

SINKRONI STROJEVI

Zadaci za auditorne vježbe

S1. Trofazni sinkroni generator, 10 kV, 50 Hz, 300 o/min, pri nazivnom opterećenju daje u mrežu struju $I=2886$ A, uz faktor snage $\cos\varphi=0,85$, i pritom ima ukupne gubitke $P_d = 1000$ kW. Kolika je nazivna snaga stroja, te koliki su pogonski moment na osovini i stupanj djelovanja stroja?

$$U_n = 10 \cdot 10^3 \text{ V}$$

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

$$n_n = 300 \text{ o/min}$$

$$I_n = 2886 \text{ A}$$

$$\cos\varphi_n = 0,85$$

$$P_d = 1000 \cdot 10^3 \text{ W}$$

P_{in} – mehanička ulazna snaga na osovini

P – izlazna radna snaga

S – prividna snaga

T – moment na osovini

Računamo:

$$S = S_n = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n = 50 \cdot 10^6 \text{ VA}$$

$$P = P_d = S_n \cdot \cos\varphi_n = 42,5 \cdot 10^6 \text{ W}$$

$$P_{in} = P + P_d = 43,5 \cdot 10^6 \text{ W}$$

Mehanička kutna brzina za izračun momenta:

$$\Omega_m = \frac{n \cdot \pi}{30}$$

$$T = \frac{P_{in}}{\Omega_m} = \frac{30 \cdot P_{in}}{n \cdot \pi} = 1,3846 \cdot 10^6 \text{ Nm}$$

$$\eta = \frac{P}{P_{in}} = 0,977$$

S5. Sinkroni generator se vrti brzinom od 1000 o/min i daje 3000 V, 50 Hz. Ako taj isti generator treba opskrbljivati potrošače naponom frekvencije 60 Hz, kojom ga brzinom treba vrtjeti? Koliki će napon davati neopterećeni stroj kod 60 Hz uz nepromijenjenu uzбудu?

$$n = 1000 \text{ o/min}$$

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \Rightarrow p = \frac{60 \cdot f}{n} = 3$$

$$E = U = 3000 \text{ V}$$

$$n' = \frac{60 \cdot f'}{p} = 1200 \text{ o/min}$$

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

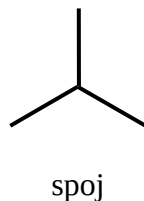
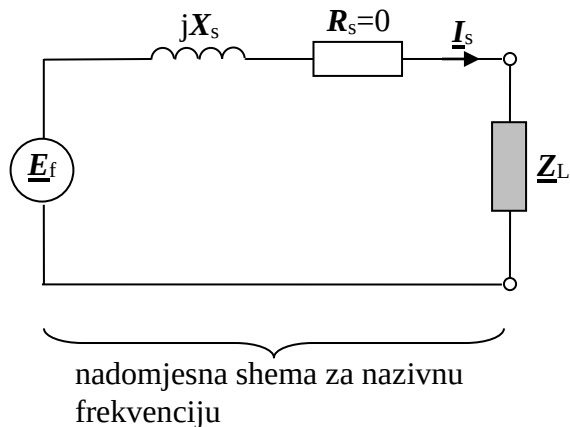
$$f' = 60 \text{ Hz}$$

$$n' = ?$$

$$E' = ?$$

$$E' = E \cdot \frac{f'}{f} = 3600 \text{ V}$$

S7. Sinkroni generator ima podatke natpisne pločice: 24 MVA, 10,5 kV, 50 Hz, 48-polni, $\cos\varphi=0,8$, $X_s=5 \Omega/\text{fazi}$. Generator je u kratkom spoju i vrti se brzinom od 25 o/min nazivno uzbuđen. Kolika struja teče u namotima armature? Statorski namot je spojen u zvijezdu.



