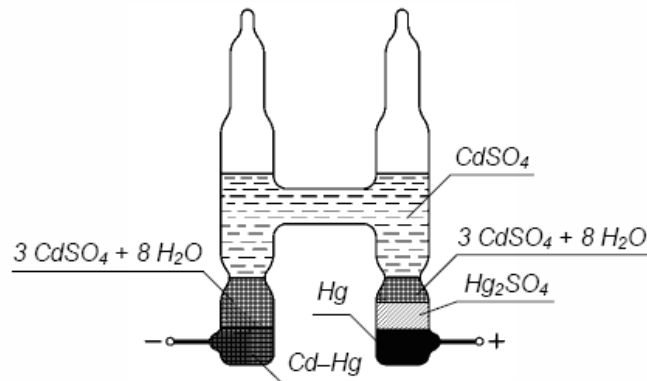


WZORZEC SEM - OGNIWO WESTONA

Umieszczone jest w szklanym naczyniu, w które wtopione są platynowe elektrody. Dodatni i ujemny biegun ogniwa stanowią odpowiednio rtęć (Hg) i amalgamat kadmu (Cd-Hg), natomiast elektrolitem jest nasycony roztwór siarczanu kadmowego (CdSO_4).



Ogniwo wzorcowe Westona

Dla temperatury 20°C wartość napięcia na zaciskach ogniwa jest równa $1,018636\text{V}$.

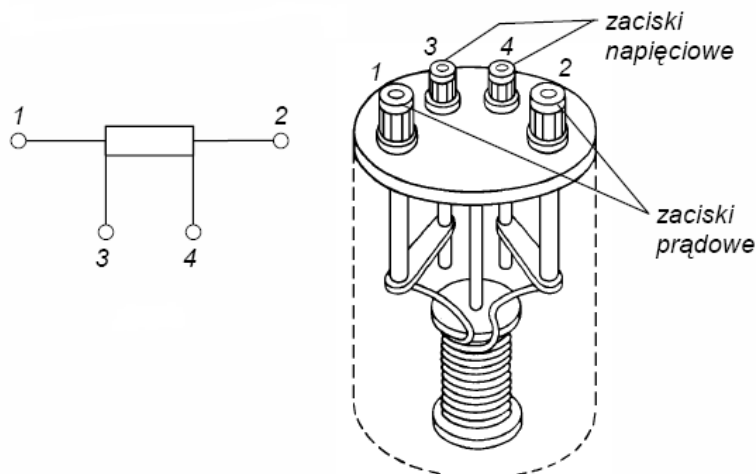
Z ogniwa nie należy pobierać prądu przez dłuższy czas. Największy dopuszczalny, krótkotrwały prąd pobierany wynosi $1\mu\text{A}$. Ogniwo wyładowywane w ciągu 3 min prądem $20\mu\text{A}$ odzyskuje właściwe napięcie dopiero po 3h. Pobór prądu przekraczającego $100\mu\text{A}$ powoduje uszkodzenie ogniwa. Ogniwa nasycone Westona są wrażliwe na wstrząsy i wibracje.

WZORCE REZYSTANCJI - OPORNIKI WZORCOWE

Oporniki wzorcowe wykonuje się ze stopów miedzi znanych pod nazwami handlowymi manganin i nikrothal, charakteryzujące się niskim współczynnikiem temperaturowym rezystancji.









Przykładowe wartości:

-
- $0.01\ \Omega$
- $0.1\ \Omega$
- $1.0\ \Omega$
- $1.0\ \Omega$
- $100\ \Omega$
- $1000\ \Omega$
-



Oporniki wzorcowe mają po dwie pary zacisków prądowych i napięciowych. Zaciski prądowe służą do doprowadzenia prądu do opornika, a zaciski napięciowe do pomiaru napięcia na oporniku. Stosowanie zacisków prądowych i napięciowych zmniejsza błędy spowodowane rezystancjami przejścia na styku przewodów łączących i zacisków, zwłaszcza tam, gdzie są one porównywalne z wartością rezystancji opornika wzorcowego.

