

ELEKTROMECHANİČKE I ELEKTRİČNE PRETVORBE ENERGIJE
PONOVLJENI ZAVRŠNI ISPIT
04. veljače 2008.

Zadatak 1 (4 boda):

Trofazni uljni transformator se kod 60 % nazivnog opterećenja zagrijava za 30 K u odnosu na temperaturu okoline, a pri nazivnom opterećenju se zagrijava za 65 K.

- a) Koliki je omjer teretnih gubitaka i gubitaka praznog hoda (P_m/P_0)?
 b) Kod kojeg opterećenja u odnosu na nazivno će se transformator zagrijati iz hladnog stanja za 40 K u roku 3 sata ako vremenska konstanta zagrijavanja iznosi 2 sata? Kolika je konačna nadtemperatura pri tom opterećenju?
 c) Skicirajte vremenski tijek zagrijavanja za oba slučaja opterećenja ($60\%I_n$, i opterećenje pod b)) s naznačenim nadtemperaturama (ϑ_m)

a)

$$\frac{\vartheta_n}{\vartheta_1} = \frac{P_0 + P_m}{P_0 + 0.5^2 P_m} = \frac{1 + \frac{P_m}{P_0}}{1 + 0.6^2 \frac{P_m}{P_0}} \Rightarrow \frac{P_m}{P_0} = \frac{\frac{\vartheta_n}{\vartheta_1} - 1}{1 - 0.6^2 \frac{\vartheta_n}{\vartheta_1}} = \frac{\frac{65}{30} - 1}{1 - 0.6^2 \frac{65}{30}} = \boxed{5,303} \quad \boxed{1}$$

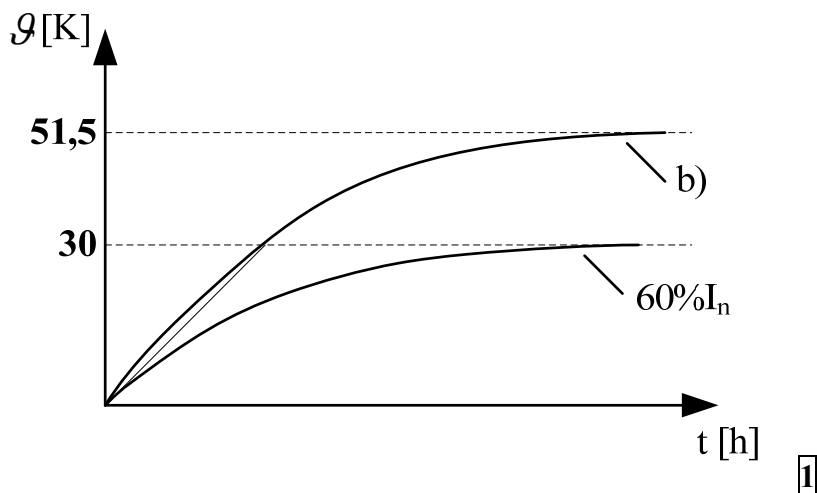
b)

$$\vartheta = \vartheta_m \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) \Rightarrow \vartheta_m = \frac{\vartheta}{1 - e^{-\frac{t}{T}}} = \frac{40}{1 - e^{-\frac{3}{2}}} = 51,5 \text{ K} \quad \boxed{1}$$

$$\frac{\vartheta_m}{\vartheta_n} = \frac{P_0 + \alpha^2 P_t}{P_0 + P_t} = \frac{\frac{P_0}{P_t} + \alpha^2}{\frac{P_0}{P_t} + 1} \Rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{\vartheta_m}{\vartheta_n} \left(\frac{P_0}{P_t} + 1 \right) - \frac{P_0}{P_t}} \quad \boxed{1}$$

$$= \sqrt{\frac{51,5}{65} (0,1886 + 1) - 0,1886} = \boxed{0,868}$$

c)



