Kont. eksamen $^{14}/_{2}$ - 2002 TE 179 Regtek 1

(1)

1) $h(s) = \dfrac{0.5\cdot(s-1)}{s^2+3s+3}$

$$h(j\omega) = \frac{0.5(j\omega-1)}{j\omega^2+3j\omega+3} = \frac{-0.5+j0.5\omega}{(3-\omega^2)+j3\omega}$$

teller: $Z_t = -0.5+j0.5\omega$, $|Z_t| = \sqrt{0.5^2+0.5^2\omega^2}$

$$\angle Z_t = \operatorname{atan}\frac{0.5\omega}{-0.5} = \operatorname{atan}(-\omega)$$

nevner: $Z_n = (3-\omega^2)+j3\omega$, $|Z_n| = \sqrt{(3-\omega^2)^2+9\omega^2}$

$$\angle Z_n = \operatorname{atan}\left(\frac{3\omega}{3-\omega^2}\right)$$

totalt: $h(j\omega) = |h(j\omega)|\, e^{\angle h(j\omega)}$

$$= \frac{\sqrt{0.25+0.25\omega^2}}{\sqrt{(3-\omega^2)^2+9\omega^2}} \cdot \frac{e^{j\operatorname{atan}(-\omega)}}{e^{j\operatorname{atan}\left(\frac{3\omega}{3-\omega^2}\right)}}$$

$$9-6\omega^2+\omega^4 \qquad = \sqrt{\frac{0.25+0.25\omega^2}{(3-\omega^2)^2+9\omega^2}} \cdot e^{j\left(\operatorname{atan}(-\omega)-\operatorname{atan}\left(\frac{3\omega}{3-\omega^2}\right)\right)}$$

slik at: $|h(j\omega)| = \sqrt{\dfrac{0.25+0.25\omega^2}{(3-\omega^2)^2+9\omega^2}}$

$$\angle h(j\omega) = \operatorname{atan}(-\omega) - \operatorname{atan}\left(\frac{3\omega}{3-\omega^2}\right)$$

b) $s^2 + 3s + 3 = 0$

Kan enten løses vha kalkulator eller som:

$$s = \frac{-3 \pm \sqrt{9 - 4 \cdot 3}}{2}$$

$$= \frac{-3 \pm \sqrt{-3}}{2}$$

Røttene er da:

$$s_1 = -\frac{3}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \approx -1.5 + j \cdot 0.866$$

$$s_2 = -\frac{3}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \approx -1.5 - j \cdot 0.866$$

komplekse konjugerte poler i venstre halvplan gir asymptotisk stabilt system

For å finne ω_0 og ζ kan man sammenligne nevneren med

$$\left(\frac{s}{\omega_0}\right)^2 + 2s\frac{\zeta}{\omega_0} + 1$$

Vi har oppgitt nevneren som $s^2 + 3s + 3$.

Dividerer med 3 og får

$$\frac{1}{3}s^2 + s + 1$$

$$\left(\frac{s}{\omega_0}\right)^2 + 2s\frac{\xi}{\omega_0} + 1 = \left(\frac{s}{\sqrt{3}}\right)^2 + s + 1$$

ser at $\underline{\underline{\omega_0 = \sqrt{3} \approx 1.73}}$

Finner ξ fra:

