

7



ELEKTRYK

**Wykonywanie pomiarów
różnych wielkości elektrycznych**



MINISTERSTWO EDUKACJI
NARODOWEJ



Teresa Birecka

Wykonywanie pomiarów różnych wielkości elektrycznych 724[01].O1.07

Poradnik dla ucznia

Wydawca
Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2007

Recenzenci:

mgr inż. Elżbieta Burlaga
mgr Stanisław Rogulski

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Barbara Kapruziak

Konsultacja:

mgr inż. Ryszard Dolata

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 724[01].O1.07 „Wykonywanie pomiarów różnych wielkości elektrycznych”, zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu elektryk.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2007

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	3
2. Wymagania wstępne	5
3. Cele kształcenia	6
4. Materiał nauczania	7
4.1. Budowa i zasada działania mierników wskazówkowych	7
4.1.1. Materiał nauczania	7
4.1.2. Pytania sprawdzające	12
4.1.3. Ćwiczenia	12
4.1.4. Sprawdzian postępów	14
4.2. Mierniki cyfrowe, testery, próbniiki	15
4.2.1. Materiał nauczania	15
4.2.2. Pytania sprawdzające	17
4.2.3. Ćwiczenia	17
4.2.4. Sprawdzian postępów	18
4.3. Oscyloskop jako miernik	19
4.3.1. Materiał nauczania	19
4.3.2. Pytania sprawdzające	21
4.3.3. Ćwiczenia	21
4.3.4. Sprawdzian postępów	23
4.4. Cechy eksploatacyjne mierników. Błędy występujące przy pomiarach	24
4.4.1. Materiał nauczania	24
4.4.2. Pytania sprawdzające	27
4.4.3. Ćwiczenia	27
4.4.4. Sprawdzian postępów	28
4.5. Pomiar prądu i napięcia. Pomiar częstotliwości	29
4.5.1. Materiał nauczania	29
4.5.2. Pytania sprawdzające	33
4.5.3. Ćwiczenia	33
4.5.4. Sprawdzian postępów	36
4.6. Pomiar rezystancji	37
4.6.1. Materiał nauczania	37
4.6.2. Pytania sprawdzające	41
4.6.3. Ćwiczenia	42
4.6.4. Sprawdzian postępów	45
4.7. Pomiar mocy i współczynnika mocy. Pomiar energii	46
4.7.1. Materiał nauczania	46
4.7.2. Pytania sprawdzające	50
4.7.3. Ćwiczenia	50
4.7.4. Sprawdzian postępów	53
5. Sprawdzian osiągnięć	54
6. Literatura	59

1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w kształtowaniu umiejętności z zakresu doboru metod i technik pomiarowych oraz odpowiednich przyrządów do właściwego wykonywania pomiarów różnych wielkości elektrycznych.

W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne: wykaz umiejętności, jakie powinieneś mieć już opanowane, abyś bez problemów mógł korzystać z poradnika i realizować kształcenie w oparciu o program tej jednostki modułowej,
- cele kształcenia: wykaz umiejętności, jakie ukształtujesz podczas realizacji tej jednostki, korzystając z poradnika; ich osiągnięcie jest warunkiem koniecznym do zrozumienia i przyswojenia treści zawartych w programach następnych modułów,
- materiał nauczania: zawiera „pigułkę” wiadomości teoretycznych niezbędnych do osiągnięcia celów kształcenia zawartych w tej jednostce modułowej; materiał nauczania został podzielony na siedem części (rozdziałów), obejmujących grupy zagadnień kształtujących umiejętności, które można wyodrębnić;

Każdy rozdział zawiera:

- pytania sprawdzające: zestaw pytań przydatny do sprawdzenia, czy już opanowałeś podane treści,
- ćwiczenia: pomogą Ci zweryfikować wiadomości teoretyczne oraz ukształtować umiejętności praktyczne; więcej ćwiczeń pomiarowych znajdziesz w poz.[2 i 4] ze spisu literatury,
- sprawdzian postępów: pozwoli Ci na dokonanie samooceny po wykonaniu ćwiczeń,
- sprawdzian osiągnięć: umożliwi sprawdzenie twoich wiadomości i umiejętności, które opanowałeś podczas realizacji programu tej jednostki modułowej,
- wykaz literatury: wymieniona tutaj literatura zawiera pełne treści materiału nauczania i korzystając z niej pogłębisz wiedzę z zakresu programu jednostki modułowej; na końcu każdego rozdziału podano w nawiasie kwadratowym pozycję z wykazu literatury, którą wykorzystano przy jego opracowywaniu.

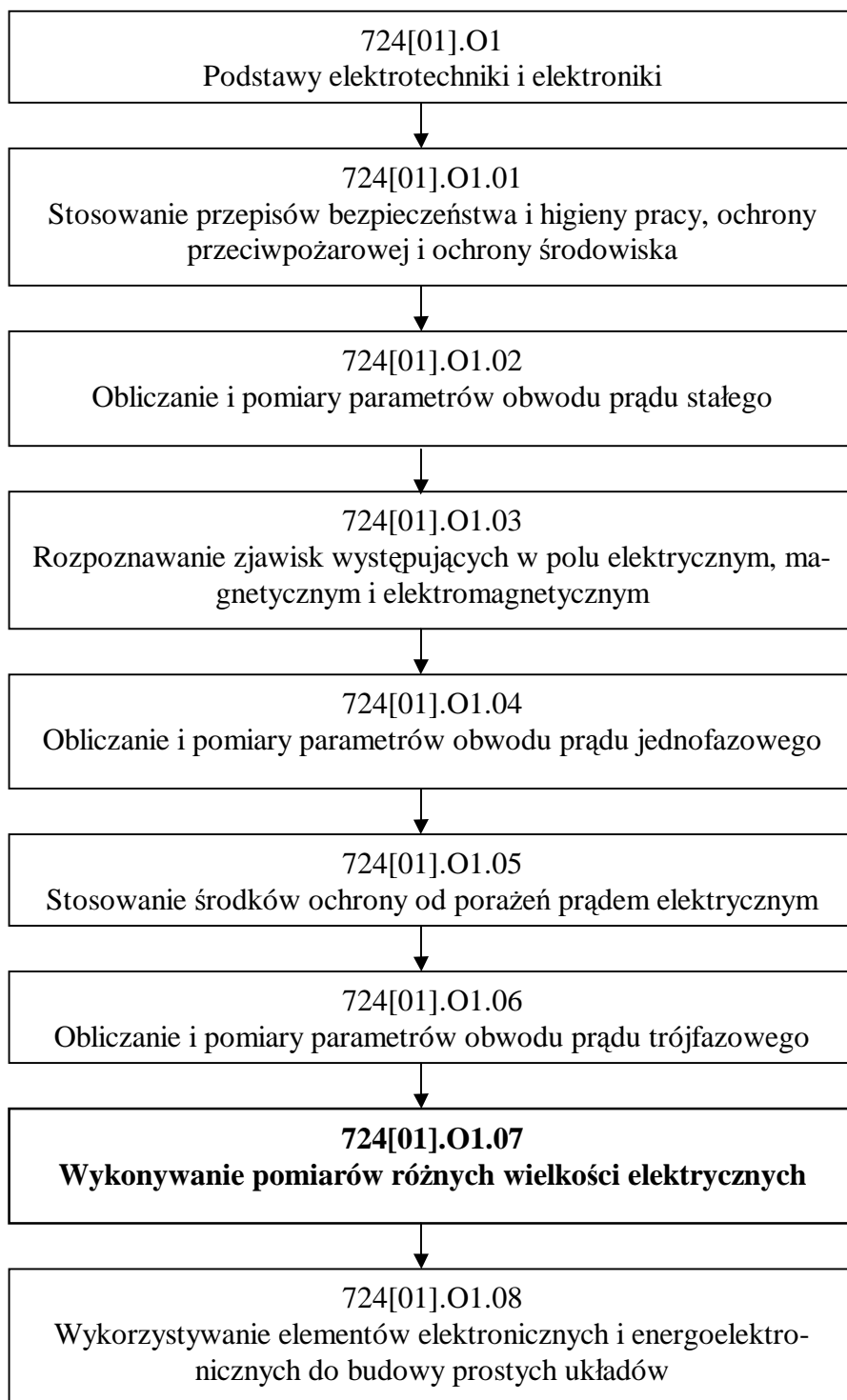
W trakcie realizacji jednostek modułowych 724[01].O1.02, 724[01].O1.04 oraz 724[01].O1.06 wykonywałeś już pomiary różnych wielkości elektrycznych. W tej jednostce modułowej nauczysz się doboru najważniejszych metod i urządzeń do pomiaru wielkości elektrycznych oraz ich wpływu na dokładność pomiaru.

Umiejętności właściwego wykonywania pomiarów wykorzystasz w przyszłej pracy zawodowej. Są one niezbędne przy wyznaczaniu parametrów obwodu, podczas montażu, eksploatacji i napraw urządzeń elektrycznych.

Szczególną uwagę zwróć na oznaczenia umieszczone na miernikach oraz informacje zawarte w kartach katalogowych producenta. Pozwolili Ci to na właściwe wykorzystanie miernika oraz bezpieczną jego eksploatację.

Pamiętaj, że na wynik pomiaru ma wpływ nie tylko urządzenie pomiarowe, ale także staranność z jaką wykonujesz pomiar. Podczas wykonywania ćwiczeń pomiarowych analizuj wyniki pomiarów. Wnioski z tej analizy pomogą Ci zdiagnozować pracę urządzeń i zlokalizować przyczynę ich uszkodzenia. Do wykonywania obliczeń i wykresów na podstawie przeprowadzonych pomiarów staraj się wykorzystywać programy komputerowe.

Przy wykonywaniu ćwiczeń praktycznych stosuj poznane wcześniej zasady bezpieczeństwa.



Schemat układu jednostek modułowych

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- objaśniać podstawowe zjawiska występujące w polu magnetycznym i elektrycznym,
- wskazywać zastosowanie tych zjawisk,
- czytać schematy elektryczne,
- łączyć obwody prądu stałego i przemiennego na podstawie ich schematów,
- odczytywać wielkości mierzone z mierników wyskalowanych w działkach,
- obliczać obwody elektryczne prądu stałego,
- obliczać obwody elektryczne prądu jednofazowego i trójfazowego,
- włączać mierniki w obwód jednofazowy i trójfazowy,
- dobierać zakresy pomiarowe mierników na podstawie parametrów obwodu i obliczeń,
- korzystać z różnych źródeł informacji,
- lokalizować i usuwać proste usterki w obwodach prądu stałego i przemiennego,
- stosować zasady bhp i ochrony ppoż. podczas pomiarów oraz pokazów zjawisk fizycznych.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- objaśnić budowę i zasadę działania podstawowych przyrządów pomiarowych,
- określić zastosowanie różnych przyrządów pomiarowych oraz testerów, próbników, oscyloskopu,
- objaśnić znaczenie symboli podawanych na miernikach,
- scharakteryzować podstawowe metody pomiarowe wielkości elektrycznych,
- ocenić błąd pomiaru,
- zmierzyć: napięcie, prąd, rezystancję, moc, energię, współczynnik mocy, częstotliwość,
- sporządzić tabelę i zapisać w niej wyniki pomiarów,
- narysować wykres na podstawie wyników pomiaru,
- odczytać informacje zawarte w tabeli i na wykresie,
- zastosować zasady bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony od porażen prądem elektrycznym oraz ochrony przeciwpożarowej obowiązujące na stanowisku pracy.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Budowa i zasada działania mierników wskazówkowych

4.1.1. Materiał nauczania

Podczas badania, instalowania, konserwacji i napraw urządzeń elektrycznych przeprowadzane są pomiary, próby i testy.

Pomiar jest to porównanie wartości badanej wielkości fizycznej z wartością przyjętą za jednostkę miary.

W pomiarach elektrycznych bardzo popularne są mierniki analogowe (wskazówkowe). Wykorzystuje się w nich zjawiska elektromagnetyczne, które zostały omówione w jednostce modułowej 724[01].O1.03.

W przyrządach pomiarowych wskazówkowych następuje zamiana doprowadzonej do miernika energii elektrycznej na energię mechaniczną organu ruchomego. Energia elektryczna jest pobierana z badanego układu.

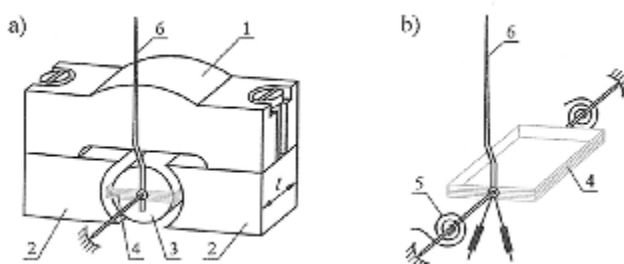
W zależności od rodzaju przetwornika elektromechanicznego można wyróżnić mierniki o ustroju:

- magnetoelektrycznym,
- elektromagnetycznym,
- elektrodynamicznym,
- ferrodynamicznym,
- ilorazowym,
- indukcyjnym.

W każdym miernikach wskazówkowych do ograniczenia zakresu i czasu wahań wskazówki służą tłumiki magnetyczne lub powietrzne.

Mierniki magnetoelektryczne

Budowę miernika o ustroju magnetoelektrycznym ilustruje rysunek 1.



Rys. 1. Ustrój magnetoelektryczny: a) widok ustroju: 1 – magnes trwały, 2 – nabiegunki, 3 – rdzeń z miękkiej stali, 4 – cewka boku długości l , 5 – sprężyna, 6 – wskazówka, b) cewka ze wskazówką. [1]

Zasada działania miernika magnetoelektrycznego oparta jest na wykorzystaniu oddziaływania pola magnesu trwałego na ruchomą cewkę wiodącą prąd.

Cewka jest nawinięta na ramce aluminiowej, pełniącej rolę tłumika i osadzona na osi, do której przymocowano wskazówkę. Na tej samej osi umocowane są dwie spiralne sprężyny, za pomocą których doprowadzany jest prąd do cewki. Sprężyny służą jednocześnie do wytwarzania momentu zwrotnego.

Przy przepływie prądu I przez cewkę na każdy bok cewki działa siła:

$$F = BNIl$$

gdzie: B – indukcja magnetyczna w szczelinie, N – liczba zwojów cewki, I – wartość prądu płynącego przez cewkę, l – długość boku cewki w szczelinie.

Ponieważ siły działające na każdy bok cewki są jednakowe lecz mają przeciwne zwroty, powstaje moment napędowy ustroju magnetoelektrycznego:

$$M = Fd = BNild$$

gdzie: d – szerokość cewki.

Dla konkretnego miernika wartość indukcji oraz liczba zwojów i wymiary cewki są stałe, stąd moment napędowy przy pomiarze zależy od pewnej wielkości stałej charakterystycznej dla danego miernika i wartości prądu płynącego przez cewkę:

$$M = c_1 I$$

gdzie: c_1 – współczynnik proporcjonalności (wielkość stała dla miernika, związana z jego konstrukcją).

Podczas ruchu obrotowego cewki sprężyny są skręcane i wytwarzają moment zwrotny M_Z , proporcjonalny do kąta wychylenia wskazówki:

$$M_Z = c_2 a$$

gdzie: c_2 – współczynnik proporcjonalności (wielkość stała dla miernika), a – kąt odchylenia wskazówki.

Moment zwrotny M_Z wytwarzany przez sprężyny przeciwdziała momentowi napędowemu. Położenie wskazówki ustali się przy równowadze momentów:

$$c_1 I = c_2 a$$

stąd:

$$a = \frac{c_1}{c_2} I = cI$$

Kąt odchylenia wskazówki miernika magnetoelektrycznego jest wprost proporcjonalny do prądu płynącego przez cewkę.

Z liniowej zależności kąta wychylenia wskazówki i natężenia prądu wynika, że podziałka miernika jest równomierna.

Przy przepływie prądu o przeciwnym zwrocie zmieniają się zwroty sił działających na cewkę, a więc i zwrot momentu napędowego. Cewka ma tendencję do obrotu w przeciwną stronę, czemu zapobiega zderzak, na którym zatrzyma się wskazówka. Miernik magnetoelektryczny jest miernikiem prądu stałego, reagującym na kierunek przepływającego prądu, stąd zaciski miernika muszą mieć oznaczoną biegunowość.

Zaletą mierników magnetoelektrycznych jest mały pobór mocy (< 3mW), duża czułość (wykonywane są jako mikroamperomierze), duża dokładność.

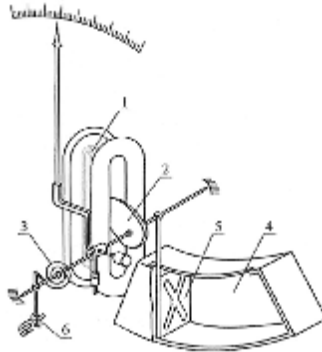
Zastosowanie: służą jako woltomierze i amperomierze prądu stałego. Mierniki magnetoelektryczne z prostownikami mogą być stosowane w obwodach prądu przemiennego i wówczas są wykonywane jako mierniki uniwersalne. Przy zastosowaniu w mierniku dodatkowego źródła napięcia stałego, miernik można wykorzystać do pomiaru rezystancji (jako omomierz).

