

ĆWICZENIE NR 2

BADANIA OBWODÓW RLC PRĄDU HARMONICZNEGO

Cel ćwiczenia: doświadczalne sprawdzenie prawa Ohma i praw Kirchhoffa oraz zależności fazowych pomiędzy sinusoidalnie zmiennymi przebiegami prądów i napięć w obwodach zawierających elementy R, L, C, wykresów wskazowych badanych obwodów.

2.1. Podstawy teoretyczne ćwiczenia

2.1.1. Elementy obwodów RLC

Rezystor

W obwodzie prądu harmonicznego zawierającego idealny rezystor wartości chwilowe napięcia u_R oraz prądu i spełniają prawo Ohma

$$u_R = Ri \quad (2.1)$$

Zakładając, że przebieg prądu ma postać

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \Psi_i) \quad (2.2)$$

wówczas płynąc przez rezystor o rezystancji R , na jego zaciskach spowoduje powstanie napięcia

$$u(t) = Ri(t) = RI_m \sin(\omega t + \Psi_i) = U_m \sin(\omega t + \Psi_u), \quad (2.3)$$

przy czym amplituda przebiegu napięcia

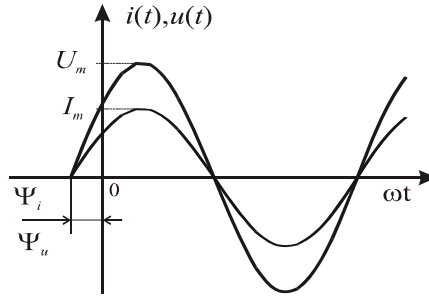
$$U_m = RI_m \quad \text{oraz} \quad \underline{U}_m = \sqrt{2} \underline{U}, \quad (2.4)$$

natomiast faza początkowa

$$\Psi_u = \Psi_i. \quad (2.5)$$

Przesunięcie fazowe φ między przebiegami $u(t)$ i $i(t)$ wynosi zero (rys.2.1):

$$\varphi = \Psi_u - \Psi_i = 0 \quad (2.6)$$



Rys.2.1. Przebieg napięcie i prądu dla idealnego rezystora

Przedstawiając związki między prądem i napięciem w postaci symbolicznej otrzymamy:

symboliczną wartość chwilową prądu

$$\underline{i}(t) = \underline{I}_m e^{j\omega t} \quad \text{gdzie} \quad \underline{I}_m = I_m e^{j\Psi_i}, \quad (2.7)$$

oraz symboliczną wartość chwilową napięcia

$$\underline{u}(t) = R \underline{i}(t) = R \underline{I}_m e^{j\omega t} = \underline{U}_m e^{j\omega t}. \quad (2.8)$$

Zatem amplituda symboliczna napięcia wynosi

$$\underline{U}_m = R \underline{I}_m \quad (2.9)$$

co oznacza, że przy uwzględnieniu zależności: $\underline{U}_m = \sqrt{2} \underline{U}$ oraz $\underline{I}_m = \sqrt{2} \underline{I}$

$$\underline{U} = R \underline{I} \quad \text{oraz} \quad \underline{I} = G \underline{U} \quad . \quad (2.10)$$

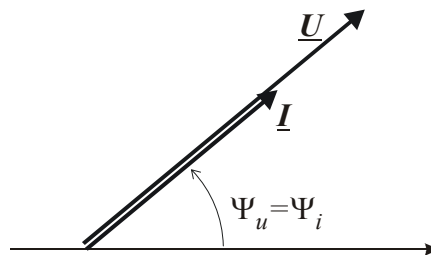
Przedstawiając symboliczne wartości skuteczne w postaci wykładniczej, otrzymujemy

$$\underline{U} = U e^{j\Psi_u} = R I e^{j\Psi_i}; \quad (2.11)$$

a co za tym idzie

$$\Psi_u = \Psi_i \quad . \quad (2.12)$$

Wobec tego wskaz napięcia $\underline{U} = R \underline{I}$ znajduje się na tej samej prostej co wskaz \underline{I} (rys.2.2)



Rys.2.2. Wykres wskazowy dla rezystora

Cewka indukcyjna

Prąd sinusoidalnie zmienny w idealnej cewce o indukcyjności L indukuje napięcie na jej zaciskach wyrażone zależnością

$$u(t) = L \frac{di(t)}{dt} \quad (2.13)$$

Przyjmując, że w cewce płynie prąd harmoniczny

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \Psi_i), \quad (2.14)$$

napięcie na cewce wynosi

$$u(t) = \omega L I_m \sin\left(\omega t + \Psi_i + \frac{\pi}{2}\right) = U_m \sin(\omega t + \Psi_u). \quad (2.15)$$

