

# Ćwiczenie nr 1

## Badanie obwodów jednofazowych RLC przy wymuszeniu sinusoidalnym

### 1. Cel ćwiczenia

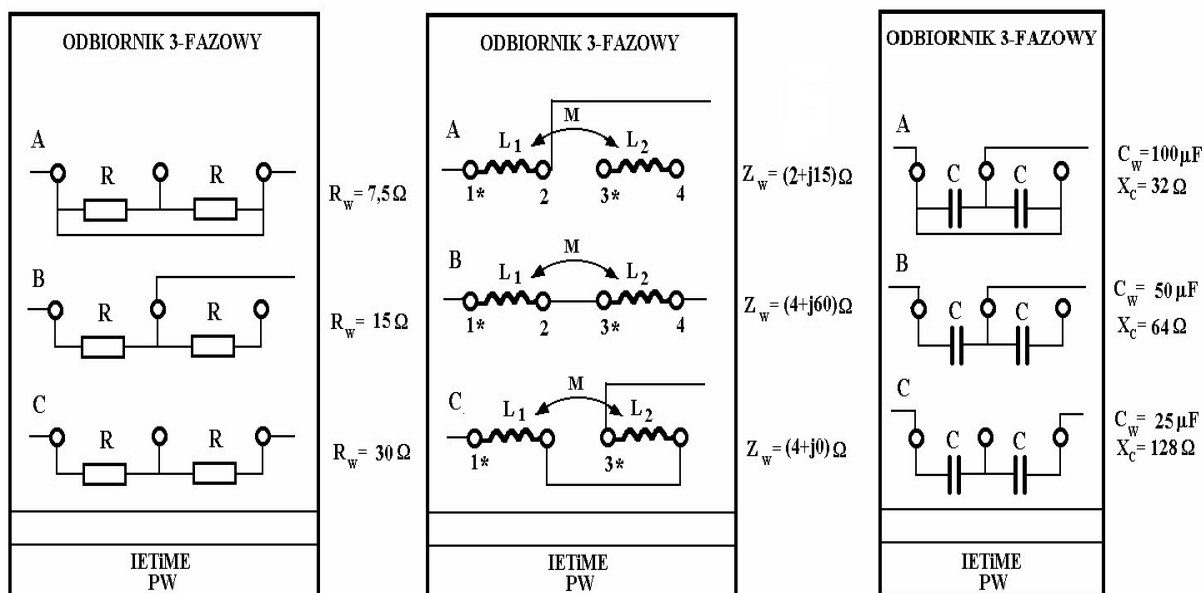
Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z rozkładem napięć, prądów i mocy w obwodach złożonych z rezystorów, cewek i kondensatorów w różnych układach połączeń, a następnie wykonanie koniecznych obliczeń na liczbach zespolonych oraz narysowanie wykresów wektorowych, a także obserwacja i analiza przesunięć fazowych między napięciem a prądem.

### 2. Program badań

#### 2.1. Badanie obwodów RLC bez sprzężeń magnetycznych

Program badania obwodów RLC bez sprzężeń magnetycznych obejmuje:

- badanie obwodu RLC szeregowego,
- badanie obwodu GLC równoległego,
- badanie obwodu szeregowo-równoległego RLC.