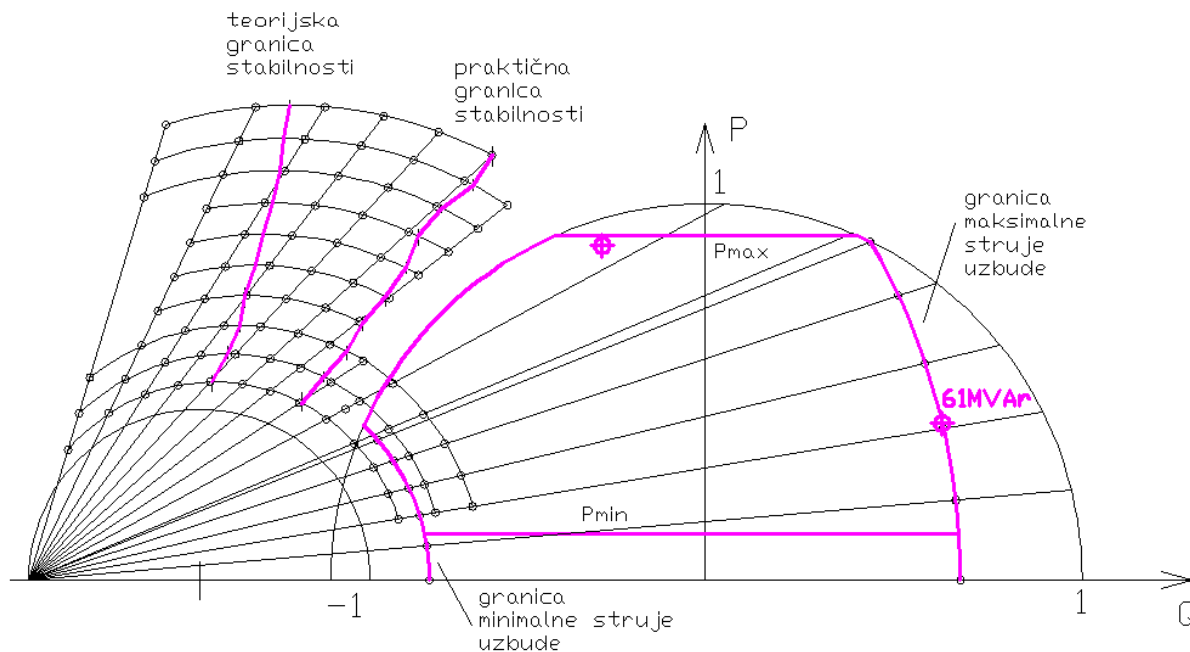
Zadatak 2 (4 boda):

Trofazni hidrogenerator 120MVA, 14,4kV, $\cos\varphi=0,9$, $x_d=2x_q=110\%$, ima uzбудni namot termički iskorišten do maksimuma. Snaga pogonskog stroja iznosi $P_{\max}=110\text{MW}$ i $P_{\min}=15\text{MW}$. Minimalna uzbuda odgovara naponu $E_0=0,1E_{0n}$. Nacrtajte pogonski dijagram generatora ako je praktična granica stabilnosti određena s rezervom snage 0,1 p.u. u odnosu na teorijsku granicu stabilnosti.

a) Odredite može li generator raditi trajno s $I=4500\text{A}$ uz $\cos\varphi=0,95$ kap.

b) Odredite najveću jalovu snagu koju može dati naduzbuđeni generator u mrežu, ako daje radnu snagu od 50MW? Prikažite na pogonskom dijagramu točke iz a) i b).

Napomena: Pogonski dijagram treba crtati na milimetarskom papiru i to u mjerilu 100% (1 p.u.) = 80 mm!

**2 boda za ovakav pogonski dijagram****1 bod za objašnjenje pod a)****1 bod određivanje Q pod b)****Zadatak 3 (3 boda):**

Trofazni asinkroni motor 4kW, 400V, 50Hz, 930 r/min, spoj zvijezda, pogoni teret konstantnog momenta pri čemu je izmjereno $I_1=8,2\text{A}$, $n=937\text{ r/min}$. U pokusu praznog hoda pri 400V, 50Hz izmjereno je $P_0=270\text{W}$, $I_0=3,5\text{A}$. Otpor faze namota statora u pogonski toplom stanju iznosi $R_1=0,44\Omega$. Gubici trenja i ventilacije iznose 2% nazivne snage motora. Za navedenu radnu točku izračunajte:

- klizanje,
- moment tereta,
- snagu koju motor uzima iz mreže,
- gubitke u namotu rotora,
- korisnost motora.

Pretpostavite da se gubici trenja i ventilacije ne mijenjaju s promjenom brzine vrtnje, te da je moment motora linearno ovisan u području klizanja od $s=0$ do $s=10\%$.

$$\text{a) } s = \frac{n_s - n_1}{n_s} = \frac{1000 - 937}{1000} \cdot 100 = 6,3\%$$

