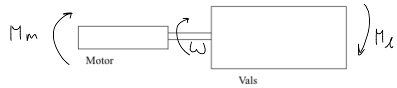
Övningstal 6.5 (ppi2)

I denna uppgift skall vi studera motordriften av en vals i ett valsverk (se figur).



Systemet kan förenklat beskrivas av ekvationen

$$J\frac{d\omega}{dt} = M_m - M_l$$

där ω är vinkelhastigheten, J är summan av motorns och valsens tröghetsmoment, samt M_m och M_l är motorns drivande moment respektive lastmoment. Motorns drivande moment ges av $M_m = k_m \cdot I$, där k_m är en motorkonstant och I är motorströmmen. Följande parametervärden gäller: $k_m = 5$ Nm/A, $J = 100\ \mathrm{kg\,m^2}$.
Man vill att valsen skall följa en vinkelhastighetsreferens ω_r, och för att uppnå detta återkopplas vinkelhastigheten med en regulator, som styr motorströmmen.

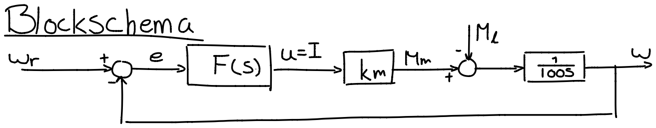
a) Dimensionera en lämplig regulator, som uppfyller följande specifikationer:

i) Vinkelhastighetsreferensen skall följas utan stationärt fel för konstant lastmoment.

ii) Ett lastmoment, som växer linjärt med 10 Nm/s skall stationärt ge upphov till ett vinkelhastighetsfel på högst 0.5 rad/s.

iii) Det slutna systemet skall ha en relativ dämpning $\zeta = 0.7$.

Blockschema



i) Vi vill inte ha något stationärt fel. Vi har visserligen integralverkan i $\frac{1}{100s}$ men Nina vill använda en PI-reg ändå.

Test för P-reg $\longrightarrow$ $\frac{E(s)}{M_\ell(s)} = \frac{\frac{1}{100s}}{1+K_pK_m\frac{1}{100s}} = \frac{1}{100s+K_pK_m}$, $M_\ell = \frac{h}{s} \Rightarrow \lim_{s\to 0} s\left(\frac{1}{100s+K_pK_m}\right)\frac{h}{s} = \frac{h}{K_pK_m}$

$F(s) = \frac{K_i}{s}(1+T_i \cdot s)$ är en PI. Nina säger att den funkar! $K_p\left(1+\frac{1}{T_is}\right) = \frac{K_p}{T_is}(T_is+1)$

ii) $M_\ell(t) = 10t \Rightarrow M_\ell(s) = \frac{10}{s^2}$

$$\frac{E(s)}{M_\ell(s)} = \frac{\frac{1}{100s}}{1+\frac{K_i}{s}(1+T_is)K_m\left(\frac{1}{100s}\right)} = \frac{1}{100s+\frac{K_i}{s}(1+T_is)5} = \frac{s}{100s^2+K_i(1+T_is)5}$$

$$\lim_{t\to\infty} e(t) \leq 0.5 \Rightarrow \lim_{s\to 0} sE(s) = \lim_{s\to 0} \cancel{s}\,\frac{\cancel{s}}{100s^2+K_i(1+T_is)5}\cdot\frac{10}{s^{\cancel{2}}} = \frac{10}{5K_i} \leq 0.5 \Rightarrow K_i \geq \frac{10}{5\cdot 0.5} = 4$$

iii) $$G_{\omega_r\omega} = \frac{L(s)}{1+L(s)} = \frac{\frac{K_i}{s}(1+T_is)\frac{5}{100s}}{1+\frac{K_i}{s}(1+T_is)\frac{5}{100s}} = \frac{5K_i(1+T_is)}{100s^2+5K_i(1+T_is)} = \frac{\frac{5}{100}K_i(1+T_is)}{s^2+\frac{5}{100}K_i(1+T_is)} =$$

$$\frac{\frac{5}{100}K_i(1+T_is)}{s^2+\frac{5K_iT_i}{100}s+\frac{5K_i}{100}}, \quad \left.\begin{aligned}\omega_n &= \sqrt{\frac{5K_i}{100}}\\ 2\zeta\omega_n &= \frac{5K_iT_i}{100}\end{aligned}\right\} \quad T_i = \frac{2\zeta\omega_n}{0.05K_i} = \frac{2\cdot 0.7\sqrt{0.05K_i}}{0.05K_i} = \frac{2\cdot 0.7}{\sqrt{0.05K_i}}$$

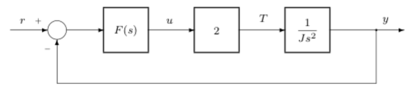
tidigare fick vi $K_i \geq 4 \Rightarrow$

$$T_i \leq \frac{2\cdot 0.7}{\sqrt{0.05\cdot 4}} \approx 3.13$$

$$F(s) = \frac{4}{s}(1+3.13s)$$

Övningstal 6.8 (ppi9)