Mierniki elektromagnetyczne

Ustroje elektromagnetyczne mierników są wykonywane jako jednordzeniowe lub wielordzeniowe.

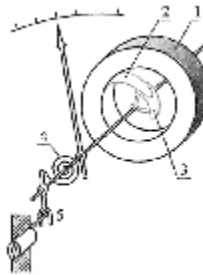
Na rysunku 2 przedstawiono budowę ustroju elektromagnetycznego jednordzeniowego, a na rysunku 3 ustroju dwurdzeniowego.

Zasada działania ustroju elektromagnetycznego jednordzeniowego: prąd płynący przez cewkę wytwarza pole magnetyczne, które magnesuje rdzeń i wciąga go w głąb cewki. Rdzeń wykonany ze stali magnetycznie miękkiej jest osadzony na wspólnej osi ze wskazówką. Wciąganie rdzenia w głąb cewki powoduje obrót osi i jednocześnie wskazówki. Zmiana zwrotu prądu powoduje przemagnesowanie rdzenia, a więc jest on nadal wciągany w głąb cewki – miernik działa prawidłowo bez względu na zwrot prądu przepływającego przez cewkę.



Rys. 2. Ustrój elektromagnetyczny jednordzeniowy: 1 – cewka, 2 – rdzeń ruchomy, 3 – sprężyna spiralna, 4 – komora tłumika, 5 – skrzydełko tłumika, 6 – nastawnik zera [1]

Moment napędowy powstający przy wciąganiu rdzenia jest równoważony momentem zwrotnym sprężyny.



Rys. 3. Ustrój elektromagnetyczny dwurdzeniowy: 1 – cewka, 2 – rdzeń nieruchomy, 3 – rdzeń ruchomy, 4 – sprężyna spiralna, 5 – nastawnik zera [1]

W ustroju dwurdzeniowym pole magnetyczne wytwarzane przez prąd płynący w cewce magnesuje jednocześnie obydwa rdzenie, które się odpychają. Rdzeń ruchomy zamocowany na osi powoduje jej obrót. Zmiana zwrotu prądu powoduje, że obydwa rdzenie są przemagnesowywane, co także skutkuje ich odpychaniem się i obrotem osi w tym samym kierunku. Moment napędowy powstający przy odpychaniu się rdzeni jest równoważony momentem zwrotnym sprężyny.

Odchylenie organu ruchomego ustroju elektromagnetycznego jest proporcjonalne do kwadratu prądu przepływającego przez cewkę. Podziałka miernika nie jest równomierna. Mierniki o ustroju elektromagnetycznym mają zastosowanie jako amperomierze i woltomierze do pomiaru natężenia i napięcia prądu stałego i przemiennego. Przy przebiegach przemiennych wskazują wartość skuteczną, niezależnie od kształtu krzywej prądu. Na tarczy podziałkowej miernika musi być zaznaczony rodzaj prądu, dla którego wyskalowano miernik.

Mierniki o ustroju elektromagnetycznym pobierają z układu moc od 0,5W do 1W.

Poszerzenie zakresu miernika można zrealizować włączając je do układu poprzez przekładniki. Wykonywane są także mierniki wielozakresowe, np. amperomierze o zakresach 0,5/1A, 2,5/5A, 5/10A. Osiąga się to przez zmianę liczby zwojów cewki, bez zmiany amperozwojów. Woltomierze elektromagnetyczne mają również możliwość zmiany zakresu,

np. 150/300V, 300/600V. Poszerzenie zakresu uzyskuje się poprzez wbudowanie rezystorów dodatkowych.

Mierniki elektrodynamiczne i ferrodynamiczne

Zasada działania mierników elektrodynamicznych oparta jest na wykorzystaniu zjawiska oddziaływania elektrodynamicznego przewodów wiodących prąd.

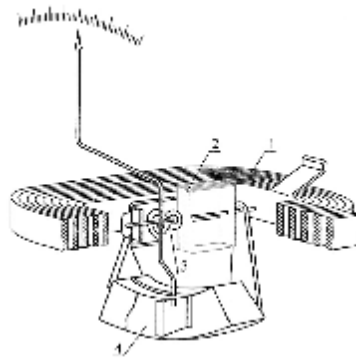
Ustrój elektrodynamiczny (rysunek 4) składa się z cewki nieruchomej i umieszczonej w jej wnętrzu cewki ruchomej, osadzonej na wspólnej osi ze wskazówką. Na cewkę ruchomą oddziałuje pole magnetyczne wytworzone przez prąd płynący w cewce nieruchomej. Cewka ruchoma przyjmuje takie położenie, aby strumień magnetyczny powstały na skutek prądu w niej płynącego dodawał się do strumienia wytworzonego przez prąd płynący w cewce nieruchomej. Moment napędowy jest proporcjonalny do obydwu prądów:

$$M = cI_1I_2 \cos j$$

gdzie: I_1 – wartość prądu płynącego przez cewkę nieruchomą, I_2 – wartość prądu płynącego przez cewkę ruchomą, j – kąt pomiędzy prądami I_1 i I_2 , c – współczynnik proporcjonalności (wielkość stała dla miernika, związana z jego konstrukcją).

Podziałka miernika jest równomierna.

Moment zwrotny jest wytwarzany przez sprężyny.

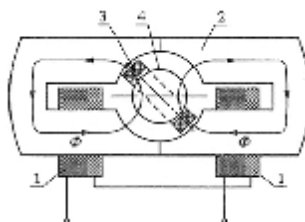


Rys. 4. Ustrój elektrodynamiczny: 1 – wycinek cewki nieruchomej, 2 – cewka ruchoma, 3 – sprężyna, 4 – tłumik [2]

Miernik elektrodynamiczny działa poprawnie przy prądzie stałym i przemiennym (zmiana zwrotu prądu powoduje jednoczesną zmianę zwrotu pola magnetycznego i wskazówka wychyla się w tę samą stronę).

Wadą miernika elektrodynamicznego jest mały moment napędowy oraz znaczny pobór mocy (kilka watów).

Zwiększenie momentu napędowego można uzyskać poprzez nawinięcie cewki nieruchomej na rdzeń ferromagnetyczny, co spowoduje wzrost siły oddziaływania pola magnetycznego cewki nieruchomej na cewkę ruchomą. Ustrój taki nazywa się ustrojem ferrodynamicznym (rysunek 5). Ich zasada działania jest taka jak mierników elektrodynamicznych. Mierniki o ustroju ferrodynamicznym są mniej wrażliwe na działanie zewnętrznych pól magnetycznych niż elektrodynamiczne.



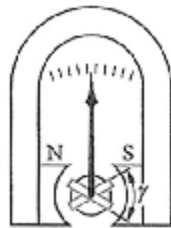
Rys. 5. Ustrój ferrodynamiczny: 1 – przekrój cewki nieruchomej, 2 – rdzeń ferromagnetyczny dwudzielny, 3 – cewka ruchoma, 4 – bęben ze stali magnetycznie miękkiej [1]

Zastosowanie: mierniki o ustroju elektrodynamicznym i ferrodynamicznym mają zastosowanie głównie jako watomierze. Cewka nieruchoma wykonana jest z drutu miedzianego o dużym przekroju i jest włączana w obwód szeregowo (jak amperomierz), a cewka ruchoma lekka, wykonana z cienkiego drutu, włączana jest w obwód równoległe do odbiornika (jak woltomierz). Prąd płynący przez cewkę napięciową jest proporcjonalny do napięcia.

Mierniki ilorazowe (logometry)

Mierniki te są odmianą mierników magnetoelektrycznych, elektromagnetycznych i elektrodynamicznych. Są stosowane do pomiarów rezystancji izolacji, częstotliwości i kąta fazowego.

Szkic ustroju logometru magnetoelektrycznego pokazany jest na rysunku 6. Miernik ilorazowy (logometr) posiada magnes trwały z nabiegownikami tak ukształtowanymi, że szczelina nie jest równomierna – największa wartość indukcji B jest w osi nabiegowników. Pomiędzy nabiegownikami umieszczony jest walec ferromagnetyczny, na którym znajdują się dwie cewki przesunięte między sobą trwale o kąt g . Moment napędowy jednej cewki jest równoważony momentem zwrotnym drugiej cewki. Wychylenie wskazówki jest zależne od ilorazu prądów płynących przez cewki, bez względu na ich wartość.

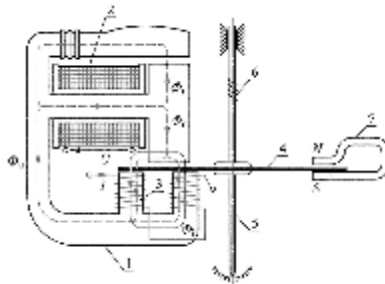


Rys. 2. Szkic ustroju miernika ilorazowego [1]

Przed użyciem miernika wskazówkowego do pomiarów należy sprawdzić, czy w stanie beznapięciowym wskazówka znajduje się w położeniu zerowym. W przypadku odchylenia wskazówki należy sprowadzić ją do właściwego położenia regulując naciąg sprężyny pokrętkiem, które znajduje się na obudowie miernika. W omomierzu ustala się zerowe położenie wskazówki po zwarceniu zacisków wejściowych miernika. [1, 4]

Mierniki indukcyjne

Mierniki o ustroju indukcyjnym mają zastosowanie głównie jako liczniki energii elektrycznej jednofazowe i trójfazowe. Licznik nie posiada wskazówki. Organem ruchomym jest tarcza aluminiowa. Moment napędowy tarczy (wartość średnia tego momentu) jest proporcjonalny do mocy czynnej. Ilość obrotów tarczy zliczana przez liczydło jest miarą wykonanej pracy.



Rys. 7. Licznik indukcyjny jednofazowy: 1 – rdzeń ferromagnetyczny, 2 – cewka napięciowa, 3 – cewka prądowa (dzielona), 4 – tarcza aluminiowa, 5 – oś tarczy, 6 – ślimak napędzający liczydło, 7 – magnes trwały [2]

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie zjawiska wykorzystane są wykorzystywane w działaniu mierników?
2. Jakie rodzaje tłumików występują w miernikach, jaka jest ich rola?
3. Jak zbudowany jest ustrój magnetoelektryczny, na jakiej zasadzie działa?
4. Do pomiaru jakich wielkości elektrycznych wykorzystywane są mierniki magnetoelektryczne?
5. Jak zbudowany jest ustrój elektromagnetyczny, na jakiej zasadzie działa?
6. Jakie zastosowanie mają mierniki elektromagnetyczne?
7. Dlaczego miernik elektromagnetyczny nie jest wrażliwy na zmianę zwrotu prądu?
8. Jak zbudowany jest ustrój elektrodynamiczny, a jak ferrodynamiczny?
9. Jakie wady mierników elektrodynamicznych eliminowane są w miernikach ferrodynamicznych?
10. Jakie zastosowanie mają mierniki elektrodynamiczne i ferrodynamiczne?
11. Jakie zastosowanie mają mierniki indukcyjne?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Pokaz modelu ustroju magnetoelektrycznego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wskazać i nazwać elementy budowy ustroju magnetoelektrycznego,
- 2) określić ich rolę w działaniu miernika,
- 3) opisać zasadę działania miernika magnetoelektrycznego,
- 4) wskazać zastosowanie mierników magnetoelektrycznych.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- plansze ilustrujące budowę ustroju magnetoelektrycznego,
- model miernika magnetoelektrycznego,
- amperomierze, woltomierze magnetoelektryczne,
- mierniki uniwersalne (multimetry) o ustroju magnetoelektrycznym.

Ćwiczenie 2

Pokaz modeli tłumików.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) opisać budowę tłumika,
- 2) omówić rolę tłumika w działaniu miernika,
- 3) opisać jego zasadę działania.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- plansze ilustrujące budowę tłumików stosowanych w miernikach,
- modele tłumików.

Ćwiczenie 3

Pokaz modelu ustroju elektromagnetycznego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wskazać i nazwać elementy budowy ustroju elektromagnetycznego,
- 2) określić ich rolę w działaniu miernika,
- 3) opisać zasadę działania miernika elektromagnetycznego i wskazać jego zastosowanie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- plansze ilustrujące budowę ustroju elektromagnetycznego,
- model miernika elektromagnetycznego,
- amperomierze, woltomierze elektromagnetyczne.

Ćwiczenie 4

Pokaz modelu ustroju elektrodynamicznego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wskazać i nazwać elementy budowy ustroju elektrodynamicznego,
- 2) określić ich rolę w działaniu miernika,
- 3) wyjaśnić zasadę działania miernika elektrodynamicznego i wskazać jego zastosowania.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- plansze ilustrujące budowę ustroju elektrodynamicznego,
- model miernika elektrodynamicznego,
- watomierze do pomiaru mocy prądu stałego i przemiennego,
- mierniki współczynnika mocy,
- mierniki częstotliwości.

Ćwiczenie 5

Pokaz modelu ustroju ferrodynamicznego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wskazać i nazwać elementy budowy ustroju ferrodynamicznego,
- 2) określić ich rolę w działaniu miernika,
- 3) wyjaśnić zasadę działania miernika ferrodynamicznego i wskazać jego zastosowania.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- plansze ilustrujące budowę ustroju ferrodynamicznego,

- model miernika ferrodynamicznego,
- watomierze do pomiaru mocy prądu stałego i przemiennego,
- mierniki współczynnika mocy,
- mierniki częstotliwości.

4.1.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wyjaśnić zasadę działania mierników magnetoelektrycznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) wskazać zastosowanie mierników magnetoelektrycznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) uzasadnić konieczność oznaczenia biegunowości zacisków mierników magnetoelektrycznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) ocenić zalety mierników magnetoelektrycznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) wyjaśnić zasadę działania mierników elektromagnetycznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) wskazać zastosowanie mierników elektromagnetycznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) wyjaśnić zasadę działania mierników elektrodynamicznych i ferrodynamicznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) wskazać zastosowanie mierników ferrodynamicznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) wskazać zalety miernika ferrodynamicznego w stosunku do miernika elektrodynamicznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) wyjaśnić dlaczego mierniki elektromagnetyczne oraz elektrodynamiczne i ferrodynamiczne nie są wrażliwe na zwrot prądu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11) wskazać zastosowanie mierników indukcyjnych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.2. Mierniki cyfrowe, testery, próbniki

4.2.1. Materiał nauczania

Mierniki cyfrowe nie posiadają przetwornika elektromechanicznego. Sygnał przemienny doprowadzony do miernika jest zamieniany przez specjalny przetwornik analogowo-analogowy (a/a) na sygnał stały, a ten podawany jest na przetwornik analogowo-cyfrowy (a/c). Wynik pomiaru wielkości fizycznej jest przedstawiany w postaci cyfrowej na wyświetlaczu.

Mierniki cyfrowe mogą być przeznaczone do pomiaru jednej wielkości fizycznej, np. napięcia, a także do pomiaru kilku wielkości, np.: napięcia, prądu stałego i przemiennego, rezystancji, pojemności, częstotliwości, temperatury. Miernik wielofunkcyjny nazywamy multimetrem.

Na obudowie miernika są wejście oznaczone HI (jedno lub kilka), które należy przyłączyć do punktu obwodu o wyższym potencjale (odpowiada ono zaciskowi „+” w miernikach analogowych) oraz wejście oznaczone LO (odpowiada ono zaciskowi „-” w miernikach analogowych). Przy wejściu HI podane jest na obudowie oznaczenie jednostki wielkości mierzonej: V, mA, A, Ω . Przy wejściu LO umieszczony jest napis COM.

Multimetry są wykonywane jako laboratoryjne lub przenośne. Multimetry laboratoryjne są urządzeniami stosowanymi do dokładnych pomiarów w laboratoriach badawczych. Multimetry wyposażone w interfejsy komunikacyjne mogą przekazywać wyniki pomiarów do komputera lub innych urządzeń.

Multimetry przenośne mogą być zasilane z baterii lub sieci. Są to mierniki średniej klasy, proste w obsłudze. Wykorzystuje się je do pomiarów serwisowych, w laboratoriach dydaktycznych. Na rysunku 8 przedstawiony jest jeden z modeli multimetru cyfrowego.



Rys. 8. Multimetr cyfrowy: 1 – wejścia, 2 – pokrętko wyboru wielkości mierzonej (funkcji), 3 – przyciski automatycznego lub ręcznego wyboru zakresu, włączania zapamiętywania wyniku, 4 – wskaźnik analogowy, 5 – wyświetlacz. [3]

Dodatkowy wskaźnik analogowy, w który wyposażony jest model multimetru przedstawiony na rysunku 8 stosuje się dla ułatwienia interpretacji zmian wartości wielkości mierzonej.

