przetwornik wartości skutecznej z modulacją amplitudowo-czasową /TDM/

Struktura przetwornika TDM zbliżona jest do układu przetwornika operacyjnego bezpośredniego. Różnice występują w sposobie przeprowadzenia operacji kwadratowania.



Rys. 3.

Modulacja współczynnika wypełnienia dokonywana jest na komparatorze poprzez porównanie sygnału wejściowego z przebiegiem пилоkształtnym /gdy $U_{we} = 0$, współczynnik wypełnienia 0,5/. Następnie sygnał z komparatora zostaje zmodulowany amplitudowo. Na wyjściu filtra uśredniającego sygnał równy jest średniej wartości kwadratowej napięcia wejściowego. Oddzielnym zagadnieniem jest pierwiastkowanie. Przetworniki TDM mimo dosyć dużej dokładności charakteryzują się dosyć wąskim pasmem częstotliwości pracy /max. 800 - 1000 Hz/.



Rys. 4.

Przetwornik wykorzystujący funkcję a^2/b

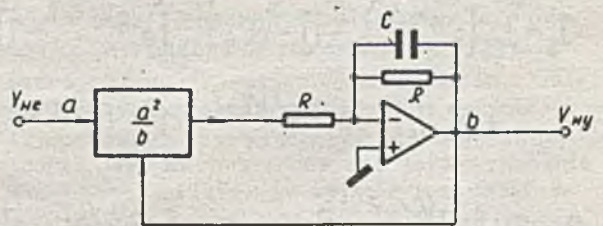
Za pomocą funkora a^2/b w układzie z rys. 5 wykonywana jest operacja kwadratowania i pierwiastkowania.

Podając na wejście układu uśredniającego sygnał o wartości a^2/b gdzie b jest sygnałem wyjściowym tegoż układu otrzymujemy:

$$b = \left(\frac{a^2}{b} \right)$$

ponieważ $b = \text{const.}$ /przy odpowiednio dobranym c / to:

$$b^2 = a^2 \quad \text{a więc} \quad b = \sqrt{a^2}$$

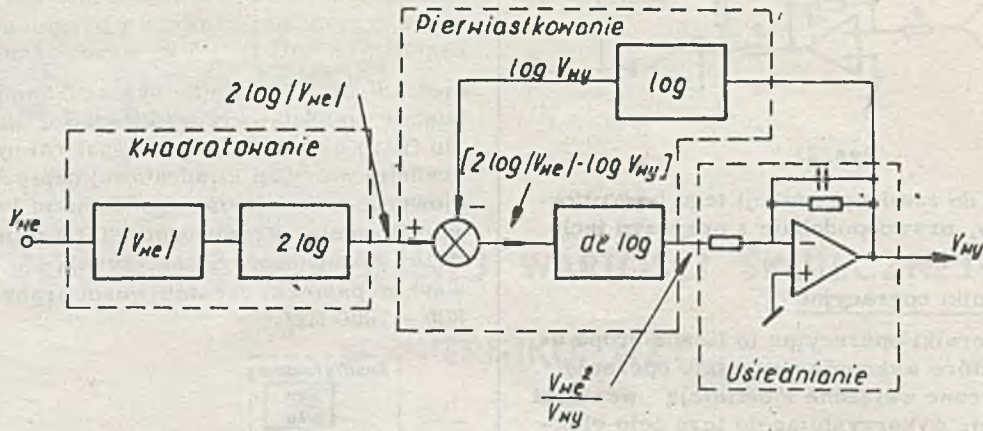


Rys. 5.

Układ powyższy można zbudować używając dwa układy mnożnika /dzielnika/ lub jeden sca-

lony funkcor $\frac{a^2}{b}$ plus człon uśredniający [6.]

Większość opisanych uprzednio przetworników operacyjnych wymaga stosowania minimum jednego mnożnika analogowego. Fakt ten wpływa w istotny sposób na cenę całego przetwornika, ponieważ układy mnożące są na ogół dosyć skomplikowane i drogie. Problem ten traci na znaczeniu w przetworniku wykorzystującym



Rys. 6. Przetwornik wartości skutecznej wykorzystujący układy logarytmujące i delogarytmujące

funkcję a^2/b , przez zastosowanie prostych układów logarytmujących i delogarytmujących [2]. Schemat blokowy takiego rozwiązania ilustruje rys. 6. Idea układu z rys. 6 opiera się na następującym przekształceniu matematycznym:

$$\frac{a^2}{b} = e^{2 \ln a - \ln b} \text{ pod warunkiem że } a \gg 0 \text{ i } b \gg 0$$

Sygnal wejściowy przetwornika /a/ jest z reguły przemienny, z tego względu aby zachować warunek $a \gg 0$ i umożliwić logarytmowanie, należy uprzednio wyznaczyć wartość bezwzględną tego sygnału.

Wzmacniacze logarytmujące

Podstawą do rozważań analogowych układów logarytmujących są zmodyfikowane równania Ebersa - Molla opisujące własności tranzystora z uziemioną bazą:

$$J_E = J_{ES} [e^{qV_E/kT} - 1] - \alpha_J J_{CS} [e^{qV_C/kT} - 1] + \sum J_{ESi} [e^{qV_E/kT_{mi}} - 1] \quad (1)$$

$$J_C = J_{CS} [e^{qV_C/kT} - 1] - \alpha_N J_{ES} [e^{qV_E/kT} - 1] + \sum J_{CSj} [e^{qV_C/kT_{mj}} - 1] \quad (2)$$

gdzie:

- J_{ES} - wsteczny prąd nasycenia emitera
- J_{CS} - wsteczny prąd nasycenia kolektora
- α_J - wzmocnienie prądowe inwersyjne
- α_N - wzmocnienie prądowe normalne

Trzeci człon prawej strony obu równań opisuje wpływ powierzchniowych prądów upływu oraz ładunku przestrzennego, od których głów-

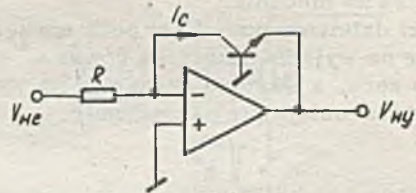
nie zależą prądy nośników większościowych w obszarze bazy, niedocierające do obszaru kolektora.

Jeżeli $V_C = 0$ oraz $V_E \gg 100 \text{ mV}$ równanie /2/ w przybliżeniu przyjmuje postać:

$$I_C = -\alpha_N I_{ES} [e^{qV_E/kT}] \quad /3/$$

a po przekształceniu $-V_E = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{J_C}{\alpha_N I_{ES}} \right)^{1/4}$

Zależność tą wykorzystuje się w podstawowym układzie wzmacniacza logarytmującego przedstawionego na rys. 7.



Rys. 7. Wzmacniacz logarytmujący

W układzie tym dzięki działaniu sprzężenia zwrotnego wzmacniacz utrzymuje prąd kolektora różny V_{we}/R dlatego też $V_{wy} = V_E$ musi spełniać równanie /4/. Prosta zależność logarytmiczna między I_C i V jest spełniona pod warunkiem, że $I_C \gg I_{ES}$. Ponieważ I_{ES} dla typowych tranzystorów planarnych używanych do logarytmowania jest rzędu 10^{-12} A , stąd warunek $I_C \gg I_{ES}$ jest spełniony w szerokim zakresie prądów. W α_N jest bardzo bliski jedności i zasadniczo stały dla zakresu prądów, w którym ważne jest równanie /4/; α_N nie należy mylić ze wzmocnieniem prądowym w ukła-

dzie wspólnej bazy $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$, gdyż I_E zawiera w sobie niezbieralne składowe prądów bazy. α jest zawsze mniejsze od α_N i zależy od napięcia emitera. Jeśli zewrzeć kolektor i bazę tranzystora tworzy się nowy układ wzmacniacza logarytmującego.

Równanie opisujące ten układ wynika z /1/. Ponieważ w układzie tym $U_{we}/R = I_E$. Pierwszy człon równania /1/ jest prawie równy prądowi kolektora, drugi równy 0 bo $V_{CB} = 0$, a trzeci przedstawia prądy bazy. W związku z tym równanie /1/ dla tego układu można zapisać w postaci:

$$\frac{U_{we}}{R} = I_E = \alpha_N I_{ES} \left[e^{qV_E/kT} - 1 \right] \left[1 + \frac{1}{h_{FE}} \right] \quad /5/$$

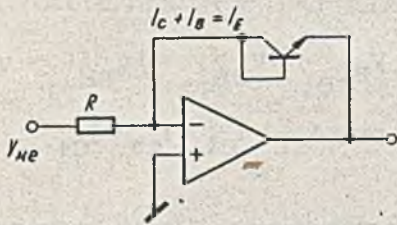
gdyz:

$$I_E = I_C \left[1 + \frac{1}{h_{FE}} \right] = I_C \cdot \frac{1}{\alpha} \quad /6/$$

z /5/ otrzymujemy:

$$V_E = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{I_E}{I_{ES}} \right) + \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{\alpha}{\alpha_N} \right) \quad /7/$$

Typowa wartość błędu dla $h_{FE} = 100$ jest niezależne od I_E i wynosi $\sim 0,26$ mV. Oczywiście jest, że tranzystor w układzie z rys. 8 powinien mieć jak największe h_{FE} i utrzymywać je w szerokim zakresie zmian I_E . Istnieją jeszcze źródła błędów wynikające z temperaturowych zmian I_{ES} oraz proporcjonalności wy-



Rys. 8. Układ logarytmujący z diodowo włączonym tranzystorem

rażenia kT/q od temperatury. W normalnych układach logarytmujących błędy te są niedopuszczalne, gdyż wynoszą $\sim 8\%/^{\circ}C$, ale w układzie przetwornika wartości skutecznej nie są one tak istotne /wyjaśniono to w dalszej części artykułu/.

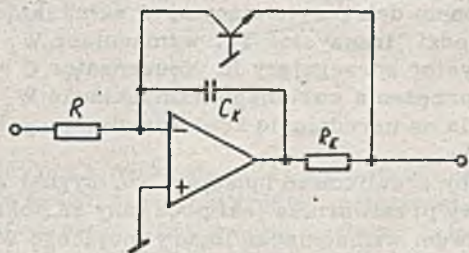
W układzie z rys. 7 istotnym źródłem błędów może stać się napięcie niezrównoważenia, które powoduje, że $V_C \neq 0$. Największy wpływ napięcia niezrównoważenia uwidoczni się wtedy, gdy będzie ono polaryzować złącze C-B w kierunku przewodzenia. Poza tym napięcie niezrównoważenia i prąd polaryzacji powodują w

odniesieniu do sygnału wejściowego podobne błędy jak w klasycznym układzie wzmacniacza. Poza wymienionymi tu błędami istnieje jeszcze jedno ograniczenie wynikające ze skończonej rezystancji resztkowej tranzystora, które nie zostało uwzględnione w równaniach /1/ i /2/. Przy dużych prądach spadek napięcia na tej rezystancji powoduje znaczny błąd i praktycznie ogranicza zakres maksymalnych prądów I_C do $1 \div 10$ mA w zależności od rodzaju użytych tranzystorów. Najszersze zakresy przetwarzania uzyskiwane są przy użyciu tranzystorów epitaksjalno-planarnych.

