

Ćw. 32. Sprawdzenie I i II prawa Kirchhoffa

Obwód elektryczny jest to układ połączonych elementów przewodzących (aktywnych i pasywnych) oraz źródeł energii elektrycznej (ogniwa, zasilacze). Prądem nazywamy uporządkowany ruch ładunku elektrycznego, a nośnikami ładunku w przewodnikach metalicznych są elektrony. Prąd jest charakteryzowany przez natężenie prądu, które jest zdefiniowane jako całkowity ładunek dQ przepływający przez dowolny przekrój poprzeczny przewodnika w przedziale czasu dt :

$$I = \frac{dQ}{dt}, \quad (1)$$

Jednostką natężenia jest amper, który odpowiada przepływowi ładunku o wartości 1 C (kulomba) w czasie jednej sekundy. Natężenie prądu mierzymy przy pomocy amperomierza, który jest włączany szeregowo w obwód elektryczny. Natomiast napięcie U jest to różnica potencjałów między dwoma punktami w polu elektrycznym. Pomiar napięcia dokonujemy przy użyciu woltomierza, który jest podłączony równolegle do elementu na którym dokonujemy pomiaru.

Podstawowym prawem przepływu prądu jest prawo Ohma. Ohm stwierdził, że jeżeli rozważymy jednorodny przewodnik o długości l i polu przekroju poprzecznego S , to natężenie prądu płynącego przez niego jest proporcjonalne do przyłożonej różnicy potencjałów ΔV (napięcia U) na końcach tego przewodnika. Oznacza to, że stosunek przyłożonego napięcia do końców przewodnika i płynącego przez niego prądu jest wartością stałą, którą nazywamy oporem elektrycznym przewodnika:

$$R = \frac{U}{I}, \quad (2)$$

Jednostką oporu elektrycznego w układzie SI jest om $[\Omega]$, gdzie $1 \Omega = 1V/1A$.

Oprócz prawa Ohma, prawa Kirchhoffa należą do podstawowych praw dotyczące obwodów elektrycznych. Pierwsze prawo Kirchhoffa jest prawem zachowania ładunku elektrycznego i dotyczy tzw. węzłów obwodu. Prawo to mówi, że suma natężeń prądów schodzących się w węźle jest równa zero:

$$\sum_{i=1}^K I_i = 0, \quad (3)$$

gdzie K – jest liczbą przewodów schodzących się w węźle. Prawo to obowiązuje w każdym węźle obwodu, co oznacza, że dla każdego obwodu możemy napisać tyle takich równań, ile jest węzłów w obwodzie.

Natomiast drugie prawo Kirchhoffa głosi, że w dowolnym zamkniętym obwodzie (tzw. oczku) suma spadków napięć (na elementach pasywnych i aktywnych) oraz sił elektromotorycznych w tym obwodzie jest równa zero.

$$\sum_{i=1}^n (U_i + E_i) = 0, \quad (4)$$

gdzie n jest liczbą odcinków przewodów, na jakie dzielimy oczko obwodu. Podobnie jak w przypadku pierwszego prawa, drugie również obowiązuje dla każdego oczka w rozważanym obwodzie. Dlatego możemy napisać tyle równań ile jest oczek obwodu.

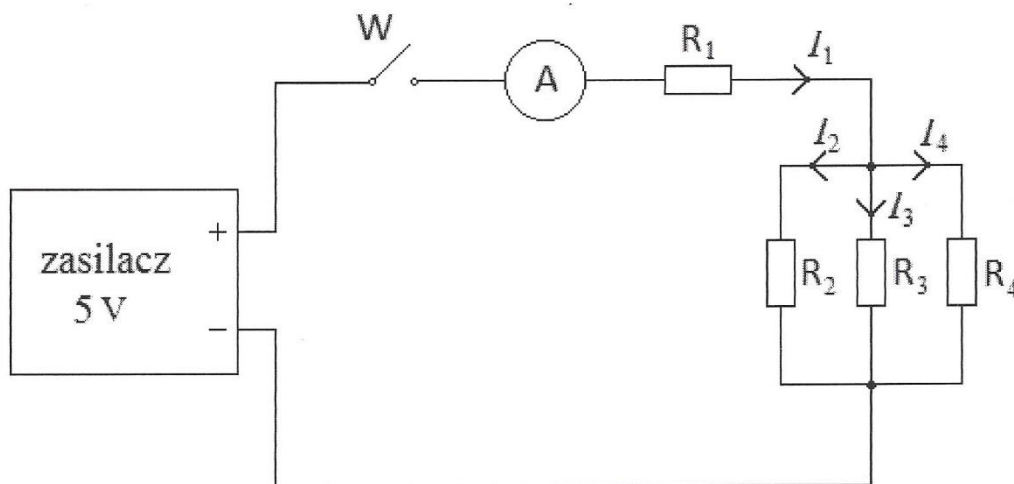
Siły kulombowskie działające na ładunki swobodne w polu elektrycznym przesuwać je dążą do wyrównania potencjałów w przewodniku. Tak więc utrzymanie stałej różnicy potencjałów na końcach przewodnika wymaga działania sił elektrycznych, pochodzących z zewnątrz. Te siły zewnętrzne można opisać poprzez pracę wykonaną przy przemieszczaniu ładunków w przewodniku. Pracę sił zewnętrznych przypadającą na jednostkę ładunku dodatniego nazywamy siłą elektromotoryczną (SEM).

