

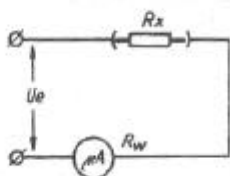
## UNIWERSALNE PRZYRZĄDY POMIAROWE

### (Część II)

W uniwersalnych przyrządach pomiarowych powszechnie stosowana jest metoda podziału napięć lub prądów między opornik o znacznej wartości omowej ( $R_x$ ) i między oporność wewnętrzną przyrządu ( $R_w$ ), która jest włączona szeregowo lub równoległe do określonego układu. Jeśli wybiera się takie napięcie pomiarowe, że wskazówka pokazuje koniec skali, to przy tym samym napięciu wskaz powinien wypaść w połowie skali po dodaniu opornika  $R_x$ . Jak z tego wynika, opornik ten jest równy oporności  $R_w$ . Wartość oporności wewnętrznej przyrządu jest wykazywana na połowie skali danego zakresu, a do wychylenia wskazówki do końca skali potrzebny jest prąd pomiarowy  $I_e$ , napięcia  $U$ .

Jeśli do czynnej wewnętrznej oporności wskaźnika dodamy odpowiednie oporniki szeregowo lub równoległe, to można określić granice pomiaru dla poszczególnych zakresów. Dla pomiaru dużych wartości oporników oporność wewnętrzną wskaźnika powinna być również duża, aby korzystać z reguły dotyczącej dzielników napięć (połączenia woltometryczne). Dla małych wartości oporności stosuje się regułę dzielenia prądów w połączeniu z przyrządem o małej oporności wewnętrznej (połączenia amperometryczne).

Praktycznie rozwiązuje się ten problem przez równoległe połączenie z systemem woltomierza odpowiednio małych oporności. W tym przypadku jako podstawę dla obliczeń przyjmujemy oporność systemu ruchomego. Zakresy powiększamy przez dołączenie w szeregach odpowiednich oporników, a zmniejszamy przez połączenie określonych wartości oporników równoległych. Umożliwia to ustalenie odpowiednich



Rys. 10

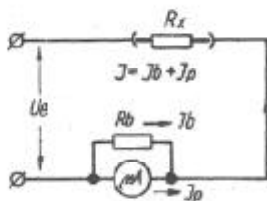
zakresów pomiarowych oporności, dostosowanych do potrzeb użytkowników. Aby można było korzystać z jednej skali przyrządu, w obu przypadkach stosuje się metodę dzielenia napięcia.

Przy bezpośrednim zastosowaniu wskaźnika jako omomierza (rys. 10) z szeregowo przyłączonym opornikiem  $R_x$ , wartość średnia zakresu (50 kreska pośrodku skali) wystąpi przy oporności 1000 omów i umożliwi pomiar w granicach od 100 omów do 10 kiloomów.

Dla  $R_x = 0$  (zaciski wejściowe miernika zwarte) nastąpi pełne wychylenie wskazówki, a dla  $R_x = \infty$  (rozwarne zaciski miernika) zerowe rozszerzenie wskazań omomierza następuje przez zmianę oporności szeregowych na większe, co powoduje zmianę mierzonych wielkości wwyż. Potrzebne do tego oporniki szeregowo można łatwo wyliczyć ze wzoru:

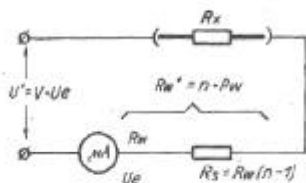
$$R_s = R_w (n - 1)$$

Na rys. 11 pokazano układ miernika napięcia o oporności wewnętrznej  $R_w = n \cdot R_w$  i z zakresem pomiaru  $U' = b \cdot U_e$ : Wybierając np.  $n = 20$ , otrzymujemy:  $R_s = 10 \cdot (20 - 1) = 19$  kiloomów, a  $U' = 20 \cdot 0,1 = 2$  V.



Rys. 11

Średnia wartość zakresu dla pomiaru oporności jest określona przy 20 kiloomach i umożliwia dobry odczyt mierzonych wielkości od 2 do 200 kiloomów, podczas gdy już odczyt z zakresu od 1 kilooma do 1 megaoma będzie różnił się dokładnością. Do zasilania układu można zastosować 3 V baterię lub dwa ogniwa po 1,5 V połączone szeregowo. Wybór takiej wielkości napięcia stwarza pewną nadwyżkę (około 1 V), którą



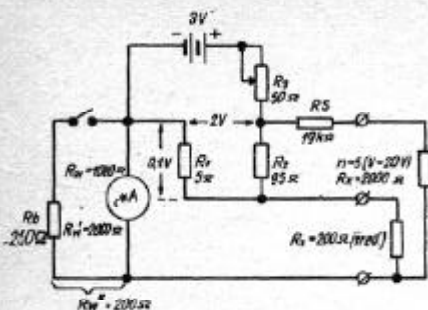
Rys. 12

można dysponować w miarę wyczerpywania się baterii.

