

**K**onstrukcje krótkofalarskie opisywane w „MT” będą tak pomyślane, aby po odwzorowaniu prezentowanych układów można było montować i wypróbowywać różne urządzenia: począwszy od prostych odbiorników nasłuchowych, poprzez jednopasmowe transceivery, aż do bardziej złożonych transceiverów wielopasmowych. (Dla tych, którzy nie pamiętają – transceivery, to urządzenia powstałe z połączenia odbiornika i nadajnika z wykorzystaniem wspólnych bloków).

W Polsce nie produkuje się sprzętu typowo krótkofalarskiego. Wprawdzie można kupić takie urządzenia importowane zachodnich firm, takich jak YAESU, ICOM, KENWOOD, ale najwięcej satysfakcji sprawia nawet najprostszy własnoręcznie wykonany sprzęt, jeśli tylko umożliwi nawiązanie dwustronnej łączności.

Zanim jednak zabierzemy się do budowy urządzeń krótkofalarskich musimy przygotować sobie podstawowy sprzęt pomiarowy.

Zmontowanie układu elektronicznego według schematu nie gwarantuje jeszcze uzyskania sukcesu technicznego. Urządzenia analogowe, do których zaliczane są urządzenia nadawczo-odbiorcze, wymagają wielu regulacji oraz dobierania wartości elementów. Można tutaj wyliczyć całą listę niezbędnych przyrządów pomiarowych, takich jak generatory, mierniki częstotliwości czy oscyloskopy.

Do niezbędnego minimum, jakie musimy posiadać, rozpoczynając budowę choćby najprostszego odbiornika nasłuchowego, należy miernik uniwersalny umożliwiający bezpośrednią kontrolę prądów, napięć i rezystancji oraz pomiar napięć wysokich częstotliwości za pomocą specjalnej sondy w.cz. Drugim ważnym przyrządem jest falomierz-generator, który będziemy określali skrótem TDO (Trans – Dip – Oscillator). Zastępuje on, podobnie jak miernik uniwersalny, kilka drogich przyrządów pomiarowych.

Opiszemy więc sposób wykonania tych dwóch niezbędnych przyrządów.

### Przyrząd uniwersalny

W handlu spotyka się różne przyrządy uniwersalne z serii UM (UM200, UM202, UMZ, UM112) w ce-

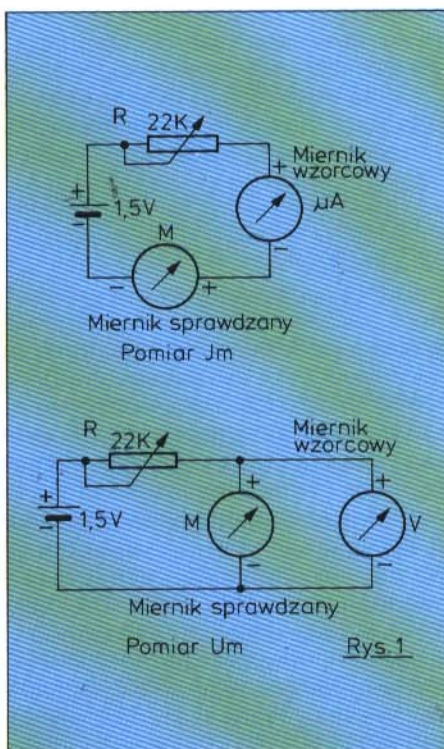
## MIERNIKI KRÓTKOFALOWCA

nie kilkaset tysięcy złotych. Proponowany przez nas do wykonania miernik jest przede wszystkim dużo tańszy od fabrycznego. Opisany przyrząd służy do pomiarów napięć stałych i zmiennych, prądów stałych oraz rezystancji.

Podstawową częścią przyrządu jest miernik wychyłowy. Od jego parametrów zależy dokładność pomiarów zbudowanego miernika. Najlepsze będą tutaj mikroamperomierze z dużą skalą i lusterkiem. Powinny one mieć czułość co najmniej 100  $\mu$ A. Przy zastosowaniu mikroamperomierza o gorszej czułości (np. 1 mA) przyrząd należy traktować jako wskaźnik.

