

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, 23.2.2026.

I kolokvijum

1. Zadatak: Motor jednosmerne struje sa nezavisnom pobudom se koristi za pokretanje dizalice, a napaja se iz četvorokvadrantnog regulisanog izvora. Dizalica ima reduktor prenosnog odnosa $I_g=24$ i bubanj prečnika $D=0,4\text{m}$ za namotavanje užeta za dizanje. Poznati su parametri motora:

$$P_n = 8,5 \text{ kW}, \quad U_{an} = 220 \text{ V}, \quad I_{an} = 48 \text{ A}, \quad n_n = 870 \text{ o/min}, \\ R_a = 0,426 \Omega, \quad L_a = 0,0085 \text{ H}, \quad U_{fn} = 150 \text{ V}, \quad R_f = 83 \Omega, \quad L_f = 1,3 \text{ H}.$$

Vrednost stalno prisutne komponente otpornog momenta svedene na vratilo motora pri dizanju iznosi $m_{mo}=9,6\text{Nm}$, a vrednost mase tereta iznosi $M=1000\text{kg}$. Ukupan moment inercije prazne dizalice sveden na vratilo motora iznosi $J_o=0,26\text{kgm}^2$.

a) Odrediti vremenski dijagram brzine (dati grafički prikaz i označiti karakteristične tačke sa izračunatim brojnim vrednostima) u slučaju kada se teret diže na visinu od 4m i zaustavlja se na toj visini. Početna brzina je jednaka nuli, a motor u ustaljenom stanju radi na brzini od 90rad/s. Ubrzanje tokom zaletanja podesiti tako da struja tokom zaletanja ne pređe nominalnu vrednost, a zaustavljanje motora ostvariti pri usporenju koje je po apsolutnoj vrednosti jednako ubrzanju.

Odgovor je na strani: _____ [1,5 poen]

b) Odrediti vremenski dijagram napona i struje (dati grafički prikaz i označiti karakteristične tačke sa izračunatim brojnim vrednostima). Šta treba uraditi da bi se teret držao na postignutoj visini?

Odgovor je na strani: _____ [0,75 poena]

c) U trenutku $t=6\text{s}$ od početka procesa određenog pod a, motor ostaje bez napajanja. Objasniti šta se dešava u pogonu po gubitku napajanja, služeći se vremenskim dijagramima brzine i ubrzanja. Može li se sprečiti pad tereta na zemlju?

Odgovor je na strani: _____ [0,75 poena]

1. 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. Izvesti bilans snaga u svakom pojedinačnom slučaju.

Odgovor i obrazloženje je na strani: _____ [2 poena]

Motor jednosmerne struje sa nezavisnom pobudom se koristi za pokretanje dizalice. Dizalica ima reduktor ($i=24$) i bubanj ($D=0.4\text{m}$) za namotavanje užeta za dizanje. Poznati su parametri motora:

$$P_n := 8.5 \cdot 10^3 \text{ W} \quad U_{an} := 220 \text{ V} \quad I_{an} := 48 \text{ A} \quad n_n := 870 \text{ rpm} \quad \omega_n := n_n = 91.106 \frac{1}{\text{s}}$$

$$R_a := 0.426 \Omega \quad \omega_n = 91.106 \cdot \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad \Psi_{fn} := \frac{U_{an} - R_a \cdot I_{an}}{\omega_n} = 2.19 \text{ Wb}$$

$$m_{mo} := 9.6 \text{ N} \cdot \text{m} \quad \text{moment trenja pri dizanju tereta}$$

$$M := 1000 \text{ kg} \quad \text{masa tereta} \quad \text{reduktor} \quad I_g := 24 \\ \text{bubanj} \quad D := 0.4 \text{ m}$$

$$J_o := 0.26 \left(\text{kg} \cdot \text{m}^2 \right) \quad \text{moment inercije praznog lifta sveden na pogonsko vratilo}$$

a) Teret se diže na visinu od 4m i u tom položaju se zaustavlja. Početna brzina je 0, u ustaljenom stanju se radi sa brzinom 90rad/s, a ubrzanje je određeno tako što je struja nominalna tokom zaletanja. Apsolutna vrednost ubrzanja pri povećavanju i smanjivanju brzine je jednaka.

