



Czyszczenie, gładzenie i polerowanie różnych przedmiotów może nam znacznie ułatwić najbardziej uniwersalne narzędzie majsterkowicza – elektryczna wiertarka, jeżeli uzupełnimy ją przystawką szlifierską. Opis wykonania takiej przystawki drukujemy na str. 66.



UNIERSALNY PRZYRZĄD POMIAROWY DO CELÓW POKAZOWYCH

Miernik magnetoelektryczny, wyposażony w odpowiednie boczniki, posobniki oraz prostownik, może pełnić rolę przyrządu pomiarowego o uniwersalnym zastosowaniu. Produkowane fabrycznie uniwersalne przyrządy pomiarowe mają bardzo rozbudowane układy dodatkowe, dzięki czemu charakteryzują się one dużą dokładnością wskazań. Jednak taka konstrukcja nie jest zbyt pogładowa. Po prostu, trudno na pierwszy rzut oka rozróżnić się w dużej ilości elementów i gmatwaninie przewodów. Tak więc „poglądowa” tablica z rozłożonym na płaszczyźnie układem typowego przyrządu uniwersalnego ma mało zalet dydaktycznych i, co najwyżej, nadaje się do szkół specjalistycznych. Ze względu na konieczność zapoznania uczniów szkoły dziesięcioletniej z zasadami działania przyrządu uniwersalnego, o czym mówią założenia programu nauczania przedmiotu „technika i praca”, trzeba dysponować prostym, łatwym do zrozumienia modelem. Nie musi to być przyrząd wysokiej klasy, ale powinien on dawać odpowiednie wyniki pomiarów i być rzeczywiście przyrządem uniwersalnym.

Skonstruowanie pogładowego układu, zapewniającego jednocześnie dużą dokładność wskazań, jest niezmiernie złożonym problemem, ponieważ pojawia się wówczas szereg koniecznych do spełnienia, a sprzecznych warunków. Z drugiej strony wiadomo, że Czytelnicy tego działu mają niejednokrotnie mierniki, które chcieliby wykorzystać do różnych pomiarów. Dlatego też, postanowiliśmy zaprojektować układ przyrządu modułowego, spełniający główny cel artykułu i ponadto nadający się do wykorzystania, w całości lub częściowo, w praktyce amatorskiej.

Proponowany przyrząd ma zupełnie niezłą dokładność jako woltomierz i amperomierz prądu stałego i jest również dobrym omomierzem. Natomiast jako woltomierz prądu przemiennego pracuje nieco mniej precyzyjnie, to samo dotyczy ampero-

mierza zmiennoprądowego. Jednak błędy występujące w czasie takich pomiarów, nie są na tyle duże żeby przekreślały sens mierzenia. Właściwie, można mieć tylko zastrzeżenie do amperomierza prądu przemiennego, bowiem ma on znaczny opór wewnętrzny, spowodowany nieuniknionym spadkiem napięcia na prostowniku.

Zakresy pomiarowe:

Woltomierz prądu stałego

1. – do 10 V,
2. – do 100 V,
3. – do 1000 V.

Woltomierz prądu przemiennego

1. – do 10 V,
2. – do 100 V,
3. – do 1000 V.

Amperomierz prądu stałego

1. – do 10 mA,
2. – do 100 mA,
3. – do 1000 mA.

Amperomierz prądu przemiennego

1. – do 10 mA,
2. – do 100 mA,
3. – do 1000 mA.

Omierz (zakres zależny od czułości użytego miernika)

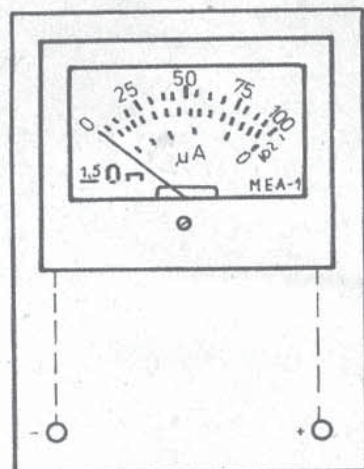
1. $\times 1$,
2. $\times 10$,
3. $\times 100$.

