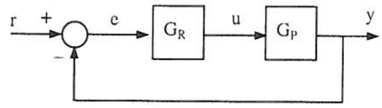
Uppgift 1
Sambandet mellan signalerna e, u och y i figuren till höger beskrivs av följande::



$$5\dot{y} + 10y = 2u$$

$$u = 20 \cdot e$$

Bestäm utsignalen y(t) då insignalen r(t) är ett steg med steghöjden 3. **2p**

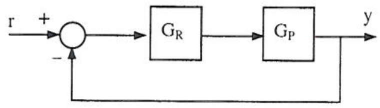
Uppgift 2
En industriell givare har överföringsfunktionen:

$$G(s) = \frac{K}{1+Ts}$$

Då insignalen till givaren ändras stegformat tar det 40 sekunder för utsignalen att nå upp till 80 % av sitt slutvärde. Bestäm analytiskt (ej grafiskt) givarens tidskonstant T. **1p**

Uppgift 3
En process har följande överföringsfunktion:

$$G_P(s) = \frac{20 \cdot e^{-s}}{(1+2{,}5s)^2}$$



a) Rita ett Bodediagram för processen **2p**

b) Processen kopplas in i ett reglersystem enligt figur till höger.
Dimensionera en PI-regulator till processen enligt Ziegler-Nichols svängningsmetod. **1p**

Uppgift 4
a) Snabbhet och stabilitet är två viktiga egenskaper hos ett reglersystem.
Hur ändrar sig vanligtvis dessa två egenskaper hos ett reglersystem då man minskar integrationstiden T_I i en PI-regulator **1p**

b) Vad menas med kaskadreglering?
Rita ett blockschema och förklara **1p**

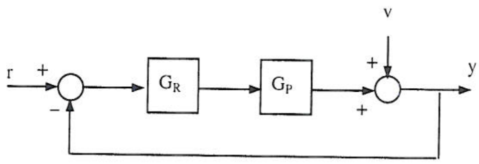
Uppgift 5

Reglersystemet i figuren till höger påverkas av en sinusformad störning v med frekvensen 0,2 rad/s och amplituden 8,0 enheter.
I figuren gäller:

v = störsignal
r = referenssignal ("börvärde")
y = utsignal

$$G_P(s) = \frac{10}{(1+4s)}$$

$$G_R = 2(1 + \frac{1}{3s})$$



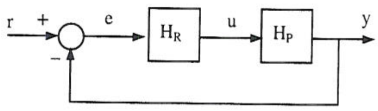
a) Beräkna hur stor amplituden blir hos den sinusformade komponenten i utsignalen y som blir följden av den aktuella störningen? **2p**

b) Hur kan man (åtminstone idealt) helt eliminera störningens inverkan på utsignalen? Rita ett blockschema som visar hur man brukar åstadkomma detta och beräkna överförings-funktioner i införda nya block så att störningens inverkan på utsignalen helt elimineras. **1p**

Uppgift 6

Med hjälp av parametrisk identifiering har man kommit fram till att följande differensekvation beskriver processen H_P i figuren väl:

$$y(k) = 0.8y(k-1) + 2u(k-2)$$



Man önskar reglera processen med en tidsdiskret P-regulator med överföringsfunktionen:

$$H_R(z) = K_R$$

Bestäm hur stor den positiva konstanten K_R maximalt får vara om reglersystemet ska vara stabilt. **3p**

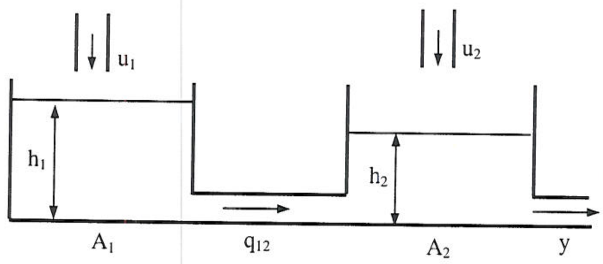
Uppgift 7

En process med överföringsfunktionen: $G_P(s) = \frac{e^{-6s}}{s}$ skall regleras med en tidsdiskret

polplaceringsregulator dimensionerad så att det slutna reglersystemet har alla poler i origo. S k dead beat. Dimensionera en polplaceringsregulator som har samplingsintervallet 3 sekunder. Styrsignalen som ska styra processen antas vara konstant mellan samplingstidpunkterna.

