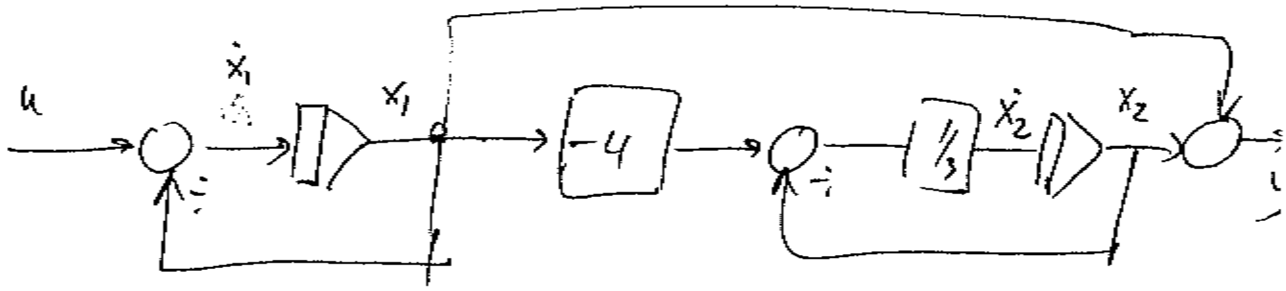
Løsningsforslag 24. feb. 2001

TE 179 Reguleringsteknikk 1, kont 2001

1) a



leser direkte fra blokk diagram

$$\dot{x}_1 = u - x_1$$

$$\dot{x}_2 = \frac{1}{3}\left(-4x_1 - x_2\right)$$

$$y = x_2 + x_1$$

$$\Downarrow$$

$$\dot{x}_1 = -x_1 + u$$

$$\dot{x}_2 = -\frac{4}{3}x_1 - \frac{1}{3}x_2$$

$$y = x_1 + x_2$$

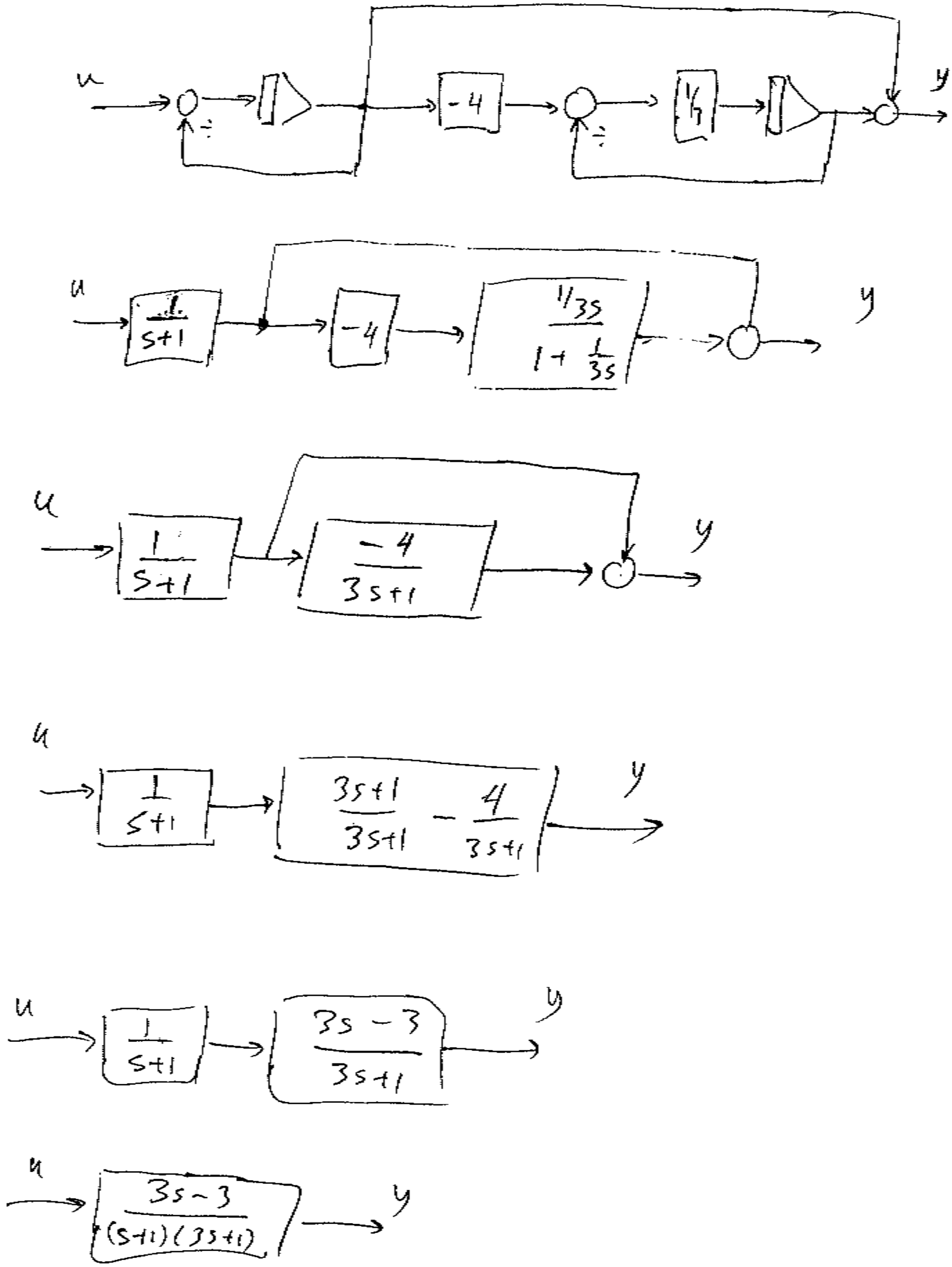
$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} -1 & 0 \\ -4/3 & -1/3 \end{bmatrix}}_{A} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}}_{B} u$$

