

Z tego podrozdziału dowiesz się:

- jaką rolę pełni w pracowni pomocniczy sprzęt pomiarowy;
- jakie urządzenia zaliczamy do sprzętu pomocniczego;
- do jakich celów wykorzystujemy pomocniczy sprzęt pomiarowy;
- jak są zbudowane i jak działają najczęściej wykorzystywane urządzenia zaliczane do pomocniczego sprzętu pomiarowego.

Wprowadzenie

2.6.1

Właściwie wyposażona pracownia elektryczna i elektroniczna powinna mieć oprócz zestawu wszelkiego rodzaju narzędzi pomiarowych również tak zwany sprzęt pomocniczy. Służy on przede wszystkim do załączania napięcia, nastawiania w obwodzie pomiarowym żądanej wartości napięcia oraz prądu, ale także jako symulacja obciążenia o odpowiednim charakterze. Do najczęściej stosowanego pomocniczego sprzętu pomiarowego zaliczamy:

- transformator,
- autotransformator,
- stycznik,
- rezystor suwakowy (potencjometr),
- rezystor dekadowy (nastawny),
- kondensator dekadowy,
- indukcyjność dekadową,
- przekładnik prądowy.

Transformator

2.6.2

Z urządzeniem tym zapewne każdy miał do czynienia, nawet nie zdając sobie z tego sprawy. Jak wiemy, do domów mamy doprowadzone napięcie przemienne o wartości 230 V. Natomiast większość sprzętu elektronicznego potrzebuje zasilania wielokrotnie niższym napięciem. Właśnie w tym celu są stosowane transformatory, stanowiące podstawowy element zasilaczy liniowych.

Transformator (w skrócie trafo) jest zaliczany do maszyn elektrycznych statycznych, czyli niemających części ruchomych. Przetwarza on napięcie i prąd przemienne na napięcie i prąd przemienne o innej wartości, ale z zachowaniem częstotliwości. W transformatorze możemy wyróżnić dwa zasadnicze obwody:

- magnetyczny – rdzeń, który przewodzi strumień magnetyczny;
- elektryczny – uzwojenia, w których indukuje się napięcie elektryczne i przez które płynie prąd elektryczny.

Transformator jednofazowy ma najczęściej dwa uzwojenia (rys. 2.13 i 2.14). Uzwojenie, które jest zasilane ze źródła napięcia, nazywa się uzwojeniem pierwotnym, natomiast uzwojenie, do którego przyłącza się obciążenie, nazywa się uzwojeniem wtórnym.

Wszystkie wielkości odnoszące się do uzwojenia pierwotnego są nazywane wielkościami pierwotnymi i są oznaczone indeksem 1, np.:

U_1 – napięcie pierwotne,

I_1 – prąd pierwotny,

z_1 – liczba zwojów uzwojenia pierwotnego.

Wszystkie wielkości odnoszące się do uzwojenia wtórnego są nazywane wielkościami wtórnymi i są oznaczone indeksem 2, np.:

U_2 – napięcie wtórne,

I_2 – prąd wtórny,

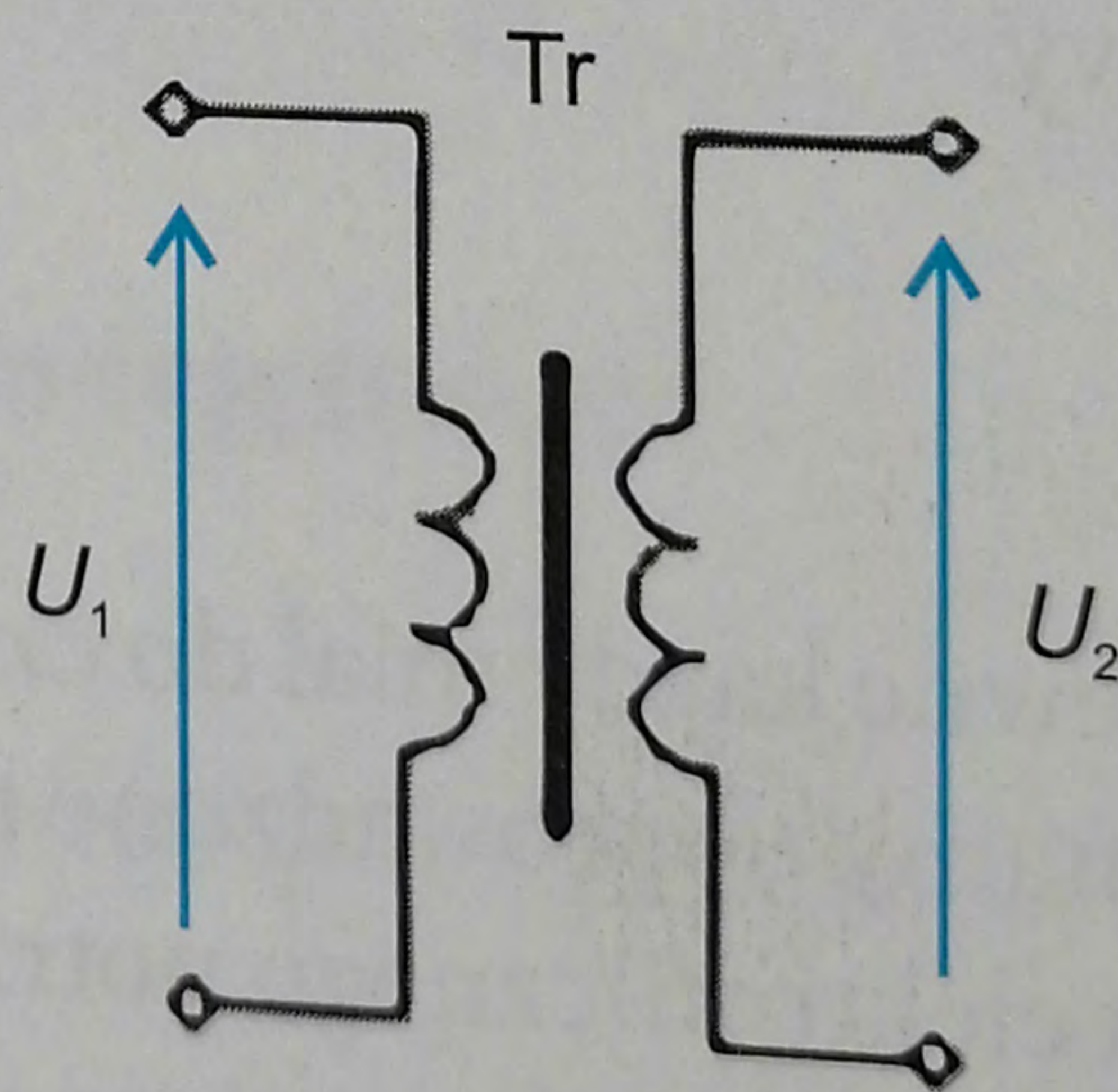
z_2 – liczba zwojów uzwojenia wtórnego.

