

Uniwersytet Zielonogórski WEiIT	Imię i nazwisko	Grupa lab.	Nr ćwicz. 1	Ocena
<b>Laboratorium techniki eksperymentu</b>				
Temat ćwiczenia: Pomiary bezpośrednie i pośrednie podstawowych wielkości elektrycznych.		Data wyk.	Data odd.	Podpis

### 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest nauczenie posługiwania multimetrem cyfrowym i przyrządami analogowymi przy pomiarach bezpośrednich i pośrednich podstawowych wielkości elektrycznych.

### 2. Wykaz aparatury

Przyrządy analogowe:

- woltomierz analogowy MERA LM-3 (DC), nr fabryczny 1601150.79,  $1000\Omega / V$ , zakres 0,15V – 750V, klasa 0,5
- woltomierz analogowy ERA LE-3 (AC), nr fabryczny 2105335.73, 7,5V-199mA, 15÷60V-50 mA, klasa 0,5
- amperomierz analogowy ERA LM-3 (DC), nr fabryczny 3703004.74, 30mV-15 $\Omega$ , 60mV-20 $\Omega$ , zakres 3mA-7500mA, klasa 0,5
- amperomierz analogowy ERA LE-3 (AC), nr fabryczny 1307256.77, 75mA-19 $\Omega$ , 150mA-4,8 $\Omega$ , klasa 0,5

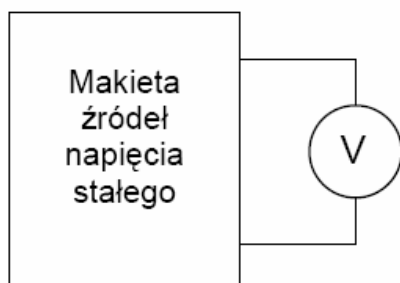
Przyrządy cyfrowe:

- multimetr METEX M-3860D
  - woltomierz: zakres DC 400mV-1000V, rozdzielczość 100 $\mu$ V-100mV, dokładność  $\pm 0,3\%rdg+1dgt$ ,
  - woltomierz: zakres AC 400mV-750V, dokładność  $\pm 0,8\%rdg+3dgt$ , rozdzielczość 100 $\mu$ V-1V
  - amperomierz: zakres DC 400 $\mu$ A-20A, rozdzielczość 100nA-10mA, dokładność  $\pm 0,8\%rdg+1dgt$
  - amperomierz: zakres AC 40mA-20A, rozdzielczość 10 $\mu$ A-10mA, dokładność  $\pm 2\%rdg+5dgt$
  - omomierz: zakres 400 $\Omega$ -40M $\Omega$ , rozdzielczość 0,1 $\Omega$ -10k $\Omega$ , dokładność  $\pm 0,5\%rdg+1dgt$
  - pomiar pojemności: zakres 4nF-400 $\mu$ F, rozdzielczość 1pF-100nF
  - pomiar indukcyjności: zakres 40mH-400mH, rozdzielczość 10 $\mu$ H-100 $\mu$ H

### 3. Program ćwiczenia

### 3.1. Pomiary napięć stałych multimetrem cyfrowym i woltomierzem analogowym.

#### 3.1.1. Schemat układu pomiarowego



#### 3.1.2. Tabele wyników pomiarów i obliczeń

a) pomiar woltomierzem analogowym

napięcie zmierzone [V]	U <sub>max</sub> [V]	Δ [V]	δ [%]
U1 = 25,25	30	0,15	0,60
U2 = 19,00	30	0,15	0,80
U3 = 15,50	30	0,15	1,00
U4 = 12,50	15	0,08	0,60
U5 = 6,10	7,5	0,04	0,62

b) pomiar multimetrem cyfrowym

napięcie zmierzone [V]	U <sub>max</sub> [V]	rozdzielczość [mV]	błąd dokładności pomiaru [V]
U1 = 24,54	40	10	0,09
U2 = 18,43	40	10	0,07
U3 = 15,27	40	10	0,06
U4 = 12,19	40	10	0,05
U5 = 5,99	40	10	0,03

