

**Pracownia Elektrotechniki i Elektroniki**

**Pomiary rezystancji i mocy metodą techniczną**

*opracowali:*  
*Romuald Borowczyk*  
*Marek Przybylski*

Sprawozdania wykonał:.....

Klasa:.....

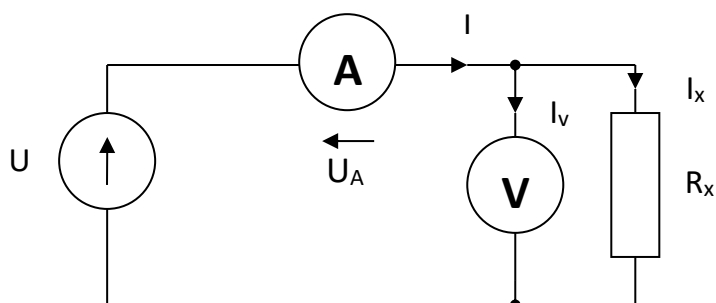
## Cel ćwiczenia

- poznanie metody technicznej pomiaru rezystancji w obwodzie prądu stałego,
- poznanie metody technicznej pomiaru mocy w obwodzie prądu stałego,
- poznanie zasad doboru odpowiedniego układu pomiarowego w zależności od wartości rezystancji mierzonej,
- poznanie zasad doboru odpowiedniego układu pomiarowego w zależności od wartości mierzonej mocy (rezystancji obciążenia),
- wyrobienie umiejętności włączania watomierza do obwodu oraz wykonywania pomiarów mocy metodą bezpośrednią,
- wyrobienie umiejętności oszacowania wpływu mierników na dokładność pomiaru.
- umiejętność obliczenia ( lub oszacowania ) błędów metody pomiarowej.

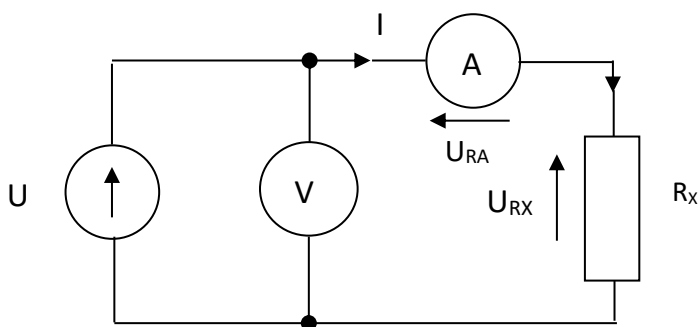
## Wprowadzenie

Najbardziej rozpowszechnioną metodą pomiaru rezystancji jest metoda pośrednia za pomocą amperomierza i woltomierza. Sposób pomiaru wynika wprost z prawa Ohma. Są stosowane dwa układy pomiarowe:

- a) do pomiaru małych rezystancji układ z poprawnie mierzonym napięciem (woltomierz mierzy dokładnie to napięcie, które występuje na rezystorze  $R_x$ , amperomierz natomiast sumę dwóch prądów)



- b) do pomiaru dużych rezystancji układ z poprawnie mierzonym prądem (amperomierz mierzy dokładnie ten prąd, który przepływa przez rezystor  $R_x$ , woltomierz natomiast sumę dwóch napięć).



Wartość mierzonej rezystancji zostaje obliczona ze wskazań woltomierza i amperomierza (prawo Ohma). Pomiar rezystancji jest oprócz błędu wynikającego z klasy mierników obciążony tzw. błędem metody pomiarowej. Nie zależy on od dokładności użytych przyrządów, a tylko od konfiguracji obwodu. Wartość błędu można obliczyć w procentach.

Dla układu do pomiaru małych rezystancji (układ a – z poprawnie mierzonym napięciem) błąd można wyliczyć ze wzoru:

$$\delta_{RU} = - \frac{I}{I + \frac{R_V}{R'_{Xsr}}} \times 100\%$$

gdzie:

- $\delta_{RU}$  – błąd
- $R_V$  – rezystancja wewnętrzna woltomierza
- $R'_{Xsr}$  – rezystancja zmierzona

Ze wzoru wynika, że błąd spowodowany niedokładnością metody pomiarowej jest mniejszy, gdy zastosujemy woltomierz o dużej rezystancji wewnętrznej.