Multimetry przenośne mogą być zasilane z baterii lub sieci. Są to mierniki średniej klasy, proste w obsłudze. Wykorzystuje się je do pomiarów serwisowych, w laboratoriach dydaktycznych.

Przed użyciem multimetru należy zapoznać się z informacjami umieszczonymi na obudowie oraz z instrukcją producenta. Na poprawne działanie mierników zasilanych z baterii ma wpływ ich stan. Na ogół rozładowanie baterii jest sygnalizowane na wyświetlaczu. Należy wybrać rodzaj wielkości mierzonej i właściwy zakres (w przypadku, gdy miernik nie wybiera

zakresu automatycznie). W przypadku, gdy nie można oszacować wartości wielkości mierzonej bezpiecznie jest ustawić miernik na największy zakres, a następnie go odpowiednio zmniejszyć. Przewody pomiarowe przyłączamy zawsze najpierw do miernika, a następnie do obwodu pomiarowego.

Dla użytkownika istotne są parametry multimetru definiowane jako:

- rozdzielczość; jest to iloraz najmniejszej wartości, jaka może być wyświetlona na danym zakresie, do wartości maksymalnej tego zakresu,
- liczba cyfr znaczących; określa ile cyfr znaczących pokazuje wyświetlacz,
- czułość; wyraża ona najmniejszą wartość sygnału wejściowego rejestrowaną przez przyrząd,
- dokładność; na dokładność pomiaru wpływa wiele czynników, dlatego podając wynik pomiaru należy uwzględnić błąd pomiaru opisany w specyfikacji multimetru.

Szczegółowa interpretacja powyższych parametrów jest podana dla każdego miernika w jego karcie katalogowej i instrukcji, opracowanej przez producenta. Przed użyciem miernika należy zapoznać się z danymi zawartymi w tych opracowaniach.

Mierniki cyfrowe są coraz powszechniej stosowane ze względu na ich zalety: łatwość odczytu, wielofunkcyjność, mały wpływ czynników zewnętrznych, np. temperatury na wynik pomiaru oraz niską cenę w stosunku do mierników analogowych.

Przy badaniu obwodu lub jego elementów, szczególnie przy lokalizacji uszkodzeń nie zawsze jest wymagane ustalenie wartości wielkości mierzonej, ale zdiagnozowanie stanu fragmentu obwodu lub elementu (ustalenie przerwy, zwarcia). Do wykonania takiej diagnozy służą **testery**. Mogą być wykonane jako oddzielne urządzenia lub stanowią jedną z funkcji multimetrów. W multimetrach są testery wykrywające połączenia galwaniczne, tzw. testery „przejścia” oraz testujące diody i tranzystory. Informacja o poprawności działania układu lub elementu jest przekazywana w postaci sygnału dźwiękowego – im większa rezystancja, tym niższy ton.

W celu ustalenia istnienia wielkości fizycznej (np. napięcia) wykonuje się próbę. Do wykonania próby służą **próbniki**. Jednobiegunowe próbniki napięcia stosuje się dla napięć stałych i przemiennych do 250 V. Na rysunku 9 przedstawiony jest model powszechnie stosowanego próbnika jednobiegunowego.



Rys. 9. Jednobiegunowy próbnik napięcia: 1 – izolowana końcówka, 2 – neonówka. [3]

Przy prądzie przemiennym świecą obydwie elektrody, a przy prądzie stałym tylko jedna. Podczas próby prąd płynie przez ciało człowieka, dlatego zakres stosowania takiego próbnika jest ograniczony do napięcia 250 V względem ziemi, a szeregowo z neonówką włączony jest rezystor o znacznej rezystancji (min. 500 k Ω), w celu ograniczenia tego prądu.

Próbnika nie należy używać do prac monterskich pod napięciem. Przed każdym użyciem próbnika przy lokalizacji uszkodzeń należy ocenić jego sprawność poprzez sprawdzenie nim istnienia napięcia w miejscu, gdzie jesteśmy pewni jego istnienia, np. w gniazdku, do którego jest dołączone urządzenie, które działa.

Próbniki dwubiegunowe można stosować bezpiecznie do napięć wyższych, ponieważ droga prądu nie wiedzie przez ciało człowieka.[2,3]

4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Do pomiaru jakich wielkości elektrycznych wykorzystywane są mierniki cyfrowe?
2. Jaki miernik cyfrowy nazywamy multimetrem?
3. Jakie zalety ma miernik cyfrowy w porównaniu z analogowym?
4. Jak należy włączyć miernik cyfrowy do obwodu?
5. Do czego służą testery?
6. Do czego służą próbniki?
7. Jakie środki ostrożności należy zachować przy posługiwaniu się próbnikiem?
8. Na co należy zwrócić uwagę przy posługiwaniu się próbnikiem?

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Pokaz multimetrów cyfrowych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z oznaczeniami na płycie czołowej miernika,
- 2) określić liczbę cyfr znaczących,
- 3) zapisać jakie wielkości fizyczne można mierzyć tym miernikiem i w jakim zakresie,
- 4) ustalić czy bateria zasilająca miernik właściwa i sprawna,
- 5) przygotować miernik do pomiaru odpowiedniej wielkości,
- 6) ocenić poprawność wykonania ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- multimetry cyfrowe,
- karty katalogowe multimetrów,
- instrukcje obsługi mierników.

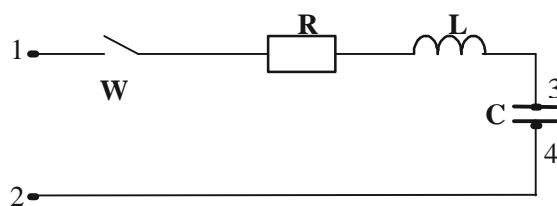
Ćwiczenie 2

Oceń stan połączeń i elementów obwodu za pomocą testera.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zmontować układ według schematu,
- 2) przygotować miernik cyfrowy z testerem, sprawdzić stan baterii,
- 3) sprawdzić stan obwodu pomiędzy punktami 1 i 2 przy zamkniętym i otwartym wyłączniku za pomocą testera,
- 4) sprawdzić ciągłość poszczególnych przewodów i stan elementów obwodu,
- 5) zanotować wyniki, wykorzystując oznaczenia na schemacie,
- 6) uzasadnić uzyskane wskazania,
- 7) ocenić stan elementów,
- 8) ocenić poprawność wykonania ćwiczenia.



Rysunek do ćwiczenia [źródło własne]

Wyposażenie stanowiska pracy:

- schemat układu pomiarowego,
- multimetr cyfrowy z funkcją testowania,
- rezystor,
- cewka,
- kondensator,
- przewody.

Ćwiczenie 3

Ustal istnienie napięcia przy pomocy próbnika.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) sprawdzić stan techniczny próbnika,
- 2) opisać jego budowę (wymienić elementy),
- 3) odczytać z obudowy próbnika wartość napięcia, do jakiego może być stosowany,
- 4) sprawdzić w bezpieczny sposób istnienie napięcia w gniazdkach sieciowych, na zaciskach akumulatora,
- 5) zapisać spostrzeżenia,
- 6) ocenić wykonanie ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- próbniiki jednobiegunowe i dwubiegunowe,
- karty katalogowe próbników,
- źródła napięcia przemiennego i stałego.

4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wskazać zastosowania mierników cyfrowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) wymienić zalety mierników cyfrowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) ocenić przydatność miernika cyfrowego do pomiarów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) odczytać parametry miernika ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) przygotować miernik cyfrowy do wykonania wskazanych pomiarów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) ocenić stan elementów obwodu za pomocą testera?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) ustalić istnienie napięcia za pomocą próbnika?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.3. Oscyloskop jako miernik

4.3.1. Materiał nauczania

Obecnie produkowane oscyloskopy różnią się budową, zasadą działania (analogowe, cyfrowe). Szczegóły dotyczące budowy i zasady działania oscyloskopów opisano w pozycjach [2, 3, 4] ze spisu literatury. Bez względu na rodzaj oscyloskopu umożliwia on obserwację przebiegu sygnału elektrycznego w funkcji czasu oraz pomiar:

- napięcia,
- prądu (pośrednio),
- częstotliwości,
- czasu (okresu przebiegu),
- amplitudy,
- fazy początkowej,
- przesunięcia fazowego (w odpowiednim układzie pomiarowym).

Za pomocą oscyloskopu można także, w odpowiednim układzie pomiarowym, zdejmować charakterystyki, np. diody oraz obserwować krzywe zamknięte, np. pętlę histerezy.

Przed rozpoczęciem pomiarów oscyloskopem należy koniecznie zapoznać się z instrukcją producenta oraz instrukcją wykonania ćwiczenia. Ponadto należy oscyloskop przygotować do pomiarów. Przed przystąpieniem do pomiarów należy:

- zidentyfikować w oparciu o oznaczenia i instrukcję producenta oznaczenia na płycie czołowej oscyloskopu,
- włączyć oscyloskop do sieci,
- sprawdzić kalibrację oscyloskopu – należy ją przeprowadzić według instrukcji producenta,
- odpowiednimi pokrętłami ustawić jasność, jaskrawość,
- ustawić plamkę na środek ekranu,
- w przypadku wykonywania pomiarów w układzie nie uziemionym należy badane urządzenie dołączyć do sieci za pośrednictwem transformatora separującego, aby uniknąć zwarcia.

Należy pamiętać, że przy zbyt małej ostrości odczytanie wartości wielkości mierzonej może być niedokładne.

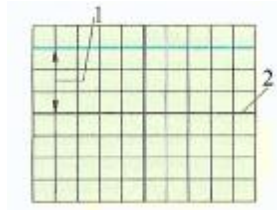
Ustawianie maksymalnej jaskrawości powoduje szybsze zużywanie się lampy oscyloskopowej.

Na ekranie oscyloskopu umieszczona jest siatka pomiarowa, umożliwiająca wyskalowanie osi w kierunkach X i Y.

Pomiar napięć

Przed przystąpieniem do pomiarów należy oszacować wartość mierzonego napięcia pamiętając, że na oscyloskopie w przypadku napięć przemiennych pojawi się również wartość maksymalna i odpowiednio ustawić pokrętło wzmocnienia. Przykład: przy 8 działkach na siatce pomiarowej i ustawieniu wzmocnienia 5V/dz. możemy obejrzeć przebieg, którego amplituda wynosi 20 V. Przy nastawie wzmocnienia 20V/dz. na ekranie możemy zobaczyć przebieg o amplitudzie 80 V. Do pomiaru i obserwacji większych napięć należy używać sond pomiarowych. Sonda spełnia rolę dzielnika napięcia. Sonda zmieniająca napięcie w stosunku 10:1 umożliwia pomiar napięcia dziesięciokrotnie większego. Przy stosowaniu sondy z dzielnikiem wzrasta rezystancja wejściowa oscyloskopu. Sondę należy dostrajać zgodnie z instrukcją producenta.

Przy pomiarze napięć stałych przełącznik rodzaju wejścia należy ustawić na DC.

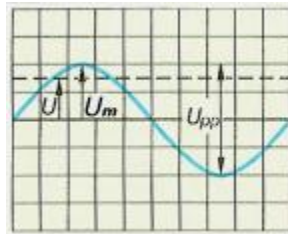


Rys. 10. Przebieg napięcia stałego na ekranie oscyloskopu: 1 – odchylenie y w osi pionowej, 2 – oś zerowa.[źródło własne]

Wartość mierzonego napięcia stałego:

$$U = y[dz] \cdot k_y \left[\frac{V}{dz} \right]$$

Przy pomiarze napięć przemiennych przełącznik powinien być w pozycji AC. Pokrętko nastawy czasu w osi X ustawić taką na taką wartość, aby na ekranie był widoczny cały okres mierzonego przebiegu.



Rys. 10. Przebieg napięcia sinusoidalnego na ekranie oscyloskopu[źródło własne]

Napięcie przemiennie mierzymy następująco:

- obliczamy wartość napięcia międzyszczytowego U_{pp}

$$U_{pp} = y_{pp}[dz] \cdot k_y \left[\frac{V}{dz} \right],$$

gdzie: k_y - odczytana z oscyloskopu nastawa wzmocnienia

- obliczamy wartość amplitudy U_m

$$U_m = \frac{U_{pp}}{2}$$

- obliczamy wartość skuteczną U napięcia sinusoidalnego

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707U_m$$

Pomiar prądu (pośrednio): natężenie prądu można obliczyć mierząc wartość skuteczną napięcia na znanej rezystancji i zastosować prawo Ohma.

Częstotliwość przebiegu przemiennego za pomocą oscyloskopu można wyznaczyć kilkoma metodami, opisanymi w literaturze [2,3,4]. Najprościej wyznaczamy ją następująco:

- odczytujemy liczbę działek x_T przypadających na jeden okres,
- obliczamy czas trwania jednego okresu oraz częstotliwość przebiegu:

$$T = x_T[dz] \cdot k_X \left[\frac{ms}{dz} \right] \quad f = \frac{1}{T}$$

Aby otrzymać wynik w Hz należy czas trwania okresu podać w sekundach. [2, 3, 4]

4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie wielkości można mierzyć bezpośrednio za pomocą oscyloskopu?
2. Jakie wielkości można mierzyć pośrednio za pomocą oscyloskopu?
3. Na czym polega przygotowanie oscyloskopu do pracy?
4. W jakim przypadku, stosując do pomiarów oscyloskop należy układ pomiarowy dołączać za pośrednictwem transformatora separującego?
5. Jak ustalamy wartość skuteczną przebiegu sinusoidalnego, na podstawie jego wizualizacji na oscyloskopie?
6. Jak można zmierzyć natężenie prądu za pomocą oscyloskopu?
7. Kiedy do pomiaru należy używać sond pomiarowych z dzielnikiem?
8. Jak można pośrednio wyznaczyć częstotliwość przebiegu przemiennego?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Przygotowanie oscyloskopu do pracy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z instrukcją producenta,
- 2) sprawdzić parametry sieci zasilającej,
- 3) zidentyfikować następujące elementy na płycie czołowej: pokrętło regulacji ostrości, pokrętło regulacji jaskrawości, przełącznik rodzaju wejścia stało- i zmiennoprądowego (DC/AC), pokrętła do przesuwania obrazu w poziomie i w pionie, pokrętło wzmocnienia, pokrętło zmiany podstawy czasu,
- 4) włączyć wtyczkę przewodu zasilającego oscyloskop do sieci,
- 5) wcisnąć przycisk załączania (ON),
- 6) ustawić plamkę w środku podziałki,
- 7) wyregulować jasność (INTENSITY),
- 8) wyregulować ostrość (FOKUS),
- 9) sprawdzić kalibrację, zgodnie z instrukcją producenta,
- 10) określ zakres napięć, które można mierzyć tym oscyloskopem,
- 11) ocenić jakość wykonania ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- plansze lub foliogramy z różnymi typami oscyloskopów,
- oscyloskop analogowy,
- instrukcja obsługi oscyloskopu,
- karty katalogowe oscyloskopów,
- literatura, poz. [2,3,4].

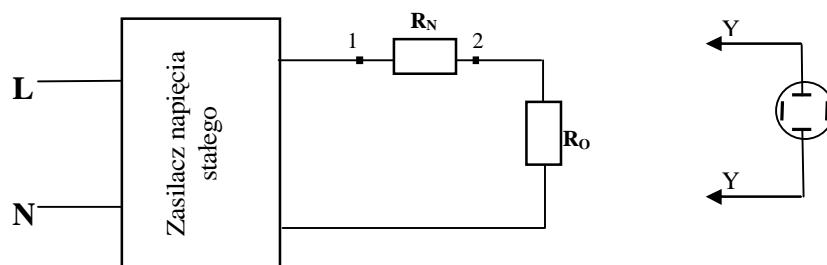
Ćwiczenie 2

Zmierz za pomocą oscyloskopu napięcie i natężenie prądu w obwodzie zasilanym napięciem stałym.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z instrukcją oscyloskopu,
- 2) przygotować oscyloskop do pracy,
- 3) połączyć układ pomiarowy według schematu,
- 4) do wejścia oscyloskopu Y dołączyć punkty 1-2 obwodu pomiarowego,
- 5) ustawić odpowiednią wartość napięcia stałego na wyjściu zasilacza,
- 6) odczytać z oscyloskopu wartość napięcia na rezystorze wzorcowym R_N ,
- 7) korzystając z prawa Ohma obliczyć prąd w obwodzie,
- 8) porównać wartość napięcia zasilania: obliczoną oraz uzyskaną wykreślnie,
- 9) sformułować wnioski.



Rysunek do ćwiczenia [źródło własne]

Wyposażenie stanowiska pracy:

- schemat układu pomiarowego,
- instrukcja obsługi oscyloskopu,
- zasilacz napięcia stałego,
- rezystor wzorcowy R_N , np. 1Ω ,
- odbiornik (np. rezystor laboratoryjny),
- zeszyt do ćwiczeń.

