

Pomiary mocy

w sieciach jednofazowych

Część II

**Pomiar mocy watomierzem
z przekładnikami pomiarowymi**

1

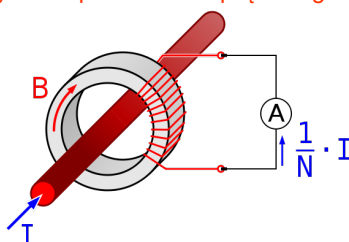
**Cel: Zapoznać się z podstawowymi metodami pomiaru
mocy z przekładnikami pomiarowymi**

- 1. Przekładniki prądowe**
- 2. Pomiar mocy watomierzem z przekładnikiem prądowym**
- 3. Przykłady 1, 2**
- 4. Przekładniki napięciowe**
- 5. Pomiar mocy watomierzem z przekładnikami prądowymi i napięciowymi**
- 6. Przykłady 3, 4**

2

1. Przekładniki prądowe

Wykorzystanie przekładnika prądowego



$$N = K_{IN} = \frac{I_{1N}}{I_{2N}}$$

Przekładnia przekładnika prądowego

$$I_1 = I_2 N = I_2 K_{IN}$$

Prąd w obwodzie mierzonym

Zwykle nominalny prąd wtórny: $I_{2N}=5A$

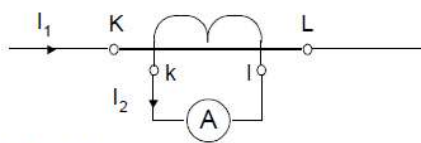
Nominalne prądy pierwotne:

$I_{1N}=0,5A; 1A; 2A; 5A; 10A; 20A; 50A; 100A,$

3

1. Przekładniki prądowe

Wykorzystanie przekładnika prądowego



$$N = K_{IN} = \frac{I_{1N}}{I_{2N}}$$

Przekładnia przekładnika prądowego

$$I_1 = I_2 N = I_2 K_{IN}$$

Prąd w obwodzie mierzonym

Zwykle nominalny prąd wtórny: $I_{2N}=5A$

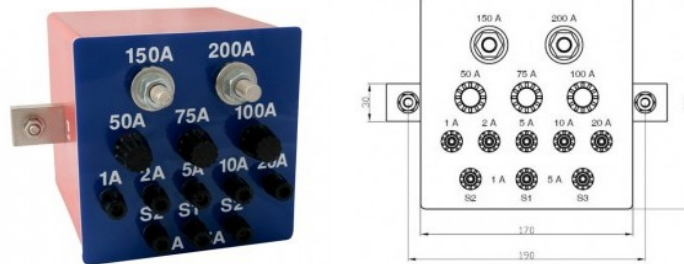
Nominalne prądy pierwotne:

$I_{1N}=0,5A; 1A; 2A; 5A; 10A; 20A; 50A; 100A,$

4

1. Przekładniki prądowe

Wykorzystanie przekładnika prądowego



Zwykle nominalny prąd wtórny: $I_{2N}=5A$ (1A)

Nominalne prądy pierwotne:

$I_{1N}=0,5A; 1A; 2A; 5A; 10A; 20A; 50A; 100A,$

5

1. Przekładniki prądowe

Przekładnik prądowy JL3



Klasa 0,2

Nominalne prądy pierwotne (K - L):

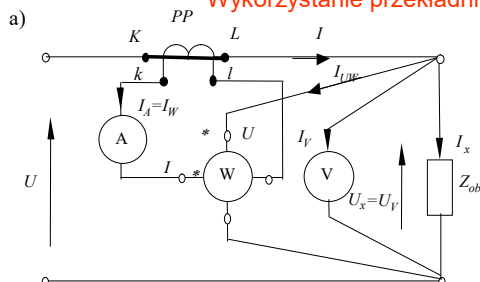
$I_{1N}=0,5A; 1A; 2A; 5A; 10A; 20A; 50A; 100A$

