# TENTAMEN I REGLERTEKNIK

SAL: G33, G34, G35, G37, TER2

TID: 29 mars 2016, klockan 14 - 19

KURS: TSRT19

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 5

ANSVARIG LÄRARE: Johan Löfberg, 070-3113019, 013-284029

BESÖKER SALEN: 15:30, 18:00

KURSADMINISTRATÖR: Ninna Stensgård, tel 013-284725, ninna.stensgard@liu.se

TILLÅTNA HJÄLPMEDEL: Läroboken Glad-Ljung: ”Reglerteknik, grundläggande teori” med inläsningsanteckningar, tabeller, formelsamling, räknedosa utan färdiga program.

LÖSNINGSFÖRSLAG: Anslås efter tentamen på kursens hemsida.

VISNING av tentan sker i Ljungeln (B-huset, A-korridor mellan ingång 25 och 27) 20/4 12.30-13.00.

| | | |
|---|---|---|
| PRELIMINÄRA BETYGSGRÄNSER: | betyg 3 | 23 poäng |
| | betyg 4 | 33 poäng |
| | betyg 5 | 43 poäng |

OBS! Lösningar till samtliga uppgifter ska presenteras så att alla steg (utom triviala beräkningar) kan följas. Bristande motiveringar ger poängavdrag.

Lycka till!

1. (a) En köksugn är ett exempel på en enkel reglerteknisk process. Beskriv problemet ur ett reglertekniskt perspektiv. Vad är referenssignal $r(t)$, mätsignal $y(t)$ och styrsignal $u(t)$. Vad skulle en typisk störning kunna vara? (4p)

   (b) Insignalen $u(t) = 2\sin(2t)$ läggs på ingången på systemet $\left(\frac{2}{2s+2}\right)^2$. Vad blir utsignalen asymptotiskt (dvs efter väldigt lång tid)? (2p)

   (c) Hur många tillståndvariabler behövs för att realisera följande modell i en minimal tillståndsform?

$$G(s) = \frac{1}{(s+1)^2} + \frac{1}{(s+1)^3}$$

(2p)

   (d) Är någon, båda eller ingen av de två regulatorerna $F_1(s) = \frac{s+0.1}{s} + 2s$ och $F_2(s) = \frac{s^2+2s+1}{s^2}$ PID-regulatorer? (2p)

2. En enkel modell av en robotarm ges av

$$Y(s) = G(s)(U(s) + V(s))$$

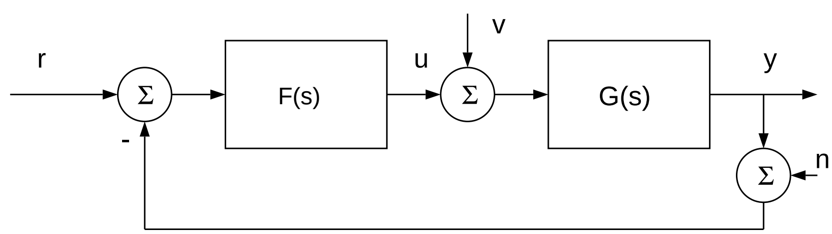
där

$$G(s) = \frac{1}{s^2}$$

$v$ är ett störmoment som verkar på armen (en påhängd last). Antag att mätfelet $n(t) = 0$ och att armen styrs med PD-återkoppling

$$U(s) = (K_P + K_D s)(R(s) - Y(s))$$

enligt figuren nedan




Figur 1: Reglersystem i uppgift 2.

(a) Antag att $r(t) = 0$ och att armen påverkas av en konstant störning $v(t)$ med amplituden ett. Hur ska $K_P$ och $K_D$ väljas för att:

- Det återkopplade systemet ska vara asymptotiskt stabilt.
- Reglerfelet ska uppfylla att $|e(t)| \leq 0.1$ i stationärt tillstånd? (4p)

(b) Antag att vi, utöver kravet i a), önskar att det återkopplade systemet enbart har reella poler. Bestäm minsta möjliga värde på $K_D$, givet $K_P$, så att detta krav uppfylls. (3p)

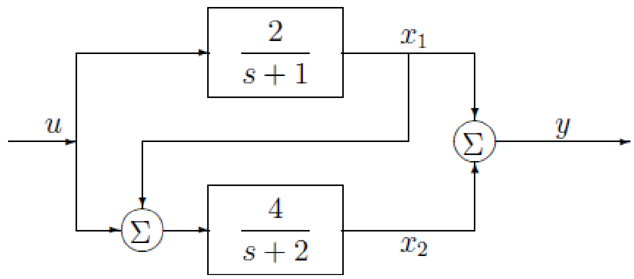
(c) Antag att mätningen av armens vinkel påverkas av ett mätfel $n(t)$ enligt figuren ovan så att återkopplingen ges av

$$U(s) = (K_P + K_D s)(R(s) - (Y(s) + N(s)))$$

Bestäm överföringsfunktionen från $N(s)$ till $Y(s)$. (2p)

