

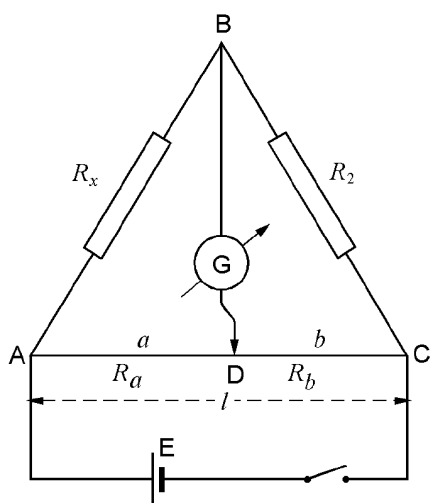
EAIiB Informatyka	Ewa Stachów Weronika Olcha	Rok II	Grupa 3	Zespół 6
Pracownia FIZYCZNA WFIS AGH	Temat: Mostek Wheastone'a			Nr ćwiczenia: 32
Data wykonania: 21.10.2016	Data oddania: 26.10.2016	Zwrot do poprawki:	Data oddania:	Data zaliczenia:
OCENA:				

Ćwiczenie nr 32: Mostek Wheastone'a

1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia było zapoznanie z zasadą działania mostka Wheatstone'a w oparciu o prądowe i napięciowe prawo Kirchhoffa służące do opisu złożonych obwodów elektrycznych oraz metody pomiaru nieznanego oporu oraz ich połączeń szeregowych i równoległych zgodnie z prawem Ohma.

2 Wstęp teoretyczny



Mostek Wheatstone'a jest jednym z klasycznych sposobów dokładnego pomiaru nieznanego oporu elektrycznego. Załóżmy, że mamy nieznaną opór R_x , znane opory R_a , R_b oraz regulowaną opornicę dekadową o oporze R_2 . Zestawiamy następujący obwód: do szeregowego połączenia oporów R_x , R_2 przyłączamy równoległe połączenie szeregowo R_a , R_b . Węzły pomiędzy wspomnianymi parami oporów łączymy galwanometrem. Po przyłożeniu do układu różnicy potencjałów możemy regulować R_2 tak, aby galwanometr wskazywał 0, czyli brak różnicy potencjałów, a co za tym idzie i brak przepływu prądu między odpowiednimi węzłami. Wtedy z praw Ohma i Kirchhoffa możemy wyprowadzić następujące wzory:

$$I_a \cdot R_a = I_x \cdot R_x$$

$$I_b \cdot R_b = I_d \cdot R_2$$

Z powyższych równań wynika równość spadków napięć na odpowiednich oporach oraz równość odpowiednich natężeń prądów, czyli:

$$I_a = I_b$$

$$I_x = I_d$$

Stąd można wyprowadzić wyrażenie na R_x :

$$R_x = R_a \frac{I_a}{I_x} = R_a \frac{I_b}{I_d} = R_2 \frac{R_a}{R_b}$$

Ponieważ R_a i R_b są oporami odcinków tego samego jednorodnego drutu, ich wielkości są proporcjonalne do długości:

$$\frac{R_a}{R_b} = \frac{a}{b} = \frac{a}{l - a}$$

Ostatecznie otrzymujemy, że:

$$R_x = R_2 \frac{a}{l - a}$$

Dokładność pomiaru mostkiem Wheatstone'a z drutem oporowym zależy przede wszystkim od błędu wyznaczenia odległości a . Aby pomiar był najdokładniejszy należy tak dobrać opór R_2 , aby stan równowagi mostka można było uzyskać w przybliżeniu w połowie długości drutu oporowego.

3 Układ pomiarowy

Układ mostka Wheatstone'a pokazany został na rysunku w punkcie nr 2 *Wstęp teoretyczny*. W skład obwodu wchodzi:

- Listwa z drutem oporowym, zaopatrzona w podziałkę milimetrową i kontakt ślizgowy umożliwiający zmiany długości odcinków a i b .
- Opornica dekadowa
- Zestaw oporników oznaczony symbolem R_x , umieszczony na płytce z pleksiglasu.
- Mikroamperomierz G jako wskaźnik zerowania mostka. Jego czułość można regulować.
- Zasilacz.

4 Przebieg doświadczenia

Przy przeprowadzaniu eksperymentu skorzystaliśmy z układu pomiarowego, którego schemat przedstawia poniższy rysunek. Pomiędzy punktami A i C znajduje się listwa z drutem oporowym o znanej długości. R_2 jest opornikiem wzorcowym o regulowanej wartości oporu, a R_x nieznanym oporem, którego wartość chcemy wyznaczyć. Zrównoważenie mostka polega na takim ustawieniu punktu D , aby dla zadanej wartości R_2 przez galwanometr nie płynął prąd.

