DATO: 12. desember 2012

Universitetet i Stavanger

EKSAMEN I: BIE 240 Reguleringsteknikk

VARIGHET: 4 timer

TILLATTE HJELPEMIDLER: Bestemt enkel kalkulator

OPPGAVESETTET BESTÅR AV 2 OPPGAVE PÅ 9 SIDER

MERKNADER:
o Formelvedlegget er på side 10 og 11.
o Deloppgavene har ulik vekt.
o Legg ved side 12 sammen med besvarelsen.
o Dersom ønskelig, kan også figurene 1-5 legges ved besvarelsen.

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

---

# 1 Lineære system (60%)

I denne oppgaven er det gitt 8 forskjellige transferfunksjoner, se ligning (1)-(8).

$$H_{p,1}(s) = \frac{0.3s+1}{6s^2+4s+2} \tag{1}$$

$$H_{p,2}(s) = \frac{0.5}{5s+1}e^{-s} \tag{2}$$

$$H_{p,3}(s) = \frac{1}{(s+0.2)(s+2)} \tag{3}$$

$$H_{p,4}(s) = \frac{0.5}{0.2s+1}e^{-s} \tag{4}$$

$$H_{p,5}(s) = \frac{0.5}{(0.2s+1)(2s+1)} \tag{5}$$

$$H_{p,6}(s) = \frac{0.5}{20s+1} \tag{6}$$

$$H_{p,7}(s) = \frac{0.5(-0.3s+1)}{3s^2+2s+1} \tag{7}$$

$$H_{p,8}(s) = \frac{0.5}{8s+1} \tag{8}$$

$$\tag{9}$$

Kun 4 av disse transferfunksjonene er benyttet til å beregne

i) amplitudeforsterkning i figur 1

ii) faseforskyvning i figur 2

iii) sprangrespons (ved enhetssprang i inngangen) i figur 3

iv) pol/nullpunktskart i figur 4

v) frekvensrespons ved en vilkårlig frekvens i figur 5

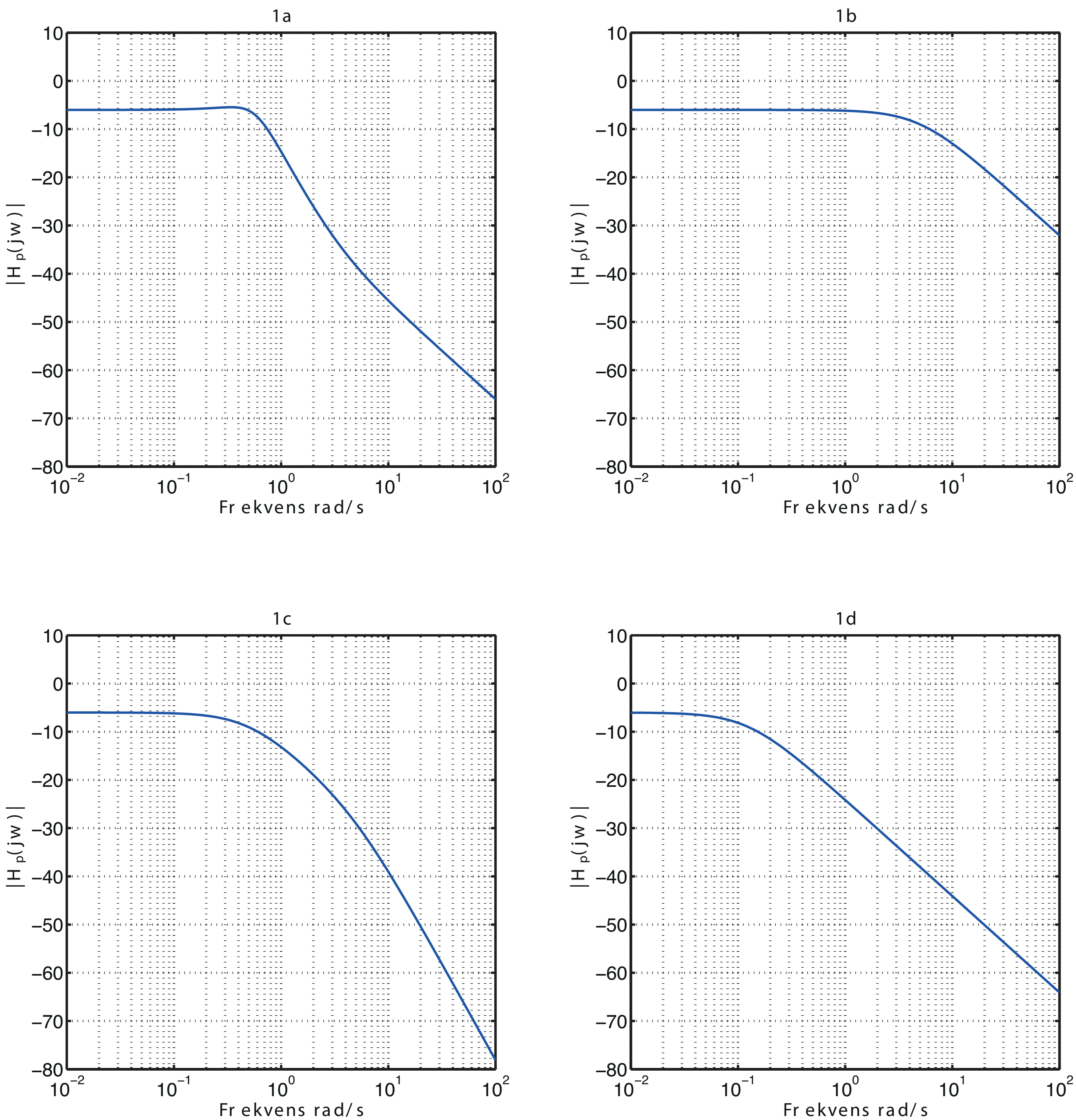
Hver av figurene 1-5 er delt opp i delfigurer med betegnelse a, b, c og d, hvor resultatene fra beregningene i punktene i), ii), iii), iv) og v) i listen ovenfor er plassert vilkårlig i figurene. ***NB: Det er altså de samme 4 transferfunksjonen som benyttes i alle figurene, men resultatene er plassert vilkårlig i hver figur.***

