LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lunds universitet

Institutionen för
REGLERTEKNIK

Reglerteknik AK

Tentamen 9 Mars 2011 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. Preliminära betygsgränser:

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

Tillåtna hjälpmedel

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

Tentamensresultat

Resultatet anslås senast onsdag 23/3 på institutionens anslagstavla på första våningen i Maskinhuset samt på institutionens hemsida. Visning samma dag kl 12.00–12.30 i labbet på första våningen.

1. En nivåreglerad vattentank beskrivs förenklat av

$$G_p = \frac{1}{s+10}$$

och regleras med en P-regulator $G_r = K$, där $K > 0$.

a. Visa att en återkoppling med en P-regulator, $K > 0$, ej kan göra systemet instabilt. (1 p)

b. Ställ upp ett uttryck för snabbheten ω av det slutna systemets poler, dvs dess avstånd till origo, som en funktion av K. (1 p)

c. Vad begränsar i praktiken användningen av höga förstärkningar, för det givna systemet? Motivera ditt svar. (1 p)

2. Ett system på tillståndsform är givet av

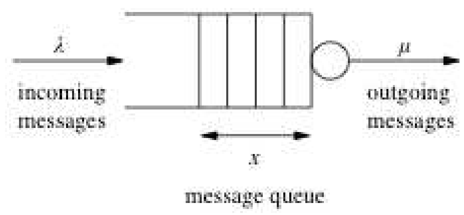
$$\begin{cases} \dot{x}_1 & = & 3x_1 + ax_2 + u \\ \dot{x}_2 & = & 8x_1 - 2x_2 + u \\ y & = & 3x_1 + x_2 \end{cases}$$

a. Bestäm för vilka värden på konstanten a som systemet är styrbart. (1 p)

b. Designa, om möjligt, en tillståndsåterkoppling, $u = -Lx + l_r r$ så att det slutna systemets alla poler hamnar i $s = -2$ och det slutna systemets stationära förstärkning blir 1. (3 p)

3. Följande modell har föreslagits för kösystemet i figur 1, där λ är hastighet av inkommande paket, x kölängd och $\mu = \mu_{max}\frac{x}{x+1}$ modellerar en växande service-hastighet som funktion av kölängd.

$$\frac{dx}{dt} = \lambda - \mu_{max}\frac{x}{x+1}$$



Figur 1 Kösystemet i uppgift 3.

Betrakta $u = \lambda$ som systemets insignal och μ_{max} som en parameter. Systemets utsignal är kölängden, x, samma som systemets tillstånd. Hitta systemets jämviktspunkter $(x_0, \lambda_0,)$ och linjärisera systemet kring dessa. (2 p)

4.

a. Bestäm stegsvaret för systemet med överföringsfunktionen

$$G_p(s) = \frac{e^{-s}}{s}$$

och bestäm en P-regulator $G_r = K$ med Ziegler-Nichols stegsvarsmetod. (2 p)

b. Bestäm vilken amplitud- och fasmarginal systemet får med detta val av P-regulator. (2 p)

5. I figur 2 finns Bode-diagram för öppna systemet G_0 för två olika system (överst), de återkopplade systemen $G_c = G_0/(1 + G_0)$ (rad två), stegsvar för de återkopplade systemen (rad tre) och polerna för de återkopplade systemen (nederst). Gruppera ihop rätt öppet system, slutet system, stegsvar och poler. Motivera! (2 p)

6. Vilka av följande påståenden är korrekta? Korta motiveringar krävs.

a. Det är alltid möjligt att godtyckligt placera ett systems poler med en tillståndsåterkoppling. (0.5 p)

b. En PID-regulator ger alltid bättre resultat än en PI-regulator. (0.5 p)

c. En ökad integraldel, dvs minskad integraltid T_i, leder oftast till ett mer dämpat och mjukare stegsvar. (0.5 p)

d. Systemen $\frac{s+1}{s+10}$ och $\frac{s-1}{s+10}$ ger samma amplitudkurva i ett Bode-diagram. (0.5 p)

