13 des 2005, Reguleringsteknikk.

Oppg 1

a) ~~[illegible]~~ Vannet:

$$\frac{dE(t)}{dt} = Q_{inn}(t) - Q_{ut}(t)$$

$$= Q_{vann,inn}(t) + Q_{fra\ varmeelement}(t)$$

$$- Q_{vann,ut}(t) - Q_{varmetap}(t)$$

$$= c \cdot w \cdot T_i + h_h \cdot A_h (T_h - T)$$

$$- c \cdot w \cdot T \quad - hA(T - T_{omg})$$

antar h·A liten,

, og $E = m \cdot c \cdot T$

antar $m = c =$ konstant og får

$$m \cdot c \cdot \frac{dT(t)}{dt} = c w (T_i(t) - T(t)) + h_h A_h (T_h(t) - T(t))$$

rydder litt:

$$m \cdot c \, \frac{dT(t)}{dt} = -\left(c \cdot w + h_h A_h\right) \cdot T(t)$$

$$+ \, h_h \cdot A_h \cdot T_h(t)$$

$$+ \, c \cdot w \cdot T_i(t)$$

Varmelementet:

$$\frac{dE_h}{dt} = Q_{inn}(t) - Q_{ut}(t)$$

$$= P(t) - Q_{fra\ varmelement}(t)$$

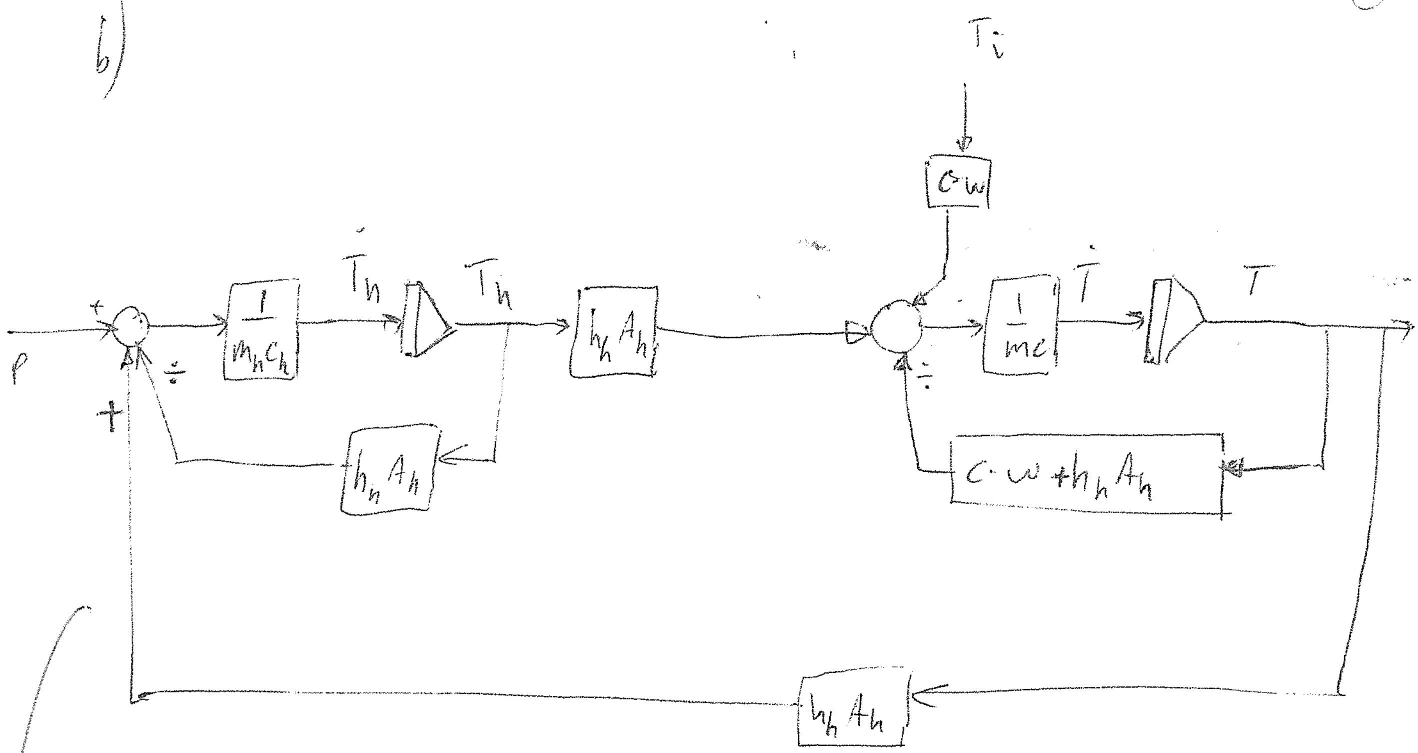
$$= P(t) - h_h \cdot A_h \cdot \left(T_h(t) - T(t)\right)$$