W celu pomniejszenia zakresu pomiarowego np. 1 :  $n$  razy, należy do miernika przyłączyć oporniki równoległe (rys. 12). Napięcie pomiarowe  $U_e = 0,1$  V pozostaje wtedy niezmiennione, podczas gdy prąd wzrośnie „ $n$ ” razy. Wartość opornika równoległego ( $R_b$ ) da się łatwo obliczyć ze wzoru:

$$R_b = R_w : (n - 1)$$

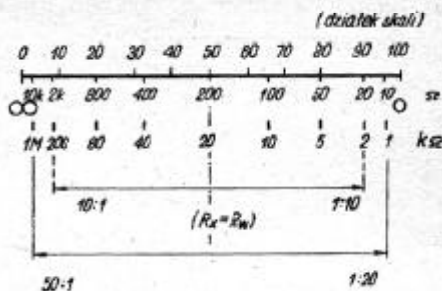
Wybierając  $n = 1/5$  otrzymamy, że  $R_b = 1000 : 4 = 250$  omów lub 0,25 kilooma. Czynna oporność wewnętrzna  $R_w' = 1/5 \cdot 1000 = 200$  omów. Prawidłowy odczyt będzie zapewniony dla zakresu od 20 omów do 2000 omów, a dostateczna ocena wartości mierzonego opornika od 10 omów do 10 kiloomów. Oba podane układy zapewniają dobry odczyt skali omowej od 20 omów do 200 kiloomów i od 1000 omów do 1 megaoma, jeżeli napięcie zasilające układ jest równe 3 V. Oczywiście zakresy te, chociaż umożliwiają dość dużą rozpiętość pomiaru oporności, nie wyczerpują w pełni zagadnienia. W sporadycznych przypadkach można opisane zakresy powiększyć



Rys. 13

wzwyż stosując odpowiednio wyższe napięcia pomiarowe lub pomiar bezpośredni. Praktyczne rozwiązanie przełącznika zakresów oporności jest pokazane na rys. 13. Oba napięcia  $U_c = 0,1$  V i  $U = 2$  V są wytworzone przez niskoomowy dzielnik napięć, który przy swojej łącznej oporności 150 omów pobiera z baterii prąd 20 miliamperów. Na oporniku R1 (5 omów) występuje spadek napięcia 0,1 V, a na obu opornikach R1 + R2 (5 + 95 omów) — wynoszący 2 V. Regulowany opornik R3 (50 omów) przepuszczający prąd 20 mA pobierany przez dzielnik napięcia, wykorzystywany jest do ustawienia wskazówki przyrządu w położeniu końcowym, podczas gdy zaciski Rx są zwarte na krótko. Błąd pomiarowy, który powstaje przy prądzie pomiaru (0,5 mA względnie 0,1 mA, przy końcowym wychyleniu wskazówki) dzięki niskoomowemu dzielnikowi napięcia jest zawarty w granicach dopuszczalnych dla tego typu pomiarów.

Praktyczne rozwiązanie układu będzie zależne od wybranych zakresów prądowych i napięciowych. Dla niskoomowych zakresów przewiduje się przyłączenie równoległego opornika Rb (250, omów) za pomocą podwójnego wtyku. Opornik szeregowy Rs (19 000 omów) jest związany z przyłączeniem danego zakresu i wykorzystuje wspólny przewód zerowy. Włączenie ogniwa odbywa się wyłącznikiem „W” tylko na



Rys. 14

okres trwania pomiaru, aby uniknąć niepotrzebnego poboru prądu.

#### Sporządzanie skali omomierza

Wzory słuszne dla dzielników napięcia ( $R_x : R_w$ ) można będzie zastosować przy opracowaniu skali omomierza. Zależność między wartością skali Rx a liniową skalą miernika przedstawia rys. 14.