Oppgaven går ut på å finne hvilke 4 av de 8 transferfunksjonskandidatene som er benyttet og hvilken delfigur (a, b, c ,d) i hver figur som hører sammen.

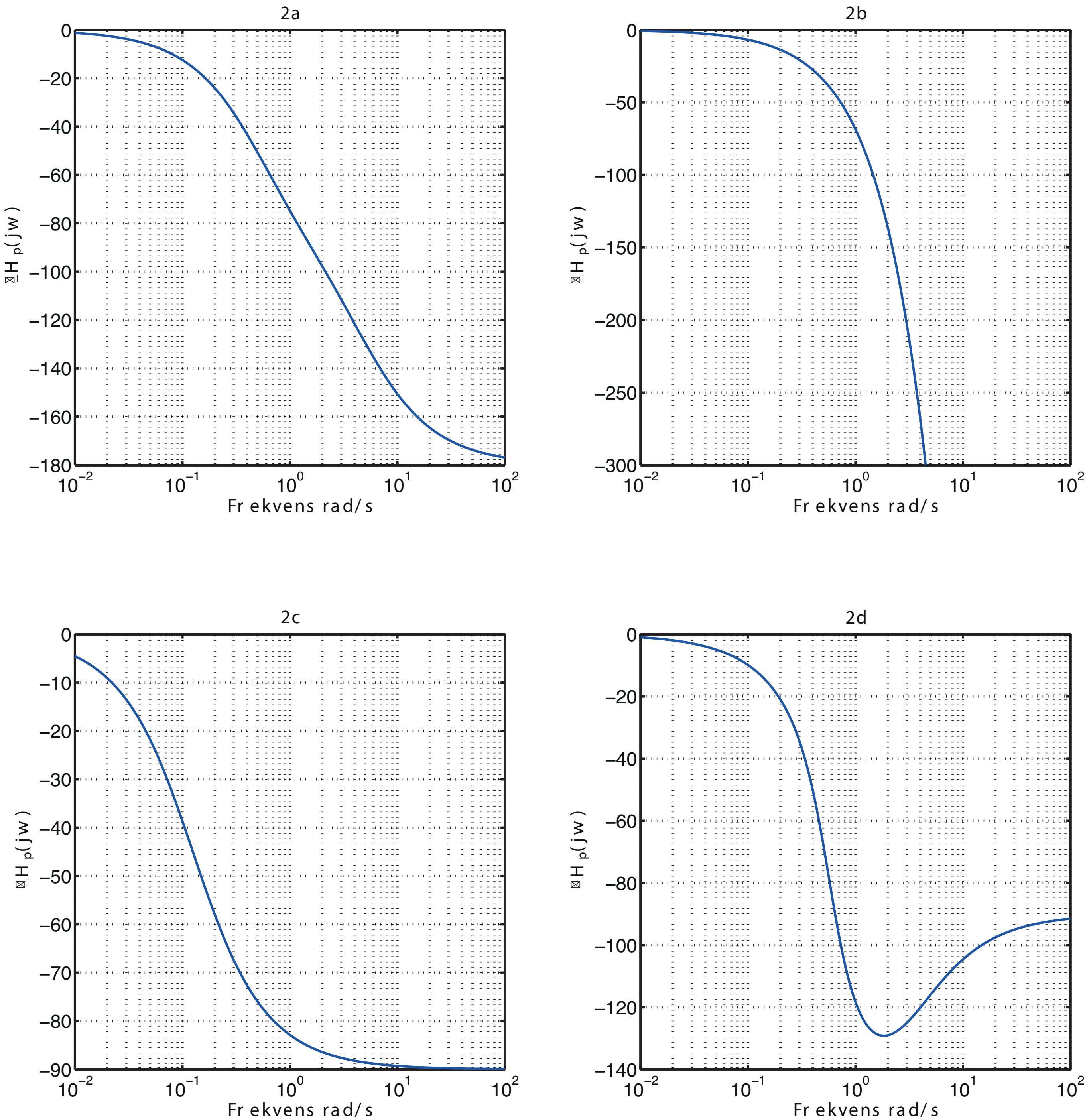
For å svare på dette kan du i besvarelsen lage en tabell lik den under og fylle inn. Du kan (om du ønsker) levere figur 1-5 som en del av besvarelsen hvor du indikerer på hver delfigur den transferfunksjonen du mener er riktig og samtidig benytter figurene til å avlese verdier du benytter i beregningene. Husk, denne oppgaven teller total 60% så det er viktig at du tar deg god tid.

