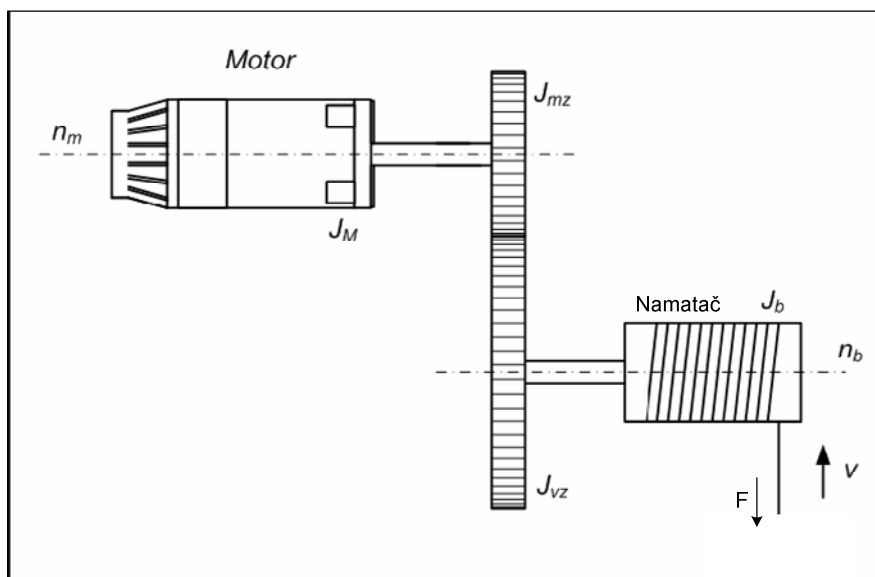


UPRAVLJANJE ELEKTROMOTORNIM POGONIMA

I. meduispit - 21.10.2009

1. (8 bodova) Istosmjerni motor s nezavisnom uzбудom za pogon namatača žice, prema sl.1, ima slijedeće podatke: $P_n=2,2$ kW, $U_{an}=120$ V, $I_{an}=22,5$ A, $n_n=390$ min⁻¹, $R_a=0,7$ Ω. Motor ima moment inercije $J_M = 0,05$ kg m² i preko malog zupčanika momenta inercije $J_{mz}=0,015$ kgm² pogoni drugu osovinu s većim zupčanicom ukupnog momenta inercije $J_{b+vz} = J_b + J_{vz} = 1,3$ kgm². Na drugoj osovini nalazi se bubanj namatača na kojeg se namata žica, koja djeluje silom $F=1300$ N na bubanj u smjeru prikazanom na slici. Omjer reduktora iznosi $i = 20$. Korisnost zupčanog prijenosa iznosi $\eta_{zp} = 0,8$, a korisnost prijenosa bubanj-žica $\eta_b = 0,95$. Polumjer bubnja iznosi 0,6 m. Ulaz istosmjernog pretvarača spojen je na istosmjerni izvor napona 120 V.

- Odrediti ukupan moment inercije sustava i moment tereta reduciran na osovinu motora.
- Istosmjerni motor s nezavisnom uzбудom napaja se iz 4-kvadrantnog čopera. Uz faktor vođenja $D=0.75$ i bipolarnu modulaciju, odrediti brzinu namatanja žice. U obzir uzeti gubitke trenja i ventilacije.
- Nacrtati valni oblik napona na motoru uz faktor vođenja $D=0.8$.



Slika 1 Pogon namatača žice realiziran s istosmjernim motorom

Rješenja:

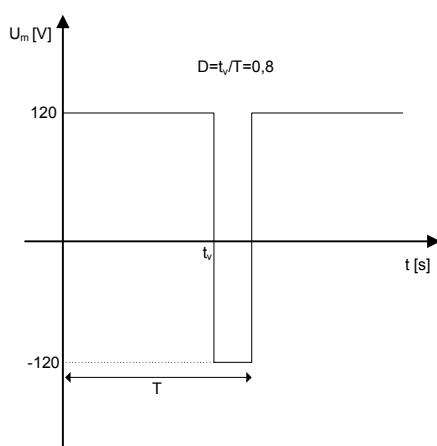
$$M_t' = 51,316 \text{ Nm}$$

$$I = 0,226 \text{ kg m}^2$$

b)

$$v = 0,528 \text{ m/s}$$

c)



