DATO: 9. desember 2010

Universitetet i Stavanger

EKSAMEN I: BIE 240 Reguleringsteknikk

VARIGHET: 4 timer

TILLATTE HJELPEMIDLER: Bestemt enkel kalkulator

OPPGAVESETTET BESTÅR AV 2 OPPGAVE PÅ 6 SIDER

MERKNADER: Formelvedlegget er på side 7.
Deloppgavene har lik vekt. Legg ved side 8 sammen med besvarelsen.

KONTAKTPERSON: Tormod Drengstig, E-423a, tlf. (518)32025/93885533.

---

1 Analyse av en prosess $H_p(s)$

En prosess er beskrevet ved transferfunksjonen

$$\frac{y(s)}{u(s)} = H_p(s) = \frac{1}{2s^2 + 3s + 4} \tag{1}$$

a) Bestem polene til systemet.

Er systemet marginalt stabilt, ustabilt eller asymptotisk stabilt.

Finn ω_0 og ζ.

Er systemet underdempet, overdempet eller kritisk dempet system?

b) Finn et uttrykk for prosessens frekvensrespons, dvs. amplitudeforsterkning $|H_p(j\omega)|$ og faseforskyvning $\angle H_p(j\omega)$.

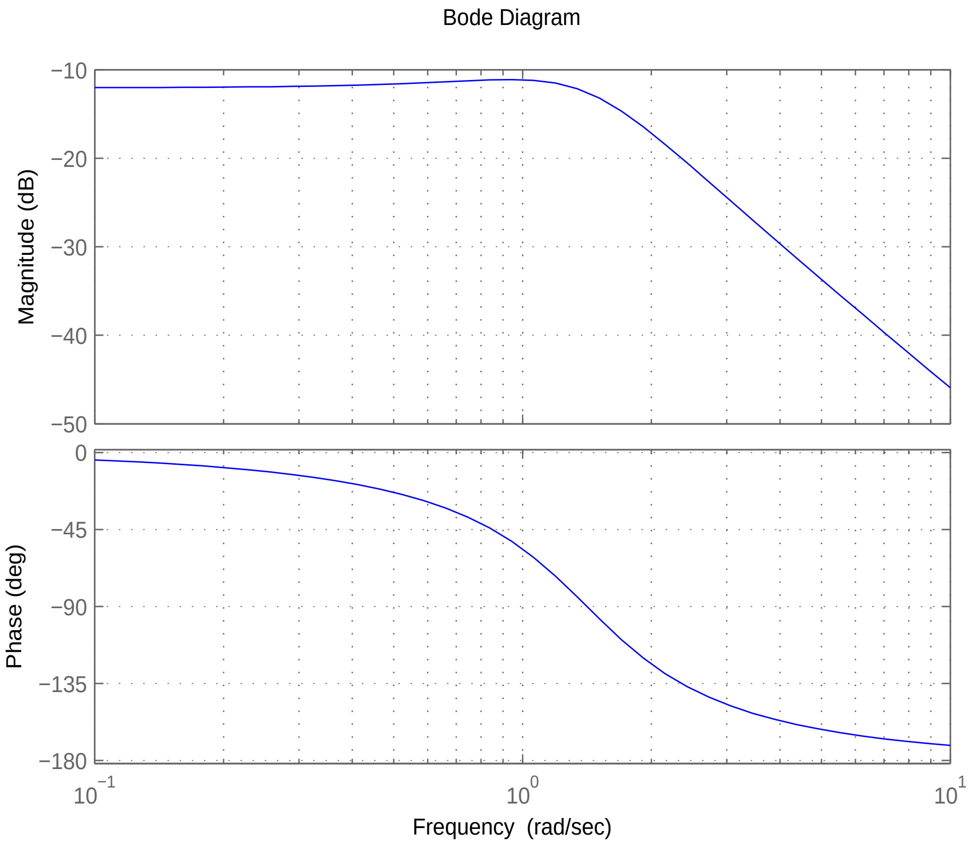
c) Bodeplottet av $H_p(s)$ er gitt i figur 1. La pådraget være en **sinusfunksjon** $u(t) = 0.3\sin(2.4t)$. Benytt figur 1 til å finne et uttrykk for utgangssignalet $y(t)$?

