

29-PRĄD PRZEMIENNY. CZĘŚĆ 2

Opory bierne

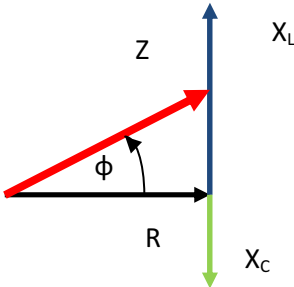
Indukcyjny $X_L = \omega L$ L - indukcyjność	Pojemnościowy $X_C = \frac{1}{\omega C}$ C – pojemność
--	--

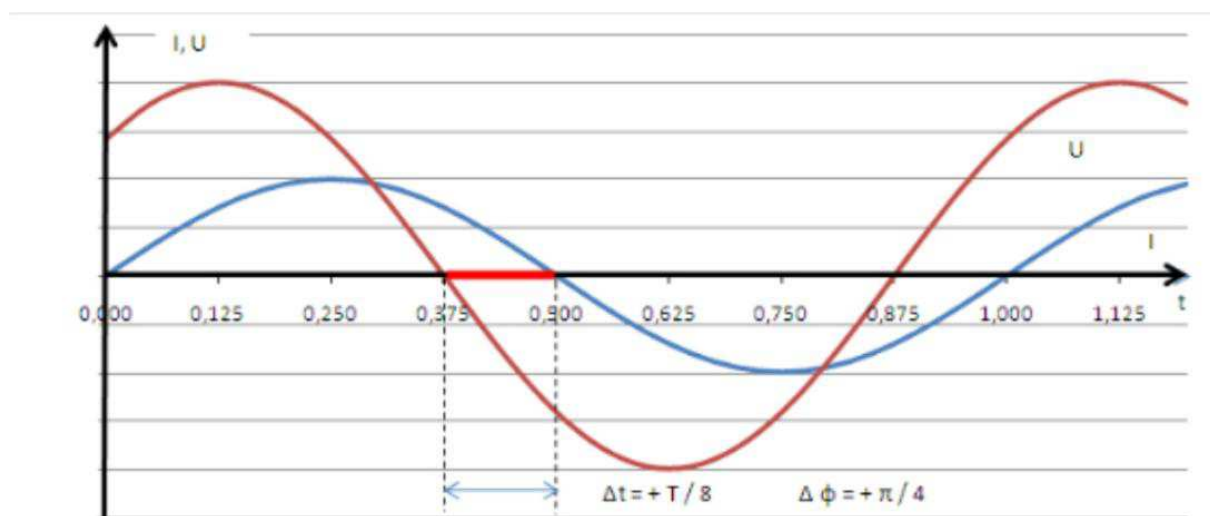
Szeregowy obwód RLC

$$I = I_o \sin \omega t$$

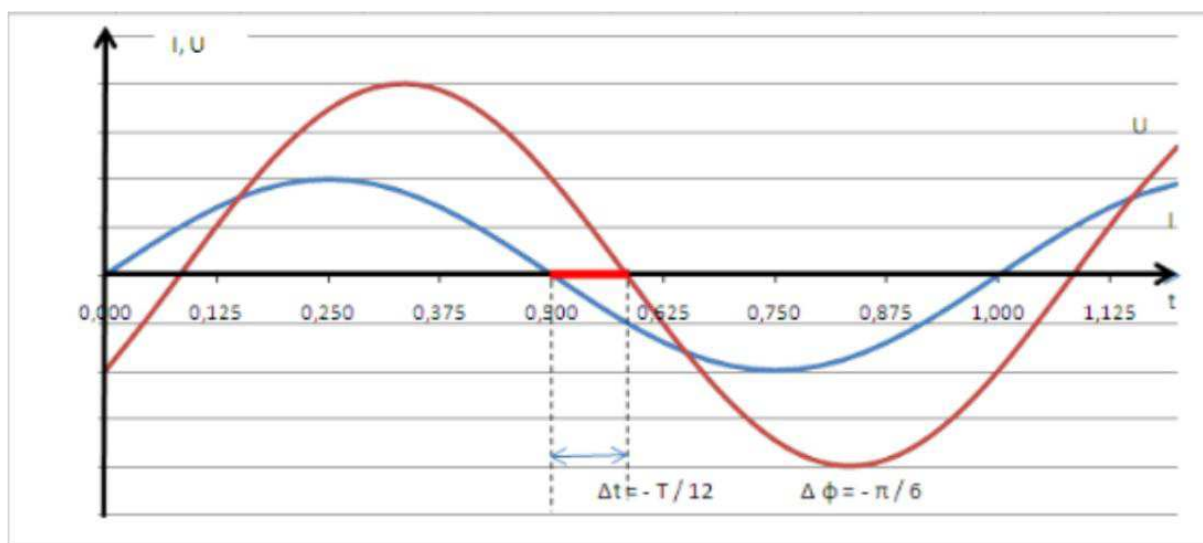
$$U = U_o \sin(\omega t + \varphi)$$

$$Z = \frac{U_{sk}}{I_{sk}} = \frac{U_o}{I_o} = \frac{U}{I}$$

	Impedancja (zawada) $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$ Przesunięcie fazowe (oblicza się z funkcji trygonometrycznej)
---	--



