

<b>Politechnika Rzeszowska</b> <b>Katedra Metrologii i Systemów Diagnostycznych</b>	Grupa <b>L..../Z....</b>	1..... <i>kierownik</i>	Data
<b>Laboratorium Pomiarów Wielkości</b> <b>Fizycznych w Energetyce</b>		2.....	
<b>POMIARY MOCY ODBIORNIKA</b> <b>TRÓJFAZOWEGO</b>	Nr ćwicz.	3.....	<b>Ocena</b>
	<b>6</b>	4.....	

## **I. Cel ćwiczenia**

*Celem ćwiczenia jest poznanie wybranych układów do pomiaru mocy czynnej, biernej i pozornej odbiorników trójfazowych oraz zasad przeprowadzenia pomiaru i opracowania ich wyników.*

## **II. Zagadnienia**

1. Budowa, działanie i właściwości pomiarowe liczników z przetwornikiem elektromechanicznym elektrodynamicznym i ferrodynamicznym oraz elektronicznym
2. Budowa wielozakresowych woltomierzy, amperomierzy oraz watomierzy,
3. Obliczanie stałej podziałki watomierza, wyniku i niedokładności pomiaru,
4. Budowa i działanie wskaźników kolejności faz w sieci trójfazowej,
5. Budowa i właściwości pomiarowe przekładników prądowych,
6. Układy do pomiaru mocy czynnej, biernej i pozornej w sieci trójfazowej dla odbiornika symetrycznego i niesymetrycznego dla trój- i czteroprzewodowego układu połączeń,
7. Cel i metody kompensacji mocy biernej indukcyjnej odbiornika prądu przemiennego.
8. Półpośredni układ do pomiaru mocy i energii.