Nominalny prąd wtórny (k - l)– 5 A

6

2. Pomiar mocy watomierzem z przekładnikiem prądowym

Wykorzystanie przekładnika prądowego



Moc mierzona

$$P_x = P_W K_{IN}$$

Względna niepewność standardowa pomiaru mocy z wykorzystaniem przekładnika

$$u_{c,rel}(P) = \sqrt{u_{B,rel}^2(P_W) + u_{B,rel}^2(K_{IN})}$$

Jeśli w przybliżeniu $0,5I_{1N} < I_1 < 1,2I_{1N}$ wtedy $u_{B,rel}(K_{IN}) \approx kl_{pp} / \sqrt{3}$

Gdzie kl_{pp} – klasa dokładności przekładnika prądowego

Zwykle: $kl_{pp} = 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 3$

7

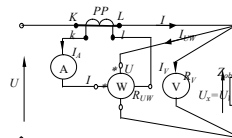
3. Przykład II-1

- Moc odbiornika jednofazowego mierzona watomierzem z parametrami: zakres napięciowy $U_{nW}=300$ V, prądowy $I_{nW}=5$ A; znamionowa liczba działek $n_{nW}=150$ dz, nominalny $\cos\phi$: $\cos\phi_{nW}=1$, odchylenie wskazówki watomierza $n_W=98,5$ dz.

Przekładnia przekładnika $K_{IN}=20A/5A$.

Wskazanie woltomierza $U_V=230$ V.

Wskazanie amperomierza $I_A=4,67A$.



Wyznaczyć:

- Zużywaną odbiornikiem moc czynną P.
- Moc pozorną S.
- Moc bierna Q.

8

3. Przykład II-1

Rozwiązanie:

- 1) Wyznaczamy stałą podziałki watomierza:

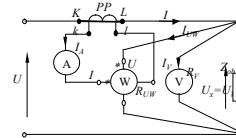
$$c_W = \frac{U_{nW} \cdot I_{nW} \cdot \cos \varphi_{nW}}{n_W} = \frac{300V \cdot 5A \cdot 1}{150dz} = 10W/dz$$

- 2) Wyznaczamy moc wskazywaną watomierzem:

$$P_W = c_W \cdot n_w = 10 \frac{W}{dz} \cdot 98.5dz = 985 W$$

- 3) Wyznaczamy moc czynną zużywaną odbiornikiem (uwzględniamy przekładnie przekładnika prądowego):

$$P = P_W K_{IN} = 985 W \cdot \frac{20A}{5A} = 3940 W$$



9

3. Przykład II-1

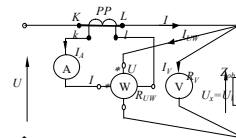
Rozwiązanie:

- 4) Wyznaczamy moc pozorną (według wskazań woltomierza i amperomierza z uwzględnieniem przekładni przekładnika prądowego):

$$S = U_V \cdot I_A \cdot K_{IN} = 231 V \cdot 4.67 A \cdot \frac{20A}{5A} = 4315.1 V \cdot A$$

- 5) Wyznaczamy moc bierną (według mocy pozornej i czynnej):

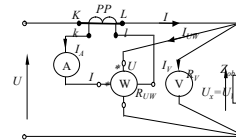
$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{4315.1^2 - 3940^2} \approx 1759.6 Var$$



10

3. Przykład II-2

- Moc odbiornika jednofazowego mierzona watomierzem z parametrami: zakres napięciowy $U_{nW}=75\text{ V}$, prądowy $I_{nW}=5\text{ A}$; znamionowa liczba działek $n_{nW}=150\text{ dz}$, nominalny $\cos\varphi_{nW}=1$, klasa dokładności $kl_W=0,2\%$, odchylenie wskazówki watomierza $n_W=132,5\text{ dz}$. Przekładnia przekładnika $K_{IN}=2\text{ A}/5\text{ A}$, klasa dokładności $kl_{pP}=0,2\%$.