$$y = \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix}}_{C} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

Løsningsforslag

TE 179 Reguleringsteknikk 1, kont. 2001

b)



Oppg 2

a) $Z = |Z| \cdot e^{j\angle Z}$

slik at

$$h(j\omega) = |h(j\omega)| \cdot e^{j\angle h(j\omega)}$$

$$= \left| \frac{3(j\omega + 1)}{j\omega\,(1 + 2j\omega)} \right| \cdot \frac{e^{j \operatorname{atan} \frac{\omega}{-1}}}{e^{j \operatorname{atan} \frac{\omega}{0}} \cdot e^{j \operatorname{atan} \frac{2\omega}{1}}}$$

$$= \frac{3\sqrt{\omega^2 + 1}}{\sqrt{\omega^2}\cdot\sqrt{(1 + 4\omega^2)}} \cdot e^{j \operatorname{atan}(-\omega)} \cdot e^{-j \operatorname{atan} \infty} \cdot e^{-j \operatorname{atan}}$$

$$= \frac{3\sqrt{\omega^2 + 1}}{\omega\sqrt{1 + 4\omega^2}} \cdot e^{j(\operatorname{atan} \omega - \frac{\pi}{2} - \operatorname{atan} 2\omega)}$$

$$\Downarrow$$

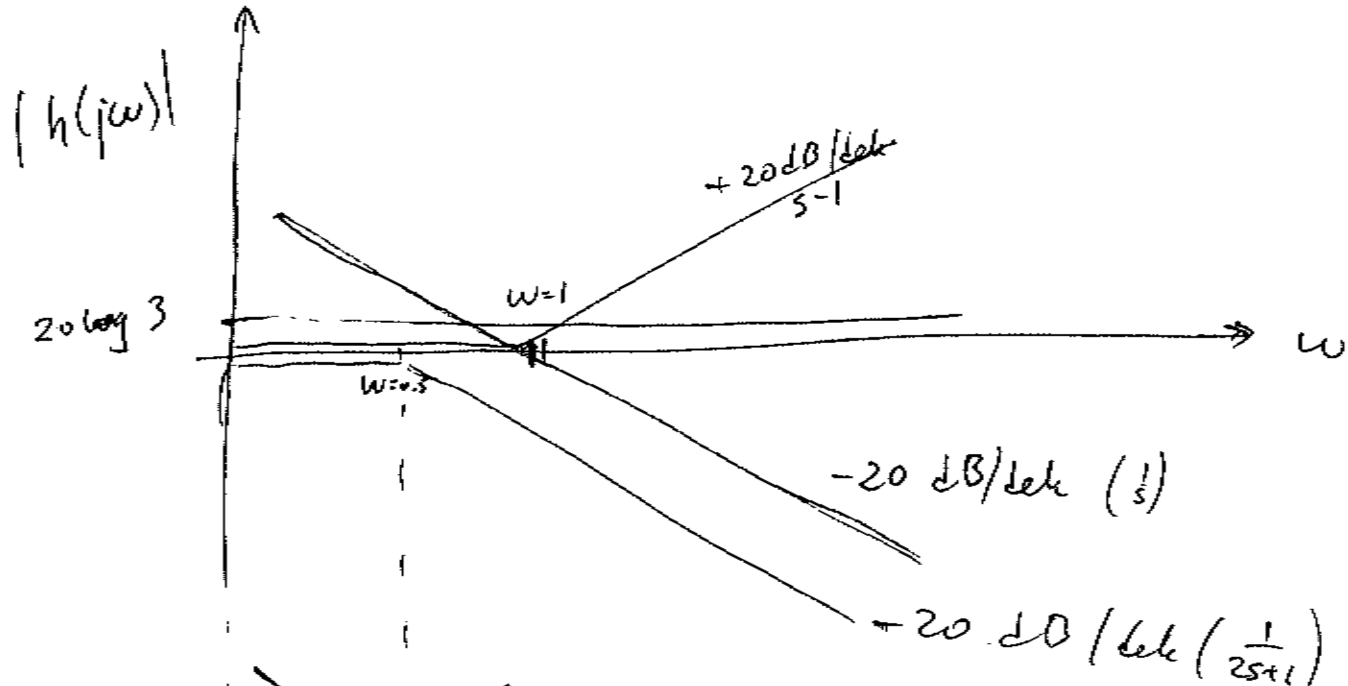
$$|h(j\omega)| = \frac{3\sqrt{\omega^2 + 1}}{\omega\sqrt{1 + 4\omega^2}}$$

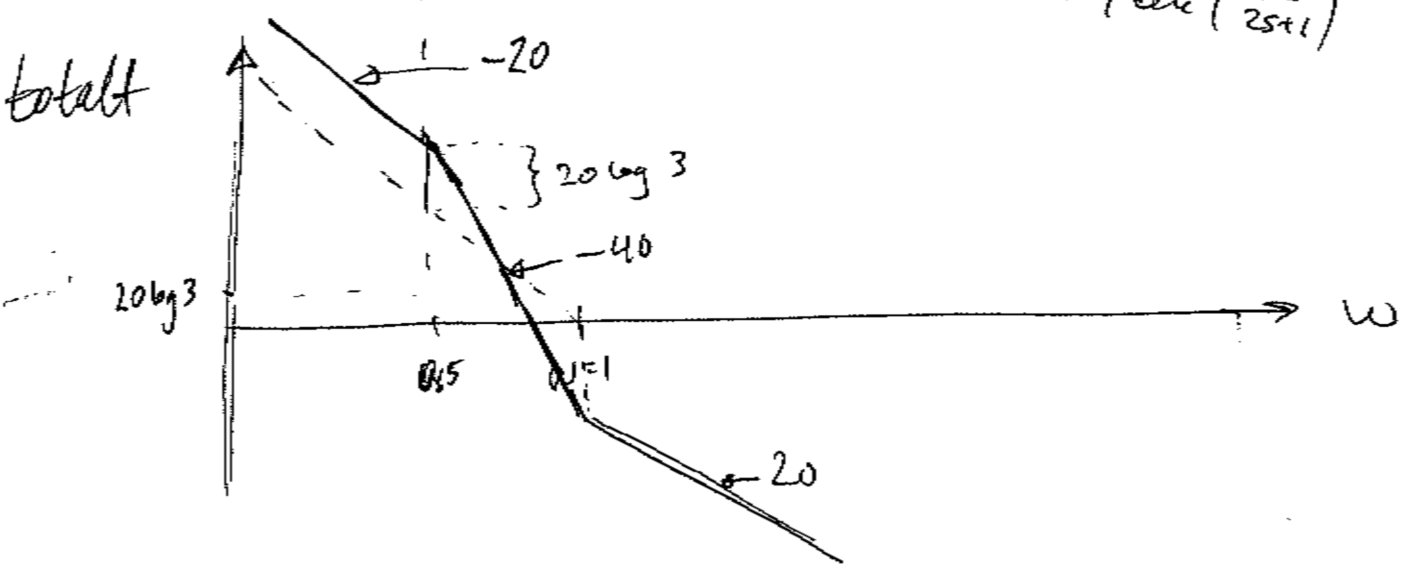
$$\angle h(j\omega) = \div \operatorname{atan} \omega \div \frac{\pi}{2} \div \operatorname{atan} 2\omega$$

b) Kan skrive $h(s)$ som:

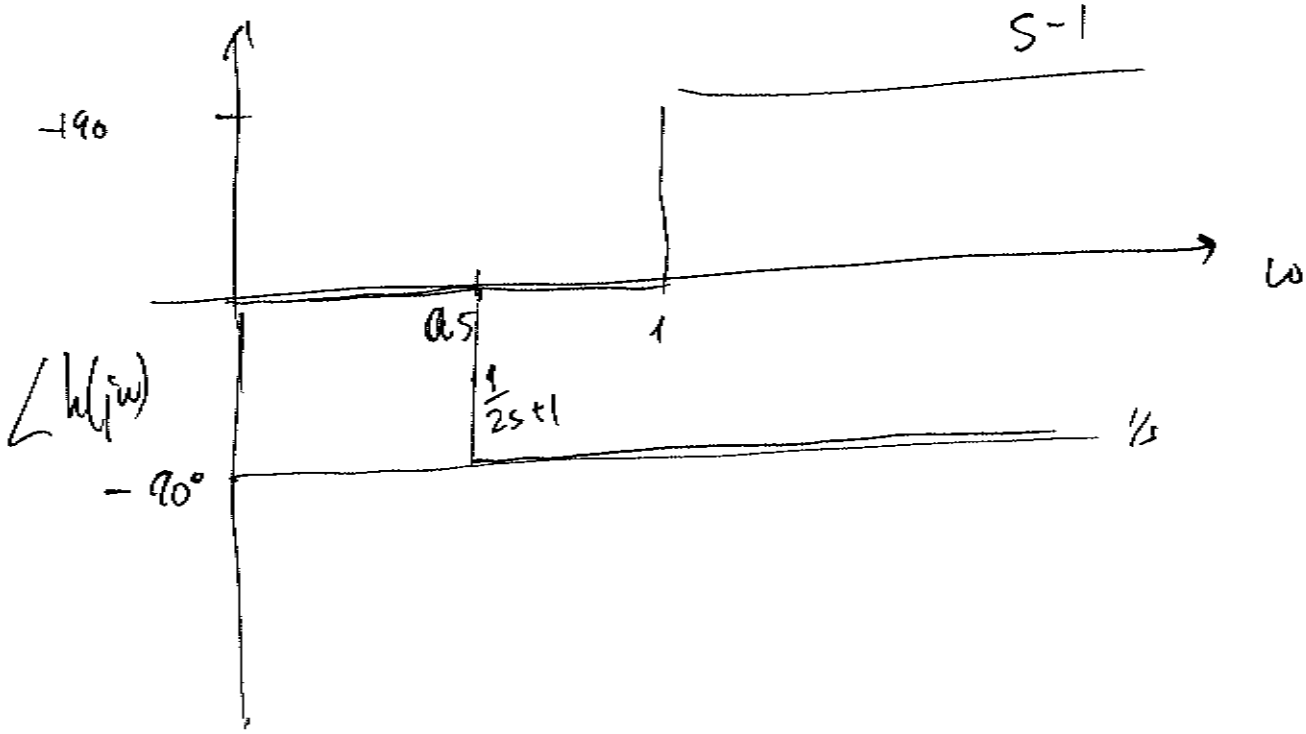
$$h(s) = \frac{1}{s} \cdot 3(s+1) \cdot \frac{1}{2s+1}$$

