

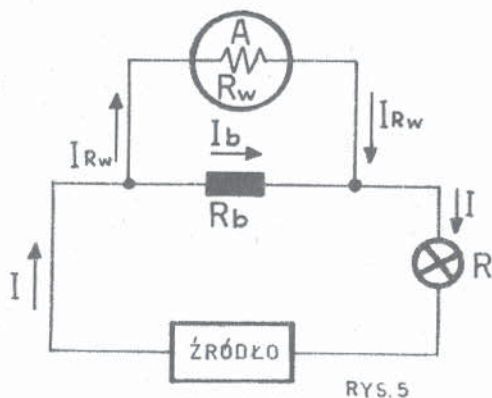
# ROZSZERZANIE ZAKRESÓW POMIAROWYCH WOLTOMIERZY I AMPEROMIERZY

## Część II

### Bocznikowanie amperomierzy

W przeciwieństwie do woltomierza, amperomierz powinien mieć możliwie mały opór wewnętrzny. Opór wewnętrzny amperomierzy elektromagnetycznych wynosi od ułamka oma do kilku omów, natomiast opór wewnętrzny amperomierzy magnetoelektrycznych zawiera się w granicach od kilku omów do kilku kiloomów. Tak znaczna rozpiętość oporu wewnętrznego amperomierzy magnetoelektrycznych związana jest z ich czułością, osiagającą niekiedy wartości poniżej  $1 \mu\text{A}$  na jedną działkę, a w innych przypadkach sięgającą kilku mA na jedną działkę. Zasadniczo nie spotyka się amperomierzy magnetoelektrycznych mających bezpośredni zakres pomiarowy większy niż 500 mA, ponieważ występują istotne trudności techniczne związane z doprowadzaniem dużych prądów do ruchomej cewki miernika. Dlatego większość amperomierzy magnetoelektrycznych wyposaża się w oporniki równoległe, poszerzające ich zakres pomiarowy. Oporniki te nazywamy bocznikami.

Na rys. 5 przedstawiono schemat włączenia amperomierza z bocznikiem do obwodu, gdzie symbolem  $I$  oznaczono prąd płynący przez odbiornik  $R$ , symbolem  $I_b$  – część prądu  $I$  płynącą przez bocznik  $R_b$ , symbolem  $I_{R_w}$  – część prądu  $I$  płynącą przez ustrój pomiarowy amperomierza o oporności wewnętrznej  $R_w$ .



W całym zakresie pomiarowym amperomierza z bocznikiem zachodzi równość  $I = I_{R_w} + I_b$ . Prądy płynące przez oporności  $R_w$  i  $R_b$  są odwrotnie proporcjonalne do wartości tych oporności. Np. dla dwukrotnego rozszerzenia zakresu pomiarowego

o oporności wewnętrznej  $R_w$  należy zastosować bocznik o oporności  $R_b$  taki, że  $R_w = R_b$ . Wówczas prąd płynący przez ustrój pomiarowy miernika będzie równy prądowi płynącemu przez bocznik. Czyli, wobec równości  $R_w = R_b$  otrzymujemy:

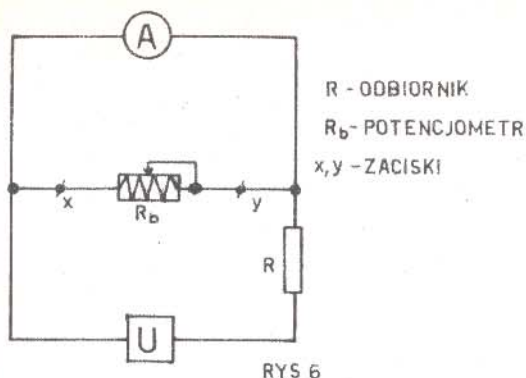
$$I_{R_w} = I_b \text{ oraz } I = I_{R_w} + I_b = 2 I_{R_w}.$$

Dla określenia rzeczywistej wartości prądu płynącego w obwodzie trzeba (w naszym przykładzie) pomnożyć wskazania miernika przez stały czynnik 2. Ujmując zagadnienie bardziej ogólnie, zauważmy, że dla  $n$ -krotnego rozszerzenia zakresu pomiarowego amperomierza o oporności wewnętrznej  $R_w$  stosujemy bocznik o oporności  $R_b = R_w : (n - 1)$ ;  $n = 2, 3, 4, 5, \dots$ , a wskazania miernika mnożymy przez stały czynnik  $n$ .

