

**Temat: Prąd przemienny jednofazowy**

**Cel ćwiczenia:**

Rozróżnić parametry charakteryzujące przebieg prądu przemiennego, oszacować oraz obliczyć wartości wielkości elektrycznych w obwodach prądu przemiennego, narysować wykresy wektorowe napięć i prądów w obwodach RLC, przewidzieć odpowiedź obwodów RLC na skokową zmianę napięcia, określić warunki rezonansu napięć i prądów, zaprezentować wyniki pomiarów

**Materiał nauczania**

**Wielkości charakterystyczne prądu sinusoidalnego**

Wartość chwilowa  $i = I_m \sin \omega t$

gdzie:  $I_m$  – wartość maksymalna (amplituda),

$\omega$  – pulsacja (prędkość kątowna)

$t$  – czas

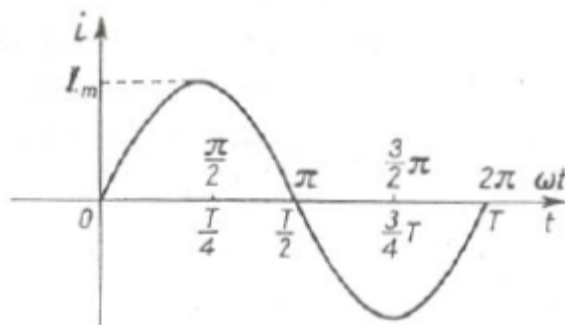
$$\text{Okres prądu sinusoidalnego } T = \frac{2\pi}{\omega} \quad [T] = \text{s}$$

$$\text{Pulsacja } \omega = 2\pi f \quad [\omega] = \text{rad/s.}$$

$$\text{Częstotliwość } f = \frac{1}{T} \quad [f] = \text{Hz (herc).}$$

Wartość skuteczna prądu sinusoidalnego  $I$ :

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 I_m$$



Rys. 4. Wykres prądu sinusoidalnie zmiennego [3, s. 32]

Wartość średnia półokresowa prądu sinusoidalnego  $I_{sr}$ :

$$I_{sr} = \frac{2}{\pi} I_m = 0,637 I_m$$

Analogicznie określa się wartość skuteczną i średnią napięcia sinusoidalnego:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0,707 U_m$$

$$U_{sr} = \frac{2}{\pi} U_m = 0,637 U_m$$

Wartość skuteczną oznacza się dużymi literami bez wskaźników. Wartości skuteczne prądów i napięć można mierzyć za pomocą mierników elektrodynamicznych i elektromagnetycznych. Wartości średnie prądów i napięć można mierzyć miernikami magnetoelektrycznymi. W praktyce posługujemy się wartościami skutecznymi napięć i prądów.

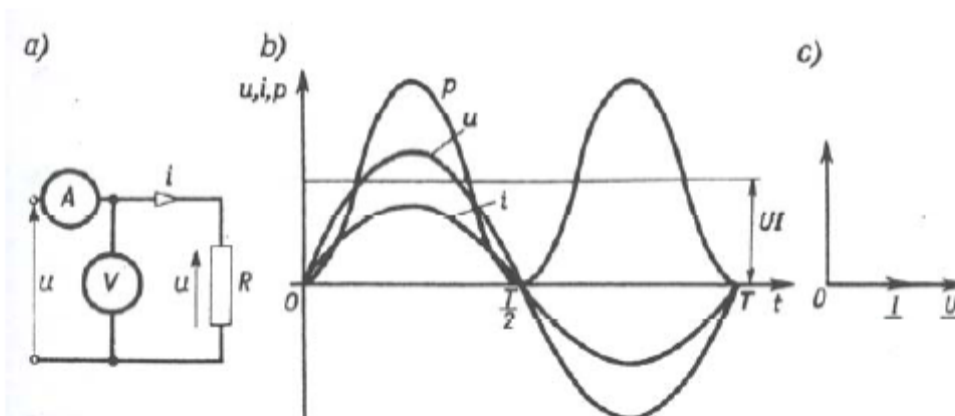
**Obwód elektryczny z rezystancją, reaktancją i impedancją**

