



Politechnika Wroclawska

Ćwiczenie 1

Wydział

Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii

LABORATORIUM
PODSTAW ELEKTROTECHNIKI

Badanie obwodów prądu sinusoidalnie zmiennego

Zagadnienia do przygotowania

- Opis elementów RLC zasilanych prądem przemiennym.
- Układ szeregowy połączenia elementów RLC schemat połączeń, wykres wektorowy.
- Układ równoległy połączenia elementów RLC schemat połączeń, wykres wektorowy.
- Co to jest rezonans, podać przykłady odnoszące się do układów elektrycznych.
- Jakie środki ostrożności należy zachować i dlaczego podczas eksploatacji i pomiarów układów RLC.

Literatura

- [1] B. Karolewski, Z. Okraszewski, A. Szymański „Elektrotechnika Ćwiczenia laboratoryjne dla wydziałów nieelektrycznych. Skrypt PWr
- [2] Bogdan Miedziński „ELEKTROTECHNIKA Podstawy i instalacje elektryczne”
wydawnictwo WNT

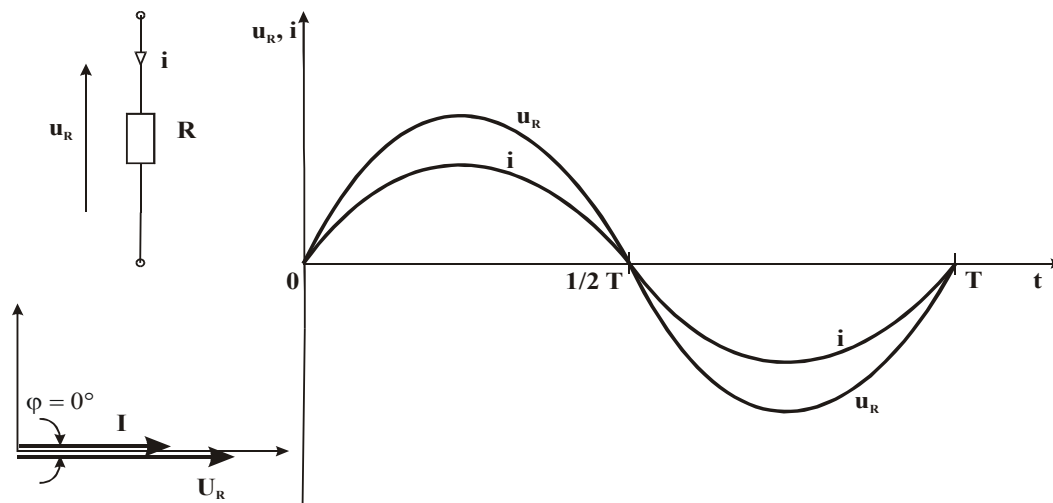
Celem ćwiczenia jest poznanie praktycznej ilustracji praw Kirchhoffa w obwodach zawierających elementy R, L i C zasilanych prądem sinusoidalnie zmiennym, a także poznanie metod analizy prostych obwodów elektrycznych.

