



KANDÓ KÁLMÁN
VILLAMOSMÉRNÖKI KAR

Farkas András

Villamos gépek praktikum

ÓE-KVK 2132

Budapest, 2015.

VILLAMOS GÉPEK PRAKTIKUM

1. TRANSZFOMÁTOROK EGYENLETEI:

Az indukált feszültség: $u_i = N \frac{d\Phi}{dt} \Rightarrow U_i = 4,44 \cdot f \cdot N \cdot \phi_{\max}$,

az áttétel: $a = \frac{U_{i1}}{U_{i2}} = \frac{N_1}{N_2}$,

a transzformátorok menetfeszültsége: $U_{iM} = \frac{U_{i1}}{N_1} = \frac{U_{i2}}{N_2}$,

a redukált szekunder oldali mennyiségek:

$$N_1 = a \cdot N_2 = N_2', \quad U_{i1} = a \cdot U_{i2} = U_{i2}', \quad I_2' = \frac{I_2}{a}, \quad U_2' = a \cdot U_2.$$

$$R_2' = a^2 \cdot R_2, \quad X_{s2}' = a^2 \cdot X_{s2},$$

az áthidaló ág elemei:

a vasvesztéssel arányos ellenállás: $R_v = \frac{U_i}{I_v}$,

a főmező reaktancia: $X_m = \frac{U_i}{I_m} \approx \frac{U_0}{I_0}$,

a drop és összetevői:

$$\varepsilon_z = \frac{U_{zn}}{U_n} = \frac{I_n \cdot Z_z}{U_n}, \quad \varepsilon_R = \frac{U_{Rn}}{U_n} = \varepsilon_z \cdot \cos \varphi_z, \quad \varepsilon_S = \frac{U_{Sn}}{U_n} = \varepsilon_z \cdot \sin \varphi_z,$$
$$U_z = \sqrt{U_R^2 + U_S^2} \quad \varepsilon_z = \sqrt{\varepsilon_R^2 + \varepsilon_S^2}$$

a drop segítségével meghatározható:

$$I_{zn} = \frac{U_n}{U_{zn}} \cdot I_n = \frac{1}{\varepsilon_z} \cdot I_n \quad P_m = \varepsilon_R \cdot S_n, \quad Q_m = \varepsilon_S \cdot S_n,$$

a terhelés okozta feszültségváltozás:

$$\Delta U_2 = I_t \cdot R \cdot \cos \varphi_t + I_t \cdot X_s \cdot \sin \varphi_t$$

illetve

$$\Delta U_2 = I_t \cdot Z_z \cdot \cos(\varphi_z - \varphi_t) = U_z \cdot \cos(\varphi_z - \varphi_t)$$

a hatásfok:

$$\eta = \frac{\sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1 - P_v - P_t \cdot \left(\frac{I_1}{I_n} \right)^2}{\sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1}$$

Transzformátor 01 Példa

Egy háromfázisú transzformátor adatai:

$$U_{1n}/U_{2n} = 400/190 \text{ V}, \quad I_{1n}/I_{2n} = 4,34/9,12 \text{ A}, \quad S = 3 \text{ kVA}.$$

Kapcsolási csoport: Dy05.

A szekunder oldalon mért üresjárási mérés adatai:

$$U_{2n} = 190 \text{ V}, \quad I_{20} = 2,85 \text{ A}, \quad P_{0n} = 115 \text{ W}.$$

A primer oldalon mért rövidzárási mérés adatai:

$$U_{zn} = 9,7 \text{ V}, \quad I_{1n} = 4,34 \text{ A}, \quad P_z = 62 \text{ W}.$$

Határozza meg:

1, A helyettesítő vázlat elemeit a mért adatokból.

$$a, S_0, Q_0, \cos\varphi_0, R_{vas}, X_m$$

$$b, S_z, Q_z, \cos\varphi_z, \varepsilon_z, \varepsilon_R, \varepsilon_S, Z_z, R_1 + R_2', X_{s1} + X_{s2}' \quad (R_1 = 0,9 R_2', X_{s1} = 1,2 X_{s2}').$$

2, Rajzolja fel az üresjárási és a rövidzárási jelleggörbéket minőségileg helyesen, és jelölje be a mért értékeket.

3, Rajzolja fel a transzformátor kapcsolási rajzát és a feszültség vektorokat, a kapcsolók szabványos jelölésével.

Megoldás:

$$1a, \quad \text{az üresjárási látszólagos teljesítmény } S_0 = \sqrt{3} \cdot U_0 \cdot I_0 = 1,73 \cdot 190 \cdot 2,85 = 936,8 \text{ VA}$$

$$\text{az üresjárási meddő teljesítmény } Q_0 = \sqrt{S_0^2 - P_0^2} = \sqrt{877594 - 13225} = 929,7 \text{ VAR}$$

$$\text{az üresjárási teljesítménytényező } \cos\varphi_0 = P_0/S_0 = 115/936,8 = 0,123$$

a vasveszteség:

$$P_{vas} \approx P_0 = 3 \cdot \frac{U_{2f}^2}{R_v} \Rightarrow R_v = 3 \frac{(400)^2}{115} = 4174 \Omega$$

az üresjárási meddőteljesítmény:

$$Q_m \approx Q_0 = 3 \cdot \frac{U_{2f}^2}{X_m} \Rightarrow X_m = 3 \frac{(400)^2}{929,7} = 516,3 \Omega$$

1b, a rövidzárási látszólagos teljesítmény $S_z = \sqrt{3} \cdot U_{zn} \cdot I_n = 1,73 \cdot 9,7 \cdot 4,34 = 72,8 \text{ VA}$

a rövidzárási meddő teljesítmény $Q_z = \sqrt{S_z^2 - P_z^2} = \sqrt{5299,8 - 3844} = 38,15 \text{ Var}$

a rövidzárási teljesítménytényező $\cos \varphi_z = P_z / S_z = 62 / 72,8 = 0,851$

$$\sin \varphi_z = Q_z / S_z = 38,15 / 72,8 = 0,52$$

a drop: $\varepsilon_z = U_{1z} / U_n = 9,7 / 400 = 0,0243 \Rightarrow 2,43\%$

az összetevők: $\varepsilon_r = \varepsilon_z \cdot \cos \varphi_z = 2,43 \cdot 0,851 = 2,07\%$

$$\varepsilon_s = \varepsilon_z \cdot \sin \varphi_z = 2,43 \cdot 0,52 = 1,26\%$$

a rövidzárási impedancia: $Z_z = \frac{U_{1z}}{I_{1n} / \sqrt{3}} = \frac{9,7}{4,34 / 1,73} = 3,87 \Omega$

az ohmos összetevő: $R = Z_z \cdot \cos \varphi_z = 3,87 \cdot 0,851 = 3,29 \Omega$

$$R = R_1 + R_2' = 0,9 \cdot R_2' + R_2' = 1,9 \cdot R_2' = 3,29 \Omega \Rightarrow R_2' = 1,73 \Omega$$

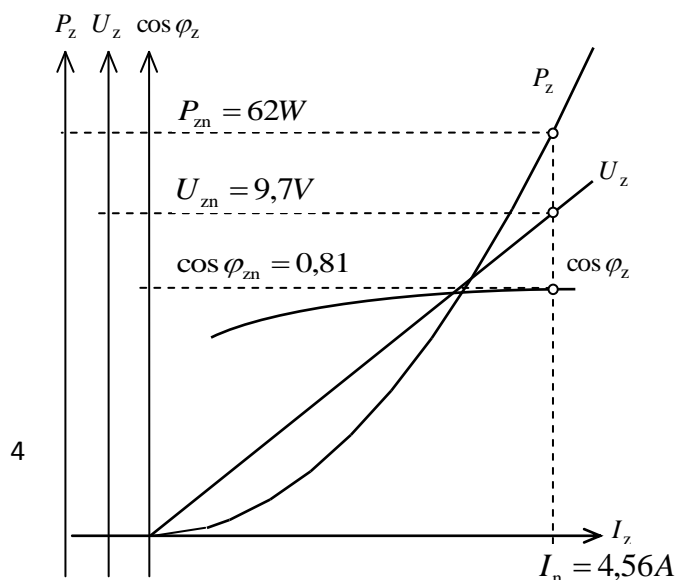
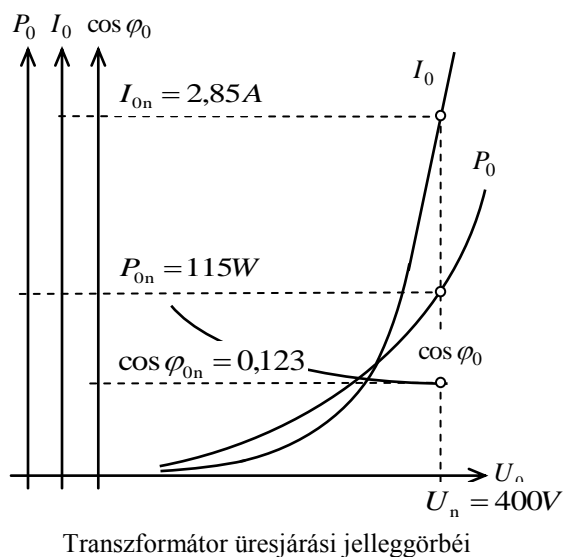
$$\text{és } R_1 = 0,9 R_2' = 1,56 \Omega$$

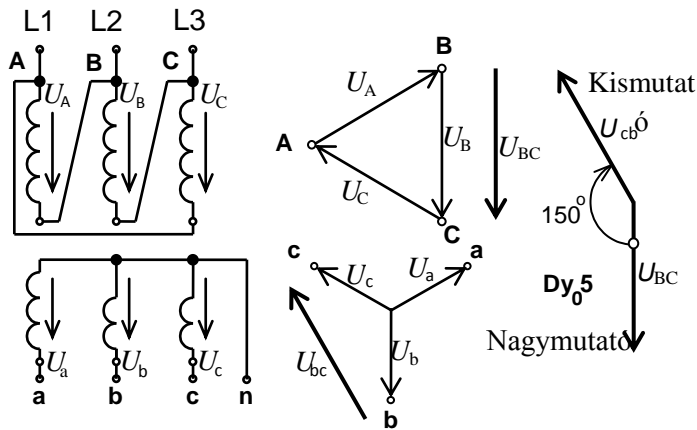
az induktív összetevő: $X_s = Z_z \cdot \sin \varphi_z = 3,87 \cdot 0,52 = 2,01 \Omega$

$$X_s = X_{s1} + X_{s2}' = 1,2 X_{s2}' + X_{s2}' = 2,2 \cdot X_{s2}' = 2,01 \Omega \Rightarrow X_{s2}' = 0,914 \Omega$$

$$\text{és } X_{s1} = 1,2 X_{s2}' = 1,2 \cdot 0,914 = 1,097 \Omega$$

2, Jelleggörbék





Dy₀5 kapcsolási csoportú háromfázisú
transzformátor kapcsolási rajza és vektorábrája

Transzformátor 02 Példa:

Egy háromfázisú transzformátor névleges adatai:

$$U_{1n}/U_{2n} = 3 \times 400/150 \text{ V}, \quad I_{1n}/I_{2n} = 3 \times 7,2/19,3 \text{ A}, \quad S_n = 5 \text{ kVA}.$$

Kapcsolási csoport: Dy₀5.

Az üresjárási és rövidzárási mérésekből megrajzolt jelleggörbékéből a következő adatokat kaptuk:

a, A primer oldalon mért rövidzárási mérés adatai:

$$U_{zn} = 12,2 \text{ V}, \quad I_{1n} = 7,2 \text{ A}, \quad P_z = 115 \text{ W}.$$

b, A szekunder oldalon mért üresjárási mérés adatai:

$$U_{2n} = 150 \text{ V}, \quad I_{0n} = 1,6 \text{ A}, \quad P_{0n} = 85 \text{ W}.$$

Határozza meg:

1, ε_z (ε_R és ε_S), Z_z ; R ; X_S ; (R_1 ; R_2 ; X_{s1} ; X'_{s2}); S_{zn} ; Q_{zn} ; $\cos\varphi_{zn}$; $\sin\varphi_{zn}$ értékeit.

Az impedanciák szétválasztása: $R_1 = 0,8 R_2$ és $X_{s1} = 1,15 X'_{s2}$

2, S_{0n} ; Q_{0n} ; $\cos\varphi_{0n}$; $\sin\varphi_{0n}$; X_a , R_v értékeit.

3, Rajzolja fel a helyettesítő vázlatot az elemek megadásával

Megoldás

$$1, S_{zn} = \sqrt{3} \cdot 12,2 \cdot 7,2 = 152 \text{ VA}$$

$$Q_{sn} = \sqrt{S_{zn}^2 - P_{zn}^2} = \sqrt{152^2 - 115^2} = 99,4 \text{ Var}$$

$$\cos \varphi_{zn} = \frac{P_{zn}}{S_{zn}} = \frac{115}{152} = 0,756$$

$$\sin \varphi_{zn} = \frac{Q_{zn}}{S_{zn}} = \frac{99,4}{152} = 0,654$$

$$\varepsilon_z = 12,2/400 = 3,05\%$$

$$\varepsilon_R = 2,306\%$$

$$\varepsilon_S = 1,995\%$$

$$Z_z = \frac{12,2}{7,2/\sqrt{3}} = 2,931 \rightarrow$$

$$R = 2,215 \Omega$$

$$X_S = 1,916 \Omega$$

Ellenőrzési lehetőség:

$$P_{zn} = 3 \cdot I_n^2 \cdot R = 3 \cdot \left(\frac{7,2}{\sqrt{3}} \right)^2 \cdot R = 115 \Rightarrow R = 2,218 \Omega$$

$$Q_{zn} = 3 \cdot I_n^2 \cdot X_s = 3 \cdot \left(\frac{7,2}{\sqrt{3}} \right)^2 \cdot X_s = 99,4 \Rightarrow X_s = 1,917 \Omega$$

Szétválasztás:

Felhasználva, hogy $R_1 = 0,8 \cdot R_2'$ adódik:

$$R = 2,215 = 0,8 \cdot R_2' + R_2' = 1,8 \cdot R_2' \Rightarrow R_2' = 2,215/1,8 = 1,23 \Omega$$

$$\text{és } R_1 = 0,8 \cdot R_2' = 0,8 \cdot 1,23 = 0,984 \Omega \text{ valamint}$$

$$X_{s1} = 1,15 \cdot X_2' \text{ tehát } X_s = 1,15 \cdot X_{s2}' + X_{s2}' = 1,916 \Rightarrow X_{s2}' = 1,916/2,15 = 0,891 \Omega$$

$$\text{és } X_{s1} = 1,15 \cdot X_2' = 1,15 \cdot 0,891 = 1,025 \Omega$$

2, Üresjárási mérés a szekunder oldalon:

$$U_n = 150 \text{ V} \quad I_{0n} = 1,6 \text{ A} \quad P_{0n} = 85 \text{ W}$$

$$\text{az üresjárási teljesítmény: } S_{0n} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_{0n} = \sqrt{3} \cdot 150 \cdot 1,6 = 415 \text{ VA}$$

$$\text{az üresjárási teljesítménytényező: } \cos \varphi_{0n} = \frac{P_{0n}}{S_{0n}} = \frac{85}{415} = 0,205 \Rightarrow \sin \varphi_{0n} = 0,978$$

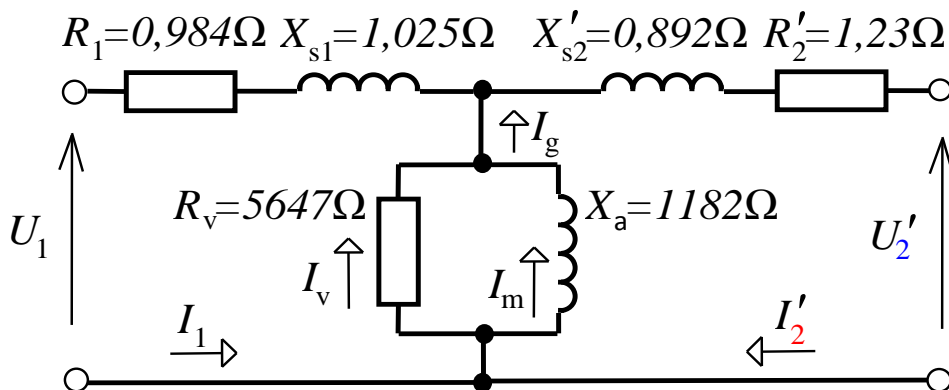
$$\text{a üresjárási meddőteljesítmény: } Q_{0n} = S_{0n} \cdot \sin \varphi_{0n} = 415 \cdot 0,978 = 405,9 \text{ Var}$$

a vasvesztéssel arányos ellenállás:

$$R_v \approx \frac{U_{1f}^2}{P_{0n}/3} = \frac{400^2}{85/3} = 5647 \Omega$$

$$\text{a fővező reaktancia: } X_m \approx \frac{U_{1f}^2}{Q_{0n}/3} = \frac{400^2}{405,9/3} = 1182 \Omega$$

3, A helyettesítő vázlat:



Transzformátor 03 Példa:

Egy háromfázisú transzformátor névleges adatai:

$$U_{1n}/U_{2n} = 3 \times 1,5/0,4 \text{ kV}, \quad S_n = 25 \text{ kVA}.$$

Kapcsolási csoport: Dy.

Az üresjárási vesztesége: $P_0 = 120 \text{ W}$, rövidzárási vesztesége: $P_m = 400 \text{ W}$, a szekunder oldalt fázisonként egy $R_t = 8 \Omega$ -os ellenállás és egy $X_t = 6 \Omega$ -os induktivitás soros kapcsolásával terheljük.