Grovskisser $u(t)$ og $y(t)$ i samme diagram.

d) Sett modellen (1) på standard form og finn prosessforsterkningen K.

Forklar hvor og hvordan du også kan finne denne prosessforsterkningen fra figur 1?

Avles fra figuren hva båndbredden w_b til systemet er (omtrentlig).



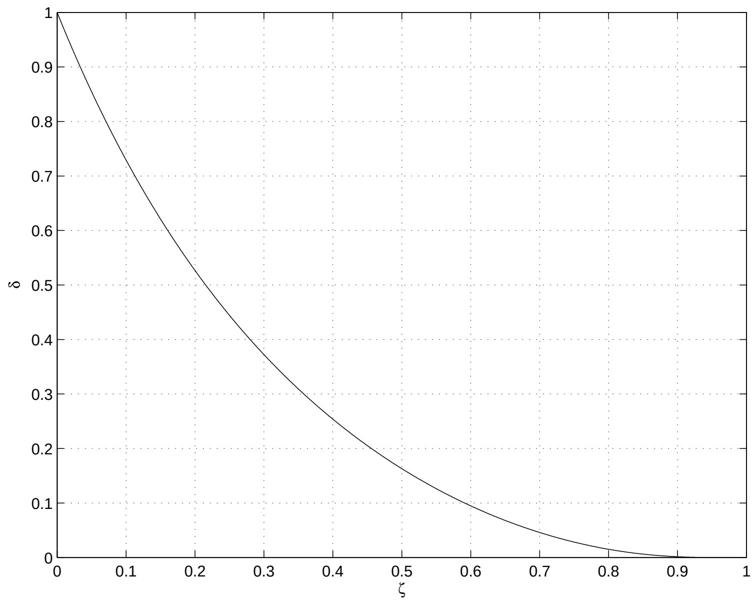
Figur 1: Bodeplott av prosessen $H_p(s)$.

e) Anta at $u(t)$ er et enhetssprang.

Finn et estimat for responstiden T_r og stasjonærverdien for $y(t)$.

Hvis du mener responsen i $y(t)$ har oversving, benytt figur 2 til å finne maksimalverdi på responsen i $y(t)$.

f) Benytt informasjonen i de 2 deloppgavene over til å skissere sprangresponsen relativt detaljert.

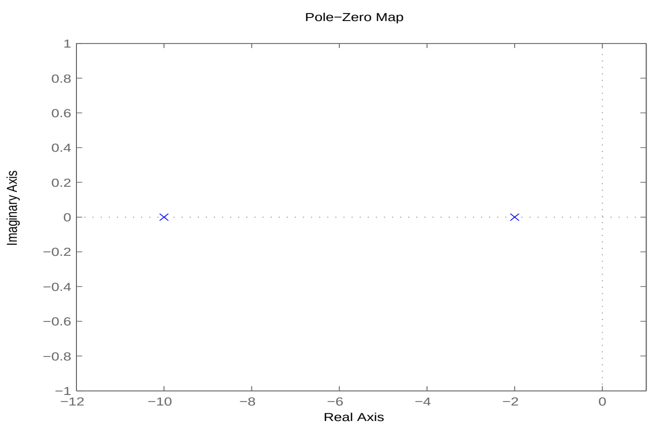


Figur 2: Sammenheng mellom relativ dempingsfaktor ζ og oversvingsfaktoren δ.

2 Regulering av prosessen $H_p(s)$

a) Vi skal nå designe et reguleringssystem for systemet. Til dette trenger vi et måleinstrument og regulator. Anta at selve måleinstrumentet er innkapslet i en metallkappe, slik at det har 2-ordens dynamikk. Metallkappen har tregere dynamikk enn selve måleinstrumentet.