0,5

$$\text{b) } \frac{M}{s} = \frac{M_n}{s_n} \Rightarrow M = \frac{s}{s_n} \cdot M_n$$

$$s_n = \frac{n_s - n_n}{n_s} = \frac{1000 - 930}{1000} = 0,07$$

$$M_n = \frac{P_n \cdot 30}{n_n \cdot \pi} = \frac{4000 \cdot 30}{930 \cdot \pi} = 41,07 \text{ Nm}$$

$$M = \frac{s}{s_n} \cdot M_n = \frac{0,063}{0,07} \cdot 41,07 = 36,96 \text{ Nm} \quad \boxed{0,5}$$

c) $P_{meh} = P_2 + P_{tr,v}$

$$P_2 = M \cdot n \cdot \frac{\pi}{30} = 36,96 \cdot 937 \cdot \frac{\pi}{30} = 3626,6 \text{ W} \quad P_{tr,v} = 0,02 \cdot P_n = 0,02 \cdot 4000 = 80 \text{ W}$$

$$P_{meh} = P_2 + P_{tr,v} = 3626,6 + 80 = 3706,6 \text{ W}$$

$$P_{okr} = \frac{P_{meh}}{1 - s} = \frac{3706,6}{1 - 0,063} = 3955,8 \text{ W} \quad \boxed{0,5}$$

$$P_{Cu1} = 3 \cdot I_1^2 \cdot R_1 = 3 \cdot 8,2^2 \cdot 0,44 = 88,76 \text{ W}$$

$$P_{Fel} = P_0 - 3 \cdot I_0^2 \cdot R_1 - P_{tr,v} = 270 - 3 \cdot 3,5^2 \cdot 0,44 - 80 = 173,83 \text{ W}$$

$$P_1 = P_{okr} + P_{Fel} + P_{Cu1} = 3955,8 + 173,83 + 88,76 = 4218,4 \text{ W} \quad \boxed{0,5}$$

d) $P_{Cu2} = s \cdot P_{okr} = 0,063 \cdot 3955,8 = 249,2 \text{ W} \quad \boxed{0,5}$

e) $\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{3626,6}{4218,4} = 0,8597 \quad \boxed{0,5}$

Zadatak 4 (3 boda):

Trofazni asinkroni kolutni motor 400V, 40kW, 50Hz, 970r/min opterećen je nazivnim momentom. Otpor po fazi rotora iznosi 80mΩ. Skicirajte momentne karakteristike i izračunajte:

- Koliki otpor je potrebno dodati u rotorski krug motora da bi se pri nazivnom momentu motor vrtio brzinom 800r/min?
- U slučaju da se napon motora pri nazivnom momentu tereta smanji za 10%, koliki otpor treba dodati u rotorski krug da bi brzina vrtnje bila 800r/min?

Rotorski rasipni otpor se može zanemariti pri malim klizanjima.

a) $s_n = \frac{n_s - n_n}{n_s} = \frac{1000 - 970}{1000} = 0,03 \quad \boxed{0,5}$

$$s_1 = \frac{n_s - n_1}{n_s} = \frac{1000 - 800}{1000} = 0,2 \quad \boxed{0,5}$$

$$\frac{R_2}{s_n} = \frac{R_2 + R_d}{s_1} \Rightarrow R_d = R_2 \left(\frac{s_1}{s_n} - 1 \right) = 80 \cdot \left(\frac{0,2}{0,03} - 1 \right) = 453,3 \text{ m}\Omega \quad \boxed{0,5}$$

b) $M = \frac{m_2 \cdot I_2^2 \cdot R_2}{s \cdot \omega_s} = \frac{m}{\omega_s} \cdot \frac{E_{20}^2}{\left[\left(\frac{R_2}{s} \right)^2 + X_{\sigma 2}^2 \right]} \cdot \frac{R_2}{s} \doteq \frac{m}{\omega_s} \cdot E_{20}^2 \cdot \frac{s}{R_2} \quad \boxed{0,5}$

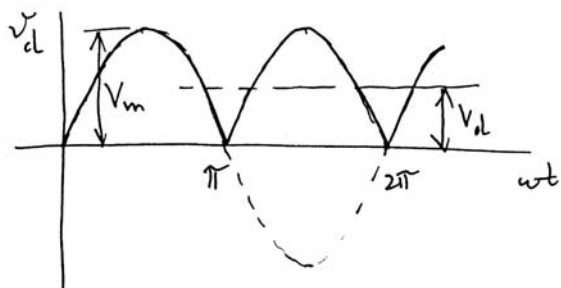
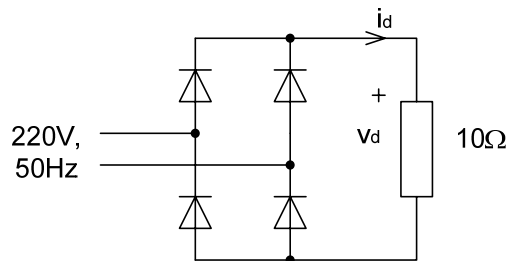
$$E_{20}^2 \cdot \frac{S}{R_2} = (0,9 \cdot E_{20})^2 \cdot \frac{S_1}{R_2 + R_d} \Rightarrow R_d = R_2 \left(0,9^2 \cdot \frac{S_1}{S_n} - 1 \right) = 80 \cdot \left(0,9^2 \cdot \frac{0,2}{0,03} - 1 \right) = 352 \text{ m}\Omega \quad \boxed{1}$$