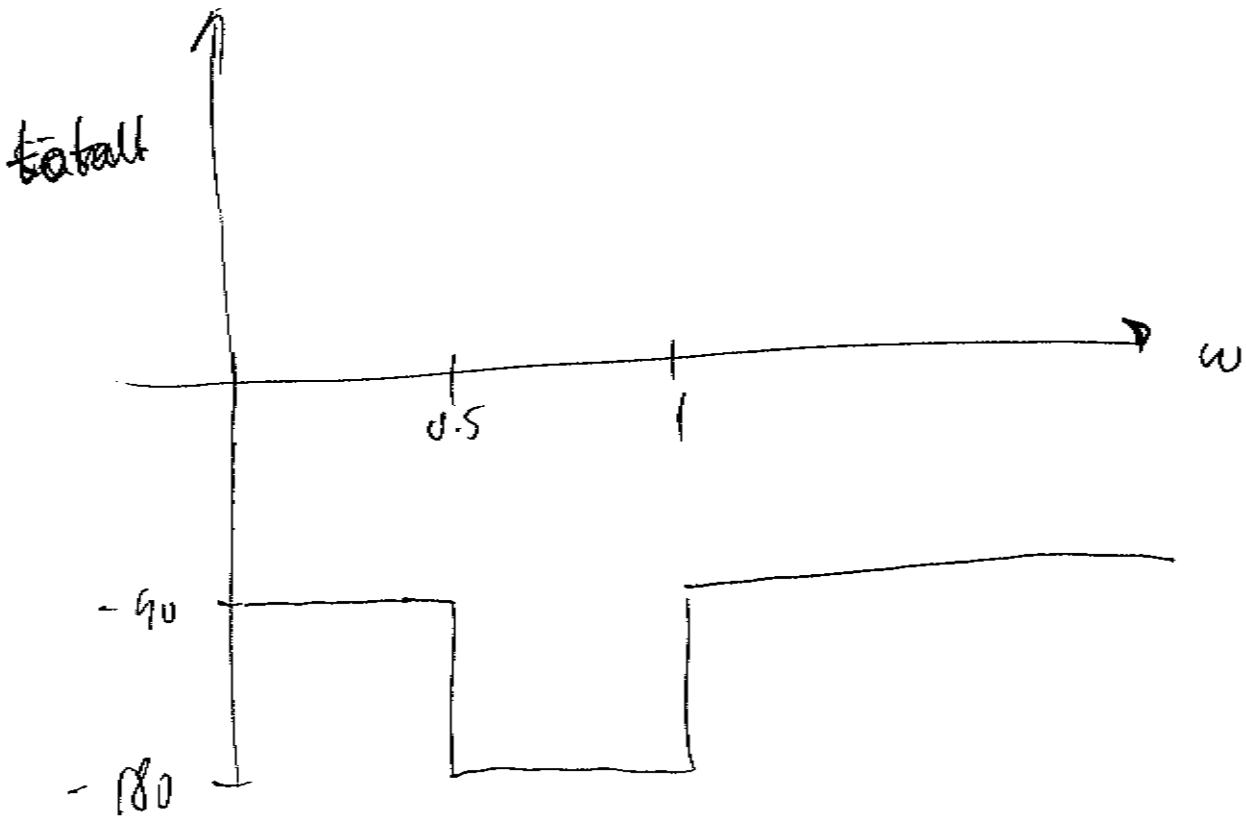
altså, en forsterkning, en integrator, ett nullpkt og ett første ordens system.





b) forts.





c) En pol i $p=0$ og en i $p=-\frac{1}{2}$

~~Ret~~ Dette gir et marginalt stabilt system

d) Benytter sluttverditeoremet:

$$\lim_{t\to\infty} y(t) = \lim_{s\to 0} s\cdot y(s)$$

$$= \lim_{s\to 0} s \cdot h(s)\cdot u(s)$$

$$= \lim_{s\to 0} \cancel{s}\cdot \frac{3(s-1)}{\cancel{s}(1+2s)}\cdot 1$$

$$= \frac{3\cdot(-1)\cdot 1}{(1+0)} = \underline{\underline{-3}}$$

e) Nullpkt i høyre halvplan gir invers respons. Sluttverdien antyder at det er negativ stasjonær verdi, ergo

