



LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

Institutionen för  
**REGLERTEKNIK**

## Tentamen i Systemteknik/Processreglering

29 augusti 2012 kl 8–13

### Poängberäkning och betygssättning

Tentamen omfattar totalt 20 poäng (Systemteknik) eller 25 poäng (Processreglering). Poängberäkningen finns markerad vid varje deluppgift. Preliminära betygsgränser:

Systemteknik:	Processreglering:
Betyg 3: 10 poäng	Betyg 3: 12 poäng
4: 14 poäng	4: 17 poäng
5: 17 poäng	5: 21 poäng

**OBS! Lösningar och svar till alla uppgifter skall vara klart motiverade! Ett svar som helt saknar motivering ger noll poäng.**

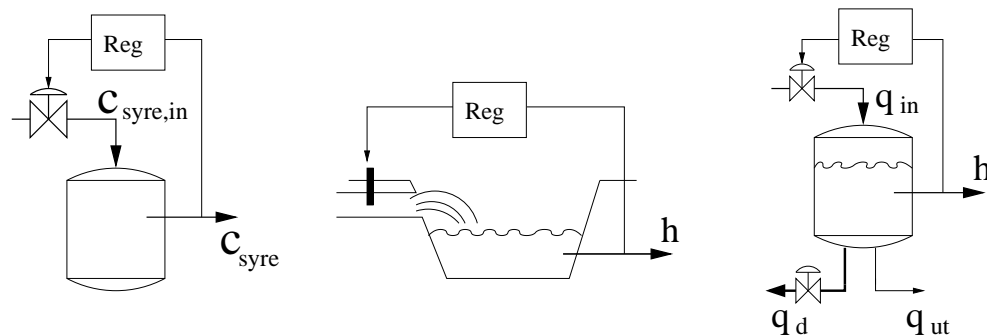
### Tillåtna hjälpmedel

Matematiska tabeller (TEFYMA eller motsvarande), formelsamling i reglerteknik samt icke förprogrammerade räknare.

### Tentamensresultat

Resultatlistor anslås senast den 5 september på institutionens anslagstavla samt på kurschemsidorna. För visning, var vänlig kontakta Mikael Lindberg.

1. Nedan finns tre reglersystem beskrivna. Förklara för varje system hur man skulle kunna förbättra regleringen genom att ändra eller utöka regulatorn/regulatorstrukturen och rita ett blockdiagram av det förbättrade systemet. Figur 1 visar de olika reglersystemen.
  - a. Bakterier odlas i en bioreaktor. Man vill gärna hålla syrekonzentrationen  $c_{syre}$  i tanken på en viss konstant nivå  $c_{syre}^0$  som maximerar bakterietillväxten. Man reglerar därför syrekonzentrationen med en P-regulator som varierar syrekonzentrationen  $c_{syre,in}$  i inflödet. Syrekonzentrationen kommer nära börvärdet, men når aldrig exakt upp till det önskade värdet. (1 p)
  - b. Vattennivån  $h$  i en damm regleras genom att variera inflödet. Regleringen fungerar dock inte så bra, och undersökningar har visat att inflödet  $q_{in}$  inte alltid blir som önskat. Tidigare antogs att inflödet är proportionellt mot dammluckans öppningsgrad. P.g.a. olika störningar, såsom variationer i flödet eller föremål i vattnet, har detta visat sig vara fel. Från undersökningarna har man lämnat kvar en sensor. Den sitter efter dammluckan och mäter inflödet till dammen. (1.5 p)
  - c. En reservoartank regleras så att vattennivån  $h$  är konstant. Inflödet till tanken  $q_{in}$  är styrsignalen. Tanken har två olika utlopp: ett mindre med utflöde  $q_{ut}$  och ett större med utflöde  $q_d$ . Genom det mindre flödar det jämt ut en liten mängd vatten som varierar lite. Det större är normalt stängt, men i oregelbundna tidsintervaller används det för att ta ut större mängder vatten. Regulatorn klarar av regleringen bra om kranen till det större utloppet är stängd, men det tar mycket tid att reglera bort höjdskillnaden då den blir öppnad. Flödet genom det större utloppet kan mätas. (1.5 p)



Figur 1 Processer i uppgift 1

2. Rita stegsvaret för vart och ett av nedanstående linjära system:

a.  $G(s) = \frac{3}{s}$  (1 p)

