

EKSAMEN I: BIE 240 Reguleringssteknikk

VARIGHET: 4 timer

TILLATTE HJELPEMIDLER: Ingen

OPPGAVESETTET BESTÅR AV 2 OPPGAVE PÅ 5 SIDER

MERKNADER: Formelvedlegget er fra side 6 t.o.m side 8.

Deloppgavene har lik vekt. Legg ved side 9 sammen med besvarelsen.

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

Oppgave 1

En prosess er beskrevet ved transferfunksjonen

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

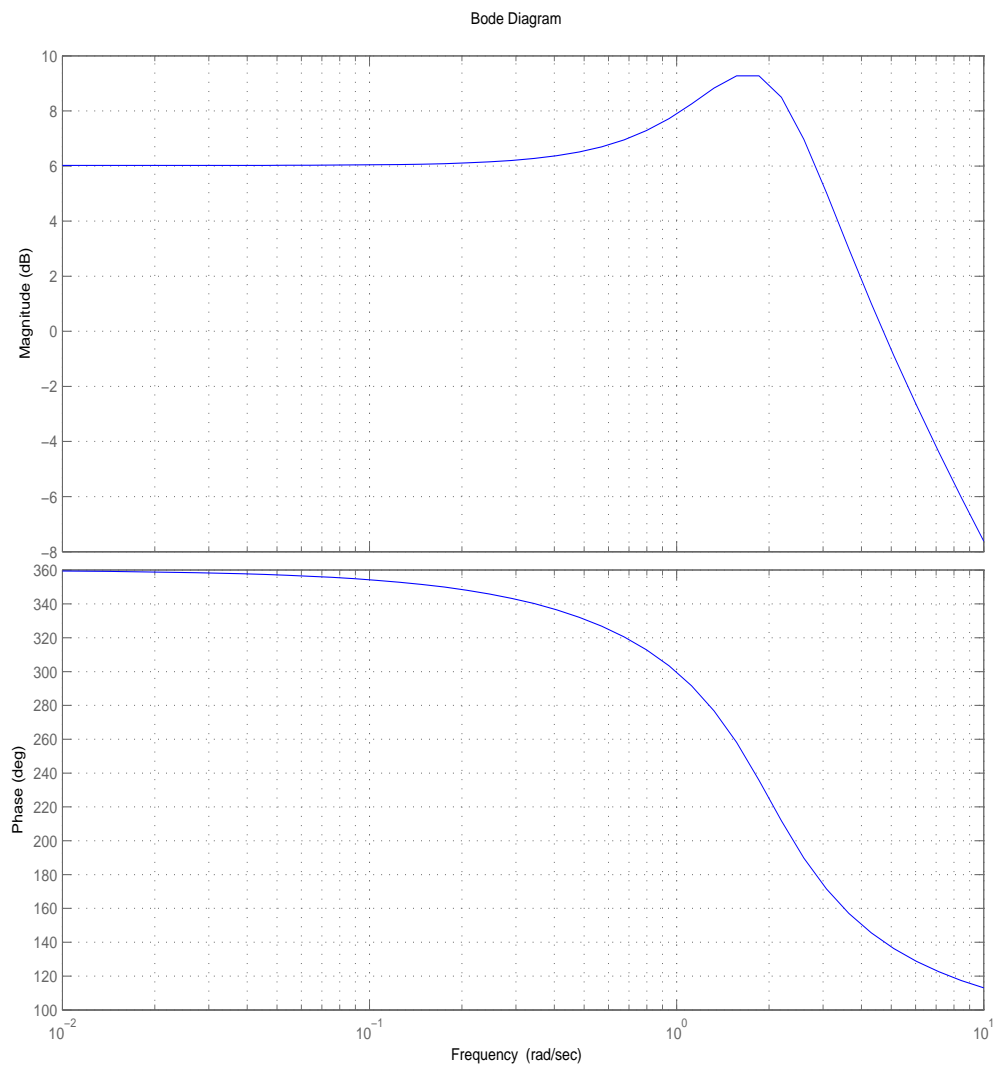
- Bestem polene til systemet og benytt dette til å bestemme stabilitetsegenskapene til systemet (marginalt stabilt, ustabilt, asymptotisk stabilt).
Hva har nullpunktet å bety for stabiliteten?
- Finn ω_0 og ζ . Er dette et underdempet, overdempet eller kritisk dempet system?
- Finn et uttrykk for prosessens frekvensrespons, dvs. amplitudeforsterkning $|H_p(j\omega)|$ og faseforskyvning $\angle H_p(j\omega)$.
- Bodeplottet av $H_p(s)$ er gitt i figur 1. La pådraget være en **sinusfunksjon** $u(t) = 2\sin(7t)$. Benytt tabell 1 og figur 1 til å finne et uttrykk for utgangssignalet $y(t)$?

