

12. Měření výkonu a energie spotřebované jednofázovou zátěží

12.1. Naměřené hodnoty

Hodnoty společné pro všechna měření

- Převod měřícího transformátoru proudu $p = 10$
- Napětí na zátěži $U_1 = 118$ V
- Proud odebíraný ze zdroje $I = 25$ A
- Odpor napěťové cívky wattmetru $R_{nW} = 4000$ Ω
- Odpor voltmetru $R_V = 60000$ Ω
- Nejistota údaje wattmetru s třídou přesnosti $TP = 0,5$ a rozsahem $M = 300$ W:

$$u_B(P) = \frac{TP}{100 \cdot \sqrt{3}} M = \frac{0,5}{100 \cdot \sqrt{3}} 300 \text{ W} = 0,87 \text{ W}$$

- Nejistota údaje wattmetru s třídou přesnosti $TP = 0,5$ a rozsahem $M = 600$ W je $u_B(P) = 1,73$ W
- Nejistota údaje voltmetru s třídou přesnosti $TP = 0,5$ a rozsahem $M = 120$ V je $u_B(U) = 0,35$ W
- Nejistota použitého měřícího transformátoru s převodem $p_I = 10$, chyba fáze 30 úhlových minut a $TP = 0,2$:

$$u_B(p_I) = \frac{TP}{100 \cdot \sqrt{3}} M = \frac{0,2}{100 \cdot \sqrt{3}} = 0,012$$

12.1.1. Měření činného výkonu

- Konstanta wattmetru $k_W = 2,5$
- Výchylka wattmetru $\alpha = 89$
- Měřený činný výkon

$$P_m = k_W \alpha p = 2,5 \cdot 89 \cdot 10 \text{ W} = 2225 \text{ W}$$

- Napětí na sekundáru proudového transformátoru $U_3 = 0,86$ V
- Korekce chyby metody způsobené vlastní spotřebou paralelní napěťové cívky wattmetru a voltmetru (chyba úhlu měřícího transformátoru je zanedbaná)

$$P_S = P_m - \frac{U_1^2}{R_{nW} R_V} (R_{nW} + R_V) = 2225 - \frac{118^2}{4 \cdot 6 \cdot 10^7} (4000 + 60000) \text{ W} = 2221,29 \text{ W}$$

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

$$P = P_S \pm 2\sqrt{u_B^2(P) + u_B^2(p_I)} = 2221,29 + 2\sqrt{1,73^2 + 0,012^2} = (2221,29 \pm 3,46) \text{ W}$$

12.1.2. Měření jalového výkonu

- Konstanta wattmetru $k_W = 5$
- Převod měřicího transformátoru proudu $p_I = 10$
- Výchylka wattmetru $\alpha_Q = 29$
- Napětí na výstupu Görgesova můstku $U_2 = 103 \text{ V}$
- Měřený jalový výkon

$$Q_s = k_W \alpha_Q p_I \frac{U_1}{U_2} = 5 \cdot 29 \cdot 10 \frac{118}{103} \text{ VAr} = 1661,17 \text{ VAr}$$

- Jalový výkon včetně rozšířené nejistoty s koeficientem rozšíření $k_r = 2$, zde se navíc uplatňuje chyba obou voltmetrů

$$Q = Q_s \pm 2\sqrt{u_B^2(P) + 2u_B^2(U) + u_B^2(p_I)} = 1661,17 \pm 2\sqrt{1,73^2 + 2 \cdot 0,35^2 + 0,012^2} \text{ VAr}$$

$$Q = (1661,17 \pm 3,60) \text{ VAr}$$

12.1.3. Měření energie

- Konstanta elektroměru $K_e = 5000 \text{ ot./kWh} = 1 \text{ ot./720 J}$
- Počet otáček elektroměru $n = 9$
- Čas po který byl odečítán údaj elektroměru $t = 30 \text{ s}$
- Výkon měřený wattmetrem $P = 2225 \text{ W}$, po korekci (viz ??)

$$P = (2221,29 \pm 1,74) \text{ W} \quad (k_r = 2)$$

- Energie odebíraná zátěží při měření elektroměrem

$$A_e = p_I \frac{n}{K_e} = 10 \frac{9}{1/720} \text{ J} = 64800 \text{ J}$$

- Korekce metodické chyby měření elektroměrem, kde se bere ohled na spotřebu napěťových cívek wattmetru a voltmetru, spotřeba elektroměru není započítaná, protože na přístroji nebyly uvedeny potřebné údaje

$$A_{ek} = A_e - t \frac{U_1^2}{R_{nW} R_V} (R_{nW} + R_V) = 64800 - 30 \frac{118^2}{4 \cdot 6 \cdot 10^7} (4000 + 60000) \text{ J} = 64688,61 \text{ J}$$

- Energie odebíraná zátěží při měření wattmetrem s koeficientem rozšíření $k_r = 2$

$$A_w = p_I P t = (2221,29 \pm 1,74) \cdot 30 \text{ J} = (66638,7 \pm 52,2) \text{ J}$$

- Napětí na sekundáru proudového transformátoru $U_3 = 0,9 \text{ V}$

12.2. Závěr

Rozdíl hodnot odebrané energie určené měřením elektroměrem a wattmetrem za určitou dobu je asi 3 %. Přesnější metoda je v tomto případě měření, během krátké doby, pomocí wattmetru. Měřený výkon se během měřené doby neměnil. Při počítání otáček koutoučku elektroměru je možné odečítat jen celé proběhnuté otáčky, takže zde může vzniknout značná nepřesnost daná spotřebou na jednu otáčku (až 720 J).