Határozza meg:

- 1, A névleges áramokat (I_{1n} , I_{2n}):
- 2, Az adott terhelésnél a szekunder áramot és teljesítménytényezőt (I_t , $\cos\phi_t$).
- 3, A transzformátor hatásfokát:
- 4, Az adott terhelésnél a primer áramot.

Megoldás:

$$1, \quad \text{a névleges primer áram: } I_{1n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{1n}} = \frac{25}{\sqrt{3} \cdot 1,5} = 9,6 \text{ A}$$

$$\text{a szekunder áram: } I_{2n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{2n}} = \frac{25}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 36 \text{ A}$$

- 2, a szekunder áram az adott terhelésnél:

$$\text{a terhelő impedancia: } Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10 \Omega$$

$$\text{így az áram: } I_2 = \frac{U_{2f}}{Z_t} = \frac{231}{10} = 23,1 A,$$

$$\text{a teljesítménytényező: } \cos \varphi_t = \frac{R_t}{Z_t} = \frac{8}{10} = 0,8$$

$$3, \quad \text{a leadott teljesítmény: } P_2 = 3 \cdot U_{2f} \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 = 3 \cdot 231 \cdot 23,1 \cdot 0,8 = 12806 W,$$

$$\text{az adott terhelésnél a tekercsveszteség: } P_t = P_m \left(\frac{I_2}{I_{2n}} \right)^2 = 400 \left(\frac{23,1}{36} \right)^2 = 164 W,$$

$$\text{így a hatásfok: } \eta = \frac{P_2}{P_2 + P_v + P_t} = \frac{12806}{12806 + 120 + 164} = 0,978 \text{ azaz } 97,8\%$$

$$4, \quad \text{a primer áram, ha a kapocsátétel } a = \frac{U_1}{U_2} = \frac{1,5}{0,4} = 3,75, \text{ akkor a vonali áram:}$$

$$I_1 = \frac{I_2}{a} = \frac{23,1}{3,75} = 6,16 A$$

Transzformátor 04 Példa:

A háromfázisú Yd kapcsolású transzformátor névleges teljesítménye $S_n = 250 \text{ kVA}$, feszültsége $U_1/U_2 = 6/1,5 \text{ kV}$, üresjárási árama $I_0 = 0,05 I_n$, üresjárási teljesítménytényezője $\cos \varphi_0 = 0,1$.

A transzformátor primer oldalra redukált összes ellenállása $R = 3,6 \Omega$, rövidzárási teljesítménytényezője $\cos \varphi_z = 0,38$.

Határozza meg:

- 1, Az üresjárási veszteséget (P_0).
- 2, Az áthidaló ág elemeit (R_v, X_a).
- 3, A névleges terhelés 5/4-nél a szekunder oldali feszültséget (U_{2v}), $\cos \varphi_t = 0,8$ kapacitív esetén.

Megoldás:

$$1, \text{ A névleges áram: } I_{1n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_1} = \frac{250}{1,73 \cdot 6} = 24,05 A,$$

$$\text{az üresjárási áram: } I_0 = 0,05 \cdot I_{1n} = 0,05 \cdot 24,05 = 1,2 A,$$

az üresjárási veszteség: $P_0 = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_0 \cdot \cos \varphi_0 = 1,73 \cdot 6000 \cdot 1,2 \cdot 0,1 = 1247 \text{ W}$.

2, Az áthidaló ág elemeinek meghatározásához először számítsuk ki a gerjesztőáram összetevőit:

a wattos összetevő: $I_w = I_0 \cdot \cos \varphi_0 = 1,2 \cdot 0,1 = 0,12 \text{ A}$,

a meddő összetevő: $I_m = \sqrt{I_0^2 - I_w^2} = \sqrt{1,2^2 - 0,12^2} = 1,194 \text{ A}$,

így a vasveszteséget jelképező ellenállás: $R_v = \frac{U_{1f}}{I_w} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 0,12} = 28901 \Omega$,

a főmező reaktancia pedig: $X_m = \frac{U_{1f}}{I_m} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 1,194} = 2905 \Omega$

3, A szekunder oldali feszültségesés egyenlete 5/4-es terhelésnél:

$$\Delta U = \frac{5}{4} I_{1n} (R \cdot \cos \varphi_2 + X_s \cdot \sin \varphi_2),$$

tehát még az X_s és a $\sin \varphi_t$ értékét meg kell határoznunk,

$$X_s = R \cdot \operatorname{tg} \varphi_z = 3,6 \cdot 2,43 = 8,75 \Omega \quad \text{és ha } \cos \varphi_t = 0,8 \text{ akkor } \sin \varphi = 0,6$$

azaz
$$\Delta U = \frac{5}{4} \cdot 24,05 (3,6 \cdot 0,8 - 8,75 \cdot 0,6) = -71,5 \text{ V}.$$

Ezt a feszültséget még át kell számolnunk a szekunder oldalra, az áttétel:

$$a = \frac{U_1 / \sqrt{3}}{U_2} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 1500} = 2,3,$$

és a szekunder oldali vonali feszültség:

$$U_{2v} = \frac{U_{1f} - \Delta U}{a} = \frac{3464 + 71,5}{2,3} = 1537 \text{ V},$$

tehát a szekunder feszültség a kapacitív terhelés miatt emelkedni fog.

Transzformátor 05 Példa:

A háromfázisú $Dy5$ kapcsolású transzformátor névleges teljesítménye $S_n = 250 \text{ kVA}$, feszültsége $U_1/U_2 = 21/0,4 \text{ kV}$, a menetszámok aránya $N_1/N_2 = 3364/37$.

Határozza meg:

- 1, a menetfeszültséget, valamint a maximális oszlopindukció értékét, ha az oszlopkeresztmetszet $A_o = 173 \text{ cm}^2$,
- 2, a szórási reaktanciákon eső feszültséget (U_{sn}) ha a transzformátor dropja $\varepsilon_z = 4,5\%$ és a névleges állapotban fellépő tekercsvesztesége $P_m = 4600 \text{ W}$,
- 3, a rövidzárási helyettesítő vázlatban szereplő $R = R_1 + R_2'$ és $X_s = X_{s1} + X_{s2}'$ értékét,
- 4, a feszültségváltozás nagyságát, ha $P_2 = P_{2n}$ és $\cos \varphi_t = 0,707$

Megoldás:

1, a menetfeszültségek: $U_{1M} = \frac{U_{1n}}{N_1} = \frac{21000}{3364} = 6,24 \text{ V / menet}$,

$$U_{2M} = \frac{U_{2n}}{\sqrt{3} \cdot N_2} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 37} = 6,24 \text{ V / menet}$$

az indukált feszültség: $U_1 \approx U_{i1} = 4,44 \cdot N_1 \cdot f_1 \cdot \phi$, tehát

a fluxus: $\phi \approx \frac{21000}{4,44 \cdot 3364 \cdot 50} = 0,028 \text{ V sec.}$,

az indukció: $\phi = B \cdot A_o \Rightarrow B = \frac{\phi}{A_o} = \frac{0,028}{0,0173} = 1,6 \text{ Vs / m}^2$

2, A névleges rövidzárási feszültség: $U_{zn} = \varepsilon_z \cdot U_1 = 0,045 \cdot 21000 = 945 \text{ V}$,

a transzformátor névleges áramai:

$$I_{1n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_1} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 21} = 6,88 \text{ A} \Rightarrow I_{1nf} = 3,98 \text{ A}$$

$$I_{2n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_2} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 361,3 \text{ A},$$

a rövidzárási teljesítménytényező a tekercsveszteség egyenletét felhasználva:

$$\cos \varphi_z = \frac{P_m}{\sqrt{3} \cdot U_{zn} \cdot I_{ln}} = \frac{4600}{\sqrt{3} \cdot 945 \cdot 6,88} = 0,409 \Rightarrow \sin \varphi_z = 0,913$$

a rövidzárási helyettesítő vázlat reaktanciáján eső feszültség:

$$U_{sn} = \varepsilon_z \cdot \sin \varphi_z \cdot U_1 = 0,045 \cdot 0,913 \cdot 21000 = 863 \text{ V}$$

3, a rövidzárási helyettesítő vázlatban szereplő R :

$$P_m = 3 \cdot I_{ln}^2 \cdot R \Rightarrow R = \frac{4600}{3 \cdot 3,98^2} = 96,8 \Omega,$$

a rövidzárási helyettesítő vázlatban szereplő X_s :

$$X_s = R \cdot \tan \varphi_z = R \cdot \frac{\sin \varphi_z}{\cos \varphi_z} = 96,8 \frac{0,913}{0,409} = 216 \Omega$$

4, A szekunder feszültség:

$$U_2 = U_{20} - (I_t \cdot R \cdot \cos \varphi_t + I_t \cdot X_s \cdot \sin \varphi_t) = U_{20} - \Delta U,$$

így a feszültség változás:

$$\Delta U = 6,88 \cdot 96,8 \cdot 0,707 + 6,88 \cdot 216 \cdot 0,707 = 470,8 + 1050,6 = 1521,4 \text{ V},$$

ez a feszültség primer oldalra számított, és vonali érték, tehát ha az áttétel:

$$a = 21/0,231 = 90,9, \text{ akkor a}$$

$$\Delta U_2 \cong 16,7 \text{ V. és } U_2 \cong 383,3 \text{ V}$$

Transzformátor 06 Példa:

Egy háromfázisú Dy5 kapcsolású transzformátor névleges adatai:

$$S_n = 630 \text{ kVA}, \quad U_{1n}/U_{2n} = 10,5 / 0,4 \text{ kV}, \quad \varepsilon_z = 4,5\%$$

üresjárási teljesítménye ($U=U_n$) $P_o = 1430 \text{ W}$, rövidzárási teljesítménye ($I=I_n$)

$$P_z = 8750 \text{ W}.$$

Határozza meg:

1, A névleges áramokat (I_{1n} , I_{2n}).

2, A transzformátor szórási reaktanciáját és a primer és redukált szekunder ohmos ellenállásának összegét.

3, A szekunder ohmos ellenállást, ha a primer ellenállás $R_1 = 3,83 \Omega$.

4, A transzformátor indukált feszültségét a primer és szekunder tekercselésben, valamint a szekunder kapocsfeszültséget, ha a szórási reaktancia fele-fele arányban ($X_s = X_{s1} + X'_{s2}$) oszlik el a két tekercselésben, a terhelés névleges és $\varphi_t = \varphi_z$.

Megoldás:

1, A névleges áramok.

$$I_{1n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{1n}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 34,7 \text{ A} \Rightarrow I_{1nf} = 20 \text{ A},$$

$$I_{2n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{2n}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 910,4 \text{ A}.$$

2, A szórási reaktancia számítása:

$$U_{zn} = \varepsilon_z \cdot U_{1n} = 0,045 \cdot 10500 = 472,5 \text{ V},$$

$$\cos \varphi_z = \frac{P_{zn}}{\sqrt{3} \cdot U_{zn} \cdot I_{1n}} = \frac{8750}{\sqrt{3} \cdot 472,5 \cdot 34,7} = 0,308 \Rightarrow \sin \varphi_z = 0,95,$$

$$\varphi_z = 72,1^\circ \Rightarrow \operatorname{tg} \varphi_z = 3,09,$$

a helyettesítő vázlatban szereplő ellenállás:

$$P_{zn} = 3 \cdot I_{1n}^2 \cdot R \Rightarrow R = \frac{8750}{3 \cdot 20^2} = 7,29 \Omega,$$

és a reaktancia: $X_s = R \cdot \operatorname{tg} \varphi_z = 7,29 \cdot 3,09 = 22,5 \Omega$.

3, A redukált szekunder ohmos ellenállás :

$$R'_2 = R - R_1 = 7,29 - 3,83 = 3,46 \Omega$$

a vonali (kapocs) áttétel: $a_v = \frac{U_{1n}}{U_{2n}} = \frac{10,5}{0,4} = 26,25$

a fázis (menetszám) áttétel: $a = \frac{U_{1n}}{U_{2nf}} = \frac{10,5}{0,231} = 45,4$

a szender oldali ellenállás:

$$R_2 = R_2' / a^2 = 3,46 / 45,4^2 = 1,68 \cdot 10^{-3} \Omega$$

4, A szekunder feszültség redukált értéke:

$$U_2' = U_1 - I_1(R \cdot \cos \varphi_z + X_s \cdot \sin \varphi_z) = 10500 - 20(7,29 \cdot 0,308 + 22,5 \cdot 0,95)$$

$$U_2' = 10500 - 473 = 10027 \text{ V ,}$$

a szekunder feszültség: $U_2 = U_2' / a_v = 10027 / 26,25 = 382 \text{ V ,}$

az indukált feszültség: $U_{ii} = U_1 - I_1 Z_{z1}$, tehát szükség van Z_{z1} -re,

$$Z_{z1} = \sqrt{R_1^2 + X_{s1}^2} = \sqrt{3,83^2 + 11,25^2} = 11,9 \Omega$$

tehát $U_{i1} = U_1 - I_1 Z_{z1} = 10500 - 20 \cdot 11,9 = 10500 - 238 = 10262 \text{ V}$

a szekunder oldalon az indukált feszültség:

$$U_{i2} = U_{i1} / a_v = 10262 / 26,25 = 390,9 \text{ V}$$

Transzformátor 07 Példa:

A háromfázisú Yy_0 kapcsolású transzformátor névleges teljesítménye $S_n = 4000 \text{ VA}$, feszültsége $U_{1n}/U_{2n} = 3 \times 400 / 3 \times 42 \text{ V}$.

Az üresjárási mérés eredménye: $U_{0n} = 42 \text{ V}$, $I_{0n} = 8 \text{ A}$, $P_{0n} = 145 \text{ W}$.

A rövidzárási mérés eredménye: $U_{zn} = 25,7 \text{ V}$, $I_{zn} = 5,7 \text{ A}$, $P_{zn} = 200 \text{ W}$.

A primer tekercselés fázisellenállása $R_{1f} = 0,9 \Omega$, a reaktanciák aránya $X'_{s2} = 0,8 X_{s1}$.

Határozza meg:

1, A névleges áramokat.

2, A transzformátor helyettesítő vázlatának egyes elemeit.

Megoldás:

1, A névleges primer áram: $I_{1n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{1n}} = \frac{4000}{1,73 \cdot 400} = 5,78 \text{ A},$

a névleges szekunder áram: $I_{2n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{2n}} = \frac{4000}{1,73 \cdot 42} = 55 \text{ A},$

2, Az ohmos ellenállások:

$$R_1 + R_2' = \frac{P_{zn}}{3 \cdot I_{zn}^2} = \frac{200}{3 \cdot 5,78^2} = 2 \Omega$$

$$R_2' = 2 - 0,9 = 1,1 \Omega$$

a reaktanciák meghatározásához ismernünk kell a rövidzárási meddőteljesítményt, amihez a látszólagos teljesítményt kell kiszámítanunk.

$$S_{zn} = \sqrt{3} \cdot U_{zn} \cdot I_{zn} = \sqrt{3} \cdot 25,7 \cdot 5,7 = 253,7 \text{ VA}$$

$$Q_{zn} = \sqrt{S_{zn}^2 - P_{zn}^2} = \sqrt{253,7^2 - 200^2} = \sqrt{64364 - 4000} = 156,1 \text{ VAr},$$

a reaktanciák összege: $X_{s1} + X_{s2}' = \frac{Q_{zn}}{3 \cdot I_{zn}^2} = \frac{156,1}{3 \cdot 5,78^2} = 1,56 \Omega$ és

$$X_{s1} + 0,8 \cdot X_{s1} = 1,8 \cdot X_{s1} = 1,56 \Rightarrow X_{s1} = 0,87 \Omega$$

$$\text{és } X_{s2}' = 0,8 \cdot X_{s1} = 0,8 \cdot 0,87 = 0,696 \Omega$$

a főmező reaktancia:

$$S_0 = \sqrt{3} \cdot U_0 \cdot I_0 = \sqrt{3} \cdot 42 \cdot 8 = 582 \text{ VA}$$

$$Q_0 = \sqrt{S_0^2 - P_0^2} = \sqrt{582^2 - 145^2} = \sqrt{338724 - 21025} = 563,6 \text{ VAr}$$

$$X_a = \frac{3 \cdot U_n^2}{Q_0} = \frac{3 \cdot 231^2}{563,6} = 284 \Omega$$

a vasvesztéssel arányos ellenállás:

$$R_v = \frac{3 \cdot U_n^2}{P_0} = \frac{3 \cdot 231^2}{145} = 1104 \Omega$$

Transzformátor 08 Példa:

Háromfázisú Dy kapcsolású transzformátor névleges teljesítménye $S_n = 63 \text{ kVA}$, feszültsége $U_{1n}/U_{2n} = 6/0,4 \text{ kV}$, a drop $\varepsilon_z = 4,25\%$ rövidzárási teljesítménytényező $\cos \varphi_z = 0,39$

Határozza meg:

- 1, A névleges tekercsveszteséget.
- 2, A vasvesztést P_v -t, ha a transzformátor hatásfoka a névleges terhelés $3/4$ -nél 96% , és az induktív terhelés teljesítménytényezője $\cos \varphi_l = 0,8$
- 3, Az éves hatásfokot az alábbi terheléseknél:

$$t_1 = 1000 \text{ óra} \quad \cos \varphi_{t1} = 0,9 \quad S_1 = 3/4 \cdot S_n$$

$$t_2 = 1500 \text{ óra} \quad \cos \varphi_{t2} = 0,7 \quad S_1 = 5/4 \cdot S_n$$

$$t_3 = 3000 \text{ óra} \quad \cos \varphi_{t3} = 0,8 \quad S_1 = 4/4 \cdot S_n$$

Megoldás:

1, A névleges primer áram: $I_{1n} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{1n}} = \frac{63}{1,73 \cdot 6} = 6,06 \text{ A},$

a rövidzárási névleges feszültség: $U_{zn} = \varepsilon_z \cdot U_{1n} = 0,0425 \cdot 6000 = 255 \text{ V},$

a névleges tekercsveszteség:

$$P_m = \sqrt{3} \cdot U_{zn} \cdot I_{1n} \cdot \cos \varphi_z = \sqrt{3} \cdot 255 \cdot 6,06 \cdot 0,39 = 1043 \text{ W}$$

2, A felvett teljesítmény az adott pontban:

$$P_1 = \frac{3/4 \cdot S_n \cdot \cos \varphi_l}{\eta_{3/4}} = \frac{0,75 \cdot 63 \cdot 0,8}{0,96} = 39,375 \text{ kW}$$

a tekercsveszteség az adott pontban:

$$P_{i3/4} = (3/4)^2 \cdot P_m = 0,5625 \cdot 1043 = 586 \text{ W}$$

a transzformátor hatásfokára írható, hogy

$$\eta = \frac{P_1 - (P_t + P_v)}{P_1}$$

innen kifejezve $P_v = (1 - \eta) \cdot P_1 - P_t$

behelyettesítve az adott pontot:

$$P_v = (1 - 0,96) \cdot 39375 - 586 = 989 \text{ W}$$

3, A három megadott terhelési állapotokra kiszámíthatjuk a végzett villamos munkákat:

$$W_1 = 3/4 \cdot S_n \cdot \cos \varphi_1 \cdot t_1 = 0,75 \cdot 63 \cdot 0,9 \cdot 1000 = 42525 \text{ kWh}$$

$$W_2 = 5/4 \cdot S_n \cdot \cos \varphi_2 \cdot t_2 = 1,25 \cdot 63 \cdot 0,7 \cdot 1500 = 82678 \text{ kWh}$$

$$W_3 = S_n \cdot \cos \varphi_3 \cdot t_3 = 63 \cdot 0,8 \cdot 3000 = 151200 \text{ kWh}$$

az adott időszakokon a tekercseken keletkezett hővé alakuló energia:

$$W_{t1} = 0,75^2 \cdot P_m \cdot t_1 = 0,75^2 \cdot 1043 \cdot 1000 = 586,7 \text{ kWh}$$

$$W_{t2} = 1,25^2 \cdot P_m \cdot t_2 = 1,25^2 \cdot 1043 \cdot 1500 = 2444,5 \text{ kWh}$$

$$W_{t3} = P_m \cdot t_3 = 1043 \cdot 3000 = 3129 \text{ kWh}$$

a hatásfok:

$$\eta = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{W_1 + W_2 + W_3 + W_{t1} + W_{t2} + W_{t3} + 8760 \cdot P_v}$$

ahol a vasvesztést az egész évre figyelembe vesszük, így:

$$\eta = \frac{42,525 + 82,678 + 151,200}{42,525 + 82,678 + 151,200 + 586,7 + 2444,5 + 3129 + 8760 \cdot 0,989}$$

$$\eta = \frac{276403}{276403 + 6160,2 + 8663,6} = 0,949 \Rightarrow \eta = 94,9\%$$

Transzformátor 09 Példa:

Egyfázisú transzformátor adatai az alábbiak:

- névleges teljesítmény: $S_n = 10 \text{ kVA}$,
- feszültsége $U_{1n}/U_{2n} = 1000/230 \text{ V}$,
- a drop meddő komponense: $\varepsilon_s = 4,8\%$,
- a rövidzárási teljesítménytényező: $\cos \varphi_z = 0,6$
- a vasvesztés: $P_v = 100 \text{ W}$,
- az üresjárási meddő teljesítmény: $Q_0 = 1000 \text{ Var}$

Határozza meg:

1, A névleges áramokat.

2, A helyettesítő vázlat elemeit.

3, A szekunder oldal elemeinek valóságos értékeit, ha $R_1 = R_2'$ és $X_{s1} = X_{s2}'$.

Megoldás:

1, A primer áram:
$$I_{1n} = \frac{S_n}{U_{1n}} = \frac{10 \cdot 10^3}{10^3} = 10 \text{ A},$$

a szekunder áram:
$$I_{2n} = \frac{S_n}{U_{2n}} = \frac{10 \cdot 10^3}{230} = 43,5 \text{ A}$$

2, A drop meddő komponense:
$$\varepsilon_s = \frac{U_{sn}}{U_n} \cdot 100 \Rightarrow U_{sn} = \frac{4,8 \cdot 1000}{100} = 48 \text{ V}$$

a teljes reaktancia:
$$X_s = \frac{U_{sn}}{I_{1n}} = \frac{48}{10} = 4,8 \Omega$$

a szórási reaktanciák:
$$X_{s1} = 2,4 \Omega \quad X_2' = 2,4 \Omega$$

a drop:
$$\varepsilon_s = \varepsilon_z \cdot \sin \varphi_z \Rightarrow \text{de } \cos \varphi_z = 0,6 \Rightarrow \sin \varphi_z = 0,8 \text{ így}$$

$$\varepsilon_z = \frac{\varepsilon_s}{\sin \varphi_z} = \frac{4,8}{0,8} = 6\% \text{ és}$$

$$\varepsilon_R = \varepsilon_z \cdot \cos \varphi_z = 6 \cdot 0,6 = 3,6\%$$

$$\varepsilon_R = \frac{U_{Rn}}{U_n} \cdot 100 \Rightarrow U_{Rn} = \frac{3,6 \cdot 1000}{100} = 36 \text{ V}$$

$$\text{és } R = \frac{U_{Rn}}{I_{1n}} = \frac{36}{10} = 3,6 \Omega \quad \text{így} \quad R_1 = 1,8 \Omega \quad R_2' = 1,8 \Omega$$

a helyettesítő vázlat áthidaló ágának elemei:

$$R_v = \frac{U_{1n}^2}{P_v} = \frac{10^6}{100} = 10 \text{ k}\Omega \quad \text{és} \quad X_m = \frac{U_{1n}^2}{Q_0} = \frac{10^6}{1000} = 1 \text{ k}\Omega$$

3, A szekunder oldal elemeinek valóságos értékei:

$$\text{az áttétel: } a = \frac{U_{1n}}{U_{2n}} = \frac{1000}{230} = 4,35$$

$$X_{s2} = \frac{X_{s2}'}{a^2} = \frac{2,4}{4,35^2} = 0,127 \Omega \quad R_2 = \frac{R_2'}{a^2} = \frac{1,8}{4,35^2} = 0,095 \Omega$$

Transzformátor 10 Példa:

Háromfázisú Dy kapcsolású transzformátor adatai az alábbiak:

- névleges teljesítménye $S_n = 750 \text{ kVA}$
- névleges feszültsége $U_{1n}/U_{2n} = 10,5/0,4 \text{ kV}$,
- a vasmag keresztmetszete $A_{vas} = 300 \text{ cm}^2$
- a vasmag oszlopában az indukció csúcserőve $B = 1,5 \text{ Vs/m}^2$
- a primer tekercs áramsűrűsége: $S_1 = 2,7 \text{ A/mm}^2$
- a szekunder tekercs áramsűrűsége: $S_2 = 3 \text{ A/mm}^2$

Határozza meg:

1, a menetszámokat,

2, az áttételeket (menetszám, feszültség, áram),

3, a vezetők keresztmetszetét (A_1 ; A_2).

Megoldás:

$$1, \text{ A menetfeszültség: } U_{menet} = 4,44 \cdot f \cdot \phi = 4,44 \cdot f \cdot B_{max} \cdot A_{vas}$$

$$U_{menet} = 4,44 \cdot 50 \cdot 1,5 \cdot 300 \cdot 10^{-4} = 9,99 \cong 10 \text{ V}$$

$$\text{a menetszámok: } N_1 = \frac{U_{1f}}{U_{menet}} = \frac{10500}{10} = 1050 \text{ menet}$$

$$N_2 = \frac{U_{2f}}{U_{menet}} = \frac{400/\sqrt{3}}{10} = 23,1 \cong 23 \text{ menet}$$

2, A menetszám áttétel:

$$a_{menet} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{10500}{23} = 45,6$$

a feszültség áttétel:

$$a_U = \frac{U_{1f}}{U_{2f}} = \frac{1050}{400/\sqrt{3}} = 45,5$$

az áramok meghatározása:

$$S_n = \sqrt{3} \cdot U_{1n} \cdot I_{1n} = \sqrt{3} \cdot U_{2n} \cdot I_{2n}$$

$$I_{1v} = \frac{U_{1f}}{U_{2f}} = \frac{750}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 41,1 \text{ A} \Rightarrow I_{1f} = \frac{I_{1v}}{\sqrt{3}} = \frac{41,1}{\sqrt{3}} = 23,8 \text{ A}$$

$$I_{2v} = I_{2f} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{2v}} = \frac{750}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1080 \text{ A}$$

az áram áttétel:

$$a_I = \frac{I_{1f}}{I_{2f}} = \frac{23,8}{1080} = 0,022$$

3, A vezető keresztmetszetek:

$$A_1 = \frac{I_{1f}}{S_1} = \frac{23,8}{2,7} = 8,81 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \frac{I_{2f}}{S_2} = \frac{1080}{3} = 360 \text{ mm}^2$$

Transzformátor 11 Példa:

Egy transzformátor százalékos rövidzárási feszültsége, dropja $\varepsilon_z = 4,5 \%$

rövidzárási teljesítmény tényezője: $\cos \varphi_z = 0,45$

Mekkora a százalékos feszültségváltozás, ha az áram a névlegessel egyenlő és a fogyasztók teljesítmény tényezője:

a, $\cos \varphi_t = 0,7$ induktív

b, $\cos \varphi_t = 0,7$ kapacitív

Megoldás:

A százalékos feszültségváltozás:

$$\varepsilon_{2n} = \varepsilon_z \cos(\varphi_z - \varphi_t)$$

az adott teljesítmény tényezőkhöz tartozó szögek:

$$\cos \varphi_z = 0,45 \Rightarrow \varphi_z = 63^\circ$$

$$\cos \varphi_t = 0,7 \quad \text{induktív} \Rightarrow \varphi_{t1} = 45,5^\circ$$

$$\cos \varphi_t = 0,7 \quad \text{kapacitív} \Rightarrow \varphi_{t2} = -45,5^\circ$$

induktív terhelésnél:

$$\varepsilon_{2n} = 4,5 \cdot \cos(63^\circ - 45,5^\circ) = 4,5 \cdot \cos 17,5 = 4,5 \cdot 0,954 \cong 4,3 \%$$

induktív terhelésnél:

$$\varepsilon_{2n} = 4,5 \cdot \cos(63^\circ + 45,5^\circ) = 4,5 \cdot \cos 108,5 = -4,5 \cdot \cos 71,5^\circ = -4,5 \cdot 0,317 \cong -1,45 \%$$

VILLAMOS GÉPEK PRAKTIKUM

2. ASZINKRON GÉPEK EGYENLETEI:

Az indukált feszültség: $u_i = N \frac{d\Phi}{dt} \Rightarrow U_i = 4,44 \cdot f \cdot N \cdot \phi_{\max} \cdot \xi$, ahol ξ az állórész illetve a forgórész tekercselési tényezője,

az áttétel:
$$a = \frac{U_{i1}}{U_{i2}} = \frac{N_1 \cdot \xi_1}{N_2 \cdot \xi_2},$$

a szinkron fordulatszám: $n_0 = \frac{f_1}{p}$, ahol p a póluspárok száma,

a szlip: $s = \frac{n_0 - n}{n_0}$, azaz a forgórész fordulatszáma $n = n_0 \cdot (1 - s) = \frac{f_1}{p} (1 - s)$,

a forgórész kör frekvencia: $f_2 = s \cdot f_1$,

a helyettesítő vázlatban szereplő, a tengelyterhelést szimbolizáló fiktív ellenállás: $R'_l = R'_2 \frac{(1-s)}{s}$, a

légrésteljesítmény: $P_\delta = 2 \cdot \pi \cdot n_0 \cdot M = m_1 \cdot (I'_2)^2 \frac{R'_2}{s}$, ahol m_1 az állórész fázisszáma, és ebből adódik,

hogyan a gép nyomatéka:
$$M = \frac{m_1}{2 \cdot \pi \cdot n_0} \cdot (I'_2)^2 \frac{R'_2}{s},$$

az egyszerűsített helyettesítő vázlat alapján a nyomaték:

$$M = \frac{m_1}{2 \cdot \pi \cdot n_0} \cdot \frac{U_1^2}{\left(R_1 + \frac{R'_2}{s}\right)^2 + X_s^2} \cdot \frac{R'_2}{s},$$

ahol az állórész és a forgórész redukált szórásreaktanciájának az összege: $X_s = X_{s1} + X_{s2}'$,

a billenőnyomaték egyszerűsített értéke:

$$M_B = \frac{m_1}{2 \cdot \pi \cdot n_0} \cdot \frac{U_1^2}{2 \cdot X_s^2},$$

a billenő nyomatékhoz tartozó billenő szlip: $s_B = \pm \frac{R'_2}{\sqrt{R_1^2 + X_s^2}} \approx \frac{R'_2}{X_s}$,

a nyomaték és a billenő nyomaték hányadosa (Kloss képlet): $\frac{M}{M_B} = \frac{2}{\frac{s_B}{s} + \frac{s}{s_B}}$,

a mechanikai teljesítmény: $P_m = P_\delta \cdot (1 - s)$,

ha forgórészből nem veszünk ki teljesítményt $P_k = 0$ és a súrlódási veszteség közel zérus $P_{s+v} \approx 0$, akkor a forgórész hatásfoka:

$$\eta_2 = \frac{P_m}{P_\delta} = 1 - s,$$

ha a forgórész vasvesztéségtől is eltekintünk, akkor a forgórész tekecsvesztése:

$$P_{t2} = s \cdot P_{\delta},$$

az üresjárási áram jó közelítéssel számítható: $I_0 \approx \frac{U_1}{X_{s1} + X_m}$, ahol X_m a főmező reaktancia,

az üresjárási teljesítménytényező: $\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_0},$

a rövidzárási áram: $I_z = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R_2')^2 + (X_{s1} + X_{s2}')^2}} = \frac{U_1}{Z_z}$

a rövidzárási teljesítménytényező: $\cos \varphi_z = \frac{P_z}{\sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_z}.$

A csillag –delta indításnál: $I_{zY} = \frac{I_{z\Delta}}{3}$ és $M_{iY} = \frac{M_{i\Delta}}{3},$

csúszógyűrűs motor forgórész körüli ellenállásokkal történő indításánál az első fokozat értéke: $R_{r1} = \frac{R_2}{s_{\max}}$

a mértani sor egyenlete $R_2 = q^m \cdot R_{r1}$, és $q = \sqrt[m]{s_{\max}},$ ahol m a fokozatok száma.

Aszinkron gépek 01 példa:

Egy háromfázisú, csúszógyűrűs aszinkron motor kapocstábla adatai a következők:

$$U_n = 400 \text{ V} \quad f = 50 \text{ Hz} \quad 2p = 4 \quad P = 20 \text{ kW} \quad P_{s+v} = 650 \text{ W}$$

$$\eta = 80 \% \quad \cos \varphi = 0,78 \quad n_n = 1440 \text{ 1/min.} \quad U_{i20} = 215 \text{ V}$$

ahol U_{i20} a nyitott csúszógyűrűknél fellépő vonali feszültség.

