

Włączanie mierników w obwód elektryczny

2.9

Z tego podrozdziału dowiesz się:

- o sposobach włączania mierników w obwód elektryczny w zależności od wielkości mierzonej, użytego przyrządu pomiarowego czy dostępnego rodzaju miernika;
- co to są pomiary pośrednie, półpośrednie, bezpośrednie.

Wprowadzenie

2.9.1

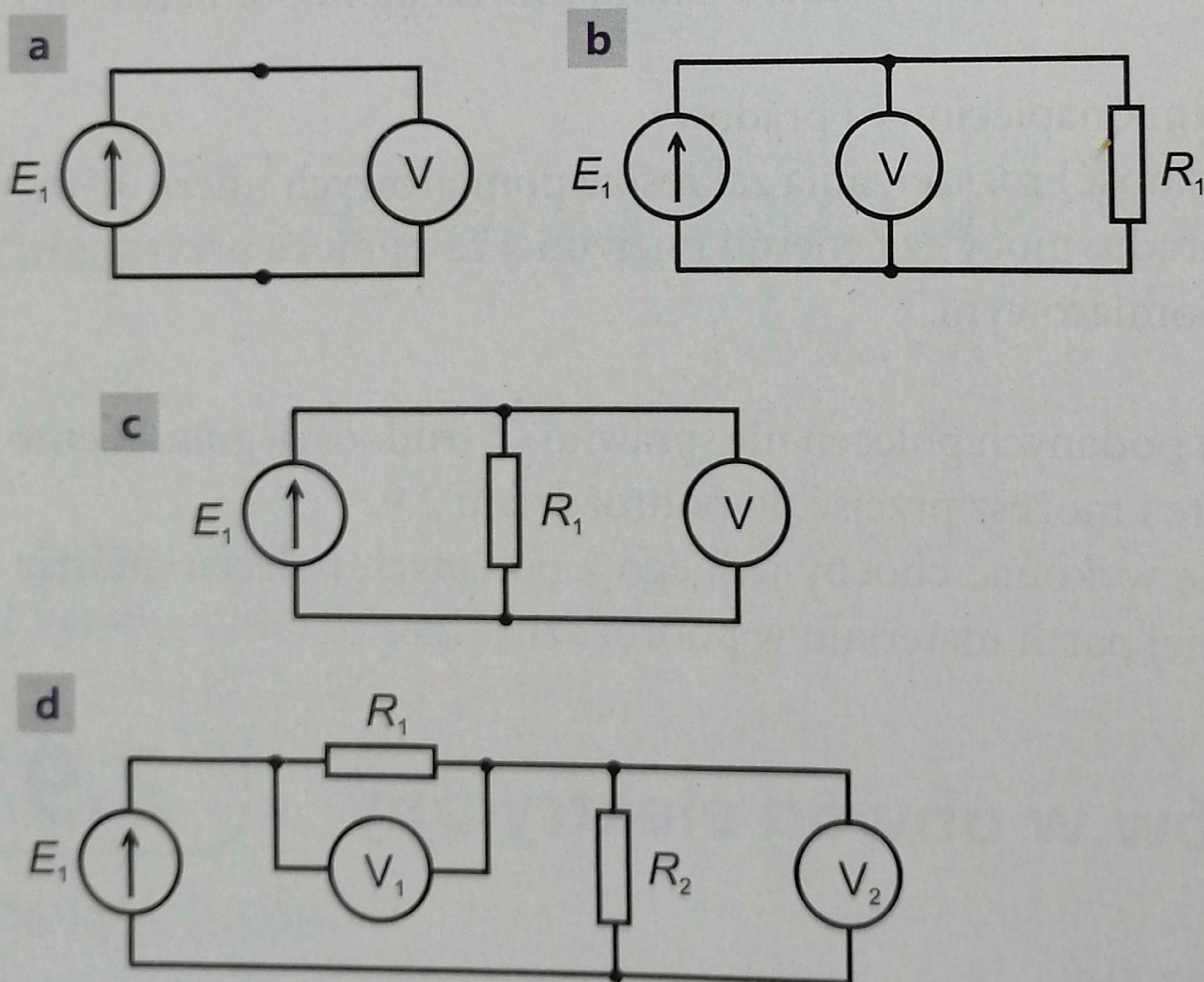
Prąd, napięcie czy moc są parametrami, których znajomość jest konieczna przykładowo do oceny sprawności urządzeń, stopnia ich zużycia bądź stwierdzenia stanu pracy. Zatem

Pomiary wielkości elektrycznych.
 jest konieczne dokonywanie pomiarów wielkości elektrycznych, np. miernikami elektrycznymi. Specyfika budowy tych urządzeń wymusza ich odpowiednie włączanie do obwodu, aby pomiar był wykonany prawidłowo, bezpiecznie i bez uszkodzenia przyrządu czy elementów mierzonego obwodu.

2.9.2 Włączanie woltomierza w obwód

Napięcie elektryczne jest różnicą potencjałów między dwoma punktami obwodu elektrycznego. Przypomnijmy, że do pomiaru napięcia używamy woltomierza, którego opór wewnętrzny jest bardzo duży, około $10\text{ k}\Omega$. W idealnym przypadku rezystancja wewnętrzna woltomierza dąży do nieskończoności.

Jeżeli chcemy dokonać pomiaru napięcia między dwoma punktami, włączamy woltomierz między te punkty obwodu. W przypadku pomiaru napięć przemiennych biegunowość zacisków pomiarowych jest nieistotna. Gdy chcemy zmierzyć napięcia stałe (jedno-kierunkowe), zwracamy uwagę, aby zacisk dodatni woltomierza (oznaczony znakiem „+”) był przyłożony do potencjału wysokiego, natomiast zacisk ujemny (oznaczony znakiem „-”) – do potencjału niskiego. W przeciwnym wypadku wskazówka przyrządu wychyli się w nieprawidłową stronę i nie będzie możliwe odczytanie mierzonej wartości. Gdyby przydarzyła się taka sytuacja, należy zamienić ze sobą przyłożenie sond woltomierza. Przykładowe włączenie woltomierza w obwód przedstawiono na rysunku 2.43.



Rys. 2.43 Włączenie woltomierza w obwód elektryczny

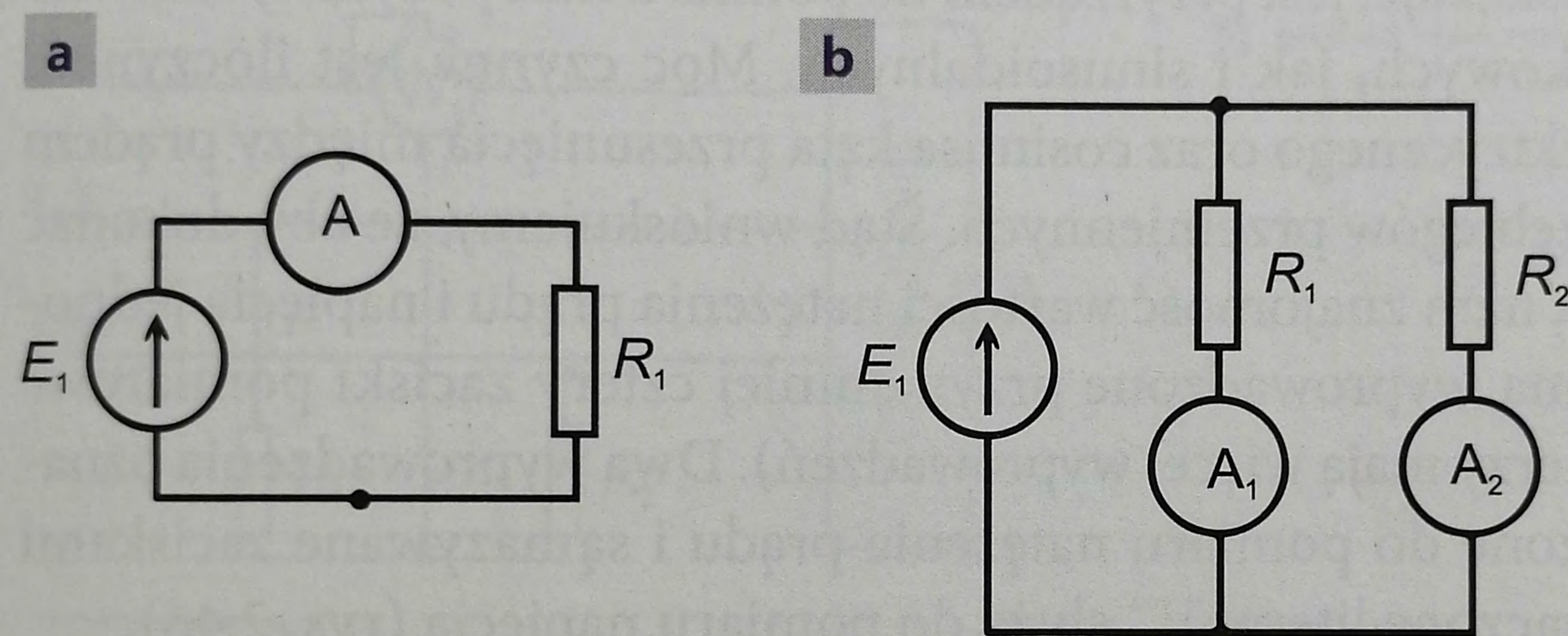
a – włączenie równoległe do źródła napięcia, *b, c* – włączenie równoległe do źródła napięcia i rezystora, *d* – włączenie równoległe do rezystorów odpowiednio R_1 i R_2 , E_1 – siła elektromotoryczna (źródło napięcia), V , V_1 i V_2 – woltomierze

Zapamiętaj!