Z powyższej zależności wynika, że amplituda przebiegu napięcia przyjmuje postać

$$U_m = \omega L I_m = x_L I_m \quad (2.16)$$

natomiast faza początkowa wynosi

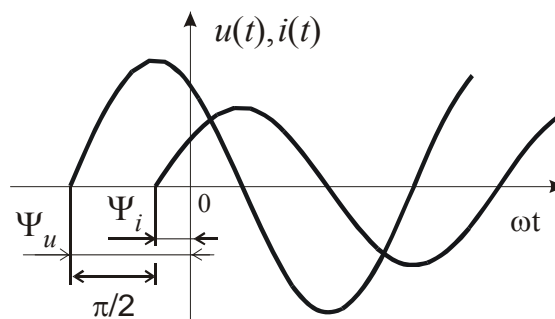
$$\Psi_u = \Psi_i + \frac{\pi}{2}. \quad (2.17)$$

Oznacza to, że przesunięcie fazowe φ między przebiegami $u(t)$ i $i(t)$ cewki indukcyjnej

$$\varphi = \Psi_u - \Psi_i = \frac{\pi}{2}$$

wynosi (rys.2.3):

(2.18)



Rys.2.3 . Przebieg napięcia i prądu na zaciskach idealnej cewki

Dla cewki indukcyjnej - symboliczną wartość chwilową prądu jest wyrażona przez zależność:

$$\underline{i}(t) = \underline{I}_m e^{j\omega t} \quad \text{gdzie} \quad \underline{I}_m = I_m e^{j\Psi_i}, \quad (2.19)$$

natomiast symboliczna wartość chwilowa napięcia

$$\underline{u}(t) = L \frac{d\underline{i}(t)}{dt} = j\omega L \underline{I}_m e^{j\omega t} = \underline{U}_m e^{j\omega t} \quad (2.20)$$

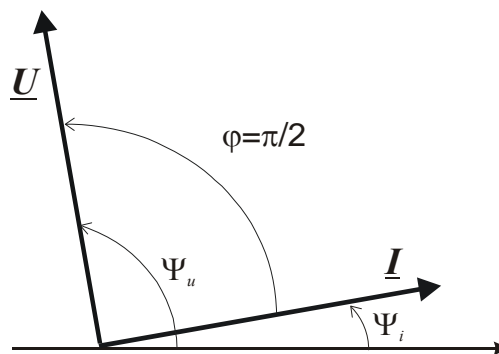
Zatem skuteczna zespolona napięcia jest określona następująco

$$\underline{U}_L = j\omega L \underline{I} = jX_L \underline{I} \quad (2.22)$$

co oznacza, że

$$\underline{U}_L = x_L I e^{j\frac{\pi}{2}} \quad (2.22)$$

Pomnożenie wskazu \underline{I} przez $j\omega L$ powoduje, że wskaz \underline{U} wyprzedza o 90° wskaz prądu (rys.2.4) $\varphi = \Psi_u - \Psi_i = \frac{\pi}{2}$



Rys.2.4. Wykres wskazowy dla cewki

Kondensator

Dla napięcia $u(t)$ na zaciskach idealnego kondensatora o pojemności C , prąd płynący przez niego opisuje zależność (2.26)

$$i(t) = C \frac{du(t)}{dt} \quad (2.26)$$

Przyjmując, że na zaciskach kondensatora występuje napięcie

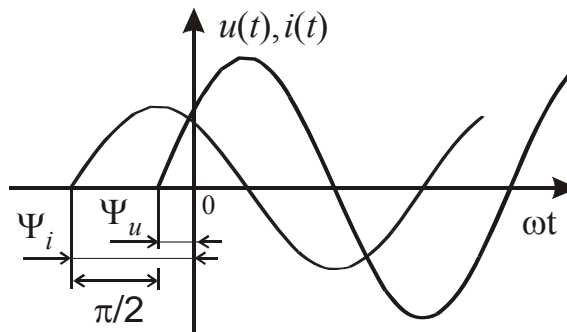
$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \Psi_u), \quad (2.27)$$

wówczas prąd płynący przez kondensator wynosi

$$i(t) = \omega C U_m \sin\left(\omega t + \Psi_u + \frac{\pi}{2}\right) = I_m \sin(\omega t + \Psi_i). \quad (2.28)$$

Zatem przesunięcie fazowe φ między przebiegami $u(t)$ i $i(t)$ na kondensatorze wynosi (rys.2.5):

$$\varphi = \Psi_u - \Psi_i = -\frac{\pi}{2} \quad (2.30)$$



Rys. 2.5. Przebieg napięcia i prądu dla idealnego kondensatora

Wartość symboliczna chwilowa napięcia na kondensatorze wynosi

$$\underline{u}(t) = \underline{U}_m e^{j\omega t} \quad \text{gdzie} \quad \underline{U}_m = U_m e^{j\Psi_u}, \quad (2.31)$$

natomiast prądu

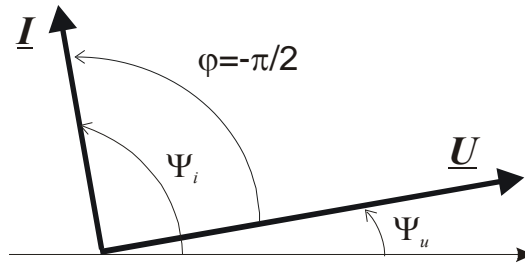
$$\underline{i}(t) = C \frac{d\underline{u}(t)}{dt} = j\omega C \underline{U}_m e^{j\omega t} = \underline{I}_m e^{j\omega t}. \quad (2.32)$$