Tabela do sporządzenia skali omowej

Oporność Rx	Działki skali
0	100
0,01 × R <sub>w</sub>	99
0,05 × R <sub>w</sub>	95
0,1 × R <sub>w</sub>	91
0,11 × R <sub>w</sub>	90
0,2 × R <sub>w</sub>	83
0,25 × R <sub>w</sub>	80
0,33 × R <sub>w</sub>	75
0,43 × R <sub>w</sub>	70
0,5 × R <sub>w</sub>	66,6
0,66 × R <sub>w</sub>	60
R <sub>x</sub> = R <sub>w</sub>	50
4,5 × R <sub>w</sub>	40
2 × R <sub>w</sub>	33
2,3 × R <sub>w</sub>	30
3 × R <sub>w</sub>	25
4 × R <sub>w</sub>	20
5 × R <sub>w</sub>	16,6
9 × R <sub>w</sub>	10
10 × R <sub>w</sub>	9,1
19 × R <sub>w</sub>	5
20 × R <sub>w</sub>	4,75
50 × R <sub>w</sub>	1,96
99 × R <sub>w</sub>	1
100 × R <sub>w</sub>	0,99







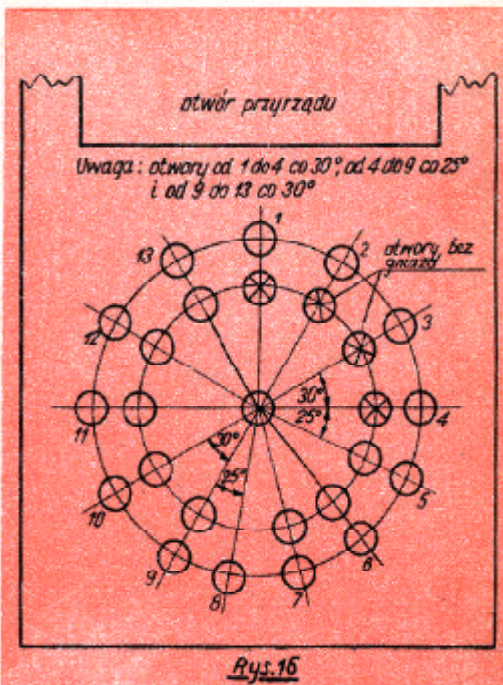
## Wykaz elementów przyrządu uniwersalnego

1.	Wskaźnik wskazówkowy (50 mikroamperów)	1 szt.
2.	Przełącznik wykonany wg opisu	1 ..
3.	Zaciski laboratoryjne	4 ..
4.	Gniazda „radiowe”	16 ..
5.	Płyty z materiału izolacyjnego na płytkę czołową i boczną	
6.	Prostownik selenowy do 50 mA	
7.	Potencjometr drutowy 1200 omów	
8.	Opornik R1 — 0,16 $\Omega$ drutowy	
9.	.. R2 — 0,47 $\Omega$ ..	
10.	.. R3 — 2,6 $\Omega$ ..	
11.	.. R4 — 13,0 $\Omega$ ..	
12.	.. R5 — 30,0 $\Omega$ ..	
13.	.. R6 — 45,5 $\Omega$ ..	
14.	.. R7 — 259 $\Omega$ ..	
15.	.. R8 — 600 $\Omega$ masowy	
16.	.. R9 — 180 $\Omega$ ..	
17.	.. R10 — 250 $\Omega$ drutowy	
18.	.. R11 — 250 $\Omega$ ..	
19.	.. R12 — 350 $\Omega$ ..	
20.	.. R13 — 350 $\Omega$ ..	
21.	.. R14 — 635 $\Omega$ ..	
22.	.. R15 — 280 $\Omega$ ..	
23.	.. R16 — 140 $\Omega$ ..	
24.	.. R17 — 676 $\Omega$ ..	
25.	.. R18 — 109 $\Omega$ ..	
26.	.. R19 — 19 $\Omega$ masowy	
27.	.. R20 — 250 $\Omega$ drutowy	
28.	.. R21 — 5050 $\Omega$ ..	
29.	.. R22 — 19 k $\Omega$ masowy	
30.	.. R23 — 99 k $\Omega$ ..	
31.	.. R24 — 499 k $\Omega$ ..	
32.	Opornik R25 — 2 M $\Omega$ ..	
33.	.. R26 — 6 M $\Omega$ ..	
34.	.. R27 — 16 M $\Omega$ ..	

Wszystkie oporniki masowe zostały wybrane z oporników o tolerancji 10%, a obciążalność ich wynosi 0,5 W.

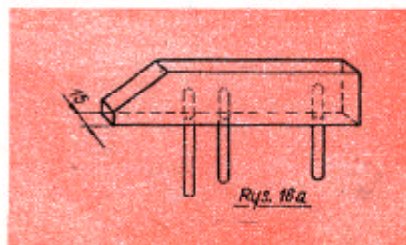
4) Oporność: 10 omów do 1 megaoma. Możliwość odczytu od 20 omów do 200 kiloomów.