PODSTAWOWE SYMBOLE CHARAKTERYZUJĄCE PRYZRZĄDY ANALOGOWE

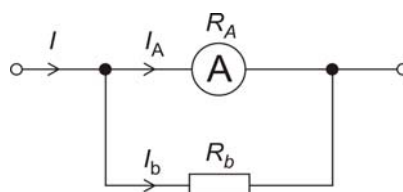
	Przyrząd magnetoelektryczny – pomiar wielkości stałych w czasie
	Przyrząd elektromagnetyczny – pomiar wielkości zmiennych w czasie
	Przyrząd elektrodynamiczny – pomiar wielkości stałych i zmiennych w czasie
	Przyrząd ferrodynamiczny – pomiar wielkości stałych i zmiennych w czasie
	Przyrząd do pomiaru wielkości stałych w czasie
	Przyrząd do pomiaru wielkości zmiennych w czasie
	Pionowe położenie pracy przyrządu
	Poziome położenie pracy przyrządu

AC - alternating current – przyrząd do pomiaru wielkości zmiennych w czasie

DC - direct current – przyrząd do pomiaru wielkości stałych w czasie

ROZSZERZANIE ZAKRESÓW POMIAROWYCH PRYZRZĄDÓW MAGNETOELEKTRYCZNYCH

1. Rozszerzanie zakresu pomiarowego amperomierzy magnetoelektrycznych



Schemat układu do rozszerzania zakresu pomiarowego amperomierzy magnetoelektrycznych

R_b - rezystancja bocznika

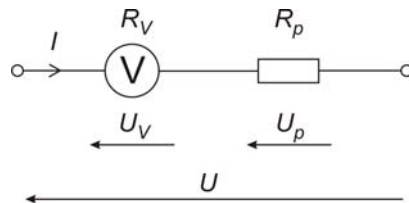
$$I_A R_A = I_b R_b$$

$$I_b = I - I_A$$

$$I_A R_A = (I - I_A) R_b$$

$$R_b = \frac{I_A R_A}{I - I_A} = \frac{R_A}{\frac{I}{I_A} - 1}$$

2. Rozszerzanie zakresu pomiarowego woltomierzy magnetoelektrycznych



R_p - rezystancja posobnika

$$U = U_V + U_p$$

$$U = U_V + I R_p$$

$$I R_p = U - U_V$$

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

$$\frac{U}{R_V} R_p = U - U_V$$

$$R_p = \frac{(U - U_V) R_V}{U_V} = \left(\frac{U}{U_V} - 1 \right) R_V$$

BŁĘDY PRZYRZĄDÓW ANALOGOWYCH

Błąd bezwzględny

$$\Delta = W_m - W_r$$

Błędem bezwzględnym posługujemy się do określenia dokładności wyniku pomiaru i jego zaokrąglenia. Błąd ten nie nadaje się do porównywania różnych wyników pomiarów lub porównywania narzędzi o różnych zakresach pomiarowych.

Błąd względny

$$\delta = \frac{\Delta}{W_m} \cdot 100\%$$

Błąd ten stosowany jest do określania dokładności narzędzi i metod pomiarowych

Właściwości pomiarowe przyrządów pomiarowych określa się za pomocą **klasy dokładności**

0.1, 0.2 – przyrządy laboratoryjne
0.5, 1.0, 1.5 – przyrządy techniczne
> 1.5 – wskaźniki

Klasa dokładności

$$kl = \frac{\Delta_{\max}}{\text{zakres}} \cdot 100\%$$

Klasa przedstawia **maksymalny błąd** jaki może popełnić przyrząd **w dowolnym miejscu** skali, **podzielony przez zakres pomiarowy** przyrządu i pomnożony przez 100.

Błędy pomiarów pośrednich

$f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ - relacja pośrednia określająca wielkość mierzoną

n - liczba przyrządów pomiarowych

dla $n \leq 3$

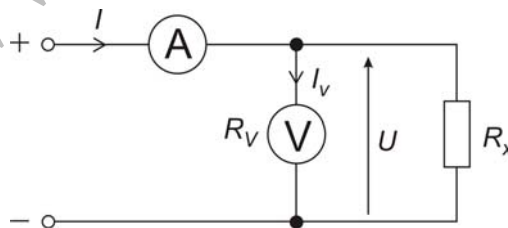
$$\Delta F = \left| \frac{\partial f}{\partial x_1} \cdot \Delta x_1 \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial x_2} \cdot \Delta x_2 \right| + \dots + \left| \frac{\partial f}{\partial x_n} \cdot \Delta x_n \right|$$

dla $n > 3$

$$\Delta F = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \cdot \Delta x_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \cdot \Delta x_2 \right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n} \cdot \Delta x_n \right)^2}$$

TECHNICZNE METODY POMIARU REZYSTANCJI

1. Metoda poprawnie mierzonego napięcia



Schemat układu poprawnie mierzonego napięcia

Wartość rezystancji mierzonej, wynikająca ze wskazań woltomierza i amperomierza

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

$$R_m = \frac{R_x R_v}{R_x + R_v} = \frac{R_v}{1 + \frac{R_v}{R_x}}$$

$$R_{rz} = \frac{U}{I - I_V} = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}}$$