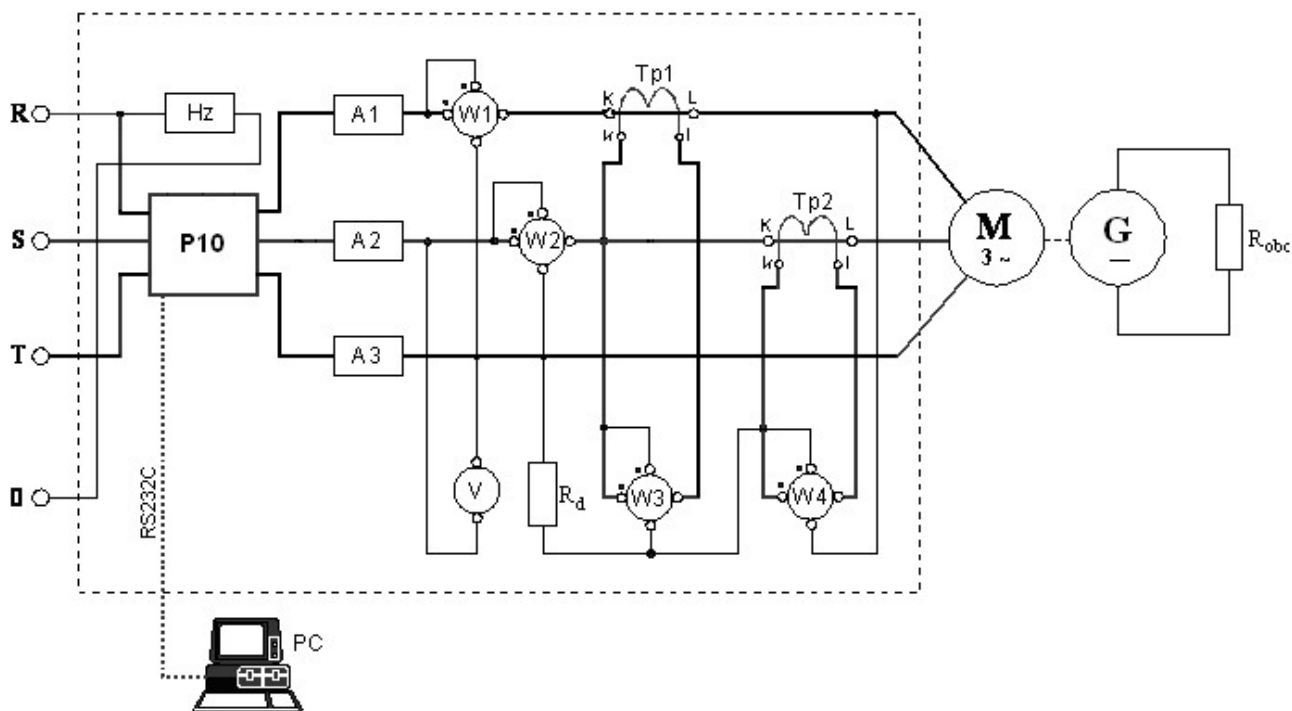
## **III. Program ćwiczenia**

Uruchomić komputer, następnie program obsługujący przetwornik P10. Zanotować znamionowe parametry zastosowanych przyrządów. Włączyć do układu watomierze tablicowe do pomiaru mocy czynnej i watomierze analogowe do pomiaru mocy biernej. Obwody prądowe są zwarte przez przełączniki gdy stanowisko pomiarowe jest wyłączone (ze względu na duży prąd rozruchu), po pięciu sekundach od włączenia zasilania są automatycznie rozwierane. Włączyć zasilanie, odczekać 5 sekund na rozwarcie obwodów prądowych, odczytać zmierzone wartości. Zmierzyć parametry badanego odbiornika w stanie jałowym (1) i przy obciążeniu (2). Obciążenie silnika zmienia się przez zmianę wzbudzenia bocznikowej prądnicy prądu stałego. Wyniki pomiarów zanotować w tabeli. Opracować wyniki pomiarów. Dla obu stanów pracy silnika obliczyć dokładność pomiarów metodą niepewności i zapisać po jednym przykładzie dla poszczególnych obliczeń. Poznanie rzeczywistego systemu do półpośredniego pomiaru mocy i energii, określenie maksymalnej mocy przyłączeniowej.

## IV. Przebieg ćwiczenia

### 1. Protokół pomiarów mocy czynnej, biernej i pozornej odbiornika trójfazowego

#### 1.1. Układ pomiarowy i spis przyrządów



Tablica 1.

<b>PDM przetwornica dwumaszynowa z trójfazowym silnikiem asynchronicznym o parametrach</b>			
<b>nazwa:</b> Sg71-4B	<b>napięcie znamionowe:</b> 220[V] (jednofazowe), 380[V] (trójfazowe)	<b>prąd znamionowe:</b> 1,6[A] (jednofazowe), 1,05[A] (trójfazowe)	<b>moc znamionowa:</b> 0,37[kW]
<b>Producent:</b> -	<b>znam. wsp. mocy:</b> 0,77	<b>częstotliwość znam.:</b> 50[Hz]	<b>prędkość znam.:</b> 1360[obr/min]
<b>W1, W2 watomierz DP 5</b>			
<b>znamionowa liczba ziaren:</b>	<b>błąd podstawowy:</b> $P_n = \pm 3 \text{ kW}$ $P = (0-140\%)P_n$	<b>zakresy nap.:</b> $U = (0-120)\%U_n$	<b>zakres prądowy:</b> $I = (0-120)\%I_n$
3000	$\pm(0,5\% \text{ wz} + 1\text{c})$	$U_n = 400\text{V}$	$I_n = 5\text{A}$
<b>W3, W4 watomierz laboratoryjny</b>			
<b>symbol przetwornika:</b>	<b>nazwa:</b> LW-1	<b>zakres częstotliwości:</b> 15...50...200 Hz	<b>klasa dokładności:</b> 0,5
	<b>znamionowa liczba działek:</b> $\alpha_n = 100\text{dz}$	<b>znamionowy wsp. mocy:</b> $\cos \varphi_n = 1$	<b>rezyst. jednostk. obwodu nap.:</b> $R_{WUi} = 150 \Omega/\text{V}$
<b>zakresy napięciowe <math>U_n</math>:</b> 100, 200, 400 V	<b>przeciążalność obw. nap.:</b> $(0,8...1...1,5) U_n$	<b>zakresy prądowe <math>I_n</math>:</b> 5, 10 A	<b>przeciążalność obw. prąd.:</b> $(0...1...1,3) I_n$
<b>Pomiary mocy czynnej przetwornikiem P10:</b>			
<b>znamionowa liczba ziaren:</b>	<b>błąd podstawowy</b> $P_n = 1999,9[\text{W}]$ $P = (0-140\%)P_n$	<b>zakresy nap.</b> $U = (0-120)\%U_n$	<b>zakres prądowy:</b> $I = (0-120)\%I_n$
20000[z]	$\pm(0,5\% \text{ wm} + 0,2\% \text{ zak})$	$U_n = 400,0[\text{V}]$	$I_n = 5[\text{A}]$