Rys. 1.1. Schematy połączeń elementów R, L i C na panelach laboratoryjnych

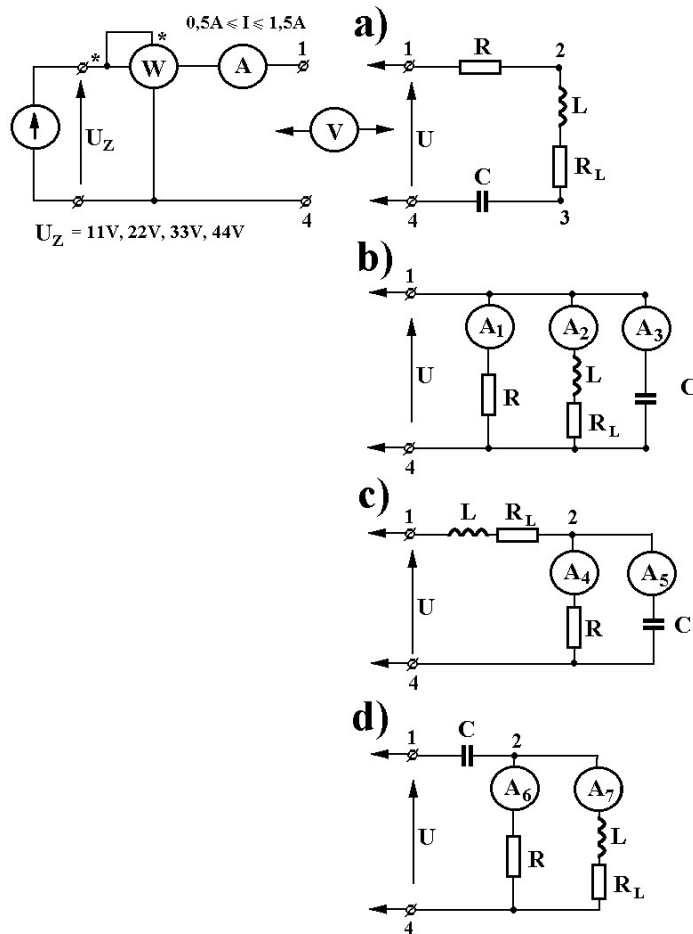
Do badania tych obwodów jako elementy R, L i C stosowane są panele przedstawione na rys. 1.1 zawierające rzeczywiste elementy (rezystory, cewki i kondensatory). Elementy zawarte w panelach można łączyć w dowolne kombinacje szeregowo-równoległe. Prowadzący ćwiczenie proponuje przyjęcie wariantów a, b lub c tak, aby wartości modułu impedancji poszczególnych elementów były zbliżone.

W tabeli 1.1 należy zaznaczyć przyjęty wariant połączeń oraz wpisać przybliżone wartości elementów.

Tabela 1.1

<b>R</b>	a	b	c	$R \cong$
<b>L</b>	a	b	c	$X_L \cong$
<b>C</b>	a	b	c	$X_C \cong$

Pomiary wykonywane są w układzie przedstawionym na rys. 1.2, gdzie ten sam obwód zasilający ze źródłem  $U_Z$  i przyrządami pomiarowymi przyłączany jest kolejno do zacisków 1-4 obwodu szeregowego RLC, równoległego GLC i do jednego z obwodów szeregowo-równoległych c lub d. Otrzymane wyniki należy wpisać do odpowiednich tabel 1.2, 1.3, 1.4, 1.5



Rys. 1.2. Układ pomiarowy do badania obwodów

Zasilacz napięcia zmiennego umożliwia wybór jednego z czterech napięć, tj. 11, 22, 33, lub 44 V. Do pomiarów należy przyjąć napięcie, przy którym prąd dopływający do układu zawarty jest w granicach od 0,5 do 1,5 A. W wyniku pomiarów i obliczeń można określić wartości elementów użytych do badań.

Układ pomiarowy a)

Tabela 1.2

Pomiary							Obliczenia												
$U_Z$	$I$	$P_{14}$	$P_{12}$	$U_{12}$	$U_{23}$	$U_{34}$	$U_{14}$	$R$	$P_{23}$	$R_L$	$Z_L$	$X_L$	$Z_L$	$X_C$	$Z_W$	$\cos \varphi_w$	$\varphi_w$	$S$	$Q$
V	A	W	W	V	V	V	V	$\Omega$	W	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	-	o	V·A	var

gdzie:

$$P_{23} = P_{14} - P_{12}, \quad Z_L = \frac{U_{23}}{I}, \quad \cos \varphi_w = \frac{R_w}{Z_w}, \quad S = UI, \quad R_L = \frac{P_{23}}{I^2}, \quad X_L = \sqrt{Z_L^2 - R_L^2},$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P_{14}^2}, \quad R = \frac{P_{12}}{I^2}, \quad Z_w = R + R_L + j(X_L - X_C) = R_w + jX_w.$$

Układ pomiarowy b)

