Lunds Universitet
LTH Ingenjörshögskolan
i Helsingborg

Tentamen i Reglerteknik 2013–08–26

1. Ett system beskrivs av följande in-utsignalsamband:

$$\frac{dy}{dt}(t) + 4y(t) = 2u(t)$$

där $u(t)$ är insignal och $y(t)$ utsignal.

a. Beräkna systemets överföringsfunktion och poler. $G(s) = \frac{2}{s+4}$ pol: -4 (2 p)

b. Bestäm systemets statiska förstärkning och tidskonstant. Tidskonst. $T = \frac{1}{4} = 0.25$ Statisk förstärkn. $K_0 = \frac{1}{2}$ (2 p)

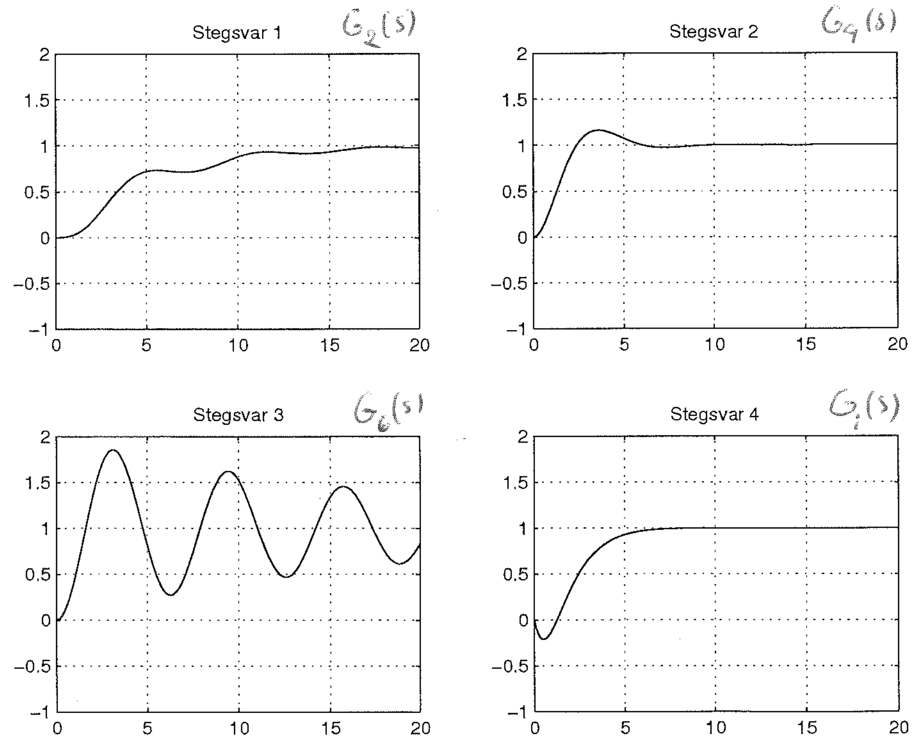
c. Bestäm systemets impulssvar. $h(t) = 2e^{-4t}\theta(t)$ (2 p)

d. Bestäm systemets stegsvar. $y(t) = \frac{1}{2}(1 - e^{-4t})\theta(t)$ (4 p)

2. Ett antal olika system är givna via sina överföringsfunktioner

$$G_1(s) = \frac{-s+1}{s^2+2s+1} \qquad G_2(s) = \frac{1}{(s^2+0.3s+1)(5s+1)} \qquad G_3(s) = \frac{1}{s-1}$$
$$G_4(s) = \frac{1}{s^2+s+1} \qquad G_5(s) = \frac{1}{s^2+2s-3} \qquad G_6(s) = \frac{1}{s^2+0.1s+1} \qquad (\star)$$

a. Kombinera vart och ett av de 4 stegsvaren i Fig. 1 med rätt alternativ bland överföringsfunktionerna i $(\star)$: (4 p)