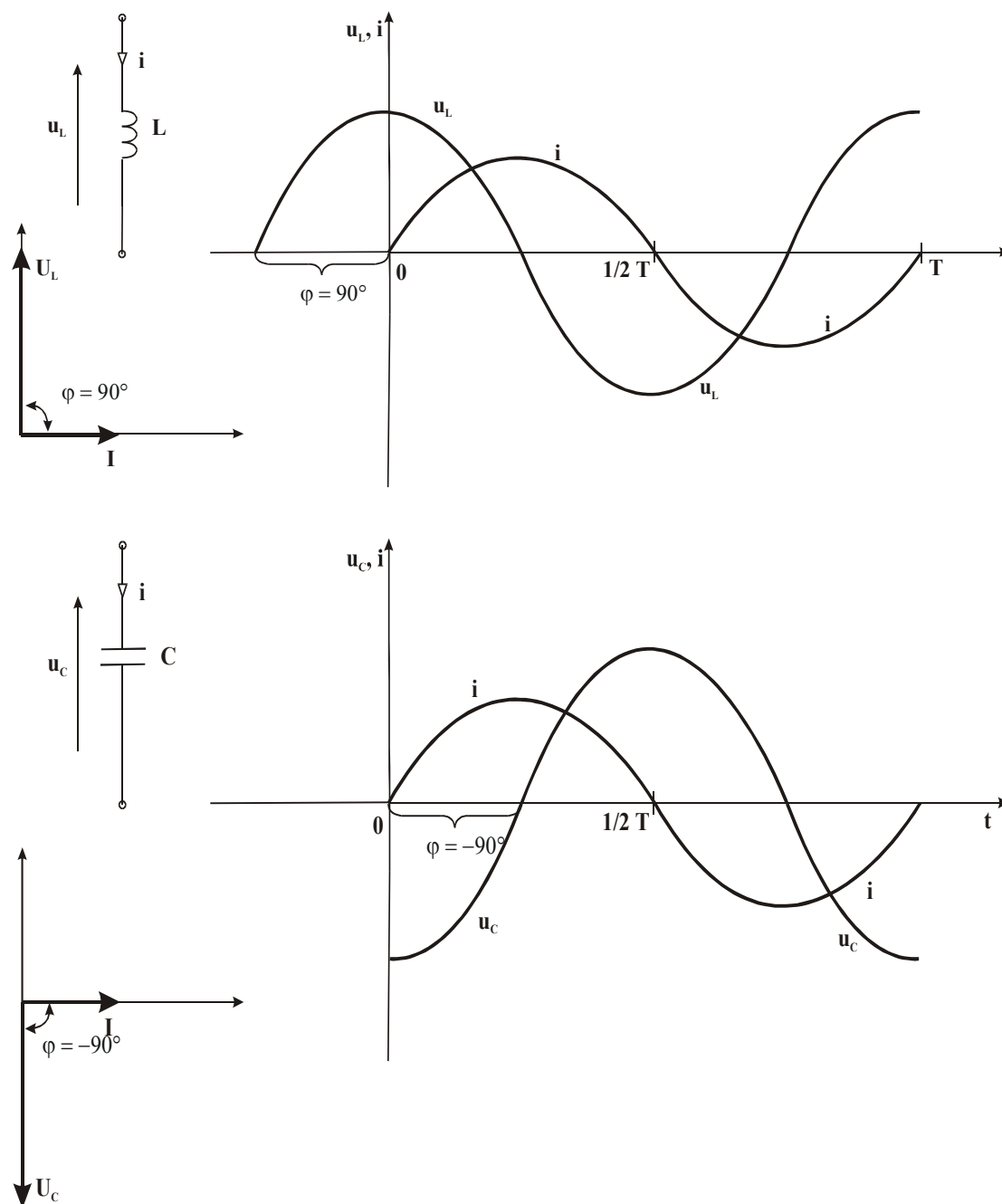
Program ćwiczenia obejmuje:

- a) pomiar rozkładu spadków napięć w połączeniu szeregowym elementów R, L i C,
- b) pomiar rozptywu prądów w połączeniu równoległym elementów R, L i C.