Határozza meg:

- 1, A névleges áramot (I_n) és a nyomatékot (M_n).
- 2, A forgórész frekvenciáját.
- 3, A légrésteljesítményt és az állórész összes veszteségét (P_{δ}, P_{w1}) a névleges munkapontban.
- 4, A névleges fordulaton fellépő forgórész feszültséget (U_{i2})

Megoldás:

$$1, \quad \text{A felvett teljesítmény:} \quad P_1 = P_n / \eta = 20 / 0,8 = 25 \text{ kW}$$

$$\text{a névleges áram:} \quad I_n = P_1 / (\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi) = 25000 / (\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,78) = 46,3 \text{ A}$$

$$\text{a motor szögsebessége:} \quad \omega = 2 \cdot \pi \cdot n / 60 = n / 9,55 = 1440 / 9,55 = 150,8 \text{ 1/sec.}$$

$$\text{a névleges nyomaték:} \quad M_n = P_n / \omega_n = 20000 / 150,8 = 132 \text{ Nm.}$$

2, A szinkron fordulatszám:

$$n_0 = 60 \cdot f / p = 3000 / 2 = 1500 \text{ 1/min.} = 25 \text{ 1/sec.}$$

a névleges szlip: $s_n = 1 - n/n_0 = 1 - 1440/1500 = 0,04$ azaz 4%

a forgórész frekvenciája: $f_2 = s \cdot f_1 = 0,04 \cdot 50 = 2 \text{ Hz}$

3, a mechanikai teljesítmény:

$$P_m = P_n + P_{s+v} = 20000 + 650 = 20650 \text{ W}$$

a légrés teljesítmény:

$$P_\delta = P_m / (1 - s) = 20650 / (1 - 0,04) = 21510 \text{ W}$$

az állórész veszteség: $P_{w1} = P_1 - P_\delta = 25000 - 21510 = 3490 \text{ W}$

4, a forgórész feszültsége: $U_{i2n} = s_n \cdot U_{i20} = 0,04 \cdot 215 = 8,6 \text{ V}$ ez vonali érték, a forgórész tekercselésének indukált fázis feszültsége:

$$U_{i2nf} = 8,6 / \sqrt{3} = 4,97 \text{ V}$$

Aszinkron gépek 02 példa:

Egy háromfázisú, csúszógyűrűs aszinkron motor kapocstábla adatai a következők:

$$U_n = 400 \text{ V(Y)}, \quad f = 50 \text{ Hz} \quad 2p = 4$$

$$\text{Rövidzárási mérés adatai: } U_z = 83 \text{ V} \quad I_z = 5,1 \text{ A} \quad P_z = 260 \text{ W}$$

$$\text{Üresjárási mérésből: } I_0 = 1,4 \text{ A} \quad P_0 = 96 \text{ W}$$

Határozza meg:

- 1, Az üresjárási teljesítménytényezőt ($\cos \varphi_0$):
- 2, Számítsa ki névleges feszültségen a rövidzárási áramot és teljesítménytényezőt:
- 3, Számítsa ki az áthidaló ág elemeit (R_v és X_m):
- 4, Számítsa ki a motor összes ellenállását és szórási reaktanciáját (R és X_s):

Megoldás:

1, Az üresjárási teljesítménytényező:

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3} \cdot U_0 \cdot I_0} = \frac{96}{1,73 \cdot 400 \cdot 1,4} = 0,1$$

- 2, Az rövidzárási teljesítménytényező:

$$\cos \varphi_z = \frac{P_z}{\sqrt{3} \cdot U_z \cdot I_z} = \frac{260}{1,73 \cdot 83 \cdot 5,1} = 0,355$$

a rövidzárási névleges áram: $I_{zn} = \frac{U_n}{U_z} \cdot I_z = \frac{400}{83} \cdot 5,1 = 24,58 \text{ A}$

- 3, A vasvesztéssel arányos ellenállás:

$$R_v = \frac{U_f}{I_0 \cdot \cos \varphi_0} = \frac{230}{1,4 \cdot 0,1} = 1643 \Omega$$

a főmező reaktancia:

$$X_m = \frac{U_f}{I_0 \cdot \sin \varphi_0} = \frac{230}{1,4 \cdot 0,935} = 165 \Omega$$

- 4, A motor rövidzárási impedanciája:

$$Z_z = \frac{U_f}{I_{zn}} = \frac{230}{24,58} = 9,36 \Omega$$

a motor egyszerűsített helyettesítő vázlatának ellenállása:

$$R = Z_z \cdot \cos \varphi_z = 9,58 \cdot 0,355 = 3,4 \Omega$$

a motor egyszerűsített helyettesítő vázlatának reaktanciája:

$$X_s = Z_z \cdot \sin \varphi_z = 9,58 \cdot 0,935 = 8,98 \Omega$$

Aszinkron gépek 03 példa:

Egy háromfázisú, Y kapcsolású kalickás aszinkron motor helyettesítő vázlatának elemei az alábbiak:

$$R_1 = R_2' = 0,5 \Omega \quad X_{s1} = X_{s2}' = 1,5 \Omega \quad \text{a névleges szlip: } s_n = 2,5 \%$$

A 400 V feszültségű hálózaton csak a motor névleges áramának másfélszerese van megengedve, ezért az indítási áramlökést korlátozni kell.

Határozza meg:

1, Milyen áttételű transzformátort illetve mekkora fázisonkénti előtét ellenállást kell beiktatni, hogy a hálózati áram indításkor ne lépje túl a megengedett áramlökést.

2, Milyen arányban csökken az indító nyomaték az előző két esetben a közvetlen indításhoz képest.

Megoldás:

1, A motor névleges árama: $I_{ln} = \frac{U_{1f}}{\sqrt{(R_1 + R_2' / s_n)^2 + X_s^2}} = \frac{231}{\sqrt{20,5^2 + 3^2}} = 11,1 \text{ A}$

a rövidzárási impedancia:

$$Z_z = \sqrt{(R_1 + R_2')^2 + X_s^2} = \sqrt{1 + 9} = \sqrt{10} = 3,16 \Omega$$

az indítási áram: $I_{li} = \frac{U_{1f}}{\sqrt{(R_1 + R_2')^2 + X_s^2}} = \frac{231}{\sqrt{1 + 9}} = 73 \text{ A}$

a megengedett áram: $I_{meg} = 1,5 \cdot 11,1 = 16,65 \text{ A}$

z indításkor fellépő feszültség: $U_{ind} = I_{meg} \cdot Z_z = 16,65 \cdot 3,16 = 52,6 \text{ V}$

a szükséges előtét ellenállás:

$$U_{1f} = 1,5 \cdot I_{ln} \sqrt{(R_e + R_1 + R_2')^2 + X_s^2}$$

$$R_e = \sqrt{\left(\frac{U_{1f}}{1,5 \cdot I_{ln}}\right)^2 - X_s^2} - R = \sqrt{192,4 - 9} - 1 = 12,5 \Omega$$

2, Transzformátort alkalmazva az indító nyomaték:

az áttétel $a = \frac{U_{1f}}{U_{ind}} = \frac{231}{52,6} = 4,39$

$$M_{iT} = \frac{M_i}{a^2} = \frac{M_i}{4,39^2} = 0,0518 \cdot M_i =$$

előtét ellenállással indítva az első pillanatban a motorra jutó a feszültség:

$$U_{Re} = U_1 \cdot \frac{Z_z}{Z_i} = 231 \cdot \frac{12,5}{12,5 + 3,16} = 52,66 \text{ V}$$

az indító nyomaték ebben az esetben:

$$M_{iRe} = \left(\frac{U_{ind}}{U_{1f}}\right)^2 M_i = \left(\frac{52,6}{231}\right)^2 M_i = 0,0518 \cdot M_i$$

Aszinkron gépek 04 példa:

Egy aszinkron motor kapocstábla adatai a következők:

VCH65D4S típus. $U_n = 400/231 \text{ V}$ $f = 50 \text{ Hz}$ $P = 3,6 \text{ kW}$ $n_n = 1410 \text{ 1/min.}$

Határozza meg:

- 1, Mekkora tömegű súlyt kell a mérleggép karjára helyezni, ha a gépet névleges teljesítménnyel kívánjuk terhelni (a mérlegkar 0,355 m, a legkisebb rendelkezésre álló súly 0,5 kg-os)
- 2, A motor háromfokozatú indító ellenállásainak az értékét, ha M_n névleges nyomatékkal kívánunk indítani ($R_2 = 2,48 \Omega$).
- 3, Rajzoljon fel egy aszinkron motor terhelési méréséhez használható kapcsolást! /A terhelőgép mérlegdinamó, a kapcsolatban szerepeljenek a gép kapocsjelei, a szükséges műszerek és segédberendezés).

Megoldás:

$$1, M_n = \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{P_n}{2\pi \cdot \frac{n_n}{60}} = \frac{60 \cdot P_n}{2\pi \cdot n_n} = \frac{60 \cdot 3600}{2\pi \cdot 1410} = 24,4 \text{ Nm}$$

$$k = 0,355 \text{ m}$$

$$m = \frac{M_n}{g \cdot k} = \frac{24,4}{9,81 \cdot 0,355} = 7 \text{ kg}$$

2. M_n -nel kívánunk indítani

$$n_{\max} = n_n = 1410 \frac{1}{\text{min}}$$

$$s_{\max} = \frac{n_0 - n_n}{n_0} = \frac{1500 - 1410}{1500} = 0,06$$

fokozatok száma $m=3$, a forgórész tekercselésének fázis ellenállása $R_2 = 2,48 \Omega$

$$q = \sqrt[3]{s_{\max}} = \sqrt[3]{0,06} = 0,3915$$

$$R_{r1} = \frac{R_2}{s_{\max}} = \frac{2,48}{0,06} = 41,33 \Omega$$

$$R_{i1} = \frac{R_2}{s_{\max}} - R_2 = \frac{2,48}{0,06} - 2,48 = 38,85\Omega \quad \text{vagy} \quad R_{i1} = \frac{R_2}{q^3} - R_2 = \frac{2,48}{0,3915^3} - 2,48 = 38,85\Omega$$

$$R_{i2} = q \cdot R_{r1} - R_2 = 0,3915 \cdot 41,33 - 2,48 = 13,7\Omega \quad \text{vagy}$$

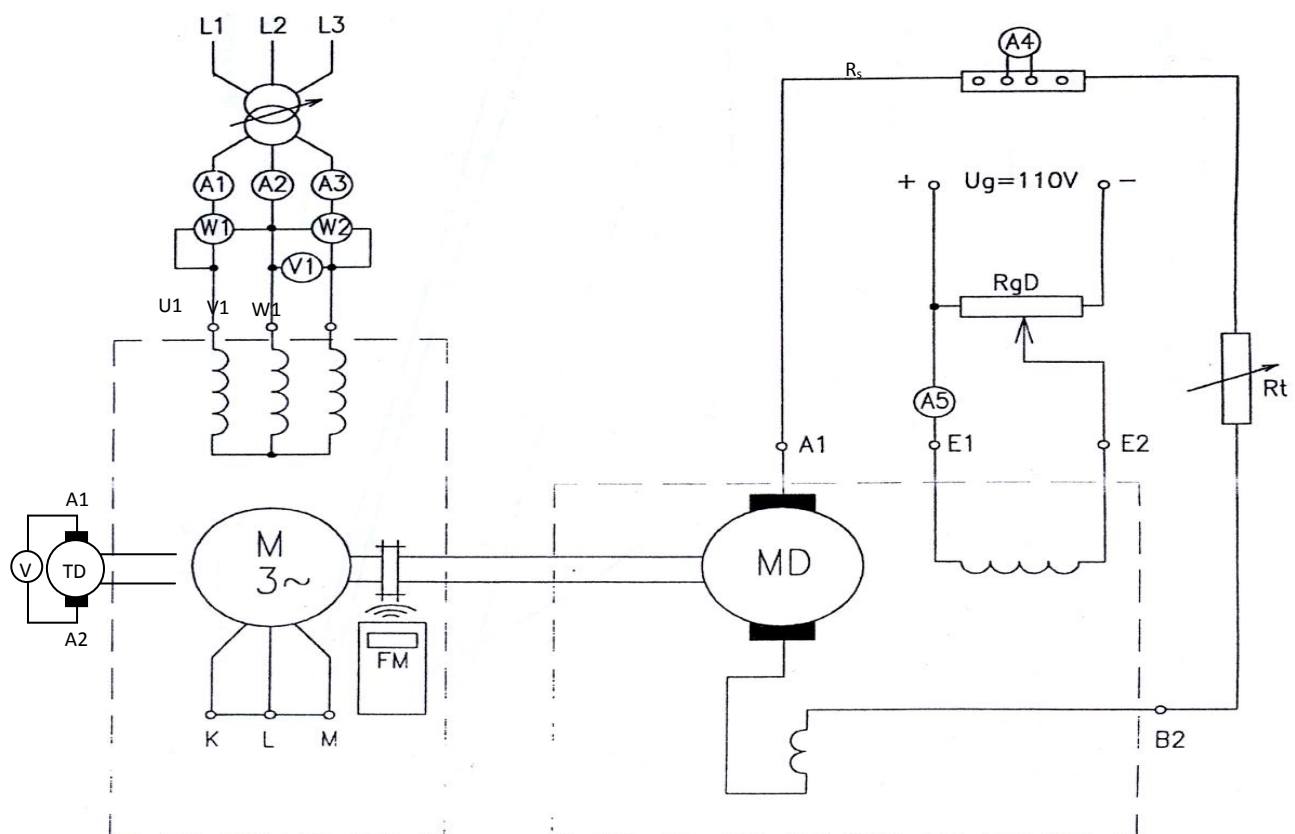
$$R_{i2} = \frac{R_2}{q^2} - R_2 = \frac{2,48}{0,3915^2} - 2,48 = 13,7\Omega$$

$$R_{r2} = \frac{R_2}{q^2} = \frac{2,48}{0,3915^2} = 16,18\Omega$$

$$R_{i3} = q \cdot R_{r2} - R_2 = 0,3915 \cdot 16,18 - 2,48 = 3,85\Omega \quad \text{vagy}$$

$$R_{i3} = \frac{R_2}{q} - R_2 = \frac{2,48}{0,3915} - 2,48 = 3,85\Omega$$

3,



Aszinkron gépek 05 példa:

Egy négyfázisú csúszógyűrűs aszinkron motor kapocstábla adatai a következők:

$$U_n = 400/231 \text{ V} \quad f = 50 \text{ Hz} \quad P_n = 5,5 \text{ kW} \quad n_n = 1440 \text{ 1/min.}$$

$$I_1 = 16 \text{ A} \quad I_{2n} = 32 \text{ A} \quad U_{20} = 115 \text{ V (Y)}$$

Határozza meg:

Mekkora ellenállást kell a forgórész körbe beiktatni, hogy $M = M_n$ -nél $n_1 = 1000$ 1/min fordulatszámot tudjunk beállítani.

Megoldás:

a névleges nyomaték: $M_n = \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{5500}{1440} \cdot 9,55 = 36,5 \text{ Nm}$

a névleges szlip: $s_n = \frac{n_0 - n_n}{n_0} = \frac{1500 - 1440}{1500} = 0,04$

a forgórész körbe fázis ellenállás: $R_2 = s_n \frac{U_{20}}{\sqrt{3} \cdot I_{2n}} = 0,04 \frac{115}{\sqrt{3} \cdot 32} = 0,083 \Omega$

1000 1/min- nél a szlip: $s_1 = \frac{n_0 - n_1}{n_0} = \frac{1500 - 1000}{1500} = 0,33$

állandó nyomaték mellett: $\frac{R_2}{s_n} = \frac{R_2 + R_k}{s_1} \Rightarrow R_k = R_2 \left(\frac{s_1}{s_n} - 1 \right)$

tehát

$$R_k = 0,083 \left(\frac{0,33}{0,04} - 1 \right) = 0,60 \Omega$$

Aszinkron gépek 06 példa:

Egy háromfázisú csúszógyűrűs aszinkron motor névleges feszültsége $U_n = 400 \text{ V (Y)}$, frekvenciája $f = 50 \text{ Hz}$, $2p = 4$.

A rövidzárási mérés adatai:

$$U_{zn} = 92 \text{ V} \qquad I_{zn} = 14 \text{ A} \qquad \cos \varphi_z = 0,42$$

Az áttétel $a = 2,11$

A forgórész tekercselés fázisellenállása $R_2 = 0,14 \Omega$

Határozza meg:

- 1, A motor összes ellenállását és szórási reaktanciáját.
- 2, Az indítónyomatékot közvetlen indításnál (M_{il})

3, Az indítónyomatékot (M_{i2}), ha a forgórész körüli indító ellenállás $R_i=R_2$.

Megoldás:

1, A rövidzárási impedancia

$$Z_z = \frac{U_{zn}}{\sqrt{3} \cdot I_{zn}} = \frac{92}{\sqrt{3} \cdot 14} = 3,79 \, \Omega$$

az ohmikus rész: $R = Z_z \cdot \cos \varphi_z = 3,79 \cdot 0,42 = 1,593 \, \Omega$

a reaktancia: $X_s = Z_z \cdot \sin \varphi_z = 3,79 \cdot 0,907 = 3,43 \, \Omega$

2, Az indítási áram közvetlen indításnál:

$$I_i = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_z} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 3,79} = 61 \, A$$

a forgórész tekercselés redukált fázisellenállása:

$$R_2' = a^2 \cdot R_2 = 2,11^2 \cdot 0,14 = 0,623 \, \Omega$$

a légrés teljesítmény:

$$P_{\delta} = 3 \cdot I_i^2 \cdot R_2' = 3 \cdot 61^2 \cdot 0,623 = 6955 \, W$$

a szinkron fordulatszám: $\omega_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_0}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1500}{60} = 157 \, r/sec$

közvetlen indításnál az indító nyomaték:

$$M_i = \frac{P_{\delta 1}}{\omega_0} = \frac{6955}{157} = 44,3 \, Nm$$

3, Az indításkori ellenállás: $R_{ind} = R + R_2' = 1,593 + 0,623 = 2,216 \, \Omega$

indításkor az impedancia: $Z_{zind} = \sqrt{R_{ind}^2 + X_s^2} = \sqrt{2,216^2 + 3,43^2} = 4,08 \, \Omega$

indításkor az áram: $I_{i1} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{z1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 4,08} = 56,7 \, A$

indításkor az nyomaték:

$$M_i = \frac{3 \cdot I_{i1}^2 \cdot 2 \cdot R_2'}{\omega_0} = \frac{3 \cdot 56,7^2 \cdot 2 \cdot 0,623}{157} = 76,5 \, Nm$$

Aszinkron gépek 07 példa:

Egy háromfázisú, csúszógyűrűs aszinkron motor kapocstábla adatai a következők:

$$U_n = 400/231 \text{ V} \quad I_n = 1,8/3,2 \text{ A} \quad f = 50 \text{ Hz} \quad 2p = 4$$

$$P_n = 750 \text{ W} \quad n_n = 1380 \text{ 1/min} \quad \eta = 80 \% \quad \text{IP44}$$

Határozza meg:

- 1, Mekkora tömegű súlyt kell a terhelő mérleggép mérlegkarjának serpenyőjébe tenni, ha a gépet névleges nyomatékkal akarjuk terhelni (M_n), és az erő karja $k = 0,2 \text{ m}$.
- 2, A motor névleges üzemi teljesítménytényezőjét $\cos \varphi_n$.

