

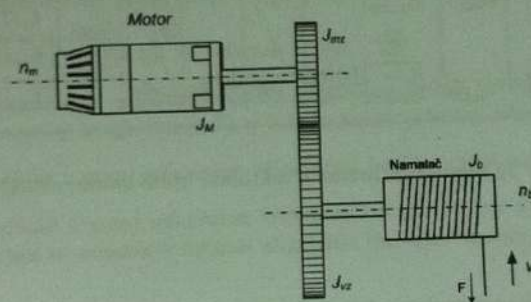
Pismeni ispit

10. rujna 2015.

Napomena: Zadatke obavezno predati s rješenjima nakon završetka testa.

1. zadatak (11 bodova)

Istosmjerni motor s nezavisnom uzbudom za pogon namatača žice, prema SI.1, ima slijedeće podatke: $P_n = 2.2 \text{ kW}$, $U_{an} = 120 \text{ V}$, $I_{an} = 22.5 \text{ A}$, $n_n = 390 \text{ min}^{-1}$, $R_a = 0.7 \Omega$. Motor ima moment inercije $J_M = 0.05 \text{ kg m}^2$ i preko malog zupčanika momenta inercije $J_{mz} = 0.015 \text{ kg m}^2$ pogoni drugu osovinu s većim zupčanikom ukupnog momenta inercije $J_{b+vz} = J_b + J_{vz} = 1.3 \text{ kg m}^2$. Na drugoj osovinu nalazi se bubanj namatača na kojeg se namata žica, koja djeluje silom $F = 1300 \text{ N}$ 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 $U = 120 \text{ V}$.



Slika 1: Pogon namatača žice realiziran s istosmjernim motorom

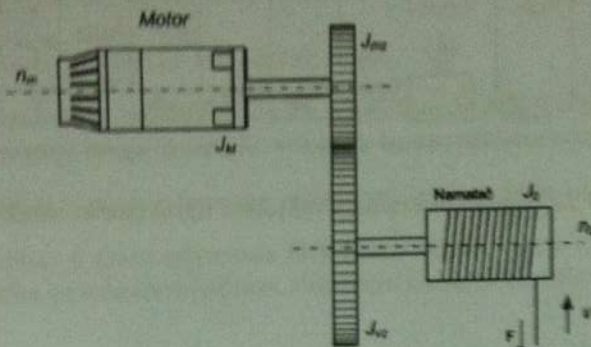
- (6 bodova) Odrediti ukupan moment inercije sustava i moment tereta reduciran na osovinu motora.
- (3 boda) Istosmjerni motor s nezavisnom uzbudom napaja se iz 4-kvadrantnog čopera. Uz faktor vođenja $D=0.75$ i bipolarnu modulaciju, odrediti brzinu namatanja žice. U obzir uzeti gubitke trenja i ventilacije.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

2. zadatak (11 bodova)

Asinkroni motor nazivnih podataka: $U_n = 400 \text{ V}$, $P_n = 5 \text{ kW}$, $n_n = 1430 \text{ min}^{-1}$, $f_n = 50 \text{ Hz}$, $M_{pr}/M_n = 3$, namot u spoju zvijezda, skalarno je upravljan U/f metodom u otvorenoj petlji. Motor pokreće stroj za obradu metala čija je momentna karakteristika dana izrazom $M_t = k/n \text{ Nm}$. Gubici trenja i ventilacije motora se zanemaruju. Pri nazivnom naponu i nazivnoj frekvenciji motor je opterećen s 50% nazivnog momenta.

- (6 bodova) Odrediti zadanu (referentnu) frekvenciju uz koju bi brzina vrtnje motora bila $n = 900 \text{ min}^{-1}$. Koliki je moment tereta pri novoj referentnoj frekvenciji? Na istom grafu nacrtati momentne karakteristike motora i tereta, te naznačiti karakteristične točke (prekretni moment i klizanje, sinkronu brzinu i radnu točku).

$J_M = 0.05 \text{ kg m}^2$ i preko malog zupčanika momenta inercije $J_{mz} = 0.015 \text{ kg m}^2$ pogoni drugu osovinu s većim zupčanikom ukupnog momenta inercije $J_{b+uz} = J_b + J_{uz} = 1.3 \text{ kg m}^2$. Na drugoj osovini nalazi se bubanj namatača na kojeg se namata žica, koja djeluje silom $F = 1300 \text{ N}$ 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 $U = 120 \text{ V}$.



