DATO: 13. desember 2004

EKSAMEN I: TE 179 Reguleringsteknikk 1

VARIGHET: 4 timer

TILLATTE HJELPEMIDLER: Kalkulator

OPPGAVESETTET BESTÅR AV 1 OPPGAVE PÅ 4 SIDER

MERKNADER: Formelvedlegget er fra side 6 t.o.m side 8.
Deloppgavene har lik vekt. Lever inn side 9 sammen med besvarelsen.

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

Oppgave 1

En prosess er beskrevet ved transferfunksjonen

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

a) Hvilken fysisk prosess kan dette være en modell av?

Hvilken orden har modellen?

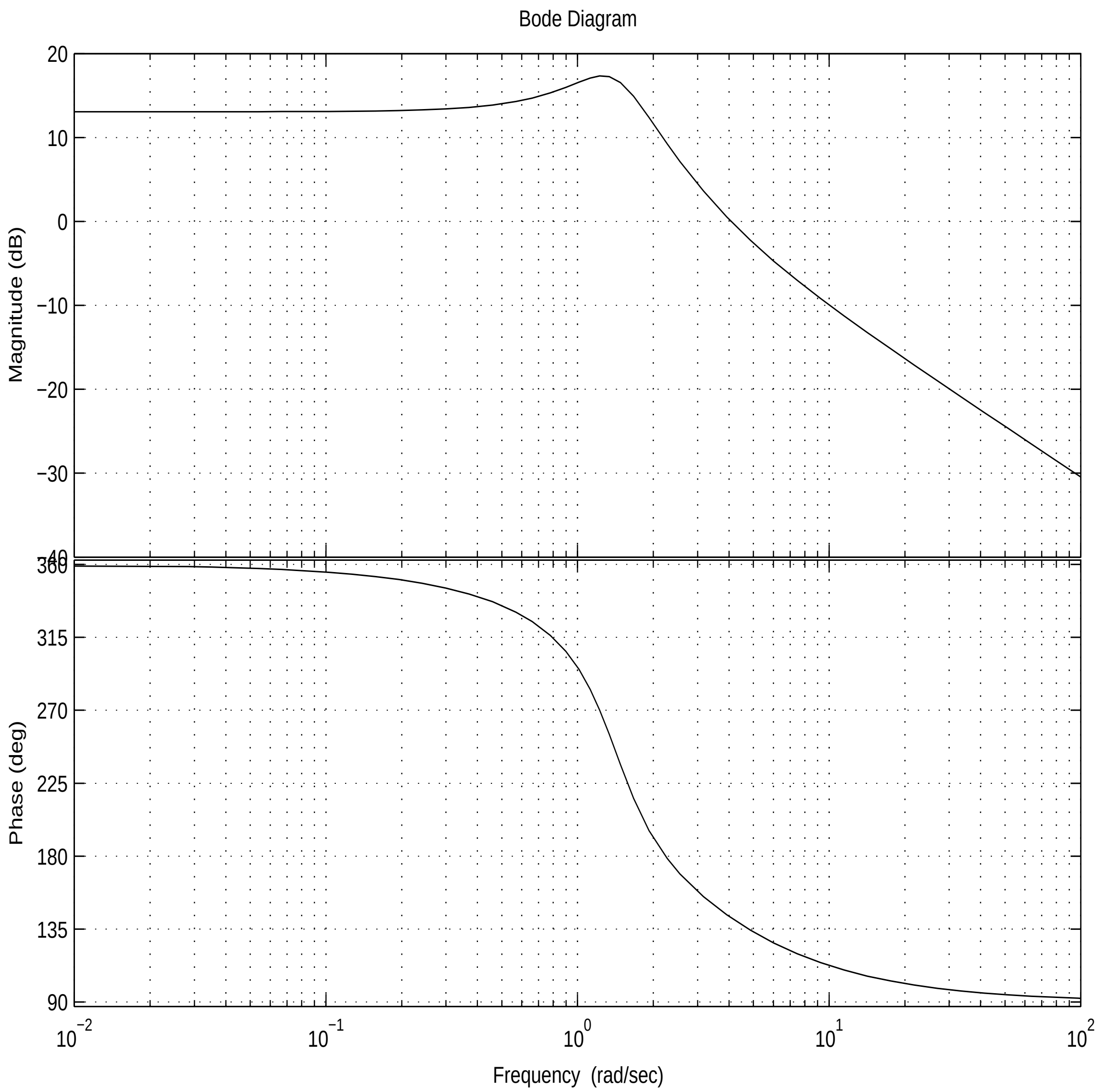
b) Bestem polene til systemet og benytt dette til å bestemme stabilitetsegenskapene til systemet (marginalt stabilt, ustabilt, asymptotisk stabilt).

