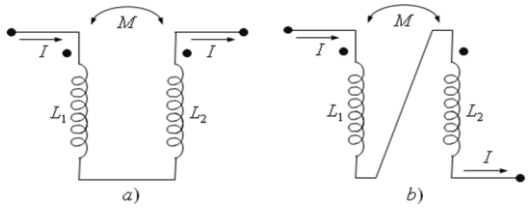
PITANJA

1. Histerezis mernog sredstva je osobina da odziv mernog sredstva na dati ulazni signal zavisi od načina promene ulaznog signala.

2. Moraju se izvršiti dva merenja. Kod prvog merenja namotaji međusobne induktivnosti se vežu na red, tako da se njihovi fluksevi oduzimaju. U drugom merenju namotaji međusobne induktivnosti se vežu na red ali tako da se njihovi fluksevi sabiraju. Šeme veza za obe kombinacije vezivanja date su na slici.



Kod šeme a) fluksevi se oduzimaju i merenjem se dobija induktivnost:

$$L_a = L_1 + L_2 - 2M$$

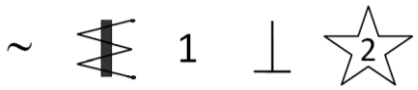
Kod šeme b) fluksevi se sabiraju i merenjem se dobija induktivnost:

$$L_b = L_1 + L_2 + 2M$$

Oduzimanjem jednačina i sređivanjem dobija se međusobna induktivnost:

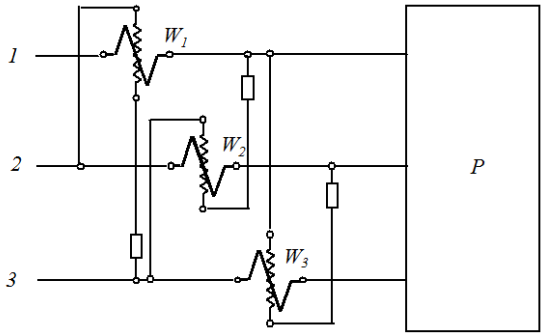
$$M = \frac{L_b - L_a}{4}$$

3. Oznake prikazane na pločici voltmerta



(1) instrument za merenje naizmeničnog napona,
(2) elektromagnetni instrument sa kretnim gvožđem,
(3) klasa tačnosti instrumenta je 1,
(4) instrument treba da bude u vertikalnom položaju tokom rada i
(5) maksimalna vrednost trajno podnostivog napona prema zemlji (masi) je 2kV.

4. Šema za merenje reaktivne snage u trožičnom sistemu upotrebom tri vatmetra i relacije koje opisuju pokazivanja vatmetara.



$$P_{W1} = U_{23} I_1 \cos\angle(\underline{U}_{23}, \underline{I}_1)$$
$$P_{W2} = U_{31} I_2 \cos\angle(\underline{U}_{31}, \underline{I}_2)$$
$$P_{W3} = U_{12} I_3 \cos\angle(\underline{U}_{12}, \underline{I}_3).$$

ZADACI

1. Skretanje instrumenta je funkcija srednje vrednosti ispravljenog signala. Kako je instrument sa jednosmernim ispravljanjem, za prostoperiodični signal faktor oblika koji predstavlja količnik efektivne i srednje vrednosti ispravljenog signala iznosi K_p=2.22. Pomoću ovog faktora je instrument izbaždaren da pokazuje efektivnu vrednost.

Da bi se odredilo pokazivanje na instrumentu kada se dovede dati signal potrebno je odrediti srednju vrednost ispravljenog signala i tu vrednost pomnožiti sa K_p.
Srednja vrednost ispravljenog signala računa se pomoću izraza:

$$U_{sri} = \frac{1}{T}\int_0^T |u(t)|dt\,.$$

Na osnovu oblika signala dobija se da je:

$$U_{sri} = \frac{U_m}{4}\,.$$

Pošto je U_m=10 V, onda je U_{sri}=2.5 V.
Prema tome pokazivanje na instrumentu je:

$$U = K_p \cdot U_{sri} = 2.22 \cdot 2.5 = 5.55\,\text{V}$$

Da bi se na osnovu pokazivanja instrumenta mogla odrediti efektivna vrednost za ovakav tip signala potrebno je odrediti faktor oblika signala.
Efektivna vrednost signala se može izračunati na sledeći način:

$$U_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T u^2 dt}\,,$$

$$U_{ef} = \sqrt{\frac{2}{T}\int_0^{T/2} \frac{4U_m^2}{T^2} t^2 dt}\,,$$

$$U_{ef}=\sqrt{\frac{8U_m^2}{T^3}\int_0^{T/2}t^2dt}\,,$$

$$U_{ef}=\sqrt{\frac{8U_m^2}{T^3}\frac{t^3}{3}\Big|_0^{T/2}}=\sqrt{\frac{8U_m^2}{T^3}\frac{T^3}{24}}=\frac{\sqrt{3}U_m}{3}.$$