Tabela 1.3

Pomiary											Obliczenia								
U <sub>Z</sub>	I	P	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	U <sub>14</sub>	R	P <sub>L</sub>	R <sub>L</sub>	Z <sub>L</sub>	X <sub>L</sub>	U <sub>RL</sub>	U <sub>XL</sub>	X <sub>C</sub>	Z <sub>14</sub>	cosφ <sub>w</sub>	φ <sub>w</sub>	S	Q
V	A	W	A	A	A	V	Ω	W	Ω	Ω	Ω	V	V	Ω	Ω	-	o	V·A	var

gdzie:

$$P_R = RI_1^2, \quad P_L = P - P_R, \quad R_L = \frac{P_L}{I_2^2}, \quad U_{XL} = X_L I_2, \quad U_{RL} = R_L I_2,$$

$$\underline{Z}_{14} = \frac{1}{\underline{Y}_{14}} = R_{14} + jX_{14}, \quad \underline{Y}_{14} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_L + jX_L} + \frac{1}{-jX_C}, \quad \cos \phi_w = \frac{R_{14}}{Z_{14}}$$

Układ pomiarowy c)

Tabela 1.4

Pomiary									Obliczenia											
U <sub>Z</sub>	I	P <sub>14</sub>	P <sub>12</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>5</sub>	U <sub>12</sub>	U <sub>24</sub>	U <sub>14</sub>	R <sub>L</sub>	Z <sub>L</sub>	X <sub>L</sub>	R	X <sub>C</sub>	P <sub>R</sub>	Z <sub>24</sub>	Z <sub>14</sub>	cosφ <sub>w</sub>	φ <sub>w</sub>	S	Q
V	A	W	W	A	A	V	V	V	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	W	Ω	Ω	-	o	VA	var

gdzie:

$$R_L = \frac{P_{12}}{I^2}, \quad R = \frac{U_{24}}{I_4}, \quad \underline{Y}_{24} = \frac{1}{R} + \frac{1}{-jX_C}, \quad \underline{Z}_{14} = \underline{Z}_L + \underline{Z}_{24} = R_W + jX_W,$$

$$\underline{Z}_L = \frac{U_{12}}{I}, \quad P_R = R_{14} - P_{12}, \quad \underline{Z}_{24} = \frac{1}{\underline{Y}_{24}}, \quad \cos \phi_w = \frac{X_W}{Z_{14}}, \quad X_L = \sqrt{Z_L^2 - R_L^2}$$

Układ pomiarowy d)

Tabela 1.5

Pomiary									Obliczenia												
U <sub>Z</sub>	I	P <sub>14</sub>	P <sub>12</sub>	I <sub>6</sub>	I <sub>7</sub>	U <sub>12</sub>	U <sub>24</sub>	U <sub>14</sub>	R	P <sub>R</sub>	P <sub>L</sub>	R <sub>L</sub>	Z <sub>L</sub>	X <sub>L</sub>	X <sub>C</sub>	Z <sub>24</sub>	Z <sub>14</sub>	cos φ	φ	S	Q
V	A	W	W	A	A	V	V	V	Ω	W	W	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	-	o	V·A	var

gdzie:

$$R = \frac{U_{24}}{I_6}, \quad P_R = R \cdot I_6^2, \quad P_L = P_{14} - P_R, \quad R_L = \frac{P_L}{I_7^2}, \quad Z_{12} = \frac{U_{12}}{I},$$

$$\underline{Y}_{24} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_L + jX_L}, \quad \underline{Z}_{24} = \frac{1}{\underline{Y}_{24}}, \quad \underline{Z}_{14} = \underline{Z}_{12} + \underline{Z}_{24} = R_W + jX_W, \quad \cos \phi = \frac{R_W}{Z_{14}}$$

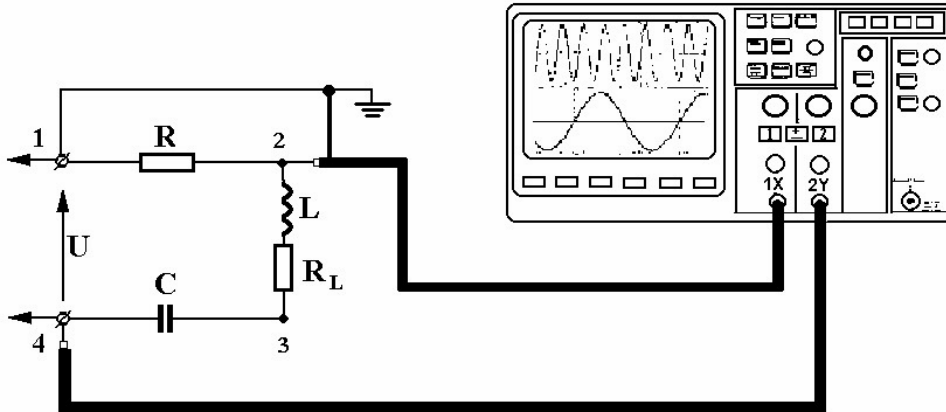
Wartość rezystancji, impedancji cewki rzeczywistej i reaktancji kondensatora, wyznaczoną w układzie szeregowym, równoległym i szeregowo-równoległym, należy wpisać do tabeli 1.6, wyznaczając wartości średnie. Porównać obliczone wyniki wartości elementów z wartościami rzeczywistymi.