Oppg 3

a) $\frac{dm}{dt} = w_i - w_u \quad \left[\frac{kg}{s}\right]$

$= \rho \cdot q_i - \rho q_u$

antar konstant ρ og areal A

$\rho A \frac{dh}{dt} = \rho q_i - \rho q_u$

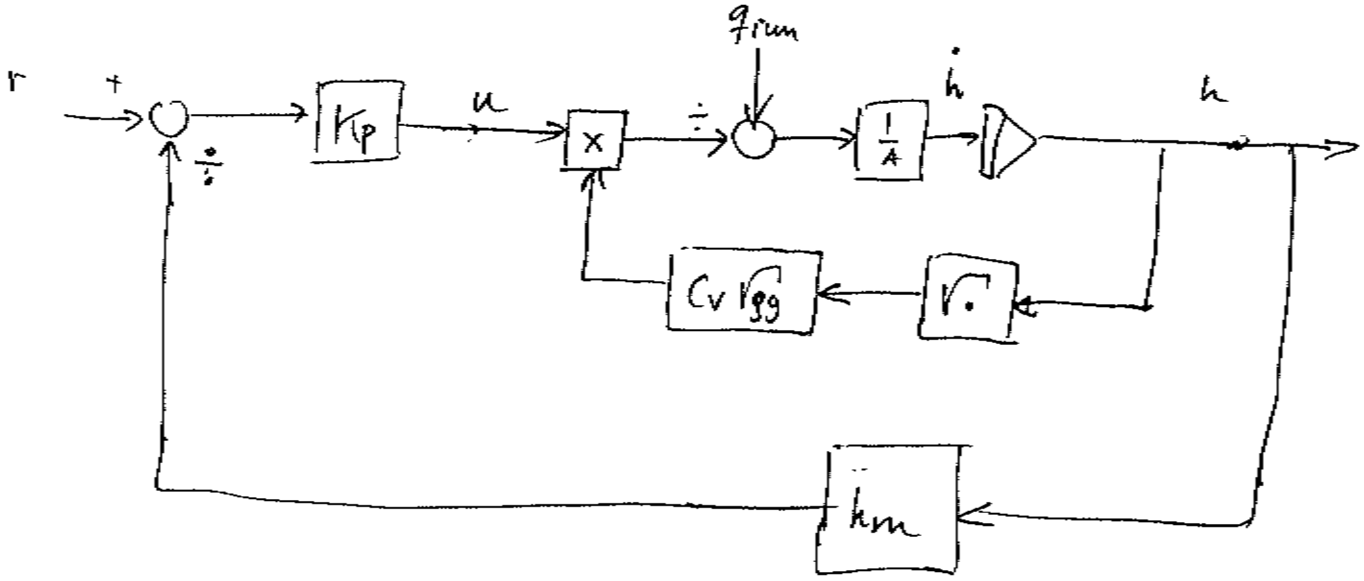
hvor $q_u = C_v \sqrt{\Delta p} \cdot u = C_v \sqrt{p_2 - p_1} \cdot u = C_v \sqrt{p_{atm} + \rho g h - p_{atm}} \cdot u$

$= C_v \sqrt{\rho g h} \cdot u$

dette gir

$A \frac{dh}{dt} = q_i - C_v \sqrt{\rho g h} \cdot u$

b)



c) For å finne transferfunksjonen må modellen lineariseres.

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{A}\cdot q_{inn} - \frac{C_v}{A}\cdot\sqrt{\rho g}\cdot\sqrt{h}\cdot u$$

$$\Delta\dot{h} = \frac{1}{A}\cdot\Delta q_{inn} - \frac{C_v\sqrt{\rho g}}{A}\cdot u_A\cdot\frac{1}{2\sqrt{h_A}}\cdot\Delta h$$

$$- \frac{C_v\sqrt{\rho g}}{A}\cdot\sqrt{h_A}\cdot\Delta u$$

~~Dette~~ gir:

$$\cancel{\Delta\dot{h} = -K_1\cdot\Delta h - K_2\cdot\Delta u + K_3\cdot\Delta q_{inn}}$$

Benytter de oppgitte data og finner

$$\Delta \dot{h} = \frac{1}{5}\Delta q_{inn} - \frac{30\cdot\sqrt{1000\cdot 10}}{5}\cdot 0.4\cdot\frac{1}{2\cdot\sqrt{4}}\,\Delta h$$

$$- \frac{30\cdot\sqrt{1000\cdot 10}}{5}\cdot\sqrt{4}\cdot\Delta u$$

$$\Downarrow$$

$$\Delta \dot{h} = 0.2\,\Delta q_{inn} - 60\,\Delta h - 1200\,\Delta u$$

Laplace transformerer : setter $\Delta y = \Delta h$, $\Delta V = \Delta q_{inn}$

$$s\cdot\Delta y(s) = 0.2\,\Delta V(s) - 60\,\Delta y(s) - 1200\,\Delta u(s)$$

Transferfunksjon fra $\Delta u(s) \rightarrow \Delta y(s)$

$$\underline{\underline{h_p(s)}} = \frac{\Delta y(s)}{\Delta u(s)} = \underline{\underline{\frac{-1200}{s+60}}}$$

d)

