

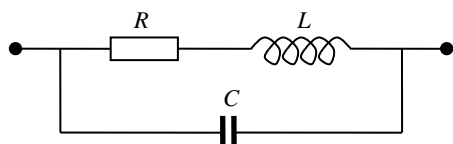


PITANJA

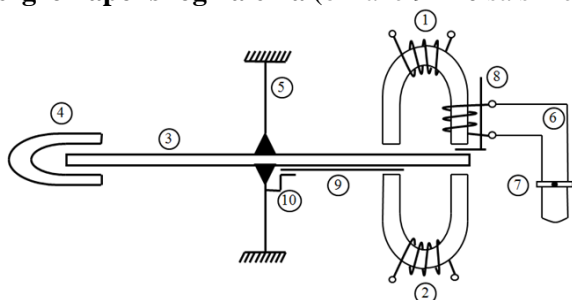
1. Računa se prema izrazu

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n-1}}$$

2. Šema je:



3. Na skici indukcionog brojila delovi označeni brojevima 9 i 10 služe za **sprečavanje obrtanja u praznom hodu**. U slučaju kada je struja jednaka nuli disk ne sme da se kreće. To se radi pomoću male metalne pločice postavljene na osovini diska i komadom lima koji delimično prekriva jezgro naponskog kalema (oznake 9 i 10 sa slike).



ZADACI

1. Koeficijenti prave mogu se dobiti primenom linearne regresije na osnovu minimizacije sume kvadrata odstupanja. Tako se koeficijent prave b može dobiti iz jednačine:

$$b = \frac{\sum I_i R_i - n I_{sr} R_{sr}}{\sum I_i^2 - n I_{sr}^2}$$

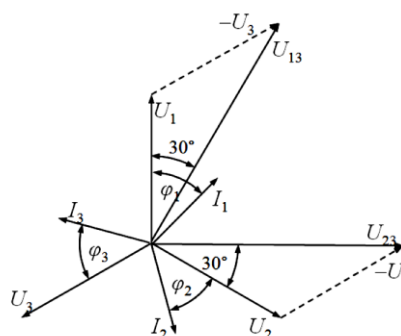
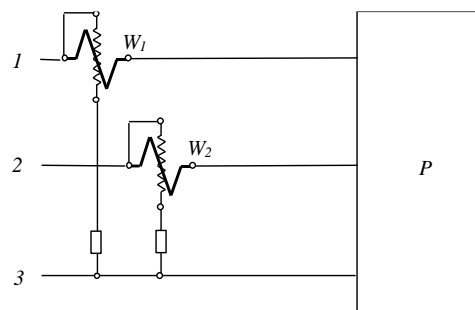
Izračunavanjem se dobija:

$$\begin{aligned} \sum I_i R_i &= 124300, \\ \sum I_i^2 &= 22500, \\ I_{sr} &= 72.5, \\ R_{sr} &= 407.5. \end{aligned}$$

Zamenom se dobija:

$$b = \frac{124300 - 4 \cdot 72.5 \cdot 407.5}{22500 - 4 \cdot 72.5^2} = 4.1525$$

4. Šema za merenje aktivne i reaktivne snage primenom Aronove sprege u trofaznom trožičnom sistemu i vektorski dijagram u slučaju pretežno induktivnog opterećenja.



Koeficijent a se može dobiti iz jednačine:

$$a = R_{sr} - b I_{sr}$$

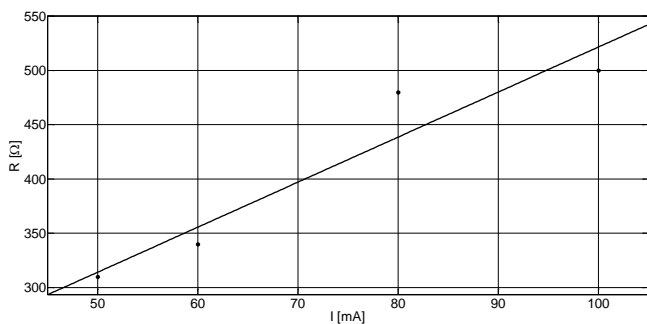
Zamenom vrednosti se dobija:

$$a = 407.5 - 4.1525 \cdot 72.5 = 106.44$$

Konačno, tražena prava kojom se optimalno fituju izmereni podaci je:

$$R = 106.44 + 4.15 \cdot I$$

Na slici je dat graf sa izmerenim podacima i prava dobijena linearnom regresijom.