x	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
20·log(x) [dB]	26	25.5	25	24.6	24	23.5	23	22.2	21.5	21
x	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1.5
20·log(x) [dB]	20	19	18	17	15	14	12	9	6	3
x	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
20·log(x) [dB]	0	-1	-2	-3	-4	-6	-8	-10	-14	-20

Tabell 1: Sammenhengen mellom forsterkning og forsterkning i dB.

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

Hva er båndbredden w_b til systemet (omtrentlig).

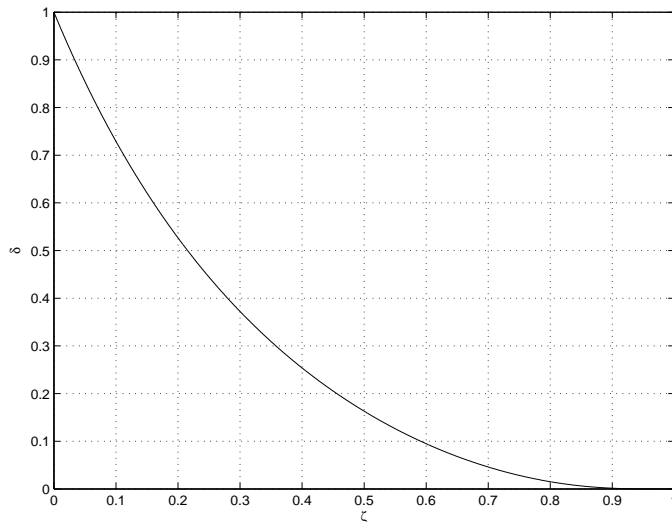


Figur 1: Bodeplott av prosessen $h_p(s)$.

- e) 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 ikke mye.

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 .

f) Vi skal nå designe et reguleringsystem for systemet, men først må vi finne $N(s)$. Gitt

$$H_0(s) = H_r(s)H_p(s)H_m(s) \quad (2)$$

hvor $H_r(s)$ er regulatorens transferfunksjonen, og $H_m(s)$ måleinstrumentets transferfunksjon.

Vis at sensitivitetsfunksjonen er:

$$N(s) = \frac{e(s)}{r(s)} = \frac{1}{1 + H_0(s)} \quad (3)$$

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

Vi ønsker å regulere utgangen etter følgende spesifikasjoner:

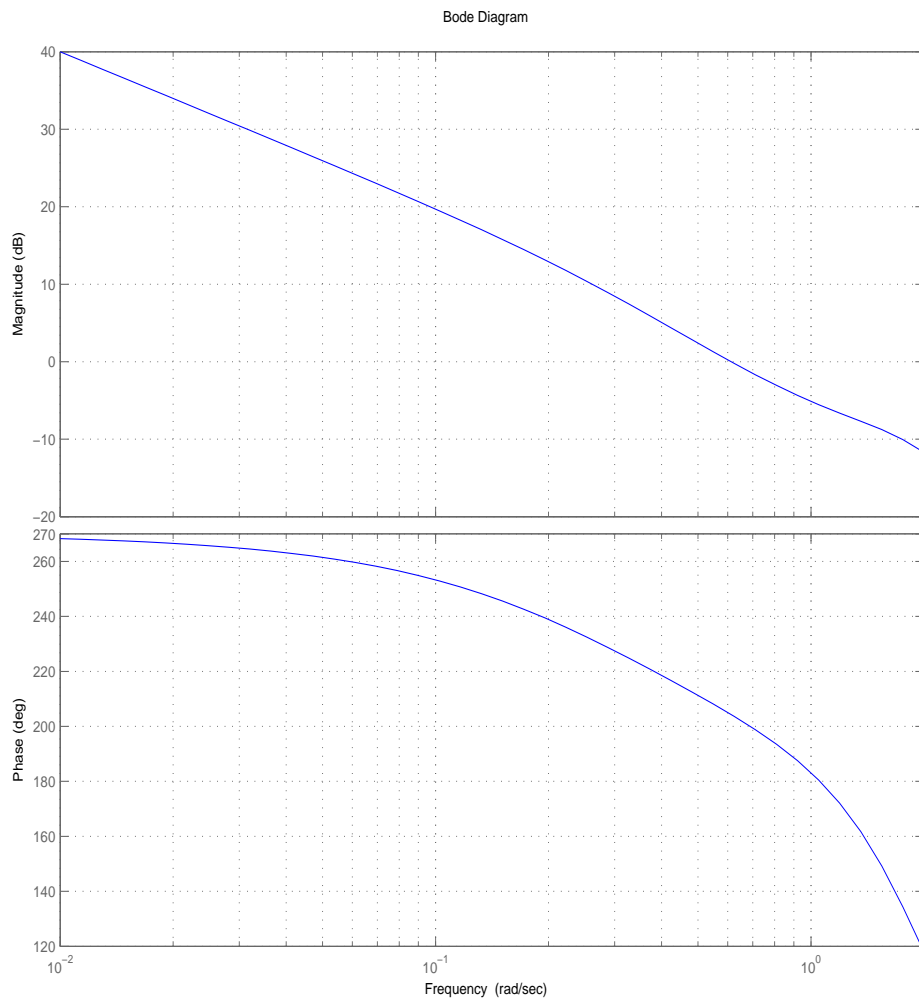
- 1) Sprangresponsen skal være så rask som mulig
- 2) Systemet skal ikke ha oversving
- 3) Det skal ikke være reguleringsavvik ved sprang i referansen.

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.

Finn den type (P, PI) regulator som tilfredstiller tilfredstiller krav 3). Tips: Benytt at $N(s) = \frac{e(s)}{r(s)}$.

h) I figur 3 er Bodeplottet for $H_0(j\omega)$ med en en PI-regulator med $K_p = 1$ og $T_i = 1$ vist.

Hva er forsterknings- og fasemarginen til reguleringsystemet? Tegn inn på figuren gitt på side 9 og lever inn sammen med besvarelsen.



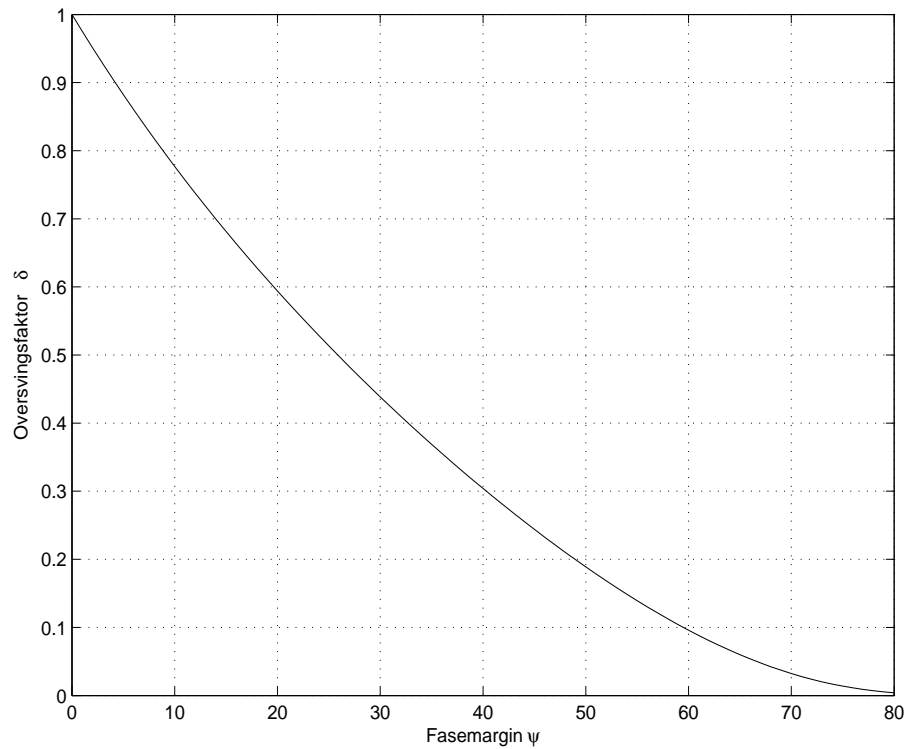
Figur 3: Bodeplot av sløyfetransferfunksjonen $H_0(j\omega)$. Det finnes en kopi av figuren på side 9.

