Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo
Tržaška 25
61000 Ljubljana

Simulacije – vaja 4
Prehitevalno – zakasnilni kompenzator

Leon Kos, 3. letnik Avtomatika – Robotika

15. april 1996

1 Naloga

Odprtozančna prenosna funkcija nekompenziranega sistema je

$$G(s) = \frac{4}{s(s+0.5)} \tag{1}$$

Načrtajte prehitevalno – zakasnilni kompenzator

$$G_k(s) = K_k\left(\frac{s+\frac{1}{T_1}}{s+\frac{1}{\alpha T_1}}\right)\left(\frac{s+\frac{1}{T_2}}{s+\frac{1}{\beta T_2}}\right) \qquad \alpha < 1 \quad \beta > 1 \tag{2}$$

Zahteve so naslednje:

- dušilni koeficient $\zeta = 0.5$
- lastna frekvenca $\omega_n = 5rds^{-1}$
- konstanta kitrostnega pogreška $k_v = 80s^{-1}$

Izberite eno izmed metod:

- $\alpha \neq \beta$ ali
- $\alpha = \beta$

S simulacijo nekomenziranega in kompenziranega regulacijskega sistema pri stopničastem in linearno naraščujočem signalu potrdite pravilnost postopka. Simulirajte regulacijski sistem v jeziku SIMCOS z uporabo grafičnega predprocesorja.

2 Kompenzacija pri $\frac{1}{\alpha} \neq \beta$

S pomočjo diagrama lege korenov določimo lego dominantnih polov zaprtozančnega sistema.

$$s_{1,2} = -2.5 \pm j4.33 \tag{3}$$

Ker ke kot sistema v točki s_1

$$\angle \left[\frac{4}{s(s+0.5)} \right]_{s=0.2.5+j4.33} = -235^\circ \tag{4}$$

Izračunamo kot λ, ki ga mora vnesti prehitevalni kompenzator, da poteka DLK skozi želena pola. Pri tem predpostavimo, da bomo kasneje izbrali T_2 zadosti velik, da bo prispevek zakasnilnega kompenzatorja po absolutni vrednosti in kotu majhen v željenih polih. Prispevek prehitevalnega kompenzatorja mora torej biti

$$\lambda = \angle \left[\frac{s + \frac{1}{T_1}}{s + \frac{1}{\alpha T_1}} \right] = 55^\circ \tag{5}$$

Ničlo prehitevalnega kompenzatorja izberemo tako, da krajša pol sistema pri $s = 0.5$. Grafično določimo še lego pola prehitevalnega kompenzatorja:

ničla je pri $s = -0.5$
in pol pri $s = -5.021$

Prehitevalni kompenzator ima tako prenosno funkcijo

$$K_K \frac{s + \frac{1}{T_1}}{s + \frac{1}{\alpha T_1}} = K_K \frac{s + 0.5}{s + 5.021} \tag{6}$$

in sta ustrezni konstanti

$$T_1 = 2 \qquad \alpha = 0.0996 \tag{7}$$

Iz pogoja absolutne vrednosti nato določimo konstanto K_K

$$\left| K_K \frac{s+0.5}{s+5.021} \frac{4}{s(s+0.5)} \right|_{s=-2.5+j4.33} = 1 \tag{8}$$

oz.

$$K_K = \left| \frac{s(s+5.021)}{4} \right|_{s=-2.5+j4.33} = 6.26 \tag{9}$$

S tem smo določili prehitevalni kompenzator. Konstanto β zakasnilnega kompenzatorja koločimo iz pogoja za konstanto hitrostnega pogreška.

$$K_v = \lim_{s \to 0} s G_K(s) G(s) = \lim_{s \to 0} s \left[6.26 \frac{s+0.5}{s+0.5021} \frac{s + \frac{1}{T_2}}{s + \frac{1}{\beta T_2}} \frac{4}{s(s+0.5)} \right] = 4.987\beta = 80 \tag{10}$$

Torej je $\beta = 16.04$

Končno izberemo T_2, tako da bo izpolnjeno

$$\left|\frac{s+\frac{1}{T_2}}{s+\frac{1}{16.04T_2}}\right|_{s=-2.5+k4.33} \doteq 1 \tag{11}$$

$$-5^\circ < \angle\left|\frac{s+\frac{1}{T_2}}{s+\frac{1}{16.04T_2}}\right|_{s=-2.5+k4.33} < 0^\circ \tag{12}$$

Prvi pogoj zahteva čim večji T_2, drugi pogoj pa zadovoljimo s $T_2 \geq 2$.