| | trans. funk. $H_{p,i}(s)$ | amplitude figur 1 | fase figur 2 | sprang figur 3 | pol/nullpunkt figur 4 | frekvensresp figur 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |

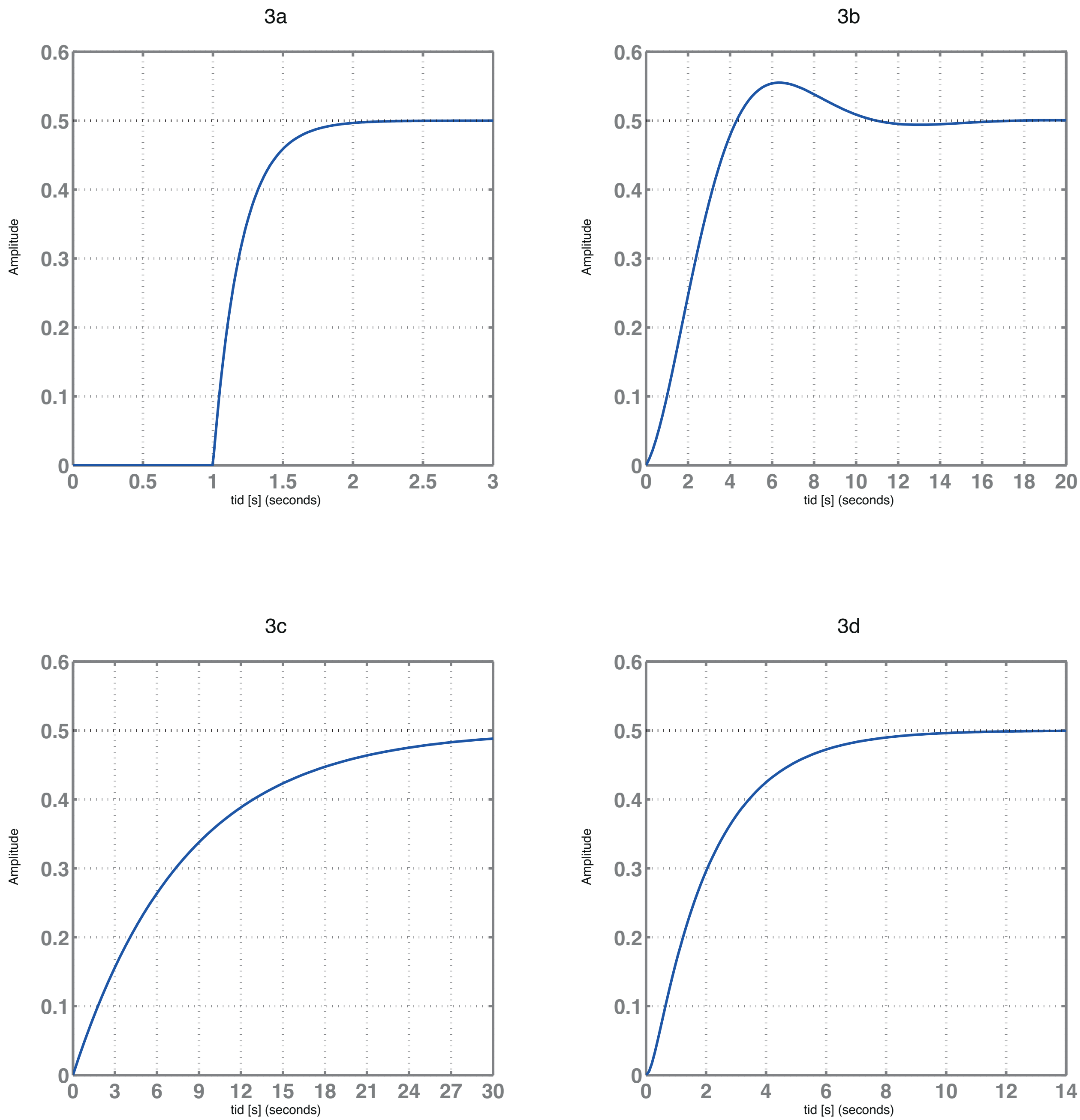
Begrunn **alle** svar med beregninger og/eller forklaringer. Ubegrunnede valg premieres ikke, selv ikke når du kan eliminere deg frem til rett svar. Hvert riktige svar teller 2.5%. For å få full uttelling på hvert svar, må du bruke så mye informasjon som mulig til å underbygge svaret ditt.



