

## Pomiary rezystancji i impedancji

### Ćwiczenie 3

Data wykonania ćwiczenia: 25.03.2024  
Data oddania sprawozdania: 8.04.2024

## 1 Spis przyrządów

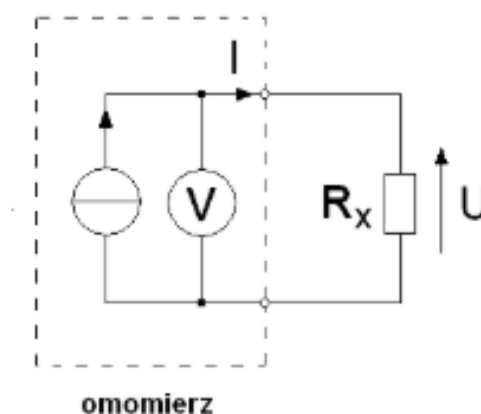
- Omomierz AGILENT 34401A,
- Omomierz analogowy Axiomet AX-7003,
- Rezystory wzorcowe  $1\Omega$ ,  $10\Omega$ ,  $10k\Omega$ ,
- Rezystory na płytce  $220k\Omega$ ,  $6.8k\Omega$ ,  $100\Omega$ ,
- Rezystor mocy  $2.2k\Omega$ ,
- Zasilacz nieregulowany

## 2 Przebieg i cel ćwiczenia

Ćwiczenie polegało na pomiarach rezystancji dostępnych na stanowisku rezystorów za pomocą różnych metod i układów pomiarowych takich jak: układu dwupunktowy, układ czteropunktowy, układ poprawnego pomiaru napięcia oraz poprawnego pomiaru prądu, a następnie porównaniu ich z wartościami odczytanymi z rezystorów. W ćwiczeniu mieliśmy także za zadanie sprawdzić oddziaływanie przewodów pomiarowych na dokładność pomiaru.

## 3 Wyniki i analiza pomiarów

### 3.1 Pomiar rezystancji w układzie dwupunktowym omomierzem AGILENT



Rysunek 1: Schemat pomiarowy układu dwupunktowego

W tabelach poniżej zostały zapisane odczytane oraz zmierzone wartości rezystancji.

Nazwa	R	Tolerancja	$R_{zm}$	Zakres	Niepewność
Opornik Wzorcowy	$10k\Omega$	0,03%	$9,9994k\Omega$	$10k\Omega$	$(9,9994 \pm 0,0012)k\Omega$
	$10\Omega$	0,01%	$10,077\Omega$	$100\Omega$	$(10,077 \pm 0,005)\Omega$
	$1\Omega$	0,01%	$1,073\Omega$	$100\Omega$	$(1,073 \pm 0,004)\Omega$
Rezystor zwykły	$220k\Omega$	5%	$0,22129M\Omega$	$1M\Omega$	$(0,22129 \pm 0,00003)M\Omega$
	$6,8k\Omega$		$6,77448k\Omega$	$10k\Omega$	$(6,77448 \pm 0,00078)k\Omega$
	$100\Omega$		$99,404\Omega$	$100\Omega$	$(99,404 \pm 0,0014)\Omega$
Rezystor mocy	$2,2\Omega$	1%	$2,297\Omega$	$100\Omega$	$(2,297 \pm 0,004)\Omega$

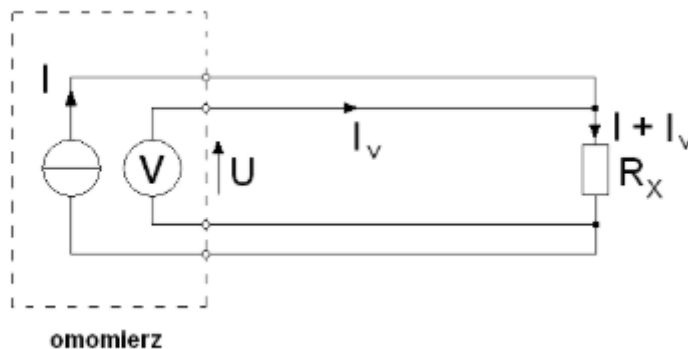
Tabela 1: Wartości odczytane wraz z wartościami zmierzonymi oraz niepewnościami

### 3.2 Pomiar rezystancji rezystorów na płytce omomierzem analogowym

Rezystancja	Zakres	Pomiar	Niepewność
$220k\Omega$	$\times 1k\Omega$	pomiar nieczytelny	pomiar nieczytelny
$6,8k\Omega$	$\times 1k\Omega$	$5,75k\Omega$	$(5,75 \pm 50)k\Omega$
$100\Omega$	$\times 10\Omega$	$110\Omega$	$(110 \pm 500)\Omega$