Transformator jest podwyższający, jeżeli napięcie wtórne jest wyższe od napięcia pierwotnego. Jeżeli natomiast napięcie wtórne jest niższe od napięcia pierwotnego, to transformator jest obniżający.

Uzwojenie wyższego napięcia nazywa się uzwojeniem górnego napięcia (w skrócie uzwojeniem górnym), a wszystkie wielkości odnoszące się do tego uzwojenia są nazywane wielkościami górnymi (oznaczone indeksem g). Uzwojenie niższego napięcia nazywa się uzwojeniem dolnego napięcia (uzwojeniem dolnym) i analogicznie wszystkie wielkości odnoszące się do tego uzwojenia są nazywane wielkościami dolnymi (oznaczone indeksem d).



Rys. 2.13 | Widok transformatora jednofazowego



Rys. 2.14 | Jeden z symboli graficznych transformatora

Jednym z najważniejszych parametrów transformatora jest jego przekładnia. Definiuje się ją jako stosunek napięć występujących jednocześnie na zaciskach transformatora mionowego tej strony. W transformatorze jednofazowym przekładnia równa się zarazem stosunkowi liczby zwojów uzwojeń pierwotnego i wtórnego:

$$g = \frac{U_{1n}}{U_{2n}} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{z_1}{z_2}$$

gdzie:

U_{1n} – napięcie znamionowe strony pierwotnej,

U_{2n} – napięcie znamionowe strony wtórnej,

E_1 – siła elektromotoryczna indukowana w uzwojeniu pierwotnym,

E_2 – siła elektromotoryczna indukowana w uzwojeniu wtórnym,

z_1 – liczba zwojów uzwojenia pierwotnego,

z_2 – liczba zwojów uzwojenia wtórnego.

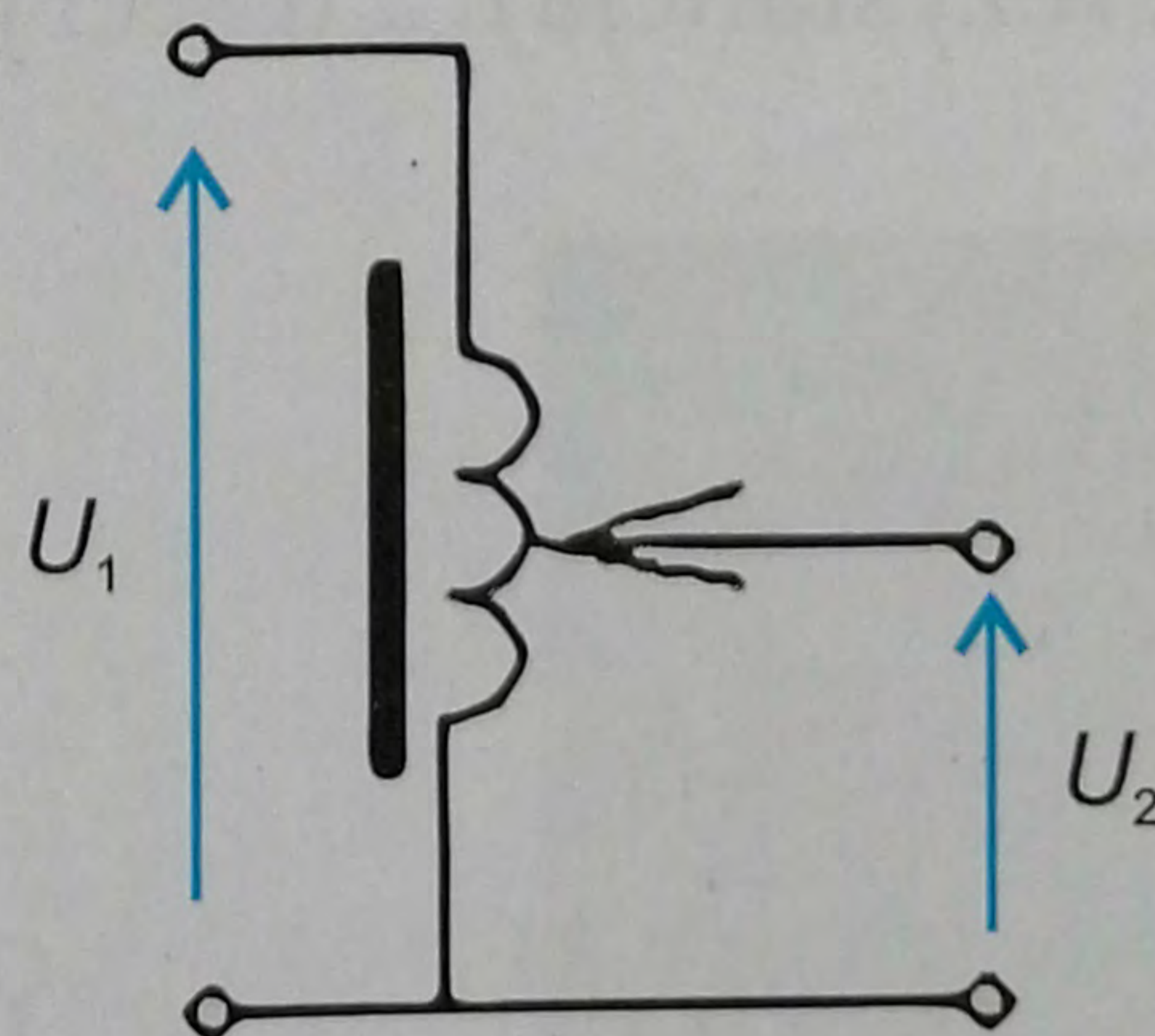
Autotransformator

2.6.3

Bardzo przydatnym sprzętem ułatwiającym pracę podczas wykonywania zadań w pracowni elektrycznej i elektronicznej jest autotransformator (rys. 2.15 i 2.16). Urządzenie to jest transformatorem o specjalnej konstrukcji umożliwiającej płynną regulację napięcia po stronie wtórnej od 0 do 130% napięcia zasilającego. Autotransformator jest zwany transformatorem jednouzwojeniowym, gdyż uzwojenie pierwotne stanowi część uzwojenia wtórnego (dzięki temu możemy uzyskać na wyjściu napięcie wyższe od zasilającego). Część uzwojenia stanowiąca uzwojenie pierwotne ma zaciski wyprowadzone na stałe. Natomiast uzwojenie wtórne ma jeden zacisk stały, a drugi połączony ze stykiem ślizgowym w postaci szczotki węglowej przesuwanej za pomocą pokrętła po uzwojeniu autotransformatora. Dzięki temu, zmieniając położenie styku ślizgowego na uzwojeniu (czyli liczbę zwojów uzwojenia wtórnego), uzyskujemy regulację napięcia. Często mówi się, że autotransformator to transformator o zmiennej przekładni. Należy również pamiętać, że autotransformator nie separuje obciążenia od obwodu zasilania.



