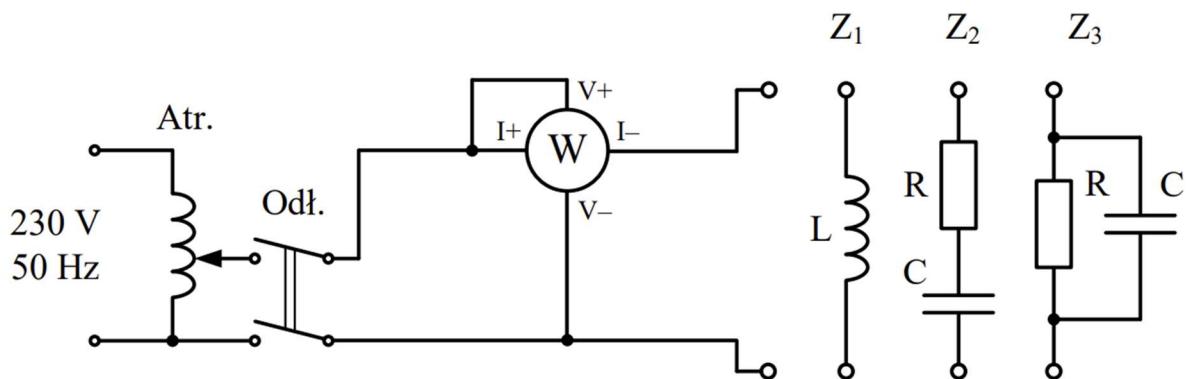


<b>Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej</b>	<b>Laboratorium Podstaw Elektrotechniki i Elektroniki</b>		
Skład osobowy grupy laboratoryjnej:  <u>Daniel Kadej</u> Tomasz Okniński Nikodem Goławski Maciej Izdebski	Rok akademicki: 2025 /2026  Semestr: zimowy	Kierunek studiów: IIS Grupa: 3.2.4	Stanowisko nr:  <b>3</b>
Temat ćwiczenia:  Liniowe układy prądu sinusoidalnego	Data wykonania: 4.11.2025	Podpis:	

## 1. Cel ćwiczenia

- **Badanie charakterystyk elementów R, L i C w obwodzie prądu sinusoidalnego** – wyznaczenie impedancji zastępczej poszczególnych elementów oraz określenie zależności pomiędzy napięciem, prądem i przesunięciem fazowym.
- **Analiza obwodu szeregowego RLC** – doświadczalne określenie wpływu rezystancji, indukcyjności i pojemności na wartość prądu, napięć cząstkowych oraz całkowitej impedancji układu.
- **Analiza obwodu równoległego RLC** – wyznaczenie admitancji, kąta przesunięcia fazowego oraz mocy w układzie równoległym.
- **Badanie obwodu mieszanego RLC** – określenie charakteru obwodu (indukcyjny/pojemnościowy) oraz wyznaczenie parametrów zastępczych przy różnych konfiguracjach elementów.
- **Porównanie wyników teoretycznych i doświadczalnych** – ocena zgodności obliczeń z pomiarami oraz analiza przyczyn ewentualnych odchyлеń wynikających z niedoskonałości elementów i aparatury pomiarowej.

## 2. Wyznaczenie parametrów impedancji zastępczej



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego do badania impedancji Z  
 (Atr. – autotransformator jednofazowy, Odł. – odłącznik stanowiskowy, W – watomierz cyfrowy,  
 Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>, Z<sub>3</sub> – badane impedancje: L – cewka rzeczywista, R – rezystor, C – kondensator)

Tabela 1. Tabela pomiarowo-obliczeniowa do badania parametrów impedancji

Z	lp.	Wartości zmierzone			Wartości obliczone				
		U V	I A	P W	cosφ -	Z Ω	φ °	R Ω	X Ω
Z <sub>1</sub>	1	148.91	0.5979	27.96	0.314	249.06	71.7	78.21	236.46
	2	109.31	0.4350	15.03	0.316	251.29	71.6	79.43	238.40
	3	62.65	0.2473	4.89	0.315	253.34	71.6	79.89	240.41
Z <sub>2</sub> *	1	224.60	0.5915	120.36	0.906	379.71	-25.0	344.01	-160.74
	2	156.10	0.4044	56.75	0.899	386.00	-26.0	347.01	-169.06
	3	76.19	0.1947	13.32	0.898	391.32	-26.1	351.38	-172.24
Z <sub>3</sub> *	1	201.06	1.3800	118.75	0.428	145.70	-64.7	62.36	-131.68
	2	139.13	0.9602	56.88	0.426	144.90	-64.8	61.69	-131.11
	3	92.94	0.6375	25.11	0.424	145.79	-64.9	61.79	-132.05

\* UWAGA: w układach RC wypadkowy kąt przesunięcia fazowego ma ujemne wartości ( $\varphi_{RC} < 0^\circ$ )

Przykładowe obliczenia dla **Z1** (pomiar nr. 1) :

**Dane pomiarowe:**

$$U = 148,91 \text{ V}$$

$$I = 0,5979 \text{ A}$$

$$P = 27,96 \text{ W}$$

### **1. Impedancja**

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{148,91 \text{ V}}{0,5979 \text{ A}} \approx 249,06 \Omega$$

### **2. Współczynnik mocy i kąt fazowy**

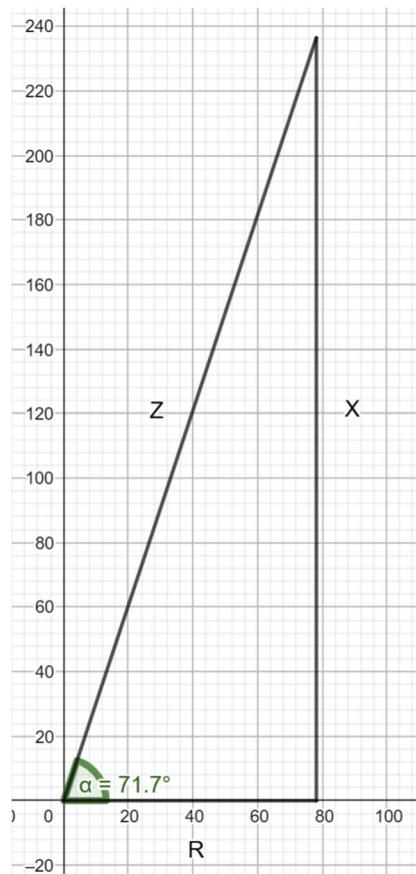
Układ o charakterze indukcyjnym – **kąt przesunięcia fazowego ma wartości dodatnie.**

$$\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I} = \frac{27,96 \text{ W}}{148,91 \text{ V} \cdot 0,5979 \text{ A}} \approx 0,314$$
$$\varphi = \arccos(0,314) \approx 71,7^\circ$$