1.1. Wprowadzenie

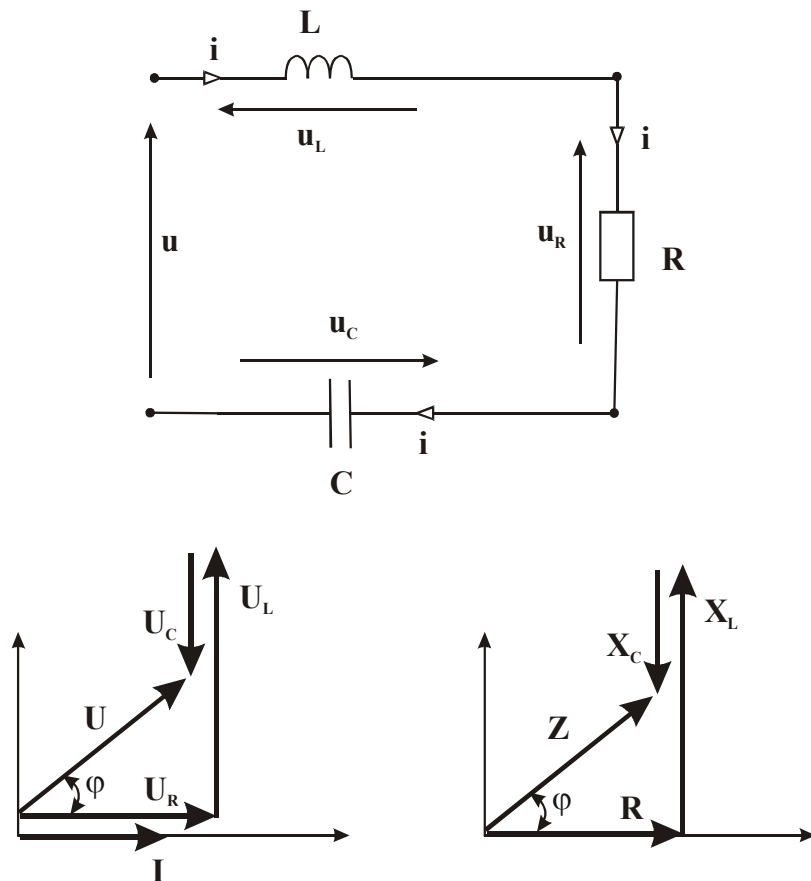
Obwody elektryczne prądu sinusoidalnego bada się wyznaczając wartości skuteczne prądów i napięć, wyznaczaniu kątów przesunięć fazowych, pomiarze lub obliczeniu mocy i związanych z nią przemian elektroenergetycznych. Obwód elektryczny można sprowadzić w każdym przypadku do elementarnego obwodu elektrycznego zawierającego idealne elementy R, L i C. Element idealny to tylko jeden z parametrów: R - rezystancja, L - indukcyjność własna i C - pojemność. Analizę takich obwodów zawierających elementy RLC wykonuje się, korzystając z prawa Ohma oraz I i II prawa Kirchhoffa. W równaniach napięć lub prądów mogą występować przebiegi chwilowe lub wielkości wektorowe. Na rysunku 1.1 przedstawiono trzy typowe elementy obwodu elektrycznego: odbiornik rezystancyjny, cewkę i kondensator.





Rys. 1.1. Przykład przebiegów napięć i prądów dla elementów RLC zasilanych prądem sinusoidalnie zmiennym:

a) rezystor R, b) indukcyjność L, c) pojemność C. [2]



Rys. 1.2. Układ przedstawiający szeregowo połączone elementy RLC:
a) - schemat połączeń, b) - wykres wektorowy.[1]

Podczas połączenia szeregowego elementów R, L i C (rys. 1.2) występuje napięcie chwilowe na końcach gałęzi, które jest równe sumie napięć chwilowych na poszczególnych elementach

$$u = u_R + u_L + u_C, \quad (1.1)$$

odpowiada to sumowaniu wektorów napięć

$$U = U_R + U_L + U_C, \quad (1.2)$$

Płynący w obwodzie (rys. 1.2) prąd $i = I_m \sin \omega t$, można zapisać zgodnie z zależnością (1.1) i rys 1.1 można zapisać

$$u = R I_m \sin \omega t + (X_L - X_C) I_m \cos \omega t, \quad (1.3)$$

mnożąc strony równania przez wyrażenie w postaci:

$$\frac{\sqrt{R^2 + (X_L + X_C)^2}}{\sqrt{R^2 + (X_L + X_C)^2}}$$

otrzymuje się

$$u = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \cdot I_m \sin(\omega t + \varphi) \quad (1.4)$$

gdzie

$$\varphi = \arctan \frac{(X_L - X_C)^2}{R} = \arctan \left(\frac{X}{R} \right) \quad (1.5)$$

Element równania $\sqrt{R^2 + (x_L - x_C)^2}$ nazywany jest impedancją gałęzi szeregowej RLC i oznacza się go jako Z, natomiast kąt φ nazywa się kątem przesunięcia fazowego między prądem a napięciem. Różnicę $X_L - X_C$ oznacza się literą X i określa ona wypadkową reaktancji gałęzi. Kąt φ przyjmuje zarówno wartości dodatnie, jak i ujemne, w zależności od wartości elementów X_L i X_C , tzn.:

$$\varphi > 0, \text{ gdy } X_L > X_C$$

lub

$$\varphi < 0, \text{ gdy } X_L < X_C$$

Szczególnym przypadkiem jest sytuacja, gdy

$$X_L = X_C, \text{ wtedy kąt } \varphi = 0,$$

Mamy wtedy do czynienia z rezonansem napięć. Impedancja obwodu w tym przypadku przyjmuje wartość najmniejszą $Z = R$. Podczas rezonansu napięć na elementach reaktancyjnych spadki napięć mogą przybierać wartości znacznie przewyższające napięcie zasilające.

