TENTAMEN I TSRT19 REGLERTEKNIK

SAL: XXXXX

TID: 2015-08-21 kl. 8:00-13:00

KURS: TSRT19 Reglerteknik

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 5

ANSVARIG LÄRARE: Inger Erlander Klein, tel. 013-281665,0730-916919

BESÖKER SALEN: cirka kl. 9:00, 10:00 och 11:00

KURSADMINISTRATÖR: Ninna Stensgård, 013-282225,
ninna.stensgard@liu.se

TILLÅTNA HJÄLPMEDEL:

1. *T. Glad & L. Ljung*: ”Reglerteknik. Grundläggande teori”
2. Tabeller och formelsamlingar, t.ex.:
   L. Råde & B. Westergren: ”Mathematics handbook”,
   C. Nordling & J. Österman: ”Physics handbook”,
   S. Söderkvist: ”Formler & tabeller”
3. Miniräknare utan färdiga program

Normala inläsningsanteckningar får finnas i böckerna.

LÖSNINGSFÖRSLAG: Finns på kursens websida efter skrivningens slut.

VISNING av tentan äger rum 2015-09-XX, kl. 12.30–13.00 i Ljungeln, B-huset, ingång 27, A-korridoren till höger.

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!

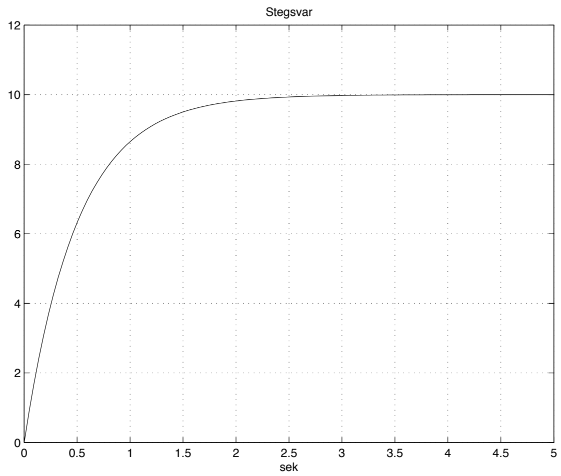
1. (a) Ett system antas kunna beskrivas av modellen

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

där

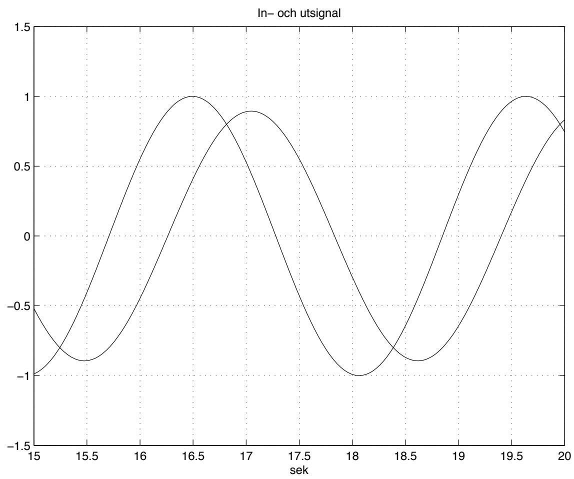
$$G(s) = \frac{k}{\tau s + 1}$$

För att bestämma koefficienterna τ och k gör man ett experiment där insignalen till systemet är ett steg med amplituden fem. Den resulterande utsignalen ges av figuren nedan. Ange k och τ. (2p)



Figur 1: Stegsvar till uppgift 1.a

(b) Betrakta åter problemet i uppgift a). Efter en månad misstänker man att systemets egenskaper har ändrats, och man gör därför ett nytt experiment. Denna gång låter man dock insignalen vara sinusformad, $u(t) = \sin \omega t$. In- och utsignal visas i figuren nedan. Har systemets egenskaper ändrats, d v s har någon av koefficienterna fått andra värden? (3p)



