

UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNO-PRZYRODNICZY W BYDGOSZCZY
WYDZIAŁ INŻYNIERII MECHANICZNEJ
INSTYTUT EKSPLOATACJI MASZYN I TRANSPORTU
ZAKŁAD STEROWANIA



ELEKTROTECHNIKA I ELEKTRONIKA

ĆWICZENIE: **E1**

POSŁUGIWANIE SIĘ MIERNIKAMI ELEKTRYCZNYMI

Piotr Kolber, Daniel Perczyński
Bydgoszcz 2011

1. Błędy

Pomiar jest doświadczeniem fizycznym. Ograniczona dokładność narzędzi pomiarowych, zmienność warunków, w których odbywa się doświadczenie, niedostateczna znajomość wszystkich okoliczności związanych z badanym zjawiskiem wywołują zniekształcenia wyników.

Wartość otrzymana z wyniku pomiaru różni się od wartości rzeczywistej wielkości mierzonej. Różnica między tymi wartościami, zwana błędem lub uchybem pomiaru, jest miarą niedokładności pomiaru. Różnicę między wartością W_o otrzymaną z pomiaru, a wartością rzeczywistą W_r mierzonej wielkości nazywamy błędem bezwzględnym pomiaru.

$$\Delta = W_o - W_r$$

Dla oceny jakości pomiaru bardziej odpowiednie jest pojęcie błędu względnego pomiaru – jest to wyrażony w procentach stosunek błędu bezwzględnego do wartości rzeczywistej.

$$\delta = \frac{\Delta}{W_r} = \frac{W_o - W_r}{W_r} \cdot 100\%$$

Dokładność przyrządu pomiarowego określa się za pomocą błędu charakterystycznego miernika (klasa niedokładności), który jest wyrażony w procentach stosunkiem największego błędu bezwzględnego, jaki stwierdzono podczas skalowania miernika, do końcowej wartości W_{max} zakresu pomiarowego przyrządu.

$$\delta_{max} = \frac{(W_o - W_r)_{max}}{W_{max}} \cdot 100\% = \frac{(\Delta_{max})}{W_{max}} \cdot 100\%$$

Klasy niedokładności określone przez Polskie Normy PN/E-06501 są następujące:

0,1 0,2 0,5 1 1,5 2,5 5

kl. 0,1 0,2	- Przyrządy wzorcowe
kl. 0,5	- Przyrządy laboratoryjne
kl. 1 1,5	- Przyrządy do pomiarów przemysłowych
kl. 2,5 5	- Przyrządy orientacyjne (wskaźnikowe)

Błąd względny pomiaru wywołany przez błąd miernika wyraża się wzorem:

$$\delta_{\max} = \frac{\Delta}{W_r} = \delta_{\max} \frac{W_{\max}}{W_r}$$

Z powyższego wzoru wynika wniosek, że wykonując pomiary należy tak dobrać zakresy przyrządów, aby mierzyły one wartości zbliżone do ich zakresu pomiarowego, gdyż w takich warunkach pomiar obarczony jest najmniejszym błędem.

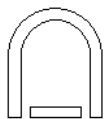
Błędy występujące w pomiarach wielkości fizycznych dzielimy ze względu na ich istotę:

- a) **błędy systematyczne** – są to takie błędy, których pochodzenie jest znane mierzącemu. Błędy te mogą mieć wartość stałą lub też zmieniającą się wg skreślonego prawa. Obecność błędów systematycznych może być wykryta doświadczalnie. Wpływ błędów systematycznych na wynik pomiaru daje się wyeliminować przez specjalne podejście do pomiaru lub też przez określenie wartości błędów za pomocą doświadczenia i uwzględnienia tych wartości w trakcie matematycznego opracowywania wyników.
- b) **błędy przypadkowe** – są to błędy, których pochodzenie i wartość nie są znane mierzącemu. Obecność błędów przypadkowych dostrzega się otrzymując przy wielokrotnym powtórzeniu pomiaru odczytu różniące się między sobą ostatnimi znaczącymi wartościami, nie mogą być wyeliminowane na drodze doświadczalnej. Posługując się teorią prawdopodobieństwa i metodami statystyki matematycznej można określić wpływ tych błędów na wynik pomiaru.
- c) **błędy grube** – czyli omyłki są to bardzo duże błędy, zniekształcające w sposób rażący wynik pomiaru. Omyłki spowodowane są zwykle przez nieuwagę obserwatora. Przy matematycznym opracowywaniu wyników pomiaru należy odrzucać odczyty obciążone błędami grubymi.