Forsterkning til måleinstrumentet er $K_M = 2$. Polene til måleinstrument og metallkappe er vist i figuren under. Benytt denne informasjonen til å finne $H_m(s)$.



Figur 3: Polene til måleinstrumentet $H_m(s)$.

b) Vis at transferfunksjonen til en PI regulator er

$$H_r(s) = \frac{u(s)}{e(s)} = \frac{K_p T_i s + K_p}{T_i s} \tag{2}$$

c) Finn sløyfetransferfunksjonen $H_0(s)$.

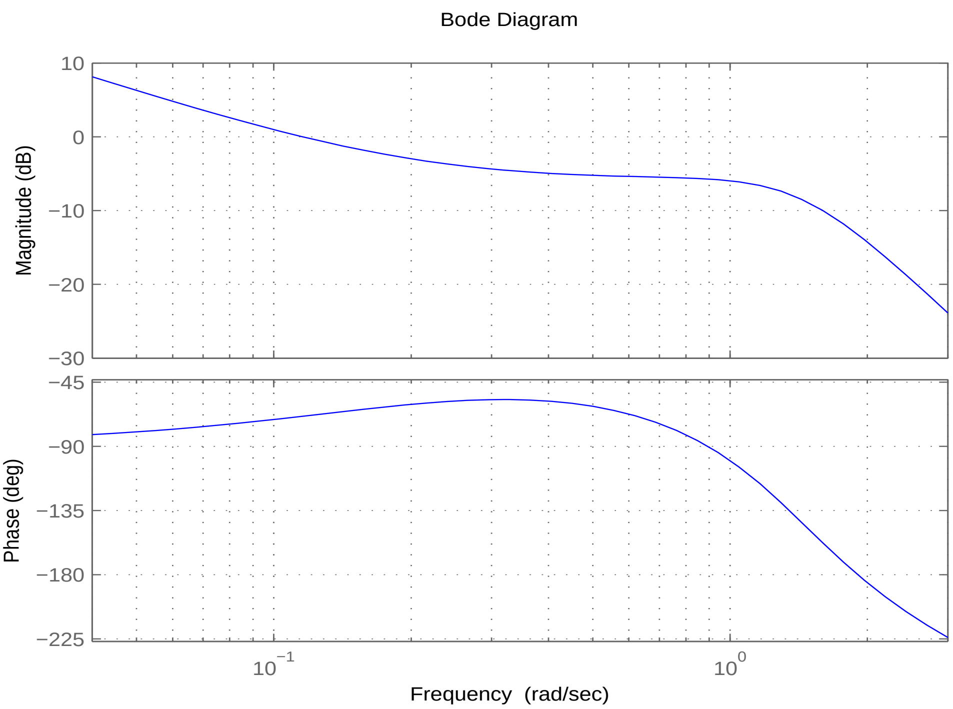
Ut fra denne, anslå hvor mye $|H_0(j\omega)|$ faller ved høye frekvenser (angitt i dB/dek) og hvor stor fasen $\angle H_0(j\omega)$ vil bli ved høye frekvenser.

d) Hovedkriteriet til regulatoren er at det ikke skal være reguleringsavvik ved sprang i referansen.

Vis at ved å benytte enhetssprang i referansen $y_r(t)$ og sluttverditeoremet kan sammenhengen i (3) benyttes til å vise at en PI-regulator gir ikke reguleringsavvik.

$$N(s) = \frac{e(s)}{y_r(s)} = \frac{1}{1 + H_0(s)} \tag{3}$$

e) La oss anta at vi før vi begynner å stille inn regulatoren benytter vi $K_p = 1$ og $T_i = 5$. I figur 4 er Bodeplottet for $H_0(j\omega)$ vist. Benytt denne figuren til å finne forsterknings- og fasemarginen (ΔK og ϕ) til reguleringssystemet. Tegn inn på figuren gitt på side 8 og lever inn sammen med besvarelsen.