Osobnym zagadnieniem w układach logarytmujących staje się problem stabilności /kompensacji częstotliwościowej/. Problem ten wynika stąd, że w pętli sprzężenia zwrotnego znajduje się element aktywny oraz nieliniowy, który może przy dużych prądach wykazywać wzmocnienie napięciowe. Dlatego wzbudzenie całego układu może nastąpić przy częstotliwościach, dla których wzmocnienie wzmacniacza operacyjnego jest znacznie mniejsze od jedności. Ponadto fakt, że wzmocnienie zależy od sygnału wejściowego może zmusić do kompromisu między stabilnością przy dużych poziomach sygnału a szerokością pasma przy małych. Rzeczywista admittance sprzężenia zwrotnego dla małych zmian napięcia emitera wynosi:

$$\frac{1}{r_E} = \frac{dI_C}{dV_E} = \frac{q}{kT} I_C \approx \frac{I_C}{0,026} \quad /8/$$

Zakres zmian r_E jest bardzo duży /od kilkudziesięciu Ω do kilkudziesięciu $M\Omega$ dlatego niecelowa jest klasyczna stabilizacja układu za pomocą kondensatora w sprzężeniu zwrotnym. Powoduje ona bowiem duże ograniczenie pasma przenoszenia dla małych sygnałów / r_E jest wtedy duże/. Prostim rozwiązaniem tego problemu jest włączenie rezystora R_E /rys. 9/ szeregowo między wyjście wzmacniacza i emiter tranzystora logarytmującego. Kondensator kompensujący jest włączony konwencjonalnie, jednak jego wartość może być teraz znacznie zredukowana i mimo że wyjście jest nadal w tym samym miejscu układ będzie miał znacznie szybszą odpowiedź. Wartość rezystora R_E



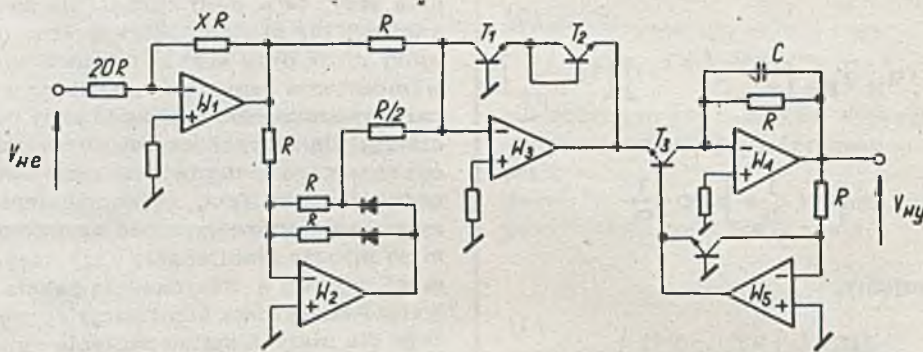
Rys. 9. Sposób włączenia elementów korekcyjnych

powinna być jak największa, żeby zmniejszyć różnicę stałych czasowych dla sygnałów małych i dużych. Jest ona jednak ograniczona maksymalnym prądem jaki musi przepływać przez R_E .

Opis powyższy ma na celu jedynie zasygnalizowanie problemów, które należy rozwiązać przy projektowaniu układów logarytmujących.

Przetwornik zastosowany w mierniku NZ1

Przetwornik zastosowany w mierniku NZ1 jest praktyczną realizacją idei przedstawionej na rys. 6. Uproszczony schemat ideowy tego przetwornika pokazano na rys. 10. Pominięto



Rys. 10. Uproszczony schemat ideowy przetwornika wartości skutecznej zastosowanego w mierniku NZ1

w nim elementy regulacyjne oraz elementy korygujące charakterystykę częstotliwościową poszczególnych członów. Wzmacniacz W_1 jest członem separującym mającym na celu zwiększenie rezystancji wejściowej. Przez zmianę rezystancji sprzężenia zwrotnego XR uzyskuje się odpowiedni zakres pomiarowy. Wartość bezwzględna sygnału wejściowego tworzona jest przez sumowanie sygnałów z wyjścia wzmacniacza W_1 oraz prostownika operacyjnego zbudowanego przy użyciu wzmacniacza W_2 . Kwadratowanie wartości bezwzględnej sygnału wejściowego następuje w obwodzie sprzężenia zwrotnego wzmacniacza W_3 . Tranzystory T_1 i T_2 wymuszają napięcie wyjściowe wzmacniacza W_3 proporcjonalne do logarytmu z kwadratu sygnału wejściowego. Napięcie to steruje członem delogarytmującym, w skład którego wchodzi tranzystor T_3 , wzmacniacz W_4 oraz rezystor sprzęgający R . Kondensator C w pętli sprzężenia zwrotnego wzmacniacza W_4 pozwala na uśrednienie zdelogarytmowanych sygnałów.

Aby zrealizować funkcję $a^{2/b}$, sygnał wyjściowy przetwornika jest podawany za pośrednictwem wzmacniacza logarytmującego W_5 na bazę tranzystora delogarytmującego T_3 . Dzięki temu napięcie sterujące tranzystorem T_3 równe różnicy napięć wyjściowych wzmacniacza W_4 jest równe:

$$V_{wy} = \frac{i_c R}{C} = \frac{\exp(2 \ln V_{we} - \ln V_{wy})}{C}$$

$$= \exp\left(\ln \frac{V_{we}^2 e}{V_{wy}}\right) = \left(\frac{V_{we}^2 e}{V_{wy}}\right) = \sqrt{V_{we}^2 e}$$

Jak już wspomniano uprzednio, na układy logarytmujące bardzo silnie oddziałuje temperatura otoczenia. W przetworniku /rys. 10/ wpływ temperatury można zmniejszyć pod warunkiem, że parametry tranzystorów $T_1 \rightarrow T_4$ będą zbliżone i tranzystory będą zachowywały jednako-

wą temperaturę /nie musi to być temperatura stała/. Istotne jest również, aby wyrażenie określające rozbieżność charakterystyk tych tranzystorów:

$$V_{OST} = V_{BE_{T1}} + V_{BE_{T2}} - V_{BE_{T3}} + V_{BE_{T4}}$$

$$\text{przy } I_{C1} = I_{C2} = I_{C3} = I_{C4}$$

było jak najmniejsze. $V_{OST} = 1mV$ powoduje błąd przetwarzania równy $\sim 1,6\%$ V_{we} . W celu spełnienia powyższych warunków najlepiej jest stosować tranzystory $T_1 + T_4$ w postaci monolitycznego układu scalonego. Zredukowane zostają wtedy do minimum kłopoty z zachowaniem jednakowej temperatury wszystkich tranzystorów. Poza tym tranzystory te powstając w trakcie jednego procesu technologicznego przeważnie mają bardzo małe rozrzuty parametrów, a technologia wytwarzania monolitycznych układów scalonych odpowiada z reguły wymaganiom stawianym przez układy logarytmujące. Dokładna selekcja niektórych elementów układu przetwornika pozwala na znaczne obniżenie błędów przetwarzania.

W perspektywie czasu istnieje możliwość rozwoju tej koncepcji przetwarzania poprzez hybrydyzację całego układu. Poza tym są już produkowane dwa całkowicie monolityczne przetworniki wartości skutecznej pracujące na tej samej zasadzie działania.

Podstawowe parametry techniczne miernika NZ1

Miernik NZ1 przeznaczony jest głównie do pomiarów w obwodach energetycznych oraz napięć o częstotliwości akustycznej.

- błąd podstawowy: $\pm 0,5\%$ -1 jednostka
 $\pm 1\%$ -1 dla zakresów
 600V, 1A
- zakresy pomiarowe: 199,9mV; 1,999V; 19,99V;
 199,9V; 600V; 199,9μA;
 1,999mA; 19,99mA;
 199,9mA; 1A
- rozdzielczość: 0,05% zakresu
 dla zakresu 600V - 0,17% zakresu
 dla zakresu 1A - 0,1% zakresu
- częstotliwość napięcia: 0,25 - 30 - 3000 -
 10000 Hz lub prądu wejściowego
- impedancja wejściowa: zakresy napięciowe

- 1MΩ || 20pF
 dla zakresu 199,9mV - 100 kΩ || 10pF
- zakresy prądowe - spadek napięcia 200mV
- zasilanie: ~ 220V, 50 Hz

Literatura:

- [1] Program rozwoju mierników cyfrowych w LZAE, Materiały z posiedzenia Rady Naukowej OBR ME, 1974 r.
- [2] Konwerter wartości skutecznej, praca Instytutu Elektrotechniki", Warszawa, 1976 r.
- [3] Przetworniki termooporowe w układach o zamkniętej pętli przetwarzania, OBR ME, 1976 r.
- [4] Wyniki badań serii próbnej termooporowych elementów przetwarzających, OBR ME, 1976 r.
- [5] Nonlinear circuits handbook, Analog Devices 76
- [6] Noty aplikacyjne /Analog Devices, Burr-Brown/.

inż. WOJCIECH PIERZGALSKI
 LZAE „Mera - Lumel”

MIERNIKI CYFROWE DO POMIARU MOCY W SIECIACH PRZEMYSŁOWYCH

Pomiary mocy w sieciach przemysłowych

Moc jest jedną z niewielu wielkości elektrycznych, którą można zmierzyć w całym paśmie częstotliwości stosowanych w nauce i technice. Metody pomiaru mocy wynikają z definicji tej wielkości i przy konstruowaniu mierników mocy czynnej i biernej /watomierzy i watomierzy/, wykorzystuje się zjawiska towarzyszące przepływowi mocy.

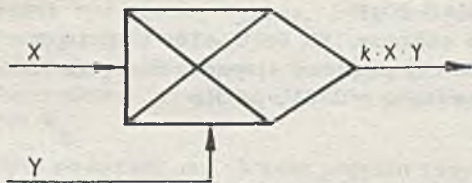
W układzie złożonym z podzespołów, których końcówki można wyróżnić, chwilową wartość mocy /p/ w dowolnym podzespole określa się jako iloczyn chwilowej wartości napięcia /u/ występującego na zaciskach tego podzespołu i prądu /i/ przepływającego przez niego.