Ćwiczenie 3

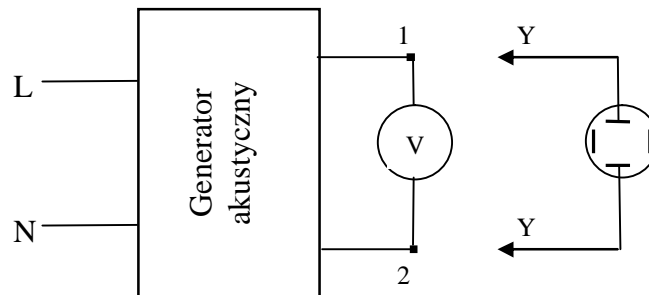
Pomiar napięcia przemiennego oscyloskopem.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z instrukcją obsługi oscyloskopu,
- 2) przygotować oscyloskop do pracy,
- 3) uruchomić generator napięcia sinusoidalnego,
- 4) podłączyć oscyloskop do wyjścia generatora (zaciski 1-2 układu),
- 5) odczytać z oscyloskopu amplitudę napięcia,
- 6) obliczyć wartość skuteczną napięcia,
- 7) odczytać wartość napięcia z woltomierza,
- 8) porównać wyniki,

- 9) ustalić okres przebiegu,
- 10) obliczyć częstotliwość napięcia,
- 11) powtórzyć czynności 5-9 dla innej wartości napięcia i innej częstotliwości,
- 12) ocenić wykonanie ćwiczenia.



Rysunek do ćwiczenia [źródło własne]

Wyposażenie stanowiska pracy:

- schemat układu pomiarowego,
- oscyloskop analogowy,
- generator akustyczny,
- woltomierz elektromagnetyczny lub cyfrowy,
- instrukcja obsługi oscyloskopu,
- urządzenia i mierniki wskazane przez ucznia,
- poradnik dla ucznia, literatura [2, 3, 4].

4.3.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wskazać zastosowanie oscyloskopu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) przygotować oscyloskop do pracy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) zmierzyć napięcie stałe za pomocą oscyloskopu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) zmierzyć natężenie prądu stałego za pomocą oscyloskopu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) zmierzyć amplitudę, okres, częstotliwość napięcia przemiennego na podstawie wizualizacji jego przebiegu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) obliczyć wartość skuteczną napięcia przemiennego na podstawie pomiarów oscyloskopem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) określić częstotliwość przebiegu przemiennego na podstawie jego wizualizacji?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>









4.4. Cechy eksploatacyjne mierników. Błędy występujące przy pomiarach

4.4.1. Materiał nauczania

Cechy eksploatacyjne mierników podawane są na tarczy podziałowej oraz na ich obudowie w postaci symboli graficznych oraz liter. Umożliwiają one szybki dobór miernika do pomiarów.

Na każdym mierniku podany jest wytwórca, rok produkcji, rodzaj wielkości fizycznej do pomiaru której przewidziano miernik (najczęściej w postaci symbolu jednostki tej wielkości, np. V, A, W), symbol ustroju pomiarowego (tabela nr 1), oraz inne informacje, pozwalające na dobór odpowiedniego miernika do pomiarów i właściwą jego eksploatację.

Tabela 1. Ustroje pomiarowe mierników elektrycznych i ich symbole

Nazwa ustroju	Symbol
Magnetoelektryczny o ruchomej cewce	
Magnetoelektryczny o ruchomej cewce z prostownikiem	
Magnetoelektryczny o ruchomych cewkach ilorazowy	
Elektromagnetyczny	
Elektrodynamiczny	
Ferrodynamiczny	
Indukcyjny	
Wibracyjny	

Miernik wibracyjny, którego symbol przedstawiono w ostatniej pozycji tabeli 1 ma zastosowanie jako częstotściomierz.

W tabeli 2 przedstawiono opis symboli umieszczanych na miernikach, informujących o przeznaczeniu miernika, sposobie jego eksploatacji i ułatwiających jego włączanie do obwodu.

Wymagania, jakie muszą spełniać mierniki analogowe określa norma PN-EN 60051.

Ze względu na bezpieczeństwo użytkownika obudowa miernika musi być odpowiednio izolowana od części, które znajdują się pod napięciem. Wytrzymałość elektryczna izolacji jest poddawana próbie napięciowej. Podana informacja o napięciu probierczym oznacza:

- pusta gwiazdka, bez wpisanej liczby – napięcie probiercze 500 V,
- liczba wpisana w gwiazdkę oznacza napięcie próby w kV, jakiemu został poddany miernik.

Tabela 2. Oznaczenia na miernikach elektrycznych [1]

Opis symbolu	Symbol
Miernik prądu stałego	—
Miernik prądu przemiennego	~
Miernik prądu stałego i przemiennego	≍
Miernik prądu trójfazowego	≍≍≍
Klasa dokładności miernika, (np. 1,5), gdy wartością umowną jest wartość maksymalna zakresu pomiarowego	1,5
Klasa dokładności miernika (np. 1,5), gdy wartością umowną jest długość podziałki	∇1,5
Klasa dokładności miernika (np. 1,5), gdy wartością umowną jest wartość wskazywana	⊙1,5
Pozycja pracy pozioma	┌
Pozycja pracy pionowa	└
Pozycja pracy pod kątem (np. 60°)	∠60°
Napięcie probiercze (np. 2kV)	☆2
Zacisk dodatni (ujemny)	+ (-)
Zacisk uziemienia ochronnego	⊕
Zacisk masy	⊥
Ekran elektrostatyczny	⊙
Ekran magnetyczny	○
Przed zastosowaniem miernika należy zapoznać się z uwagami producenta zawartymi w dokumentacji	⚠
Miernik pracujący z przekładnikiem o przekładni np. 100A/5A	$\frac{100}{5} A$

Wykonując pomiary należy mieć świadomość, że nie da się ich wykonać bezbłędnie.

Na dokładność pomiaru wpływa wiele czynników. Są to:

- błąd odczytu,
- błędy wynikające z klasy dokładności miernika (błędy powstające w samym przyrządzie),
- właściwy dobór zakresu,
- niewłaściwa eksploatacja miernika,
- czynniki zewnętrzne.

Błąd odczytu może powstać, jeżeli odczytujący patrzy na podziałkę miernika nie na wprost, ale pod pewnym kątem. Jest to tzw. błąd paralaksy. Aby ten błąd wyeliminować

w miernikach lepszej klasy pod wskazówką jest umieszczone lustro. Przy właściwym odczycie wskazówka pokrywa się z jej odbiciem w lustrze.

Różnica pomiędzy wartością wskazaną, a wartością rzeczywistą wielkości mierzonej nazywa się błędem bezwzględnym Δ miernika:

$$\Delta = W - W_{rz}$$

gdzie: W – wartość wskazana, W_{rz} – wartość rzeczywista wielkości mierzonej. Błąd względny jest określany w jednostkach wielkości mierzonej.

Błąd bezwzględny d jest wyrażany w % i obliczamy go następująco:

$$d = \frac{\Delta}{W_{\max}} \cdot 100[\%]$$

gdzie: W_{\max} – końcowa wartość zakresu. Zamiast W_{\max} może być inna tzw. wartość umowna (patrz tabela 2 – oznaczenie klas miernika). Błąd może przyjmować zarówno wartość dodatnią, jak i ujemną.

Wartość największego błędu względnego d_{\max} wiąże się z zaliczeniem miernika do odpowiedniej klasy dokładności. Związek między największym dopuszczalnym błędem d_{\max} (bez względu na jego znak, a klasą dokładności miernika określa zależność:

$$\text{klasa} \geq |d_{\max}|$$

Dla mierników analogowych produkowanych w Polsce norma ustala następujące klasy dokładności: 01, 0,2, 0,5, 1, 1,5, 2,5. Klasę miernika określa producent na podstawie badań, polegających na porównaniu wskazań miernika ze wskazaniami miernika wzorcowego w każdym oznaczonym punkcie podziałki.

Dopuszczalny błąd bezwzględny mogący wystąpić przy pomiarze miernikiem o określonej klasie (dla dowolnej wartości mierzonej) obliczamy z zależności:

$$\Delta_p = \pm \frac{kl}{100} W_{\max}$$

Dopuszczalny błąd względny mogący wystąpić przy pomiarze miernikiem o określonej klasie (dla dowolnej wartości wielkości mierzonej) obliczamy z zależności:

$$d_p = \frac{\Delta_p}{W} = \pm kl \frac{W_{\max}}{W}$$

Z powyższej zależności wynika bardzo ważny wniosek: im mniejsza wartość mierzona na danym zakresie (mniejsze wychylenie wskazówki), tym większy procentowy błąd pomiaru. **Właściwy dobór zakresu pomiarowego miernika ma istotny wpływ na wartość błędu pomiaru.** Zaleca się, taki dobór zakresu, aby wartość wskazywana W była większa od $0,75 W_{\max}$.

Ze względu na klasę dokładności mierniki można zaliczyć do dwóch następujących grup:

- mierniki laboratoryjne – o klasie: 01, 0,2, 0,5 – używane do dokładnych pomiarów,
- mierniki techniczne (użytkowe) – o klasie: 1, 1,5, 2,5 – używane powszechnie do pomiarów nie wymagających szczególnej dokładności (do prac monterskich, itp.)

Klasa miernika jest określana dla wskazanego przez producenta położenia pracy (oznaczonego symbolem na tarczy podziałowej) oraz warunków zewnętrznych (np. temperatury, na ogół jest to 20° C). Niewłaściwe ustawienie miernika wpływa na dokładność pomiaru. Obecnie produkowane są mierniki tablicowe przystosowane do łatwego montażu (np. w rozdzielnicach) na zunifikowanych profilach szynowych.

4.4.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie informacje są umieszczane w postaci symboli na tarczy podziałowej miernika?
2. Jakie czynniki wpływają na dokładność pomiaru?
3. Co to jest błąd bezwzględny pomiaru?
4. Co nazywamy błędem względnym pomiaru?
5. Jak obliczamy błąd względny miernika analogowego?
6. Co określa liczba oznaczająca klasę miernika?
7. Jak należy dobrać zakres miernika, aby pomiar był obarczony małym błędem?

4.4.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wskaż zastosowanie miernika na podstawie umieszczonych na nim symboli i oznaczeń.

Sposób wykonania ćwiczenia:

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zidentyfikować rodzaj ustroju pomiarowego,
- 2) zidentyfikować cechy eksploatacyjne miernika,
- 3) objaśnić (opisać) znaczenie symboli,
- 4) określić zastosowanie miernika na podstawie odczytanych informacji,
- 5) ocenić wykonanie ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- mierniki o różnych ustrojach pomiarowych, multimetry analogowe,
- karty katalogowe mierników,
- norma PN-EN 60051,
- literatura [2,3,4].

Ćwiczenie 2

Oblicz dopuszczalny błąd pomiaru wykonanego woltomierzem o zakresie 300 V i klasie 1,5, jeżeli wskazał on 250 V.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) obliczyć błąd bezwzględny Δ_p ,
- 2) obliczyć błąd względny d_p ,
- 3) zapisać poprawnie wynik pomiaru: $U = (250 \pm \dots\dots)V$ lub $U = 250V \pm \dots\dots\%$
- 4) ocenić wykonanie ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt do ćwiczeń, kalkulator,
- literatura [1,2,3].

Ćwiczenie 3

Oblicz dopuszczalny błąd pomiaru wykonanego woltomierzem o zakresie 300 V i klasie 1,5 (miernik ten sam co w ćwiczeniu 2), jeżeli wskazał on 25 V.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) obliczyć błąd bezwzględny,
- 2) obliczyć błąd względny,
- 3) zapisać poprawnie wynik pomiaru,
- 4) porównać błędy pomiaru uzyskane w ćwiczeniach 2 i 3,
- 5) sformułować wnioski,
- 6) ocenić wykonanie ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt do ćwiczeń,
- literatura [1, 2, 3],
- kalkulator.

4.4.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) odczytać i zinterpretować informacje przedstawione w postaci symboli na tarczy podziałowej miernika?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) określić czynniki wpływające na dokładność pomiaru?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) dobrać odpowiedni miernik do pomiarów w obwodzie prądu stałego i przemiennego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) obliczyć błąd bezwzględny i względny przy pomiarach miernikiem analogowym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) ocenić wpływ doboru właściwego zakresu pomiarowego miernika na wartość błędu pomiaru?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.5. Pomiar prądu i napięcia. Pomiar częstotliwości

4.5.1. Materiał nauczania

Pomiary wielkości elektrycznych powinny być zawsze wykonywane przy zastosowaniu odpowiednich metod i narzędzi pomiarowych. Należy stosować zasady bezpieczeństwa, ochronę od porażenia prądem, zapobiegać powstawaniu pożarów. Zastosowanie zasad ergonomii (np., odpowiednie ustawienie mierników, odłącznik napięcia w zasięgu osoby obsługującej, łatwy dostęp do elementów regulacyjnych, itp.) poprawia komfort pracy obsługi, co pośrednio także ma wpływ na zwiększenie bezpieczeństwa.

Wyniki pomiarów powinny być dokumentowane w przygotowanej tabeli, zawierającej nazwę (symbol) wielkości mierzonej i jej jednostkę. Należy podać parametry przyrządów, którymi wykonano pomiary. Pomiary wykonywane w ramach okresowych przeglądów urządzeń oraz po naprawie powinny być zapisywane w odpowiednich drukach przewidzianych dla tego typu badań.

Pomiary w obwodach prądu stałego

Pomiar napięcia jest wykonywany bezpośrednio za pomocą woltomierza włączonego równolegle do elementu obwodu, na którym mierzymy napięcie.

Przy pomiarze napięcia stałego należy:

- wybrać woltomierz o odpowiednim ustroju lub w multimetrze wybrać V i przełącznik wyboru rodzaju prądu ustawić na DC,
- przy pomiarze miernikiem jednozakresowym oszacować wielkość napięcia i użyć miernika o odpowiednim zakresie; przy mierniku o przełączalnych zakresach bezpiecznie jest wybrać największy zakres,
- wyłączyć zasilanie obwodu,
- przyłączyć przewody pomiarowe do miernika, a następnie do punktów pomiarowych obwodu,
- załączyć napięcie i wykonać pomiary,
- wyłączyć zasilanie, odłączyć przewody pomiarowe z woltomierzem od badanego odbiornika.

Woltomierz do obwodu należy włączać w stanie beznapięciowym. Jeżeli konieczny jest wykonanie pomiaru napięcia bez możliwości odłączenia zasilania należy najpierw przyłączyć przewody pomiarowe do miernika, a następnie ich końce w bezpieczny sposób dołączyć do dwóch punktów układu pomiarowego. Podczas wykonywania tych czynności musi być zapewniona obecność drugiej osoby.

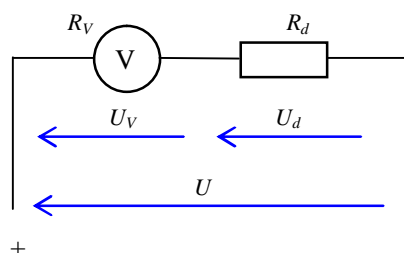
Pomyłki przy włączaniu woltomierza to najczęściej:

- włączenie woltomierza szeregowo z odbiornikiem – wówczas wynik pomiaru jest błędny, ponieważ woltomierz nie mierzy napięcia na odbiorniku, wskazuje spadek napięcia na własnej rezystancji, a odbiornik nie jest zasilany pełnym napięciem; jeżeli odbiornik ma niewielką rezystancję, napięcie na nim jest praktycznie bliskie zeru,
- włączenie amperomierza zamiast woltomierza równolegle do źródła (lub w multimetrze, przełącznik rodzaju funkcji ustawiony na A) – przez miernik popłynie bardzo duży prąd, praktycznie prąd zwarcia, ponieważ amperomierz ma bardzo małą rezystancję. Grozi to zniszczeniem miernika
- niewłaściwe przyłączenie miernika magnetoelektrycznego względem biegunowości źródła – wskazówka wychyliła się w niewłaściwą stronę.

Ważnym parametrem woltomierza jest jego rezystancja wewnętrzna R_V . Powinna być bardzo duża, aby woltomierz pobierał z układu jak najmniejszy prąd. Producenci podają wartość pobieranego przez woltomierz prądu lub (najczęściej) wartość rezystancji wewnętrznej przypadającej na 1 wolt zakresu pomiarowego. Rezystancja wewnętrzna woltomierzy magnetoelektrycznych, w zależności od ich zakresu wynosi od kilkuset omów do kilkudziesięciu kiloomów na 1V zakresu.

Rezystancja wewnętrzna mierników elektronicznych jest znacznie większa, nawet rzędu 1000MΩ.

Poszerzenie zakresu pomiarowego woltomierza polega na dołączaniu szeregowo do jego ustroju pomiarowego rezystora dodatkowego R_d (posobnika – rysunek 11).



