

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.

Elektromotorni pogoni

Beograd, 25. novembar 2023.

I KOLOKVIJUM

zadatak: Indukt motora jednosmerne struje sa nezavisnom pobudom napaja se iz trofaznog tiristorskog mosnog punoupravljivog ispravljača, a pobuda (induktor) iz monofaznog tiristorskog mosnog punoupravljivog ispravljača. Opterećenje motora je reaktivno i iznosi $m_m [\text{Nm}] = 0,21 \cdot \omega$ [rad/s].

- a) Odrediti vrednost ugla paljenja trofaznog tiristorskog ispravljača i vrednost ugla paljenja monofaznog tiristorskog ispravljača, da bi brzina pogona iznosila 0,9 nominalne pri zadatom opterećenju. Obeležiti ovu radnu tačku sa A u m - ω ravni.

Odgovor je na strani: _____

[1 poen]

- b) Odrediti vrednost ugla paljenja monofaznog tiristorskog ispravljača i ugao paljenja trofaznog tiristorskog ispravljača da bi brzina pogona iznosila 260 rad/s pri zadatom opterećenju. Obeležiti ovu radnu tačku sa B u m - ω ravni. Da li pogon može trajno da radi u ovom režimu? Odgovor obrazložiti.

Odgovor je na strani: _____

[1 poen]

- c) Odrediti koliko je maksimalno dozvoljeno trenutno povećati vrednost napona indukta u radnoj tački A, tako da struja indukta u prelaznom procesu ne pređe maksimalno dozvoljenu vrednost. Odrediti koordinate nove radne tačke ustaljenog stanja. Grafički ilustrovati rešenje zadatka i označiti ovu radnu tačku ustaljenog stanja u m - ω ravni sa C. Smatrati da je $T_m \gg T_a$.

Napomena: Smatrati da su elektromagnetne vremenske konstante indukta i pobude značajno manje od mehaničke vremenske konstante pogona.

Odgovor je na strani: _____

[1 poen]

Podaci o motoru: 220V, 53A, 2250 o/min; $R_a = 0,25 \Omega$; $L_a = 0,01 \text{ H}$, $R_f = 83 \Omega$, ukupan moment inercije pogona je $J = 0,133 \text{ kgm}^2$, maksimalna vrednost struje indukta je 2,6 puta veća od nominalne. Karakteristiku magnećenja smatrati linearnom $\Psi_f [\text{Wb}] = 0,35 \cdot i_f [\text{A}]$, napon napajanja (ulazni napon) monofaznog ispravljača je $V_f = 220\text{V}$, a međufazni (ulazni) napon kod trofaznog ispravljača je $V_{ll} = 380\text{V}$. Zanemariti uticaj prekidnih struja. Dozvoljen je kratkotrajni porast napona indukta od 10%.

Podsetnik:

Izlazni napon trofaznog mosnog punoupravljivog ispravljača: $U_a = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} V_{ll} \cos \alpha$

Izlazni napon monofaznog mosnog punoupravljivog ispravljača: $U_f = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_f \cos \alpha$

Teorijsko pitanje: Vrste električnog kočenja u pogonima sa mašinama za jednosmernu struju. Navesti osnovne osobine i način izvođenja kočenja u pogonima sa motorima za jednosmernu struju sa stalnom i nezavisnom pobudom. Za objašnjenja koristiti statičke karakteristike i električne šeme.

Odgovor je na strani: _____

[2 poena]

Polazni podaci: $r_j \equiv 1$

$$P_n := 10 \cdot \text{kW}$$

$$U_{an} := 220 \text{ V}$$

$$I_{an} := 53 \text{ A}$$

$$\omega := 2 \cdot \pi \cdot \text{rad}$$

$$\text{Nm} \equiv \text{N} \cdot \text{m}$$

$$r_j \equiv 1$$

$$n_n := 2250 \cdot \frac{\text{°}}{\text{min}}$$

$$\omega_n := n_n$$

$$\omega_n = 235.619 \frac{1}{\text{s}}$$

$$V_f := 220 \cdot \text{V}$$

$$V_L := 380 \text{ V}$$

$$K_\omega := 0.21 \frac{\text{Nm} \cdot \text{s}}{\text{rad}}$$

$$R_a := 0.25 \Omega$$

$$L_a := 0.01 \text{ H}$$

$$\Sigma J := 0.133 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$R_f := 83 \Omega$$

$$R_{fb} := R_f$$

$$K_{\omega} := 0.21 \cdot \frac{\text{Nm} \cdot \text{s}}{\text{rad}}$$

$$U_{ab} := U_{an}$$

$$I_{ab} := I_{an}$$

$$\omega_b := \omega_n$$

$$\Psi_{fb} := \frac{U_{ab}}{\omega_b}$$

$$\Psi_{fb} = 0.934 \text{ Wb}$$

$$R_b := \frac{U_{ab}}{I_{ab}} = 4.151 \Omega$$

$$M_b := \frac{U_{ab} \cdot I_{ab}}{\omega_b} = 49.487 \cdot \text{Nm}$$

$$I_{fb} := \frac{\Psi_{fb}}{0.35 \cdot \frac{\text{Wb}}{\text{A}}}$$

$$I_{fb} = 2.668 \text{ A}$$

$$U_{fb} := R_{fb} \cdot I_{fb}$$

$$U_{fb} = 221.422 \text{ V}$$

$$\frac{(2 \cdot \sqrt{2})}{\pi} \frac{V_f}{U_{fb}} = 0.895 \cdot r_j$$

N:

$$T_a := \frac{L_a}{R_a} = 0.04 \text{ s}$$

$$T_m := \Sigma J \cdot \frac{\omega_b}{M_b} = 0.633 \text{ s}$$

$$\frac{(3 \cdot \sqrt{2})}{\pi} \frac{V_L}{U_{ab}} = 2.333 \cdot r_j$$

$$R_{arel} := \frac{R_a}{R_b} = 0.06 \cdot r_j$$

$$\Psi_{fnrel} := 1 - R_{arel} \quad \Psi_{fnrel} = 0.94 \cdot r_j \quad \Psi_{fnrel}(\Psi_{fb}) = 0.877 \text{ Wb}$$

$$V_{frel} := \frac{V_f}{U_{fb}} = 0.994 \cdot r_j$$

$$V_{Lrel} := \frac{V_L}{U_{ab}} = 1.727 \cdot r_j$$

$$\Psi_{frel}(I_{frel}) := 0.35 \cdot \frac{I_{fb}}{\Psi_{fb}} \cdot I_{frel}$$

$$\frac{0.35 \cdot \frac{\text{Wb}}{\text{A}} \cdot I_{fb}}{\Psi_{fb}} = 1$$

$$\Psi_{frel}(I_{frel}) := I_{frel}$$

Kako je karakteristika magnećenja linearna, iz prethodnog sledi da je:

$$I_{fnrel} := \Psi_{fnrel}$$

Zbog prihvaćenog sistema normalizacije

$$U_{fnrel} := I_{fnrel}$$

$$I_{fnrel} \cdot I_{fb} = 2.507 \text{ A}$$

$$M_{nrel} := \Psi_{fnrel} = 0.94 \cdot r_j \quad \omega_{nrel} := 1 \quad U_{anrel} := 1 \quad I_{anrel} := 1 \quad I_{amaxrel} := 2.6 r_j$$

$$R_{arel} := 0.06 \cdot r_j \quad R_{frel} := 1 r_j \quad T_{arel} := 0.633 \cdot s \quad k_{\omega} := \frac{K_{\omega} \cdot \omega_b}{M_b} \quad k_{\omega} = 1 \cdot r_j$$

$$m_m(\omega) := k_{\omega} \cdot \omega \quad U_{arel}(\alpha_i) := 3 \cdot \frac{\sqrt{2} \cdot V_{Lrel}}{\pi} \cos(\alpha_i) \quad U_{frel}(\alpha_p) := 2 \cdot \frac{\sqrt{2} \cdot V_{frel}}{\pi} \cos(\alpha_p)$$

a) $\omega_{Arel} := 0.9 \cdot r_j \quad m_{eArel} := m_m(\omega_{Arel}) \quad m_{eArel} = 0.9 \cdot r_j$

Za brzine manje od nominalne fluks je nominalan.

$$\Psi_{fnrel} := 1 - R_{arel} = 1 \cdot r_j \quad m_{nrel} := \Psi_{fnrel} \quad \Psi_{fn} := \Psi_{fnrel} \cdot \Psi_{fb} = 0.878 \text{ Wb}$$

Karakteristika magnećenja je linearna funkcija.

$$I_{fArel} := \Psi_{fnrel} = 0.94 \cdot r_j \quad U_{fArel} := R_{frel} \cdot I_{fArel} = 0.94 \cdot r_j \quad U_{fArel} \cdot U_{fb} = 208.137 \text{ V}$$

$$\alpha_{pA} := \arccos\left(U_{fArel} \cdot \frac{\pi}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot V_{frel}}\right) = 18.191 \cdot \text{deg}$$

$$U_{aArel} := R_{arel} \cdot \frac{m_m(\omega_{Arel})}{\Psi_{fnrel}} + \omega_{Arel} \cdot \Psi_{fnrel} = 0.903 \cdot r_j \quad i_{aArel} := \frac{m_m(\omega_{Arel})}{\Psi_{fnrel}} = 0.957 \cdot r_j$$

$$\alpha_{iA} := \arccos\left(U_{aArel} \cdot \frac{\pi}{3 \cdot \sqrt{2} \cdot V_{Lrel}}\right) = 67.213 \cdot \text{deg} \quad i_{aArel} \cdot I_{ab} = 50.738 \text{ A}$$

$$U_{aArel} \cdot U_{ab} = 198.757 \text{ V}$$

b) $\omega_{Brel} := \frac{260 \cdot \frac{\text{rad}}{s}}{\omega_b} \quad m_{eBrel} := m_m(\omega_{Brel}) \quad m_{eBrel} = 1.103 \cdot r_j$