Rita ett blockschema över det beräknade reglersystemet med överföringsfunktioner tydligt utsatta i respektive block. **3p**

Uppgift 8



Figuren ovan visar 2 stycken vattentankar sammanbundna med ett rör.
Tankarna har areorna A_1 resp A_2 [m^2] och vattennivåerna är h_1 resp h_2 [m].
De variabla tillflödena är u_1 resp u_2 [m^3/s] och utflödet y [m^3/s] mynnar med ett fritt utlopp från tank 2.
Flödena q_{12} och y antas proportionella mot respektive tryckskillnader över resp rör med proportionalitetskonstant k [m^3/s per meter vattenpelare]

Härled en linjär tillståndsmodell för systemet i figuren ovan. D v s välj tillståndsstorheter och bestäm matriserna "ABCD". Insignaler är inflödena $u_1(t)$ resp $u_2(t)$ och utsignalen är utflödet y. **3p**

Tentamen Dyn. system med reglerteknik MeI-2 2004-08-20

1) $Y(s)\{5s+10\} = 2\cdot U(s) \Rightarrow G_P(s) = \dfrac{2}{5s+10}$

$U(s) = 20\,E(s) \Rightarrow G_R(s) = 20$

$$G_{tot}(s) = \frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{G_R G_P}{1+G_R G_P} = \frac{1}{\frac{1}{G_R G_P}+1} = \frac{1}{\frac{5s+10}{40}+1} = \frac{40}{5s+50} = \frac{8}{s+10}$$

$R(s) = \dfrac{3}{s} \Rightarrow Y(s) = \dfrac{24}{s(s+10)}$

$$\underline{\underline{y(t)}} = 24\,\frac{(1-e^{-10t})}{10} = \underline{\underline{2{,}4\,(1-e^{-10t})}} \quad t \geq 0$$

2) $G(s) = \dfrac{Y(s)}{X(s)} = \dfrac{K}{1+Ts}$

$X(s) = \dfrac{1}{s} \Rightarrow Y(s) = \dfrac{K}{s(1+Ts)}$

$y(t) = K\left(1-e^{-\frac{t}{T}}\right) \quad t \geq 0$

Givet $y(40) = K\cdot 0{,}80$

$\therefore\ 1-e^{-\frac{40}{T}} = 0{,}8 \Rightarrow \underline{\underline{T}} = -\dfrac{40}{\ln 0{,}2} = \underline{\underline{24{,}9\ [s]}}$

3a) $G_P(j\omega) = \dfrac{20\,e^{-j\omega}}{(1+j2{,}5\omega)^2}$

Brytfrekv. $\omega_1 = \dfrac{1}{2{,}5} = 0{,}4 \downarrow\downarrow$

$|G_P|_{LF} = 20$

$\angle G_P = -\omega\,\dfrac{180^\circ}{\pi} - 2\arctan 2{,}5\omega$

ω	$\angle G_P$
0,05	-17°
0,1	-34°
0,2	-65°
0,5	-131°
1	-194°

b) Ur Bode $\omega_\pi = 0{,}85 \Rightarrow T_0 = \dfrac{2\pi}{\omega_\pi} = 7{,}4\ [s]$

– " – $|G_P(j\omega_\pi)| = 11\,dB \Rightarrow K_0 = -11\,dB = 0{,}28$

Z-N $\Rightarrow$ Välj $\underline{K_R} = 0{,}45\,K_0 = \underline{0{,}13}$

$\underline{\underline{T_I}} = 0{,}85\,T_0 = \underline{\underline{6{,}3\ [s]}}$

04 08-20

4 a) T_I minskar $\Rightarrow$ Snabbare & instabilare

b) Se lärobok + föreläsningsanteckningar

5 a) $G_{vy} = \frac{Y(s)}{V(s)} = \frac{1}{1+G_R G_P}$

$G_p = \frac{10}{1+4s}$

$G_R = 2\left(1+\frac{1}{3s}\right) = \frac{6s+2}{3s}$

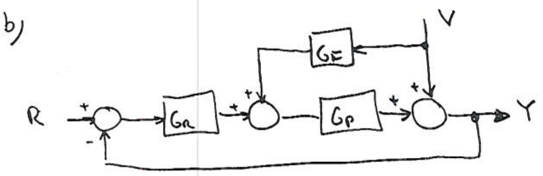
$\therefore\ G_{vy} = \frac{1}{1+\frac{6s+2}{3s}\cdot\frac{10}{1+4s}} = \frac{12s^2+3s}{12s^2+63s+20}$

$G_{vy}(j\omega) = \frac{-12\omega^2+j3\omega}{20-12\omega^2+j63\omega}$

$|G_{vy}| = \frac{\sqrt{144\omega^4+9\omega^2}}{\sqrt{(20-12\omega^2)^2+(63\omega)^2}} = 0{,}033$ vid $\omega = 0{,}2$ rad/s

$\underline{\underline{\hat{y}}} = |G_{vy}|\cdot\hat{v} = 0{,}033\cdot 8 = \underline{\underline{0{,}26}}$

b)