- Woltomierz włączamy równoległe w obwód, równoległe do elementu, na którym dokonujemy pomiaru napięcia.

Włączanie amperomierza w obwód

Amperomierz mierzy natężenie prądu elektrycznego w obwodzie. Rezystancja wewnętrzna amperomierza zawiera się w granicach dziesiątych części oma. W idealnym przypadku opór amperomierza dąży do zera. Jeżeli chcemy dokonać pomiaru amperomierzem, umieszczamy go w gałęzi obwodu, w której chcemy dokonać pomiaru. Przykładowo, jeżeli chcemy zmierzyć natężenie prądu przepływającego przez rezystor, nie ma znaczenia, czy amperomierz umieścimy przed, czy za rezystorem. W obu przypadkach wskazanie przyrządu będzie takie samo. Podobnie jak w przypadku woltomierzy zwracamy uwagę na odpowiednią biegunowość przy pomiarach wartości stałych (jednokierunkowych). Natomiast na bezpośredni pomiar prądów przemiennych nie ma wpływu zamiana zacisków pomiarowych. Ze względu na małą oporność wewnętrzną amperomierzy, błędne ich włączenie powoduje zwarcie w obwodzie między punktami włączenia przyrządu. Skutkiem może być uszkodzenie amperomierza lub elementów elektrycznych w obwodzie bądź zadziałanie zabezpieczeń nadmiarowoprądowych. Przykłady prawidłowego włączenia amperomierzy w obwód przedstawiono na rysunku 2.44.



Rys. 2.44 | Włączanie amperomierza w obwód elektryczny
 a – włączenie szeregowe amperomierza, źródła napięcia i rezystora, b – włączenie szeregowe amperomierzy z rezystorami R_1 i R_2 , E_1 – siła elektromotoryczna (źródło napięcia), A , A_1 i A_2 – amperomierze

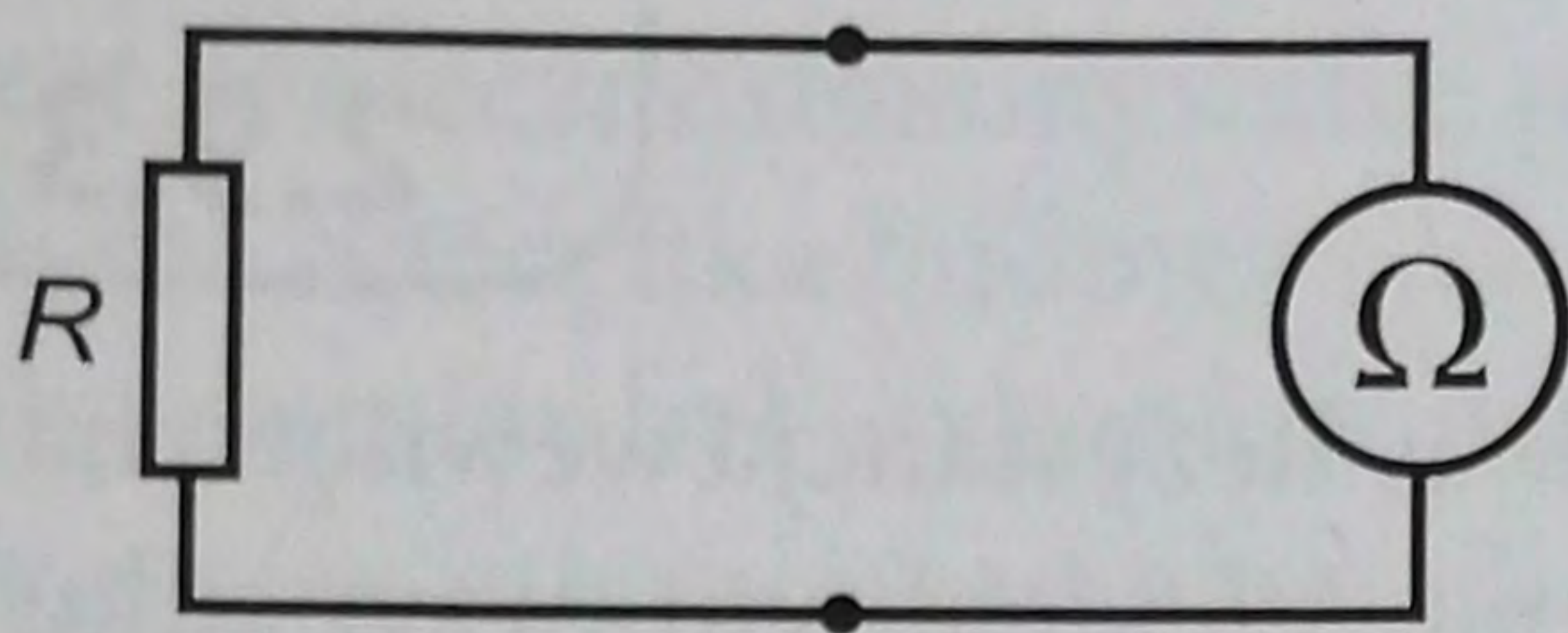
Zapamiętaj!

- *Amperomierz zawsze włączamy szeregowo w obwód.*

Włączanie omomierza w obwód

Omierz jest przyrządem do pomiaru rezystancji elementu elektrycznego. Pomiar rezystancji pozwala nam sklasyfikować lub rozpoznać rezystory, określić, czy element elektryczny jest sprawny, czy też uszkodzony (dioda półprzewodnikowa, tranzystor bipolarny).

Wartość rezystancji izolacji pozwala nam ocenić, czy urządzenie jest dla nas bezpieczne. Dokonujemy pomiarów rezystancji zarówno o małych wartościach (kilka dziesiątych części oma – Ω), jak również o bardzo dużych (megaomy – $M\Omega$). W jaki sposób dokonuje się pomiarów rezystancji, dowiesz się z podrozdziałów 2.23, 2.24, 2.25, 2.26. Omierz ma dwa zaciski pomiarowe i to do tych zacisków podłączamy (rys. 2.45) element elektryczny, którego rezystancję chcemy zmierzyć.



Rys. 2.45

Włączenie omomierza w obwód

Zapamiętaj!

- *Omomierze mają wewnętrzne źródła zasilania, dlatego pomiaru rezystancji dokonujemy tylko i wyłącznie przy odłączonych od zasilania elementach elektrycznych czy elektronicznych. Ponadto, gdy będziemy próbowali zmierzyć rezystancję np. rezystora, który jest wlutowany w układ elektryczny, nie uzyskamy prawdziwego wyniku, ponieważ mierzymy wtedy rezystancję całego układu, lecz widzianą od strony punktów przyłączeniowych tegoż rezystora.*