Tabela 1.6

Układ połączeń	Element		
	R	Z <sub>L</sub>	X <sub>C</sub>
Obwód szeregowy			
Obwód równoległy			
Obwód szeregowo-równoległy			

Średnia:			
----------	--	--	--

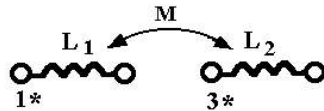
Dokonać pomiarów przesunięcia fazowego między prądem a napięciem. Na rys. 1.3 przedstawiony jest sposób połączenia układu pomiarowego.



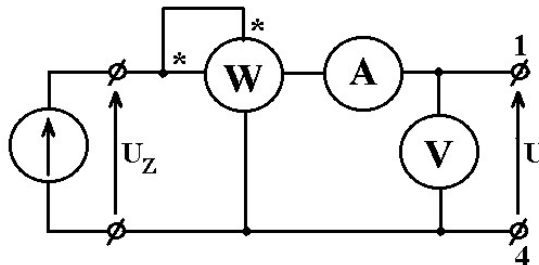
Rys. 1.3. Schemat układu do obserwacji przesunięcia fazowego napięcia i prądu w obwodzie RLC

### 3.2 Badanie obwodów ze sprzężeniami magnetycznymi

W ćwiczeniu wykorzystamy panel „Odbiornik trójfazowy” – L, a schemat ideowy jednej fazy tego elementu przedstawiono na rys. 1.10.