Hva har nullpunktet å bety for stabiliteten?

c) Finn ω_0 og ζ. Er dette et underdempet, overdempet eller kritisk dempet system?

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

e) Bodeplottet av $h_p(s)$ er gitt i figur 1.



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

La pådraget være en **sinusfunksjon** $u(t) = 0.4\sin(2t)$. Benytt figur 1 til å finne et uttrykk for utgangssignalet $y(t)$?

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

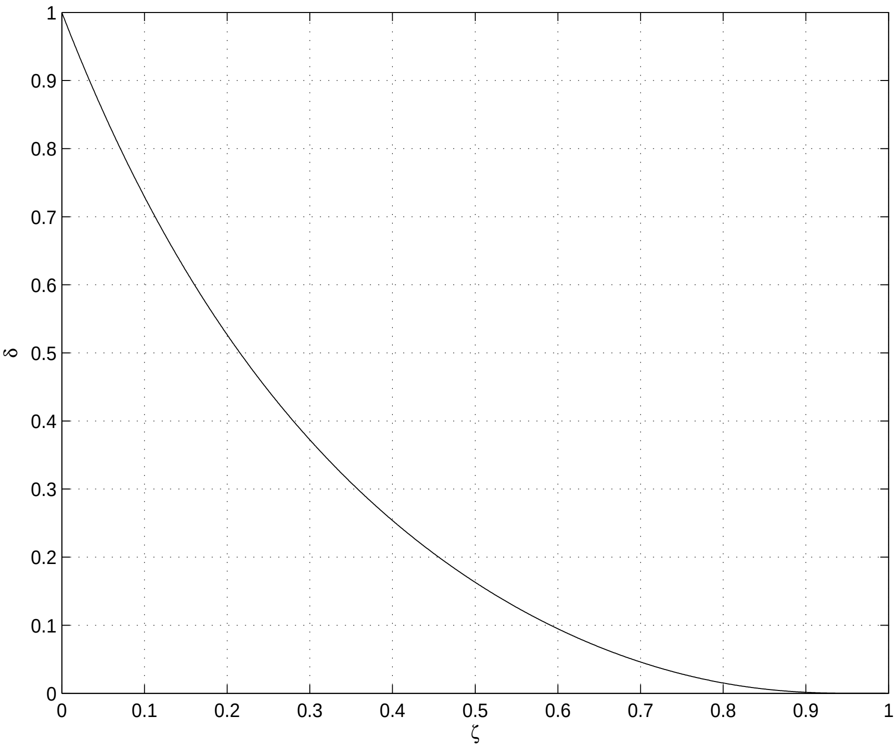
f) Skisser asymptotiske amplitude-fase-frekvens karakteristikker (asymptotisk Bode-diagram) for $h_p(s)$.

Indiker båndbredden w_b i dette diagrammet.

g) Anta at $u(t)$ er et enhetssprang. Skisser sprangresponsen til systemet. Hvis du mener modellen har oversving, benytt figur 2 til å bestemme omtrentlig hvor stort dette er. Grunnen til at det er et omtrentlig estimat er at nullpunktet vil bidra litt til oversvinget, men vi tar ikke hensyn til det.

Finn maksimalverdi og stasjonærverdien for $y(t)$.

Indiker hvor og hvordan du vil lese av responstiden (trenger ikke finne tallverdi).