$$2\cancel{s}\frac{\xi}{\omega_0} = \cancel{s}$$

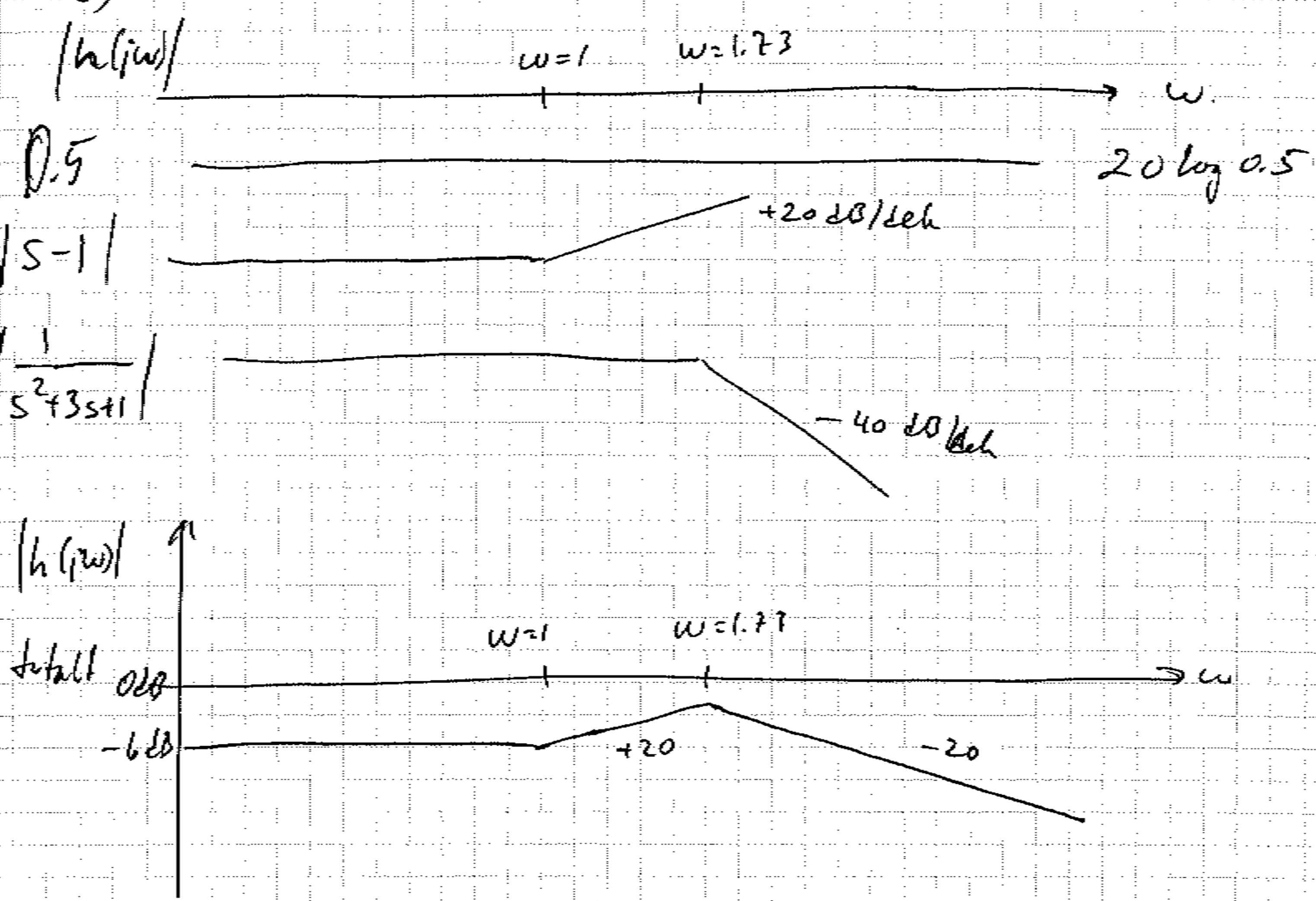
$$\Downarrow$$

$$2\frac{\xi}{\sqrt{3}} = 1$$

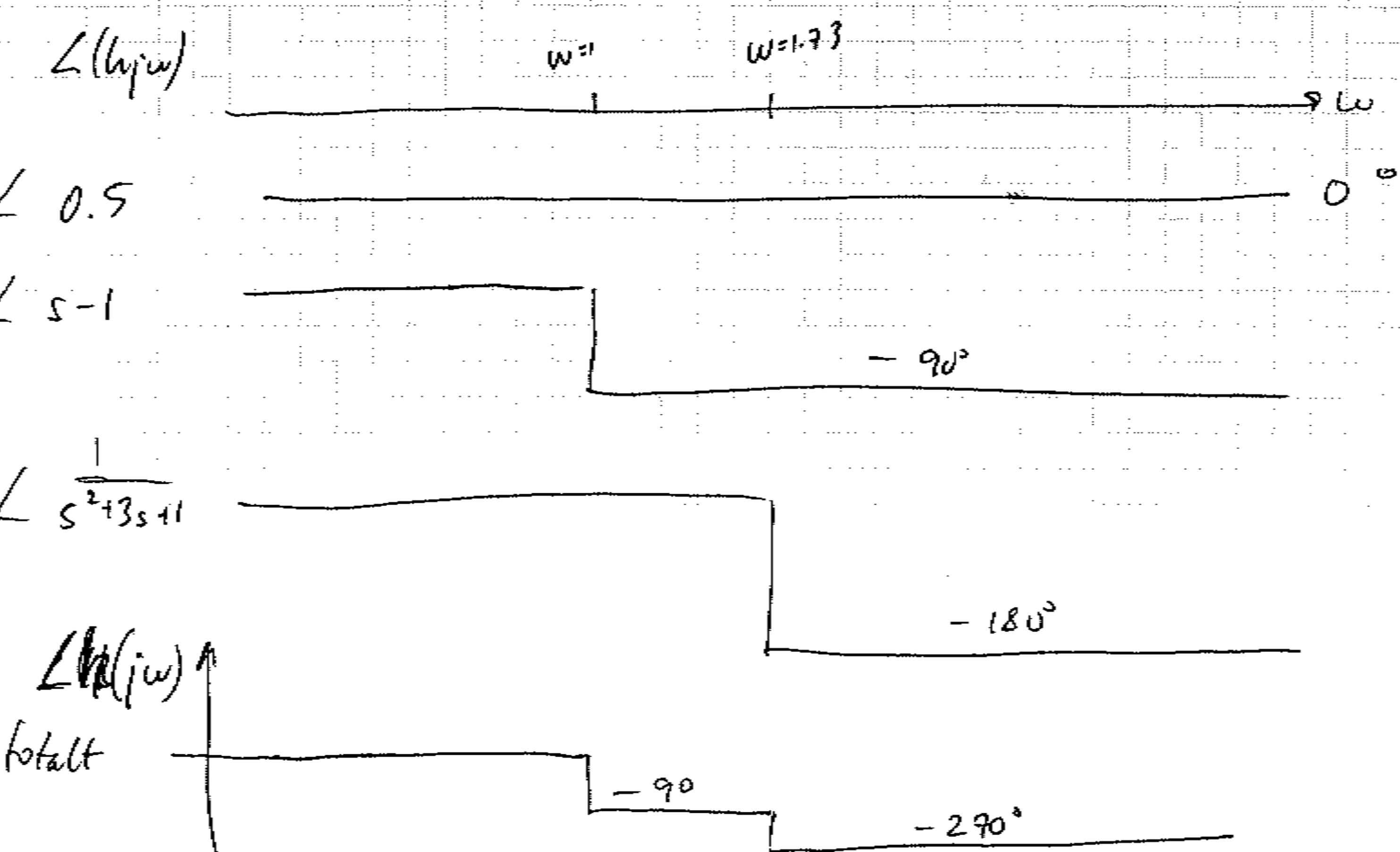
$$\underline{\underline{\xi = \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 0.866}}$$