Slika 1: Pogon namatača žice realiziran s istosmjernim motorom

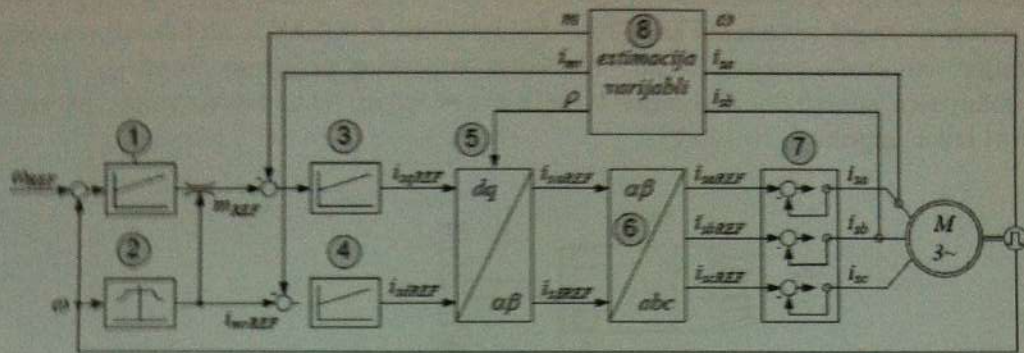
- (6 bodova) Odrediti ukupan moment inercije sustava i moment tereta reduciran na osovinu motora.
- (3 boda) Istosmjerni motor s nezavisnom uzбудom napaja se iz 4-kvadrantnog čopera. Uz faktor vođenja $D=0.75$ i bipolarnu modulaciju, odrediti brzinu namatanja žice. U obzir uzeti gubitke trenja i ventilacije.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

2. zadatak (11 bodova)

Asinkroni motor nazivnih podataka: $U_n = 400 \text{ V}$, $P_n = 5 \text{ kW}$, $n_n = 1430 \text{ min}^{-1}$, $f_n = 50 \text{ Hz}$, $M_{gr}/M_n = 3$, namot u spoju zvijezda, skalarno je upravljan U/f metodom u otvorenoj petlji. Motor pokreće stroj za obradu metala čija je momentna karakteristika dana izrazom $M_t = k/n \text{ Nm}$. Gubici trenja i ventilacije motora se zanemaruju. Pri nazivnom naponu i nazivnoj frekvenciji motor je opterećen s 50% nazivnog momenta.

- (6 bodova) Odrediti zadanu (referentnu) frekvenciju uz koju bi brzina vrtnje motora bila $n = 900 \text{ min}^{-1}$. Koliki je moment tereta pri novoj referentnoj frekvenciji? Na istom grafu nacrtati momentne karakteristike motora i tereta, te naznačiti karakteristične točke (prekretni moment i klizanje, sinkronu brzinu i radnu točku).

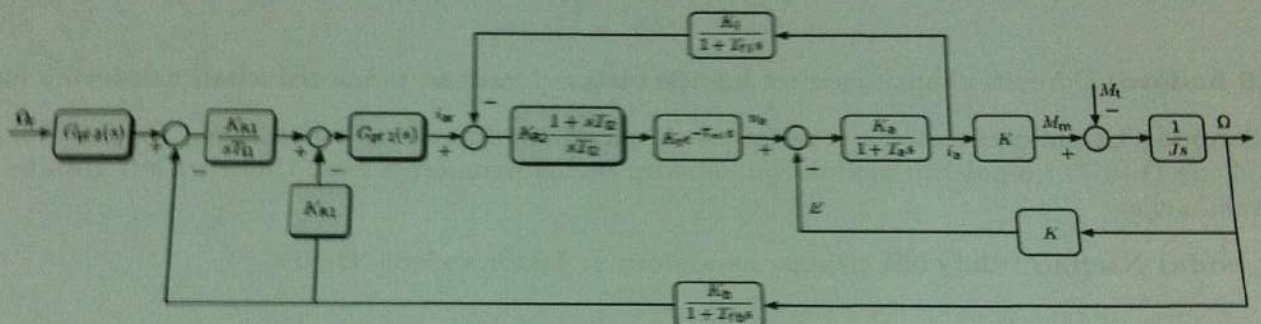
- b) (5 bodova) Izračunati parametre modificiranog PI regulatora brzine vrtnje motora prema simetričnom optimumu tako da fazno osiguranje iznosi $\gamma = 45^\circ$. Projektirati prefiltar u referentnoj grani brzine $G_{pf2}(s)$.



