



Försättsblad till skriftlig tentamen vid Linköpings universitet

Datum för tentamen	2015-06-08
Sal (1) (Om tentan går i flera salar ska du bifoga ett försättsblad till varje sal och ringa in vilken sal som avses)	TER1, TER2
Tid	14:00–19:00
Kurskod	TSRT19
Provkod	TEN1
Kursnamn/benämning	Reglerteknik
Institution	ISY
Antal uppgifter som ingår i tentamen	5
Jour/kursansvarig (Ange vem som besöker salen)	Inger Erlander Klein
Telefon under skrivtiden	013-281665,0730-916919
Besöker salen cirka kl.	15:00, 16:30, 18:00
Kursadministratör/ kontaktperson (Namn, telefonnummer, mejladress)	Ninna Stensgård, 013-282225, ninna.stensgard@liu.se
Tillåtna hjälpmedel	1. <i>T. Glad & L. Ljung</i> : ”Reglerteknik. Grundläggande teori” eller liknande bok i reglerteknik 2. Tabeller och formelsamlingar, t.ex.: <i>L. Råde & B. Westergren</i> : ”Mathematics handbook”, <i>C. Nordling & J. Österman</i> : ”Physics handbook”, <i>S. Söderkvist</i> : ”Formler & tabeller” 3. Miniräknare utan färdiga program Inläsningsanteckningar får finnas i böckerna.
Övrigt	—
Vilken typ av papper ska användas, rutigt eller linjerat	Rutigt
Antal exemplar i påsen	

TENTAMEN I TSRT19 REGLERTEKNIK

SAL: TER1, TER2

TID: 2015-06-08 kl. 14:00–19:00

KURS: TSRT19 Reglerteknik

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 5

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

BESÖKER SALEN: cirka kl. 15:00, 16:30, 18:00

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.

VISNING av tentan äger rum 2015-06-08, kl. 14.00–19.00 i Reglertekniks bibliotek, B-huset, ingång 25, A-korridoren till vänster.

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) Ställ upp systemet

$$G(s) = \frac{s^2 + 1}{s^3 + 5s^2 + 4s + 3}$$

på tillståndsform.

(2p)

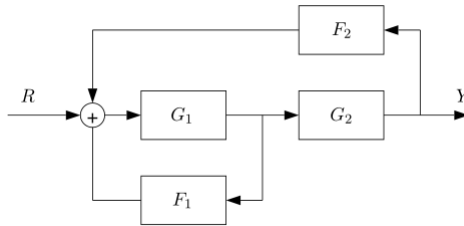
- (b) Ett steg med amplituden 3 läggs på ingången till systemet

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

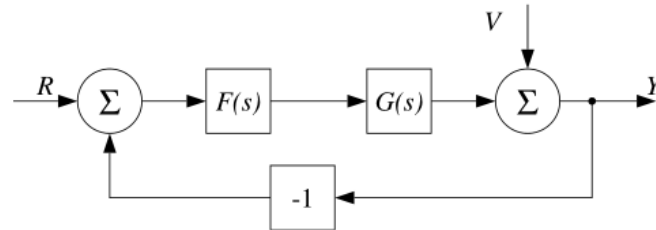
Vad blir utsignalen när alla transienter klingat av? Motivera. (2p)

- (c) Vilka fördelar skulle man uppnå om man kunde konstruera ett reglersystem vars känslighetsfunktion är mycket liten vid alla frekvenser? (2p)

- (d) Ett reglersystem beskrivs av nedanstående blockdiagram. Ange överföringsfunktionen från R till Y . (4p)



