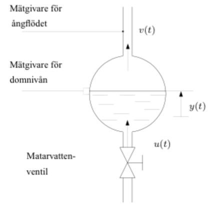
Övningstal 7.5 (pad5)
I en ångpanna av s k domtyp används en behållare (domen) för att skilja vatten och ånga. Det är väsentligt att hålla konstant vattennivå i domen vid belastningsändringar.



Domen kan beskrivas med modellen

$$Y(s) = \frac{10^{-3}}{s}U(s) - \frac{10^{-4}(1-100s)}{s(1+10s)}V(s)$$

där y är domnivån i meter, $\cancel{x}$ u matarvattenflödet i kg/sek och f är ångflödet i kg/sek.

a) I systemet införes en P-regulator för konstanthållning av nivån y via styrning av matarvattenflödet. Rita blockschema över det slutna systemet, inklusive störningens (ångflödets) inverkan!

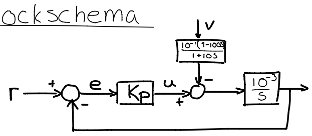
b) Dimensionera regulatorns förstärkningsfaktor K (kg/sek)/m så att ett begynnelsefel i nivån minskar till 25% av ursprungsvärdet efter 1 minut! Vad blir då kvarstående nivåfelet svarande mot en stegstörning i ångflöde på 2 kg/sek?

c) Ange en framkoppling i reglersystemet, baserad på mätning av ångflödet, så att nivån blir oberoende av ändringar i ångflödet. Rita blockschema!

d) Hur påverkas slutna systemets stabilitet av framkopplingen?

a) $Y(s) = \frac{10^{-3}}{s}U(s) - \frac{10^{-4}(1-100s)}{s(1+10s)}V(s) = \frac{10^{-3}}{s}\left[U(s) - \frac{10^{-1}(1-100s)}{1+10s}V(s)\right]$

Blockschema



b) Anta att referenshöjden är r_0 [m] $\Rightarrow R(s) = \frac{r_0}{s}$
Hitta ett uttryck för $e(t)$ och lös sedan K_p givet att $e(60) = 0.25e(0)$.

$$E(s) = G_{re}(s)R(s) = \left\{ G_{re}(s) = \frac{1}{1+\frac{K_p 10^{-3}}{s}} \right\} = \frac{1}{1+\frac{K_p 10^{-3}}{s}} \cdot \frac{r_0}{s} = \frac{r_0}{s+K_p 10^{-3}}$$

$$e(t) = \mathcal{L}^{-1}\{E(s)\} = r_0 e^{-(K_p 10^{-3})t}$$

$$e(0) = r_0, \quad e(60) = r_0 e^{-(K_p 10^{-3})60} = 0.25 r_0 \Leftrightarrow e^{-(K_p 10^{-3})60} = 0.25$$

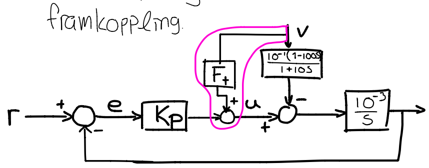
$$-K_p 10^{-3} \cdot 60 = \ln(0.25) \Leftrightarrow K_p = -\frac{\ln(0.25)}{10^{-3}\cdot 60} \approx 23.1$$

Kvarstående felet vid en stegstörning på 2 $\frac{kg}{s}$.
$V(t) = 2, \quad V(s) = \frac{2}{s}$

$$E(s) = G_{ve}(s)V(s) = \left\{ \frac{\frac{10^{-4}(1-100s)}{s(1+10s)}}{1+\frac{K_p 10^{-3}}{s}} = \frac{10^{-4}(1-100s)}{s(1+10s)+(1+10s)K_p 10^{-3}} = \frac{10^{-4}(1-100s)}{(1+10s)(s+K_p 10^{-3})} \right\} = \frac{10^{-4}(1-100s)}{(1+10s)(s+K_p 10^{-3})} \cdot \frac{2}{s}$$

$$\lim_{t\to\infty} e(t) = \lim_{s\to 0} sE(s) = \lim_{s\to 0} s\left(\frac{10^{-4}(1-100s)}{(1+10s)(s+K_p 10^{-3})} \cdot \frac{2}{s}\right) = \lim_{s\to 0} \frac{2\cdot 10^{-4}(1-100s)}{(1+10s)(s+K_p 10^{-3})} = \frac{2\cdot 10^{-4}}{K_p \cdot 10^{-3}} \{K_p \approx 23.1\} \approx 8.66\cdot 10^{-3} \text{ m}$$

c) Anv framkoppling.
Framkoppling från störsignal. I de fall man kan mäta störningen kan man helt eliminera den genom framkoppling.



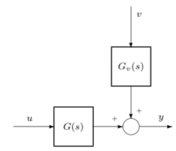
$U(s) = K_p E(s) + F_f(s)\cdot V(s) \Rightarrow Y(s) = \frac{10^{-3}}{s}\left[U(s) - G_v(s)V(s)\right]$

$Y(s) = \frac{10^{-3}}{s}\left[K_p E(s) + F_f(s)V(s) - G_v(s)V(s)\right]$

för att eliminera störningen: $F_f(s)V(s) - G_v(s)V(s) = 0$
$V(s)\left(F_f(s) - G_v(s)\right) = 0$

d) $1 + L(s) = 0 \Rightarrow$ Poler. Framkopplingsfiltret ingår inte i $L(s)$ så det påverkar inte stabiliten.