Dla układu pomiaru dużych rezystancji (układ b – z poprawnie mierzonym prądem) błąd można wyliczyć ze wzoru:

$$\delta_{RI} = \frac{R_A}{R'_{Xsr}} \times 100\%$$

- $\delta_{RI}$  – błąd
- $R_A$  – rezystancja wewnętrzna amperomierza
- $R'_{Xsr}$  – rezystancja zmierzona

Ze wzoru wynika, że błąd spowodowany niedokładnością metody pomiarowej jest mniejszy, gdy rezystancja wewnętrzna amperomierza jest mniejsza.

Często w praktyce należy szybko zdecydować się na wybór jednego z układów przedstawionych powyżej. Jeżeli znana jest rezystancja wewnętrzna woltomierza  $R_V$  i amperomierza  $R_A$  to można obliczyć  $\sqrt{R_A \times R_V}$ . Otrzymaną wartość porównujemy z rezystancją mierzoną  $R_X$

Dla  $R_X < \sqrt{R_A \times R_V}$  należy stosować układ do pomiaru małych rezystancji z poprawnie mierzonym napięciem

Dla  $R_X > \sqrt{R_A \times R_V}$  należy stosować układ do pomiaru dużych rezystancji z poprawnie mierzonym prądem

Dla  $R_X = \sqrt{R_A \times R_V}$  oba układy są równoważne

Pomiary mocy i energii elektrycznej należą do najczęściej wykonywanych pomiarów w przemyśle.

Watomierz (przyrząd do pomiaru mocy czynnej) charakteryzują trzy podstawowe parametry:

– znamionowe napięcie  $U_n$

– znamionowy prąd  $I_n$

– znamionowy współczynnik mocy  $\cos\varphi_n$ ,

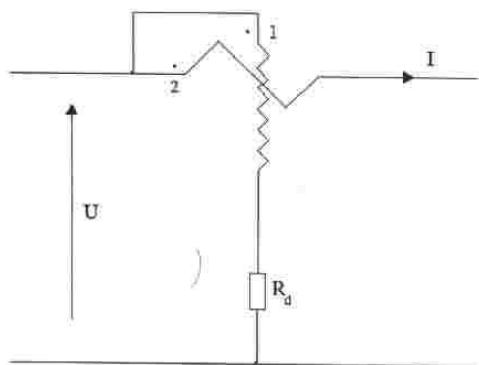
których iloczyn określa zakres pomiarowy  $P_n$  watomierza:

$$P_n = U_n I_n \cos\varphi_n$$

Współczynnik mocy watomierzy laboratoryjnych ma najczęściej wartość 1, tak więc **zakres pomiarowy watomierza jest iloczynem zakresów cewki napięciowej i cewki prądowej**. Początki uzwojeń cewek są oznaczone na obudowie przyrządu symbolem gwiazdki, kropki lub innym. Oznaczenia te pozwalają na poprawne włączenie tego przyrządu do obwodu z zachowaniem właściwego kierunku przepływu prądu przez obie cewki. Przystępując do pomiarów z użyciem watomierza, należy wcześniej dobrać tak parametry znamionowe przyrządu, aby mierząc moc odbiornika nie uszkodzić przyrządu.

### **Pomiary mocy czynnej**

Przy pomiarach mocy powszechne zastosowanie znalazły watomierze elektromechaniczne o ustroju elektro- i ferrodynamicznym. Układ połączeń watomierza elektrodynamicznego przedstawiono na Rys. 1.



