

Ime i prezime: _____, br. indeksa _____.

Ovaj list se predaje zajedno sa vežbankom!

Sve odgovore na postavljena pitanja upisati na naznačena mesta, a odgovarajuću analizu, obrazloženja odgovora i proračune dati u vežbankama. Svaki tačan odgovor mora biti i obrazložen.

Upravljanje elektromotornim pogonima

Beograd, 8. maj 2021.

I KOLOKVIJUM

Zadatak: U pogonu sa nezavisno pobuđenim motorom jednosmerne struje moment opterećenja je linearna funkcija brzine, zanemarljive vrednosti pri brzini jednakoj nuli, a priroda mu je reaktivna. Pri stalnoj i nominalnoj pobudi i nominalnom naponu izmerena je nominalna struja indukta motora. Smatrati da se indukt motora napaja iz punoupravljivog trofaznog tiristorskog mosta, pri čemu je vrednost ugla paljenja u ovim uslovima iznosila 30° . Označiti ovu radnu tačku sa N u $m-\omega$ ravni.

- a) Sračunati vrednost napona indukta motora i ugao paljenja tiristorskog mosta, ako je u novoj radnoj tački A brzina obrtanja 90 rad/s, a otpor indukta nije promenjen. Nacrtati kretanje radne tačke od radne tačke N do radne tačke A u $m-\omega$ ravni i izračunati trajanje prelaznog procesa. Koliko iznosi promena napona u ovom slučaju?

Odgovor: _____ [1,2 poena]

- b) Odrediti polove sistema sa datim vrednostima za parametre motora. Kakav je karakter prelaznih procesa kod ovog pogona?

Odgovor: _____ [1 poen]

- c) Nacrtati zavisnost brzine od struje indukta motora u toku procesa koji nastaje kada se napon indukta naglo poveća za polovinu vrednosti promene određene u a) - radna tačka B. Kakav problem se može pojaviti? Napraviti razliku između realnog slučaja i uprošćenog, tj. slučaja u kome se može smatrati da je $T_m \gg T_a$.

Odgovor je na strani: _____ [0,8 poena]

Podaci: 5 kW; 230 V; 26,1 A; 150 rad/s; $R_a = 1,1 \Omega$; $L_a = 0,01$ H; ukupan momenat inercije pogona je $J = 0,0133 \text{ kgm}^2$.

Teorijsko pitanje: Nacrtati i ukratko objasniti razdeljeno upravljanje pogonom sa motorom za jednosmernu struju napajanim iz dva anti-paralelna tiristorska mosta. Objasniti logiku koja određuje koji most je aktivan.

Odgovor je na strani _____. [2 poena]

$$U_{an} := 230V \quad I_{an} := 26.1A \quad \omega_n := 150 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad Nm \equiv N \cdot m \quad r_j \equiv 1$$

$$R_a := 1.1\Omega \quad L_a := 0.01H \quad \Sigma J := 0.0133 \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\omega_b := \omega_n \quad R_b := \frac{U_{an}}{I_{an}} = 8.812 \Omega \quad M_b := \frac{U_{an} \cdot I_{an}}{\omega_b} = 40.02 \cdot \text{Nm} \quad I_b := I_{an} \quad U_b := U_{an}$$

$$\mathbf{N:} \quad T_a := \frac{L_a}{R_a} = 9.091 \times 10^{-3} \text{s} \quad T_m := \Sigma J \cdot \frac{\omega_b}{M_b} = 0.05 \text{s}$$

$$r_a := \frac{R_a}{R_b} = 0.125 \cdot r_j \quad \Psi_{fn} := 1 - r_a \quad \Psi_{fn} = 0.875 \cdot r_j$$

$$m_n := \Psi_{fn} = 0.875 \cdot r_j \quad \omega_{\text{m}} := 1r_j \quad u_{an} := 1r_j \quad i_{an} := 1r_j$$

$$K_{\omega} := \frac{m_n}{\omega_n} \quad m_m(\omega) := K_{\omega} \cdot \omega \quad K_{\omega} = 0.875 \cdot r_j$$

$$u_{d0} := \frac{1}{\cos(30\text{deg})} \quad u_{d0} = 1.1547 \cdot r_j \quad U_{d0} := u_{d0} \cdot U_b \quad U_{d0} = 265.581 \text{ V}$$

A) Prema podacima datim u zadatku, u početku imamo nominalni napon, nominalnu pobudu i nominalnu struju. Znači da je u početku nominalna brzina.