Megoldás:

- 1, A motor névleges nyomatéka:

$$P_n = M_n \cdot \omega_n = \frac{M_n \cdot n_n}{60/2 \cdot \pi} = \frac{M_n \cdot n_n}{9,55} \Rightarrow M_n = 9,55 \frac{P_n}{n_n} = 9,55 \frac{750}{1380} = 5,19 \text{ Nm}$$

a mérlegkarnál a nyomaték:

$$M_n = m \cdot g \cdot k \Rightarrow m = \frac{M_n}{g \cdot k} = \frac{5,19}{9,81 \cdot 0,2} = 2,65 \text{ kg}$$

- 2, A motor felvett teljesítménye:

$$P_1 = P_n / \eta = 750 / 0,8 = 937,5 \text{ W}$$

$$\text{és } P_1 = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n \cdot \cos \varphi_n \Rightarrow \cos \varphi_n = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n} = \frac{937,5}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1,8} = 0,753$$

Aszinkron gépek 08 példa:

Egy háromfázisú, csúszógyűrűs aszinkron motor forgórész körű adatai a következők:

$$U_{20} = 3 \times 500 \text{ V (Y)} \quad I_{2n} = 25 \text{ A} \quad n_n = 1440 \text{ 1/min} \quad 2p = 4 \quad f = 50 \text{ Hz}$$

Határozza meg:

- 1, A gép forgórész tekercselésének ellenállását.

- 2, Az $m=3$ fokozatú indító ellenállás értékeit ha a billenő nyomatékkal akarunk indítani $M_i=M_b$, és $s_{\max} = s_b=0,3$.
- 3, Rajzolja fel indítás kapcsolását.

Megoldás:

- 1, A tekercselésének ellenállása:

$$\text{a szlip: } s_n = \frac{n_0}{n_0 - n} = \frac{1500 - 1440}{1500} = 0,04$$

$$R_2 = s_n \frac{U_{2n}}{\sqrt{3} \cdot I_{2n}} = 0,04 \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 25} = 0,462 \, \Omega$$

- 2, A mértani sor egyenlete:

$$q = \sqrt[m]{\frac{R_2}{R_{r1}}} = \sqrt[m]{s_{\max}} = \sqrt[3]{0,3} = 0,67$$

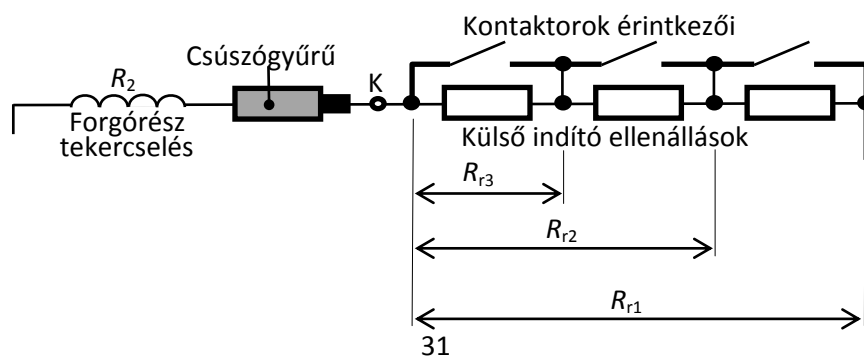
$$\text{az első fokozat: } R_{r1} = \frac{R_2}{s_{\max}} = \frac{0,462}{0,3} = 1,54 \, \Omega$$

$$\text{a második fokozat: } R_{r2} = q \cdot R_{r1} = 0,67 \cdot 1,54 = 1,03 \, \Omega$$

$$\text{a harmadik fokozat: } R_{r3} = q \cdot R_{r2} = 0,67 \cdot 1,03 = 0,69 \, \Omega$$

$$\text{ellenőrzés: } R_{r4} = q^3 \cdot R_{r1} = 0,67^3 \cdot 1,54 = 0,463 \, \Omega = R_2$$

- 3, Rajz



Aszinkron gépek 09 példa:

Egy munkagépet háromfázisú, csúszógyűrűs forgórészű aszinkron motorral hajtunk. A motor adatai a következők:

$$U_{1n} = 6 \text{ kV} \text{ kapcsolás Y/Y} \quad I_{1n} = 111 \text{ A} \quad f = 50 \text{ Hz}$$

$$U_{20} = 550 \text{ V} \quad P_n = 950 \text{ kW} \quad n_n = 1470 \text{ 1/min}$$

$$\text{a rotor ellenállás: } R_{K-L} = 0,028 \Omega, R_{K-M} = 0,028 \Omega, R_{L-M} = 0,028 \Omega$$

Határozza meg:

Mekkora indító ellenállást kell a rotorkörbe kapcsolni fázisonként, ha a hajtást a motor névleges nyomatékával azonos nagyságú nyomatékkal akarjuk indítani.

Megoldás:

$$\text{A motor névleges nyomatéka: } M_n = 9,55 \frac{P_n}{n_n} = 9,55 \frac{950 \cdot 10^3}{1470} = 6172 \text{ Nm}$$

$$\text{a szinkron fordulatszám: } n_0 = 1500 \text{ 1/min} = 25 \text{ 1/sec}$$

$$\text{az indító nyomaték: } M_i = \frac{m_1}{2 \cdot \pi \cdot n_0} \cdot (I_2'')^2 \cdot R_2',$$

$$\text{jelenleg: } M_i = M_n \text{ és } I_{1z} = I_2' = I_{1n} \text{ és } R_2' + R_k' \text{ ellenállás van}$$

$$\text{tehát } R_2' + R_k' = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_0}{m_1 \cdot (I_2'')^2} \cdot M_i = \frac{6,28 \cdot 25}{3 \cdot 111^2} 6172 = 26,2 \Omega$$

$$\text{az áttétel: } a = \frac{6000}{550} = 10,9 \Rightarrow a^2 = 119$$

$$R_2' = a^2 \cdot R_2 = 119 \cdot 0,014 = 1,66 \Omega$$

$$R_k' = 26,2 - R_2' = 26,2 - 1,66 = 24,54 \Omega$$

$$R_k = \frac{R'_k}{a^2} = \frac{24,54}{119} = 0,2 \, \Omega$$

Aszinkron gépek 10 példa:

Egyfázisú, kondenzátoros kalickás forgórészű aszinkron motor adatai a következők:

$$U_{ln} = 231 \, V \qquad f = 50 \, Hz$$

a segédfázis ellenállása: $R_{sf} = 21 \, \Omega$

a segédfázis teljesítménytényezője: $\cos \varphi_{sf} = 0,44$

Határozza meg:

1, Mekkora kondenzátort kell sorba kötni a segédfázissal, hogy az eredő teljesítménytényező $\cos \varphi_e = 0,92$ kapacitívra változzon.

2, A kondenzátor bekötése és hálózatra kapcsolás után a segédfázis áramát (I_{sf}), valamint a feszültségesések (U_R , U_{sf} , U_C) értékeit.

Megoldás:

1, Az induktív reaktancia: $X_{sfl} = R \cdot \operatorname{tg} \varphi_{sf} = 21 \cdot 2,04 = 42,84 \, \Omega \, (ind)$

$$\cos \varphi_{sf} = 0,44 \Rightarrow \operatorname{tg} \varphi_{sf} = 2,04$$

a szükséges kapacitív reaktancia:

$$\cos \varphi_e = 0,92 \Rightarrow \operatorname{tg} \varphi_e = 0,426$$

$$X_e = R \cdot \operatorname{tg} \varphi_e = 21 \cdot 0,426 = 8,94 \, \Omega \, (kap)$$

$$X_C = X_e + X_{sfl} = 8,94 + 42,84 = 51,78 \, \Omega$$

a kapacitás:
$$C = \frac{1}{\omega \cdot X_C} = \frac{1}{314 \cdot 51,78} = 61,4 \cdot 10^{-6} \, F = 61,4 \, \mu F,$$

2, Az eredő impedancia a segédfázisnál:

$$Z_{sf} = \sqrt{R_{sf}^2 + (X_C - X_{sfl})^2} = \sqrt{21^2 + 8,94^2} = 22,83 \, \Omega$$

a segédfázis árama:

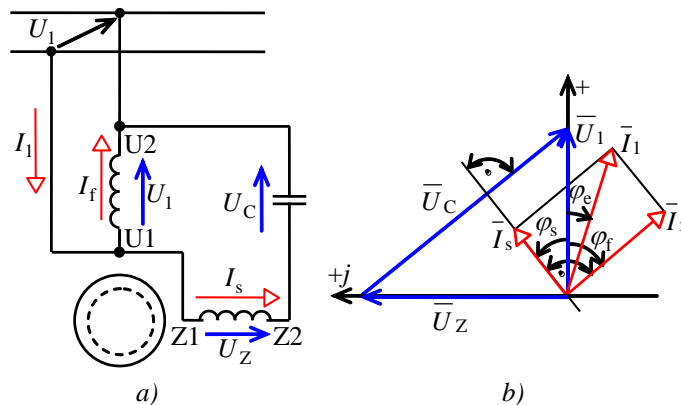
$$I_{sf} = \frac{U_{1n}}{Z_{sf}} = \frac{231}{22,83} = 10,1 \text{ A}$$

az ellenálláson eső feszültség: $U_R = I_{sf} \cdot R_{sf} = 10,1 \cdot 21 = 212,1 \text{ V}$

a kapacitáson eső feszültség: $U_C = I_{sf} \cdot X_C = 10,1 \cdot 51,78 = 523 \text{ V}$

a induktivitáson eső feszültség: $U_{sf} = I_{sf} \cdot X_{sfL} = 10,1 \cdot 42,84 = 432,6 \text{ V}$

Magyarázat a számpéldához:



Aszinkron gépek 11 példa:

Egy háromfázisú, csúszógyűrűs forgórészű aszinkron motor adatai a következők:

$$U_{1n} = 400/231 \text{ V} \quad I_{1n} = 18 \text{ A} \quad P_n = 10 \text{ kW}$$

$$U_{20} = 135 \text{ V} \quad I_{2n} = 40 \text{ A} \quad n_n = 1470 \text{ 1/min}$$

Határozza meg:

- 1, A forgórész tekercselés ellenállását.
- 2, A fokozatok számát, ha az indításnál:

$$s_{\min} = 0,07 \quad s_{\max} = 0,12$$

3. Az indító ellenállásokat és az átkapcsolási szlipeket.

4, Rajzolja fel minőségileg helyesen az indítás folyamatát

Megoldás:

1, A forgórész tekercselés fázis ellenállása:

$$R_2 = s_n \cdot \frac{U_{20}}{\sqrt{3} \cdot I_{2n}} = \frac{1500}{1500 - 1470} \cdot \frac{135}{\sqrt{3} \cdot 40} = 0,02 \cdot 1,95 = 0,039 \, \Omega$$

2, Az első fokozatnál:

$$R_{r1} = \frac{R_2}{s_{\max}} = \frac{0,039}{0,12} = 0,325 \, \Omega$$

$$R_{i1} = R_{r1} - R_2 = 0,325 - 0,039 = 0,286 \, \Omega$$

a mértani sor koefficiense: $q = \frac{s_{\min}}{s_{\max}} = \frac{0,07}{0,12} = 0,583$

a mértani sor egyenlete:

$$q^m = \frac{R_2}{R_{r1}} \Rightarrow m = \frac{\lg R_2 / R_{r1}}{\lg q} = \frac{\lg 0,12}{\lg 0,583} \cong 4$$

az ellenállás fokozatok:

$$R_{r2} = q \cdot R_{r1} = 0,583 \cdot 0,325 = 0,189 \, \Omega$$

$$R_{r3} = q \cdot R_{r2} = 0,583 \cdot 0,19 = 0,111 \, \Omega$$

$$R_{r4} = q \cdot R_{r3} = 0,583 \cdot 0,111 = 0,065 \, \Omega$$

ellenőrzés: $R_{r5} = q \cdot R_{r4} = 0,583 \cdot 0,065 = 0,038 \, \Omega \approx R_2$

és $R_{i2} = R_{r2} - R_2 = 0,189 - 0,039 = 0,15 \, \Omega$

$$R_{i3} = R_{r3} - R_2 = 0,111 - 0,039 = 0,072 \, \Omega$$

$$R_{i4} = R_{r4} - R_2 = 0,072 - 0,039 = 0,033 \, \Omega$$

az átkapcsolási szlipek:

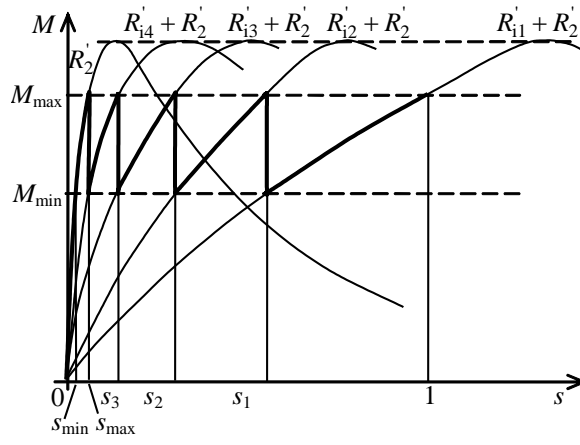
$$s_1 = q = 0,583$$

$$s_2 = q^2 = 0,339$$

$$s_3 = q^3 = 0,198$$

$$s_4 = q^4 = 0,115$$

4,



VILLAMOS GÉPEK PRAKTIKUM

3, EGYENÁRAMÚ GÉPEK EGYENLETEI:

Az indukált feszültség egy vezetőre: $u_i = B_{\delta k} \cdot l_i \cdot v$, ahol $B_{\delta k}$ a közepes légrésindukció, l_i az ideális vezetőhossz és v armatúra kerületi sebessége.

Felhasználva, hogy a kerületi sebesség:

$$v = R_a \cdot \omega = \frac{D_a}{2} \cdot 2 \cdot \pi \cdot n = D_a \cdot \pi \cdot n$$

és hogy a pólusosztás: $\tau_p = \frac{D_a \cdot \pi}{2p} \Rightarrow \frac{D_a}{2} = \frac{p \cdot \tau_p}{\pi}$, kapjuk egy adott z vezetővel és a tekercselési ágpárral rendelkező forgórészre, hogy az indukált feszültség:

$$U_i = \frac{z \cdot p}{a} \cdot \phi \cdot n = k_u \cdot \phi \cdot n,$$

ahol $k_u = \frac{z \cdot p}{a}$ gépállandó. Az indukált feszültséget felírhatjuk a szögsebességgel is:

$$U_i = \frac{k_u}{2 \cdot \pi} \cdot \phi \cdot \omega$$

Az egyenáramú gépek nyomatéka az árammal átjárt vezetőre ható erőhatás alapján számítható:

$$F = I_{\dot{a}g} \cdot B_{\delta k} \cdot l_i,$$

ahol $I_{\dot{a}g}$ az ágáram, amely $I_{\dot{a}g} = I_a / 2 \cdot a$, és a nyomaték $M = F \cdot D_a$ felhasználásával:

$$M_a = \frac{z \cdot p}{a} \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \phi \cdot I_a = k_M \cdot \phi \cdot I_a, \text{ tehát } k_M = \frac{k_u}{2 \cdot \pi}$$

A nyomaték egyenletét n/n -el megszorozva írhatjuk, hogy:

$$M_a = \frac{U_i \cdot I_a}{\omega} = \frac{P_b}{\omega},$$

ahol $P_b = U_i \cdot I_a$ a gép belső teljesítménye.

A tengelyteljesítmény:

$$M = M_a - M_{vas} - M_{s+v},$$

ahol M_{vas} a forgórész vasveszteségre fordítódó teljesítményt az M_{s+v} pedig a súrlódási és ventilációs veszteséget fedezi (ha a ez a két nyomaték nincs megadva, akkor $M = M_a$).

A helyettesítő vázlat alapján felírható feszültség egyenlet:

$$\begin{array}{ll} \text{generátoros üzemre} & U = U_i - I_a \cdot R_b \\ \text{motoros üzemre} & U = U_i + I_a \cdot R_b \end{array}$$

A forgórész kör ellenállása: $R_b = R_a + R_{sp} + R_{ko} + R_{kefe}$.

A teljesítmények:

- felvett teljesítmény $P_1 = U \cdot I_a + U_g \cdot I_g$, vagy

$$P_1 = U_i \cdot I_a + I_a^2 \cdot R + U_g \cdot I_g = P_a + P_t + P_g ,$$

- a belső teljesítmény: $P_b = P_a = U_i \cdot I_a = P_{mech}$

- a leadott teljesítmény:

$$P = P_{mech} - P_{vas} - P_{s+v} - P_j = P_1 - (P_t + P_{vas} + P_{s+v} + P_j) ,$$

ahol P_j a járulékos veszteség,

A belső ellenállás és az üresjárási teljesítmény meghatározására szolgál egy tapasztalati összefüggés, amely azt mondja ki, hogy névleges üzemben a veszteségek fele az üresjárási a másik fele a tekercsveszteség, azaz:

- az üresjárási teljesítmény: $P_{üj} = P_{mech} - P = P_{vas} + P_{s+v} + P_j$

$$P_{üj} \cong \frac{U_n \cdot I_n - P_n}{2} \Rightarrow I_{üj} \cong \frac{P_{üj}}{U_n} , \quad \text{és} \quad R_b \cong \frac{U_n \cdot I_n - P_n}{2 \cdot I_n^2} ,$$

Az ideális üresjárási fordulatszám: $n_0 = \frac{U_n}{U_n - I_n R_b}$

A szelet feszültség: $U_{szk} = \frac{2 \cdot p \cdot U}{K}$, ahol K a kommutátor szeletszám.

A reaktancia feszültség: $U_{re} = c_r \cdot I_a \cdot n$.

Az előtét ellenállás számítása: $R_x = R_b \cdot \left(\frac{\Delta n_x}{\Delta n_n} - 1 \right)$.

Állandó fluxusú gépek indítása:

az első fokozat: $R_1 = \frac{U_n}{I_{max}}$

a mértani sor képlete: $q^m = \frac{R_b}{R_1}$,

ahol m a fokozatok száma, q pedig a mértani sor koefficiense, $q = \frac{I_{min}}{I_{max}}$.

