TENTAMEN I TSRT19 REGLERTEKNIK

TID: 2018-04-03 kl. 14:00-19:00

KURS: TSRT19 Reglerteknik

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 5

ANSVARIG LÄRARE: Johan Löfberg, tel. 070-3113019

BESÖKER SALEN: cirka kl. 15:00, 17:30

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

TILLÅTNA HJÄLPMEDEL:

1. *T. Glad & L. Ljung*: ”Reglerteknik. Grundläggande teori” eller liknande bok i reglerteknik
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

Inläsningsanteckningar får finnas i böckerna.

LÖSNINGSFÖRSLAG: Finns på kursens websida efter tentans slut.

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) Vilket av systemen nedan har kortast stigtid?

$$G_1(s) = \frac{4}{s^2 + 2s + 4} \qquad G_2(s) = \frac{16}{s^2 + 4s + 16}$$

(2p)

(b) Antag att insignalen till systemet

$$Y(s) = \frac{2}{s+4} U(s)$$

ges av $u(t) = 4 \sin 3t$. Ange utsignalen i stationärt tillstånd. (3p)

(c) Ett system ges av tillståndsmodellen

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

För vilka α är systemet styr- och observerbart? (3p)

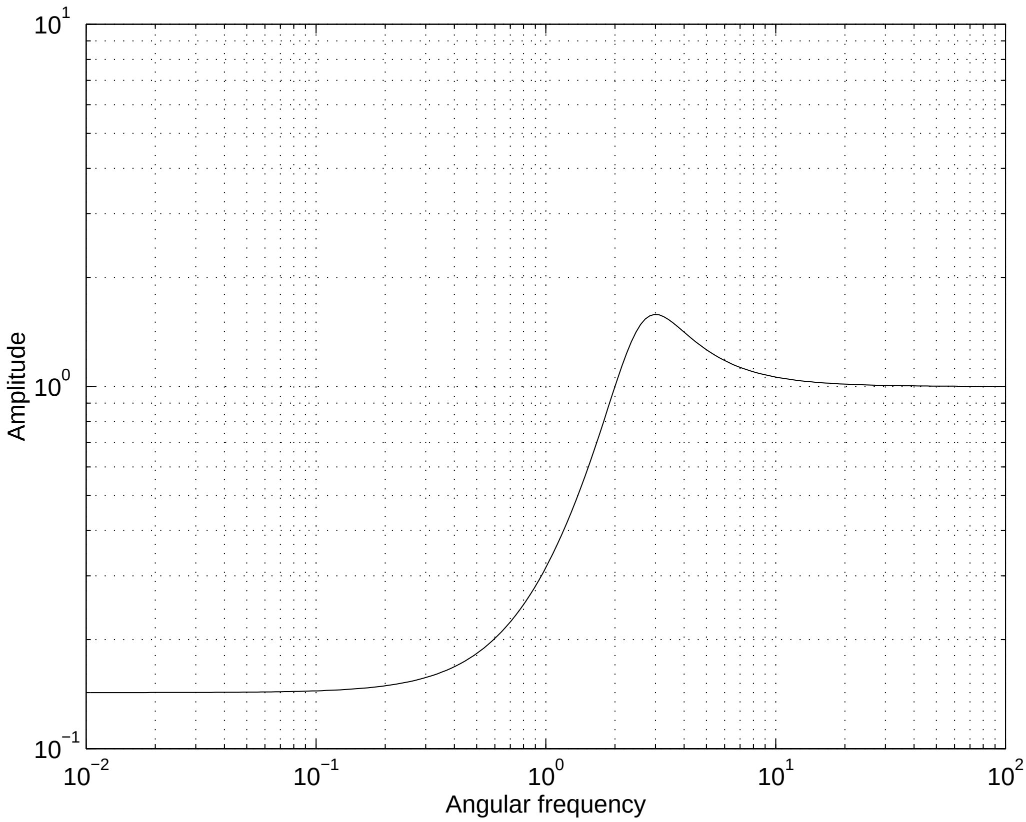
(d) Ett system beskrivs av sambandet

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

där $v(t)$ är en sinusformad störning $v(t) = A \sin \omega t$. Systemet styrs med återkoppling

