



LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lunds universitet

Institutionen för
REGLERTEKNIK

Reglerteknik AK

Tentamen 12 mars 2008 kl 8–13

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

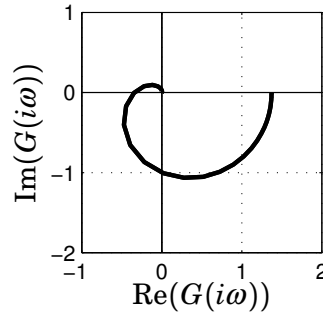
5: lägst 22 poäng

Tillåtna hjälpmedel

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

Tentamensresultat

Resultatet anslås senast onsdagen den 25 mars på institutionens anslagstavla på första våningen i Maskinhuset. Visning tisdagen den 1 april kl 12.30–13.00 i labbet på första våningen.



Figur 1 Nyquistkurva till processen i uppgift 1.

1. Figur 1 visar Nyquistkurvan för en stabil process med positiv statisk förstärkning.
 - a. Bestäm processens fasmarginal. (1 p)
 - b. Bestäm processens amplitudmarginal (1 p)
2.
 - a. Ange överföringsfunktionen för en process som har två poler, en i $s = -2$ och en i $s = -3$, samt ett nollställe i $s = 1$ och statisk förstärkning 4. (1 p)
 - b. Är processen i uppgift (a) stabil? (1 p)
 - c. Ge exempel på två fysikaliska processer, en som är stabil och en som är instabil. Med fysikalisk process menas här ett konkret exempel, endast en överföringsfunktion eller differentialekvation räcker inte. Ange tydligt vad som är insignal och utsignal till de båda processerna. Du behöver inte ange några matematiska modeller för processerna. (2 p)

3. En process har överföringsfunktionen

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

- a. Du försöker reglera processen med en P-regulator. Bestäm regulatorns förstärkning K så att det slutna systemet får karakteristiska ekvationen

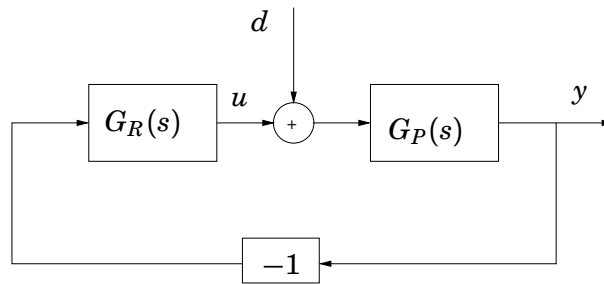
$$s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2 = 0$$

där $\zeta = 0.8$. (1 p)

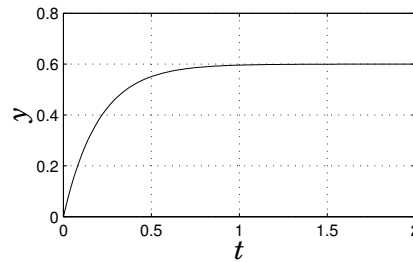
- b. Ange två viktiga anledningar till att det inte är lämpligt att använda en P-regulator för att reglera denna process. (1 p)

4. Figur 2 visar en reglerkrets där mätsignalen y påverkas av en laststörning. Processens överföringsfunktion är $G_P(s) = \frac{1}{s}$ och regulatorns överföringsfunktion $G_R(s) = 5$. Figur 3 visar $y(t)$ när $d(t)$ ändras som ett steg från $d = 0$ till $d = d_0$ vid tiden $t = 0$. Bestäm d_0 .

(2 p)



Figur 2 Blockshema för reglerkretsen i uppgift 4



Figur 3 Stegsvvar från d till y i uppgift 4

5. En elektrisk krets, se figur 4, kan modelleras på tillståndsform som

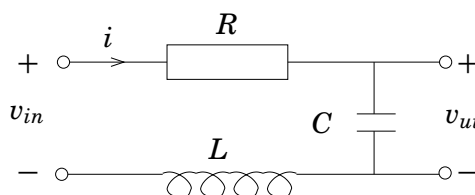
$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= \frac{1}{C}x_2 \\ \dot{x}_2 &= \frac{1}{L}(u - Rx_2 - x_1) \\ y &= x_1 \end{aligned}$$

där $x_1 = v_{ut}$, spänningen över kondensatorn, $x_2 = i$, strömmen genom resistorn, utsignalen $y = x_1$, och styrsignalen $u = v_{in}$. Antag att $R = L = C = 1$.