2. (a) Betrakta systemet nedan

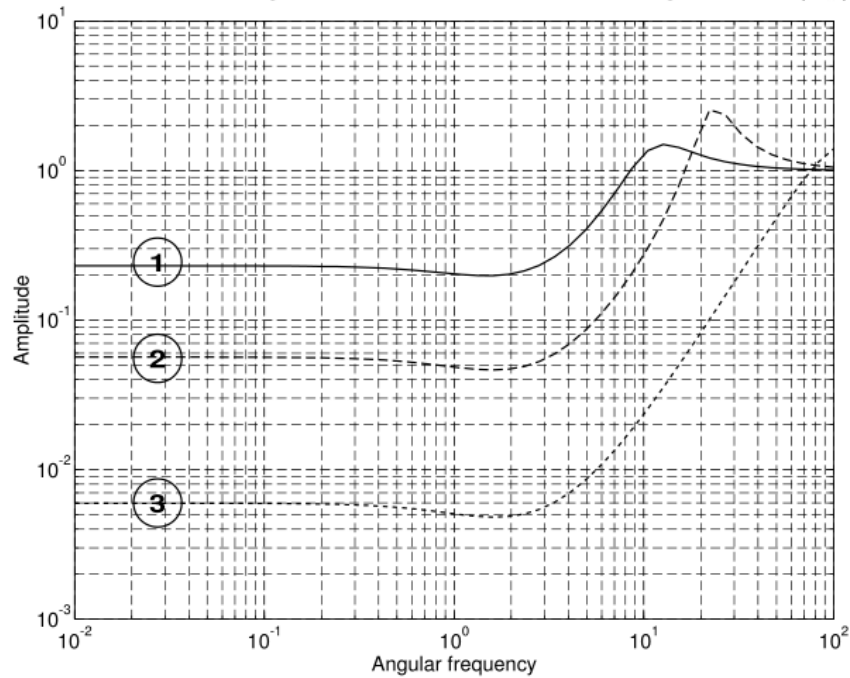


där

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

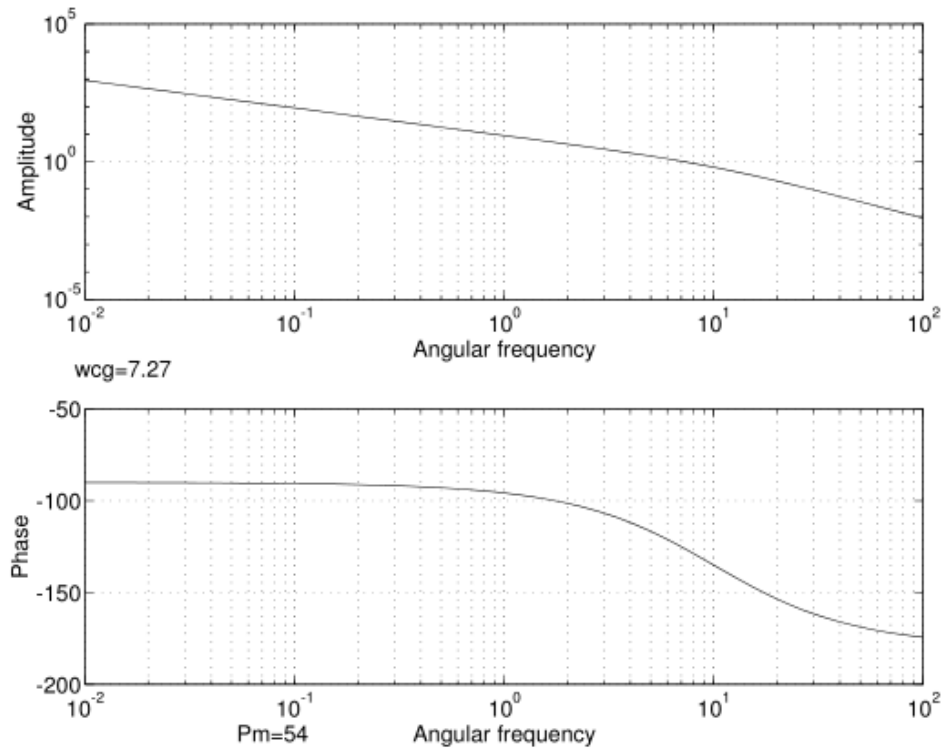
Eftersom störningen v kan mätas vill man utnyttja denna kunskap i regulatorn. Rita ett blockschema som visar en sådan regulatorstruktur, samt ange en regulator så att v inte påverkar utsignalen. (2p)

- (b) Betrakta blockschemat i uppgift 2(a) ovan. Antag att störningen v inte är mätbar. Man vet dock att störningens huvudsakliga energiinnehåll finns vid 20 rad/s. I figuren nedan finns känslighetsfunktionen för systemet ovan med 3 olika val av regulatorer F . Vilken regulator är att föredra? Motivera noga.