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

där $r(t) \equiv 0$. Absolutbeloppet för den resulterande känslighetsfunktionen ges i figuren på nästa sida. För vilka vinkelfrekvenser hos $v(t)$ gör återkopplingen nytta? För vilken vinkelfrekvens är den sämst? (2p)



Figur 1: Amplitudkurva för känslighetsfunktionen i uppgift 1 (d)

2. (a) Systemet

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

där

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

styrs med PI-återkopplingen

$$u(t) = K(e(t) + \frac{1}{T_I}\int_0^t e(\tau)d\tau)$$

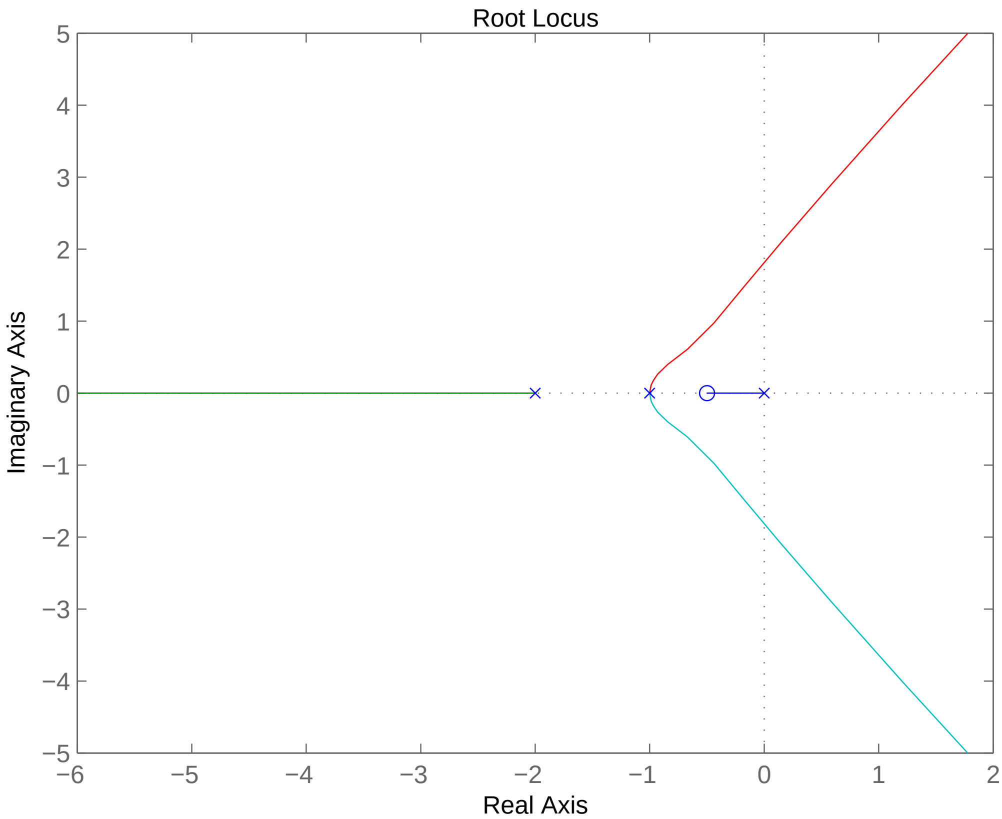
Antag att K och T_I valts så att det återkopplade systemet är asymptotiskt stabilt och att referenssignalen ges av

$$r(t) = \begin{cases} 0 & t \leq 0 \\ At & t > 0 \end{cases}$$

Ange det stationära reglerfelet. (4p)

(b) Antag nu att man sätter $T_I = 2$. I figuren på nästa sida visas en rotort med avseende på K. Beskriv vad rotorten berättar för oss här. (4p)

(c) Vilken avvägning måste man göra vid valet av K utgående från resultaten i a) och b)? (2p)



Figur 2: Rotort i uppgift 2

3. Ett system bestående av en mekanisk last förbunden med en motor via en elastisk axel kan beskrivas med modellen

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

där

$$G(s) = \frac{k \cdot \omega_0^2}{s(\tau s + 1)(s^2 + 2\zeta_1\omega_0 s + \omega_0^2)}$$

