

W S E i Z W WARSZAWIE
WYDZIAŁ

LABORATORIUM FIZYCZNE

Ćwiczenie
Nr 10

Temat: POMIAR OPORU METODĄ TECHNICZNĄ.
PRAWO OHMA

Warszawa 2009

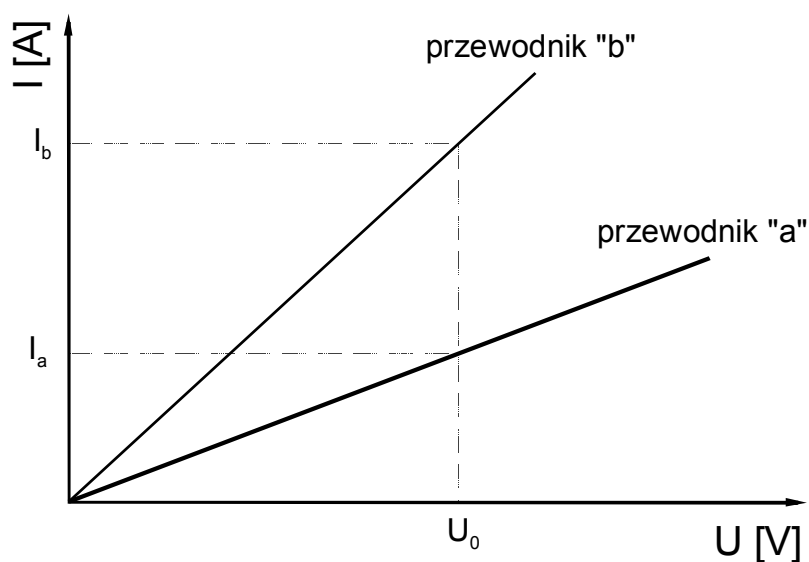
POMIAR OPORU METODĄ TECHNICZNĄ

Prawo Ohma

Uporządkowany ruch elektronów nazywa się prądem elektrycznym. Poruszające się w przewodniku elektrony napotykają na pewien opór. W wyniku analizy różnicy potencjału na końcach badanego przewodnika przy pomiarze prądu płynącego przez niego stwierdzono, że natężenie prądu jest wprost proporcjonalne do napięcia na końcach przewodnika (Rys.1), a więc stosunek napięcia do natężenia prądu jest stały.

$$\frac{U}{I} = const.$$

Powyzsza zależność nosi nazwę **prawa Ohma**.



Rys. 1 Charakterystyka prądowo – napięciowa

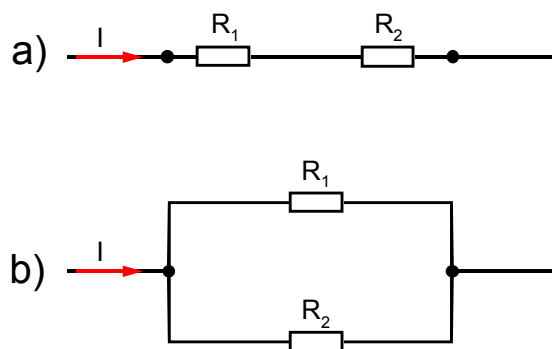
Przy stałym napięciu w przewodniku „a” płynie mniejszy prąd niż w przewodniku „b”, przewodnik „a” charakteryzuje się większym oporem, a przewodnik „b” mniejszym.

Oporem elektrycznym nazywamy, więc stosunek napięcia do natężenia prądu.

$$R = \frac{U}{I}, \quad \left[\frac{V}{A} \right] = [\Omega]$$

Symbolem graficznym opornika (rezystancji odcinka przewodnika) jest: $\text{---}\text{---}\text{---}$.

W obwodach elektrycznych często znajduje się więcej niż jeden opornik. Mogą być one połączone szeregowo (Rys. 2a) lub równoległe (Rys. 2b)



Rys. 2 Połączenie a) szeregowo, b) równoległe.

Pierwsze prawo Kirchhoffa

Algebraiczna suma prądów schodzących się w węźle jest równa zero.

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

Drugie prawo Kirchhoffa


Suma iloczynów prądów i oporów równa jest sumie sił elektromotorycznych działających w obwodzie zamkniętym (oczku)

$$\sum_{i=1}^M I_i R_i = \sum_{k=1}^N \varepsilon_k$$

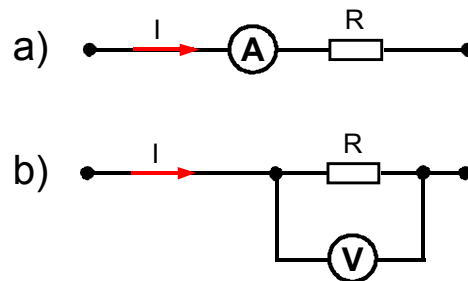
Prądy i siły elektromotoryczne pokrywające się z dowolnie wybranym kierunkiem obiegu obwodu przyjmuje się za dodatnie, a skierowane przeciwnie za ujemne.