- i) I figur 4 er sammenhengen mellom fasemargin ψ og oversvingsfaktor δ vist for systemet vårt.

Benytt figur 4 sammen med Bodeplottet av $H_0(j\omega)$ i figur 3 til å avgjøre om krav 2 i oppgave g) er tilfredstilt? Begrunn svaret.

Hvis vi ønsker at systemet skal være på grensen til oversving (raskest mulig men ikke oversving), hvor mye må K_p forsterkes/forminskes (benytt tabell 1)? Hva blir verdien på den nye K_p ?

Skisser om ønskelig i samme figur som du leverer inn (figur 5, side 9).



Figur 4: Sammenheng mellom fasemargin og oversvingsfaktor for reguleringsystemet vårt.

Oppgave 2

- a) La oss anta at leiligheten du bor i er dårlig isolert og derfor kald om vinteren. Du kjøper en termostatstyrt oljeovn på 1500W til å varme opp stua, og du stiller temostaten inn på 25C. Etter et par dager er det ikke blitt mer enn 15C i stua. Det er god sirkulasjon i stua. Jeg foreslår at du skal stille termostaten opp mot 30C. Vil dette hjelpe? Hvorfor/hvorfor ikke?
- b) Gi 3 forskjellige eksempler på sammenhengen mellom et systems pol- og nullpunkt-plassering og dets sprangrespons (vis pol- og nullpunkt-plasseringen i s-planet, og den tilsvarende sprangresponsen).

Formelsamling

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

$$s = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (4)$$

Et generelt 2-ordens system kan skrives som

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

Et komplekst tall z kan skrives på kartesisk form slik:

$$z = \text{Re}(z) + j\text{Im}(z) \quad (6)$$

eller på polar form slik:

$$z = |z|e^{j\angle z} \quad (7)$$

Sammenheng mellom kartesisk og polar form:

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

$$\angle z = \arctan \frac{\text{Im}(z)}{\text{Re}(z)} \quad (9)$$

Egenskaper ved Laplacetransformasjonen

Tidsforsinkelse:

$$f(s)e^{-\tau s} \Longleftrightarrow f(t - \tau) \quad (10)$$

Derivasjon:

$$s^n f(s) - s^{n-1} f(0) - s^{n-2} \dot{f}(0) - \dots - \overset{(n-1)}{f}(0) \Longleftrightarrow \overset{(n)}{f}(t) \quad (11)$$

Med initialbetingelser lik null fås

$$s^n f(s) \Longleftrightarrow \overset{(n)}{f}(t) \quad (12)$$

Begynnelsesverditeorem:

$$\lim_{t \rightarrow 0} f(t) = \lim_{s \rightarrow \infty} s \cdot f(s) \quad (13)$$

Sluttverditeorem:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot f(s) \quad (14)$$