altså underdempet system.

c)



|h(jω)|
ω=1
ω=1.73
ω
0.5
20 log 0.5
|s-1|
+20 dB/dek
|1/(s²+3s+1)|
-40 dB/dek
|h(jω)|
totalt
0dB
-6dB
ω=1
ω=1.73
+20
-20
ω



∠(h(jω))
ω=1
ω=1.73
ω
∠ 0.5
0°
∠ s-1
-90°
∠ 1/(s²+3s+1)
-180°
∠h(jω)
totalt
-90
-270°

d) $y(s) = h(s) \cdot u(s)$

hvor $u(s) = \dfrac{2}{s^2}$

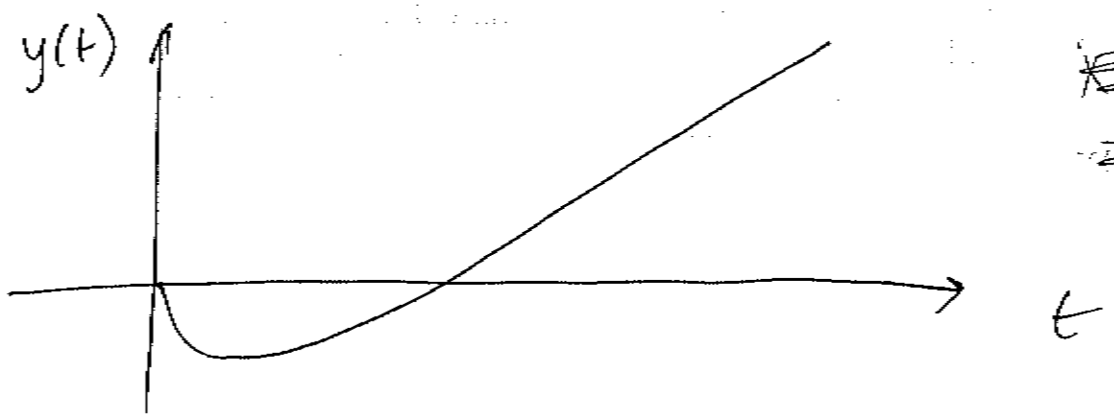
Benytter sluttverditeoremet:

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

$$= \lim_{s \to 0} \frac{0.5(s-1)}{s^2+3s+1} \cdot \frac{2}{s^{\cancel{2}}} \cdot \cancel{s}$$

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

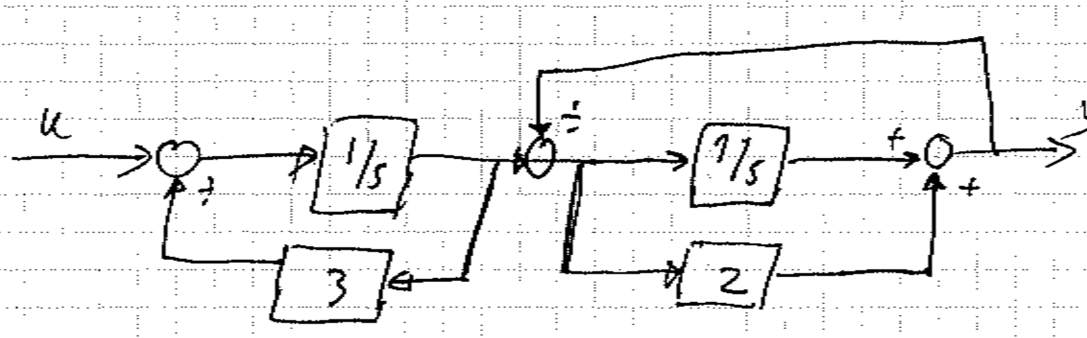
e) Har nullpkt i høyre halvplan => inversrespons.