2. (8 bodova) Dizalica je pogonjena nezavisno uzbuđenim istosmjernim motorom nazivnih podataka $P_n=28\text{ kW}$, $U_{an}=400\text{ V}$, $I_{an}=80\text{ A}$, $n_n=1000\text{ o/min}$. Otpor armaturnog kruga iznosi $R_a=0,27\text{ }\Omega$.

- Odredite brzinu motora ako motor koči elektrodinamički uz uključen otpor od $2\text{ }\Omega$ u armaturnom krugu, pri 70% strujnom opterećenju u odnosu na nazivno opterećenje?
- Ako se umjesto otpora $2\text{ }\Omega$ u armaturu uključi otpor iznosa $13\text{ }\Omega$, u kojem režimu radi motor i kojom brzinom se vrti, ako iz istosmjernog izvora uzima struju od 60 A ? Koliki je tada moment na osovini, snaga uzeta iz mreže i snaga utrošena u otporima? Nacrtati n - M dijagram i označiti radnu ročku.
- Pri generatorskom kočenju (bez predotpora) izmjerena je brzina vrtnje 1100 o/min . Kolika je struja motora? Nacrtati n - M dijagram i označiti radnu ročku.

Napomena: Pretpostaviti da su mehanički gubici rezultat viskoznog trenja.

Rješenja:

a)

$$\omega = 35,18\text{ rad/s} \rightarrow n \approx 336\text{ o/min}$$

b)

