Eksamen 2017 ordinær

a) $$H_p(s) = \frac{6}{2s^2+2s+3}$$

$2s^2+2s+3=0$ gir polene

$$s_{1,2} = \frac{-2\pm\sqrt{2^2-4\cdot3\cdot2}}{2\cdot2}$$

$$= \frac{-2\pm2\sqrt{-5}}{4} = -\frac{1}{2}\pm j\frac{\sqrt{5}}{2}$$

b) Systemet er asymptotisk stabilt siden polene ligger i venstre halvplan

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

Må skrive Hp(s) på standard form først

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

$$\left(\frac{1}{\omega_0}\right)^2 = \frac{2}{3} \quad , \quad \frac{2\xi}{\omega_0} = \frac{2}{3}$$

$$\Downarrow \qquad\qquad \Downarrow$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{3}{2}}$$

$$\xi = \frac{\cancel{2}}{3}\cdot\omega_0\cdot\frac{1}{\cancel{2}} = \frac{1}{3}\cdot\omega_0$$

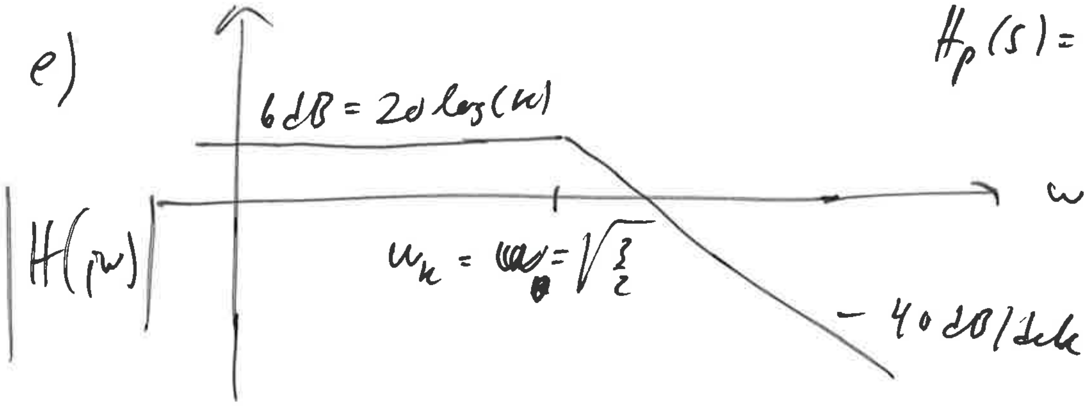
$$= \frac{1}{3}\sqrt{\frac{3}{2}} = \underline{\underline{\frac{1}{\sqrt{6}}}}$$

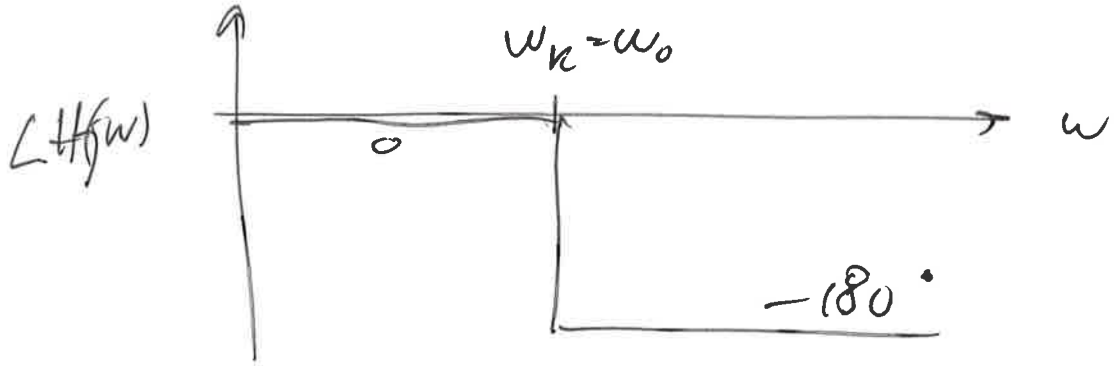
d) Siden $\zeta = \frac{1}{\sqrt{6}} < 1$, er systemet underdempet

standard form

$$H_p(s) = \frac{2}{\frac{2}{3}s^2 + \frac{2}{3}s + 1}$$

e)





f) Versjon 2 er riktig siden denne har resonanstopp siden $\zeta < 1$.