Rys. 2.15 | Widok autotransformatora



Rys. 2.16 | Symbol graficzny autotransformatora

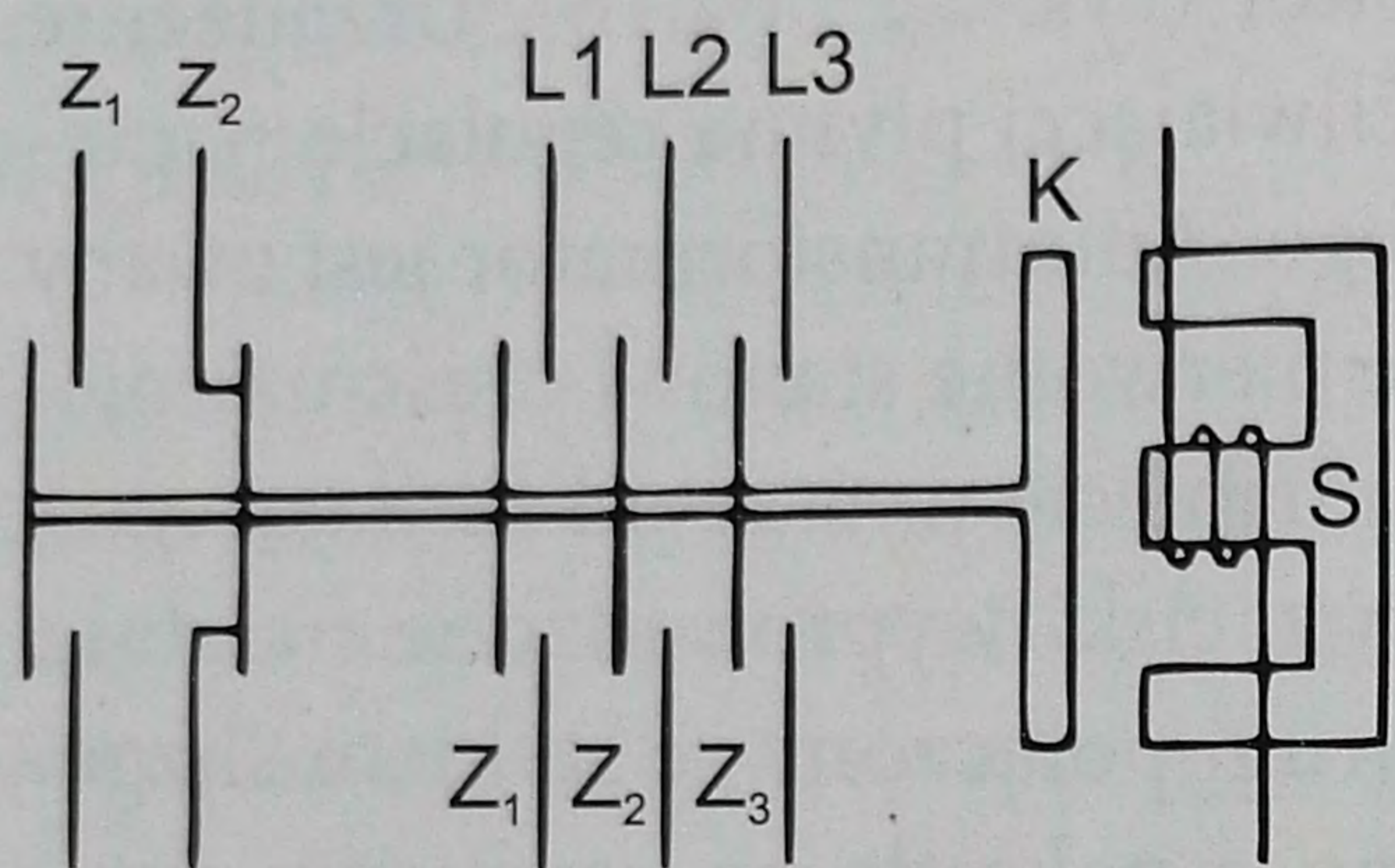
Stycznik

2.6.4

Styczniki należą do aparatów elektrycznych przekazujących sygnały prądowe w obwodach elektrycznych. Za ich pomocą możemy załączać i wyłączać prądy robocze i przeciążeniowe. Nie są natomiast przystosowane do wyłączania prądów zwarciovych. W pracowni

elektrycznej i elektronicznej najczęściej styczniki wykorzystuje się do załączania i wyłączenia zasilania obwodów pomiarowych. Zatem stycznik możemy potraktować jako łącznik. Ma on zestyki robocze zamykane dzięki elektromagnesowi. To rozwiązanie pozwala utrzymać zamknięty obwód, dopóki napięcie doprowadzone do cewki elektromagnesu jest na odpowiednim poziomie. Po zaniku napięcia (przerwaniu obwodu cewki), pod wpływem działania sprężyny następuje otwarcie zestyków roboczych.

Styczniki, oprócz zestyków głównych, mogą być wyposażone w kilka styków pomocniczych normalnie otwartych (NO – rozwartych w stanie beznapięciowym) i normalnie zamkniętych (NC – zwartych w stanie beznapięciowym) – rysunek 2.17. Mogą one być wykorzystywane w torach sygnalizacyjnych lub torach blokady. Styczniki są często stosowane ze względu na dużą wytrzymałość mechaniczną i dużą częstość łączeń.



