

Pismeni ispit

06. srpnja 2012.

1. zadatak (9 bodova)

- (1) Ako projektiramo regulator za proces koji ima P djelovanje, kako bi regulacijsko odstupanje u stacionarnom stanju kod pobude oblika odskočne funkcije bilo jednako nuli, digitalni regulator treba imati barem jedan pol u ____.
- (2) Skicirajte blok shemu PID regulatora s dva stupnja slobode podešavanja parametara.
- (2) Nacrtajte Simulink shemu za računanje sljedećeg kvadratičnog kriterija:

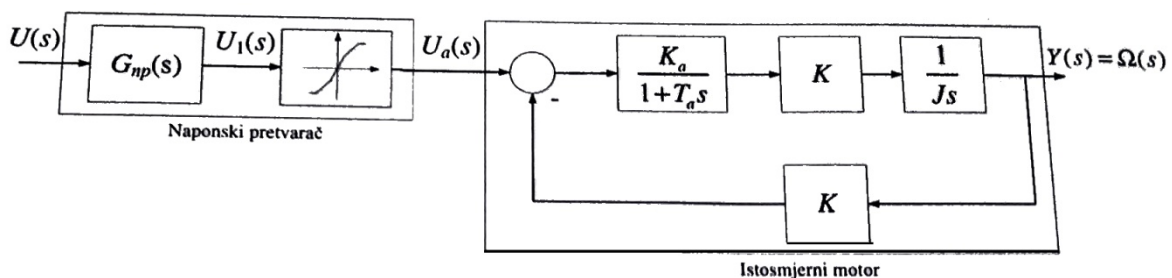
$$S_e + S_u = \sqrt{\frac{1}{M+1} \sum_{k=0}^M e^2(k)} + \sqrt{\frac{1}{M+1} \sum_{k=0}^M \Delta u^2(k)}$$

gdje su M broj koraka simulacije, $e(k)$ pogreška regulacije, $\Delta u(k)$ odstupanje upravljačke veličine, te T vrijeme diskretizacije. Uzmite da su $e(k)$ i $\Delta u(k)$ već izračunati i dostupni kao signali.

- (2) Navedite prednosti i probleme koji se javljaju kod upravljanja preko zajedničke komunikacijske mreže.
- (2) Napravite usporednu tablicu koja uspoređuje najvažnije značajke cikličkog i ET prijenosa podataka za RT sustave.

2. zadatak (12 bodova)

Zadan je sustav koji se sastoji od naponskog pretvarača i istosmjernog motora kao na slici 1. Pritom je $K_a = 1/R_a$ i $T_a = L_a/R_a$.



Slika 1: Blokova shema sustava.

Prijenosna funkcija ulaznog dijela naponskog pretvarača je

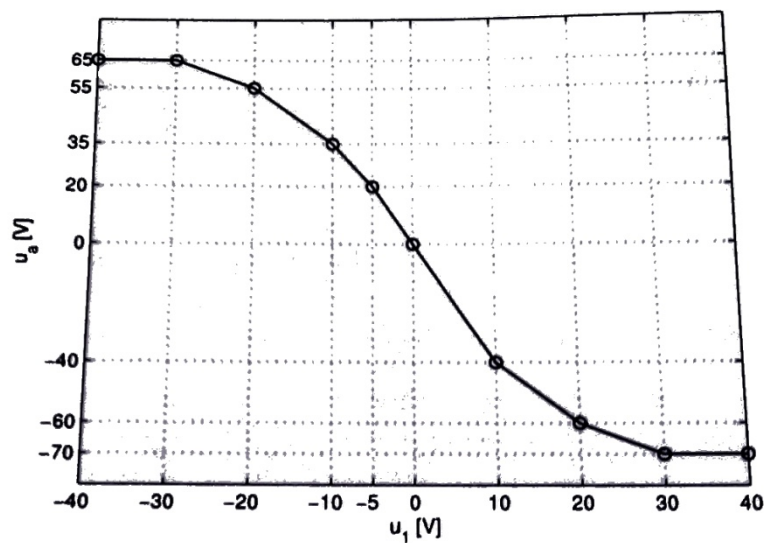
$$G_{np}(s) = \frac{U_1(s)}{U(s)} = \frac{3}{0.005s + 1},$$

međutim zbog male vremenske konstante u odnosu na motor dopušteno ju je aproksimirati kao

$$G_{np}(s) = \frac{U_1(s)}{U(s)} \approx 3.$$

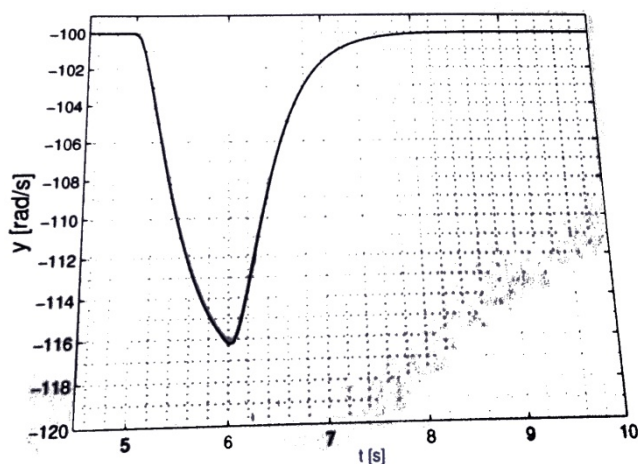
Nelinearna karakteristika izlaznog dijela naponskog pretvarača aproksimirana je po dijelovima linearnom karakteristikom na slici 2. Nazivni parametri motora dobiveni od proizvođača su:

$J = 0.5 \text{ Nm/rad/s}^2$, $K = 0.5 \text{ Nm/A}$, $R_a = 0.25 \text{ } \Omega$, $L_a = 0.0275 \text{ H}$.