Powyżej przykład, gdy napięcie wyprzedza w fazie natężenie prądu



Powyżej przykład, gdy napięcie jest opóźnione w fazie względem natężenia prądu

Moc

$$P = U_{sk} I_{sk} \cos \varphi = \frac{U_o I_o}{2} \cos \varphi \quad P = I_{sk}^2 Z \cos \varphi = \frac{I_o^2 Z}{2} \cos \varphi \quad P = \frac{U_{sk}^2}{Z} \cos \varphi = \frac{U_o^2}{2Z} \cos \varphi$$

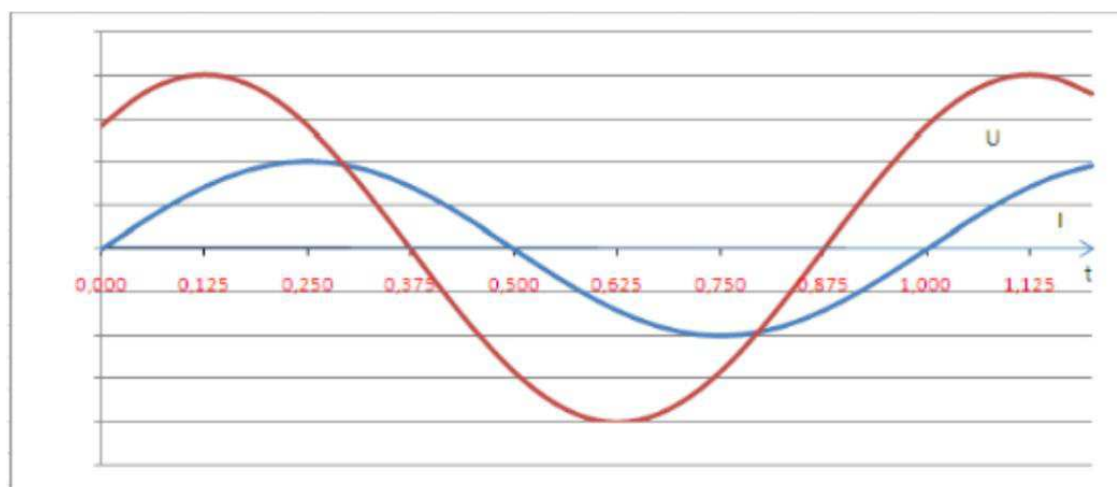
W obwodzie RLC przesunięcie fazowe $-\frac{\pi}{2} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$

t

PRZYPADKI

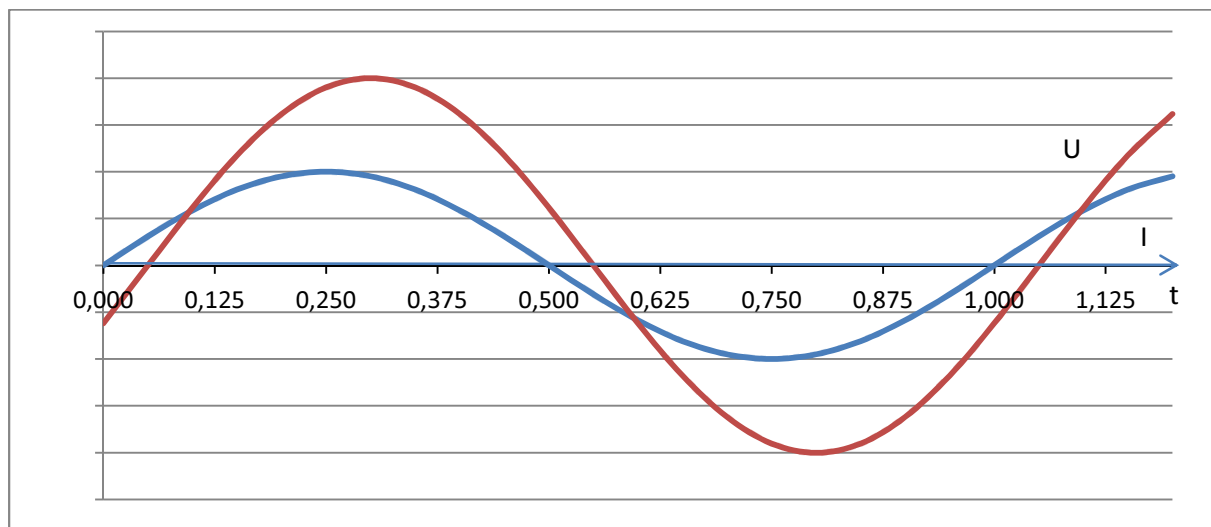
Dla obwodu RL ($X_C=0$) $Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$ $0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}$

Napięcie wyprzedza w fazie natężenie prądu.