Rys. 2.17

Graficzne przedstawienie zasady działania stycznika
 S – cewka elektromagnesu, K – zwora, Z_1, Z_2, Z_3 – zestyki główne,
 z_1 – zestyk pomocniczy NO, z_2 – zestyk pomocniczy NC,
 L1, L2, L3 – przewody fazowe

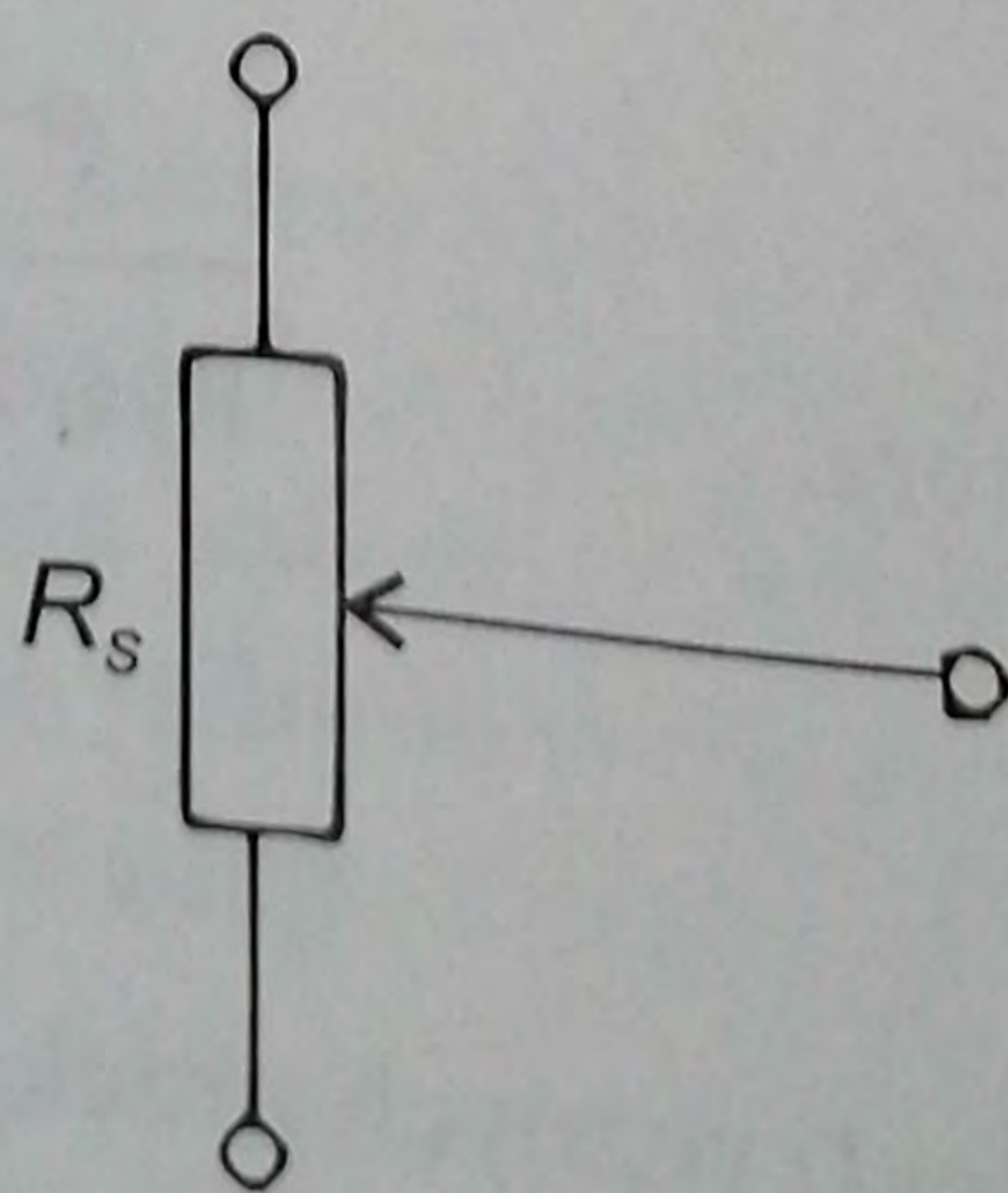
2.6.5 Rezystor suwakowy

Rezystor taki miał kiedyś bardzo szerokie zastosowanie. Żaden sprzęt elektroniczny starszego typu nie mógł się bez niego obyć. To przecież za pomocą potencjometru (w postaci pokrętła lub suwaka) zmieniano się siłę głosu w radiu, magnetofonie lub telewizorze, jasność i nasycenie barw w telewizorze itp. Obecnie rezystory suwakowe są wykorzystywane głównie w obwodach elektrycznych do regulacji wartości prądu i napięcia. Bardzo często będziemy mieć z nimi do czynienia podczas zajęć w pracowni elektrycznej i elektronicznej.

Rezystor suwakowy ma trzy zaciski, z których dwa są połączone z końcami rezystora (między nimi jest pełna rezystancja), a trzeci jest połączony z suwakiem ślizgającym się po



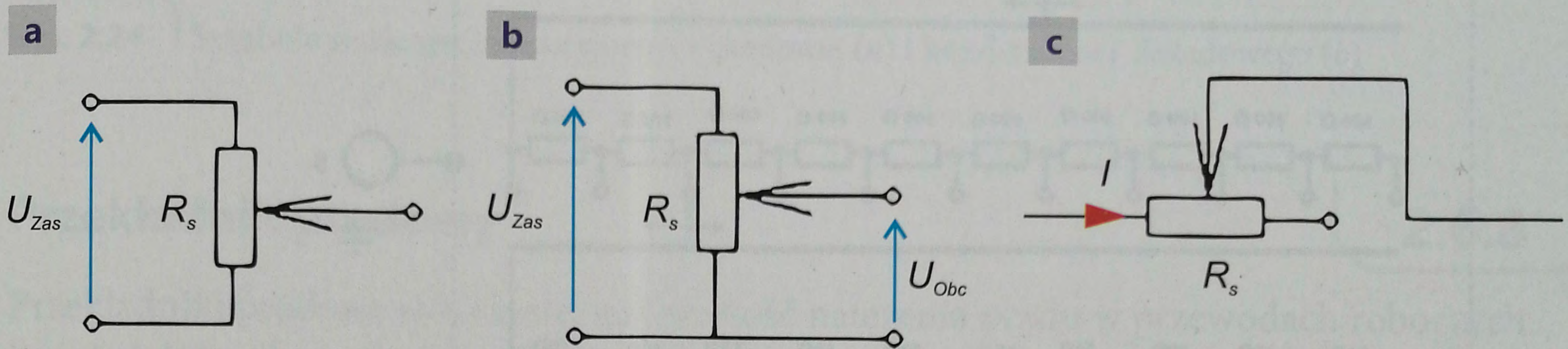
Rys. 2.18 | Widok rezystora suwakowego



Rys. 2.19 | Symbol graficzny rezystora suwakowego

rezystorze (rys. 2.18 i 2.19). Opornik suwakowy można włączać w obwód na trzy sposoby (rys. 2.20):

- wykorzystać dwa styki stałe, a suwak pozostawić wolny – stanowi wtedy zwykły rezystor o określonej rezystancji (obciążenie obwodu);
- doprowadzić napięcie zasilające między oba styki stałe, a obciążenie włączyć między jeden ze styków stałych a suwak – napięcie na obciążeniu zależy wtedy od położenia suwaka (regulacja napięcia);
- wykorzystać jeden styk stały i suwak, a drugi styk stały pozostawić wolny – wtedy wartość prądu w obwodzie zależy od położenia suwaka (regulacja prądu).