Galwanometr prądu stałego

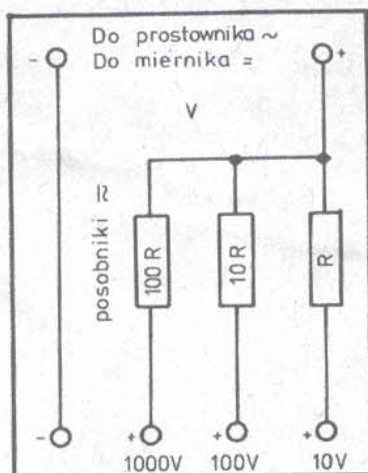
1. Zakres pomiarowy użytego miernika.

Galwanometr prądu przemiennego

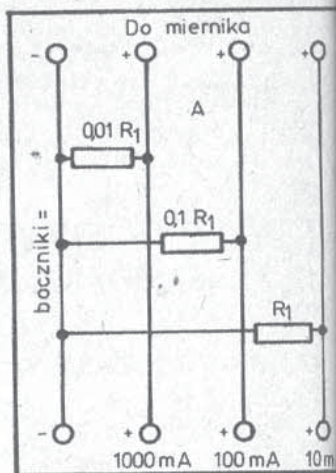
1. Zakres pomiarowy użytego miernika.



A

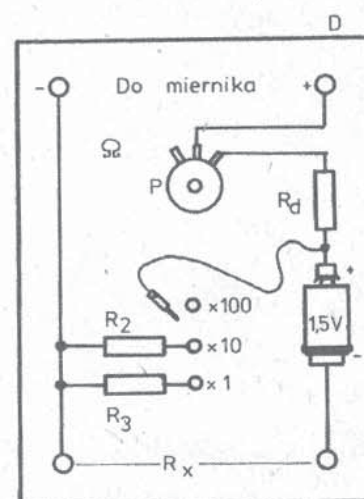


B

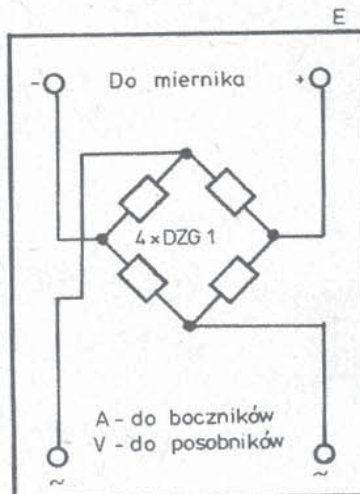


C.

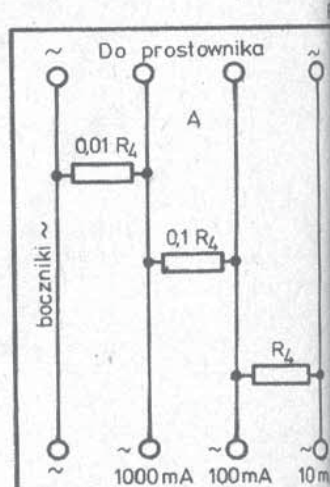
RYS 1



D



E



F

Podzespoły modułowe:

- plytka z miernikiem magnetoelektrycznym (amperomierz od $100 \mu\text{A}$ do 1 mA),
- plytka z posobnikami (opornikami dodatkowymi woltomierza),
- plytka z bocznikami amperomierza prądu stałego,
- plytka z układem omomierza,
- plytka z prostownikiem mostkowym,
- plytka z bocznikami amperomierza prądu przemiennego.

Ogólny widok modułów przyrządu przedstawia rys. 1 a, b, c, d, e, f, gdzie oznaczenia literowe

odpowiadają oznaczeniom wymienionych modułów. Wymiary płytek (dla celów pokazowych powinny być duże, z daleka widoczne), są uzależnione od wielkości użytych elementów, oraz wielkości miernika. Ze względu na pokazowy charakter przyrządu miernik powinien być przystosowany do pracy pionowej (dla majsterkowicza lepszy byłby miernik przystosowany do pracy poziomej lub pod niewielkim kątem). Pod płytkami należy przymocować (np. przykleić) silne magnesy ferrytowe, za pomocą których można będzie przyczepiać moduły do tablicy magnetycznej. Połączenia między elementami modułów trzeba wykonać sztywnym przewodnikiem, w grubej, kolorowej izolacji. Na elementach, lub w ich sąsiedztwie, powinny się znaleźć czytelne napisy, podające wartości albo nazwy elementów. Tak samo należy oznakować gniazda ra-