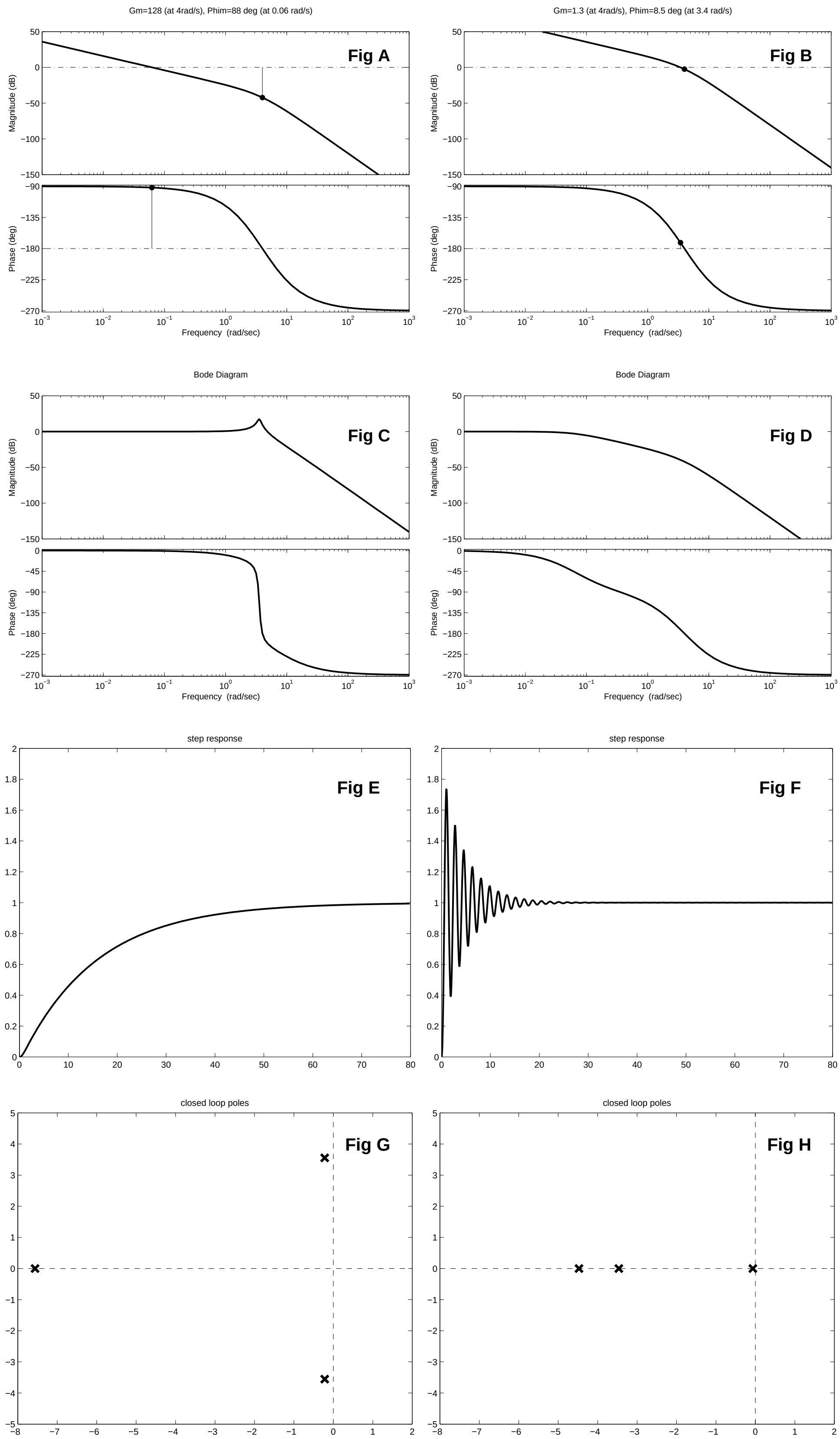
e. Inversen av en tidsfördröjning e^{-sL} är inte realiserbar i praktiken. (0.5 p)

f. Ökad fasmarginal brukar leda till ett mer dämpat och mjukare stegsvar. (0.5 p)

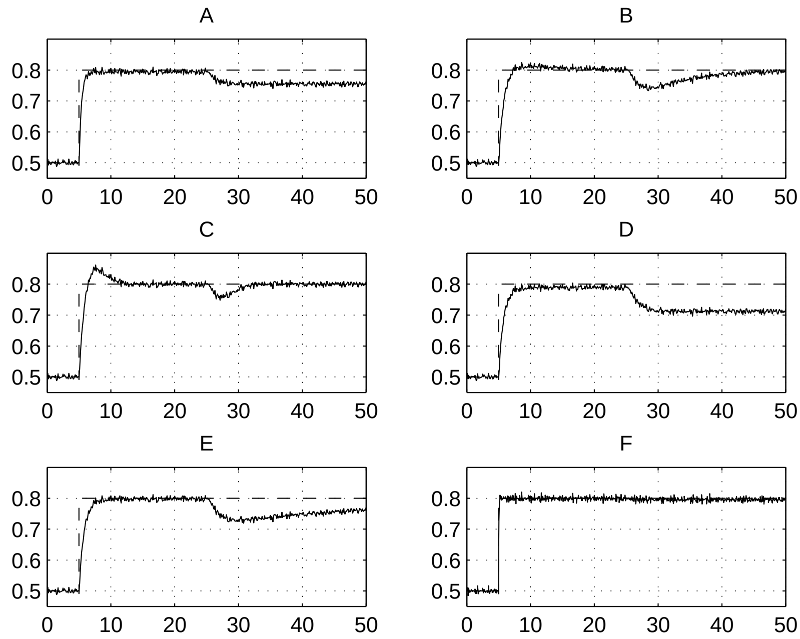
7. En process är reglerad med 6 stycken olika regulatorer i figur 3. Vid $t = 5$ görs en referensvärdesändring från 0.5 till 0.8 och vid $t = 25$ inträffar en laststörning. De använda regulatorerna är