Prvo je potrebno naći vrednost ubrzanja iz nominalne struje

moment opterećenja i moment inercije koji potiču od tereta:

$$m_{mt} := \frac{M \cdot g \cdot D}{I_g \cdot 2} = 81.722 \cdot \text{N} \cdot \text{m} \quad J_t := M \cdot \left(\frac{D}{2 \cdot I_g} \right)^2 = 0.069 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Ubrzanje koje se dobija pri nominalnoj struji:} \quad \alpha_a := \frac{I_{an} \cdot \Psi_{fn} - m_{mt} - m_{mo}}{J_o + J_t} = 41.929 \frac{1}{\text{s}^2}$$

$$\text{Ubrzava se do} \quad \omega_u := 90 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad \text{linijska brzina} \quad v_{\max} := \omega_u \cdot \frac{D}{2 I_g} = 0.75 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{trajanje ubrzanja je} \quad t_z := \frac{\omega_u}{\alpha_a} = 2.146 \text{ s}$$

$$\text{Pređeni put tokom zaletanja je:} \quad s_z := \frac{1}{2} \cdot v_{\max} \cdot t_z = 0.805 \text{ m}$$

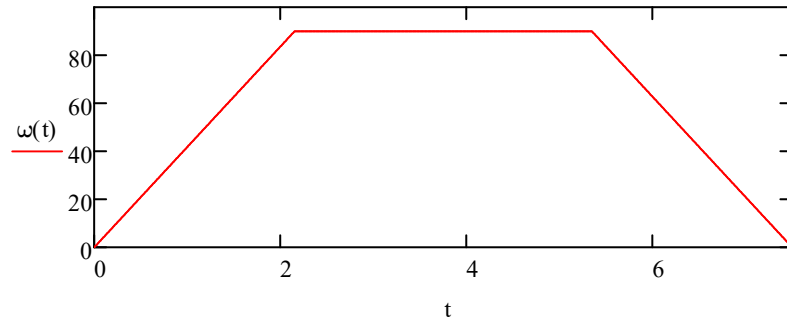
Isto rastojanje se pređe tokom zaustavljanja, tako da u ustaljenom radu pogon mora da pređe

$$s_u := 4 \text{ m} - 2 \cdot s_z = 2.39 \text{ m}$$

$$\text{Za šta je potrebno vreme} \quad t_u := \frac{s_u}{v_{\max}} = 3.187 \text{ s}$$

Tako da je:

$$\omega(t) := \begin{cases} \alpha_a \cdot t & \text{if } 0 \leq t < t_z \\ \omega_u & \text{if } t_u + t_z > t \geq t_z \\ \omega_u - \alpha_a \cdot (t - t_u - t_z) & \text{otherwise} \end{cases}$$



b) Napon i struja

Ostalo je bez odgovora pitanje koja je struja tokom usporavanja, ali sada ćemo i to da odredimo:

$$\alpha_s := \frac{I_{a2} \cdot \Psi_{fn} - m_{mt} - m_{mo}}{J_o + J_t} \quad \text{a kako je ovo ubrzanje jednako } -\alpha, \text{ to je struja } I_{a2}:$$

$$I_{a2} := \frac{m_{mt} + m_{mo} - \alpha_a \cdot (J_t + J_o)}{\Psi_{fn}} = 35.387 \text{ A}$$

