Eksamen Reguleringsteknikk 13/12-2013

1)

a) 

$u(t) \rightarrow \boxed{} \rightarrow T(t) = y(t)$ en rask og en treg tidskonstant

b) $(s+0.1)(s+20) = 0$

$s_1 = p_1 = -0.1$ eller $s_2 = p_2 = -20$

To reelle negative poler $\Rightarrow$ asymptotisk stabilitet

c) $s^2 + 20.1s + 2 = s^2 + 2\zeta\omega_0 s + \omega_0^2$

$$\omega_0^2 = 2 \Rightarrow \underline{\underline{\omega_0 = \sqrt{2}}}$$

$$2\zeta\omega_0 = 20.1 \Rightarrow \zeta = \frac{20.1}{2 \cdot \omega_0} = \frac{20.1}{2 \cdot \sqrt{2}}$$

$$\underline{\underline{\zeta = 7.1}}$$

<u>Overdempet</u>

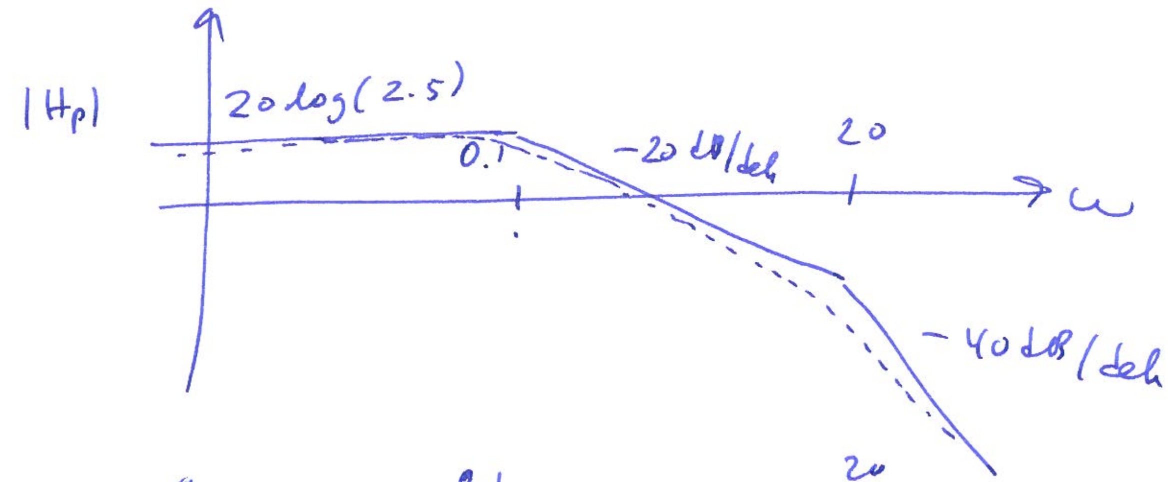
d) 

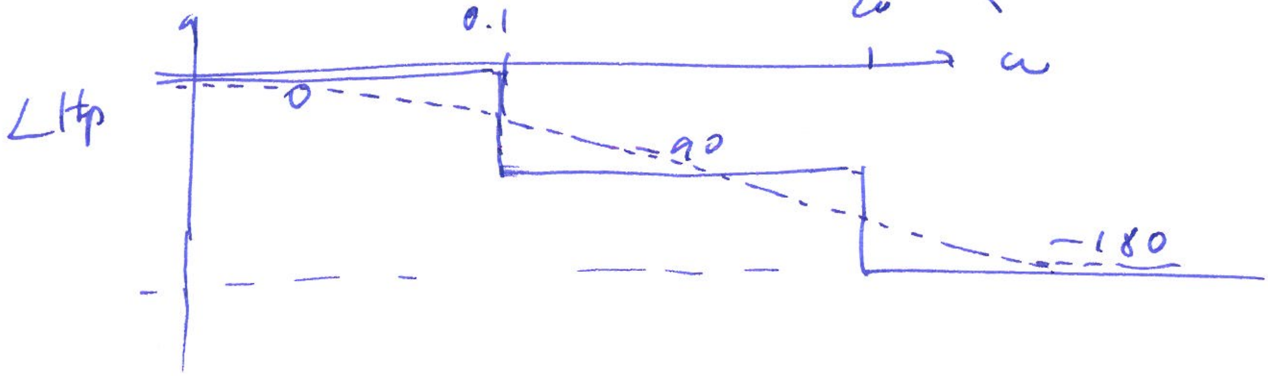
$$H_p(s) = \frac{5}{(s+0.1)(s+20)} = \frac{5 \cdot 10 \cdot \frac{1}{20}}{(10s+1)(0.05s+1)}$$

