

SPRAWDZANIE II PRAWA KIRCHHOFFA.

I. WSTĘP TEORETYCZNY.

Przed sformułowaniem II prawa Kirchhoffa należy wyjaśnić pojęcia „siła elektromotoryczna” oraz „opór wewnętrzny” (obecnie zaleca się używanie terminu „rezystancja” zamiast „opór”). Każde źródło prądu ma dwie cechy, które określają jego własności i zachowanie po podłączeniu go do obwodu elektrycznego.

Pierwszą cechą jest siła elektromotoryczna- oznaczana najczęściej symbolem \mathcal{E} . Wbrew nazwie, nie jest to siła, lecz maksymalne napięcie (mierzone w woltach), jakie wytwarza to źródło. Napięcie to panuje na zaciskach źródła niepodłączonego do żadnego urządzenia. Gdy źródło to podłączymy do zewnętrznego obwodu, daje znać o sobie druga cecha źródła czyli opór wewnętrzny tego źródła. Ponieważ źródło ma swój własny opór, prąd wypływający z niego musi pokonać ten opór i część energii wydzieli się wewnątrz źródła. Nie jest to zjawisko korzystne, gdyż ta część energii jest tracona, a samo źródło prądu rozgrzewa się niepotrzebnie. Dlatego przy produkcji wszelkiego rodzaju ogniwi, baterii, akumulatorów należy zadbać nie tylko o właściwe napięcie wyjściowe, ale także o jak najmniejszy opór wewnętrzny. Tak więc. Jeśli opór wewnętrzny jest bardzo mały (tak jest np. w akumulatorach samochodowych, gdzie opór jest rzędu tysięcznych części oma) to ze źródła można pobierać prąd o bardzo dużym natężeniu (z akumulatora samochodowego można pobrać prąd o wartości znacznie ponad 100 A, co jest nieosiągalne dla wielu innych, na co dzień używanych, źródeł). W naszym doświadczeniu będziemy używali zasilacza prądu stałego, którego opór wewnętrzny jest o kilka rzędów wielkości mniejszy niż wartość rezystorów używanych w obwodzie zewnętrznym. Bez wyraźnego błędu będzie można więc przyjąć, że napięcie wyjściowe zasilacza jest równe jego sile elektromotorycznej, a opór wewnętrzny równy jest zeru.

II prawo Kirchhoffa mówi, że w dowolnym obwodzie zamkniętym (taki obwód zamknięty często nazywa się „oczkiem”) suma napięć na wszystkich elementach biernych (opornikach) jest równa sumie sił elektromotorycznych w tym obwodzie. Na pojedynczym obwodzie, taki np. jak ten na rysunku poniżej można to zapisać następująco:

$$U_1 + U_2 = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2$$

\mathcal{E}_1 i \mathcal{E}_2 – siły elektromotoryczne

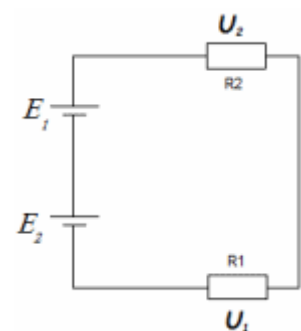
U_1 i U_2 – napięcia na rezystorach

Gdy opór wewnętrzny źródeł prądu nie może być pominięty (nie jest wystarczająco mały), prawo to dla powyższego obwodu należałoby zapisać w postaci:

$$U_1 + U_2 + U_{w1} + U_{w2} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2$$