Rys. 1.4. Schemat dwóch cewek sprzężonych magnetycznie

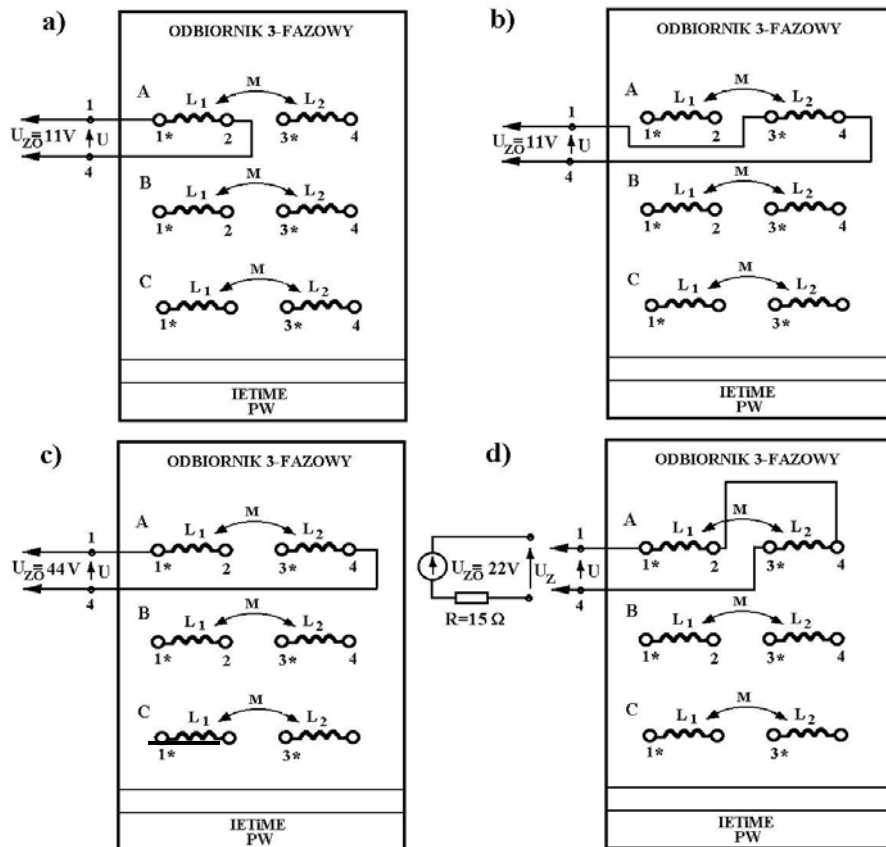


Rys. 1.5. Układ pomiarowy do badania obwodów ze sprzężeniami

Badania przeprowadzamy w układzie pomiarowym przedstawionym na rys. 1.5, gdzie  $U_z$  jest napięciem fazowym zasilacza trójfazowego.

Pomiary przeprowadzamy dla każdej cewki oddzielnie, a następnie dla obu cewek połączonych szeregowo i sprzężonych zgodnie i przeciwnie. Stosujemy połączenia cewek pokazane na rys.1.6a-d przy odpowiednich napięciach zasilających.

Tabela 1.7



Rys.1.6. Połączenia cewek do badania obwodów ze sprzężeniami

Dla sprzężenia ujemnego (rys. 1.6d) należy szeregowo z napięciem  $U_z$  włączyć rezystor  $R = 15 \Omega$  w celu ograniczenia prądu przy małej wypadkowej impedancji cewek. Wyniki pomiarów i obliczeń obwodów z rys. 1.6 zamieścić w odpowiednim wierszu tabeli 1.7.

Dwie cewki sprzężone badane w punktach a i b (tabela 1.7) można potraktować jako transformator powietrzny nie obciążony. Możemy wówczas odpowiednio zapisać dla:

$$a) \quad U_2 = \omega MI, \quad \text{stad} \quad M = \frac{U_2}{\omega I},$$

$$b) \quad U_1 = \omega MI, \quad \text{stad} \quad M = \frac{U_1}{\omega I}$$

Wyznaczone wartości indukcyjności wzajemnej wpisujemy do tabeli 1.7.

Dla punktów c i d obowiązują zależności:

$$\underline{Z}_w = R_1 + R_2 + j(X_{L1} + X_{L2} \pm 2X_M)$$

gdzie:

$$Z_w = \frac{U}{I} \quad \text{oraz} \quad R_w = R_1 + R_2 = \frac{P}{I^2}, \quad \text{więc mamy:}$$

$$X_w = \sqrt{Z_w^2 - R_w^2} = X_{L1} + X_{L2} \pm 2X_M$$

Stąd:

$$X_M = \frac{1}{2} [X_w - (X_{L1} + X_{L2})]$$

oraz indukcyjność wzajemna

$$M = \frac{X_M}{\omega} \quad \text{oraz} \quad k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$$

### 3. Opracowanie wyników

W wyniku pomiarów i obliczeń przeprowadzonych dla obwodów RLC, GLC, szeregowych i równoległych otrzymaliśmy zestawione w tabeli 1.6 parametry poszczególnych elementów obwodu.

Znając parametry elementów obwodu oraz napięcia zasilające kolejne układy, należy:

- a) wykonać obliczenia teoretycznych napięć i prądów poszczególnych elementów dla wszystkich układów i porównać w tabeli 1.8 moduły napięć i prądu zmierzone i obliczone.

Tabela 1.8

Układ	szeregowy		równoległy		szeregowo-równoległy	
	Zmierzona	obliczona	zmierzona	obliczona	zmierzona	obliczona
$U_R =$						
$U_L =$						
$U_C =$						
$I =$						

- b) opracować wnioski wynikające z wyników zamieszczonych w tabelach 1.6 i 1.8  
 c) wykonać wykresy wektorowe dla wszystkich układów badanych  
 d) wykonać wykresy wektorowe dla czterech wariantów pomiarów obwodów ze sprzężeniami (tab.1.7)  
 e) opracować własne spostrzeżenia i wnioski.

#### 4. Przykładowe pytania sprawdzające:

- narysować wykresy wektorowe napięć i prądów dla obwodu RLC w połączeniu szeregowo-równoległym
- narysować wykresy wektorowe napięć i prądów dla obwodu zawierającego sprzężenia magnetyczne
- na podstawie wskazań amperomierza, woltomierza i watomierza w obwodzie RLC obliczyć wartości elementów obwodu