

EKSAMEN I: BIE 240 Reguleringssteknikk

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).

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

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

$$H_{p,3}(s) = \frac{3}{(s + 1)(s + 10)} \quad (3)$$

$$H_{p,4}(s) = \frac{3}{0.5s + 1} e^{-0.2s} \quad (4)$$

$$H_{p,5}(s) = \frac{3}{(0.1s + 1)(10s + 1)} \quad (5)$$

$$H_{p,6}(s) = \frac{3}{0.2s + 1} e^{-0.5s} \quad (6)$$

$$H_{p,7}(s) = \frac{3}{5s + 1} \quad (7)$$

$$H_{p,8}(s) = \frac{3}{2s^2 + 2s + 1} \quad (8)$$

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/nullpunktsskilt i figur 4
- v) frekvensrespons ved en vilkårlig frekvens i figur 5

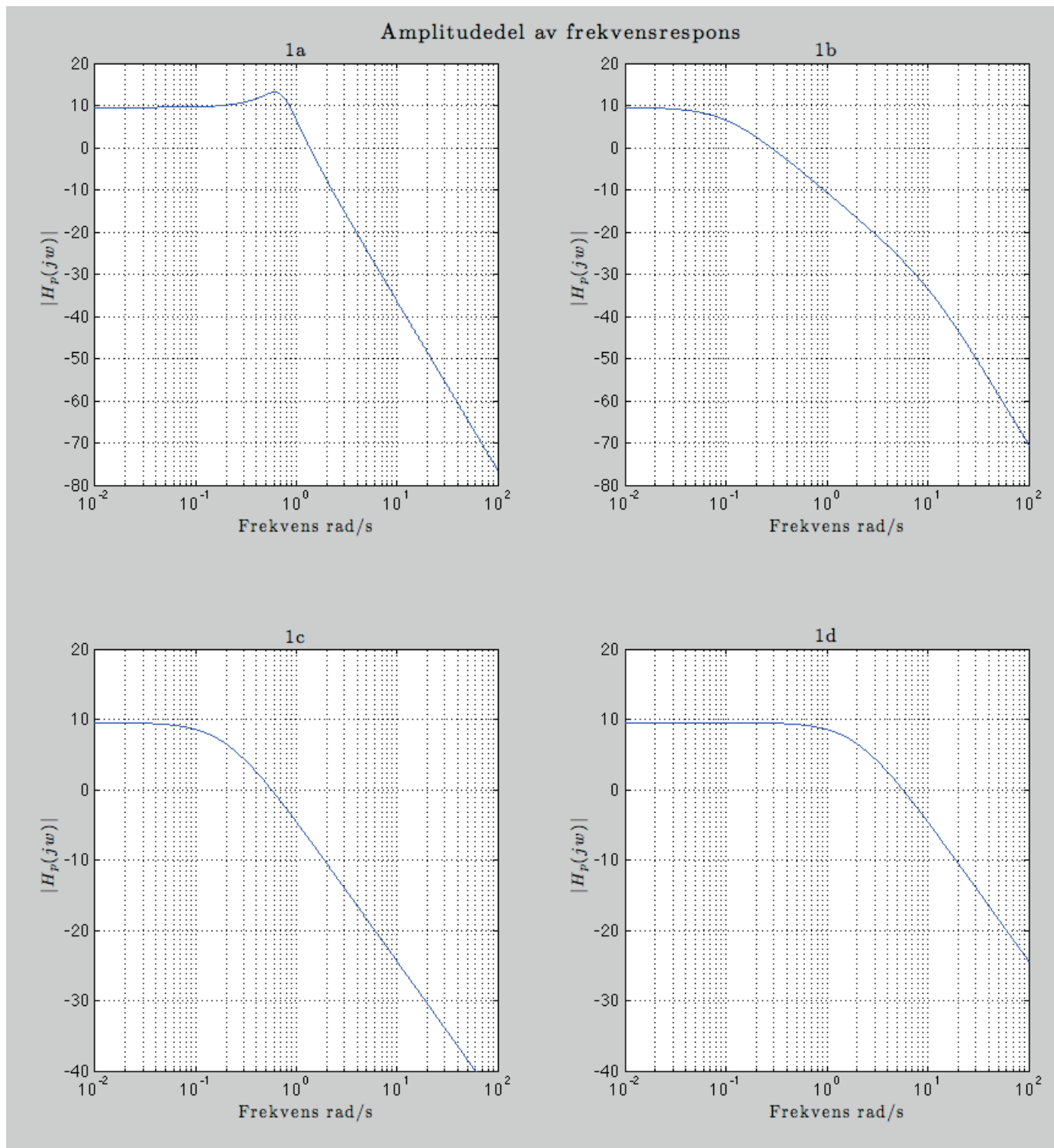
Hver av figurene 1-5 er delt opp i delfigurer med betegnelse a, b, c og d, hvor resultatene fra beregningene i punktene i), ii), iii), iv) og v) i listen ovenfor er plassert vilkårlig i figurene. NB: Det er altså de samme 4 transferfunksjonen som benyttes i alle figurene.