Zatem symboliczna wartość skuteczna prądu jest wyrażona następująco

$$\underline{I} = j\omega C \underline{U} \quad \text{oraz} \quad \underline{U}_C = \frac{1}{j\omega C} \underline{I} = -jX_C \underline{I} \quad (2.34)$$

Przedstawiając symboliczne wartości skuteczne w postaci wykładniczej, otrzymujemy

$$\underline{U}_C = \frac{1}{\omega C} I e^{-j\frac{\pi}{2}} = X_C I e^{-j\frac{\pi}{2}}, \quad (2.35)$$



Rys.2.6. Wykres wskazowy dla kondensatora

Pomnożenie wskazów \underline{I} przez $1/j\omega C$ powoduje, że wskazów \underline{U} jest opóźniony o 90° względem prądu \underline{I} (rys.2.6) $\varphi = \Psi_u - \Psi_i = -\frac{\pi}{2}$

2.1.2. Podstawowe prawa w obwodach elektrycznych w postaci zespolonej

Prawo Ohma: symboliczna wartość skuteczna napięcia \underline{U} na dwójniku równa się iloczynowi impedancji dwójnika \underline{Z} i wartości skutecznej prądu \underline{I} w nim występującego:

$$\underline{U} = \underline{Z} \underline{I} \quad (2.38)$$

Impedancja (opór zespolony) \underline{Z} charakteryzuje przewodnictwo elektryczne dwójnika dla prądu sinusoidalnego. Podstawiając w (2.38) symboliczne wartości skuteczne w postaci wykładniczej, otrzymujemy:

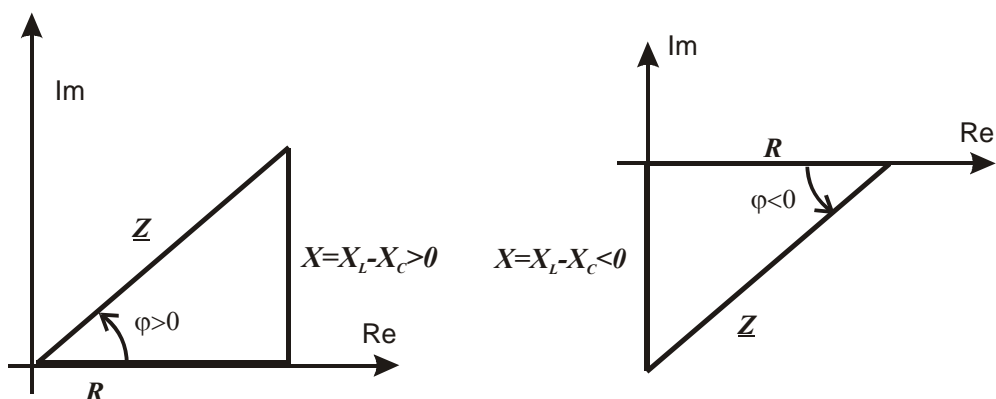
$$\underline{Z} = \frac{\underline{U}}{\underline{I}} = \frac{U e^{j\Psi_u}}{I e^{j\Psi_i}} = \frac{U}{I} e^{j(\Psi_u - \Psi_i)} \quad (2.39)$$

Impedancję \underline{Z} można przedstawić geometrycznie na płaszczyźnie zmiennej zespolonej (rys.2.7) za pomocą **trójkąta impedancji**.

czyli:
$$Z = \frac{U}{I}, \quad \arg \underline{Z} = (\Psi_u - \Psi_i) = \varphi \quad (2.40)$$

Zatem
$$\underline{Z} = Z e^{j\varphi} \quad \underline{Z} = \sqrt{R^2 + X^2} e^{j \arctg \frac{X}{R}} \quad \underline{Z} = R + j(x_L - x_C) \quad (2.41)$$

\swarrow rezystancja \nwarrow reaktancja



Rys.2.7. Trójkąt impedancji

Prawo Ohma można także przedstawić następująco:

Symboliczna wartość skuteczna prądu \underline{I} w dwójniku równa się iloczynowi admitancji dwójnika \underline{Y} i wartości skutecznej napięcia \underline{U} na jego zaciskach:

$$\underline{I} = \underline{Y}\underline{U} \quad (2.42)$$

Admitancja (przewodność zespolona – jej jednostką jest simens S) dwójnika równa się odwrotności jego impedancji:

$$\underline{Y} = \frac{1}{\underline{Z}} \quad (2.43)$$

I prawo Kirchhoffa - prądowe prawo Kirchhoffa (PPK)