Figur 2: In- och utsignal till uppgift 1.b

(c) Ett system ges av tillståndsmodellen

$$\dot{x}(t) = \begin{pmatrix} -1 & 1 \\ 0 & -2 \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} u(t) \qquad y(t) = \begin{pmatrix} 1 & 2 \end{pmatrix} x(t)$$

Ange systemets poler och nollställen. (3p)

(d) Stigtiden för ett system definieras (som bekant) som den tid det tar för stegsvaret att gå från 10% till 90% av sitt slutvärde. Betrakta nu ett system ges av differentialekvationen

$$\dot{y}(t) = y(t) + 4u(t)$$

Vilken stigtid har systemet? (2p)

2. (a) Systemet

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

där

$$G(s) = \frac{10}{(5 \cdot s + 1)^2}$$

styrs med återkopplingen

$$U(s) = F(s)(R(s) - Y(s))$$

där

$$F(s) = (K_p + K_I \frac{1}{s} + K_D s)$$

- Ange det återkopplade systemets karakteristiska ekvation.
- Bestäm koefficienterna K_P, K_I och K_D så att det återkopplade systemets poler placeras i -1?

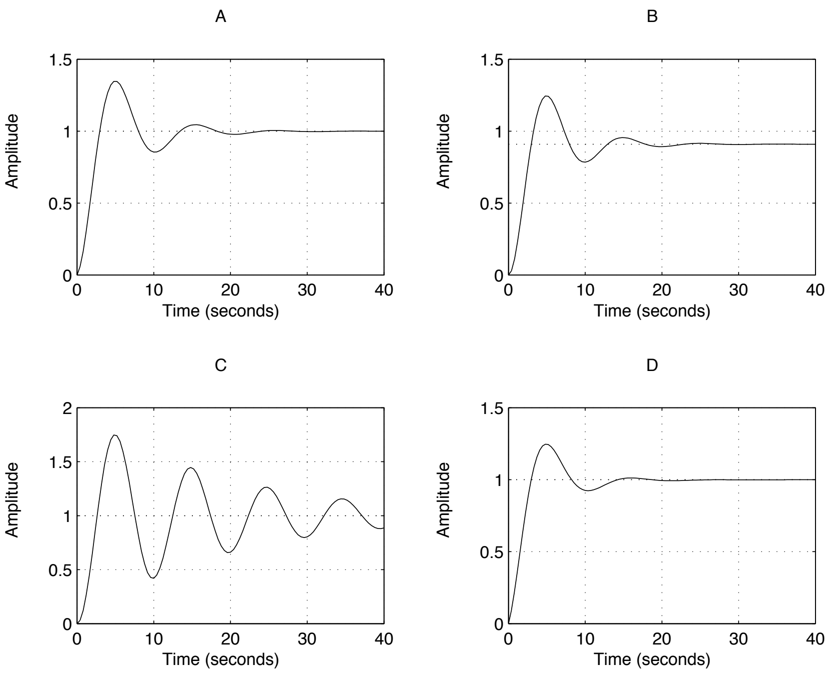
(6p)

(b) Betrakta åter systemet och återkopplingen i uppgift 2 a. Figuren nedan visar det återkopplade systemets stegsvar för några olika kombinationer av värden på K_P, K_I och K_D. Para ihop parametervärdena och figurerna.

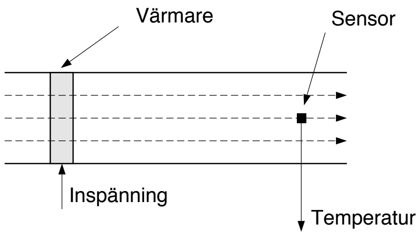
(i) $K_P = 1, K_I = 0, K_D = 0$ (ii) $K_P = 1, K_I = 0.1, K_D = 0$

(iii) $K_P = 1, K_I = 0.3, K_D = 0$ (iv) $K_P = 1, K_I = 0.1, K_D = 0.2$

(4p)


A
B
C
D
Amplitude
Time (seconds)
0
0.5
1
1.5
2
10
20
30
40

3. En process för uppvärmning av luft ges översiktligt i figuren nedan.



Figur 3: Värmeprocess.