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.

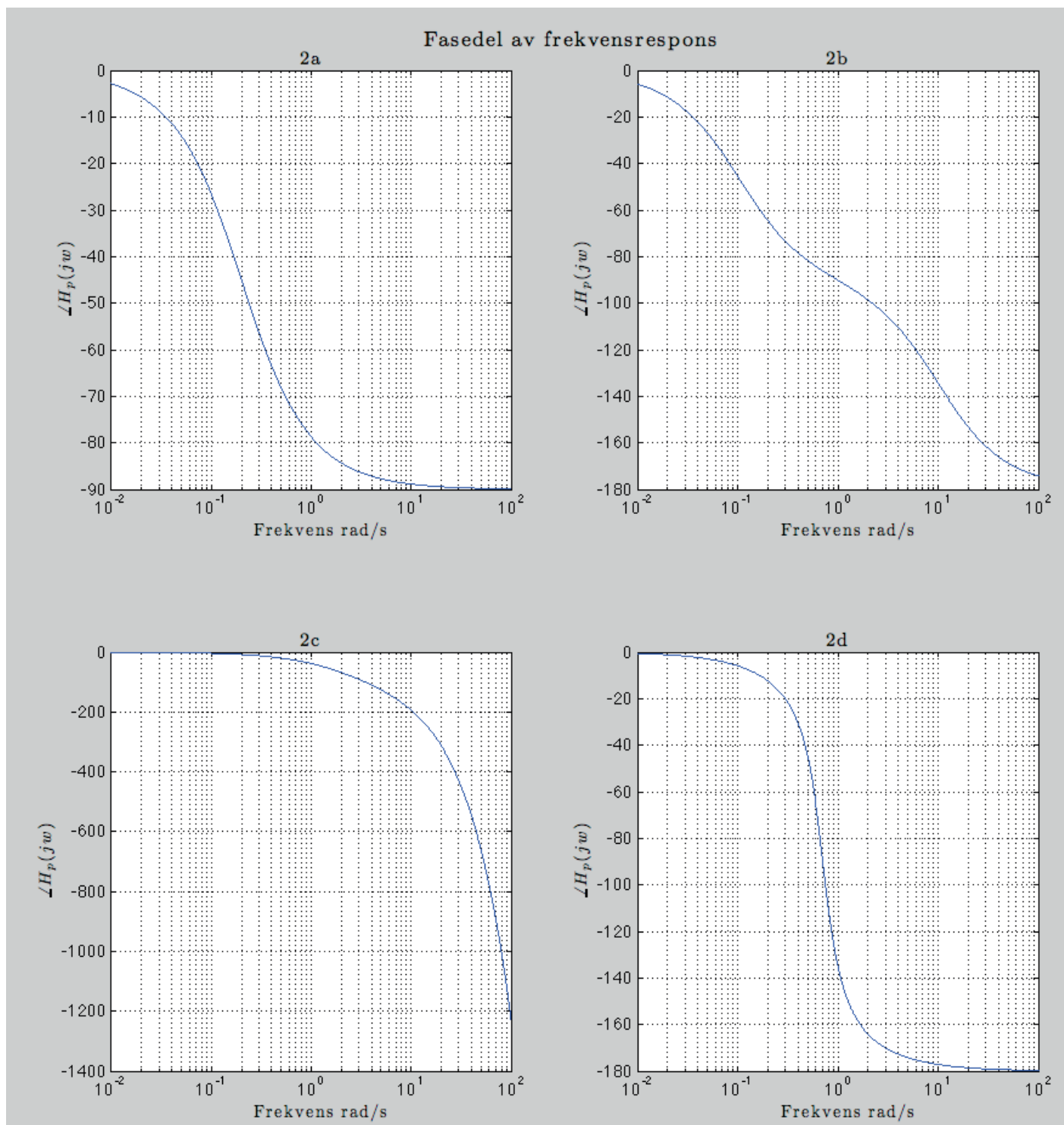
For å svare på dette kan du i besvarelsen lage en tabell lik den under og fylle inn. Du kan (om du ønsker) levere figur 1-5 som en del av besvarelsen hvor du indikerer på hver delfigur den transferfunksjonen du mener er riktig og samtidig benytter figurene til å avlese verdier du benytter i beregningene. 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						