Izberimo $T_2 = 5$ oz. ničlo zakasnilnega kompenzatorja pri $s = -\frac{1}{T_2} = -0.2$ in pol pri $s = -\frac{1}{\beta T_2} = -0.01247$

Načrtani kompenzator podaja prenosna funkcija

$$G_K(s) = 6.26\left(\frac{s+0.5}{s+5.02}\right)\left(\frac{s+0.2}{s+0.01247}\right) \tag{13}$$

Prenosna funkcija kompenziranega sistema je tako

$$\begin{aligned} G_K(s)G(s) &= \frac{25.04s+5}{s(s^2+0.1247s+5.02s+0.06269)} \\ &= \frac{25.04s+5}{s^3+5.03247s^2+0.062994s} \end{aligned} \tag{14}$$

3 Nekompenzirani sistem

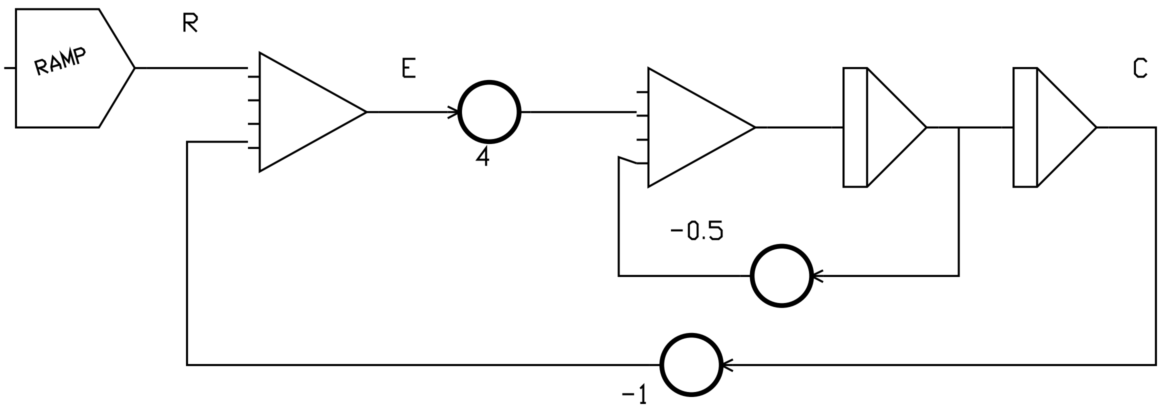
$$\frac{C(s)}{E(s)} = \frac{4}{s}\,\frac{1}{(s+0.5)} \tag{15}$$

Slika 1: Nekompenzirani sistem

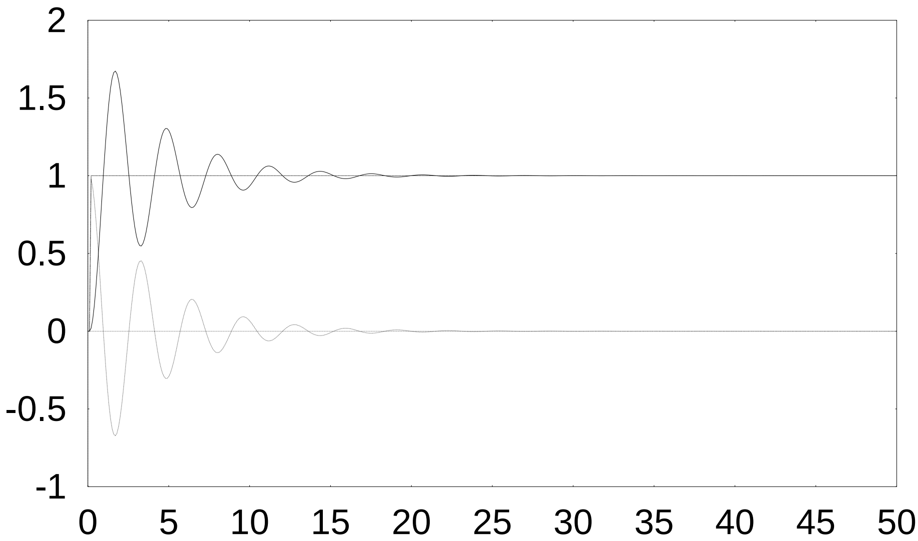
Sistem razstavimo z zaporedno členitvijo