(d) Antag att reglersystemet känner till hur stor lasten är, dvs $v(t)$. Hur använder du detta enklast i en regulator? (1p)

3. (a) Studera systemet i Figur 2. Tag fram en överföringsfunktion från $u$ till $y$. (2p)



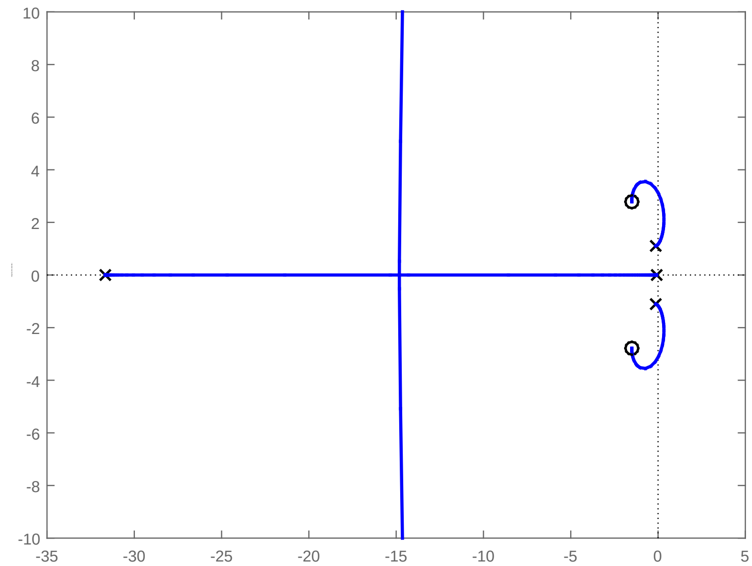

Figur 2: System i uppgift 3a,b

(b) Studera återigen systemet i Figur 2. Tag fram en tillståndsmodell (de markerade tillstånden måste användas). (3p)

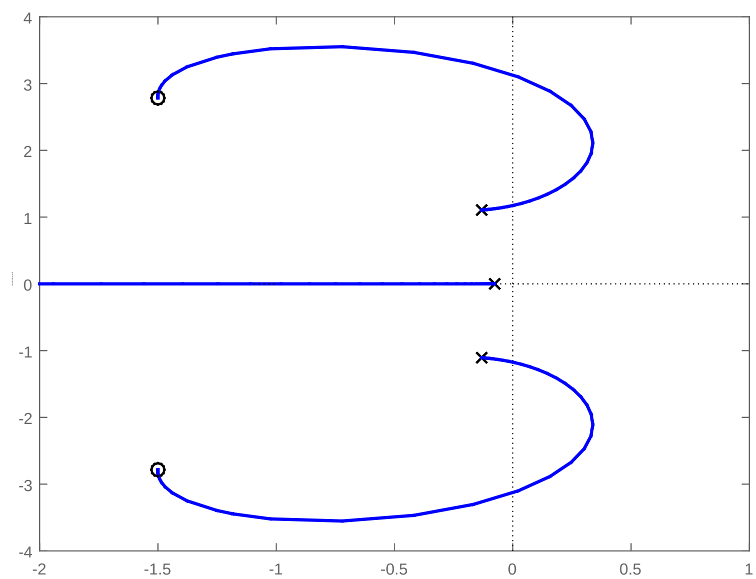
(c) Figur 3 och Figur 4 visar en rotort ritad m.a.p en parameter $K > 0$ i ett dynamiskt system. Beskriv vad rotorten säger om parameterns inflytande på systemet och använd den analysen för att välmotiverat svara på följande frågor med *sant/falskt/går ej att avgöra*.

- Systemet går att stabilisera genom val av ett tillräckligt litet $K$.
- Systemet går att stabilisera genom val av ett tillräckligt stort $K$.
- Det finns ett intervall av $K$ sådant att vi får två instabila poler och två reella stabila poler.
- Det finns ett intervall av $K$ sådant att alla poler är reella.
- Det finns ett intervall av $K$ sådant att alla poler är komplexa.

(5p)




Figur 3: Rotort i uppgift 3c. Startpunkter markeras med `x` och slutpunkter markeras med `o`.