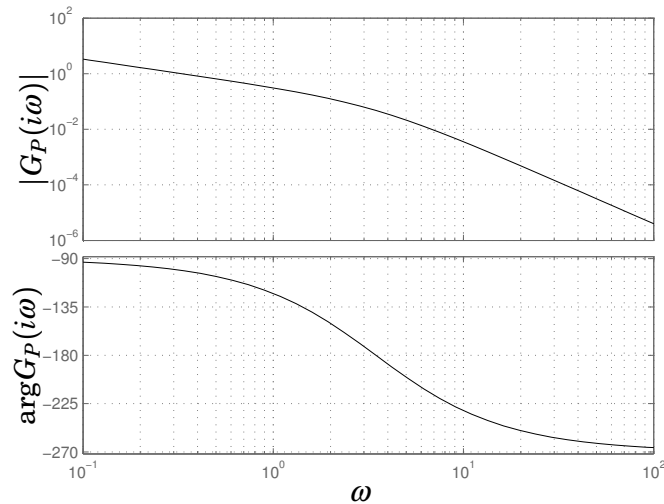
a. Antag att man vill styra y med styrsignalen u . Vilka signaler måste mätas för vart och ett av följande val av regulatorer?

- PID-regulator
- Tillståndsåterkoppling utan Kalmanfilter
- Tillståndsåterkoppling med Kalmanfilter

(1 p)



Figur 4 Elektrisk krets i uppgift 5.



Figur 5 Bodediagram för $G_P(s)$ i uppgift 6.

- b.** Beräkna vektorn L i en tillståndsåterkoppling $u = l_r r - Lx$ så att det slutna systemets poler hamnar i $s = -1 \pm i$. (2 p)
- c.** Vad vill man att den statiska förstärkningen i den slutna loopen ska vara? Motivera ditt svar. Beräkna l_r så att du får önskad statisk förstärkning. (1 p)

- 6.** Systemet som ges av överföringsfunktionen

$$G_P(s) = \frac{4}{s(s^2 + 7s + 12)},$$

styrts med en P-regulator med förstärkning $K = 1$, men det slutna systemet blir för långsamt. Designa ett fasavancerande filter

$$G_K(s) = K_K N \frac{s + b}{s + bN},$$

som ökar hastigheten (skärfrekvensen) med en faktor tio, samtidigt som stabiliteten blir tillräckligt bra (fasmarginal = 30°). Bodediagrammet för $G_P(s)$ visas i figur 5.

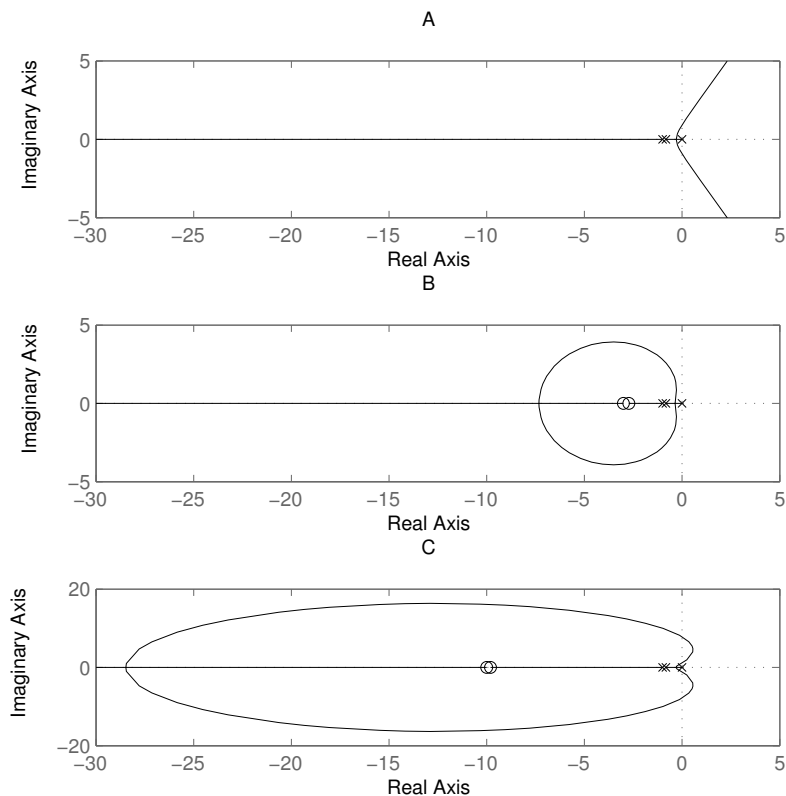
(3 p)