diowe, stosowane na płytkach zamiast zacisków. Połączenia między modułami wykonuje się za pomocą kilkunastocentymetrowych, giętkich przewodników w kolorowej izolacji, zakończonych wtykami bananowymi. Do kompletu wystarczą cztery przewody połączeniowe. Ponadto należy przygotować dwa długie przewody-sondy, służące do łączenia źródła wielkości mierzonej z wejściem przyrządu.

Metodyka demonstrowania przyrządu polega na zaznajomieniu z poszczególnymi modułami i wykonywaniu pomiarów, przy użyciu tylko niezbędnych dla danego pomiaru modułów. Na przykład mierząc napięcie stałe (po omówieniu całej konstrukcji) przyłącza się do tablicy magnetycznej moduł (a) – miernik i moduł (b) – posobniki. Moduły łączy się przewodnikami (miernik z posobnikami), a do odpowiedniego wejścia posobników dołącza się mierzone napięcie.

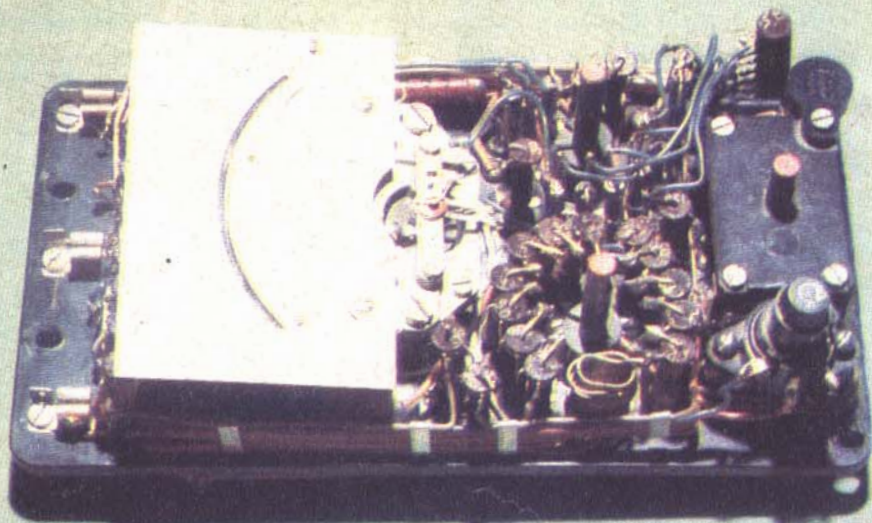
Podczas ćwiczeń uczniowskich podaje się tylko polecenia wykonania określonego pomiaru, nato-

miast uczeń samodzielnie zestawia potrzebne moduły i wybiera zakresy. Warte jest podkreślenia, że czynności ucznia przypominają w tym przypadku czynności wyboru rodzaju pracy i zakresu pomiarowego na normalnym przyrządzie uniwersalnym; a dodatkowo wykazują one, czy uczeń rozumie, na czym polega zmiana rodzaju pracy i zmiana zakresu pomiarowego. Takich efektów nie da się uzyskać w czasie przekręcania przełącznika w tajemniczym pudełku kryjącym fabryczny przyrząd.

Sposób wykonania modułów

Płytki modułów wykonuje się z materiału izolacyjnego grubości 3 – 5 mm, lub z twardej sklejk. W płytkach wierci się otwory pod gniazda radiowe i mocuje elementy, zgodnie z rys. 1. Dla zapewnienia trwałości, elementy i przewody połączeniowe na płytkach można przykleić klejem o własnościach izolacyjnych, np. polistyrenowym. W przypadku użycia sklejk, po wykonaniu płytek trzeba je sta-

Wnętrze uniwersalnego przyrządu pomiarowego UM-4



ranne wygładzić papierem ściernym i polakierować lakierem wodoodpornym. Połączenia między elementami lutujemy.