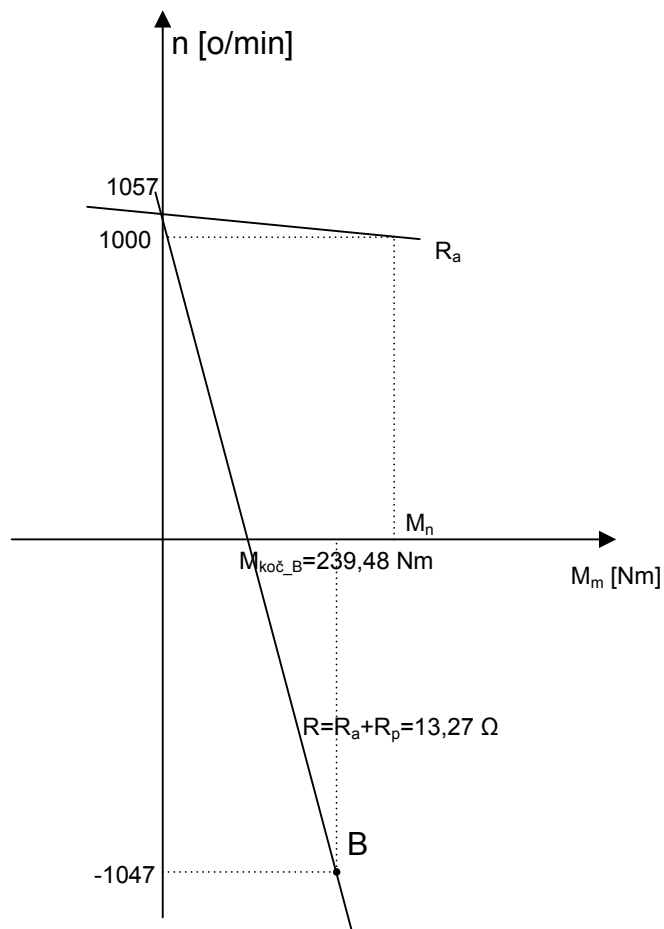
Protustrujno kočenje

$$\omega = -109,66\text{ rad/s} \rightarrow n \approx -1047\text{ o/min}$$

$$M_{os} = 239,48\text{ Nm}$$

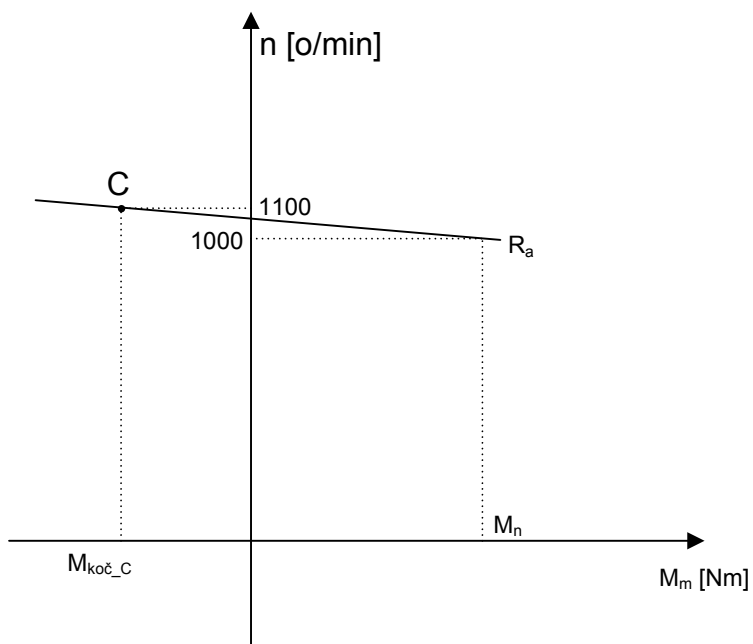
$$P_M = 24000\text{ W}$$

$$P_R = 47772\text{ W}$$

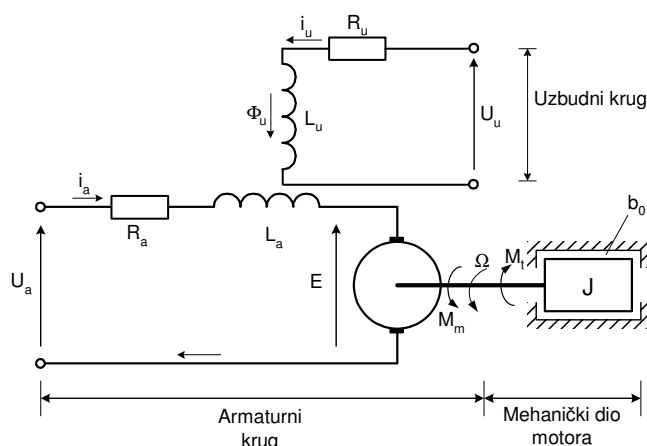


c)

$$I = -59,9 \text{ A}$$



3. (9 bodova) Nadomjesna shema istosmjernog motora s konstantnom i nezavisnom uzbuđom prikazana je na slici 2. Istosmjerni se motor napaja iz tiristorskog usmjerivača. Brzina vrtnje istosmjernog motora regulira se kaskadnim sustavom upravljanja koji sadrži regulacijski krug momenta motora (podređeni krug) i regulacijski krug brzine vrtnje motora (nadređeni krug). Oba regulatora su PI strukture. Moment motora se mjeri posredno pomoću mjernog člana struje armature, a brzina vrtnje pomoću tahogeneratora.



Sl. 2. Nadomjesna shema istosmjernog motora s konstantnom i nezavisnom uzbuđom.

Parametri istosmjernog motora, uključujući parametre mjernih članova struje armature, brzine vrtnje te tiristorskog usmjerivača dani su u tablici 1.