Przed rozpoczęciem budowy układu należy zmierzyć czułość ustroju pomiarowego ( $I_m$ ) oraz rezystancję wewnętrzną  $R_w$  (rys. 1). W tym celu łączymy miernik ze źródłem prądu stałego (np. ogniwo R6–1,5 V) w szereg z potencjometrem o rezystancji 20 kiloomów oraz przyrządem wzorcowym.

Przed dołączeniem zasilania poten-



cjometr ustawiamy w położenie maksymalnej wartości rezystancji. Po włączeniu zasilania zmniejszamy jego rezystancję aż do momentu, gdy wskazówka sprawdzanego miernika ustawi się na końcu skali i odczytujemy wartość prądu  $I_m$  na przyrządzie wzorcowym.

Następnie mierzymy spadek napięcia  $U_m$  na zaciskach sprawdzanego ustroju pomiarowego (również przy pełnym wychyleniu) i obliczamy wartość rezystancji wewnętrznej ze wzoru:

$$R_w = \frac{U_m}{I_m}$$

W rozwiązaniu modelowym zastosowano mikroamperomierz o czułości 100  $\mu$ A i jego rezystancji wewnętrznej 1 k. Przyjęto następujące zakresy pomiaru natężenia: 200  $\mu$ A, 100 mA i 1 A oraz zakresy pomiaru napięcia: 1 V, 10 V, 100 V, 500 V. Przewidziano również zakresy napięcia zmiennego: 10, 100, 500 V oraz jeden zakres omomierza o maksymalnej wartości pomiarowej 20 k.

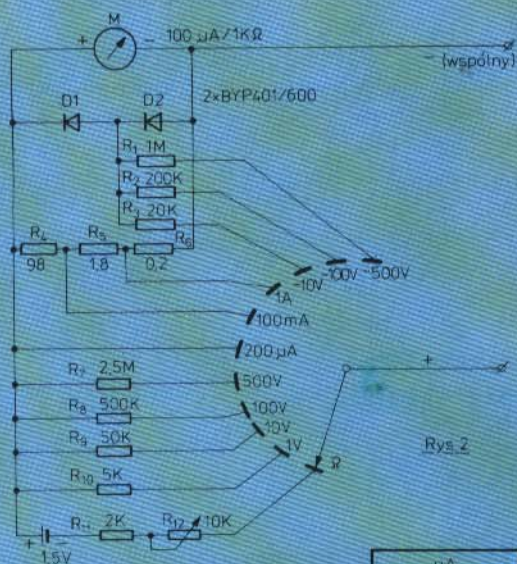
Schemat ideowy przyrządu uniwersalnego jest przedstawiony na rys. 2. Zmiany zakresów przyrządu odbywają się za pomocą 11-pozycyjnego przełącznika obrotowego. Zamiast przełącznika można wykorzystać gniazda pomiarowe (radiowe) i dokonywać przełączeń przez odpowiednie podłączenie przewodu wspólnego.

W przyrządzie zastosowano boczny uniwersalny dołączony na stałe do miernika. Suma rezystorów wchodzących w skład bocznika jest równa rezystancji wewnętrznej miernika, czyli 1000 omów ( $R_4 + R_5 + R_6 = R_w$ ). Z tego względu przy pomiarze prądu 200  $\mu$ A przez bocznik i przez miernik płynie prąd po 100  $\mu$ A.

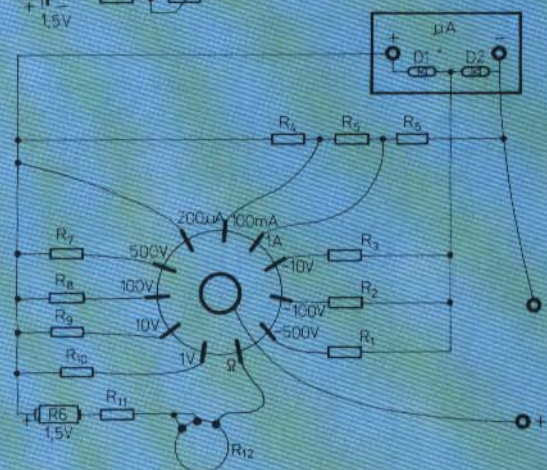
Przeliczenie wartości rezystorów bocznika należy rozpocząć od rezystora dla największego zakresu pomiarowego dla natężenia prądu ( $R_6$ ). Korzystamy ze wzoru:

$$R_b = \frac{R_w}{n-1} \quad \text{gdzie: } n = \frac{I_z}{I_m}$$

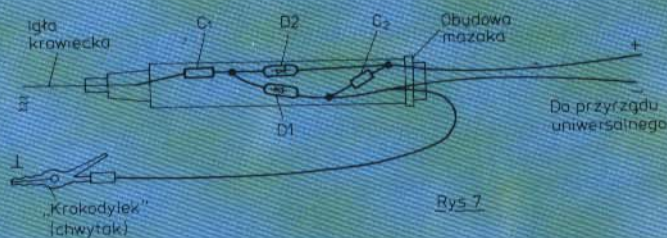
Przyjmujemy do obliczeń  $R_w = 2000$  omów (całkowita rezystancja bocznika uwzględniająca rezystancję miernika)



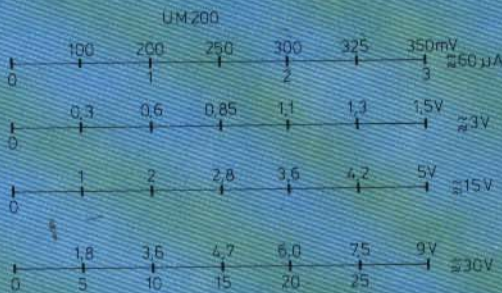
Rys. 2



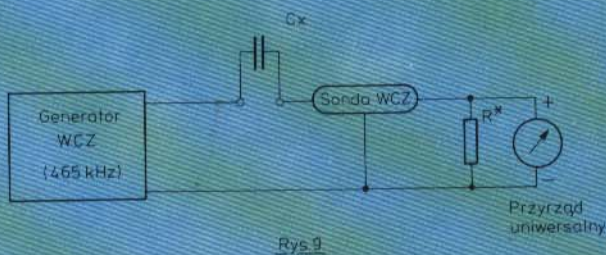
Rys. 3



Rys. 7



Rys. 8



Rys. 9

zatem:

$$R_6 = \frac{2000}{\frac{1}{0,0001} - 1} = 0,2 \text{ oma}$$

$$R_5 = \frac{2000}{\frac{1}{0,001} - 1} - R_6 = 2 - 0,2 = 1,8$$

W podobny sposób wyliczamy  $R_4$  (98 omów).

Rezystory szeregowe woltomierza obliczamy ze wzoru:

$$R_s = \frac{U_z - I_m \times R_w}{I_m}$$

Do tych obliczeń przyjmujemy  $I_m = 200 \mu\text{A}$  (0,0002 A) oraz  $R_w = 500$  omów (równoległe połączenie rezystancji wewnętrznej miernika oraz rezystancji bocznika).

Dla przyrządu obliczamy rezystor  $R_7$  ( $U_z = 500 \text{ V}$ )

$$R_7 = \frac{500 - (0,0002 \times 500)}{0,0002} =$$

$$= 2500000 \text{ omów} = 2,5 \text{ M}$$

Im mniejsza wartość mierzonego napięcia, tym rezystor  $R_s$  ma mniejszą wartość, np. dla zakresu  $U_z = 1 \text{ V}$

$$R_{10} = \frac{1 - (0,0002 \times 500)}{0,0002} =$$

$$= 5000 \text{ omów} = 5 \text{ k}$$

W podobny sposób wyliczamy potrzebne wartości rezystorów  $R_8$  i  $R_9$ .