Wyznaczyć:

- Zużywaną odbiornikiem moc czynną.
- Względna standardową niepewność wskazania watomierza
- Względna standardową niepewność przekładni
- Złożoną względną niepewność wyniku pomiaru mocy.
- Złożoną bezwzględną niepewność wyniku pomiaru mocy.

11

Przykład II-2

Rozwiązanie:

- Wyznaczamy stałą podziałki watomierza:

$$c_W = \frac{U_{nW} \cdot I_{nW} \cdot \cos\varphi_{nW}}{n_W} = \frac{75\text{ V} \cdot 5\text{ A} \cdot 1}{150\text{ dz}} = 2,5\text{ W/dz}$$

- Wyznaczamy moc wskazywaną watomierzem:

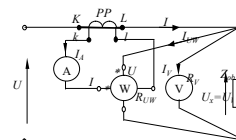
$$P_W = c_W \cdot n_W = 2,5 \frac{\text{W}}{\text{dz}} \cdot 132,5\text{ dz} = 331,25\text{ W}$$

- Wyznaczamy moc zużywaną odbiornikiem (uwzględniamy przekładnie przekładnika prądowego):

$$P = P_W \cdot K_{IN} = 331,25\text{ W} \cdot \frac{2\text{ A}}{5\text{ A}} \approx 132,5\text{ W}$$

- Wyznaczamy względną standardową niepewność wskazania watomierza:

$$u_{B,rel}(P_W) = \frac{kl_W}{\sqrt{3}} \cdot \frac{n_{nW}}{n_W} = \frac{0,2\%}{\sqrt{3}} \cdot \frac{150\text{ dz}}{132,5\text{ dz}} = 0,131\%$$



12

Przykład II-2

Rozwiązanie:

- 5) Wyznaczamy względną standardową niepewność przekładni prądowej:

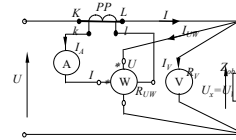
$$u_{B,rel}(K_{IN}) = \frac{kI_{PP}}{\sqrt{3}} = \frac{0.2\%}{\sqrt{3}} = 0.115\%$$

- 6) Wyznaczamy złożoną względną standardową niepewność pomiaru mocy:

$$u_{B,rel}(P) = \sqrt{u_{B,rel}^2(P) + u_{B,rel}^2(K_{IN})} = \sqrt{0.131^2 + 0.115^2} \approx \frac{0.2\%}{\sqrt{3}} = 0.174\%$$

- 7) Wyznaczamy złożoną bezwzględną standardową niepewność pomiaru mocy:

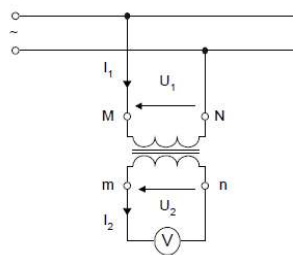
$$u_B(P) = \frac{u_{B,rel}(P) \cdot P}{100\%} = \frac{0.174\%}{100\%} \cdot 132.5 \text{ W} = 0.23 \text{ W}$$



13

4. Przekładniki napięciowe

Przekładnik napięciowy



$$K_{UN} = \frac{U_{1N}}{U_{2N}} \quad \text{Przekładnia przekładnika napięciowego}$$

$$U_1 = U_2 K_{IN} \quad \text{Napięcie obwodzie mierzonym}$$

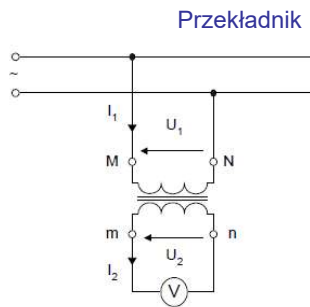
Zwykle nominalne napięcie wtórny: $U_{2N} = 100\text{V}$ lub $100\text{V}/\sqrt{3}$

