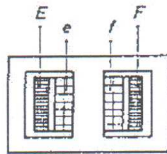


# 1. Feladatsor

1.  $S_n = 100$  kVA névleges teljesítményű egyfázisú, köpeny típusú transzformátor (1. ábra) feszültsége  $U_1/U_2 = 5000 / 400$  V. A menetfeszültség effektív értéke  $U_M = 4,26$  V, a frekvencia  $f = 50$  Hz.



1. ábra

Határozzuk meg:

- mindkét oldal menetszámát ( $N_1$ ;  $N_2$ ),
- a tekercsek vezetőinek keresztmetszetét ( $A_1$ ;  $A_2$ ), ha az áramsűrűség  $j = 3,2$  A/mm<sup>2</sup>,
- az oszlop tiszta vaskeresztmetszetét ( $A_{0v}$ ), ha az indukció csúcserőve  $B_0 = 1,4$  T.

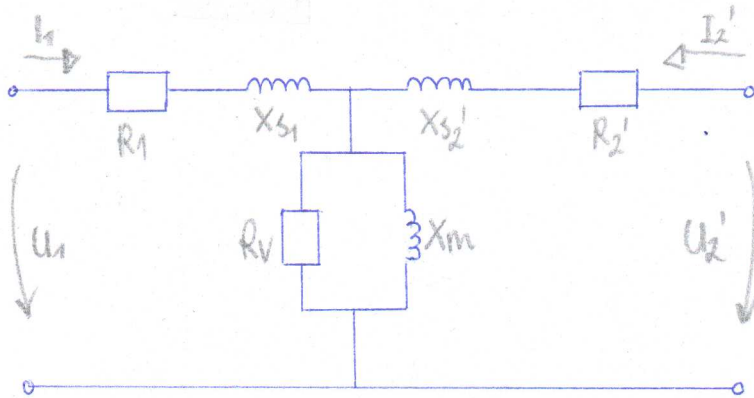
$$\textcircled{a} \quad \left. \begin{aligned} N_1 &= \frac{U_1}{U_M} = 1173 \\ N_2 &= \frac{U_2}{U_M} = 94 \end{aligned} \right\} \text{menetszámok}$$

$$\textcircled{b} \quad \left. \begin{aligned} S &= U \cdot I \\ I &= j \cdot A \end{aligned} \right\} \begin{aligned} I_1 &= \frac{S}{U_1} = 20 \text{ A} \rightarrow A_1 = \frac{I_1}{j} = 6,25 \text{ mm}^2 \\ I_2 &= \frac{S}{U_2} = 250 \text{ A} \rightarrow A_2 = \frac{I_2}{j} = 78,125 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\textcircled{c} \quad \left. \begin{aligned} \Phi &= B \cdot A \\ U_i &= 4,44 \cdot \Phi_m \cdot N \cdot f \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \rightarrow A &= \frac{\Phi}{B} = \frac{0,019 \text{ Wb}}{1,4 \text{ T}} = 137 \text{ cm}^2 \\ \rightarrow \left. \begin{aligned} U_i &= 4,26 \text{ V} \\ f &= 50 \text{ Hz} \\ N &= 1 \end{aligned} \right\} \Phi_m &= \frac{U_i}{4,44 \cdot f} = 0,019 \text{ Wb (Vs)} \end{aligned}$$

2.  $n=N_1/N_2=10$  menetszám-áttételű transzformátor  $N_1$  menetszámú primer tekercsére redukált helyettesítő kapcsolási vázlat elemei 50 Hz-es frekvencián:  $R_1=R_2'=0,08 \Omega$   $X_{s1}=X_{s2}'=0,4 \Omega$ ,  $X_{1m}=251 \Omega$ .

Rajzolja fel a helyettesítő vázlatot és határozza meg az elemek értékét, ha minden mennyiséget az  $N_2$  menetszámú, szekunder oldalra redukálunk.



$$R_1 = 0,08 \Omega$$

$$X_{s1} = 0,4 \Omega$$

$$X_{1m} = 251 \Omega$$

$$R_2 = \frac{R_2'}{n^2} = \frac{0,08 \Omega}{10^2} = 0,8 \text{ m}\Omega$$

$$X_{s2} = \frac{X_{s2}'}{n^2} = 4 \text{ m}\Omega$$

$$X_{2m} = \frac{X_{1m}}{n^2} = 2,51 \Omega$$

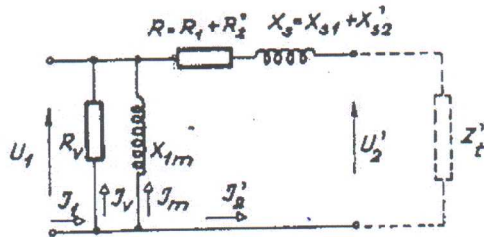
redukálási szabályok

$$U_2' = n \cdot U_2$$

$$I_2' = \frac{I_2}{n}$$

$$R_2' = n^2 \cdot R_2$$

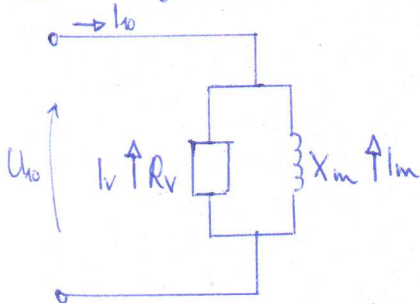
3.  $S_n=110$  kVA névleges teljesítményű,  $U_{1n}=11$  kV,  $U_{2n} = 440$ V névleges feszültségű transzformátoron üresjárás és rövidzársi méréseket végeztünk a helyettesítő vázlat elemeinek meghatározása céljából. A frekvencia 50 Hz, a menetszám áttétel  $n=25$ . Az üresjárás mérés eredményei:  $U_{10}=11$  kV,  $I_{10}=1$ A (a nem-szinuszos áram effektív értéke),  $P_{10}=1,1$  kW, ( $I_2=0$ ). A rövidzársi mérés eredményei:  $U_{1z}=500$  V,  $I_{2z}=250$ A,  $P_{1z}=1$  kW, ( $U_2=0$ ).



2. ábra Transzformátor egyszerűsített helyettesítő vázlata

- Határozza meg a 2. ábrán vázolt egyszerűsített helyettesítő vázlat elemeinek nagyságát. Adja meg a paraméterek viszonylagos, (százalékos) értékét is.
- Az egyszerűsített helyettesítő vázlat alapján határozza meg a transzformátor  $U_2$  szekunder feszültségét, ha  $U_1=U_{1n}$ ,  $I_2=I_{2n}$ , a terhelő impedancia induktív jellegű és  $\cos\varphi_2=0,8$ . Hogyan változik a szekunder feszültség nagysága és fázishelyzete, ha a terhelő impedancia nagysága változatlan, csak jellege változik?
- Határozza meg a transzformátor hatásfokát az előző üzemiállapotban.

a) üresjárásban



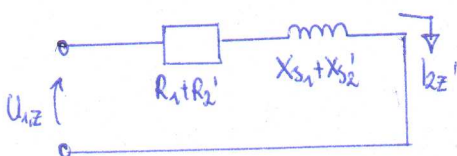
$$R_v = \frac{U_{10}^2}{P_{10}} = 110 \text{ k}\Omega = 10.000\% \text{ (o.e.)}$$

$$I_v = \frac{U_{10}}{R_v} = 0,1 \text{ A}$$

$$I_{10} = \sqrt{I_v^2 + I_m^2} \rightarrow I_m = \sqrt{I_{10}^2 - I_v^2} \approx 1 \text{ A}$$

$$X_m = \frac{U_{10}}{I_m} = 11 \text{ k}\Omega = 1000\% \text{ (o.e.)}$$

rövidzársban



$$I_{2z}' = \frac{I_{2z}}{n} = 10 \text{ A}$$

$$R = \frac{P_{1z}}{I_{2z}'^2} = \frac{1000 \text{ W}}{10^2} = 10 \Omega = 0,91\% \text{ (o.e.)}$$

$$Z_2' = \frac{U_{1z}}{I_{2z}'} = \frac{500}{10} = 50 \Omega$$

$$X_2' = \sqrt{Z_2'^2 - R^2} \rightarrow X = \sqrt{50^2 - 10^2} = 49 \Omega = 4,45\% \text{ (o.e.)}$$

impedancia alap  $Z_{1n} = \frac{U_{1n}}{I_{1n}}$

$$I_{1n} = \frac{S_n}{U_{1n}} = 10 \text{ A} \rightarrow Z_{1n} = 1100 \Omega$$

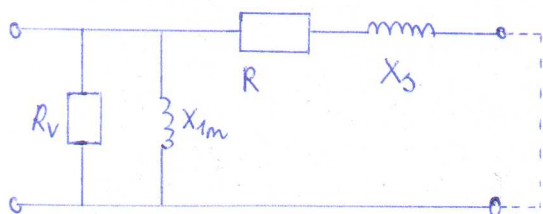
b)  $\Delta U = U_1 - U_2'$

$$\Delta U = I'R \cos\varphi_2 + I'X_s \sin\varphi_2$$

drop:  $\epsilon = \frac{U_{1z}}{U_{1n}} \cdot 100\% = \frac{500 \text{ V}}{11 \text{ kV}} \cdot 100\% = 4,54\%$

c)  $\eta = \frac{U_2 I_2 \cos\varphi_2}{U_2 I_2 \cos\varphi_2 + P_{10} + P_{1z}}$