Prócz pojęcia chwilowej wartości mocy, mającego znaczenie przede wszystkim przy ob-

serwowaniu stanów nieustalonych, zasadnicze znaczenie w miernictwie ma średnia wartość mocy P przebiegów powtarzających się okresowo /T - okres/, a wartość jej określa się zależnością:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u \cdot i \cdot dt \quad /1/$$

Zgodnie z równaniem /1/ wszystkie urządzenia przeznaczone do pomiaru, rejestracji i przetwarzania mocy muszą zawierać człon wykonujący mnożenie wartości chwilowej napięcia przez wartość chwilową prądu oraz całkować przebieg tej funkcji w obrębie każdego okresu, aby wskazania były proporcjonalne do wartości średniej. Człon zwany mnożnikiem



Rys. 1. Symbol graficzny mnożnika

analogowym /lub krócej - mnożnikiem/, może mieć zrealizowany przy użyciu różnych środków technicznych i przy wykorzystaniu różnych zależności i zjawisk fizycznych. Schematycznie mnożnik analogowy można przedstawić tak jak na rys. 1.

Idealny mnożnik winien realizować swą funkcję niezależnie od cech sygnałów wejściowych. Dla sygnałów stałoprądowych cechą charakterystyczną jest jego znak /kierunek/.

Znak każdego z sygnałów wejściowych $[Y, X]$ może być dodatni lub ujemny, co z kolei warunkuje znak iloczynu. W zależności od tego z jakim układem znaków związane jest działanie mnożnika rozróżnia się:

- mnożniki czterokwadrantowe - działają przy wszystkich kombinacjach znaków sygnałów
- mnożniki dwukwadrantowe - działają przy jednym znaku jednego sygnału i obu znakach drugiego.
- mnożniki jednokwadrantowe - działają przy jednym układzie znaków sygnałów.

Przy realizacji cyfrowego miernika mocy czynnej znaczenie mają tylko mnożniki czterokwadrantowe. Istnieje możliwość realizacji mnożników czterokwadrantowych z jedno lub dwukwadrantowych, jednak realizacja takich układów jest bardziej skomplikowana, gdyż zawiera dodatkowe elementy oraz szereg sygnałów pomocniczych. Istnieje wiele zasad, za pomocą których można wykonywać mnożenie analogowe, a klasyfikację najczęściej wykorzystywanych przeprowadzono w pracy [1]. Klasyfikacja ta obejmuje wiele metod, jednakże tylko niektóre z nich pozwalają na spełnienie wymagań stawianych mnożnikom analogowym.

Wymagania te to przede wszystkim:

- duża dokładność operacji mnożenia,
- szerokie pasmo częstotliwości wejściowych,
- mnożenie w czterech kwadrantach,
- łatwość wykonania mnożnika lub też jego dostępność na rynku.

Wykorzystując jedną z przedstawionych w [1] zasad mnożenia analogowego można zbudować

blok mnożnika analogowego, który w połączeniu z cyfrowym miernikiem napięcia stałego lub częstotliwości tworzyć będzie strukturę elektronicznego miernika mocy. Pomiaru mocy można więc dokonać w układzie przedstawionym na rys. 2.

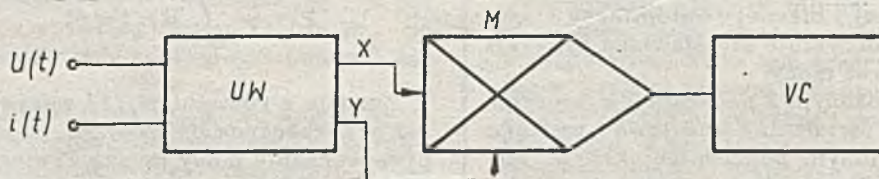
Przy realizacji cyfrowego miernika mocy czynnej należy rozważyć przydatność wymienionych zasad mnożenia analogowego. Do chwili obecnej nie istnieje ogólnie uznana zasada pomiaru mocy, którą można przystosować do cyfrowej techniki pomiarowej i tylko nieliczne firmy oferują watomierze z odczytem cyfrowym. Zapotrzebowanie na cyfrowe mierniki mocy jest jednak coraz większe i będzie stale wzrastało ze względu na wzrastające ceny i bardzo duże ilości zużywanej energii elektrycznej, wobec których każda poprawa dokładności pomiaru mocy przy produkcji, sprzedaży i użytkowaniu energii elektrycznej może prowadzić do istotnych korzyści ekonomicznych.

Uzyskanie dużej dokładności pomiaru mocy w znacznym stopniu zależy od właściwego wyboru odpowiedniej zasady mnożenia. Mając na uwadze tylko ten parametr można dojść do wniosku, że istnieje kilka metod mnożenia, które spełniają postawione przed nimi wymagania, np.:

- mnożnik na bazie układów kwadratujących lub logarytmujących,
- mnożnik wykorzystujący elementy nieliniowe jako elementy sterowane mostka - Wheatstone'a,
- mnożnik transkonduktancyjny /wykonany techniką monolityczną/,
- mnożnik modulatorowy /zasada TDM/.

Osiągnięcie jednakowych wysokich dokładności mnożenia przy wykorzystaniu różnych zasad mnożenia analogowego w produkcji masowej napotyka na wiele trudności, a związane z tym koszty nie pozwalają na szersze stosowanie niektórych z nich. Dwa ostatnie rodzaje mnożników będą w przyszłości najczęściej wykorzystywane w konstrukcjach przetworników mocy [2]. Mnożniki transkonduktancyjne w przetwornikach mocy mniej dokładnych /o niedokładności powyżej 0,2%/ lecz o szerokim paśmie przetwarzania /kilkadziesiąt kHz/ natomiast mnożniki TDM w przetwornikach dokładniejszych lecz o węższym paśmie przetwarzania.

Mnożniki TDM /Time Division Multiplier/, zasługują na szczególną uwagę przy konstruowaniu przetworników mocy, ponieważ cechuje je szereg zalet, do których należy zaliczyć:



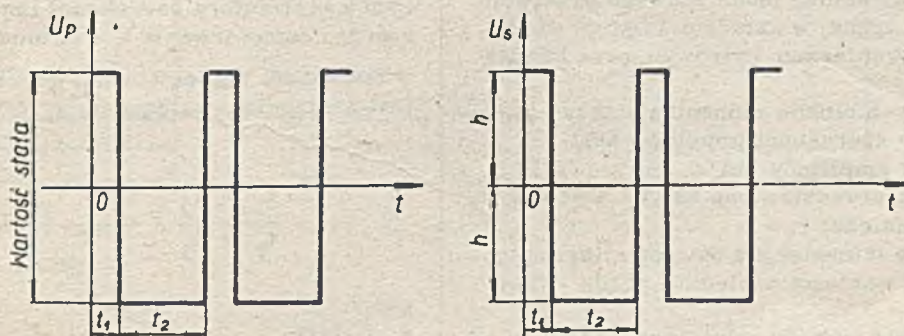
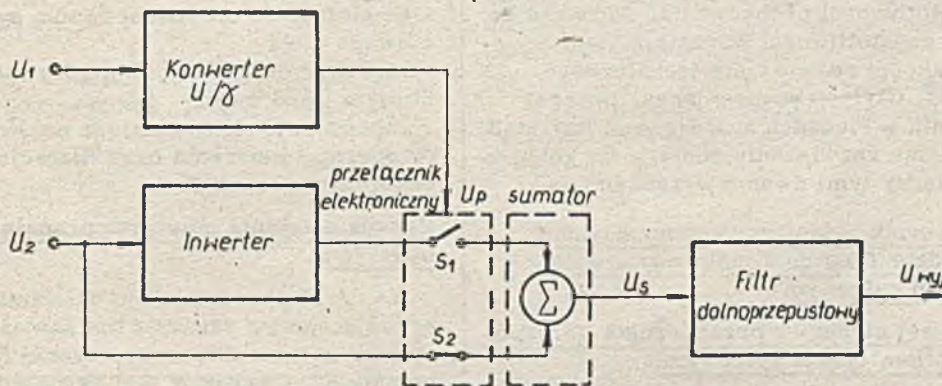
Rys. 2. Schemat układu miernika cyfrowego do pomiaru mocy: U_w - układy wejściowe toru prądowego i napięciowego, M - układ mnożący z układem uśredniającym /w okresie T / i przetwornik na inną wielkość elektryczną /napięcie, częstotliwość/, V_c - miernik cyfrowy napięcia lub częstotliwości

- dużą dokładność przetwarzania /najwyższa $\pm 0,02\%$ /
- dużą dokładność w całym zakresie zmian współczynnika mocy
- dużą prostotę realizacji przemysłowej /dużą technologiczność/
- dużą moc sygnału wyjściowego
- możliwość galwanicznego oddzielenia obu torów pomiarowych także przy prądzie stałym.

Jedyną wadą jest stosunkowo niewielkie pasmo częstotliwości przetwarzanych przebiegów /zwykle kilkaset Hz/, co w zastosowaniach przemysłowych nie jest warunkiem krytycznym. Mnożniki działające na zasadzie modulacji amplitudy i czasu trwania impulsów /tzw. zasada Time Division Multiplier/ stosowane są od ponad 20 lat. Przykładem praktycznym ilustrującym metodę mnożenia analogowego za pomocą modulacji impulsowej jest układ, którego schemat blokady ilustruje rys. 3. Jest to układ mnożący w czterech kwadrantach na wyjściu którego otrzymujemy poprawny matematycznie znak napięcia. Podstawowymi elementami schematu blokowego układu mnożącego są: konwerter - napięcie - szerokość impulsu U/δ , inwerter, przełącznik elektroniczny, sumator i filtr tworzą zwykle jeden układ /3/. Napięcie U_1 podawane jest do konwertera U/δ , na którego wyjściu otrzymuje się napięcie U_p w postaci impulsów prostokątnych o zmodulowanym współczynniku wypełnienia.

Stosunek czasów

$$\frac{t_1 - t_2}{t_1 + t_2} = \frac{t_1 - t_2}{T} = k_2 \cdot U_1 \quad /2/$$



Rys. 3. Schemat blokowy układu mnożącego z modulacją impulsową oraz przebiegi napięć U_p i U_s .

jest proporcjonalny do napięcia U_1 . Napięcie dodatnie $+U_2$ oraz ujemne $-U_2$ po przejściu przez inwerter są przełączone za pomocą przełącznika elektronicznego.

W zależności od tego czy napięcie U_p jest dodatnie czy ujemne jeden z kluczy S_1 lub S_2 będzie zwarty. Pozwala to na podanie do układu sumującego napięcia U_2 dodatniego lub ujemnego w czasie ustalonym przez konwerter U/δ . Napięcie U_s na wyjściu układu sumującego będzie miało przebieg impulsowy, którego amplituda h jest proporcjonalna do U_2 , czas trwania natomiast do napięcia U_1 .