#### 3.1.3. Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

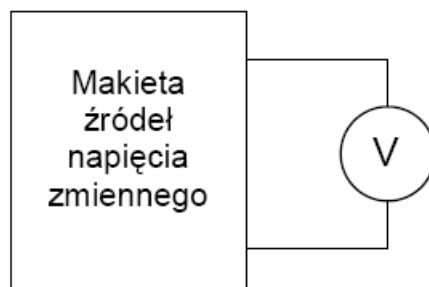
- błąd bezwzględny  $\Delta = \frac{\text{klasa} \cdot \text{zakres}}{100} = \frac{0,5 \cdot 30V}{100} = 0,15 V$  (dla U1)

- błąd względny  $\delta = \frac{\Delta}{\text{wskazanie}} \cdot 100\% = \frac{0,15V}{25,25V} \times 100\% = 0,5940\% \approx 0,60\%$  (dla U1)

- błąd dokładności pomiaru  $\Delta = \alpha \text{ wskazanie} + \beta \text{ 1cyfra} = 0,3\% \times 24,54 + 1 \times 0,01 = 0,08362 \approx 0,09V$  (dla U1)

## 4. Pomiary napięć zmiennych multimetrem cyfrowym i woltomierzem analogowym

### 4.1. Schemat układu pomiarowego



### 4.2. Tabela wyników pomiarów i obliczeń

a) pomiar woltomierzem analogowym

napięcie zmierzone [V]	U <sub>max</sub> [V]	Δ [V]	δ [%]
U <sub>1</sub> = 24,50	30	0,15	0,62
U <sub>2</sub> = 18,00	30	0,15	0,90
U <sub>3</sub> = 15,00	30	0,15	1,00
U <sub>4</sub> = 6,20	15	0,08	1,30
U <sub>5</sub> = 3,00	7,5	0,04	1,30

b) pomiar multimetrem cyfrowym

napięcie zmierzone [V]	U <sub>max</sub> [V]	rozdzielczość [mV]	błąd dokładności pomiaru [V]
U <sub>1</sub> = 25,66	40	10	0,24
U <sub>2</sub> = 19,20	40	10	0,19
U <sub>3</sub> = 16,02	40	10	0,16
U <sub>4</sub> = 6,50	40	10	0,09
U <sub>5</sub> = 3,22	4	1	0,06

### 4.3. Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

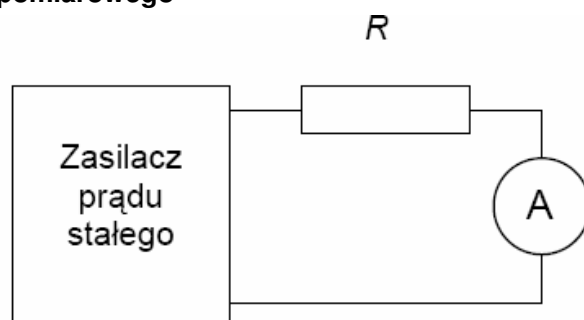
- błąd bezwzględny  $\Delta = \frac{\text{klasa} \cdot \text{zakres}}{100} = \frac{0,5 \cdot 30V}{100} = 0,15 V$  (dla U<sub>1</sub>)

- błąd względny  $\delta = \frac{\Delta}{\text{wskazanie}} \cdot 100\% = \frac{0,15V}{24,5V} \times 100\% = 0,6148\% \approx 0,62\%$  (dla U<sub>1</sub>)

- błąd dokładności pomiaru  $\Delta = \alpha \text{ wskazanie} + \beta \text{ 1cyfra} = 0,8\% \times 25,66 + 3 \times 0,01 = 0,23528V \approx 0,24 V$  (dla U<sub>1</sub>)