*Układ watomierza elektrodynamicznego;  
1 - cewka napięciowa, 2 - cewka prądowa*

Kierunek wychylenia wskazówki watomierza zależy od kierunku prądów płynących przez cewkę napięciową i prądową względem początków uzwojeń (oznaczonych na powyżej kropkami). Przy przeciwnym wychyleniu wskazówki watomierza (w lewo) - należy zmienić początek z końcem cewki prądowej lub napięciowej (są watomierze, które mają do tego celu specjalny przełącznik). Moc wskazaną przez watomierz wyznacza się z zależności:

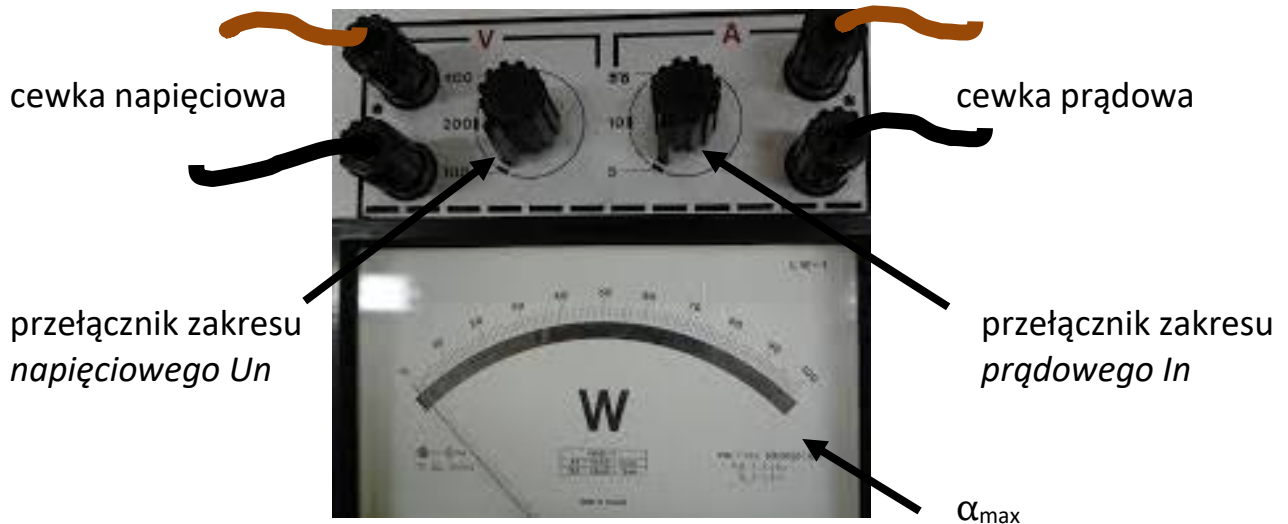
$$P = C_p \alpha$$

gdzie:  $\alpha$  - wychylenie wskazówki watomierza w działkach,

$C_p$  - stała watomierza w W/działkę. Stałą watomierza wyznacza się z zależności:

$$C_p = \frac{U_n I_n}{\alpha_{max}} \cos\varphi_n$$

gdzie:  $U_n$  i  $I_n$  - oznaczają odpowiednio wartości zakresów napięciowego i prądowego, a  $\cos\varphi_n$  - znamionowy współczynnik mocy watomierza (dla DC jest równy 1).



Watomierze elektrodynamiczne służą do pomiarów mocy czynnej zarówno przy prądzie stałym, jak i zmiennym. Budowane są w klasach dokładności 0,2 - 1 (ferrodynamiczne odpowiednio 0,5 - 1,5) dla zakresu prądu do 10A, napięcia do 500V i częstotliwości do 500Hz. Poszerzenie zakresów pomiarowych watomierza jest możliwe za pomocą przekładników prądowych i napięciowych.

Produkowane watomierze analogowe mają zwykle trzy zakresy napięciowe: 400V, 200V, 100V oraz dwa zakresy prądowe, np. (0,5A i 1A), (1A i 2A), (2,5A i 5A), (5A i 10A), (10A i 20A).

