

NA PAROLIHUJE

ROZSZERZANIE ZAKRESÓW POMIAROWYCH AMPEROMIERZY I WOLTOMIERZY

Część I

Chyba największym utrapieniem miłośników elektro-majsterkowania jest brak odpowiednich przyrządów mierzących wielkości elektryczne. W sprzedaży są różne przyrządy uniwersalne, w tym doskonałe polskie przyrządy z serii UM, ale ich nabycie nie zawsze się opłaca. Zresztą, nawet i miernik uniwersalny nie zaspokoi wszystkich potrzeb majsterkowicza. Kiedy np. konstruujemy układ elektroniczny, chcielibyśmy mieć miernik o dużej czułości, dla wielu zakresów prądowych i napięciowych; tu nieźle przydaje się wspomniana „UM-ka”. Innym znów razem, np. podczas budowania prostownika do akumulatora, zachodzi konieczność pomiaru prądów znacznie przekraczających zakresy pomiarowe typowych przyrządów uniwersalnych. Niełatwy też jest dobór odpowiedniego miernika, który chcemy na stałe wbudować do konstruowanej aparatury. Trudno bowiem spotkać miernik spełniający dokładnie wszystkie nasze, bardzo przecież zróżnicowane wymagania, natomiast bez większego kłopotu można nabyć różne znakomite mierniki magnetoelektryczne i elektromagnetyczne o znormalizowanych zakresach pomiarowych. Nie należy zatem szukać jakiegoś specjalnego, nietypowego miernika, ale raczej przystosować dostępny, znormalizowany miernik do własnych określonych potrzeb. Nawet w warunkach amatorskich można z powodzeniem adaptować do wymaganych warunków pracy większość mierników, a nawet skonstruować zupełnie zadowalający, uniwersalny przyrząd pomiarowy.

Parę zdań o miernikach

Istnieje wiele różnych mierników wielkości elektrycznych, jednak najczęściej używa się mierników magnetoelektrycznych i elektromagnetycznych. Najłatwiej też można się z nimi zetknąć w praktyce.

Zainteresowania nasze dotyczyć więc będą amperomierzy i woltomierzy wymienionych typów.

Z punktu widzenia fizyki w zasadzie działania woltomierza i amperomierza danego typu nie występują żadne różnice. Ujmując rzecz ogólnie, można powiedzieć, że większość mierników wielkości elektrycznych określa bezpośrednio siłę oddziaływania powstającą między dwoma polami magnetycznymi, z których przynajmniej jedno wytwarza prąd elektryczny płynący przez ustrój pomiarowy miernika.

Widać więc, iż miernik można traktować jako bardzo czuły dynamometr, którego skala wycechowana jest nie w jednostkach siły, ale w określonych jednostkach elektrycznych, jak np. V, A, W, Ω .

Zasadą cechowania skali miernika są występujące zależności fizyczne pomiędzy siłą oddziaływania i związaną z tą siłą wielkością elektryczną, np. siłą wypychającą przewodnik z prądem z pola magnetycznego jest proporcjonalna do natężenia prądu płynącego przez ten przewodnik.

Dla uniknięcia nieporozumień, jakie często powstają podczas interpretacji znakowania na „skali” miernika, umówmy się, że odtąd „skalę” miernika będziemy nazywać podziałką, a odległość od kreski do kreski podziałki miernika – działką. Na następnej stronie zamieszczamy tabelę, z podstawowymi oznaczeniami, występującymi na tarczach woltomierzy i amperomierzy typu magnetoelektrycznego oraz elektromagnetycznego (rys. 1)

Poszerzanie zakresu pomiarowego woltomierzy

Najważniejszym parametrem woltomierza, oprócz klasy dokładności, jest jego opór wewnętrzny. Idealny woltomierz powinien mieć nieskończenie wielki opór wewnętrzny. Niestety, takiego woltomierza nie uda się zbudować. Każdy woltomierz ma więc pewien charakterystyczny opór wewnętrz-

Ustrój pomiarowy magnetoelektryczny	
Ustrój pomiarowy elektromagnetyczny	
Miernik przystosowany do pracy pionowej	
Miernik przystosowany do pracy poziomej	
Miernik przystosowany do pracy pod określonym kątem	
Klasa dokładności (w procentach)	np 2,5
Miernik sprawdzony napięciem probierczym w kV (bez cyfry - 500 V)	
Miernik prądu stałego	
Miernik prądu przemiennego	
Miernik prądu stałego i przemiennego	
Miernik z prostownikiem półprzewodnikowym	