Setter $E_h = m_h \cdot c_h \cdot T_h(t)$

antar m_h og c_h konstant

$$m_h \cdot c_h \cdot \frac{dT_h(t)}{dt} = P(t) \; h_h \cdot A_h \cdot T_h(t) + h_h A_h \cdot T(t)$$

b)



Orden = 2

Linear fordi den har ingen ulineære funksjoner i seg (produkt av variabler eller osv)

c) $\alpha = h_h A_h$, $\beta = m_h c_h$

$$m \cdot c \cdot \dot{T}(t) = -(c \cdot w + \alpha) \cdot T(t) + \alpha T_h(t) + cw \cdot T_i(t)$$

$$\beta \cdot \dot{T}_h(t) = P(t) - \alpha \cdot T_h(t) + \alpha \cdot T(t)$$

Laplacetransformerer begge lign

i) $m \cdot c \cdot s \cdot T(s) = -(c \cdot w + \alpha)\ T(s) + \alpha\ T_h(s) + c \cdot w\ T_i(s)$

ii) $\beta s \cdot T_h(s) = P - \alpha T_h(s) + \alpha T(s)$

For å finne transferfunksjonen fra $P(s) \rightarrow T(s)$, må $T_h(s)$ elimineres. $T_i(s)$ settes lik 0.

Får da:

i) $mcs\ T(s) = -(cw + \alpha)\ T(s) + \alpha\ T_h(s)$

ii) $$T_h(s) = \frac{P(s) + \alpha\ T(s)}{(\beta s + \alpha)}$$

setter $T_h(s)$ fra ii) inn i i)

$$\left(mcs + (cw+\alpha)\right) T(s) = \alpha \left(\frac{P(s) + \alpha\, T(s)}{(\beta s + \alpha)} \right)$$

$$\left(mcs + (cw+\alpha)\right) T(s) - \frac{\alpha^2}{\beta s + \alpha}\, T(s) = \frac{\alpha \cdot P(s)}{\beta s + \alpha}$$

$$\left[(\beta s + \alpha)\left(mcs + (cw+\alpha)\right) - \alpha^2\right] T(s) = \alpha \cdot P(s)$$

Transferfunksjonen fra $P(s) \rightarrow T(s)$ blir da

$$h_p(s) = \frac{T(s)}{P(s)} = \frac{\alpha}{(\beta s + \alpha)\left(mcs + (cw+\alpha)\right) - \alpha^2}$$

d) $$H_\phi(s) = \frac{\alpha}{(m \cdot c\, s + c \cdot w)(\beta s + \alpha)}$$

$$= \frac{h_h A_h}{(m \cdot c \cdot s + c \cdot w)(m_h \cdot c_h\, s + h_h A_h)}$$

$$= \frac{200 \cdot 0.01}{(200 \cdot 4000\, s + 0.1 \cdot 4000)(1 \cdot 400\, s + 200 \cdot 0.01)}$$

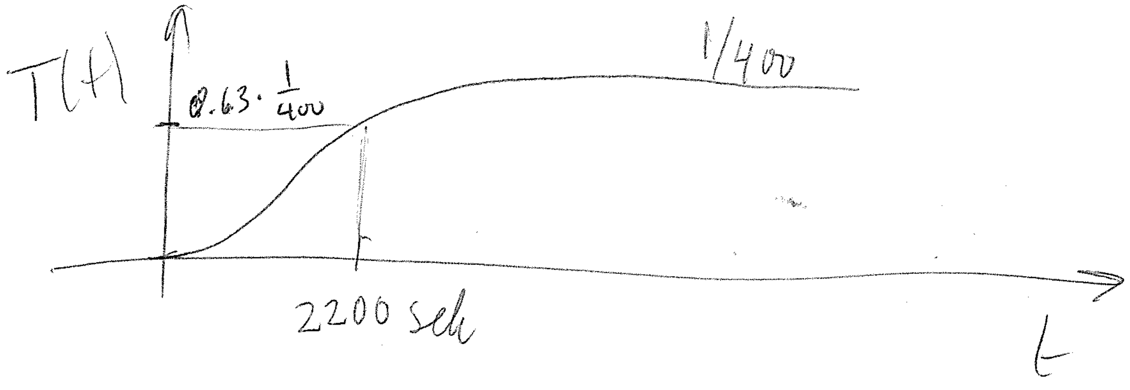
$$= \frac{2.0}{(800000\, s + 400)(400\, s + 2.0)}$$

$$= \frac{1}{(800000\, s + 400)\ (200\, s + 1)}$$

$$= \frac{1/400}{(2000\, s + 1)(200\, s + 1)}$$

$$T_r = T_{r_1} + T_{r_2} = 2000 + 200 = \underline{\underline{2200 \text{ sek}}}$$