Izmereni podaci i prava dobijena regresionom analizom

Odstupanja se računaju na sledeći način:

$$\Delta R_i = R_i^{\text{mereno}} - R_i^{\text{fitovano}},$$

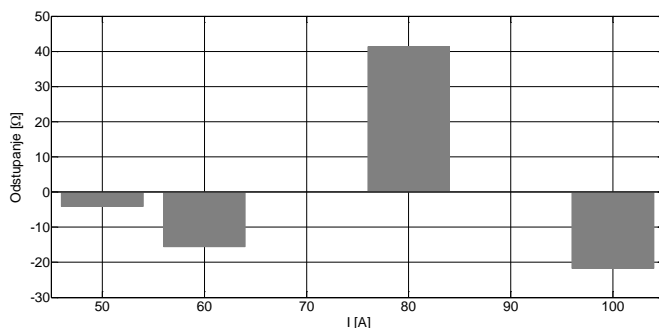
odnosno:

$$\Delta R_i = R_i^{\text{mereno}} - 106.44 - 4.15 \cdot I_i$$

Dobija se:

$$\begin{aligned}\Delta R_1 &= -3.94 \, \Omega, \\ \Delta R_2 &= -15.44 \, \Omega, \\ \Delta R_3 &= 41.56 \, \Omega, \\ \Delta R_4 &= -21.44 \, \Omega.\end{aligned}$$

Očigledno da treći podatak ima najviše odstupanje pa se za njega može reći da je izmeren sa najmanjom tačnošću. Vrednosti odstupanja izmerenih podataka od fitovane prave dati su na slici.



Odstupanja izmerenih podataka od fitovanih

2. Za prvu šemu kada je ampermetar ispred voltmetra relativna greška je:

$$\Gamma_r^{(1)} = -\frac{R_X}{R_X + R_V}.$$

Za drugu šemu kada je voltmetar ispred ampermetra relativna greška je:

$$\Gamma_r^{(2)} = \frac{R_A}{R_X}.$$

Po uslovu zadatka nepoznati otpor se dobija iz jednačine:

$$|\Gamma_r^{(1)}| = |\Gamma_r^{(2)}|.$$

Zamenom se dobija:

$$\frac{R_X}{R_X + R_V} = \frac{R_A}{R_X}.$$

Sređivanjem se dobija kvadratna jednačina:

$$R_X^2 - R_A R_X - R_A R_V = 0.$$

Zamenom poznatih vrednosti i rešavanjem jednačine za nepoznati otpor dobija se vrednost:

$$R_X = 100.5 \, \Omega.$$

Drugo rešenje kvadratne jednačine nema smisla.

Može se reći da je za otpore veće od 100.5 Ω pogodnija šema kod koje je voltmetar ispred ampermetra, dok je za otpore manje od 100.5 Ω pogodnija druga šema. U tim slučajevima pravi se manja sistematska greška.

Uz pretpostavku da je snaga standardnog bojlera oko 2000 W i uz fazni napon od 220 V može se proceniti vrednost otpora grejača:

$$R_B = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{2000} = 24.2 \, \Omega.$$

Znači za merenje optora grejača bojlera sa datom aparaturom pogodnija je šema kod koje je ampermetar ispred voltmetra.

3. Podaci: $U_n = 3 \times 400 / 231 \, \text{V}$; $\alpha_{vf} = 115 \, \text{pod.}$;
 $N_a = 18 \, \text{ob.}$; $N_r = 36 \, \text{ob.}$; $t_a = t_r = 9 \, \text{s}$;
 $1 \, \text{kWh} = 1200 \, \text{ob.}$; $1 \, \text{kvarh} = 2400 \, \text{ob.}$;
 $\cos \varphi' = 0.95$ induktivno.

Rešenje:

$$k_{ba} = 3000 \, \text{Ws/ob}$$

$$k_{br} = 1500 \, \text{vars/ob}$$

Za fazne napone je

$$k_{vf} = \frac{240}{120} = 2 \, \text{V/pod}$$

$$U_f = k_{vf} \alpha_{vf} = 2 \cdot 115 = 230 \, \text{V}$$

Međufazni (linijski) naponi su

$$U_l = \sqrt{3} \cdot U_f = \sqrt{3} \cdot 230 = 398.37 \approx 398 \, \text{V}$$

Aktivna i reaktivna snaga su

$$P = k_{ba} N_a / t_a = 6000 \, \text{W}$$

$$Q = k_{br} N_r / t_r = 6000 \, \text{var}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 8485.3 \, \text{VA}$$

$$\cos \varphi = P/S = 0.7071$$

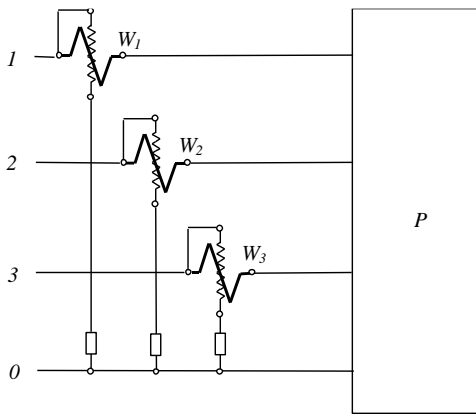
$$\tan \varphi = Q/P = 1 \quad \varphi = 45^\circ$$

Opterećenje je pretežno induktivno.