4. 4kVA, 200/400V-os, 50 Hz-es transzformátoron üresjárású és rövidzársú mérést végeztünk. Az üresjárású mérést a kisebb feszültségű oldalon végeztük és a mért értékek: 200V, 0,7A, 70W. A rövidzársú mérésnél a nagyobb feszültségű oldalt tápláltuk és az ott mért értékek: 15V, 10A, 80W. Határozza meg a 2. ábrán vázolt kapcsolás elemeinek értékét, ha minden mennyiséget a kisebb feszültségű oldalra redukálunk.



$S = 4 \text{ kVA}$   
 $U_1/U_2 = 200/400 \text{ V}$   
 $f = 50 \text{ Hz}$

üresjárású

$U_2 = 200 \text{ V}$   
 $I_2 = 0,7 \text{ A}$   
 $P_{2,0} = 70 \text{ W}$

rövidzársú

$U_{1,Z} = 15 \text{ V}$   
 $I_{1,Z} = 10 \text{ A}$   
 $P_{1,Z} = 80 \text{ W}$

üresjárásúból!

$$R_v = \frac{U_{2,0}^2}{P_{2,0}} = 571,4 \Omega$$

$$I_v = \frac{U_{2,0}}{R_v} = 0,35 \text{ A}$$

$$I_m = \sqrt{I_{2,0}^2 - I_v^2} = 0,6 \text{ A}$$

$$X_m = \frac{U_{2,0}}{I_m} = 330 \Omega$$

rövidzársúból! ?

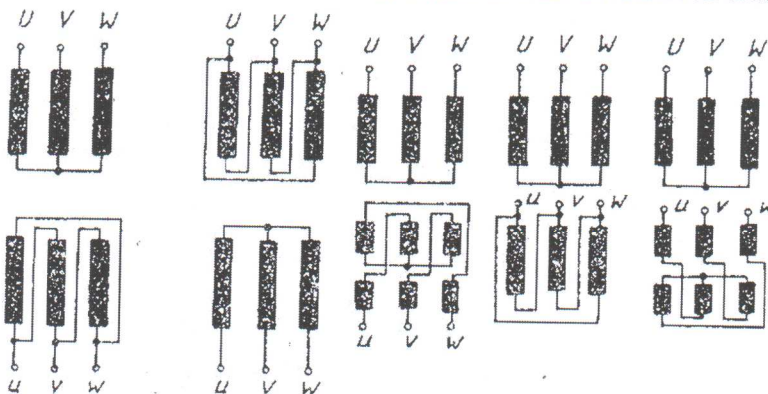
$$I_{1,Z}' = \frac{I_{1,Z}}{n} = 5 \text{ A} \rightarrow I_{1,Z} = n \cdot I_{1,Z}' = 2 \cdot 10 = 20 \text{ A}$$

$$R = \frac{P_{2,Z}}{I_{1,Z}'^2} = \frac{80 \text{ W}}{400 \text{ A}^2} = 0,2 \Omega$$

$$Z = \frac{U_{1,Z}}{I_{1,Z}} = Z = \frac{Z'}{n^2} = 0,375 \Omega$$

$$X_s = \sqrt{Z^2 - R^2} = 0,32 \Omega$$

5. Határozza meg az alábbi kapcsolással ellátott háromfázisú transzformátorok órászámát!



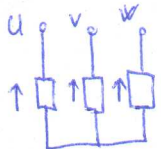
Yd5

Dy5

Yz5

Yd1

Yz11



6. Egy Dy kapcsolású 100 kVA-s háromfázisú transzformátor primer feszültsége 10 kV, szekunder feszültsége 400V. A transzformátor üresjárású és rövidzárási méréseinek az eredményei a következők:  $U_{10}=10$  kV,  $I_{10}=0,722$  A (A nem szinuszos áram effektív értéke),  $P_{10}=1$  kW és  $U_{1r2}=400$  V,  $P_{1r2}=1,7$  kW ( $I_{1r2}=I_{1n}$ ).

a) Határozzuk meg a primer és szekunder oldali áramokat!

b) Határozzuk meg az egyszerűsített helyettesítő kapcsolás elemeit!

Primer (delta)
Szekunder (csillag)

$I_{1v} = \frac{S}{\sqrt{3}U_v} = 5,777A$ 
 $I_{2v} = \frac{S}{\sqrt{3}U_v} = 144,3A$

$I_{1f} = \frac{I_v}{\sqrt{3}} = 3,33A$ 
 $I_{2f} = I_{2v} = 144,3A$

⑥ egyszerűsített helyettesítő kapcsolás → 1 fázisú !!!

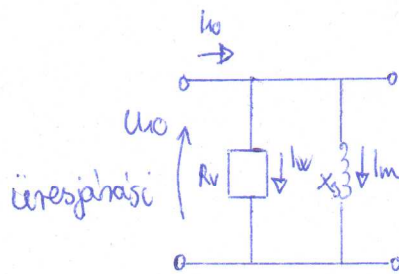
$$R_v = \frac{U_{10}^2}{P_{10}/3} = 300 \Omega$$

$$\cos \varphi = \frac{P_{10}}{S} = \frac{P_{10}}{\sqrt{3}U_{10}I_{10}} = 0,08$$

$$I_w = I_{10} \cdot \cos \varphi = 0,05777A$$

$$I_m = I_{10} \cdot \sin \varphi = 0,72A$$

$$X_m = \frac{U_{10}}{I_m} = 14 \Omega$$



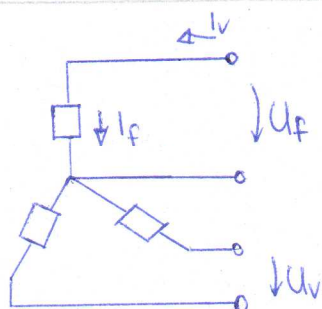
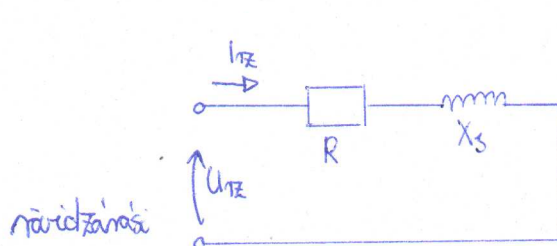
$$R = \frac{P_{1r2}/3}{I_{1r2}^2} = 51 \Omega$$

$$\cos \varphi_{1r2} = \frac{P_{1r2}}{\sqrt{3} \cdot U_{1r2} \cdot I_{1r2} \cdot \sqrt{3}} = 0,426$$

$$Z = \frac{U_{1r2}}{I_{1r2}} = 120 \Omega$$

$$R = Z \cdot \cos \varphi_{1r2} = 51,12 \Omega$$

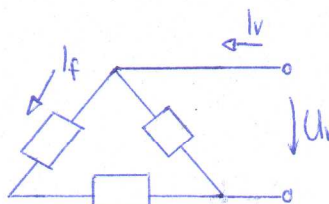
$$X_s = Z \cdot \sin \varphi_{1r2} = 108 \Omega$$



csillag

$$U_v = \sqrt{3} \cdot U_f$$

$$I_v = I_f$$



delta

$$U_v = U_f$$

$$I_v = \sqrt{3} \cdot I_f$$

teljesítmények

$$S = 3U_f I_f = \sqrt{3} U_v \cdot I_v$$

$$P = S \cos \varphi$$

$$Q = S \sin \varphi$$

7. Egy háromfázisú transzformátor névleges értékei:

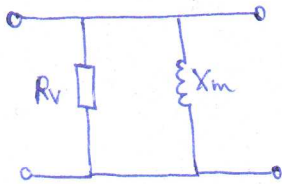
100 kVA, 21 kV / 0,4 kV, Dy5.