Rys. 2.20 | Sposoby włączania w obwód rezystora suwakowego
a – jako obciążenie, *b* – regulacja napięcia, *c* – regulacja prądu

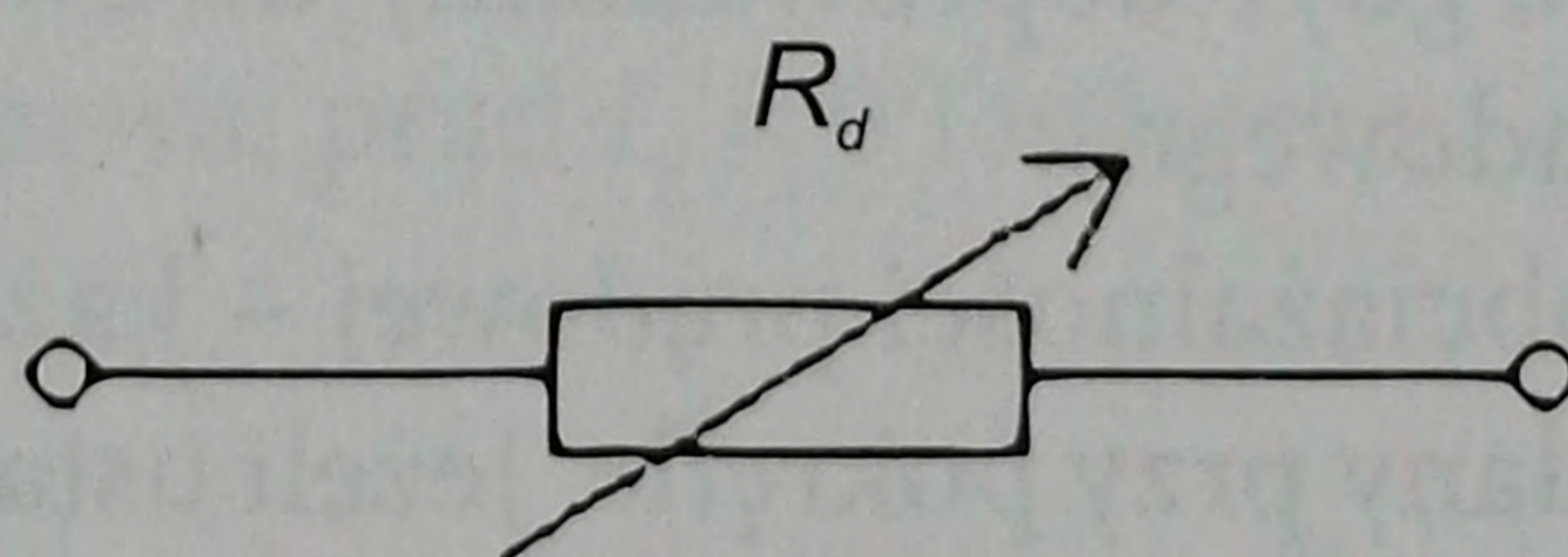
Rezystor dekadowy

2.6.6

Rezystor dekadowy, zwany też dekadą rezystancji, pozwala na precyzyjne nastawienie żądanej wartości oporności. Z tego względu ma on szerokie zastosowanie w pracowni elektrycznej i elektronicznej. Zbudowany jest z kilku sekcji dekad rezystancyjnych, czyli dziesięciu połączonych szeregowo rezystorów o takiej samej wartości. Rezystancja oporników kolejnych sekcji wzrasta dziesięciokrotnie (rys. 2.23). Żądaną wartość oporności ustawia się na płycie czołowej rezystora dekadowego za pomocą pokręteł (rys. 2.21). Symbol graficzny rezystora dekadowego przedstawiono na rysunku 2.22.