Övningstal 7.6 (pad8)



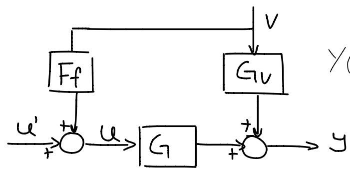
En framkopplingslänk skall dimensioneras för ovanstående process där störningen v antas vara mätbar. Processens överföringsfunktioner antas ha formen

$$G(s) = \frac{s+b}{s+a}e^{-sT_d}$$
$$G_v(s) = \frac{s+b_v}{s+a_v}e^{-sT_{dv}}$$

a) Bestäm framkopplingslänken $F_f(s)$.

b) För vilka värden på parametrarna i processmodellerna går det att åstadkomma en praktiskt realiserbar länk $F_f(s)$ som ger ett stabilt reglersystem? Ange alternativa förslag på kompensering för övriga parameterkombinationer.

a)



$$Y(s) = G(s)U(s) = G(s)\left(U'(s) + F_f(s)V(s)\right) + G_v(s)V(s) = G(s)U'(s) + \left(F_f(s)G(s) + G_v(s)\right)V(s)$$

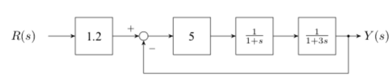
För att eliminera störningen: $G(s)F_f(s) + G_v(s) = 0 \Rightarrow F_f(s) = -\frac{G_v(s)}{G(s)} = -\frac{\frac{s+b_v}{s+a_v}e^{-T_{dv}s}}{\frac{s+b}{s+a}e^{-T_ds}} = -\frac{(s+b_v)(s+a)}{(s+b)(s+a_v)}e^{-(T_{dv}-T_d)s}$

b) $b>0$, $a_v>0 \Rightarrow$ Stabil (realiserbar) $F_f(s) \Rightarrow$ Nollställena till $G(s)$ ska ligga i VHP.
Polerna –"– $G_v(s)$ ——"——.
Positiva dötider $\Rightarrow T_{dv} \geq T_d$

Alternativa förslag
Om kraven ej är uppfyllda: Kolla på den statiska delen av framkopplingen ($F_f(0)$).
Detta eftersom processstörningar oftast är lågfrekventa.

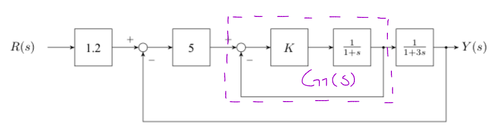
$$F_f(0) = -\frac{ab_v}{ba_v}$$

Övningstal 7.14 (pbl1)
Betrakta följande reglersystem:



a) Beräkna slutna systemets överföringsfunktion och uppskatta insvängningstiden t_s (5% från slutvärdet) vid stegformad referensändring.

b) I figuren nedan har kaskadreglering införts kring det snabbare delsystemet. Hur förändras det återkopplade systemet och insvängningstiden om vi antar att förstärkningen K väljs stor? (Låt $K \to \infty$!)



a) $G_{ry}(s) = \dfrac{1.2\cdot 5\cdot\frac{1}{1+s}\cdot\frac{1}{1+3s}}{1+5\cdot\frac{1}{1+s}\cdot\frac{1}{1+3s}} = \dfrac{6}{(1+s)(1+3s)+5} = \dfrac{6}{3s^2+4s+6} = \dfrac{2}{s^2+\frac{4}{3}s+2} \Rightarrow 2\zeta\omega_n = \frac{4}{3} \Leftrightarrow \zeta\omega_n = \frac{2}{3}$

t_s: tiden då $0.95y_f \leq y(t) \leq 1.05y_f$, $t > t_s$
Formelsamlingen: $t_s = \frac{3}{a} = \frac{3}{\zeta\omega_n} = \frac{3}{2/3} = 4.5\,s$

b) $G_1(s) = \dfrac{\frac{K}{1+s}}{1+\frac{K}{1+s}} = \dfrac{K}{1+s+K}$, $\quad G_{ry}(s) = \dfrac{1.2\cdot 5\cdot G_1(s)\cdot\frac{1}{1+3s}}{1+5\cdot G_1(s)\cdot\frac{1}{1+3s}} = \dfrac{\frac{6}{1+3s}\cdot\frac{K}{1+s+K}}{1+\frac{5}{1+3s}\frac{K}{1+s+K}} = \dfrac{6K}{(1+3s)(1+s+K)+5K}$

$G_{ry} = \dfrac{6}{(1+3s)\left(\frac{1+s}{K}+1\right)+5} \xrightarrow{K\to\infty} \dfrac{6}{(1+3s)+6} = \dfrac{2}{s+2}$

Formelsamling: $3T$ (T = tidskonstanten, $\frac{1}{1+\frac{1}{2}s}$) $\Rightarrow t_s = 1.5\,s$ ← snabbare!