Pierwsze i drugie prawo Kirchhoffa pozwalają ułożyć układ równań algebraicznych pierwszego stopnia względem prądów w odcinkach obwodu. Rozwiązanie takiego układu równań pozwala na znalezienie wartości tych prądów a więc i spadków napięć na poszczególnych elementach obwodu lub, gdy znamy te prądy znaleźć wartości elementów obwodu (oporów, sił elektromotorycznych itp.).

Urządzenia używane do pomiaru wielkości elektrycznych

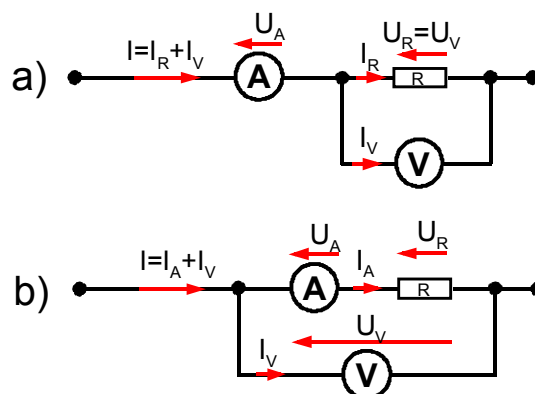
Do pomiaru płynącego prądu elektrycznego stosuje się amperomierz , który podłącza się do układu szeregowo (Rys. 3a). Amperomierz charakteryzuje się bardzo małym oporem wewnętrznym (R_A). W idealnym urządzeniu $R_A \rightarrow 0\Omega$, w rzeczywistości $R_A > 0\Omega$.

Do pomiaru różnicy potencjałów na końcach opornika (spadku napięcia na oporniku) stosuje się woltomierz V , który podłącza się do układu równoległe (Rys. 3b). Idealny woltomierz charakteryzuje się bardzo dużym oporem wewnętrznym $R_V \rightarrow \infty \Omega$, a rzeczywisty $R_V < \infty \Omega$.



Rys. 3 Schemat połączenia a) szeregowego amperomierza i b) równoległego woltomierza

Przy projektowaniu układu służącego do pomiaru prądu i spadku napięcia na oporniku należy zastosować odpowiednie podłączenie przyrządów pomiarowych. Przy badanym małym oporze (Rys. 4a), porównywalnym z oporem wewnętrznym amperomierza, należy zdawać sobie sprawę, że spadki napięć na badanym oporze i oporze wewnętrznym amperomierza będą podobne. Stąd pomiar napięcia należy dokonywać jedynie na badanym oporze. Pomiar prądu płynącego przez obwód z powodu dużej oporności wewnętrznej woltomierza będzie praktycznie taki sam jak przez badany opornik. W przypadku badania dużego oporu (Rys. 4b), porównywalnego z oporem wewnętrznym woltomierza, spadek napięcia na oporze wewnętrznym amperomierza będzie dużo mniejszy niż na badanym oporze, natomiast prąd obwodu podzieli się na podobne płynące przez badany opornik i układ woltomierza.



Rys. 3 Układy pomiarowe przy badanym a) małym oporze, b) dużym oporze.

Każde urządzenie pomiarowe charakteryzuje się pewnym błędem pomiaru, który jest określony przez klasę przyrządu. Błąd pojedynczego pomiaru miernikiem analogowym

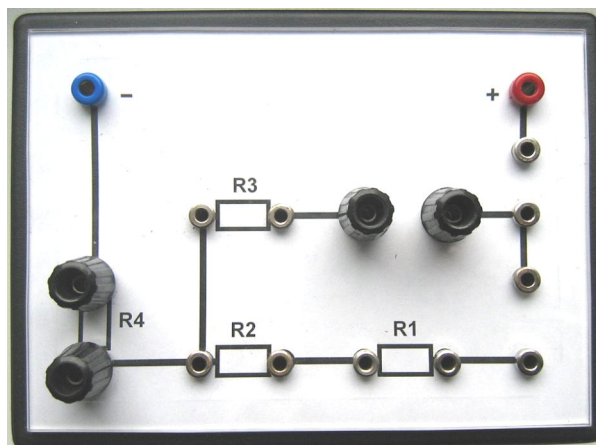
(wychyłowym) określony jest przez klasę przyrządu wyrażoną w procentach pomnożoną przez aktualny zakres pomiarowy. Wynika z tego, że wszystkie pomiary dokonane na jednym zakresie będą charakteryzować się jednakowym błędem pomiarowym. Błąd pojedynczego pomiaru dokonanego miernikiem cyfrowym określony jest przez klasę przyrządu wyrażoną w procentach pomnożoną przez aktualny wynik pomiarowy i dodaną do liczby (podanej dla danego miernika) pomnożonej przez rząd ostatniej cyfry wyniku pomiarowego (patrz dodatek 3).