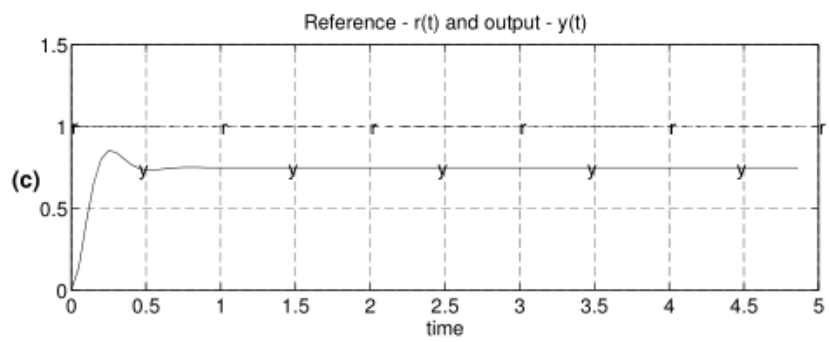
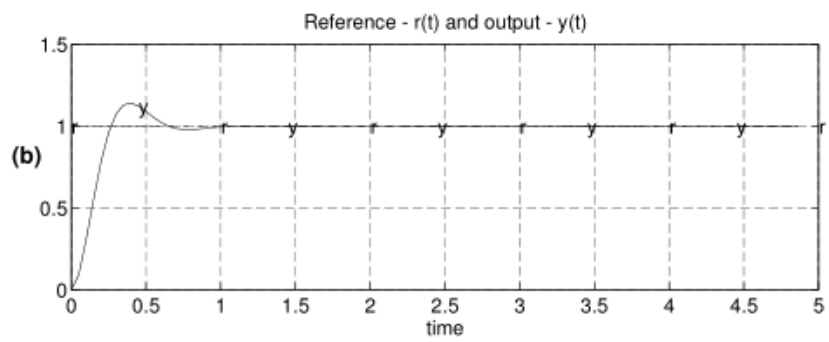
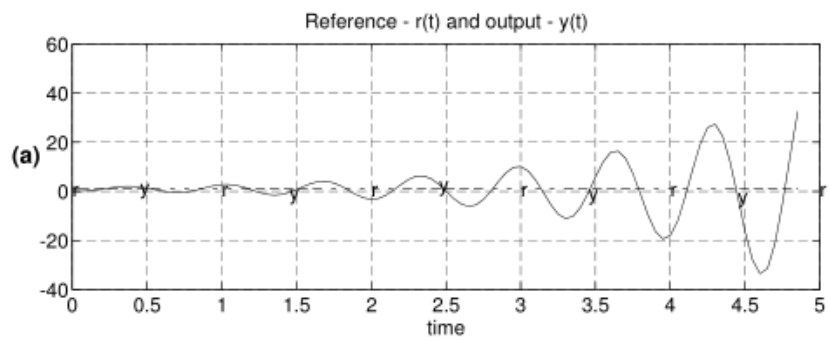


(2p)

- (c) För ett system har man experimentellt bestämt bodediagrammet för det öppna systemet enligt nedan.

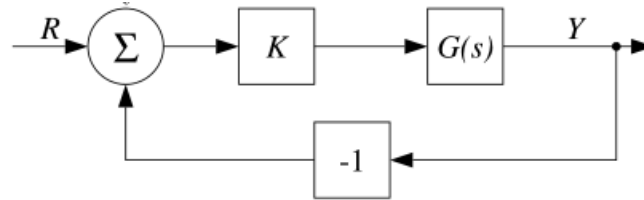


Systemet återkopplas med P-återkoppling där $K = 1$. I figurerna (a)-(c) på nästa sida finns 3 olika stegsvar. Vilket stegsvar kan tänkas vara stegsvaret för det slutna systemet som svarar mot bodediagrammet ovan? Motivera noga.