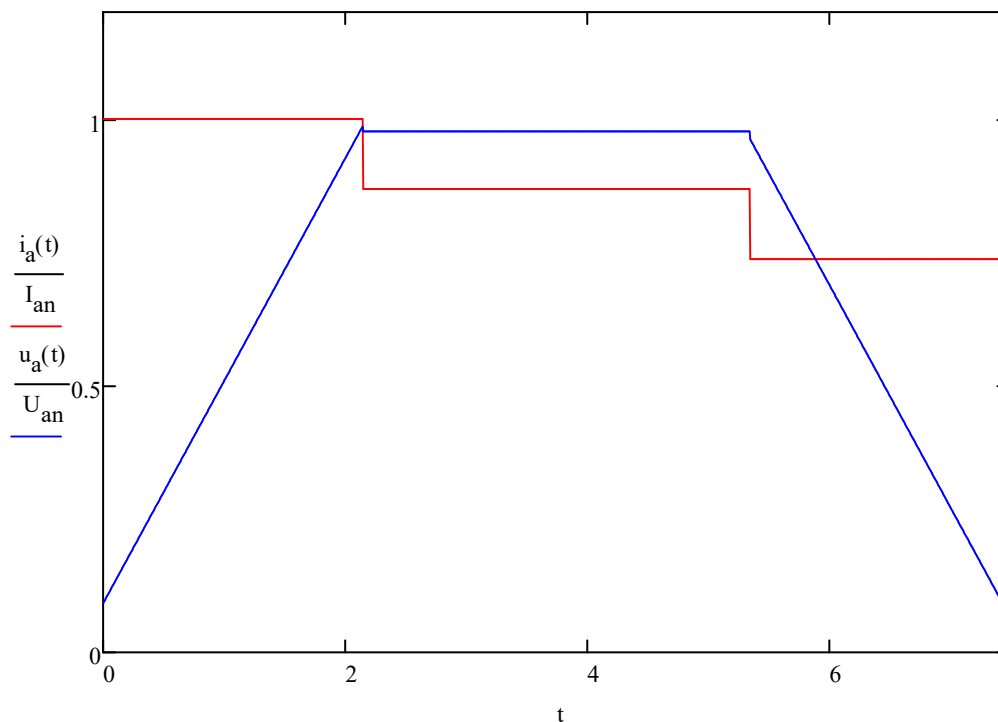
A tokom rada na brzini 90 rad/s

$$I_{a1} := \frac{m_{mt} + m_{mo}}{\Psi_{fn}} = 41.693 \text{ A}$$

$$i_a(t) := \begin{cases} I_{a1} & \text{if } 0 \leq t < t_z \\ I_{a2} & \text{if } t_u + t_z > t \geq t_z \\ I_{a2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

pa je napon:

$$u_a(t) := R_a \cdot i_a(t) + \Psi_{fn} \cdot \omega(t)$$



Po zaustavljanju je potrebno održavati napon indukta na vrednosti koja obezbeđuje jednakost momenata mašine i opterećenja. Pošto kod ovakvog opterećenja moment nije jednoznačno određen na nultoj brzini (komponenta trenja menja znak), potrebno je da se napon održava na vrednosti između u_{amin} i u_{amax} . Ove vrednosti su definisane momentima m_{emin} i m_{emax}

$$m_{emin} := m_{mt} - m_{mo} = 72.122 \cdot N \cdot m \quad m_{emax} := m_{mt} + m_{mo} = 91.322 \cdot N \cdot m$$

$$u_{amin} := R_a \cdot \frac{m_{emin}}{\Psi_{fn}} = 14.027 \text{ V} \quad u_{amax} := R_a \cdot \frac{m_{emax}}{\Psi_{fn}} = 17.761 \text{ V}$$

Potrebno je obezbediti aktiviranje mehaničke kočnice prilikom ovog režima.

c) Od trenutka $t=6s$ je $i_a=0$, pa je i $m_e=0$. U ovom trenutku se teret i dalje podiže, ali se brzina dizanja smanjuje.

$$m_{ec} := 0 N \cdot m$$

$$\alpha_{c1} := \frac{m_{ec} - (m_{mt} + m_{mo})}{J_t + J_o} = -277.2 \frac{1}{s^2} \quad \text{Ovo ubrzanje imamo u režimu dizanja tereta.}$$

Kada teret počne da se spušta, moment trenja menja znak - sada se suprotstavlja kretanju.

$$\alpha_{c2} := \frac{m_{ec} - (m_{mt} - m_{mo})}{J_t + J_o} = -218.92 \frac{1}{s^2}$$

Trenutak u kom prelazimo iz dizanja u spuštanje tereta je t_x

Brzina u trenutku gubitka napajanja je $\omega_x := \omega_u - \alpha_a \cdot (6s - t_u - t_z) = 62.047 \frac{1}{s}$

Vreme potrebno da brzina padne na 0 sa ubrzanjem α_{c1} je $\frac{-\omega_x}{\alpha_{c1}} = 0.224s$

$$t_x := 6s - \frac{\omega_x}{\alpha_{c1}} = 6.224s$$

$$\omega_c(t) := \begin{cases} \alpha_a \cdot t & \text{if } 0 \leq t < t_z \\ \omega_u & \text{if } t_u + t_z > t \geq t_z \\ \omega_u - \alpha_a \cdot (t - t_u - t_z) & \text{if } t_u + t_z \leq t < 6s \\ \omega_u - \alpha_a \cdot (6s - t_u - t_z) + \alpha_{c1} \cdot (t - 6s) & \text{if } 6s \leq t < t_x \\ \alpha_{c2} \cdot (t - t_x) & \text{if } t \geq t_x \end{cases} \quad \alpha_c(t) := \frac{d}{dt} \omega_c(t)$$