1. P-regulator, $K = 5$
2. P-regulator, $K = 10$
3. P-regulator, $K = 100$
4. PI-regulator, $K = 5$, $T_i = 30$
5. PI-regulator, $K = 5$, $T_i = 8$
6. PI-regulator, $K = 5$, $T_i = 2$

a. Para ihop regulatorerna 1-6 med stegsvaren A-F i figur 3. Observera att endast svar ger 0 poäng, korta motiveringar krävs. (2 p)



Figur 2 Figurer för de två systemen i uppgift 5. Ange vilka figurer som hör ihop.



Figur 3 Stegsvar i uppgift 7

b. Nämn något problem som kan uppstå om man lägger till en derivata-del i uppgift a).

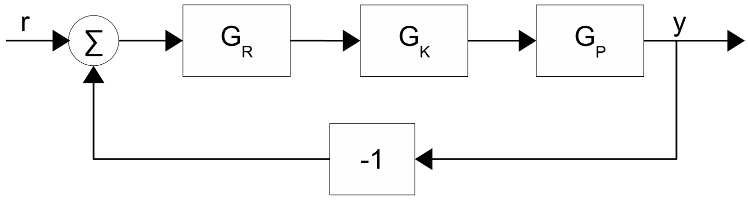
(1 p)

8. Betrakta blockdiagrammet i figur 4, med

$$G_P(s) = \frac{s+10}{s(s^2+15s+700)}, \qquad G_R(s) = \frac{20}{s}$$

Bode-diagrammet för $G_P(s)G_R(s)$ visas i figur 5. Det slutna systemet blir för långsamt. Dimensionera en kompenseringslänk $G_K(s)$ så att den nya skärfrekvensen blir $\omega_c = 5$ och den nya fasmarginalen blir $\phi_m \approx 50°$.

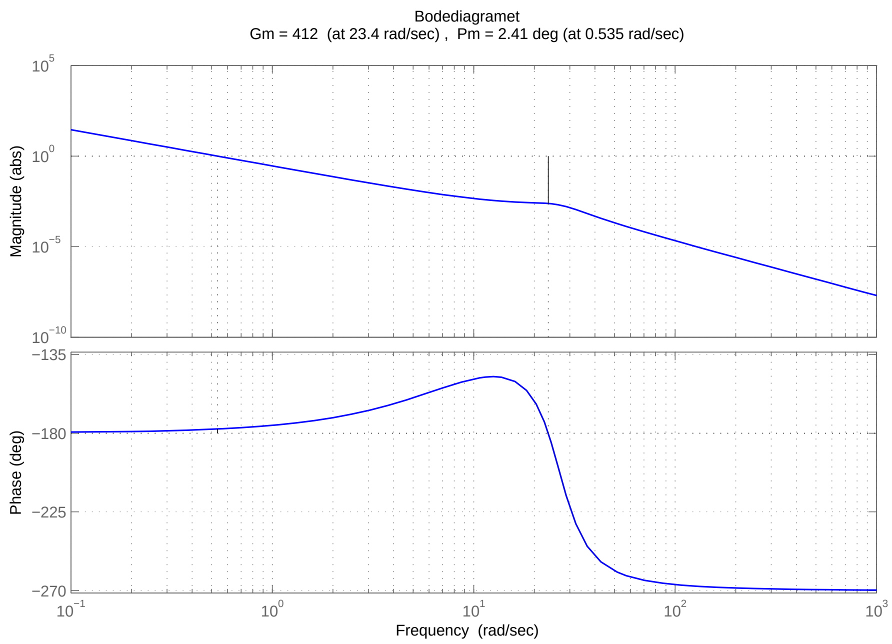
(3 p)



Figur 4 Blockdiagram

9. Man vill hitta en regulator som stabiliserar systemet

$$G(s) = \frac{k}{s}$$



Figur 5 Bode-diagrammet för $G_P(s)G_R(s)$ i uppgift 8

Man vet att antingen är $k = 1$ eller $k = -1$ men vet inte vilket av fallen som gäller. Visa att det inte är möjligt att hitta en regulator

$$G_R(s) = \frac{b_{n-1}s^{n-1} + \ldots + b_1 s + b_0}{s^n + a_{n-1}s^{n-1} + \ldots + a_1 s + a_0}$$

som stabiliserar båda fallen (dvs $G(s)G_R(s)/(1 + G(s)G_R(s))$ ska ha alla poler i öppna vänstra halvplanet, både för $k = 1$ och $k = -1$).

(Ledning: Vad blir systemets karakteristiska ekvation i de två fallen?)

(1 p)