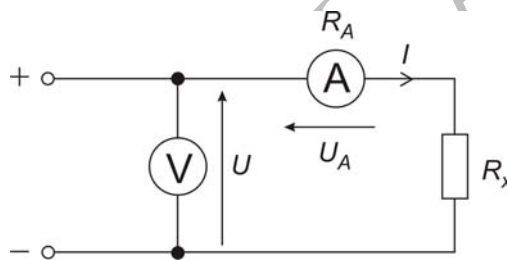
Bezwzględny błąd metody pomiarowej wynosi

$$\Delta R = R_m - R_{rz} = \frac{R_V}{1 + \frac{R_V}{R_x}} - R_{rz}$$

Błąd względny pomiaru

$$\delta_{R_x} = \frac{\Delta R_x}{R_x} 100\% = \frac{\frac{R_V}{R_x} - R_x}{R_x} 100\% = \frac{-1}{1 + \frac{R_V}{R_x}} 100\%$$

2. Metoda poprawnie mierzonego prądu - pomiar dużych rezystancji



Schemat układu poprawnie mierzonego prądu

Wartość rezystancji wynikająca ze wskazań przyrządów wynosi

$$R_m = \frac{U}{I} = \frac{I(R_x + R_A)}{I} = R_x + R_A$$

$$R_x = R_{rz} = \frac{U - U_A}{I} = \frac{U - IR_A}{I}$$

Błąd bezwzględny metody

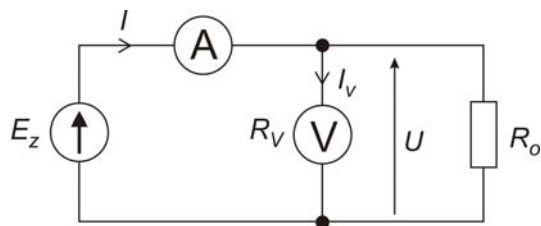
$$\Delta R = R_m - R_{rz} = R_x + R_A - R_x = R_A$$

Błąd względny pomiaru

$$\delta_{R_x} = \frac{\Delta R_x}{R_x} 100\% = \frac{R_A}{R_x} 100\%$$

POMIAR MOCY W OBWODACH JEDNOFAZOWYCH

1. Pomiar mocy odbiornika w układzie poprawnie mierzonego napięcia

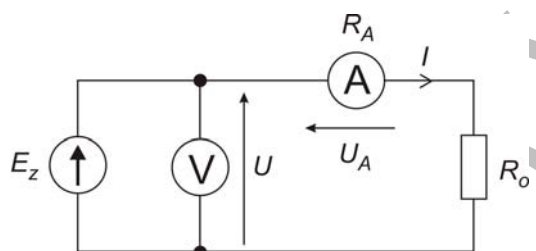


Schemat układu do pomiar mocy odbiornika w układzie poprawnie mierzonego napięcia
Moc wyznaczona na podstawie wskazań przyrządów

$$P_m = U I$$

$$P_o = U(I - I_V) = U I - \frac{U^2}{R_V} = P_m - P_V$$

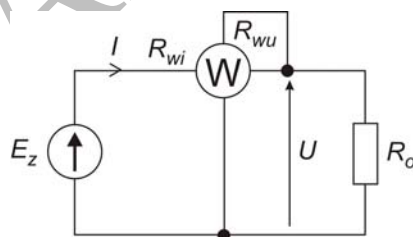
2. Pomiar mocy odbiornika w układzie poprawnie mierzonego prądu



Schemat układu do pomiar mocy odbiornika w układzie poprawnie mierzonego prądu

$$P_o = (U - U_A)I = U I - I^2 R_A = P_m - P_A$$

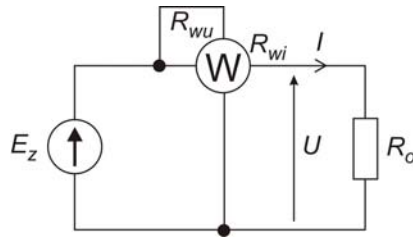
5. Pomiar mocy odbiornika przy użyciu watomierza w układzie poprawnie mierzonego napięcia



$$P = U I = U(I_{wu} + I_o) = P_{wu} + P_{R_0}$$

$$\delta_{wu} = \frac{P - P_{R_0}}{P_{R_0}} = \frac{P_{wu} + P_{R_0} - P_{R_0}}{P_{R_0}} = \frac{P_{wu}}{P_{R_0}} = \frac{U^2 / R_{wu}}{U^2 / R_o} = \frac{R_o}{R_{wu}}$$