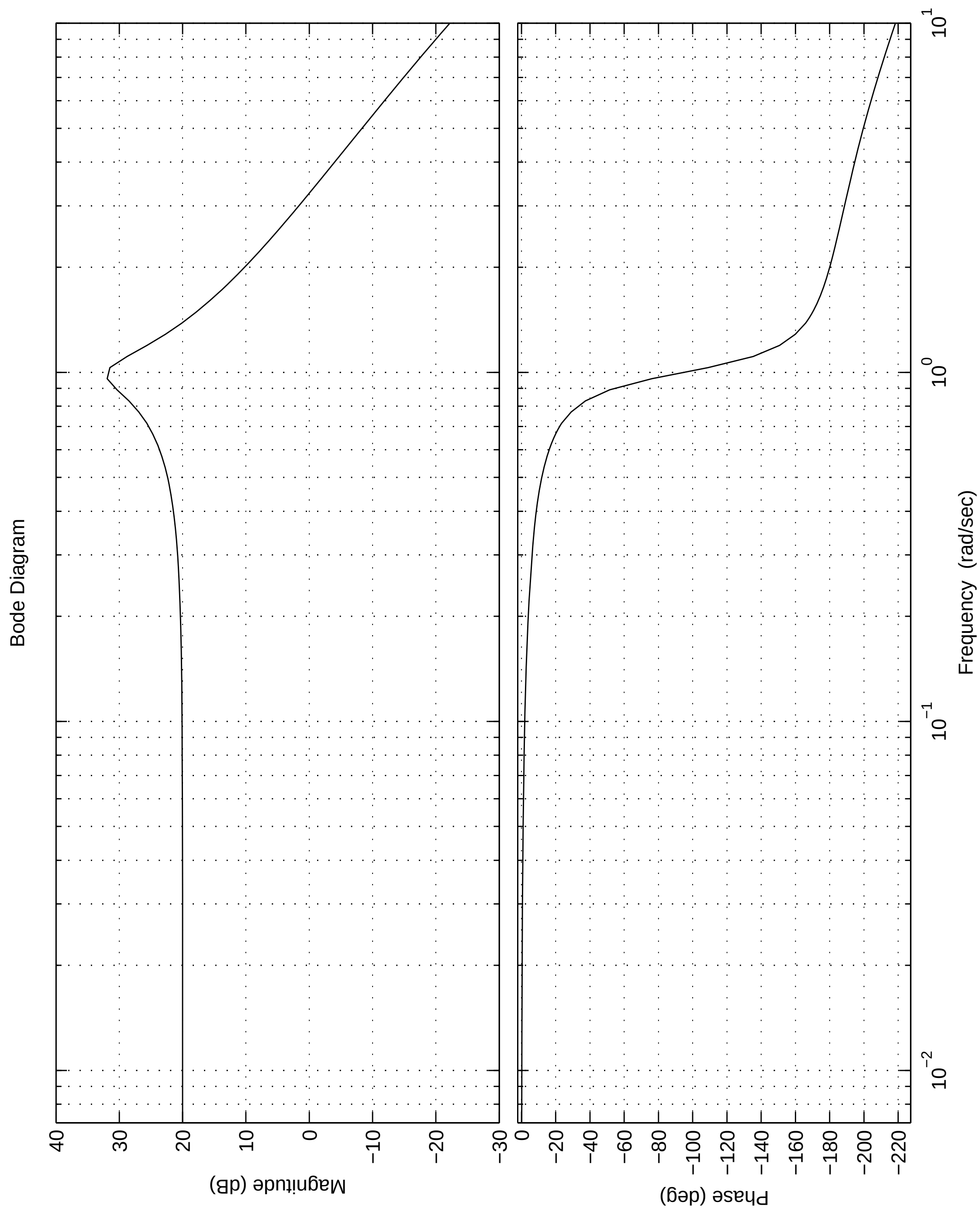



Figur 4: Inzoomning kring origo för rotort uppgift i 3c.