<b>Pomiary mocy biernej przetwornikiem P10:</b>				
<b>znamionowa liczba ziaren:</b>	<b>błąd podstawowy</b> $Q_n=1999,9[\text{Var}]$ $Q=(0-140\%)Q_n$	<b>zakresy nap.</b> $U=(0-120\%)U_n$	<b>zakresy prądowe</b> $I=(0-120\%)I_n$	
20000[z]	$\pm(0,5\% \text{wm}+0,2\%\text{zak})$	$U_n=400,0[\text{V}]$	$I_n=5[\text{A}]$	
<b>Pomiary mocy pozornej przetwornikiem P10:</b>				
<b>znamionowa liczba ziaren:</b>	<b>błąd podstawowy</b> $S_n=1999,9[\text{VA}]$ $S=(0-140\%)S_n$	<b>zakresy nap.</b> $U=(0-120\%)U_n$	<b>zakresy prądowe</b> $I=(0-120\%)I_n$	
20000[z]	$\pm(0,5\% \text{wm}+0,2\%\text{zak})$	$U_n=400[\text{V}]$	$I_n=5[\text{A}]$	
<b>Pomiary THD U, THD I przetwornikiem P10 dla <math>I=(0-130\%)I_n</math>, <math>U=(0-130\%)U_n</math>:</b>				
<b>znamionowa liczba ziaren:</b>	<b>zakres pomiaru:</b>	<b>błąd podstawowy:</b>	<b>pasmo częstotliwości:</b>	
100[z]	0,2-100[%]	$\pm 5\% \text{wm}+2c$	47-52[Hz]	
<b>Pomiary napięcia przetwornikiem P10:</b>				
<b>znamionowa liczba ziaren:</b>	<b>zakres pomiaru napięcia:</b>	<b>błąd podstawowy:</b>		
4000[z]	$U_n=400,0[\text{V}]$ $U=(0-130\%)U_n$	$\pm(0,2\% \text{wm}+0,1\%\text{zak})$		
<b>Pomiary prądu przetwornikiem P10:</b>				
<b>znamionowa liczba ziaren:</b>	<b>zakres pomiaru prądu:</b>	<b>błąd podstawowy:</b>		
5000[z]	$I_n=5,000[\text{A}]$ $I=(0-130\%)I_n$	$\pm(0,2\% \text{wm}+0,1\%\text{zak})$		
<b>A1, A2, A3 - amperomierze tablicowe:</b>				
<b>producent, nazwa:</b>	<b>zakres pomiaru prądu:</b>	<b>błąd podstawowy:</b>	<b>N<sub>n</sub>:</b>	<b>pasmo częstotliwości:</b>
Lumel, N24	$I_n=5[\text{A}]$ $I=(0-120\%)I_n$	$\pm(0,5\% \text{wm}+1c)$	6000[z]	20-500[Hz]
<b>Częstościomierz tablicowy:</b>				
<b>producent, nazwa:</b>	<b>zakres pomiaru:</b>	<b>N<sub>n</sub>:</b>	<b>klasa dokładności:</b>	
Lumel, CA39	45-55[Hz]	10[dz]	kl=0,5[%]	
<b>Tp1, Tp2 laboratoryjne przekładniki prądowe</b>				
<b>nazwa:</b> Typ-JL3	<b>prądy pierwotne:</b> $I_{1n}=2[\text{A}]$	<b>znam. prąd wtórny:</b> $I_{2n}=5[\text{A}]$	<b>klasa dokładności:</b> $kl_9=2/5$	