$$S_n = 24 \cdot 10^6 \text{ VA}$$

$$U_n = 10,5 \cdot 10^3 \text{ V}$$

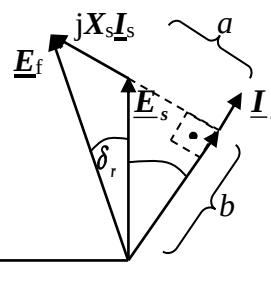
$$f_n = 50 \text{ Hz}$$

$$2p = 48$$

$$\cos\varphi_n = 0,8$$

$$X_s = 5 \Omega$$

$$n_n = \frac{60 \cdot f_n}{p} = 125 \text{ o/min}$$



fazorski dijagram za nazivnu frekvenciju

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 1319,65 \text{ A}$$

$$I_s = I_n$$

Fazni napon: $U_s = \frac{U_n}{\sqrt{3}} = 6062 \text{ V}$

Inducirani napon: $E_s = U_s = 6062 \text{ V}$

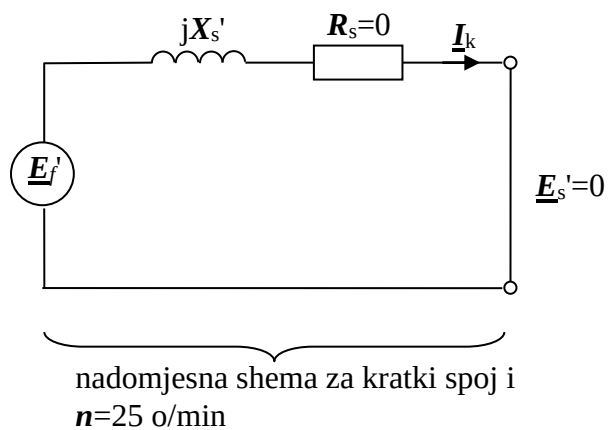
$$E_a = X_s \cdot I_s = 6600 \text{ V}$$

$$a = E_s \cdot \sin\varphi_s$$

$$b = E_s \cdot \cos\varphi_s$$

E_f – elektromotorna sila u nazivnom radu

$$E_f = \sqrt{(E_a + a)^2 + b^2} = 11326,4 \text{ V}$$



$$n' = 25 \text{ o/min}$$

$$\frac{f'}{f_n} = \frac{n'}{n_n} \Rightarrow f' = f_n \cdot \frac{n'}{n_n} = 10 \text{ Hz}$$

$$\frac{X_s'}{X_s} = \frac{f'}{f_n} \Rightarrow X_s' = X_s \cdot \frac{f'}{f_n} = 1 \text{ } \Omega$$

$$E_s' \approx f'$$

$$\frac{E_f'}{E_f} = \frac{f'}{f_n} \Rightarrow E_f' = E_f \cdot \frac{f'}{f_n} = 2265,3 \text{ V}$$

$$I_k = \frac{E_f'}{X_s'} = 2265,3 \text{ A}$$

S11. Sinkroni 4-polni motor na mreži od 50 Hz, opterećen s 100 kW, radi s kutom opterećenja (električnim) $\delta_r = 25^\circ$. Ako ne mijenjamo uzbuđu,

- koliki će biti kut opterećenja, poveća li se opterećenje na 150 kW;
- koliko se puta može povećati prvobitni moment opterećenja, a da motor ne ispadne iz sinkronizma?

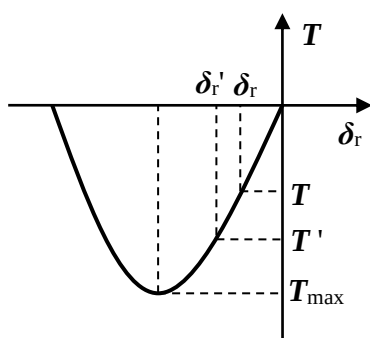
Pretpostaviti da je rotor cilindričan i zanemariti gubitke!

