LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lunds universitet

Institutionen för
REGLERTEKNIK

Reglerteknik AK för CMN

Tentamen 19 december 2011 kl 08–13

Poängberäkning och betygssättning

Lösningar och svar till alla uppgifter skall vara klart motiverade. Tentamen omfattar totalt 25 poäng. Poängberäkningen finns markerad vid varje uppgift.

Betyg 3: lägst 12 poäng
4: lägst 17 poäng
5: lägst 22 poäng

Tillåtna hjälpmedel

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

Tentamensresultat

Resultatet anslås senast måndagen den 2 januari på institutionens hemsia och på anslagstavlan på vån 1 i Maskinhuset. Visning torsdagen den 5 januari kl 13.00 i lab C på första våningen.

1. Dynamiken för en motor ges av $Y(s) = G(s)U(s)$ där

$$G(s) = \frac{1}{s+4}$$

a. Beräkna stationär förstärkning, poler, och tidskonstant för motorn. (1.5 p)

b. Ange stegsvaret $y(t)$ för motorn. (1 p)

c. Vad blir slutna systemets överföringsfunktion från referensvärde r till utsignal y om motorn regleras med en P-regulator $u = K(r - y)$? (1 p)

d. Ange något problem som kan uppstå vid för hög förstärkning K. (0.5 p)

2. Betrakta systemet

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= \begin{bmatrix} -3 & 1 \\ 0 & -7 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} \alpha \\ 1 \end{bmatrix} u(t) \\ y(t) &= \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} x(t) \end{aligned}$$

a. Beräkna systemets poler. Är systemet stabilt? (1.5 p)

b. För vilka α är systemet styrbart? (1.5 p)

c. Välj $\alpha = 0$ och beräkna en tillståndsåterkoppling $u = -Lx + l_r r$ så att systemet får karakteristiskt polynom $s^2 + 10s + 100$. Den statiska förstärkningen ska vara 1. (3 p)

3. En modell för tillväxt av bakterier i en kultur ges av

$$\dot{x} = c\left(1 - \frac{x^2}{k}\right) + u$$

där c och k är modellparametrar, u är koncentrationen av syre och x är antalet bakterier. Betrakta u som insignal och antalet bakterier x som utsignal.

a. Är modellen för tillväxt av bakterier linjär? (0.5 p)

b. Bestäm de stationära punkterna (x^o, u^o) och linjärisera sedan systemet kring en av dem. (1.5 p)

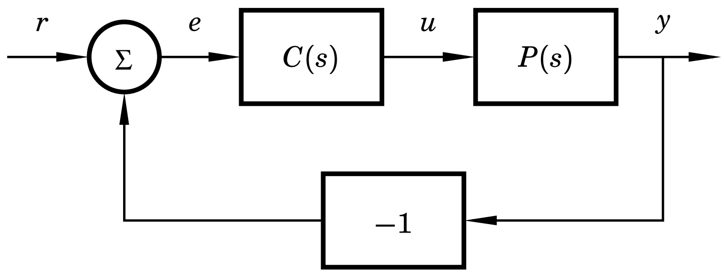
4. En förenklad modell av TCP-protokollets flödesreglering ges av kretsöverföringsfunktionen

$$G_0(s) = \frac{k}{s} e^{-s\tau}$$

där tidsfördröjningen τ beror på nätverksbelastning. Systemet återkopplas med -1.

a. Bestäm systemets skärfrekvens ω_c (dvs då $|G_0(i\omega_c)| = 1$). (1 p)

b. Bestäm hur k skall väljas för att man skall få 45 graders fasmarginal. (1 p)



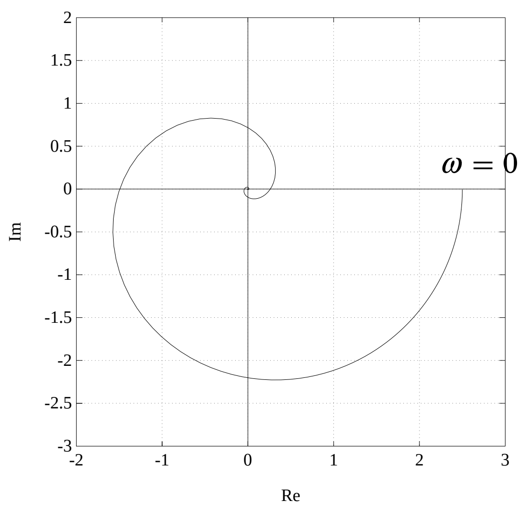
Figur 1 Blockschema för systemet i uppgift 5.