A méretezésnél két lehetőség van:

- adott U_n , R_b , I_{max} , és m , ekkor számítjuk R_1 -t majd

meghatározhatjuk a mértani sor hányadosát a $q = \sqrt[m]{\frac{R_b}{R_1}}$ egyenletből.

ezután már számíthatók az egyes fokozatok, majd I_{min} .

a másik lehetőség, hogy adott U_n , R_b , I_{max} , és I_{min} , ekkor számítjuk R_1 -t, majd q -t és a fokozatok száma pedig:

$$m = \frac{\log \frac{R_b}{R_1}}{\log q}$$

lesz. Ilyenkor az m értéke valószínűleg nem lesz egész szám, ezért a legközelebbi egész számot választhatjuk az ellenállás fokozatok számításához.

A dinamikus féküzem számítása hasonló az indításhoz, de az első fokozat értékét a fékezés előtti munkapont indukált feszültségével kell számolnunk:

$$R_{F1} = \frac{U_i}{I_{\max}}$$

A mértani soroknál számolhatunk az indítási és fékezési áramviszonnyal is:

$$\lambda = \frac{I_{\max}}{I_{\min}}$$

Egyenáramú gépek 01 példa:

Vegyes gerjesztésű egyenáramú motor adattábla adatai:

$$U_n = 220 \text{ V} \quad I_n = 31 \text{ A} \quad P_n = 5,5 \text{ kW} \quad n_n = 1500 \text{ 1/min.}$$

$$U_{gn} = 220 \text{ V} \quad I_{gn} = 0,72 \text{ A}$$

A motor armatúraköri ellenállása mérés alapján: $R_b = 0,8 \Omega$

Határozza meg:

1. A motor névleges nyomatékát (M_n) és a névleges ponthoz tartozó hatásfokot (η_n).
2. Az indító ellenállások értékét ($R_{i1} \dots$) és $I_{\min.}$ -t ha $I_{\max.} = 50 \text{ A}$ és a fokozatok száma $m = 5$.

Megoldás

1. A névleges nyomaték:

$$M_n = P_n / \omega = 9,55 \cdot P_n / n_n = 9,55 \cdot 5500 / 1500 = 35 \text{ Nm},$$

$$\eta_n = P_n / P_{\text{felvett}} = P_n / (U_n I_n + U_{gn} I_{gn}) = 5500 / (220 \cdot 31 + 220 \cdot 0,72) = 0,788$$

$$\eta_n = 78,8\%$$

2. az indítás első fokozata: $R_1 = U_n / I_{\max} = 220 / 50 = 4,4 \Omega$, a
 beiktatandó ellenállás értéke: $R_{i1} = R_1 - R_b = 3,6 \Omega$,
 a mértani soroefficiense:

$$q = \sqrt[m]{\frac{R_b}{R_1}} = \sqrt[5]{\frac{0,8}{4,4}} = 0,711$$

átkapcsoláskor a minimális áram: $I_{\min.} = q \cdot I_{\max} = 0,711 \cdot 50 = 35,55 \text{ A}$

a második fokozat:

$$R_2 = q \cdot R_1 = 0,711 \cdot 4,4 = 3,19 \Omega \quad R_{i2} = 3,19 - 0,8 = 2,33 \Omega$$

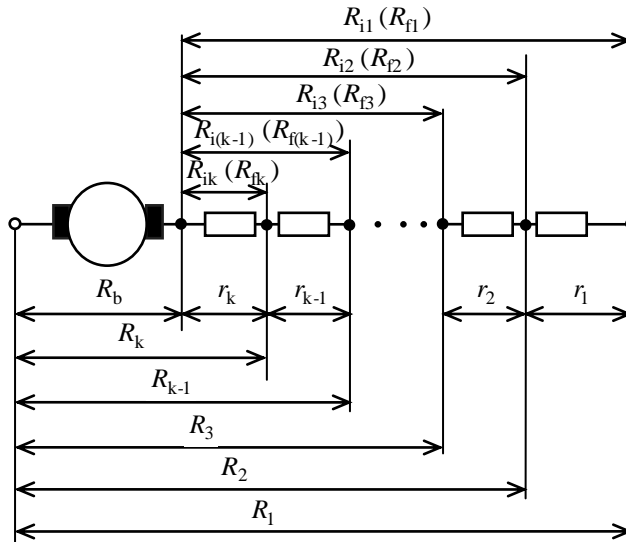
$$R_3 = q \cdot R_2 = 0,711 \cdot 3,19 = 2,27 \Omega \quad R_{i3} = 2,27 - 0,8 = 1,47 \Omega$$

$$R_4 = q \cdot R_3 = 0,711 \cdot 2,27 = 1,61 \Omega \quad R_{i4} = 1,61 - 0,8 = 0,81 \Omega$$

$$R_5 = q \cdot R_4 = 0,711 \cdot 1,61 = 1,14 \, \Omega \quad R_{i5} = 1,14 - 0,8 = 0,34 \, \Omega$$

$$R_6 = q \cdot R_5 \approx R_b = 0,711 \cdot 1,14 = 0,81 \, \Omega,$$

ez közelítőleg megfelel a megadott értéknek.



Az indító ellenállások esetén alkalmazott jelölések

Egyenáramú gépek 02 példa:

Vegyes gerjesztésű egyenáramú motor adattábla adatai:

$$U_n = 220 \, \text{V} \quad I_n = 31 \, \text{A} \quad P_n = 5,5 \, \text{kW} \quad n_n = 1500 \, 1/\text{min.}$$

$$U_{gn} = 220 \, \text{V} \quad I_{gn} = 0,72 \, \text{A}$$

A motor armatúraköri ellenállása mérés alapján: $R_b = 0,8 \, \Omega$

Határozza meg:

- 1, a motor névleges nyomatékát (M_n) és a névleges ponthoz tartozó hatásfokot (η_n).
- 2, az üresjárási fordulatszámot (n_0) U_n és ϕ_n mellett.
- 3, az $M_1 = 1,25 \times M_n$ terheléshez és az $R_{e1} = 1,63 \, \Omega$ előtét ellenálláshoz tartozó fordulatszámot (n_1).
- 4, az előző munkaponthoz tartozó fordulatszámot üzemmeleg állapotban (n_{1m}) ha egyórás üzem után az R_b 10%-al ($R_{bm} = 0,88 \, \Omega$) és az R_{e1} 25%-al ($R_{e1m} = 2,038 \, \Omega$) növekedett.
- 5, a kapcsolófeszültség értékét (U_1), ha a 3-as pontban meghatározott fordulatszámot kapcsolófeszültség csökkentéssel akarjuk elérni.

Megoldás:

1,

$$M_n = P_n / \omega = 9,55 \cdot P_n / n_n = 9,55 \cdot 5500 / 1500 = 35 \text{ Nm}$$

$$\eta_n = P_n / P_{\text{felvett}} = P_n / (U_n I_n + U_{gn} I_{gn}) = 5500 / (220 \cdot 31 + 220 \cdot 0,72) = 0,788$$

$$\eta_n = 78,8\%$$

2,

$$n_0 = \frac{U_n}{U_n - I_n \cdot R_b} \cdot n_n = \frac{220}{220 - 31 \cdot 0,8} \cdot 1500 = 1690 \text{ 1/min.}$$

3.

$$\Delta n_n = n_0 - n_n = 1690 - 1500 = 190 \text{ 1/min.}$$

$$\Delta n_{1,25} = 1,25 \cdot \Delta n_n = 1,25 \cdot 190 = 237,5 \text{ 1/min.}$$

$$\frac{R_{e1} + R_b}{R_b} = \frac{\Delta n_1}{\Delta n_{1,25}} \rightarrow \Delta n_1 = 237,5 \cdot (1,63 + 0,8) / 0,8 = 721 \text{ 1/min.}$$

$$n_1 = n_0 - \Delta n_1 = 1690 - 721 = 969 \text{ 1/min.}$$

4.

Meleg állapotban:

$$\Delta n_{1,25} = 1,1 \cdot 237,5 = 261 \text{ 1/min.}$$

$$\Delta n_{1m} = 261 \frac{2,038 + 0,88}{0,88} = 865 \text{ 1/min.}$$

$$n_{1m} = n_0 - \Delta n_{1m} = 1690 - 865 = 825 \text{ 1/min.}$$

5,

$$n_1 = \frac{U_1 - 1,25 \cdot I_n R_b}{k_u \cdot \Phi} \rightarrow U_1 = k_u \cdot \Phi \cdot n_1 + 1,25 \cdot I_n \cdot R_b = 126 + 31 = 157 \text{ V}$$

$$k_u \cdot \Phi = U_n / n_0 = 220 / 1690 = 0,13 \text{ V min.}$$

vagy:

$$n_{01} = n_1 + \Delta n_{1,25} = 969 + 237,5 = 1206,5 \text{ 1/min.}$$

$$U_1 = k_u \cdot \Phi \cdot n_{01} = 157 \text{ V}$$

Egyenáramú gépek 03 példa:

Egy ideálisan kompenzált külső gerjesztésű egyenáramú motor névleges adatai:

$$U_n = 220 \text{ V} \quad I_n = 40 \text{ A} \quad P_n = 8,0 \text{ kW} \quad n_n = 1500 \text{ 1/min.}$$

$$U_{gn} = 220 \text{ V} \quad I_{gn} = 2 \text{ A}$$

A motor armatúraköri ellenállása mérés alapján: $R_b = 0,25 \Omega$

(A gép veszteségi nyomatékát és fluxusát állandónak tekintjük, a kefe feszültség zérus.)

Határozza meg:

- 1, Mekkora a különbség névleges fordulatszámon a motor villamos nyomatéka ($M_a = M_{vill}$) és a névleges mechanika nyomatéka (M_n) között ($M_{veszt} = M_{vas} + M_{s+v} = ?$)
- 2, az üresjárási fordulatszámot (n_0) és áramot (I_0).
- 3, $I_a = 20$ A-es terheléshez tartozó fordulatszámot (n_1), nyomatékot (M_1), leadott teljesítményt (P_{lel}) felvett teljesítményt (P_{f1}) és a hatásfokot (η_1).
- 4, A kapocsfeszültség (U_2) és a hatásfok (η_2) értékét, ha névleges terhelésnél $n_2 = 1200$ 1/min fordulatszámot kell beállítanunk.
- 5, az előtét ellenállás (R_e) és a hatásfok (η_3) értékét, ha az $n_3 = 1200$ 1/min fordulatszámot az armatúrakörbe iktatott külső ellenállással állítjuk be.

Megoldás

1,

$$M_n = P_n / \omega = 9,55 \cdot P_n / n_n = 9,55 \cdot 8000 / 1500 = 51 \text{ Nm}$$

$$k_u \cdot \phi = \frac{220 - 40 \cdot 0,25}{25} = 8,4 \text{ Vs}$$

$$M_{vill.} = M_a = \frac{k_u \cdot \phi}{2\pi} \cdot I_a = \frac{8,4}{6,28} 40 = 53,5 \text{ Nm}$$

$$M_{veszt.} = 53,5 - 51 = 2,5 \text{ Nm}$$

2,

$$I_0 = \frac{2\pi}{k_u \cdot \phi} \cdot M_{veszt.} = \frac{6,28}{8,4} \cdot 2,5 = 1,87 \text{ A.}$$

$$U_{i0} = U_n - I_{a0} \cdot R_b = 220 - 1,87 \cdot 0,25 = 219,53 \text{ V}$$

$$n_0 = \frac{U_{i0}}{c\phi} = \frac{219,53}{8,4} = 26,31 / s = 1568 \text{ 1/min.}$$

3,

$$M_{1vill.} = \frac{k_u \cdot \phi}{2\pi} \cdot I_{a20} = \frac{8,4}{6,28} 20 = 26,75 \text{ Nm}$$

$$M_1 = M_{1vill.} - M_{veszt.} = 26,75 - 2,5 = 24,25 \text{ Nm}$$

$$U_{i20} = U_n - I_{20} \cdot R_b = 220 - 20 \cdot 0,25 = 215 \text{ V}$$

$$n_1 = \frac{U_{i20}}{k_u \cdot \phi} = \frac{215}{8,4} = 25,59 / s = 1535,7 \text{ 1/min.}$$

$$P_{lel} = M_1 \cdot \omega_1 = 24,25 \cdot 2\pi \cdot 25,59 = 3899 \text{ W}$$

$$P_{f1} = 220 \cdot 20 + 220 \cdot 2 = 4840 \text{ W}$$

$$\eta_1 = 3899 / 4840 = 0,805 \quad \text{azaz} \quad \eta_1 = 80,5\%$$

4,

$$U_2 = k_u \cdot \phi \cdot n + I_n \cdot R_b = 8,4 \cdot 20 + 40 \cdot 0,25 = 178 \text{ V}$$

$$P_{le2} = M \cdot n / 9,55 = 51 \cdot 1200 / 9,55 = 6408 \text{ W}$$

$$P_{f2} = 178 \cdot 40 + 220 \cdot 2 = 7560 \text{ W}$$

$$\eta_2 = 6408 / 7560 = 0,847, \text{ azaz } \eta_2 = 84,7\%$$

5,

$$R_e = \frac{220 - 8,4 \cdot 20}{40} - 0,25 = 1,3 - 0,25 = 1,05 \Omega$$

$$P_{l3} = M \cdot n / 9,55 = 51 \cdot 1200 / 9,55 = 6408 \text{ W}$$

$$P_{f3} = 220 \cdot 40 + 220 \cdot 2 = 9240 \text{ W}$$

$$\eta_3 = 6408 / 9240 = 0,693$$

Egyenáramú gépek 04 példa:

Egy ideálisan kompenzált külső gerjesztésű egyenáramú motor névleges adatai:

$$U_n = 220 \text{ V} \quad P_n = 25,0 \text{ kW} \quad P_m = 2,3 \text{ kW} \quad n_n = 1500 \text{ 1/min.}$$

$$\eta = 85\%$$

$$U_{gn} = 220 \text{ V} \quad I_{gn} = 2 \text{ A}$$

(A gép veszteségi nyomatékát (M_{veszt}) és fluxusát állandónak tekintjük, a kefe feszültség zérus $\Delta U_{kefe} = 0$).

Határozza meg:

- 1, A motor indukált feszültségét a névleges munkapontban (U_{in}),
- 2, A motor névleges nyomatékát (M_n),
- 3, A fordulatszámot (n_1), ha a nyomaték a felére csökken,
- 4, A fékező ellenállások értékét, ha a névleges munkapontból kapcsolunk át dinamikus féküzembe és a maximális fékezési áram $I_{fmax} = 2 \times I_n$ és a fokozatok száma $m=2$

Megoldás:

$$1. \quad I_n = P_n / \eta \cdot U_n = 25000 / 0,85 \cdot 220 = 133,7 \text{ A}$$

$$R_b = P_m / I_n^2 = 2300 / 133,7^2 = 0,128 \Omega$$

$$U_i = U_n - I_n \cdot R_b = 220 - 133,7 \cdot 0,128 = 202,8 \text{ V}$$

$$2. \quad M_n = P_n / \omega_n = 9,55 \cdot P_n / n_n = 9,55 \cdot 25000 / 1500 = 159 \text{ Nm}$$

$$3. \quad c\phi = \frac{U_i}{n} = \frac{202,8}{25} = 8,11 \text{ Vs}$$

$$n_1 = \frac{U_n - I_n / 2 \cdot R_b}{c_u \cdot \phi} = \frac{220 - 66,8 \cdot 0,128}{8,11} = 1563 \text{ 1/min.}$$

$$4. \quad R_{F1} = \frac{U_{in}}{2 \cdot I_n} = \frac{202,8}{2 \cdot 133,7} = 0,758 \Omega$$

$$R_b = q^m \cdot R_{F1} \quad q = \sqrt[m]{R_b / R_{F1}} = \sqrt[3]{0,128 / 0,758} = 0,411$$

$$R_{F2} = q \cdot R_{F1} = 0,411 \cdot 0,758 = 0,311 \Omega$$

$$\text{ellenőrzés: } R_b \cong q \cdot R_{F2} = 0,411 \cdot 0,311 = 0,128 \Omega$$

Egyenáramú gépek 05 példa:

Egy soros gerjesztésű egyenáramú motor névleges adatai:

$$U_n = 220 \text{ V} \quad P_n = 1,8 \text{ kW} \quad n_n = 1500 \text{ 1/min.} \quad \eta = 80\%$$

A vas és súrlódási veszteség $P_{s+v} = 160 \text{ W}$

A forgórész tekercs veszteség a névleges teljesítmény 9%-a.

Határozza meg:

- 1, A motor hálózatról felvett teljesítményét és áramát (P_1 , I_n),
- 2, A gép veszteségét (P_w), a forgórész tekercsveszteséget (P_{tn}), és a gerjesztési veszteséget (P_g).
- 3, Az armatúra (R_a), a gerjesztőtekercs (R_g) ellenállását, valamint a szükséges indító-ellenállás első fokozatát, ha $I_{\max} = 14 \text{ A}$
- 4, A motor fordulatszámát változatlan terhelés mellett, ha a forgórészrel sorbakötünk egy 2Ω -os ellenállást.