6. Pomiar mocy odbiornika przy użyciu watomierza w układzie poprawnie mierzonego prądu



$$P = I^2(R_{wi} + R_o)$$

$$\delta_{wi} = \frac{P - P_{R_o}}{P_{R_o}} = \frac{I^2 R_{wi} + I^2 R_o - I^2 R_o}{I^2 R_o} = \frac{R_{wi}}{R_o}$$

POMIARY MOCY W SIECIACH TRÓJFAZOWYCH

Moc czynną obwodu trójfazowego definiuje się jako sumę mocy poszczególnych faz:

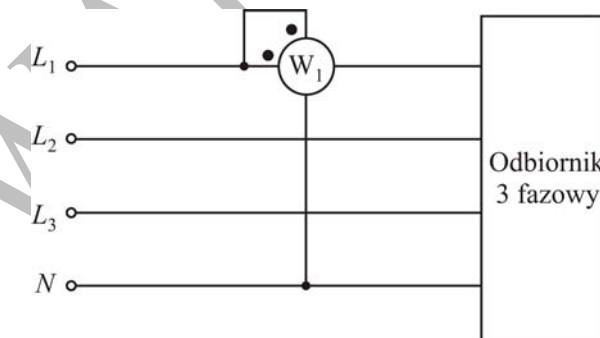
$$P = P_1 + P_2 + P_3 = U_{10} \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1 + U_{20} \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 + U_{30} \cdot I_3 \cdot \cos \varphi_3$$

Zależnie od rodzaju obwodu trójfazowego i charakteru odbiornika, rozróżnia się układy do pomiaru mocy w obwodach trójprzewodowych lub czteroprzewodowych, obciążonych symetrycznie lub niesymetrycznie.

Zasilanie sieci trójfazowej, jako sieci państwowej, jest symetryczne, tzn. moduły napięć fazowych są równe, a ich fazy są przesunięte o 120° .