$$2p = 4$$

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

$$P = 100 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$\delta_r = 25^\circ$$



$$\text{a) } P' = 150 \cdot 10^3 \text{ W}$$

Općenito je moment stroja izmjenične struje jednak:

$$T = \frac{\pi}{\tau_p} \cdot V \cdot B \cdot \Theta_f \cdot \sin \delta_r$$

Pojednostavljeno:

$$T = T_{\max} \cdot \sin \delta_r \Rightarrow T_{\max} = \frac{\pi}{\tau_p} \cdot V \cdot B \cdot \Theta_f$$

$$\Theta_f = \text{konst.} \Rightarrow T_{\max} = \text{konst.}$$

$$\frac{T'}{T} = \frac{\sin \delta_r'}{\sin \delta_r}$$

$$\frac{P'}{P} = \frac{T'}{T} = \frac{\sin \delta_r'}{\sin \delta_r} \Rightarrow \sin \delta_r' = \sin \delta_r \cdot \frac{P'}{P} = 0,6339 \Rightarrow \delta_r' = 39,34^\circ$$

$$\text{b) } T = T_{\max} \cdot \sin \delta_r$$

$$\frac{T_{\max}}{T} = \frac{1}{\sin \delta_r} = 2,366$$

$$T'' < \frac{T_{\max}}{T}$$

S13. Sinkroni stroj s cilindričnim rotorom radi na krutoj mreži u praznom hodu. Rezultantno protjecanje iznosi $\Theta=624\text{A}$ uz uzбудnu struju $I_{f0}=46\text{A}$. Stroj opteretimo mehanički i podesimo uzbudnu struju tako da radi uz $\cos\varphi=0,8$ (naduzbuđen) i protjecanje armature od 214A . Koliko iznosi uzbudna struja?

$$\Theta = \Theta_{f0} = 624\text{ A}$$

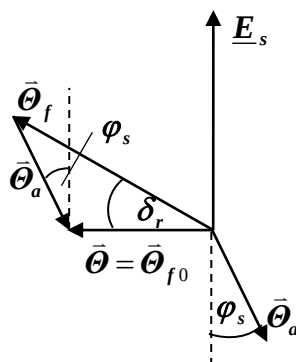
$$I_{f0} = 46\text{ A}$$

SM

$\cos \varphi = 0.8$ (naduzbuđen)

$$\Theta_a = 214\text{ A}$$

$$\varphi_s = 36,87^\circ$$



$$\Theta_f = \sqrt{\Theta^2 + \Theta_a^2 - 2 \cdot \Theta \cdot \Theta_a \cdot \cos(90^\circ + \varphi_s)} = 771,64\text{ A}$$

$$\frac{I_f}{I_{f0}} = \frac{\Theta_f}{\Theta_{f0}} = \frac{\Theta_f}{\Theta} \Rightarrow I_f = I_{f0} \cdot \frac{\Theta_f}{\Theta} = 56,88\text{ A}$$

S14. Trofazni sinkroni 4-polni motor od 100 kW opterećen je nazivnim momentom. Koliki je kut tereta, ako motor može razviti maksimalni moment od 2400 Nm? Pretpostaviti da se radi o stroju s neizraženim polovima. Frekvencija napajanja iznosi $f=50$ Hz.

$$2p = 4 \Rightarrow p = 2$$

$$P_n = 100 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$T_{\max} = 2400 \text{ Nm}$$

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

$$\delta_r = ?$$

$$T_n = T_{\max} \cdot \sin \delta_r$$

$$n_n = \frac{60 \cdot f}{p} = 1500 \text{ o/min}$$

$$T_n = \frac{P_n}{\Omega_m} = \frac{30 \cdot P_n}{n_n \cdot \pi} = 637 \text{ Nm}$$

$$\sin \delta_r = \frac{T_n}{T_{\max}} = \frac{637}{2400} = 0,265 \Rightarrow \delta_r = 15,4^\circ$$