

# Pismeni ispit

22. veljače 2016.

Ime i Prezime:

Matični broj:

Napomena: Zadatke obavezno predati s rješenjima nakon završetka testa.

## 1. zadatak (10 bodova)

Istosmjerni nezavisno uzbudjeni motor ima sljedeće podatke:  $P_n = 18,5 \text{ kW}$ ,  $I_n = 90 \text{ A}$ ,  $U_n = 220 \text{ V}$ ,  $n_n = 1150 \text{ min}^{-1}$  i otpor armature  $R_a = 0,1\Omega$ . Moment trenja i ventilacije motora je konstantan.

- (4 boda) Ako se motor optereti momentom tereta  $M_t = 100 \text{ Nm}$ , koliko treba iznositi napon napajanja da se motor vrti brzinom  $n = 500 \text{ min}^{-1}$ ? Nacrtati momentne karakteristike tereta i motora te označiti radnu točku.
- (3 boda) Ako se motor optereti momentom tereta potencijalnog karaktera čiji je iznos momenta nepoznat, motor radi u režimu generatorskog kočenja i vrti se brzinom  $n = 800 \text{ min}^{-1}$ . Ako se promijeni polaritet napona napajanja (vrijednost napona ostaje ista!), motor se u stacionarnom stanju vrti brzinom  $n = -724 \text{ min}^{-1}$ . Koliki je moment tereta?
- (3 boda) Ako na motor priključimo teret momentne karakteristike  $M_t = k/n \text{ Nm}$ , pri nazivnom naponu teče struja  $I = 30 \text{ A}$ . Kojom brzinom bi se vrtio motor ako bi se uzbudna struja (tok) motora smanjila za 10% u odnosu na nazivnu vrijednost?

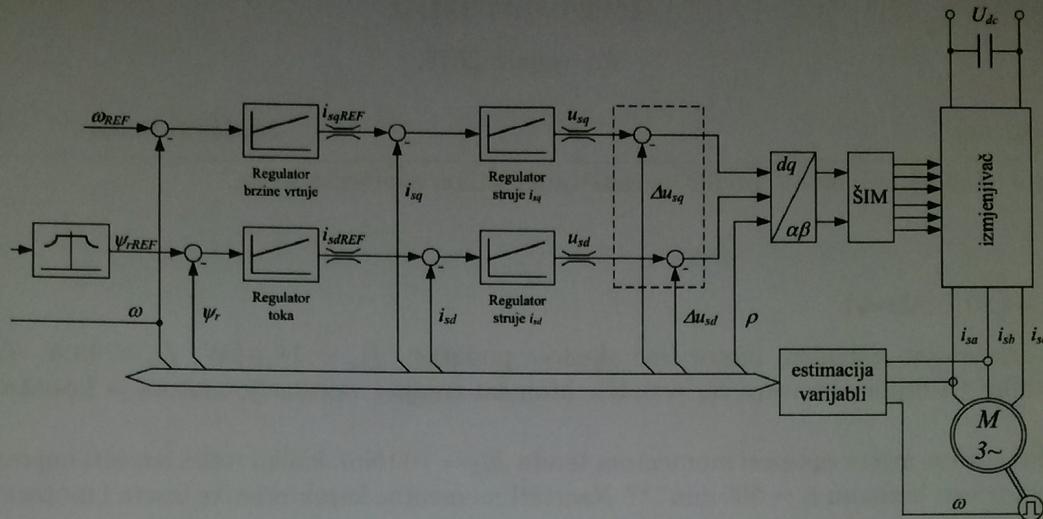
## 2. zadatak (12 bodova)

Asinkroni motor nazivnih podataka:  $U_n = 400 \text{ V}$ ,  $P_n = 7,5 \text{ kW}$ ,  $n_n = 1440 \text{ min}^{-1}$ ,  $f_n = 50 \text{ Hz}$ ,  $M_{pr}/M_n = 3$ , namot u spoju zvijezda, skalarno je upravljan U/f metodom u otvorenoj petlji. Gubici trenja i ventilacije motora se zanemaruju.

- (3 boda) Odrediti brzinu vrtnje motora pri nazivnom naponu i nazivnoj frekvenciji ako je motor opterećen konstantnim momentom tereta  $M_t = 20 \text{ Nm}$ . Nacrtati momentne karakteristike motora i tereta te naznačiti nazivnu točku i radnu točku.
- (5 bodova) Ako se na motor priključi matalica za papir čija je momentna karakteristika dana izrazom  $M_t = k * n \text{ Nm}$ , pri nazivnom naponu i nazivnoj frekvenciji motor se vrti brzinom  $n = 1450 \text{ min}^{-1}$ . Odrediti brzinu vrtnje motora pri referentnoj frekvenciji  $f = 40 \text{ Hz}$ . Nacrtati momentnu karakteristiku tereta te momentne karakteristike motora za nazivnu i referentnu frekvenciju te naznačiti karakteristične točke.
- (4 boda) Motor je upravljan U/f metodom u zatvorenoj petlji pri čemu mjerni član brzine grieši -10% stvarne vrijednosti brzine u cijelom mjernom opsegu (npr. ako je stvarna brzina  $100 \text{ min}^{-1}$ , mjerni član daje  $90 \text{ min}^{-1}$ ). Odrediti zadalu (referentnu) vrijednost brzine ako je na motor priključena matalica za papir iz b)dijela zadatka, a frekvencija (osnovnog harmonika) napona napajanja motora iznosi  $f = 35 \text{ Hz}$ .