Figur 4: Bodeplot av sløyfetransferfunksjonen $H_0(j\omega)$. Det finnes en kopi av figuren på side 8.

f) Anta at vi ønsker å regulere utgangen etter følgende spesifikasjoner:

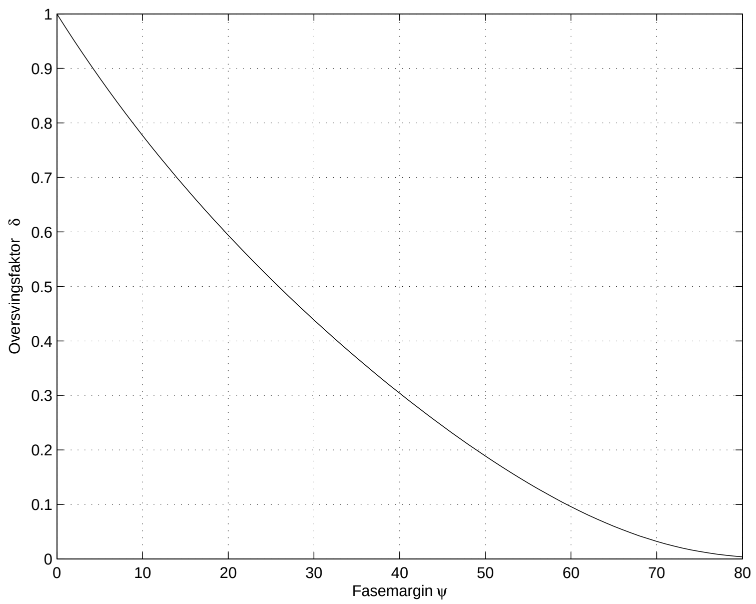
1) Sprangresponsen skal være så rask som mulig
2) Systemet skal ha 25% oversving

I figur 5 er sammenhengen mellom fasemargin ψ og oversvingsfaktor δ vist for systemet vårt.

Benytt figur 5 sammen med Bodeplottet av $H_0(j\omega)$ i figur 4 til å avgjøre hvor mye K_p må forsterkes/forminskes for å tilfredstille krav 2).

Hva blir verdien på den nye K_p?

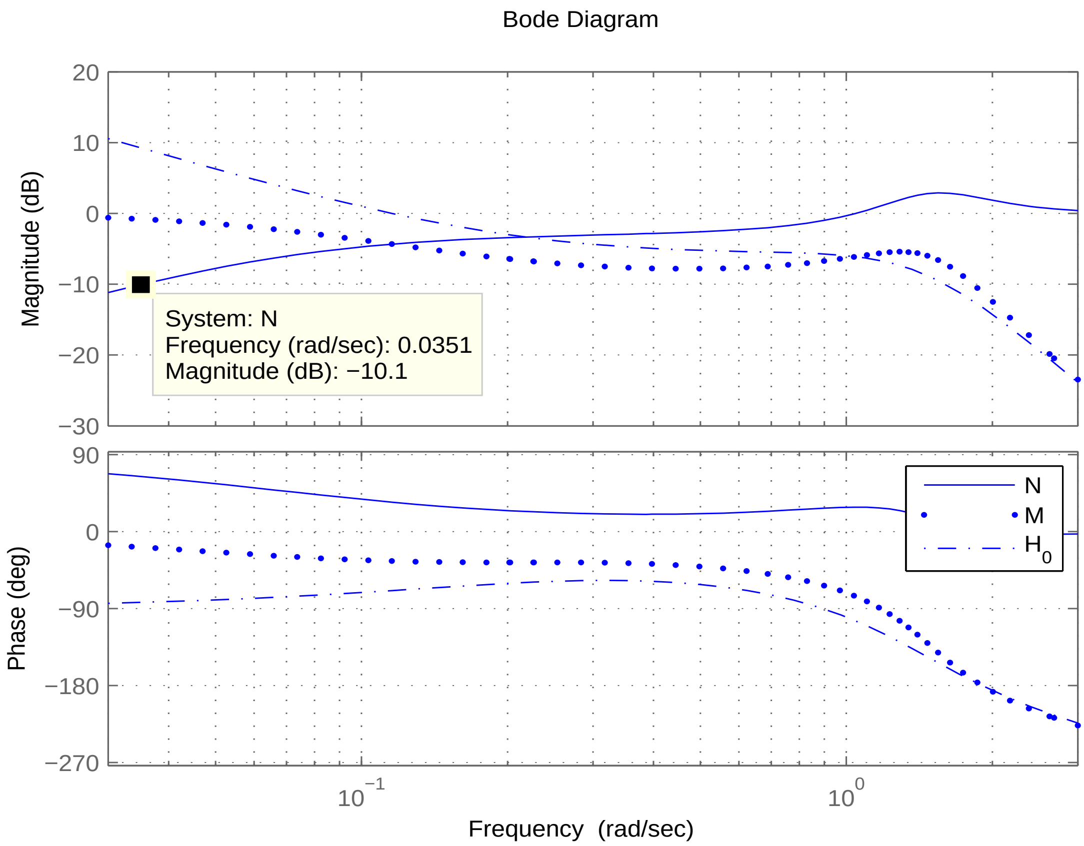
Skisser om ønskelig i samme figur som du leverer inn (figur 7, side 8).