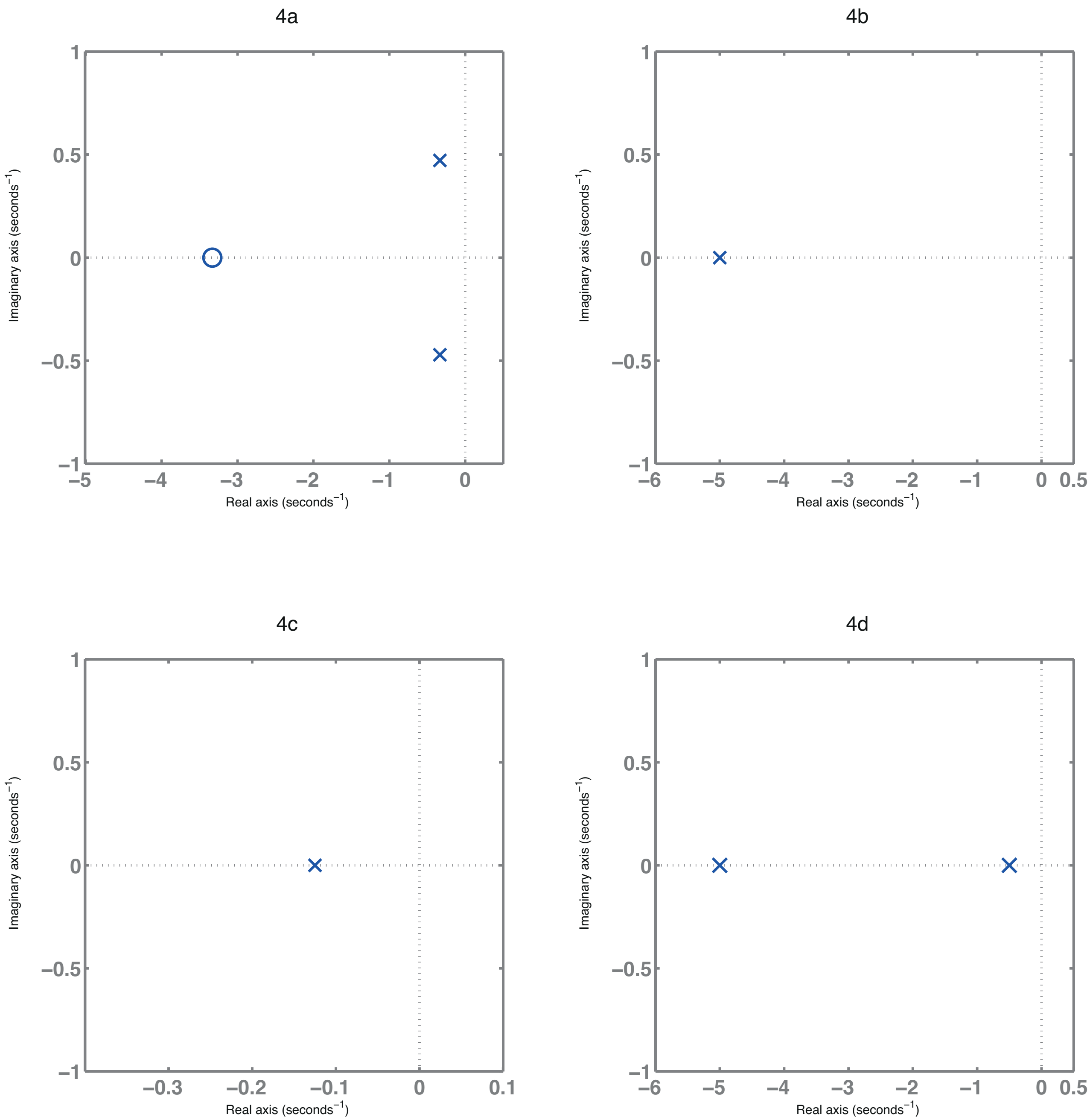

Figur 1: Amplitudeforsterkningen av Bodeplott for de 4 utvalgte prosessene.