## 3. zadatak (8 bodova)

Za upravljanje brzinom vrtnje kavezognog asinkronog motora koristi se struktura upravljanja prikazana na slici 1. Motor se vrti brzinom 20% većom od nazivne brzine i opterećen je s 20% nazivnog momenta. Potrebno je:

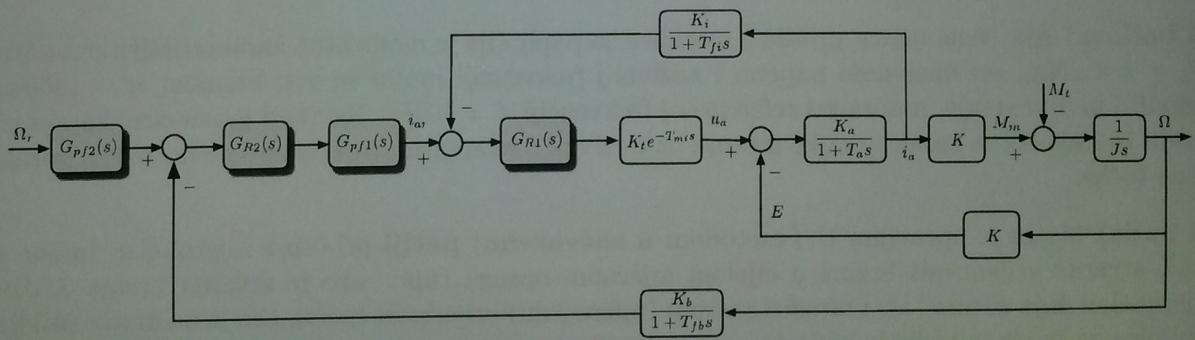


Slika 1: Sustav za regulaciju brzine s vektorski upravljenim asinkronim motorom

- (5 bodova)** Kvalitativno skicirati odzive struja  $i_{sd}(t)$  i  $i_{sq}(t)$ , te brzine vrtnje  $\omega(t)$  za slučaj da se motoru smanji referentna vrijednost brzine vrtnje na 80% nazine brzine, a moment tereta ostane nepromijenjen.
- (3 boda)** U istom  $d,q$  koordinatnom sustavu skicirati položaj vektora magnetskog toka rotora i položaj vektora struje statora u početnom stacionarnom stanju ( $n = 120\% n_n$ ,  $M_t = 20\% M_n$ ) te u stacionarnom stanju koje je nastupilo nakon promjene referentne vrijednosti brzine ( $n = 80\% n_n$ ,  $M_t = 20\% M_n$ ).

#### 4. zadatak (15 bodova)

Kaskadna struktura upravljanja brzinom istosmjernog motora prikazana je na slici 2, 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 2: Blokovska shema kaskadnog upravljanja brzinom DC motora s nezavisnom uzbudom

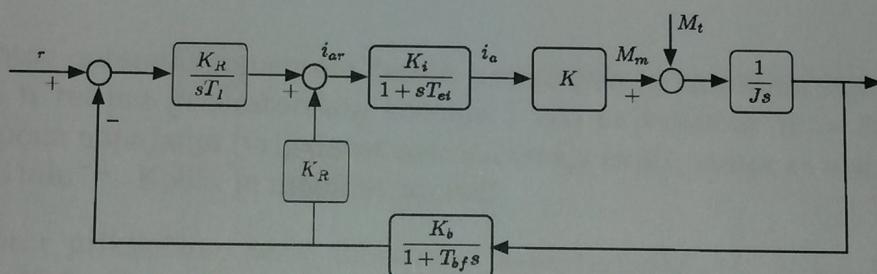
Potrebno je:

- (4 boda)** Projektirati PI regulator struje armature  $G_{R1}(s)$  prema tehničkom optimumu kao i prefilter referentne vrijednosti struje armature  $G_{pf1}(s)$ .
- (4 boda)** Ukoliko se promjeni nadomjesno mrvivo vrijeme pratvarača na  $T_{mi} = 3 \text{ ms}$ , uz parametre regulatora određene u a) dijelu zadatka, koliko će pri iznositi karakteristični faktor prigušenja  $\zeta$ ?

- c) **(3 boda)** Pretpostavimo da je brzina vrtnje regulirana klasičnim PI regulatorom  $G_{R2} = K_R \frac{1+T_I s}{T_I s}$  koji je projektiran po simetričnom optimumu. Pretpostavimo da optimalno pojačanje PI regulatora brzine vrtnje iznosi  $K_R = K_R^*$ . Potrebno je odrediti koje od ova dva pojačanja rezultira bržim odzivom i većim nadvišenjem  $K_R = 10K_R^*$  ili  $K_R = 0.1K_R^*$ . Objasniti.
- d) **(4 boda)** Ukoliko zamjenimo mjerni član brzine, mjernim članom koji ima manju vremensku konstantu  $T_{fb} = 0.5ms$ , koliko će tada iznositi fazno osiguranje uz pretpostavku da je PI regulator brzine vrtnje projektiran po simetričnom optimumu uz  $a = 2.41$ .
- Napomena: Nagib karakteristike amplitudno frekvencijske karakteristike otvorenog kruga u okolini presječne frekvencije iznosi -20 dB/dek.

### 5. zadatak (15 bodova)

Nadređena petlja upravljanja brzinom vrtnje istosmjernog motora s nezavisnom i konstantnom uzbudom prikazana je blokovskom shemom na slici 3. 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 3: Blokovska shema upravljanja brzinom DC motora s nezavisnom uzbudom

- a) **(5 bodova)** Odrediti prijenosnu funkciju zatvorenog kruga.
- b) **(5 bodova)** Odrediti parametre modificiranog PI regulatora brzine vrtnje tako da nadomjesna vremenska konstanta zatvorenog kruga iznosi  $T_e = 0.1s$ , a karakteristični odnos  $D_2 = 0.5$ .
- c) **(5 bodova)** Slijedi li sustav bez prefiltra linearno rastuću referentnu veličinu? Objasniti.