W ujęciu matematycznym wygląda to następująco:

$$h = k_1 \cdot U_2 \quad /3/$$

$$\frac{t_1 - t_2}{T} = k_2 \cdot U_1 \quad /4/$$

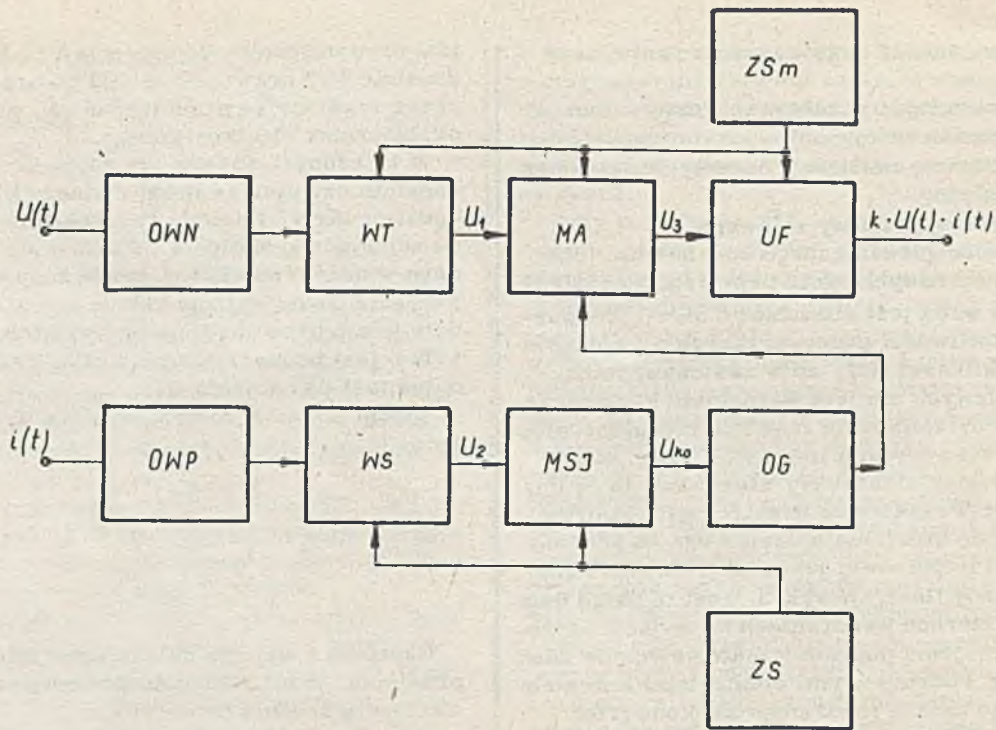
Napięcie z wyjścia układu sumującego po przejściu przez filtr dolnoprzepustowy jest wartością średnią napięcia U_s .

$$U_{\text{wyj}} = \frac{1}{T} \int_0^T U_s / t / dt = k_3 \cdot U_1 \cdot U_2 \quad /5/$$

gdzie:

k_1, k_2, k_3 - stałe

Częstotliwość napięcia generowanego przez konwerter musi być znacznie większa od górnej granicznej częstotliwości sygnału sterującego będącego jednocześnie wielkością wejściową mnożnika /4/. Wynika to z faktu, że błąd



Rys. 4. Schemat blokowy przetwornika jednofazowego w układzie TDM do cyfrowego miernika mocy czynnej NW12: OWN - obwód wejściowy toru napięciowego, WT - układ wtórnika, MA - modulator amplitudy, WF - wzmacniacz wraz z filtrem dolnoprzepustowym, OWP - obwód wejściowy toru prądowego, WS - wzmacniacz standaryzujący, MSJ - modulator szerokości impulsów, /Układ generatora samowzbudnego/, OG - oddzielenie galwaniczne, ZS - zasilacz, ZSm - zasilacz miernika N1 /woltomierz cyfrowy/

dynamiczny przetwornika maleje wraz ze wzrostem częstotliwości próbkowania. Jednakże ze wzrostem częstotliwości wzrastają błędy wynikające z jakości rozwiązania technicznego /pasmowość użytych wzmacniaczy, procesy przełączania w kluczach analogowych itp./ stąd też racjonalne rozwiązanie domaga się kompromisu pomiędzy tymi dwoma warunkami /4/.

Przetwornik jednofazowy mocy czynnej w układzie TDM do współpracy z woltomierzem cyfrowym

Opis blokowej struktury przetwornika do współpracy z woltomierzem cyfrowym

Blokową strukturę jednofazowego przetwornika mocy czynnej w układzie TDM do współpracy z woltomierzem cyfrowym przedstawia rys. 4.

- Do głównych bloków mnożnika należy zaliczyć:
- modulator szerokości impulsów MSJ
 - modulator amplitudy MA

Inne bloki przedstawione na rys. 4 pełnią zadania pomocnicze;

- pobieranie informacji z obwodu mierzonego o chwilowej wartości napięcia i prądu - OWN i OWP
- dopasowanie sygnału pobranego z OWP do od-

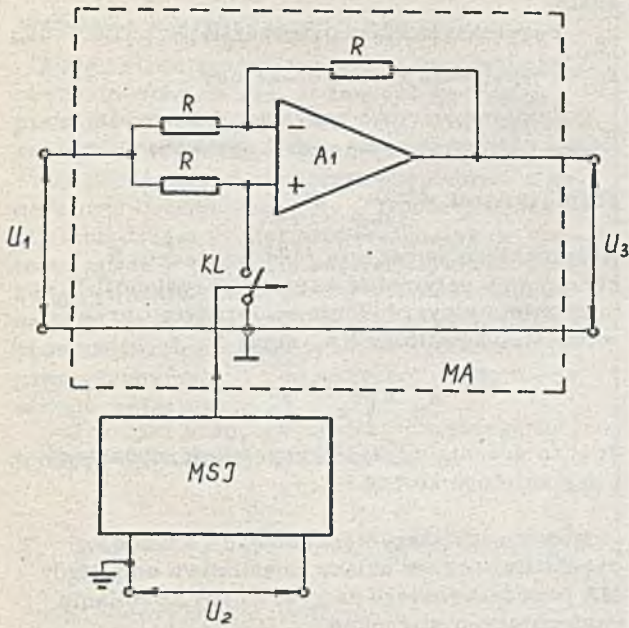
- powiedniego poziomu WS
- zmniejszenie oporności źródła sygnału napięciowego - WT
- zapewnienie izolacji pomiędzy torem napięciowym i prądowym - OG
- zapewnienie odpowiedniego poziomu sygnału po operacji mnożenia oraz filtracja niskich częstotliwości - WF

Zasada działania mnożnika pracującego wg zasady TDM

Na rys. 5 przedstawiono działania mnożnika pracującego wg zasady TDM zastosowanego w cyfrowym mierniku mocy czynnej NW12. Przełącznik KL sterowany jest sygnałem pochodzącym z modulatora szerokości impulsów MSJ, którego czasy trwania t_1 i t_2 modulowane są w ten sposób napięciem U_2 , że realizowana jest następująca zależność:

$$\frac{t_1 - t_2}{t_1 + t_2} = \frac{t_1 - t_2}{T} = k_1 \cdot U_2 \quad /6/$$

gdzie:
 k_1 - stała



Rys. 5. Zasada działania mnożnika TDM

Na rys. 6 przedstawiono trzy przypadki, w których:

- a/ $U_2 = 0$; $t_1 = t_2$
- b/ $U_2 < 0$; $t_1 < t_2$
- c/ $U_2 > 0$; $t_1 > t_2$

W czasie t_1 klucz KL modulatora amplitudy MA jest otwarty, a w czasie t_2 jest zamknięty. Jeżeli napięcie U_1 podawane na modulator amplitudy MA proporcjonalne jest do chwilowej wartości napięcia wejściowego $u/t/$ to:

$$U_1 = k_2 \cdot u/t/ \quad /7/$$

Napięcie U_2 proporcjonalne jest do wartości chwilowej prądu wejściowego $i/t/$, co wyraża zależność:

$$U_2 = k_3 \cdot i/t/ \quad /8/$$

Z równań /6/ i /7/ otrzymujemy funkcję opisującą układ mnożnika:

$$U_3 = k_1 \cdot U_2 \cdot U_1 = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot u/t/ \cdot i/t/ = k \cdot i/t/ \cdot u/t/ \quad /9/$$

k_1, k_2, k_3, k - stałe

Równanie /9/ określa wartość średnią napięcia otrzymywanego na wejściu modulatora amplitudy MA przy cyklicznym przełączaniu klucza KL. Napięcie U_3 proporcjonalne jest do iloczynu wartości chwilowych sygnałów wejściowych $i/t/$ oraz $u/t/$.

Modulator amplitudy MA

Układ modulatora amplitudy MA, sterowanego impulsami pochodzącymi z modulatora szerokości impulsów MSJ ilustruje rys. 7. Dokonując analizy układu modulatora amplitudy MA otrzymano zależność na wartości napięcia U_3 w postaci:

$$U_3 = U_1 \cdot \frac{r - R_5}{r + R_5} \quad \text{przy } R_4 = R_6 \quad /10/$$

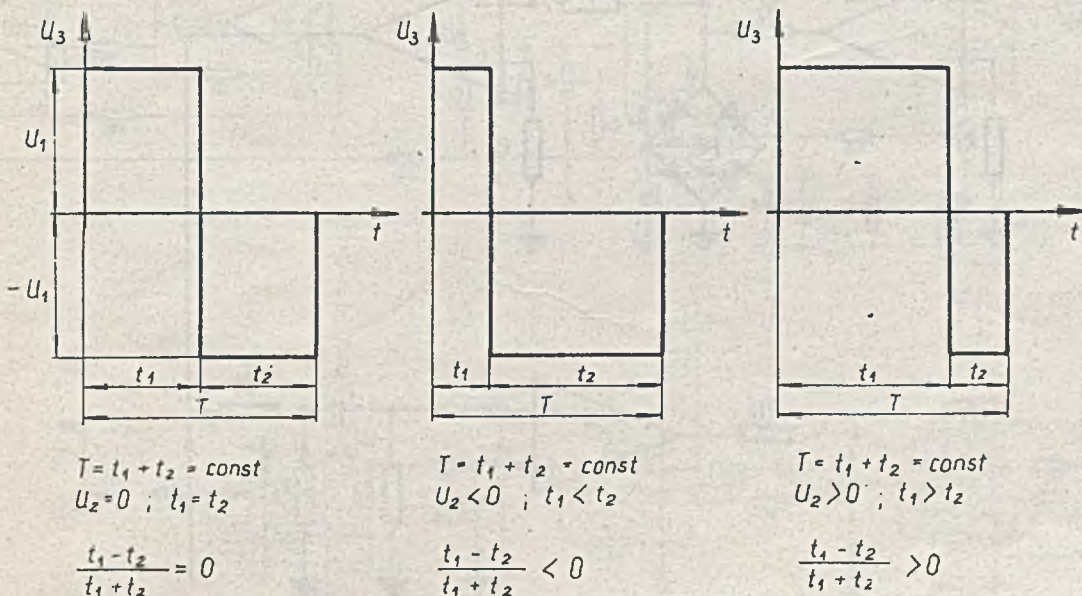
gdzie:

r - rezystancja klucza KL

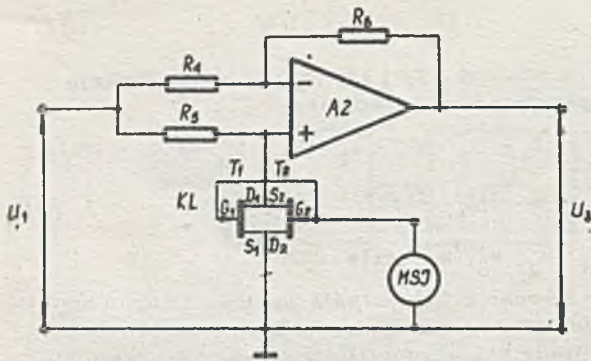
$$\text{Jeżeli } r = 0, \text{ to } U_3 = -U_1 \quad /11/$$

$$\text{a dla } r = \infty U_3 = U_1 \quad /12/$$

Jak wynika z zależności /11/ i /12/ napięcie wyjściowe U_3 przy rezystancji zastępczej $r = 0$ dla klucza zamkniętego przyjmuje wartość taką jak napięcie wejściowe U_1 , lecz o polaryzacji przeciwnej, a przy rezystancji zastępczej $r = \infty$ dla klucza otwartego, napięcie wyjściowe U_3 równe jest napięciu U_1 .