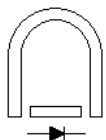
2. Oznaczenia na skalach przyrządów

Dla ułatwienia użytkownikowi orientacji, co do właściwości przyrządów pomiarowych przepisy polskie przewidują umieszczenie na skalach względnie na obudowie mierników następujących oznaczeń i symboli:

- a) nazwa lub znak wytwórni
- b) numer fabryczny
- c) rok wykonania
- d) oznaczenie jednostki wielkości mierzonej np. V, A
- e) symboli ustroju pomiarowego np.



Miernik magnetoelektryczny



Miernik magnetoelektryczny z prostownikiem



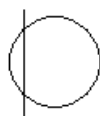
Miernik elektromagnetyczny



Miernik elektrodynamiczny



Miernik ferrodynamiczny



Miernik indukcyjny

- f) klasa dokładności
- g) symbol rodzaju prądu



stały



zmienny

- h) częstotliwość znamionowa lub znamionowy zakres częstotliwości (dla przyrządów na prąd zmienny o częstotliwości różnej od 50Hz)

i) symbol ustawienia miernika



- poziome położenie pracy



- pionowe położenie pracy



- pochyłe (np. pod kątem 60°)

j) oznaczenie napięcia probierczego



- przyrząd sprawdzany napięciem probierczym 2kV

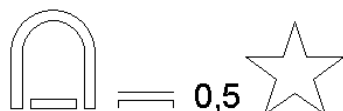


- przyrząd sprawdzany napięciem probierczym 500V

k) normalna temperatura otoczenia, jeśli różni się od 20°C

l) przekładnia przekładnika (w przypadku mierników przeznaczonych do pracy z przekładnikami)

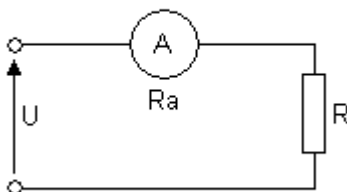
Przykład oznaczenia



3. Pomiary podstawowych wielkości obwodu elektrycznego

3.1. Pomiary natężenia prądu

Do pomiaru prądu służy amperomierz. Aby przez organ pomiarowy miernika i odbiornik przepływał ten sam prąd, amperomierz powinien być połączony szeregowo z odbiornikiem (rys.1.). W celu uniknięcia zmiany prądu w obwodzie, wynikającej z włączenia amperomierza, jego oporność wewnętrzna powinna być bardzo mała.



Rys. 1. Schemat pomiaru natężenia prądu elektrycznego

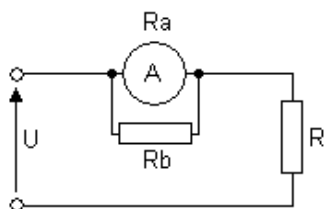
W przypadku posługiwania się amperomierzem magnetoelektrycznym, w celu pomiaru natężenia prądu stałego, należy dołączyć zacisk + amperomierza do miejsca obwodu elektrycznego wyższym potencjale, zaś zacisk – do miejsca o niższym potencjale.

Rozszerzenie zakresu pomiarowego amperomierzy magnetoelektrycznych odbywa się przez równoległe włączenie do miernika opornika zwanego bocznikiem (rys.2.). Rezystancję bocznika określa zależność:

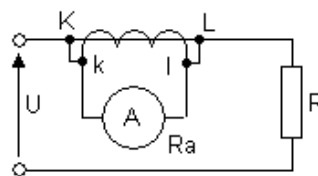
$$R_b = \frac{R_a}{n-1}$$

gdzie: $n = \frac{I}{I_a}$ - krotność zwiększenia zakresu pomiarowego,

R_a - rezystancja wewnętrzna miernika.



Rys. 2a. Bocznik

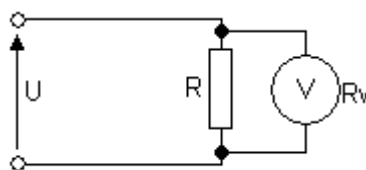


Rys. 2b. Przekładnik prądowy

Do rozszerzenia zakresu pomiarowego amperomierzy elektromagnetycznych (pomiar natężenia prądu przemiennego) stosuje się przekładniki prądowe (rys.2b) o odpowiednio dobranej przekładni. Przekładnię definiuje się jako stosunek znamionowego prądu pierwotnego do znamionowego prądu wtórnego o znormalizowanej wartości – najczęściej 5A np. 50/5A, 75/5A, itp. Przy pomiarach z przekładnikiem prądowym należy pamiętać, że nie może być włączony do obwodu z rozwartym uzwojeniem wtórnym.