Dobór miernika

Jako miernika (płytką na rys. 1a) użyjemy amperomierza o możliwie dużej czułości pomiarowej. Do konstrukcji przyrządu nadają się szczególnie mierniki magnetoelektryczne z zakresem pomiarowym w granicach 100 μA do 1 mA, mające klasę pomiarową 1,5 lub 2,5. Ze względu na stosowanie magnesów (mocujących płytki) byłoby dobrze użyć miernika z osłoną ferromagnetyczną.

Najważniejszym, na ogół nieznanym, parametrem miernika jest jego opór wewnętrzny R_w . Mierniki o zakresach pomiarowych rzędu 100 μA mają dość znaczny opór wewnętrzny – średnio 2 – 3 kiloomy, natomiast opór mierników o zakresach rzędu 1 mA wynosi średnio 30–50 omów. Praktycznie opór wewnętrzny wystarczy oszacować, co ułatwia układ przedstawiony na rys. 2. Występujący w tym układzie opór R wyznaczamy ze wzoru: $R=0,9 : I_{\text{max}}$, gdzie I_{max} jest największym prądem wskazywanym przez miernik. Powyższy wzór jest słuszny tylko dla układu z rys. 2, przy założeniu, że napięcie źródła prądu wynosi 1,5 V. Opór potencjometru P jest równy oporności R . Potencjometrem P reguluje się wskazania miernika na pełny zakres pomiarowy. Następnie, równoległe do miernika łączy się oporniki stałe (R_b), do chwili, aż miernik wskaże połowę wartości prądu. Wówczas wypadkowy opór dołączonych oporników jest równy oporności wewnętrznej miernika. Ten opór można wyliczyć, a jeśli nie są znane wartości użytych oporników – zmierzyć omomierzem. Oczywiście, jeżeli wartości dołączanych oporników będą zbyt małe, albo zbyt duże powstaną trudności w znalezieniu właściwego „punktu”. Dla pewności, wyznaczanie oporu wewnętrznego powtarza się trzykrotnie (nie zajmuje to wiele czasu) i bierze wartość średnią. Tę ważną wartość (R_w) należy zanotować. Biorąc iloczyn $I_{\text{max}} \times R_w$ otrzymuje się spadek napięcia U_{R_w} na mierniku (od kilku do kilkuset miliwoltów).

Dobór posobników woltomierza

Na posobniku woltomierza (płytką na rys. 1b) powinien wystąpić spadek napięcia równy różnicy napięcia mierzonego i spadku napięcia na oporności wewnętrznej miernika. Wartość oporności posobników wylicza się ze wzoru:

$$R_p = (U_{\text{zakresu}} - U_{R_w}) : I_{\text{max}}$$

Dla przyjętych zakresów pomiarowych można pominąć niewielkie ΔU_{R_w} , chociaż na zakresie 10 V zaznaczy się już jego wpływ. Stosowanie mniejszych zakresów niż 10 V stanowczo wymaga uwzględnienia ΔU_{R_w} . Na posobniki należy zastosować solidne oporniki węglowe lub metalizowane, o mocy minimum 2 W i możliwie małej tolerancji.

Skalowanie woltomierza prowadzi się na podstawie wskazań wzorcowego miernika elektromagnetycznego klasy 0,5 lub 1, w układzie jak na rys. 3. Jeśli skalowany miernik ma zakres pomiarowy 100 μA lub 1 mA, to nie zachodzi potrzeba zmiany oznakowania podziałki. Wystarczy przyjąć odpowiedni mnożnik. Dla innych mierników można wybrać inne zakresy pomiarowe, albo też przecechować ich podziałkę. Skalowanie prowadzi się na zakresie 10V i 100 V, natomiast dla zakresu 1000 V bierze się posobnik o oporności 10 razy większej niż dla zakresu 100 V. Takie skalowanie polega na precyzyjnym dobraniu oporności posobników. Jeżeli nie zależy na zbytnej dokładności wskazań (np. w przyrządzie pogładowym) wystarczy wyskalować miernik na zakresie 100 V i wziąć opornik 10 razy większy dla zakresu 1000 V i 10 razy mniejszy dla zakresu 10 V. Rzecz jasna, prawidłowe skalowanie polega na dobraniu oporności posobników, tak aby wskazania miernika wzorcowego i miernika skalowanego były identyczne, np. dla wartości napięcia wypadającej przy końcu podziałki miernika skalowanego.