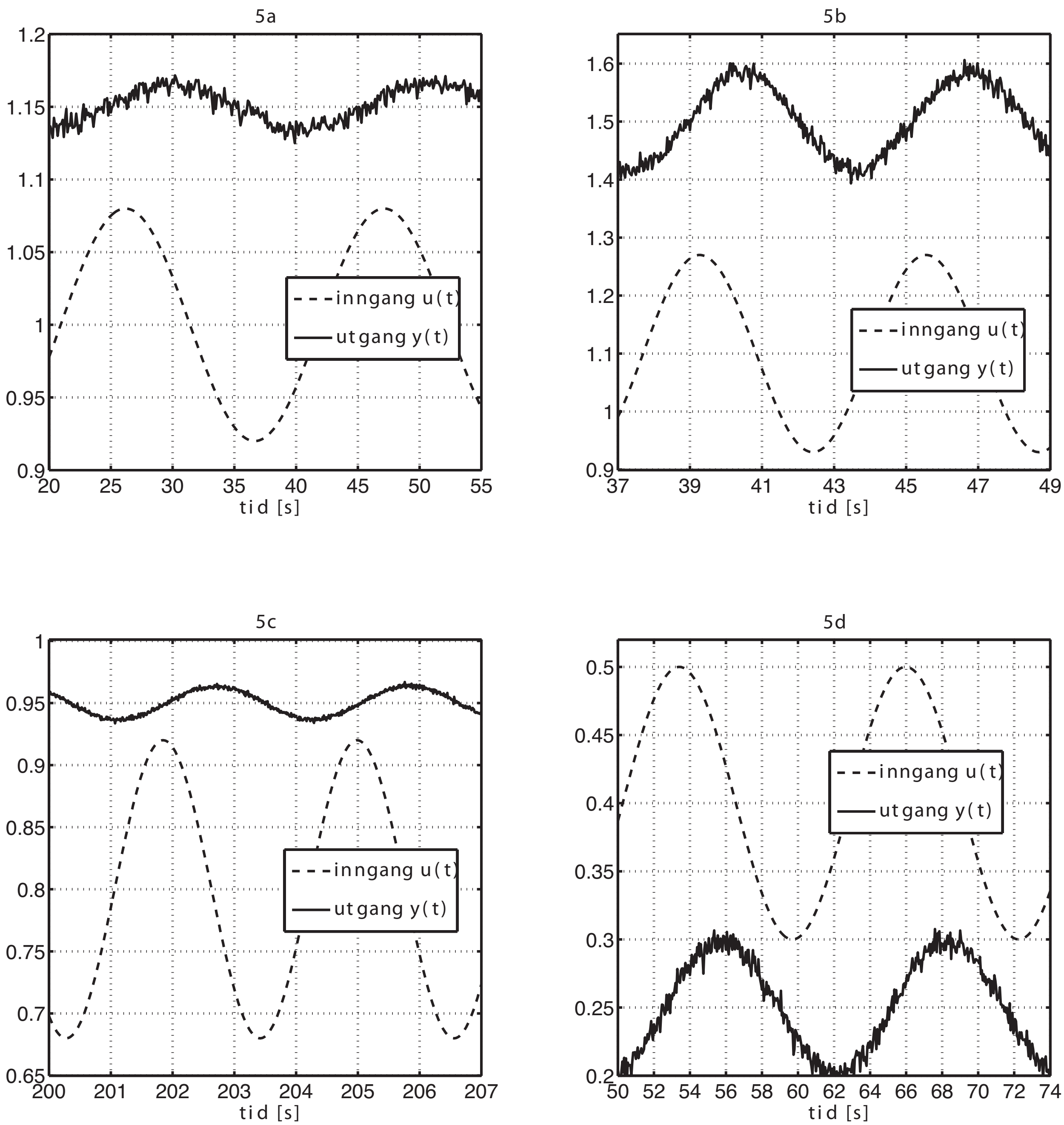

Figur 2: Fasenforskyvning av Bodeplott for de 4 utvalgte prosessene.




Figur 3: Sprangresponsen for de 4 utvalgte prosessene.




Figur 4: Pol-/nullpunktskart for de 4 utvalgte prosessene.