Algebraiczna suma symbolicznych wartości chwilowych prądów $\underline{i}_k(t)$ we wszystkich gałęziach dołączonych do jednego, dowolnie wybranego węzła obwodu jest w każdej chwili czasu równa zeru:

$$\sum_t \sum_{k=1}^n \lambda_k i_k(t) = 0 \quad (2.47)$$

gdzie: $\lambda_k = \pm 1$ („+” jeśli prąd elektryczny ma zwrot do węzła; „-” jeśli zwrot jest przeciwny, od węzła)

Jest ono także słuszne dla symbolicznych amplitud (5.47a) oraz symbolicznych wartości skutecznych (2.47b) odpowiednich prądów:

$$\sum_{k=1}^n \lambda_k I_{m k} = 0, \quad (2.47a)$$

$$\sum_{k=1}^n \lambda_k \underline{I}_k = 0 \quad (5.47b)$$

II prawo Kirchhoffa - napięciowe prawo Kirchhoffa (NPK)

Algebraiczna suma symbolicznych wartości chwilowych napięć $\underline{u}_n(t)$ na wszystkich elementach, tworzących dowolnie wybrane oczko obwodu jest w każdej chwili czasu równa zeru:

$$\sum_t^n v_k \underline{u}_k(t) = 0 \quad (2.48)$$

gdzie: $v_k = \pm 1$ („+” jeśli zwrot napięcia jest zgodny z przyjętym za dodatni kierunkiem obiegu oczka; „-” jeśli jest przeciwny)

Jest ono także słuszne dla symbolicznych amplitud (2.48a) oraz symbolicznych wartości skutecznych (2.48b) odpowiednich napięć:

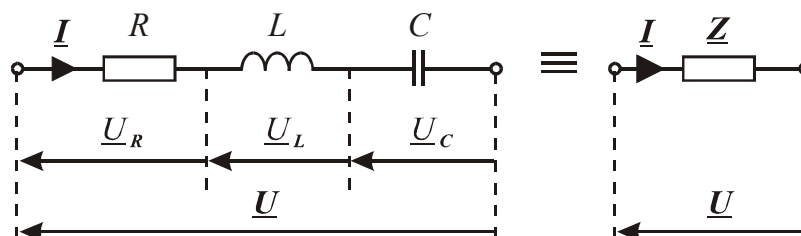
$$\sum_{k=1}^n v_k \underline{U}_{mk} = 0 \quad (2.48a)$$

$$\sum_{k=1}^n v_k \underline{U}_k = 0 \quad (5.48b)$$

2.1.2. Połączenia elementów R, L, C

Obwód szeregowy RLC

Rysunek 2.9. przedstawia połączenie szeregowe idealnego rezystora R , idealnej cewki indukcyjnej L i idealnego kondensatora C .



Rys. 2.9. Szeregowy obwód RLC

Zależności na:		
	napięcia na elemencie obwodu	impedancję elementu obwodu
R	$\underline{U}_R = R \underline{I}$	$\underline{Z}_R = R$
L	$\underline{U}_L = j\omega L \underline{I} = jX_L \underline{I}$	$\underline{Z}_L = j\omega L = jX_L$
C	$\underline{U}_C = \frac{1}{j\omega C} \underline{I} = -j \frac{1}{\omega C} \underline{I} = -jX_C \underline{I}$	$\underline{Z}_C = -j \frac{1}{\omega C} = -jX_C$

Dla tak skonfigurowanego układu napięcie symboliczne wynosi:

$$\underline{U} = \underline{Z} \underline{I} = \left[R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \right] \underline{I} = [R + j(X_L - X_C)] \underline{I} = (R + jX) \underline{I}, \quad (2.49)$$

natomiast

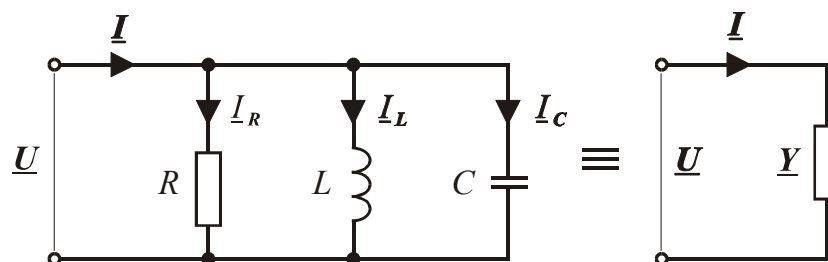
$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + X^2}, \quad (2.50)$$

przy czym

$$\arg \underline{Z} = \varphi = \operatorname{arctg} \left(\frac{X_L - X_C}{R} \right) = \operatorname{arctg} \left(\frac{X}{R} \right). \quad (2.51)$$