Processen antas kunna beskrivas av överföringsfunktionen

$$G(s) = \frac{2}{0.25s+1}e^{-0.2s}$$

där tidsfördröjningen orsakas av att luften strömmar en sträcka genom ett rör innan temperaturen mäts. Systemets bodediagram ges på sista sidan i tentan.

(a) Markera i bodediagrammet hur amplitud- och faskurva skulle sett ut om systemet ej innehållit någon tidsfördröjning. Ta loss diagrammet och bifoga det till lösningarna. (2p)

(b) Antag att temperaturen skall styras med proportionell återkoppling

$$U(s) = K(R(s) - Y(s))$$

sådan att fasmarginalen är minst 55°. Vilken skärfrekvens kan uppnås? Hur stort blir det stationära felet om r är ett enhetssteg? (4p)

(c) Antag att systemet nu skall styras med en återkoppling på formen

$$U(s) = F(s)(R(s) - Y(s))$$

där

$$F(s) = K\frac{\tau_I s + 1}{\tau_I s + \gamma}$$

Bestäm återkopplingen så att följande krav uppfylls:

- $e_0 = 0$
- $\phi_m \geq 55°$
- ω_c så stor som möjligt.

(4p)

4. (a) Ett system

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

med utsignal y, insígnal u och störsignal v styrs med en regulator

$$U(s) = F(s)(R(s) - Y(s))$$

I figur 4 finns bodediagrammen för överföringsfunktionerna $F(s)G(s)$, $\frac{F(s)G(s)}{1+F(s)G(s)}$ och $\frac{1}{1+F(s)G(s)}$.
Antag att $v(t) = \sin(2t)$ och att $r(t) = 0$. Kommer störsignalen v att förstärkas? Motivera ditt svar. (2p)

(b) Betrakta återigen det återkopplade system som ges av bidediagrammen i figur 4. Modellen $G(s)$ av det system som skall styras är något osäker, och det kan därför antas att överföringsfunktionen för det verkliga systemet ges av

$$G^0(s) = (1 + G(s)(1 + \Delta_G(s)$$

där $\Delta_G(s) = \frac{10}{s+10}$. Använd robusthetskriteriet för att undersöka om det sanna återkopplade systemet är stabilt då regulatorn $F(s)$ används för att styra det sanna sysemet $G^0(s)$.

(3p)

(c) Betrakta följande system på tillståndsform

$$\dot{x}(t) = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 0 & -4 \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} u(t)$$

$$y(t) = (1 \quad 0)x(t)$$

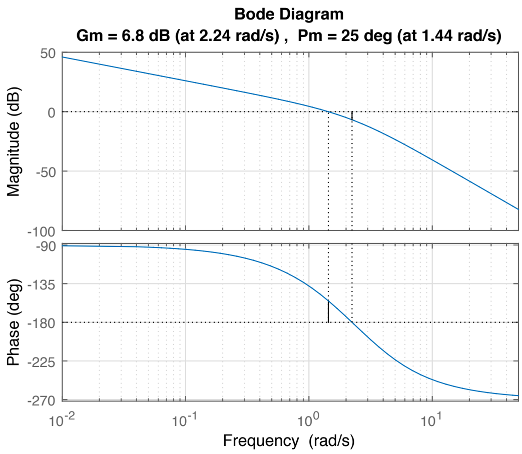
- Ta fram en tillståndsåterkoppling

$$u(t) = -l_1x_1(t) - l_2x_2(t) + l_0r(t)$$

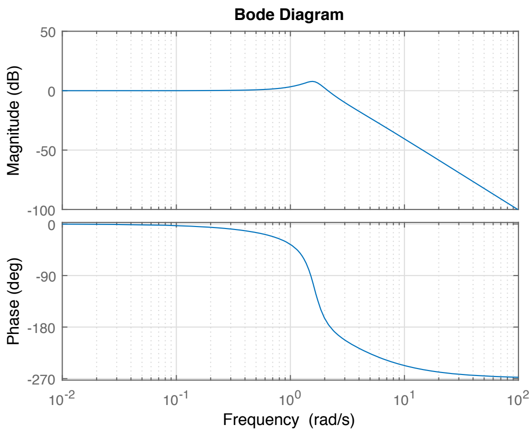
så att det återkopplade systemets poler blir -4 och -1.