Obwód elektryczny z rezystancją R:

$$I_m = \frac{U_m}{R}$$

$$I = \frac{U}{R} = G \cdot U$$

Napięcie na rezystancji jest w fazie z prądem (kąt przesunięcia fazowego między prądem i napięciem  $\phi = 0$ )



Rys. 5. Obwód elektryczny z rezystancją R: a) układ połączeń, b) przebiegi u, i, ; c) wykres wektorowy wartości skutecznych prądu i napięcia [3, s. 33]

Obwód elektryczny z cewką o indukcji L

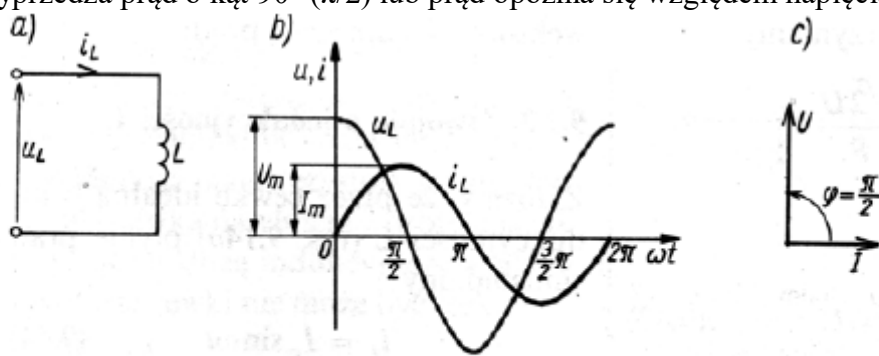
$$I_m = \frac{U_m}{X_L}$$

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

gdzie:  $X_L$  - reaktancja indukcyjna cewki

$$X_L = \omega L = 2\pi f L \quad [X_L] = \Omega$$

Napięcie na cewce wyprzedza prąd o kąt  $90^\circ (\pi/2)$  lub prąd opóźnia się względem napięcia o kąt  $90^\circ$ .



Rys. 6. Obwód elektryczny z cewką o indukcji L: a) schemat dwójnika; b) wykres czasowy napięcia i prądu; c) wykres wektorowy [1, s. 170]