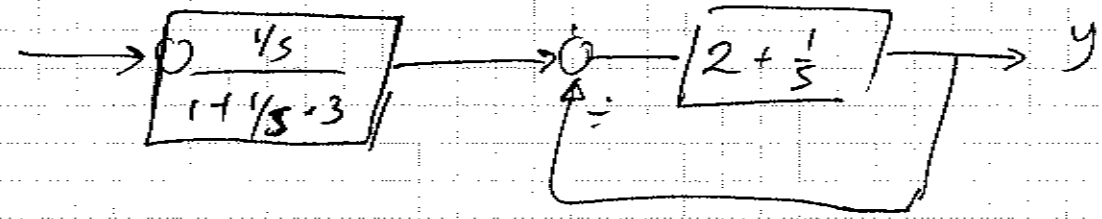


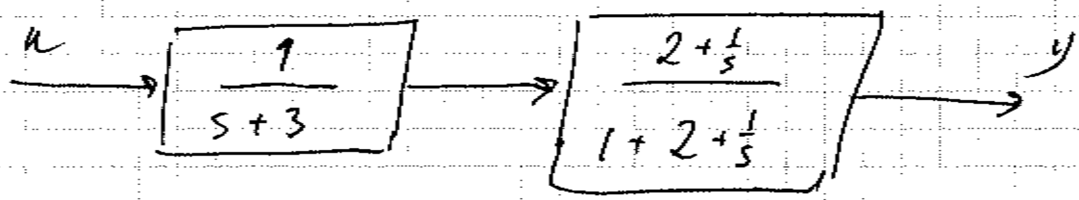
Startverdi

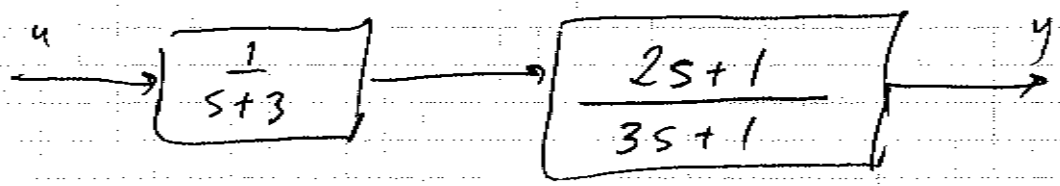
$$\lim_{s \to \infty} y(s) \cdot s = 0$$

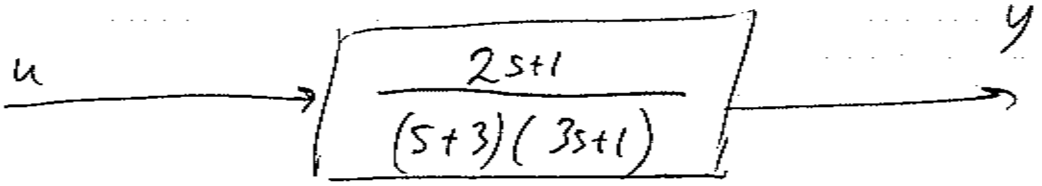
2)











$$h(s) = \frac{y(s)}{u(s)} = \frac{2s+1}{(s+3)(3s+1)} = \frac{2s+1}{3s^2+10s+3}$$