Rys. 1

ny i tym samym pobiera ze źródła określony prąd. Opór wewnętrzny woltomierza oznaczamy przez R_w . W praktyce można przyjąć wartość oporu danego miernika jako wartość stałą, chociaż ulega ona niewielkim zmianom zależnie od temperatury. Dla określonego wychylenia wskazówki woltomierza, podczas wykonywania pomiaru przez woltomierz płynie pewien prąd. Oznaczmy ten prąd przez I_v . W całym zakresie pomiarowym woltomierza zachodzi równość $I_v \cdot R_w = U_v$ (U_v - napięcie wskazywane przez woltomierz). Czyli napięcie wskazywane przez woltomierz jest równe spadkowi napięcia na oporności wewnętrznej danego miernika. Jeżeli szeregowo z woltomierzem włączymy jakiś opór dodatkowy (oznaczenie - R_d), to zakres pomiarowy miernika zostanie rozszerzony. W takim przypadku prąd płynący przez woltomierz płynie również przez opornik dodatkowy R_d , powodując powstanie na nim dodatkowego spadku napięcia $-\Delta U_{Rd}$ (rys. 2).

Nietrudno zauważyć, że np. dla dwukrotnego rozszerzenia zakresu pomiarowego woltomierza trzeba szeregowo z woltomierzem włączyć opornik dodatkowy o wartości równej oporności wewnętrznej R_w danego woltomierza. Wtedy spadki napięcia na oporności wewnętrznej R_w i oporności dodatko-

wej R_d będą równe, a ich suma wyniesie $2U_v$, gdzie U_v jest napięciem wskazywanym w danym momencie przez woltomierz. Dla znalezienia rzeczywistej wartości napięcia, przyłożonego do woltomierza z oporem dodatkowym, należy wskazania miernika (w omawianym przykładzie) pomnożyć przez stały czynnik dwa. Przez analogię wnioskujemy, że dla n -krotnego rozszerzenia zakresu pomiarowego woltomierza stosujemy opór dodatkowy o wartości równej $(n - 1) \cdot R_w$, a wskazania tego miernika mnożymy przez stały czynnik n ; $n = 2, 3, 4, 5, \dots$

Istotnym problemem praktycznym, występującym podczas poszerzania zakresów pomiarowych mierników, jest określenie ich oporności wewnętrznej R_w .

Istnieje sporo metod pomiaru oporności wewnętrznej mierników, ale wymagają one użycia precyzyjnych przyrządów pomiarowych. W naszym przypadku, kiedy chcemy właśnie sporządzić określony miernik, wskazywanie tych metod byłoby nieporozumieniem. Pozostaje więc metoda oszacowania z grubsza oporu wewnętrznego danego woltomierza.

Oporności wewnętrzne woltomierzy magnetoelektrycznych są dosyć znaczne i wynoszą od kilkuset omów do kilku tysięcy omów, przypadających na 1 V mierzonego napięcia, np. woltomierz o oporze 1000 Ω na 1 V i zakresie pomiarowym do 15V ma opór wewnętrzny równy 15 k Ω . Oporności wewnętrzne woltomierzy elektromagnetycznych są dużo mniejsze i wynoszą od kilkudziesięciu do kilkuset omów na 1 V mierzonego napięcia. Niewątpliwą wadą woltomierzy elektromagnetycznych jest duży pobór prądu, tym niemniej są one często stosowane jako mierniki tablicowe, gdyż mają niską cenę i mogą pracować przy prądzie stałym oraz przemiennym. Szacując opór wewnętrzny woltomierza przyjmujemy średnią wartość podanych oporności.