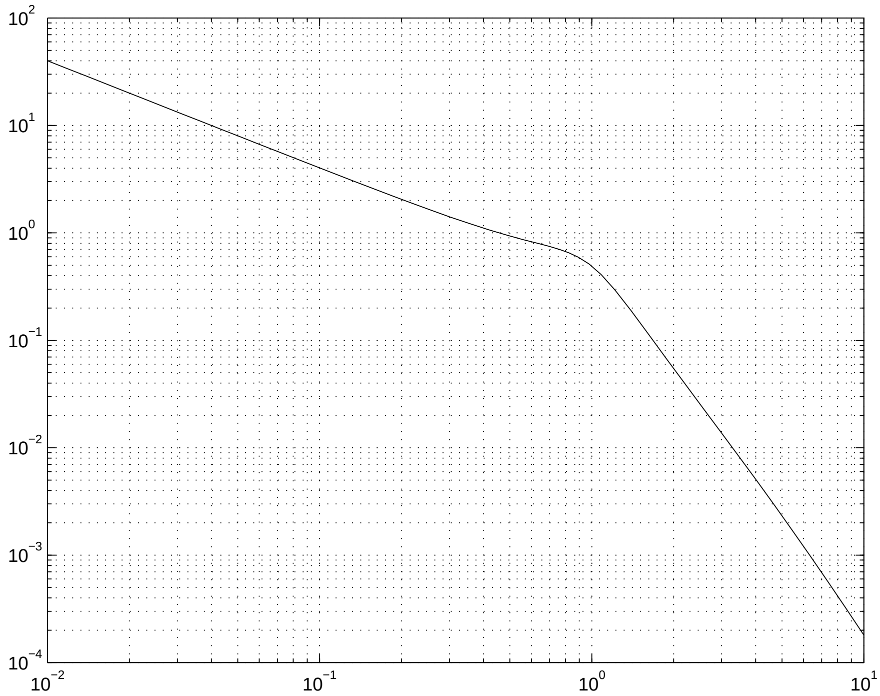
samt $k = 0.4, \tau = 0.2, \omega_0 = 1$ och $\zeta_1 = 0.4$. Modellens Bodediagram ges av figuren på nästa sida.

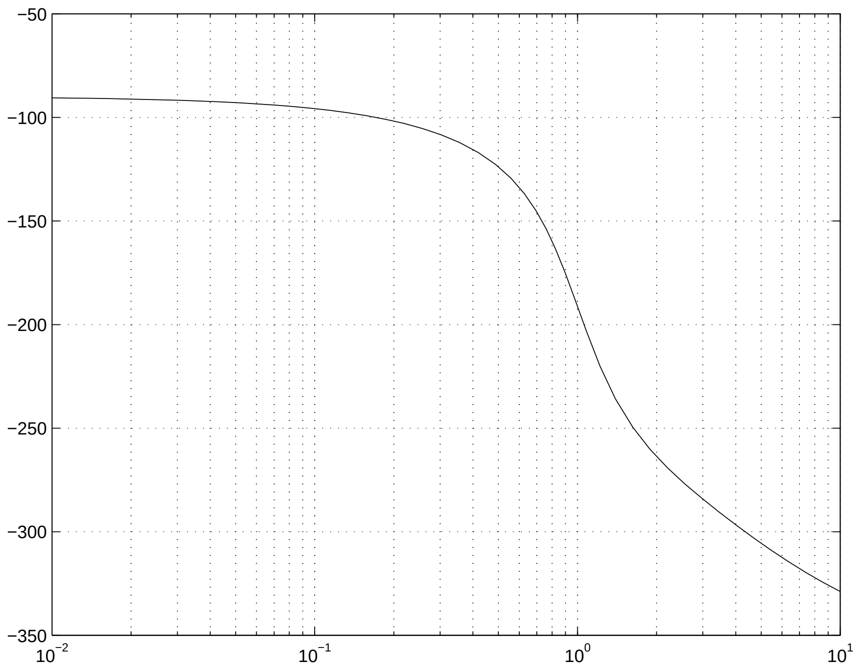
(a) När systemet styrs med proportionell återkoppling