Slika 2: Karakteristika izlaznog dijela naponskog pretvarača.

- a) (4) Odredite linearizirani model sustava u radnoj točki $Y_0 = 100 \text{ rad/s}$.
- b) (1) Bi li se u radnoj točki $Y_0 = -100 \text{ rad/s}$ dobio isti linearizirani model kao i u radnoj točki $Y_0 = 100 \text{ rad/s}$? Obrazložite.
- c) (3) Koliko iznosi potrebna pobuda U_0 da bi se sustav doveo u radnu točku $Y_0 = -100 \text{ rad/s}$? Ako bismo u toj radnoj točki proveli identifikacijski eksperiment, koliko bi pritom iznosila najveća (pozitivna) i najmanja (negativna) dopuštena vrijednost ispitne skokovite pobude superponirane na ulazni signal u radnoj točki uz koju bi sustav ostao na istom linearnom dijelu karakteristike sa slike 2?



Slika 3: Odziv dobiven identifikacijskim eksperimentom.

d) (4) Pretpostavimo da nisu poznati parametri motora niti karakteristika naponskog pretvarača, te se stoga provodi identifikacijski eksperiment. Sustav je doveden u radnu točku $Y_0 = -100 \text{ rad/s}$ pri čemu je korištena pobuda zadana izrazom $u(t) = U_0 + 1.5S(t - 5) - 1.5S(t - 6)V$, gdje je U_0 signal potreban za dovođenje sustava u radnu točku Y_0 , a $S(t)$ je skokovita funkcija. Dobiven je odziv kao na slici 3 (na slici je prikazan samo koristan dio signala). Odredite model sustava korištenjem metode po Kupfmulleru i aproksimacijom pomoću PTn člana za $n = 2$.

3. zadatak (9 bodova)

Za proces

$$G_s(s) = \frac{K_s}{(1 + T_1 s)(1 + T_2 s)}$$

odaberite i projektirajte korekcijski član kojim će se zadovoljiti sljedeći zahtjevi:

- presječna frekvencija otvorenog kruga s korekcijskim članom treba ostati ista kao i za sustav bez korekcijskog člana;
- relativno nadvišenje na ulaznu skokovitu pobudu neka je oko 25%.

Zadane su vremenske konstante procesa iznosa $T_1 = 1 \text{ s}$, $T_2 = 0.333 \text{ s}$, a pojačanje procesa iznosi $K_s = 50$.

4. zadatak (11 bodova)

Proces je zadan sljedećom prijenosnom funkcijom:

$$G_p(s) = \frac{1 - T_1 s}{1 + T_2 s}$$

gdje su $T_1 = 0.3 \text{ s}$ i $T_2 = 3 \text{ s}$ vremenske konstante procesa. Potrebno je:

- a) (6) Projektirati regulator $G_R(s)$ EMUL2 postupkom prema Truxal-Guillemínu. Modelsku prijenosnu funkciju $G_m(s)$ odrediti prema općem obliku prijenosne funkcije drugog reda tako da je nadvišenje $\sigma_m[\%] \leq 5\%$ i vrijeme prvog maksimuma $t_m \leq 2$ s. Zadano je vrijeme diskretizacije $T = 0.1$ s.
- b) (2) Skicirajte odziv kontinuiranog reguliranog sustava s obzirom na pobudu jediničnom odskočnom funkcijom. Također, upišite vrijednost na osima.
- c) (3) Izračunajte diskretni oblik regulatora $G_R(z)$ koristeći Tustinovu transformaciju ($T = 0.1$ s).

5. zadatak (14 bodova)

Za prijenosnu funkciju digitalnog kompenzatora

$$G_R(z) = \frac{z - 0.4}{z^2 - 0.3z + 0.02}$$

- a) (8) Skicirajte shemu realizacije, te napišite jednačbe diferencija za sljedeće oblike:
- i) direktni oblik I;
 - ii) direktni oblik II;
 - iii) serijski oblik;
 - iv) paralelni oblik.
- b) (2.5) Odredite vrijednost koeficijenata regulatora u direktnom obliku korištenjem cjelobrojne aritmetike u 4 bitovnom cijelobrojnom tipu s bitom za predznak i 3 bita za frakciju. Izračunajte položaj nula i polova s novim koeficijentima.
- c) (2.5) Odredite vrijednost koeficijenata regulatora u serijskom obliku korištenjem cjelobrojne aritmetike u 4 bitovnom cijelobrojnom tipu s bitom za predznak i 3 bita za frakciju. Izračunajte položaj nula i polova s novim koeficijentima.
- d) (1) Postoji li razlika u cjelobrojnoj izvedbi serijskog i direktnog oblika, te koja će izvedba dati bolje rezultate?