Obwód elektryczny z kondensatorem o pojemności C

$$I_m = \frac{U_m}{X_C}$$

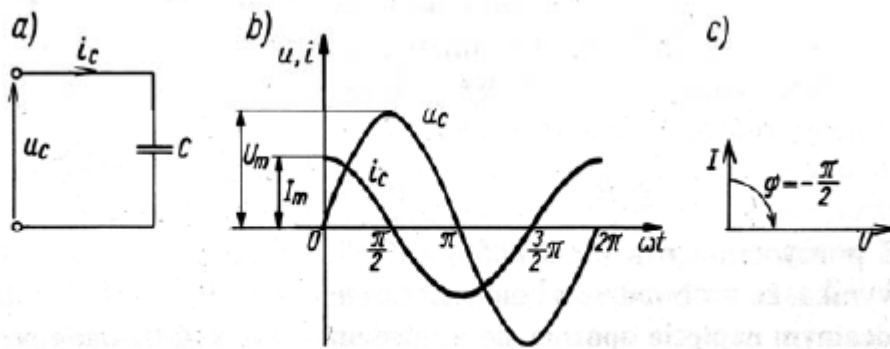
$$I = \frac{U}{X_C}$$

gdzie:  $X_C$  - reaktancja pojemnościowa

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$[X_C] = \Omega$$

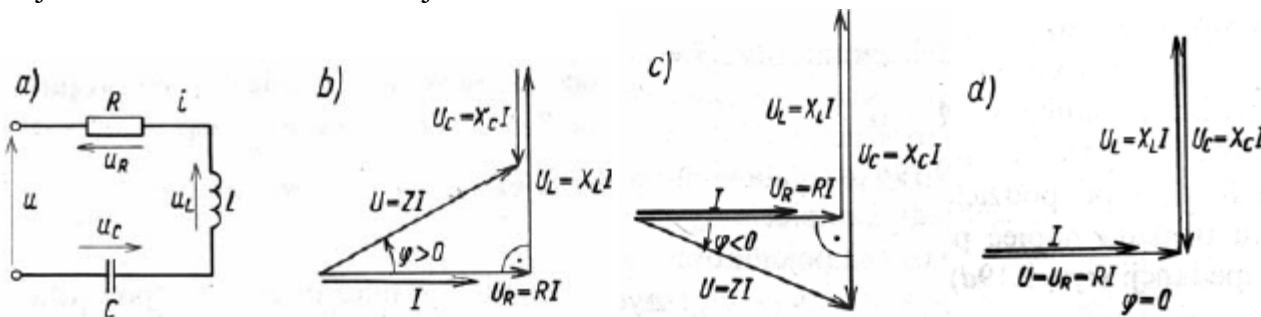
Napięcie na kondensatorze opóźnia się względem prądu o kąt  $90^\circ$  lub prąd wyprzedza napięcie na kondensatorze o kąt  $90^\circ$ .



Rys. 7. Obwód elektryczny z kondensatorem C: a) schemat dwójnika; b) wykres czasowy napięcia i prądu; c) wykres wektorowy [1, s.171]

Obwód elektryczny z impedancją Z

Impedancja  $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$  Reaktancja  $X = X_L - X_C$



Rys. 8. Dwójnik szeregowy R, L, C: a) schemat dwójnika; b) wykres wektorowy dla  $X_L > X_C$ ; c) wykres wektorowy dla  $X_L < X_C$ ; d) wykres wektorowy dla  $X_L = X_C$  [1, s.178]

Prawo Ohma dla prądu przemiennego

$$I = \frac{U}{Z} \text{ lub inne postacie } U = I \cdot Z; Z = \frac{U}{I}$$

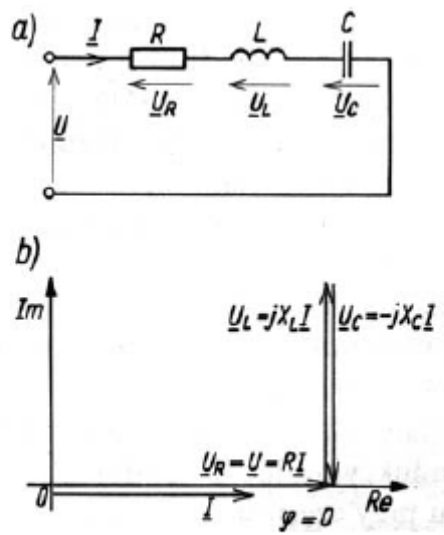
$$\frac{1}{Z} = Y \text{ -admitancja } [Y] = S \text{ (simens)}$$

### Rezonans napięć i prądów

Zjawisko rezonansu przedstawia taki stan pracy obwodu elektrycznego, przy którym reaktancja wypadkowa obwodu jest równa zero. Napięcie i prąd na zaciskach rozpatrywanego obwodu są zgodne w fazie. Częstotliwością rezonansową ( $f_r$ ) nazywamy częstotliwość, przy której reaktancja wypadkowa lub susceptancja wypadkowa obwodu jest równa zero.

### Rezonans napięć

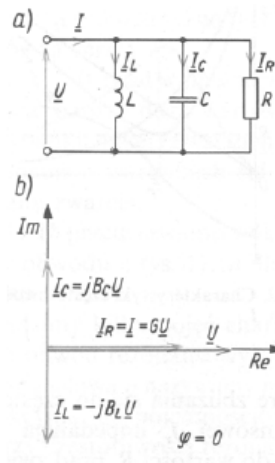
Rezonansem napięć lub rezonansem szeregowym nazywamy rezonans występujący w obwodzie o połączeniu szeregowym elementów R,L,C, charakteryzujący się równością reaktancji indukcyjnej i reaktancji pojemnościowej.