2.9.5 Włączanie watomierza w obwód

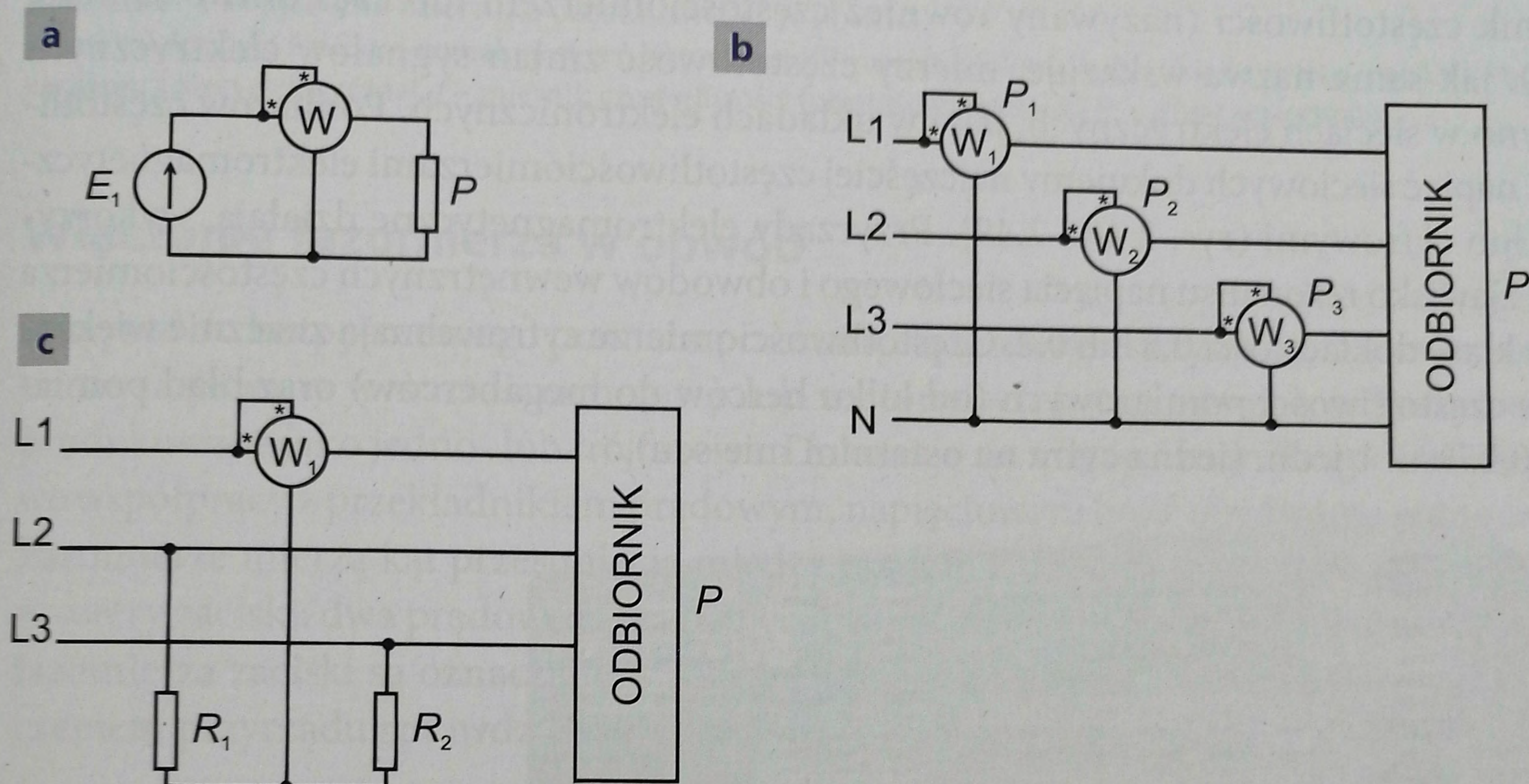
Watomierz, jak sama nazwa wskazuje, jest przyrządem do pomiaru mocy czynnej zarówno dla przebiegów jednokierunkowych, jak i sinusoidalnych. Moc czynna jest iloczynem natężenia prądu i napięcia elektrycznego oraz cosinusa kąta przesunięcia między prądem a napięciem w przypadku przebiegów przemiennych. Stąd wnioskujemy, że aby dokonać pomiaru mocy, potrzebna jest nam znajomość wartości natężenia prądu i napięcia jednocześnie. Dlatego watomierz ma wyprowadzone przynajmniej cztery zaciski pomiarowe (niektóre konstrukcje watomierzy mają więcej wyprowadzeń). Dwa wyprowadzenia oznaczone literą „A” są przeznaczone do pomiaru natężenia prądu i są nazywane zaciskami prądowymi, kolejne dwa, oznaczone literą „V”, służą do pomiaru napięcia (rys. 2.46).



Rys. 2.46

Watomierz analogowy

Watomierz wskazuje wartość pomiaru w watach, oczywiście po uwzględnieniu stałej przyrządu. Przystępując do włączenia watomierza musimy zlokalizować wyprowadzenia prądowe i napięciowe. Wiemy już, że pomiaru natężenia prądu dokonujemy przez szeregowe włączenie w obwód amperomierza, tak samo postępujemy z zaciskami prądowymi watomierza. Wyprowadzenia napięciowe podłączamy równoległe do elementu, którego moc czynną chcemy zmierzyć. Przy zaciskach watomierza znajdujemy dodatkowe oznaczenia w postaci kropki lub gwiazdki. Oznaczenie takie jest informacją, że tu znajduje się początek cewki. Zarówno wyprowadzenia prądowe, jaki i napięciowe mają oznaczone swoje początki. Włączamy watomierz tak jak pokazano na rysunku 2.47.



Rys. 2.47 Włączanie watomierzy w obwód elektryczny

a – pomiar mocy czynnej odbiornika napięcia stałego, *b* – pomiar mocy czynnej trzema watomierzami w układzie trójfazowym, *c* – pomiar mocy czynnej odbiornika trójfazowego bez przewodu neutralnego, E_1 – siła elektromotoryczna (źródło napięcia), L1, L2, L3 – kolejne fazy napięcia przemiennego, N – przewód neutralny, W, W_1, W_2, W_3 – watomierze, R_1, R_2 – rezystory o takiej samej wartości do utworzenia sztucznego punktu zerowego, P_1, P_2, P_3 – moc czynna wskazywana przez poszczególne watomierze, P – moc czynna pobierana przez odbiornik

W układzie na rysunku 2.47a moc P pobierana przez odbiornik jest równa mocy wskazywanej przez watomierz W . Na rysunku 2.47b możemy łatwo zauważyć, że moc P pobrana przez odbiornik będzie równa sumie mocy wskazywanych przez poszczególne watomierze

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \text{ [W]} \quad (2.9.1)$$

Przypomnijmy, że moc czynną wyrażamy w watach.

Na rysunku 2.47c przedstawiono jeszcze inny sposób pomiaru mocy P odbiornika. W przypadku gdy odbiornik jest symetryczny, moc pobieraną obliczymy z zależności

$$P = 3 P_1 \text{ [W]} \quad (2.9.2)$$

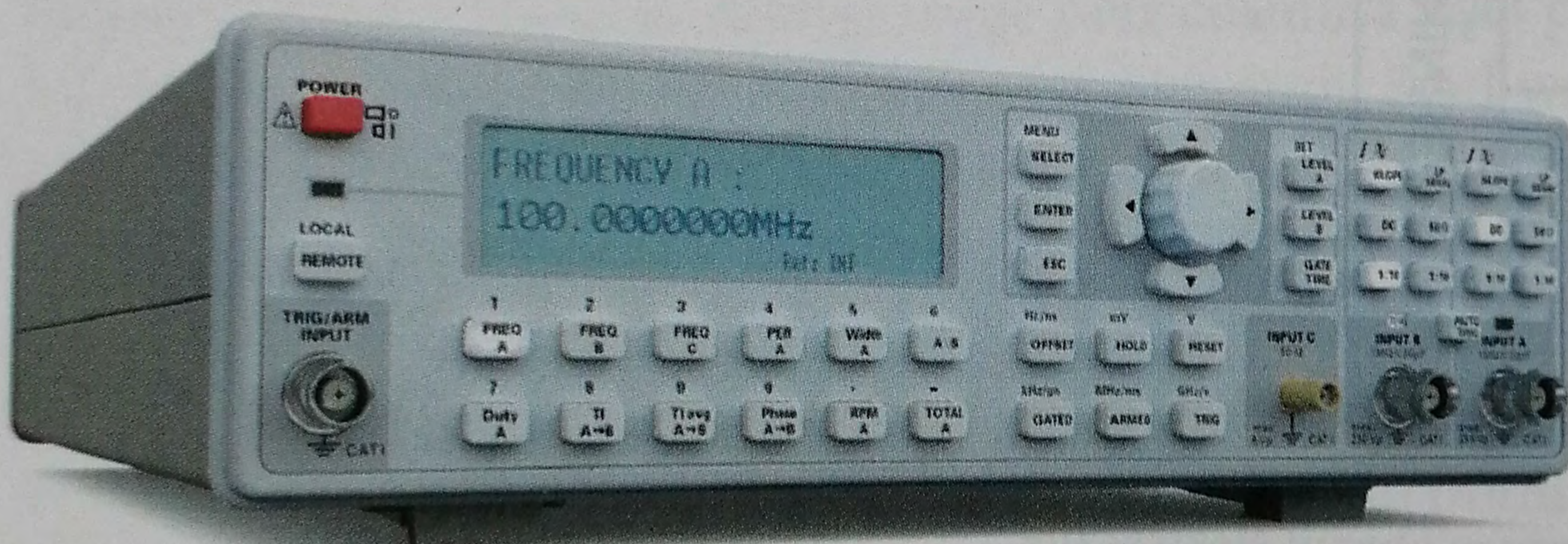
Wartości rezystorów R_1 oraz R_2 dobieramy tak, aby były równe wartości rezystancji cewki napięciowej watomierza W_1 .

Zapamiętaj!