Tab. 1. Parametri elektromotornog pogona s istosmjernim motorom s nezavisnom uzbuđom

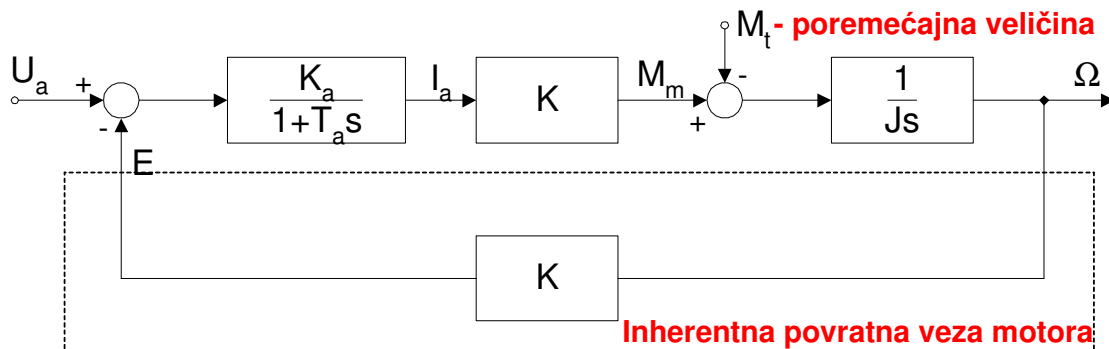
$P_n = 13,5 \text{ kW}$	nazivna vrijednost snage motora
$U_{an} = 420 \text{ V}$	nazivna vrijednost napona armature
$I_{an} = 40,6 \text{ A}$	nazivna vrijednost struje armature
$U_{un} = 242 \text{ V}$	nazivna vrijednost napona uzbuđe
$I_{un} = 2,3 \text{ A}$	nazivna vrijednost struje uzbuđe
$n_n = 1480 \text{ o/min} \Rightarrow \Omega_n = 155 \text{ rad/s}$	nazivna vrijednost brzine vrtnje
$R_a = 1,83 \text{ } \Omega$	otpor armature motora
$L_a = 10,71 \text{ mH}$	induktivitet armature motora
$c_e = c_m = 2,147 \text{ Vs/rad}$	konstrukcijska konstanta motora
$J = 0,151 \text{ kgm}^2$	elektromehanička vremenska konstanta
$K_t = 0,25$	pojačanje tiristorskog usmjerivača
$T_{mi} = 1 \text{ ms}$	vremenska konstanta tiristorskog usmjerivača
$K_i = 0,5 \text{ V/A}$	pojačanje mjernog člana struje armature
$T_{fi} = 2 \text{ ms}$	vremenska konstanta mjernog člana struje armature
$K_b = 1 \text{ Vs}$	pojačanje mjernog člana brzine vrtnje
$T_{fb} = 15 \text{ [ms]}$	vremenska konstanta mjernog člana brzine vrtnje

Potrebno je:

- Nacrtati strukturni blokovski prikaz istosmjernog motora s konstantnom i nezavisnom uzbudom.
- Projektirati kaskadni sustav upravljanja brzinom vrtnje istosmjernog motora s konstantnom i nezavisnom uzbudom. Za parametriranje regulatora momenta (struje armature) i brzine vrtnje koristiti praktične metode tehničkog i simetričnog optimuma.

Rješenja:

a)



b)

- Regulacijski krug struje armature pogodan je za projektiranje regulatora po tehničkom optimumu. Koristi se PI regulator struje armature s time da se kompenzira najveća vremenska konstanta:

$$T_{la} = T_a = 5,9ms \quad K_{Ra} = \frac{1}{2} \frac{1}{K_t K_a K_i} \frac{T_{la}}{T_\Sigma} = 14,2$$

- Pojavljuje se nula zbog mjernog člana struje armature pa se koristi prefiltar:

$$G_{Va}(s) = \frac{1}{1 + T_{fi}s}$$

- Regulacijski krug struje armature pogodan je za projektiranje regulatora po simetričnom optimumu (koristi se $a=2$):

$$K_{R\omega} = \frac{1}{2} \frac{K_i K_a K}{K_b} \cdot \frac{T_m}{T_\Sigma^*} = 0,84 \quad T_{R\omega} = 4T_\Sigma^* = 84ms$$

- Pojavljaju se nule u prijenosnoj funkciji pa je potreban još jedan prefiltar:

$$G_{V\omega}(s) = \frac{1}{(1 + T_{fb}s)(1 + 4T_\Sigma^*s)}$$