Rys. 6. Trzy przypadki sygnału wyjściowego U_3 mnożnika TDM



Rys. 7. Modulator amplitudy MA

Sterując czasem otwarcia i zamknięcia klucza KL / t_1 i t_2 / wpływa się na wartość średnią napięcia U_3 w okresie $T = t_1 + t_2$. Aby operacja mnożenia była wykonywana z odpowiednią dokładnością należy określić różnicę pomiędzy wartością napięcia przy kluczu KL zamkniętym i otwartym.

$$\Delta U = /U_{3z} - U_{30}/ \quad /13/$$

U_{3z} - napięcie wyjściowe MA dla klucza KL zamkniętego

U_{30} - napięcie wejściowe MA dla klucza KL otwartego

Po dokonaniu przekształceń wyrażenia /13/ otrzymuje się:

$$\Delta U = 2U_1 \left[\frac{r_z - r_o}{r_z + r_o} \cdot R_5 + 2U_1 \left[\frac{r_z - r_o}{r_z + r_o} \right] + 2U_1 \left[\frac{r_z - r_o}{R_5} \right] \right] \quad /14/$$

gdzie:

r_z - rezystancja klucza zamkniętego

r_o - rezystancja klucza otwartego

Optymalną wartość rezystancji R_5 należy obliczyć różnicą zupełną ΔU . Składową tej

różniczki jest $\frac{\partial \Delta U}{\partial R_5} R_5$

Różniczkując wyrażenie /14/ względem R_5 otrzymamy optymalną wartość rezystancji R_5 przy minimalnym błędzie wnoszonym przez modulator amplitudy KA, stąd:

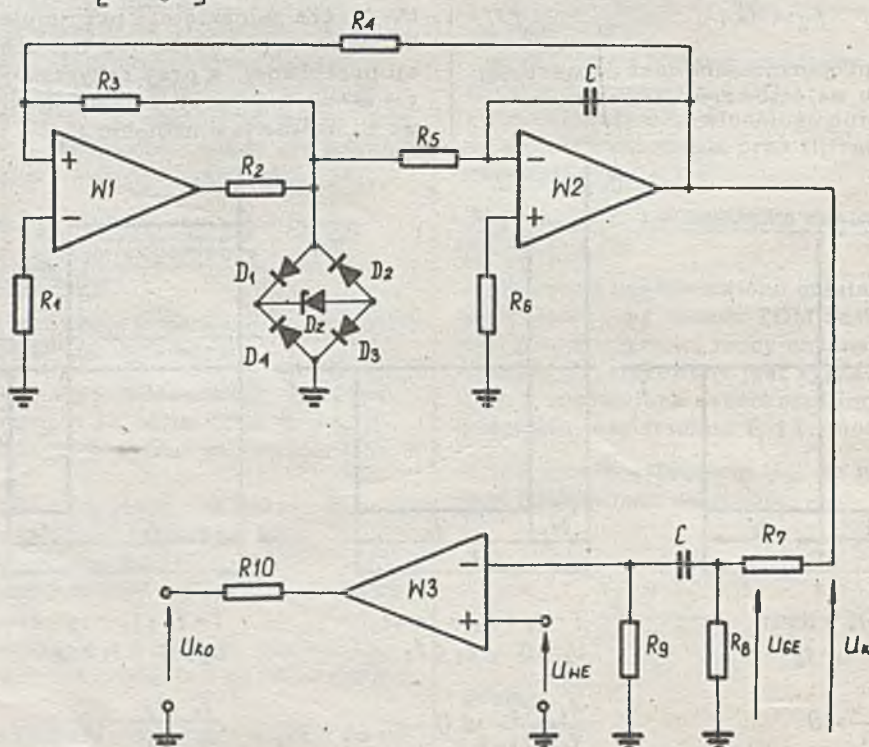
$$R_5 = \sqrt{r_z \cdot r_o} \quad /15/$$

Jest to średnia wartość rezystancji otwartego i zamkniętego klucza KL.

Można podwyższyć dokładność i własności częstotliwościowe układu modulatora amplitudy MA przedstawionego na rys. 7 przy spełnianiu następujących warunków:

- użyty wzmacniacz operacyjny A_2 będzie miał dużą szybkość narostu napięcia wyjściowego /sler rate/. Wtedy też czasy narostu i opadania zbroczy impulsu wyjściowego z modulatora amplitudy będą niewielkie,
- użyte tranzystory polowe typu FET będą miały małe pojemności C_{GD} i C_{GS} oraz małą rezystancję klucza w staniełączenia /5, 6/
- rezystancja R_5 w modulatorze amplitudy MA będzie dobrana optymalnie.

Możliwe jest również zastosowanie klucza symetrycznego - unika się wówczas stosowania dwóch tranzystorów.



Rys. 8. Modulator szerokości impulsów MSJ

Modulator szerokości impulsów MSJ

Układ modulatora szerokości impulsów MSJ przedstawiony na rys. 8 zawiera generator przebiegu trójkątnego /W1 i W2/ oraz komparator W3. Na jedno z wejść komparatora podawany jest sygnał o przebiegu trójkątnym z generatora wewnętrznego U_{GE} /o dużej liniowości/ a na drugie sygnał proporcjonalny do wartości prądu w obwodzie pomiarowym. W wyniku porównania obu sygnałów w komparatorze na jego wyjściu otrzymuje się falę impulsów prostokątnych o współczynniku wypełnienia γ proporcjonalnym do wartości prądu w obwodzie wejściowym.

Pełny cykl pracy generatora przebiegu trójkątnego wyrażony jest zależnością:

$$T = t_1 + t_2 = 2R_5C \frac{R_4}{R_3} + 2R_5C \frac{R_4}{R_3} = 4R_5C \cdot \frac{R_4}{R_3} \quad /16/$$

Jeżeli założy się: $R_4 = R_3$

$$\text{to} \quad T = 4R_5C \quad /17/$$

W modulatorze o strukturze otwartej liniowość przetwarzania zależy od liniowości przebiegu trójkątnego. Przetworniki tego typu zapewniają uzyskiwanie najwyższych dokładności przetwarzania przy stałej wartości częstotliwości generowanego przebiegu. Schemat ideowy układu przetwornika mocy na napięcie stałe /P/U/ do cyfrowego miernika mocy przedstawia rys. 9.

Jednofazowy przetwornik mocy czynnej w układzie TDM z rys. 9 współpracuje z woltmie-

rzem cyfrowym tworząc tablicowy cyfrowy miernik do pomiaru mocy czynnej NW12 w obwodach prądu zmiennego w paśmie częstotliwości 45 - 65 Hz oraz w obwodach prądu stałego.

Parametry techniczne cyfrowego miernika mocy typu NW12 zestawiono w kilku podpunktach

• Warunki normalnej eksploatacji

Temperatura otoczenia	+5...+40°C
Napięcie zasilające	187...242 V
Częstotliwość napięcia zasilającego	50 Hz \pm 5%
Wilgotność względna powietrza otaczającego	30...80%
Położenie przy pracy	dowolne

Współczynnik mocy 0 ± 1 /obciążenie indukcyjne lub pojemnościowe/

• Błąd podstawowy $\pm 0,5\%$ w odniesieniu do górnej granicy zakresu pomiarów ± 1 jednostka