## 5. Pomiary prądu stałego multimetrem cyfrowym i amperomierzem.

### 5.1. Schemat układu pomiarowego



### 5.2. Tabela wyników pomiarów i obliczeń

a) pomiar amperomierzem analogowym

napięcie [V]	prąd zmierzony [mA]	$I_{max}$ [mA]	$\Delta$ [V]	$\delta$ [%]
U1	42,00	75	0,40	0,90
U2	28,00	30	0,15	0,55
U3	22,50	30	0,15	0,70
U4	17,50	30	0,15	0,90
U5	9,00	15	0,08	0,90

b) pomiar multimetrem cyfrowym

napięcie [V]	prąd zmierzony [mA]	$I_{max}$ [mA]	rozdzielczość [ $\mu$ A]	błąd dokładności pomiaru [mA]
U1	42,30	400	100	0,44
U2	28,11	40	10	0,24
U3	22,60	40	10	0,20
U4	17,89	40	10	0,16
U5	9,15	40	10	0,08

### 5.3. Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

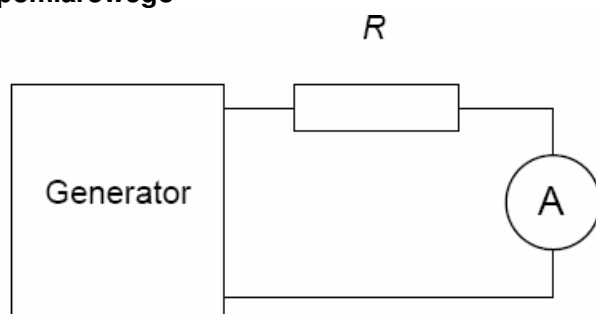
- błąd bezwzględny  $\Delta = \frac{\text{klasa} \cdot \text{zakres}}{100} = \frac{0,5 \cdot 75 \text{mA}}{100} = 0,375 \text{ mA} \approx 0,4 \text{ mA}$  (dla U1)

- błąd względny  $\delta = \frac{\Delta}{\text{wskazanie}} \cdot 100\% = \frac{0,375 \text{ mA}}{42 \text{ mA}} \times 100\% = 0,8912\% \approx 0,90\%$  (dla U1)

- błąd dokładności pomiaru  $\Delta = \alpha \text{ wskazanie} + \beta \text{ 1cyfra} = 0,8\% \times 42,3 + 1 \times 0,1 = 0,4384 \text{ mA} \approx 0,44 \text{ mA}$  (dla U1)

## 6. Pomiary prądu zmiennego multimetrem cyfrowym i amperomierzem.

### 6.1. Schemat układu pomiarowego



### 6.2. Tabela wyników pomiarów i obliczeń

a) pomiar amperomierzem analogowym

napięcie [V]	prąd zmierzony [mA]	$I_{max}$ [mA]	$\Delta$ [mA]	$\delta$ [%]
U1	42,0	75	0,4	0,9
U2	32,0	75	0,4	1,2
U3	26,0	75	0,4	1,5
U4	11,0	75	0,4	3,5
U5	6,0	75	0,4	8,0

b) pomiar multimetrem cyfrowym

napięcie [V]	prąd zmierzony [mA]	$I_{max}$ [mA]	rozdzielczość [ $\mu$ A]	błąd dokładności pomiaru [mA]
U1	43,60	400	100	1,40
U2	33,07	40	10	0,72
U3	27,59	40	10	0,61
U4	11,43	40	10	0,30
U5	5,77	40	10	0,17

### 6.3. Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

- błąd bezwzględny  $\Delta = \frac{\text{klasa} \cdot \text{zakres}}{100} = \frac{0,5 \cdot 75 \text{mA}}{100} = 0,375 \text{ mA} \approx 0,4 \text{mA}$  (dla U1)