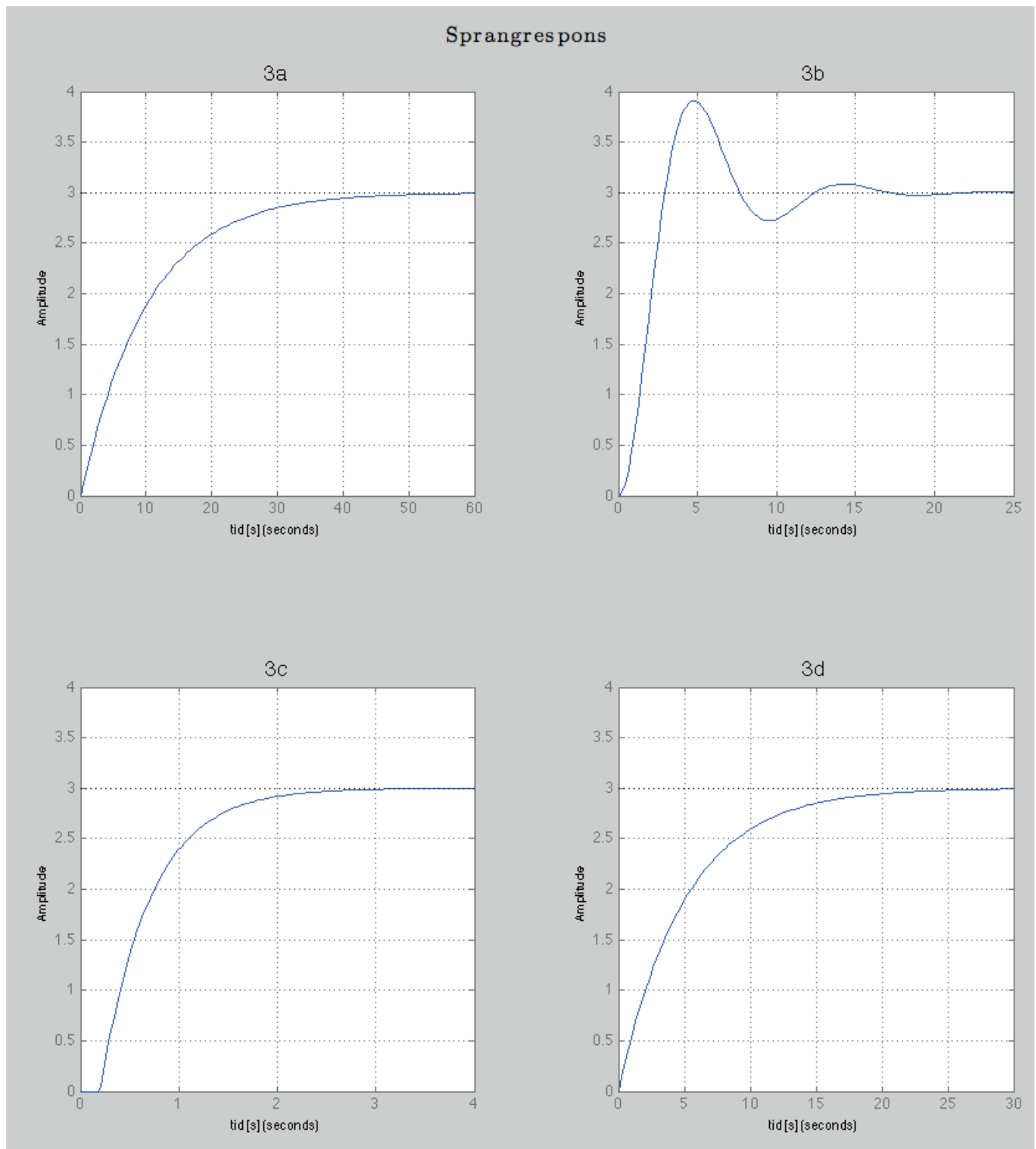
Begrunn **alle** svar med beregninger og/eller forklaringer. Ubegrunnede valg premieres ikke, selv ikke når du kan eliminere deg frem til rett svar. Hvert riktige svar teller 2.5%. For å få full uttelling på hvert svar, må du bruke så mye informasjon som mulig til å underbygge svaret ditt.