$$E = \frac{W}{Q}, \quad (5)$$

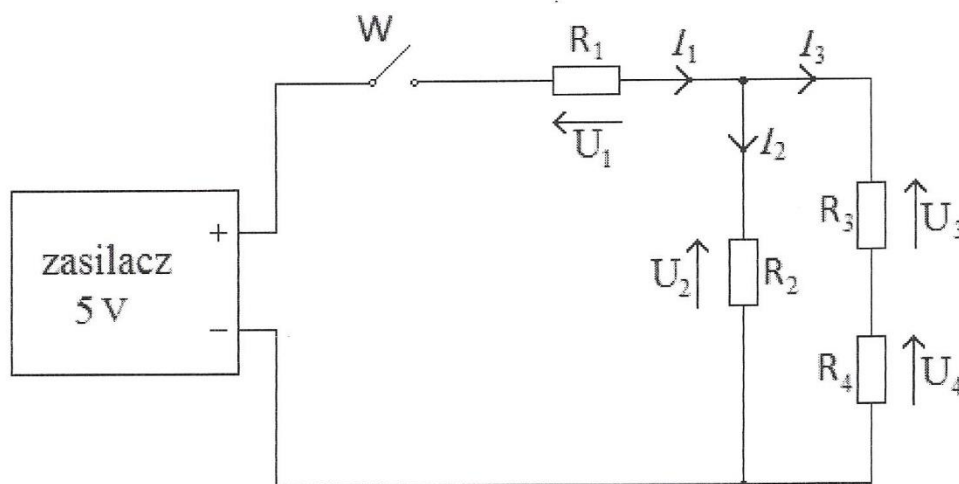
Jednostką siły elektromotorycznej jest wolt.

Wykonanie ćwiczenia

Wykonanie ćwiczenia składa się z pomiarów oraz obliczeń odpowiednich prądów w odpowiednich obwodach, zaprezentowanych na rysunkach 1 i 2.



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego do sprawdzenia I prawa Kirchhoffa.



Rys. 2. Schemat układu pomiarowego do sprawdzenia II prawa Kirchhoffa.

1. W celu sprawdzenia I i II prawa Kirchhoffa zestawiamy odpowiednie obwody przedstawione na rysunkach 1 i 2 o znanych wartościach rezystancji wszystkich elementów obwodu i znanym napięciu zasilającym (nie większym niż 5 V). W ćwiczeniu wykorzystujemy Laboratoryjny zasilacz stabilizowany KP16102, miernik uniwersalny UT 70A oraz oporniki z zakresu 100 Ω – 1 kΩ.
2. Po zamknięciu włącznika w obwodzie ze źródłem o znanej sile elektromotorycznej (E), dokonujemy pomiarów napięcia na wszystkich elementach obwodu i natężenia prądu płynącego przez te elementy. Pamiętać należy, że napięcie mierzymy woltomierzem (odpowiednie ustawienie miernika), który włączamy w obwód równolegle, a natężenie amperomierzem (ustawić miernik w tryb amperomierza) włączonym szeregowo.
3. Zmierzone wartości wpisujemy do odpowiednich tabel.

Dla obwodu 1.

| L.p. | I ₁ [mA] | I ₂ [mA] | I ₃ [mA] | I ₄ [mA] |
|------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1. | | | | |
| 2. | | | | |
| ... | | | | |

Dla obwodu 2.

| L.p. | U [V] | U ₁ [V] | U ₂ [V] | U ₃ [V] | U ₄ [V] |
|------|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1. | | | | | |
| 2. | | | | | |
| ... | | | | | |

4. Dla obwodu przedstawionego na rysunku 1, sprawdzamy czy prawdziwe jest poniższe równanie dla zmierzonych bezpośrednio prądów płynących w poszczególnych gałęziach:

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$

5. Dla obwodu przedstawionego na rysunku 2, sprawdzamy czy prawdziwe są poniższe równania dla zmierzonych bezpośrednio napięć na poszczególnych opornikach:

$$E = U_1 + U_2$$

$$E = U_1 + U_3 + U_4.$$

6. Oszacować niepewności pomiarów lewej i prawej strony równań.

Zagadnienia do kolokwium:

1. Prawo Ohma i Joule'a-Lenza.
2. Siła elektromotoryczna (SEM) ogniwa.
3. Prawa Kirchhoffa przepływu prądu.

Literatura:

1. W. Pietrzyk (Red.), *Laboratorium z Elektrotechniki*, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2003.
2. J. Taylor, *Wstęp do analizy błęd pomiarowego*, Wydawnictwo Naukowe PWN, 1999.

Opiekun ćwiczenia: *dr Dariusz Chocyk*