## 1.2. Wyniki pomiarów i obliczeń

**Tab. 2. Dopuszczalne przeciążenie obwodów watomierzy**

obwód napięciowy P10		obwód prądowy P10		cewka napięciowa		cewka prądowa	
$U_n$ [V]	$U_{dop}$ [V]	$I_n$ [A]	$I_{dop}$ [A]	$U_n$ [V]	$U_{dop}$ [V]	$I_n$ [A]	$I_{dop}$ [A]
400		5		200		5	

**Przekładnia znamionowa przekładnika prądowego i stała watomierza:**

$$g_1 = \frac{I_{1n}}{I_{2n}} = \qquad C_p = \frac{U_n I_n \cos \varphi_n}{\alpha_n} \cdot g_1 =$$

**Tab. 3. Odczyty wskaźników cyfrowych mierników tablicowych i analogowych**

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	f	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P	α <sub>3</sub>	α <sub>4</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	Q
	I <sub>1</sub> [A]	I <sub>2</sub> [A]	I <sub>3</sub> [A]	[Hz]	[W]	[W]	[W]	[dz]	[dz]	[W]	[W]	[var]
1. stan jałowy												
2. stan obciąż.												

Moc bierna obliczona ze wskazań watomierza wskazówkowego:

$$Q = \sqrt{3} \cdot (P_3 + P_4) =$$

**Tab. 4. Wyniki pomiarów napięć i prądów przewodowych oraz THD przetwornikiem P10; oraz wyniki obliczeń niepewności**

stan silnika	nap. Przewodowe			prądy fazowe			THD U <sub>1</sub> [%]	THD U <sub>2</sub> [%]	THD U <sub>3</sub> [%]	THD I <sub>1</sub> [%]	THD I <sub>2</sub> [%]	THD I <sub>3</sub> [%]
	U <sub>12</sub> [V]	U <sub>23</sub> [V]	U <sub>31</sub> [V]	I <sub>1</sub> [A]	I <sub>2</sub> [A]	I <sub>3</sub> [A]						
1. jałowy												
2. obciąż.												

**Tab. 5. Wyniki pomiarów mocy czynnych, biernych i pozornych przetwornikiem P10; oraz wyniki obliczeń niepewności**

stan silnika	moce czynne			moce biernie			moce pozorne		
	P <sub>1</sub> [W]	P <sub>2</sub> [W]	P <sub>3</sub> [W]	Q <sub>1</sub> [var]	Q <sub>2</sub> [var]	Q <sub>3</sub> [var]	S <sub>1</sub> [VA]	S <sub>2</sub> [VA]	S <sub>3</sub> [VA]
1 jałowy									
2. obciąż.									

Sumy mocy obliczane z pomiarów z Tab.5:

$$P = \sum_1^n P_n = \qquad Q = \sum_1^n Q_n = \qquad S = \sum_1^n S_n =$$

**Tab. 6. Wyniki pomiarów napięć i prądów średnich, mocy czynnych, biernych i pozornych przetwornikiem P10; oraz wyniki obliczeń niepewności**

stan silnika	nap. przew. średnie	prąd fazowy średni	moc czynna		moc bierna		moc pozorna	
	UPP [V]	I [A]	P [W]	u <sub>B</sub> (P) [W]	Q [var]	u <sub>B</sub> (Q) [W]	S [VA]	u <sub>B</sub> (S) [W]
1. jałowy								
2. obciąż.								

