



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Wydział Elektryczny
Katedra Elektrotechniki, Energoelektroniki
i Elektroenergetyki

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu
LABORATORIUM Z ELEKTROTECHNIKI

Kod przedmiotu:

EMS1A1005

IMPEDANCJA ELEMENTÓW RLC

Numer ćwiczenia

LzE - 03

Autor

Jarosław Makal

Białystok 2025



Spis treści

1	Cel ćwiczenia.....	3
2	Wprowadzenie	3
2.1	Reaktancja.....	3
2.2	Impedancja.....	3
3	Pomiary.....	5
4	Literatura	9

Materiały przygotowane w ramach projektu „PB 5.0 – dostosowanie oferty dydaktycznej Politechniki Białostockiej do potrzeb nowoczesnej gospodarki oraz zielonej i cyfrowej transformacji” (nr umowy FERS.01.05-IP.08-0327/23-00) w ramach programu Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego 2021-2027 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego Plus.

Publikacja jest udostępniona na licencji Creative Commons - Uznanie autorstwa 4.0 (CC BY 4.0). Pełna treść licencji dostępna na stronie creativecommons.org.

Materiały dydaktyczne przeznaczone dla studentów Wydziału Elektrycznego PB.

© Wydział Elektryczny, Politechnika Białostocka, 2025

1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest praktyczne poznanie pojęcia reaktancji elementów L i C , jej zależności od częstotliwości sygnału sinusoidalnego oraz pojęcia impedancji na przykładzie obwodów RL i RC .

2 Wprowadzenie

2.1 Reaktancja

Parametrem charakteryzującym elementy reaktancyjne L i C przy przebiegach sinusoidalnych jest ich reaktancja (opór bierny).

Indukcyjność L cewki określa jej zdolność do wytworzenia strumienia magnetycznego ($\Psi = L \cdot i$) lub zdolność do magazynowania energii w jej polu magnetycznym ($W_L = \frac{L \cdot i^2}{2}$). Reaktancja indukcyjna ($X_L = 2\pi fL$), wyrażana w jednostkach oporu (Ω), charakteryzuje możliwość cewki do ograniczania prądu przy wymuszeniu napięciowym (gdyż $I_{sk} = \frac{U_{sk}}{X_L}$) lub wielkość spadku napięcia na niej przy wymuszeniu prądowym (gdyż $U_{sk} = I_{sk} \cdot X_L$).

WAŻNE: Indukcyjność elementu obwodu zależy od jego konstrukcji i materiałów, z których jest zbudowany; natomiast reaktancja indukcyjna zależy również od częstotliwości f sygnału sinusoidalnego w tym elemencie.

Pojemność C kondensatora określa jego zdolność do gromadzenia energii ($W_C = \frac{Cu^2}{2}$) w polu elektrycznym między okładkami. Reaktancja pojemnościowa ($X_C = \frac{1}{2\pi fC}$) kondensatora, wyrażana w omach (Ω), charakteryzuje jego zdolność do ograniczania prądu lub wytworzenia spadku napięcia na tym elemencie.

WAŻNE: Pojemność elementu obwodu zależy od jego budowy (z czego i w jaki sposób jest skonstruowany); natomiast jego reaktancja zależy głównie od częstotliwości sygnału sinusoidalnego w tym elemencie.

2.2 Impedancja

Impedancja w obwodach AC (przy przebiegach sinusoidalnych) pełni podobną rolę jak rezystancja w obwodach DC. Impedancja elementu/obwodu może być wyznaczona jako iloraz amplitudy/wartości skutecznej zespolonej napięcia na tym elemencie/obwodzie i wartości zespolonej (amplitudy /skutecznej) prądu tego elementu/obwodu.

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

WAŻNE: Wartości zespolone napięcia i prądu odnoszą się do tzw. wektorów wirujących, które „zatrzymujemy” w chwili $t = 0$, co pozwala nam analizować obwód w dziedzinie częstotliwości. Impedancja jest tylko zespolonym „współczynnikiem proporcjonalności” między tymi wielkościami wektorowymi (sama impedancja nie jest wielkością wektorową).

Impedancję, jako liczbę zespoloną, można przedstawić w trzech postaciach:

- $\underline{Z} = Z \angle \theta$ – postać biegunowa (gdzie: Z – moduł impedancji, θ – argument impedancji),
- $\underline{Z} = Z e^{j\theta}$ – postać wykładnicza,
- $\underline{Z} = R + jX$ – postać algebraiczna ($R = \text{Re}[\underline{Z}]$, $X = \text{Im}[\underline{Z}]$).

WAŻNE: Impedancja $\underline{Z}$ jest liczbą zespoloną, natomiast jej moduł Z jest zawsze liczbą rzeczywistą. Używając terminu „impedancja” należy pamiętać o rozróżnieniu tych dwóch istotnych pojęć.