(3p)

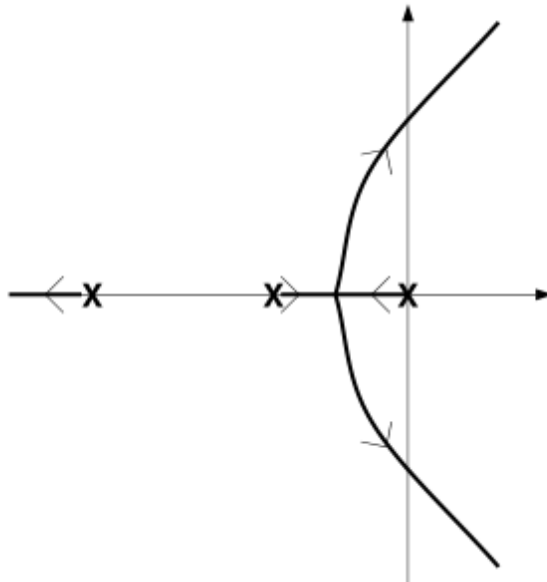
(d) Betrakta systemet



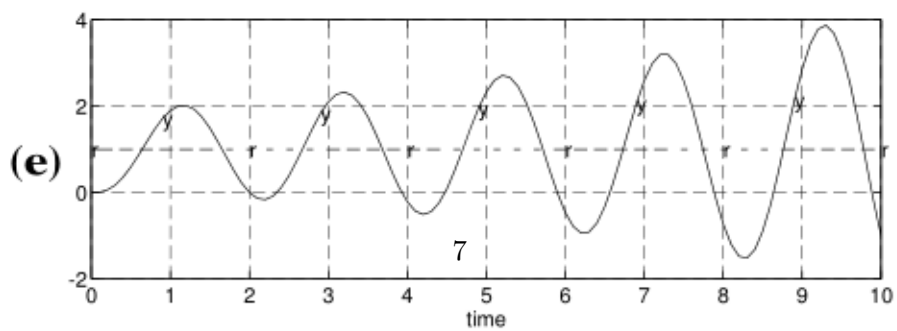
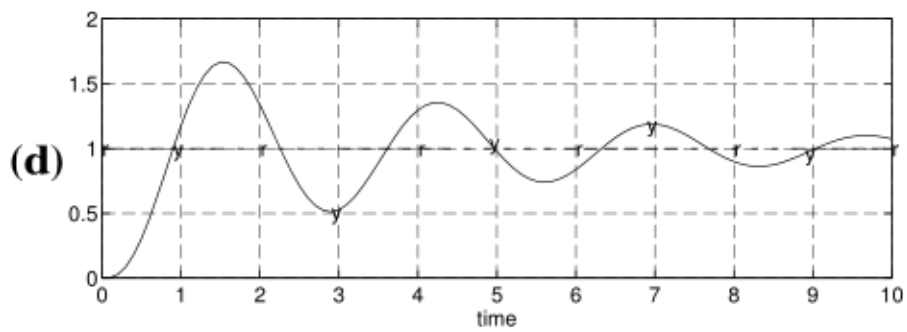
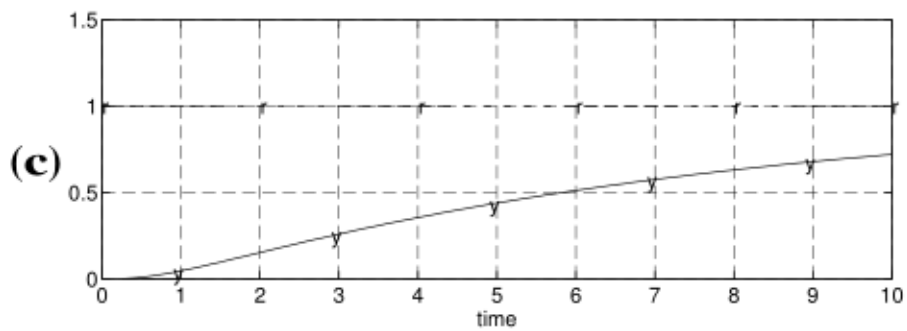
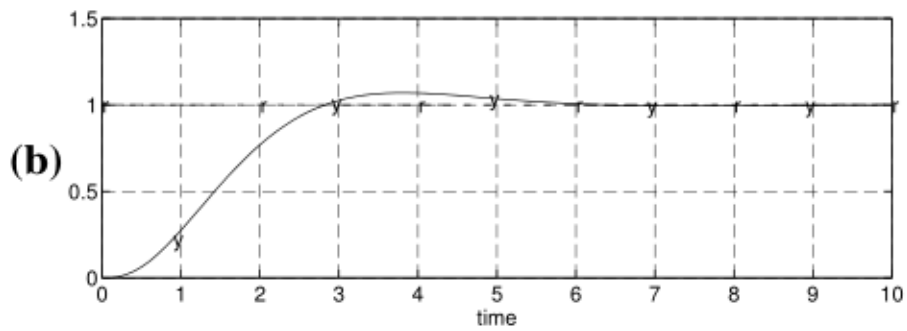
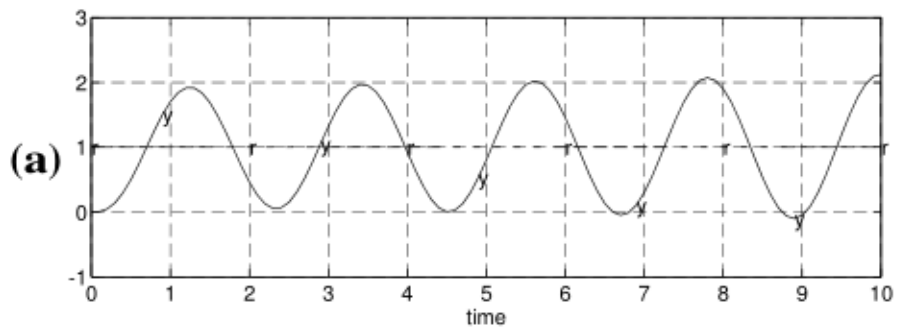
Man har gjort ett antal stegsvarexperiment för fem olika värden på K :

