

Prvi međuispit iz kolegija  
ELEKTROMECHANİČKE I ELEKTRİČNE PRETVORBE ENERGIJE

09.10.2007.

1. Kolika mora biti amplituda sinusno raspoređenog protjecanja jednog od faznih namota 3-faznog stroja, ako treba postići okretno polje indukcije u rasporu amplitude 0,85 T, a zračni raspor je 6 mm? (1 bod)

$$\theta_{3f} = H\delta = \frac{B}{\mu_0} \delta = \frac{0.85}{4\pi \cdot 10^{-7}} 6 \cdot 10^{-3} = 4058.45 \text{ A}$$

$$\theta_{1f} = \frac{2}{3} \theta_{3f} = \frac{2}{3} 4058.45 = \boxed{2705.63 \text{ A}} \quad \boxed{1}$$

2. Turbogenerator 40 MVA, 10 kV,  $\cos\varphi_n = 0.85$ , 3000 r/min,  $x_d = 200\%$  priključen je na krutu mrežu nazivnog napona i nazivno je opterećen. Ako se uzbudna struja smanji za 20%, koliku snagu (u MW) će generator davati u mrežu i uz koji  $\cos\varphi$ ? Koliki je kut opterećenja u nazivnoj radnoj točki i novoj radnoj točki nakon smanjenja uzbude? Zanimarite otpor armature i gubitke u stroju. (4 boda)

$$P = P_n = U_n I_n \cos\varphi_n = 1 \cdot 1 \cdot 0.85 = 0.85 \Rightarrow P = 0.85 \cdot 40 = \boxed{34 \text{ MW}} \quad \boxed{1}$$

$$E_{0n} = \sqrt{U_n^2 + (I_n x_d)^2 + 2U_n I_n x_d \sin\varphi_n} = \sqrt{1^2 + (1 \cdot 2)^2 + 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 0.5268} = 2.666$$

$$P_n = \frac{E_{0n} U_n}{x_d} \sin\delta_n \Rightarrow \delta_n = \arcsin\left(\frac{P_n x_d}{E_{0n} U_n}\right) = \arcsin\left(\frac{0.85 \cdot 2}{2.666 \cdot 1}\right) = \boxed{39.62^\circ} \quad \boxed{1}$$

$$\text{ili } \frac{\sin\delta_n}{I_n x_d} = \frac{\sin(90 + \varphi_n)}{E_{0n}} \Rightarrow \delta_n = \arcsin\left(\frac{I_n x_d \cos\varphi_n}{E_{0n}}\right) = \arcsin\left(\frac{1 \cdot 2 \cdot 0.85}{2.666}\right) = 39.62^\circ$$

$$E_0 = 0.8 E_{0n} = 0.8 \cdot 2.666 = 2.1328$$

$$\delta = \arcsin\left(\frac{P x_d}{E_0 U_n}\right) = \arcsin\left(\frac{0.85 \cdot 2}{2.1328 \cdot 1}\right) = \boxed{52.85^\circ} \quad \boxed{1}$$

$$I = \frac{1}{x_d} \sqrt{U_n^2 + E_0^2 - 2U_n E_0 \cos\delta} = \frac{1}{2} \sqrt{1^2 + 2.1328^2 - 2 \cdot 1 \cdot 2.1328 \cdot \cos 52.85^\circ} = 0.862$$

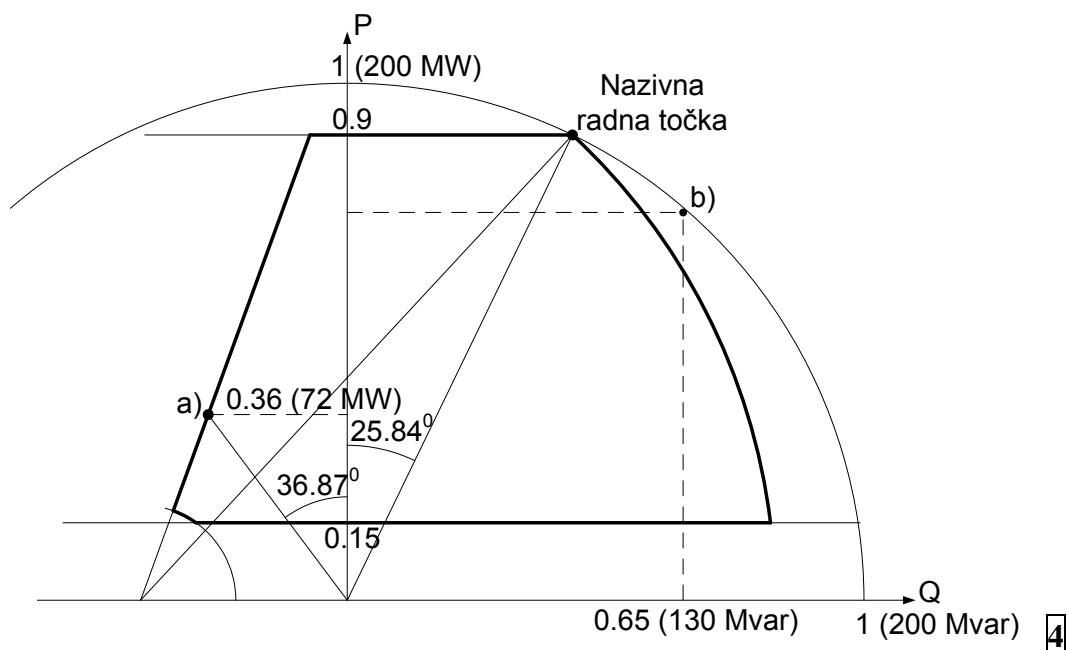
$$\cos\varphi = \frac{P}{U_n I} = \frac{0.85}{1 \cdot 0.862} = \boxed{0.986} \quad \boxed{1}$$

3. Trofazni turbogenerator ima nazivne podatke: 200 MVA, 13,8 kV,  $\cos\varphi_n = 0.9$ , 50 Hz, 3000 r/min,  $x_d = 250\%$ . Maksimalna trajna snaga pogonskog stroja iznosi 180 MW, a minimalna 30 MW. Praktična granica stabilnosti određena je pravcem konstantnog kuta opterećenja koji iznosi  $70^\circ$ . Minimalna uzbudna struja iznosi 15% nazivne uzbude. Gubici u generatoru se zanemaruju.