Wyznaczenie oporności wewnętrznej amperomierza sprawia znacznie więcej kłopotu niż wyznaczenie oporności wewnętrznej woltomierzy. W warunkach amatorskich można się spodziewać względnie dobrych rezultatów tylko w przypadku czułych mierników, których zakres pomiarowy nie przekracza 10 mA. Ponieważ właśnie dla takich mierników występuje konieczność wielokrotnego poszerzania ich zakresów pomiarowych, to wskazana niżej metoda szacowania oporu wewnętrznego może okazać się użyteczna.

Opór wewnętrzny amperomierza szacujemy za pomocą układu przedstawionego na rys. 6. Wartość oporności obciążenia  $R$  wyznaczamy ze wzoru  $R = U : I$ , gdzie  $U$  – przybliżone napięcie źródła prądu, natomiast  $I$  – maksymalna wartość prądu odczytana w taki sposób, żeby wskazania miernika wypadły przy końcu podziałki. Po uzyskaniu właściwego wychylenia wskazówki amperomierza łączymy do niego bocznik (może to być potencjometr drutowy 100  $\Omega$ ). Bocznik musi doskonale kontaktować z zaciskami amperomierza. Regulując oporność potencjometru nastawiamy taki opór, żeby wskazania miernika zmniejszyły się do połowy uzyskanej uprzednio wartości, wnioskujemy wtedy, że opór bocznika jest porównywalny z oporem wewnętrznym amperomierza.

Jeżeli nie zależy nam na dużej dokładności pomiarów, to korzystając z układu do szacowania oporności wewnętrznej można rozszerzyć zakres pomiarowy danego amperomierza (nie więcej niż cztery razy). W tym celu wystarczy tak dobrać opór bocznika, aby wskazania amperomierza zmniejszyły się  $n$ -krotnie. Odczytując rzeczywistą wartość

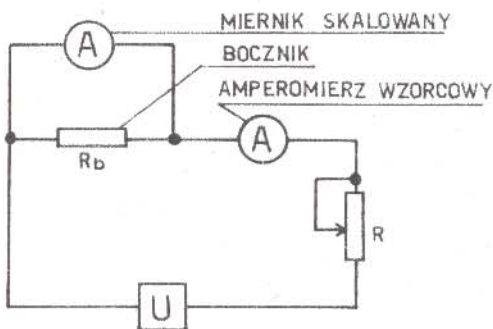


prądu, wskazania miernika mnożymy przez  $n$ . Prowizoryczny bocznik należy, oczywiście, zastąpić solidnym oporem drutowym.

Bocznikowanie amperomierzy o większych zakresach pomiarowych, oraz dokładniejsze skalowanie wszystkich amperomierzy wymaga użycia miernika wzorcowego o odpowiednim zakresie pomiarowym. Oporność wewnętrzna amperomierzy o zakresach pomiarowych kilku amperów jest znikoma, np. opór wewnętrzny miernika UM 3a wynosi  $184 \Omega$  w zakresie  $1,5 \text{ mA}$  i  $0,05 \Omega$  w zakresie  $6 \text{ A}$ . Jedyną skuteczną metodą rozszerzania zakresu pomiarowego takich mierników jest doświadczalne dobieranie boczników.

Obwód do skalowania amperomierza za pomocą miernika wzorcowego przedstawiono na rys. 7. Źródło prądu zastosowane w tym obwodzie powinno mieć możliwość dostarczenia prądu o natężeniu nie mniejszym niż planowany zakres pomiarowy. Prądy rzędu  $10 \text{ A}$  wymagają stosowania jako źródła akumulatora motocyklowego lub baterii równoległej, składającej się z kilku ogniw typu R20. Odbiornik, wytrzymujący znaczne natężenie prądu, można wykonać z kilkakrotnie złożonego drutu ze spirali grzejnej, podłączonego do zacisków laboratoryjnych. Zmieniając długość drutu między zaciskami regulujemy natężenie prądu w obwodzie.