Dobór boczników stałoprądowych

Przez bocznik (płytką na rys. 1c) musi przepływać nadmiar prądu mierzonego,

$$\text{czyli } I_b = I_{\text{zakresu}} - I_{\text{max}}$$

Oporności boczników są znikome, w porównaniu z opornością miernika – około 10, 100 i 1000 razy mniejsze. Boczniki najlepiej wykonać z drutu oporowego (manganinowego), wytrzymującego bez nagrzewania największy prąd zakresowy. Można też użyć innego drutu oporowego, o małym współczynniku temperaturowym oporności. W ostateczności można zastosować na boczniki zwykły drut mosiężny lub, z nieco gorszym rezultatem, miedziany. Oporność drutu oporowego liczy się ze wzoru

$$R = \rho \times l : s$$

gdzie ρ – oporność właściwa,
 l – długość drutu w m, a s – przekrój drutu w mm^2 .

Dla czułych mierników 100–400 μA pomija się opór wewnętrzny na wszystkich zakresach, to znaczy 10, 100 i 1000 mA. Dla mierników od 500 μA do

1 mA, wartość R_w ma znaczenie na zakresie 10 mA. Ponieważ właściwy dobór oporności bocznika praktycznie można przeprowadzić jedynie w układzie pomiarowym, zrezygnujemy z jego wyliczania przyjmując:

- dla zakresu 10 mA - $R_b \approx 0,1 R_w$
- dla zakresu 100 mA - $R_b \approx 0,01 R_w$
- dla zakresu 1 A - $R_b \approx 0,001 R_w$

Układ do skalowania amperomierza przedstawiony jest na rys. 4. Do skalowania używa się wzorcowego amperomierza elektromagnetycznego, mającego odpowiednie zakresy pomiarowe i klasę dokładności 0,5 lub 1. Układ zasilany jest z baterii 1,5 V (np. ogniwo R 20). Prąd w obwodzie reguluje się opornikiem suwakowym 500 Ω /1A. Podobnie jak dla woltomierza skalowanie polega na doprowadzeniu do jednakowych wskazań obu mierników, co uzyskuje się przez regulację długości drutu oporowego danego bocznika. Gotowe boczniki nawijamy na oczyszczone porcelanki z dużych oporników drutowych. O ile używamy miernika o zakresie 100 μ A lub 1 mA, nie zachodzi potrzeba przecechowania podziałki. Dla dokładnych wskazań konieczne trzeba skalować wszystkie zakresy, nawet jeśli dysponujemy czułym miernikiem. Przy mniejszych wymaganiach czuły miernik zwalnia ze skalowania zakresu 10 mA. Wystarczy wtedy wziąć oporność bocznika 10 razy większą niż dla zakresu 100 mA (dziesięciokrotnie dłuższy drut oporowy). Zakres 1 A wymaga ponadto zastosowania drutu oporowego o odpowiedniej średnicy - dla miedzi ok. 0,8 mm.

Moduł omomierza

Do przyrządu zastosowano omomierz (płytką na rys. 1 d) pracujący w układzie szeregowym, to znaczy w układzie, w którym mierzony opór R_x łączy się szeregowo z baterią i miernikiem. Istnieją też omomierze równoległe, ale mają one znacznie mniejsze zakresy pomiarowe. Podstawowy układ omomierza szeregowego przedstawia rys. 5.

Po zwarciu zacisków R_x , mikroamperomierz (miliamperomierz) powinien się wychylić w okolice końca podziałki. Potencjometrem P reguluje się dokładnie wychylenie wskazówki na I_{max} , czyli na „zero” omów. Potencjometr pozwala zatem skompensować zmiany napięcia baterii, powstające z upływem czasu. Wartość oporności $R_d + P + R_w$ powinna zapewnić wychylenie miernika na I_{max} . Zakładając napięcie baterii $U = 1,5$ V (nowe ogniwo), obliczymy przybliżoną wartość $R_d + P + R_w = 1,5 : I_{max}$. Ponieważ R_w jest stałe, dobieramy tylko R_d i P, przy czym P ma wartość około $1/3 R_d + R_w$.