$$C(s)s^2 + C(s)0.5s = 4E(s) \tag{16}$$

$$C(s) = \frac{1}{s^2}\left[-0.5C(s)s + 4E(s)\right] \tag{17}$$



Slika 2: Simulacijska shema nekompenziranega sistema



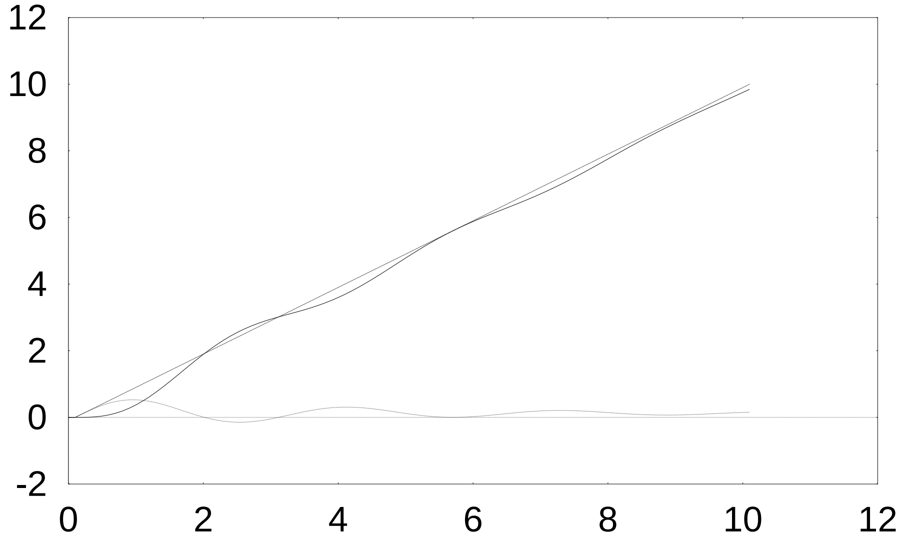
Slika 3: Odziv nekompenziranega sistema na stopnico

4 Kompenzirani sistem

$$\frac{C(s)}{E(s)} = \frac{25.04s + 5}{s(s^2 + 0.1247s + 5.02s + 0.06269)} = \frac{25.04s + 5}{s^3 + 5.03247s^2 + 0.062994s} \tag{18}$$

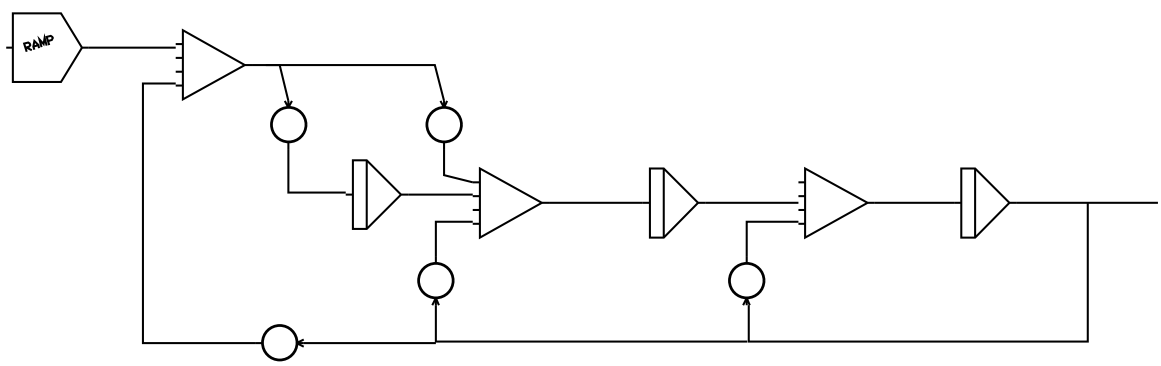
Kompenzirani sistem podobno kot nekompenzirani sistem razstavimo in napravimo simulacijsko shemo. Za razliko od nekompenziranega sistema pa tu uporabimo vgnezdeno členitev.