$$K = 1/400$$

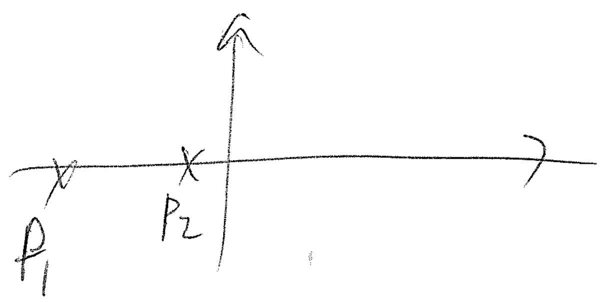


e) Polene: Nevneren i transfunk = 0

$$(2000s+1)(200s+1) = 0$$

$$p_1 = -\frac{1}{200}$$

$$p_2 = -\frac{1}{2000}$$



<u>asymptotisk stabilt</u>

f) $u_{PI} = K_p \cdot e + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e \, d\tau$

Laplacetransforma

$$u(s) = K_p \cdot e(s) + \frac{K_p}{T_i} \frac{1}{s} e(s)$$

$$\frac{u(s)}{e(s)} = K_p + \frac{K_p}{T_i \cdot s} = \frac{K_p \cdot T_i \cdot s}{T_i s} + \frac{K_p}{T_i \cdot s}$$

$$= \underline{\underline{\frac{K_p T_i s + K_p}{T_i s}}}$$

f) forts

$$N(s) = \frac{e(s)}{r(s)}$$

Må finne $N(s) = \frac{1}{1 + H_0(s)}$

hvor $H_0(s) = H_r(s)\,H_p(s)\,H_m(s)$

$$= \frac{K_p T_i s + K_p}{T_i s} \cdot \frac{1/400}{(2000s+1)(200s+1)} \cdot \frac{1}{(10s+1)}$$

$$N(s) = \frac{1}{1 + \frac{\sim\sim\sim}{\sim\sim\sim}}$$

$$= \frac{T_i s \cdot (2000s+1)(200s+1)(10s+1)}{T_i s (2000s+1)(200s+1)(10s+1) + (K_p T_i s + K_p) \cdot \frac{1}{400}}$$

Benytter at

$e(s) = N(s) \cdot r(s)$, og anvender sluttverditeoremet på $e(s)$, og at $r(s) = \frac{1}{s}$

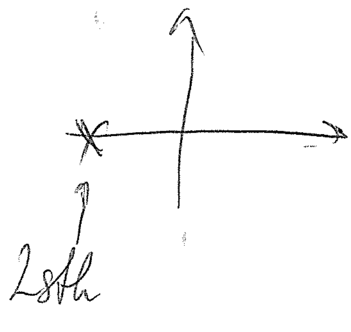
$$\lim_{t \to \infty} e(t) = \lim_{s \to 0} s \cdot e(s) = \lim_{s \to 0} s \cdot N(s) \cdot \frac{1}{s}$$

$$= \lim_{s \to 0} s \cdot N(s) \cdot \frac{1}{s} = \lim_{s \to 0} N(s)$$

$$= \frac{0}{\frac{K_p}{400}} = \underline{\underline{0}}$$

g) Siden systemet skal være så raskt som mulig uten oversving, blir $\zeta = 1$. ~~Rotter~~

