

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, 24.11.2024.

I kolokvijum

1. Zadatak: Za motor jednosmerne struje sa nezavisnom pobudom čiji su podaci: 8,1kW, 280V; 34A; 2260o/min; $R_a=0,55\Omega$; $L_a=4,4\text{mH}$; $R_f=83\Omega$; $J=0,032\text{kgm}^2$; karakteristika magnećenja se može aproksimirati funkcijom $\psi_f = 0,35 \cdot i_f - 0,0071 \cdot i_f^2$, gde je ψ_f ukupan fluks. Poznat je stepen korisnog dejstva motora pri nominalnom opterećenju $\eta_n = 0,82$, masa motora $M = 93\text{kg}$ i nominalni porast temperature u stacionarnom stanju za izabranu klasu izolacije $\vartheta_{nom} = 80^\circ\text{C}$. Smatrati da je motor u pogledu zagrevanja homogen i da mu je specifični toplotni kapacitet kao kod gvožđa ($C_{Fe} = 0,48\text{kWs/kg}^\circ\text{C}$). Moment opterećenja je linearna funkcija brzine $m_m[\text{Nm}] = 0,19 \left[\frac{\text{Nm}}{\text{rad/s}} \right] \cdot \omega[\text{rad/s}]$. Otpor u kolu indukta se ne menja, a indukt i induktor se napajaju iz idealnih naponskih izvora sa mogućnošću podešavanja vrednosti napona. Odrediti:

- a) Na koji se način može ostvariti režim rada pri datom opterećenju i brzini od 1200o/min (radna tačka A u $m - \omega$ ravni)? Sve karakteristične veličine za ovaj režim rada (naponi, struje, fluks, moment, brzina) izračunati i izraziti u odgovarajućim jedinicama SI sistema.

Radna tačka A (odgovor je na strani): _____ [1 poen]

- b) Na koji se način ostvaruje režim rada pri datom opterećenju i brzini od 2700o/min (radna tačka B u $m - \omega$ ravni)? Sve karakteristične veličine za ovaj režim rada (naponi, struje, fluks, moment, brzina) izračunati i izraziti u odgovarajućim jedinicama SI sistema.

Radna tačka B (odgovor je na strani): _____ [1 poen]

- c) Na osnovu datih podataka približno odrediti vremensku konstantu zagrevanja motora. Odrediti koliko dugo motor može da radi u radnoj tački B a da se ne pregreje. Smatrati da se u posmatranom opsegu brzina i opterećenja uslovi hlađenja ne menjaju bitno, kao ni stepen korisnog dejstva i da su u tim uslovima gubici u mašini srazmerni izlaznoj snazi.

Odgovor je na strani _____ [1 poen]

Diferencijalna jednačina zagrevanja tela:

$$Q \cdot dt = C \cdot d\vartheta + A \cdot \vartheta \cdot dt$$

1. Teorijsko pitanje: Da li se mehaničke karakteristike motora jednosmerne struje sa nezavisnom pobudom razlikuju u slučaju napajanja iz tiristorskog ispravljača (monofaznog i trofaznog) i iz Vard Leonardove grupe? Ako se razlikuju objasniti razlike i uzroke nastajanja ovih razlika. Skicirati mehaničke karakteristike motora za oba slučaja napajanja. Odgovor upotpuniti odgovarajućim električnim šemama i osvrtom na dobre i loše strane analiziranih načina napajanja.

Odgovor je na strani _____ [2 poena]

Ulazni podaci:

$$P_n := 8.1 \text{ kW} \quad n_n := 2260 \text{ rpm} \quad U_{an} := 280 \text{ V} \quad I_{an} := 34 \text{ A} \quad M_{\text{mot}} := 93 \text{ kg} \quad \eta_n := 0.82$$

$$R_a := 0.55 \Omega \quad R_f := 83 \Omega \quad \theta_n := 80 \text{ K}$$

NORMALIZACIJA

$$U_{ab} := U_{an} \quad I_{ab} := I_{an} \quad R_{ab} := \frac{U_{ab}}{I_{ab}} = 8.235 \Omega \quad r_a := \frac{R_a}{R_{ab}} = 0.067$$

$$P_b := U_{ab} \cdot I_{ab}$$

$$\omega_b := n_n = 236.667 \frac{1}{s} \quad \Psi_{fb} := \frac{U_{ab}}{\omega_b} = 1.183 \text{ Wb} \quad M_b := \frac{U_{ab} \cdot I_{ab}}{\omega_b} = 40.225 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$1.183 = 0.35 \cdot I_{fb} - 0.0071 \cdot I_{fb}^2 \text{ solve } \rightarrow \begin{pmatrix} 45.645473642946222493 \\ 3.6503010049411014503 \end{pmatrix} \quad I_{fb} := 3.65 \text{ A} \\ U_{fb} := R_f \cdot I_{fb} = 302.95 \text{ V}$$

Normalizacija karakteristike magnećenja

$$[\text{N}]: \quad \psi_f = k_{m1} \cdot i_f - k_{m2} \cdot i_f^2 \quad k_{m1} := 0.35 \frac{\text{Wb}}{\text{A}} \cdot \frac{I_{fb}}{\Psi_{fb}} = 1.08$$

$$k_{m2} := 0.0071 \cdot \frac{\text{Wb}}{\text{A}^2} \cdot \frac{I_{fb}^2}{\Psi_{fb}} = 0.08$$