Rys. 9. Rezonans napięć w dwójniku szeregowym R, L, C: a) schemat obwodu; b) wykres wektorowy w stanie rezonansu [1,s.209]

### Rezonans prądów

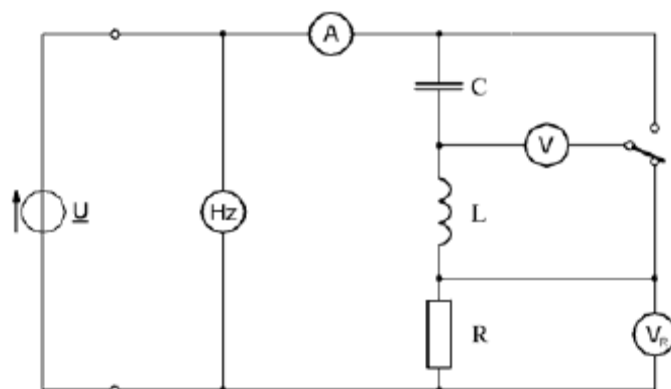
Rezonansem prądów lub rezonansem równoległym nazywamy rezonans występujący w obwodzie o połączeniu równoległym elementów R,L,C, charakteryzujący się równością susceptancji indukcyjnej i susceptancji pojemnościowej.



Rys. 10. Rezonans prądów w dwójniku równoległym R, L, C: a) schemat obwodu; b) wykres wektorowy w stanie rezonansu [1,s.212]

### Ćwiczenie 1

Zbadaj obwód szeregowy RLC.



Układ do badania obwodu szeregowego RLC

Tabela wyników pomiarów i obliczeń

f[kHz]	0,1	0,5	1	3	5	7	9
I [mA]							
U <sub>R</sub> [V]							
U <sub>C</sub> [V]							
U <sub>L</sub> [V]							
X <sub>L</sub> [Ω]							
X <sub>C</sub> [Ω]							
Z[Ω]							

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zanalizować schemat pomiarowy,
- 2) skompletować potrzebną aparaturę,
- 3) połączyć obwód elektryczny i zasilić go napięciem sinusoidalnie zmiennym o wartości skutecznej  $U=3V$ , zmieniając częstotliwość w zakresie od 100Hz do 9kHz,
- 4) wykonać pomiary prądu I, napięcia  $U_R$  na rezystorze,  $U_C$  na kondensatorze i  $U_L$  na cewce,
- 5) obliczyć wartości reaktancji pojemnościowej  $X_C$ , reaktancji indukcyjnej  $X_L$  i impedancji  $Z$  obwodu z zależności:

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} \quad X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \quad Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

- 6) wyznaczyć charakterystyki impedancji  $Z$ , reaktancji pojemnościowej  $X_C$ , indukcyjnej  $X_L$ , oraz napięć  $U_R$  na rezystorze,  $U_C$  na kondensatorze i  $U_L$  na cewce w funkcji częstotliwości,
- 7) odczytać z otrzymanych wykresów wartość częstotliwości rezonansowej  $f_r$ ,
- 8) obliczyć wartość częstotliwości rezonansowej  $f_r$  na podstawie zależności:

$$f_r = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{LC}}$$

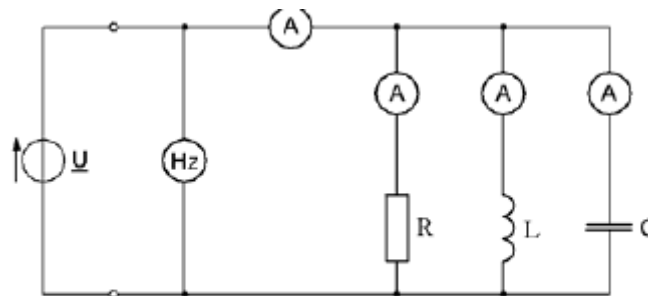
- 9) porównać wartości  $f_r$  otrzymane z wykresów i obliczeń,
- 10) oszacować dokładność pomiarów i sformułować wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- generator funkcyjny,
- częstotściomierz,
- 2 multimetry cyfrowe i multimetr analogowy,
- rezystor  $R = 470\Omega/2W$ ,
- cewka  $L = 33mH$ ,
- kondensator  $C = 47nF/250V$