- Betrakta åter systemet i uppgift b). Går det att finna en tillståndsåterkoppling så att det återkopplade systemets poler kan placeras godtyckligt?

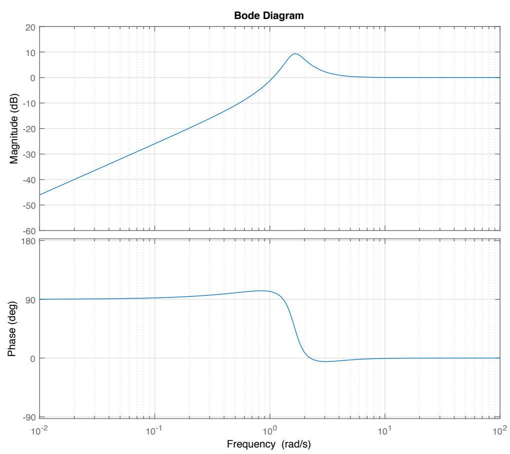
(5p)



(a) Bodediagram för $F(s)G(s)$

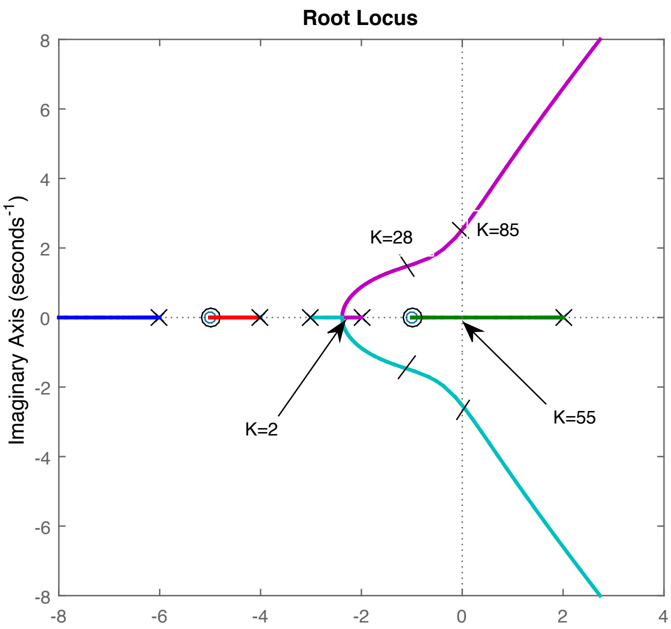


(b) Bodediagram för $\frac{F(s)G(s)}{1+F(s)G(s)}$



(c) Bodediagram för $\frac{1}{1+F(s)G(s)}$

Figur 4: Bodediagram till uppgift 4.



Figur 5: Rotort med avseende på K för det återkopplade systemet i uppgift 5.

5. Systemet $G(s)$ med insignalen u och utsignalen y skall följa referenssignalen r och styrs med regulatorn

$$U(s) = K(R(s) - Y(s))$$

Rotorten med avseende på K för det återkopplade systemet visas i figur 5.

Besvara nedanstående frågor och motivera svaren.