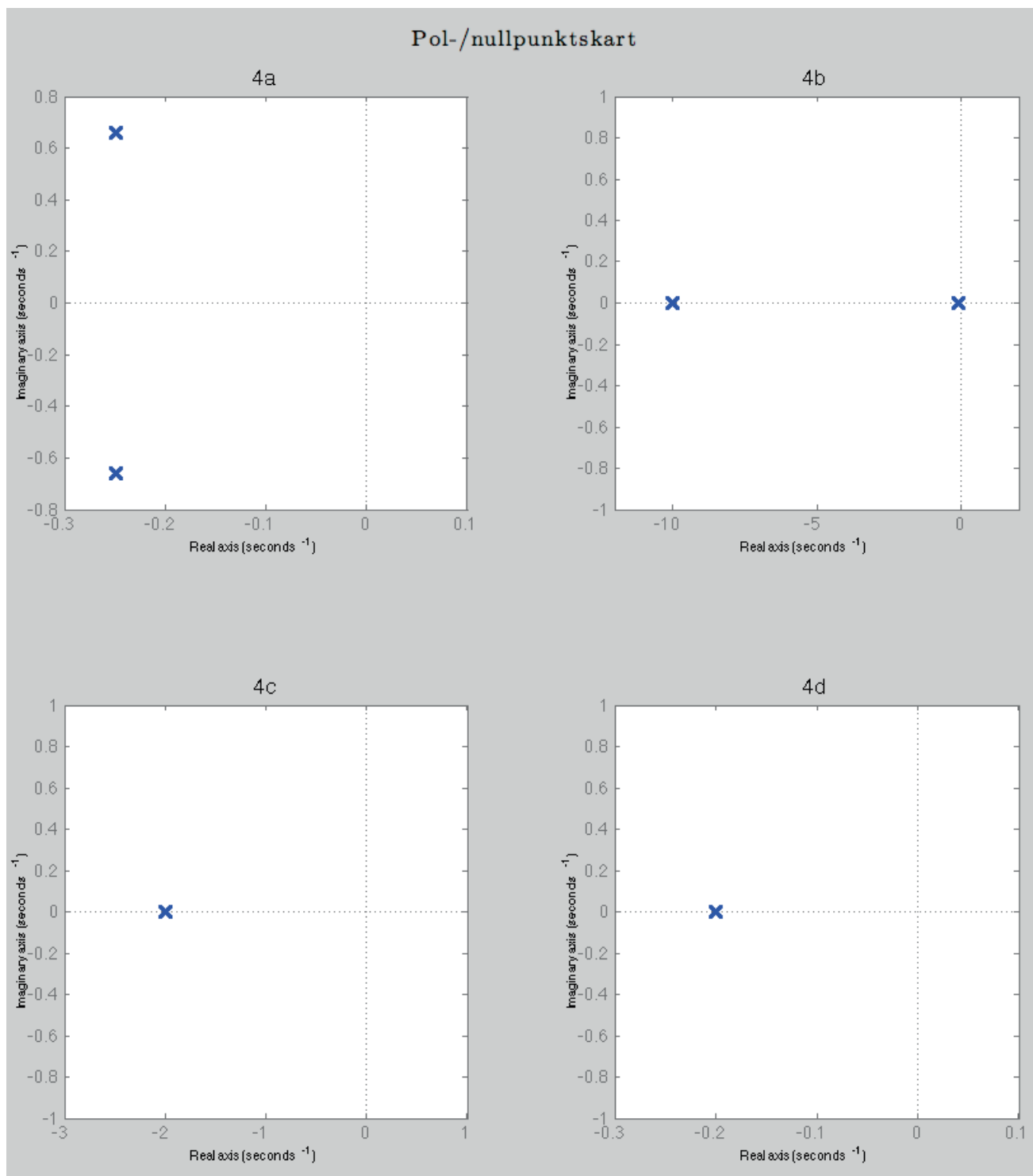
Figur 1: Amplitudeforsterkningen av Bodeplott for de 4 utvalgte prosessene.