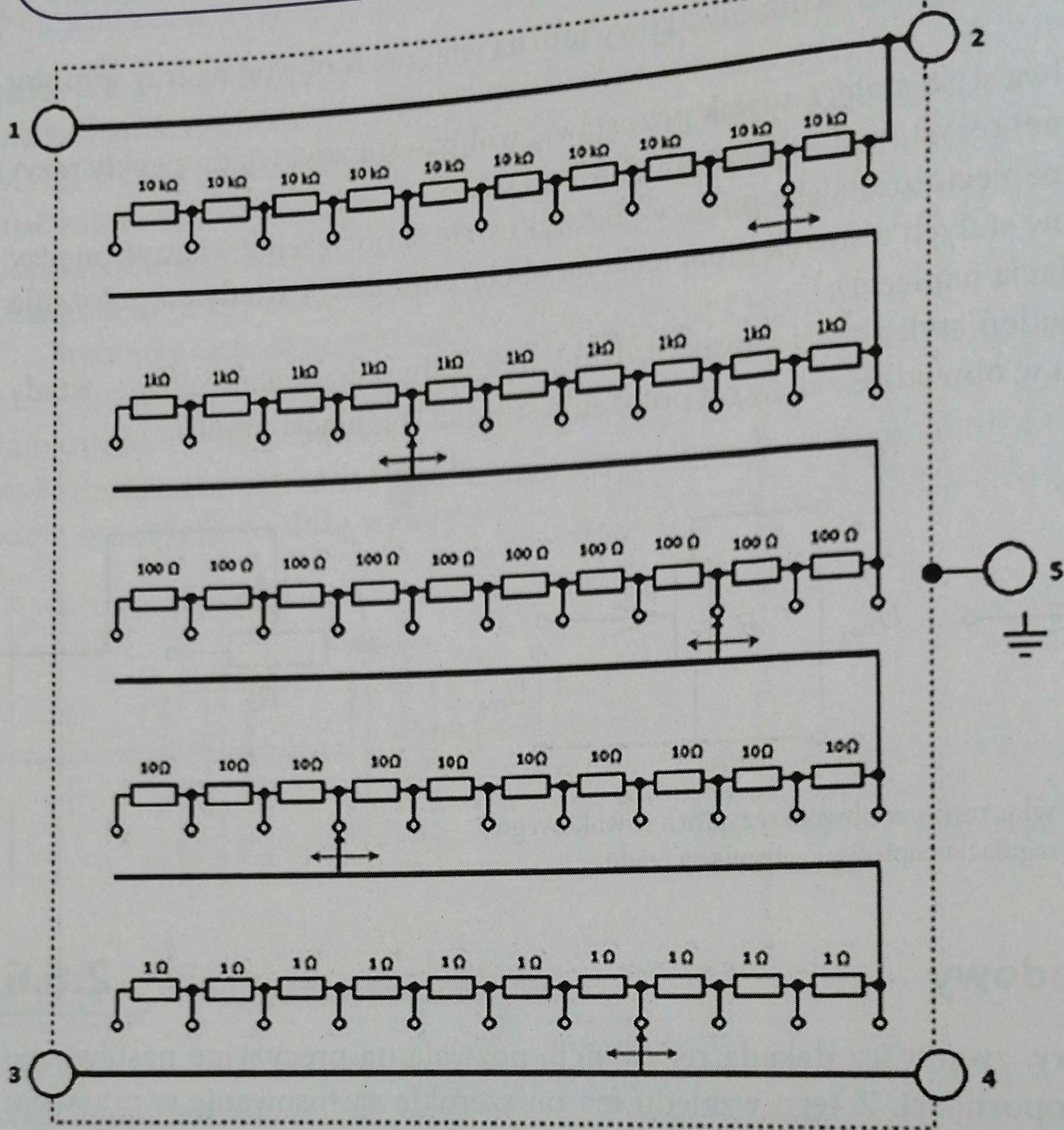
Rys. 2.21 | Widok rezystora dekadowego



Rys. 2.22 | Symbol graficzny rezystora dekadowego

W przypadku stosowania w obwodach pomiarowych dekady rezystancji należy szczególną uwagę zwrócić na dwie sprawy.

- Odpowiednie podłączenie rezystora – na płycie czołowej mogą być trzy lub pięć zacisków. Jeden jest zawsze połączony z obudową i należy go uziemić. Natomiast między pozostałymi zaciskami występuje nastawiona rezystancja. Jeżeli są trzy zaciski, to sprawa jest prosta (jeden to uziemienie, pozostałe dwa podłączamy do obwodu).



Rys. 2.23 Przykładowa budowa rezystora dekadowego o pięciu sekcjach i pięciu zaciskach
1, 2, 3, 4 – zaciski główne, 5 – zacisk uziemienia

Natomiast w przypadku pięciu zacisków (czterech roboczych) należy do obwodu połączyć dwa z nich, wykorzystując zaciski tylko po jednej stronie dekady lub „na krzyż” (1 i 3 lub 2 i 4 – patrz rys. 2.23). **Nie wolno wykorzystywać zacisków tylko dolnych lub tylko górnych**, gdyż doprowadzimy do zwarcia w obwodzie (wynika to z konstrukcji rezystora dekadowego).

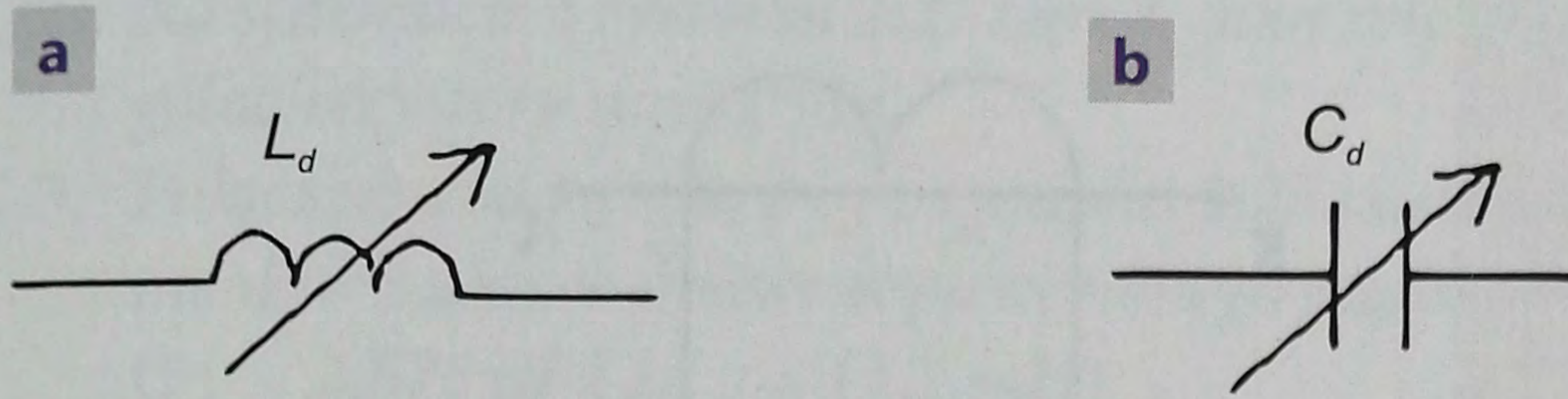
- Zachowanie obciążalności prądowej – każda sekcja ma swój dopuszczalny prąd. Jest on zawsze podany przy pokrętle. Jeżeli ustawiamy żadaną wartość rezystancji na kilku rzystanych sekcji. Należy pamiętać, że pokrętko w pozycji „0” oznacza, iż sekcja ta jest pominięta i jej prądu maksymalnego nie bierzemy pod uwagę.

2.6.7

Kondensator dekadowy i indukcyjność dekadowa

Analogiczną budowę do rezystora dekadowego mają kondensator dekadowy i indukcyjność dekadowa. Różnica polega na zastosowanych elementach w każdej sekcji. Kondensator dekadowy ma pojemności, a indukcyjność dekadowa – cewki. Podobnie jak w przypadku rezystora wartość elementów w kolejnych sekcjach wzrasta dziesięciokrot-

nie, a żądana wartość pojemności lub indukcyjności jest ustawiana na płycie czołowej za pomocą pokręteł. Ponadto kondensator i indukcyjność są budowane jako trójzaciskowe (jeden zacisk do uziemienia i dwa robocze). Symbole graficzne indukcyjności dekadowej i kondensatora dekadowego przedstawiono na rysunku 2.24.



Rys. 2.24 | Symbole graficzne indukcyjności dekadowej (a) i kondensatora dekadowego (b)

Przekładnik prądowy

2.6.8

Przekładniki prądowe stosuje się, gdy wartość natężenia prądu w przewodach roboczych jest zbyt duża, aby wykonać pomiar metodą bezpośrednią. Zmniejszają one wartości prądu do takiej, przy której jest możliwe wykonanie pomiaru standardowymi miernikami. Przekładnik prądowy jest specjalnym transformatorem pracującym w stanie bliskim zwarcia.

Przekładnia przekładnika prądowego jest równa stosunkowi prądu pierwotnego do wtórnego

$$g = \frac{I_1}{I_2} \approx \frac{z_2}{z_1} \quad (2.6.2)$$

Przekładnia jest tak dobrana, aby znamionowemu prądowi po stronie pierwotnej odpowiadał po stronie wtórnej prąd 5 A lub 1 A. Ponieważ przepływy magnetyczne obu uzwojeń wytwarzają przeciwnie skierowane strumienie magnetyczne, więc zachodzi zależność

$$I_1 \cdot z_1 - I_2 \cdot z_2 = I_\mu \cdot z_1 \quad (2.6.3)$$

gdzie:

I_μ – prąd magnesujący rdzenia.