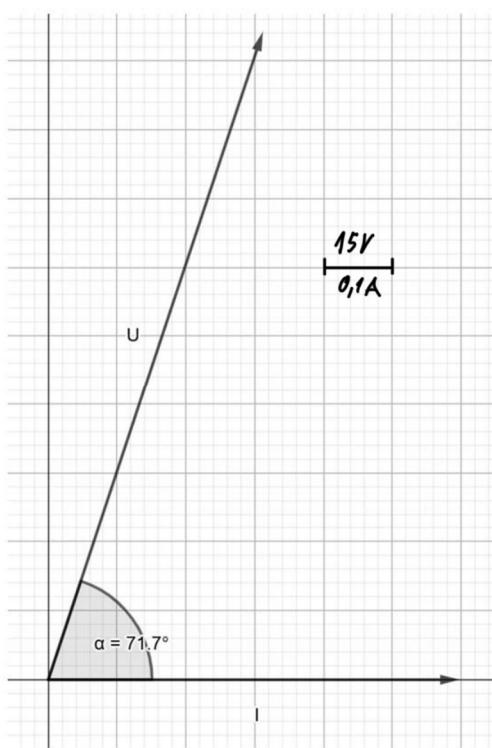
### **3. Składowe: rezystancja i reaktancja**

$$R = Z \cos \varphi = 249,06 \Omega \cdot 0,314 \approx 78,21 \Omega$$

$$X = Z \sin \varphi = 249,06 \Omega \cdot \sin 71,7^\circ \approx 236,46 \Omega$$



Rys. 1 Trójkąt impedancji dla Z1



Rys. 2 Wykres fazorowy dla Z1

Przykładowe obliczenia dla **Z2** (pomiar nr. 1):

**1. Dane pomiarowe:**

$$U = 224,60 \text{ V}$$

$$I = 0,5915 \text{ A}$$

$$P = 120,36 \text{ W}$$

**2. Impedancja**

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{224,60\text{V}}{0,5915\text{A}} \approx 379,71 \Omega$$

**3. Współczynnik mocy i kąt przesunięcia fazowego**

Układ o charakterze pojemnościowym - **kąt przesunięcia fazowego ma wartości ujemne.**

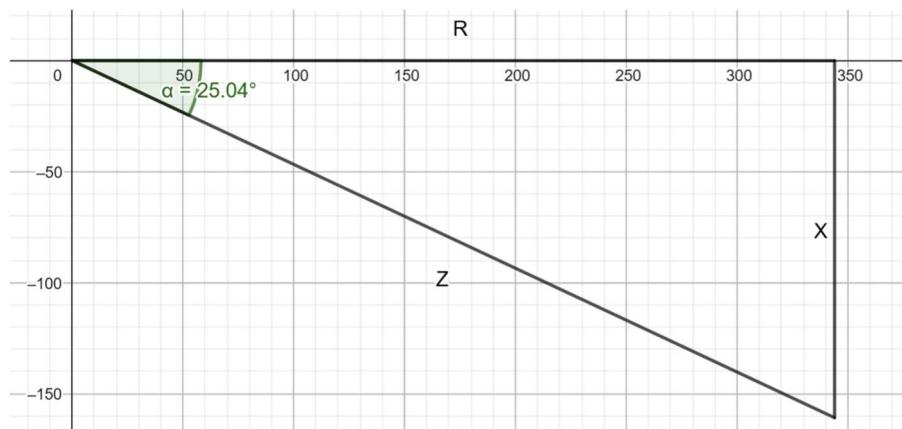
$$\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I} = \frac{120,36\text{W}}{224,60\text{V} \cdot 0,5915\text{A}} \approx 0,906$$

$$\varphi_0 = \arccos(0,906) \approx -25,0^\circ$$

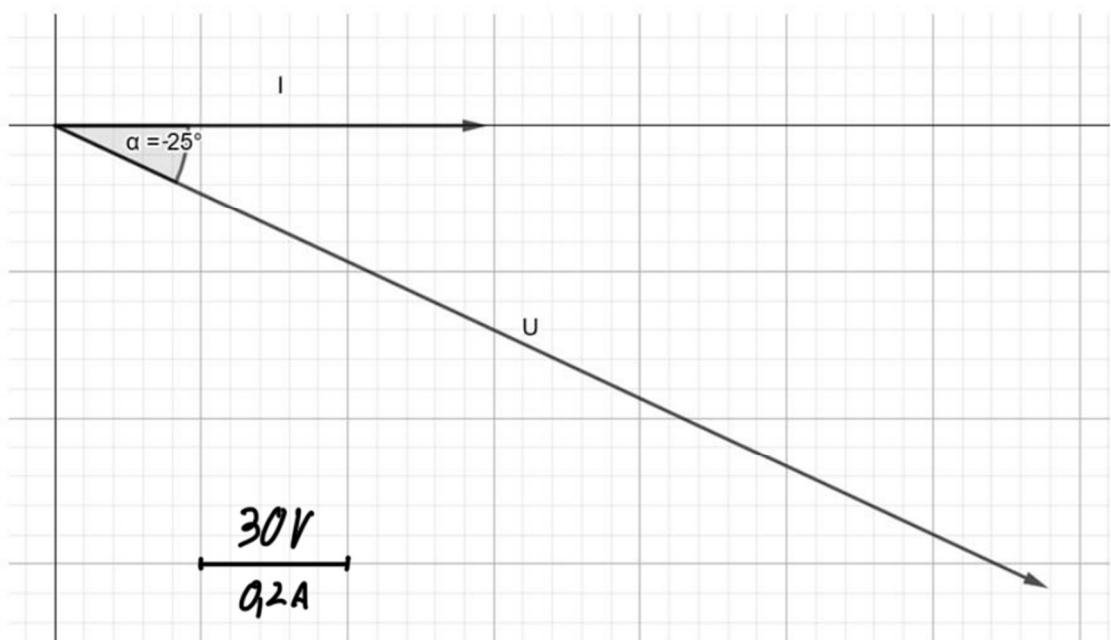
**4. Składowe R i X**

$$R = Z \cos \varphi = 379,71\Omega \cdot 0,906 \approx 344,01 \Omega$$

$$X = Z \sin \varphi_0 = 379,71\Omega \cdot \sin -25,0^\circ \approx -160,74 \Omega$$



Rys. 3 Trójkąt impedancji dla Z2



Rys. 4 Wykres fazorowy dla Z2

Przykładowe obliczenia dla **Z3**:

**1. Dane pomiarowe:**

$$U = 201,06 \text{ V}$$

$$I = 1,3800 \text{ A}$$

$$P = 118,75 \text{ W}$$

**2. Impedancja**

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{201,06 \text{ V}}{1,3800 \text{ A}} \approx 145,70 \Omega$$

**3. Współczynnik mocy i kąt przesunięcia fazowego**

Układ o charakterze pojemnościowym - **kąt przesunięcia fazowego ma wartości ujemne.**

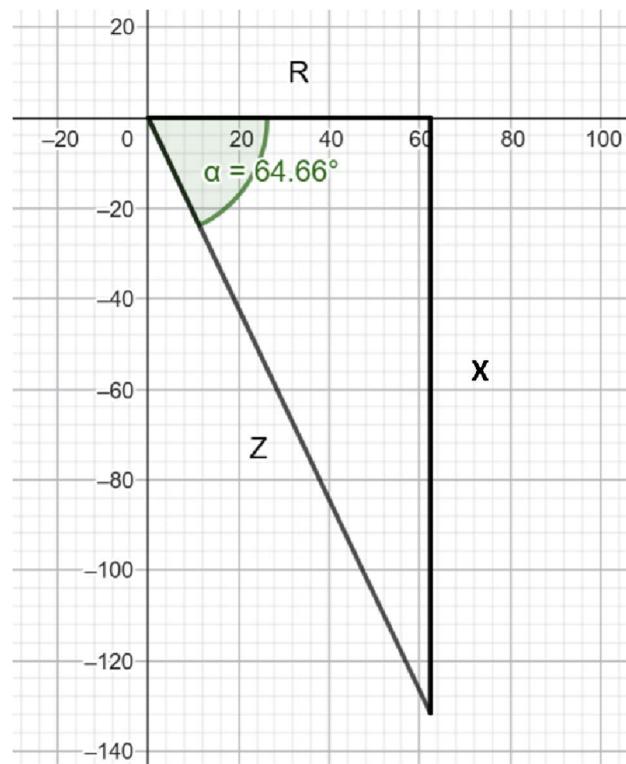
$$\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I} = \frac{118,75}{201,06 \cdot 1,3800} \approx 0,428$$

$$\varphi_0 = \arccos(0,428) \approx -64,7^\circ$$

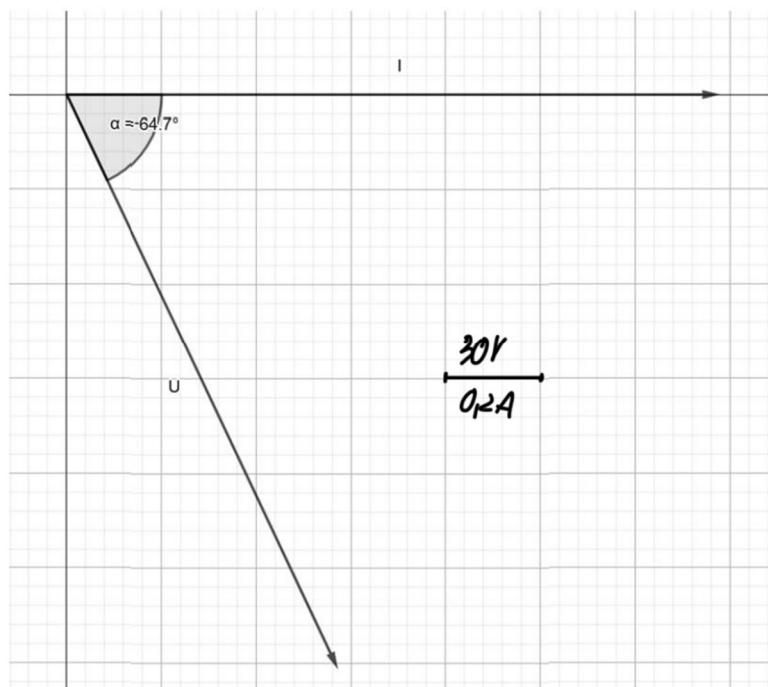
**4. Składowe Rezystancja i reaktancja**

$$R = Z \cos \varphi = 145,70 \Omega \cdot 0,428 \approx 62,36 \Omega$$

$$X = Z \sin \varphi_0 = 145,70 \Omega \cdot \sin -64,7^\circ \approx -131,68$$

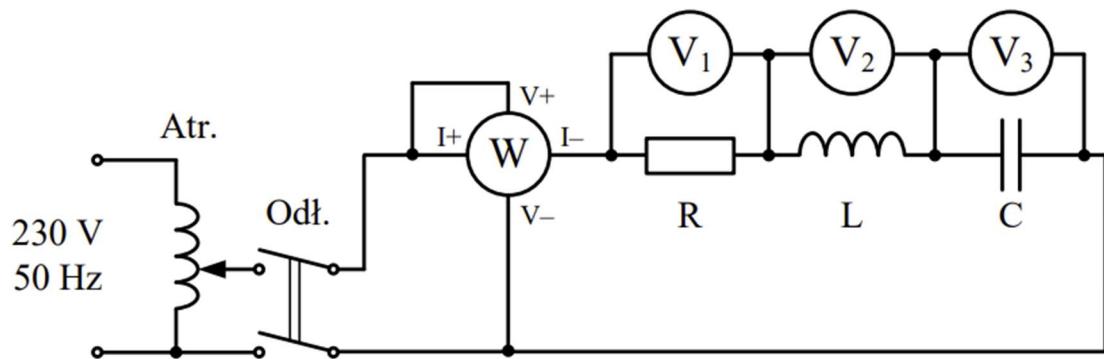


Rys. 5 Trójkąt impedancji dla  $Z_3$



Rys. 6 Wykres fazorowy dla  $Z_3$

### 3. Szeregowe połączenie elementów R, L, C



Rys. 2. Schemat układu pomiarowego do badania szeregowego obwodu  $R, L, C$   
 (Atr. – autotransformator jednofazowy, Odł. – odłącznik stanowiskowy, W – watomierz cyfrowy,  
 $V_1, V_2, V_3$  – woltomierze napięcia zmiennego, R – rezystor, L – cewka rzeczywista, C – kondensator)

Tabela 2. Tabela pomiarowa do badania szeregowego obwodu  $R, L, C$

lp.	U V	I A	$U_1$ V	$U_2$ V	$U_3$ V	P W
1	256,61	0,5992	205,1	148,5	97,4	151,44
2	196,1	0,4561	156,5	113,6	74,5	87,985
3	131,2	0,2985	104,4	75,4	49,6	38,44