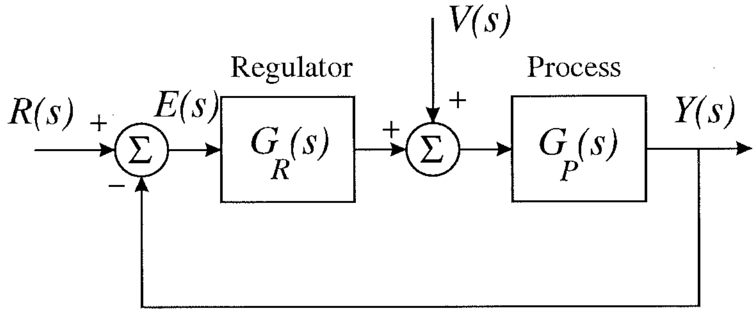
Figur 1. Stegsvar i uppgift 2.

b. Vilka av överföringsfunktionerna i ($\star$) har enbart reela poler? G_1 G_3 G_5 (2 p)

c. Ange de system i ($\star$) som är instabila. G_3 G_5 (2 p)

d. Vilket av stegsvaren svarar mot ett system med enbart reela poler? Stegsvar 4 (2 p)

3. Blockschemat för ett reglersystem visas i Fig. 2.



Figur 2. Blockdiagram i uppgift 3.

Processens överföringsfunktion ges av

$$G_P(S) = \frac{2}{s+3}$$

$$E(s) = \frac{1}{1+K\frac{2}{s+3}} R(s) + \frac{-\frac{2}{s+3}}{1+K\cdot\frac{2}{s+3}} V(s)$$

a. Antag att regulatorn är av proportionell typ $G_R(s) = K$. Bestäm det kvarstående reglerfelet $\lim_{t\to\infty} e(t)$ då $r(t) = \theta(t)$ och $v(t) = 0$. $\frac{3}{3+2K}$ (3 p)

b. Antag att regulatorn är av proportionell typ $G_R(s) = K$. Bestäm det kvarstående reglerfelet $\lim_{t\to\infty} e(t)$ då $r(t) = 0$ och $v(t) = -0.5\,\theta(t)$. $-\frac{2}{3+2k}\cdot(-0.5) = \frac{1}{3+2k}$ (3 p)

c. Antag den här gången att regulatorn är av PI-typ dvs

$$G_R(s) = K\left(1 + \frac{1}{T_i s}\right)$$

Bestäm det kvarstående reglerfelet $\lim_{t\to\infty} e(t)$ då $r(t) = \theta(t)$ och $v(t) = 0$. (4 p)

0 (noll)

4.

"Teori-frågor" (se förel.)

a. Skriv upp hur styrsignalen $u(t)$ för en PI-regulator beror av reglerfelet $e(t)$. (2 p)

b. Skriv upp hur styrsignalen $u(t)$ för en PD-regulator beror av reglerfelet $e(t)$. (2 p)

c. Vad är det för mening med att ha integralverkan i en regulator? $\lim_{t\to\infty} e(t) = 0$ då $r(t)$ steg (2 p)

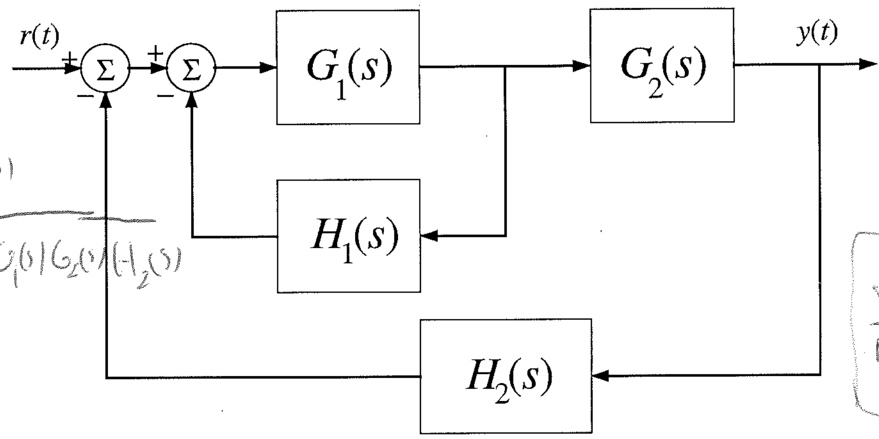
d. Vad är det för mening med att ha derivataverkan i en regulator? dämpa oscillationer (2 p)