3.2. Pomiary napięcia

Woltomierz dołącza się do zacisków, między którymi ma być pomierzone napięcie, a więc równoległe do rozpatrywanego elementu obwodu (rys.3.).



Rys. 3. Schemat pomiaru napięcia prądu elektrycznego

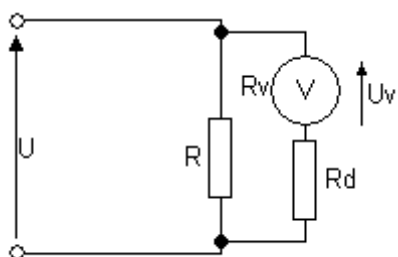
Ażeby prąd płynący przez miernik był jak najmniejszy, woltomierz posiada dużą oporność wewnętrzną R_v . W przypadku posługiwania się woltomierzem magnetoelektrycznym należy dołączyć zacisk + miernika do miejsca obwodu elektrycznego o wyższym potencjale, zaś zacisk – do miejsca o niższym potencjale. Rozszerzenie zakresu pomiarowego woltomierzy magnetoelektrycznych odbywa się przez włączenie z miernikiem opornika dodatkowego R_d – zwanego posobnikiem (rys.4a.).

Dla n-krotnego rozszerzenia zakresu pomiarowego woltomierza posobnik powinien mieć rezystancję:

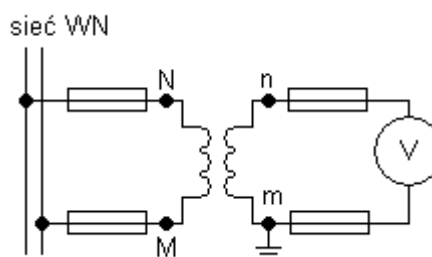
$$R_d = R_v \cdot (n - 1)$$

gdzie: $n = \frac{u}{u_v}$

W celu rozszerzenia zakresu pomiarowego woltomierza przy pomiarze napięć przemiennych stosuje się przekładniki napięciowe (rys.4b.) o odpowiedniej przekładni.



Rys. 4a. Posobnik



Rys. 4b. Przekładnik napięciowy

Przekładnię przekładnika napięciowego nazywa się stosunek znamionowego napięcia wtórnego do znormalizowanej wartości – 100V.

W praktyce laboratoryjnej do pomiaru napięcia lub natężenia prądu elektrycznego stosuje się najczęściej mierniki wielozakresowe lub mierniki uniwersalne. Przy pomiarach miernikami wielozakresowymi z odczytem pośrednim lub miernikami uniwersalnymi wartości wielkości mierzonej należy obliczyć korzystając z proporcji.

$$W = \frac{\alpha_w}{\alpha_n} \cdot Z_p$$

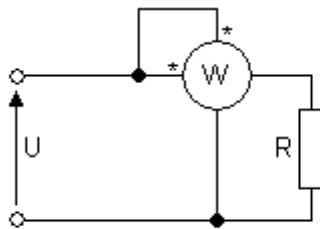
gdzie: Z_p – wybrany zakres pomiarowy miernika,

α_w – ilość działek, o którą odchyliła się wskazówka,

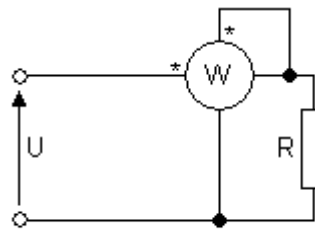
α_n – znamionowa liczba działek skali.

3.3. Pomiary mocy w obwodach prądu przemiennego

Pomiaru mocy czynnej odbiornika w obwodzie jednofazowym dokonuje się watomierzem. Układ do pomiaru mocy czynnej przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5a. Układ z poprawnie mierzonym prądem



Rys. 5b. Układ z poprawnie mierzonym napięciem

Moc P_w wskazywana przez watomierz jest w obydwóch układach większa od mocy czynnej odbiornika o stratę mocy w mierniku. W przypadku układu z poprawnie mierzonym prądem (rys.5a.) dokładnie obliczona moc czynna odbiornika wynosi:

$$P = P_w - I^2 \cdot R_{wa}$$

gdzie:

R_{wa} – rezystancja cewki prądowej watomierza

Dokładnie obliczona moc czynna odbiornika na podstawie pomiarów w układzie z poprawnie mierzonym napięciem (rys.5b.) wynosi

$$P = P_w - \frac{u^2}{R_{wv}}$$

gdzie:

R_{wv} – rezystancja cewki napięciowej watomierza.