- błąd względny  $\delta = \frac{\Delta}{\text{wskazanie}} \cdot 100\% = \frac{0,375 \text{ mA}}{42 \text{mA}} \times 100\% = 0,89228\% \approx 0,9\%$  (dla U1)

- błąd dokładności pomiaru  $\Delta = \alpha \text{ wskazanie} + \beta \text{ 1cyfra} = 2\% \times 43,6 + 5 \times 0,1 = 1,3721 \text{mA} \approx 1,4 \text{mA}$  (dla U1)

## 7. Pomiary rezystancji multimetrem cyfrowym.

### 7.1. Schemat układu pomiarowego



### 7.2. Tabela wyników pomiarów i obliczeń

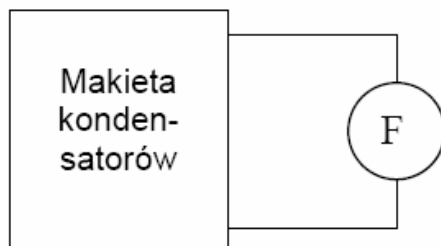
rezystor	rezystancja zmierzona [Ω]	Rmax [Ω]	rozdzielczość [Ω]	błąd dokładności pomiaru [Ω]
R1	9,10	400	0,1	0,15
R2	53,50	400	0,1	0,40
R3	123,60	400	0,1	0,80
R4	301,50	400	0,1	1,70
R5	671,00	4k	1	4,40
R6	1,18600k	4k	1	7,00
R7	2,44000k	4k	1	14,00
R8	5,50000k	40k	10	40,00
R9	35,40000k	40k	10	200,00
R10	1,01000000M	4M	1k	6,01000k

### 7.3. Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

- błąd dokładności pomiaru  $\Delta = \alpha \text{ wskazanie} + \beta \text{ 1cyfra} = 0,5\% \times 9,1 + 1 \times 0,1 = 0,1455\Omega \approx 0,15\Omega$

## 8. Pomiary pojemności multimetrem cyfrowym.

### 8.1. Schemat układu pomiarowego



### 8.2. Tabela wyników pomiarów i obliczeń

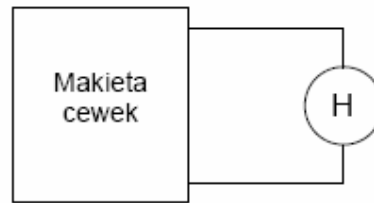
kondensator	pojemność zmierzona [nF]	Fmax [F]	rozdzielczość [F]	dokładność	błąd dokładności pomiaru [nF]
C1	1,041	4n	1p	$\pm 2\%rdg+3dgt$	0,024
C2	3,300	400n	10p	$\pm 2\%rdg+3dgt$	0,100
C5	10,200	400n	10p	$\pm 2\%rdg+3dgt$	0,240
C7	48,800	400n	10p	$\pm 2\%rdg+3dgt$	1,100
C9	982,000	4 $\mu$	1n	$\pm 3\%rdg+5dgt$	35,000

### 8.3. Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

- błąd dokładności pomiaru  $\Delta = \alpha \text{ wskazanie} + \beta \text{ 1cyfra} = 2\% \times 1,041 + 3 \times 0,001 = 0,02382\text{nF} \approx 0,024\text{nF}$

## 9. Pomiary indukcyjności multimetrem cyfrowym.

### 9.1. Schemat układu pomiarowego



### 9.2. Tabela wyników pomiarów i obliczeń

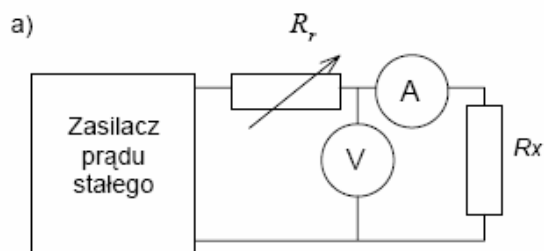
cewka	Indukcyjność zmierzona [mH]	Hmax [mH]	rozdzielczość [μH]	dokładność	błąd dokładności pomiaru [mH]
L=0,19 H, I <sub>max</sub> = 1,5A	199,0	400	100	±3%rdg+10dgt	7,0
Z=500, I <sub>max</sub> = 2A	12,4	40	10	±3%rdg+20dgt	0,6