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_l} = 12.31 \, \text{A}$$

Vrednost van opsega.

meranju aktivne snage metodom tri vatmetra



$$k_W = 20 \text{ W/pod}$$

$$P = P_{W1} + P_{W2} + P_{W3}$$

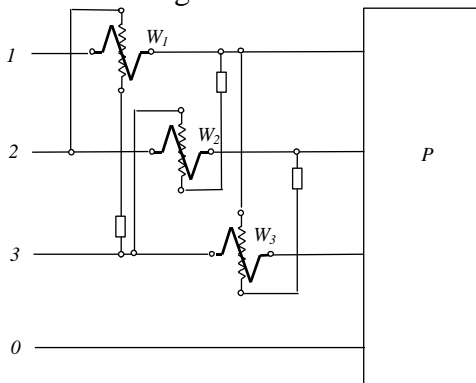
$$P_{W1} = P_{W2} = P_{W3} = P_W$$

$$P = 3P_W \Rightarrow P_W = \frac{P}{3} = 2000 \text{ W}$$

$$\alpha_W = \frac{P_W}{k_W} = 100 \text{ pod.}$$

merenje reaktivne snage metodom tri vatmetra

Reaktivna snaga - 3 vatmetra



$$k_W = 40 \text{ W/pod}$$

$$Q = \frac{1}{\sqrt{3}} (P_{W1} + P_{W2} + P_{W3})$$

$$P_{W1} = P_{W2} = P_{W3} = P_W \Rightarrow Q = \sqrt{3}P_W$$

$$\alpha_W = \frac{Q}{\sqrt{3} \cdot k_W} = 86.6 \text{ pod}$$

b) Napon i aktivna snaga ostali su isti pa je $U'_f = 230 \text{ V}$, $U'_l = 398 \text{ V}$, $P' = 6000 \text{ W}$

Nova vrednost faktora snage je $\cos \varphi' = 0.95$

a karakter potrošača je i dalje induktivan. Tada je

$$\varphi' = 18.19^\circ, \quad \tan \varphi' = 0.3287$$

$$S' = \frac{P'}{\cos \varphi'} = 6315.8 \text{ VA}$$

$$Q' = \sqrt{S'^2 - P'^2} = 1972.1 \text{ VAr}$$

$$I' = \frac{S'}{\sqrt{3}U'_l} = 9.162 \text{ A}$$

Brzina obrtanja koluta brojila aktivne energije ostala je ista. Brzina brojila koluta reaktivne energije smanjila se za 67.13 %.

4. Konstanta vatmetra je:

$$k_W = \frac{U_{ops} I_{ops}}{\alpha_{max}} = \frac{480 \cdot 10}{120} = 40 \frac{\text{W}}{\text{pod}}.$$

Aktivna snaga je:

$$P = k_W (\alpha_{W1} + \alpha_{W2}),$$

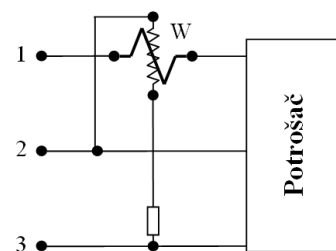
$$P = 40 \cdot (85 + 70) = 6200 \text{ W}.$$

Reaktivna snaga je:

$$Q = \sqrt{3} k_W (\alpha_{W2} - \alpha_{W1})$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot 40 \cdot (85 - 70) = 1039.2 \text{ var}.$$

b) Data je šema prikazana na narednoj slici.



Pokazivanje vatmetra je jednako:

$$P_W = U_{23} I_1 \cos \angle(U_{23}, I_1),$$

$$P_W = U_{23} I_1 \cos \left(\frac{\pi}{2} - \varphi \right),$$

$$P_W = U_{23} I_1 \sin \varphi,$$

odnosno:

$$P_W = U_l I \sin \varphi.$$

Šemom se može meriti reaktivna snaga:

$$Q = \sqrt{3} P_W = \sqrt{3} U_l I \sin \varphi.$$

Reaktivna snaga je:

$$Q = \sqrt{3} P_W = \sqrt{3} k_W \alpha_W,$$

$$\alpha_W = \frac{Q}{\sqrt{3} k_W} = 15 \text{ pod}.$$