Oppg 3

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

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

antar konstant ρ og areal A

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

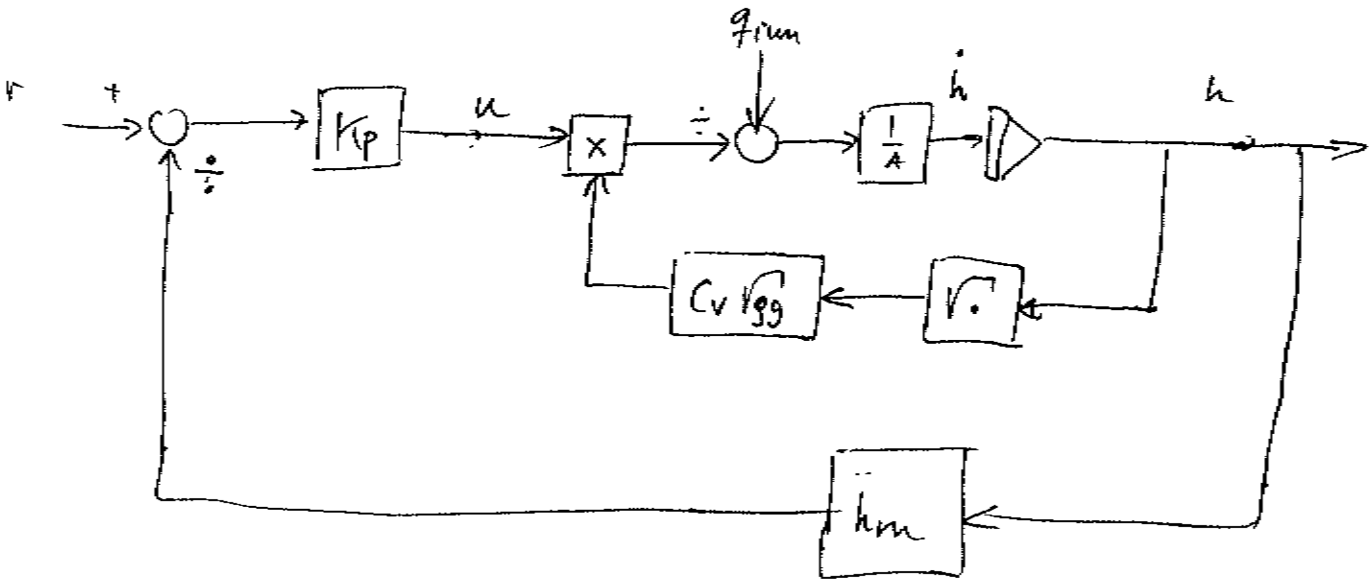
hvor $$q_u = C_v \sqrt{\Delta p} \cdot u = C_v \sqrt{p_2 - p_1} \cdot u = C_v \sqrt{p_{atm} + \rho g h - p_{atm}} \cdot u$$

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

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.

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

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

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

~~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

$$\Delta \dot{h} = \frac{1}{4}\Delta q_{inn} - \frac{30\cdot\sqrt{640\cdot 10}}{4}\cdot 0.6\cdot\frac{1}{2\cdot\sqrt{9}}\,\Delta h$$

$$- \frac{30\cdot\sqrt{640\cdot 10}}{4}\cdot\sqrt{9}\cdot\Delta u$$

$$\Downarrow$$

$$\Delta \dot{h} = 0.25\Delta q_{inn} - 60\Delta h - 1800\,\Delta u$$

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

$$s\cdot\Delta y(s) = 0.25\Delta V(s) - 60\,\Delta y(s) - 1800\,\Delta u(s)$$

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

$$\underline{\underline{h_p(s)}} = \frac{\Delta y(s)}{\Delta u(s)} = \underline{\underline{\frac{-1800}{s+60}}}$$

d)

$h_0(s)$ kan da finnes:

$$h_r(s) = K_p$$

$$h_p(s) = -\frac{1800}{s+60}$$

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

$$h_0(s) = h_r(s)\, h_p(s) \cdot h_m(s) = \div \frac{K_p \cdot 1800}{(s+60)(10s+1)}$$

$$M(s) = \frac{h_0(s)}{1+h_0(s)} = \frac{\div \dfrac{K_p \cdot 1800}{(s+60)(10s+1)}}{1 \div \dfrac{K_p \cdot 1800}{(s+60)(10s+1)}}$$