Tabela 3. Tabela obliczeniowa impedancji i przesunięcia fazowego w szeregowym układzie  $R, L, C$

lp.	$Z$ $\Omega$	$\cos\varphi$ -	$\varphi$ $^{\circ}$	$Z_1$ $\Omega$	$\varphi_1$ $^{\circ}$	$Z_2$ $\Omega$	$\varphi_2$ $^{\circ}$	$Z_3$ $\Omega$	$\varphi_3$ $^{\circ}$	$Z_{OBL}$ $\Omega$
1	428.25	0.984	10.10	342.3	0	247.8	-71,29	162.6	-90	427,9
2	429.95	0.977	10.35	343.2	0	249.1	-71,31	163.4	-90	429,2
3	439.5	0.972	11.03	349.7	0	252.5	-71,14	166.2	-90	437,4
Śr.	432.6	0.978	10.45	345.1		249.8		164.1		431,5

Przykładowe obliczenia:

**1. Dane pomiarowe (pomiar nr. 1):**

$$U = 256,61 \text{ V}$$

$$I = 0,5992 \text{ A}$$

$$U_1 = 205,1 \text{ V}$$

$$U_2 = 148,5 \text{ V}$$

$$U_3 = 97,4 \text{ V}$$

$$P = 151,44 \text{ W}$$

**2. Współczynnik mocy i kąt przesunięcia fazowego**

$$\cos \varphi = \frac{151,44 \text{ W}}{256,61 \text{ V} \cdot 0,5992 \text{ A}} \approx \frac{151,44 \text{ W}}{153,76} \approx 0,984$$

$$\varphi = \arccos (\cos \varphi) = \arccos (0,984) \approx 10,1^\circ$$

**3. Impedancje  $Z_1 Z_2 Z_3$  oraz  $\varphi_1 \varphi_2 \varphi_3$**

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

$$Z = \frac{256,61 \text{ V}}{0,5992 \text{ A}}$$

$$Z \approx 428,25 \Omega$$

$$Z_1 = \frac{U_1}{I} = \frac{205,1 \text{ V}}{0,5992 \text{ A}} \approx 342,3 \Omega$$

Kąt przesunięcia fazowego  $\varphi_1$  ma wartość  $0^\circ$ , ponieważ w rezystorze idealnym prąd i napięcie występują jednocześnie, czyli są w tej samej fazie.

$$\varphi_1 = 0$$

$$Z_2 = \frac{U_2}{I} = \frac{148,5 \text{ V}}{0,5992 \text{ A}} \approx 247,8 \Omega$$

## **WZORY**

$$P_2 = P - P_1$$

$$P_1 = U_1 \cdot I \cdot \cos(\varphi_1) = U_1 \cdot I$$

### **1. Moc rezystora:**

$$P_1 = U_1 \cdot I = 205,1V \cdot 0,5992A = 122,8959 \text{ W}$$

### **2. Moc cewki:**

$$P_2 = P - P_1 = 151,44W - 122,8959W = 28,5441 \text{ W}$$

### **3. $\cos\varphi_2$ :**

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{U_2 \cdot I} = \frac{28,5441W}{148,5V \cdot 0,5992A} = 0,32079$$

### **4. $\varphi_2$ :**

$$\varphi_2 = \arccos(0,32079) = 71,29^\circ$$

$$\varphi_2 = \arccos(0,32079) = 71,29^\circ$$

$$Z_3 = \frac{U_3}{I} = \frac{97,4}{0,5992} \approx 162,6 \Omega$$

Kąt przesunięcia fazowego kondensatora idealnego jest ujemny i wynosi  $-90^\circ$

$$\varphi_3 = -90^\circ$$

### **4. Impedancja obwodu $Z_{OBL}$**

#### **Rezystancja rezystora $R_1$**

$$R_1 = Z_1 \cos(0^\circ) = 342,3\Omega \cdot 1 = 342,3 \Omega$$

#### **Rezystancja cewki $R_2$**

$$R_2 = Z_2 \cos (\varphi_2) = 247,8\Omega \cdot \cos 71,29^\circ \approx 247,8 \cdot 0,321 \approx 79,5 \Omega$$

**Reaktancja cewki  $X_2$**

$$X_2 = Z_2 \sin (\varphi_2) = 247,8\Omega \cdot \sin 71,29^\circ \approx 247,8 \cdot 0,947 \approx 234,8 \Omega$$

**Reaktancja kondensatora  $X_3$**

$$X_3 = Z_3 \sin (-90^\circ) = 162,6\Omega \cdot (-1) = -162,6 \Omega$$

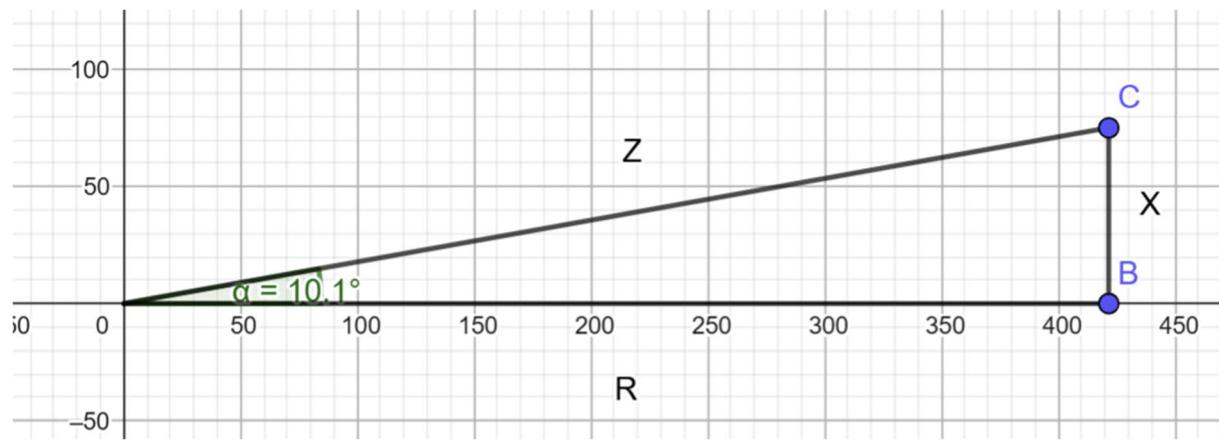
**Obliczenie  $Z_{0BL}$**

Wzór:

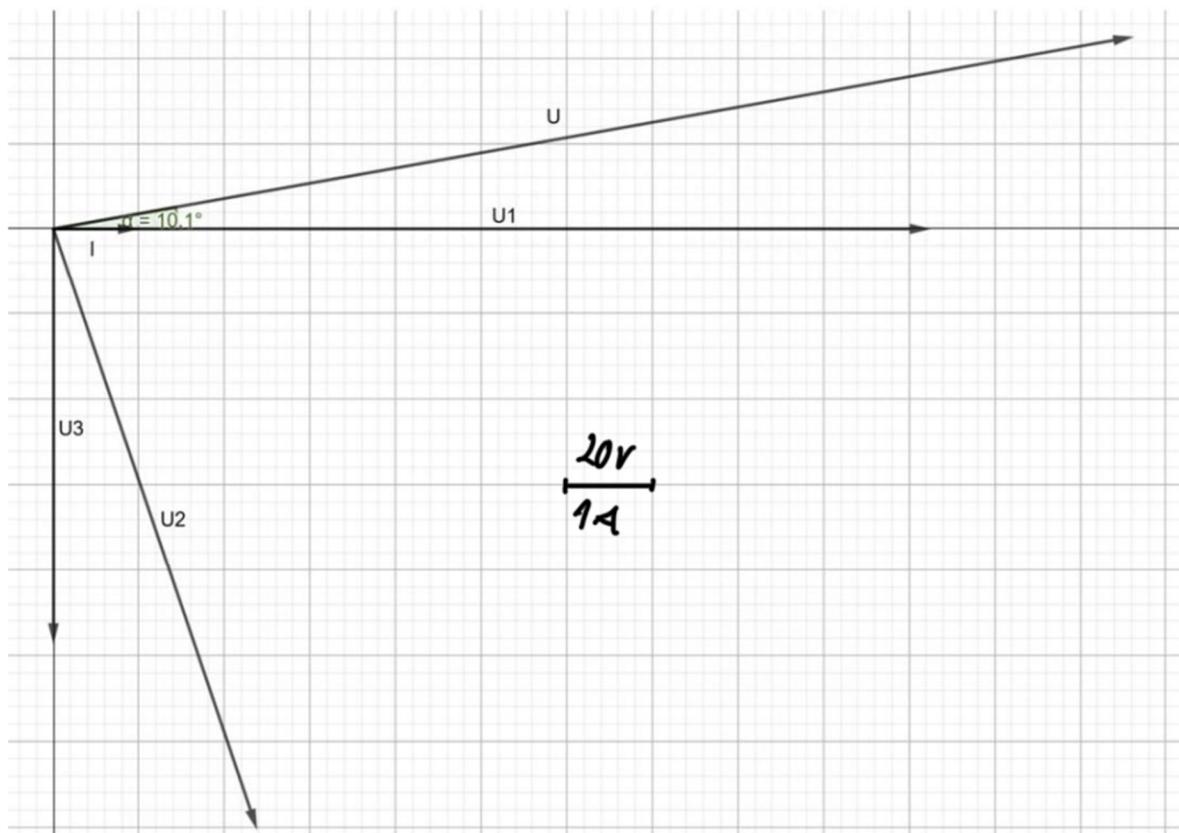
$$Z_{0BL} = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_2 + X_3)^2}$$

Obliczenia:

$$Z_{0BL} \approx \sqrt{177\,916\Omega + 5\,214\Omega} = \sqrt{183\,130\Omega} \approx 427,9 \Omega$$

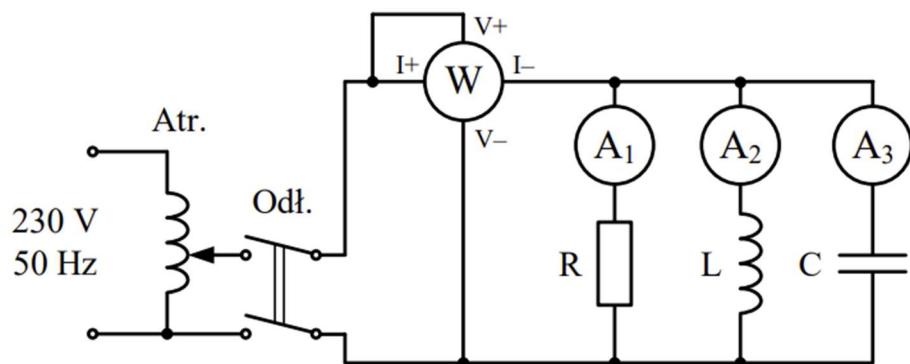


Rys. 7 Trójkąt impedancji dla  $Z_3$  dla szeregowego połączenia elementów RLC



Rys. 8 Wykres fazorowy dla szeregowego połączenia elementów RLC

#### 4. Równoległe połączenie elementów R, L, C



Rys. 3. Schemat układu pomiarowego do badania równoległego obwodu R, L, C  
 (Atr. – autotransformator jednofazowy, Odl. – odłącznik stanowiskowy, W – watomierz cyfrowy, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> – amperomierze prądu zmennego, R – rezistor, L – cewka rzeczywista, C – kondensator)

Tabela 4. Tabela pomiarowa do badania równoległego obwodu R, L, C

lp.	U V	I A	I <sub>1</sub> A	I <sub>2</sub> A	I <sub>3</sub> A	P W
1	150,86	0,745	0,434	0,6	0,934	96,18
2	109,37	0,537	0,314	0,434	0,673	50,25
3	72,19	0,349	0,206	0,285	0,443	21,62

Tabela 5. Obliczenie admitancji i przesunięcia fazowego w równoległym układzie R, L, C

lp.	Y mS	cosφ -	φ °	Y <sub>1</sub> mS	φ <sub>1</sub> °	Y <sub>2</sub> mS	φ <sub>2</sub> °	Y <sub>3</sub> mS	φ <sub>3</sub> °	YOBL mS
1	4,938	0,856	31,2	2,877	0	3,977	-70,43	6,191	90	4,884
2	4,910	0,856	31,2	2,871	0	3,968	-70,38	6,153	90	4,859
3	4,834	0,858	30,9	2,854	0	3,948	-71,14	6,137	90	4,806
Śr.	4,893	0,858	30,77	2,867		3,965	-70,65	6,159		

Przykładowe obliczenia:

Dane pomiarowe (pomiar 1):

- $U = 150,86 \text{ V}$
- $I = 0,745 \text{ A}$
- $I_1 = 0,434 \text{ A}$
- $I_2 = 0,600 \text{ A}$
- $I_3 = 0,934 \text{ A}$
- $P = 96,18 \text{ W}$