Figur 5: Sammenheng mellom fasemargin og oversvingsfaktor for reguleringssystemet vårt.

g) I figur 6 er Bodeplottet av $H_0(s)$, $M(s)$ og $N(s)$ vist.

Som du ser $|N(j\omega)|$ er -10dB for frekvensen $w = 0.035$ rad/sekund.



Figur 6: Bodeplot av $H_0(s)$, $M(s)$ og $N(s)$.

Vis hvordan reguleringsavviket $e(t)$ typisk ser ut når referansen $y_r(t)$ varierer med frekvensen $w = 0.035$ rad/sekund med en amplitude på 0.5. Vis samtidig i en annen figur hvordan $y_r(t)$ og $y(t)$ ser ut. Hint: Benytt informasjon om $M(s)$ som er avlest ved samme frekvens.

h) Vis hvordan reguleringsavviket $e(t)$ ser ut når referansen er konstant og en forstyrrelse $v(t)$ varierer med frekvensen $w = 0.035$ med en amplitude på 0.5 og regulatoren skifter fra auto til manuell midt i simuleringen. Dette er altså den andre tolkningen av $N(s)$.

Formelsamling

- Løsning på annengradsligningen $a \cdot x^2 + b \cdot x + c = 0$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \tag{4}$$

- Et generelt 2-ordens system kan skrives som

$$h(s) = \frac{K}{(\frac{s}{\omega_0})^2 + 2\frac{\zeta}{\omega_0}s + 1} \tag{5}$$

- Et komplekst tall z kan skrives på kartesisk form slik:

$$z = \mathrm{Re}(z) + j\mathrm{Im}(z) \tag{6}$$

eller på polar form slik:

$$z = |z|e^{j\angle z} \tag{7}$$

- Sammenheng mellom kartesisk og polar form er:

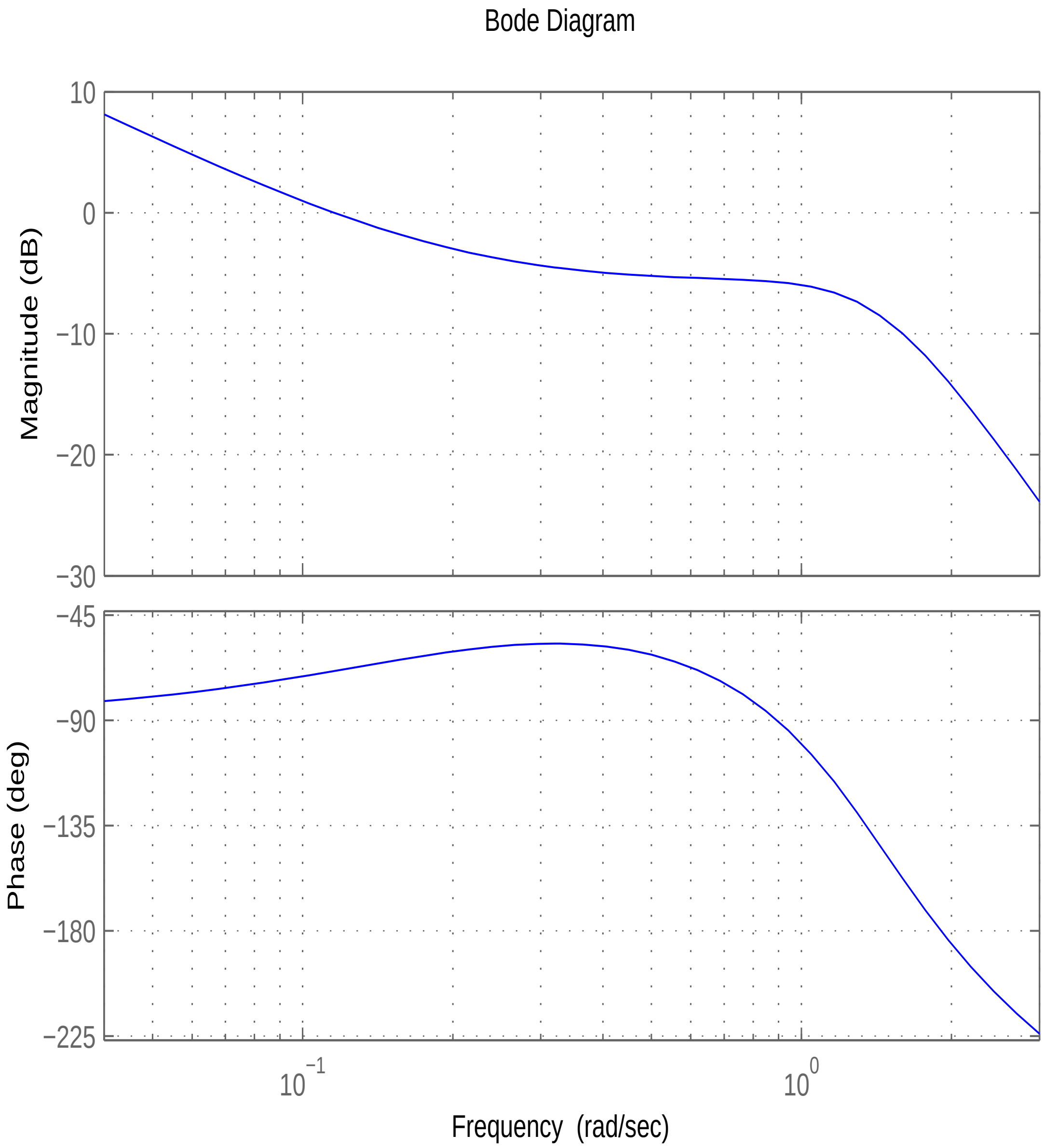
$$|z| = \sqrt{\mathrm{Re}(z)^2 + \mathrm{Im}(z)^2} \tag{8}$$

$$\angle z = \arctan \frac{\mathrm{Im(z)}}{\mathrm{Re(z)}} \tag{9}$$

- Sluttverditeorem

$$\lim_{t \to \infty} f(t) = \lim_{s \to 0} s \cdot f(s) \tag{10}$$

Fag: BIE240, Reguleringsteknikk
Dato: 9. desember 2010
Kandidatnr:
Sidenr:



Figur 7: Bodeplot av sløyfetransferfunksjonen $H_0(j\omega)$ i oppgave 2 e).