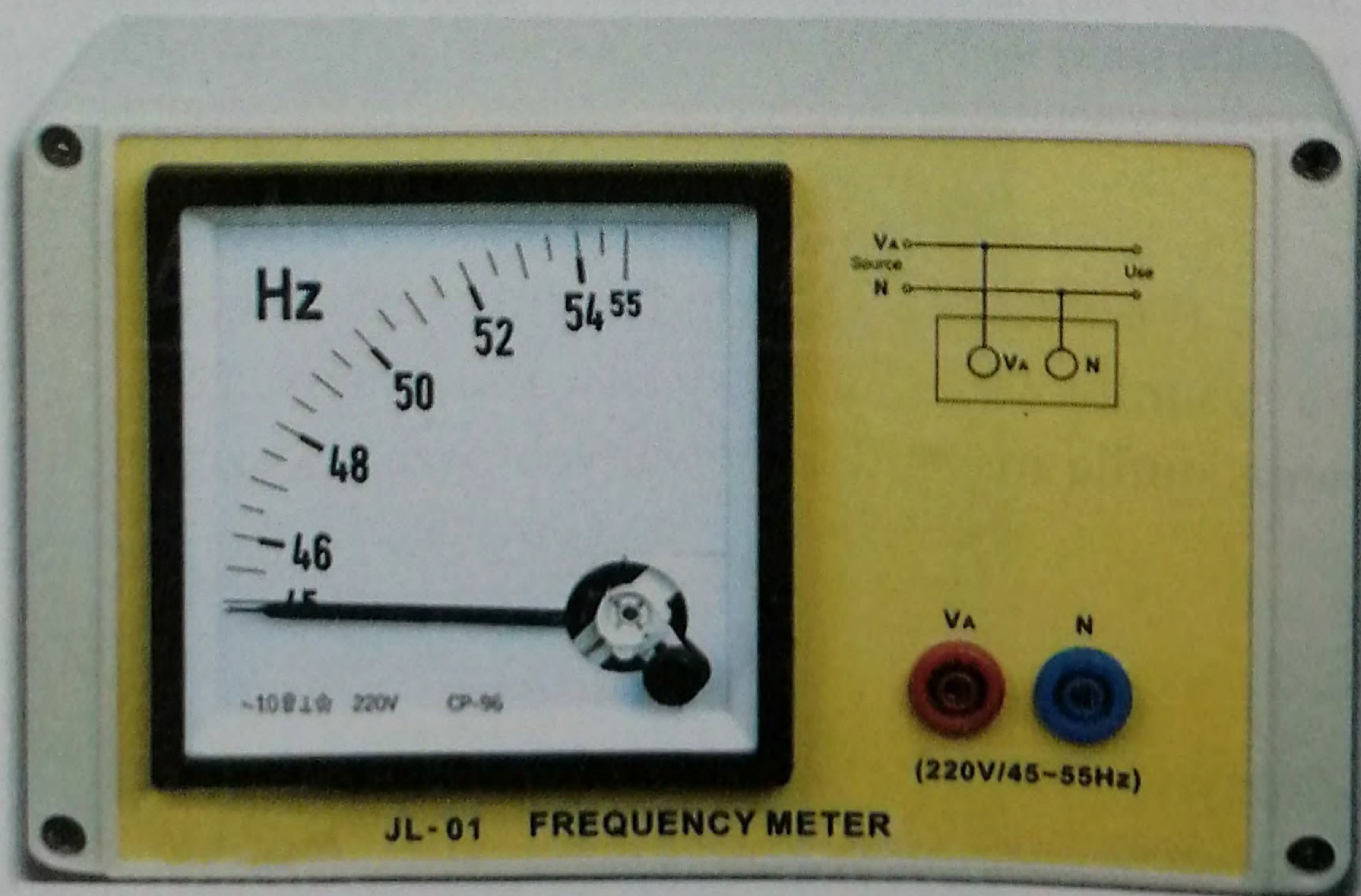
- *Zaciski prądowe watomierza włączamy w obwód szeregowo, natomiast zaciski napięciowe podłączamy równoległe do elementu czy urządzenia, którego pobór mocy watomierzmy. Moc pobierana przez odbiornik nie zawsze jest taka, jaką wskazuje watomierz, lecz zależy od układu, w jakim dokonujemy pomiaru.*

2.9.6 Włączanie miernika częstotliwości w obwód

Miernik częstotliwości (nazywany również częstościomierzem lub częstotłościomierzem), jak sama nazwa wskazuje, mierzy częstotliwość zmian sygnałów elektrycznych zarówno w sieciach elektrycznych, jak i w układach elektronicznych. Pomiarów częstotliwości napięć sieciowych dokonujemy najczęściej częstościomierzami elektromagnetycznymi lub cyfrowymi (rys. 2.48 i 2.49). Przyrządy elektromagnetyczne działają, wykorzystując zjawisko rezonansu napięcia sieciowego i obwodów wewnętrznych częstościomierza i mają klasę dokładności 0,5 lub 0,2. Częstościomierze cyfrowe mają znacznie większy zakres częstotliwości pomiarowych (od kilku herców do megaherców) oraz błąd pomiarowy $0,05\% \pm 1$ jedn. (jedna cyfra na ostatnim miejscu).