$$\cancel{g)\ |H(j\omega)| = \frac{2}{\frac{2}{3}(j\omega)^2 + \frac{2}{3}j\omega + 1}}$$

$$\cancel{= \frac{2}{\left(1 - \frac{2}{3}\omega^2\right) + j\frac{2}{3}\omega}}$$

g) $u(t) = 0.65 \sin(0.8t)$

Leser av $|H(j\omega)|$ og $\angle H(j\omega)$ ved $\omega = 0.8$.

Finner da $|H(j0.8)| \approx 8dB$ (iallefall større enn 6dB)

$$\angle H(j0.8) \approx -45$$

8 dB tilsvarer $10^{\frac{8}{20}} = 2.5$ i forsterkning.

$$y(t) = 0.65 \cdot 2.5 \cdot \sin(0.8t - 45)$$

$$= 1.625 \sin(0.8t - 45)$$

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

$$= \frac{2}{\left(1 - \frac{2}{3}\omega^2\right) + j\frac{2}{3}\omega}$$

$$|H(j\omega)| = \frac{2}{\sqrt{\left(1 - \frac{2}{3}\omega^2\right)^2 + \left(\frac{2}{3}\omega\right)^2}}$$

4

h) $$\angle H(j\omega) = -\operatorname{atan}\left(\frac{\frac{2}{3}\omega}{1-\frac{2}{3}\omega^2}\right)$$

i) setter inn $\omega = 0.8$ inn i $|H(j\omega)|$ og $\angle H(j\omega)$

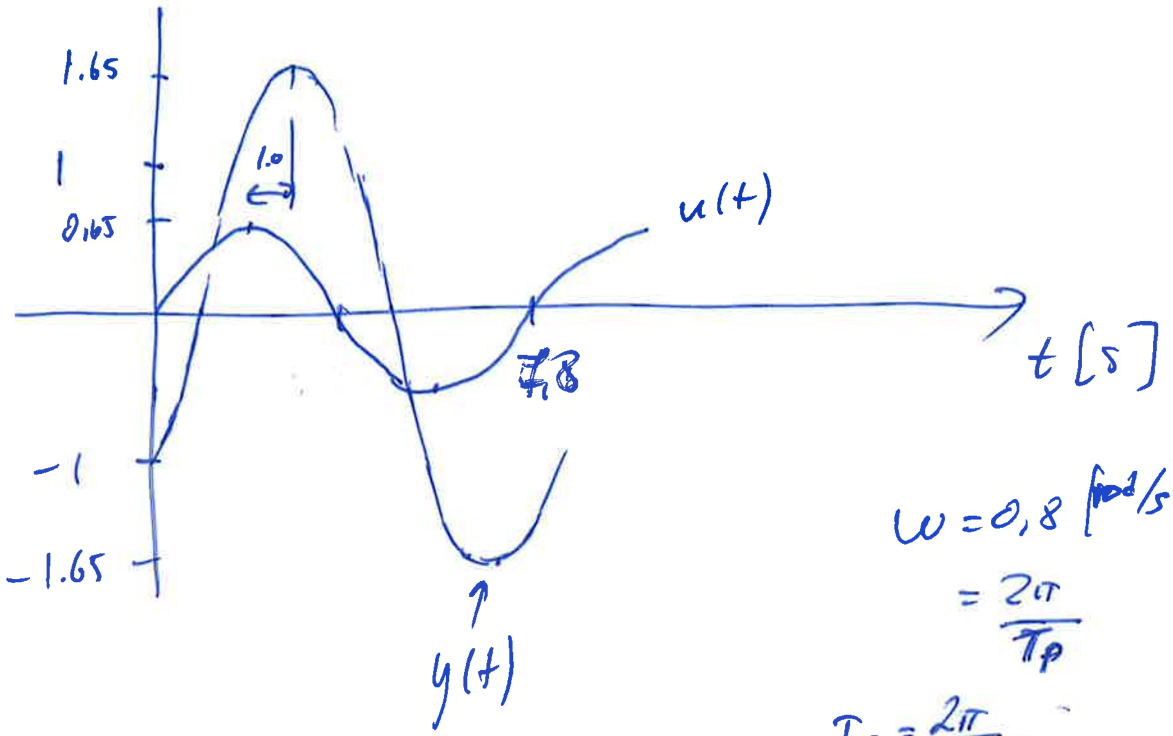
$$|H(j\,0.8)| = \frac{2}{\sqrt{\left(1-\frac{2}{3}\cdot 0{,}8^2\right)^2 + \left(\frac{2}{3}\cdot 0{,}8\right)^2}}$$