Megoldás

1, A felvett teljesítmény:

$$P_1 = P_n / \eta = 1800 / 0,8 = 2250 \text{ W},$$

$$\text{a névleges áram: } I_n = P_1 / U_n = 2250 / 220 = 10,23 \text{ A.}$$

2. A gép vesztesége: $P_w = P_1 - P_n = 2250 - 1800 = 450 \text{ W},$

a forgórész tekercsvesztesége: $P_m = 0,09 \cdot P_n = 0,09 \cdot 1800 = 162 \text{ W}$,

a gerjesztési veszteség: $P_g = P_W - (P_{v+s} + P_m) = 450 - (160 + 162) = 128 \text{ W}$

3. Az armatúrakör ellenállása $R_a + R_{sp} = \frac{P_m}{I_n^2} = \frac{162}{10,23^2} = 1,55 \Omega$

a soros gerjesztő tekercs ellenállása $R_{gs} = \frac{P_g}{I_n^2} = \frac{128}{10,23^2} = 1,22 \Omega$

az indító ellenállás első fokozata: $R_1 = \frac{U}{I_{i\max}} = \frac{220}{14} = 15,71 \Omega$

a beiktatandó első fokozat: $R_{i1} = R_1 - (R_a + R_{sp}) - R_g = 15,71 - 1,55 - 1,22 = 12,93 \Omega$

4. A gép indukált feszültsége névleges áramnál:

$$U_i = U_n - I_a(R_a + R_{sp} + R_g) = 220 - 10,23(1,55 + 1,22) = 191,63 \text{ V}$$

az indukált feszültség az előtét ellenállás mellett:

$$U_{ie} = U_n - I_a(R_a + R_{sp} + R_g + R_e) = 220 - 10,23(1,55 + 1,22 + 2) = 171,2 \text{ V}$$

$$U_i = c \cdot \phi \cdot n_n \quad U_{ie} = k_u \cdot \phi \cdot n_e$$

a motor fordulatszáma a sorba kötött ellenállás mellett:

$$n_e = \frac{U_{ie}}{U_i} \cdot n_n = \frac{171,2}{191,63} \cdot 1500 = 1340 \text{ 1/min.}$$

Egyenáramú gépek 06 példa:

Külső gerjesztésű egyenáramú motor névleges adatai:

$$U_n = 220 \text{ V} \quad P_n = 15 \text{ kW} \quad n_n = 1500 \text{ 1/min.}$$

$$U_{gn} = 220 \text{ V} \quad I_{gn} = 1,82 \text{ A} \quad \eta = 90\%$$

A motor armatúraköri ellenállása mérés alapján: $R_b = 0,22 \Omega$

Határozza meg:

1, az $n_1 = 1000$ 1/min fordulatszámhoz tartozó előtét ellenállás (R_{e1}) értékét névleges terhelésnél ($I_a = I_n$).

2, a kapocsfeszültség (U_1) értékét, ha az előző munkapontot kapocsfeszültség csökkentésével akarjuk beállítani.

3, Minőségileg helyesen rajzolja fel a természetes, illetve a számított jelleggörbéket.

Megoldás:

1, A motor felvett teljesítménye:

$$P_1 = P_n / \eta = 15000 / 0.9 = 16667 \text{ W} ,$$

a gerjesztőkör felvett teljesítménye:

$$P_g = U_g \cdot I_g = 220 \cdot 1,82 = 400,4 \text{ W}$$

a motor felvett árama:

$$I_n = \frac{P_1 - P_g}{U_n} = \frac{16666,7 - 400,4}{220} = 73,4 \text{ A}$$

az üresjárási fordulatszám:

$$n_0 = \frac{U_n}{U_n - I_n \cdot R_b} \cdot n_n = \frac{220}{220 - 73,4 \cdot 0,22} \cdot 1500 = 1619 \text{ 1/min.}$$

a fordulatszám esések:

$$\Delta n_n = n_0 - n_n = 1619 - 1500 = 119 \text{ 1/min.}$$

$$\Delta n_1 = 1619 - 1000 = 619 \text{ 1/min.}$$

az előtétellenállás:

$$\frac{R_{e1} + R_b}{R_b} = \frac{\Delta n_1}{\Delta n_n} \rightarrow R_{e1} = \left(\frac{\Delta n_1}{\Delta n_n} - 1 \right) \cdot R_b = 0,92 \Omega$$

2, Az $n_1 = 1000$ 1/min. fordulatszám beállítása feszültséggel:

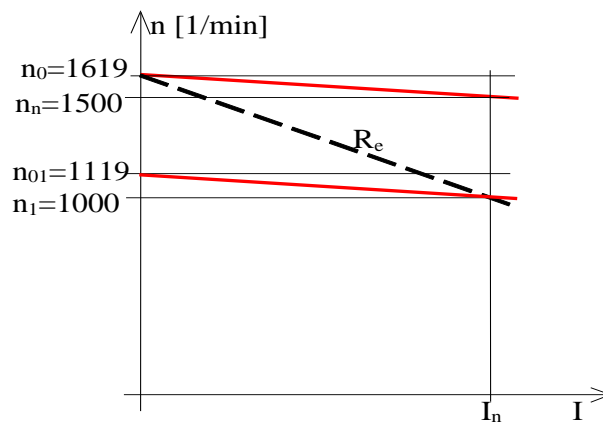
$$k_u \cdot \phi = \frac{U_n}{n_0} = \frac{220}{1619} = 0,136 \text{ V min.}$$

$$U_{i1} = k_u \cdot \phi \cdot n_1 = 0,136 \cdot 1000 = 136 \text{ V.}$$

$$U_1 = U_{i1} + I_n \cdot R_b = 136 + 73,4 \cdot 0,22 = 152,1 \text{ V.}$$

3, Jelleggörbék:

$$n_{01} = n_1 + \Delta n_n = 1000 + 119 = 1119 \text{ 1/min.}$$



Egyenáramú gépek 07 példa:

Külső gerjesztésű egyenáramú motor névleges adatai:

$$U_n = 220 \text{ V} \quad I_n = 31 \text{ A} \quad R_b = 0,65 \Omega$$

$$P_n = 5,5 \text{ kW} \quad n_n = 1500 \text{ 1/min.} \quad \eta = 80\%$$

Határozza meg:

- 1, az n_0 üresjárási fordulatszámot,
- 2, az előtét ellenállás (R_{e1}) értékét $n_1 = 1100 \text{ 1/min.}$ -hez, ha $I_a = I_n$,
- 3, a fékező ellenállások (R_{F1} , R_{F2}) értékét, ha az előző munkapontból dinamikus féküzembe kapcsolunk $I_{fmax.} = 40 \text{ A}$ mellett és a fokozatok száma $m = 2$

Megoldás

$$1. \quad n_0 = \frac{U_n}{U_n - I_n \cdot R_b} \cdot n_n = \frac{220}{220 - 31 \cdot 0,65} \cdot 1500 = 1651 \text{ 1/min.}$$

$$2. \Delta n_n = n_0 - n_n = 1651 - 1500 = 151 \text{ 1/min.}$$

$$\Delta n_1 = 1651 - 1100 = 551 \text{ 1/min.}$$

$$\frac{R_{e1} + R_b}{R_b} = \frac{\Delta n_1}{\Delta n_n} \rightarrow R_{e1} = \left(\frac{\Delta n_1}{\Delta n_n} - 1 \right) \cdot R_b = \left(\frac{551}{151} - 1 \right) \cdot 0,65 = 1,72 \Omega$$

3,

$$U_{i1100} = U_n - I_n (R_b + R_{e1}) = 220 - 31(0,65 + 1,72) = 146,5 \text{ V.}$$

$$R_{F1} = \frac{U_{i1100}}{I_{f \max.}} = \frac{146,5}{40} = 3,66 \Omega.$$

$$\lambda = \sqrt[m]{\frac{R_{F1}}{R_b}} = \sqrt[2]{\frac{3,66}{0,65}} = 2,37.$$

$$R_{F2} = \frac{R_{F1}}{\lambda} = \frac{3,66}{2,37} = 1,54 \Omega.$$

$$\text{Ellenőrzés: } R_{F3} = R_b = \frac{R_{F2}}{\lambda} = \frac{1,54}{2,37} = 0,652 \Omega.$$

$$I_{f \min.} = \frac{I_{f \max.}}{\lambda} = \frac{40}{2,37} = 16,88 \text{ A.}$$

Egyenáramú gépek 08 példa:

Külső gerjesztésű egyenáramú motor névleges adatai:

$$U_n = 220 \text{ V} \quad R_b = 0,61 \Omega$$

$$P_n = 5,5 \text{ kW} \quad n_n = 1500 \text{ 1/min.} \quad \eta = 80,8\%$$

Határozza meg:

1, a motor névleges áramát I_n -t, valamint az n_0 üresjárási fordulatszámot,

2, az n_1 fordulatszámot, ha $I_a = 0,75 I_n$,

3, a fékező ellenállások (R_{F1} , R_{F2} , R_{F3}) értékét, ha az előző munkapontból dinamikus féküzembe kapcsolunk $I_{f \max.} = 2 I_n$ mellett és a fokozatok száma $m = 3$.

4, Rajzolja fel minőségileg helyesen a jelleggörbéket.

Megoldás:

1. A felvett teljesítmény: $P_1 = \frac{P_n}{\eta} = \frac{5500}{0,808} = 6,81 \text{ kW},$

a névleges árama: $I_n = \frac{P_1}{U_n} = \frac{6810}{220} = 30,9 \text{ A},$

az üresjárási fordulatszám:

$$n_0 = \frac{U_n}{U_n - I_n \cdot R_b} \cdot n_n = \frac{220}{220 - 30,9 \cdot 0,61} \cdot 1500 = 1640 \text{ 1/min.}$$

2. Névleges áramnál a fordulatszámcsökkenés:

$$\Delta n_n = n_0 - n_n = 1640 - 1500 = 140 \text{ 1/min.}$$

75 %-os terhelésnél az áram:

$$I_1 = 0,75 \cdot I_n = 0,75 \cdot 30,9 = 23,17 \text{ A}$$

a fordulatszámcsökkenések arányosak az áramokkal:

$$\Delta n_1 = \frac{23,17}{30,9} \cdot 140 = 105 \text{ 1/min.}$$

az n_1 fordulatszám $n_1 = n_0 - \Delta n_1 = 1640 - 105 = 1535 \text{ 1/min.}$

3, Az indukált feszültség az előző munkapontban.

$$U_{i1} = U_n - 0,75 \cdot I_n \cdot R_b = 220 - 23,17 \cdot 0,61 = 205,9 \text{ V.}$$

a maximális fékező áram:

$$I_{f \max} = 2 \cdot I_n = 2 \cdot 30,9 = 61,8 \text{ A},$$

a fékező ellenállás első fokozata:

$$R_{F1} = \frac{U_{i1}}{I_{f \max}} = \frac{205,9}{61,8} = 3,33 \Omega$$

a mértani sor egyenlete alapján:

$$\lambda = \sqrt[m]{\frac{R_{F1}}{R_b}} = \sqrt[3]{\frac{3,33}{0,61}} = 1,76.$$

a második fokozat:

$$R_{F2} = \frac{R_{F1}}{\lambda} = \frac{3,33}{1,76} = 1,89 \, \Omega$$

a harmadik fokozat:

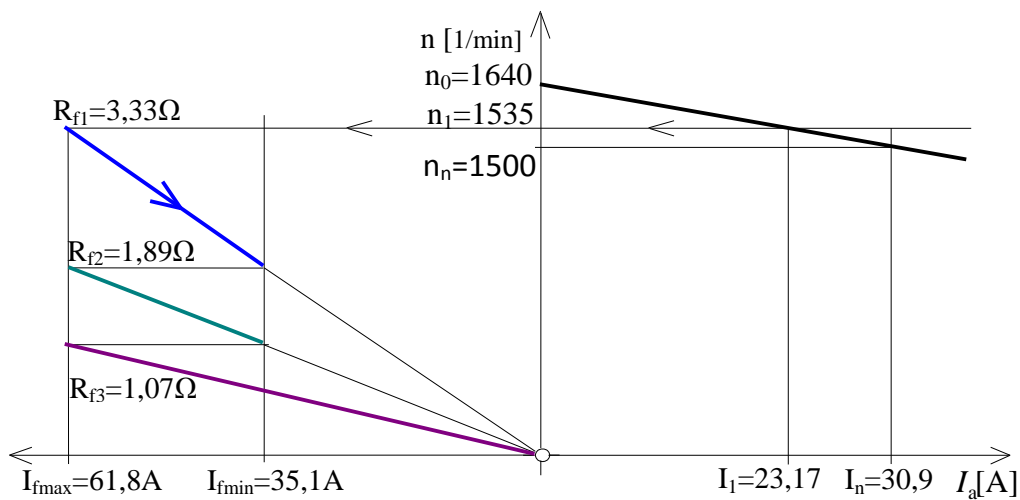
$$R_{F3} = \frac{R_{F2}}{\lambda} = \frac{1,89}{1,76} = 1,07 \, \Omega$$

Ellenőrzés: $R_{F4} = R_b = \frac{R_{F3}}{\lambda} = \frac{1,07}{1,76} = 0,608 \, \Omega.$

Átkapcsolásnál a minimális áram:

$$I_{f \min} = \frac{I_{f \max}}{\lambda} = \frac{61,8}{1,76} = 35,1 \, \Omega$$

4, A jelleggörbék:



Egyenáramú gépek 09 példa:

Vegyes gerjesztésű egyenáramú motor adattábla adatai:

$$U_n = 400 \, V \quad I_n = 72,5 \, A \quad P_n = 25,8 \, kW \quad n_n = 1950 \, 1/min.$$

$$U_{gn} = 310 \, V \quad I_{gn} = 1,1 \, A$$

A motor armatúraköri ellenállása mérés alapján: $R_b = 0,17 \, \Omega$

Határozza meg:

- 1, A motor névleges nyomatékát (M_n) és a névleges ponthoz tartozó hatásfokot (η_n).
- 2, Az üresjárási fordulatszámot (n_0) U_n és ϕ_n mellett.
- 3, Az $M_1=1,25 \times M_n$ terheléshez és az $R_{e1}=0,35 \Omega$ előtét ellenálláshoz tartozó fordulatszámot (n_1).
- 4, Az indító ellenállások értékét ($R_{i1} \dots$) és $I_{\min.}$ -t ha $I_{\max.} = 100 \text{ A}$ és a fokozatok száma $m=3$.
- 5, Rajzolja fel minőségileg helyesen a jelleggörbéket.

Megoldás:

- 1, A motor névleges nyomatéka:

$$M_n = P_n / \omega = 9,55 \cdot P_n / n_n = 9,55 \cdot 25800 / 1950 = 126 \text{ Nm},$$

a motor névleges hatásfoka:

$$\eta_n = \frac{P_n}{P_{\text{felvett}}} = \frac{P_n}{U_n \cdot I_n + U_{gn} \cdot I_{gn}} = \frac{25800}{400 \cdot 72,5 + 310 \cdot 1,1} = 0,879,$$

$$\eta_n = 87,9\%.$$

- 2, Az üresjárási fordulatszám:

$$n_0 = \frac{U_n}{U_n - I_n \cdot R_b} \cdot n_n = \frac{400}{400 - 72,5 \cdot 0,17} \cdot 1950 = 2012 \text{ 1/min.}$$

- 3, Névleges terhelésnél a fordulatszámesés:

$$\Delta n_n = n_0 - n_n = 2012 - 1950 = 62 \text{ 1/min.}$$

az 1,25 szerez terhelésnél a fordulatszámesés:

$$\Delta n_{1,25} = 1,25 \cdot \Delta n_n = 1,25 \cdot 62 = 77,5 \text{ 1/min.}$$

az előtét-ellenálláshoz tartozó fordulatszám:

$$\frac{R_{e1} + R_b}{R_b} = \frac{\Delta n_1}{\Delta n_{1,25}} \rightarrow \Delta n_1 = 77,5 \cdot (0,35 + 0,17) / 0,17 = 228 \text{ 1/min.}$$

$$n_1 = n_0 - \Delta n_1 = 2012 - 228 = 1784 \text{ 1/min.}$$

- 4, Indításkor az armatúra körben lévő összes ellenállás:

$$R_1 = U_n / I_{\max} = 400 / 100 = 4,0 \Omega,$$

a beiktatandó ellenállás.:

$$R_{i1} = R_1 - R_b = 3,83 \Omega$$

a mértani sor koefficiense:

$$q = \sqrt[m]{\frac{R_b}{R_1}} = \sqrt[3]{\frac{0,17}{4}} = 0,35$$

a további indítófokozatok:

$$R_2 = q \cdot R_1 = 0,35 \cdot 4,0 = 1,4 \, \Omega$$

$$R_{i2} = 1,4 - 0,17 = 1,23 \, \Omega$$

$$R_3 = q \cdot R_2 = 0,35 \cdot 1,4 = 0,49 \, \Omega$$

$$R_{i3} = 0,49 - 0,17 = 0,32 \, \Omega$$

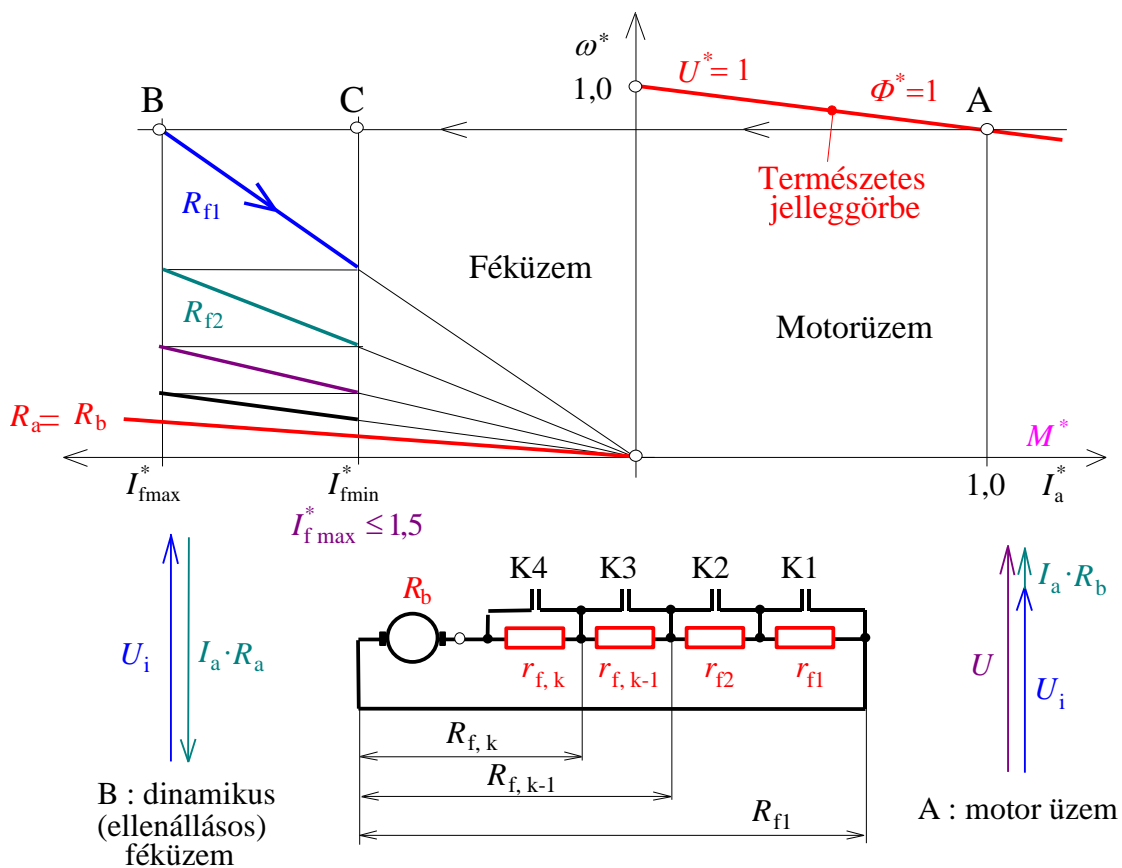
ellenőrzés: a negyedik fokozatnak meg kell egyeznie az R_b -vel:

$$R_4 = q \cdot R_3 = 0,35 \cdot 0,49 = 0,17 \, \Omega$$

az indítás folyamán az átkapcsolásoknál a minimális áram:

$$I_{\min.} = q \cdot I_{\max} = 0,35 \cdot 100 = 35 \, A.$$

5,



Legfontosabb egyenletek: $R_1 = \frac{U_i}{I_{f\max}}$ $q = \frac{I_{f\min}}{I_{f\max}}$ $R_b = q^m \cdot R_{f1}$

Egyenáramú gépek 10 példa:

Egy vegyes gerjesztésű motor mérési adatai a következők:

$$U_k = U_g = 220 \text{ V}; \quad I_a = 27 \text{ A}; \quad I_g = 1,5 \text{ A};$$

$$M = 34 \text{ Nm} \dots\dots n = 1500 \text{ 1/min};$$

Határozza meg: a motor hatásfokát.