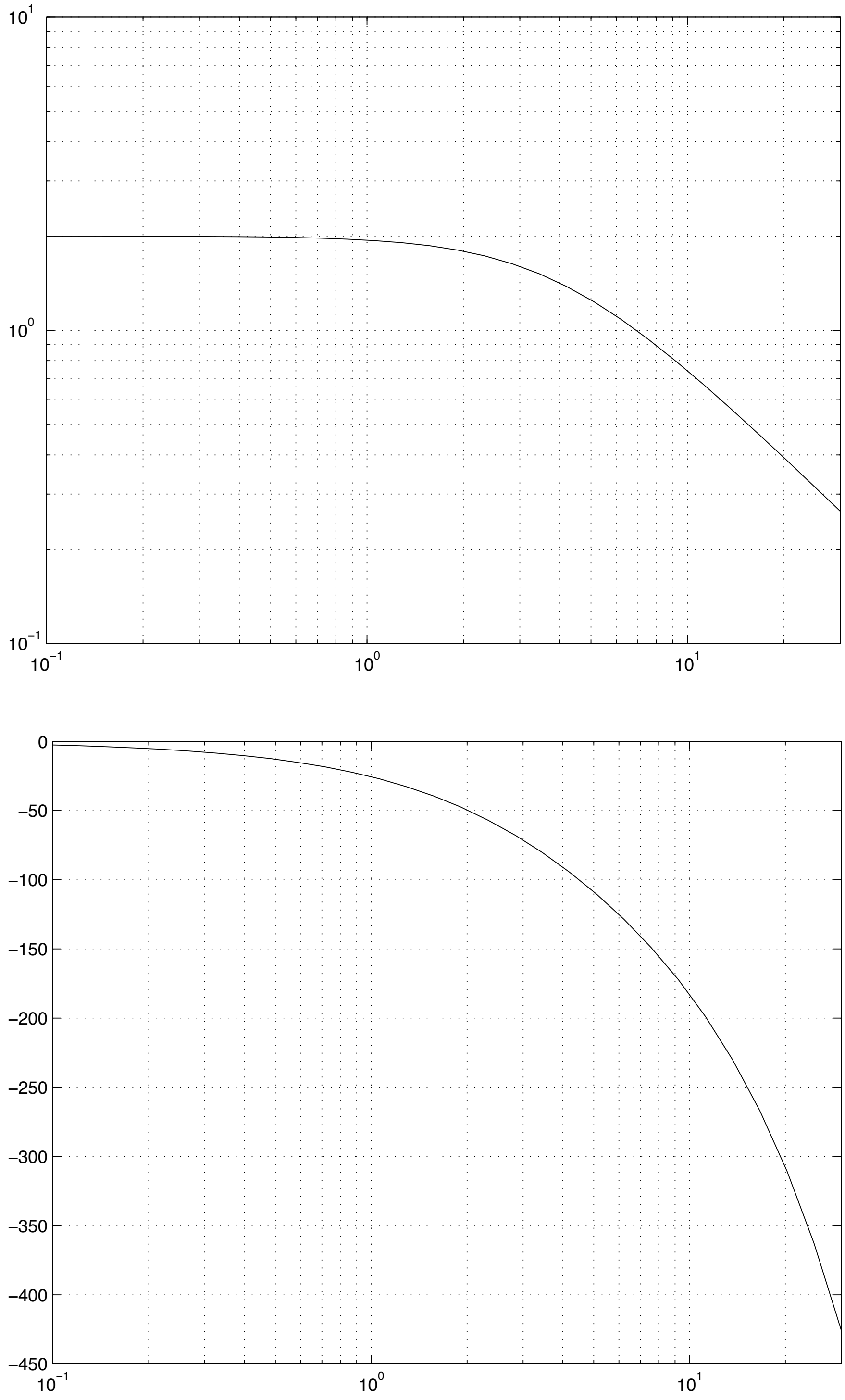
(a) För vilka K-värden är systemet stabilt? (2p)

(b) För vilka K-värden är samtliga poler reella? (2p)

(c) För vilka K-värden kan man uppnå ett stabilt och väl dämpat system? (Låt väl dämpat betyda att varje pol har en realdel som är till beloppet större än imaginärdelen.) (2p)

(d) Vilka gradtal har G i täljare och nämnare? (2p)

(e) Vad blir det stationära felet om referenssignalen är en ramp? (2p)



Figur 6: Bodediagram till uppgift 3