### 1. Admitancja całkowita $Y$

$$Y = \frac{I}{U} \cdot 1000$$

$$Y = \frac{0,745 \text{ A}}{150,86 \text{ V}} \cdot 1000$$

$$Y = 0,004938 \text{ S} = \mathbf{4,938 \text{ mS}}$$

### 2. Współczynnik mocy $\cos \varphi$

$$\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I}$$

$$\cos \varphi = \frac{96,18 \text{ W}}{150,86 \text{ V} \cdot 0,745 \text{ A}}$$

$$\cos \varphi = \mathbf{0,856}$$

### 3. Kąt przesunięcia fazowego $\varphi$

$$\varphi = \arccos(0,856)$$

$$\varphi = \mathbf{31,2^\circ}$$

### 4. Admitancja $Y_1$

$$Y_1 = \frac{I_1}{U} \cdot 1000$$

$$Y_1 = \frac{0,434 \text{ A}}{150,86 \text{ V}} \cdot 1000$$

$$Y_1 = \mathbf{2,877 \text{ mS}}$$

**Kąt:**

$$\varphi_1 = 0^\circ$$

Rezystor idealny nie magazynuje energii, więc nie powoduje opóźnienia ani wyprzedzenia prądu względem napięcia. Z tego powodu  $\varphi_1 = 0^\circ$ .

### 5. Admitancja $Y_2$

$$Y_2 = \frac{I_2}{U} \cdot 1000$$

$$Y_2 = \frac{0,600\text{A}}{150,86\text{V}} \cdot 1000$$

$$Y_2 = 3,977 \text{ mS}$$

### 6. Kąt przesunięcia fazowego $\varphi_2$

#### Moc czynna rezystora

$$P_1 = U \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1$$

$$P_1 = 150,86\text{V} \cdot 0,434\text{A} \cdot 1 = 65,87 \text{ W}$$

#### Moc czynna cewki

$$P_2 = P - P_1$$

$$P_2 = 96,18 - 65,87 = 30,31 \text{ W}$$

#### Wyznaczenie kąta

$$\varphi_2 = -\arccos \left( \frac{P_2}{U \cdot I_2} \right)$$

$$\varphi_2 = -\arccos \left( \frac{30,31\text{W}}{150,86\text{V} \cdot 0,600\text{A}} \right)$$

$$\varphi_2 = -70,43^\circ$$

### 7. Admitancja $Y_3$

$$Y_3 = \frac{I_3}{U} \cdot 1000$$

$$Y_3 = \frac{0,934\text{A}}{150,86\text{V}} \cdot 1000$$

$$Y_3 = 6,191 \text{ mS}$$

Ze względu na to że kąt przesunięcia fazowego admitancji kondensatora idealnego jest dodatni:  $\varphi_3 = +90^\circ$

Obliczenia składowych admintacji G oraz B:

Dane:

- $Y = 4,938 \text{ mS}$
- $\varphi = 31,2^\circ$

Wzór:

### **G<sub>1</sub> – konduktancja rezystora**

$$G_1 = 2,877 \text{ mS} \cdot \cos(0^\circ)$$
$$G_1 = 2,877 \text{ mS}$$

### **G<sub>2</sub> – konduktancja cewki**

$$G_2 = 3,977 \text{ mS} \cdot \cos(-70,43^\circ)$$
$$\cos(-70,43^\circ) = 0,339$$
$$G_2 = 3,977 \text{ mS} \cdot 0,339 = 1,348 \text{ mS}$$

### **B<sub>2</sub> – susceptancja cewki**

$$B_2 = 3,977 \text{ mS} \cdot \sin(-70,43^\circ)$$
$$\sin(-70,43^\circ) = -0,940$$
$$B_2 = 3,977 \text{ mS} \cdot (-0,940)$$
$$B_2 = -3,739 \text{ mS}$$

### **B<sub>3</sub> – susceptancja kondensatora**

$$B_3 = 6,191 \text{ mS} \cdot \sin(90^\circ)$$
$$B_3 = 6,191 \text{ mS}$$

### **Działania na G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>**

$$G_1 + G_2 = 2,877 \text{ mS} + 1,348 \text{ mS}$$
$$G_1 + G_2 = 4,225 \text{ mS}$$
$$B_2 + B_3 = -3,739 \text{ mS} + 6,191 \text{ mS}$$
$$B_2 + B_3 = 2,452 \text{ mS}$$

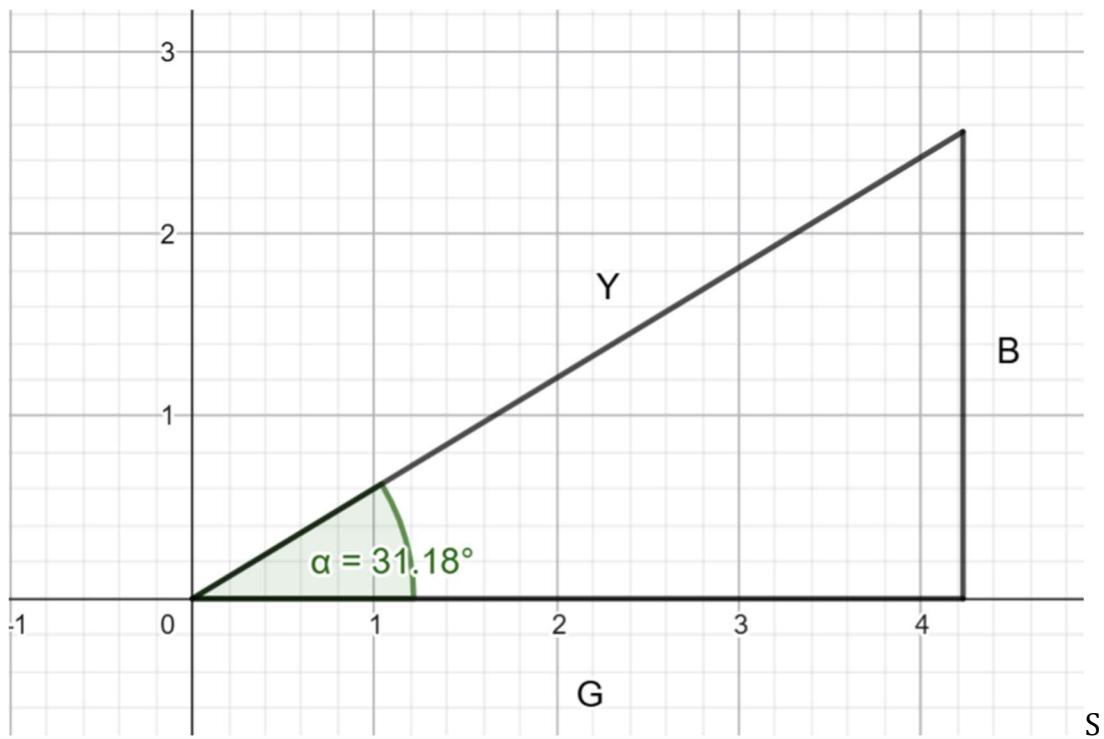
## **Obliczenie admintacji obwodu Yobl**