e. Motivera varför lågpassfiltrering av derivatadelen används. (2 p)

minska brus

5. I Fig. 3 visas blockschemat för ett återkopplat system.

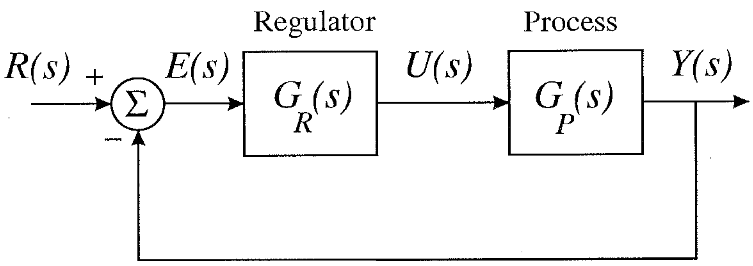
a. Beräkna överföringsfunktionen från $r(t)$ till $y(t)$. (3 p)



$G_{cl}(s) = \frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{G_1(s)G_2(s)}{1+G_1(s)H_1(s)+G_1(s)G_2(s)H_2(s)}$

$\boxed{\frac{Y}{R} = \frac{G_1G_2}{1+G_1H_1+G_1G_2H_2}}$

Figur 3. Blockschema till uppgift 5.



Figur 4. Blockdiagram i uppgift 6.

$G_{cl}(s) = \frac{K}{(s^2+as+1)(s+1)+K(s+2)}$

b. Antag att

$$G_1(s) = \frac{K}{s^2+as+1} \qquad \text{och} \qquad G_2(s) = \frac{1}{s+1}$$

Antag även att $H_1(s) = 1$ och $H_2(s) = 1$. Beräkna maximalt värde på K som en funktion av a förutsatt att det återkopplade systemet skall vara stabilt och att $a < 1$. (5 p)

Kar. ekv.: $s^3+(a+1)s^2+(a+1+K)s+1+2K=0$ Routh $\Rightarrow$ $a+1>0$, $a^2+2a > K(1-a)$, $1+2K>0$

$\boxed{a>-1}$ $\boxed{K < \frac{a(2+a)}{1-a}}$ $\boxed{K > -\frac{1}{2}}$

c. Vad gäller för villkor på maximala förstärkningen i (b) om $a = 1$? (2 p)

$a=1 \Rightarrow 3>0$ dvs. $\boxed{K>-\frac{1}{2} \text{ räcker!}}$

6. Ett instabilt system skall regleras enligt blockschemat i Fig. 4.

där

$$G_P(s) = \frac{1}{(s-1)(s-2)}$$

Kar. ekv.: $(s-1)(s-2)s(s+c_1)+d_0s^2+d_1s+d_2=0$

och regulatorn är av typen

$$G_R(s) = \frac{d_0s^2+d_1s+d_2}{s(s+c_1)}$$

Alla poler i $s=-1$

$(s+1)^4 = s^4+4s^3+6s^2+4s+1=0$

$c_1 = 7$, $d_0 = 25$, $d_1 = -10$, $d_2 = 1$

a. Beräkna regulatorparametrarna så att det slutna systemet får alla poler i $s = -1$. (5 p)

b. I själva verket är regulatorn en PID-regulator med filterfaktor på derivatadelen dvs

$$G_R(s) = K\left(1+\frac{1}{T_is}+\frac{T_Ds}{1+\frac{T_d}{N}s}\right)$$

Uttryck regulatorn som erhölls i (a) med hjälp av PID-parametrarna K, T_i, T_d och N (filterfaktorn). (5 p)

$K = \frac{d_1c_1}{d_2+c_1^2} = -\frac{7}{5}$ $\qquad N = \frac{d_0}{K}-1 = -\frac{132}{7}$

$T_i = \frac{c_1}{d_2} = 7$ $\qquad T_d = \frac{N}{c_1} = -\frac{132}{49}$