$$m_{eN} := m_n \quad \omega_N := \omega_n$$

$$\text{Sračunati napon indukta ako je brzina} \quad \omega_A := \frac{90 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{\omega_b} = 0.6 \cdot r_j \quad m_m(\omega_A) := K_{\omega} \cdot \omega_A$$

$$i_{aA} := \frac{m_m(\omega_A)}{\Psi_{fn}} = 0.6 \cdot r_j \quad i_{aA} \cdot I_b = 15.66 \text{ A}$$

$$u_{aA} := r_a \cdot i_{aA} + \omega_A \cdot \Psi_{fn} = 0.6 \cdot r_j \quad U_{aA} := u_{aA} \cdot U_b = 138 \text{ V} \quad \alpha_A := \arccos\left(\frac{U_{aA}}{U_{d0}}\right)$$

$$\alpha_A = 58.694 \cdot \text{deg}$$

$$\Delta U := U_{an} - U_{aA} \quad \Delta U = 92 \text{ V}$$

$$\Delta u := u_{an} - u_{aA} \quad \Delta u = 0.4 \cdot r_j$$

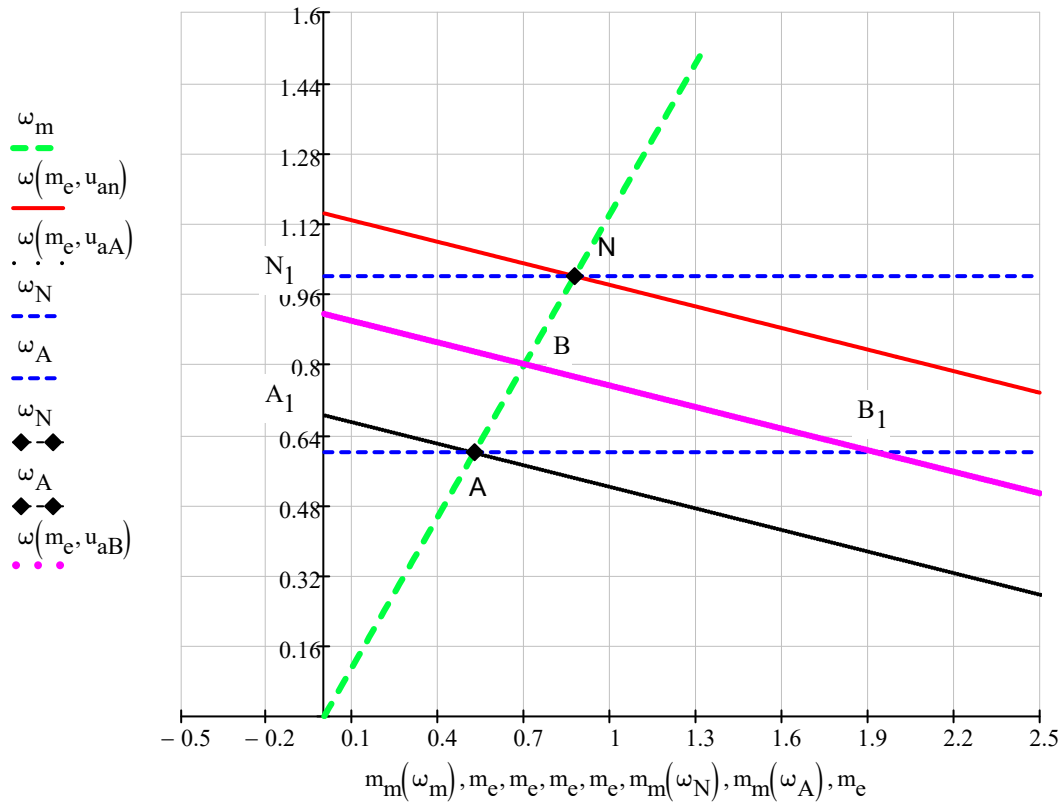
Grafik:

$$\omega(m_e, u_a) := \frac{u_a - r_a \cdot \frac{m_e}{\Psi_{fn}}}{\Psi_{fn}}$$

$$m_e := 0,0 + 0,01 \dots 2,5$$

$$\omega_m := 0,001 \dots 1,5$$

$$u_{aB} := u_{aA} + \frac{1}{2} \Delta u$$



Radna tačka formira putanju N-N1-A1-A. Pri napajanju motora iz tiristorskog mosta, moguć je rad samo u prvom i četvrtom kvadrantu.

B) Kakav je karakter prelaznih procesa kod ovog pogona?