Rys. 11. Poszerzenie zakresu pomiarowego woltomierza [źródło własne]

Aby zwiększyć zakres pomiarowy U_V woltomierza magnetoelektrycznego k_U –krotnie ($k_U = \frac{U}{U_V}$), rezystor R_d musi mieć taką wartość, aby odłożyło się na nim napięcie $U_d = U - U_V$, gdzie U – zakres woltomierza po poszerzeniu.

Wartość R_d wyznaczamy z zależności:

$$R_d = R_V (k_U - 1)$$

Pomiar natężenia prądu stałego jest wykonywany bezpośrednio za pomocą amperomierza włączonego szeregowo z odbiornikiem.

Przy pomiarze prądu stałego należy:

- wybrać amperomierz o odpowiednim ustroju lub w multimetrze wybrać A i przełącznik wyboru rodzaju prądu ustawić na DC,
- przy pomiarze miernikiem jednozakresowym oszacować wartość prądu i użyć miernika o odpowiednim zakresie; przy mierniku o przełączalnych zakresach bezpiecznie jest wybrać największy zakres,
- wyłączyć zasilanie obwodu,
- przerwać obwód w miejscu pomiaru i włączyć amperomierz,
- załączyć napięcie i wykonać pomiary,
- wyłączyć zasilanie, odłączyć amperomierz, jeżeli odbiornik dalej ma pracować połączyć obwód w miejscu przerwania i ponownie załączyć zasilanie.

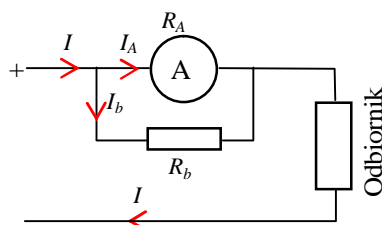
Pomyłki przy włączaniu amperomierza polegają najczęściej na:

- włączeniu amperomierza równoległe do źródła – przez miernik popłynie bardzo duży prąd, prąd zwarcia, ponieważ amperomierz ma bardzo małą rezystancję. Grozi to zniszczeniem miernika. Odbiornik nie jest zasilany.
- włączeniu zamiast amperomierza szeregowo z odbiornikiem woltomierza (lub w multimetrze, przełącznik rodzaju funkcji ustawiony na V) – pomiar jest błędny, ponieważ woltomierz ma bardzo dużą rezystancję i zmienia wartość prądu płynącego w obwodzie odbiornika,

- niewłaściwym przyłączeniu miernika magnetoelektrycznego względem biegunowości źródła – wskazówka wychyla się w niewłaściwą stronę.

Ważnym parametrem amperomierza jest jego rezystancja wewnętrzna R_A . Powinna być bardzo mała, aby spadek napięcia na amperomierzu był jak najmniejszy, a amperomierz nie ograniczał prądu płynącego przez odbiornik.

Przez urządzenie pomiarowe amperomierza może płynąć niewielki prąd. Aby wykonać pomiar prądu o większej wartości należy rozszerzyć zakres pomiarowy amperomierza.



Rys. 12. Poszerzenie zakresu pomiarowego amperomierza [źródło własne]

Poszerzenie zakresu pomiarowego amperomierza polega na dołączeniu równolegle do jego urządzenia pomiarowego rezystora o rezystancji R_b (bocznika) – rysunek 12.

Aby zwiększyć zakres pomiarowy I_A amperomierza magnetoelektrycznego do wartości I (k_I – krotnie, gdzie $k_I = \frac{I}{I_A}$), rezystancja R_b musi mieć taką wartość, aby przez bocznik popłynął prąd $I_b = I - I_A$.

Wartość R_b wyznaczamy z zależności:

$$R_b = \frac{R_A}{k_I - 1}$$

W miernikach wielozakresowych boczniki są wbudowane na stałe. Boczniki produkowane są również jako oddzielne elementy. Amperomierz należy dołączyć równolegle do zacisków bocznika. Przy odczytywaniu prądu z amperomierza wyskalowanego w działkach należy pamiętać, że poszerzeniu zakresu zmienia się stała zakresu (liczba A/dz.).

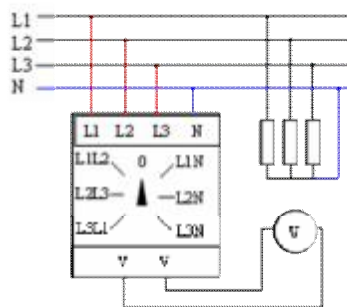
Pomiary w obwodach prądu przemiennego

Do pomiaru napięcia przemiennego służą woltomierze elektromagnetyczne, mierniki cyfrowe.

Pomiar napięcia jest wykonywany bezpośrednio za pomocą woltomierza włączonego równolegle do źródła (bądź elementu obwodu, na którym mierzymy napięcie). Do pomiaru napięcia przemiennego należy wybrać woltomierz o odpowiednim urządzeniu lub w multimetrze wybrać V i przełącznik wyboru rodzaju prądu ustawić na AC. Sposób wykonania pomiaru jest taki sam, jak opisany dla napięcia stałego.

Skutki pomyłkowego włączenia amperomierza zamiast woltomierza są takie same jak przy napięciu stałym. Pomyłkowe zastosowanie woltomierza magnetoelektrycznego do pomiaru napięcia przemiennego spowoduje, że wskazanie miernika będzie równe zero, ponieważ miernik magnetoelektryczny pokazuje wartość średnią przebiegu.

W obwodach trójfazowych napięcia międzyfazowe oraz napięcia fazowe we wszystkich fazach można zmierzyć jednym woltomierzem włączonym poprzez przełącznik woltomierzowy 4-pozycyjny (w sieciach 3-przewodowych) i 7-pozycyjny (w sieciach z przewodem neutralnym). Na rysunku 13 przedstawiono sposób włączenia woltomierza do układu trójfazowego poprzez przełącznik 7-pozycyjny.



Rys. 13. Pomiar napięcia w układzie trójfazowym z wykorzystaniem przełącznika [źródło własne]

Pomiar natężenia prądu jest wykonywany bezpośrednio za pomocą amperomierza włączonego szeregowo z odbiornikiem. Do pomiaru prądu przemiennego służą amperomierze elektromagnetyczne, mierniki cyfrowe.

Przy pomiarze prądu przemiennego należy wybrać amperomierz o odpowiednim ustroju lub w multimetrze wybrać A i przełącznik wyboru rodzaju prądu ustawić na AC. Sposób wykonania pomiaru jest taki sam, jak opisany dla prądu stałego.

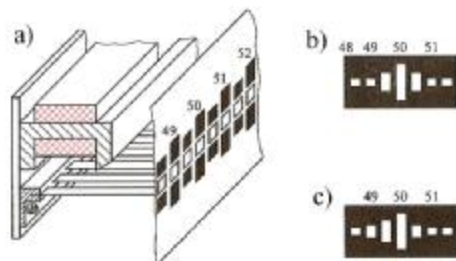
Skutki pomyłkowego włączenia woltomierza zamiast amperomierza są takie same jak przy napięciu stałym. Pomyłkowe zastosowanie amperomierza magnetoelektrycznego do pomiaru prądu przemiennego spowoduje, że jego wskazówka nie wychyli się, ponieważ miernik magnetoelektryczny pokazuje wartość średnią prądu, która w przypadku przebiegu przemiennego wynosi zero.

Pomiaru częstotliwości napięcia przemiennego można dokonać pośrednio na podstawie pomiaru czasu oscyloskopem, co zostało omówione w rozdziale 4.3.1 oraz bezpośrednio częstotliciemierzem. Są to na ogół mierniki wibracyjne.

Z uwagi na budowę i zasadę działania rozróżnia się częstotliciemierze:

- wibracyjne – do pomiaru małych częstotliwości, w wąskim zakresie,
- magnetoelektryczne z przetwornikiem – częstotliwości do kilkuset herców,
- cyfrowe – do pomiaru małych i wielkich częstotliwości (do MHz); powszechnie stosowane obecnie multimetry cyfrowe umożliwiają łatwy i szybki pomiar częstotliwości.

W mierniku wibracyjnym (rysunek 14) wykorzystuje się zmienne pole magnetyczne, powodujące przyciąganie przez elektromagnes blaszek drgających wraz ze zmianami prądu w ciągu jednego okresu. Blaszki są umieszczone pod opisaną podziałką. Wartość mierzonej częstotliwości wskazuje blaszka o największej amplitudzie drgań. Miernik jest wyskalowany w Hz.



Rys. 14. Rysunek objaśniający działanie częstotliciemierza wibracyjnego: a) szkic ustroju, b) obraz tarczy przy $f = 50\text{Hz}$, c) obraz tarczy przy $f = 49,8\text{Hz}$. [1]

Częstotliciemierz należy włączyć równolegle do źródła. [1,2, 3]

4.5.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Na co trzeba zwrócić uwagę dobierając miernik do pomiaru napięcia?
2. Jakie czynności trzeba wykonać aby poprawnie i bezpiecznie wykonać pomiar napięcia?
3. Czym się powinien charakteryzować woltomierz?
4. Jaki będzie skutek pomyłkowego włączenia amperomierza zamiast woltomierza?
5. Na czym polega poszerzanie zakresu pomiarowego woltomierza magnetoelektrycznego?
6. Jaki będzie skutek włączenia miernika magnetoelektrycznego do obwodu prądu przemiennego?
7. Na co trzeba zwrócić uwagę dobierając miernik do pomiaru natężenia prądu?
8. Jakie czynności trzeba wykonać aby poprawnie i bezpiecznie wykonać pomiar prądu?
9. Jaki będzie skutek pomyłkowego włączenia woltomierza zamiast amperomierza?
10. Na czym polega poszerzanie zakresu pomiarowego amperomierza magnetoelektrycznego?
11. Jakie urządzenie pozwala na pomiar jednym woltomierzem napięć fazowych i międzyfazowych w układach trójfazowych?
12. Jak można zmierzyć częstotliwość napięcia przemiennego?
13. Jak włączamy częstościomierz do układu pomiarowego?

4.5.3. Ćwiczenia

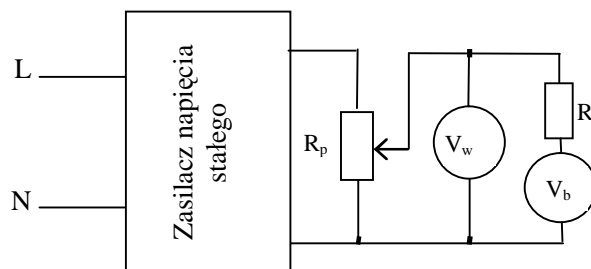
Ćwiczenie 1

Poszerz zakres pomiarowy woltomierza magnetoelektrycznego trzykrotnie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) określić rezystancję wewnętrzną miernika na podstawie informacji producenta lub pomiaru,
- 2) obliczyć wartość posobnika R_d ,
- 3) przygotować tabelę do zapisywania wyników pomiarów,
- 4) połączyć układ pomiarowy,
- 5) przeprowadzić pomiary napięcia w każdym oznakowanym punkcie podziałki woltomierza badanego – napięcie nastawiać rezystorem R_p ,
- 6) obliczyć błąd bezwzględny i względny pomiaru,
- 7) sformułować i zapisać wnioski,
- 8) ocenić wykonanie ćwiczenia.



Rysunek do ćwiczenia [źródło własne]

Wyposażenie stanowiska pracy:

- schemat układu pomiarowego,
- woltomierz magnetoelektryczny badany,
- woltomierz magnetoelektryczny wzorcowy,
- rezystor dekadowy,
- zasilacz napięcia stałego,
- rezystor suwakowy.

Ćwiczenie 2

Zakres pomiarowy amperomierza magnetoelektrycznego wynosi 7,5 mA. Dokonaj czterokrotnego poszerzenia zakresu pomiarowego tego amperomierza.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z przewodnim tekstem do ćwiczenia,
- 2) wykonać ćwiczenie w oparciu o przewodni tekst.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- przewodni tekst,
- mierniki i urządzenia wskazane przez ucznia,
- literatura [1, 2].

Ćwiczenie 3

Określ parametry napięcia jednofazowego zasilającego odbiorniki i zmierz prąd pobierany przez te odbiorniki.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) narysować schemat układu pomiarowego,
- 2) zaproponować tok postępowania,
- 3) dobrać mierniki do wykonania pomiarów w obwodzie określonego odbiornika,
- 4) zorganizować stanowisko pomiarowe zgodnie z przepisami bhp,
- 5) wykonać pomiary prądu, napięcia i częstotliwości,
- 6) uzasadnić sposób wykonania ćwiczenia,
- 7) sformułować i zapisać wnioski,
- 8) ocenić jakość wykonania ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- odbiorniki wskazane przez nauczyciela (np. grzejnik, żarówka, silnik jednofazowy),
- mierniki wskazane przez ucznia,
- przewody,
- wyłączniki,
- przybory do rysowania.

Ćwiczenie 4

W wyniku przeprowadzonych pomiarów w układzie zasilanym z sieci napięciem sinusoidalnym uzyskano następujące wyniki:

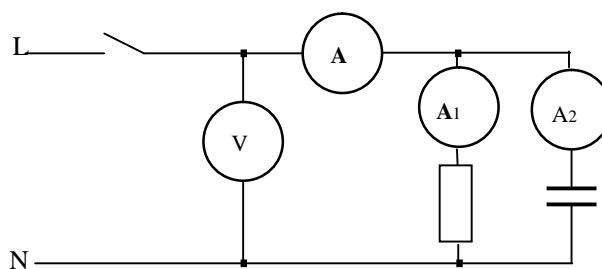
U	f	I	I ₁	I ₂
V	Hz	A	A	A
230	50	0	1,5	2

Do pomiaru napięcia i częstotliwości zastosowano multimetr cyfrowy. Do pomiaru prądów zastosowano amperomierze wskazówkowe o zakresach: A – 5A, A₁ – 2,5A, A₂ – 2,5A. Oceń, czy pomiary były przeprowadzone poprawnie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dokonać analizy schematu układu,
- 2) dokonać analizy wyników pomiarów,
- 3) ustalić przyczynę zerowego wskazania amperomierza A,
- 4) zaproponować właściwe rozwiązanie,
- 5) ocenić poprawność wykonania ćwiczenia.



Rysunek do ćwiczenia [źródło własne]

Wyposażenie stanowiska pracy:

- schemat układu,
- literatura [1,3], poradnik.

Ćwiczenie 5

Zmierz napięcia fazowe i międzyfazowe w sieci czteroprzewodowej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z rodzajem sieci,
- 2) wybrać odpowiedni woltomierz,
- 3) dobrać zakres miernika,
- 4) ustalić rodzaj zabezpieczenia,
- 5) odłączyć napięcie,
- 6) przyłączyć do zacisków sieci przełącznik woltomierzowy z woltomierzem,
- 7) załączyć napięcie, wykonać pomiary, zanotować wyniki,
- 8) ocenić wykonanie ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- woltomierz elektromagnetyczny,
- przełącznik woltomierzowy.

4.5.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) dobrać miernik do pomiaru w obwodzie prądu stałego, przemiennego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) przewidzieć skutek pomyłkowego włączenia amperomierza zamiast woltomierza?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) przewidzieć skutek pomyłkowego włączenia woltomierza zamiast amperomierza?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) dobrać rezystor dodatkowy (posobnik) w celu poszerzenia zakresu woltomierza o założoną krotność ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) dobrać bocznik w celu poszerzenia zakresu amperomierza o założoną krotność?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) przeprowadzić w bezpieczny sposób pomiary w obwodzie prądu stałego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) przeprowadzić w bezpieczny sposób pomiary w obwodzie prądu przemiennego jednofazowego i trójfazowego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) ocenić na podstawie wyników pomiarów prawidłowość doboru mierników o właściwym ustroju?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) wskazać na podstawie wyników pomiarów usterki w układzie pomiarowym	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.6. Pomiar rezystancji

4.6.1. Materiał nauczania

Rezystancję można mierzyć:

- bezpośrednio miernikami wyskalowanymi w omach,
- pośrednio, za pomocą woltomierza i amperomierza, za pomocą woltomierza i watomierza lub amperomierza i watomierza.

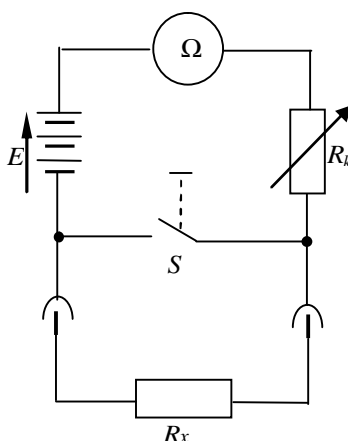
Ze względu na wymaganą dokładność pomiary można podzielić na techniczne i laboratoryjne.