Gdy w obwodzie wtórnym nastąpi przerwa, prąd $I_2 = 0$ i wówczas

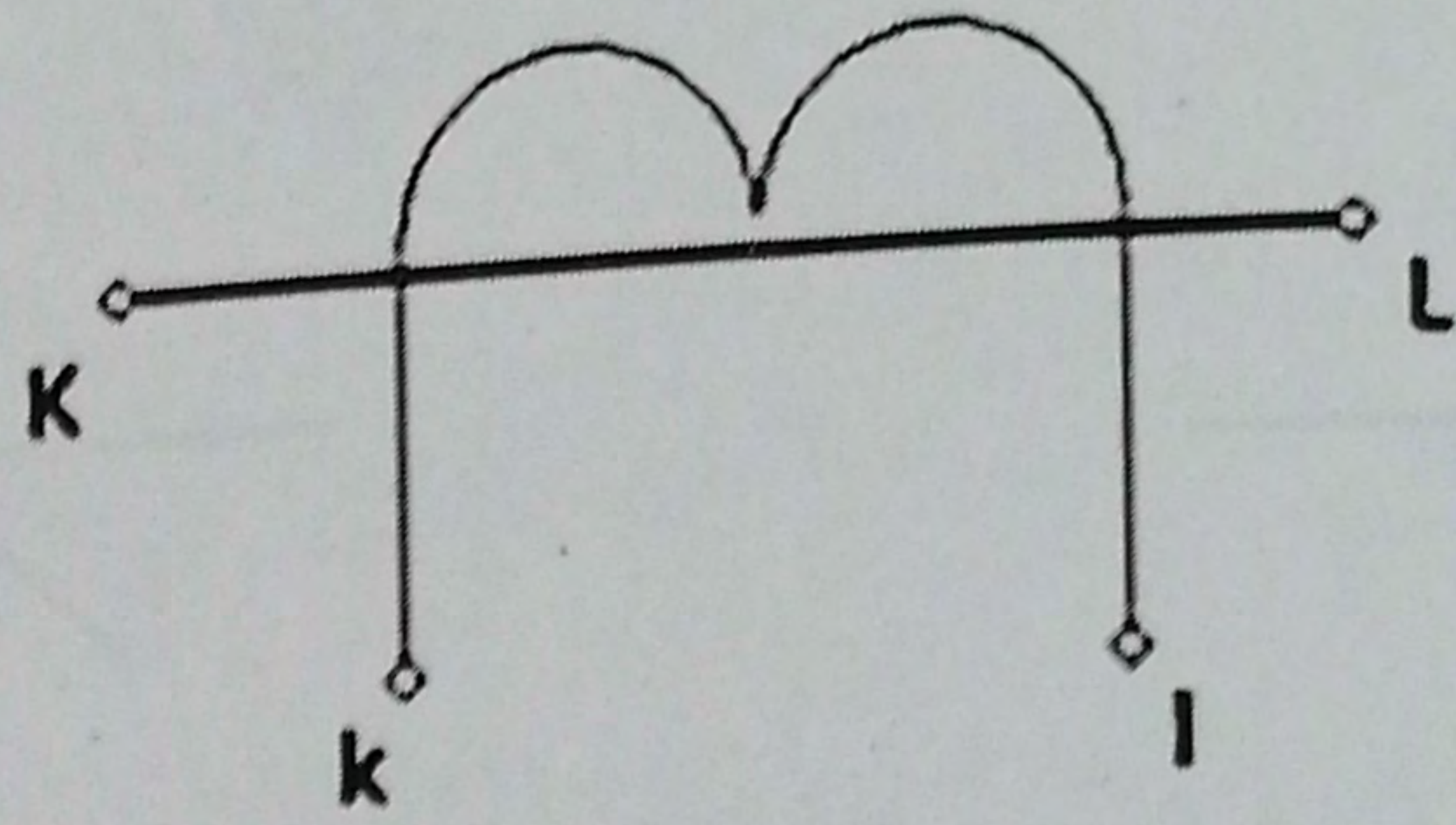
$$I_1 \cdot z_1 = I_\mu \cdot z_1 \quad (2.6.4)$$

Ponieważ iloczyn $I_1 \cdot z_1$ nie zmienił się, więc zgodnie z równaniem 2.6.4 zwiększa się znacznie I_μ , wytwarzając w rdzeniu duży strumień magnetyczny. Strumień ten powoduje przegrzanie rdzenia oraz indukowanie w uzwojeniu wtórnym bardzo wysokiego napięcia. Napięcie to może wynosić nawet kilkadziesiąt kilowoltów. Wynika stąd, że **uzwojenia wtórnego przekładników prądowych nie wolno przerywać**. W razie konieczności wykonania przełączeń w obwodzie wtórnym przekładnika prądowego należy zewrzeć zaciski wyjściowe.

Uzwojenie pierwotne przekładnika prądowego ma zaciski oznaczone jako K (początek uzwojenia) i L (koniec uzwojenia). Analogicznie są oznaczone zaciski uzwojenia wtórnego: k oraz l. Widok przekładnika prądowego przedstawiono na rysunku 2.25, a symbol graficzny – na rysunku 2.26.



Rys. 2.25 | Widok laboratoryjnego przekładnika prądowego o regulowanej przekładni



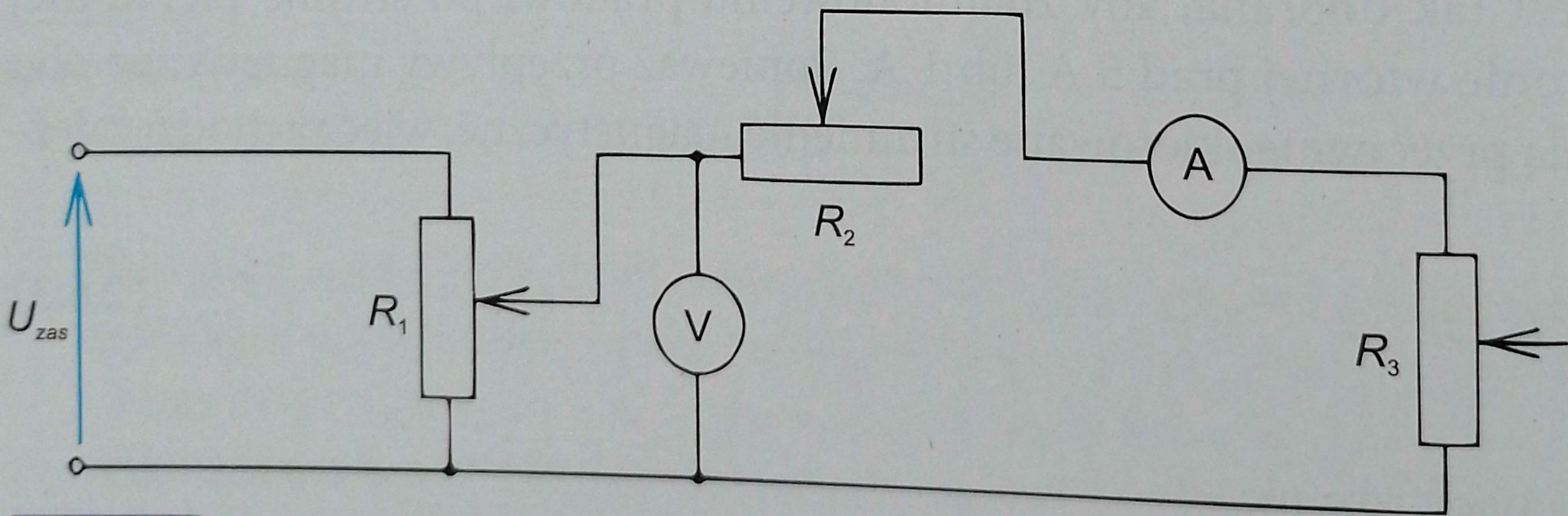
Rys. 2.26 | Symbol graficzny przekładnika prądowego