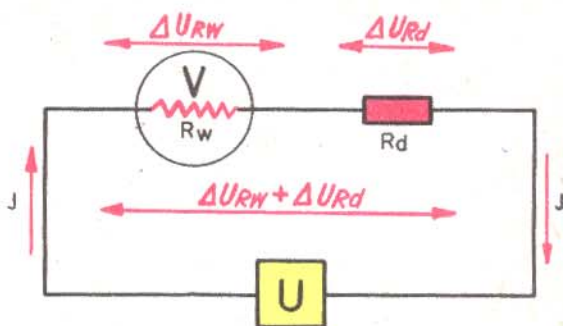
Przed zastosowaniem właściwego opornika dodatkowego należy dokładnie określić planowany zakres pomiarowy, jaki przewidujemy dla nowych warunków pracy miernika, np. do pomiaru napięcia sieciowego potrzebny jest woltomierz o zakresie do 250 V, jeśli jednak nie możemy uzyskać całkowitej krotności zakresu pomiarowego posiadanego miernika, dającej akurat tę wartość, wybieramy krotność najbliższą. Stanowczo odradzamy tu wymianę podziałki miernika, ponieważ sporządzenie nowej prawidłowej podziałki jest dość trudne i wymaga demontażu miernika.

Po przyjęciu wartości zakresu pomiarowego, do jakiego zamierzamy przystosować miernik, zestawimy układ przedstawiony na rys. 3. Symbolem V oznaczono na rysunku woltomierz, symbolem

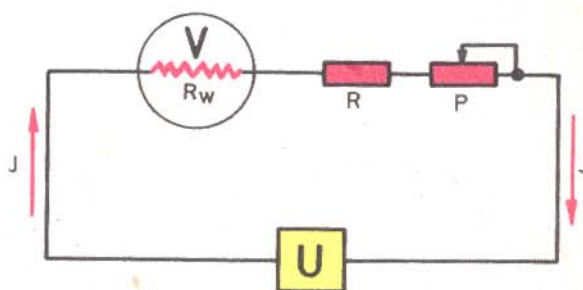
U – źródło napięcia o wartości zbliżonej do przyjętego zakresu pomiarowego, symbolem R – opornik o wartości równej $1/2 (n - 1) \cdot R_w$ (R_w – wartość średnia), symbolem P – potencjometr liniowy o oporności $E \cdot R_w$ średnie. Przed włączeniem źródła napięcia do układu, potencjometr P ustawiamy na maksymalny opór. Gdyby okazało się, że wskazówka woltomierza wychyla się poza koniec podziałki, należy natychmiast odłączyć źródło i zwiększyć, przynajmniej dwukrotnie, wartość opornika R, aż do uzyskania wskazań miernika w jego zakresie pomiarowym. Może się też zdarzyć, że miernik nie będzie wskazywał żadnej wartości, wtedy trzeba zmniejszyć dwukrotnie (lub więcej) wartości R oraz P. Podczas takich prób zaleca się daleko idącą ostrożność, nietrudno bowiem o uszkodzenie miernika. Jeżeli miernik po włączeniu do układu wskazuje jakąś wartość napięcia, leżącą w jego zakresie pomiarowym, to regulujemy potencjometrem P natężenie prądu, tak żeby wskazówka znalazła się na ostatniej kresce podziałki. W ten sposób uzyskujemy zbliżoną wartość potrzebnego opornika dodatkowego równą sumie wartości R i P. Podczas prób wygodnie jest używać potencjometru ze zdjętą osłoną i wycechowanego opornika R o tolerancji nie większej niż 5%. Opór nastawiony na potencjometrze liniowym jest proporcjonalny do kąta jego obrotu, znając więc wartość całkowitego oporu potencjometru, łatwo ocenimy wartość oporu nastawionego.

W precyzyjnych miernikach używa się oporników dodatkowych, wykonanych z manganinu. Zdobycie drutu manganinowego jest jednak bardzo trudne, dlatego na opornik dodatkowy zastosujemy zwykły opornik metalizowany. Moc takiego opornika powinna wynosić najmniej 2 W dla mierników magnetoelektrycznych i kilka do kilkunastu watów dla mierników elektromagnetycznych. Moc opornika dodatkowego powinna być na tyle duża, żeby nie występowało jego silne nagrzewanie podczas pracy, co prowadziłoby do zmian oporności pod wpływem temperatury. Zaleca się tu użycie oporników wymontowanych ze starej aparatury albo sztuczne starzenie nowych elementów. Starzenie oporników można wykonać przez ich wygrzanie w temperaturze 100–120°C, co najłatwiej osiągnąć obciążając oporniki odpowiednim prądem (w ciągu kilkunastu godzin).