$$= 2{,}55$$

$$\angle H(j\,0.8) = -\operatorname{atan}\left(\frac{\frac{2}{3}\cdot 0{,}8}{1-\frac{2}{3}\cdot 0{,}8^2}\right)$$

$$= -43^\circ$$

ser at disse verdiene er nesten identiske med avleste verdier j)



$\omega = 0{,}8$ [rad/s]

$= \frac{2\pi}{T_p}$

$T_p = \frac{2\pi}{0{,}8}$

$= \underline{7{,}85\,s}$

$$\frac{\Delta t}{T_p} = \frac{45}{360}$$

$$\Delta t = \frac{45}{360} \cdot 7.85 \approx 1.0 \text{ sek}$$

k) Båndbredden $\omega_b \approx \omega_0 = 1.22 \frac{rad}{s}$

l) Det er den frekvensen hvor amplitude forsterkningen er ca $0.707 \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)$ av stasjonær (70%) amplitude forsterkning

m) $\xi = \frac{1}{\sqrt{6}} = 0.4 \Rightarrow$ oversving

Avlest fra figuren finner vi $\delta = 0.25$

Dvs 25% oversving.

$$\delta = \frac{y_{max} - y_s}{y_s}$$

y_s ved enhetssprang blir

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

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

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

$$= \lim_{s \to 0} H(s) = H(0)$$

$$= 2$$

$$0{,}25 = \frac{y_{max} - 2}{2}$$

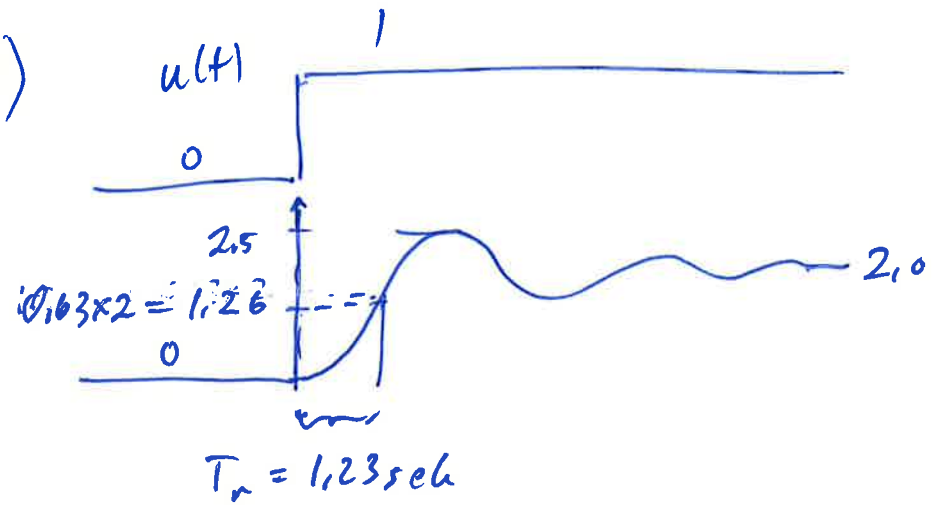
$$\Downarrow$$

$$\underline{\underline{y_{max} = 2{,}5}}$$

n) Estimat av T_r ved $\zeta < 1$ er

$$T_r \approx \frac{1.5}{\omega_0} = \frac{1.5}{1.22} = 1.23 \text{ sekund}$$

o)