$$Y_{OBL} = \sqrt{(G_1 + G_2)^2 + (B_2 + B_3)^2}$$

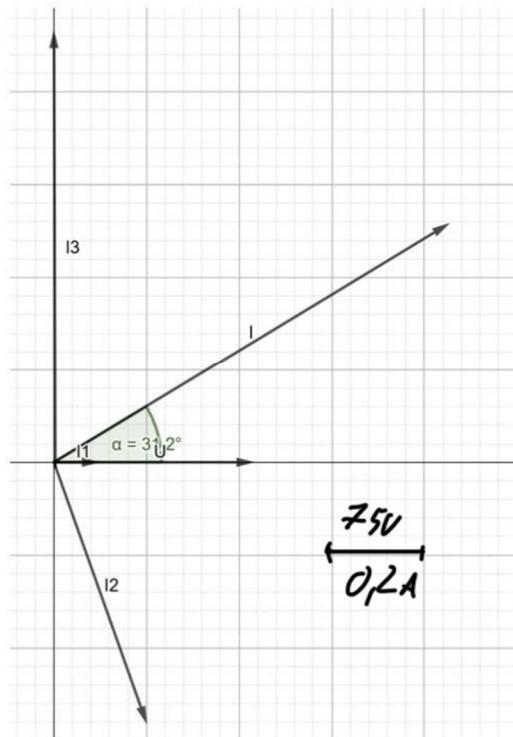
$$Y_{OBL} = \sqrt{(4,225 \text{ mS})^2 + (2,452 \text{ mS})^2}$$

$$Y_{OBL} = \sqrt{17,84 + 6,01}$$

$$Y_{OBL} = \sqrt{23,85} = 4,884 \text{ mS}$$

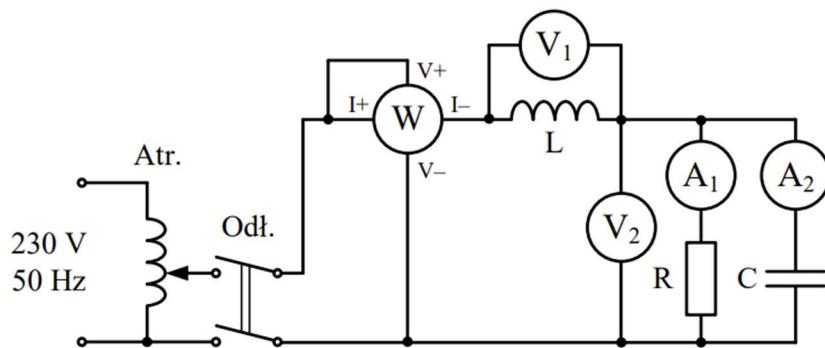


Rys. 9 Trójkąt impedancji dla równoległego połączenia elementów RLC



Rys. 10 Wykres fazorowy dla równoległego połączenia elementów RLC

## 5. Układ mieszany elementów R, L, C



Rys. 4. Schemat do badania układu mieszанego R, L, C  
 (Atr. – autotransformator jednofazowy, Odl. – odłącznik, W – watomierz cyfrowy,  $A_1, A_2$  – amperomierze prądu zmiennego,  $V_1, V_2$  – woltomierze napięcia zmiennego, L – cewka rzeczywista, R – rezystor, C – kondensator)

Tabela 6. Tabela pomiarowa do badania mieszanego obwodu R, L, C

lp.	U V	$U_1$ V	$U_2$ V	I A	$I_1$ A	$I_2$ A	P W
1	104,8	146,9	87,1	0,594	0,252	0,531	50,77
2	68,72	96,2	57,1	0,384	0,165	0,348	21,51
3	32,10	44,80	26,61	0,173	0,076	0,162	4,499

Tabela 7. Tabela obliczeniowa parametrów układu mieszaneego R, L, C

lp.	Z $\Omega$	$\cos\varphi$ -	$\varphi$ $^{\circ}$	ZL $\Omega$	$\varphi L$ $^{\circ}$	Z <sub>1</sub> $\Omega$	$\varphi_1$ $^{\circ}$	Z <sub>2</sub> $\Omega$	$\varphi_2$ $^{\circ}$	ZOBL $\Omega$
1	176.43	0.816	35.4	247.31	70,7	345.63	0	164.03	-90	176,2
2	178.96	0.815	35.4	250.52	70,90	346.06	0	164.08	-90	176,45
3	185.55	0.810	35.9	258.96	71,36	350.13	0	164.26	-90	177,3
Śr.	180.31	0.814	35.5	252.26	70,97	347.28		164.12		

Przykładowe obliczenia:

Pomiar nr.1

**1. Impedancia Z:**

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{104,8V}{0,594A} = 176,43\Omega$$

**2. Współczynnik mocy:**

$$\cos(\varphi) = \frac{P}{U * I} = \frac{50,77W}{104,8V * 0,594A} = 0,816$$

**3. Impedancia zL:**

$$Z_L = \frac{U_1}{I} = \frac{146,9V}{0,594A} = 247,31\Omega$$

**4. Kąt przesunięcia fazowego:**

Ze względu na obecność rezystancji własnej cewki rzeczywisty kąt jej przesunięcia mieści się w przedziale:

$$0 < |\varphi_2| < 90^\circ$$

**Moc czynna cewki**

$$P_L = P - P_1$$

**Moc czynna rezystora**

$$P_1 = U \cdot I_1 \cdot \cos(\varphi_1)$$
$$P_1 = 150,86 V \cdot 0,434 A \cdot 1 = 65,87 W$$

$$P_L = 96,18 W - 65,87 W = 30,31 W$$

$$\varphi_L = \arccos\left(\frac{P_L}{U_1 * I}\right) = \arccos\left(\frac{P - P_1}{U_1 * I}\right) = \arccos\left(\frac{P - U_2 * I_1 * \cos(\varphi_1)}{U_1 * I}\right)$$
$$= \arccos\left(\frac{50,77W - 87,1V * 0,252A * 1}{146,9V * 0,594A}\right) = 70,7^\circ$$

### **Impedancja Z<sub>1</sub>**

$$Z_1 = \frac{U_2}{I_1} = \frac{87,1V}{0,252A} = 345,6 \Omega$$

Kąt przesunięcia fazowego  $\varphi_1$  wynosi 0 ponieważ napięcie i natężenie prądu rezystora idealnego jest zawsze w fazie.  $\varphi_1 = 0$