Jako P stosuje się potencjometry drutowe. Dla maksymalnego oporu P wychylenie miernika przypada tuż przed końcem podziałki - zero omów. Dzięki temu, wraz z zużyciem baterii można zmniejszać opór P i sprowadzać miernik do pełnego wychylenia.

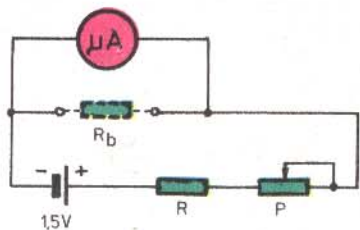
Skalowanie omomierza wykonuje się w tym samym układzie z rys. 5. Właściwie jest to cały omomierz jednozakresowy. Najpierw zwiera się zaciski R_x i reguluje wskazania na I_{max} . Teraz zaznacza się na tarczy podziałkowej miernika „0 omów” (niestety, trzeba w tym celu wyjąć miernik z obudowy - polecamy przy tym dużą ostrożność). Następnie pod zaciski R_x łączy się oporniki o znanej wartości i małej tolerancji (najlepiej 1%). Wskazania miernika zaznacza się (tymczasowo) w omach lub kiloomach. Zależą one od wartości użytego oporu i czułości miernika. Na przykład dla miernika 100 μ A suma $R_d + P + R_w$ wynosi około 20 kiloomów. Zatem przy tej wartości miernik pokazuje I_{max} , czyli „zero omów”. Przyjmując, że można będzie odczytać z miernika dwudziestokrotnie mniejszy prąd niż I_{max} , łatwo znajduje się przybliżoną wartość zakresu, ze wzoru:

$$R_{max \text{ zak.}} \approx 20 \times (R_d + P + R_w),$$

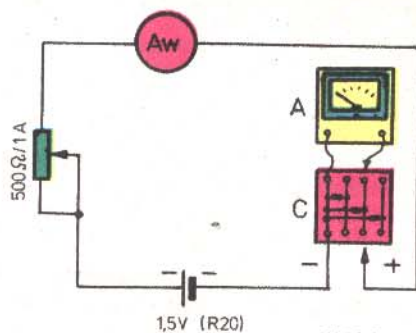
a więc około 400 k Ω . Dla miernika 1 mA największy opór mierzony jest znacznie mniejszy. Przyjmując $R_d + P + R_w \approx 1500$ omów otrzymamy $R_{max \text{ zak.}} = 20 \times 150 \approx 30$ k Ω . Zatem na wielozakresowy omomierz lepiej użyć miernika o dużej czułości.

Po wstępnym wyskalowaniu omomierza zaznacza się przy normalnym zerze podziałki symbol nieskończoności oporu (rozwarłe zaciski R_x). Otrzymana w ten sposób podziałka dotyczy zakresu omomierza z mnożnikiem $\times 100$, czyli wartości oporów użytych do skalowania zapisujemy na podziałce 100 razy mniejsze! Dopiero teraz nanosi się na podziałkę odpowiednie liczby. Trzeba podkreślić, iż podziałka omomierza nie jest liniowa, dlatego im więcej znajdziemy punktów charakterystycznych (im więcej użyjemy oporników wzorcowych), tym lepszą uzyskamy podziałkę. Oporniki wzorcowe można łączyć szeregowo i równoległe, nie wpływa to na tolerancję - jest ona procentowa.

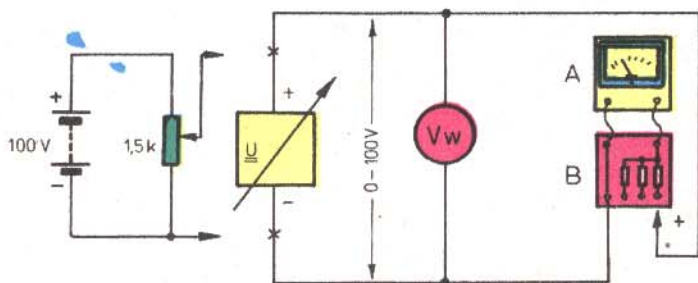
Dla zakresu omomierza $\times 10$ wystarczy dziesięciokrotnie zmniejszyć czułość układu, jak nietrudno się domyślić - za pomocą bocznika. Bocznik włącza się między punkty A, B (na rys. 5). Przybliżony opór bocznika znajduje się ze wzoru: $0,1 (R_d + P + R_w)$. Regulację bocznika prowadzi się z opornikiem dziesięciokrotnie mniejszym, od którego z poprzednio użytych oporników wzorcowych, dającym wynik w pobliżu środka podziałki, np. poprzednio 100 kiloomów, a teraz 10 kiloomów.