5. Antag att regulatorn $C(s) = \frac{1}{s-1}$ används för att styra processen $P(s) = \frac{s-1}{s}$ enligt figur 1.

a. Beräkna utsignalen $Y(s)$ då r är ett steg, dvs $R(s) = 1/s$. (1 p)

b. Innebär förkortningen av faktorn $(s-1)$ något större problem i praktiken? (1 p)

6. Betrakta Nyquist-kurvan i figur 2 för ett stabilt öppet system G.



Figur 2 Nyquist-kurva för öppet system G.

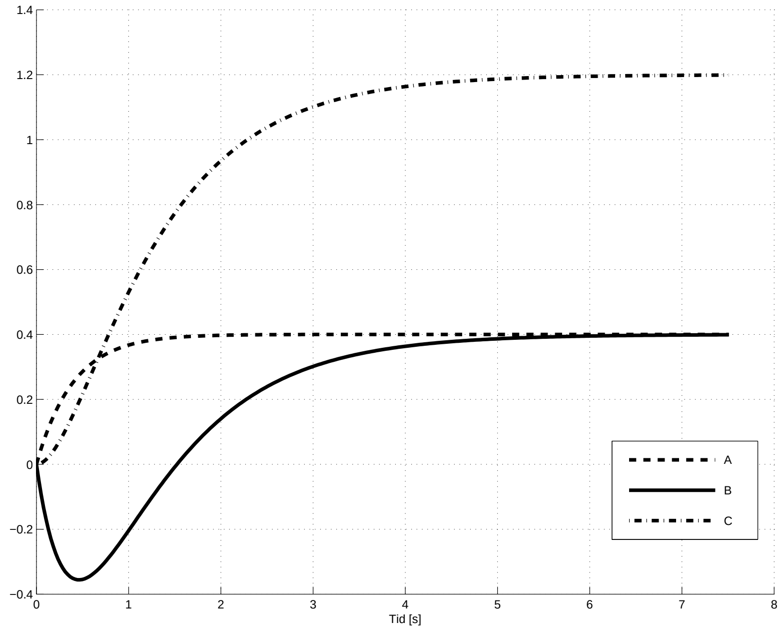
a. Systemet återkopplas med $u = -Ky$. För vilka $K > 0$ är slutna systemet stabilt? (1 p)

b. Antag att man vill få amplitudmarginal $A_m = 2$. Vilken förstärkning K skall då väljas? (1 p)

7. Betrakta systemet

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} -1 & 3 \\ 0 & -2.5 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t)$$
$$y(t) = \begin{bmatrix} 1 & -2 \end{bmatrix} x(t)$$

I figur 3 visas resultatet av en stegsvarssimulering av systemet (dvs när $u(t) = 1$ och $x(0) = 0$). Para ihop rätt kurva med tillstånden $x_1(t)$ och $x_2(t)$ samt utsignalen $y(t)$. (Som vanligt skall svaret vara väl motiverat.) (1 p)

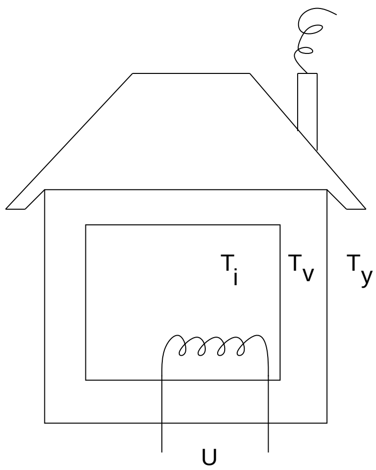


Figur 3 Stegsvarssimulering. Ange x_1, x_2 och y.

8. Värmedynamiken i ett hus enligt figur 4 kan något förenklat och i lämpliga skalor beskrivas med följande ekvationer

$$\dot{T}_v = (T_y - T_v) + (T_i - T_v)$$
$$\dot{T}_i = T_v - T_i + u$$

där T_i är inomhustemperaturen, T_v är väggtemperaturen, T_y är yttertemperaturen och u är den effekt som elementen tillför huset. Man kan betrakta u som insignal, T_i som utsignal och T_y som en störning vars inverkan man vill eliminera.