Dla obwodu RC ($X_L=0$)
$$Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}} \quad -\frac{\pi}{2} \leq \varphi \leq 0$$

Napięcie jest opóźnione w fazie względem natężenia prądu.



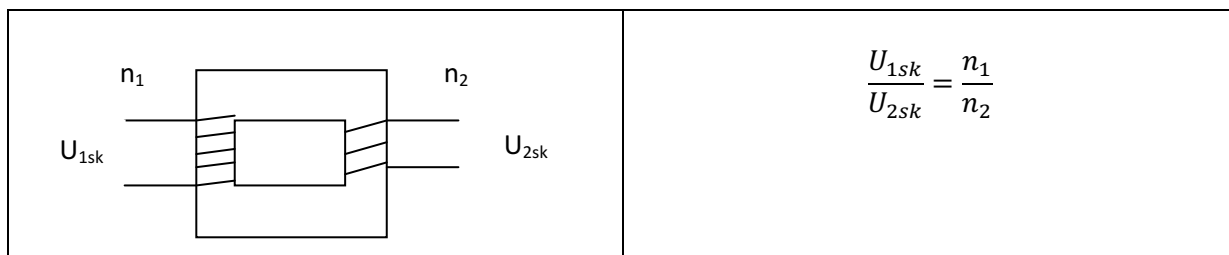
Dla obwodu LC ($R=0$)
$$Z = \omega L - \frac{1}{\omega C}$$

Dla $\omega = \omega_0$ $Z=0$

Częstotliwość rezonansowa

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Transformator



ZADANIA

Zadanie 1

Napięcie skuteczne prądu przemiennego wynosi $U_s = 230$ V, częstotliwość prądu $f = 50$ Hz, natężenie skuteczne $I_s = 2$ A oraz moc skuteczna $P_s = 345$ W. Jak wielki jest kąt przesunięcia fazowego pomiędzy napięciem i natężeniem? Napisać równanie dla wartości chwilowej natężenia prądu i napięcia od czasu.

Odpowiedź: $\varphi = +41,4^\circ$ lub $\varphi = -41,4^\circ$ czyli $+0,23\pi$ rad albo $-0,23\pi$ rad

$$I = 2,82 \cdot \sin 100\pi t \quad [A]$$

$$U = 325 \cdot \sin \pi(100t + 0,23) \quad [V]$$

$$\text{albo } I = 2,82 \cdot \sin 100\pi t \quad [A]$$

$$U = 325 \cdot \sin \pi(100t - 0,23) \quad [V]$$

Zadanie 2

W obwód RL prądu przemiennego o częstotliwości $f = 50$ Hz włączono cewkę, woltomierz, amperomierz oraz watomierz. Wskazują one $U_s = 120$ V, $I_s = 10$ A, $P_s = 600$ W. Oblicz różnicę fazy prądu oraz napięcia, samoindukcję obwodu oraz jego opór omowy.

Odpowiedź: $\varphi = \pi/3$ rad ; $L = 0,033$ H ; $R = 6 \Omega$.

Zadanie 3

Jeżeli do cewki o samoindukcji $L = 0,6$ H włączono stałe napięcie $U = 24$ V, to popłynął przez nią prąd o natężeniu $I = 0,35$ A. Jaki popłynie przez nią prąd, jeśli włączymy tę cewkę do źródła prądu przemiennego o napięciu skutecznym równym temu stałemu, a więc 24 V i częstotliwości $f = 50$ Hz?

Odpowiedź: $I_s = 0,12$ A.

Zadanie 4

W obwód prądu przemiennego o częstotliwości $f = 50$ Hz oraz o napięciu skutecznym $U_s = 120$ V włączony jest opór omowy $R = 150 \Omega$ oraz opór pojemnościowy kondensatora o pojemności $C = 5 \mu F$ (szeregowo z omowym). Obliczyć natężenie skuteczne prądu płynącego w obwodzie, przesunięcie fazowe prądu oraz moc skuteczną tego układu.

Odpowiedź: $I_s = 0,182$ A ; $\varphi = -76,74^\circ = -1,34$ rad ; $P_s = 4,95$ W.