Pomiar rezystancji omomierzem

Do bezpośredniego pomiaru rezystancji służą omomierze. W omomierzach analogowych zastosowany jest ustrój magnetoelektryczny. Ze względu na sposób połączenia ustroju pomiarowego z mierzoną rezystancją omomierze dzieli się na szeregowe i równoległe.

Omomierze posiadają własne źródło zasilania (najczęściej baterie galwaniczne).

Omomierz szeregowy jest w istocie woltomierzem magnetoelektrycznym, do którego rezystancja mierzona jest dołączana szeregowo. Miernik wyskalowany jest w omach. Układ połączeń omomierza szeregowego przedstawiony jest na rysunku 15. Podziałka miernika jest nierównomierna, z zerem po prawej stronie tarczy.



Rys. 15. Omomierz szeregowy.[źródło własne]

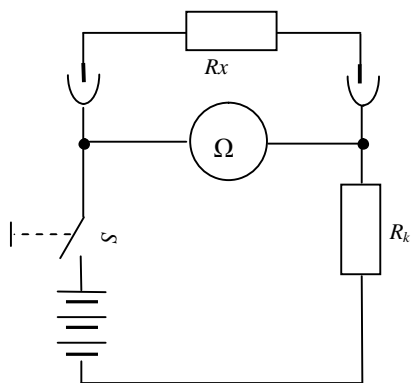
Mierząc rezystancję omomierzem szeregowym należy:

- zewrzeć zaciski omomierza poprzez wciśnięcie przycisku S ,
- pokrętelem rezystora korekcyjnego R_k ustawić wskazówkę na zero (jeżeli nie daje się doprowadzić wskazówki do położenia zerowego oznacza to, że należy zmienić baterie),
- zwolnić przycisk S ,
- przyłączyć badany rezystor R_x do zacisków omomierza i odczytać wartość rezystancji.

Omomierze szeregowe mają zakresy pomiarowe od 10Ω do $100 \text{ k}\Omega$.

Omomierz równoległy (rysunek 16) jest w istocie amperomierzem magnetoelektrycznym, do którego rezystancja mierzona jest dołączana równoległe. Miernik wyskalowany jest w omach.

W omomierzu równoległym przed pomiarem należy za pomocą rezystora korekcyjnego R_k , przy rozwartych zaciskach wejściowych R_x , doprowadzić do ustawienia wskazówki na symbol ∞ .



Rys. 16. Omomierz równoległy.[źródło własne]

Omomierze równoległe mają zastosowanie do pomiaru mniejszych rezystancji: od 1Ω do około 100Ω .

Do pomiaru dużych rezystancji (rezystancji izolacji) służą megaomierze. **Megaomierze** mają wbudowane źródło napięcia stałego o wartości od 100 V do kilkuset kV . W miernikach izolacji napięcie przy pomiarach musi być równe napięciu probierczemu, ale nie może być mniejsze niż 500 V .

W megaomierzach elektronicznych niewielkie napięcie stałe z baterii galwanicznej (lub akumulatora) jest przetwarzane na przemiennie, podwyższone przez transformator, a następnie prostowane.

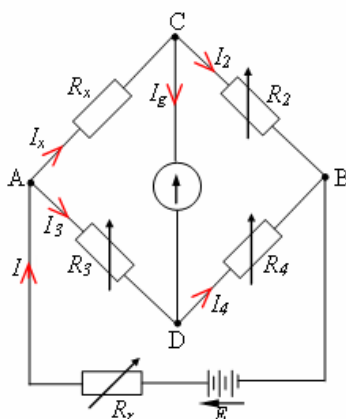
W megaomierzach elektromechanicznych stosowany jest ustrój magnetoelektryczny lub ilorazowy.

W miernikach do pomiaru rezystancji izolacji źródłem napięcia potrzebnego do pomiaru jest prądnicą prądu stałego (induktor), stąd mierniki te są nazywane induktorami. Induktor może być napędzany ręcznie za pomocą korbki lub specjalnie przystosowanym silnikiem. Najczęściej stosowany jest w nich ustrój ilorazowy, ponieważ wychylenie wskazówki miernika ilorazowego nie zależy od prędkości obrotowej korbki.

Sposób postępowania przy wykonywaniu pomiarów izolacji w instalacjach elektrycznych i urządzeniach zostanie omówiony w module Z2.

Pomiar rezystancji mostkiem rezystancyjnym

Sposób pomiaru rezystancji mostkiem i zasada działania mostka rezystancyjnego zostanie omówiona na przykładzie schematu mostka Wheatstone'a, przedstawionego na rysunku 17.



Rys. 17. Schemat mostka Wheatstone'a.[źródło własne]

Do przekątnej A–B dołączone jest źródło zasilania, z możliwością regulacji prądu głównego mostka (rezystor R_r). Do przekątnej C–D dołączony jest magnetoelektryczny wskaźnik zera (galwanometr). Mierzona rezystancja R_x jest włączona w jedną z gałęzi mostka. Jej wartość jest wyznaczana w stanie równowagi mostka. Stan równowagi obserwujemy na galwanometrze. Aby doprowadzić mostek do stanu równowagi należy tak regulować rezystancje w jego gałęziach, aby doprowadzić do równości napięć:

$$I_1 R_x = I_3 R_3$$

$$I_2 R_2 = I_4 R_4$$

Dzieląc równania stronami otrzymujemy:

$$\frac{I_1 R_x}{I_2 R_2} = \frac{I_3 R_3}{I_4 R_4}$$

Przy równości napięć potencjały punktów C i D są takie same, prąd w gałęzi z galwanometrem $I_g = 0$, wówczas:

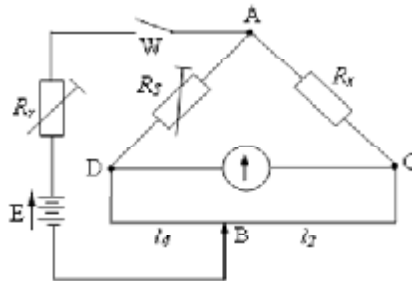
$$I_1 = I_2$$

$$I_3 = I_4$$

Wykorzystując tę zależność można napisać, że:

$$\frac{R_x}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}, \quad \text{stąd:} \quad R_x = R_3 \frac{R_2}{R_4}$$

W technicznych mostkach wykonywanych fabrycznie zamiast rezystorów R_2 i R_4 stosuje się rezystancyjny drut ślizgowy (rysunek 18). Rezystancja R_2 jest proporcjonalna do odcinka l_2 , a rezystancja R_4 do odcinka l_4 drutu.



Rys. 18. Schemat technicznego mostka Wheatstone'a. [źródło własne]

Zależność na mierzoną rezystancję ma postać:

$$R_x = R_3 \frac{l_2}{l_4}$$

Zmiana położenia szczotki odpowiednim pokrętelem umieszczonym na obudowie mostka powoduje zmianę stosunku l_2/l_4 . Rezystancja R_3 jest zmieniana skokowo. Taka konstrukcja mostka zapewnia szeroki zakres mierzonej rezystancji.

Mostki Wheatstone'a służą do pomiaru rezystancji średnich i dużych – od 1Ω do $10^7 \Omega$. Na wynik pomiaru małych rezystancji ma wpływ rezystancja zacisków i przewodów, którymi przyłączany jest badany rezystor. Ponadto na dokładność pomiaru wpływa stan baterii,

dokładność wykonania rezystorów, z których zbudowany jest mostek, klasa wskaźnika równowagi mostka (galwanometru). Moski laboratoryjne mają zasilanie zewnętrzne.

Do pomiaru rezystancji małych służą mostki Thomsona – pomiar rezystancji od kilku mikroomów do kilku omów. Są to mostki sześcioramienne. W układzie mostka Thomsona eliminowany jest wpływ rezystancji przewodów łączeniowych i styków na wynik pomiaru.

Pomiar rezystancji woltomierzem i amperomierzem

Jest to najczęściej stosowana metoda pośrednia pomiaru rezystancji. Wyznaczanie rezystancji polega na jednoczesnym pomiarze napięcia na rezystorze oraz prądu płynącego przez rezystor i wykorzystaniu prawa Ohma do obliczenia rezystancji. Z uwagi na powszechność stosowania tej metody, także przy wykonywaniu pomiarów miernikami technicznymi nazywana jest często metodą techniczną.

Pomiar pośredni rezystancji za pomocą woltomierza i amperomierza jest obarczony błędem, na który ma wpływ rezystancja wewnętrzna mierników. Błąd ten można zminimalizować poprzez odpowiednie połączenie układu pomiarowego. Możliwe są dwa układy pomiarowe: układ z poprawnie mierzonym prądem i układ z poprawnie mierzonym napięciem.

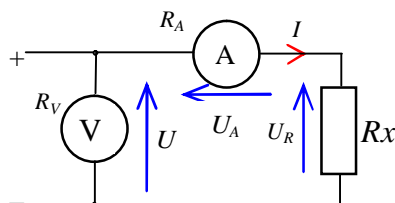
Układ z poprawnie mierzonym prądem przedstawiony jest na rysunku 19. W tym układzie amperomierz mierzy prąd płynący przez badany rezystor, natomiast napięcie zmierzone przez woltomierz jest sumą spadku napięcia na rezystancji wewnętrznej amperomierza R_A i napięcia na badanym rezystorze R_x :

$$U = U_R + U_A = IR_x + IR_A$$

stąd wartość mierzonej rezystancji R_x :

$$R_x = \frac{U}{I} - R_A$$

gdzie: U, I , – wskazania mierników.



Rys. 19. Układ do wyznaczania rezystancji z poprawnie zmierzonym prądem.[źródło własne]

Im mniejsza rezystancja amperomierza R_A , tym mniejszy spadek napięcia na tej rezystancji.

Układ o poprawnie mierzonym prądzie jest właściwy do pomiaru dużych rezystancji, tzn. gdy: $R_x > \sqrt{R_A R_V}$.

Błąd metody pomiarowej w układzie o poprawnie mierzonym prądzie można obliczyć w procentach, korzystając z zależności:

$$d'_R = \frac{R_A}{R_x} 100$$

Jeżeli mierzona rezystancja jest duża ($R_x > 1000R_A$), to wpływ spadku napięcia na rezystancji amperomierza R_A na wynik pomiaru jest niewielki i można go nie uwzględniać przy obliczeniach R_x .

Układ z poprawnie mierzonym napięciem przedstawiony jest na rysunku 20. W tym układzie woltomierz mierzy napięcia na badanym rezystorze, natomiast prąd zmierzony przez amperomierz jest sumą prądów pobieranych przez badany rezystor i woltomierz:

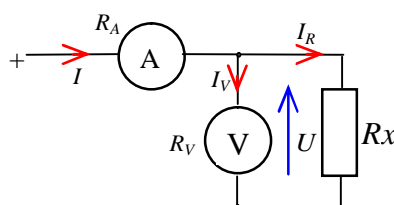
$$I = I_R + I_V$$

Rezystancję mierzoną w tym układzie wyznaczamy z zależności:

$$R_x = \frac{U}{I - I_V} = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}}$$

gdzie: U, I , – wskazania mierników, R_V - rezystancja wewnętrzna woltomierza.

Im większa rezystancja woltomierza, tym mniejszy prąd pobiera woltomierz.



Rys. 20. Układ do wyznaczania rezystancji z poprawnie zmierzonym napięciem.[źródło własne]

Układ o poprawnie mierzonym napięciu jest właściwy do pomiaru małych rezystancji, tzn. gdy: $R_x < \sqrt{R_A R_V}$.

Błąd metody pomiarowej w układzie o poprawnie mierzonym napięciu można obliczyć w procentach, korzystając z zależności:

$$d_R'' = \frac{1}{1 + \frac{R_V}{R_x}} 100$$

Przy metodzie technicznej pomiaru rezystancji wpływ mierników na błąd metody można pominąć, jeżeli w układzie poprawnie mierzonego prądu (rysunek19) $R_x \gg R_A$, a w układzie poprawnie mierzonego napięcia (rysunek 20) $R_x \ll R_V$. Wówczas błąd metody jest pomijalnie mały i mierzoną rezystancję można obliczyć z zależności:

$$R_x = \frac{U}{I}$$

W przypadku, gdy mierzona rezystancja $R_x = \sqrt{R_A R_V}$ wybór układu nie ma wpływu na błąd, ponieważ wtedy $d_R' = d_R''$. [1,2,4]

4.6.2 Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jak zbudowany jest omomierz?
2. Jak mierzymy rezystancję omomierzem?
3. Jakie znaczenie ma nastawnik zera?
4. Do pomiaru jakich rezystancji stosuje się mierniki indukcyjne?
5. Jak zbudowany jest mostek Wheatstone'a?
6. Jaki warunek musi być spełniony, aby mostek był w stanie równowagi i jakie zależności zachodzą między rezystancjami w mostku?
7. Jakie czynniki mają wpływ na dokładność pomiaru rezystancji mostkiem Wheatstone'a?

8. Do pomiaru jakich rezystancji służy mostek Wheatstone'a, a jakich Thomsona?
9. Dlaczego mostkiem Wheatstone'a nie należy mierzyć bardzo małych rezystancji?
10. Na czym polega pośredni pomiar rezystancji?
11. Co wpływa na błąd pomiaru?
12. W jakich układach można mierzyć pośrednio rezystancję woltomierzem i amperomierzem?
13. Jaki układ jest odpowiedni do pomiaru małych rezystancji, jak obliczamy błąd metody pomiaru w tym układzie?
14. Jaki układ jest odpowiedni do pomiaru dużych rezystancji, jak obliczamy błąd metody pomiaru w tym układzie?

4.6.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Zmierz omomierzem rezystancję rezystorów wskazanych przez nauczyciela i określ błąd względny i bezwzględny pomiaru.

Sposób wykonania ćwiczenia:

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) odczytać i zapisać parametry omomierza umieszczone na tarczy miernika,
- 2) zidentyfikować elementy jego budowy,
- 3) sprawdzić stan baterii (ustawienie zera),
- 4) przygotować tabelę do zapisania wyników pomiarów i obliczeń,
- 5) zmierzyć rezystancje,
- 6) obliczyć błąd względny i bezwzględny pomiaru,
- 7) sformułować wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- rezystory wzorcowe,
- omomierz,
- przewody,
- kalkulator.

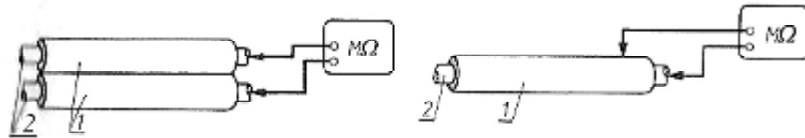
Ćwiczenie 2

Zmierz rezystancję izolacji przewodów jedno- i wielożyłowych.

Sposób wykonania ćwiczenia:

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z instrukcją megaomomierza,
- 2) przygotować miernik do pomiarów,
- 3) opisać przygotowane odcinki przewodów,
- 4) przygotować tabelę do zapisania wyników pomiarów,
- 5) wykonać pomiary, dołączając megaomomierz jak na rysunku (na rysunku: 1 – izolacja, 2 – żyła),
- 6) ocenić jakość materiałów izolacyjnych na podstawie pomiarów,
- 7) sformułować wnioski.



Rysunek do ćwiczenia [2]

Wyposażenie stanowiska pracy:

- megaomomierz,
- instrukcja obsługi miernika,
- rysunek do ćwiczenia,
- odcinki przewodów o różnej izolacji, np.: bawełnianej, gumowej, polietylenowej.

Ćwiczenie 3

Zmierz rezystancje rezystorów wzorcowych technicznym mostkiem Wheatstone'a. Pomiary przeprowadź dla: $R_{x1} = 10 \Omega$, $R_{x2} = 100 \Omega$, $R_{x3} = 1000 \Omega$, $R_{x4} = 10000 \Omega$.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) odczytać informacje umieszczone na tarczy podziałowej i obudowie mostka,
- 2) zapoznać się z instrukcją obsługi mostka,
- 3) narysować tabelę do zapisywania wyników pomiarów,
- 4) przyłączyć rezystor do zacisków mostka,
- 5) dobrać odpowiedni zakres pomiarowy dla danego rezystora,
- 6) zrównoważyć mostek i odczytać wartość rezystancji,
- 7) wyniki pomiarów zapisać w tabeli,
- 8) ocenić dokładność pomiaru mostkiem,
- 9) sformułować i zapisać wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- karty katalogowe mostków technicznych,
- rezystory wzorcowe 10Ω , 100Ω , 1000Ω , 10000Ω lub rezystor dekadowy,
- techniczny mostek Wheatstone'a,
- instrukcja obsługi mostka,
- literatura [2, 3, 4].