Obwód równoległy RLC

Rys. 2.10 przedstawia połączenie równoległe elementów RLC



Rys. 2.10. Równoległy obwód RLC i równoważny dla niego dwójnik admitancyjny

Zależności na:		
	prąd w elemencie obwodu	admitancję elementu obwodu
R	$\underline{I}_R = G\underline{U}$	$\underline{Y}_R = G$
L	$\underline{I}_L = \frac{1}{j\omega L}\underline{U} = -j\frac{1}{\omega L}\underline{U} = -jB_L\underline{U}$	$\underline{Y}_L = -j\frac{1}{\omega L} = -jB_L = -j\frac{1}{X_L}$
C	$\underline{I}_C = j\omega C\underline{U} = jB_C\underline{U}$	$\underline{Y}_C = j\omega C = jB_C = j\frac{1}{X_C}$

Ponieważ

$$\underline{I} = \underline{Y}\underline{U} = \left[G + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right) \right] \underline{U} = [G + j(B_C - B_L)] \underline{U} = (G + jB)\underline{U} , \quad (2.51)$$

zatem admitancja

$$Y = \sqrt{G^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right)^2} = \sqrt{G^2 + (B_C - B_L)^2} = \sqrt{G^2 + B^2} , \quad (2.52)$$

wówczas

$$\arg \underline{Y} = \arctg\left(\frac{B_C - B_L}{G} \right) = \arctg\left(\frac{B}{G} \right) . \quad (2.53)$$

Warunek równoważności szeregowego i równoległego obwodu RLC

Ogólny warunek równoważności obwodów; szeregowego rys. 2.9 i równoległego rys. 2.10 wyraża się równością ich odpowiednich impedancji (lub admitancji) symbolicznych. Przyjmując dla oznaczenia elementów obwodu szeregowego indeks "s", a równoległego indeks "r", można powyższy warunek zapisać w postaci.

$$\underline{Z}_s = \underline{Z}_r \quad (2.54)$$

przy uwzględnieniu, że

$$\underline{Z}_s = R + j(x_{L_s} - x_{C_s}) , \quad (2.55)$$

$$\underline{Z}_r = \frac{1}{G_r + j(B_{C_r} - B_{L_r})} . \quad (2.54)$$

Stąd po podstawieniu wzorów (2.55) i (2.56) do równania (2.54) i przekształceniach otrzymuje się zależności:

$$G_R = \frac{R_s}{R_s^2 + X_s^2} , \quad (2.55)$$

$$B_{C_r} - B_{L_r} = \frac{-X_s}{R_s^2 + X_s^2} , \quad (2.56)$$

$$X_s = X_{L_s} - X_{C_s} , \quad (2.57)$$

pozwalające ustalić wartości parametrów obwodów równoważnych. Jeżeli w rozważanych obwodach pominiemy indukcyjność L , to odpowiednie zależności uproszczą się do następujących postaci:

$$R_r = \frac{Z_s^2}{R_s} \quad (2.58)$$

$$C_r = C_s \left(\frac{C_s}{Z_s} \right)^2 \quad (2.59)$$

Z rozważań tych wynika, że obliczone wartości parametrów obwodów równoważnych zależą od częstotliwości. Oznacza to, że obwody szeregowy i równoległy są sobie równoważne tylko dla jednej częstotliwości, dla której obliczono parametry równoważne.