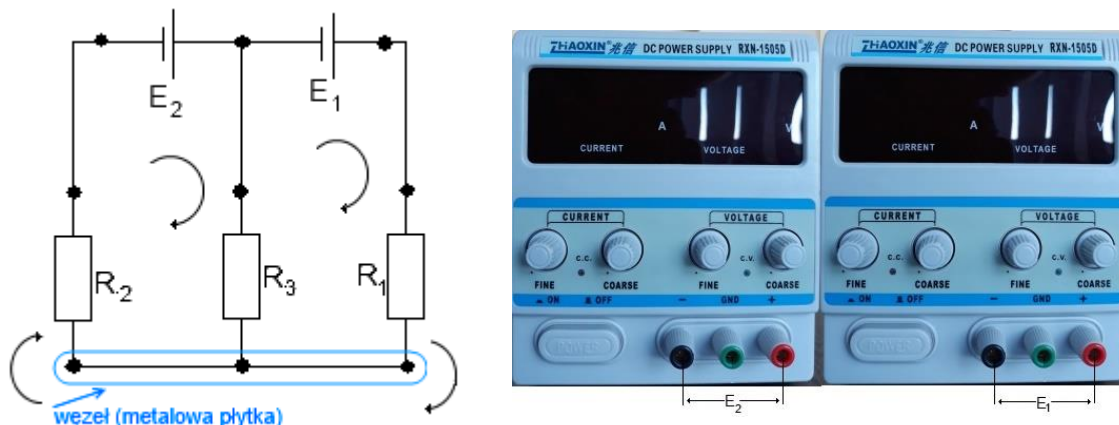
Gdzie U_{w1} i U_{w2} – napięcia na oporach wewnętrznych źródeł \mathcal{E}_1 i \mathcal{E}_2 .

II prawo Kirchhoffa wynika wprost z zasady zachowania energii: cała energia pobrana ze źródeł prądu musi wydzielić się na obwodzie zewnętrznym.



II WYKONANIE ĆWICZENIA.

Doświadczenie przeprowadzimy na obwodzie przedstawionym na poniższym schemacie:



Gniazda zasilacza zaznaczone na zdjęciu będą pełnić rolę zacisków źródeł prądu (sił elektromotorycznych). Rezystancja wewnętrzna tych źródeł jest tak mała, że nie będziemy jej uwzględniać, przyjmując, że jest równa zero.

Okrągłe strzałki oznaczają kierunek przepływu prądu w poszczególnych oczkach. Zbadamy dwa oczka $E_1 \rightarrow R_1 \rightarrow R_3 \rightarrow E_1$ oraz $E_1 \rightarrow R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow E_2 \rightarrow E_1$.

A) Obwód $E_1 \rightarrow R_1 \rightarrow R_3 \rightarrow E_1$

1. Połącz układ według schematu na rysunku obok:
2. Włącz mierniki uniwersalne i ustaw je jako woltomierze. Aby multimetr mierzył napięcie prądu stałego należy podłączyć przewody do gniazd „COM” i „V Ω ”. Przełącznik zakresów należy ustawić w pozycji „20” oznaczonej białym kolorem.
3. Włącz zasilacze. Pokręćla „CURRENT” przekręć w prawo do oporu.
4. Pokręćlami „VOLTAGE” ustaw napięcie wyjściowe zasilacza pierwszego na około 4V a drugiego na około 5V. Zapisz te wartości jako \mathcal{E}_1 i \mathcal{E}_2 . Zapisz napięcia U_1 i U_3 odpowiednio na rezystorach R_1 i R_3 .
5. Zmień układ połączeń zastępując opornik R_3 opornikiem R_4 . Postępując tak jak opisano w punkcie „4” zapisz napięcia U_1 i U_3 .
6. Powtórz czynności i pomiary opisane w punktach od „4” do „5” dla napięć zasilających około 5 V i 6 V.
7. **WYŁĄCZ ZASILACZE.**
8. Wyniki wpisz do tabeli 1.

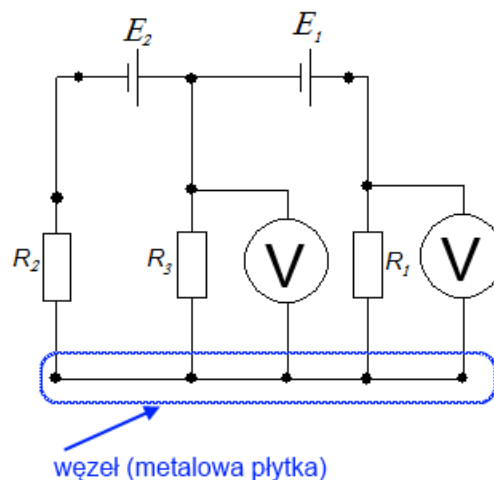


Tabela 1.