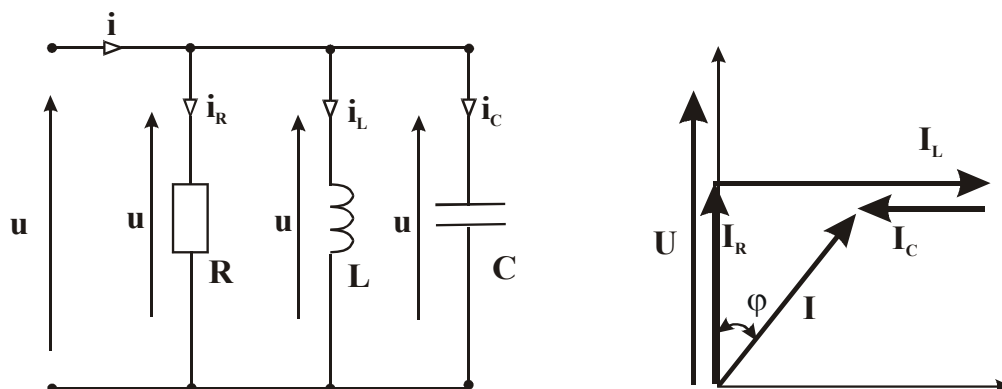
Gdy $\omega L \gg R$ wartość skuteczna napięcia na cewce wynosi:

$$U_L = U \frac{\omega L}{R} \gg U \quad (1.6)$$

Wartość ta jest znacznie większa od U (napięcia zasilającego).

Wynika z tego, że źródłem przepięć może być rezonans napięciowy, natomiast częstotliwość rezonansowa wynosi odpowiednio:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1.7)$$



Rys. 1.3. Przykładowe połączenie równoległe elementów RLC

a) schemat połączeń, b) wykres wektorowy.[1]

Łącząc równoległe elementy RLC (rys. 1.3) zgodnie z I prawem Kirchhoffa uzyskujemy sumę prądów w węźle, która w dowolnej chwili równa się ona zero:

$$i = i_R + i_L + i_C, \quad (1.8)$$

Napięcie $u = U_m \sin \omega t$ w tym przypadku jest wielkością wymuszającą przepływ prądu w obwodzie. Zatem przebieg prądu ma postać:

$$i = \frac{1}{R} U_m \sin \omega t + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right) U_m \cos \omega t \quad (1.9)$$

Oznaczając:

$$\begin{aligned}
G &= \frac{1}{R}; \\
B &= \omega C - \frac{1}{\omega L}; \\
Y &= \sqrt{G^2 + B^2}; \\
\varphi &= \operatorname{arctg}\left(-\frac{B}{G}\right) = \frac{R(1 - \omega^2 LC)}{\omega L}.
\end{aligned}
\tag{1.10}$$

otrzymujemy

$$i = YU_m \sin(\omega t - \varphi), \tag{1.11}$$

Analogicznie do przeprowadzonego dla układu szeregowego rozważania wyrażenie $Y = \sqrt{G^2 + B^2}$ nosi nazwę admitancji obwodu. Tu również w szczególnym przypadku, gdy $\frac{1}{\omega L} = \omega C$ czyli $Y_L = Y_C$, występuje rezonans prądów. Podczas rezonansu prądowego wartość prądu wypadkowego jest najmniejsza i równa prądowi płynącemu przez rezystor R. Zjawisko to wykorzystujemy do poprawy współczynnika mocy odbiorników elektrycznych (np. silników) pobierających moc bierną indukcyjną.