2.2. Badania laboratoryjne

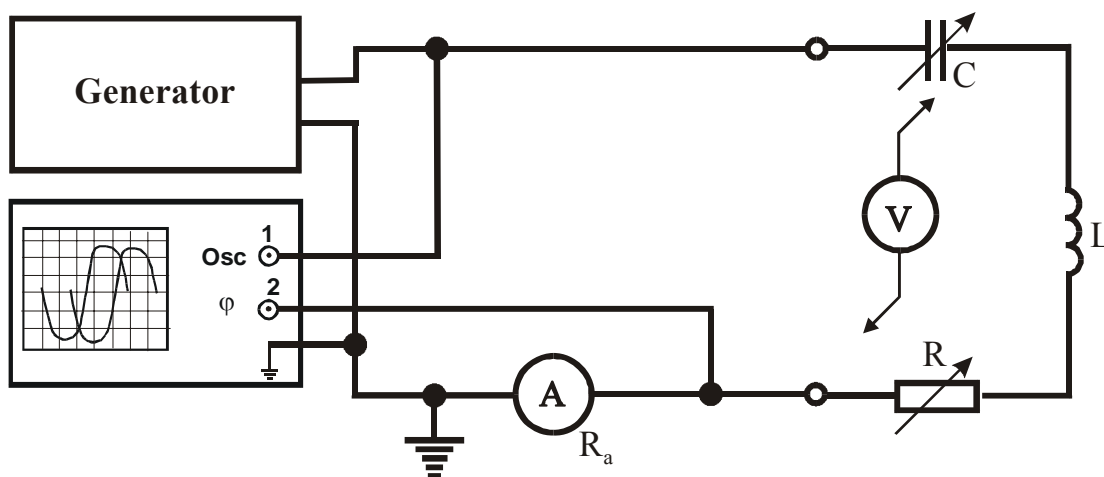
PROTOKÓŁ POMIAROWY

LABORATORIUM OBWODÓW I SYGNAŁÓW ELEKTRYCZNYCH				
Grupa		Podgrupa	Numer ćwiczenia	2
Lp.	Nazwisko i imię		Data wykonania ćwiczenia	
1.			Prowadzący ćwiczenie	
2.				
3.				
4.				
5.				
Temat	BADANIA OBWODÓW RLC PRĄDU HARMONICZNEGO			

1. Cel ćwiczenia: doświadczalne sprawdzenie prawa Ohma, praw Kirchhoffa i zależności fazowych między sinusoidalnie zmiennymi przebiegami prądów i napięć w obwodach zawierających elementy R, L, C, oraz wykresów wskazowych badanych obwodów.

2. Wyznaczenie reaktancji pojemnościowej kondensatora C

2.1 Schemat układu pomiarowego



Rys. 3.10 Schemat ideowy układu pomiarowego

2.2 Wykaz przyrządów i elementów pomiarowych:

Lp.	Oznaczenie przyrządu na schemacie	Nazwa przyrządu	Typ	Klasa dokładności	Wykorzystywane zakresy pomiarowe	Numer fabryczny
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						

2.3. Tabele pomiarowe

Wyznaczenie reaktancji pojemnościowej kondensatora C

W zmontowanym układzie pomiarowym dla ustalonej wartości prądu I, przy zwartych elementach R i L obwodu, wykonać pomiary napięcia na kondensatorze.

Pomiary wykonać dla kilku wartości częstotliwości a wyniki pomiarów wpisać do tabeli 3.1.

Tab. 3.1.

I = const = 0,030 A, R _a = 15 Ω C =μF						
Lp.	Pomiary			Obliczenia		
	f	U	φ	X _{Cobl}	X _{Cs}	ΔX _C
	Hz	V	deg	Ω	Ω	Ω
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

X_{Cobl} – reaktancja pojemnościowa wyznaczona na podstawie pomiarów z zależności $X_{Cobl} = \frac{U}{I}$

X_{Cs} – reaktancja pojemnościowa wyznaczona teoretycznie w oparciu o parametry obwodu

ΔX_C – błąd wyznaczenia reaktancji X_C $\Delta X_C = |X_{Cs} - X_{Cobl}|$

Uwaga: na podstawie pomiaru przesunięcia fazowego oszacować czy badany element w danym zakresie częstotliwości można uznać za element idealny.

Opracowanie wyników pomiarów:

- wykreślić zależność $X_C = f(f)$,
- na tym samym wykresie nanieść charakterystykę sporządzoną na podstawie wartości wyznaczonych teoretycznie.

3.2.2. Wyznaczenie reaktancji cewki indukcyjnej L

W zmontowanym układzie pomiarowym dla ustalonej wartości prądu I, przy zwartych elementach R i C obwodu, wykonać pomiary napięcia na cewce indukcyjnej. Pomiary wykonać dla kilku wartości częstotliwości. Wyniki pomiarów wpisać do tabeli 3.2.

Tab. 3.2.

I = const = 0,030 A, R _a = 15 Ω , R _L = Ω							
Lp.	Pomiary			Obliczenia			
	f	U	φ	X _{Lobl}	X _{Ls}	ΔX _L	R _L
	Hz	V	deg	Ω	Ω	Ω	Ω
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
						R _{Lsr} =	

X_{Lobl} – reaktancja indukcyjna wyznaczona z zależności $X_{Lobl} = \frac{U}{I} \sin \varphi$

X_{Ls} – reaktancja indukcyjna wyznaczona teoretycznie w oparciu o parametry obwodu

ΔX_L – błąd wyznaczenia reaktancji X_L

$$\Delta X_L = | X_{Ls} - X_{Lobl} | \quad R_L = \frac{U}{I} \cos \varphi - R_A$$

Uwaga: na podstawie pomiaru przesunięcia fazowego oszacować czy badany element w danym zakresie częstotliwości można uznać za element idealny.

Opracowanie wyników pomiarów:

- wykreślić zależność $X_L = f(f)$,
- na tym samym wykresie nanieść charakterystykę sporządzoną na podstawie wartości wyznaczonych teoretycznie.

3.2.3. Badanie szeregowego obwodu RC

W zmontowanym układzie pomiarowym dla ustalonej wartości prądu I , przy zwartej indukcyjności L , wykonać pomiary napięć na elementach obwodu oraz kąta przesunięcia fazowego między prądem i napięciem. Pomiary wykonać dla kilku wartości częstotliwości. Wyniki pomiarów zapisać w tabeli 3.3.