Oppg 2

a) $$H_m(s) = \frac{2}{\frac{1}{0.5}s + 1} = \underline{\underline{\frac{2}{2s+1}}}$$

$$\omega_b = \frac{1}{T} \Rightarrow \boxed{T = \frac{1}{\omega_b}}$$

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

Laplace av denne gir:

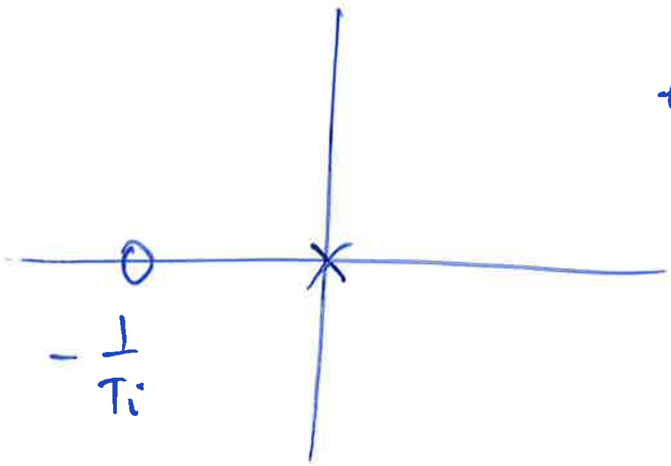
$$u(s) = K_p \cdot e(s) + \frac{K_p}{T_i} \cdot \frac{1}{s} e(s)$$

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

$$H_r(s) = \frac{u(s)}{e(s)} = K_p + \frac{K_p}{T_i \cdot s} \qquad \Big| \; \frac{T_i \cdot s}{T_i \cdot s}$$

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

c)



en pol i origo
og et nullpkt
i $z = \div \frac{1}{T_i}$

d) $H_0(s) = H_r(s) \cdot H_p(s) \cdot H_m(s)$

$$= \frac{K_p \cdot (T_i s + 1)}{T_i \cdot s} \cdot \frac{6}{2s^2 + 2s + 3} \cdot \frac{2}{2s + 1}$$

e) Benytter f-eln $N(s) = \frac{1}{1+H_0(s)} = \frac{e(s)}{y_r(s)}$

fra vedlegg, og sluttverditeoremet

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

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

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

$$= N(0)$$

hvor $N(s) = \frac{1}{1+H_0(s)} = \frac{1}{1 + \frac{K_p(T_i s+1)}{T_i s}\cdot\frac{6}{(2s^2+2s+3)}\cdot\frac{2}{(2s+1)}}$

$$= \frac{T_i s\cdot(2s^2+2s+3)\cdot(2s+1)}{T_i s(2s^2+2s+3)(2s+1) + K_p(T_i s+1)}$$

$$\Rightarrow N(0) = \frac{0}{0+K_p} = 0$$

$$\boxed{e_{stasj} = 0}$$

Null stasjonært avvik!

f) $|H(j\omega)|$ kommer fra uendelig stasjonær forsterkning. ⇒ integrator
(ser også dette fra at fasen begynner i ÷ 90°).

Det må være noe faseforbedrende med siden fasen løftes litt ⇒ nullpunkt i V.H.P.

Nevneren utover integratoren må være av orden 3 siden fasen til slutt havner på −270°
hvor nullpunktet løfter +90 og nevner totalt sett trekker ned −360,

totalt 3. orden + integrator i nevneren.

g) Leser av $\Delta K \approx 10\,dB$

$\varphi \approx 100^\circ$, se figur neste side

h) For å få fasemargin mindre enn 45°, må vi løfte H_0 ca 7dB.

Det betyr at ΔK etter justering blir ca $\Delta K \approx 3\,dB$.

