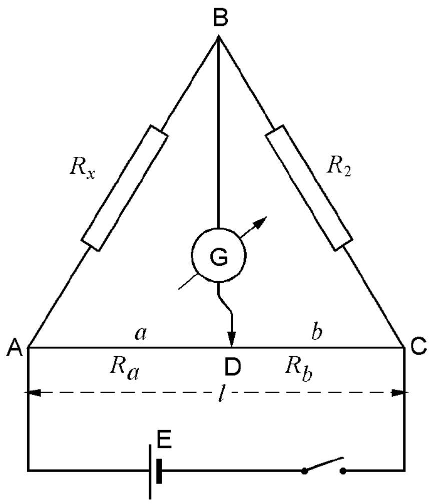
EAIiIB Informatyka	Aleksander Lisiecki Natalia Materek		Rok II	Grupa 2	Zespół 6
Pracownia FIZYCZNA WFiIS AGH	Temat: ***Mostek Wheastone'a***				Nr ćwiczenia: 32
Data wykonania: 18.12.2016	Data oddania: 21.12.2016	Zwrot do poprawki:	Data oddania:	Data zaliczenia:	OCENA:

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 Kirchoffa służące do opisu złożonych obwodów elektrycznych oraz metody pomiaru nieznanych oporów 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 nieznany 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 równolegle połączenie szeregowe 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:

$$I_a \cdot R_a = I_x \cdot R_x \tag{1}$$

$$I_b \cdot R_b = I_d \cdot R_2 \tag{2}$$

gdzie

I_a natężenie prądu na odcinku A[A]

I_b natężenie prądu na odcinku B[A]

R_a opór na odcinku A[Ω]

R_b opór na odcinku B[Ω]

R_x opór nieznany[Ω]

R_2 opór regulowanej opornicy dekadowej[Ω]

Ze wzorów 1 i 2 wynika równość spadków napięć na odpowiednich oporach oraz równość odpowiednich natężeń prądów, czyli:

$$I_a = I_b$$

$$I_x = I_d$$

gdzie

I_d natężenie $[A]$

I_x natężenie $[A]$

Stąd można wyprowadzić wyrażenie na R_x:

$$R_x = R_a \frac{I_a}{I_x} = R_a \frac{I_b}{I_d} = R_2 \frac{R_a}{R_b} \tag{3}$$

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

$$\frac{R_a}{R_b} = \frac{a}{b} = \frac{a}{l-a} \tag{4}$$

gdzie

a długość odcinka AD $[m]$

b długość odcinka DC $[m]$

Ostatecznie otrzymujemy, że:

$$R_x = R_2 \frac{a}{l-a} \tag{5}$$

gdzie

R_2 opór wzorcowy $[\Omega]$

a zmierzona długość na listwie $[m]$

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 skład obwodu wchodzą:

- 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 skorzystano z układu pomiarowego, którego schemat przedstawia 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.

- Ustawienie oporu wzorcowego na opornicy dekadowej.
- Zrównoważenie mostka przez ustawienie kontaktu ślizgowego tak, aby dla zadanej wartości oporu przez galwanometr nie płynął prąd.
- Odczytanie wartości a na której zatrzymano kontakt ślizgowy.
- Czynności od 1 do 3 powtórzono dziesięciokrotnie dla oporników R_{x1}, R_{x2} oraz tych samych oporników połączonych szeregowo i równolegle.
- Wyznaczenie wartości nieznanych oporów na podstawie wzoru 5.
- Wyznaczenie $R_{\text{śr}}$ jako sumy arytmetycznej oporów z poszczególnych dziesięciu prób.

5 Wyniki pomiarów

Tablica 1: Opornik R_{x1}

Opór wzorcowy	102	60	50	40	30	20	15	95	70	25
$a[mm]$	121	184	226	262	321	425	477	131	173	379
$R_{x_1}[\Omega]$		13,53								

$\overline{R}_{x_1} \approx$ ...	$u(\overline{R}_{x_1}) \approx$ ...