W celu umożliwienia pomiaru napięcia zmiennego zastosowano prostownik w układzie szeregowo-równoległym z diodami  $D_1, D_2$ . Przez przyrząd płyną tylko impulsy prądowe jedнокierunkowe. Wskazówka miernika reaguje na ich wartość średnią. Wartość średnia prądu (wynikająca z impulsów półkreso-

wych) jest mniejsza od wartości skutecznej prądu zmiennego:

dlatego rezystory szeregowe  $R_1, R_2,$

$$U_{Ar} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_{sk}$$

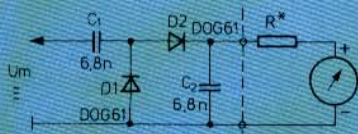
$R_3$  są znacznie mniejsze od rezystorów  $R_7, R_8, R_9$  przewidzianych dla tych samych zakresów napięcia stałego. Wartość rezystorów  $R_1, R_2, R_3$  zależy od zastosowanych diod i powinna być dobrana praktycznie przez porównanie wskazań przyrządu ze wskazaniami innego woltomierza wzorcowego.

Źródłem napięcia dla omomierza jest ogniwo  $R_6$  (1,5 V). Potencjometr  $R_{12}$  służy do ustawienia wskazówki miernika na maksymalne wychylenie przy zwarciu zacisków „-” i „+”.

Skalę przyrządu najwygodniej jest podzielić na 10 podstawowych działek, stosując przy odczycie odpowiedni dla danego zakresu pomiarowego mnożnik (2, 10, 50). Początek skali o-

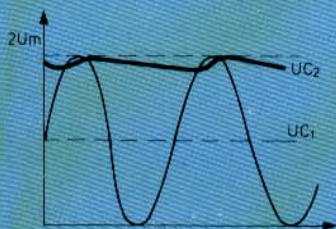


Rys. 4



Rys. 5

Przyrząd uniwersalny zakresy: 200 µA, 1V, 10V



Rys. 6

momierza („0”) wypadła na działkę oznaczoną „10”.

Układ elektryczny przyrządu wykonano sposobem przestrzennym, między stykami przełącznika obrotowego (rys. 3). Obudowa przyrządu będzie zależała od rozmiarów miernika. Z tego względu należy wykonać ją samodzielnie lub wykorzystać gotową obudowę z tworzywa sztucznego (rys. 4).

Po zmontowaniu przyrząd należy wyskalować przez porównanie z przyrządem wzorcowym. Jeżeli zastosowany przyrząd ma na skali 10 działek, to należy umieścić tylko podziałkę omomierza. Do skalowania omomierza można wykorzystać rezystory wzorcowe.

Rezystancja wejściowa woltomierza wynosi 5 k/V.

#### Diodowa sonda w.cz. do przyrządu uniwersalnego

Pomiaru napięć wysokiej częstotliwości można dokonać za pomocą multimetrów elektronicznych, np. V

640 lub oscyloskopu. W naszych warunkach ze względu na trudności związane z nabyciem oraz wysoką ceną wymienionych przyrządów, pomiar napięć w.cz. można wykonać za pomocą przyrządu uniwersalnego oraz specjalnie w tym celu wykonanej sondy w.cz. Opisywana sonda została sprawdzona z przyrządem uniwersalnym wykonanym własnoręcznie oraz z przyrządem typu UM200. Zapewnia ona pomiar napięć wielkiej częstotliwości 0,1 +50 MHz w zakresie 0,1 + 10 V.

