

## Ćwiczenie 42

### Mostek Wheatstone'a

## 1 Przebieg doświadczenia

### 1.1 Przyrządy pomiarowe

- Opornica dekadowa o zakresie 0 – 10k $\Omega$ ,
- Galwanometr.

### 1.2 Wyniki pomiarów

W tabeli zestawiono zmierzone wartości  $R_d$ , wyliczone z nich  $R_x$ , oraz uśrednione  $\bar{R}_x$  i niepewności pomiaru  $u(R_x)$ . Indeks  $\alpha$  dotyczy pomiarów z suwakiem w  $\frac{1}{3}$  listwy,  $\beta$  – w  $\frac{1}{2}$  (wtedy  $R_d = R_x$ ),  $\gamma$  – w  $\frac{2}{3}$ . Wszystkie wartości podane w  $\Omega$ . Zaparafowana oryginalna tabela pomiarów – załączona.

$R_x$	$R_{d,\alpha}$	$R_{x,\alpha}$	$R_{x,\beta}$	$R_{d,\gamma}$	$R_{x,\gamma}$	$\bar{R}_x$	$u(R_x)$
$R_1$	105,7	52,85	53,2	26,6	53,2	53,08	0,12
$R_2$	186,9	93,45	94,0	47,0	94,0	93,82	0,18
$R_3$	885,5	442,75	442,7	221,4	442,8	442,75	0,03
$R_4$	2296,4	1148,2	1158,2	582,1	1164,2	1156,87	4,67
$R_5$	5929,3	2963,65	2964,2	1482,1	2964,2	2964,35	0,15
$R_I$	6374,5	3187,25	2997,2	1528,6	3057,2	3080,55	56,09
$R_{II}$	5998,8	2999,4	3099,2	1544,6	3089,2	3026,6	31,73

Tabela 1: Tabela pomiarów i wyników

### 1.3 Wyniki doświadczenia

Wyniki zamieszczono w powyższej tabeli. Wyliczone algebraicznie wartości oporów zastępczych  $R_I = 3011,74\Omega$ ,  $R_{II} = 3108,92\Omega$ .

## 2 Opis doświadczenia

### 2.1 Opis teoretyczny

*Mostek Wheatstone'a* jest jednym z klasycznych przyrządów do dokładnego pomiaru nieznanego oporu elektrycznego. Przypuśćmy, że mamy nieznaną opór  $R_x$ , znane opory  $R_1, R_2$

oraz regulowany opór  $R_d$ . Zestawiamy następujący obwód: do szeregowego połączenia oporów  $R_x, R_d$  przyłączamy równolegle połączenie szeregowe  $R_a, R_b$ . Węzły pomiędzy ww. parami oporów łączymy galwanometrem. Po przyłożeniu do układu różnicy potencjałów możemy wyregulować  $R_d$  tak, by galwanometr wskazywał 0, tj. brak różnicy potencjałów (i przepływu prądu) między odpowiednimi węzłami. Wtedy z praw Ohma i Kirchhoffa możemy wywnioskować następujące zależności:

$$I_a R_a = I_x R_x, \quad (1)$$

$$I_b R_b = I_d R_d, \quad (2)$$

czyli równość spadków napięć na odpowiednich oporach, oraz równość odpowiednich prądów, czyli

$$I_a = I_b, \quad (3)$$

$$I_x = I_d. \quad (4)$$

Stąd można wyprowadzić wyrażenie na  $R_x$ :

$$R_x = \frac{I_a}{I_x} R_a = \frac{I_b}{I_d} R_a = R_d \frac{R_a}{R_b}. \quad (5)$$

W praktyce przyłącza się szeregowo do galwanometru regulowany opór zabezpieczający, zapobiegający spaleniu przyrządu przed wyregulowaniem  $R_d$ .

*Opór zastępczy* oporników połączonych szeregowo jest sumą oporów cząstkowych, połączonych równolegle – jest odwrotnością sumy ich odwrotności.

## 2.2 Opis układu doświadczalnego

Układ doświadczalny stanowi mostek Wheatstone'a z oporem zabezpieczającym, w którym funkcję oporów  $R_a, R_b$  pełni drut oporowy długości 1m z suwakiem rozdzielającym go na odcinki długości  $l_1, l_2$ . Wobec stałego przekroju i oporności właściwej drutu, nasz ostatni wzór przekształcić możemy do postaci

$$R_x = R_d \frac{l_1}{l_2}. \quad (6)$$

Jako nieznaną opór  $R_x$  podłączano oporniki  $R_1, \dots, R_5$ , a także ich kombinacje (połączenie równoległe  $R_1, R_3$  z szeregowo dołączonym  $R_5$  – w tabeli oznaczone jako  $R_I$ , połączenie równoległe  $R_1, R_4$  z szeregowo dołączonymi  $R_2, R_5$  – jako  $R_{II}$ ). Dla każdego z ww. oporów wykonano trzy pomiary (dla suwaka w  $\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3}$  długości drutu) polegające na zwiększeniu oporu zabezpieczającego do „nieskończoności”, przyłożeniu napięcia (6V) i wyregulowaniu opornicy dekadowej przy stopniowym zmniejszaniu oporu zabezpieczającego do 0.

## 3 Obliczenia

### 3.1 Opracowanie wyników

Ze wzoru (6) wynika, że wartości  $R_d$  dla suwaka w  $\frac{1}{3}$  listwy należy podzielić przez 2, dla  $\frac{1}{2}$  – pozostawić niezmienione,  $\frac{2}{3}$  – pomnożyć przez 2, aby otrzymać wartości  $R_x$ . W tabeli 1 zestawiono wartości  $R_x$  i ich wartości uśrednione.

Dla porównania z wartościami zmierzonymi, możemy wyliczyć algebraicznie wartości oporów zastępczych  $R_I, R_{II}$ :

$$R_I = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + R_5 = 3011,74\Omega, \quad (7)$$

$$R_{II} = \frac{R_1 R_4}{R_1 + R_4} + R_2 + R_5 = 3108,92\Omega. \quad (8)$$

### 3.2 Rachunek błędów

Wartości niepewności poszczególnych oporów wyliczone metodą typu  $A$  zestawiono w tabeli 1.

## 4 Wnioski

Zasada pomiarowa sprawdziła się w praktyce, na co wskazują bardzo małe niepewności standardowe pomiaru  $R_1, R_2, R_3, R_5$  i nieco większa  $R_4$ . Gorzej wypadły pomiary oporów złożonych  $R_I, R_{II}$ , na co wpływ mogły mieć różne efekty występujące na stykach między oporami. Tym niemniej, wartości zmierzone są bliskie wartościom obliczonym.