$$\omega_{Brel} = 1.103 \cdot r_j$$

Za brzine veće od nominalne napon indukta je nominalan

$$U_{aBrel} := 1 \cdot r_j$$

$$\alpha_{i2} := \arccos\left(U_{aBrel} \cdot \frac{\pi}{3 \cdot \sqrt{2} \cdot V_{Lrel}}\right) = 64.615 \cdot \text{deg}$$

$$\psi_x := 0.7$$

Given

$$\omega_{Brel} \cdot \psi_x^2 - U_{aBrel} \cdot \psi_x + R_{arel} \cdot m_m(\omega_{Brel}) = 0$$

$$\Psi_{fBrel} := \text{Find}(\psi_x) \quad I_{fBrel} := \Psi_{fBrel} = 0.834 \cdot r_j$$

$$U_{fBrel} := R_{frel} \cdot I_{fBrel} = 0.834 \cdot r_j$$

$$I_{fBrel} \cdot I_{fb} = 2.226 \text{ A}$$

$$\Psi_{fB} := \Psi_{fBrel} \cdot \Psi_{fb} = 0.779 \text{ Wb}$$

$$I_{fB} := \frac{\Psi_{fB}}{0.35 \cdot \frac{\text{Wb}}{\text{A}}} = 2.226 \text{ A}$$

$$I_{fn} := \frac{\Psi_{fn}}{0.35 \cdot \frac{\text{Wb}}{\text{A}}} = 2.508 \text{ A}$$

$$i_{aBrel} := \frac{m_{eBrel}}{\Psi_{fBrel}}$$

$$i_{aBrel} = 1.322 \cdot r_j$$

$$U_{fBrel} \cdot U_{fb} = 184.738 \text{ V}$$

$$\alpha_{pB} := \arccos\left(U_{fBrel} \cdot \frac{\pi}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot V_{frel}}\right) = 21.142 \cdot \text{deg}$$

$$i_{aABrel} := \frac{U_{anrel} - \omega_{Arel} \cdot \Psi_{fnrel}}{R_{arel}}$$

$$i_{aABrel} = 2.567 \quad \text{Manja je vrednost od } I_{amaxrel}, \text{ tako da može sa radi kratkotrajno u ovom režimu.}$$

c)

$$U_{aCrel} := R_{arel} \cdot I_{amaxrel} + \Psi_{fnrel} \cdot \omega_{Arel}$$

$$U_{aCrel} = 1.002 \cdot r_j$$

$$U_{aCrel} \cdot U_{an} = 220.44 \text{ V}$$

$$\Delta U := U_{aCrel} \cdot U_{an} - U_{aArel} \cdot U_{an}$$

$$\Delta U = 21.683 \text{ V}$$

$$\omega_{\text{Crel}} := \frac{U_{\text{aCrel}}}{\frac{R_{\text{arel}} \cdot k_{\omega}}{\Psi_{\text{fnrel}}} + \Psi_{\text{fnrel}}}$$

$$\begin{aligned} \omega_{\text{Crel}} &= 0.998 \cdot r_j & m_{\text{m}}(\omega_{\text{Crel}}) &= 0.998 \cdot r_j & M_{\text{eCrel}} &:= m_{\text{m}}(\omega_{\text{Crel}}) \cdot M_{\text{b}} \\ \omega_{\text{C}} &:= \omega_{\text{Crel}} \cdot \omega_{\text{b}} & \omega_{\text{C}} &= 235.192 \cdot \frac{\text{rad}}{\text{s}} & M_{\text{eCrel}} &= 49.39 \cdot \text{Nm} \end{aligned}$$

Statičke karakteristike

$$\omega_1(m_{\text{e}}) := \left(\frac{U_{\text{aArel}}}{\Psi_{\text{fnrel}}} - R_{\text{arel}} \cdot \frac{m_{\text{e}}}{\Psi_{\text{fnrel}}^2} \right) \quad \omega_2(m_{\text{e}}) := \left(\frac{U_{\text{aCrel}}}{\Psi_{\text{fnrel}}} - R_{\text{arel}} \cdot \frac{m_{\text{e}}}{\Psi_{\text{fnrel}}^2} \right)$$

$$\omega_4(m_{\text{e}}) := \left(\frac{U_{\text{aBrel}}}{\Psi_{\text{fBrel}}} - R_{\text{arel}} \cdot \frac{m_{\text{e}}}{\Psi_{\text{fBrel}}^2} \right)$$

$$\omega_3(m_{\text{e}}) := \frac{m_{\text{e}}}{k_{\omega}} \quad M_{\text{max}} := \Psi_{\text{fnrel}} \cdot I_{\text{amaxrel}}$$

$$m_{\text{ex}} := -0.2, -0.199 \dots 2.9 \quad \omega_{\text{x}} := 0, 0.01 \dots 1.1$$