Az üresjárási és rövidzárási mérés eredményei:

- A vasvesztés (névleges feszültségen): 2 kW,
- A tekercsvesztés (névleges áramon): 1,31 kW, (rövidzárási)
- Meddő teljesítmény (üresjárás, névleges feszültségen): 7,2 kvar,
- Rövidzárási feszültségesés: 5,8%.

primer: 21kV  
szekunder: 400V

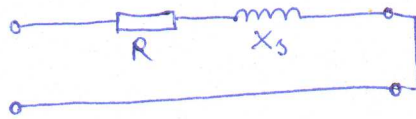
üresjárási



$$R_v = \frac{U_{10}^2}{P_v/3} = 661,5 \Omega$$

$$X_m = \frac{U_{10}^2}{Q_v/3} = \frac{183,75 \Omega}{1000} = 183,75 \Omega$$

rövidzárási



$$\epsilon = \frac{U_{1\%}}{U_n} \cdot 100\% \rightarrow U_{1\%} = \frac{\epsilon \cdot U_n}{100} = 12,18 \text{ V}$$

$$R = \frac{P_{1\%}/3}{I_{1\%}^2} \rightarrow I_{1\%} = \sqrt{\frac{P_{1\%}}{3R}} = 1,59 \text{ A (cent)}$$

$$R = \frac{1,31 \text{ kW}}{3 \cdot 1,59^2} = 172,72 \Omega$$

$$Z = \frac{U_{1\%}}{I_{1\%}} = 766 \Omega$$

$$X_s = \sqrt{Z^2 - R^2} = 746 \Omega$$

Primer (delta)

$$I_{1v} = \frac{S}{\sqrt{3} U_v} = 2,75 \text{ A}$$

$$I_{1f} = \frac{I_v}{\sqrt{3}} = 1,59 \text{ A}$$

Szekunder (csillag)

$$I_{2v} = \frac{S}{\sqrt{3} U_v} = 144,3 \text{ A}$$

$$I_{2f} = I_{2v} = 144,3 \text{ A}$$

## 2. Feladat

tekerelés  
gerjesztési görbe  
indukált feszültség

1. Egy 3 fázisú 2 pólusú motor horonyszáma 12. Tudjuk hogy a tekerelés átmerős, és egyréteges. Rajzoljuk fel a gép tekerelési vázlatát. Hogyan alakítsuk ki a tekercsfejeket?

$$q = \frac{Z}{2pm} = \frac{12}{2 \cdot 1 \cdot 3}$$

2. A következő adatok ismeretében rajzoljuk fel a tekercselési vázlatot:

$$Z=24,$$

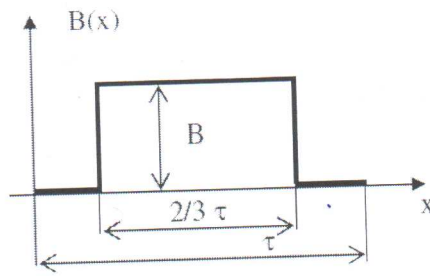
$$2p=4,$$

3 fázisú, átmérős, egyréteges tekercselés.

3. Szerkesszük meg a 2. feladat gerjesztési görbéjét 2 dedikált időpillanatban.



4. Üresen járó, 50Hz-es, kiálló pólusú szinkron gép légrésindukációjának kerületmenti eloszlása látható az alábbi ábrán. Határozza meg az állórész-tekerésében indukálódó feszültség alapharmonikusának effektív értékét. A  $60^\circ$  sáv szélességű háromfázisú tekeréselés fázisonkénti menetszáma 120, a pólusosztás  $\tau_p = 50$  cm, az állórész ideális hossza  $l = 75$  cm. Az indukció maximuma  $0.7$  T.



alapharmonikus maximum érték

$$B_{1m} = \frac{4}{\pi} \cos 30^\circ \cdot B = 0,773 T \quad (\cos 30^\circ \rightarrow \text{lépésszög})$$

alapharmonikus pólusfluxus

$$\Phi_1 = \frac{2}{\pi} B_{1m} \tau_p l = \frac{2}{\pi} \cdot 0,773 \cdot 0,5 \cdot 0,75$$

effektív menetszám

$$N_{eff} = N \cdot \xi = 120 \cdot \frac{3}{\pi} = 115$$

indukált feszültség

$$U_{i1} = 4,44 \cdot f \cdot N_{eff} \cdot \Phi_1 = 4670 V$$

lépésszög

$$\xi_h = \sin\left(1 \cdot \frac{5}{\tau_p} \cdot \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\xi_h = \sin\left(1 \cdot \frac{2}{3} \tau_p \cdot \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\xi_h = \sin\left(\frac{2}{3} \cdot \frac{\pi}{2}\right)$$

tekeréselési tényező

$$\xi = \xi_e \cdot \xi_h$$

elosztási tényező

$$\xi_e = \frac{h \cdot r}{i \cdot w} = \frac{1}{\frac{\pi}{3}} = \frac{3}{\pi}$$

5. Háromfázisú, 16 pólusú, csillagkapcsolású szinkron generátor horonyszáma 144, minden horonyban 10 sorbakötött vezető található, a tekercselés átmérős. A póluskerek szinuszos kerületmenti eloszlású indukciót hoz létre, a pólusfluxus nagysága 0,03 Vs. Határozza meg az indukálódó fázis- és vonali feszültség nagyságát, ha a póluskereket 375/perc fordulatszámmal forgatjuk.

$$m = 3$$

$$p = \frac{16}{2} = 8$$

$$Z = 144$$

$$Z_h = 10$$

$$n = 375$$

$$U_{i,f} = 4,44 \cdot f \cdot N \cdot \Phi_{max} \cdot \xi$$

$$q = \frac{Z}{2pm} = \frac{144}{16 \cdot 3} = 3$$

$$N = p \cdot q \cdot Z_h = 8 \cdot 3 \cdot 10 = 240$$

$$f = \frac{n \cdot p}{60} = \frac{375 \cdot 8}{60} = 50 \text{ Hz}$$

$$L_v = p \cdot L_g = p \cdot \frac{360^\circ}{Z} = 8 \cdot \frac{360}{144} = 20^\circ$$

$$\xi = \frac{\sin n \cdot q \cdot \frac{L_v}{2}}{q \cdot \sin n \cdot \frac{L_v}{2}} = \frac{\sin 1 \cdot 3 \cdot 10^\circ}{3 \cdot \sin 10^\circ} = 0,956$$

$$U_{i,f} = 4,44 \cdot f \cdot N \cdot \Phi_{max} \cdot \xi = 4,44 \cdot 50 \cdot 240 \cdot 0,03 \cdot 0,956 = 1534 \text{ V}$$

$$U_{i,v} = \sqrt{3} \cdot U_{i,f}$$

### Adatok

$$m = 3$$

$$p = \frac{16}{2} = 8$$

$$Z = 144$$

$$Z_h = 10$$

$$\Phi_{max} = 0,03 \text{ Vs}$$

$$n = 375 / \text{perc}$$

↓  
póluskerek fordulatszáma

$$U_{i,f} = 4,44 \cdot f \cdot N \cdot \Phi_{max} \cdot \xi$$

① frekvencia:  $f = \frac{n \cdot p}{60} = \frac{375 \cdot 8}{60} = 50 \text{ Hz}$

② menetszám:  $N = p \cdot q \cdot Z_h = 8 \cdot 3 \cdot 10 = 240$   
 $q = \frac{Z}{2pm} = \frac{144}{2 \cdot 8 \cdot 3} = 3$

③ tekercselési tényező:  $\xi = \frac{\sin n \cdot q \cdot \frac{L_v}{2}}{q \cdot \sin n \cdot \frac{L_v}{2}} = 0,956$

$$L_v = p \cdot L_g = 8 \cdot \frac{360}{144} = 20^\circ$$

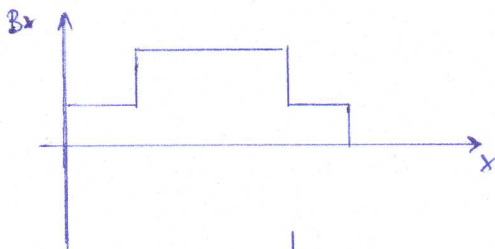
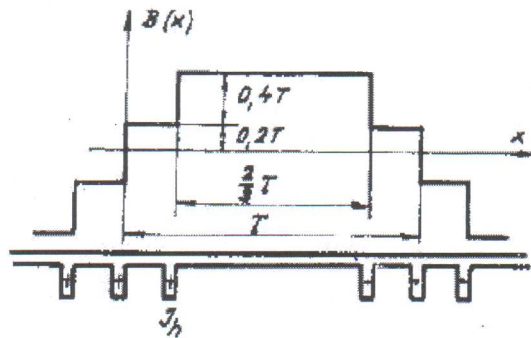
$$L_g = \frac{360^\circ}{\text{horonyszám}} = \frac{360^\circ}{144}$$