$$= \frac{2.5}{(10s+1)(0.05s+1)}$$

knekk i $\omega_k = \frac{1}{10} = 0.1$ rad/s

knekk i $\omega_k = \frac{1}{0.05} = 20$





e) $|H_p(j\omega)|$ og $\angle H_p(j\omega)$?

sett $s = j\omega$ i $H_p(s)$

$$H_p(j\omega) = \frac{2.5}{(10j\omega + 1)(0.05j\omega + 1)}$$

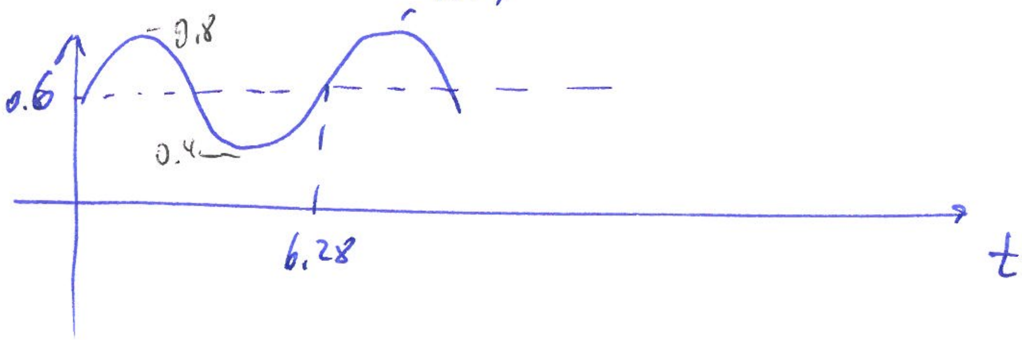
$$= \frac{2.5}{\sqrt{1 + 10^2\omega^2} \cdot \sqrt{1 + 0.05^2\omega^2}} \cdot e^{\underbrace{j(\cancel{\operatorname{atan}}(10\omega) - \cancel{\operatorname{atan}}(0.05\omega))}_{-\operatorname{atan}(10\omega) - \operatorname{atan}(0.05\omega)}}$$

$$|H_p(j\omega)| = \frac{2.5}{\sqrt{1 + 100\omega^2}\sqrt{1 + 0.05^2\omega^2}}$$

$$\angle H_p(j\omega) = -\operatorname{atan}(10\omega) - \operatorname{atan}(0.05\omega)$$

f) $u(t) = 0.2\sin(t) + 0.6, \quad \omega = 1 \Rightarrow T_p = \frac{2\pi}{\omega} = 6.28$

③



setter $w=1$ inn i $|H_p(j\omega)|$ og $\angle H_p(j\omega)$

$$|H_p(j\cdot 1)| = \frac{2.5}{\sqrt{101}\cdot\sqrt{1+0.05^2}} \approx \frac{2.5}{10} = \underline{0.25}$$