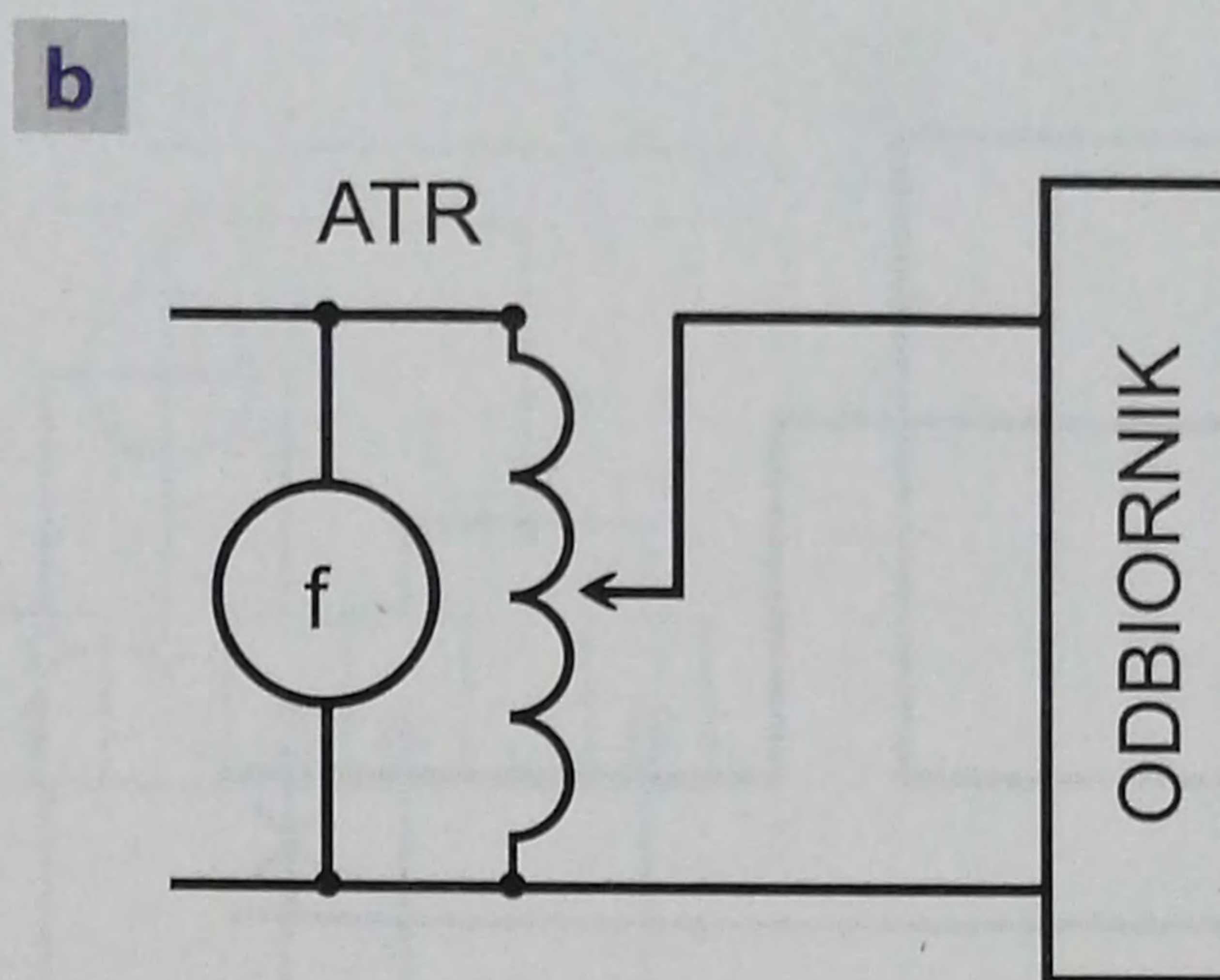
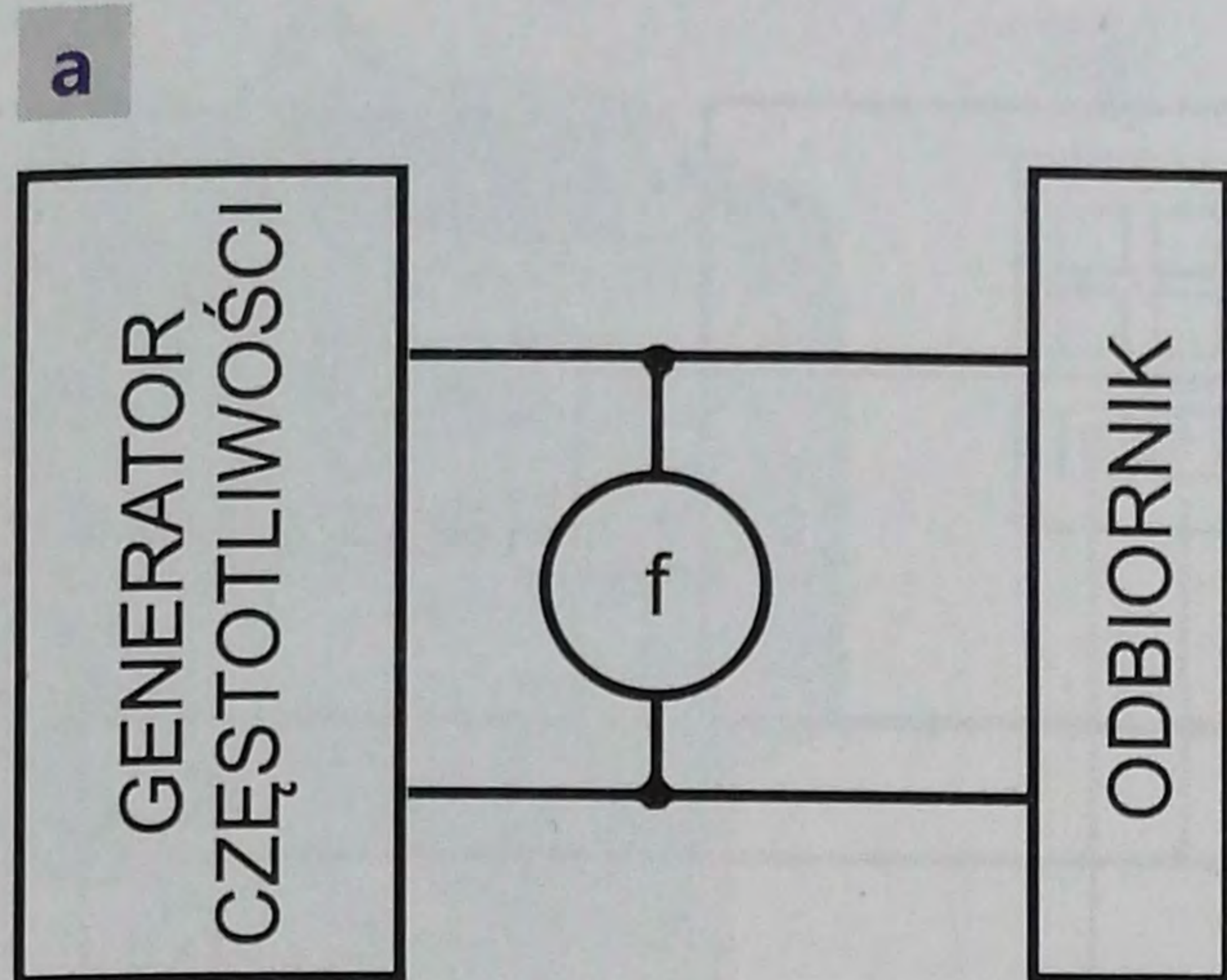


Rys. 2.48 Przykład cyfrowego miernika częstotliwości



Rys. 2.49 Przykład analogowego miernika częstotliwości

Miernik częstotliwości włączamy równoległe do obwodu, podobnie jak woltomierz (rys. 2.50). Pamiętajmy jednak, że pomiaru częstotliwości możemy dokonać również oscyloskopem. W jaki sposób to się robi, dowiesz się z podrozdziału 2.39.

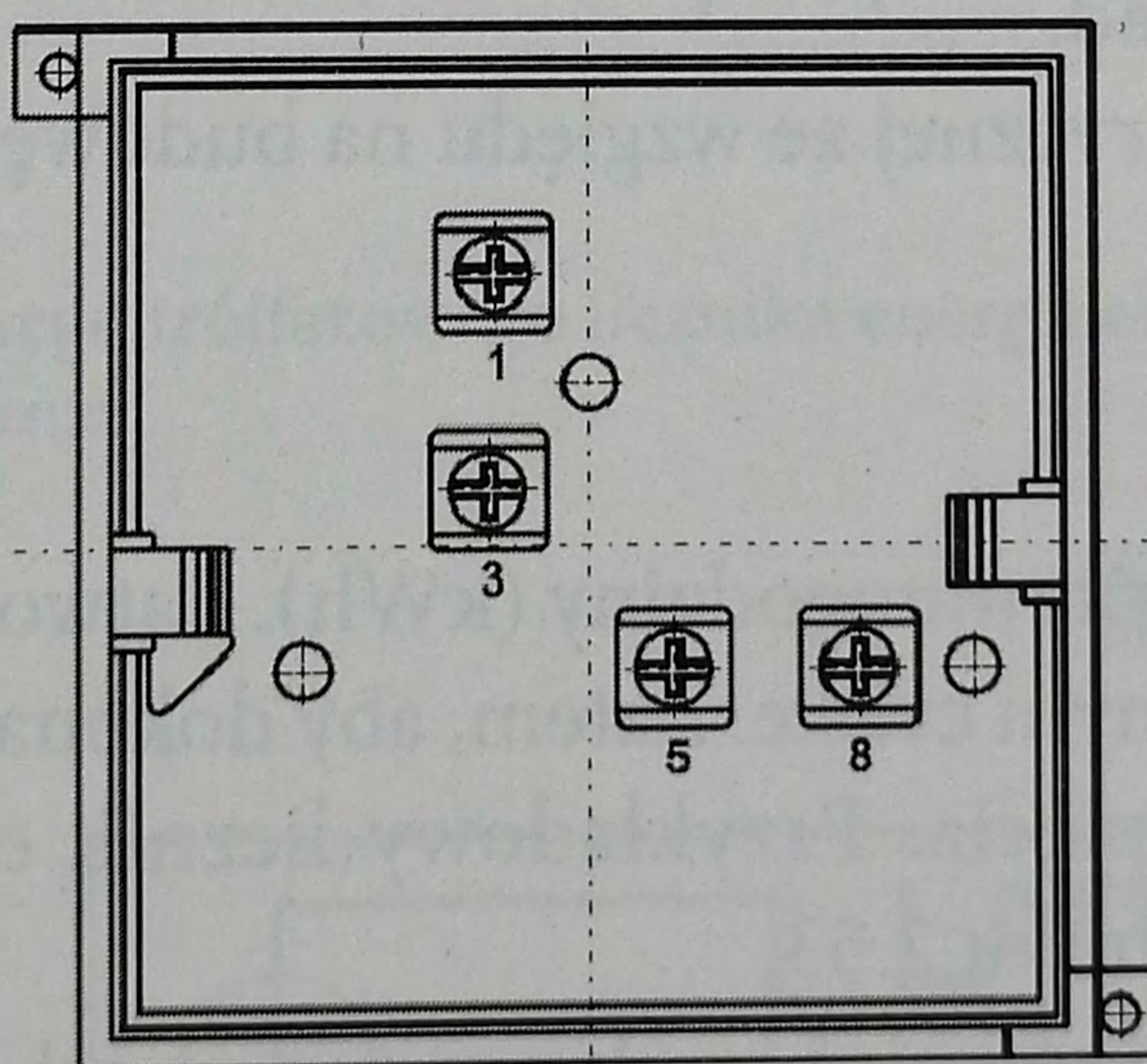
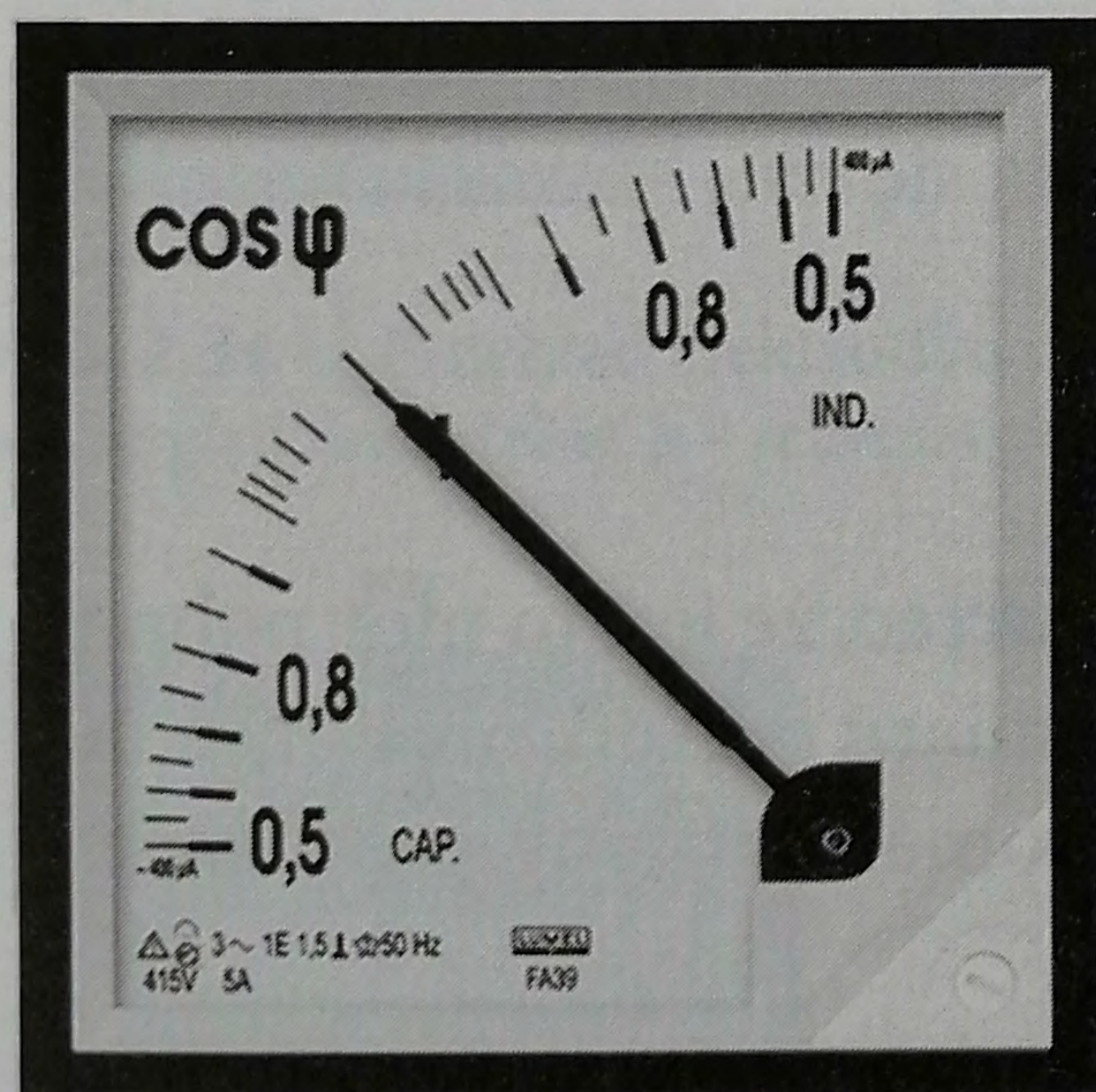