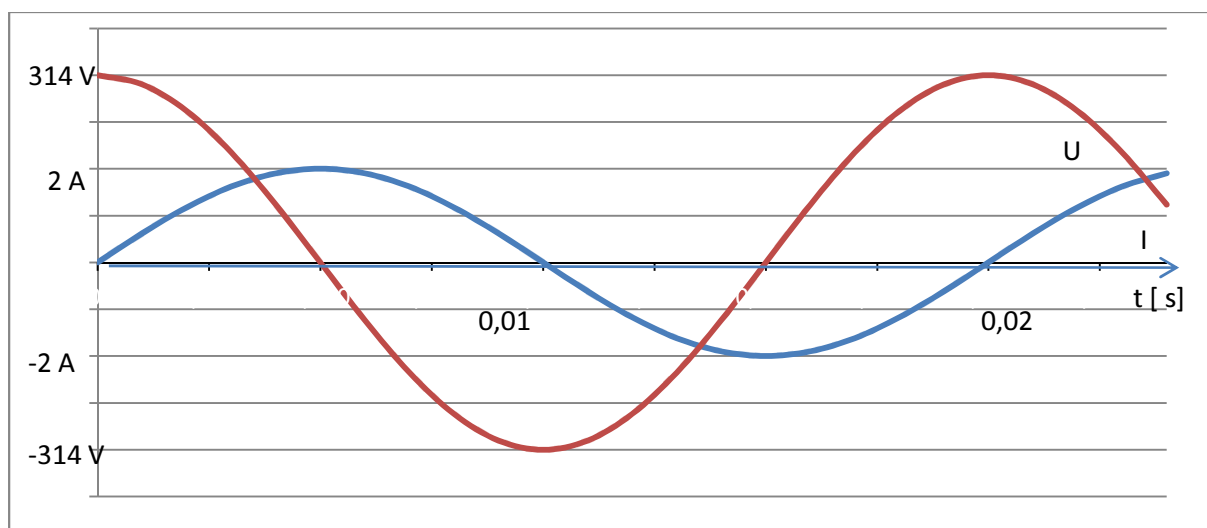
Zadanie 5

Przez cewkę przepływa prąd zmieniający się według równania $i = 2 \sin 314t$ [A]. Indukcyjność cewki wynosi $L = 0,5$ H, a jej opór omowy pomijamy. Napisz równanie zależności napięcia od czasu . Wykonaj wykresy zależności natężenia prądu i napięcia od czasu

Odpowiedź:

$$U = 314 \cos 314t$$

Wykres poniżej



Zadanie 6

Pusta wewnątrz cewka dołączona jest do źródła prądu przemiennego. Jak zmieni się natężenie prądu po umieszczeniu w cewce rdzenia o względnej przenikalności magnetycznej $\mu = 1000$. Pomiń opór cewki.

Odpowiedź: Natężenie prądu zmaleje 1000 razy.

Zadanie 7

Szeregowy obwód RLC podłączono do źródła napięcia zmiennego o częstotliwości 50 Hz i napięciu skutecznym $U_{sk} = 100$ V. Opór omowy $R = 100 \Omega$, cewka ma indukcyjność $L = 0,8$ H, a kondensator ma pojemność $C = 20 \mu\text{F}$. Oblicz:

- opór pozorny obwodu
- natężenie skuteczne prądu
- wartość kąta przesunięcia fazowego

Odpowiedź: a. 92Ω ; b. $0,736$ A ; c. $42,61^\circ$ czyli ok. $0,74$ rad.

Zadanie 8

W obwodzie LC zachodzi rezonans elektromagnetyczny. Cewka ma rdzeń o względnej przenikalności magnetycznej $\mu = 1000$, a pojemność kondensatora wynosi 1 nF. Gdy z cewki wyciągnięto rdzeń, natężenie prądu zmniejszyło się. O ile należy zmienić pojemność elektryczną kondensatora, by z powrotem otrzymać maksymalne natężenie prądu?

Odpowiedź: Należy zwiększyć pojemność o 999 nF.

Zadanie 9

Jak zmieni się częstotliwość drgań własnych układu LC jeśli:

- do zwojnicy włożymy rdzeń stalowy o przenikalności $\mu = 10000$?
- między okładki kondensatora włożymy dielektryk o względnej stałej dielektrycznej $\epsilon_r = 4$?
- wykonamy obydwie czynności wymienione w punktach a i b?

Odpowiedź: a. zmaleje 100 razy ; b. zmaleje 2 razy ; c. zmaleje 200 razy

Zadanie 10

Nadajnik radiową wysyła falę. Indukcyjność nadajnika wynosi 1 mH, a pojemność 0,3 μF . Odbiornik ma indukcyjność 2 mH. Jaką pojemność musi mieć odbiornik, aby odebrał określoną stację? Jaka jest częstotliwość wysyłanej fali i jej długość?

Odp: $C = 0,15 \mu\text{F}$; $f = 9189 \text{ Hz}$; $\lambda = 32,6 \text{ km}$.