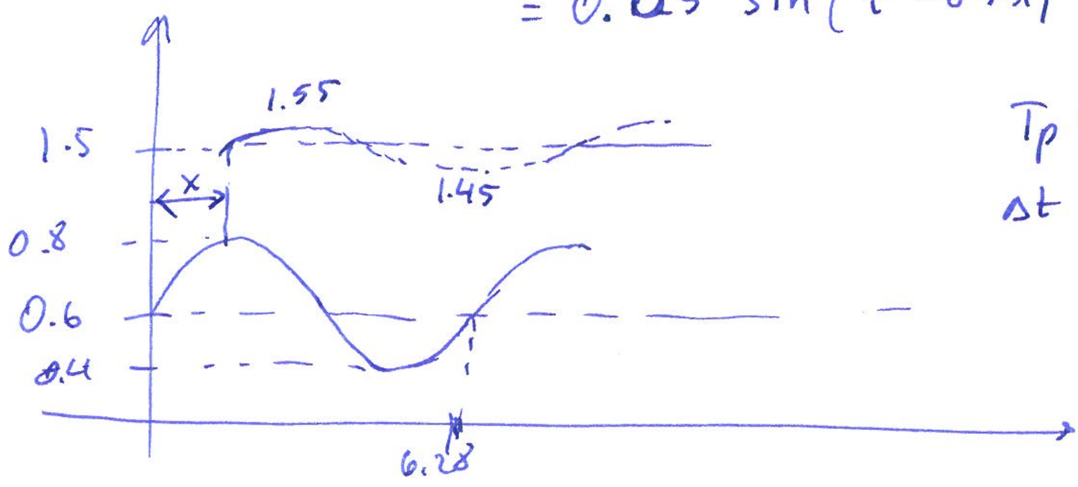
$$\angle H_p(j\cdot 1) = -\mathrm{atan}(10) - \mathrm{atan}(0.05)$$

$$= -87.1^\circ$$

Konstantleddet på 0.6 går gjennom systemet og forsterkes med 2.5 ⇐ stasjonær forsterkning K

slik at $y(t) = 0.2 \cdot 0.25 \cdot \sin(t - 87.1) + 0.6\cdot 2.5$

$$= 0.05\sin(t - 87.1) + 1.5$$



$$\frac{T_p = 6.28 = 360^\circ}{\Delta t = x = 87.1}$$

$\underline{x = 1.52 \text{ sek}}$

g) $\omega_b = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{10} = \underline{0.1 \text{ rad/s}}$

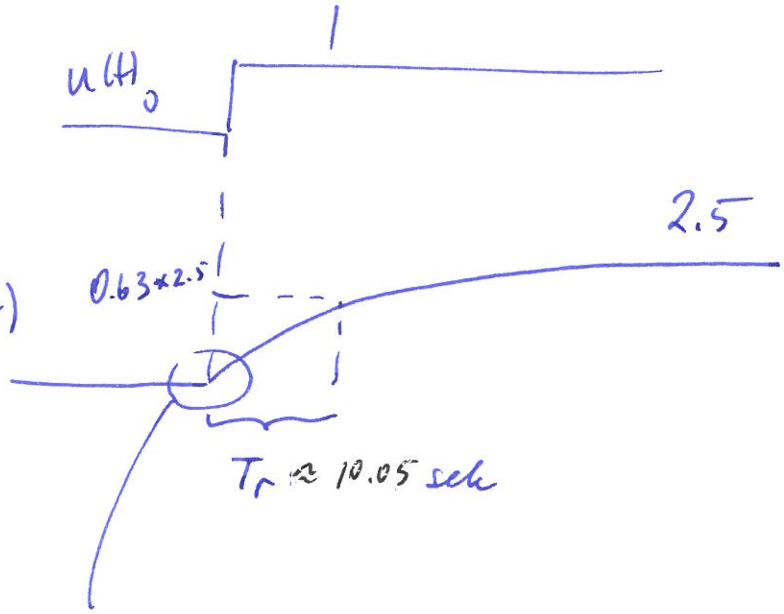
Amplitude forsterking er $20 \log(2.5) - 3\,dB$

$= \underline{\underline{4.95\,dB}}$

Siden dette er midt i asymptoten, er fasen $-45°$. Kan vises fra

$\underline{\angle H_p(j\omega)}$.

h)



ser egentlig ut som andre ordens respons, men siden den ene tidskonstanten er så liten, ser totalsystemet ut som en førsteordens respons.

