

21. Prawa Kirchhoffa

Wprowadzenie

Prawa Kirchhoffa to podstawowe zasady analizy obwodów elektrycznych. Sformułował je niemiecki fizyk **Gustav Robert Kirchhoff** w 1845 roku. Umożliwiają one rozwiązywanie złożonych układów, gdzie samo prawo Ohma jest niewystarczające.

Dzielią się na dwa prawa:

- **Prawo węzłów Kirchhoffa (I prawo)**
- **Prawo oczek Kirchhoffa (II prawo)**

Oba prawa opierają się na zasadach zachowania:

- **ładunku elektrycznego** (prawo węzłów),
- **energii** (prawo oczek).

I Prawo Kirchhoffa - Prawo węzłów

Treść prawa:

Suma prądów wpływających do węzła jest równa sumie prądów wypływających z węzła.

Matematycznie:

$$\sum I_{\text{wpływające}} = \sum I_{\text{wypływające}}$$

Lub ogólnie (z uwzględnieniem znaków):

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0$$

Gdzie:

- **węzeł** - punkt połączenia trzech lub więcej elementów w obwodzie,
- I_k - prąd w gałęzi przyłączonej do węzła (przyjmowany dodatni jeśli wpływa do węzła, ujemny jeśli wypływa - lub odwrotnie, byle spójnie).

Przykład

Dla węzła z trzema gałęziami:

- $(I_1 = 2\text{A})$ wpływa,
- $(I_2 = 3\text{A})$ wpływa,
- (I_3) wypływa.

Z prawa Kirchhoffa:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \quad \rightarrow \quad I_3 = 5 \text{ A}$$

II Prawo Kirchhoffa - Prawo oczek

Treść prawa:

Suma algebraiczna napięć w zamkniętej pętli (oczku) obwodu jest równa zero.

Matematycznie:

$$\sum_{k=1}^n U_k = 0$$

Gdzie:

- **oczko** - dowolna zamknięta droga w obwodzie elektrycznym,
- U_k - napięcia na poszczególnych elementach (znak zależy od przyjętego kierunku oczka).

Zasady znakowania napięć

Przy obiegu zgodnym z kierunkiem źródła:

- napięcie **źródła** - dodatnie ($+U$),
- napięcie **na oporze** (spadek napięcia) - ujemne ($-IR$).

Przykład

Obwód oczkowy z jednym źródłem ($U = 12 \text{ V}$) i dwoma rezystorami:

- ($R_1 = 2 \Omega$),
- ($R_2 = 4 \Omega$).

Zakładamy kierunek prądu zgodny z napięciem źródła.

Z prawa oczek:

$$U - I \cdot R_1 - I \cdot R_2 = 0$$

$$12 - 2I - 4I = 0 \quad \rightarrow \quad 6I = 12 \quad \rightarrow \quad I = 2 \text{ A}$$

Metoda oczkowa i metoda węzłowa

Prawa Kirchhoffa stanowią podstawę do:

- **metody oczkowej** - piszemy równania napięciowe dla oczek,
- **metody węzłowej** - piszemy równania prądowe dla węzłów.

Obie metody prowadzą do układów równań, które można rozwiązywać metodami algebraicznymi, np. podstawiania, macierzy, Cramera.

Zastosowanie praw Kirchhoffa

- Analiza złożonych obwodów (DC i AC).
- Wyznaczanie prądów, napięć i mocy w różnych gałęziach.
- Projektowanie i diagnostyka układów elektronicznych.
- Symulacja i modelowanie obwodów.

Podsumowanie

- **I prawo Kirchhoffa (węzłów):** zasada zachowania ładunku.
- **II prawo Kirchhoffa (oczek):** zasada zachowania energii.
- Oba prawa są niezależne od charakterystyki elementów — obowiązują zawsze.
- W połączeniu z prawem Ohma pozwalają rozwiązać dowolny liniowy obwód elektryczny.