④  $U_{i,v} = \sqrt{3} \cdot U_f$

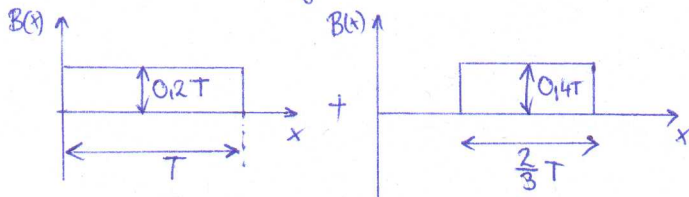
$$Y: U_v = \sqrt{3} U_f$$

$$\Delta: U_v = U_f$$

6. Háromfázisú, üresen járó, 50 Hz-es hengeres pólusú szinkron gép légrésindukciójának kerületmenti eloszlását mutatja az alábbi ábra. A pólusfelület  $500 \text{ cm}^2$ , a  $60^\circ$ -sávszélességű háromfázisú tekercselés fázisonkénti menetszáma 200. Határozza meg az indukált feszültség alapharmonikusának effektív értékét.



2 részre bontjuk



$$B_{1m} = \frac{4}{\pi} \cdot 0.2 \quad + \quad B_{1m} = \frac{4}{\pi} \cdot 0.14 \cdot \cos 30^\circ = 0.17 \text{ T}$$

$$\Phi_{1m} = B_{1m} \cdot A_p \cdot \frac{2}{\pi} = 0.17 \cdot 500 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{2}{\pi} = 0.023 \text{ Vs}$$

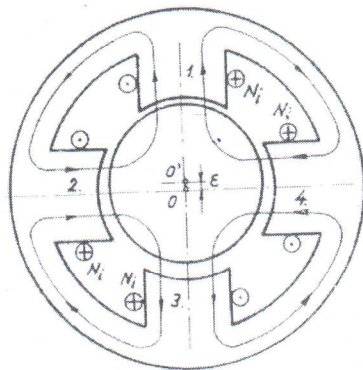
$$U_i = 4.44 \cdot f \cdot N \cdot \xi \cdot \Phi_1 = 4.44 \cdot f \cdot N \cdot \frac{3}{\pi} \cdot 0.023 = 945.5 \text{ V}$$

$$\xi = \frac{h_{\text{nyr}}}{\omega} \cdot \frac{1}{\pi} = \frac{3}{\pi}$$

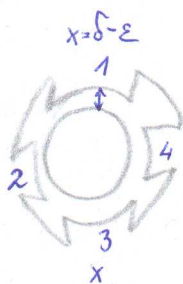
# Elektromágneses nyomaték számítása

1.

Az alábbi ábra négypólusú, egyenáramú gép mágneses körének vázlatos képét mutatja. Szerelési pontatlanság miatt az állórész furat és a forgórész nem egytengelyű. Az egyszerűség kedvéért tegyük fel, hogy ennek következtében 1. pólus alatti légrés  $\varepsilon$ -al csökken, a 3. pólus alatti légrés pedig  $\varepsilon$ -al nő, míg a 2. és 4. pólus alatti légrés változatlanul  $\delta$  marad. A pólustekercseket sorba kapcsoljuk úgy, hogy az ábrán jelzett irányú gerjesztéseket (és mezőt) hozzanak létre. Egy pólus alatti felület  $A$ , a tekercsekben  $i$  áram folyik. A vasra jutó gerjesztést hanyagoljuk el. Határozzuk meg a forgórészre ható mágneses erőt (mágneses húzást)!



mágneses energia megváltozása  $\rightarrow$  erő



$A$ : pólus alatti felület  
 $i$ : tekercsben folyó áram  
 $\delta$ : légrés  
 $B_1$ : 1. légrés alatti indukció

1. légrés

$$W_m = \frac{1}{2} \frac{B_1^2}{\mu_0} \cdot A \cdot x + \frac{1}{2} \frac{B_2^2}{\mu_0} \cdot A \cdot \delta + \frac{1}{2} \frac{B_3^2}{\mu_0} \cdot A \cdot (2\delta - x) + \frac{1}{2} \frac{B_4^2}{\mu_0} \cdot A \cdot \delta$$

forrásos sűrűség      területegység

$$f = \frac{\partial W_m}{\partial x}$$

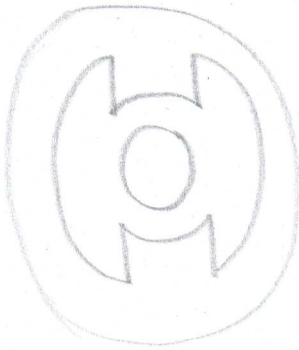
erő  $\rightarrow$  mágneses energia gradiens

$$f = \frac{1}{2} \frac{B_1^2}{\mu_0} A - \frac{1}{2} \frac{B_3^2}{\mu_0} A = \left( \frac{1}{2} \frac{B_1^2}{\mu_0} - \frac{1}{2} \frac{B_3^2}{\mu_0} \right) A$$

2.

Kétekeres, kiálló pólusú átalakító adatai:  $L_s = 1.5 \text{ H}$ ,  $L_r = L_{r0} + L_{r2} \cos 2\alpha = 0.03 + 0.005 \cos 2\alpha$  [H],  $i_{rs} = 0.2 \cos \alpha$  [H]. Mindkét tekercset egyenárammal tápláljuk:  $i_s = 7 \text{ A}$ ,  $i_r = 40 \text{ A}$

- Határozza meg a rotorra ható nyomatékot, mint az  $\alpha$  szög függvényét. Ábrázolja az eredményt.
- Mutassa meg, hogy hányad rész a reluktancia nyomaték maximális nyomaték esetén.



$$m = \frac{1}{2} i_s^2 \frac{dL_s}{d\alpha} + i_s i_r \frac{dL_{rs}}{d\alpha} + \frac{1}{2} i_r^2 \frac{dL_r}{d\alpha}$$

$$\begin{aligned} i_s &= 7 \text{ A} \\ i_r &= 40 \text{ A} \\ L_{rs} &= 0.2 \cos \alpha \text{ H} \\ L_r &= L_{r0} + L_{r2} \cos 2\alpha \end{aligned}$$

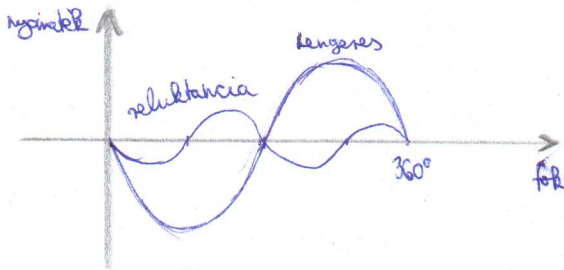
↓  
nem szögfüggő  
erőt képez

$$m = 7 \cdot 40 \cdot \frac{d(0.2 \cos \alpha)}{d\alpha} + \frac{1}{2} 40^2 \cdot \frac{d(0.005 \cos 2\alpha)}{d\alpha}$$

$$m = -7 \cdot 40 \cdot 0.2 \sin \alpha - \frac{1}{2} 40^2 \cdot 2 \cdot 0.005 \cdot \sin 2\alpha$$

$$m = -56 \cdot \sin \alpha - 8 \cdot \sin 2\alpha \text{ [Nm]}$$

kényszer      reluktancia



eredő nyomaték : reluktancia és kényszer nyomaték

maximális a nyomaték ahol a derivált 0.

$$\frac{dm}{d\alpha} = 0$$

$$-56 \cos \alpha + 16 - 32 \cos^2 \alpha = 0$$

$$4 \cos^2 \alpha + 7 \cos \alpha - 2 = 0 \quad \cos \alpha = \frac{-7 \pm 4.12}{8} \quad \nearrow \searrow$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{4}$$

$\alpha = 75.52^\circ \rightarrow$  ezt az értéket beépítve kell behelyettesíteni

$$m(\alpha) = -56 \cdot \sin(75.52^\circ) - 8 \cdot \sin(2 \cdot 75.52^\circ)$$

$$m_{\max} = -54.221 - 3.87$$

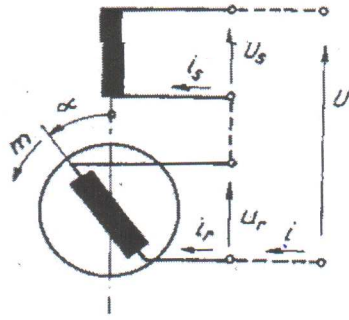
maximális nyomaték :  $m_{\max} = -58.0946 \text{ Nm}$

reluktancia nyomaték aránya

$$\frac{m_{\text{rel}}}{m_{\max}} = \frac{3.87}{58.0946} = \frac{1}{15}$$

3.