Transformasjonspar

$$1 \iff \delta(t) \quad (15)$$

$$\frac{1}{s} \iff 1 \quad (16)$$

$$\frac{1}{s^2} \iff t \quad (17)$$

$$\frac{n!}{s^{n+1}} \iff t^n \quad (18)$$

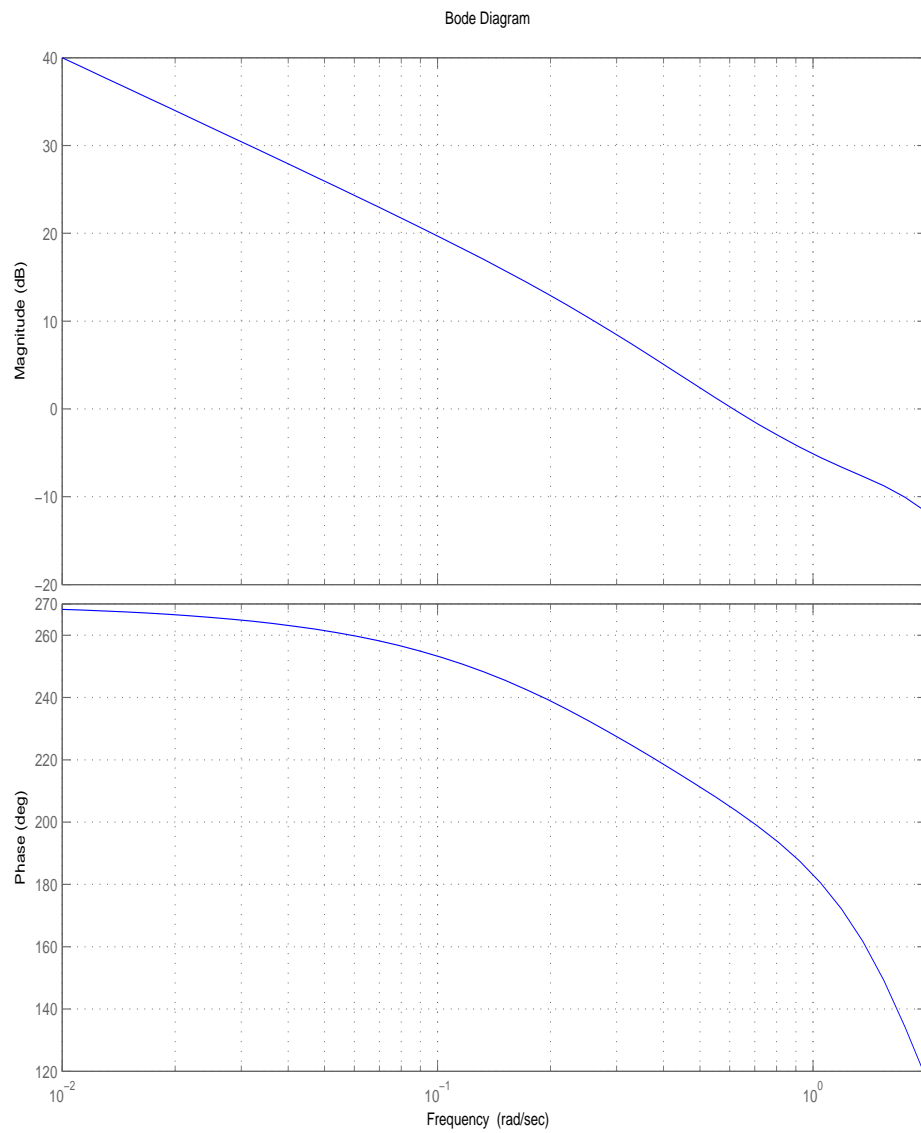
$$\frac{1}{Ts+1} \iff \frac{e^{-\frac{t}{T}}}{T} \quad (19)$$

$$\frac{1}{(Ts+1)^n} \iff \frac{1}{T^n(n-1)!} t^{n-1} e^{-\frac{t}{T}} \quad (20)$$

$$\frac{1}{(Ts+1)s} \iff 1 - e^{-\frac{t}{T}} \quad (21)$$

$$\frac{1}{(T_1s+1)(T_2s+1)} \iff \frac{1}{T_1-T_2} (e^{-\frac{t}{T_1}} - e^{-\frac{t}{T_2}}) \quad (22)$$

Fag: BIE240, Reguleringsteknikk
Dato: 01. mars 2006
Kandidatnr:
Sidenr:



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