### 9.3. Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

- błąd dokładności pomiaru  $\Delta = \alpha \text{ wskazanie} + \beta \text{ 1cyfra} = 3\% \times 198,9 + 10 \times 0,1 = 6,967 \text{ mH}$   
 $\approx 7,0 \text{ mH}$

## 10. Pomiary rezystancji metodą techniczną.

### 10.1. Schemat układu pomiarowego



### 10.2. Tabela wyników pomiarów i obliczeń

$$R_x = 120 \Omega$$

$$P_n = 2W$$

$$I_p = (0,1..0,3) \sqrt{\frac{P_n}{R_x}} = 12,9 \text{ mA}$$

$$U = I_p \times R_x = 12,9 \text{ mA} \times 120 \Omega = 1,55 \text{ V}$$

$$R_v = 1,5 \text{ k}\Omega$$

$$R_A = \frac{23}{I_n[mA]} + 0,004[\Omega] = 1,54 \Omega$$

$$\sqrt{R_v \cdot R_A} = 48 \Omega$$

$R_x \gg \sqrt{R_v \cdot R_A} \Rightarrow$  stosujemy układ poprawnie mierzonego prądu

Pomiar:

$$U = 1,5 \text{ V} \quad \text{zakres pomiarowy} = 1,5 \text{ V}$$

$$I = 11,5 \text{ mA} \quad \text{zakres pomiarowy} = 15 \text{ mA}$$

$$R_x = \frac{U}{I} = \frac{1,5V}{11,5mA} = 130 \Omega$$

## 11. Uwagi i wnioski.

W ćwiczeniu tym zajęliśmy się pomiarami podstawowych wielkości elektrycznych. Celem ćwiczenia było nauczenie posługiwania się multimetrem cyfrowym i przyrządami analogowymi przy pomiarach pośrednich i bezpośrednich podstawowych wielkości elektrycznych.

Po dokonaniu pomiarów miernikiem analogowym, określaliśmy błąd bezwzględny i względny.

Błąd bezwzględny jest różnicą między wielkością rzeczywistą, a wielkością zmierzoną. Jest on zależny od klasy miernika oraz jego zakresu ( $\frac{\text{klasa} \cdot \text{zakres}}{100}$ ). Klasa miernika jest

stała (w naszym przypadku wszystkie mierniki charakteryzowały się klasą = 0.5), a więc im mniejszy zakres, tym błąd bezwzględny jest mniejszy. Dlatego zawsze należy korzystać z możliwie jak najmniejszego zakresu.

Błąd względny jest błędem bezwzględnym podzielonym przez wartość wielkości. Jeśli pomiar jest przeprowadzany jednym miernikiem (ta sama klasa miernika), to przy identycznym zakresie miernika, błąd jest mniejszy im większa jest wartość mierzona.

Błąd dokładności pomiaru jest określany w miernikach cyfrowych (w naszym przypadku był to multimetr cyfrowy). Błąd ten zależy od dokładności i rozdzielczości miernika oraz od mierzonej wartości (wskazania miernika).

W ostatnim punkcie dokonaliśmy pomiaru rezystancji metodą techniczną. Mając dane  $R_x$  i  $P_n$  określiliśmy  $I_p$  i  $U$ , a z woltomierza i amperomierza odczytaliśmy ich rezystancje wewnętrzne.

W naszym przypadku  $R_x \gg \sqrt{R_v \cdot R_a}$ , więc zastosowaliśmy układ poprawnie mierzonego prądu.