Nie uwzględniając poboru mocy przez watomierz popełnia się błąd, którego wartość jest tym mniejsza im większa jest moc odbiornika oraz im mniejsza jest moc tracona w mierniku.

4. Opracowanie wyników pomiarów

Sposób przedstawiania danych eksperymentalnych (pomiarowych) zależy od doraźnych potrzeb. Główne formy przedstawiania danych pomiarowych są następujące: tablice, wykresy, zależności funkcyjne.

Tablice

Tablica jest podstawową formą przedstawiania danych: na podstawie tablicy sporządź się wykresy lub wyznacza zależności funkcyjne, wiążące odpowiednie zmienne.

Tablica powinna mieć numer i nazwę. Każda kolumna tablicy powinna być opatrzona symbolem lub nazwą mierzonej wielkości wraz z jej jednostkami. Wartości zmiennej niezależnej należy szeregować tak, aby wzrastały one lub malały wzdłuż kolumn. Zapis wyników w kolumnach powinien być zgodny z klasą przyrządu lub dokładnością metody pomiarowej. Przedostatnia cyfra wyniku powinna być znacząca, a ostatnia niepewna. Np. w przypadku pomiarów woltomierzem klasy pierwszej o zakresie 100 V wynik należy zanotować z uwzględnieniem jednej cyfry po przecinku, np. 70,4V. Zapisanie wyniku jako 70V lub 70,42V jest nieprawidłowe. Ponieważ liczb cyfr w zapisie świadczy o dokładności pomiarów nie wolno pominąć w nim zer. Np. w przypadku otrzymania wymienionym watomierzem wskazania 70 działek wynik należy zapisać 70,0 V a nie 70V.

Wykresy

Graficzna metoda przedstawiania wyników daje możliwości pogładowego wyrażenia Wzajemnego związku między otrzymanymi wielkościami i jako taka znajduje szerokie zastosowanie w miernictwie elektrycznym. Wykresy umożliwiają łatwą obserwację ekstremów, punktów przecięcia, miejsc zerowych, a więc tych własności funkcji, które uchodzą uwadze w przypadku rozpatrywania tablic. Ponadto wykresy ułatwiają przeprowadzenie pewnych obserwacji trudnych do zrealizowania metodą rachunkową.

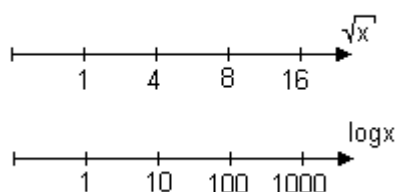
a) wybór skali

Skala wykresu powinna być dobrana tak, aby z jednej strony zapewnić przejrzysty przebieg krzywej, z drugiej zaś strony, aby dokładność odczytu z wykresu odpowiadała dokładności pomiaru. Najmniejsza długość odczytywana z wykresu (ok. $\pm 0,25$ mm) powinna w przybliżeniu odpowiadać bezwzględnemu błędowi pomiaru lub być od niego mniejsza.

Na ogół zmienną niezależną odkłada się na osi odciętych, a zmienną zależną na osi rzędnych. Na osiach należy zaznaczyć symbole lub nazwy wielkości odkładanych oraz jednostki, w których wielkości te są wyrażone. Podziałkę na wykresach dobiera się tak, aby 1 cm odpowiadał 1,2,4,5 (lub dziesiątej wielokrotności wym. liczb) jednostek wielkości odkładanej.

W niektórych przypadkach skala liniowa nie zapewnia przejrzystości krzywej, lecz wręcz uniemożliwia wykreślenie całej krzywej na jednym wykresie. W takich przypadkach należy stosować skalę nieliniową, np. pierwiastkową lub logarytmiczną, odkładając na osi nie bezpośrednio wielkość mierzoną, a odpowiednią funkcję tej wielkości.

Przykłady najczęściej stosowanych skal nieliniowych, pierwiastkowej i logarytmicznej pokazano na rys. 6.



Rys. 6. Przykłady skal nieliniowych

Odpowiedni dobór skal na poszczególnych osiach umożliwia przedstawienie na wykresie funkcji o bardzo złożonym kształcie przy pomocy linii prostej, z przebiegu której łatwo jest wyznaczyć odpowiednie parametry funkcji.