Moduł impedancji można wyznaczyć jako $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$, a jej argument $\theta = \arctg\left(\frac{X}{R}\right)$. Dla poszczególnych elementów R , L i C mamy odpowiednio:

$$\underline{Z}_R = R = Z_R,$$

$$\underline{Z}_L = jX_L = j2\pi fL = j\omega L = jZ_L,$$

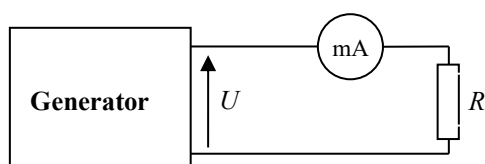
$$\underline{Z}_C = -jX_C = \frac{1}{j2\pi fC} = \frac{1}{j\omega C} = -jZ_C.$$

3 Pomiary

Zadanie 1

Na płytce stykowej dołącz szeregowo do wybranego opornika amperomierz, a następnie doprowadź napięcie sinusoidalne z generatora. Wykorzystaj wskazania generatora (napięcie) i amperomierza (prąd) do obliczenia wartości modułu impedancji opornika.

Przeprowadź pomiary dla 7 różnych częstotliwości, np. 50 Hz, 200 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 5000 Hz, 10000 Hz. Wyniki wstaw do poniższej Tabeli 1 i porównaj z wartością rezystancji elementu zmierzoną omomierzem.



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego

Tabela 1. Wyniki pomiarów dla obwodu z rezystorem

Częstotliwość f , Hz	Napięcie U_{sk} , V	Prąd I_{sk} , mA	Impedancja Z_R , Ω

W sprawozdaniu zamieść rezultaty. Sporządź wykres zależności impedancji Z_R od częstotliwości sygnału sinusoidalnego. Dołącz obserwacje i wnioski.

Wniosek:

.....
.....



Zadanie 2

W układzie jak na Rys. 1 wstaw zamiast opornika kondensator. Wykonaj podobne pomiary jak w Zadaniu 1. Wyniki umieść w poniższej Tabeli 2.

Tabela 2. Wyniki pomiarów dla obwodu z kondensatorem

Częstotliwość f , Hz	Napięcie U_{sk} , V	Prąd I_{sk} , mA	Impedancja Z_C , Ω

W sprawozdaniu zamieść rezultaty. Sporządź wykres zależności impedancji Z_C od częstotliwości sygnału sinusoidalnego. Dołącz obserwacje i wnioski.

Wniosek:

.....
.....



Zadanie 3

Ponieważ każda cewka indukcyjna posiada swoją rezystancję, to można przedstawić ją jako połączenie szeregowe opornika i cewki idealnej. Zaproponuj metodę pomiaru rezystancji tej cewki i zmierz jej wartość. Następnie na płycie stykowej wstaw posiadaną cewkę indukcyjną w miejsce kondensatora i wykonaj podobne pomiary jak w Zadaniu 1. Wyniki umieść w poniższej Tabeli 3.

Tabela 3. Wyniki pomiarów wartości $R_L =$

Częstotliwość f , Hz	Napięcie U_{sk} , V	Prąd I_{sk} , mA	Impedancja $Z_{RL} = \frac{U_{sk}}{I_{sk}}$, Ω	Reaktancja cewki X_L , Ω

W sprawozdaniu zamieść rezultaty. Sporządź wykresy zależności impedancji Z_{RL} oraz reaktancji X_L od częstotliwości sygnału sinusoidalnego. Dołącz obserwacje i wnioski.

Wniosek:

.....

**Zadanie 4**

W układzie jak na Rys. 1 dołącz równolegle do opornika kondensator. Wyznacz drogą pomiarową moduł impedancji zastępczej Z_{RC} dla różnych częstotliwości i porównaj otrzymane wartości z rezultatami obliczeń teoretycznych (wartości R i C odczytaj z elementów, a częstotliwość z generatora). Wyniki umieść w poniższej Tabeli 4.

Tabela 4. Wyniki pomiarów wartości $R =$, $C =$

Częstotliwość f , Hz	Napięcie U_{sk} , V	Prąd I_{sk} , mA	Impedancja (zmierzona) $Z_{RC} = \frac{U_{sk}}{I_{sk}}, \Omega$	Reaktancja kondensatora (obliczona) X_C, Ω	Impedancja (obliczona) Z_{RC}, Ω

W sprawozdaniu zamieść rezultaty. Sporządź wykresy zależności impedancji Z_{RL} oraz reaktancji X_L od częstotliwości sygnału sinusoidalnego. Dołącz obserwacje i wnioski.

Wniosek:

.....

Zadanie 5 (dla ambitnych)

Zaproponuj metodę pomiarową wyznaczenia indukcyjności L posiadanej cewki indukcyjnej, przy użyciu posiadanych elementów i przyrządów.



4 Literatura

Materiały elektroniczne

- [1] Saeed K., Parfieniuk M., *Podstawy elektrotechniki i elektroniki dla studentów informatyki*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok, 2018,
pb.edu.pl/oficyna-wydawnicza/wp-content/uploads/sites/4/2020/11/Podstawy-elektrotechniki-i-elektroniki-dla-studentow-informatyki.pdf
- [2] Irwin D., Nelms R. M., *Basic engineering circuit analysis 10th edition*, John Wiley & Sons, 2013,
<https://uoslahore.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/11/basic-engineering-circuit-analysis-10th-irwin.pdf>

Podręczniki

- [3] Praca zbiorowa pod redakcją J. Makala, *Zadania z podstaw elektrotechniki*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok, 2006,
- [4] Osiowski J., Szabatin J., *Podstawy teorii obwodów Tom 1*, WNT, Warszawa, 2023