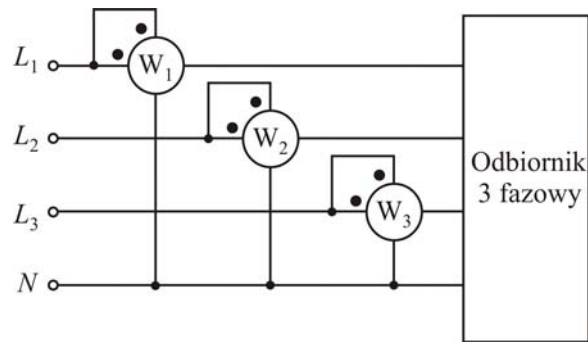
I. Pomiar mocy czynnej

1. Układ do pomiaru mocy czynnej w sieci 4. przewodowej, obciążonej symetrycznie



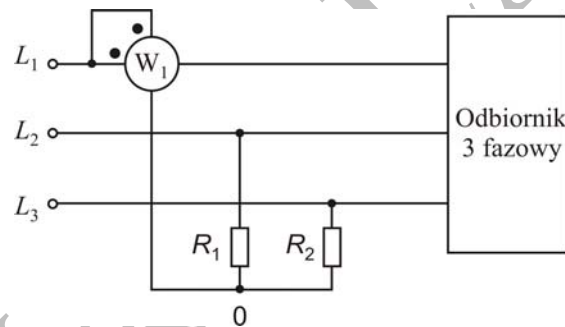
$$P = 3 \cdot P_1$$

2. Układ do pomiaru mocy czynnej w sieci 4. przewodowej obciążonej niesymetrycznie



$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

3. Układ do pomiaru mocy czynnej w sieci 3. przewodowej obciążonej symetrycznie

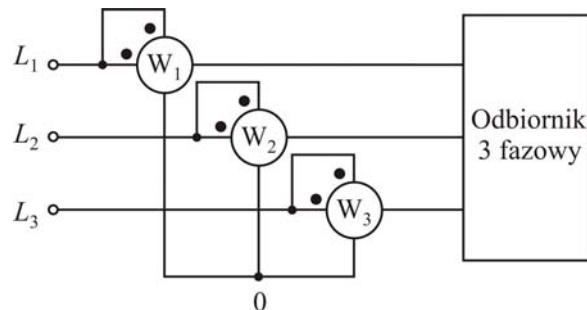


$$R_1 = R_2 = R_{wu}$$

R_{wu} - rezystancja cewki napięciowej watomierza

$$P = 3 \cdot P_1$$

4. Układ do pomiaru mocy czynnej w sieci 3. przewodowej obciążonej niesymetrycznie

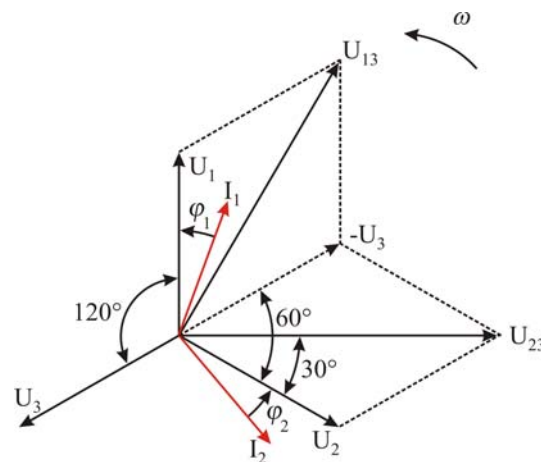
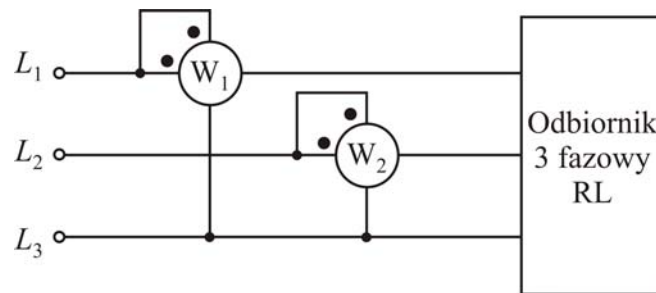


$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

W tym przypadku R_{wu} watomierzy nie muszą być równe

5. Układ Aarona

Schemat elektryczny dla przypadku obciążenia RL , watomierze w fazie 1 i 2



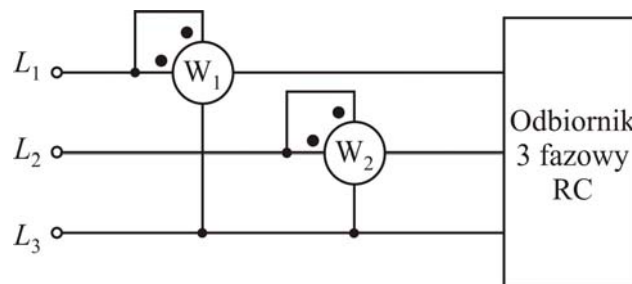
Wykres wskazowy

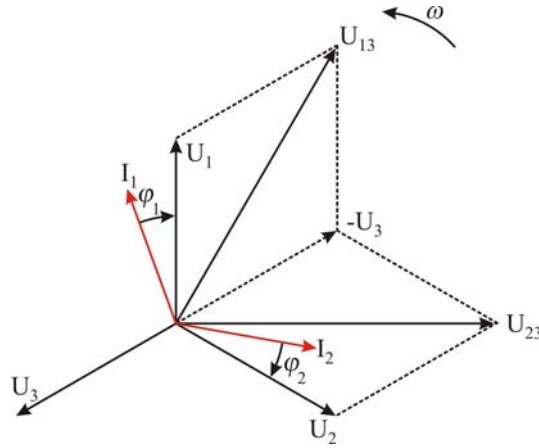
$$P_1 = U_{13} \cdot I_1 \cdot \cos \angle(U_{13}, I_1) = U_{13} \cdot I_1 \cdot \cos(30^\circ - \varphi_1)$$

$$P_2 = U_{23} \cdot I_2 \cdot \cos \angle(U_{23}, I_2) = U_{23} \cdot I_2 \cdot \cos(30^\circ + \varphi_2)$$

$$P = P_1 + P_2$$

Schemat elektryczny i wykres wskazowy dla przypadku obciążenia RC , watomierze w fazie 1 i 2





Wykres wskazowy

$$P_1 = U_{13} \cdot I_1 \cdot \cos \angle(U_{13}, I_1) = U_{13} \cdot I_1 \cdot \cos(30^\circ + \varphi_1)$$

$$P_2 = U_{23} \cdot I_2 \cdot \cos \angle(U_{23}, I_2) = U_{23} \cdot I_2 \cdot \cos(30^\circ - \varphi_2)$$

$$P = P_1 + P_2$$

EDWARD LAYER