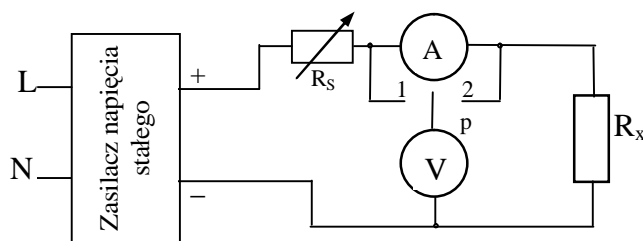
Ćwiczenie 4

Zmierz rezystancję za pomocą amperomierza i woltomierza. Na podstawie wyników pomiarów i obliczeń wskaż właściwy układ do pomiaru rezystancji.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z elementami układu,
- 2) przygotować tabelę do zapisania wyników pomiarów i obliczeń,
- 3) odczytać z tarczy podziałowych mierników lub zmierzyć ich rezystancje wewnętrzne R_A oraz R_V ,
- 4) połączyć układ jak na rysunku, włączając jako R_x rezystor dekadowy,
- 5) ustawić na rezystorze dekadowym rezystancję o wartości $R'_{x1} > \sqrt{R_A R_V}$,
- 6) dobrać zakresy mierników,
- 7) przeprowadzić pomiary: w układzie poprawnie mierzonego prądu (przełącznik w pozycji 1) oraz poprawnie mierzonego napięcia (przełącznik w pozycji 2),
- 8) powtórzyć czynności wymienione w punktach 5 i 6 dla $R'_{x2} < \sqrt{R_A R_V}$,
- 9) wyznaczyć na podstawie pomiarów wartości R_{x1} i R_{x2} ,
- 10) dla obu rezystancji obliczyć błędy metody d'_R i d''_R ,
- 11) porównać błędy d'_R i d''_R i wskazać właściwy układ pomiarowy dla wyznaczenia R_{x1} oraz dla R_{x2} ,
- 12) sformułować i zapisać wnioski,
- 13) ocenić wykonanie ćwiczenia.



Rysunek do ćwiczenia [źródło własne]

Wyposażenie stanowiska pracy:

- schemat układu pomiarowego,
- zasilacz napięcia stałego,
- rezystor dekadowy,
- rezystor suwakowy,
- woltomierz magnetoelektryczny,
- amperomierz magnetoelektryczny,
- omomierz lub mostek rezystancyjny,
- przełącznik dwupozycyjny.

4.6.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) rozróżnić metody bezpośrednie i pośrednie pomiaru rezystancji?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) wskazać zastosowanie omomierza szeregowego i równoległego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) zmierzyć poprawnie rezystancję omomierzem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) dobrać miernik do pomiaru rezystancji izolacji?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) wykonać pomiar rezystancji miernikiem induktorowym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) wyjaśnić zasadę działania mostka Wheatstone'a?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) określić warunki równowagi mostka?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) wskazać przyczyny wpływające na błąd pomiaru mostkiem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) zmierzyć rezystancję mostkiem Wheatstone'a?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) ocenić dokładność pomiaru mostkiem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11) wyjaśnić pojęcie pośredniego pomiaru rezystancji?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12) zaproponować sposób pomiaru rezystancji woltomierzem i amperomierzem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13) narysować układ z poprawnie mierzonym prądem i uzasadnić jego zastosowanie do pomiaru dużych rezystancji?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14) narysować układ z poprawnie mierzonym napięciem i uzasadnić jego zastosowanie do pomiaru małych rezystancji?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15) określić przyczyny błędów w obu układach?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16) obliczyć błąd metody w obu układach?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17) wybrać właściwy układ do pomiaru rezystancji woltomierzem i amperomierzem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18) połączyć układ i zmierzyć rezystancję metodą pośrednią?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19) zinterpretować wyniki pomiaru rezystancji?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.7. Pomiar mocy i współczynnika mocy. Pomiar energii

4.7.1. Materiał nauczania

Tok postępowania przy włączaniu mierników omówiono w rozdziale 4.5.1 poradnika. Mierniki do pomiaru mocy (bez względu na sposób pomiaru) zawsze włączamy w stanie beznapięciowym. Przystępując do pomiarów mocy i energii odbiornika należy przestrzegać zasad bezpieczeństwa i zachować szczególne środki ostrożności, bowiem pomiary konkretnych odbiorników odbywają się przy znamionowych napięciach zasilania.

Pomiar mocy odbiorników prądu stałego

Moc odbiornika jest iloczynem napięcia na odbiorniku i prądu płynącego przez ten odbiornik.

Pośrednio moc można zmierzyć za pomocą woltomierza i amperomierza w takich samych układach, jak pomiar rezystancji, a następnie wyznaczyć ją z odpowiedniej zależności.

W układzie o poprawnie mierzonym prądzie (rysunek 19) moc wydzieloną na odbiorniku R_x można obliczyć z zależności:

$$P = UI - R_A I^2$$

gdzie: U, I – wskazania mierników, $R_A I^2 = P_A$ – moc pobrana przez amperomierz, R_A – rezystancja wewnętrzna amperomierza.

Układ jest właściwy do pomiaru małych mocy. Odbiornik małej mocy pobiera mały prąd, stąd moc wydzielana na amperomierzu jest niewielka i można ją pominąć. Im mniejsza rezystancja wewnętrzna amperomierza R_A , tym strata mocy na amperomierzu jest mniejsza.

W układzie o poprawnie mierzonym napięciu (rysunek 20) moc wydzieloną na odbiorniku R_x można obliczyć z zależności:

$$P = UI - \frac{U^2}{R_V}$$

gdzie: U, I – wskazania mierników, $\frac{U^2}{R_V} = P_V$ – moc pobrana przez woltomierz,

R_V - rezystancja wewnętrzna woltomierza,

Układ jest właściwy do pomiaru odbiorników o dużej mocy, pobierających duży prąd. Im większa rezystancja wewnętrzna woltomierza R_V , tym strata mocy na amperomierzu jest mniejsza.

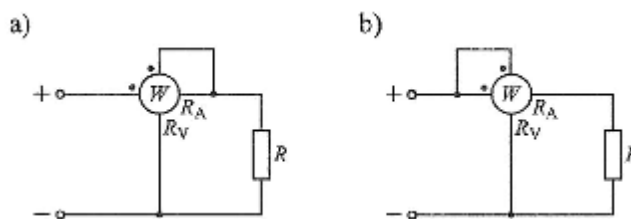
Jeżeli nie jest wymagana duża dokładność pomiaru mocy lub błąd wynikający ze straty mocy w miernikach jest mniejszy od błędu wynikającego z klasy miernika, można nie uwzględniać poprawki na mierniki i moc obliczać w obu układach z zależności:

$$P = UI$$

Bezpośredni pomiar mocy w obwodzie prądu stałego wykonuje się watomierzem. Watomierz, jak wiadomo ma dwie cewki: napięciową i prądową, początki cewek są oznaczone na obudowie kropką (gwiazdką). Cewkę prądową zawsze włączamy w obwód szeregowo (jak amperomierz), a cewkę napięciową równoległe (jak woltomierz). Watomierz może być

włączony w sposób przedstawiony na rysunku 21, gdzie: R_A rezystancja cewki prądowej watomierza, R_V rezystancja cewki napięciowej.

W układzie na rysunku 21a watomierz mierzy sumę mocy odbiornika i cewki napięciowej, w układzie na rysunku 21b watomierz mierzy sumę mocy odbiornika i cewki prądowej.



Rys. 21. Pomiar mocy watomierza w obwód prądu stałego: a) pomiar mocy odbiornika i cewki prądowej, b) pomiar mocy odbiornika i cewki napięciowej.[1]

Aby wyeliminować błąd metody, gdy wymagana jest duża dokładność pomiaru, należy uwzględnić poprawkę na moc traconą w watomierzu.

Dokładna wartość mocy odbiornika w układzie 21a:

$$P = P_W - \frac{U^2}{R_V},$$

gdzie: P_W – wskazanie watomierza, U – wartość napięcia na odbiorniku. Aby uwzględnić poprawkę należy włączyć do układu woltomierz, w te same punkty, co cewkę napięciową watomierza.

Dokładna wartość mocy odbiornika w układzie 21b:

$$P = P_W - R_A I^2,$$

gdzie: P_W – wskazanie watomierza, I – wartość prądu płynącego przez odbiornik. Aby uwzględnić poprawkę należy włączyć do układu amperomierz szeregowo, pomiędzy cewkę prądową watomierza i odbiornik.

Jeżeli nie jest wymagana duża dokładność pomiaru mocy lub błąd wynikający ze straty mocy w watomierzu jest mniejszy od błędu wynikającego z klasy miernika, można nie uwzględniać poprawki i przyjąć, że moc odczytana z watomierza jest mocą odbiornika:

$$P = P_W.$$

Sposób odczytywania mocy z watomierza wyskalowanego w działkach został omówiony w poradniku do jednostki modułowej 724[01].O1.04

Pomiar mocy i współczynnika mocy odbiorników prądu przemiennego

Jak wiadomo moc czynną każdego odbiornika można określić zależnością:

$$P = UI \cos j$$

Z tej zależności wynika, że **pośrednio** moc w obwodzie prądu przemiennego można wyznaczyć za pomocą woltomierza i amperomierza, ale **tylko** dla odbiornika rezystancyjnego, dla którego $\cos j = 1$. Ustroje pomiarowe mierników muszą być właściwe dla pomiaru wielkości przemiennych. Pomiar wykonuje się w takich samych układach, jak w obwodzie prądu stałego, stosując te same kryteria doboru właściwego układu.

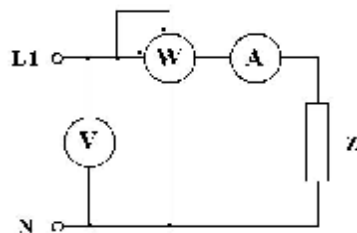
Bezpośrednio moc każdego odbiornika w obwodzie prądu przemiennego można zmierzyć za pomocą watomierza. Do pomiaru mocy w obwodach prądu przemiennego stosowane są najczęściej watomierze o ustroju ferrodynamicznym.

Sposoby włączenia watomierza i pomiaru mocy w obwodzie jednofazowym omówiono w jednostce modułowej 724[01].O1.04 „Obliczanie i pomiary obwodu prądu jednofazowego”.

Kryteria doboru właściwego układu są takie same jak przy pomiarach w obwodzie prądu stałego.

Praktycznie przy pomiarach odbiorników o mocy większej niż 100 W wpływ poboru mocy przez watomierz jest pomijalnie mały i można go pominąć.

Uwaga: przy pomiarach mocy watomierzem (bez względu na wybrany układ połączeń) trzeba zwracać uwagę na dobór właściwych zakresów cewki prądowej i napięciowej watomierza. Należy pamiętać, że watomierz pokazuje iloczyn trzech wielkości: prądu, napięcia i cos kąta pomiędzy nimi zawartego. Wskazanie watomierza mniejsze od maksymalnego dla danego zakresu nie oznacza wcale, że jeden z jego obwodów (prądowy lub napięciowy) nie został obciążony ponad dopuszczalne wartości.. Dlatego wskazane jest oszacowanie wielkości prądu oraz napięcia i odpowiedni dobór zakresów przed włączeniem miernika do pomiarów. Szczególnie narażona na zniszczenie (cieplne) przy przeciążeniu jest cewka prądowa, przez którą płynie duży prąd pobierany przez odbiornik. Jeżeli producent dopuszcza możliwość przeciążenia, np. dla cewki prądowej do 20%, a cewki napięciowej do 50%, to taka informacja jest umieszczona na tarczy podziałowej miernika i w jego karcie katalogowej. Aby uniknąć przeciążenia wskazane jest włączenie amperomierza szeregowo z cewką prądową watomierza. Na rysunku 22 przedstawiono układ do pomiaru mocy dowolnego odbiornika jednofazowego, w którym można kontrolować obciążenie poszczególnych cewek amperomierza. Jest to układ o poprawnie mierzonym prądzie. Przyłączając watomierz jak na rysunku 21a oraz woltomierz do tych samych punktów obwodu (bezpośrednio do odbiornika), uzyskujemy układ o poprawnie mierzonym napięciu.



Rys. 22. Układ do pomiaru mocy z możliwością kontroli przeciążenia cewek watomierza.[źródło własne]

Przyłączając watomierz jak na rysunku 21a oraz woltomierz do tych samych punktów obwodu (bezpośrednio do odbiornika), uzyskujemy układ o poprawnie mierzonym napięciu.

Współczynnik mocy $\cos j$ odbiornika jednofazowego można wyznaczyć pośrednio na podstawie wskazań mierników w układzie pomiarowym przedstawionym na rysunku 22 z zależności:

$$\cos j = \frac{P}{UI}$$

gdzie: P, U, I - wskazania mierników.

W układach trójfazowych pomiar mocy wykonywany jest za pomocą jednego, dwóch lub trzech watomierzy, zależnie od rodzaju odbiornika i układu sieci. Wszystkie przypadki zostały omówione w poradniku do jednostki modułowej 724[01].O1.06 „Obliczanie i pomiary parametrów obwodu trójfazowego”.

Watomierze do pomiaru mocy odbiornika trójfazowego mogą być włączane w układzie o poprawnie mierzonym napięciu lub prądzie.

W obwodach o napięciach i prądach przekraczających zakresy pomiarowe produkowanych mierników wykonuje się pomiary półpośrednie, z zastosowaniem przekładników napięciowych i prądowych. Są to specjalne transformatory, których obwody

wtórne są przystosowane do włączenia typowych mierników. Dotyczy to zawsze pomiarów prowadzonych w sieciach energetycznych.

Budowa zasada działania i sposób instalowania przekładników zostaną omówione w jednostce modułowej 724[01].Z1.02.

Współczynnik mocy $\cos j$ odbiornika trójfazowego symetrycznego można wyznaczyć pośrednio na podstawie pomiaru mocy czynnej oraz pomiaru napięcia międzyfazowego i prądu przewodowego:

$$\cos j = \frac{P}{\sqrt{3}UI} = \frac{P}{S}$$

gdzie: P – moc czynna odbiornika trójfazowego, U – napięcie międzyfazowe, I – prąd przewodowy, S – moc pozorna odbiornika trójfazowego.

Pośredni sposób wyznaczania $\cos j$ stosuje się przy okresowych badaniach w celu ewentualnej poprawy tego współczynnika.

W sieciach elektroenergetycznych (w elektrowniach, stacjach transformatorowych) do stałej kontroli współczynnika mocy są instalowane specjalne mierniki współczynnika mocy. Przy ich włączaniu należy posługiwać się schematem podanym przez wytwórcę.

Pomiar energii elektrycznej

Energia elektryczna czynna jest wprost proporcjonalna do mocy i czasu poboru tej mocy.

$$W = Pt$$

Pośrednio energię można zmierzyć mierząc moc (właściwą metodą) i czas poboru tej mocy (stoperem). Sposób ten jest właściwy dla odbiorników prądu stałego oraz przemiennego.

Do bezpośredniego pomiaru energii w obwodach prądu przemiennego najczęściej są stosowane liczniki indukcyjne. Liczniki zliczają moc pobraną w jednostce czasu.

Schematy elektryczne liczników indukcyjnych jednofazowych i sposób pomiaru energii w takim obwodzie przedstawiono w jednostce modułowej 724[01].O1.04, a dla układów trójfazowych w jednostce modułowej 724[01].O1.06.

Obecnie produkowane są również liczniki elektroniczne. Nie posiadają części ruchomych. Wskazanie licznika odczytuje się na wyświetlaczu LCD.

Na każdym liczniku umieszczona jest tabliczka znamionowa, na której podane są m.in. znamionowe napięcie i jego częstotliwość, prąd, a dla liczników indukcyjnych także stała licznika C_L , określająca ilość obrotów tarczy licznika przy poborze energii równej 1 kWh.

Z uwagi na fakt, że na podstawie wskazań licznika dokonuje się rozliczeń pomiędzy dostawcą i odbiorcą energii elektrycznej wymagana jest odpowiednia dokładność urządzenia. Liczniki instalowane u odbiorców, zgodnie z normą PN-EN 60051 posiadają klasę dokładności 0,2, 0,5, 1, 2. W stacji prób dokonuje się sprawdzenia poprawności wskazań i pracy licznika. Poprawność wskazań może być oceniona na podstawie porównania ze wskazaniami licznika wzorcowego, który jest wykonany w wyższej klasie. Ponadto tarcza nie powinna się obracać przy przerwaniu obwodu prądowym, natomiast przy obciążeniu 50% prądu znamionowego tarcza powinna ruszyć w pewny sposób. Po regulacji i sprawdzeniu zakładana jest osłona tarczy oraz części regulacyjnych i plomba Urzędu Miar. Wydawane jest świadectwo legalizacji. Dostępna pozostaje listwa z zaciskami do przyłączenia przewodów.

Instalowanie licznika musi być przeprowadzone zgodnie ze schematem i instrukcją producenta. Niewłaściwe połączenie z siecią i przyłączenie do niego instalacji odbiorczej może powodować obracanie się tarczy licznika w lewą stronę lub umożliwić pobór energii bez zliczania jej przez licznik, ale w sposób zagrażający bezpieczeństwu użytkowników.