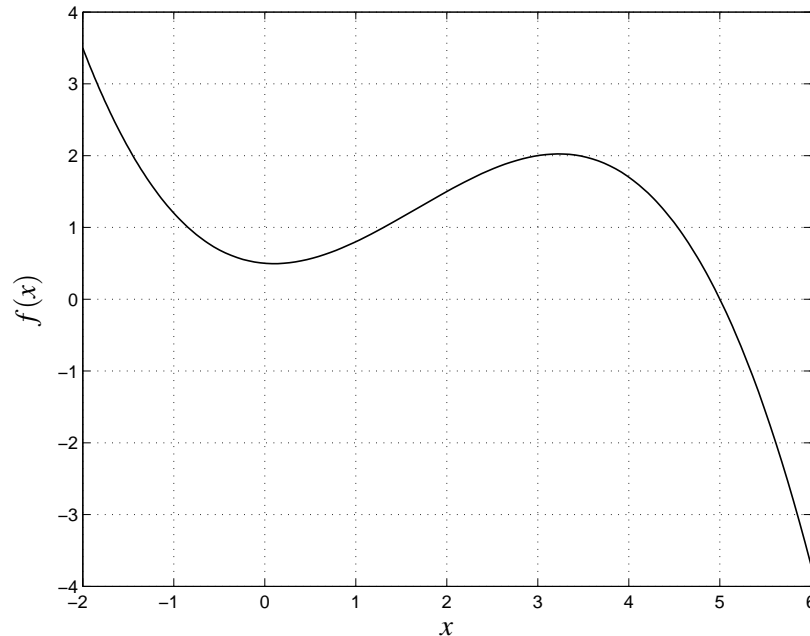
b.  $\dot{x} = -2x + u$   
 $y = x$  (2 p)

c.  $G(s) = \frac{1}{1 + 5s} e^{-10s}$  (2 p)

3. Ett olinjärt dynamiskt system beskrivs av differentialekvationen

$$\frac{dx}{dt} = f(x)$$

där den olinjära funktionen  $f(x)$  visas i figur 2. Finn systemets stationära punkt och linjärisera systemet kring denna. Är det linjäriserade systemet stabilt? (2 p)

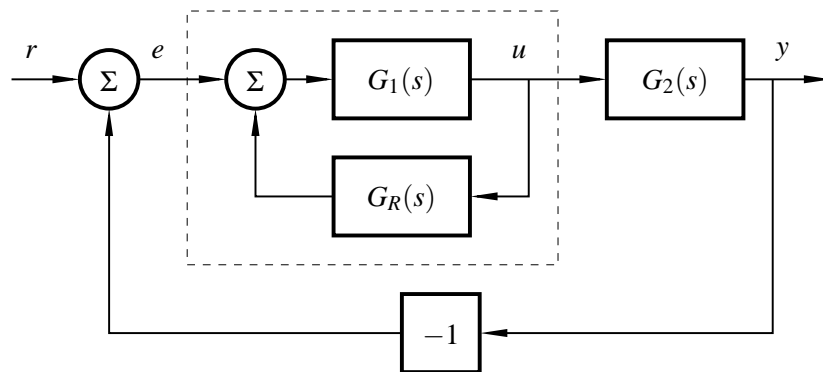


Figur 2 En olinjär funktion.