Rys. 2.50 | Włączenie miernika częstotliwości w obwód
a – układ, którego źródłem sygnału jest generator częstotliwości lub falownik, *b* – układ pomiaru częstotliwości przy zasilaniu z sieci elektrycznej, *f* – miernik częstotliwości (częstościomierz), *ATR* – autotransformator

Włączanie fazomierza w obwód

2.9.7

Przyrząd do bezpośredniego pomiaru przesunięcia fazowego nazywamy fazomierzem. Jest on wyskalowany w wartościach $\cos \varphi$ lub w stopniach kąta fazowego φ . Fazomierze są produkowane jako jedno- lub trójfazowe. Dokonuje się nimi pomiaru bezpośredniego lub we współpracy z przekładnikiem prądowym, napięciowym bądź obydwoma jednocześnie. Fazomierze mierzą kąt przesunięcia między prądem a napięciem, dlatego są wyposażone w cztery zaciski: dwa prądowe i dwa napięciowe. W zależności od producenta oraz modelu fazomierza zaciski są oznaczane w różny sposób, dlatego jest ważne, abyśmy przed połączeniem przyrządu sprawdzili w dokumentacji sposób podłączenia.



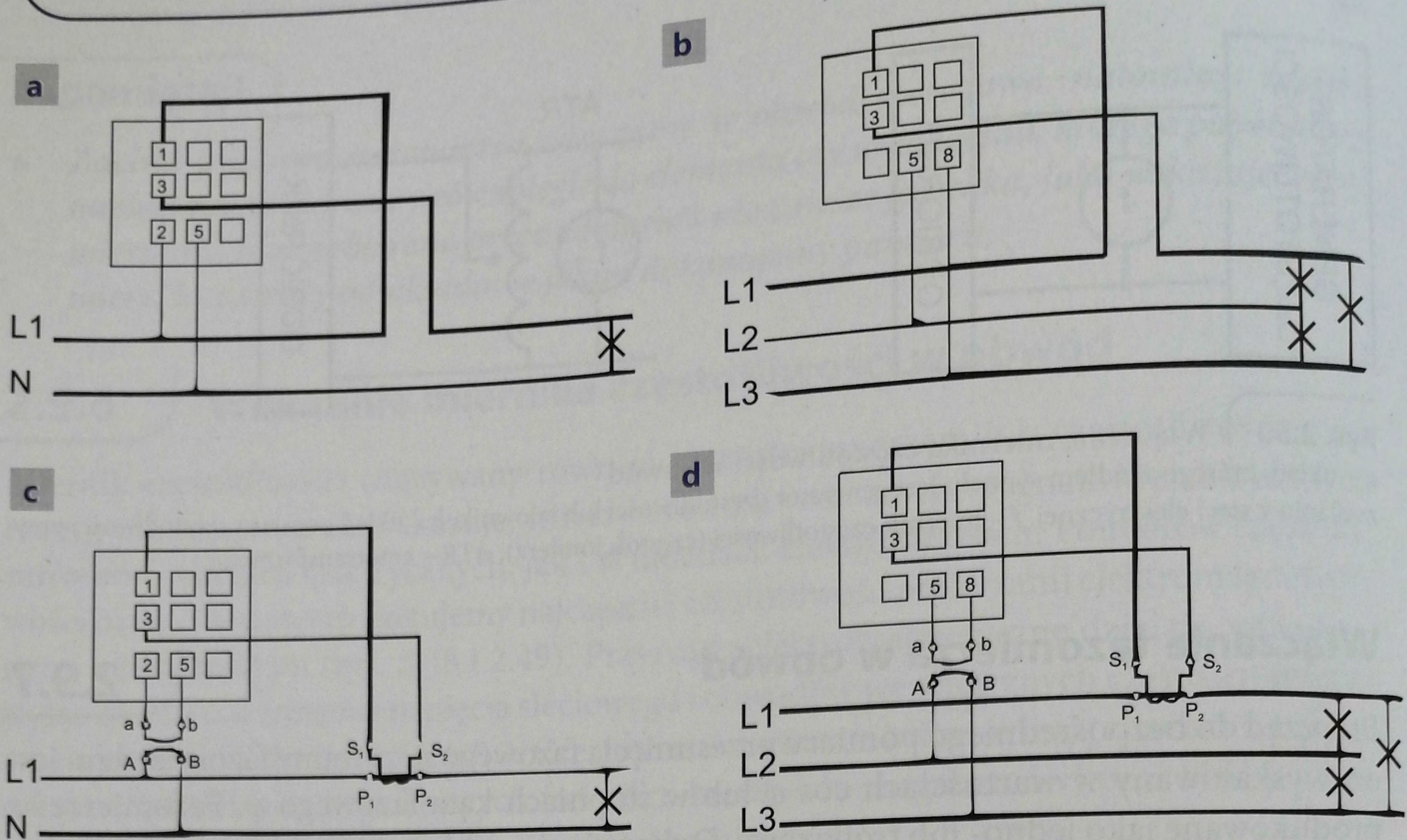
Rys. 2.51 | Przykład fazomierza – widok z przodu (lewa część rys.) i widok z tyłu (prawa część rys.)

Na rysunku 2.51 przedstawiono fazomierz analogowy. Na tylnej stronie przyrządu znajdują się zaciski pomiarowe oznaczone cyframi 1, 3, 5, 8. Do tych zacisków podłączamy odpowiednie elementy układu elektrycznego zgodnie ze schematem z rysunku 2.52.

Włączanie licznika energii elektrycznej w obwód

2.9.8

Jak wiadomo, energia elektryczna towarzyszy nam w każdej dziedzinie życia. Nie będziemy zastanawiać się nad przykładami, w których występuje, bo jest ich niezliczona ilość.