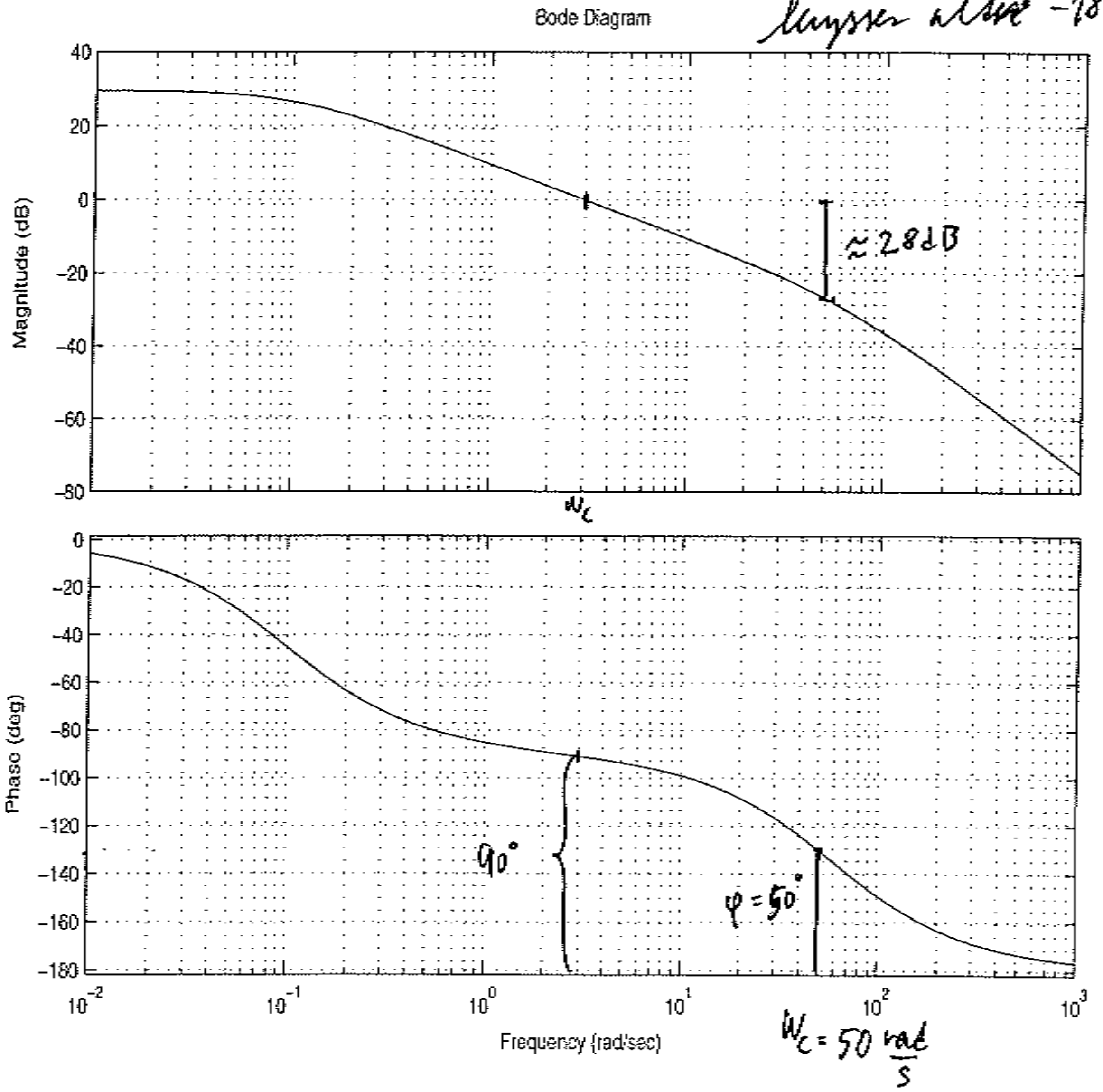
$$= \div \frac{K_p \cdot 1800}{(s+60)(10s+1) - K_p \cdot 1800}$$

$$= \div \frac{1800 \cdot K_p}{10s^2 + 601s + 60 - 1800 \cdot K_p}$$

e)

Fag: TE179, Reguleringsteknikk 1
Dato: 19. desember 2001
Kandidatnr:
Sidenr:

Systemet har uendelig forsterkningsmargin, fasen krysser aldri $-180°$



3557525

Figur 4: Bodeplot av sløyfetransferfunksjonen $h_0(j\omega)$ i oppgave 3d).

$$20 \log x = 28 \text{ dB}$$
$$x = 25.1$$

Ny K_p: $K_p = -25.1$

God ytelse for $\omega < \omega_c = 50 \frac{rad}{s}$

$$N(s) = \frac{1}{1+h_0(s)} = \frac{(s+60)(10s+1)}{(s+60)(10s+1) - K_p \cdot 1800}$$

$$= \frac{10s^2 + 601 \cdot s + 60}{10s^2 + 601 \cdot s + 60 - 1800 K_p}$$

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 $h_0(s)$

$$h_0(s) = \frac{K_p(1+T_i s)}{T_i s} \cdot \frac{-1800}{(s+60)} \cdot \frac{1}{(10s+1)}$$

$\Downarrow$

$$N(s) = \frac{1}{1+h_0(s)} = \frac{T_i \cdot s \cdot (s+60)(10s+1)}{T_i \cdot s \cdot (s+60)(10s+1) - 1800 \cdot (T_i s+1) \cdot K}$$

Anvender sluttverditeoremet på $e(s)$

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

Spran

$$= \lim_{s \to 0} \cancel{s} \cdot \frac{T_i \cdot s \cdot (s+60)(10s+1)}{T_i \cdot s \cdot (s+60)(10s+1) \div 1800 \cdot K_p (T_i \cdot s + 1)}$$