Kétekerceses átalakító paramétereit:  $l_s = 87 \text{ mH}$ ,  $l_r = 33 \text{ mH}$ ,  $l_{rs} = L_{rs} = L_{rs} \cos \alpha = 50 \cos \alpha \text{ [mH]}$ . Az ellenállásokat hanyagoljuk el. Határozza meg a nyugalomban levő forgórészre ható nyomaték nagyságát  $\alpha = 90^\circ$ -nál, ha a két tekercset az alábbi ábrán vázolt módon sorbakapcsoljuk és  $U = 230 \text{ V}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ -es hálózatról tápláljuk.



$$m = \frac{1}{2} i_s^2 \frac{dl_s}{d\alpha} + i_s i_r \frac{dl_{rs}}{d\alpha} + \frac{1}{2} \frac{dl_r}{d\alpha} i_r^2$$

$$l_s = 87 \text{ mH}$$

$$l_r = 33 \text{ mH}$$

$$l_{rs} = L_{rs} \cos \alpha = 50 \cos \alpha$$

4.

Kétekerceses átalakító paraméterei:  $l_s = 2,2H$ ,  $l_r = 1H$ ,  $l_{rs} = L_{rs} = \sqrt{2} \cos \alpha$  [H],  $R_s = R_r = 0$ . A forgórészen levő tekercs rövidre van zárva és az állórész tekercset  $i_s = \sqrt{2} \cdot 10 \cdot \sin \omega t$  [A] árammal tápláljuk.

a) A forgórészt álló helyzetben tartjuk. Határozza meg a nyomatékot, mint az idő függvényét különböző  $\alpha$  értékeknél.

b) Határozza meg a nyomaték időbeli középértékét  $\alpha = 45^\circ$ -nál.

c) Ha a rotort elengedjük, forogni fog vagy beáll valamilyen helyzetbe?

$$m = \frac{1}{2} i_s^2 \frac{dl_s}{d\alpha} + i_s i_r \frac{dl_{rs}}{d\alpha} + \frac{1}{2} i_r^2 \frac{dl_r}{d\alpha}$$

$$l_s = 2,2H$$

$$l_r = 1H$$

$$l_{rs} = \sqrt{2} \cos \alpha$$

$$i_s = \sqrt{2} \cdot 10 \sin \omega t$$

$$i_r = 0$$

$$M = \frac{I_s^2 L_2}{4} \sin 2\alpha$$

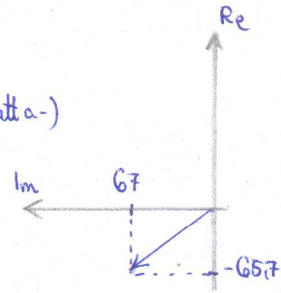
$$m = i_s i_r l_{rs} \sin \alpha - i_s^2 L_r \sin 2\alpha$$

# Szinkron gépek

1. Az  $S_n = 65$  kVA látszólagos teljesítményű,  $U_n = 400/231$  V névleges feszültségű,  $\cos\varphi = 0,7$  teljesítménytényezővel dolgozó hatpólusú szinkrongenerátor szórási reaktanciája  $X_s = 0,384 \Omega$ ; főmezőreaktanciája  $X_d = 3,77 \Omega$ . Határozzuk meg a  $\beta$  terhelési szöveget, a gép  $n_0$  fordulatszámát, az  $U_p$  pólusfeszültség nagyságát, valamint a reaktanciák relatív értékét névleges terheléskor, ha a hengeres forgórész-kialakítású generátor túlgerjesztett!  
A hálózat frekvenciája  $f = 50$  Hz. Rajzolja fel a léptékhelyes vektorábrát!

fordulatszám  $n_0 = \frac{f \cdot 60}{p}$

$I_n = \frac{S}{3U_p} = \frac{65 \cdot 10^3}{3 \cdot 231} = 93,8 \text{ A}$  (gen. áram miatt a-)  
 $I_w = I_n \cdot \cos\varphi = -65,7 \text{ A}$   
 $I_u = I_n \cdot \sin\varphi = 67 \text{ A}$



$U_p + U_d = U_k$

$U_p + j I_a X_d = U_k$

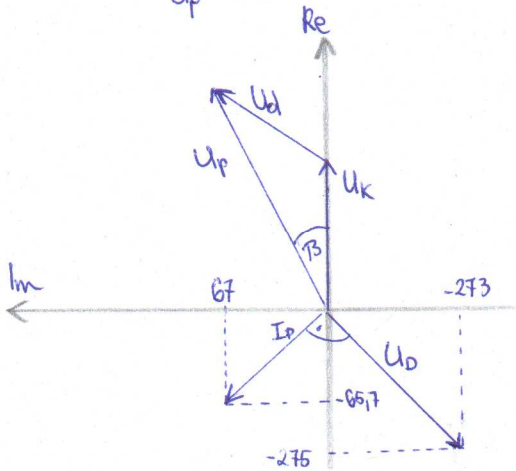
$X_d = X_a + X_s = 4,154 \Omega$  ;  $I_a = I_w + I_u$

$U_d = j I_a X_d = j 4,154 (-65,7 + j 67) = -275 - j 273 \text{ [V]}$

$U_p = U_k - U_d = 231 - (-275 - j 273) = 509 + j 273 \rightarrow |U_p| = \sqrt{509^2 + 273^2} = 578 \text{ V}$   
 $\beta$ :  $U_k$  és  $U_p$  között

$\sin\beta = \frac{\text{Im} U_p}{|U_p|} = \frac{273}{578} \rightarrow \beta = 28,2^\circ$

$Z_n = \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{400^2}{65000} = 2,46 \Omega$



relatív értékek

$X_s = \frac{X_s}{Z_n} \cdot 100 = 15,64\%$

$X_a = \frac{X_a}{Z_n} \cdot 100 = 153,1\%$

$X_d = \frac{X_d}{Z_n} \cdot 100 = 168,7\%$

túlgerjesztett :  $U_p > U_k$

alulgerjesztett :  $U_p < U_k$

2. Kiálló pólusú szinkron gép forgórészét külső hajtómotorral a szinkron fordulatszámától igen kis mértékben eltérő fordulatszámmal forgatjuk. A gép csillag kapcsolású armatúrája 380V-os háromfázisú hálózatra van kapcsolva, gerjesztő árama zérus. A forgás során az armatúra áramának effektív értéke 25 és 36,25 A között periódikusan ingadozik.  
Mekkora a gép hossz- és keresztirányú szinkron reaktanciája és a reaktanciák viszonya?

$\frac{380\text{V}}{\sqrt{3}} = 220 \text{ V}$

$X_d = \frac{220}{25} = 8,8 \Omega$

$X_q = \frac{220}{36,25} = 6,07 \Omega$

viszony :  $\frac{X_d}{X_q} = 1,45$

$X_d = \frac{U}{I_{\min}}$  armatúra eredő fluxus pólus-irányú, akkor I minimális

$X_q = \frac{U}{I_{\max}}$



3. 12 kVA névleges teljesítményű, 400 V névleges feszültségű, négy pólusú, csillag kapcsolású szinkron generátor hossz- és keresztirányú szinkron reaktanciája 91,2 ill. 52,7 %. A veszteségeket elhanyagolva állapítsuk meg, hogy a névleges kapocsfeszültség és annak 0,55-szörösével egyenlő pólusfeszültség esetén

- Mekkora a gép nyomatéka  $\delta=15^\circ$ -os terhelési szög esetén? A teljes nyomaték hány százalékát alkotja a reluktancianyomaték?
- Mekkora a gép maximális nyomatéka és az milyen nagyságú terhelési szögnél jön létre?
- Hengeres forgórészű gépet feltételezve mekkora lesz a nyomaték?
- Mi történik, ha megszűnik a gerjesztés a két típusú forgórész esetén?
- A két forgórész típusú gépnek mekkora a szinkronozó nyomatéka?
- Állandó nyomatékot feltételezve mennyire kell megnövelni a pólusfeszültséget hengeres forgórészű szinkrongép esetén?

