

Jesenski ispitni rok

7. rujna 2016.

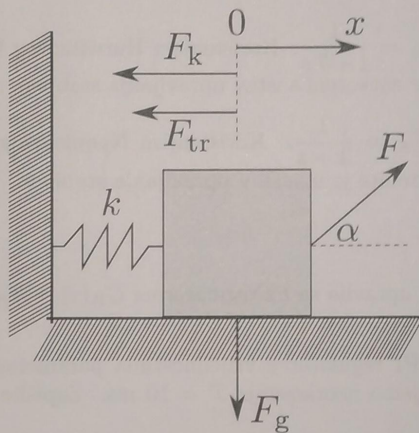
Ime i Prezime:

Matični broj:

Napomena: Zadatke obavezno predati s rješenjima nakon završetka testa.

1. zadatak (8 bodova)

Zadan je sustav na slici 1. Pritom: m je masa tijela, g je ubrzanje sile teže, x je pomak tijela u odnosu na ishodište (vidi sliku 1), $F_k = kx^3$ je sila opruge, k je konstanta opruge, $F_{tr}(x)$ je sila trenja, F je vučna sila, a α je kut pod kojim djeluje vučna sila F . Sila trenja je proporcionalna ukupnoj sili F_N kojom tijelo okomito pritišće podlogu i sljedećeg je oblika: $F_{tr} = F_N \arctan(x)$.



Slika 1: Načelna shema sustava.

- (3 boda) Napišite diferencijalnu jednadžbu koja opisuje dinamičku ovisnost pomaka tijela x u odnosu na ishodište o vučnoj sili F .
- (3 boda) Linearizirajte sustav oko ishodišta $x = 0$. Napomena: $\frac{d}{dx} \arctan x = \frac{1}{1+x^2}$.
- (2 boda) Zapišite linearizirani sustav u prostoru stanja, ako su zadana stanja $x_1 = x$, $x_2 = \dot{x}$, ulaz u sustav je $u = F$, a izlaz iz sustava je $y = x$.

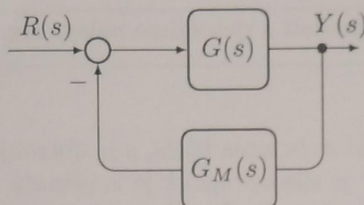
2. zadatak (12 bodova)

Zadana je prijenosna funkcija procesa $G_p(s) = \frac{2}{s(s+4)}$.

- (3 boda) Skicirajte amplitudno-frekvencijsku karakteristiku procesa aproksimiranu pravcima. Pritom jasno naznačite lomne frekvencije i nagibe pravaca.
- (3 boda) Odredite odstupanje u decibelima između stvarne amplitudno-frekvencijske karakteristike procesa i njene aproksimacije na frekvenciji $\omega = 2\text{rad/s}$.
- (3 boda) Izračunajte iznos pojačanja kojeg bi trebalo dodati u otvoreni krug upravljanja kako bi se postiglo nadvišenje prijelazne funkcije zatvorenog kruga $\sigma_m \approx 7\%$. Pritom koristite približnu vezu između pokazatelja kvalitete u vremenskom i frekvencijskom području.
- (3 boda) Ako se procesom upravlja s proporcionalnim regulatorom pojačanja $K_p = 1.5$ u zatvorenom krugu s jediničnom povratnom vezom, odredite regulacijsko odstupanje u ustaljenom stanju na referencu oblika $r(t) = 0.2S(t) + tS(t-2)$.

3. zadatak (11 bodova)

Na slici 2 prikazan je sustav upravljanja. Zadana je prijenosna funkcija $G(s) = \frac{2}{s(s+4)}$.



Slika 2: Sustav upravljanja.

- a) (5 bodova) Zadano je $G_M = \frac{1}{1+Ts}$. Korištenjem Hurwitzovog kriterija odredite za koje vrijednosti vremenske konstante T je zatvoreni sustav upravljanja stabilan.
- b) (6 bodova) Zadano je $G_M = \frac{1}{1+s}$. Korištenjem Nyquistovog dijagrama (uz jasno označene sve karakteristične točke) odredite je li sustav upravljanja stabilan.

4. zadatak (10 bodova)

Procesom $G_P(s) = \frac{1}{s+0.02}$ upravlja se PI regulatorom $G_R(s) = K_R \frac{T_I s + 1}{T_I s}$.

- a) (3 boda) Diskretizirajte PI regulator s vrijednostima parametara $K_R = 8$ i $T_I = 0.5$ korištenjem Tustinove metode uz vrijeme uzorkovanja $T = 10$ ms. Zapišite rekursivnu jednadžbu koja opisuje ponašanje regulatora.
- b) (3 boda) Proces $G_P(s)$ diskretizirajte metodom diskretizacije kojom se u diskretnoj domeni zadržavaju svojstva kontinuirane prijelazne funkcije uz vrijeme uzorkovanja $T = 10$ ms.
- c) (4 boda) Korištenjem Juryevog kriterija odredite stabilnost diskretnog zatvorenog sustava upravljanja uz prijenosne funkcije procesa $G_P(z) = \frac{0.01}{z-1}$ i regulatora $G_R(z) = \frac{z-0.98}{z-1}$.

$s^2 + 4s$