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

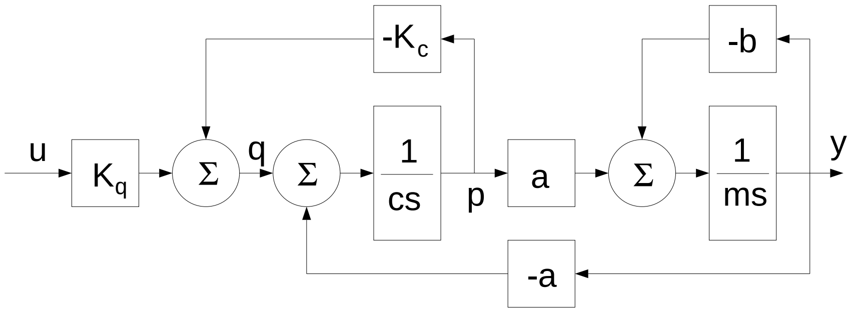
där $F(s) = 1$ fås ett stegsvar med acceptabel dämpning, men det är alltför långsamt. Beräkna en annan återkoppling $F(s)$ sådan att stigtiden för det återkopplade systemet halveras jämfört med när $F(s) = 1$ används, utan att dämpningen försämras. Dessutom skall det återkopplade systemet uppfylla att $\mid e_1 \mid < 0.01$. (7p)

(b) Ange absolutbeloppet för känslighetsfunktionen vid vinkelfrekvensen 0.1 rad/s för det reglersystem som bestämdes i a) ovan. (3p)


10^{2}
10^{1}
10^{0}
10^{-1}
10^{-2}
10^{-3}
10^{-4}
10^{-2}
10^{-1}
10^{0}
10^{1}


−50
−100
−150
−200
−250
−300
−350
10^{-2}
10^{-1}
10^{0}
10^{1}

4. Figuren nedan visar en förenklad modell av ett hydraulsystem bestående av ventil, cylinder och kolv. Variablerna u, y, q och p betecknar ventilöppning, kolvhastighet, oljeflöde respektive tryck. De olika konstanterna beskriver systemets mekaniska och hydrauliska egenskaper.



(a) Antag att man inför tillståndsvariablerna $x_1(t) = y(t)$ och $x_2(t) = p(t)$. Verifiera att systemet kan skrivas på tillståndsformen

$$\dot{x}(t) = \begin{pmatrix} -\frac{b}{m} & \frac{a}{m} \\ -\frac{a}{c} & -\frac{K_c}{c} \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{K_q}{c} \end{pmatrix} u(t) \qquad y(t) = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix}$$

(3p)

(b) Betrakta åter modellen i uppgift a). Sätt alla konstanter till ett och beräkna en tillståndsåterkoppling på formen

$$u(t) = -l_1 x_1(t) - l_2 x_2(t) + r(t)$$

så att det återkopplade systemets poler placeras i $-2 \pm 2i$. (4p)

(c) Ange överföringsfunktionen för det återkopplade system som erhålls med återkopplingen som beräknades i uppgift b). (3p)

5. En regulator $F(s)$ konstrueras med hjälp av modellen $G(s)$ så att det återkopplade systemet

$$G_c(s) = \frac{F(s)G(s)}{1 + F(s)G(s)}$$

får önskade egenskaper.

(a) 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

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

där α är ett reellt tal som uppfyller $\mid \alpha \mid < 0.5$. Vilket krav måste enligt bokens robusthetskriterium ställas på amplitudkurvan för det återkopplade systemet, d v s $\mid G_c(i\omega) \mid$, som konstrueras för att man skall kunna garantera stabilitet då $F(s)$ används på systemet $G^0(s)$? (3p)

(b) Verifiera att kravet på $G_c(s)$ som fås i uppgift a) medför att det reglersystem som konstrueras måste ha en amplitudmarginal som uppfyller

$$A_m > 1.5$$

(3p)

(c) Verifiera att kravet i uppgift a) även medför att reglersystemet måste ha en fasmarginal som uppfyller

$$\phi_m > \arccos(7/8) \approx 29^\circ$$

(4p)