Normalizacija karakteristike opterećenja

$$m_m = k1 \cdot \omega \quad k1 := \frac{0.19 \text{ s} \cdot \text{N} \cdot \text{m} \cdot \omega_b}{M_b} = 1.118$$

$$\text{a)} \quad \psi_{fn} := 1 - r_a = 0.933 \quad \omega_1 := \frac{1200}{2260} = 0.531 \quad i_{a1} := \frac{k1 \cdot \omega_1}{\psi_{fn}} = 0.636$$

$$u_{a1} := \omega_1 \cdot \psi_{fn} + r_a \cdot i_{a1} = 0.538$$

$$\psi_{fn} = k_{m1} \cdot i_{f1} - k_{m2} \cdot i_{f1}^2 \text{ solve } \rightarrow \begin{pmatrix} 12.577670104165520331 \\ 0.92802158018717111449 \end{pmatrix} \quad i_{f1} := 0.928$$

$$\begin{aligned}
[A]: \quad I_{a1} &:= i_{a1} \cdot I_{ab} = 21.625 \text{ A} & I_{f1} &:= i_{f1} \cdot I_{fb} = 3.387 \text{ A} & U_{f1} &:= I_{f1} \cdot R_f = 281.138 \text{ V} \\
U_{a1} &:= u_{a1} \cdot U_{ab} = 150.637 \text{ V} & \Omega_1 &:= \omega_1 \cdot \omega_b = 125.664 \frac{1}{s} & \Psi_{f1} &:= \psi_{fn} \cdot \Psi_{fb} = 1.104 \text{ Wb} \\
M_{e1} &:= k1 \cdot \omega_1 \cdot M_b = 23.876 \cdot \text{N} \cdot \text{m} \\
k1 \cdot \omega_1 &= 0.594
\end{aligned}$$

$$b) \quad \omega_2 := \frac{2700}{2260} = 1.195 \quad m_2 := k1 \cdot \omega_2 = 1.336$$

$$\begin{aligned}
1 = \psi_x \cdot \omega_2 + r_a \cdot \frac{k1 \cdot \omega_2}{\psi_x} \text{ solve} &\rightarrow \begin{pmatrix} 0.10150101775824797195 \\ 0.73553601927878903966 \end{pmatrix} & \psi_{sp} &:= 0.7355 \\
i_{a2} := \frac{k1 \cdot \omega_2}{\psi_{sp}} = 1.816 & \psi_{sp} = k_{m1} \cdot i_{f2} - k_{m2} \cdot i_{f2}^2 \text{ solve} &\rightarrow \begin{pmatrix} 12.786213514450415854 \\ 0.71947816990227559161 \end{pmatrix} \\
i_{f2} &:= 0.7195
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
[A]: \quad I_{a2} &:= i_{a2} \cdot I_{ab} = 61.737 \text{ A} & I_{f2} &:= i_{f2} \cdot I_{fb} = 2.626 \text{ A} & U_{f2} &:= R_f \cdot I_{f2} = 217.973 \text{ V} \\
U_{a2} &:= U_{ab} = 280 \text{ V} & \Omega_2 &:= \omega_2 \cdot \omega_b = 282.743 \frac{1}{s} & \Psi_{f2} &:= \psi_{sp} \cdot \Psi_{fb} = 0.87 \text{ Wb} \\
M_{e2} &:= k1 \cdot \omega_2 \cdot M_b = 53.721 \cdot \text{N} \cdot \text{m}
\end{aligned}$$

c) Prvo treba naći karakteristiku zagrevanja mašine

Ako je pogon dobro termički projektovan, u trajnom nominalnom režimu se postiže porast temperature (nadtemperatura) $\theta = 80^\circ\text{C}$.

$Q^* dt = C^* d\theta + A^* \theta^* dt$ U ustaljenom stanju $d\theta = 0$, znači $Q = A^* \theta$

$$\begin{aligned}
P_\gamma &:= \frac{1 - \eta_n}{\eta_n} \cdot P_n = 1.778 \times 10^3 \text{ W} & A_\theta &:= \frac{P_\gamma}{\theta_n} = 0.022 \cdot \frac{\text{kW}}{\text{K}} \\
C_\theta &:= M_{\text{mot}} \cdot 0.48 \cdot \frac{\text{kW} \cdot \text{s}}{\text{kg} \cdot \text{K}} = 4.464 \times 10^4 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{kg}}{\text{K} \cdot \text{s}^2} & T_\theta &:= \frac{C_\theta}{A_\theta} = 2.008 \times 10^3 \text{ s}
\end{aligned}$$

Gubici se nalaze iz izlazne snage i koeficijenta korisnog dejstva

$$\begin{aligned}
\text{U režimu rada pod b je snaga} & P_2 := \omega_2 \cdot m_2 = 1.596 & P_2 \cdot P_b &= 1.519 \times 10^4 \text{ W} \\
P_{g2} &:= \frac{1 - \eta_n}{\eta_n} \cdot P_2 \cdot P_b = 3.334 \times 10^3 \text{ W} \\
\theta_2 &:= \frac{P_{g2}}{A_\theta} = 150.018 \text{ K} & t_x &:= -T_\theta \cdot \ln\left(\frac{\theta_2 - \theta_n}{\theta_2}\right) = 1.53 \times 10^3 \text{ s} \\
t_x &= 25.508 \text{ min} & t_x &= 0.425 \text{ hr}
\end{aligned}$$