$h_0(s)$ kan da finnes:

$$h_r(s) = K_p$$

$$h_p(s) = -\frac{1200}{s+60}$$

$$h_m(s) = \frac{1}{20s+1}$$

$$h_0(s) = h_r(s)\, h_p(s) \cdot h_m(s) = \div \frac{K_p \cdot 1200}{(s+60)(20s+1)}$$

$$M(s) = \frac{h_0(s)}{1+h_0(s)} = \frac{\div \frac{K_p \cdot 1200}{(s+60)(20s+1)}}{1 \div \frac{K_p \cdot 1200}{(s+60)(20s+1)}}$$

$$= \div \frac{K_p \cdot 1200}{(s+60)(20s+1) - K_p \cdot 1200}$$

$$= \div \frac{1200 \cdot K_p}{20s^2 + 1201s + 60 - 1200 \cdot K_p}$$

$$N(s) = \frac{1}{1+h_0(s)} = \frac{(s+60)(20s+1)}{(s+60)(20s+1) - K_p \cdot 1200}$$

$$= \frac{20s^2 + 1201 \cdot s + 60}{20s^2 + 1201 \cdot s + 60 - 1200 K_p}$$

e) se eget ark

f) $N(s) = \dfrac{e(s)}{r(s)}$

$\Downarrow$

$$e(s) = N(s) \cdot r(s)$$

Beregner ny $N(s)$ fra ~~$h_0(s)$~~ ny $h_0(s)$

$$h_0(s) = \frac{K_p(1+T_i s)}{T_i s} \cdot \frac{-1200}{(s+60)} \cdot \frac{1}{(20s+1)}$$

$\Downarrow$

$$N(s) = \frac{1}{1+h_0(s)} = \frac{T_i \cdot s \cdot (s+60)(20s+1)}{T_i \cdot s \cdot (s+60)(20s+1) - 1200 \cdot (T_i s+1) \cdot K}$$

Anvender sluttverditeoremet på $e(s)$

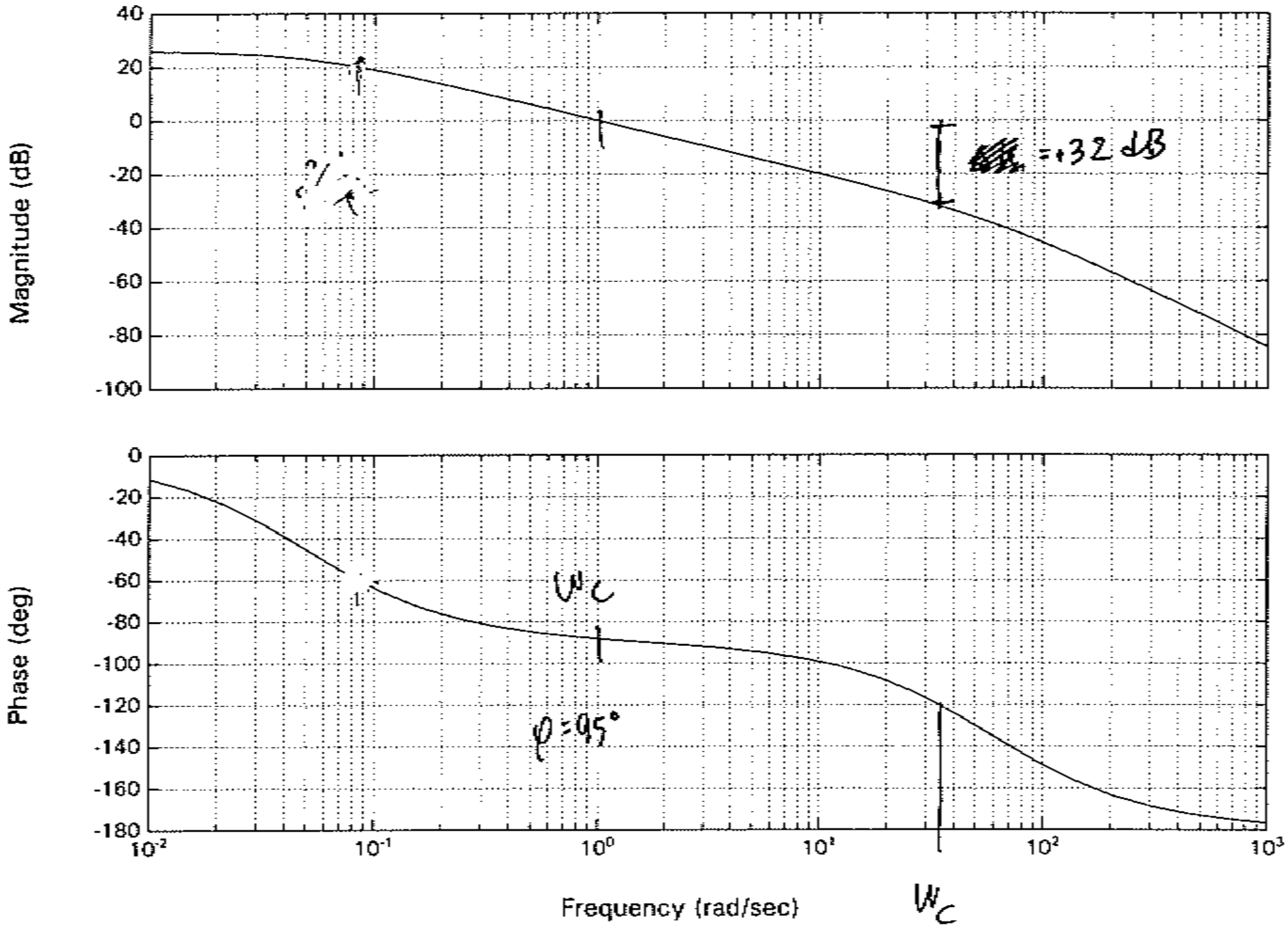
$$\lim_{t \to \infty} y(t) = \lim_{s \to 0} s \cdot e(s)$$