Slika 2: Sustav za regulaciju brzine s vektorski upravljanim asinkronim motorom

4. zadatak (15 bodova)

Kaskadna struktura upravljanja brzinom istosmjernog motora prikazana je na slici 3, pri čemu pojedini parametri iznose: $K_a = 4.5 \text{ A/V}$, $T_a = 0.025 \text{ s}$, $K = 1.33 \text{ Vs/rad}$, $K_t = 44$, $T_{mi} = 1.66 \text{ ms}$, $K_i = 0.1 \text{ V/A}$, $T_{fi} = 2 \text{ ms}$, $K_b = 0.0318$, $T_{fb} = 15 \text{ ms}$, $J = 2.4 \text{ kg m}^2$.



Slika 3: Blokovska shema kaskadnog upravljanja brzinom DC motora s nezavisnom uzбудom

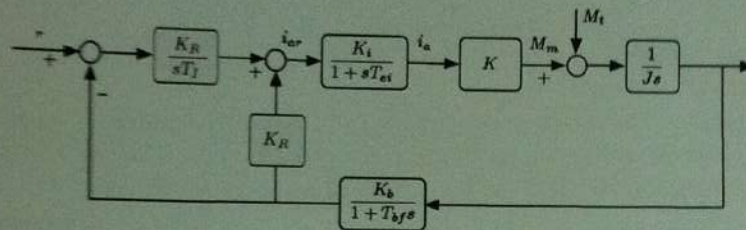
Potrebno je:

- (4 boda) Projektirati PI regulator struje armature $G_{R1}(s)$ prema tehničkom optimumu kao i prefiltar referentne vrijednosti struje armature $G_{pf1}(s)$.
- (3 boda) Ukoliko se promjeni nadomjesno mrtvo vrijeme pratvarača na $T_{mi} = 3 \text{ ms}$, uz parametre regulatora određene u a) dijelu zadatka, koliko će pri iznositi karakteristični faktor prigušenja ζ ?
- (5 bodova) Izračunati parametre modificiranog PI regulatora brzine vrtnje motora prema simetričnom optimumu tako da fazno osiguranje iznosi $\gamma = 45^\circ$. Projektirati prefiltar u referentnoj grani brzine vrtnje $G_{pf2}(s)$.

- c) (3 boda) Ukoliko zamjenimo mjerni član brzine, mjernim članom koji ima bržu dinamiku $T_{fb} = 0.5 \text{ ms}$, koliko će tada iznositi fazno osiguranje uz parametre regulatora određene u b) dijelu zadatka?
- Napomena: Nagib karakteristike amplitudno frekvencijske karakteristike otvorenog kruga u okolini presječne frekvencije iznosi -20 dB/dek .

5. zadatak (15 bodova)

Nadredena petlja upravljanja brzinom vrtnje istosmjernog motora s nezavisnom i konstantnom uzbudom prikazana je blokovskom shemom na slici 4. Pritom su: $K_i = 1$, $T_{ei} = 5 \text{ ms}$, $K = 1.33 \text{ Vs/rad}$ i $J = 3 \text{ kgm}^2$, $K_{fb} = 1$, $T_{fb} = 1 \text{ ms}$. Potrebno je:



Slika 4: Blokovska shema upravljanja brzinom DC motora s nezavisnom uzbudom

- a) (4 boda) Odrediti prienosnu funkciju zatvorenog kruga.
- b) (5 bodova) Odrediti parametre modificiranog PI regulatora brzine vrtnje tako da nadomjesna vremenska konstanta zatvorenog kruga iznosi $T_e = 0.1 \text{ s}$, a karakteristični odnos $D_2 = 0.5$.
- c) (3 boda) Odrediti prefiltar u grani referentne vrijednosti brzine vrtnje kojim se krata neželjene nule.
- d) (3 boda) Odrediti prefiltar u grani referentne vrijednosti brzine vrtnje (umjesto prefiltara određenog u c) dijelu zadatka) kojim se osigurava točnost slijeđenja linearno rastuće referentne veličine.