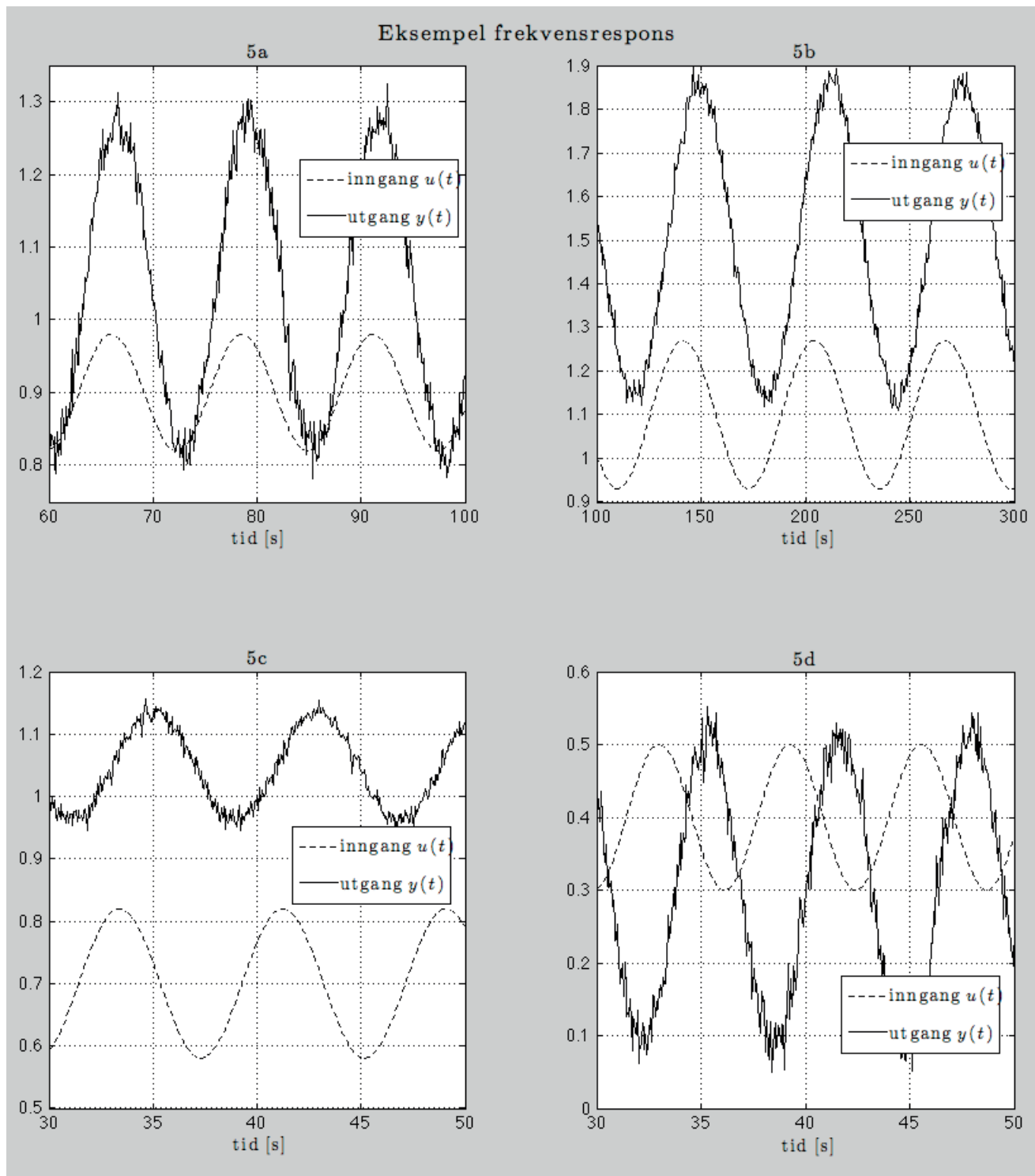
Figur 2: Fasenforskyvning av Bodeplott for de 4 utvalgte prosessene.