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

h) Vi skal nå designe et reguleringssystem for systemet, men først må vi finne $N(s)$.

Gitt

$$h_0(s) = h_r(s)h_p(s)h_m(s) \tag{2}$$

hvor $h_r(s)$ er regulatorens transferfunksjonen, og $h_m(s)$ måleinstrumentets transferfunksjon.

Vis at sensitivitetsfunksjonen er:

$$N(s) = \frac{e(s)}{r(s)} = \frac{1}{1 + h_0(s)} \tag{3}$$

i) Anta at måleinstrumentet har forsterkning 0.5 og tidskonstant 3 sekund.

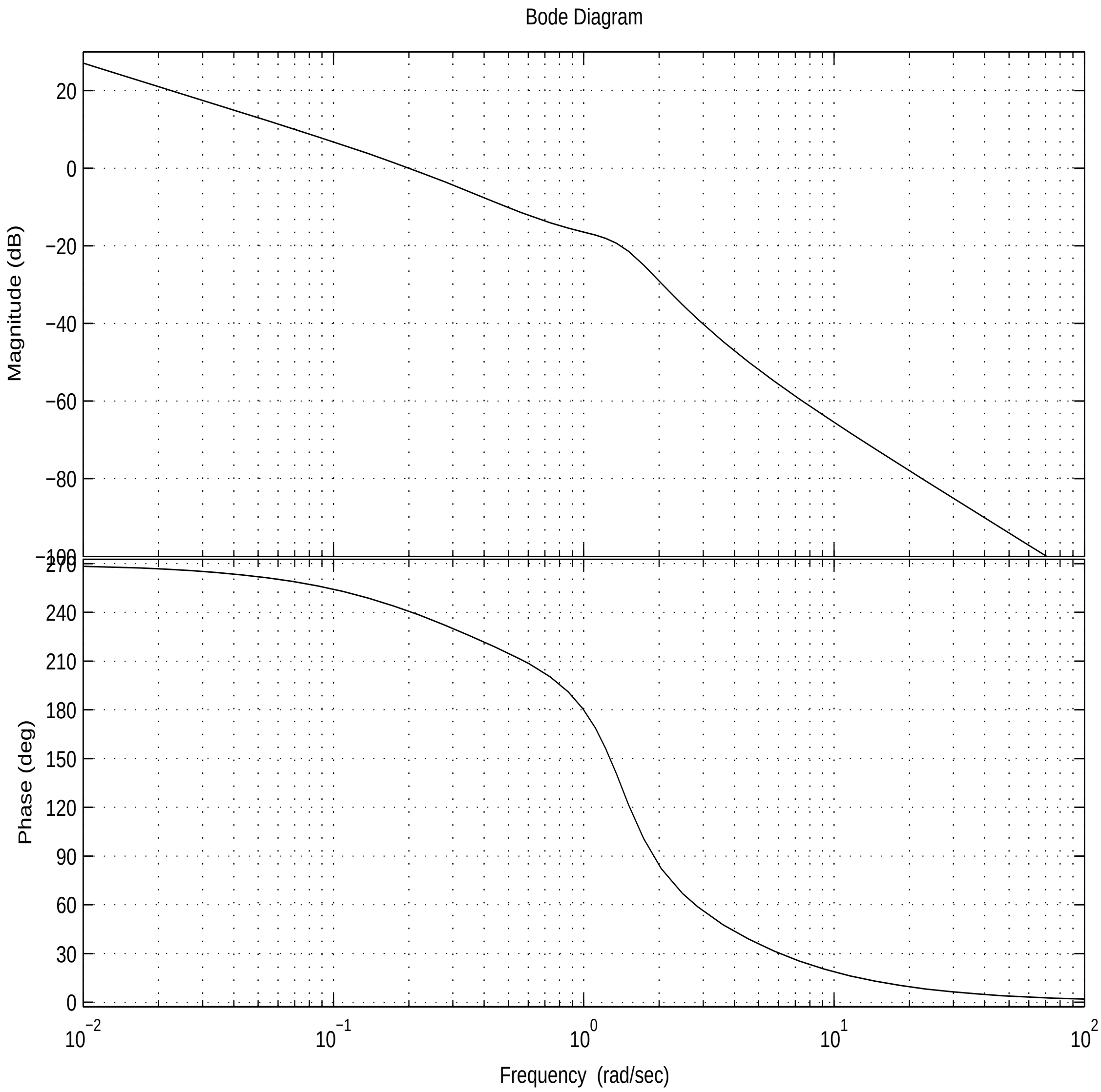
Vi ønsker å regulere utgangen etter følgende spesifikasjoner:

1) Sprangresponsen skal være så rask som mulig
2) Systemet kan ha inntil 20% oversving
3) Det skal ikke være reguleringssavvik ved sprang i referansen.

Av disse 3 kravene er de to første relatert til regulatorparametervalg, mens det tredje er relatert til type regulator. Vi må derfor velge regulator før vi kan forholde oss til parameterne.

Vis at en PI-regulator tilfredstiller krav 3). Tips: Benytt at $N(s) = \frac{e(s)}{r(s)}$.

j) I figur 3 er Bodeplottet for $h_0(j\omega)$ med en en PI-regulator med $K_p = 0.1$ og $T_i = 1$ vist. Hva er forsterknings- og fasemarginen til reguleringssystemet? Tegn inn på figuren gitt på side 9 og lever inn sammen med besvarelsen.



Figur 3: Bodeplot av sløyfetransferfunksjonen $h_0(j\omega)$. Det finnes en kopi av figuren på side 9.

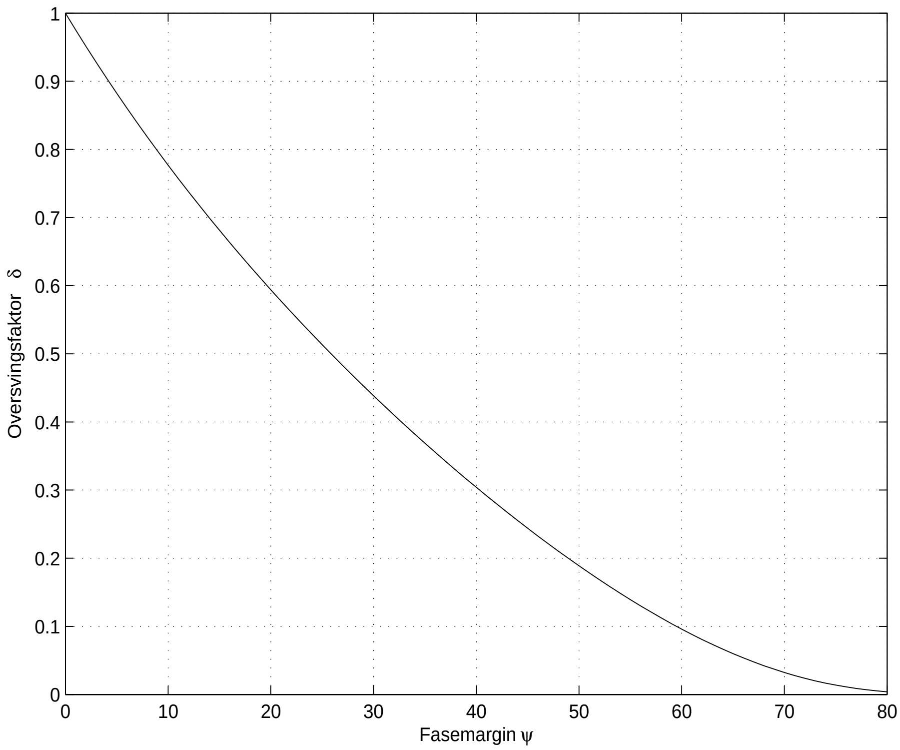
k) Grovskisser i amplitudedelen (dvs. ikke i fasendelen) av samme figur som du leverer inn (figur 5, side 9) hvordan frekvensresponsen til $M(s)$ og $N(s)$ ser ut.