Jak już wspomnieliśmy, prostota wykonania przyrządu miała polegać na wyeliminowaniu skomplikowanego układu przełączającego, w zamian za który zastosowano odpowiednio łączone wtykiem gniazda (rys. 16). Ze względu na to, że dla zakresu prądu stałego, napięć zmiennych, oraz omomierza przewidziano zwracanie wtykiem 3 gniazd jednocześnie, a dla woltomierza prądu stałego tylko 2 gniazd (zerowe + gniazdo zakresowe), otwory dla wtyku środkowego na

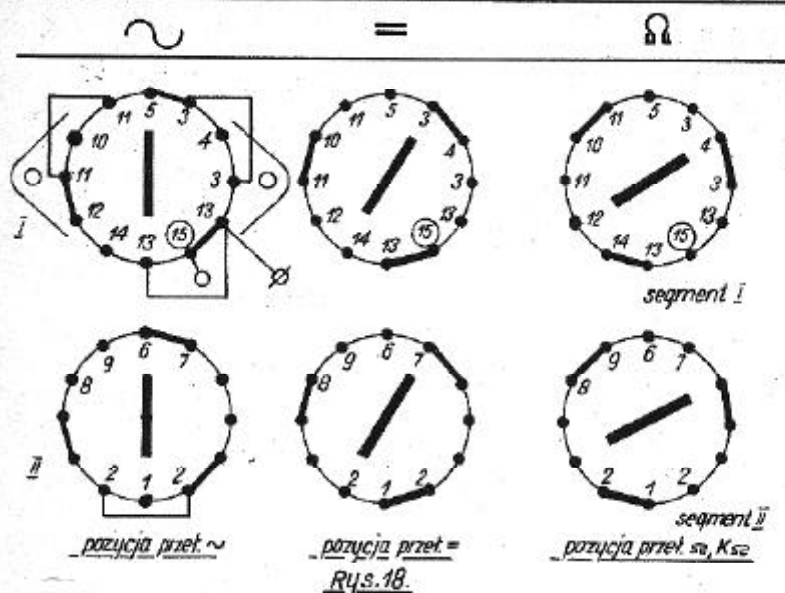


tych zakresach powinny pozostać puste (bez gniazd). Promieniowe rozmieszczenie gniazd na płytce wierzchniej powinno być wykonane starannie, ponieważ niewielkie różnice w odległościach wywierconych otworów od środka, mogą uniemożliwić wciśnięcie wtyku do zespołu gniazd odpowiedniego zakresu.

Wspólne dla wszystkich zakresów gniazdo zacisku wejściowego jest środkiem okręgów, na których rozmieszczą-







Rys. 18.

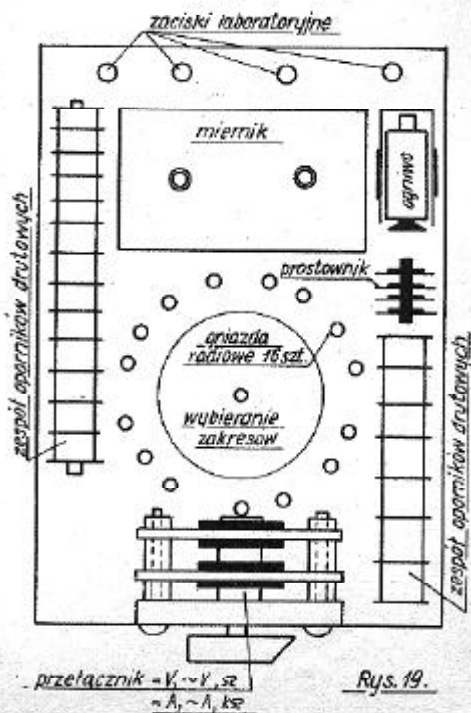
gniazd podwójnych dla jednego i tego samego zakresu pomiarowego.

Schemat przyrządu przedstawiony jest na rys. 17. Zespół oporników nawinięty został na dwóch prętach wykonanych z materiału izolacyjnego, a poszczególne oporniki oddzielone są przegrodami z preszpanu.

Prostownik w układzie Graetzka, składa się z 4 odpowiednio połączonych płytek selenowych, wytrzymujących obciążenia prądem w granicach 50 mA.

Schemat pokrętnego przełącznika rodzaju pomiarów, który składa się z dwóch odpowiednio przerobionych segmentów przełącznika stosowanego w odbiornikach radiowych, przedstawia rys. 18. Przełącznik ten jest umieszczony na przedniej płytce przyrządu stanowiącej całość z płytą czołową. Rozmieszczenie poszczególnych części w obudowie wyjaśnia rys. 19.

Tomasz Kamiński



przełącznik = V, ~ V, Ω  
= A, ~ A, Ksz

Rys. 19.