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) (15%) Du skal nå bestemme regulatorparametere for 3 av de 8 prosessstransferfunksjonene, dvs

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

$$H_{p,5}(s) = \frac{3}{(0.1s + 1)(10s + 1)} \quad (5)$$

$$H_{p,6}(s) = \frac{3}{0.2s + 1} e^{-0.5s} \quad (6)$$

NB: Disse transferfunksjonene er nødvendigvis ikke blant de riktige i oppgave 1.

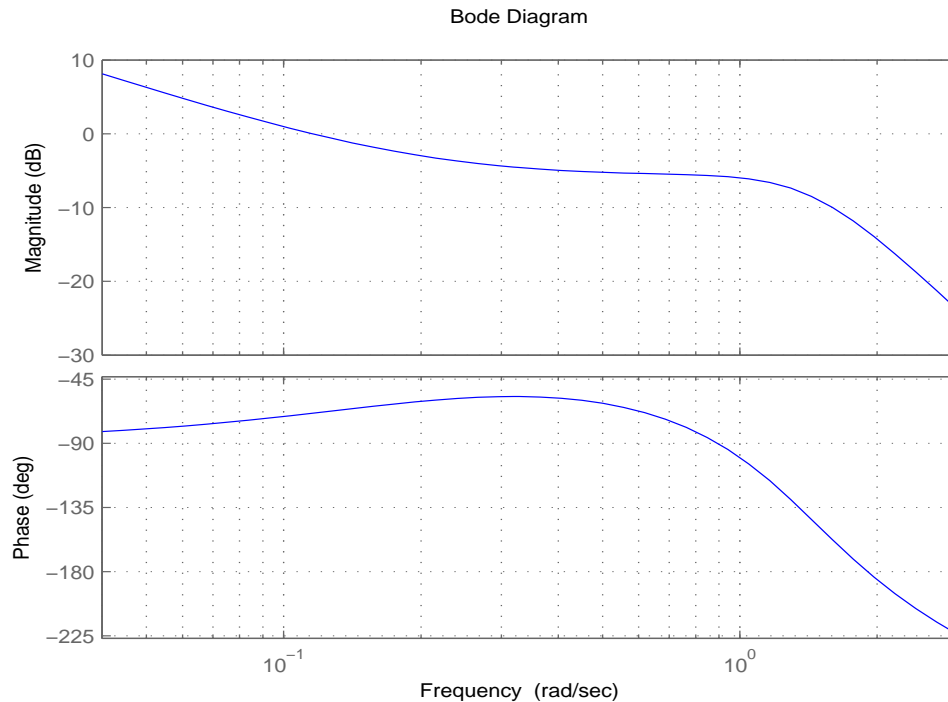
Ut fra kunnskap om selve prosessene (dvs. at du kan gjøre nødvendige antagelser), bestem selv følgende (gi fornuftige argument for valgene du gjør):

- i) Hvilken regulatortype (P,PI) du vil benytte for hver av prosessene (anta at PID ikke er et alternativ).
 - ii) Hvilken innstillingsmetode du vil benytte.
 - iii) Der valgt parameterinnstillingsmetode krever det, begrunn valg av kravspesifikasjoner for reguleringssystemets responstid og dynamikk
 - iv) Bestem regulatorparametrene (K_p , T_i) i henhold til valget av regulator-type (P, PI) du gjorde i punkt i).
- b) (5%) Finn transferfunksjonen $H_r(s)$ for regulatoren du har valgt for prosess $H_{p,2}(s)$. 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 $H_m(s) = 1$). Finn også transferfunksjonene $N(s)$ og $M(s)$.

- c) (5%) La oss anta at du har et enhetssprang i referansen $y_r(s)$. Bestem det stasjonære reguleringsavviket enten ved å bruke $N(s) = \frac{e(s)}{y_r(s)}$ eller $M(s) = \frac{y(s)}{y_r(s)}$.