• Sygnały mierzone

Napięcie znamionowe toru napięciowego: $100/\sqrt{3}$, 100, 127, 220, 380, 500V

Prąd znamionowy toru prądowego: 1, 2 lub 5A

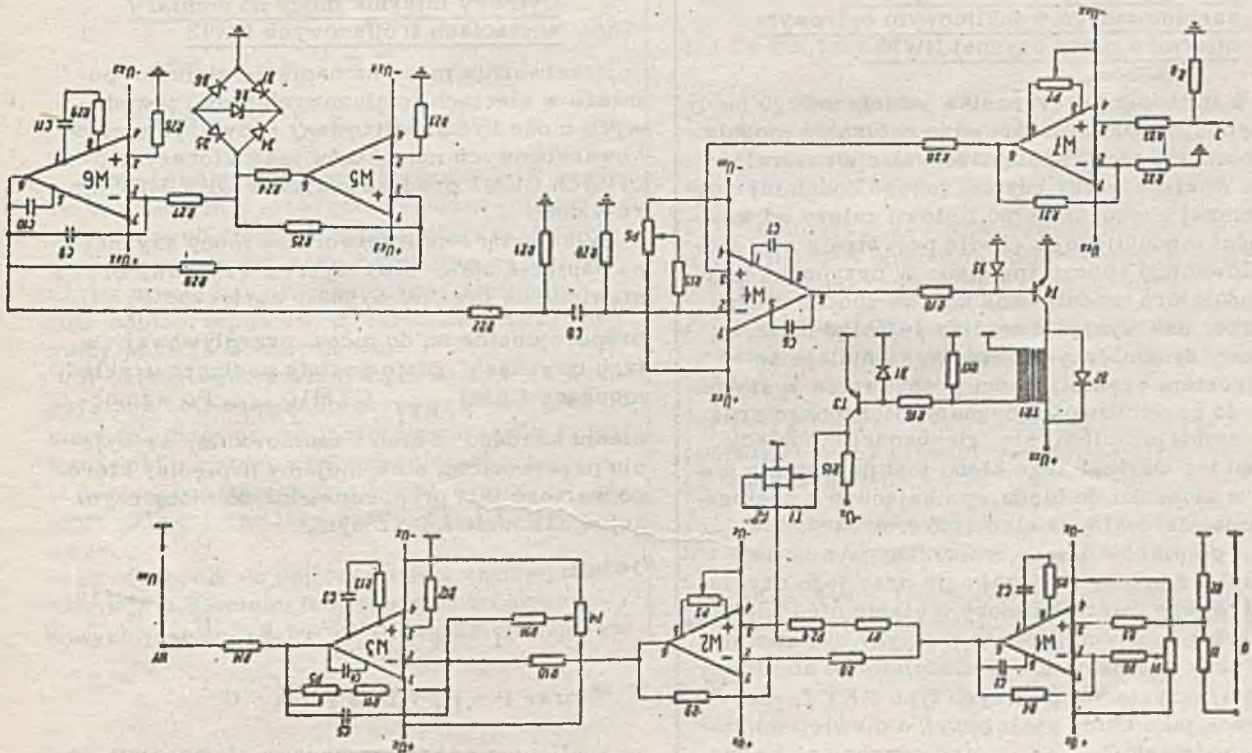
Pobór mocy

a/ tor zasilania 12 VA

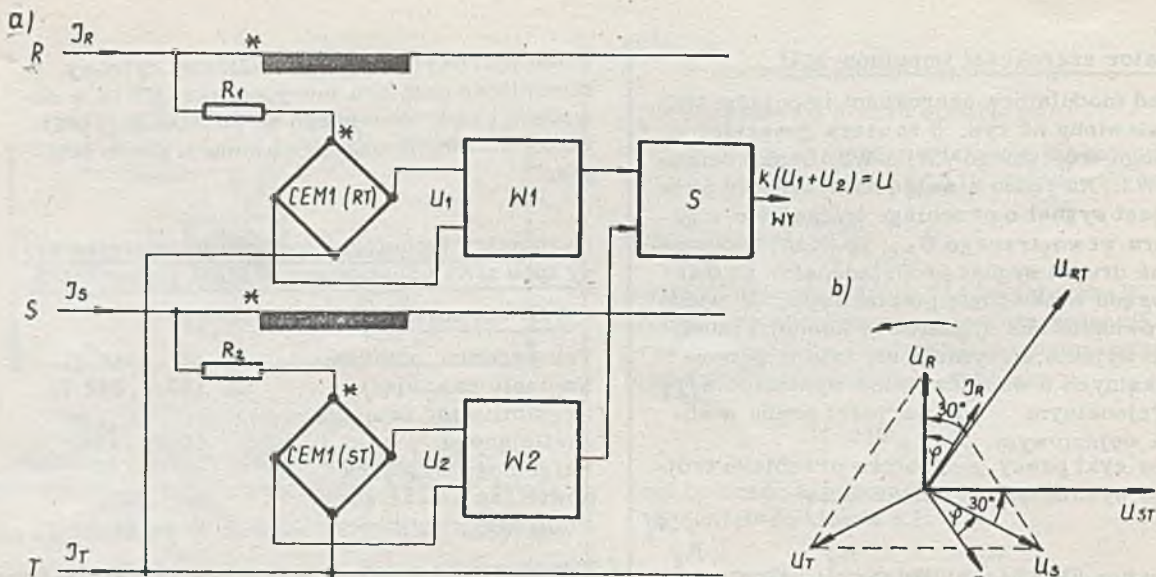
b/ tor prądowy 0,3 VA

c/ tor napięciowy 0,3 VA

Częstotliwość prądu i napięcia w torach pomiarowych 0-45...65Hz



Rys. 9. Schemat ideowy układu przetwornika mocy na napięcie stałe /P/U/



Rys. 10. a/ układ połączeń przetwornika mocy czynnej na napięcie stałe, b/ wykres wskazowy

*początek umowy cewki i mostka magneto rezystancyjnego W1, W2 - wzmacniacze sygnałów użytecznych, S - sumator

Błędy dodatkowe

Temperatury otoczenia	0,5% / 10 ⁰ C
Częstotliwość prądu i napięcia wejściowego /45...65 Hz/	0,5%
Zmiana współczynnika mocy /-1...0...+1/	0,5%

Dokładność przetwarzania przetwornika pracującego według zasady TDM zastosowanego w tablicowym cyfrowym mierniku mocy czynnej NW12

W układzie przetwornika jednofazowego mocy czynnej /TDM/ zastosowano naturalną modulację szerokości impulsu. Modulacja naturalna ma miejsce wtedy gdy szerokość dodatniej lub ujemnej części impulsu liniowo zależy od wielkości modulującej z chwilą pojawienia się modulowanego zbocza impulsu. W przypadku tego modulatora modulowane są dwa zbocza niezależne. Jak wynika z analizy /4/ błąd obliczeniowy dynamiczny przetwornika maleje ze wzrostem częstotliwości próbkowania w stosunku do częstotliwości sygnału mierzonego oraz ze zmniejszaniem się głębokości modulacji. Stąd też wartość tego błędu jest pomijalnie mała w stosunku do błędu wynikającego z zastosowania nieidealnych elementów.

Z pomiarów układu mnożnika, wynika iż, możliwe byłoby realizowanie przy jego użyciu cyfrowego miernika mocy o klasie niedokładności 0,2. Wymagania te mogłyby być spełnione przy zastosowaniu w modulatorze amplitudy MA tranzystorów polowych typu FET /pracujących jako klucz analogowy/ o niewielkich pojemnościach C_{GD} i C_{GS} /pojedyncze pF/ i ma-

łej rezystancji otwarcia kanału R_{ON} /dziesiątki omów/. Zastosowanie wzmacniaczy o dużej szybkości zmian napięcia wyjściowego /slew rate/ - kilkadziesiąt V/us pozwoliłoby zmniejszyć błędy spowodowane odtwarzaniem kształtu impulsów i zwiększeniem częstotliwości kłuczowania /próbkowania/ przez co można by rozszerzyć pasmo sygnałów mierzonych.

Cyfrowy miernik mocy do pomiaru w sieciach trójfazowych NW13

Przetwornik mocy na napięcie stałe do pomiaru w sieciach trójfazowych trójprzewodowych może być zrealizowany przy użyciu cienkownikarstwowych mnożników magneto rezystancyjnych CEM1 produkowanych w OBR ME "Mera-Lumel".

Układ połączeń przetwornika mocy czynnej na napięcie stałe oraz wykres wskazowy przedstawiono na rys. 10. Sygnały użyteczne U_1 i U_2 proporcjonalne są do mocy przepływowej w tych obwodach, gdzie zostały podłączone układy mnożące CEM1/RT/ CEM1/ST/. Po wzmacnieniu każdego z nich i zsumowaniu, na wyjściu przetwornika otrzymujemy napięcie, którego wartość jest proporcjonalna do mocy czynnej w obwodzie mierzonym.

Jeżeli:

$$P_1 = k_1 \cdot U_1 \text{ i } P_2 = k_2 \cdot U_2 \quad /18/$$

$$\text{oraz } P = P_1 + P_2 \text{ i } P = k \cdot U$$

to analizując wykres wskazowy otrzymamy, że:

$$P_1 = U_{RT} J_R \cos / \frac{\pi}{6} - \varphi / = \quad /19/$$

$$= U_{RT} I_R / \cos \frac{\pi}{6} \cos \varphi + \sin \frac{\pi}{6} \sin \varphi /$$

$$P_2 = U_{ST} J_S \cos / \frac{\pi}{6} + \varphi / =$$

$$= U_{ST} J_S / \cos \frac{\pi}{6} \cos \varphi - \sin \frac{\pi}{6} \sin \varphi /$$

Przy założeniu symetrii obciążenia w sieci mierzonej, gdzie:

$U_{ST} = U_{RT} = U_p$ - napięcie przewodowe /między fazowe/

$I_R = J_S = J_f$ - prąd fazowy

$\varphi_R = \varphi_S = \varphi_T = \varphi$ - kąt przesunięcia fazowego

to

$$P_1 + P_2 = 2U_p \cdot J_f \cdot \cos \frac{\pi}{6} \cdot \cos \varphi =$$

$$= \sqrt{3} \cdot \sqrt{3} \cdot U_f \cdot J_f \cdot \cos \varphi =$$

$$= 3 U_f J_f \cos \varphi$$

stąd:

$P = 3U_f J_f \cos \varphi$ gdzie U_f - napięcie fazowe

Przyjmując warunki /18/ wstawiamy je do wyrażenia /19/ i otrzymujemy:

$$U_1 \cdot k_1 + U_2 \cdot k_2 = P \quad k / U_1 + U_2 / = U \quad /20/$$

$$\text{gdź } U = k_3 \cdot P$$

gdzie: k_1, k_2, k_3 i k - stałe

Proponowany układ przetwornika P/U zawiera dwa elementy mnożące zbudowane z cienkowarstwowych elementów magnetorezystancyjnych, dwa wzmacniacze różnicowe sygnałów użytecznych W_1 i W_2 oraz układ sumatora i filtr dolnoprzepustowy zrealizowany przy pomocy jednego wzmacniacza.

W układzie przedstawionym na rys. 10 wykorzystano taki sposób połączeń przetwornika do sieci trójfazowej, że jeden z przewodów fazowych jest punktem wspólnym przetwornika, a w dwóch pozostałych istnieje naturalne oddzielenie galwaniczne toru prądowego i napięciowego.

Przetwornik do pomiaru mocy czynnej /lub biernej/ w sieciach trójfazowych trójprzewodowych jest umieszczony we wspólnej obudowie

z cyfrowym woltomierzem napięcia stałego i tworzy w całości tablicowy cyfrowy miernik mocy czynnej /lub biernej/ NW13.

Parametry techniczne cyfrowego miernika mocy czynnej typu NW13 w zakresie warunków normalnej eksploatacji, błęd podstawowego i błędów dodatkowych są takie same jak w przypadku cyfrowego miernika mocy czynnej NW12 /z przetwornikiem pracującym wg zasady TDM/. Przetwornik zastosowany w watomierzu NW13 poprzez wykorzystanie mnożników magnetorezystancyjnych CEM1 eliminuje możliwość pomiaru mocy przy sygnałach zawierających składową stałą. Stąd też pomiary mocy tym przetwornikiem mogą być dokonywane w sieciach, gdzie sygnały /prądowy i napięciowy/ pomiarowe są w niewielkim stopniu odkształcone.

Wymagania dotyczące dokładności są coraz większe, stąd też przyrządy pomiarowe przeznaczone do pomiaru mocy muszą wychodzić na przeciw potrzebom pomiarowym w przemyśle i energetyce. Cyfrowe mierniki tablicowe mocy czynnej jednofazowe NW12 i mocy czynnej lub biernej trójfazowe NW13 przystosowane są do pomiarów w sieciach przemysłowych. Są to przyrządy jednozakresowe, jednak duża liczba różnych wykonań umożliwia użytkownikowi najbardziej optymalny wybór zakresu pomiarowego. Mierniki te mają dostępną na zewnątrz informację o wartości wskazywanej na polu odczytowym przyrządu w postaci kodu BCD dla czterech cyfr. Oprócz sygnałów informacyjnych o wartości mierzonej wielkości użytkownik ma do dyspozycji sygnały sterujące cyklem pomiarowym przyrządu, co ułatwia współpracę z innymi urządzeniami.

L i t e r a t u r a

[1] W. Pierzgałski - Przetwornik jednofazowy mocy czynnej w układach TDM do współpracy ze wskaźnikiem cyfrowym - Praca dyplomowa WSInż. w Zielonej Górze, 1977 r.