Watomierze analogowe przystosowane są do długotrwałego przeciążenia cewki napięciowej i prądowej w następujących granicach:

$$U_{max} = 1,5 U_n (\text{o } 50\%)$$

$$I_{max} = 1,3 I_n (\text{o } 30\%)$$

Pomiary mocy mogą być wykonywane w zasadzie przy użyciu trzech metod: bezpośredniej, pośredniej i porównawczej. Metoda bezpośrednia polega na zastosowaniu przyrządów do bezpośredniego pomiaru mocy - watomierzy i watomierzy, metoda pośrednia bazuje na pomiarach prądu i napięcia, natomiast metoda porównawcza jest typowa dla pomiarów w paśmie bardzo wielkich częstotliwości.

Dla układu z poprawnie mierzonym prądem straty mocy czynnej w przyrządach pomiarowych należy obliczać z zależności:

$$\Delta P = I^2 (U_{iw} + U_A) = I^2 (R_{iw} + R_A)$$

Dla układu z poprawnie mierzonym napięciem straty mocy czynnej w przyrządach pomiarowych należy obliczać z zależności:

$$\Delta P = U_{odb} (I_{uw} + I_w) = U_{odb}^2 / R_{uw} + U_{odb}^2 / R_V$$

$R_{iw}$  - rezystancja cewki prądowej watomierza

$R_A$  - rezystancja amperomierza

$R_{uw}$  - rezystancja cewki napięciowej watomierza

$R_V$  - rezystancja woltomierza

<b>Imię i nazwisko:</b> .....	<b>Klasa:</b> .....	<b>Stanowisko:</b> .....	<b>Nr w dzienniku:</b> .....
<b>Skład grupy:</b> 1. .... 2. .... 3. ....			
<b>Temat ćwiczenia:</b> <b>Pomiary rezystancji i mocy metodą techniczną.</b>			<b>Data:</b>
<b>Ocena z przeprowadzonego ćwiczenia:</b>		<b>Podpis nauczyciela:</b>	

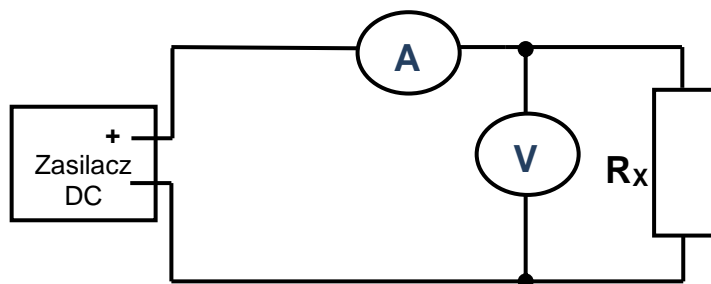
### ZADANIA POMIAROWE 1

- Połączyć układ pomiarowy wg rys.1.
- Zmieniając wartość napięcia zasilającego wykonać pomiary natężenia prądu i napięcia dla dwóch wartości rezystancji  $R_x$  dobranych następująco:
  - $R_x < \sqrt{R_A R_V}$  ;
  - $R_x > \sqrt{R_A R_V}$
- Wyniki pomiarów zapisać w tabeli nr 1.
- Połączyć układ pomiarowy wg rys.2.
- Powtórzyć pomiary jak w punkcie 2 (a i b) dla tych samych wartości rezystancji  $R_x$ .
- Wyniki pomiarów zapisać w tabeli nr 2.

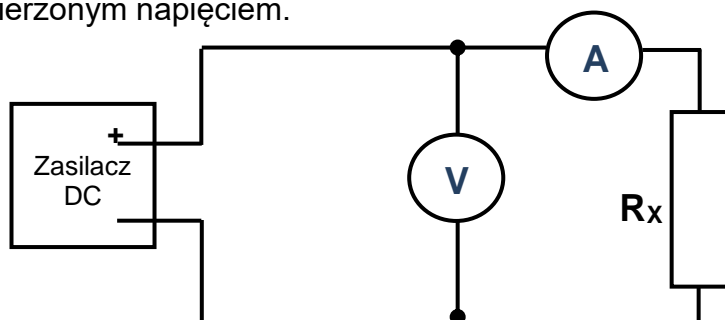
### UWAGA -

- pomiary wykonywać przy takich wartościach napięć i prądów, aby nie było konieczne zmienianie zakresów pomiarowych mierników, ( ponieważ zmiana zakresu powoduje jednocześnie zmianę rezystancji wewnętrznej miernika),
- zwrócić uwagę, aby nie przekroczyć dopuszczalnej wartości prądu rezystora dekadowego ( podanej przez producenta ).