Stąd chcąc otrzymać wynik pomiaru o najmniejszym błędzie dokonujemy go na najczulszym dostępnym zakresie.

W skład zestawu wchodzi:

zasilacz regulowany prądu stałego

- 2 uniwersalne mierniki amperomierz i woltomierz
- 3 pary przewodów długich
- 2 przewody krótkie
- badany obwód elektryczny z 4 opornikami



Przygotowanie do pomiarów, budowa układu pomiarowego

1. Upewniamy się, że wszystkie potencjometry zasilacza (dodatek 1) są skrecone na minimum, zakresy mierników na maksymalne wartości.
2. Po wyborze badanego opornika składamy układ pomiarowy, czerwone przewody wtykamy do gniazd o przewidzianym wyższym potencjale, czarne o niższym. W miarę potrzeby eliminujemy inne opory używając 1 z 2 krótkich przewodów, spinając nimi oba końce danego opornika.
3. Po sprawdzeniu poprawności obwodu przez asystenta podłączamy zasilanie.

4. Na oporniku R4 dokonujemy pomiaru prądów przy różnych spadkach napięć. Zmieniając napięcie zasilacza przeprowadzamy, co najmniej 10 pomiarów.
5. Na opornikach, R1 i R3 dokonujemy jednokrotnego pomiaru spadku napięcia i płynącego prądu wg schematów przedstawionych na rys.3 a i b.
6. Pamiętajmy by przy zmierzonych wartościach wielkości elektrycznych zanotować zakresy, na których zostały dokonane pomiary.
7. Po zakończeniu pomiarów ustawiamy potencjometry zasilacza na minimum, a zakresy mierników na maksymalne.

Opracowanie wyników pomiarowych

1. Rysujemy wykres charakterystyki prądowo napięciowej opornika R4. Zaznaczamy pola błędów. Metodą najmniejszych kwadratów znajdujemy przepis funkcji liniowej najlepiej opisującą punkty wykresu. Podajemy wartość oporu i błąd jego wyznaczenia. Następnie obliczamy wartość oporu na podstawie pojedynczego pomiaru. Porównujemy otrzymane wartości oporu i błędu jego wyznaczenia.
2. Wyznaczamy wartości oporów badanych oporników R1 i R3. Szacujemy błędy metodami różniczki zupełnej i logarytmicznej (wymienne).
3. Znając spadki napięć i płynące prądy przez oporniki R1, R3 i R4 znajdujemy wartość oporu R2.

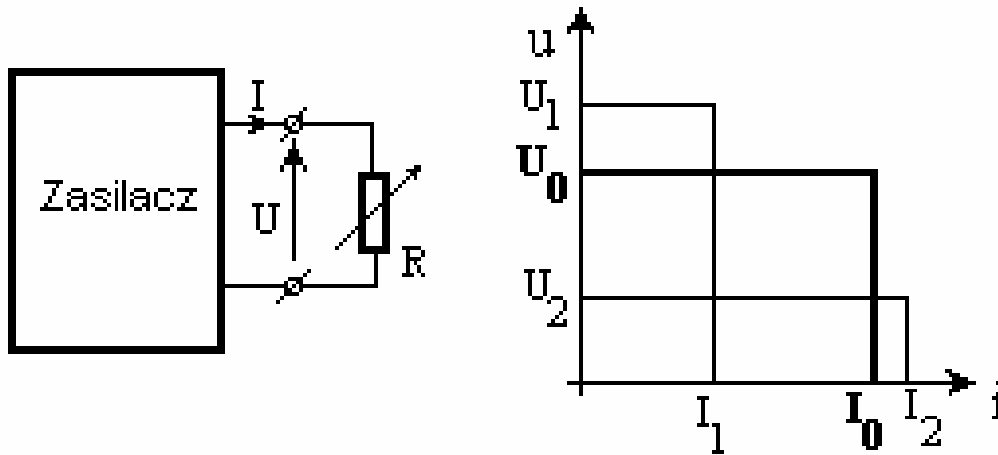
LITERATURA

1. T. Dryński „Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki” PWN, Warszawa 1977
2. H. Szydłowski „Pracownia fizyczna” PWN, Warszawa 1979