Zadatak 5 (3 boda):

Za diodni ispravljač u jednofaznom mosnom spoju izračunajte:

- srednji napon trošila,
- srednju snagu trošila,
- faktor snage napojne mreže.

Zadano je: efektivna vrijednost napona napojne mreže je 220V, frekvencija napojne mreže je 50Hz, a otpor trošila je 10Ω.



$$a) V_d = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{\pi} V_m \cdot \sin \omega t \cdot d\omega t = \frac{V_m}{\pi} [-\cos \omega t]_0^{\pi} = \frac{2 \cdot V_m}{\pi} = \frac{2 \cdot 220 \cdot \sqrt{2}}{\pi} = 198 \text{ V} \quad \boxed{1}$$

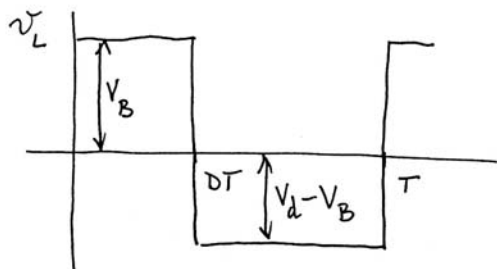
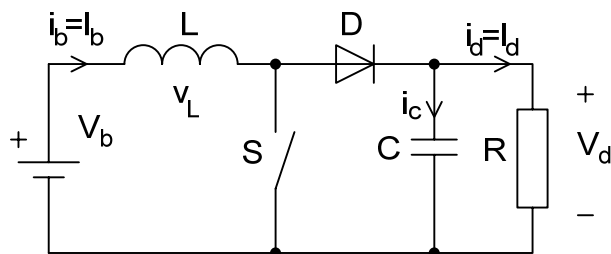
b) Budući da snaga ovisi o kvadratu struje, svedeno je da li kroz otpor teče sinusna struja ili poluvalovi sinusne struje.

$$P = U \cdot I = 220 \cdot \frac{220}{10} = 4840 \text{ W} \quad \boxed{1}$$

$$c) \lambda = \frac{P}{S} = \frac{4840}{4840} = 1 \text{ jer kroz mrežu teče sinusna struja u fazi s naponom} \quad \boxed{1}$$

Zadatak 6 (3 boda):

Za istosmjerni uzlazni pretvarač izvedite transformatorske jednačbe. Provjerite strujnu transformatorsku jednačbu polazeći od uvjeta da je srednja vrijednost struje kroz kapacitet jednaka nuli (uputa: nacrtajte valni oblik struje kroz kapacitet).



$$V_B \cdot D \cdot T = (V_d - V_B) \cdot (1 - D) \cdot T$$

$$V_B \cdot D = V_d - V_B - D \cdot V_d + V_B \cdot D$$

$$V_B = V_d \cdot (1 - D)$$

1

$$\frac{V_d}{V_B} = \frac{1}{1 - D}$$

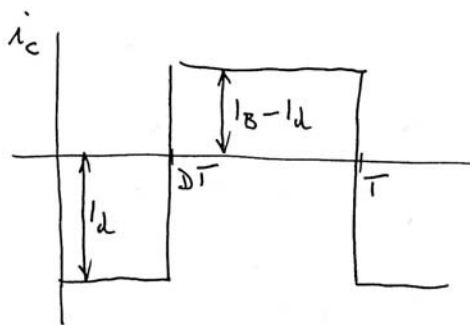
$$P_d = P_B$$

$$V_d \cdot I_d = V_B \cdot I_B$$

$$\frac{I_d}{I_B} = \frac{V_B}{V_d}$$

1

$$\frac{I_d}{I_B} = 1 - D$$



$$I_d \cdot D \cdot T = (I_B - I_d) \cdot (1 - D) \cdot T$$

$$I_d \cdot D = I_B - I_d - D \cdot I_B + I_d \cdot D$$

$$I_d = I_B \cdot (1 - D)$$

1

$$\frac{I_d}{I_B} = 1 - D$$