Tabela 2: Caption

### 3.3 Pomiar rezystorów wzorcowych omomierzem AGILENT w układzie czteropunktowym



Rysunek 2: Schemat pomiarowy układu czteropunktowego

Rezystancja	Tolerancja	Pomiar	Zakres	Niepewność
$1\Omega$	0,01%	$1,000\Omega$	$100\Omega$	$(1,000 \pm 0,004)\Omega$
$10\Omega$	0,01%	$10,000\Omega$	$100\Omega$	$(10,000 \pm 0,005)\Omega$
$10k\Omega$	0,03%	$9,9993k\Omega$	$10k\Omega$	$(9,9993 \pm 0,0011)k\Omega$

Tabela 3: Caption

### 3.4 Pomiar rezystancji rezystora mocy za pomocą przewodów o różnych właściwościach i omomierza AGILENT w układzie dwupunktowym i czteropunktowym

Pomiar	Zakres	Rodzaj przewodów
2,416Ω	100Ω	cienkie 1m
2,374Ω	100Ω	grube 1m
2,293Ω	100Ω	grube 20cm

Tabela 4: Wartości zmierzone w układzie dwupunktowym

Po dokonaniu pomiarów rezystora została zmierzona rezystancja przewodów pomiarowych:

Pomiar	Zakres	Rodzaj przewodów
0,200Ω	100Ω	cienkie 1m
0,149Ω	100Ω	grube 1m
0,047Ω	100Ω	grube 20cm

Tabela 5: Rezystancja przewodów użytych do pomiaru w układzie dwupunktowym

Po dokonaniu obu pomiarów możemy obliczyć właściwą wartość oporu rezystorów.  $R = R_{zm} - R_{przewodu}$

- Przewód cienki 1m -  $R = 2,416\Omega - 0,200\Omega = 2,216\Omega$
- Przewód gruby 1m -  $R = 2,374\Omega - 0,149\Omega = 2,225\Omega$
- Przewód gruby 20cm -  $R = 2,293\Omega - 0,047\Omega = 2,246\Omega$

Po zmierzeniu oporu rezystora mocy o nominalnej wartości 2,2Ω w układzie czteropunktowym wynik pomiaru to 2,233Ω (na zakresie 100Ω). Można zauważyć, że wynik pomiaru z użyciem układu czteropunktowego jest bliski rezystancji otrzymanej po dokonaniu dwóch osobnych pomiarów w układzie dwupunktowym i obliczeniu różnicy owych pomiarów. Wychodzi na to, że metoda z użyciem układu czteropunktowego jest szybsza i tak samo dokładna.

### 3.5 Oszacowanie maksymalnego napięcia dla rezystorów

Aby oszacować wartość maksymalnego napięcia które możemy przyłożyć do rezystora mocy tak aby nie przekroczyć 50W dla rezystora mocy oraz 2W dla reszty rezystorów musimy skorzystać ze wzoru poniżej:

$$P = \frac{U^2}{R} \quad P = I^2 \cdot R$$

Po przekształceniu:

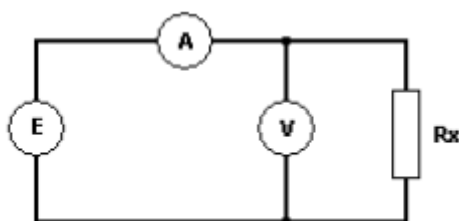
$$U = \sqrt{P \cdot R} \quad I = \sqrt{\frac{P}{R}}$$

Rezystancja	$P_{Max}$	$U_{Max}$	$I_{Max}$
Rezystor mocy 2,2Ω	50W	10,49V	4,77A
220kΩ	2W	663,33V	0,003A
6,8kΩ		116,62V	0,017A
100Ω		14,14V	0,14A

Tabela 6: Maksymalne napięcie i prąd

### 3.6 Pomiar rezystancji w układzie poprawnego pomiaru napięcia i prądu

#### 3.6.1 Poprawny pomiar napięcia

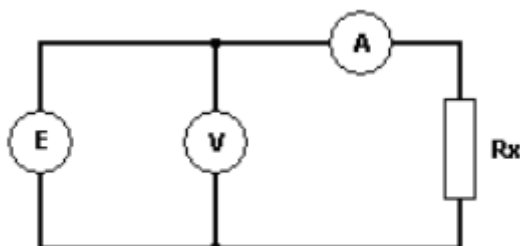


Rysunek 3: Układ poprawnego pomiaru napięcia

Rezystancja	Pomiar	Zakres	Obliczona rezystancja	Niepewność	Błąd bezwzględny	Błąd względny
$2,2\Omega$	1,8222A 4,0867V	3A 10V	$2,243\Omega$	$\pm 0,003$	$\pm 0,0000005\Omega$	0,00002%
$220k\Omega$	0,0238mA 5,0866V	10mA 10V	$213,722k\Omega$	$\pm 18066,75$	$\pm 4668\Omega$	2,14%
$6,8k\Omega$	6,7543mA 5,0830V	10mA 10V	$752,558\Omega$	$\pm 0,64$	$\pm 0,062\Omega$	0,008%
$100\Omega$	48,553mA 4,8191V	10mA 10V	$99,254\Omega$	$\pm 0,06$	$\pm 0,001\Omega$	0,001%