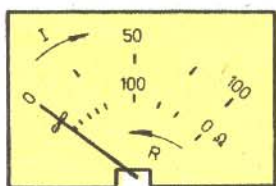
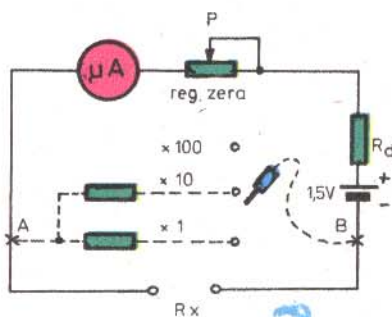
RYS.2



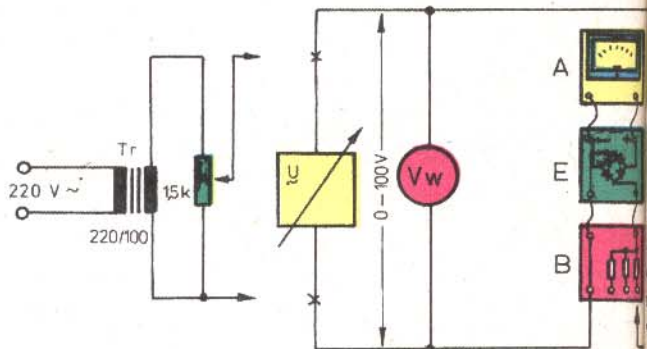
RYS.4



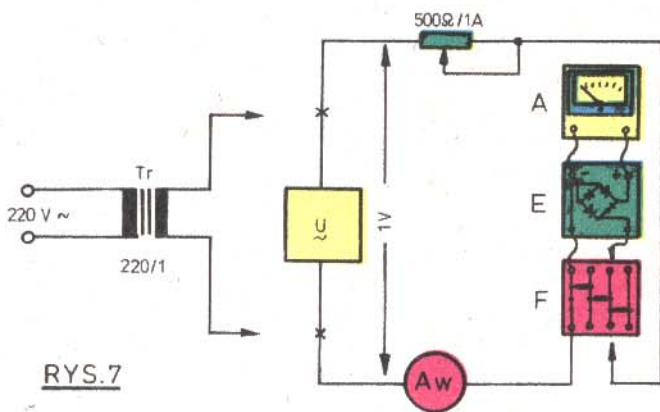
RYS.3



RYS.5



RYS.6



RYS.7

Wskazanie tej samej wartości oporu, jak dla oporu dziesięciokrotnie większego (beż uwzględniania mnożnika) świadczy o właściwie dobranym boczniku. Ten zakres pomiarowy omomierza zaopatruje się w mnożnik 10.

Podobnie postępuje się dla uzyskania zakresu $\times 1$, gdzie przybliżony opór bocznika wyniesie 0,01 ($R_d + P + R_w$). W tym przypadku używa się opornika wzorcowego o wartości 100 razy mniejszej niż przy skalowaniu pierwotnym. Dla pewności można sprawdzić podziałki na różnych zakresach. Wskazania omomierza powinny być zgodne.

Na boczniki omomierza używa się typowych oporników drutowych (dla małych czułych mierników) albo niskopoporowych oporników metalizowanych, o mocy 2-4 W (dla czułych mierników).

Moduł prostownika

Mierniki magnetoelektryczne nie reagują na prąd przemienny. Toteż w celu pomiaru takiego prądu z ich pomocą stosuje się specjalnie wykonane prostowniki, zasilające miernik (rys. 1 e).