4. Figur 3 visar blockdiagrammet för ett återkopplat system där

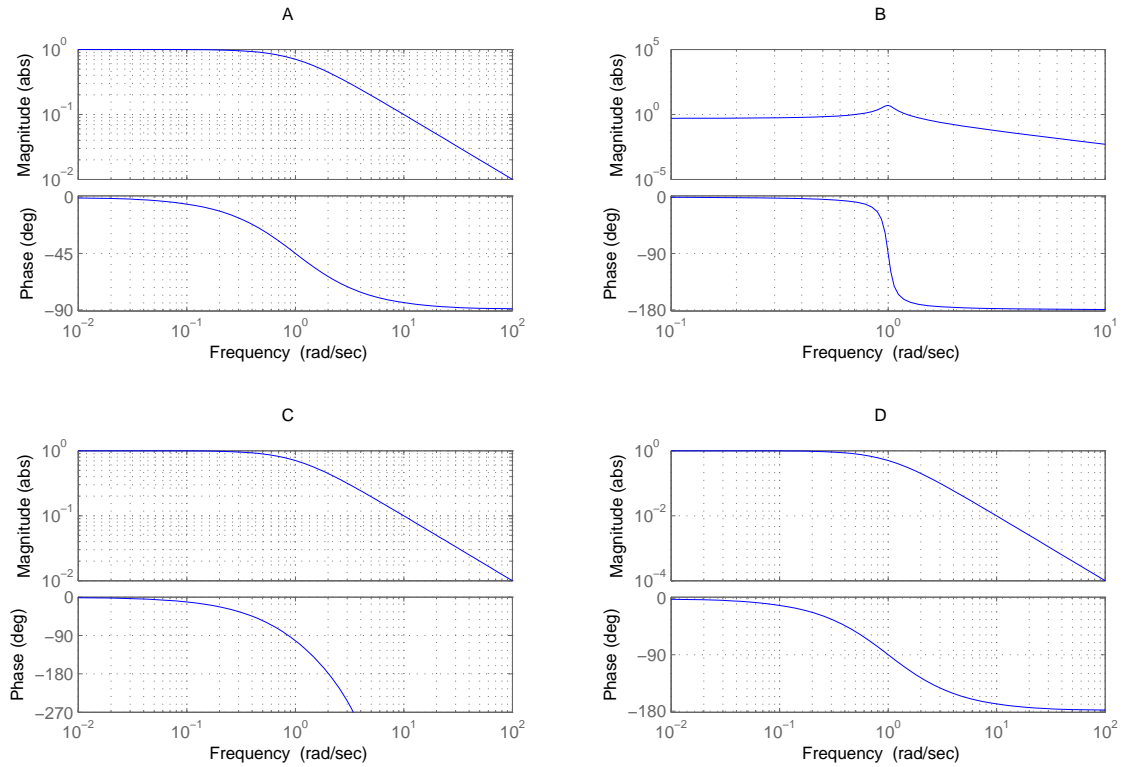
$$G_1(s) = \frac{1}{s-1}, \quad G_2(s) = \frac{1}{s}, \quad G_R(s) = K$$

- a. Beräkna det slutna systemets överföringsfunktion från  $r$  till  $y$ . (2 p)  
 b. För vilka värden på  $K$  är det slutna systemet asymptotiskt stabilt? (1 p)

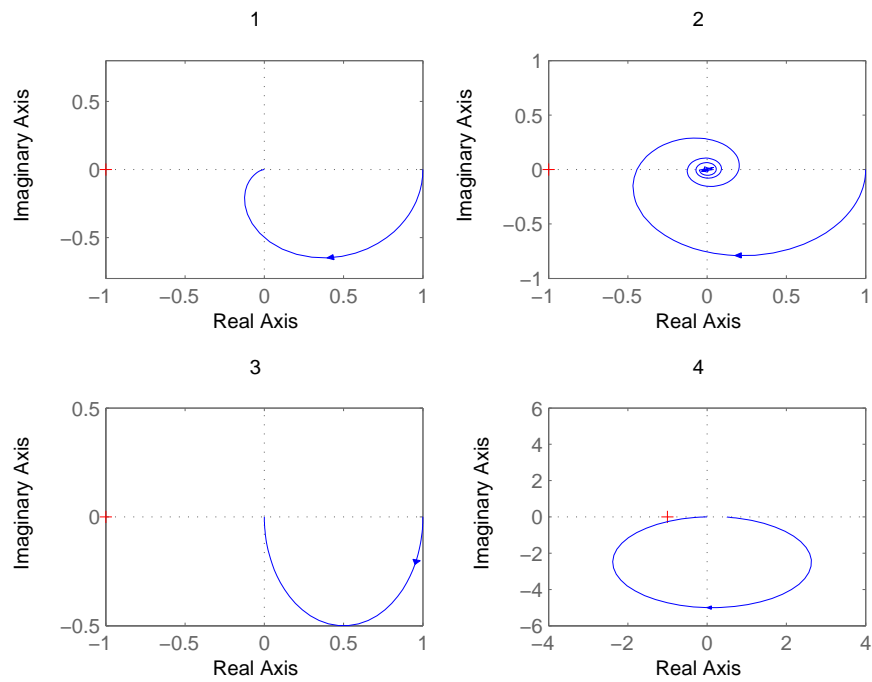


Figur 3 Blockdiagram i uppgift 4.