Tabela 7: Tabela pomiarów dla poprawnego pomiaru napięcia

#### 3.6.2 Poprawny pomiar natężenia prądu



Rysunek 4: Układ poprawnego pomiaru prądu

Rezystancja	Pomiar	Zakres	Obliczona rezystancja	Niepewność	Błąd bezwzględny	Błąd względny
$2,2\Omega$	1,8293A 5,0329V	3A 10V	$2,744\Omega$	$\pm 0,00157\Omega$	$\pm 5\Omega$	182,24%
$220k\Omega$	0,0230mA 5,0866V	10mA 10V	$221,154k\Omega$	$\pm 2,193k\Omega$	$\pm 0,1\Omega$	0,045%
$6,8k\Omega$	6,7538mA 5,0871V	10mA 10V	$752,556\Omega$	$\pm 0,00553\Omega$	$\pm 0,1\Omega$	0,013%
$100\Omega$	48,570mA 5,0857V	10mA 10V	$104,658\Omega$	$\pm 0,000510\Omega$	$\pm 0,1\Omega$	0,096%

Tabela 8: Tabela pomiarów dla poprawnego pomiaru natężenia prądu

Aby obliczyć błędy pomiarowe tych metod zostały wykorzystane następujące wzory:

$$u(R_{zm}) = \sqrt{\left(\frac{1}{I_A} * u(U_V)\right)^2 + \left(\frac{-U_V}{(I_A)^2} * u(I_A)\right)^2}$$

Gdzie:

- $u(U_{zm})$  - Niepewność z prawa propagacji
- $I_A$  - prąd zmierzony
- $u(U_V)$  - niepewność pomiaru napięcia
- $U_V$  - napięcie zmierzone
- $u(I_A)$  - niepewność pomiaru prądu

Błąd systematyczny bezwzględny  $\Delta R_s$

$$\Delta R_s = \frac{R_x \cdot R_v}{R_x + R_v} - R_x$$

Gdzie:

- $R_x$  - Rezystancja zmierzona
- $R_v$  - rezystancja woltomierza

Względny błąd systematyczny to:

$$\delta R_s = \frac{-R_x}{R_x + R_v} \cdot 100\%$$

Następnie została obliczona rezystancja graniczna dla dwóch pierwszych i ostatnich zakresów dostępnych na multimetrze Agilent. Wykorzystaliśmy do tego następujący wzór:

$$R_{gr} = \sqrt{R_A \cdot R_V}$$

Gdzie:

- $R_A$  - Rezystancja wewnętrzna amperomierza
- $R_V$  - Rezystancja wewnętrzna woltomierza

Poniżej zostały przedstawione wyniki obliczeń:

1. Dla zakresu  $100M\Omega$  i  $10M\Omega$  -  $R_{gr} \approx 7,1k\Omega$
2. Dla zakresu  $100\Omega$  i  $1k\Omega$  -  $R_{gr} \approx 1k\Omega$

## 4 Wnioski

Analizując wyniki pomiarów od początku jesteśmy w stanie zauważyć, że wartości zmierzone w Tabeli 1 za pomocą miernika cyfrowego nieznacznie różnią się od wartości odczytanych. Jest to spowodowane błędem metody pomiaru dwupunktowego. Następnie zauważamy, że nie powinniśmy używać omomierza analogowego do pomiarów rezystancji przez jego niedokładność oraz problemy z dokładnym odczytaniem mierzonej wartości.

W kolejnym podpunkcie wykonaliśmy pomiar rezystancji w układzie czteropunktowym. Zauważamy tutaj znaczącą poprawę dokładności.

Następnie przy wykorzystaniu przewodów różnego typu jesteśmy w stanie zauważyć wpływ rodzaju przewodu na wynik pomiaru. Są to wartości poniżej jednego Ohma, więc jest to problem tylko dla małych rezystancji.

Następnie po dokonaniu pomiarów metodami poprawnego pomiaru napięcia i poprawnego pomiaru prądu zauważyliśmy duże odchyłki dla poszczególnych rezystorów. Po wyznaczeniu rezystancji granicznej jesteśmy w stanie zauważyć, że wyniki naszych pomiarów potwierdzają zasadę wyboru metody pomiaru. Pomiar poprawnym pomiarem napięcia wykazywał mały błąd dla niskich rezystancji, natomiast poprawny pomiar prądu pozwalał z mniejszym błędem zmierzyć wartości o wysokiej oporności. Jesteśmy w stanie dobrze to zauważyć na przykładzie rezystora  $220k\Omega$  oraz  $2,2\Omega$ .