i) $H_m(s) = \frac{1}{0.1s+1}$ (5)

j) $K_m = 1.0$ betyr at den konverterer et eller annet måleområde til f.eks 4–20 mA.
Vil vi anta at vi benytte 0–20 mA, vil det si at måleområdet er 0–20 (ett eller annet, f.eks [°C]).

k) Dersom $K_m = 2.0$, betyr det at måleområdet er halvert, $\underline{\underline{0-10}}$ [°C]

l) Responsen ser ut som en første ordens respons, med tidskonstant $T = 10$

$$\Downarrow$$

$$H_p(s) \approx \frac{2.5}{10s+1}$$

F.eks. Ønske $\xi = 0.6$ og $w_0 \approx \frac{1.5}{T_r}$

$$\Downarrow$$

$\delta = 0.1$

Velger $T_r \approx 5$ sek (halvparten av $T = 10$ sek for prosessen)

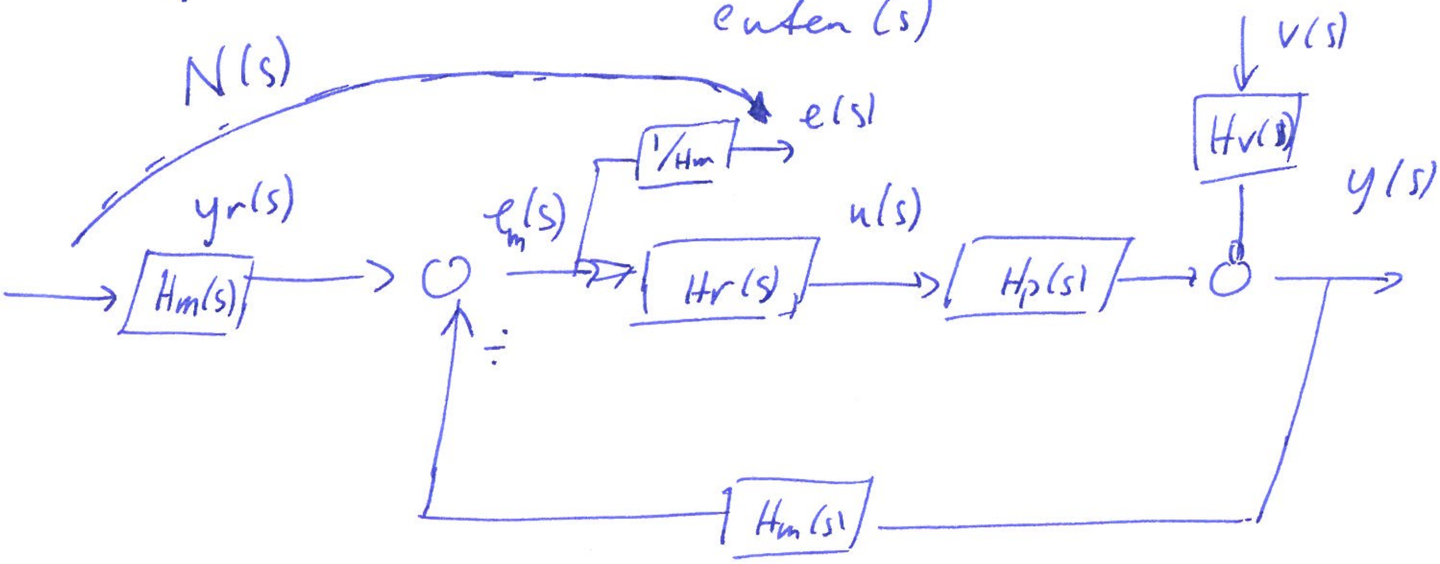
$$\underline{K_p} = \frac{2 \cdot 0.6 \cdot \frac{1.5}{5} \cdot 10 - 1}{2.5} = \underline{1.04}$$

$$T_i = \frac{2 \cdot 0.6 \cdot \frac{1.5}{5} \cdot 10 - 1}{(1.5/5)^2 \cdot 10} = 2.88$$

m) $N(s)$ Beskrives sammenhengen mellom referanse og reguleringsavvik

Den kan også tolkes til å beskrive forholdet mellom reg. avvik (med reg.) over reg avviket (uten reg. / åpen sløyfe)

$$N(s) = \frac{e_{med}(s)}{e_{uten}(s)}$$



n) $M(s)$ og $N(s)$ forteller mye det samme.