[2] A. Roszewski - Nowoczesne metody pomiaru mocy w obwodach elektroenergetycznych - Przegląd elektroniczny 52 /1976/ nr 5

[3] Z. Kulka, M. Nadachowski - Liniowe układy scalone i ich zastosowanie, WKŁ Warszawa 1976 r.

[4] P. Filipiński - Analiza dokładności przetworników mocy czynnej o zasadzie TDM - Praca doktorska, Gliwice 1977 r.

[5] J. Scherwin - Cut transients in FET analog switches Electron. Des. 1972 nr 20

[6] A. Evans - The basic fo using FETs for analog - signal switching, EDN/EE 1973 nr 18.

NOWA METODA ZŁOCENIA DROBNYCH CZĘŚCI

Technicznym powłokom ze złota i jego stopów nanoszonym galwanicznie na powierzchnię elementów elektrycznej aparatury pomiarowej stawia się następujące wymagania:

- niska oporność przejścia zwłaszcza w elementach stykowych,
- duża szczelność przy małej grubości powłok /3-4 μm /,
- duża odporność na korozję w środowisku korozyjnie agresywnym,
- równomierny rozkład grubości mimo złożone kształty elementów,
- duża twardość i odporność na ścieranie.

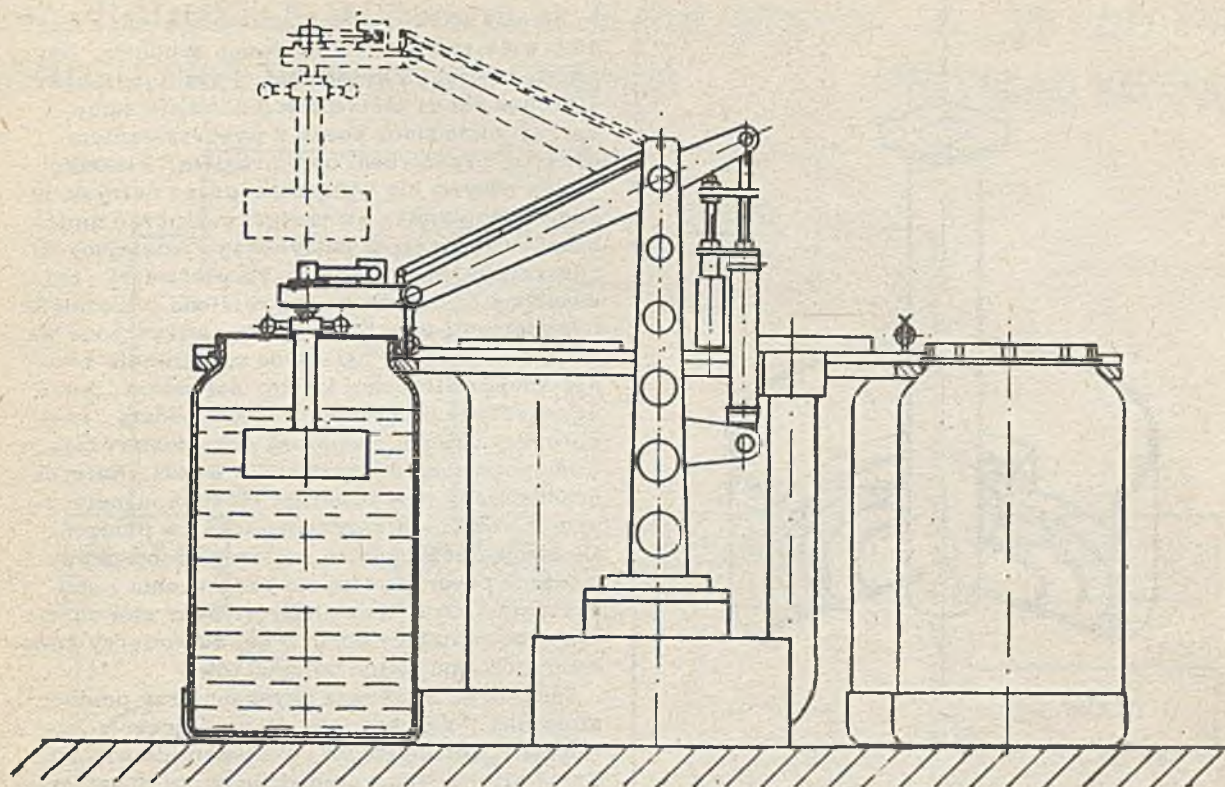
Złożony charakter wymagań stawianych powłokom jest przyczyną dużej różnorodności kąpiei galwanicznych do złocenia, stosowanych obecnie w przemyśle. Przykładowo w roku 1974 lista kąpiei do złocenia galwanicznego stosowanych w RFN obejmowała 78 pozycji oferowanych przez 12 firm [1].

Zależnie od rangi, jaką nadaje się poszczególnym parametrom powłoki /odporność na ścieranie, twardość, szczelność, przewodnictwo, odporność korozyjna /różny jest stopień przydatności poszczególnych kąpiei, a wybór którejkolwiek z nich pociąga za sobą konieczność określonych kompromisów. Przykładowo, trójskładnikowe kąpiele stopowe AuCuCd wyróżniają się wysoką twardością / $HV_{50} = 320 \pm 40 \text{ kg/mm}^2$ / [2] i bardzo dużą odpornością na ścieranie [3]. Użytkownik musi jednak wziąć pod uwagę fakt, że trójskładnikowa kąpiel stopowa wymaga bieżącej korekty co najmniej czterech składników, to z kolei oznacza kilkadziesiąt godzin tygodniowo poświęconych na analizę zawartości poszczególnych składników. Jeśli kąpiel pracuje przy pH 9-11, w temperaturze 60°C, to analiza zawartości wolnych cyjanków z uwagi na absorpcję dwutlenku węgla powinna być wykonywana nawet dwa razy dziennie. Dodatkową wadą jest to, że szybkość osadzania powłoki przy obróbce bębnowej wynosi 1 μm na godzinę, przy gęstości prądowej 0,1 A/dcm², tak więc obróbka jednego wsadu przy wymaganej grubości 4 μm trwałaby ok. 4 godzin [4].

Znaczna część wyrobów produkowanych w „Lumelu” zawiera elementy przełącznikowe wykonywane do tej pory w formie przełączników drukowanych. Konstrukcja taka zmusza wytwórcę do stosowania powłok galwanicznych o szczególnie dużej odporności na ścieranie, a tym samym o możliwie małej wędrowce materiału. Znane trudności związane z obróbką galwaniczną obwodów drukowanych skłoniły w wyniku przeprowadzonej analizy do wyeliminowania w nowych konstrukcjach przełączników drukowanych na rzecz obrotowych przełączników wielopolozeniowych, w których złoczone elementy stykowe mocowane są w wyprasce z termoplastu. Zmiana taka łagodzi nieco wymagania w stosunku do technologii, a koszt zwiększonej liczby detali jest kompensowany przez niższą sumaryczną pracochłonność.

Nieobecność laminatu szklano-epoksydowego umożliwia stosowanie skuteczniejszych i prostszych metod przygotowania powierzchni /trawienie w stężonych kwasach, polerowanie chemiczne podłoża/ oraz uzyskanie lepszej jakości podpowłok niklowych. Przy doborze procesu technologicznego kierowano się jego niezawodnością i prostotą konserwacji kąpiei. Po rocznej eksploatacji próbnej zdecydowano się na następujący proces:

1. Odtłuszczenie ultradźwiękowe w TRI
2. Odtłuszczenie chemiczne w kąpiei o składzie NaOH 10 g/l, Na₃PO₄ · 12 H₂O 55 g/l, Alfenol 8 g/l
3. Trawienie w typowej kąpiei H₂SO₄ + HNO₃
4. Polerowanie chemiczne
5. Niklowanie w kąpiei o składzie NiSO₄ · 7 H₂O 140 g/l, NiCl₂ · 6 H₂O 30 g/l, H₃BO₃ 30 g/l, Paratolneno-sulfonocznid 2 g/l, Kumařyna 2 g/l pH 4,5 - 5,5; temperatura 45 ± 5°C
6. Złocenie w kąpiei o składzie KAu/CN/2 6,5 g/l, K₂HPO₄ · 12 H₂O 100 g/l; C₆H₉O₇ · H₂O 25 g/l, Kobalt w formie wyblęszczacza aminowego/ 0,5 g/l Co⁺² pH 5,5 - 6,5,



Rys. 1.

temperatura $32 \pm 2^\circ\text{C}$, gęstość prądu kat. 0,2 - 0,3 a/dcm², Anoda - stal 1H18N9 czas osadzania 1 μm złota 15 minut.

Obróbka galwaniczna drobnych elementów nastręcza pewne trudności związane z optymalizacją konstrukcji aparatu bębnowego. Konstrukcja taka ma spełniać następujące wymagania:

- łagodny ruch elementów wsadu przez obrót bębna z prędkością 6-12 obr/min.
- dobry styk elektryczny między drążkiem katodowym wanny a wsadem bębna
- ciągła wymiana elektrolitu między wnętrzem bębna a wanną galwaniczną,
- umożliwienie załadunku i wyladunku wsadu,

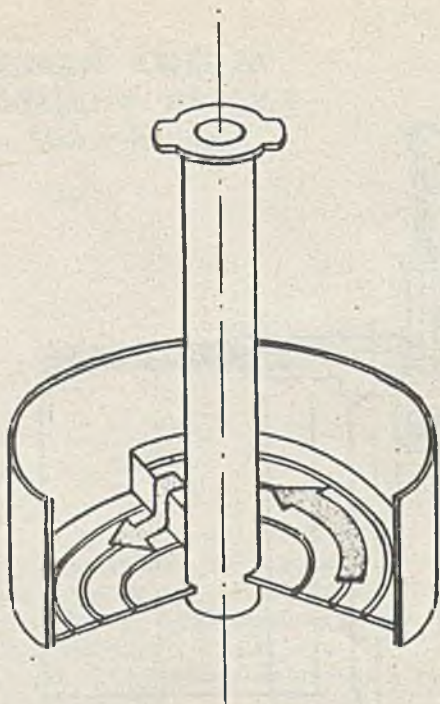
Z obrotowym ruchem bębna wiąże się m. in. niebezpieczeństwo wzajemnego szczepiania się elementów oraz deformacji elementów, gdy wsad jest ciężki a elementy mało sztywne. Styk elektryczny zapewnia się bądź przez elastyczny element nieruchomy, swobodnie spoczywający wewnątrz wsadu, bądź przez elementy stykowe poruszające się wraz z bębniem. Element nieruchomy musi być elastyczny i dość ciężki, aby zapewniał stały styk z wsadem, natomiast elementy ruchome wymagają pewnego minimum wielkości wsadu.