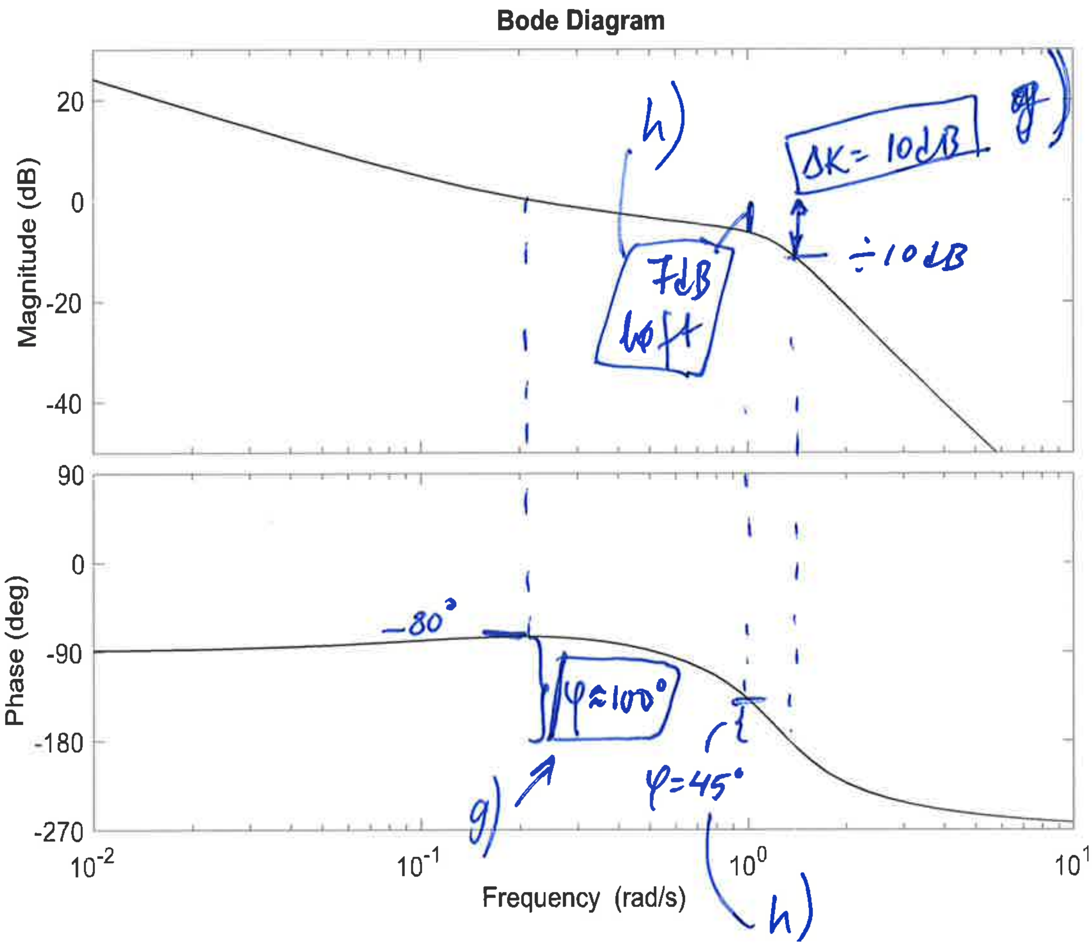
Løfte K_p 7dB betyr å øke K_p med 2,23, altså

$$K_{p,ny} = K_p \cdot 2.23$$
$$= 0{,}3 \cdot 2{,}23$$
$$= \underline{\underline{0{,}67}}$$

~~i) Det [illegible]~~

~~Det [illegible]~~

Fag: ELE320, Reguleringsteknikk
Dato: 23. november 2017
Kandidatnr:
Sidenr:



Figur 5: Bodeplot av sløyfetransferfunksjonen $H_0(j\omega)$ i oppgave 2g).

i) siden $H_0(j\omega) \gg 1$ for lave frekvenser,

$$M(j\omega) \approx 0\,dB \approx 1 \quad —— \text{"} ——$$

og $N(j\omega) \ll 1$ —— " —— ,

vil reguleringsavviket = 0 ved

et sprang i referansen.