Mierząc napięcie U_R należy uwzględnić spadek napięcia na R_a amperomierza.

Tab. 3.3.

I = const =A, R =..... Ω , R_a = Ω , C =.....F											
Lp.	Pomiary					Obliczenia	Wartości obliczone teoretycznie				
	f	U_R	U_C	U	φ	Z	U_{Robl}	U_{Cobl}	U_{obl}	φ_{obl}	Z_{obl}
	Hz	V	V	V	deg	Ω	V	V	V	deg	Ω
1.											
2.											
3.											
4.											
5.											
6.											
7.											

Opracowanie wyników pomiarów:

- wykonać obliczenia na podstawie pomiarów oraz obliczenia teoretyczne w oparciu o parametry i strukturę obwodu,
- na podstawie pomiarów, w jednym układzie współrzędnych, wykreślić zależność modułu impedancji Z i kąta przesunięcia fazowego φ od częstotliwości f
 $Z = f(f)$, $\varphi = f(f)$; na tym samym wykresie nanieść charakterystyki sporządzone na podstawie wartości wyznaczonych teoretycznie, w oparciu o parametry i strukturę obwodu.

3.2.4. Badanie szeregowego obwodu RL

W zmontowanym układzie pomiarowym, dla ustalonej wartości prądu I , przy zwartej pojemności C , wykonać pomiary napięć na elementach obwodu oraz kąta przesunięcia fazowego między prądem i napięciem. Pomiary wykonać dla kilku wartości częstotliwości. Wyniki pomiarów zapisać w tabeli 3.4.

Przy pomiarze U_R uwzględnić spadek napięcia na R_a amperomierza

Jednak należy pamiętać o pomiarze napięcia $U'_R = U_R + U_{Ra}$ na rezystancji obwodu

Opracowanie wyników pomiarów:

- na podstawie struktury obwodu oraz parametrów obwodu obliczyć teoretyczne wartości napięć, reaktancji, impedancji obwodu oraz kątów przesunięcia fazowego. Wyniki wpisać do tabeli 3.5.2,
- na podstawie pomiarów wykonać wykresy wskazowe prądów i napięć.

Tab. 3.5.2.

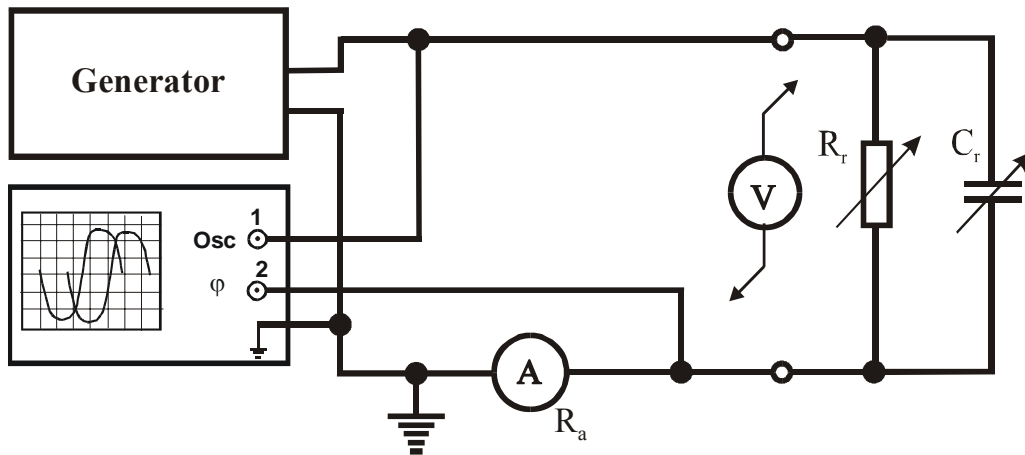
f = const.....Hz, I = const.....A, L = const =.....H, R _a =Ω, R _L =Ω,											
Lp.			Wartości obliczone teoretycznie								
	R	C	U _{Robl}	U _{Lobl}	U _{Cobl}	U _{obl}	X _{Cobl}	X _{Lobl}	X _{obl}	Z _{obl}	φ _{obl}
	Ω	μF	V	V	V	V	Ω	Ω	Ω	Ω	deg
1.											
2.											
3.											
4.											
5.											
6.											
7.											
1.											

3.2.6. Sprawdzenie warunku równoważności szeregowego i równoległego obwodu RC

Wykorzystując wyniki pomiarów uzyskane dla szeregowego obwodu RC, umieszczonych w tabeli 3.3 oraz zależności (3.60) i (3.61), w których:

$$Z_S = \frac{U}{I} \quad \text{oraz} \quad X_S = \frac{U_C}{I} ,$$

obliczyć rezystancję R_r oraz pojemność C_r dla równoległego obwodu RC, równoważnego obwodowi szeregowemu RC. Zmontować układ według schematu z rys. 3.11. i ustawić obliczone wcześniej wartości elementów C_r i R_r.