Tablica 2: Opornik R_{x2}

Opór wzorcowy	25	35	30	20	15	10	5	8	12	18
$a[mm]$	453	362	383	504	550	669	746	671	607	494
$R_{x_1}[\Omega]$		19,86								

$\overline{R}_{x_2} \approx$ ...	$u(\overline{R}_{x_2}) \approx$ ...

Tablica 3: Połączenie szeregowe R_{x1} i R_{x2}

Opór wzorcowy	20	18	15	12	22	25	30	35	40	45
$a[mm]$	642	617	688	703	588	562	530	478	445	422
$R_{x_1}[\Omega]$		28,00								

$\overline{R} \approx$ ...	$u(\overline{R}) \approx$ ...

6 Opracowanie wyników pomiarów

Aby obliczyć opór nieznany R_x korzystamy z powyższego wzoru 5 Listwa ma długość 100 $[cm]$.

Tablica 4: Połączenie równoległe R_{x1} i R_{x2}

Opór wzorcowy	12	15	18	20	23	27	10	8	6	3
$a[mm]$	444	383	321	309	290	246	468	522	549	716
$R_{x_1}[\Omega]$	9,583	9,311	8,510	8,944	9,394	8,809	8,797	8,736	7,304	7,563

$\overline{R} \approx ...$	$u(\overline{R}) \approx ...$

Niepewność typu A oporu R_x wyznaczamy z następującego wzoru:

$$u(R_x) = \sqrt{\frac{\sum \left(R_i - \overline{R}_x\right)^2}{n(n-1)}} \tag{6}$$

gdzie

$u(R_x)$ niepewność pomiaru oporu $[\Omega]$

R_i opór z i -tej próby $[\Omega]$

$\overline{R}_x$ wartość średnia oporu $[\Omega]$

n liczba prób

Po podstawieniu odpowiednich wartości otrzymujemy:

$$u(R_{x_1}) = \sqrt{\frac{(... - ...)^2 + \cdots (... - ...)^2}{10(10-1)}} \approx ... \, \Omega$$

$$u(R_{x_2}) = \sqrt{\frac{(.. - ...)^2 + \cdots (... - ...)^2}{10(10-1)}} \approx ... \, \Omega$$

$$u(R_{z_s}) = \sqrt{\frac{(... - ...)^2 + \cdots (... - ....)^2}{10(10-1)}} \approx ... \, \Omega$$

$$u(R_{z_r}) = \sqrt{\frac{(... - ...)^2 + \cdots (... - ...)^2}{10(10-1)}} \approx ... \, \Omega$$

gdzie

$u(R_x1)$ niepewność pomiaru oporu dla opornika R_{x1} $[\Omega]$

$u(R_x2)$ niepewność pomiaru oporu dla opornika R_{x2} $[\Omega]$

$u(R_{z_s})$ niepewność pomiaru oporu dla oporników R_{x1} i R_{x2} połączonych szeregowo$[\Omega]$

$u(R_{z_r})$ niepewność pomiaru oporu dla oporników R_{x1} i R_{x2} połączonych równolegle$[\Omega]$

6.1 Połączenie szeregowe

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

$$R_{obl} = R_{x_1} + R_{x_2} \approx ... \, \Omega$$

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

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

gdzie

$u(R_{\mathbf{obl}})$ niepewność oporu ... [Ω]

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}

$$
R_{z_r} = \frac{R_{x_1} R_{x_2}}{R_{x_1} + R_{x_2}} \approx ...\ \Omega
$$

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

6.3 Porównanie wartości z pomiarów i wyznaczonych ze wzorów

	Opory zmierzone	**Opory ze wzoru**
Połączenie szeregowe	... Ω	... Ω
Połączenie równoległe	... Ω	...) Ω

7 Wnioski

- Opory wyznaczone w ćwiczeniu mają zbliżone wartości do obliczonych ze wzorów, jednak nie mieszczą się/mieszcza sie? 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.