Mens $N(s) = \frac{e(s)}{y_r(s)}$ hvor vi ønsker at

$|N(j\omega)| \ll 0$, er $M(s) = \frac{y(s)}{y_r(s)}$

hvor vi ønsker $|M(j\omega)| \approx 1$.

Dersom utgangen $y(s)$ er identisk med $y_r(s)$ har vi gode følgeegenskaper, og dermed er $e(s) = y_r(s) - y(s) \approx 0$, og $|N(j\omega)|$ er liten.

o) $$u(t) = K_p \cdot e(t) + \frac{K_p}{T_i} \cdot \int_0^t e(\tau)\, d\tau$$

Laplace gir

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

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

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

p) Finner $H_0(s) = H_r(s) \cdot H_p(s) \cdot H_m(s)$

$$= \frac{K_p(T_i s+1)}{T_i s} \cdot \frac{2.5}{(10s+1)(0.05s+1)} \cdot \frac{0.2}{0.1s+1}$$

$$= \frac{\text{teller}(s)}{\text{nevner}(s)}$$

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

$$= \frac{1}{1+\frac{\text{teller}(s)}{\text{nevner}(s)}} = \frac{\text{nevner}(s)}{\text{nevner}(s)+\text{teller}(s)}$$

$$= \frac{T_i \cdot s\,(10s+1)(0.05s+1)(0.1s+1)}{T_i s\,(10s+1)(0.05s+1)(0.1s+1) + K_p(T_i s+1)\cdot 2.5 \cdot 0.2}$$

Sprang i $y_r(t)$ med høyde Y_r gir

$$y_r(s) = \frac{Y_r}{s}$$

Sluttverditeoremet gir:

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

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

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

$$= N(0) \cdot Y_r$$

$$= \frac{0}{0 + K_p \cdot 2.5 \cdot 0.2} \cdot Y_r = \underline{\underline{0}}$$

For $M(s) = \dfrac{y(s)}{y_r(s)}$ får vi:

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

$$= \lim_{s \to 0} s \cdot M(s) \cdot y_r(s)$$

$$= \lim_{s \to 0} \cancel{s} \cdot M(s) \cdot \frac{Y_r}{\cancel{s}}$$

$$= \cancel{\lim} \; M(0) \cdot Y_r$$

$$M(s) = \frac{H_0(s)}{1+H_0(s)}$$

$$= \frac{\frac{\text{teller}(s)}{\text{nevner}(s)}}{1 + \frac{\text{teller}(s)}{\text{nevner}(s)}}$$

$$= \frac{\text{teller}(s)}{\text{nevner}(s) + \text{teller}(s)}$$

$$= \frac{K_p\,(T_i \cdot s+1) \cdot 2.5 \cdot 0.2}{T_i s \cdot (10s+1)(0.05s+1)(0.1s+1) + K_p\,(T_i \cdot s+1) \cdot 2.5 \cdot 0.2}$$

$$M(0) = \frac{K_p \cdot 2.5 \cdot 0.2}{0 + K_p \cdot 2.5 \cdot 0.2} = 1$$

$$\underbrace{\lim_{t\to\infty} y(t) = 1 \cdot Y_r = \underline{\underline{Y_r}}}$$

$$\underline{\underline{e_{stasj} = Y_r - Y_r = 0}}$$

11)