Sprang

$$= \lim_{s \to 0} \cancel{s} \cdot \frac{T_i \cdot s \cdot (s+60)(20s+1)}{T_i \cdot s \cdot (s+60)(20s+1) \div 1200 \cdot K_p(T_i s} \cdot \frac{1}{\cancel{s}}$$

$$= \frac{0}{-1200 K_p \cdot 1} = \underline{\underline{0}}$$

e)



$20 \log x = 32$ dB $x = 39.8$

Ny forsterkn: $\underline{\underline{K_p}} = 39.8 \approx \underline{\underline{40}}$

God ytelse for $\omega < \omega_c = 35$ rad/s

~~Bobler~~

~~8)~~ Kp må være negativ (reg. ha motsvirkning)

9) fordi hvis du ~~ønsker~~ setter et sprang i referansen

(dvs. ønsker høyere nivå i tank), må

ventilen strupe, ergo negativ Kp.

Oppg 4

a) Båndbredden er ~~[illegible]~~ den frekvensen som gir ampl. forsterkning lik $-3dB = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.7$

b) Fordi dødtid ~~[illegible]~~ har en fase som faller med større negativt stigningsfall ettersom frekvensen stiger
Dette gjør det vanskelig å oppnå ~~tilstrekkelig~~ nødvendig fasemargin for høye frekvenser.

c) En transferfunksjon er forholdet mellom en inngangs og en utgangs laplacetransformerte, $u(s)$ og $y(s)$ henholdsvis, samtidig som alle andre inngangsvariable er lik 0 og initialbetingelsene er lik 0

$$h_i(s) = \frac{y(s)}{u(s)}$$

d) Ampl. forsterkning : Hvordan inngangssignalet (sinus) forsterkes/forminskes gjennom et system.

Faseforskyvning : Hvordan ~~fasen til~~ et sinus signal forskyves gjennom et system. Forskyvningen varierer med frekvensen.

Kan plotte disse i et Bode-diagram

e) ~~$h_0(s) = h_r(s)\,h_m(s)\,h_p(s)$~~ $T_r = \dfrac{1}{\omega_b}$

f) Reguleringsavviket blir filtrert før det blir derivert. $e_f(s) = \dfrac{1}{T_f \cdot s + 1} \cdot e(s)$

g) Kap 7.5

h) Forsterkningsmargin ΔK er den forsterkning som h_0 kan tåle ved ω_{180} før h_0-kurven passerer det kritiske pkt

Fasemargin ψ er den faseforringelse som h_0-kurven kan tåle før h_0-kurven passer det kritiske pkt.