$$K = 1, K = 6, K = 30, K = 50, K = 60$$

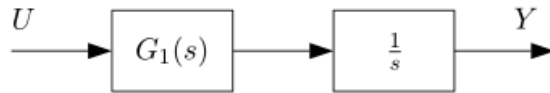
I figuren nedan finns polernas läge plottade med avseende på K .



Resultaten av stegsvarexperimenten är sammanfattade i figur (a)-(e) på nästa sida. Para ihop rätt K -värde med rätt stegsvar. Motivera nogga. (3p)



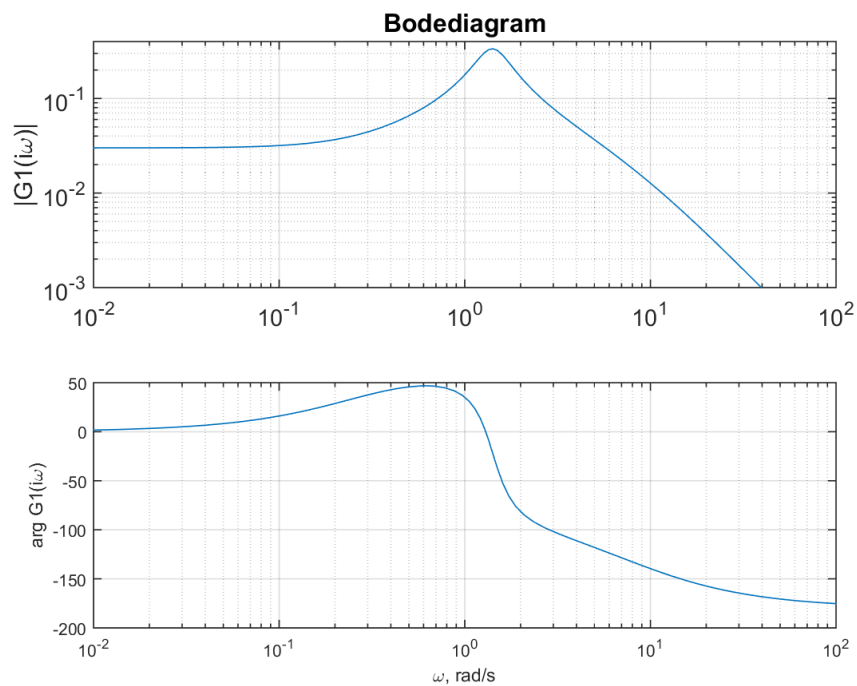
3. Studera systemet nedan. Bodediagrammet för $G_1(s)$ ges i figur 1. Ob-



