

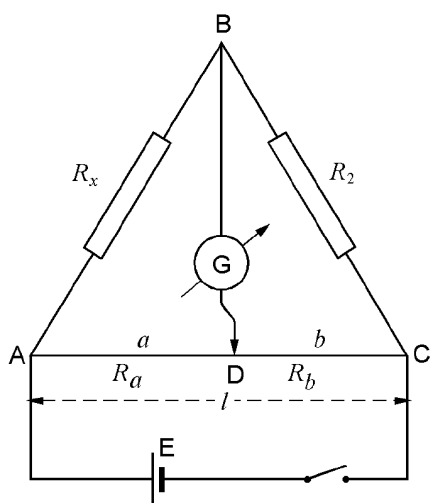
EAIiB Informatyka	Ewa Stachów Weronika Olcha	Rok II	Grupa 3	Zespół 6
Pracownia FIZYCZNA WFIS AGH	Temat: <b>Mostek Wheastone'a</b>			Nr ćwiczenia: 32
Data wykonania: 21.10.2016	Data oddania: 26.10.2016	Zwrot do poprawki:	Data oddania:	Data zaliczenia:
OCENA:				

## 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:  $\bar{R}_{x1} \approx 13,62 \Omega$       Niepewność:  $u(R_{x1}) \approx 0,40 \Omega$

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 szeregowo

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) $\Omega$	33,38(45) $\Omega$
Połączenie równoległe	6,99(29) $\Omega$	8,06(10) $\Omega$

## 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.