Megoldás:

$$\text{a leadott teljesítmény: } P_n = M_n \cdot \omega_n = \frac{M_n \cdot n_n}{9,55} = \frac{34 \cdot 1500}{9,55} = 5340 \text{ W}$$

a felvett teljesítmény:

$$P_1 = U_k \cdot I_a + U_{gn} \cdot I_{gn} = 220 \cdot 27 + 220 \cdot 1,5 = 6270 \text{ W}$$

$$\text{a motor hatásfoka: } \eta = \frac{P_1}{P_n} = \frac{5340}{6270} = 0,852 \Rightarrow \eta = 85,2 \%$$

VILLAMOS GÉPEK PRAKTIKUM

4, SZINKRON GÉPEK EGYENLETEI:

A pólus feszültség

$$U_p = 4,44 \cdot p \cdot n_0 \cdot \phi_p \cdot N \cdot \xi$$

A helyettesítő vázlatra felírt feszültség egyenlet:

$$\bar{U}_1 = \bar{U}_p + j \cdot \bar{I}_a \cdot X_a + j \cdot \bar{I}_a \cdot X_s + \bar{I}_a \cdot R$$

A szinkron reaktancia: $X_d = X_a + X_s$

A hengeres forgórészű gép nyomatéka:

$$M = -\frac{m_1}{2 \cdot \pi \cdot n_0} \cdot \frac{U_1 \cdot U_p}{X_d} \cdot \sin \delta$$

a billenő nyomaték:

$$M_B = \frac{m_1}{2 \cdot \pi \cdot n_0} \cdot \frac{U_1 \cdot U_p}{X_d} \cdot$$

A kiálló pólusú gép nyomatéka:

$$M = -\frac{m_1}{2 \cdot \pi \cdot n_0} \cdot \left(\frac{U_1 \cdot U_p}{X_d} \cdot \sin \delta + \frac{U_1^2}{2} \cdot \frac{X_d - X_q}{X_d \cdot X_q} \cdot \sin 2\delta \right)$$

Szinkron gépek 01 példa:

Háromfázisú hatpólusú ($2p=6$) szinkron generátor adatai:

$U_n = 400/231 \text{ V}$ (Y kapcsolás) $S_n = 65 \text{ kVA}$

$\cos \varphi = 0.7$ túlgerjesztett $X_d = 4,15 \Omega$ $R \approx 0$ $f = 50 \text{ Hz}$.

Határozza meg:

6. a szinkron fordulatszámot (n_0).
7. A motor névleges áramát (I_n).
8. A pólusfeszültséget (U_p), és rajzolja fel a vektorábrát névleges üzemre.
9. A terhelési szöget (δ) névleges üzemre.
10. A generátor nyomatékát (M) névleges üzemre.

Megoldás:

5. A szinkron fordulatszám:

$$n_0 = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000 \text{ 1/min.}$$

6. A névleges áram:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{S_n}{3 \cdot U_f} = \frac{65 \cdot 10^3}{3 \cdot 231} = 93,8 \text{ A.}$$

$$I_{nh} = I_n \cdot \cos \varphi = 93,8 \cdot (-0,7) = -65,7 \text{ A}$$

$$I_{nm} = I_n \cdot \sin \varphi = 93,8 \cdot 0,714 = 67 \text{ A}$$

7.

$$U_d = I_n \cdot X_d = 93,8 \cdot 4,15 = 389,3 \text{ V}$$

$$U_{dx} = U_d \cdot \sin \varphi = 278 \text{ V}$$

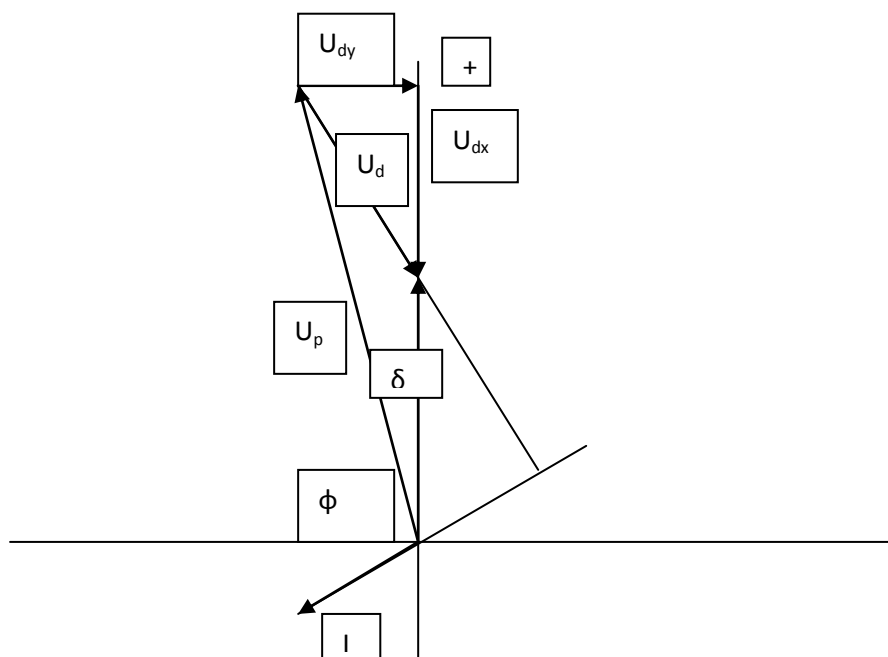
$$U_{dy} = U_d \cdot \cos \varphi = 272,5 \text{ V}$$

$$U_p = \sqrt{(U_f + U_{dx})^2 + U_{dy}^2} = \sqrt{(231 + 278)^2 + 272,5^2} = \sqrt{259081 + 74256} = 577,3 \text{ V}$$

$$8. \sin \delta = \frac{U_{dy}}{U_p} = \frac{272,5}{577,3} = 0,472 \rightarrow \delta = 28,2^\circ$$

$$9. M_n = \frac{m}{2 \cdot \pi \cdot n_0} \cdot \frac{U \cdot U_p}{X_d} \cdot \sin \delta =$$

$$M_n = \frac{3}{2 \cdot \pi \cdot 1000/60} \cdot \frac{231 \cdot 577,3}{4,15} \cdot 0,472 = 434,7 \text{ Nm}$$



Szinkron gépek 02 példa:

Háromfázisú huszonegy pólusú ($2p=24$) szinkron hidrogenerátor ohmos terhelésre dolgozik

A gép adatai:

$$U_n = 6 \text{ kV (Y kapcsolás)} \quad P = 320 \text{ kW} \quad f = 50 \text{ Hz.}$$

$$\text{Az állórész ellenállása } R \approx 0 \quad \text{A hatásfok } \eta \approx 0,8$$

Határozza meg:

- 1, A gép áramát (I), fordulatszámát (n), és a nyomatékát (M),
- 2, A pólusfeszültséget (U_p) és a szinkron reaktanciát ($X_d=1,5Z_n$).
- 3, A generátor nyomatékát $\delta=20^\circ$ -os terhelési szögnél (M_{20}).
- 4, Rajzolja fel a gép vektorábráját

Megoldás:

$$1, \quad I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{320 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 6 \cdot 10^3} = 30,8 \text{ A.}$$

$$n_0 = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{12} = 250 \text{ 1/min.}$$

$$M = 9,55 \frac{P}{n} = \frac{320 \cdot 10^3}{250} \cdot 9,55 = 12,244 \text{ kNm}$$

$$2, \quad Z_n = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot I_n} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 30,8} = 112 \Omega \Rightarrow X_d = 1,5 \cdot Z_n = 168 \Omega$$

$$U_d = I_n \cdot X_d = 30,8 \cdot 168 = 5205 \text{ V}$$

a terhelési szög tangense:

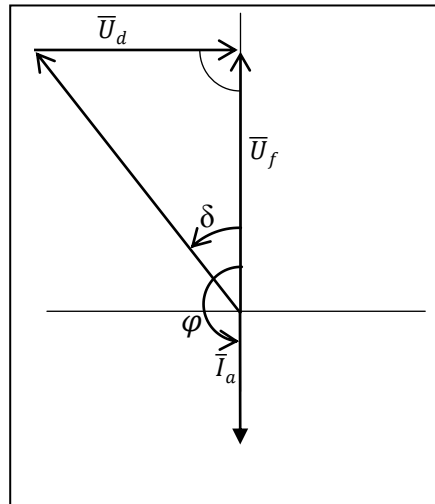
$$\operatorname{tg} \delta = \frac{U_d}{U_{1f}} = \frac{5205}{3468} = 1,5 \text{ V} \Rightarrow \delta = 56^\circ \Rightarrow \cos \delta = 0,554$$

$$U_p = \frac{U_{1f}}{\cos \delta} = \frac{3468}{0,554} = 6259 \text{ V}$$

$$3, \quad M = M_B \cdot \sin \delta \text{ --- } M_B = \frac{M}{\sin \delta} = \frac{12244}{0,5736} = 21,35 \text{ kNm}$$

$$M_{20} = M_B \cdot \sin 20^\circ = 21350 \cdot 0,342 = 7300 \text{ Nm}$$

4, A vektorábra:



Szinkron gépek 03 példa

Hengeres forgórészű, túlgerjesztett szinkron motor névleges üzemben dolgozik.

A gép adatai:

$S_n = 120 \text{ kVA}$; $U_n = 400/231 \text{ V}$ $2p=4$ $f = 50 \text{ Hz}$.

Az állórész ellenállása $R \approx 0$ $X_d = 3 \Omega$ $\cos \varphi_M = 0,8$

Határozza meg:

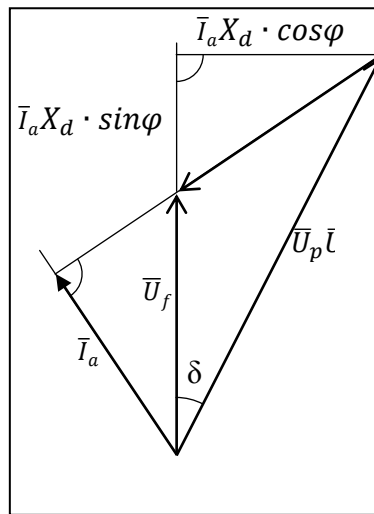
- 1, a motor hatásos és meddő teljesítményét (P , Q),
- 2, a motor vektorábráját,
- 3, a terhelési szöget (δ),
- 4, ha a meddő teljesítményt $Q_1 = 100 \text{ kVA}$ -ra szeretnénk növelni hány százalékkal kell megnövelni a gép gerjesztését, változatlan hatásos teljesítmény mellett.

Megoldás

1, $Q = S_n \cdot \sin \varphi = 120 \cdot 0,6 = 72 \text{ kVAr}$.

$$P = S_n \cdot \cos \varphi = 96 \text{ kW}.$$

2,



3,

$$I_a = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{120}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 173,2 \text{ A}$$

$$U_p = \sqrt{(U_f + I_a \cdot X_d \cdot \sin \varphi)^2 + (I_a \cdot X_d \cdot \cos \varphi)^2} = 683 \text{ V}$$

$$\sin \delta = \frac{I_a \cdot X_d \cdot \cos \varphi}{U_p} = \frac{173,2 \cdot 3 \cdot 0,8}{683} = 0,608 \rightarrow \delta = 37,44^\circ$$

4,

$$S' = \sqrt{Q'^2 + P'^2} = \sqrt{100^2 + 96^2} = 138,6 \text{ kVA}$$

$$I_a = \frac{S'}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{138,6}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 200 \text{ A}$$

$$\cos \varphi' = \frac{P'}{S'} = \frac{96}{138,6} = 0,692$$

$$U_p' = \sqrt{(U_f + I_a' \cdot X_d \cdot \sin \varphi')^2 + (I_a' \cdot X_d \cdot \cos \varphi')^2} = 783 \text{ V}$$

$$\Delta I_g = \frac{U_p'}{U_p} - 1 = \frac{783}{683} - 1 = 14,6 \%$$

Szinkron gépek 04 példa:

A háromfázisú, hengeres forgórészű szinkron generátor adatai:

$$S_n=9000 \text{ VA} ; U_n= 3 \times 400 \text{ V} ; f= 50 \text{ Hz} ; 2p=6.$$

$$U_g=110 \text{ V} ; I_g=4 \text{ A}.$$

Határozza meg:

1. A generátor névleges fázisimpedanciáját és a szinkron fordulatszámot, és sorolja fel a szinkronozás feltételeit.
2. Rajzolja meg a hengeres forgórészű szinkron generátor szinkron reaktanciájának meghatározására alkalmas mérési kapcsolási vázlatot.
3. Az elvégzett mérések alapján rajzolja meg a minőségi jelleggörbét, írja fel a telített és telítetlen szinkron reaktancia képleteit a jelleggörbéken feltüntetett adatokkal.

Megoldás:

$$1, \quad I_n=S_n/\sqrt{3} \cdot U_n=9000/\sqrt{3} \cdot 400=13 \text{ A}$$

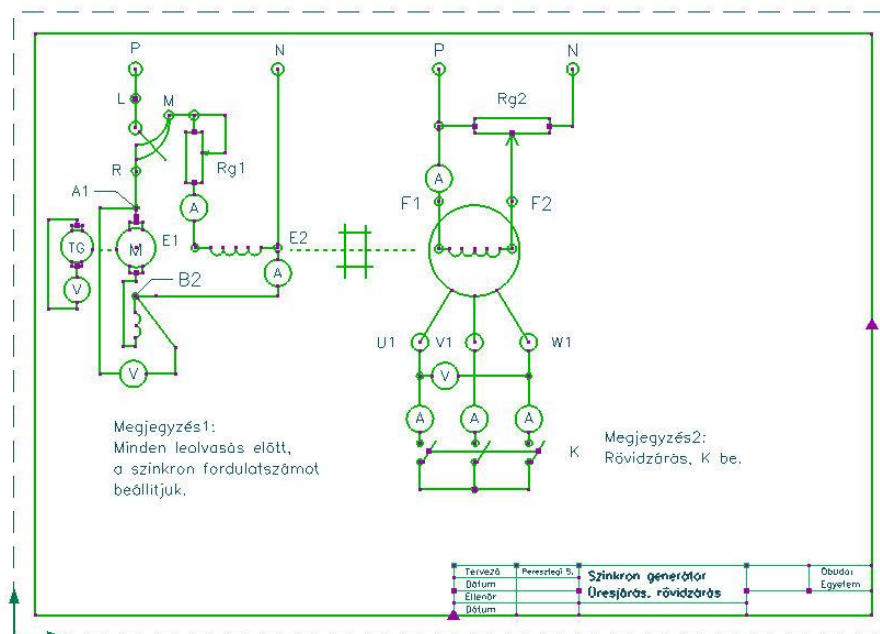
$$Z_{nf}=U_{nf}/I_{nf}=400/\sqrt{3}/13=17,7 \text{ } \Omega$$

$$n_0=60 \cdot f/p=60 \cdot 50/3=1000 \text{ 1/min}$$

Szinkronozás feltételei:

- azonos feszültség,
- azonos frekvencia,
- azonos fázissorrend,
- azonos fázishelyzet.

2,



3. Feladat