Zwykle klasa dokładności przekładnika napięciowego

$KI_{PN} = 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 3$

14

4. Przekładniki napięciowe



$$K_{UN} = \frac{U_{1N}}{U_{2N}} \quad \text{Przekładnia przekładnika napięciowego}$$

$$U_1 = U_2 K_{UN} \quad \text{Napięcie obwodzie mierzonym}$$

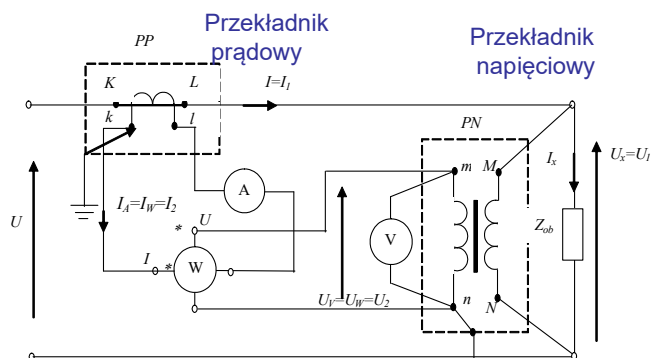
Zwykle **nominalne napięcie wtórny**: $U_{2N} = 100V$ lub $100V/\sqrt{3}$

Zwykle **klasa dokładności** przekładnika napięciowego

$$kl_{PN} = 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 3$$

15

5. Pomiar mocy watomierzem z przekładnikami prądowymi i napięciowymi



$$K_{UN} = \frac{U_{1N}}{U_{2N}} \quad \text{Przekładnia przekładnika napięciowego}$$

$$U_1 = U_2 K_{UN} \quad \text{Napięcie obwodzie mierzonym}$$

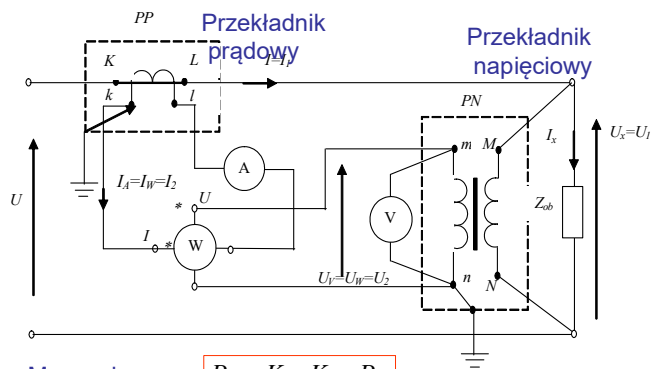
Zwykle **nominalne napięcie wtórny**: $U_{2N} = 100V$ lub $100V/\sqrt{3}$

Zwykle **klasa dokładności** przekładnika napięciowego

$$kl_{PN} = 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 3$$

16

5. Pomiar mocy watomierzem z przekładnikami prądowymi i napięciowymi



$$\text{Moc zmierzona } P_x = K_{IN} K_{UN} P_W$$

Względna niepewność standardowa pomiaru mocy z wykorzystaniem przekładników

$$u_{c,rel}(P_x) = \sqrt{u_{B,rel}^2(P_W) + u_{B,rel}^2(K_{IN}) + u_{B,rel}^2(K_{UN})}$$

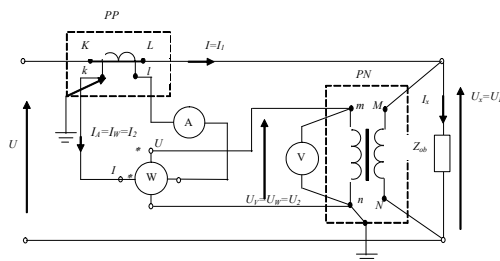
Jeśli w przybliżeniu $0,8U_{1N} < U_1 < 1,2U_{1N}$ wtedy $u_{B,rel}(K_{UN}) \approx kl_{PN} / \sqrt{3}$

17

6. Przykład II-3

- Moc odbiornika jednofazowego mierzona watomierzem z parametrami: zakres napięciowy $U_{nW}=120$ V, prądowy $I_{nW}=5$ A; znamionowa liczba dźwięków $n_{nW}=150$ dz, nominalny $\cos\varphi_{nW}=1$, odchylenie wskazówki watomierza $n_W=107.5$ dz. Przekładnia przekładnika prądowego $K_{IN}=50A/5A$, przekładnia przekładnika napięciowego $K_{UN}=3000V/100V$. Wskazanie woltomierza $U_V=92.5$ V, wskazanie amperomierza $I_A=4.27A$.