Instalowanie licznika u odbiorcy wykonuje upoważniony przez dostawcę energii monter. Przed zainstalowaniem licznika należy sprawdzić, czy plomba Urzędu Miar jest nienaruszona. Po właściwym przyłączeniu licznika do sieci i dołączeniu instalacji odbiorcy, na listwę zaciskową nakładana jest osłona i plombowana przez osobę uprawnioną.

Liczniki podlegają okresowemu sprawdzeniu w celu potwierdzenia poprawności ich działania. Błąd pomiaru nie może przekraczać wartości wynikającej z klasy licznika.

Dla liczników włączanych przez przekładniki wymagana jest powtórna legalizacja co 8 lat, a dla liczników włączanych bezpośrednio co 15 lat. Wykonywane są czynności opisane wyżej i jest wydawane, bądź nie, świadectwo legalizacji.

4.7.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jak można zmierzyć moc odbiorników prądu stałego?
2. Co wpływa na dokładność metody pomiarowej?
3. Jak można zmierzyć moc odbiorników prądu przemiennego?
4. Jak włączmy watomierz do układu?
5. Czy wychylenie wskazówki watomierza do $\frac{3}{4}$ podziałki jest jednoznaczne z właściwym dobozem zakresów prądowego i napięciowego watomierza?
6. Jak można zmniejszyć ryzyko przeciążenia jednego z obwodów watomierza?
7. W jaki sposób można wyznaczyć pośrednio współczynnik mocy odbiornika?
8. Jak można zmierzyć energię odbiornika?
9. Czy możliwy jest obrót tarczy licznika w kierunku przeciwnym do założonego?
10. Jak powinna być włączona cewka prądowa, a jak napięciowa licznika?
11. Czy liczniki energii mogą być eksploatowane dowolnie długo?
12. Czy regulacje i instalowanie licznika energii może wykonywać odbiorca energii?

4.7.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Zmierz moc żarówki zasilanej napięciem stałym. Zmierz pośrednio energię pobraną w ciągu 24 godzin przez tę żarówkę przy znamionowym zasilaniu. Na podstawie pomiarów wykreśl charakterystykę $P = f(U)$, zmieniając napięcie zasilania od 0 do U_N .

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z parametrami żarówki,
- 2) wybrać metodę pomiaru,
- 3) określić wielkości mierzone i obliczane,
- 4) narysować tabelę do zapisywania wyników pomiarów i obliczeń,
- 5) narysować schemat układu pomiarowego,
- 6) dobrać rodzaj mierników,
- 7) ustalić zakresy pomiarowe mierników,
- 8) dobrać elementy łączeniowe i regulacyjne,
- 9) połączyć układ pomiarowy,
- 10) wykonać pomiary,
- 11) ocenić dokładność pomiaru

- 12) wykonać obliczenia,
- 13) sporządzić wykres,
- 14) ocenić wpływ zmian napięcia na przebieg mocy,
- 15) sformułować wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- żarówka,
- mierniki zaproponowane przez ucznia,
- źródło napięcia, łączniki, elementy regulacyjne zaproponowane przez ucznia,
- literatura.

Ćwiczenie 2

Zmierz moc trójfazowego grzejnika rezystancyjnego przy znamionowym zasilaniu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) opisać parametry grzejnika na podstawie tabliczki znamionowej,
- 2) wybrać metodę pomiaru,
- 3) określić wielkości mierzone,
- 4) narysować tabelę do zapisywania wyników pomiarów,
- 5) narysować schemat układu pomiarowego,
- 6) dobrać rodzaj mierników,
- 7) ustalić zakresy pomiarowe mierników,
- 8) połączyć układ pomiarowy,
- 9) wykonać pomiary przy dwóch sposobach włączenia mierników (o poprawnie mierzonym prądzie, o poprawnie mierzonym napięciu) na wynik pomiaru,
- 10) zbadać wpływ układu na wynik pomiaru i sformułować wnioski,
- 11) porównać wynik pomiaru z danymi znamionowymi grzejnika,
- 12) ocenić wykonanie ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- grzejnik rezystancyjny trójfazowy,
- mierniki zaproponowane przez ucznia,
- łączniki, elementy regulacyjne zaproponowane przez ucznia,
- literatura.

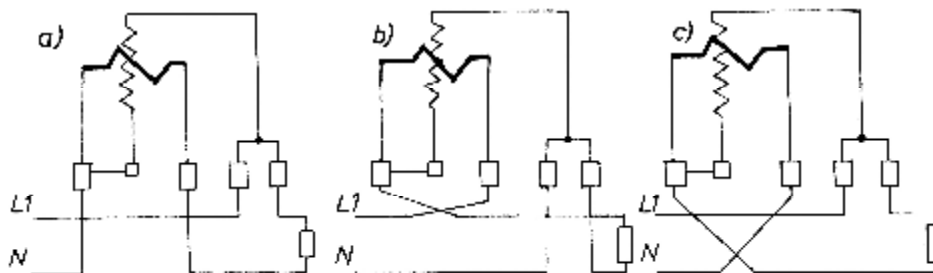
Ćwiczenie 3

Oceń błędy przy instalowaniu licznika. Wykonaj instalowanie licznika we właściwy sposób.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z rysunkiem do ćwiczenia,
- 2) wskazać na czym polegają błędy w połączeniach,
- 3) opisać skutki błędów w każdym z przedstawionych połączeń,
- 4) narysować właściwy schemat połączeń,
- 5) zapisać wnioski,
- 6) ocenić jakość wykonania ćwiczenia.



Rysunek do ćwiczenia [4]

Wyposażenie stanowiska pracy:

- rysunek do ćwiczenia,
- katalogi i instrukcje producenta,
- autotransformator,
- odbiorniki: rezystor, cewka, kondensator,
- literatura [3,4].

Ćwiczenie 3

Wykonaj instalację licznika trójfazowego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) rozpoznać rodzaj sieci trójfazowej,
- 2) zapoznać się z modelem licznika,
- 3) odszukać model w katalogu,
- 4) przerysować schemat połączeń wewnętrznych licznika i sposób dołączanie odbiornika trójfazowego,
- 5) opracować tok postępowania przy instalowaniu licznika,
- 6) sporządzić wykaz narzędzi do montażu, sporządzić wykaz przyrządów do kontroli poprawności połączeń,
- 7) wykonać instalację licznika,
- 8) ocenić jakość wykonania ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- katalogi, instrukcja producenta liczników trójfazowych,
- model licznika trójfazowego,
- odbiornik trójfazowy,
- literatura [3,4].

4.7.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) dobrać mierniki i zmierzyć moc odbiornika prądu stałego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) określić błąd metody pomiarowej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) dobrać mierniki do pomiaru mocy odbiorników jednofazowych i trójfazowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) poprawnie i w bezpieczny sposób zmierzyć moc tych odbiorników?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) wyznaczyć na podstawie pomiarów współczynnik mocy dowolnego odbiornika?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) określić zasady dotyczące instalowania liczników energii?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) przyłączyć poprawnie zasilanie i odbiornik do licznika?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) wskazać przyczynę nieprawidłowej pracy licznika energii?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) poprawnie i w bezpieczny sposób zmierzyć energię odbiornika prądu stałego i przemiennego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>







5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

INSTRUKCJA DLA UCZNIĄ

1. Przeczytaj uważnie instrukcję – masz na tę czynność 5 minut; jeżeli są wątpliwości zapytaj nauczyciela.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
4. Test zawiera 20 zadań. Do każdego zadania dołączone są 4 możliwości odpowiedzi. Tylko jedna jest prawidłowa.
5. Za każdą poprawną odpowiedź otrzymasz 1 punkt, za złą lub brak odpowiedzi 0 punktów.
6. Udzielaj odpowiedzi na załączonej karcie odpowiedzi. Zaznacz poprawną odpowiedź wstawiając znak X w odpowiednie pole w karcie odpowiedzi.
7. W czasie rozwiązywania zadań możesz korzystać z kalkulatora.
8. W przypadku pomyłki błędną odpowiedź otocz kółkiem, a następnie zaznacz odpowiedź prawidłową.
9. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
10. Kiedy udzielenie odpowiedzi na kolejne pytanie będzie Ci sprawiało trudność, odłóż jego rozwiązanie na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
11. Na rozwiązanie testu masz 40 minut.
12. Po zakończeniu testu podnieś rękę i zaczekaj, aż nauczyciel odbierze od Ciebie pracę.

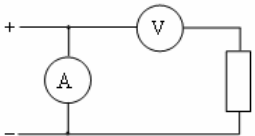
Powodzenia!

ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

1. Symbol przedstawia ustrój miernika
a) ferrodynamicznego.
b) elektrodynamicznego.
c) elektromagnetycznego.
d) magnetoelektrycznego.

2. Symbol przedstawiony na rysunku oznacza, że
a) miernik wykonano w klasie dokładności 2.
b) zakres pomiarowy miernika wynosi 2 A.
c) rezystancja wewnętrzna miernika wynosi 2 Ω .
d) miernik poddano napięciu próby 2 kV.

3. Który ze znaków informuje, że miernik powinien pracować w pozycji poziomej?

a) 
b) 
c) 
d)
4. Przy pomiarze wartości napięcia przemiennego multimetrem cyfrowym pokrętki powinny być ustawione na
a) „AC” i „V”.
b) „DC” i „V”.
c) „AC” i „f”.

- d) „DC” i „f”.
5. Woltomierz o zakresie 300 V i klasie dokładności 1 oraz znamionowej liczbie działek 100 wskazał 50 działek. Poprawnie zapisany wynik pomiaru, to
- $300 \text{ V} \pm 1 \%$.
 - $300 \text{ V} \pm 2 \%$.
 - $150 \text{ V} \pm 1 \%$.
 - $150 \text{ V} \pm 2 \%$.
6. Amperomierz o zakresie 2 A i klasie dokładności 0,5 wskazał 1 A. Poprawnie zapisany wynik to
- $(1 \pm 0,01) \text{ A}$.
 - $(1 - 0,10) \text{ A}$.
 - $(1 + 0,1) \text{ A}$.
 - $(1 \pm 0,5) \text{ A}$.
7. Bezpośrednio oscyloskopem można zmierzyć
- napięcie.
 - częstotliwość.
 - natężenie prądu.
 - rezystancję.
8. Pomyłkowe zastosowanie amperomierza o ustroju magnetoelektrycznym do pomiaru w obwodzie prądu sinusoidalnego spowoduje, że miernik
- wychyli się w lewą stronę.
 - spowoduje zwarcie w obwodzie.
 - spowoduje przerwę w obwodzie.
 - będzie wskazywał zero.

9. Jakie skutki dla mierników i odbiornika spowoduje włączenie mierników jak na rysunku

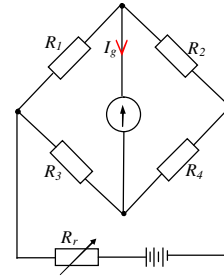
	Woltomierz	Amperomierz	Odbiornik	
a)	Wskazanie bliskie zero	Wskazanie bliskie zero	Praktycznie wyłączony	
b)	Wskazanie bliskie zero	Przez miernik płynie prąd zwarcia źródła	Praktycznie wyłączony	
c)	Mierzy napięcie źródła	Wskazanie bliskie zero	Pracuje normalnie	
d)	Mierzy napięcie odbiornika	Mierzy prąd odbiornika	Pracuje normalnie	

10. Amperomierz o zakresie 7,5 mA ma rezystancję wewnętrzną $R_A = 12 \Omega$. W celu poszerzenia zakresu amperomierza do 30 mA należy zastosować bocznik o rezystancji
- 48Ω .
 - 36Ω .
 - 4Ω .
 - 3Ω .

11. Woltomierz o zakresie 150V ma rezystancję wewnętrzną $R_V = 50 \text{ k}\Omega$. W celu poszerzenia zakresu do 600 V należy zastosować rezystor dodatkowy (posobnik) o rezystancji
- 200 k Ω .
 - 150 k Ω .
 - 100 k Ω .
 - 50 k Ω .

12. Rezystory wzorcowe mostka mają wartość: $R_1 = 50 \Omega$, $R_2 = 100 \Omega$, $R_3 = 200 \Omega$. W stanie równowagi mostka (prąd $I_g = 0$) rezystancja R_4 wynosi

- 25 Ω .
- 100 Ω .
- 200 Ω .
- 400 Ω .

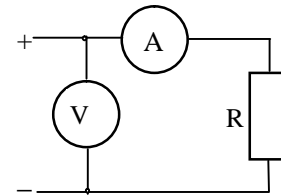


13. Dokładność pomiaru rezystancji mostkiem zależy od

- czułości galwanometru.
- klasy dokładności rezystorów wzorcowych.
- idealnego zrównoważenia mostka.
- wszystkich powyższych czynników.

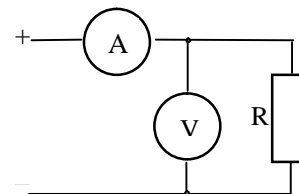
14. Przedstawiony układ jest właściwy do pośredniego pomiaru rezystancji

- znacznie większych od rezystancji amperomierza.
- porównywalnych z rezystancją amperomierza.
- znacznie mniejszych od rezystancji amperomierza.
- dowolnych.



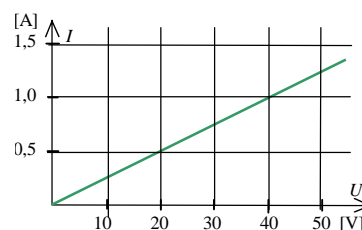
15. Która zależność jest właściwa do wyznaczenia rezystancji

- $R = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}}$
- $R = \frac{U}{I + \frac{U}{R_V}}$
- $R = \frac{U - IR_A}{I}$
- $R = \frac{U + IR_A}{I}$



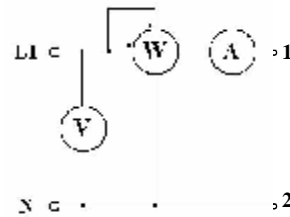
16. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów w układzie jak na rysunku do zadania 15 sporządzono wykres $I = f(U)$. Posługując się wykresem obliczono, że przy napięciu 20 V na rezystorze wydzielą się moc

- 4 W.
- 5 W.
- 10 W.
- 40 W.



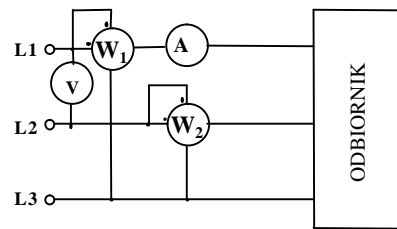
17. Jaki odbiornik dołączono do punktów 1 i 2 obwodu, jeżeli wskazania mierników wynoszą: woltomierz – 230 V, amperomierz – 0,5 A, watomierz – 0 W

- a) idealny kondensator.
- b) idealny rezystor.
- c) silnik.
- d) żarówkę.



18. Na podstawie pomiarów w układzie jak na rysunku można zmierzyć współczynnik mocy układu symetrycznego korzystając z zależności

- a) $\cos j = \frac{P_1 - P_2}{\sqrt{3}UI}$.
- b) $\cos j = \frac{P_1 + P_2}{\sqrt{3}UI}$.
- c) $\cos j = \frac{P_1 + P_2}{3UI}$.
- d) $\cos j = \frac{\sqrt{3}(P_1 + P_2)}{UI}$.



19. Bezpośrednio z liczydła licznika indukcyjnego jednofazowego odczytujemy energię zużytą

- a) w ciągu godziny.
- b) narastająco.
- c) w ciągu miesiąca.
- d) w czasie jednego obrotu tarczy.

20. Licznik trójfazowy dwuustrojowy mierzy energię zużytą przez

- a) odbiornik jednofazowy w taryfie dziennej i nocnej.
- b) energię czynną i bierną dowolnego odbiornika.
- c) trzy fazy odbiornika trójfazowego.
- d) dwie fazy odbiornika trójfazowego.

KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko.....

Obliczanie i pomiary parametrów obwodu prądu jednofazowego

Zakreśl poprawną odpowiedź.

Nr zadania	Odpowiedź				Punkty
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
8	a	b	c	d	
9	a	b	c	d	
10	a	b	c	d	
11	a	b	c	d	
12	a	b	c	d	
13	a	b	c	d	
14	a	b	c	d	
15	a	b	c	d	
16	a	b	c	d	
17	a	b	c	d	
18	a	b	c	d	
19	a	b	c	d	
20	a	b	c	d	
Razem:					

6. LITERATURA

1. Kurdziel R.: Podstawy elektrotechniki dla szkoły zasadniczej. Część 1 i 2. WSiP, Warszawa 1997
2. Pilawski M., Winiek T.: Pracownia elektryczna. WSiP, Warszawa 2005
3. Praca zbiorowa: Praktyczna elektrotechnika ogólna. REA, Warszawa 2003
4. Woźniak J.: Pracownia elektryczna. Tom I Pomiary elektryczne. Instytut Technologii Eksploatacji, Radom 1995