Prema tome faktor oblika za ovaj tip signala je:

$$K_t=\frac{U_{ef}}{U_{sri}}=\frac{4\sqrt{3}}{3}=2.3094.$$

Da bi se dobila korektna efektivna vrednost za dati oblik signala očitanu vrednost sa instrumenta treba korigovati prema izrazu:

$$U_{ef}^{kor}=\frac{K_t}{K_p}U_{ef}^{izm}=\frac{2.3094}{2.22}U_{ef}^{izm}=1.04U_{ef}^{izm}$$

2. a) Pošto je relativna greška negativna radi se o šemi kod koje je ampermetar ispred voltmetra. U tom sličaju relativna greška se računa preko izraza:

$$\Gamma_{r\%}^{(1)}=-\frac{R_X}{R_X+R_V}100\,.$$

Iz ovog izraza može se izračunati tačna vrednost merenog otpora:

$$0.0196\cdot(R_X+10000)=R_X\,,$$

$$R_X=199.92\,\Omega\,.$$

b) Ako bi se koristila šema kod koje je voltmetar ispred ampermetra dobila bi se relativna greška:

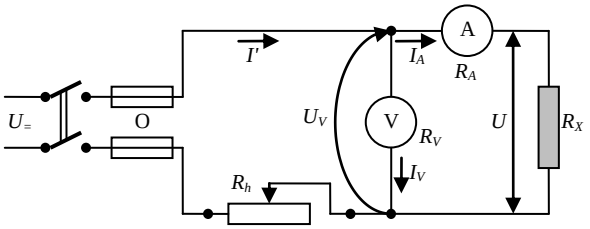
$$\Gamma_{r\%}^{(2)}=\frac{R_A}{R_X}100=\frac{1}{199.92}100=0.5\%\,.$$

c) Iz izraza za relativnu grešku

$$\Gamma_{r\%}=\frac{R'_X-R_X}{R_X}100$$

mogu se odrediti približne vrednosti merenog otpora. Za šemu kada je ampermetar ispred voltmetra dobija se $R'_X=196\,\Omega$, a za šemu kada je voltmetar ispred ampermetra $R'_X=200.92\,\Omega$.

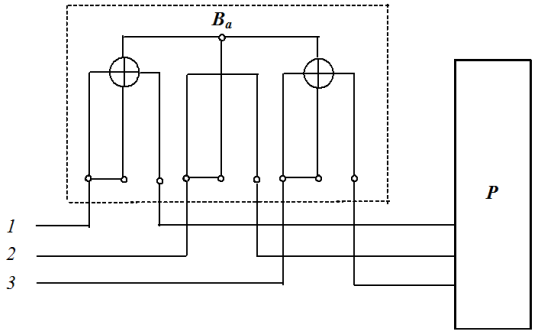
d) Zbog manje relativne greške pogodnija je šema kod koje je voltmetar ispred ampermetra.



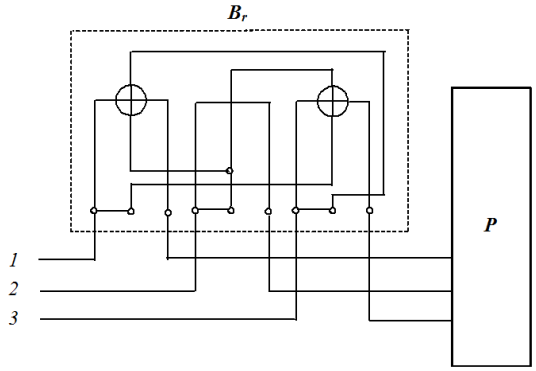
3. Podaci: $3x400$ V; $1\,\text{kWh}=1600$ ob; $1\,\text{kVArh}=1600$ ob; $v_{ba}=2$ ob/s; $\alpha_{W1}=50$ pod; $\alpha_{Vl}=130$ pod.

a) Šeme veza brojila aktivne i reaktivne energije.

Aktivna energija



Reaktivna energija



b)

Konstante brojila su:

$$k_{ba}=\frac{3.6\cdot10^6}{1600}=2250\ \frac{\text{Ws}}{\text{ob}},$$

$$k_{br}=\frac{3.6\cdot10^6}{1600}=2250\frac{\text{vars}}{\text{ob}}.$$

Aktivna snaga je jednaka:

$$P=k_{ba}v_{ba}=2250\cdot2=4500\ \text{W}.$$

Međufazni napon:

$$k_{Vl}=\frac{450}{150}=3\ \frac{\text{V}}{\text{pod}},$$

$$U_l=k_{Vl}\alpha_{Vl}=3\cdot130=390\ \text{V}.$$

Procena vrednosti struje

$$I\geq\frac{P}{\sqrt{3}U_l}=\frac{4500}{\sqrt{3}\cdot390}=6.66\ \text{A}>5\text{A},$$

pa su strujni opsezi 10 A.