- d) (5%) La oss anta figur 6 viser Bodeplottet for $H_0(j\omega)$ for en vilkårlig prosess.



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 (ΔK og ϕ) til reguleringsystemet. Tegn inn på figuren gitt på side 12 og lever inn sammen med besvarelsen.

- e) (5%) Hva er stasjonær forsterkning og fase for $H_0(j\omega)$? Hva sier det deg om $H_0(s)$? Begrunn svaret.
- f) (5%) Du ønsker at fasemarginen du fant i d) skal halveres. Selv om vi ikke kjenner verdien av regulatorforsterkningen K_p , kan vi likevel beregne ny regulatorforsterkning $K_{p,ny}$ relativt til opprinnelig K_p , dvs. hvor mye den opprinnelige regulatorforsterkningen må endres?

Finn altså uttrykket for $K_{p,ny}$ som funksjon av K_p .

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

Formelsamling

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

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (9)$$

- Et generelt 2-ordens system kan skrives som

$$H(s) = \frac{K}{\left(\frac{s}{\omega_0}\right)^2 + 2\frac{\zeta}{\omega_0}s + 1} \quad (10)$$

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

$$z = \text{Re}(z) + j\text{Im}(z) \quad (11)$$

eller på polar form slik:

$$z = |z|e^{j\angle z} \quad (12)$$

- Sammenheng mellom kartesisk og polar form er:

$$|z| = \sqrt{\text{Re}(z)^2 + \text{Im}(z)^2} \quad (13)$$

$$\angle z = \arctan \frac{\text{Im}(z)}{\text{Re}(z)} \quad (14)$$

- Sluttverditeorem

$$\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot f(s) \quad (15)$$

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

$$K_p = \frac{2\zeta\omega_0 T - 1}{K} \quad (16)$$

$$T_i = \frac{2\zeta\omega_0 T - 1}{\omega_0^2 T} \quad (17)$$

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

$$K_p = \frac{T}{T_M \cdot K} \quad (18)$$

$$T_i = T \quad (19)$$

- Ziegler Nichols åpen sløyfe metode:

$$K_p = \frac{0.9 \cdot U}{L \cdot R} \quad (20)$$

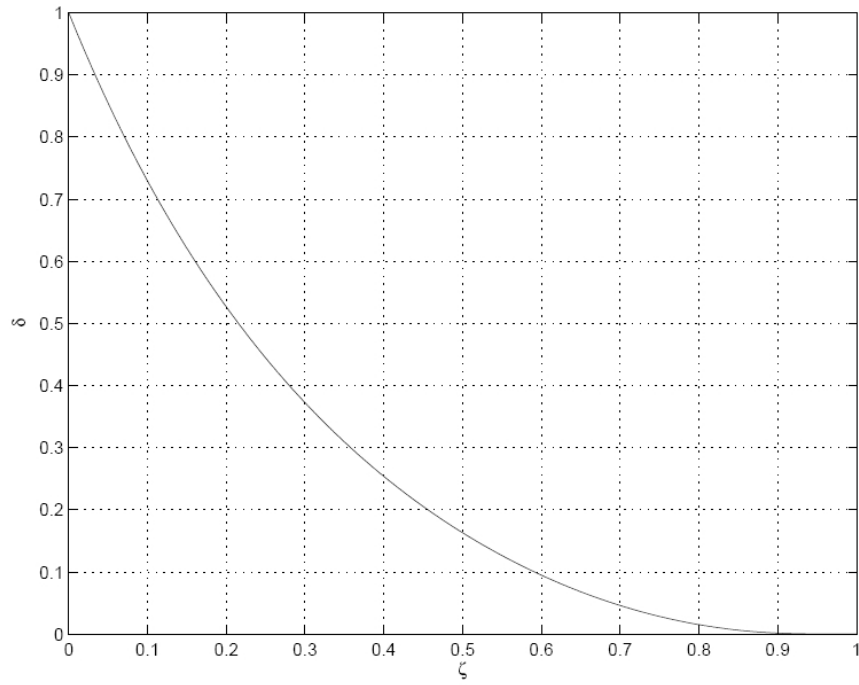
$$T_i = 3.3 \cdot L \quad (21)$$

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

$$R = \frac{KU}{T} \quad (22)$$

$$L = \tau \quad (23)$$

- Sammenhengen mellom relativ dempingsfaktor ζ og oversvingsfaktor δ .