Mät störning V & inför framkopplingsblock G_F

Y opåverkad av V om: $V + V\cdot G_F G_p = 0 \Rightarrow \underline{\underline{G_F}} = -\frac{1}{G_p} = \underline{\underline{-\frac{1+4s}{10}}}$

6) $Y(z)\{1-0{,}8z^{-1}\} = 2z^{-2}U(z)$

$$H_p(z) = \frac{Y}{U} = \frac{2z^{-2}}{1-0{,}8z^{-1}}$$

$$H_R(z) = K_R$$

$$H_{tot}(z) = \frac{Y(z)}{R(z)} = \frac{H_R H_p}{1+H_R H_p}$$

KE $\quad 1 + H_R H_p = 0$

$$1 + \frac{2K_R z^{-2}}{1-0{,}8z^{-1}} = 0$$

$$1 - 0{,}8z^{-1} + 2K_R z^{-2} = 0$$

$$z^2 - 0{,}8z + 2K_R = 0$$

<u>Poler</u> $\quad z_{1,2} = 0{,}4 \pm \sqrt{0{,}16 - 2K_R}$

$0 < K_R \leq 0{,}08$: reella poler $\quad \underline{\underline{|z_{1,2}| \leq}}\ 0{,}4 + 0{,}4 = \underline{\underline{0{,}8}}$ $\therefore$ stabilt

$K > 0{,}08$: kompl. poler $\quad z_{1,2} = 0{,}4 \pm j\sqrt{2K_R - 0{,}16}$

$$|z_{1,2}|^2 = 0{,}4^2 + (2K_R - 0{,}16) = 2K_R$$

Stabilt om $|z_{1,2}| < 1 \Leftrightarrow |z_{1,2}|^2 < 1$

$\therefore$ — " — $\quad 2K_R < 1 \quad \Rightarrow \quad \underline{\underline{K_R < 0{,}5}}$

---

7) $G_p(s) = \dfrac{e^{-6s}}{s} = \dfrac{(e^{-3s})^2}{s} \qquad h = 3\,[s] \qquad$ Diskretisering $\Rightarrow$

$$H(z) = \frac{3z^{-1}}{1-z^{-1}} \cdot z^{-2} = \frac{3z^{-3}}{1-z^{-1}} = \frac{B(z)}{A(z)}$$

$$\begin{cases} n_c = n_b - 1 = 3 - 1 = 2 \\ n_d = n_a - 1 = 1 - 1 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} C(z) = 1 + c_1 z^{-1} + c_2 z^{-2} \\ D(z) = d_0 \end{cases}$$

Alla poler i origo $\Rightarrow P(z) = 1$

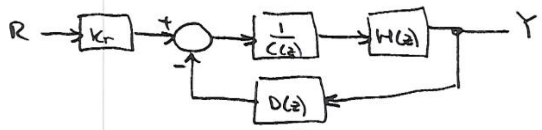
PPE $\quad P = AC + BD$

$$1 = (1-z^{-1})(1 + c_1 z^{-1} + c_2 z^{-2}) + 3z^{-3} \cdot d_0$$

$$1 = 1 + (c_1 - 1)z^{-1} + (c_2 - c_1)z^{-2} + (3d_0 - c_2)z^{-3}$$

7 forts. ID $\begin{cases} c_1 - 1 = 0 \\ c_2 - c_1 = 0 \\ 3d_0 - c_2 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} c_1 = 1 \\ c_2 = 1 \\ d_0 = \frac{1}{3} \end{cases}$

$\therefore$ $\underline{\underline{C(z) = 1 + z^{-1} + z^{-2}}}$ $\quad \underline{\underline{D(z) = \frac{1}{3}}}$ $\quad \underline{\underline{K_r}} = \frac{P(1)}{B(1)} = \underline{\underline{\frac{1}{3}}}$



8/ Materialbalanser

Tank 1 : $A_1 \frac{dh_1}{dt} = u_1 - k(h_1 - h_2) \qquad = -kh_1 + kh_2 + u_1$

Tank 2 : $A_2 \frac{dh_2}{dt} = u_2 + k(h_1 - h_2) - kh_2 = kh_1 - 2kh_2 + u_2$

Tillstånd $x = \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \end{bmatrix}$, Insignal $u = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$, Utsignal $y = kh_2$

$$\therefore \begin{bmatrix} \dot{h}_1 \\ \dot{h}_2 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} -\frac{k}{A_1} & \frac{k}{A_1} \\ \frac{k}{A_2} & -\frac{2k}{A_2} \end{bmatrix}}_{A} \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} \frac{1}{A_1} & 0 \\ 0 & \frac{1}{A_2} \end{bmatrix}}_{B} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

$$y = \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & k \end{bmatrix}}_{C} \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & 0 \end{bmatrix}}_{D} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

040820 Uppgift 3