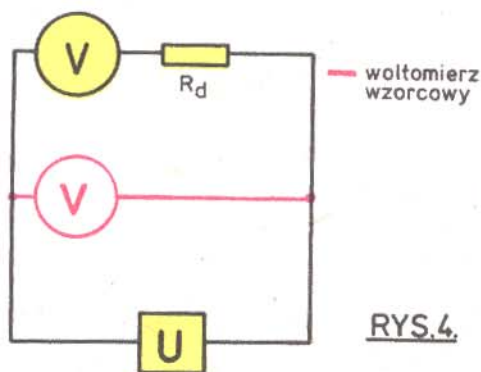
Ponieważ nie znamy dokładnie wartości potrzebnego nam opornika dodatkowego, przygotowujemy kilka oporników o wartościach bliskich wartości szacunkowej i przystępujemy do ostatniej czynności, związanej z dokładnym ustaleniem zakresu pomiarowego naszego miernika. Czynność ta wyma-



RYS.2.



RYS.3.



RYS.4.

ga, niestety, zastosowania dobrego woltomierza wzorcowego, mającego klasę dokładności przynajmniej 1,5%. Pomiary wykonujemy w układzie takim, jak na rys. 4. Zakres woltomierza wzorcowego powinien odpowiadać zakresowi przewidywanemu dla woltomierza z opornikiem dodatkowym.

Po włączeniu źródła prądu obserwujemy wskazania obu mierników. Rezystancję dodatkowego opornika dobieramy w taki sposób, żeby wskazania miernika wzorcowego były nieco mniejsze od wska-

zań miernika skalowanego (pamiętamy o mnożeniu przez n). Następnie ostrożnie usuwamy część warstwy oporowej z opornika. Warstwę oporową można usunąć za pomocą igłaka, prowadzonego poosiwo po powierzchni opornika, aż do momentu uzyskania jednakowych wskazań obu mierników, co kończy skalowanie. Pozostaje tylko zabezpieczenie lakierem powierzchni „spiłowanego” opornika i jego trwałe włączenie w obwód woltomierza. Należy pamiętać, że w opornikach wysokoohmowych warstwa oporowa jest nałożona najczęściej wielozwojowo, po linii śrubowej. Zmniejszenie oporu opisaną metodą doprowadzi więc do przzerwania ciągłości tej warstwy. Pozostaje zatem żmudne dobieranie wartości potrzebnego opornika albo zastosowanie dwóch oporników połączonych szeregowo, z których jeden (niskoomowy) ma walcową warstwę oporową dogodną do częściowego usunięcia.

Uwaga!

- Przy wyższych napięciach źródła prądu zachowujemy daleko idącą ostrożność, gdyż zawsze istnieje możliwość porażenia prądem.
- Podczas ustalania zakresu pomiarowego należy starać się o porównywanie wskazań przy końcu podziałek obu mierników.
- Dobieranie wartości opornika dodatkowego bez wstępnego szacowania grozi zniszczeniem miernika.

Mniej dokładne skalowanie woltomierza z opornikiem dodatkowym można wykonać nawet bez użycia woltomierza wzorcowego pod warunkiem, że rozszerzenie zakresu pomiarowego nie będzie większe niż czterokrotne. Po znalezieniu przybliżonej wartości opornika dodatkowego mierzymy posiadany woltomierzem napięcie baterii, dobranej odpowiednio do zakresu pomiarowego miernika. Staramy się zastosować takie napięcie baterii, żeby pomiar wypadł na końcu podziałki. Następnie łączymy z woltomierzem opornik dodatkowy i tak regulujemy jego opór (metoda podana wyżej), aby wskazywana wartość napięcia była n -krotnie mniejsza od zmierzonego uprzednio napięcia baterii. W momencie wskazania przez miernik napięcia n -krotnie mniejszego, wartość opornika dodatkowego odpowiada n -krotnemu rozszerzeniu zakresu pomiarowego woltomierza. Wymienioną metodę można zastosować przy założeniu, że napięcie źródła nie ulega zmianom (baterie muszą być nowe). Do skalowania podaną metodą woltomierzy elektromagnetycznych dobrze jest użyć ogniów typu R20 połączonych szeregowo, ze względu na większy pobór prądu.

Włodzimierz Augustyniak