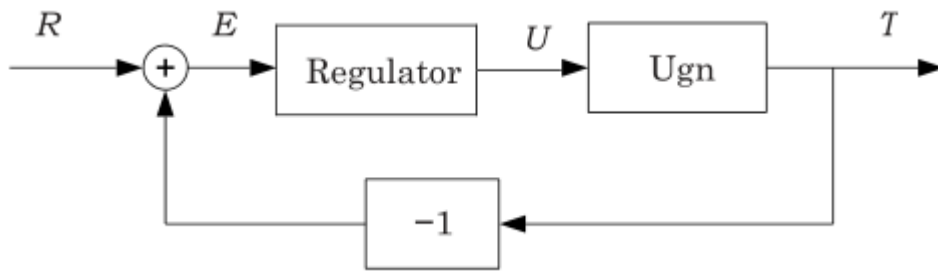
servera att systemet ovan innehåller en integrator som inte finns med i bodediagrammet (eftersom det bara är för $G_1(s)$). Ange en regulator för systemet ovan så att

- Fasmarginalen för det kompenserade systemet är 40 grader.
- Det slutna systemet är dubbelt så snabbt som vad som är möjligt att uppnå med ren P-reglering och 40 graders fasmarginal.
- Det stationära felet då referenssignalen är en ramp är 100 gånger mindre än motsvarande fel vid ren P-reglering med 40 graders fasmarginal.

(10 p)



Figur 1: Bodediagram



Figur 2: Blockschemat till uppgift 4.

4. Blockschemat i figur 2 beskriver reglersystemet som styr temperaturen i en ugn.

(a) Blocket "Regulator" har felet $e(t)$ som insignal, och ger utsignalen (styrsignalen) $u(t)$ enligt följande regler:

- $u(t) = u_{\max}$ om $e(t) > 0$
- $u(t) = 0$ om $e(t) \leq 0$.

Visa att regulatorn inte är linjär. (3p)

(b) Ugnen kan antas vara ett linjärt system från styrsignal till temperatur med en överföringsfunktion av typen

$$G(s) = \frac{a}{(s+b)(s+c)}$$

Om man vill använda en linjär regulator, bör man välja en P- eller PI-regulator? Motivera ditt svar. (3p)

(c) Man har designat en regulator $F(s)$ till ett system $G(s)$ som ger ett stabilt slutet system, men upptäcker att det sanna systemet, $G^0(s)$, har en tidsfördröjning. Vilken information behövs för att avgöra om det sanna slutna systemet är stabilt?

- (i) Det räcker att ha Bodediagrammet för $F(s)G(s)$.
- (ii) Det räcker att känna slutna systemets poler.
- (iii) Både Bodediagram och poler behövs.

Motivera ditt svar. (4p)

5. Betrakta systemet

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

(a) Beräkna en tillståndsåterkoppling som placerar det återkopplade systemets poler i -2 . (2p)

(b) Antag att förstärkningen i regulatorn varierar dvs att

$$u(t) = -K \cdot Lx(t) + l_0 r(t)$$

där $K \geq 0$.

Besvara följande frågor genom att undersöka hur polernas läge beror av K :

- Finns det något värde på K så att självsvängning fås?
- Finns det något värde på K så att stegsvaret uppvisar svängningar?
- För vilka K är systemet stabilt?

(4p)

(c) Antag att endast utsignalen y kan mätas och att vi därför behöver en observatör. Går det att placera observatörens poler godtyckligt? Var skulle du placera observatörens poler? Motivera! (Observera att du inte behöver ta fram en observatör.) (4p)