$\varepsilon_1 = \varepsilon_2$ [V]	U_1 [V]	U_3 [V]	$U_1 + U_3$ [V]	$\Delta U = \varepsilon_1 - (U_1 + U_3)$ [V]	Czy mieści się w granicach tolerancji
4					
5					
6					

B) Obwód $E_1 \rightarrow R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow E_2 \rightarrow E_1$

- Połącz układ według schematu na rysunku obok:
- Włącz zasilacze. Pokrętkami „VOLTAGE” ustaw napięcie zasilacza pierwszego na około 4V a drugiego na około 5V. Zapisz te wartości jako ε_1 i ε_2 .
- Zapisz napięcia U_1 i U_2 odpowiednio na rezystorach R_1 i R_2 .
- Zmień układ połączeń zastępując opornik R_3 opornikiem R_4 . Postępując tak jak opisano w punkcie „3” zapisz napięcia U_1 i U_2 .
- Powtórz czynności i pomiary opisane w punktach od „2” do „4” dla napięć zasilających około 5 V i 6 V.
- WYŁĄCZ ZASILACZ.**
- Wyniki wpisz do tabeli 2.

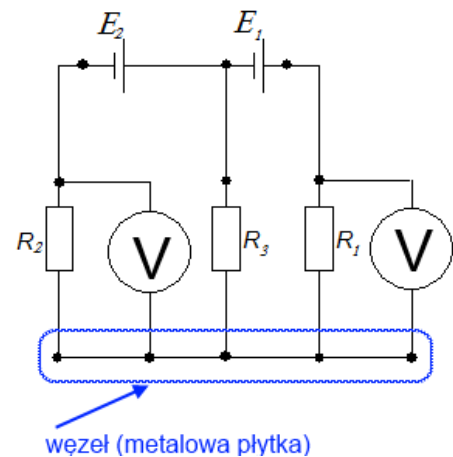


Tabela 2.

$\varepsilon_1 = \varepsilon_2$ [V]	U_1 [V]	U_2 [V]	$U_1 + U_2$ [V]	$\Delta U = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) - (U_1 + U_2)$ [V]	Czy mieści się w granicach tolerancji
4					
5					
6					

III. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW.

Uzupełnij obie tabele.

Aby dać odpowiedź na pytanie, czy twoje pomiary są zgodne z II prawem Kirchhoffa należy sprawdzić:

- a) W zadaniu „A”, czy spełnione jest równanie $\mathcal{E}_1 = U_1 + U_3$. Czyli czy $\mathcal{E}_1 - (U_1 + U_3) = 0$.
W tym celu oblicz wartość $\Delta U = \mathcal{E}_1 - (U_1 + U_3)$. Jeśli jest ona równa zero, w granicach wyznaczonych przez dokładność przyrządów pomiarowych możesz stwierdzić, że pomiary potwierdzają słuszność II prawa Kirchhoffa.
Dokładność pomiaru siły elektromotorycznej \mathcal{E}_1 wynosi 0,1 V. Dokładność pomiaru używanych do pomiarów dwóch woltomierzy wynosi 0,01 V. Zatem niepewność pomiaru ΔU wynosi $0,1 \text{ V} + 0,01 \text{ V} + 0,01 \text{ V} = 0,12 \text{ V}$. Jeśli obliczona przez Ciebie wartość $\Delta U \leq 0,12 \text{ V}$ odpowiedź na pytanie, „ Czy wynik mieści się w granicach tolerancji” brzmi „TAK”.
- b) W zadaniu „B”, czy spełnione jest równanie $(\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2) = (U_1 + U_2)$. W tym celu oblicz wartość $\Delta U = (\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2) - (U_1 + U_2)$. Jeśli jest ona równa zero, w granicach wyznaczonych przez dokładność przyrządów pomiarowych możesz stwierdzić, że pomiary potwierdzają słuszność II prawa Kirchhoffa. W tym wypadku w badanym oczku znajdują się dwie siły elektromotoryczne, których wartość znamy z dokładnością do 0,1 V każda. Zatem niepewność pomiaru ΔU wynosi $0,1 \text{ V} + 0,1 \text{ V} + 0,01 \text{ V} + 0,01 \text{ V} = 0,22 \text{ V}$.
Jeśli obliczona przez Ciebie wartość $\Delta U \leq 0,22 \text{ V}$ odpowiedź na pytanie, „ Czy wynik mieści się w granicach tolerancji” brzmi „TAK”.