LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lunds universitet

Institutionen för
REGLERTEKNIK

Reglerteknik AK

Tentamen 12 april 2010 kl 14–19

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 tisdagen den 20 april på institutionens anslagstavla på första våningen i Maskinhuset och på institutionens hemsida. Visning torsdagen den 22 april kl 12.30–13.00 i labbet på första våningen.

1. Ett system bekrivs av

$$\ddot{y} = a\dot{y} - 4y + u + \dot{u},$$

där a är en konstant.

a. Bestäm systemets överföringsfunktion $G(s)$. (1 p)

b. För vilka värden på a är systemet stabilt? (1 p)

2. Betrakta systemet

$$\frac{d^2y}{dt^2} - y\frac{dy}{dt} = (u-3)^2 - 2.$$

a. Inför tillstånden $x_1 = y$ och $x_2 = \dot{y}$ och skriv systemet på tillståndsform. Bestäm systemets stationära punkter. (1 p)

b. Linjärisera systemet kring den stationära punkt som har det största värdet på u_0. (2 p)

3. En process med insignal u och utsignal y beskrivs av ekvationerna

$$\begin{aligned} \dot{x_1} &= -x_1 + x_2 \\ \dot{x_2} &= -10x_2 + 4u \\ y &= -2.5x_1 + 2.5x_2 \end{aligned}$$

a. Bestäm processens överföringsfunktion. (1 p)

b. Rita Bodediagrammet för processen i a). Om du ej löst a), rita Bodediagrammet för $G(s) = \frac{100s^2}{(s+1)(s+100)}$. (2 p)

4. I figur 1 visas stegsvar för fyra olika system. Avgör vilka av följande överföringsfunktioner $G_1(s)$-$G_6(s)$ som hör ihop stegsvaren A-D.

$$G_1(s) = \frac{3}{s+2} \qquad G_2(s) = \frac{1}{s^2+0.4s+1} \qquad G_3(s) = \frac{3}{2s^2+1.4s+2}$$

$$G_4(s) = \frac{1}{s^2-0.4s+1} \qquad G_5(s) = \frac{1}{s^2+0.7s+1} \qquad G_6(s) = \frac{-s+1}{s^2+0.4s+1}$$

(2 p)

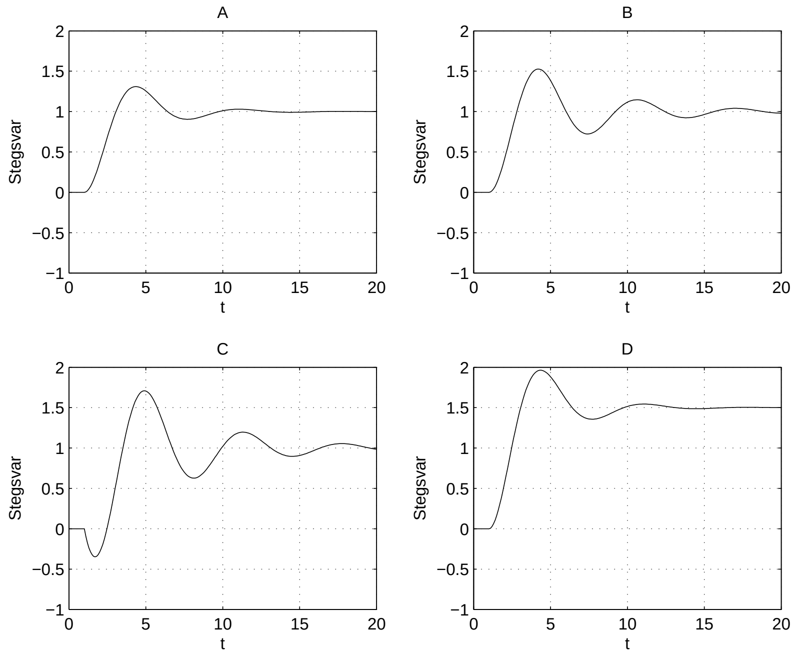
5. Ett system med Bodediagram enligt Figur 2 återkopplas med en P-regulator med förstärkning 1. Det resulterande slutna systemet blir för långsamt. Välj en av nedanstående kompenseringslänkar (fasretarderande eller fasavancerande) och välj parametrarna så att systemet blir tre gånger snabbare utan att fasmarginalen försämras.