- **Wyznaczyć:**
 1. Zużywaną odbiornikiem moc czynną P.
 2. Moc pozorną S.
 3. Moc bierna Q.



18

6. Przykład II-3

- 1) Wyznaczamy stałą podziałki watomierza:

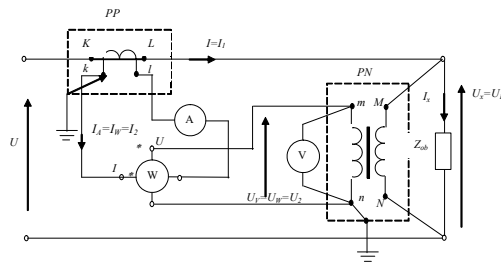
$$c_W = \frac{U_{nW} \cdot I_{nW} \cdot \cos \varphi_{nW}}{n_W} = \frac{120V \cdot 5A \cdot 1}{150dz} = 4W/dz$$

- 2) Wyznaczamy moc wskazywaną watomierzem:

$$P_W = c_W \cdot n_w = 4 \frac{W}{dz} \cdot 88.5dz = 354 W$$

- 3) Wyznaczamy moc czynną zużywaną odbiornikiem (uwzględniamy przekładni przekładników prądowego i napięciowego):

$$P = P_W K_{IN} K_{UN} = 354 W \cdot \frac{50A}{5A} \cdot \frac{3000V}{100V} = 106200 W = 106.20 kW$$



19

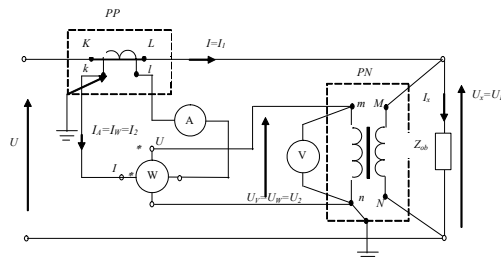
6. Przykład II-3

- 4) Wyznaczamy moc pozorną (według wskazań woltomierza i amperomierza z uwzględnieniem przekładni przekładników prądowego i napięciowego):

$$S = U_V \cdot I_A \cdot K_{IN} \cdot K_{UN} = 92.5 V \cdot 4.27 A \cdot \frac{50A}{5A} \cdot \frac{3000V}{100V} = 118492.5 V \cdot A = 118.49 kVA$$

- 5) Wyznaczamy moc bierną (według mocy pozornej i czynnej):

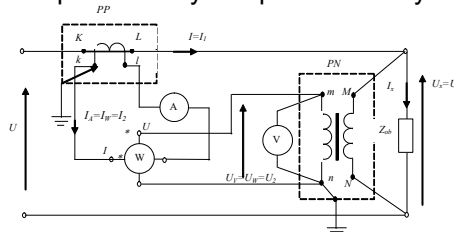
$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{118.49^2 - 106.20^2} \approx 52.56 kVar$$



20

6. Przykład II-4

- Moc odbiornika jednofazowego mierzona watomierzem z parametrami: zakres napięciowy $U_{nW}=120\text{ V}$, prądowy $I_{nW}=5\text{ A}$; znamionowa liczba działek $n_{nW}=75\text{ dz}$, nominalny $\cos\varphi_{nW}=1$, klasa dokładności $kl_W=0.5$ odchylenie wskazówki watomierza $n_W=57.5\text{ dz}$. Przekładnia przekładnika prądowego $K_{IN}=10\text{ A}/5\text{ A}$, klasa dokładności $kl_{IN}=0.5$ przekładnia przekładnika napięciowego $K_{UN}=1500\text{ V}/100\text{ V}$, klasa dokładności $kl_{UN}=0.5$
- **Wyznaczyć:**
 1. Zużywaną odbiornikiem moc czynną.
 2. Względna standardową niepewność wskazania watomierza
 3. Względna standardową niepewność obydwu przekładni.
 4. Złożoną względną niepewność wyniku pomiaru mocy.
 5. Złożoną bezwzględną niepewność wyniku pomiaru mocy.