Figur 5: Eksempel på frekvensrespons for de 4 utvalgte prosessene.

## 2 Regulering (40%)

a) (13%) Du skal nå bestemme regulatorparametere for 2 helt nye prosesstransferfunksjoner, dvs

$$H_{p,9}(s) = \frac{0.3}{(2s+2)s} \tag{10}$$

$$H_{p,10}(s) = \frac{0.3}{0.7s+1}e^{-2s} \tag{11}$$

Ut fra kunnskap om selve prosessene, gjør følgende (gi fornuftige argument for valgene du gjør):

i) Skisser først opp asymptotiske forsterknings- og fasekurver for $H_{p,9}(s)$.

ii) Hvilken regulatortype (P,PI) vil du benytte for hver av prosessene (anta at PID ikke er et alternativ)?

iii) Hvilken innstillingsmetode vil du benytte (alternativer ligger i vedlegg)?

iv) Der valgt parameterinnstillingsmetode krever det, begrunn valg av kravspesifikasjoner for reguleringssystemets responstid og dynamikk

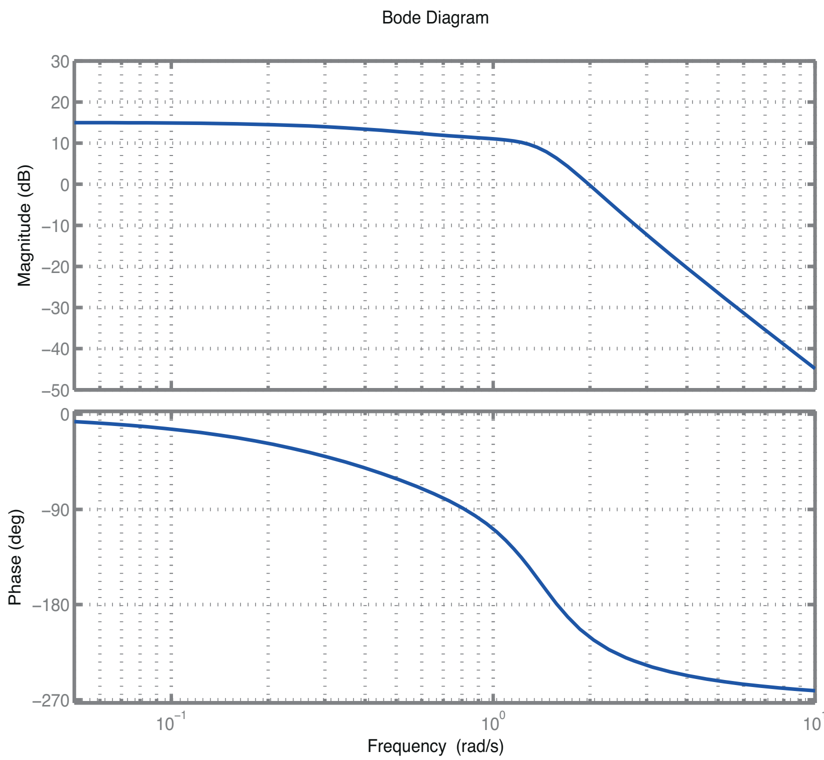
v) Bestem regulatorparametrene i henhold til valget av regulatortype (P, PI) du gjorde i punkt ii).

b) (5%) Finn transferfunksjonen $H_r(s)$ for regulatoren du har valgt for prosess $H_{p,9}(s)$. Dersom du ikke har funnet regulator og/eller regulatorparametre, sett $H_r(s) = K_p = 0.5$ i resten av oppgaven.

Bestem $H_0(s)$ (anta at $H_m(s)$ er av første orden, har forsterkning $K_m = 0.4$ og båndbredde $w_b = 1$ rad/s). Finn også transferfunksjonene $N(s)$ og $M(s)$.

c) (7%) La oss anta at du har et enhetssprang i referansen $y_r(s)$. Bestem det stasjonære reguleringssavviket <u>både</u> ved å bruke $N(s)=\frac{e(s)}{y_r(s)}$ og $M(s)=\frac{y(s)}{y_r(s)}$. Du skal altså finne reguleringsavviket på to måter i denne oppgaven.

d) (5%) La oss anta figur 6 viser Bodeplottet for $H_0(j\omega)$ for en vilkårlig prosess hvor regulatorforsterkningen er $K_p = 1.15$.




Figur 6: Bodeplot av sløyfetransferfunksjonen $H_0(j\omega)$. Det finnes en kopi av figuren på side 12.