Rys. 2.52 Schematy połączeń przykładowego fazomierza

a – fazomierz do sieci jednofazowej włączony bezpośrednio, *b* – fazomierz do sieci trójfazowej włączony bezpośrednio, *c* – fazomierz do sieci jednofazowej włączony za pośrednictwem przekładnika prądowego i napięciowego, *d* – fazomierz do sieci trójfazowej włączony za pośrednictwem przekładnika prądowego i napięciowego, *L1*, *L2*, *L3* – kolejne fazy napięcia przemiennego

Poznamy natomiast przyrząd do pomiaru energii elektrycznej jedno- i trójfazowej i sposób jego włączania w układ.

Liczniki energii elektrycznej ze względu na budowę dzielą się na:

- elektromechaniczne,
- elektroniczne.

Jednostką energii są kilowatogodziny (kWh). Łatwo spostrzec, że jest to moc pobrana przez odbiornik w ustalonym czasie. Zatem, aby dokonać pomiaru energii, musimy zmierzyć wartość prądu i napięcia. Przykładowy licznik elektromechaniczny jednofazowy możemy zobaczyć na rysunku 2.53.

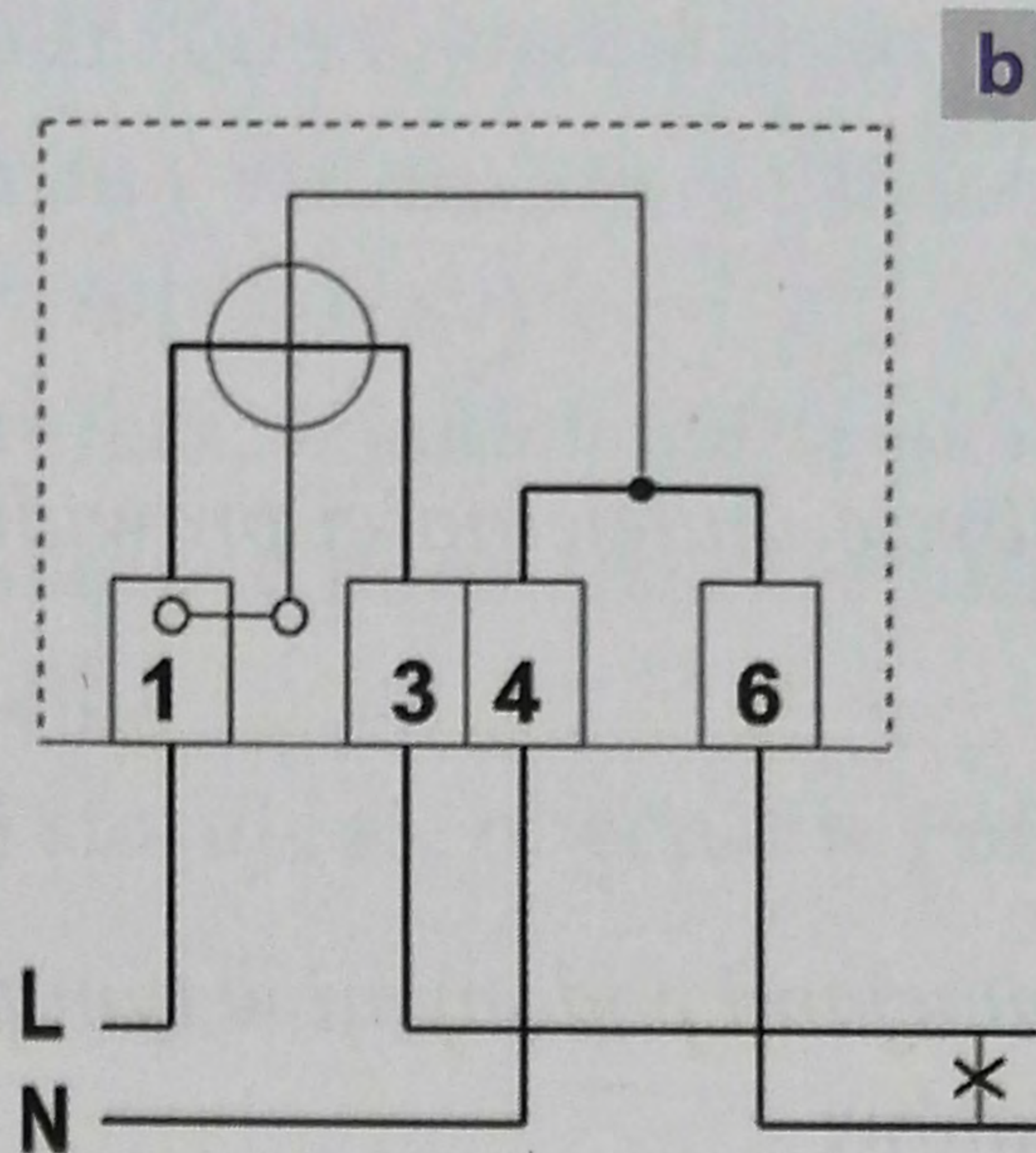
Liczniki trójfazowe są również bardzo rozpowszechnione, ich wygląd i sposób podłączenia przedstawiono na rysunku 2.54.

Chętnie stosowane i coraz bardziej rozpowszechnione są elektroniczne liczniki energii elektrycznej. Niektóre modele umożliwiają zdalny odczyt wartości wskazań licznika obciążenia, wartości $\cos \varphi$ lub coraz częściej $\operatorname{tg} \varphi$. Na rynku jest dostępnych bardzo wiele modeli liczników, na rysunku 2.55 możemy zobaczyć przykładowy.

Należy pamiętać, że zawsze można sprawdzić opis i sposób podłączania przyrządu w nocie katalogowej producenta. Ze względu na dużą różnorodność przyrządów pomiarowych ich dodatkowe funkcje, czasami możliwość programowania, dobrym nawykiem jest zapoznanie się z danymi technicznymi, instrukcjami obsługi mierników dostarczanych wraz z przyrządami lub dostępnymi na stronach internetowych producentów.



a

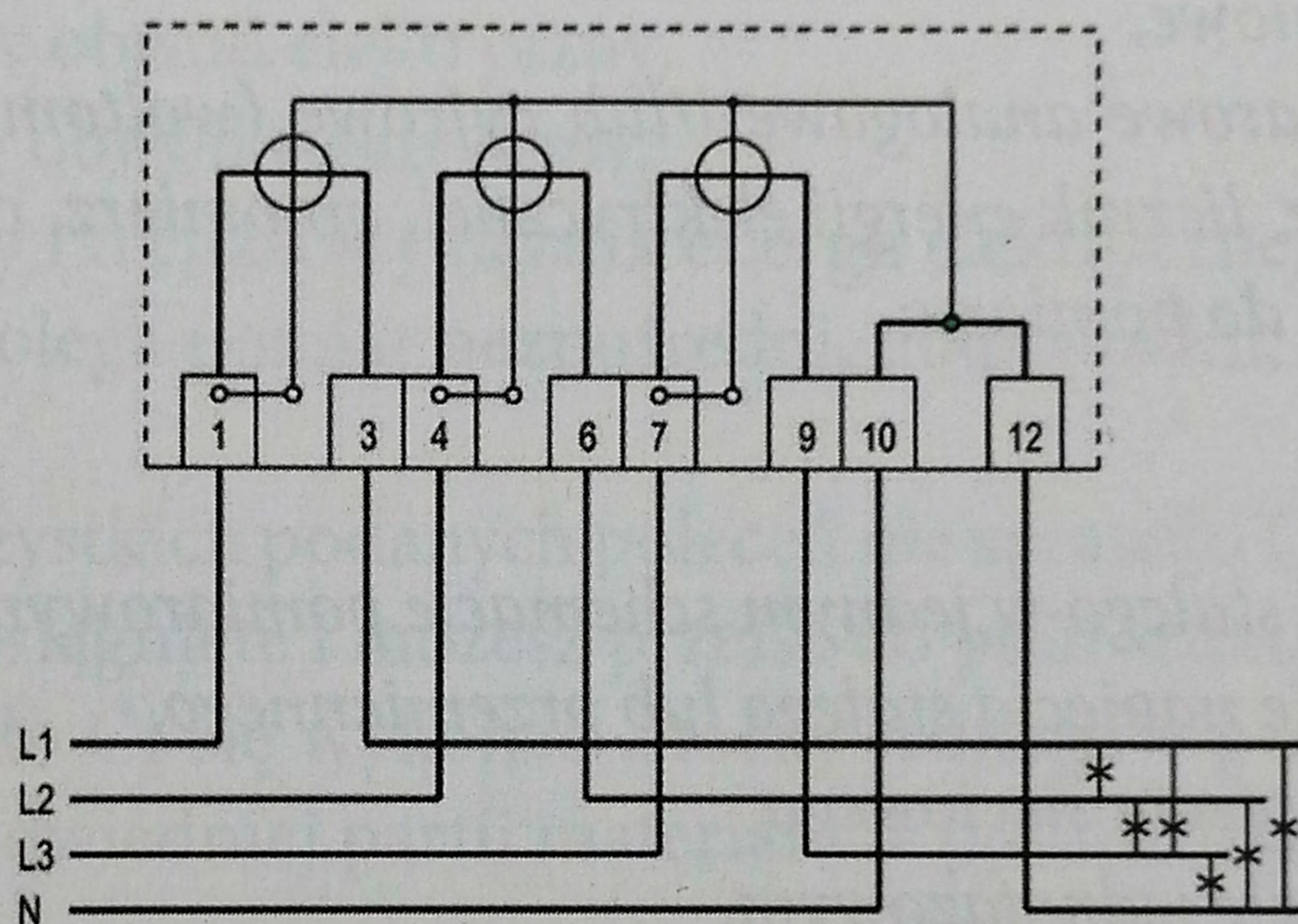


b

Rys. 2.53 Przykład elektrodynamicznego jednofazowego licznika energii elektrycznej
a – wygląd zewnętrzny, *b* – schemat podłączenia