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} U_n} = \frac{12000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 17,3 \text{ A}$$

$$Z_n = \frac{U_n}{I_n \sqrt{3}} = 13,35 \Omega$$

$$X_d = 13,35 \cdot 0,912 = 12,17 \Omega$$

$$X_q = 13,35 \cdot 0,527 = 7,04 \Omega$$

$$\text{a) } M = 3 \frac{P}{\omega} \left[ \frac{U_p U}{X_d} \sin \delta + \frac{X_d - X_q}{2 X_d X_q} U^2 \sin 2\delta \right]$$

$$M = 3 \frac{2}{2\pi \cdot 50} \left[ \frac{400 \cdot 400 \cdot 0,55}{\sqrt{3} \cdot 12,17 \cdot \sqrt{3}} \sin 15^\circ + \frac{12,17 - 7,04}{2 \cdot 12,17} \cdot \frac{400^2}{\sqrt{3}^2} \sin 30^\circ \right]$$

$$M = 46,03 \sin \delta + 30,495 \sin 2\delta = 27,16 \text{ Nm} \quad \delta = 15^\circ$$

$$m_{rel} = 56\%$$

$$\text{b) max nyomaték: } \frac{dM}{d\delta} = A \cos \delta + B \cos 2\delta = 0$$

$$\cos \delta_{12} = \frac{-A \pm \sqrt{A^2 + 32B^2}}{8B} \rightarrow \delta = 57,1^\circ$$

$$\text{c) hengeres gép esetén: } M = 3 \frac{P}{\omega} \frac{U_p U}{X_d} \sin \delta = 11,91 \text{ Nm}$$

d) gerjesztés megszűnik  $\rightarrow$  reluktancia megmarad  
nyomaték

$$\text{e) szinkronozó nyomaték: } \frac{\partial M}{\partial \delta}$$

$$\text{kiálló: } 46,03 \cdot \cos 15^\circ + 2 \cdot 30,495 \cdot \cos 30^\circ = 97,28 \text{ Nm}$$

$$\text{hengeres: } 46,03 \cdot \cos 15^\circ = 44,46 \text{ Nm}$$

$$\text{f) } M = 3 \frac{P}{\omega} \frac{U_p U}{X_d} \sin \delta \rightarrow U_p = \frac{M \omega X_d}{3 P U \sin \delta} = 289,47 \text{ V}$$

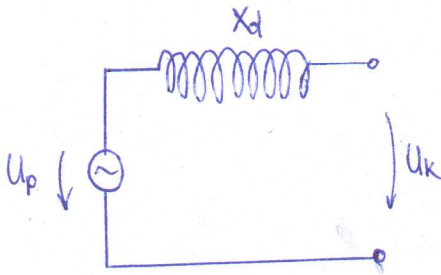
$$\frac{U_p}{U} = \frac{289,47}{230} = 1,25$$

$$1,25 \cdot 0,55 = 227\%$$

(0,55 meg van adva)

4. Szinkron generátort üresjárásban a névleges feszültségre gerjesztettük fel, majd szimmetrikus háromfázisú zárlatot hoztunk létre. Az állandósult zárlati áram (változatlan nagyságú gerjesztő árammal) a névleges áram 76%-a.

Mekkora a gép szinkron reaktanciájának viszonylagos értéke névleges feszültség pontjában?



$$I_n = \frac{U_{n\text{él}}}{Z_{\text{alap}}}$$

$$I_k = \frac{U_{n\text{él}}}{X_d} = 0,76 \cdot I_n$$

$$I_k = 0,76 \cdot \frac{U_{n\text{él}}}{Z_{\text{alap}}} = \frac{U_{n\text{él}}}{X_d}$$

$$0,76 \cdot X_d = Z_{\text{alap}}$$

$$X_d = 1,3158 \cdot Z_{\text{alap}}$$

$$131,58\%$$

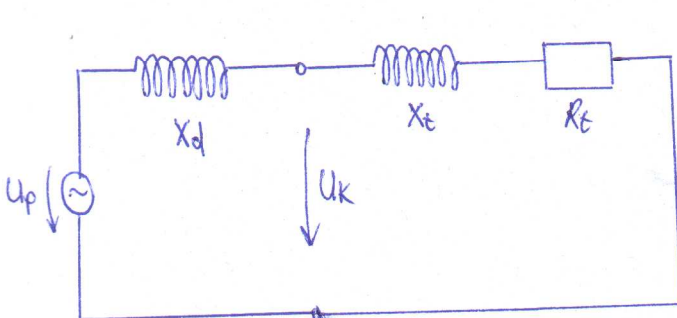
#### Gondolkodtató feladat

1. 40 kVA teljesítményű, 400V feszültségű, csillag kapcsolású, hengeres forgórészű szinkron generátor szinkron reaktanciája 3,35 Ω. A sztatortekercs ellenállását elhanyagoljuk. A generátort névleges fordulaton üresjárásban a névleges feszültségre gerjesztjük fel. (Feltételezzük, hogy a gép mágnesesen lineáris és a fordulatszám a terheléstől függetlenül állandó.)

a) mekkora lesz a generátor árama és kapocsfeszültsége, ha változatlan gerjesztés mellett a kapcsokra három, csillagba kapcsolt, egyenként  $Z_t = 5,2 + j3,8 \Omega$  értékű impedanciát kötünk?

b) Hány százalékkal kell növelni a gerjesztő áramot, hogy a kapocsfeszültség a terhelés ellenére névleges értékű maradjon?

c) Mekkora a kapocsfeszültség a b) alatti gerjesztőáram esetén, üresjárásban?



$$S = 40 \text{ kVA}$$

$$U = 400 \text{ V}$$

$$X_d = 3,35 \Omega$$

$$Z_t = 5,2 + j3,8 \Omega$$

$$\text{a) } I = \frac{U_p}{\sqrt{R_t^2 + (X_d + X_t)^2}} = \frac{230}{\sqrt{5,2^2 + (3,8 + 3,35)^2}} = 26,1 \text{ A}$$

$$\text{b) } \frac{230}{167,5} = 1,37$$

$$\text{c) } 230 \cdot 1,37 = 315 \text{ V}$$

$$\text{d) } U_k = \sqrt{U_{k_t}^2 + U_{k_x}^2}$$

$$U_k = \sqrt{(26,01 \cdot 5,2)^2 + (26,01 \cdot 3,8)^2}$$

$$U_k = 167,5 \text{ V}$$

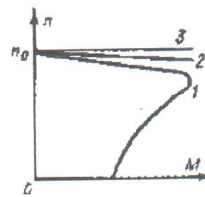
2. Mekkora állandósult zárlati áram alakul ki a 2. gondolkodtató feladatban megadott szinkron generátorban, ha a szimmetrikus háromfázisú kapcsolárlat

a) üresjárásban,

b) terhelés alatt, névleges kapocsfeszültségnél jön létre?

A névleges áram hány százaléka a zárlati áram a két esetben?

3. Melyik a szinkron gép karakterisztikája?



# ASZINKRON GÉPEK

① Háromfázisú, háromszögkapcsolású 4 pólusú aszinkron motor névleges üzemi adatai:

$$P_n = 30 \text{ kW}, \quad U_n = 380 \text{ V}, \quad n = 1470 \text{ /perc}, \quad \eta_n = 89\%, \quad \cos \varphi_n = 0,88.$$

$P_n$  a motor leadott teljesítménye. A motor üzemmelleg állapotban üresjárású és rövidzárosi mérést végzünk és leolvassuk az állórész 2 kábeira között a primer ellenállást. A mérés eredményei

$$I_0 = 19,9 \text{ A}; \quad P_0 = 1897 \text{ W} \quad (\text{üresjárás})$$

$$U_Z = 81 \text{ V}, \quad P_Z = 2371 \text{ W} \quad (\text{rövidzár})$$

$R_K = 0,267 \Omega$  a primer kábelek között a mért ellenállás.