Schemat elektryczny sondy jest przedstawiony na rys. 5. Układ działa w ten sposób, że podczas pierwszego ujemnego półokresu przyłożonego napięcia zmiennego kondensator  $C_1$  ładuje się przez diodę  $D_1$  do wartości szczytowej  $U_m$  (rys. 6). Podczas następnego dodatniego półokresu następuje ładowanie kondensatora  $C_2$  do wartości równej w przybliżeniu sumie napięć na kondensatorze  $C_1$  i  $U_m$  (tj.  $2 \times U_m$ ). Z tego względu układ jest często nazywany podwajaczem napięcia. Czulość przyrządu zależy od czułości ustroju pomiarowego, użytych diod i wartości rezystora  $R_1$ . Im większa jest wartość  $R_1$  tym bardziej jest liniowa skala woltomierza, lecz mniejsza jego czulość. Funkcję tego rezystora spełniają dodatkowe rezystory umieszczone wewnątrz przyrządu uniwersalnego. Diody  $D_1$ ,  $D_2$  powinny charakteryzować się dużą częstotliwością graniczną, małym napięciem przewodzenia, małą pojemnością oraz dużym napięciem wstecznym. Najlepsze będą tutaj diody DG 507 stosowane w fabrycznych sondach typu P225, choć z powodzeniem można zastosować diody ostrzowe germanowe starszego typu DOG... (DOG 61 w rozwiązaniu modelowym). Górny zakres mierzonego napięcia (10 V) zależy od wartości szczytowych napięcia wstecznego zastosowanych diod. Pomiar napięć większych od 10 V można wykonać za pomocą rezystancyjnego dzielnika napięcia (wskazanie przyrządu trzeba pomnożyć przez liczbę wynikającą ze stopnia podziału). Kondensator  $C_1$  ze względów bezpieczeństwa powinien charakteryzować się dużym napięciem przebicia, np. 1 kV. Duże napięcie przebicia jest konieczne z tego względu, że podczas pomiarów, szczególnie w obwodach anodowych, stopni końcowych w.cz. może zdarzyć się, że składowa stała napięcia wynosi kilkaset woltów. Przy zastosowaniu sondy do urządzeń tranzystorowych kondensator  $C_1$  może być na napięcie 250 V.

Elementy sondy można zamontować wewnątrz obudowy grubego fla-

mastra. Grot sondy może stanowić igła krawiecka (rys. 7). Wyjście sondy można wykonać cienkim przewodem ekranowym (niekoniecznie) zakończonym wtyczkami bananowymi. Oprócz grotu sonda musi mieć jeszcze wyprowadzoną masę w postaci odcinka linki izolowanej, zakończony np. popularnym krokodylkiem przylutowanym do końcówki przewodu.

Po wykonaniu sondy trzeba ją indywidualnie wyskalować. Do tego celu potrzebny będzie generator w.cz., np. o częstotliwości 1 MHz z kalibrowanym napięciem wyjściowym. Warto wykonać tutaj nomogram, na podstawie którego można łatwo stwierdzić, jakiej wartości napięcia w.cz. odpowiada wartość wskazywana przez nasz przyrząd. Przykładowy nomogram modelowej sondy w.cz. sporządzony do przyrządu UM 200 jest przedstawiony na rys. 8.

Pomiar napięć o wartościach do 0,5V przedstawioną sondą, podobnie zresztą jak i sondą fabryczną P225, jest tylko orientacyjny. Przy pomiarach napięć niesinusoidalnych powstaje uchyb. Dla napięć piłokształtnych wskazania będą o około 4% mniejsze, zaś dla napięć o przebiegach prostokątnych większe około 10%. Przy korzystaniu z sondy podczas strojenia obwodów rezonansowych LC należy w miarę możliwości dołączać ją do niskiego odczepu bądź do cewki sprzęgającej, która najczęściej ma małą liczbę zwojów (ze względu na rozstrajający wpływ na obwody).

Oprócz pomiarów napięć w.cz. w konstruowanych urządzeniach krótkofalarskich opisaną sondę można również wykorzystać do określania pojemności kondensatorów od kilku pF aż do kilku nF. Układ pomiarowy do określania pojemności kondensatorów jest przedstawiony na rys. 9. W tym celu potrzebny będzie generator w.cz. (może nim być np. TDO, który opiszemy w jednym z kolejnych numerów „Młodego Technika”) oraz znana nam już sonda w.cz. z dodatkowym dobranym rezystorem. Wychylenie wskazówki przyrządu jest proporcjonalne do reaktancji kondensatora  $C_x$ . Dodatkowym rezystorem  $R$  ustala się pełne wychylenie wskazówki, np. dla pojemności 100 pF. Mając kilka znanych wartości kondensatorów można wyskalować skalę przyrządu w pF.

Andrzej Janeczek  
SP5AHT