$$G_K(s) = \frac{s+a}{s+a/M} \quad \text{eller} \quad G_K(s) = K_K N \frac{s+b}{s+bN}$$

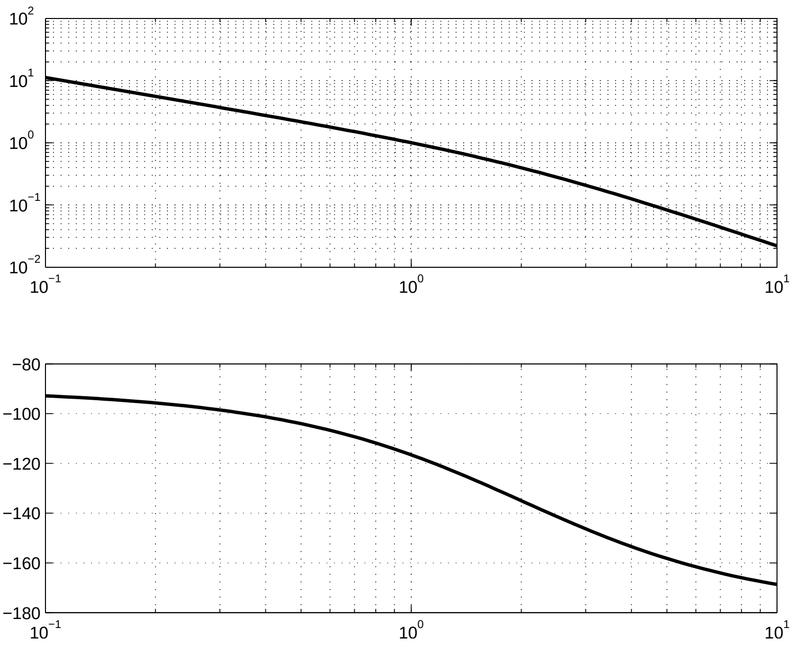
(3 p)

6. Tillståndsekvationerna för ett system är enligt (1):

$$\begin{aligned} \dot{x_1} &= -x_1 + u \\ \dot{x_2} &= 4x_1 - 2x_2 \end{aligned} \qquad (1)$$



Figur 1 Stegsvar för systemen i problem 4



Figur 2 Bodediagram för systemet i problem 5

a. Antag att vi kan mäta båda tillstånden. Designa en styrlag $u = -Lx$ så att polerna till det slutna systemet hamnar i $-2 \pm 2i$. (2 p)

b. Antag att vi endast vill investera i en sensor och därför antingen kan mäta x_1 eller x_2. För att tillståndsåterkopplingen ska fungera måste vi sedan använda ett Kalmanfilter och använda en skattning av tillståndet som vi inte mäter. Vilket tillstånd ska vi mäta? Motivera! (1 p)

7. En process med tidsenheten sekunder beskrivs av differentialekvationen

$$\ddot{y} + 3\dot{y} = \dot{u} + \tfrac{1}{2}u$$

a. Bestäm processens överföringsfunktion. (1 p)

b. Processen återkopplas med -1. Vad är systemets fasmarginal? (1 p)

c. Man planerar att bygga om processen på ett sådant vis att en transportfördröjning på 8 sekunder uppstår. Skulle systemet fortfarande vara stabilt efter en sådan ombygnad? (1 p)

8. I kursens första två laborationer reglerades nivån i två vattentankar. Vi betraktar här reglering av vattennivån i den övre av dessa tankar, med en konstant referens $h_r > 0$. Systemmodellen ges av

$$\dot{h} = -c_1\sqrt{h} + c_2 u,$$

där tillståndet h är vätskenivån i tanken medan styrsignalen u är spänningen över pumpen. c_1, c_2 är positiva konstanter. Förklara följande så korrekt och kortfattat som möjlgt:

a. Varför uppstod ett stationärt fel då nivån i den övre tanken reglerades med en P-regulator med förstärkning $0 < K < \infty$? (1 p)

b. Varför kan detta stationära fel ej existera då integralverkan introduceras i regulatorn? (1 p)

c. När vi senare under laboration 1 övergick till att reglera den undre tanken märkte vi att reglerprestandan ökade avsevärt då en derivatadel introducerades i regulatorn. Varför märktes ingen sådan förändring då en derivatadel introducerades i övre tankens nivåregulator? (1 p)