### **Impedancja Z<sub>2</sub>:**

$$Z_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{87,1V}{0,531A} = 164,03 \Omega$$

Kąt przesunięcia fazowego kondensatora idealnego jest ujemny i wynosi:

$$\varphi_2 = -90^\circ$$

### **Impedancja Z<sub>OBL</sub>:**

Wzór na Z<sub>OBL</sub>:

$$Z_{OBL} = \sqrt{\left(R_L + \frac{R_1 * X_C^2}{R_1^2 + X_C^2}\right)^2 + \left(X_L - \frac{X_C * R_1^2}{R_1^2 + X_C^2}\right)^2}$$

$$R_L = Z_L * \cos(\varphi_L) = 247,31\Omega \cdot \cos(70,7^\circ) = 247,31\Omega \cdot 0,331 = 81,86\Omega$$

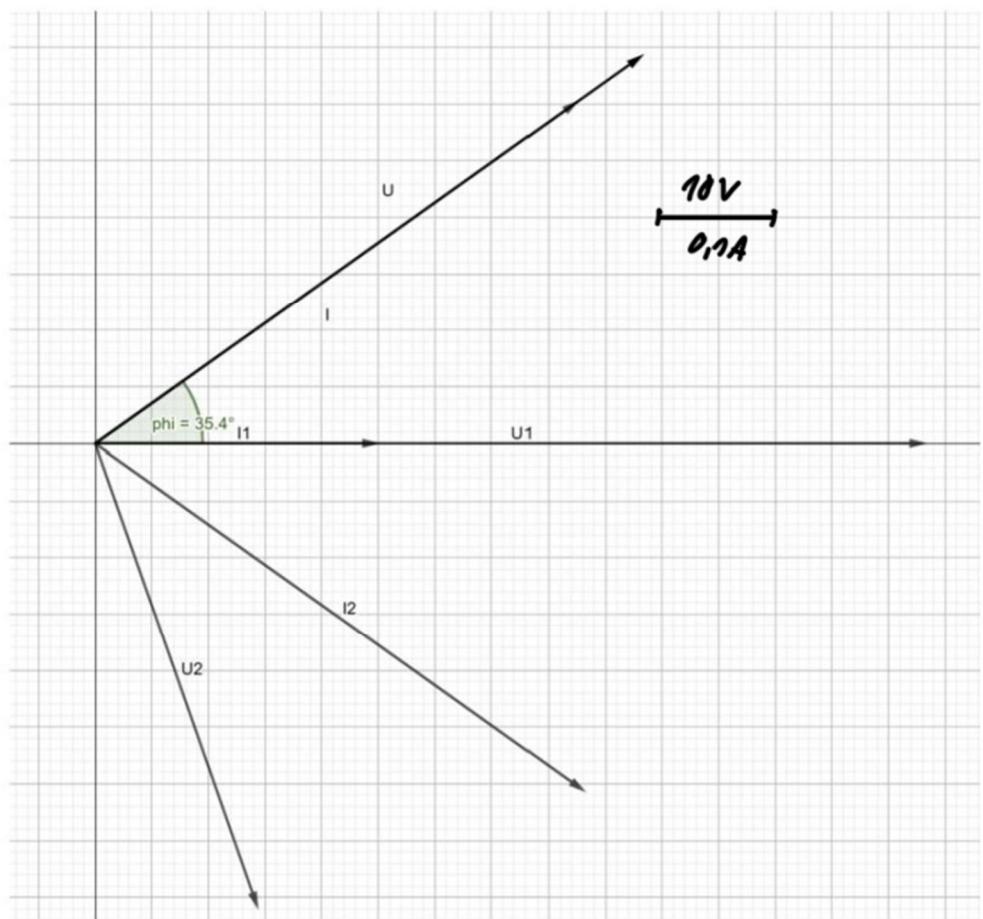
$$R_1 = Z_1 * \cos(\varphi_1) = 345,6\Omega \cdot \cos(0^\circ) = 345,6\Omega \cdot 1 = 345,6\Omega$$

$$X_L = Z_L * \sin(\varphi_L) = 247,31\Omega \cdot \sin(70,7^\circ) = 247,31\Omega \cdot 0,944 = 233,46\Omega$$

$$X_C = Z_2 * \cos(\varphi_2) = 164,03\Omega \cdot \sin(-90^\circ) = 164,03\Omega \cdot (-1) = -164,03\Omega$$

$$\begin{aligned} Z_{OBL} &= \sqrt{\left(81,86\Omega + \frac{345,6\Omega * 26905,8\Omega}{119439,4\Omega + 26905,8\Omega}\right)^2 + \left(233,46\Omega - \frac{164,03\Omega * 119439,4\Omega}{119439,4\Omega + 26905,8\Omega}\right)^2} \\ &= \sqrt{145,4\Omega^2 + 99,6\Omega^2} = \sqrt{31061,3\Omega^2} = 176,2\Omega \end{aligned}$$

$$Z_{OBL} = 176,2 \Omega$$



Rys. 11 Wykres fazorowy dla układu mieszanego RLC

## 6. Podsumowanie i wnioski

W przeprowadzonym ćwiczeniu dokonano analizy zachowania liniowych elementów pasywnych R, L oraz C w układach prądu sinusoidalnego. Wyznaczono impedancję zastępczą dla trzech konfiguracji układów oraz określono zależności między napięciem, prądem i przesunięciem fazowym. Otrzymane wyniki potwierdziły teoretyczne własności elementów pasywnych i zgodność ich parametrów.

Wartości obliczone impedancji i jej składowych R oraz X potwierdziły, że dla układów o charakterze indukcyjnym reaktancja jest dodatnia, natomiast dla układów pojemnościowych jest ujemna. Wyniki pomiarowe w większości przypadków były spójne z wartościami teoretycznymi, a niewielkie różnice w wynikach wynikały głównie z tego, że realne elementy mają swoje straty i nie są idealne.

W trakcie opracowania danych korzystano z podstawowych praw elektrotechniki, takich jak prawo Ohma, które pozwoliło wyznaczać impedancję. Uzyskane rezultaty dowodzą, że wykorzystanie liczb zespolonych stanowi dokładny i w pełni zgodny z rzeczywistością sposób przedstawienia danych. Dodatkowo wykorzystano metodę fazorową, dzięki której przedstawiono zależności między napięciami i prądami w postaci wektorowej, oraz trójkąt impedancji, pozwalający graficznie przedstawić zależności między rezystancją, reaktancją i impedancją.