Na przykład, jeżeli funkcję wykładniczą $y=ae^{bx}$ wykreślimy w skali logarytmiczno-liniowej (tzn. na osi rzędnych y zastosujemy skalę logarytmiczną, a na osi odciętych x , skalę liniową) to otrzymamy prostą o współczynniku kierunkowym $b \log e$. Z kąta nachylenia prostej łatwo jest obliczyć parametr b .

b) wykreślenie krzywej

Przy niezbyt dużej liczbie danych punkty pomiarowe należy nanosić na wykres przy pomocy odpowiednich symboli (kół, krzyżyków, trójkątów, prostokątów), których wymiar powinien być w przybliżeniu równy bezwzględnemu błędowi pomiaru. Przy dużej liczbie danych punkty nanosi się na wykres w postaci kropek.

Na podstawie punktów pomiarowych wykreśla się gładka krzywą, która nie musi przechodzić przez wszystkie punkty. Krzywa powinna być wykreślona tak, aby suma

odchyleń od niej punktów pomiarowych była jak najmniejsza. Krzywą należy opisać w przejrzysty sposób przy pomocy symboli. Na wykresie należy podać parametry, które w czasie pomiarów są stałe. Wykres powinien być opatrzony krótkim opisem wykreślonej zależności.

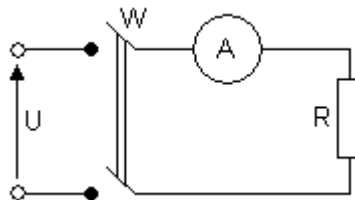
Zależności funkcyjne.

Przedstawienie danych pomiarowych w postaci analitycznej, przy pomocy funkcji ma szereg zalet, takich jak zwięzłość zapisu i łatwość przeprowadzenia operacji matematycznych (mnożenia, różniczkowania, całkowania, itp.). Funkcyjna postać danych ułatwia ponadto interpolację i porównywanie zależności empirycznych z teoretycznymi.

Do obliczania parametrów funkcji na podstawie danych pomiarowych stosowane są zasadniczo dwie metody rachunkowe: metoda średnich i metoda najmniejszych kwadratów. Np. w przypadku funkcji $y=ax^2+bx+c$ problem polega na tym, aby znaleźć takie wartości parametrów a , b , c , przy których wymieniona zależność najdokładniej odzwierciedla pozostające do dyspozycji dane pomiarowe.

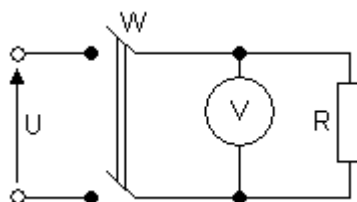
5. Pomiary Laboratoryjne

1. Na podstawie dostępnej literatury zapoznać się z zasadą działania mierników magnetoelektrycznych, elektromagnetycznych, elektrodynamicznych i ferrodynamicznych oraz oscyloskopów elektronicznych.
2. Połączyć układ pomiarowy wg schematu na rys.7 i dokonać kilku niezależnych pomiarów natężenia prądu płynącego przez obwód (na różnych zakresach pomiarowych).



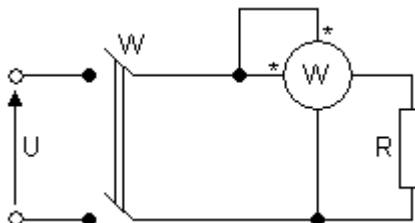
Rys. 7. Schemat układu do pomiaru natężenia prądu elektrycznego

3. Połączyć układ pomiarowy wg schematu na rys.8 i dokonać kilku niezależnych pomiarów napięcia na oporniku R (na różnych zakresach pomiarowych).



Rys. 8. Schemat układu do pomiaru napięcia prądu elektrycznego

4. Połączyć układ pomiarowy wg schematu na rys.9 i dokonać kilku niezależnych pomiarów mocy wydzielanej w oporniku R (na różnych zakresach pomiarowych).



Rys. 9. Schemat układu do pomiaru mocy prądu elektrycznego

UWAGA!! Gwiazdki oznaczają początki cewek napięciowej i prądowej watomierza.

5. Na podstawie pomiarów obliczyć błąd względny i bezwzględny traktując średnią arytmetyczną z pomiarów jako wartość rzeczywistą. Wyniki pomiarów i obliczeń zapisać w tablicy jak poniżej.

Wielkość mierzona np. napięcie		Δ	δ	U_r
		V	%	V
U_1	V			
U_2	V			
U_3	V			

6. Zapoznać się z oscyloskopem elektronicznym oraz zaobserwować przebiegi napięć zmiennych (oscyloskop uruchamia prowadzący ćwiczenia).
7. Przeprowadzić dyskusję dokładności pomiarów, wnioski.
8. Podać numery i dane przyrządów użytych do pomiarów.