For hvilke frekvensområder er regulering effektiv (gir god ytelse)?

l) I figur 4 er sammenhengen mellom fasemargin ψ og oversvingsfaktor δ for $M(s)$ vist.

Benytt figur 4 sammen med Bodeplottet av $h_0(j\omega)$ i figur 3 til å avgjøre om krav 2 i oppgave i) er tilfredstilt? Begrunn svaret.

Hvis vi ønsker et oversving på akkurat 20%, hvor mye må K_p forsterkes? Skisser om ønskelig i samme figur som du leverer inn (figur 5, side 9).



Figur 4: Sammenheng mellom fasemargin og oversvingsfaktor for $M(s)$.

m) Hva kan du gjøre for endre stabiliteten til et reguleringssystem?

Hva kan du gjøre for endre ytelsen til et reguleringssystem?

Formelsamling

Et generelt 2-ordens system kan skrives som

$$h(s) = \frac{K}{(\frac{s}{\omega_0})^2 + 2s\frac{\zeta}{\omega_0} + 1} \tag{4}$$

Linearisering:

Gitt en ulinear sammenheng som

$$\dot{x} = f(x, u) \tag{5}$$

Den lineariserte modellen finnes som

$$\Delta\dot{x} = \left.\frac{\partial f}{\partial x}\right|_A \Delta x + \left.\frac{\partial f}{\partial u}\right|_A \Delta u \tag{6}$$

Et komplekst tall z kan skrives på kartesisk form slik:

$$z = \mathrm{Re}(z) + j\mathrm{Im}(z) \tag{7}$$

eller på polar form slik:

$$z = |z|e^{j\angle z} \tag{8}$$

Sammenheng mellom kartesisk og polar form:

$$|z| = \sqrt{\mathrm{Re}(z)^2 + \mathrm{Im}(z)^2} \tag{9}$$

$$\angle z = \arctan\frac{\mathrm{Im(z)}}{\mathrm{Re(z)}} \tag{10}$$

Egenskaper ved Laplacetransformasjonen

Tidsforsinkelse:

$$f(s)e^{-\tau s} \Longleftrightarrow f(t-\tau) \tag{11}$$

Derivasjon:

$$s^n f(s) - s^{n-1} f(0) - s^{n-2} \dot{f}(0) - \ldots - \overset{(n-1)}{f}(0) \Longleftrightarrow \overset{(n)}{f}(t) \tag{12}$$

Med initialbetingelser lik null fås

$$s^n f(s) \Longleftrightarrow \overset{(n)}{f}(t) \tag{13}$$

Begynnelsesverditeorem:

$$\lim_{t \to 0} f(t) = \lim_{s \to \infty} s \cdot f(s) \tag{14}$$

Sluttverditeorem:

$$\lim_{t \to \infty} f(t) = \lim_{s \to 0} s \cdot f(s) \tag{15}$$

Transformasjonspar

$$1 \iff \delta(t) \tag{16}$$

$$\frac{1}{s} \iff 1 \tag{17}$$

$$\frac{1}{s^2} \iff t \tag{18}$$

$$\frac{n!}{s^{n+1}} \iff t^n \tag{19}$$

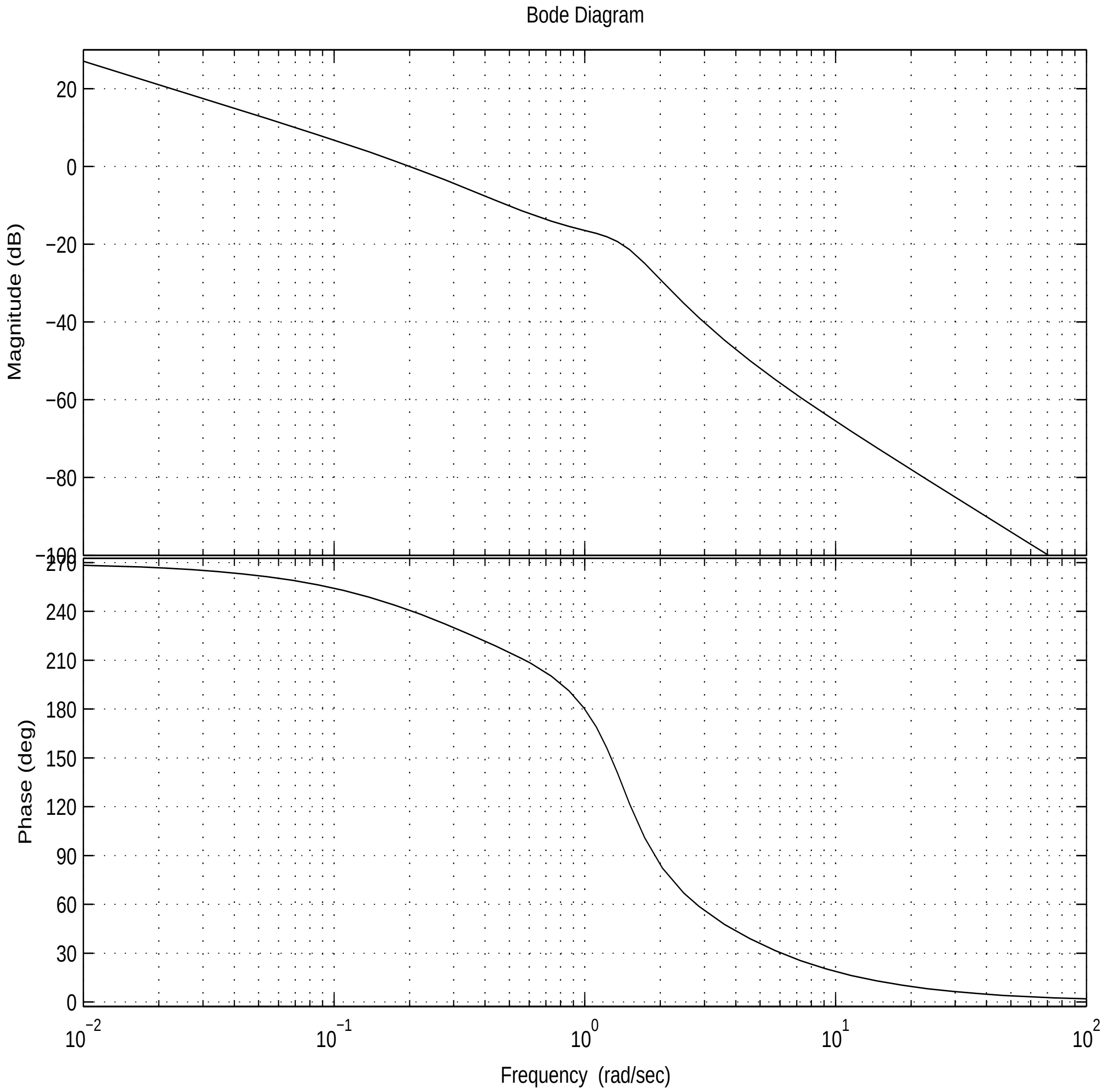
$$\frac{1}{Ts+1} \iff \frac{e^{-\frac{t}{T}}}{T} \tag{20}$$

$$\frac{1}{(Ts+1)^n} \iff \frac{1}{T^n(n-1)!}t^{n-1}e^{-\frac{t}{T}} \tag{21}$$

$$\frac{1}{(Ts+1)s} \iff 1 - e^{-\frac{t}{T}} \tag{22}$$

$$\frac{1}{(T_1s+1)(T_2s+1)} \iff \frac{1}{T_1 - T_2}(e^{-\frac{t}{T_1}} - e^{-\frac{t}{T_2}}) \tag{23}$$

Fag: TE179, Reguleringsteknikk 1
Dato: 13. desember 2004
Kandidatnr:
Sidenr:



Figur 5: Bodeplot av sløyfetransferfunksjonen $h_0(j\omega)$ i oppgave j).