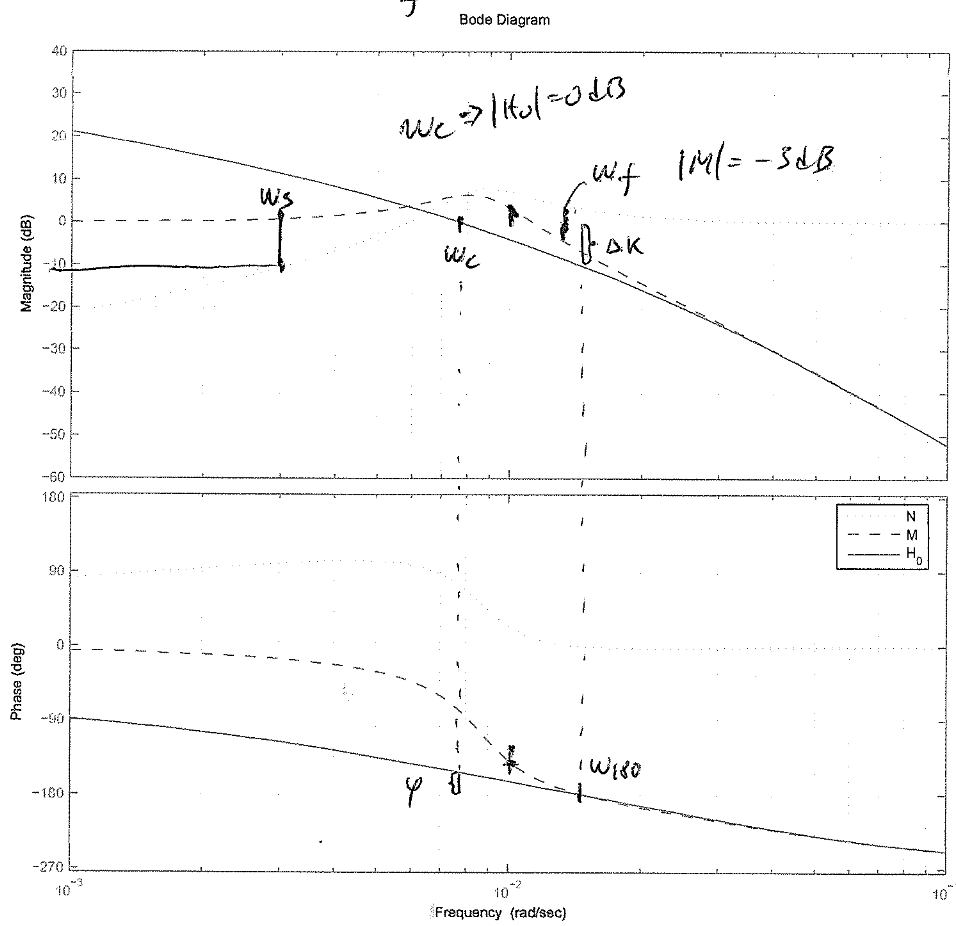
Polene vil være overlappende på reelle akse



Fag: BIE240 Reguleringsteknikk
Dato: 13. desember 2005
Kandidatnr:
Sidenr:

j) $\omega_s = 0.003$
$\omega_c = 0.0075$
$\omega_f = 0.015$

$|N| = -11\,dB$



Figur 4: Bodeplot av $N(s)$, $M(s)$ og $H_0(s)$. Lever denne inn med besvarelsen.

h) $\Delta K \approx 10\,dB$
$\varphi \approx 25^\circ$ } avlest

i) Det er viktig å ha forsterknings- og fasemargin for å gjøre reg. systemet robust mot endringer i prosessen, ~~reg. parametre~~ regulatoren eller måleinstrumentet.

Alle 3 elementene i $H_0(s)$ kan påvirke marginene, $H_r(s)$, $H_p(s)$ og $H_m(s)$

I regulatoren: Ved å øke forsterkningen K_p vil ΔK reduseres ved at H_0 kurven løftes. Ergo økes ω_c og φ reduseres også

I prosessen: Hvis prosessen er ulineær i den forstand at forsterkning K og tidskonstant T endres som funksjon av en parameter, f.eks. forbruket ω, vil dette påvirke ΔK og φ direkte på samme måte som for regulatoren

I måleinstrumentet: Hvis måleinstrumentet erstattes med ett som har halvparten i måleområde, er forsterkningen K_m doblet. H_0-kurven løfter dermed 6dB. Hvis innkapslingen til måleinstrumentet endres, vil tidskonstanten endres, og dette kan føre til endring i både ΔK og φ

j) <u>Avlest</u>

$$\omega_s = 0.003$$

$$\omega_c = 0.0075$$

$$\omega_f = 0.015$$

k)

$$r(t) = 2 \cdot \sin(0.01 \cdot t)$$

$\omega = 0.01$

Leser av $|M(j \cdot 0.01)| = 3\,\text{dB}$

og $\angle M(j0.01) = -140°$

Forsterkningen 3dB tilsvarer i forsterkning:

$$x = \text{alog}\left(\frac{3}{20}\right)$$

$$\underline{y(t) = 2 \cdot \text{alog}\left(\frac{3}{20}\right) \cdot \sin(0.01 \cdot t - 140°)}$$

l) Det at $|N(j\omega)| = -20\,dB$ ved $\omega = 0.0011$ betyr:

1) Hvis referansen $r(t) = \sin(0.0011t)$

blir reguleringsavvikets størrelse:

$$e(t) = \underbrace{0.1}_{\div 20\,dB} \cdot \sin(0.0011t \pm \text{fasen})$$

Amplituden i reg. avviket blir altså 0.1 dersom referansens amplitude er 1.0.

2) Hvis forstyrrelsen $T_i(t)$ varierer som

$$T_i(t) = v(t) = \sin(0.0011t)$$

vil forholdet mellom:

$$\frac{e_{\text{med regulering}}}{e_{\text{uten regulering}}} = 0.1$$

Det betyr altså at ~~at~~ når regulatoren er innkoplet blir reg. avviket 0.1 ganger så stort som det blir hvis regulatoren er utkoplet (åpen sløyfe)