5 Wyniki pomiarów

Opornik R_1										
$R_1[\Omega]$	25	20	30	15	13	10	8	5	18	23
$a[mm]$	354	427	331	472	512	599	612	682	427	378
$R_{x1}[\Omega]$	13,70	14,90	14,84	13,41	13,64	14,94	12,62	10,72	13,41	13,98

Wartość średnia oporu: $\bar{R}_{x1} = 13,62 \Omega$ Niepewność: $u(R_{x1}) = 0,40 \Omega$

Opornik R_2										
$R_2[\Omega]$	20	30	10	35	25	15	18	12	22	28
$a[mm]$	504	407	675	358	438	556	515	619	477	411
$R_{x2}[\Omega]$	20,32	20,59	20,77	19,52	19,48	18,78	19,11	19,50	20,07	19,54

Wartość średnia oporu: $\bar{R}_{x2} \approx 19,77 \Omega$ Niepewność: $u(R_{x2}) \approx 0,20 \Omega$

Połączenie szeregowe (R_1 z R_2)										
$R_{12}[\Omega]$	20	30	35	40	50	45	25	28	32	38
$a[mm]$	640	531	500	461	414	436	575	545	526	479
$R_{z_s}[\Omega]$	35,56	33,97	35,00	34,21	35,32	34,79	33,82	33,54	35,51	34,94
Wartość średnia oporu: $\overline{R}_{z_s} \approx 34,67 \Omega$					Niepewność: $u(R_{z_s}) \approx 0,23 \Omega$					
Opór obliczony: $R_{obl} \approx 33,38 \Omega$					Niepewność: $u(R_{obl}) \approx 0,45 \Omega$					
Połączenie równoległe (R_1 z R_2)										
$R_{12}[\Omega]$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13
$a[mm]$	662	592	560	526	496	467	434	461	427	371
$R_{z_r}[\Omega]$	5,88	5,80	6,36	6,66	6,89	7,01	6,90	8,55	8,20	7,67
Wartość średnia oporu: $\overline{R}_{z_r} \approx 6,99 \Omega$					Niepewność: $u(R_{z_r}) \approx 0,29 \Omega$					
Opór obliczony: $R_{obl} \approx 8,06 \Omega$					Niepewność: $u(R_{obl}) \approx 0,10 \Omega$					

6 Opracowanie wyników pomiarów

Aby obliczyć opór R_x korzystamy z poniższego wzoru:

$$R_x = R_2 \frac{a}{l - a},$$

gdzie R_2 to znana opór wzorcowy, a to zmierzona długość, a $l = 1000mm$ to długość listwy z drutem oporowym. Niepewność typu A wartości R_x wyznaczamy z następującego wzoru:

$$u(R_x) = \sqrt{\frac{\sum (R_i - \bar{R}_x)^2}{n(n-1)}}$$

Po podstawieniu odpowiednich wartości otrzymujemy:

$$u(R_1) = \sqrt{\frac{(13,70 - 13,62)^2 + \dots + (13,98 - 13,62)^2}{10(10-1)}} \approx 0,40 \Omega$$

$$u(R_2) = \sqrt{\frac{(20,32 - 19,77)^2 + \dots + (19,54 - 19,77)^2}{10(10-1)}} \approx 0,20 \Omega$$

$$u(R_{zs}) = \sqrt{\frac{(35,56 - 34,67)^2 + \dots + (34,94 - 34,67)^2}{10(10-1)}} \approx 0,23 \Omega$$

$$u(R_{zr}) = \sqrt{\frac{(5,88 - 6,99)^2 + \dots + (7,67 - 6,99)^2}{10(10-1)}} \approx 0,29 \Omega$$

6.1 Połączenie szeregowe

Wartość oporu przy połączeniu szeregowym można też obliczyć na podstawie wzoru na opór zastępczy oraz wyznaczonych wartości R_{x1} i R_{x2}

$$R_{obl} = R_{x1} + R_{x2} \approx 33,38 \Omega$$

Niepewność dla wartości wyliczanych ze wzorów na opór zastępczy w obwodzie z połączeniem szeregowym wyznaczamy z prawa przenoszenia niepewności i opisujemy wzorem:

$$\begin{aligned} u(R_{obl}) &= \sqrt{\left(\frac{\delta R_{zs}}{\delta R_{x_1}}\right)^2 u(R_{x_1})^2 + \left(\frac{\delta R_{zs}}{\delta R_{x_2}}\right)^2 u(R_{x_2})^2} \\ &= \sqrt{u(R_{x_1})^2 + u(R_{x_2})^2} \\ &\approx 0,45 \, \Omega \end{aligned}$$

6.2 Połączenie równoległe

Wartość oporu przy połączeniu równoległym można też obliczyć na podstawie wzoru na opór zastępczy oraz wyznaczonych wartości R_{x_1} i R_{x_2}

$$R_{z_r} = \frac{R_{x_1} R_{x_2}}{R_{x_1} + R_{x_2}} \approx 8,06 \, \Omega$$

$$\begin{aligned} u(R_{obl}) &= \sqrt{\left(\frac{\delta R_{z_r}}{\delta R_{x_1}}\right)^2 u(R_{x_1})^2 + \left(\frac{\delta R_{z_r}}{\delta R_{x_2}}\right)^2 u(R_{x_2})^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{R_{x_1}}{R_{x_1} + R_{x_2}}\right)^4 u(R_{x_1})^2 + \left(\frac{R_{x_2}}{R_{x_1} + R_{x_2}}\right)^4 u(R_{x_2})^2} \\ &\approx 0,10 \, \Omega \end{aligned}$$

6.3 Porównanie wartości z pomiarów i wyznaczonych ze wzorów

	Opory zmierzone	Opory ze wzoru
Połączenie szeregowe	34,67(23) Ω	33,38(45) Ω
Połączenie równoległe	6,99(29) Ω	8,06(10) Ω

7 Wnioski

- Opory wyznaczone w ćwiczeniu mają zbliżone wartości do obliczonych ze wzorów, jednak nie mieszczą się w granicach niepewności pomiarowych (nawet w granicach niepewności rozszerzonej dla współczynnika rozszerzenia $k = 2$).
- Błędy mogą wynikać ze złego odczytania wartości z amperomierza, bądź złego odczytania długości drutu, lub niedokładności urządzeń pomiarowych.