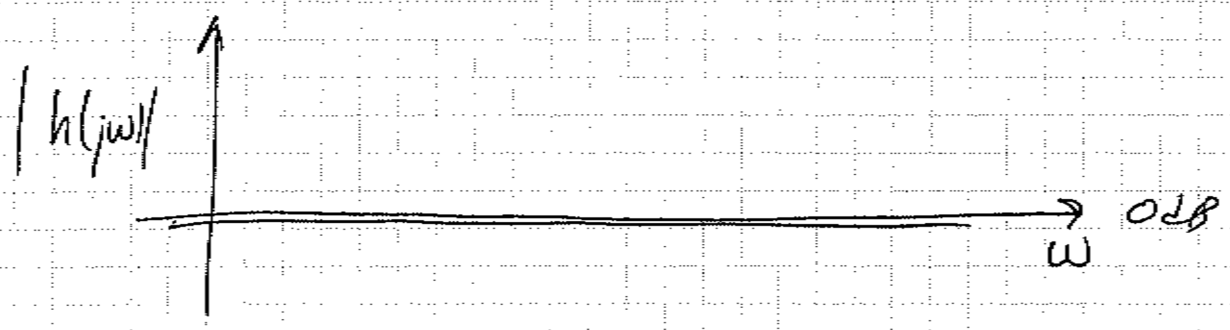
$$= \frac{0}{-1800 K_p \cdot 1} = \underline{\underline{0}}$$

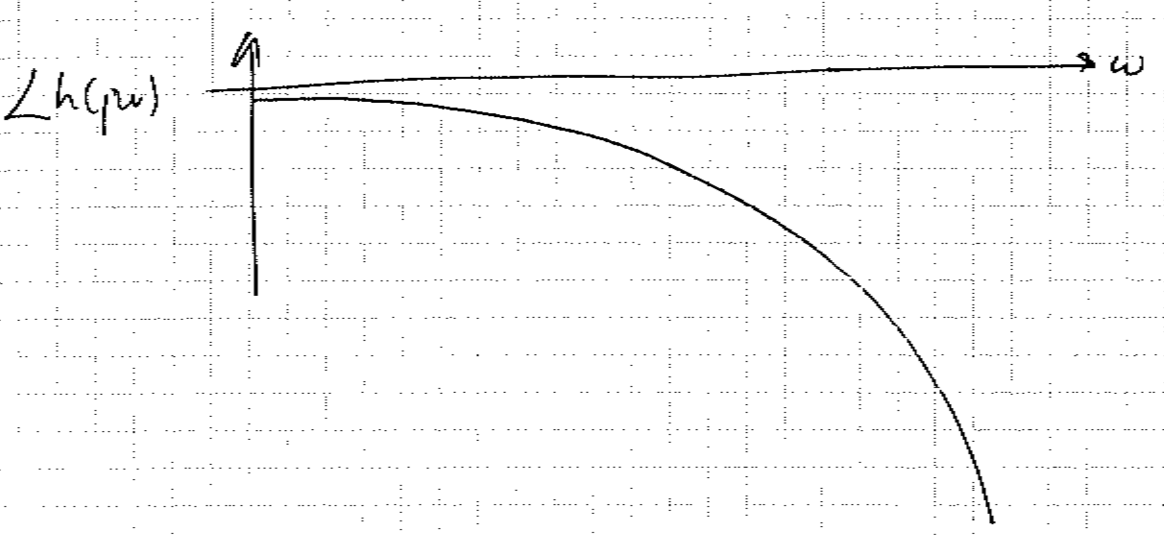
~~[illegible]~~

Kp må være negativ (neg. ha motvirkning)

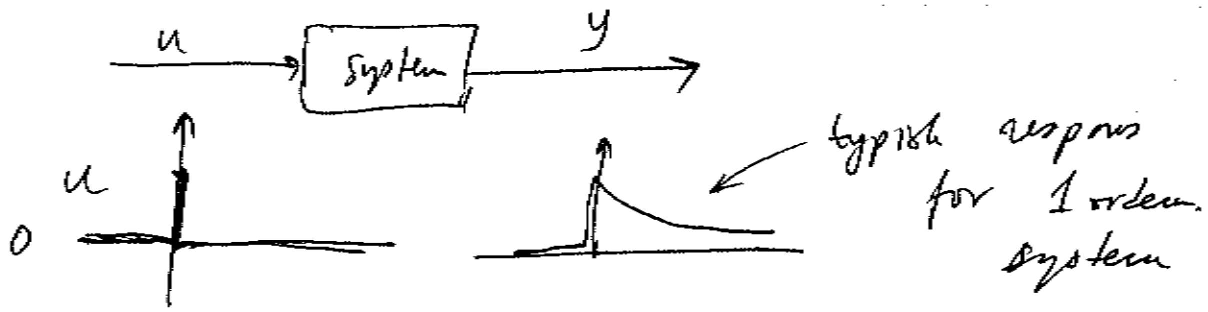
9) fordi hvis du ~~ønsker~~ setter et sprang i referansen (dvs. ønsker høyere nivå i tank), må ventilen strupe, ergo negativ Kp.

4) a) Den har ingen innvirkning på forsterkningen, men fasen forringes proporsjonalt med frekvensen





b) Et systems impulsrespons er den responsen man får på utgangen av et system når man påtrykker en impuls på inngangen



c) Det er ingen sammenheng mellom sprang-respons og frekvensrespons.