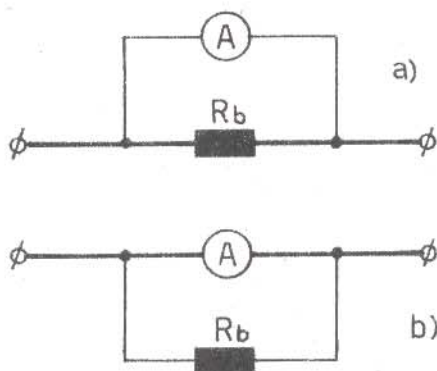
Na bocznik wykorzystamy zwykły drut miedziany o dobrej długości i przekroju, tak by zapewnić



RYS.7

kończący opór i możliwie mały przyrost temperatury bocznika podczas przepływu prądu. Bocznik wykonany z miedzi powoduje dość znaczny uchyb temperaturowy miernika. Bardzo dobrym materiałem na bocznik jest manganin. W miernikach o dużej dokładności wskazań stosuje się też dodatkowe opory manganinowe, włączane w szereg z miernikiem o oporności 3-4 razy większej od wewnętrznej oporu miernika.

Ponieważ przez bocznik przepływa zazwyczaj znaczny prąd, w porównaniu z prądem płynącym przez miernik, należy przyjąć zasadę, że miernik podłączamy do bocznika (rys. 8a), a nie na odwrót (rys 8b). Boczniki wykonane fabrycznie mają cztery zaciski: dwa zaciski prądowe, włączane w obwód



RYS.8

odbiornika, i dwa zaciski przeznaczone do podłączenia miernika. W warunkach amatorskich bocznik można nawinąć na pasek z tekstolitu zaopatrzonej w duże końcówki lutownicze, w które wlutowujemy bocznik oraz dwa przewody służące do podłączenia miernika.

Podczas skalowania miernika za pomocą amperomierza wzorcowego trzeba tak wyregulować oporność bocznika, żeby wskazania obu mierników dokładnie sobie odpowiadały.

Regulację oporu boczników silnoprądowych przeprowadzamy przez szlifowanie materiału bocznika, natomiast regulację oporu boczników słaboprądowych wykonuje się dobierając długość drutu oporowego, użytego na bocznik (stosujemy drut oporowy z oporników drutowych większej mocy).

### Zastosowanie przekładników prądowych

Wygodną, szeroko stosowaną w energetyce metodą poszerzania zakresów pomiarowych amperomierzy prądu przemiennego jest metoda transfor-



macji prądów, za pomocą odpowiednio skonstruowanych transformatorów, zwanych przekładnikami prądowymi.

Dobudowując niewielki przekładnik prądowy do posiadanego amperomierza można wielokrotnie rozszerzyć jego zakres pomiarowy. Ponieważ teoria przekładników jest dosyć skomplikowana, podamy tylko parę wskazówek praktycznych, pomocnych podczas wykonywania przekładników prądowych.

Budując przekładnik prądowy korzystamy z zależności dla transformatora:

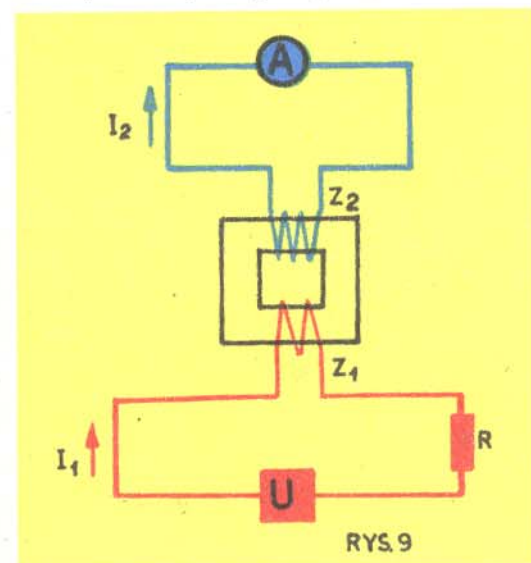
$$z_2 : z_1 = I_1 : I_2 = k$$

gdzie  $z_1$ , ilość zwojów uzwojenia pierwotnego,  $z_2$  – ilość zwojów uzwojenia wtórnego,  $I_1$  – natężenie prądu płynącego w uzwojeniu pierwotnym,  $I_2$  – natężenie prądu płynącego w uzwojeniu wtórnym,  $k$  – przekładnia transformatora.