Figur 4 Enkel modell för uppvärmning av hus.

a. Visa att systemets dynamik kan skrivas som

$$T_i = \frac{s+2}{s^2+3s+1}U + \frac{1}{s^2+3s+1}T_y$$

Obs: Även om du inte klarar uppgift a) kan du lösa b) och c). (2 p)

b. Beräkna en realiserbar framkopplingsregulator

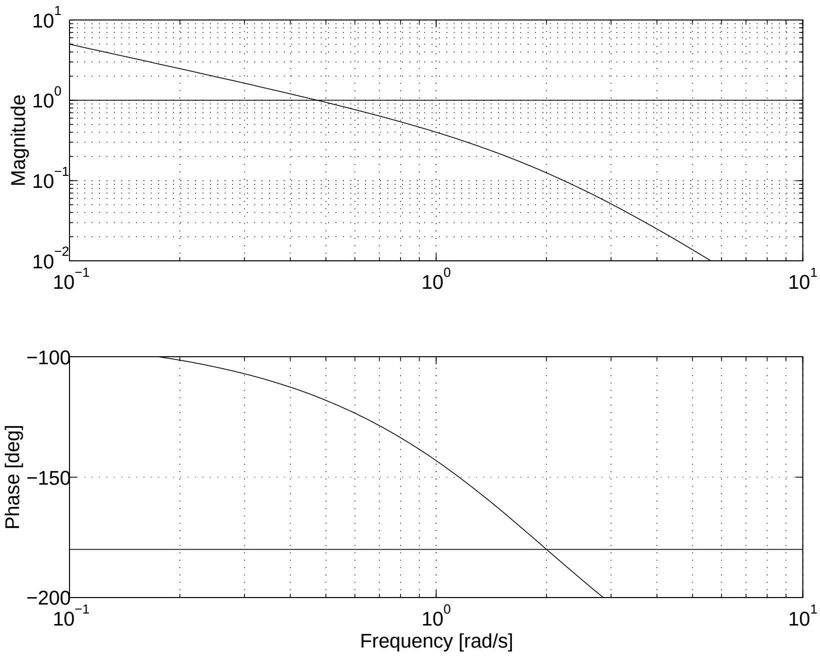
$$U = G_{FF}(s)T_y$$

så att yttertemperaturens påverkan på inomhustemperaturen elimineras helt. (1 p)

c. För att uppnå önskad inomhustemperatur måste även återkoppling införas genom att inomhustemperaturen mäts och jämförs med önskad temperatur. Den totala regulatorn blir då

$$U = G_{FF}(s)T_y + G_{FB}(s)(T_r - T_i)$$

där T_r är börvärdet för önskad inomhustemperatur. En I-regulator (dvs $G_{FB}(s) = k_i/s$) har designats av en teknolog från KTH, som tyvärr aldrig hört talas om windup. Beskriv vilket problem som kan uppstå, till exempel efter en varm sommar där elementen varit av men inomhustemperaturen ändå legat ett par grader över börvärdet i ett par månader. (1 p)

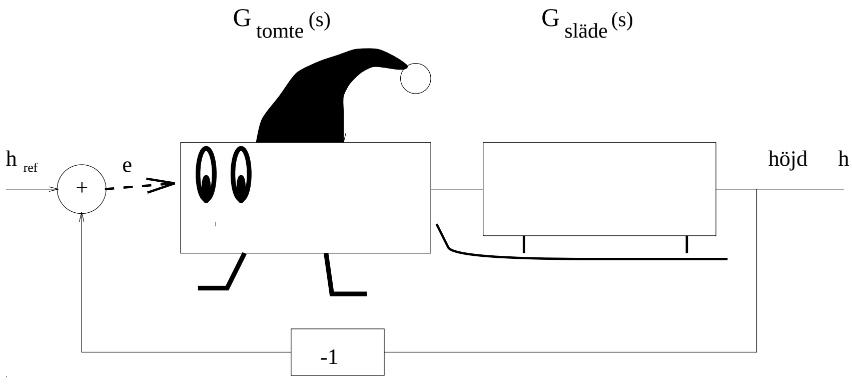


Figur 5 Bodediagram för $G_{slade}(s)$.

9. Tomtens flygande släde har en höjd-dynamik $G_{slade}(s)$ från höjdroderreglaget u till flyghöjden $h = y$ som beskrivs av Bode-diagrammet i Figur 5. Tomten har en reaktionstid, som gör att återkopplingen sker med

$$U = G_{tomte}(s)E$$

där $G_{tomte}(s) = e^{-sL}$ och L är reaktionstiden. Vilken maximal tidsfördröjning L_m kan tolereras innan höjdregleringen blir instabil? (2 p)



Figur 6 Tomte i reglerloop.