Konstanta vatmetra za Aronovu vezu:

$$k_W=\frac{U_{ops}I_{ops}}{\alpha_{\max}}=\frac{450\cdot10}{150}=30\ \frac{\text{W}}{\text{pod}}.$$

Za Aronovu vezu važi:

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

pa se skretanje drugog vatmetra dobija kao:

$$\alpha_{W2} = \frac{P}{k_W} - \alpha_{W1} = \frac{4500}{30} - 50 = 100 \text{ pod}.$$

Reaktivna snaga je:

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

$$Q = \sqrt{3} \cdot 30 \cdot (50 - 100) = -2598.08 \text{ var}.$$

Prividna snaga je:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 5196.15 \text{ VA}.$$

Faktor snage i fazni ugao su:

$$\cos\ \varphi = \frac{P}{S} = \frac{4500}{5196.15} = 0.866,$$

$$\varphi = -30^0.$$

Opterećenje u sistemu je pretežno kapacitivno.

Struja u sistemu i skretanja ampermetara su:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} U_l} = \frac{5196.15}{\sqrt{3} \cdot 390} = 7.69 \text{ A},$$

$$k_A = \frac{10}{100} = 0.1 \frac{\text{A}}{\text{pod}},$$

$$\alpha_A = \frac{I}{k_A} = \frac{7.69}{0.1} = 76.9 \text{ pod}.$$

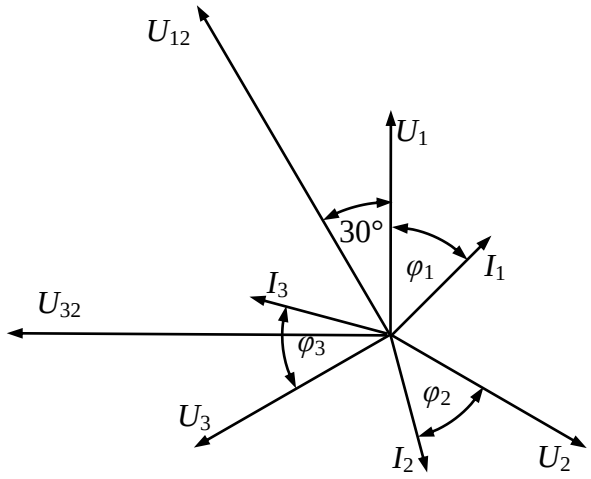
4. Sa date šeme je očigledno da je u pitanju Aronova šema. Na osnovu relacija pokazivanja vatmetara i vektorskog dijagrama prikazanog na slici, može se pokazati da je skretanje vatmetra W_2 veće od skretanja vatmetra W_1.

Pokazivanja vatmetara W_1 i W_2 mogu se dobiti pomoću sledećih relacija:

$$P_{W1} = U_{12} I_1 \cos\angle(\underline{U}_{12}, \underline{I}_1) = U_{12} I_1 \cos(\varphi_1 + 30°),$$

$$P_{W2} = U_{32} I_3 \cos\angle(\underline{U}_{32}, \underline{I}_3) = U_{32} I_3 \cos(\varphi_3 - 30°).$$

Na osnovu toga se zaključuje da je $\alpha_{W1} = 55$, a $\alpha_{W2} = 77$.



Slika. Vektorski dijagram napona i struja za šemu na slici

Tada je konstanta vatmetra za Aronovu vezu:

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

Aktivna snaga se računa pomoću naredne relacije:

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

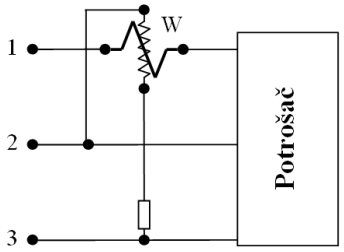
$$P = 40 \cdot \left(55 + 77\right) = 5280 \text{ W}.$$

Pošto je po uslovu zadatka u pitanju induktivni potrošač onda se za reaktivnu snagu dobija:

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

$$Q = \sqrt{3} \cdot 40 \cdot \left(77 - 55\right) = 1524.2 \text{ var}.$$

4.b) Data je šema prikazana na narednoj slici.



Pokazivanje vatmetra je jednako:

$$P_W = U_{23} I_1 \cos\angle(\underline{U}_{23}, \underline{I}_1),$$

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

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

odnosno:

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

Šemom se može meriti reaktivna snaga:

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

Konstanta vatmetra je:

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

Reaktivna snaga je:

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

$$\alpha_W = \frac{Q}{\sqrt{3} k_W} = \frac{1524.2}{\sqrt{3} \cdot 40} = 22 \, pod.$$