j) $e(s) = N(s) \cdot y_r(s)$

$\omega = 0.0522$

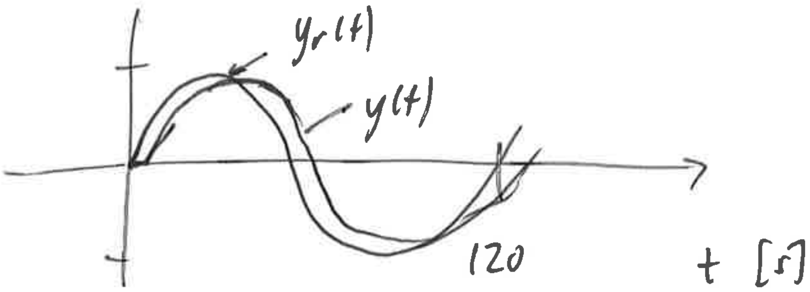
$|N(j\omega)| = -10.7\,dB$

$$20 \log(x) = -10.7\,dB$$

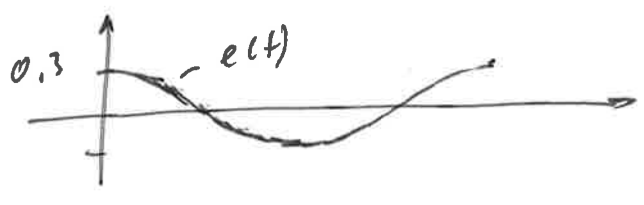
$$\underline{x = 0.3}$$

amplituden i $y_r(t)$ forsterkes med 0.3

til reguleringsavviket. Fasen er ca + 80°



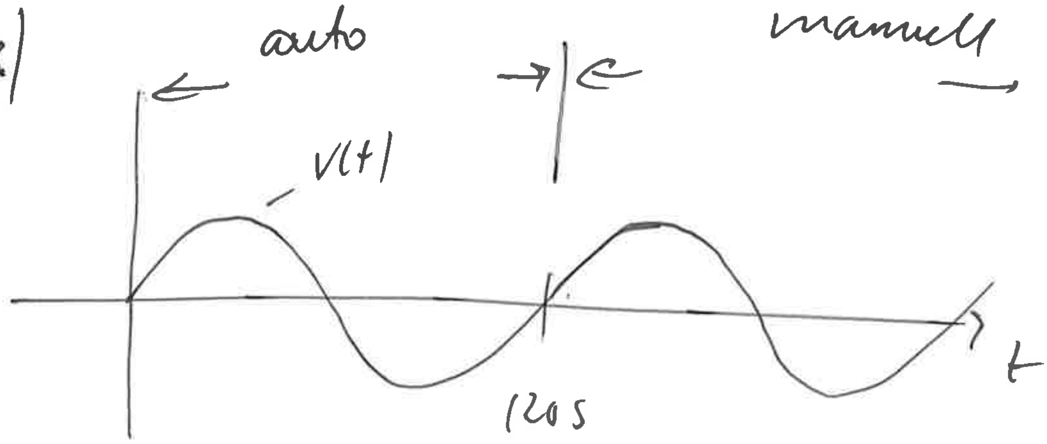
$$T_p = \frac{2\pi}{\omega} = 120\,s$$

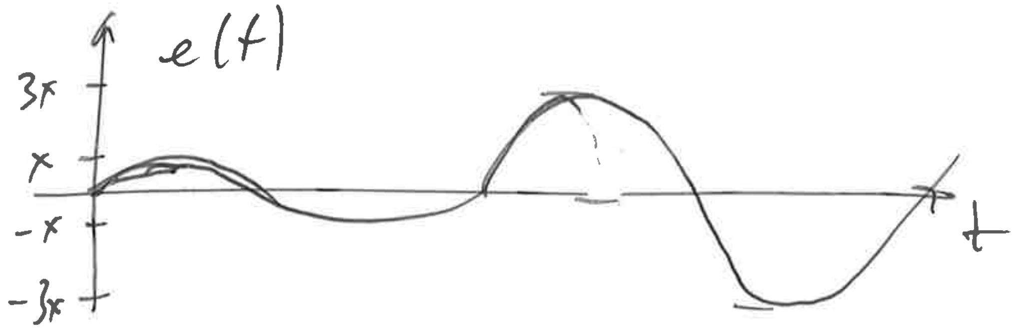


+80° faseforskyvning

(13)

k)





reguleringsavviket er tre ganger mindre i auto enn i manuell. ⇒ reg. gjør god jobb

Vet ikke noe om amplituden i e(t), bare forholdet.