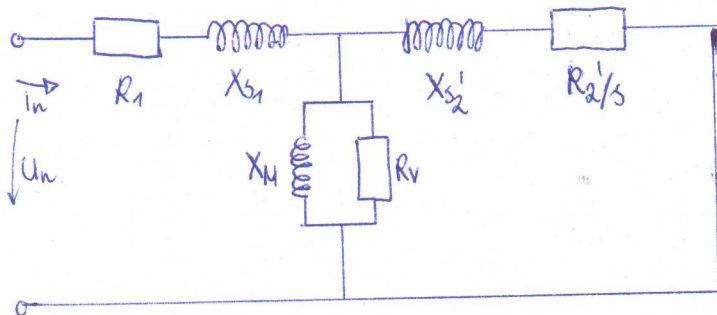
A motor súrlódási veszteségét a névleges teljesítmény 0,5%-ára becsüljük.

② Határozzuk meg közelítő eljárással a primere redukált helyettesítő kapcsolás egyes elemeinek névleges és viszonylagos értékeit!

③ Számítsuk ki a névleges üzemi pontban az egyes veszteségek, a légzési teljesítmény és a nyomaték értékeit!

üresjárás: terhelés nélkül jár a motor

rövidzár: tengely rögzítve, a motort felplátyjuk, míg a tekercsben névleges áram nem folyik.



felvett villamos teljesítmény:  $P_{1n} = \frac{P_n}{\eta} = \frac{30 \text{ kW}}{0,89} = 33,708 \text{ kW}$

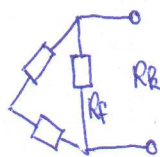
névleges áram:  $I_n = \frac{P_{1n}}{\sqrt{3} U_n \cos \varphi} = \frac{33708}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,88} = 58,2 \text{ A}$

névleges impedancia:  $Z_Z = \frac{U_Z}{I_n} = \frac{81}{58,2} = 2,14 \Omega$   
rövidzárosi

$\cos \varphi_Z = \frac{P_Z}{3 U_Z I_n} = \frac{2371}{3 \cdot 81 \cdot 58,2} = 0,29$

$R = Z_Z \cdot \cos \varphi_Z = 0,696 \Omega = R_1 + R'_2$

$X = Z_Z \cdot \sin \varphi_Z = 2,13 \Omega = X_{s1} + X'_{s2}$



$R_f = \frac{3}{2} R_K = 0,4 \Omega$

$R'_2 = R - R_1 = 0,696 - 0,4 = 0,296 \Omega$

$X_{s1} = X'_{s2} = 0,5 X_s = 1,15 \Omega$

üzerjähisi

$$P_{10} = 3 I_0^2 R_1 = 19,9^2 \cdot 0,4 = 158,4 \text{ W}$$

$$P_{\text{juel}} = 0,005 \cdot P_m = 150 \text{ W}$$

$$P_{\text{kerst}} = P_0 - P_{10} - P_s = 1897 - 308 = 1589 \text{ W}$$

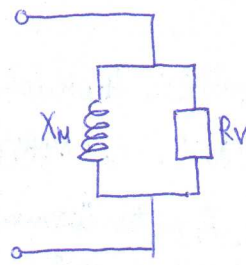
$$R_v = \frac{3 U_n^2}{P_v} = \frac{3 \cdot 380^2}{1589} = 272,6 \Omega$$

$$S_0 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_n = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 19,9$$

$$Q_0 = \sqrt{S_0^2 - P_0^2} = 12959,6 \text{ Var}$$

$$X_M = \frac{3 U_n^2}{Q_0} = 33,42 \Omega$$

$$Z_n = \frac{U_n}{I_n} = \frac{380}{33,6}$$



	%	tipikus	tafo
$r_1$	3,53	3	1-2
$r_2'$	2,62	3	1-2
$x_s$	10,16	10	5
$r_v$	240,3	3000	10000
$x_m$	295,5	300	1000

$$P_{1t} = 3 I_t^2 R_1 = 3 \cdot 33,6^2 \cdot 0,4 = 1355 \text{ W}$$

$$P_{\text{kerst}} = 1589 \text{ W}$$

$$P_{\text{kerst}} = P_1 - (P_{1t} + P_{\text{kerst}}) = 33708 - 1355 - 1589 = 30764 \text{ W}$$

$$s = \frac{1500 - 1470}{1500} = 0,02$$

$$P_{2t} = s \cdot P_e = 0,02 \cdot 30764 = 615 \text{ W}$$

$$P_m = (1-s) P_e = 0,98 \cdot 30764 = 30149 \text{ W}$$

$$P_{\text{temaly}} = P_m - P_s = 30 \text{ kW}$$

$$M = \frac{P_m}{\omega} = \frac{P_e}{\omega_0} = \frac{30764}{2\pi \frac{1500}{60}} = 195,85 \text{ Nm}$$

↓  
sinkron

② Négyfázisú háromfázisú aszinkron motor az  $s = 2,5\%$  szlipű üzemi pontban a hálózatról 60 kW teljesítményt vesz fel. Az állórész vas és tekercsvesztesége együtt 2,1 kW.

Meghatározandó ezen üzemiállapotban

Ⓐ mechanikai teljesítményt

Ⓑ a nyomaték

Ⓒ hatásfok értéke

$$\text{a) } P_{\text{mech}} = P_{\text{éghés}} (1-s) = (60 \text{ kW} - 2,1 \text{ kW}) (1 - 0,025) = 56,45 \text{ kW}$$

$$P_{\text{éghés}} = P_1 - P_V - P_{\text{t}} = 60000 - 2100$$

$$\text{b) } M = \frac{P_e}{\omega_0} = \frac{57900}{2\pi \frac{1500}{60}} = 369 \text{ Nm}$$

$$\text{c) } \eta = \frac{P_{\text{mech}}}{P_{\text{felvett}}} = \frac{56,45}{60} = 94\%$$

### Gondolkoztató 1

3fázisú aszinkron motor paramétereinek viszonylagos értékei

$$r_1 = 3\% \quad , \quad r_2' = 2,86\% \quad , \quad X_{s1} = X_{s2}' = 9\%$$

Az áthidaló ág elemeit elhanyagoljuk. A motor névleges üzemi szlipje 3%. Határozza meg

Ⓐ indítási és névleges áram hányadosát

Ⓑ indító nyomaték, valamint a billenő nyomaték és a névleges nyomaték hányadosát

Ⓒ a névleges üzemi teljesítménytényezőt és hatásfokot

A névleges áram és különösen a teljesítménytényező valamint a hatásfok értékeiben az áthidaló ág elhanyagolása jelentős eltérést eredményezhet!

$$\text{a) } \frac{I_i}{I_n} = \frac{U_n}{Z_i} = \frac{Z_n}{Z_i} = \frac{1}{\sqrt{(r_1 + r_2')^2 + (X_{s1} + X_{s2}')^2}} = 5,28$$

$$\text{b) } \frac{M_i}{M_n} = \frac{3p I_i^2 \frac{R_2'}{s_i}}{3p I_n^2 \frac{R_2'}{s_n}} = \left(\frac{I_i}{I_n}\right)^2 \cdot \frac{s_n}{s_i} = 5,28^2 \cdot 0,03$$

$$\frac{M}{M_b} = \frac{2}{\frac{s}{s_b} + \frac{s_b}{s}} = \frac{2}{\frac{3}{15,9} + \frac{15,9}{3}} = \frac{2}{5,5} = 0,364 \rightarrow \frac{M_b}{M} = 2,75$$

$$s_{\text{billenő}} = \frac{R_2'}{X_s} = \frac{2,86}{18} = 15,9\%$$

$$\text{c) } P_1 = 1$$

$$P_{t1} = 0,03 \quad (r_1 = 3\%)$$

$$P_{t2} = 0,0286 \quad (r_2 = 2,86\%)$$

$$P_m = P_1 - P_{t1} - P_{t2} = 0,9414$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R_1 + \frac{R_2'}{s}}{1} = \frac{0,03 + 0,933}{1} = 0,98$$

Generálható  $x$   
 Három fázisú háromfázisú kapcsolású, négypólusú aszinkron motor feszültségigénye <sup>ahelyre</sup>

$$a = \frac{N_1 \xi_1}{N_2 \xi_2} = \frac{1}{0,67}$$

A tekercsek ellenállása és szórásreaktanciája:

$$R_1 = 0,24 \Omega, \quad R_2 = 0,1 \Omega \quad X_{s1} = 1,1 \Omega \quad X_{s2} = 0,45 \Omega$$

A gépet 380V-os feszültről táplálva a vas és tekercsveszteségek elhanyagolásával kiszámítani:

- a) 3%-os szlipnél a teljesítménytényező és a hatásfok értéke
- b) a billenő nyomaték és a billenő szlip értéke
- c) indítónyomaték nagysága