Slika 7 prikazuje odziv kompenziranega sistema na stopničasto spremembo reference. Napaka v ustaljenem stanju se je bistveno zmanjšala saj, ni opaziti večkratnega prenihavanja, kot tudi ne daljšega časa potrebnega za ustaljeno stanje.

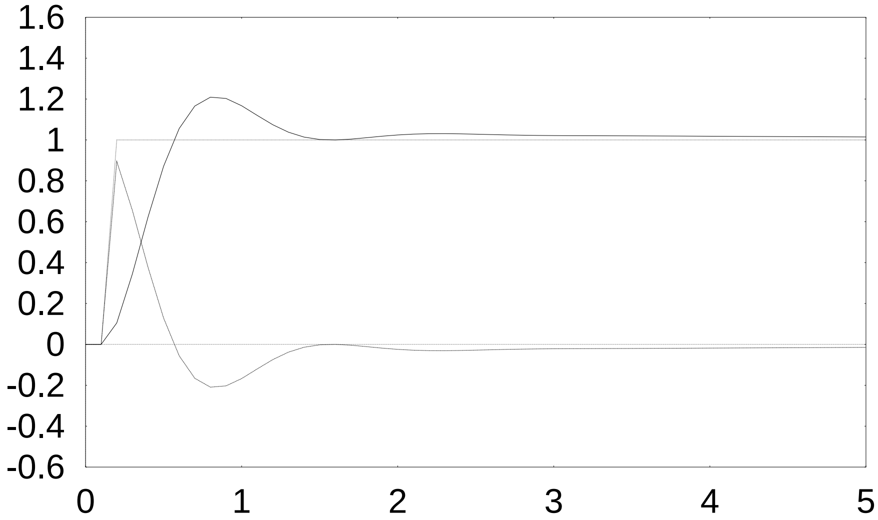


Slika 4: Odziv nekompenziranega sistema na rampo

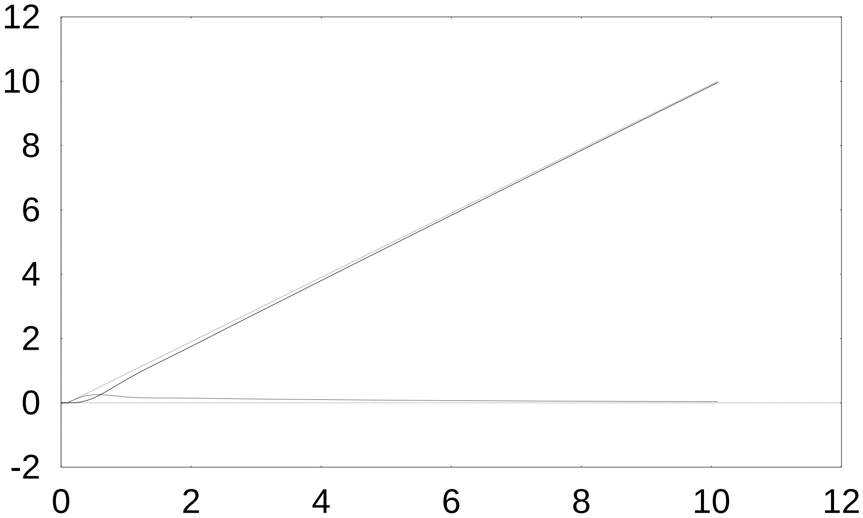
Slika 5: Kompenzirani sistem



Slika 6: Simulacijska shema kompenziranega sistema



Slika 7: Odziv kompenziranega sistema na stopnico



Slika 8: Odziv kompenziranega sistema na rampo