21

6. Przykład II-4

Rozwiązanie:

- 1) Wyznaczamy stałą podziałki watomierza:

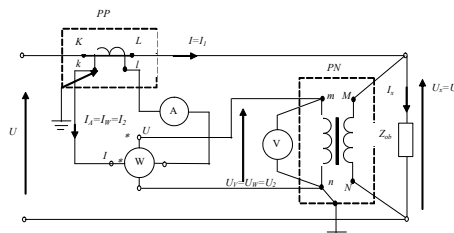
$$c_W = \frac{U_{nW} \cdot I_{nW} \cdot \cos\varphi_{nW}}{n_W} = \frac{120\text{ V} \cdot 5\text{ A} \cdot 1}{75\text{ dz}} = 8\text{ W/dz}$$

- 2) Wyznaczamy moc wskazywaną watomierzem:

$$P_W = c_W \cdot n_W = 8 \frac{\text{W}}{\text{dz}} \cdot 57.5\text{ dz} = 460\text{ W}$$

- 3) Wyznaczamy moc zużywaną odbiornikiem (uwzględniamy przekładnie przekładnika prądowego s napięciowego):

$$P = P_W \cdot K_{IN} \cdot K_{UN} = 460\text{ W} \cdot \frac{10\text{ A}}{5\text{ A}} \cdot \frac{1500\text{ V}}{10\text{ V}} = 13800\text{ W} = 13.80\text{ kW}$$



22

6. Przykład II-4

Rozwiązanie:

- 4) Wyznaczamy względną standardową niepewność wskazania watomierza:

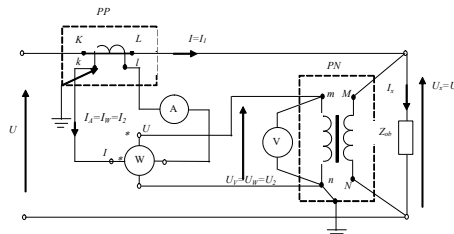
$$u_{B,rel}(P_W) = \frac{kI_W}{\sqrt{3}} \cdot \frac{n_{nW}}{n_W} = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} \cdot \frac{75dz}{57.5dz} = 0.377\%$$

- 5) Wyznaczamy względną standardową niepewność przekładni prądowej:

$$u_{B,rel}(K_{IN}) = \frac{kI_{IN}}{\sqrt{3}} = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.289\%$$

- 6) Wyznaczamy względną standardową niepewność przekładni napięciowej:

$$u_{B,rel}(K_{UN}) = \frac{kI_{UN}}{\sqrt{3}} = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.289\%$$



23

6. Przykład II-4

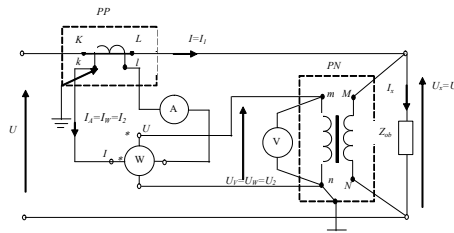
Rozwiązanie:

- 7) Wyznaczamy złożoną względną standardową niepewność pomiaru mocy:

$$u_{B,rel}(P) = \sqrt{u_{B,rel}^2(P) + u_{B,rel}^2(K_{IN}) + u_{B,rel}^2(K_{UN})} = \sqrt{0.377^2 + 0.289^2 + 0.289^2} \approx 0.555\%$$

- 8) Wyznaczamy złożoną bezwzględną standardową niepewność pomiaru mocy:

$$u_B(P) = \frac{u_{B,rel}(P) \cdot P}{100\%} = \frac{0.555\%}{100\%} \cdot 13800 W \approx 77.6 W$$



24