Przekładnia zwojowa przekładnika (transformatora) jest w przybliżeniu równa jego przekładni prądowej. Jeżeli np. stosunek liczby zwojów uzwojenia wtórnego do liczby zwojów uzwojenia pierwotnego wyniesie 10, to stosunek prądów wyniesie też 10.

Podłączając taki przekładnik do miernika (rys. 9) i przepuszczając mierzony prąd  $I_1$  przez jego uzwojenie pierwotne  $z_1$ , spowodujemy przepływ przez miernik prądu wtórnego  $I_2$  przekładnika, dziesięciokrotnie mniejszego od prądu pierwotnego, bowiem  $I_2 \cdot k = I_1$ . Zatem wskazania miernika należy pomnożyć przez krotność  $k = 10$ .

Dla dowolnego przekładnika zachodzi równość  $I_2 \cdot k = I_1$ . Odpowiednio dobierając przekładnię zwojową przekładnika można  $k$ -krotnie rozszerzyć zakres pomiarowy danego amperomierza.



RYŚ. 9

Do budowy przekładnika prądowego zabieramy się po ustaleniu potrzebnej przekładni  $k$ . Ponieważ wykonanie poprawnie pracującego przekładnika nie jest rzeczą prostą, podamy konkretną propozycję, opartą na sprawdzonej praktycznie konstrukcji amatorskiej.

Zaplanowano zastosowanie przekładnika do miernika uniwersalnego UM 3a, mającego (między innymi) zakresy prądowe dla prądu przemiennego 0,6 i 1,5 A (zakres 6 A tego miernika przeznaczony jest do pracy krótkotrwałej). Przekładnię  $k$  ustalono na 10.

Przekładnik wykonano na rdzeniu od transformatora sieciowego TS 5/3 o przekroju kolumny ok. 3,5 cm<sup>2</sup>. Uzwojenie wtórne 54 zwoje, nawinięto drutem w emalii Ø 0,65 mm, wyprowadzając odczepy po 46, 48, 50 i 52 zwojach. Uzwojenie pierwotne (5 zwojów), nawinięto miękką linką w grubej izolacji igelitowej, o przekroju miedzi 2,5 mm<sup>2</sup>. Linkę umieszczono na wierzchu uzwojenia wtórnego i dokładnie unieruchomiono za pomocą mocnego szpagatu. Końce linki zaopatrzone w łączówki do zacisków laboratoryjnych. Podczas prób okazało się, że współbieżność wskazań amperomierza wzorcowego i miernika UM 3a, w zakresach 0,6 i 1,5 A wystąpiła dopiero po ustaleniu przekładni 46 : 5, przy czym różnice wskazań nie przekroczyły 2%.

### Wskazówki praktyczne

Rdzeń przeznaczony na przekładnik powinien być dobrej jakości, o przekroju kolumny środkowej 3,5 cm<sup>2</sup>. Blachy rdzenia należy składać przemienne. Ewentualnie występujące uszkodzenia izolacji blach trzeba stanowczo naprawić (lakierować).

Przekrój drutu nawojowego uzwojenia wtórnego powinien być możliwie duży. W uzwojeniu wtórnym należy wykonać odczepy regulacyjne w „odległości” +5%, -15% od zaplanowanej przekładni, co jeden, dwa zwoje.

Liczba zwojów uzwojenia pierwotnego powinna wynosić od 3 do 10. Dla większych prądów stosujemy mniej zwojów i odpowiedni przekrój drutu nawojowego (linki).

Miernik, stosowany do przekładnika, powinien mieć właściwy zakres pomiarowy około 0,5 – 2 A.

Przekładnia prądowa (zwojowa) nie powinna przekraczać  $k = 50$ , w razie konieczności można wykonać przekładnik o przekładni zmiennej, np.  $k = 10, 20, 30$ . Przekładnię regulujemy zmniejszając lub powiększając liczbę zwojów uzwojenia wtórnego.

Włodzimierz Augustyniak