1.2. Program ćwiczenia i sposób jego wykonania.

1.2.1. Obwód szeregowy RLC.

Dobrać aparaturę pomiarową zwracając szczególną uwagę na odpowiedni zakres pomiarowy oraz zastosowanie (pomiar przebiegów sinusoidalnie zmiennych), po dobraniu odpowiednich elementów RLC (należy uważnie sprawdzić parametry elektryczne, a zwłaszcza wytrzymałość na odpowiednią wartość prądu i napięcia) połączyć układ zgodnie z rys. 1.4. Dokonać pomiarów spadków napięć na poszczególnych elementach i między tymi elementami. Należy przy tym pamiętać, że wartość prądu występująca w obwodzie podczas dokonywanych pomiarów musi być stała.

1. Dla określonej wartości prądu (nieprzekraczającej dopuszczalnych wartości pracy elementów RLC) regulować tak wartościami indukcyjności lub dławika i zestawu kondensatorów, aby uzyskać parametry obwodu zbliżone do rezonansu (wartość prądu płynącego w obwodzie jest największa). Dokonać pomiaru wszystkich napięć w obwodzie. Wyniki pomiarów zestawzić w tabeli 1.1.
2. Zmienić dowolnie ustawieniu wartości elementów LC tak, aby uzyskać charakter indukcyjny obwodu ($\varphi > 0$, gdy $X_L > X_C$). Wyniki pomiarów zestawzić w tabeli 1.1.
3. Ponownie zmienić dowolnie ustawieniu wartości elementów LC tak, aby uzyskać charakter pojemnościowy obwodu ($\varphi < 0$, gdy $X_L < X_C$). Wyniki pomiarów zestawzić w tabeli 1.1.

UWAGA

Podczas wykonywania pomiarów konieczna będzie zamiana „miejscami” elementów L i C można, więc zapamiętując wszystkie konfiguracje zał./wył. poszczególnych elementów wykonać pomiary dla kolejnych (1-3) stanów, wpisując mierzalne wartości napięć w tabeli 1.1. Po wykonaniu tych czynności i zamianie kolejności jednego z elementów R, L, C powtarzając kroki (1-3) dokonać pomiarów uzupełniających.

Tabela 1.1

Lp.:	Wartości zmierzone									Wartości obliczone			
	f	I	U	U _R	U _L	U _C	U _{RL}	U _{CL}	U _{RC}	R	L	C	Z
	[Hz]	[A]	[V]							[Ω]	[H]	[μF]	[Ω]
1													
2													
3													

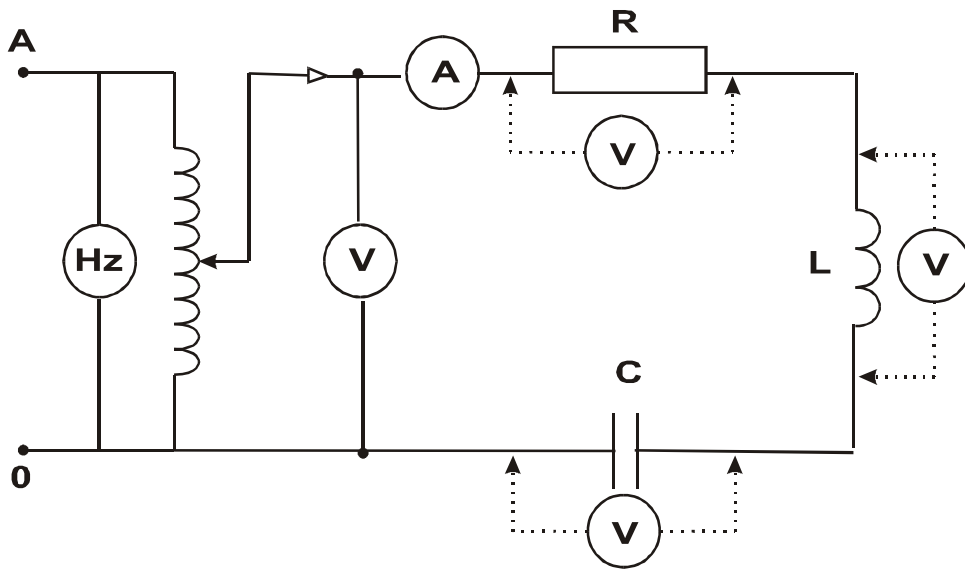
Wymagane obliczenia wykonać zgodnie z wzorami:

$$R = \frac{U_R}{I};$$

$$L = \frac{U_L}{\omega I};$$

$$C = \frac{I}{U_C \omega};$$

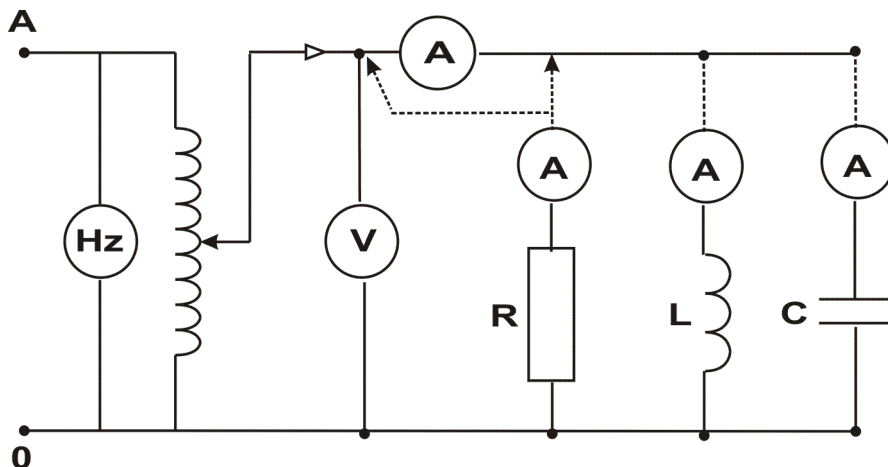
$$Z = \frac{U}{I}.$$



Rys. 1.4. Przykład połączeń układu pomiarowego do badania obwodu szeregowo RLC zasilanego prądem sinusoidalnie zmiennym.

1.2.2. Obwód równoległy RLC

Po połączeniu układu zgodnie z rys. 1.5. Należy ustawić odpowiednie napięcie, pamiętając, żeby wartość napięcia podczas pomiarów była stała oraz wykonać pomiary prądu wypadkowego, a następnie powtórzyć pomiary w poszczególnych gałęziach.



Rys. 1.5. Schemat układu pomiarowego do badania równoległe połączonych elementów RLC zasilanych prądem sinusoidalnie zmiennym.

1. Dla określonych wartości prądu (nieprzekraczającej dopuszczalnych wartości pracy elementów RLC) regulować tak wartościami indukcyjności lub dławika i zestawu kondensatorów, aby uzyskać parametry obwodu zbliżone do rezonansu (wartość prądu płynącego w obwodzie jest najmniejsza). Dokonać pomiaru wszystkich prądów w gałęziach. Wyniki pomiarów zestawić w tabeli 1.2.
2. Zmienić dowolnie ustawieniu wartości elementów LC tak, aby uzyskać efekt niedokompensowania ($B_L > B_C$). Wyniki pomiarów zestawić w tabeli 1.2.
3. Ponownie zmienić dowolnie ustawieniu wartości elementów LC tak, aby uzyskać efekt przekompensowania (charakter pojemnościowy: $B_L < B_C$). Wyniki pomiarów zestawić w tabeli 1.2.

Tabela 1.2.

Lp.:	Wartości zmierzone									Wartości obliczone			
	f	U	I	I _R	I _L	I _C	I _{RL}	I _{CL}	I _{RC}	R	L	C	Z
	[Hz]	[V]	[A]						[Ω]	[H]	[μF]	[Ω]	
1													
2													
3													

1.2.3. Wykresy wektorowe.

Wykorzystując wyniki z wykonanych pomiarów należy sporządzić wykresy wektorowe dla wszystkich pomierzonych przypadków, przyjmując odpowiednio dobrane skale prądowe i napięciowe (długości wypadkowego wektora napięcia i prądu powinny być w przybliżeniu równe). We wnioskach należy umieścić uwagi wynikające z porównania wartości obliczanych z pomiarów oraz obliczonych na podstawie wykresów wektorowych.