DODATEK

ZASILACZ STABILIZOWANY

Dana jest następująca charakterystyka wyjściowa urządzenia zasilającego (wyjściowa - gdyż podaje związek między napięciem i prądem dla zacisków wyjściowych urządzenia):



Rys. D1

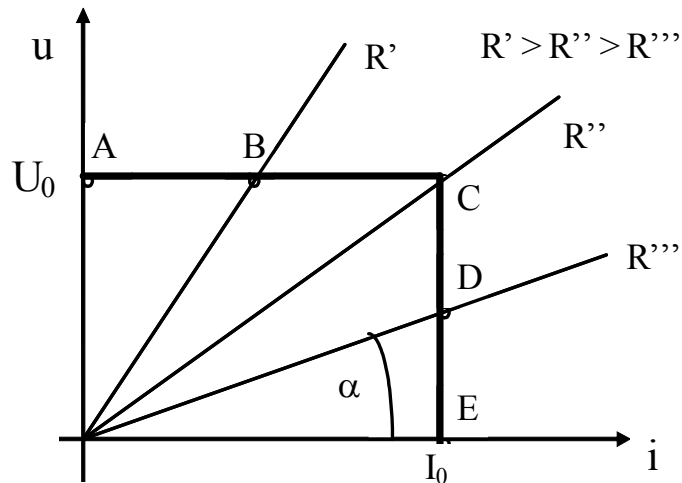
$$u = \text{const} = U_0 \quad \text{dla } i < I_0$$

$$i = \text{const} = I_0 \quad \text{przy } u < U_0$$

co oznacza, że napięcie wyjściowe jest stałe i równe U_0 przy prądach obciążenia nie przekraczających I_0 , zaś przy natężeniu prądu obciążenia $= I_0$ napięcie wyjściowe U gwałtownie spada od U_0 do zera (zasilacz zachowuje się jak idealne źródło prądowe).

Ze względów praktycznych pożądana jest oczywiście możliwość nastawiania wartości zarówno napięcia, jak i natężenia prądu. Natomiast przy już nastawionych wartościach U_0 , I_0 warunki pracy zasilacza zależą jedynie od oporności R układu obciążającego zasilacz.

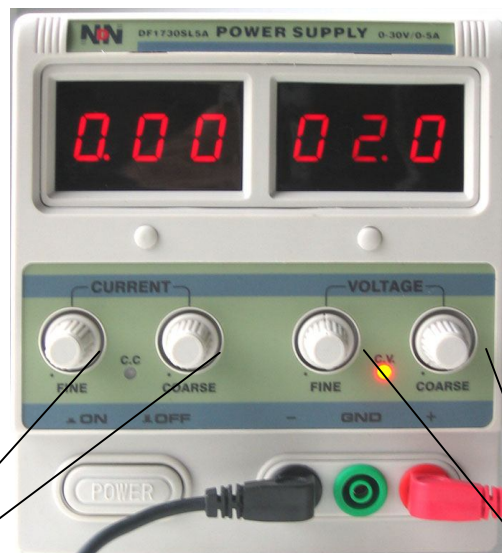
Analizę pracy zasilacza ułatwia konstrukcja geometryczna przedstawiona na **rys. D2**: obciążenie o oporności R reprezentuje prosta przechodząca przez początek układu współrzędnych u, i , nachylona pod kątem α takim, że $R \sim \text{tg } \alpha$.



Rys. D2

Gdy źródło zasilające jest nieobciążone, to jego napięcie wyjściowe wynosi U_0 (punkt A na rys. D2) i utrzymuje się przy tej wartości podczas zmniejszania oporności R do wartości R'' (oczywiście przy różnych wartościach R źródło dostarcza różnych prądów). W punkcie C odpowiadającym charakterystycznej wartości R'' , natężenie prądu wynosi I_0 .

Przy dalszym zmniejszaniu oporności R , poniżej wartości R'' , natężenie prądu wyjściowego ma zawsze tę samą wartość, natomiast napięcie wyjściowe maleje i przy zwarciu zacisków urządzenia zasilającego (punkt E) osiąga zero woltów.



Regulacja prądu zasilacza

Regulacja napięcia zasilacza

FINE – precyzyjna, **COARSE** – zgrubne.