

13. Měření výkonu nesouměrné třífázové zátěže

13.1. Naměřené a vypočtené hodnoty

Pokud je u měření jalového výkonu uvedena záporná výchylka, bylo nutné obrátit vstupní napěťové svorky wattmetru.

13.1.1. Měření třemi wattmetry

Fáze	Proudy	Činné výkony			Jalové výkony			
	I_i [A]	k_{W_i} [W/d]	α_i [dílek]	P_i [W]	k_{W_i} [VAr/d]	α_i [dílek]	N_i	$Q_i = \frac{N_i}{\sqrt{3}}$ [VAr]
$U (L_1)$	2,00	2	65	130	2	-49	98	56,58
$V (L_2)$	1,05	2	35	70	2	-10	20	11,55
$W (L_3)$	1,55	2	31	62	2	-76	152	87,76

- Nejistota údaje wattmetrů s třídou přesnosti $TP = 0,5$ a rozsahem $M = 240$ W:

$$u(P) = \frac{TP}{100 \cdot \sqrt{3}} M = \frac{0,5}{100 \cdot \sqrt{3}} 240 \text{ W} = 0,69 \text{ W}$$

- Celkový činný výkon včetně rozšířené nejistoty s koeficientem rozšíření $k_r = 2$:

$$P_{Cm} = P_1 + P_2 + P_3 \pm k_r u_B = 130 + 70 + 62 \pm 2\sqrt{3 \cdot 0,69^2} \text{ W} = (262 \pm 2,39) \text{ W}$$

- Celkový jalový výkon včetně rozšířené nejistoty s koeficientem rozšíření $k_r = 2$:

$$Q_{Cm} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \pm k_r u_B = 56,58 + 11,55 + 87,76 \pm 2\sqrt{3 \left(\frac{0,69}{\sqrt{3}}\right)^2} \text{ VAr} = (155,89 \pm 1,38) \text{ VAr}$$

13.1.2. Měření dvěma wattmetry

Fáze	Proudy	Činné výkony			Jalové výkony			
	I_i [A]	k_{W_i} [W/d]	α_i [dílek]	P_i [W]	k_{W_i} [VAr/d]	α_i [dílek]	N_i	$Q_i = N_i \sqrt{3}$ [VAr]
$U (L_1)$	2,00	2	71	142	2	-57	114	197,45
$V (L_2)$	1,05	2	63	126	2	-12	24	41,57

- Nejistota údaje wattmetrů $u(P) = 0,69$ W.

- Celkový *činný* výkon včetně rozšířené nejistoty s koeficientem rozšíření $k_r = 2$, sdružená napětí $U_{13} = U_{23} = 120 \text{ V}$, velikost odporu napěťové cívky wattmetru $R_{n_x} = 4000 \Omega$:

$$P_C = P_1 - \frac{U_{13}^2}{R_{n_1}} + P_2 - \frac{U_{23}^2}{R_{n_2}} \pm k_r u_B = 142 - \frac{120^2}{4000} + 126 - \frac{120^2}{4000} \pm 2\sqrt{2 \cdot 0,69^2} \text{ W} = (260,8 \pm 1,95) \text{ W}$$

- Celkový *jalový* výkon včetně rozšířené nejistoty s koeficientem rozšíření $k_r = 2$:

$$Q_C = Q_1 - Q_2 \pm k_r u_B = 197,45 - 47,57 \pm 2\sqrt{(0,69 \cdot \sqrt{3})^2} \text{ VAr} = (149,88 \pm 2,39) \text{ VAr}$$

13.1.3. Měření výkonů pomocí elektroměru

- **Činný výkon**

- Údaj na počátku měření: 155157 W · h
- Údaj po uplynutí Δt : 155164 W · h
- Práce činná $\Delta A_P = 7 \text{ W} \cdot \text{h}$
- Činný výkon

$$P = K \frac{\Delta A_P}{\Delta t} = \frac{70}{220} \frac{7}{\frac{2 \cdot 15}{3600}} = 267,27 \text{ W}$$

- **Jalový výkon**

- Údaj na počátku měření: 90622 W · h
- Údaj po uplynutí Δt : 90626 W · h
- Práce jalová $\Delta A_Q = 4 \text{ W} \cdot \text{h}$
- Jalový výkon výkon $Q = 153,73 \text{ W}$

$$Q = K \frac{\Delta A_Q}{\Delta t} = \frac{70}{220} \frac{4}{\frac{2 \cdot 15}{3600}} = 153,73 \text{ W}$$

13.2. Závěr

13.2.1. Porovnání údajů

Výkon	Metoda		
	3 wattmetry	2 wattmetry	elektroměrem
Činný P [W]	262,00 ± 2,39	260,8 ± 1,38	267,27
Jalový Q [VAr]	155,89 ± 1,95	149,88 ± 2,39	153,73

Při srovnání údajů obou metod měření vychází lépe zapojení se 2 wattmetry. U této metody byla navíc provedena korekce chyby metody, kterou způsobuje spotřeba napěťových cívek.

Chyba metody pro 3 wattmetry nebyla korigována, protože jsme neměřili fázové napětí proti uzlu napěťových cívek. Toto napětí se odečítá od změřeného údaje, zřejmě z tohoto důvodu je změřený výkon o něco málo vyšší než u předchozí metody.

Při srovnání měření pomocí wattmetrů a elektroměru zjistíme že se hodnoty udané elektroměrem přibližně shodují. Ovšem měření výkonu pomocí elektroměru je méně přesné. Je to způsobeno tím, že elektroměr má rozlišovací schopnost v jednotkách watthodin což odpovídá kroku 38 W nebo 38 VAR.