Rys. 3.11. Schemat ideowy układu do badania równoważności obwodów równoległego i szeregowego

Wykonać pomiary napięcia U na zaciskach badanego obwodu oraz kąta przesunięcia fazowego tegoż napięcia względem prądu. Pomiary wykonać dla ustalonej wartości prądu I w obwodzie oraz dla częstotliwości f przy których badano obwód szeregowy RLC. Wyniki pomiarów wpisać do tabeli 3.6.

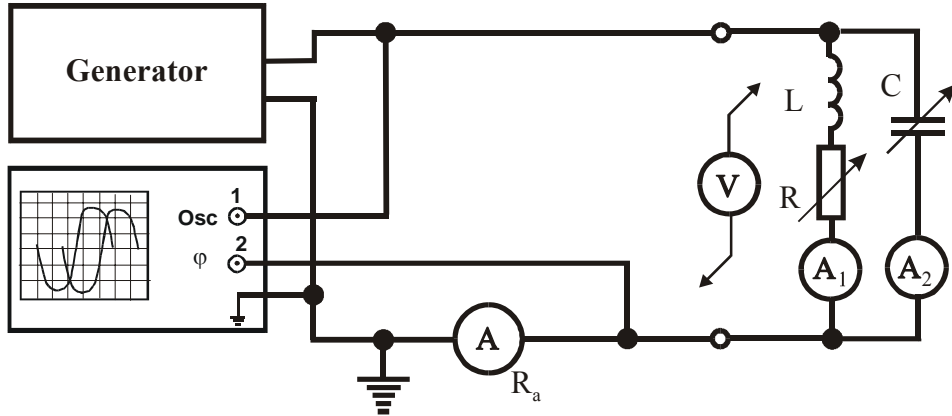
Tab. 3.6.

I = const =A, R_r = Ω , R_a = Ω , C_r =F				
Lp.	Pomiary			Obliczenia
	f	U	φ	Z
	Hz	V	deg	Ω
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				

Opracowanie wyników pomiarów:

- porównać wyniki pomiarów i obliczeń otrzymane dla szeregowego obwodu RC oraz równoważnego obwodu równoległego RC (tabele 3.3. i 3.6.) i sprawdzić czy obwód jest równoważny w szerokim zakresie częstotliwości.

3.2.7. Badanie szeregowo - równoległego obwodu RLC



Rys. 3.12. Schemat ideowy szeregowo - równoległego dwójnika RLC

W zmontowanym układzie pomiarowym wykonać pomiary prądów w gałęziach obwodu, napięcia na elementach obwodu oraz kąta przesunięcia fazowego dla ustalonej wartości częstotliwości f oraz prądu I . Pomiary przeprowadzić dla różnych wartości rezystancji R i pojemności C . Wyniki pomiarów wpisać do tabeli 3.7.1.

Tab. 3.7.1.

f = const =Hz, I = const =A, R _a =Ω											
Lp.	Pomiary									Obliczenia	
	R	C	U _R	U _L	U _C	U	I ₁	I ₂	φ	Z	φ
	Ω	F	V	V	V	V	A	A	deg	Ω	deg
1.											
2.											
3.											
4.											
5.											
6.											
7.											

Opracowanie wyników pomiarów:

- na podstawie struktury i parametrów badanego obwodu obliczyć teoretyczne wartości prądów i napięć w obwodzie oraz przesunięcia fazowego między prądem i napięciem, wyniki wpisać do tabeli 3.7.2,
- wykonać wykresy wskazowe, korzystając z wartości otrzymanych na podstawie pomiarów,

odczytać z wykresów wskazowych wartości wypadkowego napięcia obwodu oraz kąt przesunięcia fazowego napięcia względem prądu i porównać je z wartościami wyznaczonymi teoretycznie na podstawie struktury i nastawionych parametrów obwodu.

Tab. 3.7.2.

f=.....Hz, I =.....A, R _a =Ω										
Lp.	Wartości obliczone teoretycznie									
	R	C	U _{Robl}	U _{Lobl}	U _{Cobl}	U _{obl}	I _{1obl}	I _{2obl}	Z _{obl}	φ _{obl}
	Ω	F	V	V	V	V	A	A	Ω	deg
1.										
2.										
3.										
4.										
5.										
6.										
7.										

3.3. Opracowanie wniosków z ćwiczenia

Uzasadnić otrzymane wyniki pomiarów i obliczeń oraz sporządzone wykresy. Porównać wyniki pomiarów z wynikami obliczeń. Opracować wnioski z wykonanego ćwiczenia.

UWAGA: Protokół (jeden na podgrupę) powinien być wykonany przed zajęciami!