Matematički model pogona je:

$$T_a \cdot \left(\frac{d}{dt} i_a \right) = \frac{1}{r_a} \cdot (u_a - \omega \cdot \Psi_{fn}) - i_a$$

$$T_m \cdot \left(\frac{d}{dt} \omega \right) = \Psi_{fn} \cdot i_a - m_m(\omega)$$

U formi prostora stanja model je

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} i_a \\ \omega \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{1}{T_a} & -\frac{\Psi_{fn}}{T_a \cdot r_a} \\ \frac{\Psi_{fn}}{T_m} & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} i_a \\ \omega \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{1}{T_a \cdot r_a} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{T_m} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} u_a \\ m_m(\omega) \end{pmatrix}$$

Matrica sistema određuje sopstvene vrednosti:

$$\underline{\underline{A}} := \begin{pmatrix} \frac{1}{T_a} & -\frac{\Psi_{fn}}{T_a \cdot r_a} \\ \frac{\Psi_{fn}}{T_m} & 0 \end{pmatrix} \quad \text{eigenvals}(\underline{\underline{A}}) = \begin{pmatrix} -55 + 102.541i \\ -55 - 102.541i \end{pmatrix} \frac{1}{s}$$

$$\det(\lambda \cdot I - \underline{\underline{A}}) = \lambda^2 + \frac{1}{T_a} \cdot \lambda + \frac{\Psi_{fn}^2}{T_m \cdot T_a \cdot r_a} \quad \text{Karakteristični polinom}$$

Sopstvene vrednosti su rešenja karakteristične jednačine

$$\det(\lambda \cdot I - \underline{\underline{A}}) = 0$$

$$\lambda_1 := -\frac{1}{2T_a} - \sqrt{\frac{1}{4T_a^2} - \frac{\Psi_{fn}^2}{T_a \cdot T_m \cdot r_a}} \quad \lambda_1 = (-55 - 102.541i) \frac{1}{s}$$

$$\lambda_2 := -\frac{1}{2T_a} + \sqrt{\frac{1}{4T_a^2} - \frac{\Psi_{fn}^2}{T_a \cdot T_m \cdot r_a}} \quad \lambda_2 = (-55 + 102.541i) \frac{1}{s}$$

$$\omega_{nn} := \sqrt{\frac{\Psi_{fn}^2}{T_m \cdot T_a \cdot r_a}} = 116.36 \cdot \frac{\text{rad}}{s} \quad \xi := \frac{1}{2 \cdot \omega_{nn} T_a} = 0.473$$

Polovi su konjugovano kompleksni, pa je karakter prelaznih procesa oscilatorno prigušen.

C) Tačka B.1 u slučaju da je $T_m \gg T_a$:

$$i_{B1} := \frac{u_{aB} - \omega_A \cdot \Psi_{fn}}{r_a}$$

$$i_{B1} = 2.202 \cdot r_j$$

Može se pojaviti velika struja indukta u toku prelaznog procesa zaletanja (u ovom slučaju njena vrednost je $2.2r_j$). U realnom slučaju će struja u toku zaletanja biti manja, ali je treba ograničiti u upravljačkom delu energetskeg pretvarača.

$$t_1 := 5 \quad N_t := 2000$$

$$u_a(t) := \begin{cases} u_{aA} & \text{if } t < 1 \\ \left(u_{aA} + \frac{1}{2} \Delta u\right) & \text{if } t \geq 1 \end{cases} \quad X_0 := \begin{pmatrix} i_{aA} \\ \omega_A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.6 \\ 0.6 \end{pmatrix}$$

$$\omega_B := \frac{u_{aB} \cdot \Psi_{fn}}{r_a \cdot K_\omega + \Psi_{fn}^2} \quad \omega_B = 0.8 \cdot r_j \quad m_B := K_\omega \cdot \omega_B \quad m_B = 0.7 \cdot r_j \quad i_B := \frac{m_B}{\Psi_{fn}} \quad i_B = 0.8 \cdot r_j$$

Given

Za Odeslove nam ne trebaju definicije promenljivih.

Izbacujemo vreme iz vremenske konstatne.

Početni uslovi.

$$\frac{T_a}{1s} \cdot \left[\frac{d}{dt} (i_a(t)) \right] = \frac{1}{r_a} \cdot (u_a(t) - \omega(t) \cdot \Psi_{fn}) - i_a(t) \quad i_a(0) = i_{aA}$$

$$\frac{T_m}{1s} \cdot \left(\frac{d}{dt} \omega(t) \right) = \Psi_{fn} \cdot i_a(t) - K_\omega \cdot \omega(t) \quad \omega(0) = \omega_A$$

$$\begin{pmatrix} i_{ax} \\ \omega_x \end{pmatrix} := \text{Odesolve} \left[\begin{pmatrix} i_a \\ \omega \end{pmatrix}, t, t_1, N_t \right] \quad t_x := 0, \frac{t_1}{N_t} .. t_1$$