Benytt denne figuren til å finne forsterknings- og fasemarginen ($\Delta K$ og $\phi$) til reguleringssystemet. Tegn inn på figuren gitt på side 12 og lever inn sammen med besvarelsen.

e) (5%) Du ønsker en fasemarginen på 90 grader. Beregn den nye regulatorforsterkning $K_{p,ny}$ som gir dette. Hva blir den tilhørende forsterkningsmarginen $\Delta K$?

Har du ikke funnet fasemarginen i d), anta en verdi for fasemarginen og vis prinsipielt hvordan du vil gå frem for å gjøre oppgaven.

f) (5%) Etter denne justeringen, hva er nå stasjonær forsterkning og stasjonær fase for $H_0(jw)$? Hva sier det deg om $H_0(s)$? Begrunn svaret. Hvor stort er det stasjonære reguleringssavviket ved enhetssprang i referansen?

# Formelsamling

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

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \tag{12}$$

- Et generelt 2-ordens system kan skrives som

$$H(s) = \frac{K}{(\frac{s}{\omega_0})^2 + 2\frac{\zeta}{\omega_0}s + 1} \tag{13}$$

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

$$z = \mathrm{Re}(z) + j\mathrm{Im}(z) \tag{14}$$

eller på polar form slik:

$$z = |z|e^{j\angle z} \tag{15}$$

- Sammenheng mellom kartesisk og polar form er:

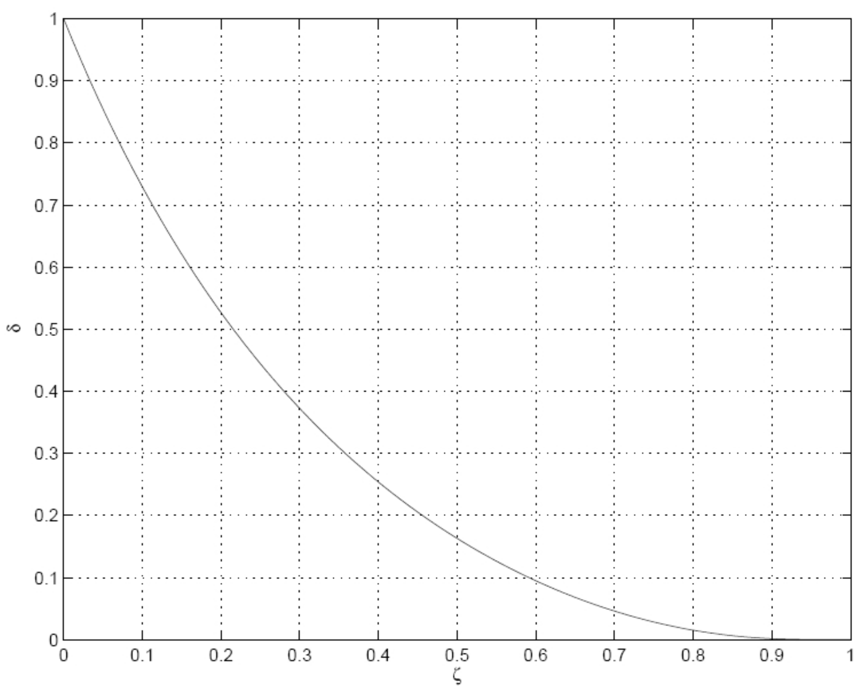
$$|z| = \sqrt{\mathrm{Re}(z)^2 + \mathrm{Im}(z)^2} \tag{16}$$

$$\angle z = \arctan \frac{\mathrm{Im(z)}}{\mathrm{Re(z)}} \tag{17}$$

- Sluttverditeorem

$$\lim_{t \to \infty} f(t) = \lim_{s \to 0} s \cdot f(s) \tag{18}$$

- Sammenhengen mellom relativ dempingsfaktor $\zeta$ og oversvingsfaktor $\delta$.



- Polplassering for 1 ordens system (PI-regulator):

$$K_p = \frac{2\zeta w_0 T - 1}{K} \tag{19}$$

$$T_i = \frac{2\zeta w_0 T - 1}{w_0^2 T} \tag{20}$$

- Pol-nullpunktkansellering 1 ordens system (PI-regulator):

$$K_p = \frac{T}{T_M \cdot K} \tag{21}$$

$$T_i = T \tag{22}$$

- Polplassering for 1 ordens system med integrator (P-regulator) (benytt samme sammenheng mellom $T_r$ og $w_0$, samt mellom $\zeta$ og $\delta$ som i de andre polplasseringsmetodene):

$$K_p = \frac{2\zeta w_0}{K} \tag{23}$$

$$\tag{24}$$

- Polplassering for 1 ordens system med integrator (PI-regulator) (benytt samme sammenheng mellom $T_r$ og $w_0$, samt mellom $\zeta$ og $\delta$ som i de andre polplasseringsmetodene):