### Schematy układów pomiarowych



Rys.1. Schemat układu pomiarowego do pomiaru rezystancji metodą techniczną – układ z poprawnie mierzonym napięciem.



Rys.2. Schemat układu pomiarowego do pomiaru rezystancji metodą techniczną – układ z poprawnie mierzonym prądem.

## Spis przyrządów pomiarowych:

- > .....
- > .....
- > .....
- > .....

## Tabele pomiarowe

tabela nr 1 (z poprawnie mierzonym prądem)

		$R_A[\Omega]= 2$				$R_V[\Omega]= 15000$				$R_A[\Omega]= 2$				$R_V[\Omega]= 15000$			
		$R_x = \dots \Omega < \sqrt{R_A R_V} = \dots$								$R_x = \dots \Omega > \sqrt{R_A R_V} = \dots$							
<b>U</b>	V																
<b>I</b>	mA																
<b>R<sub>x</sub>'</b>	$\Omega$																
<b>R'<sub>x</sub>ŚR</b>	$\Omega$																
		$\delta_{RI} = \dots \%$								$\delta_{RI} = \dots \%$							

tabela nr 2 (z poprawnie mierzonym napięciem)

		$R_A[\Omega]= 2$				$R_V[\Omega]= 15000$				$R_A[\Omega]= 2$				$R_V[\Omega]= 15000$			
		$R_x = \dots \Omega < \sqrt{R_A R_V} = \dots$								$R_x = \dots \Omega > \sqrt{R_A R_V} = \dots$							
<b>U</b>	V																
<b>I</b>	mA																
<b>R<sub>x</sub>'</b>	$\Omega$																
<b>R'<sub>x</sub>ŚR</b>	$\Omega$																
		$\delta_{RU} = \dots \%$								$\delta_{RU} = \dots \%$							

## Oznaczenia

- U** - wartość zmierzonego napięcia [V]
- I** - wartość zmierzonego natężenia prądu [mA]
- !** - **wszystkie pomiary wykonywać w taki sam sposób, jak w poprzednich ćwiczeniach (stała podziałki X wychylenie wskazówki [dz] )**
- R<sub>A</sub>** - rezystancja amperomierza [Ω]
- R<sub>V</sub>** - rezystancja woltomierza [Ω]
- R<sub>X</sub>** - wartość rezystancji mierzonej nastawiona na rezystorze dekadowym [Ω]
- R<sub>X</sub>'** - wartość rezystancji mierzonej obliczona na podstawie pomiarów z prawa Ohma [Ω]
- R'<sub>x</sub>ŚR.** - wartość średnia rezystancji mierzonej [Ω]
- δ<sub>RU</sub>** - błąd względny pomiaru rezystancji metodą techniczną w układzie z poprawnie mierzonym napięciem [%]
- δ<sub>Ri</sub>** - błąd względny pomiaru rezystancji metodą techniczną w układzie z poprawnie mierzonym prądem [%]

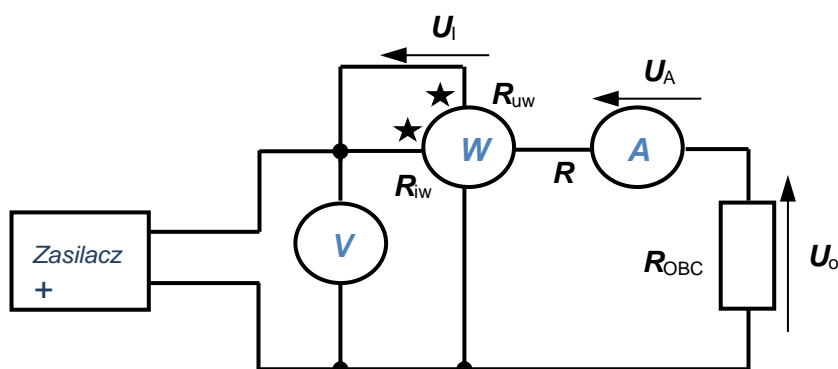
$$\delta_{Ru} = - \frac{1}{1 + \frac{R_V}{R'_{X \text{ ŚR}}}} 100 [\%]; \delta_{Ri} = \frac{R_A}{R'_{X \text{ ŚR}}} 100 [\%]$$