## Ćwiczenie 2

Zbadaj obwód równoległy RLC



Układ do badania obwodu równoległego RLC

Tabela wyników pomiarów i obliczeń

f[kHz]	1	2	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8
I [mA]										
I <sub>R</sub> [mA]										
I <sub>C</sub> [mA]										
I <sub>L</sub> [mA]										
Z[Ω]										
U[V]										

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zanalizować schemat pomiarowy,
- 2) skompletować potrzebną aparaturę,
- 3) połączyć obwód elektryczny i zasilić go napięciem sinusoidalnie zmiennym o wartości skutecznej  $U=3V$ , zmieniając częstotliwość w zakresie od 1kHz do 8kHz,
- 4) wykonać pomiary prądów: głównego I, IR w gałęzi z rezystorem, IC w gałęzi z kondensatorem, IL w gałęzi z cewką.
- 5) obliczyć wartości impedancji Z obwodu z zależności:

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

- 6) wyznaczyć charakterystyki impedancji Z oraz prądu I w funkcji częstotliwości,
- 7) odczytać z otrzymanych wykresów wartość częstotliwości rezonansowej  $f_r$ ,
- 8) obliczyć wartość częstotliwości rezonansowej  $f_r$  na podstawie zależności:

$$f_r = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{LC}},$$

- 9) porównać wartości  $f_r$  otrzymane z wykresów i obliczeń,
- 10) oszacować dokładność pomiarów i sformułować wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- generator funkcyjny ze wskaźnikiem wartości skutecznej napięcia wyjściowego,
- częstotściomierz,
- 3 multimetry cyfrowe i multimetr analogowy,
- rezystor  $R = 220\Omega/2W$ ,
- cewka  $L = 33mH$ ,
- kondensator  $C = 47nF/250V$ .

Zespół Szkół Mechanicznych w Namysłowie Pomiary elektryczne i elektroniczne	Imię i nazwisko			
Temat ćwiczenia: <b>Prąd przemienny jednofazowy</b>	Nr ćw <b>27</b>	Klasa 1TZ	Grupa	Zespół
	Data wykonania	OCENY		
		Samooceana	Wykonanie	Ogólna

**Cel ćwiczenia:**

**PLAN DZIAŁANIA**

Odpowiedz na pytania.

1. Co nazywamy wartością skuteczną?
2. Co nazywamy wartością średnią?
3. Jak wygląda przebieg czasowy i wykres wektorowy prądu i napięcia dla cewki indukcyjnej?
4. Jak wygląda przebieg czasowy i wykres wektorowy prądu i napięcia dla kondensatora?
5. Jak zdefiniować prawo Ohma dla prądu przemiennego?
6. Jak wyjaśnić co to jest reaktancja cewki i kondensatora?
7. Co to jest impedancja i reaktancja obwodu RLC?
8. Co to jest zjawisko rezonansu?
9. Jakie są cechy charakteryzujące obwód, w którym występuje rezonans prądów?
10. Jakie są cechy charakteryzujące obwód, w którym występuje rezonans napięć?

**Ćwiczenie 1**

**SCHEMAT**

**Tabela pomiarowa**

f[kHz]	0,1	0,5	1	3	5	7	9
I [mA]							
$U_R$ [V]							
$U_C$ [V]							
$U_L$ [V]							
$X_L$ [ $\Omega$ ]							
$X_C$ [ $\Omega$ ]							
Z[ $\Omega$ ]							

OBLICZENIA

**Ćwiczenie 2****SCHEMAT****Tabela pomiarowa**

f[kHz]	1	2	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8
I [mA]										
$I_R$ [mA]										
$I_C$ [mA]										
$I_L$ [mA]										
Z[ $\Omega$ ]										
U[V]										

OBLICZENIA

**WNIOSKI I SPOSTRZEŻENIA**