När astronauterna Armstrong och Aldrin landsatte mänsklighetens första farkost på månen, hade de god hjälp av ett reglersystem för reglering av attitydvinkeln, se figur. Här är r önskad attitydvinkel, y verklig attitydvinkel, u styrsignal till jetstrålarna och T moment på farkosten. Tröghetsmomentet antas vara $J = 0.25$.



a) Vilken av följande regulatorer fungerar för denna typ av process: P- PI- eller PD-regulatorn? Motivering krävs.

b) Dimensionera en regulator, som ger en överkorsningsfrekvens $\omega_c = 5$ rad/s samt en fasmarginal $\varphi_m = 60°$. Placera regulatorns maximala faslyft vid önskad överkorsningsfrekvens.

a) Vi vill lyfta fasen ty systemet $\frac{2}{Js^2}$ ger en fas på $-180° \Rightarrow \varphi_m = 0$. D-verkan fixar detta.

b) $\omega_c = 5 \frac{rad}{s}$, $\varphi_m = 60°$, Placera reg. max. faslyft vid ω_c.

$\sqrt{b} \cdot K_p \Rightarrow K_p = \frac{1}{\sqrt{b}\,|G(j\omega_c)|}$

$F(s) = K_p\left(\frac{1+\tau_d s}{1+\tau_d s \frac{1}{b}}\right)$, $b = \frac{1+\sin(\varphi_{max})}{1-\sin(\varphi_{max})}$, $\tau_d = \frac{\sqrt{b}}{\omega_c}$, $|L(j\omega_c)| = 1 = |F(j\omega_c)||G(j\omega_c)|$

φ_{max} = fasen för F vid ω_c. $\varphi_{max} = \angle F(j\omega_c)$ $\quad \angle L(j\omega_c) = \varphi_m - 180° = \angle F(j\omega_c) + \angle G(j\omega_c) \Rightarrow$

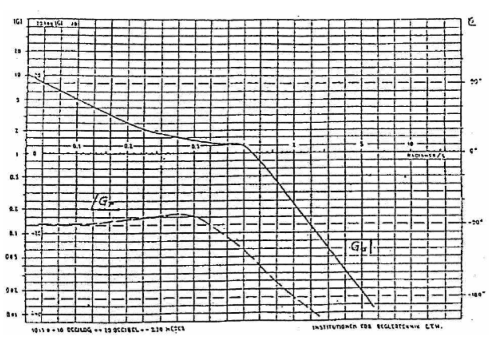
$\varphi_{max} = \varphi_m - 180° - \angle G(j\omega_c) = 60° - 180° - (-180°) = 60°$

$b = \frac{1+\sin(60°)}{1-\sin(60°)} \approx 13.93 \Rightarrow \tau_d \approx \frac{\sqrt{13.93}}{5} \approx 0.75 \Rightarrow K_p \approx \frac{1}{\sqrt{13.93}\left|\frac{2}{0.25(j\omega_c)^2}\right|} \approx 0.84$

$F_{PD}(s) = 0.84 \frac{1+s\,0.75}{1+s\,0.054}$

Övningstal 6.23 (padf7)

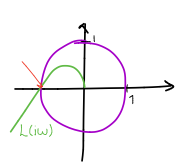
Bodediagrammet för en viss process, $G_p(s)$, är givet nedan:



1) Sätt $T_i = \infty$, $T_d = 0$, kolla bara K_p
2) Höj K_p tills stabilitet nås.
3) Låt $K_0 = K_p$, notera självsvängningens periodtid T_0.
$K_0 G(j\omega_\pi) = -1$ där $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_\pi}$
4) Kolla tabell.
5) $T_f = \frac{T_d}{10}$

Processen skall PID-regleras. Bestäm, med användning av Ziegler/Nichols svängningsmetod, parametrarna K_r, T_i och T_d, hos regulatorn $G_r(s)$.

$F_{PID}(s) = K_p\left(1 + \frac{1}{T_i s} + \frac{T_d}{1+T_f s}\right)$



Självsvängning inträffar då $\underbrace{|L(j\omega_\pi)| = 1}_{①}$, $\underbrace{\angle L(j\omega_\pi) = 180°}_{②}$

$|F(j\omega_\pi)||G(j\omega_\pi)| = 1 \Leftrightarrow K_0|G(j\omega_\pi)| = 1$ (använd nu Bode)

Kolla vad beloppskurvan är där fasen är $-180°$. $\Rightarrow K_0|G(j2)| = 1 \Leftrightarrow K_0 = \frac{1}{0.21} \approx 4.76$

$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_\pi} = \frac{2\pi}{2} = \pi$

$\left.\begin{aligned} K_p &= \{tabell\} = 0.6K_0 \approx 2.9 \\ T_i &= 0.5T_0 = 1.6 \\ T_d &= 0.125T_0 = 0.4 \end{aligned}\right\}$ $F_{PDI} = 2.9\left(1 + \frac{1}{1.65} + \frac{0.4}{1+0.045}\right)$