Wymianę elektrolitu uzyskuje się przez perforację ścian bębna. Perforacja powinna mieć dość dużą średnicę otworów by zapewniała skuteczną wymianę elektrolitu i nie powodowała zbyt dużego wynoszenia elektrolitu przy wyjmowaniu aparatu z wanny /możliwie dokładny obciek/ oraz winna umożliwiać skuteczne płu-

kanie wsadu. Duże średnice otworów grożą z kolei wypadaniem elementów z bębna. Aby temu zapobiec stosuje się bądź perforację meandrową bądź dodatkowo zagęszczenie perforacji siatką z tkaniny technicznej. Mimo dużej różnorodności rozwiązań konstrukcyjnych wprowadzane coraz powszechniej płukanie natryskowe nie daje zadowalających wyników w przypadku aparatów bębnowych.

Z powyższego opisu wynika, że dobór odpowiedniego aparatu bębnowego jest tym trudniejszy im bardziej zróżnicowany jest asortyment wsadu, pod względem wielkości wsadu i konstrukcji elementów obrabianych oraz ich podatności na deformację. W rezultacie analizy potrzeb Zakładu oraz przeglądu krajowych możliwości zakupu urządzeń do złocenia drobnych elementów na skalę techniczną, przystąpiono w Zakładach "Mera-Lumel" do opracowania konstrukcji automatu galwanizatorskiego. Myślą przewodnią opracowania było maksymalne wykorzystanie typowych elementów dostępnych w obrocie handlowym, sprowadzając udział własnego wykonawstwa do minimum.

Automat jest urządzeniem karuzelowym zawierającym 9 pojemników polietylenowych o pojemności 120 litrów, ustawionych na obwodzie koła /rys. 1/. W środku foroidu o średnicy zewnętrznej 2 m utworzonego z pojemników znajduje się przenośnik obrotowy, na którego ramieniu zamocowany jest okrągły kosz wsadowy. Dno kosza o średnicy 250 mm stanowi śrubową bieżnię z progiem o wysokości 30 mm. Elementy obrabiane wprowadzane są w ruch okrężny



Rys. 2.

wokół osi kosza za pomocą układu wibracyjnego zawierającego siłownik pneumatyczny. Równomierna warstwa elementów wykonuje pełny obrót w ciągu 15 s. Elementy znajdują się w ruchu przez cały czas trwania cyklu obróbki, co podnosi skuteczność obcieku i płukania. Prąd katodowy doprowadzany jest do wsadu za pośrednictwem ułożonych współosiowo w dnie kosza elementów stykowych. Zalety takiego rozwiązania są następujące:

- elementy poruszają się jednowarstwowo, zmniejsza się tym samym niebezpieczeństwo deformacji, nawet przy bardzo wrażliwych elementach,
- sposób ułożenia elementów umożliwia stosowanie wyższych gęstości prądowych, dzięki czemu uzyskuje się większą szybkość osadzania powłoki,
- rozkład grubości nałożonej powłoki jest bardzo równomierny mimo dużego uprofilowania elementów,
- konstrukcja kosza zapewnia skuteczność płukania natryskowego,
- szybkomocujące złącze umożliwia łatwą wymianę kosza w zależności od wielkości wsadu.

Opisany tu kosz wsadowy /rys. 2/ jest elementem wymiennym, a konstrukcja jego może być zróżnicowana w zależności od kształtu elementów obrabianych oraz sposobu ich poruszania się. Poszczególne wersje kosza mogą się różnić ilością progów /1-3/, wysokością progów /10-40 mm/ i kształtem bieżni. Może być

to bieżnia jednozwojowa stanowiąca dno kosza albo wielozwojowa zamocowana śrubowo do płaszcza kosza lub jego osi. Ponadto zmiana kierunku ruchu elementów umożliwia samoczynny rozładunek kosza z wykorzystaniem otwartej przestrzeni pod progiem. Płukanie wsadu odbywa się wyłącznie przez natrysk. W pustym pojemniku stanowiącym płuczkę umieszczony jest zespół natryskowy, działający na zasadzie młynka Segnera. Na pierwszej osi osadzone są obrotowo dwa ramiona o kształcie odwróconej litery "C". Dysze umieszczone we wnętrzu figury "C" służą do splukiwania zewnętrznej powierzchni kosza, natomiast dysze umieszczone na końcach ramion nadają ruch obrotowy całemu zespołowi oraz dostarczają wodę potrzebną do wypłukania wsadu. Natrysk uruchamiany jest zaworem elektromagnetycznym w chwili umieszczenia kosza w płuczce. Do napędu przenośnika wykorzystano tłokowy siłownik pneumatyczny do podnoszenia i opuszczania kosza oraz pneumatyczny stół obrotowy zapewniający obrót o kąt 40° między osiami dwóch sąsiednich pojemników.

Ruch drgający kosza uzyskano przy pomocy siłownika tłokowego, współpracującego z zaworem rozdzielającym i zespołem dławiącym. Częstotliwość oraz amplitudę ruchu drgającego reguluje się ciśnieniem powietrza zasilającego siłownik oraz napięciem sprężyny regulacyjnej.

Automat sterowany jest sekwencyjnie, przy czym czas trwania procesów bezprądowych regulowany jest przełącznikami czasowymi, a procesy prądowe /niklowanie i złocenie/ regulują elektroniczne liczniki ładunku. Liczniki te mają zespół do nastawy ładunku wymaganego dla danego wsadu, zespół odczytu bieżącej wartości ładunku w obrębie danego wsadu oraz zespół zliczający wielkość ładunku w ciągu dłuższych okresów czasu /miesiąc, kwartał/. W ten sposób liczniki ładunku służą do sterowania procesami galwanicznymi oraz do korekty składu kąpieli galwanicznych. Cały proces obróbki obsługiwany jest przez jednego pracownika.

L i t e r a t u r a

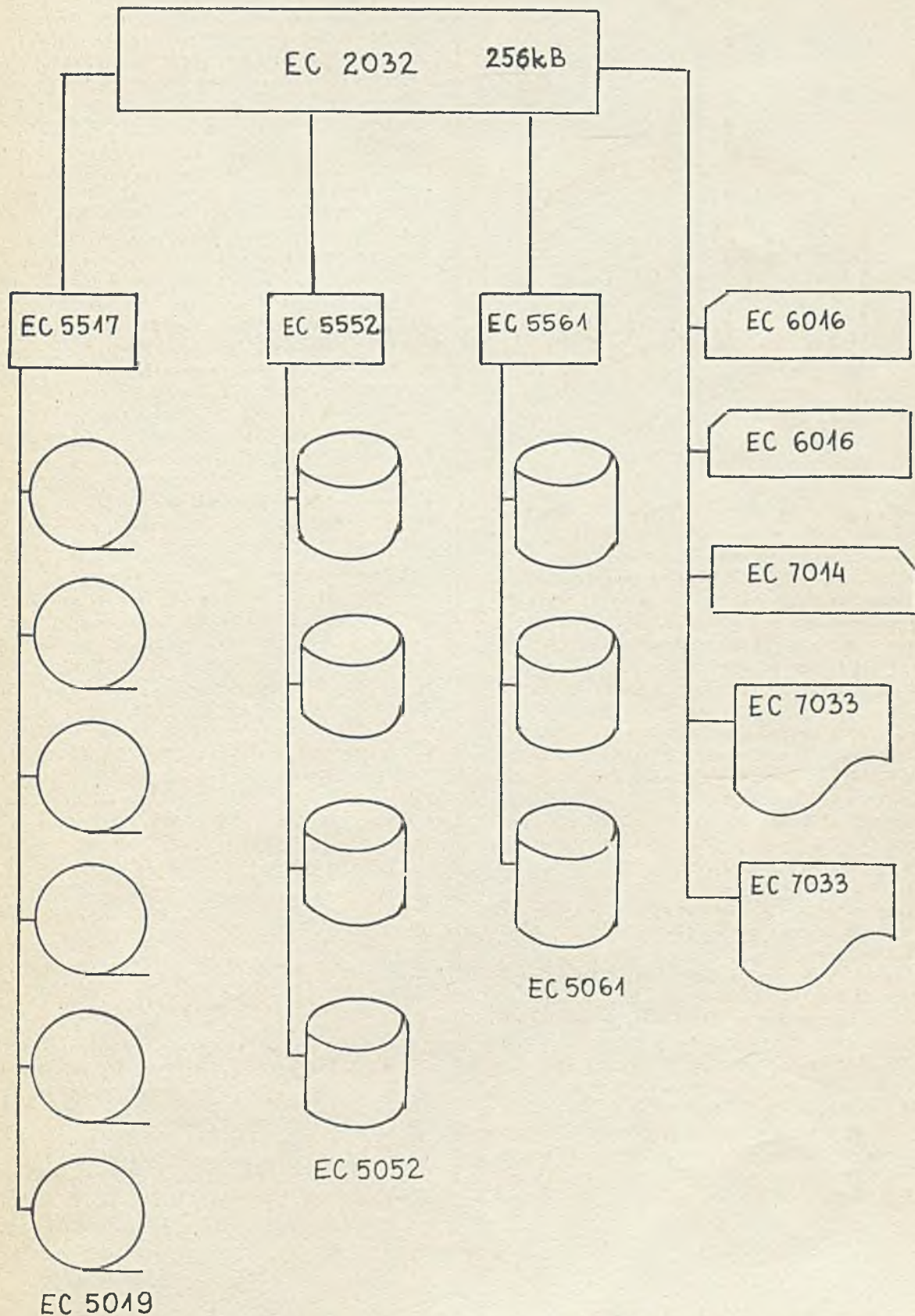
[1] H. W. Lieber, G. Oelsner, W. Riedel: Jahrbuch Oberflächentechnik 1974, Band 30 Metall - Verlag GmbH, Berlin

[2] M. Dettke, R. Ludwig, W. Riedel: Galvanotechnik 9/1971/ s. 773-778, Galvanotechnik 8/1972/ s. 729-736

[3] S. Steinemann, W. Saxer, W. Fluhmann: Metalloberfläche 4/1975/

[4] Instrukcja stosowania kąpieli Doraskor K18 firmy Schering AG, Berlin

„MERA” PRODUKUJE W RAMACH JS EMC SYSTEM R – 32 DO LOKALNEGO I ZDALNEGO PRZETWARZANIA DANYCH (PRZYKŁAD KONFIGURACJI)



Schemat Konfiguracji R-32 w PZI. "Delta Hydrol" Wrocław: EC 2032 - jednostka centralna z pamięcią 256 kB. EC 5517 - jednostka sterująca pamięci taśmowych. EC 5049 - pamięć taśmowa, EC 5552 - jednostka sterująca pamięci dyskowych, EC 5052 - pamięć dyskowa 8 Mb, EC 5561 - jednostka sterująca pamięci dyskowych. EC 5061 - pamięć dyskowa 30 Mb, EC 6016 - czytnik kart, EC 7014 - dziurkarka kart, EC 7033 - drukarka wierszowa

Cena zł 43

Prenumerata roczna zł 516