## Przykładowe obliczenia:

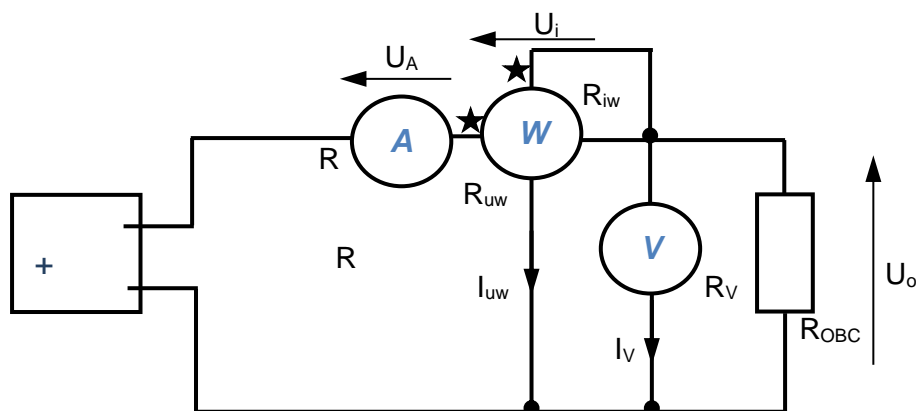
### ZADANIA POMIAROWE 2

1. Połączyć układ pomiarowy wg rys.1.
2. Nastawić podaną przez nauczyciela wartość  $R_{obc}$ .
3. Zmieniając napięcie wyjściowe zasilacza DC wykonać pomiary napięcia, prądu i mocy czynnej. **Pamiętać o tym, by nie przekroczyć  $I_{dop}$  dla  $R_{obc}$  oraz właściwym wyborze zakresów pomiarowych watomierza.**
4. Wyniki pomiarów zapisać w tabeli nr 1.
5. Połączyć układ pomiarowy wg rys.2.
6. Powtórzyć pomiary napięcia, prądu i mocy czynnej dla tej samej wartości  $R_{obc}$ .
7. Wyniki pomiarów zapisać w tabeli nr 2.

#### Schematy układów pomiarowych



Rys.3. Schemat układu pomiarowego do pomiaru mocy czynnej w obwodzie prądu stałego (układ z poprawnie mierzonym prądem).



Rys.4. Schemat układu pomiarowego do pomiaru mocy czynnej w obwodzie prądu stałego (układ z poprawnie mierzonym napięciem).



**Spis przyrządów pomiarowych:**

- > .....
- > .....
- > .....
- > .....
- > .....

**Tabele pomiarowe**

tabela nr 3 z poprawnie mierzonym prądem  $R_{OBC} = \dots\dots\dots \Omega$

I	U	P'=UI	$C_W = \frac{U_n \cdot I_n}{\alpha_{max}}$	$\alpha$	P=C <sub>W</sub> · $\alpha$	$\Delta P$	P' odb	P odb
mA	V	W	W/dz	dz	W	W	W	W

tabela nr 4 z poprawnie mierzonym napięciem  $R_{OBC} = \dots\dots\dots \Omega$

I	U	P'=UI	$C_W = \frac{U_n \cdot I_n}{\alpha_{max}}$	$\alpha$	P=C <sub>W</sub> · $\alpha$	$\Delta P$	P' odb	P odb
mA	V	W	W/dz	dz	W	W	W	W