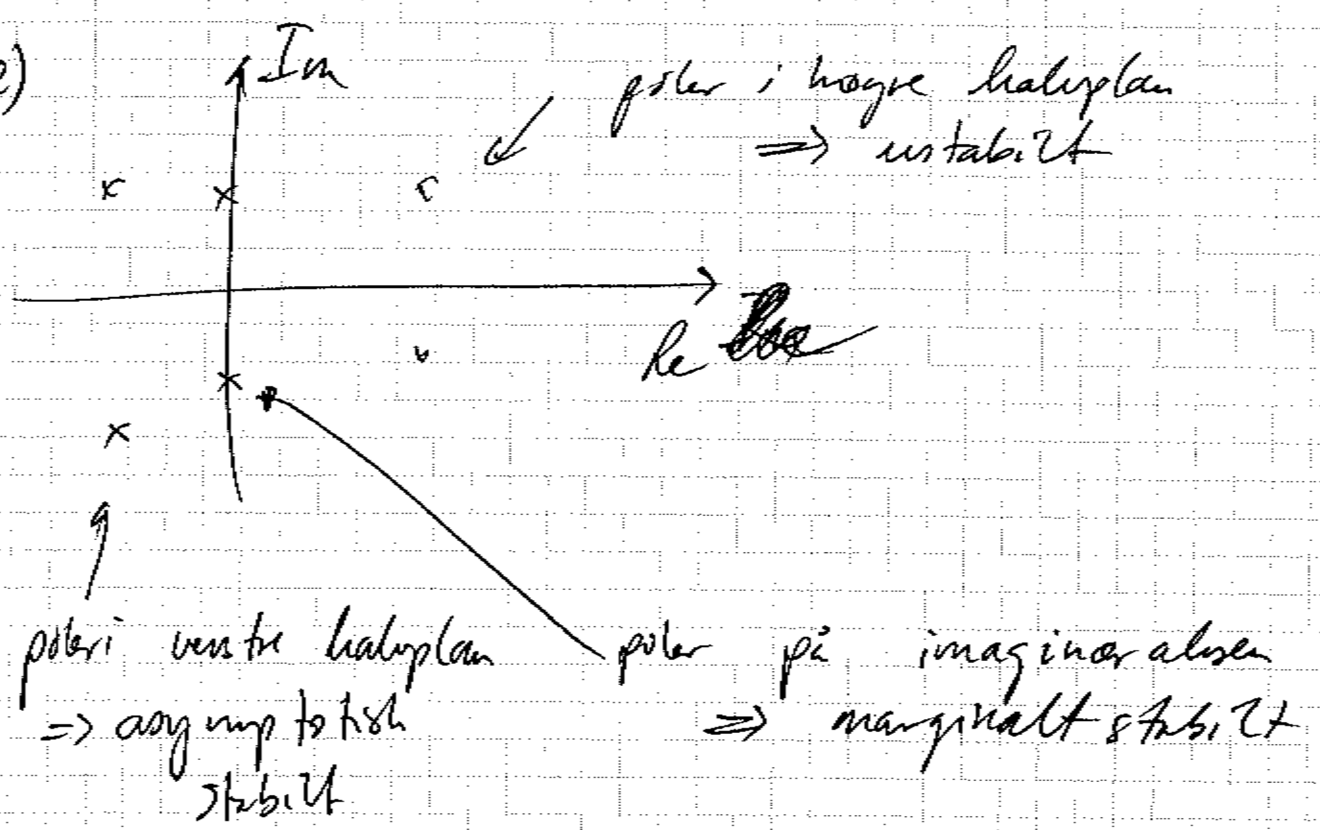
Dette fordi sprangrespons er systemets ~~stop~~ respons i utgangen ved et sprang i inngangen, mens frekvensrespons handler om systemets amplitude og ~~frekvens~~ fase egenskaper.

d) Fordi når utgangen av en regulator skal ha en verdi, må ~~[illegible]~~ reguleringsavviket e være enten positivt eller negativt slik at $u = K_p \cdot e$ har en verdi.

Hvis $e = 0$, ville $u = 0$, og regulatoren ville ikke hatt noen verdi å sette på utgangen.

Ved innføring av integralvirkning vil integralleddet holde utgangsverdien mens $e = 0$.

e)



f) ~~Ved~~ ~~[illegible]~~ Ved bestemmelse / analyse av regulator type, P, PI eller PID.
Dette handler ikke så mye om regulatorparameter valg (stabilitet).

g) $\omega_b = \frac{1}{T}$ 1 orden

tidskonstant = responstid

$\omega_b \approx \frac{1.5}{T_r}$ 2 orden

responstid

h) Hensikten er å undertrykke støy, samt å få prosessutgangen til å følge referansen.