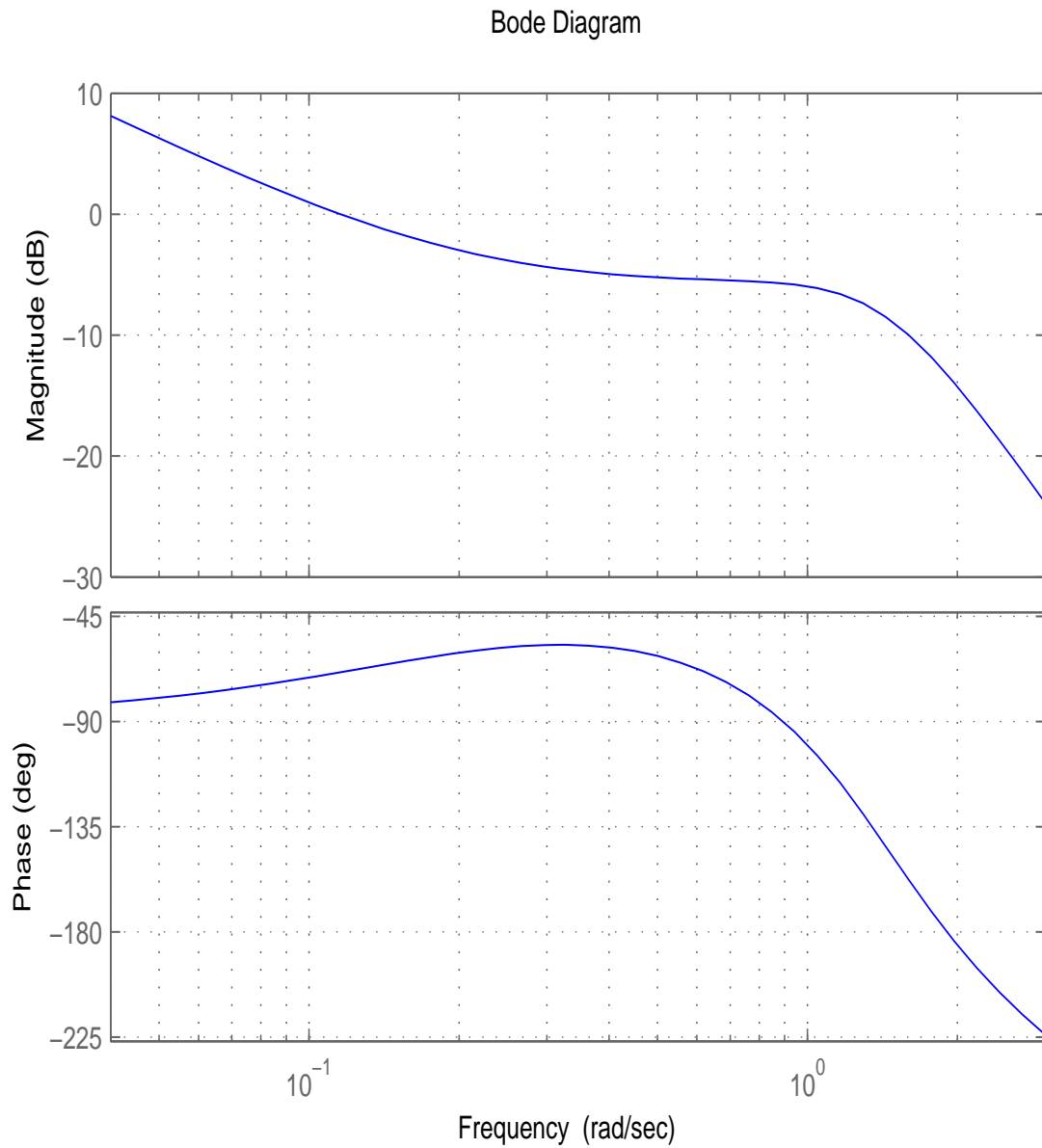


Fag: BIE240, Reguleringsteknikk

Dato: 8. desember 2011

Kandidatnr:

Sidenr:



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