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$$

$$R = R_1 + \frac{R_2'}{s} = 0,24 + \frac{0,22}{0,03} = 0,46 \Omega$$

$$R_2' = a^2 R_2 = ; \quad X_{s2}' = a^2 X_{s2} = 1 \Omega$$

$$Z_i = \sqrt{(R_1 + R_2')^2 + (X_{s1} + X_{s2}')^2} = \sqrt{(0,24 + 0,22)^2 + (1,1 + 1)^2} = 2,15 \Omega$$

$$s_{billenő} = \frac{R_2'}{X_s} = \frac{0,22}{1,1} = 0,2 = 20\%$$

$M_b$

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n \cos \varphi}$$

$$U_f = \frac{U_n}{\sqrt{3}} = 220V$$

$$\frac{I_i}{I_n} = \frac{1}{Z_i} = \frac{1}{2,15}$$

$$\frac{M}{M_b} = \frac{2}{\frac{s}{s_b} + \frac{s_b}{s}} \quad \frac{M_i}{M_n} = \left( \frac{I_i}{I_n} \right)^2$$

1. Változó frekvenciájú táplálásra tervezett háromfázisú, kétpólusú aszinkron motor adatai 50 Hz-es tápfrekvencián:

$$R_1=0,116\Omega; \quad R_2'=0,171\Omega; \quad X_{s1}+X_{s2}'=0,391\Omega.$$

A primer névleges fázisfeszültség 86 V, a fázisáram 28A.

A mágnesező áram és a vasvesztés elhanyagolásával számítsuk ki a motor szlipjét és nyomatékát a megadott névleges áramfelvétel mellett 50; 50/3 és 3\*50Hz-es tápfrekvenciánál.

A motort tápláló periódusváltó feszültsége 50Hz-nél a megadott névleges érték, a frekvenciával arányos változáshoz képest azonban harmadik frekvencián 5%-os, háromszoros frekvencián pedig 2%-os feszültségesés lép fel.

Ⓐ

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$I_n = \frac{U_f}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_{s1} + X_{s2}')^2}}$$



$$s = 0,05835$$

$$M = \frac{P_e}{\frac{\omega}{p}} = \frac{3 I_n^2 \frac{R_2'}{s}}{2\pi f/p} = \frac{3 \cdot 28^2 \cdot \frac{0,171}{0,05835}}{100\pi} = 21,93 \text{ Nm}$$

$$I_n = 28 \text{ A}$$

$$U_f = 86 \text{ V}$$

$$R_1 = 0,116 \Omega$$

$$R_2' = 0,171$$

$$X_s = 0,391$$

Ⓑ  $f = \frac{50}{3} \text{ Hz}$

$$s = 0,202$$

$$U_{f2} = 0,95 \cdot \frac{86}{3} = 27,2 \text{ V}$$

$$M = 19 \text{ Nm}$$

$$X_{sf2} = \frac{X_s}{3} = 0,13 \Omega$$

Ⓒ  $f = 3 \cdot 50 \text{ Hz}$

$$s = 0,0193$$

$$U_{f2} = 0,98 \cdot 86 \cdot 3 = 253 \text{ V}$$

$$M = 22,1 \text{ Nm}$$

$$X_{sf3} = X_s \cdot 3 = 1,17 \Omega$$



2. Csúszógyűrűs, háromfázisú aszinkron motor névleges üzemi szlipje 3%, feszültségátvittele  $U_1/U_2=2$ . A helyettesítő kapcsolás soros ágának elemei:

$$R_1=0,7 \Omega; \quad R_2'=0,6 \Omega; \quad X_{s1}+X_{s2}'=4 \Omega.$$

Az áthidaló ágat a számításnál elhanyagoljuk.

A motort a forgórész egyes fázisainak áramkörébe beiktatott, egyenlő nagyságú ellenállásokkal indítjuk.

a) Mekkora ellenállást kell fázisonként beiktatni, hogy az indítási áramlökést  $2I_n$ -re korlátozzuk?

b) Hogyan változik meg ezzel az indító nyomaték közvetlen rövidrezárt rotorkörű indításhoz képest?

$$\alpha = \frac{U_1}{U_2} = 2$$

$$R_1 = 0,7 \Omega$$

$$R_2' = 0,6 \Omega$$

$$s = 0,03$$

$$X_s = 4 \Omega$$

$$\text{a) } I_n = \frac{U \cdot 2}{\sqrt{(R_1 + R_2' + R_i')^2 + X_s^2}} \rightarrow R_i' = \frac{R_i'}{a^2} = \frac{8,453}{4} = 2,113 \Omega$$

$$\text{b) } \frac{M_{iR}}{M_i} = \frac{(I_{iR})^2}{(I_i)^2} \cdot \frac{R_2' + R_i'}{R_2'} = \frac{1}{6,2815} \cdot \frac{0,6 + 8,453}{0,6} = 2,402$$

1. Kalickás aszinkron motor billenő szlipje 0,283, billenő nyomatéka a névleges nyomaték 2,5-szerese. Számítsuk ki az indítási és a névleges áram viszonyát, ha a gépet

a) közvetlenül a névleges feszültségű hálózatra kapcsolva,

b) csillag-háromszög átkapcsolással,

c) indító transzformátor közbeiktatásával, a névleges feszültség 80%-val indítjuk!

Az állórész ohmos ellenállását és a mágnesező áramot elhanyagoljuk.

2. Háromfázisú, csillagkapcsolású, kalickás aszinkron motor helyettesítő elemei (az áthidaló ág elhanyagolásával):

$$R_1=R_2'=0,5 \Omega; \quad X_{s1}=X_{s2}'=1,5 \Omega.$$

A névleges üzemi szlip 2,5%. A 380 V-os feszültségű hálózaton csak a motor névleges áramának a másfélszerese megengedett, ezért az indítási áramot korlátozni kell. Két indítási módot vizsgálunk meg: az egyik esetben indító transzformátort, a másik esetben az állórész tekercseivel sorba kötött előtétellenállást alkalmazunk.

a) Milyen áttételű transzformátort ill. mekkora fázisonkénti előtétellenállást kell beiktatnunk, hogy a hálózati áram indításkor a névleges áram másfélszerese legyen?

b) Milyen arányban csökken a két esetben az indító nyomaték a közvetlen hálózatra kapcsolással való indításhoz képest?

c) Milyen szlipnél kapcsolhatunk át a hálózatra, hogy a névleges áram másfélszeresét ekkor se lépjük túl? (A tranziensektől itt is eltekintünk)

d) Milyen arányban kisebb a nyomaték a két esetben az átkapcsolást megelőzően a névleges feszültségű tápláláshoz képest? (A transzformátort ideálisnak tekintjük)

## Segédfázisos

Segédfázisos motor példa. 220V névleges feszültségű kondenzátoros motor hatásos menetszámtétele 1,41. A névleges üzemi pontban teljesülnek a szimmetria feltételek. A főfázis árama 4A. Határozzuk meg a névleges üzemállapotban az alábbi mennyiségeket és rajzoljuk fel a fázorábrát!

- a segédfázis árama
- az üzemi kondenzátor kapacitása és a rajta eső feszültség
- a hálózati áram és a felvett hatásos teljesítmény

$$\frac{\sum P_{Na}}{\sum \alpha N_a} = k = 1,41 = \operatorname{tg} \varphi \rightarrow \varphi = 54,65^\circ$$
$$\cos \varphi = 0,578$$
$$\sin \varphi = 0,815$$

$$\bar{I}_a = I_a (\cos \varphi - j \sin \varphi)$$

$$\textcircled{a} \quad I_b = j \frac{1}{k} I_a = \frac{1}{4,1} \cdot j (2,31 - j 3,26) = 2,31 + j 1,61$$

$$I_b = 2,84 \text{ A}$$

$$\textcircled{b} \quad X_c = (1+k^2) X_a$$

$$X_a = \frac{U_n}{I_n} \cdot \sin \varphi$$

$$X_c = (1+1,41^2) \cdot 44,8 = 1,34 \Omega$$

$$C = \frac{1}{\omega X_c} = 23,7 \mu\text{F}$$

$$Z_a = \frac{U}{I_a} (\cos \varphi - j \sin \varphi) = 31,8 - j 44,8$$

$$U_c = I_b \cdot X_c = 380 \text{ V}$$

2,84 · 134

$$\textcircled{c} \quad I = I_a + I_b = 4,62 - j 1,62 \text{ A}$$

$$P = U \cdot I_w = 222 \cdot 4,62$$