9. Antag att vi har ett mekaniskt system av andra ordningen

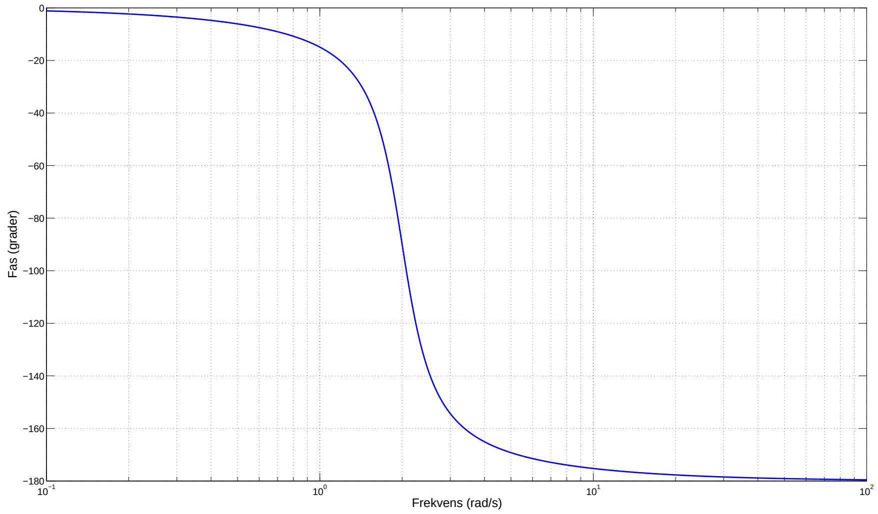
$$G_p(s) = \frac{4}{s^2 + 0.8s + 4}.$$

a. Vad blir utsignalen $y(t)$ från processen G_p, när alla transienter dött ut, om störsignalen

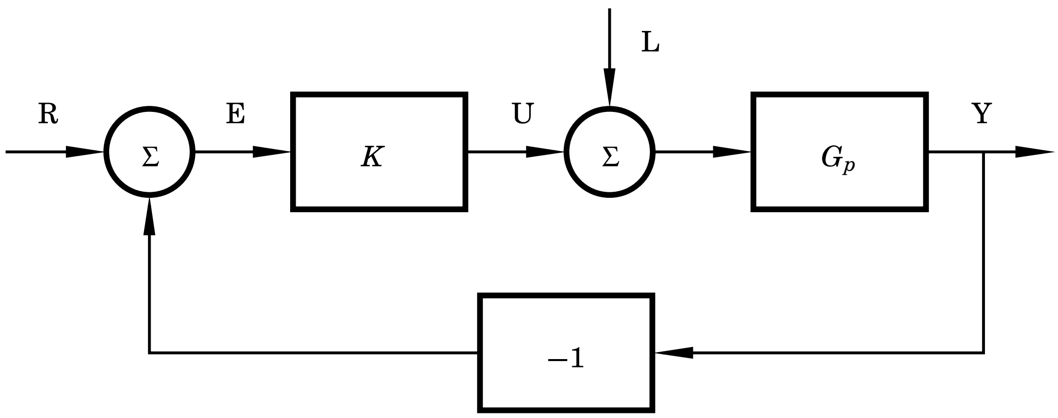
$$u(t) = \sin(2t) + 2\sin(3t)$$

skickas genom den? Till din hjälp finns Bodes fasdiagram för $G_p(s)$ i Figur 3. Ungefärlig avläsning är god nog. (2 p)

b. $G_p(s)$ återkopplas nu enligt blockdiagrammet i Figur 4, med en proportionell regulator som har förstärkningen $K = 1$. Signalen $l(t)$ kommer in som en störning på processens ingång. Kommer det slutna systemet att vara mer eller mindre känsligt för en störning $l(t) = \sin(2t)$ än det öppna systemet? Antag att referensen $r(t) = 0$ och motivera ditt svar! (1 p)



Figur 3 Bodes fasdiagram för processen $G_p(s)$ i uppgift 9a.



Figur 4 Blockdiagram för det slutna systemet i uppgift 9b.