**PRZYKŁADY OBLICZEŃ dla stanu .....**

a) Niepewność standardowa obliczona metodą typu B w dla zmierzonej wartości mocy czynnej:

$$u(P) = \sqrt{3} \cdot \left( \frac{wm}{100} \cdot P + \frac{zak}{100} \cdot P_n \right)$$

Wynik pomiaru:  $P \pm u_B(P) =$

b) Niepewność standardowa obliczona metoda typu B dla zmierzonej wartości mocy biernej (wzór analogiczny do podpunktu a):

$$u_B(Q) =$$

Wynik pomiaru:  $Q \pm u_B(Q) =$

c) Niepewność standardowa obliczona metoda typu B dla zmierzonej wartości mocy pozornej (wzór analogiczny do podpunktu a):

$$u_B(S) =$$

Wynik pomiaru:  $S \pm u_B(S) =$

d) Obliczenie mocy pozornej  $S_o$  z pomiaru mocy czynnej i biernej:

$$S_o = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Niepewność standardowa złożona instrumentalna pomiaru pośredniego mocy pozornej:

$$u(S_o) = \pm \sqrt{\sum_{P,Q} \left( \frac{\delta S}{\delta P \delta Q} u_B(P) u_B(Q) \right)^2} = \pm \sqrt{\left( \frac{P \cdot u_B(P)}{S_o} \right)^2 + \left( \frac{Q \cdot u_B(Q)}{S_o} \right)^2} =$$

Wynik z obliczeń:  $S_o \pm u_B(S_o) =$

g) Porównanie mocy pozornej obliczonej i zmierzonej:

$$\Delta(S) = S_o - S =$$

Czy różnica obu wartości mocy pozornych mieści się w granicach niepewności standardowej?

## **V. Wnioski:**

## **VI. Pytania kontrolne**

1. Przedstawić schemat układu Arona do pomiaru mocy czynnej w układzie trójprzewodowym,
2. Przedstawić schemat układu Arona do pomiaru mocy czynnej w układzie cztero-przewodowym,
3. Przedstawić schemat układu Arona do pomiaru mocy biernej w układzie trójprzewodowym,
4. Przedstawić schemat układu Arona do pomiaru mocy biernej w układzie cztero-przewodowym,
5. Podać wady i zalety układu Arona dla odbiornika o małej wartości  $\cos\varphi$ ,
6. Na jaki zakres napięciowy powinna być włączona cewka napięciowa watomierzy W1 i W2, a na jaki W3 i W4 pracujących w układzie jak na rysunku (możliwe zakresy: 100V, 200V, 400V),
7. Do czego służą amperomierze w układzie pomiarowym?
8. Podać wartość nominalną prądu wtórnego w przekładniku prądowym,

## **Literatura:**

1. Chwałeba A. i inni: Metrologia elektryczna i elektroniczna. WNT, Warszawa 2010.
2. Dyszyński J.: Metrologia elektryczna i elektroniczna. Laboratorium cz. I, Rzeszów 1998.
3. Jellonek A. i inni: Podstawy metrologii elektrycznej i elektronicznej. PWN, Warszawa 1980.
4. Marcyniuk A. i inni: Podstawy metrologii elektrycznej. WNT, Warszawa 1984.
5. Parchański J.: Miernictwo elektryczne i elektroniczne. WSiP, Warszawa 1997.
6. Rylski A.: Metrologia II prąd zmienny, Rzeszów, OW PRz, 2004
7. Rylski A. Wojturski J.: Metrologia elektryczna, Rzeszów, OW PRz, 2013