2.6.9 Ćwiczenie

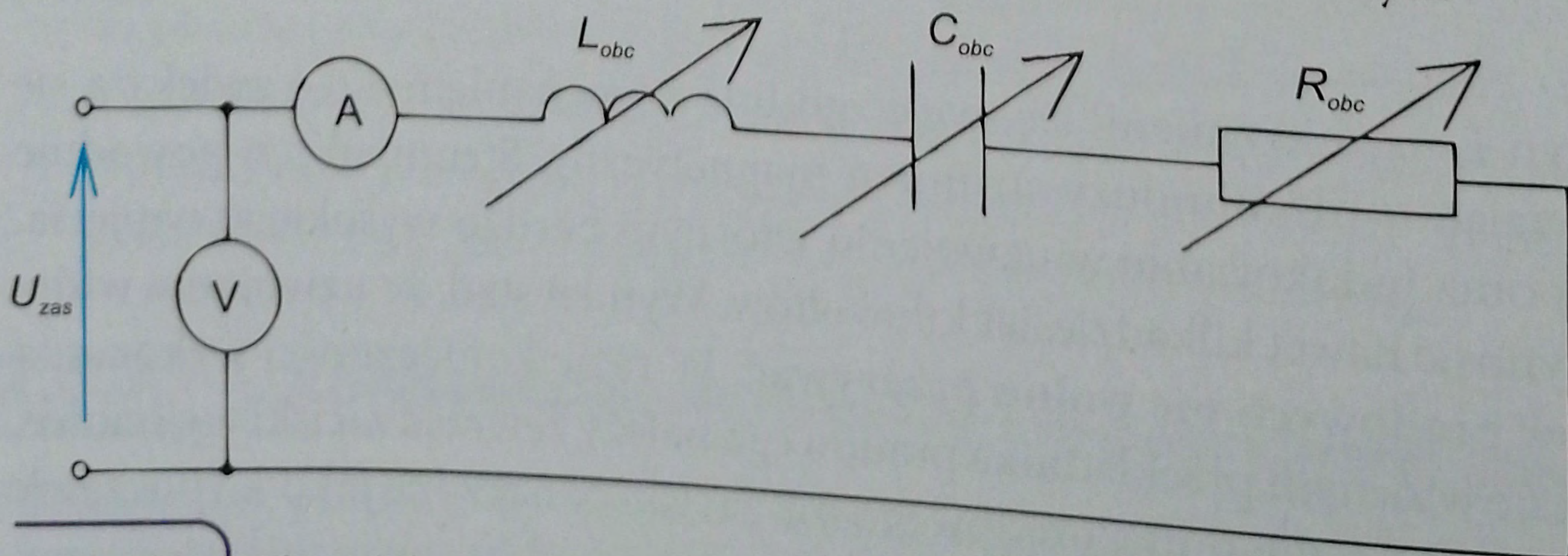
Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest nabycie umiejętności posługiwania się pomocniczym sprzętem pomiarowym, jego odpowiedniego zastosowania w konkretnych zadaniach pomiarowych oraz bezpiecznej obsługi.

Schematy pomiarowe



Rys. 2.27 | Schemat pomiarowy do określenia roli rezystorów suwakowych



Rys. 2.28 | Obwód do ustawiania zadanych parametrów elementów dekadowych

Przebieg ćwiczenia

1. Ustaw za pomocą autotransformatora zadane przez nauczyciela wartości napięć przemiennych. Do pomiaru wykorzystaj multimetry cyfrowe oraz woltomierze analogowe. **Pamiętaj o odpowiednim doborze zakresu pomiarowego miernika.**
2. Na schemacie z rysunku 2.27 określ, jaką rolę pełnią w obwodzie pomiarowym poszczególne rezystory suwakowe.
3. Połącz obwód pomiarowy z rysunku 2.28 i ustaw zadane przez nauczyciela wartości elementów z zachowaniem dopuszczalnego prądu obciążenia (np. $I_{obc} = 70 \text{ mA}$, $R_{obc} = 100 \Omega$, $C_{obc} = 2,573 \mu\text{F}$ i $L_{obc} = 11,2 \text{ mH}$).

Sprawdzenie wiadomości

2.6.10

Pytania i polecenia kontrolne

1. Do czego służy sprzęt pomocniczy w pracowni elektrycznej lub elektronicznej?
2. Czym różni się transformator od autotransformatora?
3. Co to jest stycznik?
4. Jak włączamy w obwód rezystor suwakowy?
5. Omów budowę kondensatora dekadowego.
6. Dlaczego nie wolno przerywać uzwojenia wtórnego przekładnika prądowego?

Samoocena nabytych wiadomości i umiejętności

Sprawdź, czy potrafisz:

- ustawić żadaną wartość napięcia na autotransformatorze;
- określić na podstawie schematu, jaką rolę pełni w obwodzie rezystor suwakowy;
- odpowiednio włączyć w obwód element dekadowy (rezystor, kondensator i indukcyjność) z zachowaniem dopuszczalnej wartości prądu obciążenia poszczególnych sekcji.

Jeżeli wykonanie wszystkich podanych poleceń nie sprawiło Ci trudności, gratulujemy – założone cele zostały osiągnięte i możesz przejść do podrozdziału 2.7.

Jeśli jednak nie udało Ci się wykonać choćby jednego z podanych poleceń, musisz powrócić jeszcze do odpowiedniej partii materiału w podrozdziale 2.6.