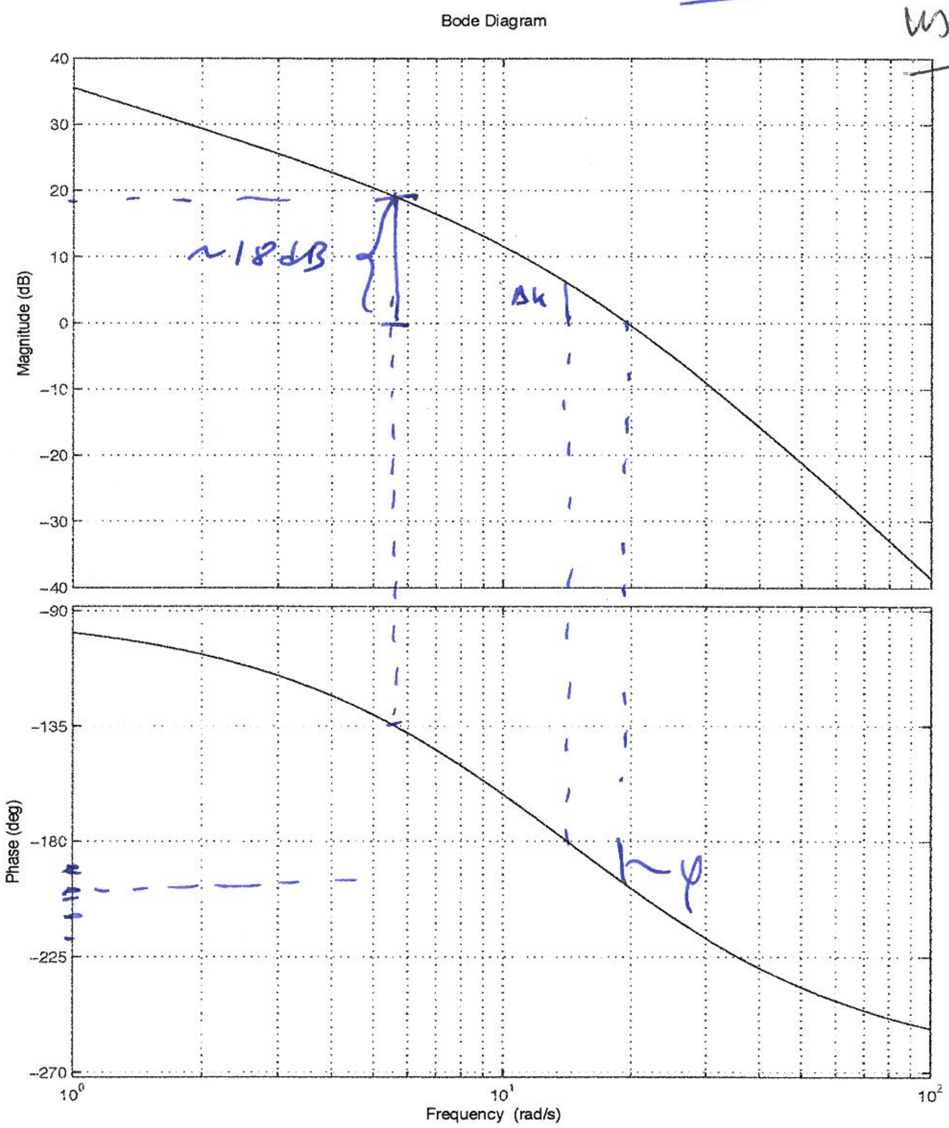
q)

Fag: BIE240, Reguleringsteknikk
Dato: 13. desember 2013
Kandidatnr:
Sidenr:

$\varphi \approx -20°$

$\Delta K \approx -6$ dB

ustabilt



Figur 3: Bodeplot av sløyfetransferfunksjonen $H_0(j\omega)$ i oppgave q).

r)

25% oversving $\Rightarrow$ $\underline{\underline{\varphi = 45^\circ}}$

fra fig. 2.

For å få 45° fasemargin, må vi redusere K_p med <u>ca 18 dB</u>

$$20 \log(x) = -18\,dB$$

$$x = 10^{-\frac{18}{20}}$$

$$= 0.125$$

$$\text{Ny } K_p = 240 \cdot 0.125 \approx \underline{\underline{30}}$$