$$K_p = \frac{2\zeta w_0}{K} \tag{25}$$

$$T_i = \frac{2\zeta}{w_0} \tag{26}$$

- Ziegler Nichols åpen sløyfe metode:

$$K_p = \frac{0.9 \cdot U}{L \cdot R} \tag{27}$$

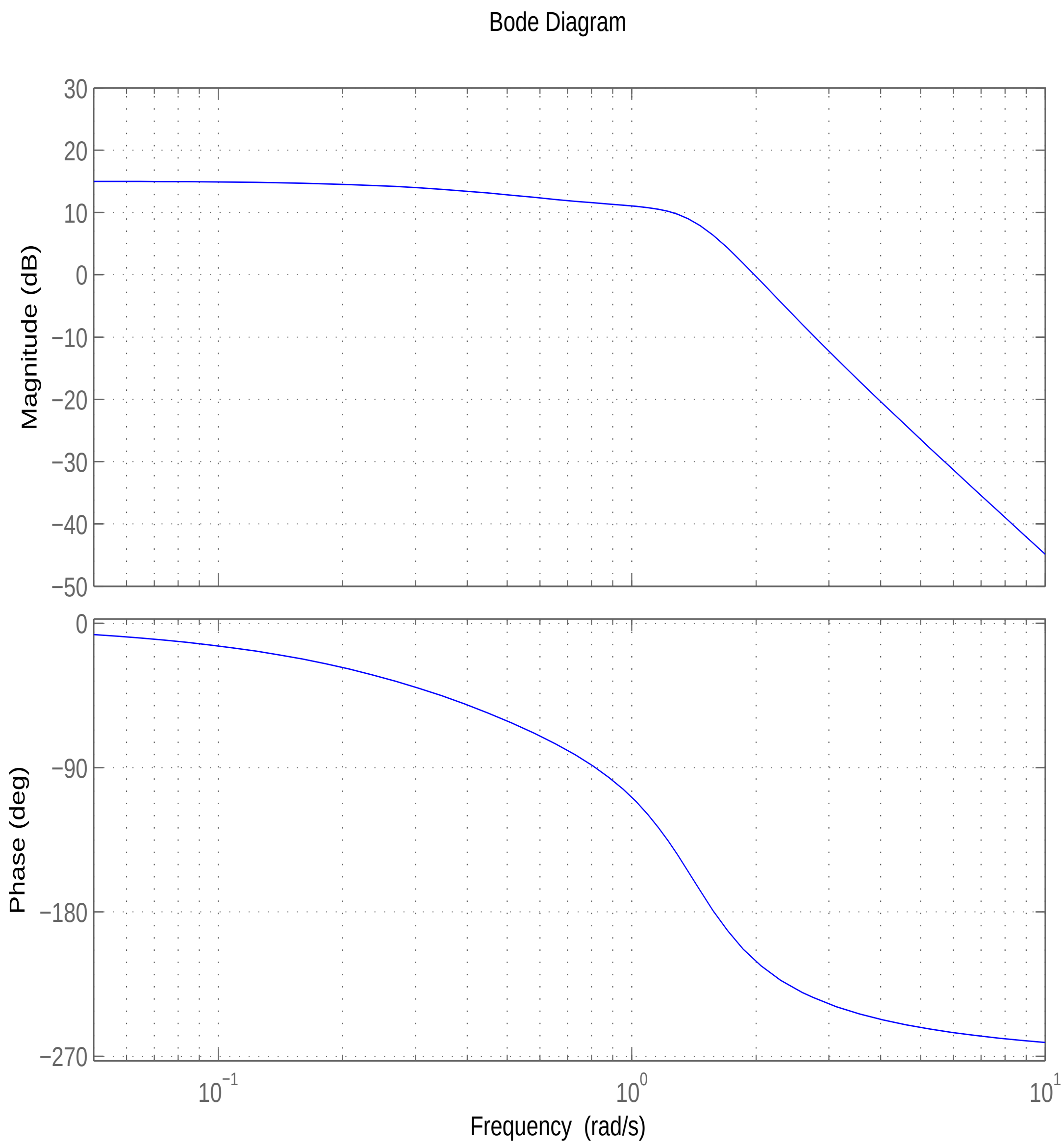
$$T_i = 3.3 \cdot L \tag{28}$$

hvor $L$ er tidsforsinkelsen, $R$ er stigningstallet på sprangresponsen og $U$ er sprangets høyde. For en første ordens prosess med dødtid kan det vises at

$$R = \frac{KU}{T} \tag{29}$$

$$L = \tau \tag{30}$$

Fag: BIE240, Reguleringsteknikk
Dato: 12. desember 2012
Kandidatnr:
Sidenr:




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