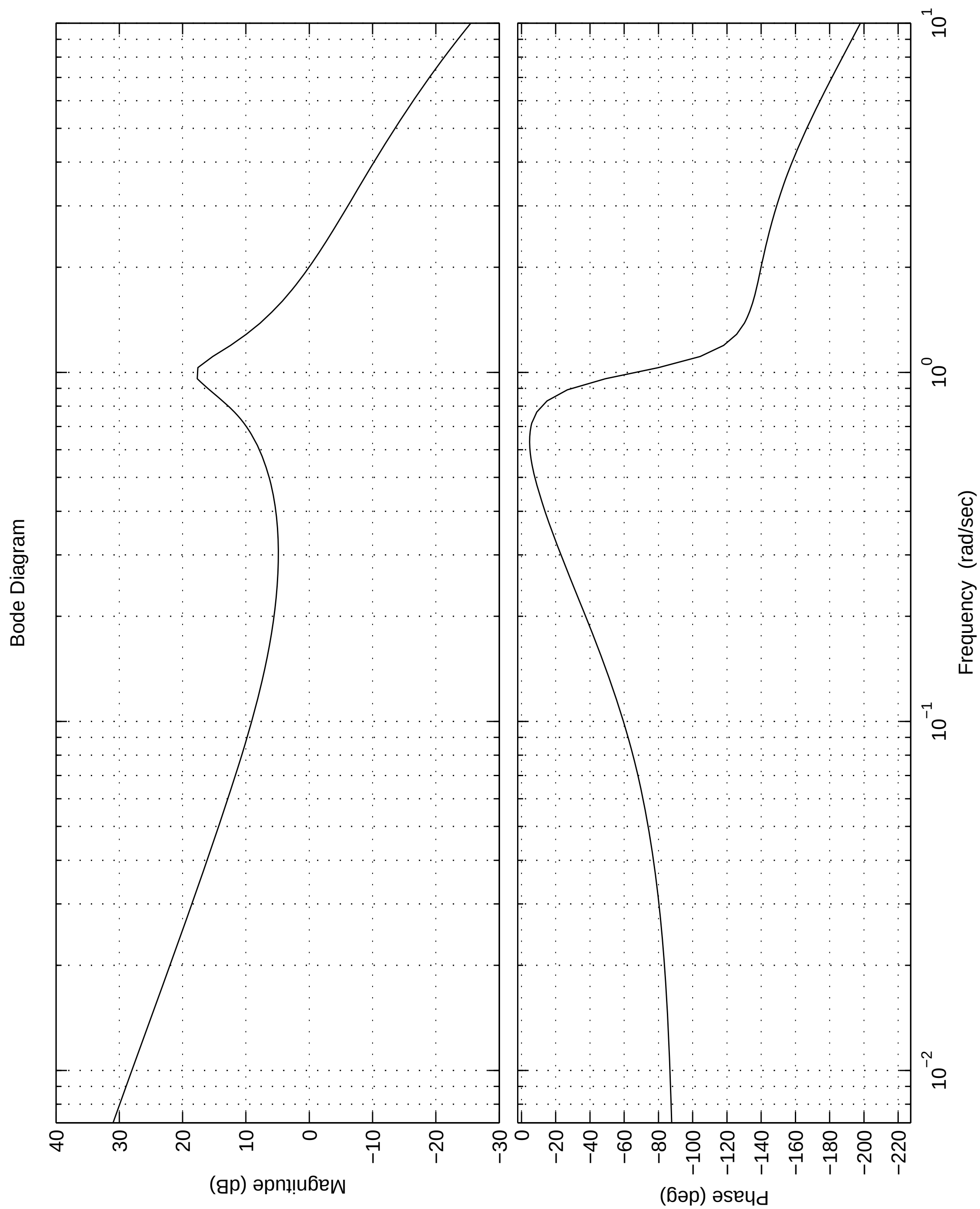
4. I de två Bodediagrammen på föjande sidor visas Bodediagram för ett givet system $G(s)$ samt för ett kompenserat system $F(s)G(s)$ där regulatorn $F(s)$ är framtagen med lead-lag designmetodik enligt kursbok.

   (a) Vilka designkrav har man ställt vad gäller skärfrekvens, fasmarginal och följning av konstanta referenssignaler för det kompenserade systemet? (3p)

   (b) Ange regulatorn, under förutsättning att den tagits fram på ett korrekt sätt enligt den metodik vi använder i kursen. (7p)




Figur 5: Bodediagram för systemet $G(s)$ i uppgift 4.




Figur 6: Bodediagram för det kompenserade systemet $F(s)G(s)$ i uppgift 4.

5. Antag att vi har ett system med följande tillståndsmodell

$$\dot{x} = Ax + Bu = \begin{pmatrix} -1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} x + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u$$

(a) Tyvärr kan vi inte mäta båda tillstånden, utan har bara tillgång till en (exakt) mätning av $x_1(t)$. Konstruera en observatör som estimerar de två tillstånden, och har poler i $-5$. (4p)

(b) Vid närmare analys visar det sig att mätanordningen är felaktigt. Den ger en mätsignal med en bias-term, dvs $y(t) = \alpha + x_1(t)$ där $\alpha$ är okänd men konstant. Visa att man kan få fram ett estimat av både de två tillstånden $x(t)$ och den okända konstanten $\alpha$. (Tips: Vad vet du om derivatan på $\alpha$?) (6p)

Häftigt eller hur! Du har två variabler som hänger ihop i via differentialekvationer i ett system (t.ex hastighet och läge), du kan inte mäta den ena alls, och den andra mäter du konstant fel på, men ändå kan du räkna ut vad signalerna har för värden! Centralt för att få detta att fungera är dock att vi har bra modeller, både över systemet och hur det okända felet beter sig.