- 7.** En process med överföringsfunktionen

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

regleras med en PID-regulator på serieform med $T_d = T_i = 0.1$, med överföringsfunktionen

$$G_R(s) = K \left(1 + \frac{10}{s} \right) \left(1 + \frac{s}{10} \right).$$



Figur 6 Rotorter till uppgift 7.

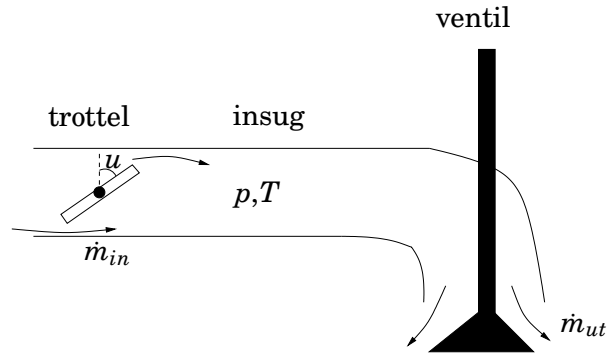
I figur 6 visas rotorter för tre system, A-C. Vilken av de tre rotorterna motsvarar denna kombination av process och regulator? (2 p)

8. Insugsröret i en bensinmotor är volymen mellan trottelspjället och insugsventilen till motorns cylinder, se figur 7. Om man antar att inflödet av massa är detsamma som utflödet, $\dot{m}_{in} = \dot{m}_{out} = v$ så kan dynamiken i insuget beskrivas termodynamiskt som

$$\begin{aligned}\frac{dx_1}{dt} &= \alpha v - \beta v x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} &= \frac{x_2}{x_1} (\alpha v - \beta v x_2)\end{aligned}$$

där $x_1 = p$, trycket i insuget, $x_2 = T$, temperaturen i insuget, signalen v är massflödet och α och β är positiva konstanter.

- Visa att $(x_1^0, x_2^0, v^0) = (10^5, \alpha/\beta, 0.1)$ är en stationär punkt till systemet. (1 p)
- Linjärisera systemet kring den stationära punkten i uppgift (a). (2 p)
- Antag nu att utflödet av massa \dot{m}_{out} är konstant men att inflödet $\dot{m}_{in} = v$ kan variera. För att kunna använda en trevägskatalysator för att ta bort



Figur 7 Skiss över insuget till bensinmotor.

skadliga emissioner i avgaserna är det viktigt att kunna styra trycket i insugsröret med hjälp av trotteln.

För att styra trycket i insuget används två mätsignaler, trycket p och inflödet av massa v . Överföringsfunktionen från v till p betecknas $G_{P1}(s)$. En styrsignal används, trottelns öppningsvinkel u . Överföringsfunktionen från u till v betecknas $G_{P2}(s)$. En regulatorstruktur med två regulatorer används. Den första regulatorn $G_{R1}(s)$ har som insignal skillnaden mellan det önskade trycket p^{ref} och det uppmätta trycket p , och som utsignal ett önskat inflöde av massa v^{ref} . Den andra regulatorn $G_{R2}(s)$ har som insignal skillnaden mellan det önskade inflödet av massa v^{ref} och det uppmätta inflödet av massa v , och som utsignal trottelns position u . Rita ett blockschema för systemet. Blockschemat ska innehålla G_{P1} , G_{P2} , G_{R1} , G_{R2} , p , v , p^{ref} , v^{ref} och u . (2 p)

- d.** Vad kallas den regulatorstruktur som används i uppgift (c)? (1 p)