Nacrtajte pogonski dijagram (na koordinatama označite apsolutne i relativne jedinice) i odredite:

- S kolikom maksimalnom radnom snagom (u MW) može generator raditi u kapacitivnom području uz  $\cos\varphi = 0.8$ ?
- Može li generator trajno raditi u radnoj točki određenoj s  $P = 150 \text{ MW}$ ,  $Q = 130 \text{ Mvar}$  induktivno?

Prikažite u dijagramu točke iz a) i b). (6 bodova)



a)  $P = 72 \text{ MW}$  1

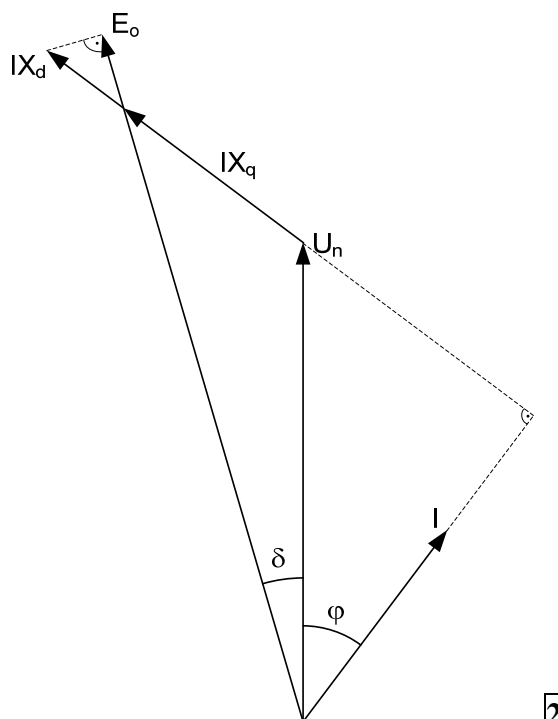
b) Ne može trajno raditi zbog ograničenja uzbudne struje (vidi sliku). 1

4. Hidrogenerator 60 MVA, 10 kV, 50 Hz, 500 r/min,  $x_d = 100 \%$ ,  $x_q = 70 \%$  je opterećen s 40 MVA uz nazivni napon i  $\cos \varphi = 0,8$  induktivno. Mehanička konstanta tromosti agregata iznosi 5 s. Za navedeno opterećenje generatora:

a) Nacrtajte fazorski dijagram.

b) Izračunajte sinkronizacijski koeficijent momenta u relativnim vrijednostima i vlastitu frekvenciju neprigušenih elektromehaničkih oscilacija u Hz. (4 boda)

a)



2

b)

$$\underline{S} = \frac{40}{60} = 0.6 \Rightarrow \underline{I} = \frac{\underline{S}}{\underline{U}_n} = \frac{0.6}{1} = 0.6$$

$$\tan \delta = \frac{IX_q \cos \varphi}{U + IX_q \sin \varphi} = \frac{0.6 \cdot 0.7 \cdot 0.8}{1 + 0.6 \cdot 0.7 \cdot 0.6} = 0.2917 \Rightarrow \delta = 16.26^\circ$$

$$\begin{aligned} E_0 &= \frac{U + IX_q \sin \varphi}{\cos \delta} + I(X_d - X_q) \cos(90^\circ - \varphi - \delta) \\ &= \frac{1 + 0.6 \cdot 0.7 \cdot 0.6}{\cos 16.26^\circ} + 0.6 \cdot (1.0 - 0.7) \cos(90^\circ - 36.87^\circ - 16.26^\circ) \\ &= 1.3 + 0.16 = 1.493 \end{aligned}$$

$$\underline{k}_s = \frac{dM}{d\delta} = \left[ \frac{E_0 \underline{U}}{\underline{X}_d} \cos \delta + \underline{U}^2 \left( \frac{1}{\underline{X}_q} - \frac{1}{\underline{X}_d} \right) \cos(2\delta) \right]$$

$$\underline{k}_s = \left[ \frac{1.493 \cdot 1}{1} \cos 16.26^\circ + 1^2 \left( \frac{1}{0.7} - \frac{1}{1} \right) \cos(2 \cdot 16.26^\circ) \right] = \boxed{1.795} \quad \boxed{1}$$

$$k_s = \underline{k}_s \frac{S_n}{\omega_{mn}}$$

$$p = \frac{60f}{n} = \frac{60 \cdot 50}{500} = 6$$

$$T_m = J \frac{\omega_{mn}^2}{S_n} \Rightarrow J = \frac{T_m S_n}{\omega_{mn}^2}$$

$$f_{vl} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{pk_s}{J}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{pk_s \frac{S_n}{\omega_{mn}} \frac{\omega_{mn}^2}{T_m S_n}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{pk_s \frac{\omega_{mn}}{T_m}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{6 \cdot 1.795 \frac{500 \frac{\pi}{30}}{5}} = \boxed{1.69 \text{ Hz}} \quad \boxed{1}$$