5. I figur 4 visas Bodediagrammen för fyra processer (A–D). Para ihop dessa med rätt Nyquistkurvor (1–4) i figur 5. Motivera dina svar. (2 p)

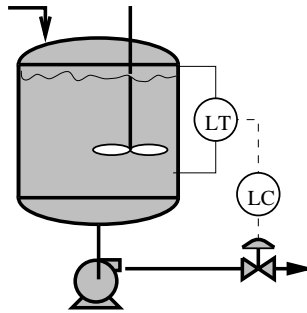


Figur 4 Bodediagram i uppgift 5.

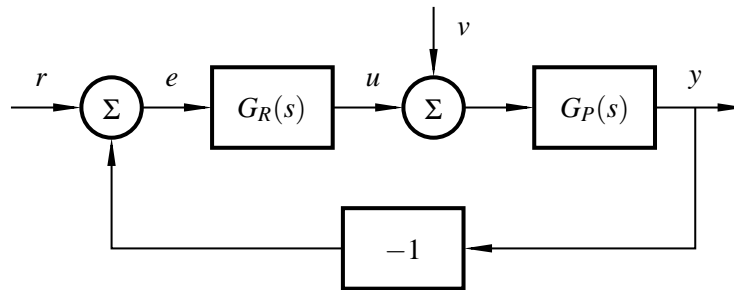


Figur 5 Nyquistkurvor i uppgift 5.

6. Bufferttanken i figur 6 kan beskrivas med överföringsfunktionen  $G_P(s) = \frac{4}{s}$  från utflöde  $u$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] till tanknivå  $y$  [m]. Tankens totala höjd är 1 m och referensnivån ligger på 0.5 m. Systemet regleras enligt blockdiagrammet i figur 7.



Figur 6 P/I-diagram för bufferttanken i uppgift 6.



Figur 7 Reglering av bufferttanken i figur 7.

- Utforma en P-regulator som styr utflödet från tanken så att höjden avviker maximalt  $\pm 0.5$  m vid en stegstörning i inflödet  $v$  på  $\pm 1$   $\text{m}^3/\text{h}$ . (2 p)
- Visa att den maximala avvikelsen från referensvärdet vid en stegstörning i inflödet  $v$  på  $\pm 1$   $\text{m}^3/\text{h}$  är  $\pm 2e^{-1} \approx \pm 0.74$  m då en PI-regulator används med  $K = 1$  och  $T_i = 1$ . (2 p)

## 7. Endast för Processreglering

En linjär flervariabel process beskrivs av överföringsmatrisen

$$G(s) = \begin{pmatrix} 0 & \frac{5}{1+5s} \\ \frac{10}{1+2s} & \frac{2}{1+10s} \end{pmatrix}$$

- Rita ett blockdiagram som visar hur insignalerna och utsignalerna är dynamiskt kopplade till varandra. (1 p)
- Vid reglering av processen med hjälp av två PI-regulatorer, hur bör mätsignalerna och styrsignalerna paras ihop? (En RGA-beräkning kan, men behöver inte, utföras.) (1 p)

## 8. Endast för Processreglering

En enkel termostaterad ugn har ett värmeelement som slås på när temperaturen  $T$  är  $\Delta T$  grader under referenstemperaturen  $T_{\text{ref}}$  och slås av när  $T$  är  $\Delta T$  grader över  $T_{\text{ref}}$ .

a. Rita en GRAFCET som visar hur ugnen fungerar. Antag att variablerna  $T$ ,  $T_{\text{ref}}$  och  $\Delta T$  är tillgängliga. Värmeelementet aktiveras med åtgärden Heat. (1 p)

b. Företaget du arbetar åt tillverkar en spis med två ugnar, och de vill att den ska fungera med samma säkring som till en spis med en ugn, så bara ett värmeelement kan vara på samtidigt. Den första ugnen har högst prioritet och slår av och på som vanligt, medan den andra ugnen ska slås av när den första är på.

Rita en GRAFCET som beskriver hur de två ugnarna fungerar tillsammans. Antag att variablerna  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_{\text{ref}_1}$ ,  $T_{\text{ref}_2}$  och  $\Delta T$  är tillgängliga. För att aktivera värmelementen i respektive ugn används åtgärderna Heat1 och Heat2. (2 p)