Na prostownik można użyć dobrej jakości diod germanowych (w żadnym razie nie krzemowych), albo stykowego prostownika miedziowego, nazywanego też prostownikiem kuprytowym. Oba typy półprzewodników cechuje niska oporność przejścia w kierunku przewodzenia i znaczna skuteczność prostowania, już od około 0,2 V. Diody mogą być typu DZG 1-7; obowiązuje warunek dla woltomierza $U_{zap} \cdot diody \geq 0,6 U_{mierz}$. Prostownik wolno łączyć tylko między posobniki, bądź boczniki a miernik. Nie wolno używać mostka prostowniczego na przejściu przyrządu, z wyjątkiem używania go jako kalwanometru prądu przemiennego, a więc przy niskich napięciach (tylko miernik i prostownik).

Pomiar napięcia przemiennego w układzie z prostownikiem jest obarczony błędem od nieliniowości prostownika i małej skuteczności prostowania niewielkich napięć (prostownik działa dobrze od napięcia około 0,5-1 V). Dlatego też należy sporządzić oddzielną podziałkę dla prądu przemiennego. Do skalowania używa się układu pomiarowego jak na rys. 6. Jako woltomierz wzorcowy stosuje się miernik elektromagnetyczny (ten sam co do skalowania woltomierza stałoprądowego). Największy zakres wskazań będzie, oczywiście, taki sam jak dla prądu stałego, a więc końcową działką jest działka oznaczona liczbą 10, 100, 1000, zależnie od przyjętego mnożnika. Jednak ta działka nie będzie się pokrywać z ostatnią działką stałoprądową, zazwyczaj wypadnie nieco wcześniej. Poza tym, podziałka miennoprądowa nie jest liniowa, szczególnie na

początku. W związku z tym skalowanie należy przeprowadzić przynajmniej w kilkunastu charakterystycznych punktach posługując się miernikiem elektromagnetycznym. Takie skalowanie wystarczy przeprowadzić dla jednego z zakresów, np. dla 10 czy 100 V.

Dobór boczników prądu przemiennego

Ze względu na znaczny spadek napięcia w prostowniku, użycie tych samych boczników do pomiarów prądu stałego i przemiennego spowodowałoby duże błędy. Prostota układu nie pozwala na zastosowanie bardziej skomplikowanych metod i dlatego zdecydowaliśmy się na zastosowanie oddzielnych boczników zmiennoprądowego amperomierza (rys. 1 f).

Boczniki dla prądu przemiennego należy dobrać w taki sposób, żeby powstały na nich spadek napięcia skompensował straty w prostowniku. Czyli takie boczniki muszą mieć nieco większy opór niż boczniki stałoprądowe. Jest to przykra wada amperomierzy prostownikowych, bowiem wiemy, że im większy opór wewnętrzny amperomierza, tym gorszy pomiar (tu jako opór R_w traktujemy opór wypadkowy bocznika i amperomierza). Jednak niewiele możemy tu zmienić i należy się liczyć ze spadkiem napięcia na amperomierzu, dochodzącym do 1 V.

Dobór boczników zmiennoprądowych prowadzi się w układzie jak na rys. 7. Po wyskalowaniu, podziałka amperomierza prostownikowego jest w zasadzie zgodna z podziałką woltomierza prostownikowego, to znaczy tam gdzie jest 10, 100, 1000 woltów powinno być 10, 100, 1000 mA.

Można też w ogóle zrezygnować z pomiarów natężenia prądu przemiennego. Wówczas niekoniecznie trzeba skalować woltomierz zmiennoprądowy, gdyż odczyty, mniej więcej od środka podziałki, będą zgodne, z dobrym przybliżeniem.

Amatorzy o większych wymaganiach bez trudu mogą zwiększyć ilość zakresów miernika i zaopatrzyć go w przełącznik rodzaju pracy i zakresów. Półprofesjonalistom radzilibyśmy wbudować na stałe do miernika szeregowy opór manganinowy o wartości 2-3 razy większej od oporności wewnętrznej danego miernika. Zmniejszenie czułości będzie wtedy nieznaczne, a to bardzo się poprawi liniowość podziałki zmiennoprądowej i zmniejszy się uchyb temperaturowy. W takim przypadku za opór wewnętrzny miernika przyjmujemy $R_w + R$ manganinu. Ponadto, duży wpływ na dokładność pomiarów ma stałość wartości użytych elementów oporowych.

(w.a.)