a

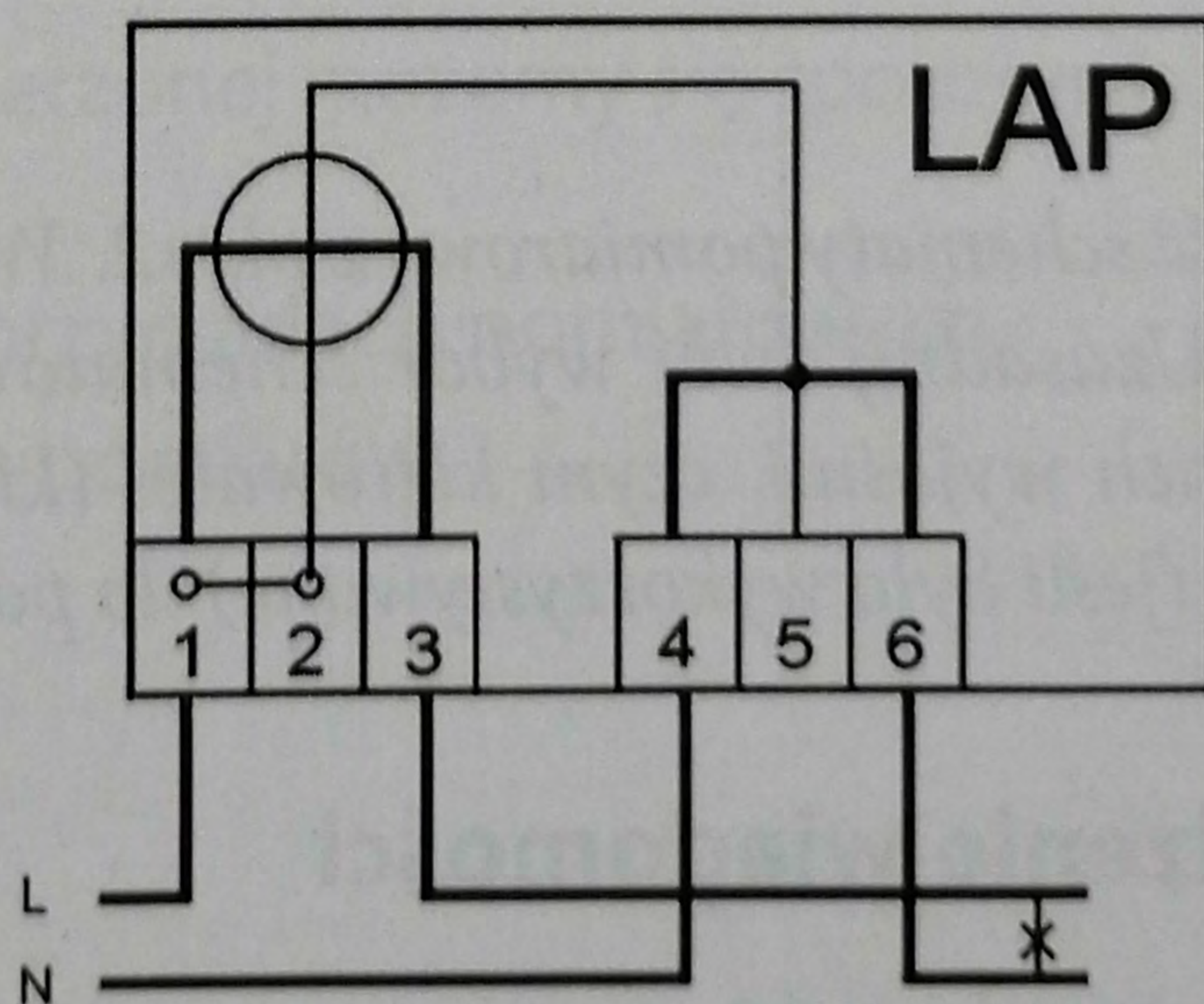


b

Rys. 2.54 Przykład elektrodynamicznego trójfazowego licznika energii elektrycznej
a – wygląd zewnętrzny, *b* – schemat podłączenia



a



b

Rys. 2.55 Przykład licznika energii elektrycznej elektronicznego jednofazowego
a – wygląd zewnętrzny, *b* – schemat podłączenia

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest nabycie umiejętności prawidłowego włączania mierników w obwód elektryczny.

Przebieg ćwiczenia

1. Zapoznaj się z informacjami podanymi w tym podrozdziale oraz wykazem dostępnych przyrządów i materiałów:
 - regulowany zasilacz napięcia stałego,
 - zaciski z wyprowadzonym napięciem sieciowym,
 - rezystory nastawne (opornice, np. drutowe),
 - zestaw żarówek umożliwiający ich łączenie (szeregowe, równoległe, w gwiazdę, w trójkąt),
 - przewody łączeniowe,
 - przyrządy pomiarowe analogowe i/lub cyfrowe (woltomierz, amperomierz, watomierz, fazomierz, licznik energii elektrycznej, omomierz, częstotłomierz).
2. Zaproponuj układy do pomiaru:
 - prądu stałego,
 - napięcia stałego,
 - prądu i napięcia stałego w jednym schemacie pomiarowym,
 - mocy w obwodzie napięcia stałego lub przemiennego,
 - częstotliwości napięcia sieciowego,
 - energii w obwodzie jednofazowym,
 - rezystancji żarówek lub rezystorów.
3. Uzasadnij wybór przyrządu pomiarowego i odbiornika do poszczególnych schematów z pkt. 2.
4. Wybierz dwa dowolne podpunkty z pkt. 2 i połącz zaproponowane schematy.
5. Po sprawdzeniu przez prowadzącego wykonaj przynajmniej po jednym pomiarze i zanotuj wyniki.

Podsumowanie

W sprawozdaniu zamieść schematy pomiarowe z pkt. 2. Wyróżnij te, które wybrałeś (wybrałaś) do zmontowania. Uzasadnij swój wybór schematów do pomiarów. Zamieść wyniki pomiarowe. We wnioskach wyjaśnij, czym kierowałeś (kierowałaś) się przy wyborze przyrządów oraz obciążenia (jeśli było wykorzystywane) do poszczególnych schematów w pkt. 2.

Pytania i polecenia kontrolne

1. Jak włączamy amperomierz w obwód? Narysuj przykładowy schemat.
2. Jak włączamy woltomierz w obwód? Narysuj przykładowy schemat.

3. Jak włączamy fazomierz w obwód? Narysuj przykładowy schemat.
4. Wymień, jakie wyprowadzenia ma watomierz i dlaczego jest ich więcej niż w przypadku amperomierzy czy woltomierzy?
5. Do czego służy i co mierzy fazomierz, w jakich jednostkach?
6. Jakimi przyrządami możemy dokonać pomiaru częstotliwości? Podaj przykładowy schemat włączenia przyrządu.
7. Jakie rodzaje mierników energii stosuje się obecnie w Polsce, jakie mają funkcje dodatkowe?

Samoocena nabytych wiadomości i umiejętności

Sprawdź, czy potrafisz:

- włączyć amperomierz w obwód elektryczny,
- włączyć woltomierz w obwód elektryczny,
- włączyć watomierz w obwód elektryczny,
- włączyć fazomierz w obwód elektryczny,
- włączyć jednofazowy i trójfazowy licznik energii elektrycznej w obwód elektryczny,
- wyjaśnić, na czym polega pomiar bezpośredni, półpośredni, pośredni.

Jeżeli wykonanie wszystkich podanych poleceń nie sprawiło Ci trudności, gratulujemy – założone cele zostały osiągnięte i możesz przejść do podrozdziału 2.10.

Jeśli jednak nie udało Ci się wykonać choćby jednego z podanych poleceń, musisz powrócić jeszcze do odpowiedniej partii materiału w podrozdziale 2.9.