II rok, Fizyka
Wtorek, 8:00-10:15

2026-01-13

Prowadząca:
dr Sylwia Owczarek

Ćwiczenie nr 46

Prawa Ohma i Kirchhoffa

1 Wstęp teoretyczny

1.1 Prawo Ohma i rezystancja

Natężenie prądu elektrycznego I definiuje się jako ilość ładunku przepływającego przez przekrój poprzeczny przewodnika w jednostce czasu ($I = dQ/dt$). Dla wielu materiałów (zwanych omowymi) gęstość prądu $\vec{J}$ jest wprost proporcjonalna do natężenia pola elektrycznego $\vec{E}$. W ujęciu makroskopowym zależność ta, znana jako prawo Ohma, wiąże natężenie prądu I płynącego przez element z napięciem U przyłożonym do jego końców (Ling et al., 2018):

$$I = \frac{U}{R} \tag{1}$$

Współczynnik proporcjonalności R nazywamy rezystancją (oporem elektrycznym). Jednostką rezystancji w układzie SI jest om (Ω). Rezystancja elementu zależy od jego geometrii oraz rezystywności materiału ρ:

$$R = \rho \frac{l}{S} \tag{2}$$

gdzie l to długość przewodnika, a S to pole jego przekroju poprzecznego (Ling et al., 2018).

1.2 Prawa Kirchhoffa

Analiza złożonych obwodów elektrycznych opiera się na dwóch fundamentalnych zasadach wynikających z praw zachowania:

1. **I Prawo Kirchhoffa (Węzłowe):** Wynika z zasady zachowania ładunku. Suma algebraiczna natężeń prądów wpływających do węzła i wypływających z niego jest równa zeru (Ling et al., 2018):

$$\sum_k I_k = 0 \tag{3}$$

2. **II Prawo Kirchhoffa (Oczkowe):** Wynika z zasady zachowania energii. W dowolnym zamkniętym obwodzie (oczku) suma algebraiczna zmian potencjałów (sił elektromotorycznych $\mathcal{E}$ oraz spadków napięć IR) wynosi zero (Ling et al., 2018):

$$\sum_k \Delta V_k = 0 \qquad \sum \mathcal{E} = \sum IR \tag{4}$$

1.3 Łączenie rezystorów

W obwodach prądu stałego wyróżniamy podstawowe konfiguracje łączenia rezystorów:

- **Połączenie szeregowe:** Przez wszystkie elementy płynie ten sam prąd. Rezystancja zastępcza jest sumą rezystancji składowych:

$$R_z = \sum_i R_i \tag{5}$$

- **Połączenie równoległe:** Na wszystkich elementach występuje to samo napięcie. Odwrotność rezystancji zastępczej jest sumą odwrotności rezystancji składowych (Ling et al., 2018):

$$\frac{1}{R_z} = \sum_i \frac{1}{R_i} \tag{6}$$

1.4 Transfiguracja gwiazda-trójkąt

W przypadku bardziej złożonych struktur, których nie można sprowadzić do połączeń szeregowych lub równoległych (np. mostki), stosuje się transformację układu połączonego w trójkąt (Δ) na równoważny układ połączony w gwiazdę (Y) lub odwrotnie. Dla transformacji trójkąta (rezystancje R_{12}, R_{23}, R_{31}) w gwiazdę (rezystancje R_1, R_2, R_3), wzory na rezystancje zastępcze przyjmują postać (Ling et al., 2018):

$$R_1 = \frac{R_{12}R_{31}}{R_{12}+R_{23}+R_{31}}, \quad R_2 = \frac{R_{12}R_{23}}{R_{12}+R_{23}+R_{31}}, \quad R_3 = \frac{R_{31}R_{23}}{R_{12}+R_{23}+R_{31}} \tag{7}$$

Zastosowanie tej transformacji pozwala na uproszczenie topologii obwodu i obliczenie rezystancji zastępczej metodami podstawowymi.

2 Opracowanie wyników pomiarów

2.1 Tabele pomiarowe

Tabela 1: Zmierzone wartości rezystancji

R_1 [$k\Omega$]	R_2 [$k\Omega$]	R_3 [$k\Omega$]	R_4 [$k\Omega$]	R_5 [$k\Omega$]
0,192	2,39	0,557	0,558	0,877

Tabela 2: Wyniki pomiarów dla Układu 1

U_1 [V]	U_2 [V]	U_3 [V]	U_4 [V]	U_5 [V]
2,03	7,93	4,08	3,81	—
I_1 [mA]	I_2 [mA]	I_3 [mA]	I_4 [mA]	I_5 [mA]
10,73	3,32	7,44	7,44	—

Tabela 3: Wyniki pomiarów dla Układu 2

U_1 [V]	U_2 [V]	U_3 [V]	U_4 [V]	U_5 [V]
1,64	8,32	2,87	5,37	4,57
I_1 [mA]	I_2 [mA]	I_3 [mA]	I_4 [mA]	I_5 [mA]
13,85	3,48	5,23	10,49	5,28

Tabela 4: Zmierzony opór zastępczy

R_z [$k\Omega$]
0,901

Literatura

Ling, S. J., Sanny, J., and Moebs, W. (2018). *Fizyka dla szkół wyższych, Tom 3.* OpenStax. Dostęp: 13.10.2025.