Ćwiczenie 10a

Badanie oporu elektrycznego za pomocą mostka Wheatstone'a

10a.1. Zasada ćwiczenia

W ćwiczeniu tym mostek Wheatstone'a wykorzystywany jest do wyznaczania nieznanych oporów elektrycznych oraz opru zastępczego oporników połączonych równolegle lub szeregowo. Ponadto można wyznaczyć zależność oporu elektrycznego metalowego drutu od jego średnicy oraz wartość oporu właściwego.

10a.2. Wiadomości teoretyczne

Uporządkowany przepływ ładunku elektrycznego nazywamy prądem elektrycznym. Jeżeli przez przekrój poprzeczny przewodu przepływa ładunek Q w ciągu czasu t, to natężenie prądu płynącego przez przewód wynosi:

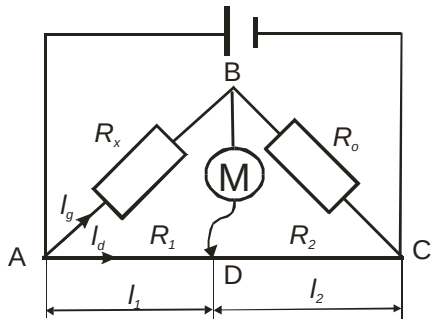
$$I = \frac{Q}{t} \quad . \tag{10a.1}$$

Przykładając różnicę potencjałów do końca metalowego drutu można zauważyć, że prąd płynący przez drut spełnia prawo Ohma. To znaczy, że natężenie prądu I jest wprost proporcjonalne do przyłożonego napięcia U:

$$I = \frac{U}{R} \quad . \tag{10a.2}$$

Współczynnik R nazywamy oporem elektrycznym (rezystancją). Dla przewodników metalicznych opór R nie zależy od wielkości przyłożonego napięcia. Jego wartość zależy, jednak, od rozmiarów przewodnika. Wielkością charakteryzującą sam materiał jest opór właściwy ρ (rezystywność). Opór R przewodnika jednorodnego o długości l i przekroju poprzecznym S jest równy:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad . \tag{10a.3}$$



Rysunek 10a.1. Schemat podłączenia elementów mostka Wheatstone'a.

Mostek Weatstone'a przedstawiony na rysunku 10a.1 jest wykorzystywany do wyznaczania nieznanego oporu (R_x) korzystając z opornika o dokładnie określonym oporze R_o. Między węzłami A i C rozpięty jest jednorodny metalowy drut. Przesuwając suwak D wzdłuż drutu zmieniamy stosunek oporów R_1/R_2, który zgodnie z (10a.3) jest wprost proporcjonalny do stosunku długości l_1/l_2. A więc:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1}{l_2} \quad . \tag{10a.4}$$

Nieznany opór R_x możemy określić po zrównoważeniu mostka, tj. przesuwając suwak D do położenia, w którym przez gałąź BD nie płynie prąd. Wtedy punkty B i D mają ten sam potencjał. Po zrównoważeniu mostka mamy więc:

$$U_{AB} = U_{AD} \quad \text{i} \quad U_{BC} = U_{DC} \ , \tag{10a.5}$$

co prowadzi do zależności:

$$R_x I_g = R_1 I_d \quad \text{i} \quad R_o I_g = R_2 I_d \quad , \tag{10a.6}$$

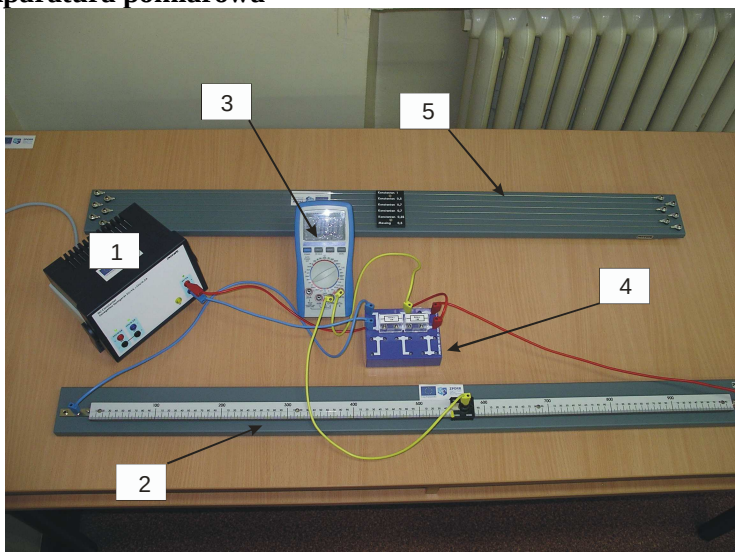
gdzie I_d – prąd płynący w gałęzi dolnej, I_g – prąd płynący w gałęzi górnej. Po podzieleniu stronami równań (10a.6) otrzymujemy:

$$\frac{R_x}{R_o} = \frac{R_1}{R_2} \quad . \tag{10a.7}$$

Stąd uwzględniając (10a.4) wyznaczamy nieznany opór:

$$R_x = R_o \frac{l_1}{l_2} \quad . \tag{10a.8}$$

10a.3. Aparatura pomiarowa



Rysunek 10a.2. Zdjęcie stanowiska pomiarowego

Układ pomiarowy składa się z:

- zasilacza o regulowanym napięciu wyjściowym (1),
- listwy oporowej z suwakiem (2),
- uniwersalnego miernika cyfrowego (3),
- pudełka łączącego (4),
- zestawu drutów metalowych o różnej średnicy (5),
- kabli do łączenia elementów układu,
- i kilkunastu oporników wzorcowych.

10a.4. Zadania

W ramach ćwiczenia student może wyznaczyć:

- opór nieznanych oporników,
- opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo lub równolegle,
- opór metalowego drutu w funkcji jego średnicy,
- opór właściwy konstantanu.

10a.5. Przebieg pomiarów i opracowanie wyników

Na rysunku 10a.1 przedstawiony jest schemat połączenia układu. W miejsce opornika R_x podłączamy opornik, którego opór chcemy zmierzyć. Metoda mostkowa daje największą dokładność pomiaru, jeżeli mostek daje się zrównoważyć w centralnej części listwy oporowej. Stąd też pomiar warto przeprowadzać etapowo, zbliżając

sukcesywnie opór wzorcowy do rzędu wielkości oporu badanego - wtedy mostek daje się zrównoważyć coraz bliżej środka. Ostateczne równoważenie mostka należy wykonywać przy ustawieniu uniwersalnego miernika cyfrowego (Ⓜ na rys. 10a.1) na zakresie 2 mA lub 200 mV.

10a.6. Wymagane wiadomości

1. Prawo Ohma.
2. Obwody elektryczne prądu stałego i prawa Kirchhoffa.
3. Połączenie równoległe i szeregowe oporników.
4. Jakie materiały nazywamy przewodnikami?

10a.7. Literatura

1. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker – Podstawy fizyki, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005.
2. A. Januszajtis – Fizyka dla Politechnik, t. II, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1986.