**Oznaczenia**

I - pomiar prądu

U - pomiar napięcia

P - pomiar mocy czynnej watomierzem

P' - pomiar mocy czynnej metodą techniczną  $P=U \cdot I$

$\Delta P$  - straty mocy czynnej

P' odb - moc czynna wydzielana na odbiorniku zmierzona metodą techniczną

(po odliczeniu strat )  $P'_{odb} = P' - \Delta P$

$P_{\text{odb}}$  - moc czynna wydzielana na odbiorniku zmierzona bezpośrednio watomierzem (po odliczeniu strat)  $P_{\text{odb}} = P - \Delta P$

$C_W$  - stała podziałki watomierza

$$C_W = \frac{U_n I_n \cos \varphi_n}{\alpha_{\max}} \text{ [W/dz]}$$

$U_n$  - zakres pomiarowy cewki napięciowej watomierza

$I_n$  - zakres pomiarowy cewki prądowej watomierza

$\cos \varphi_n$  - znamionowy współczynnik mocy watomierza ( w obwodach DC  $\cos \varphi_n = 1$ )

$\alpha_{\max}$  - maksymalne wychylenie wskazówki watomierza (max liczba działek podziałki)

Dla układu z poprawnie mierzonym prądem straty mocy czynnej w przyrządach pomiarowych należy obliczać z zależności:

$$\Delta P = I (U_{iW} + U_A) = I^2 (R_{iW} + R_A)$$

Dla układu z poprawnie mierzonym napięciem straty mocy czynnej w przyrządach pomiarowych należy obliczać z zależności:

$$\Delta P = U_{\text{odb}} (I_{uW} + I_w) = U_{\text{odb}}^2 / R_{uW} + U_{\text{odb}}^2 / R_V = U_{\text{odb}}^2 / \left( \frac{R_{uW} \cdot R_V}{R_{uW} + R_V} \right)$$

$R_{iW}$  - rezystancja cewki prądowej watomierza

$R_A$  - rezystancja amperomierza

$R_{uW}$  - rezystancja cewki napięciowej watomierza

$R_V$  - rezystancja woltomierza

**Przykładowe obliczenia:**

## Opracowanie wyników

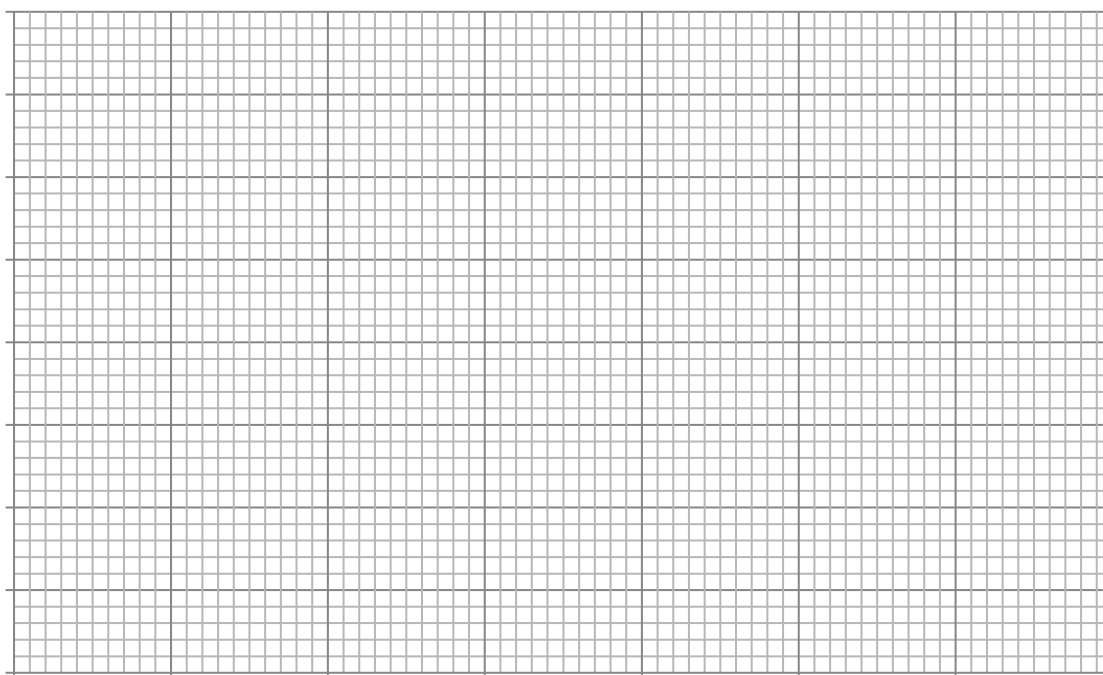
### Pomiary rezystancji:

1. Wyjaśnić przyczyny różnic pomiędzy wartością rezystancji  $R_x$  nastawioną na rezystorze dekadowym a wartością obliczoną  $R'_{x_{sr}}$ ,
2. Sformułować zasady wyboru układu pomiarowego w zależności od wartości rezystancji mierzonej (porównać ze sobą obliczone wartości błędów metody pomiarowej)

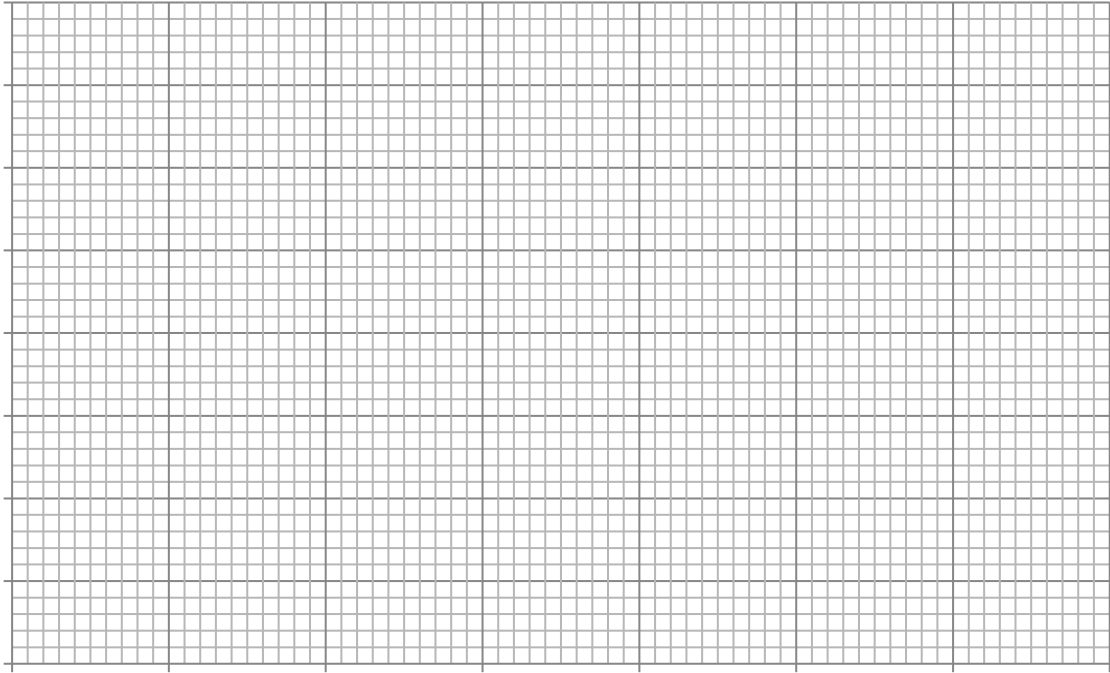
### **Pomiary mocy:**

1. Porównać wyniki pomiarów mocy metodą pośrednią i bezpośrednią (watomierzem) oraz wyjaśnić różnice.
  2. W jaki sposób można, na podstawie otrzymanych wyników, określić, w którym układzie pomiarowym wykonano dokładniejsze pomiary.
  3. Zaproponować zasady wyboru układu pomiarowego
- narysować wykresy  $P_{odb} = f(I)$  oraz  $P_{odb} = f(U)$  dla układu z poprawnie mierzonym napięciem i skomentować ich przebieg.

$$P=f(I)$$



$$P=f(U)$$



**KOMENTARZ:**