LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lunds universitet

Institutionen för
REGLERTEKNIK

Reglerteknik AK

Tentamen 2 Maj 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 måndag 16/5 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.

Lycka till !

1. (2 p)

Betrakta överföringsfunktionen

$$G(s) = \frac{2}{s+1} + \frac{1}{s+4}$$

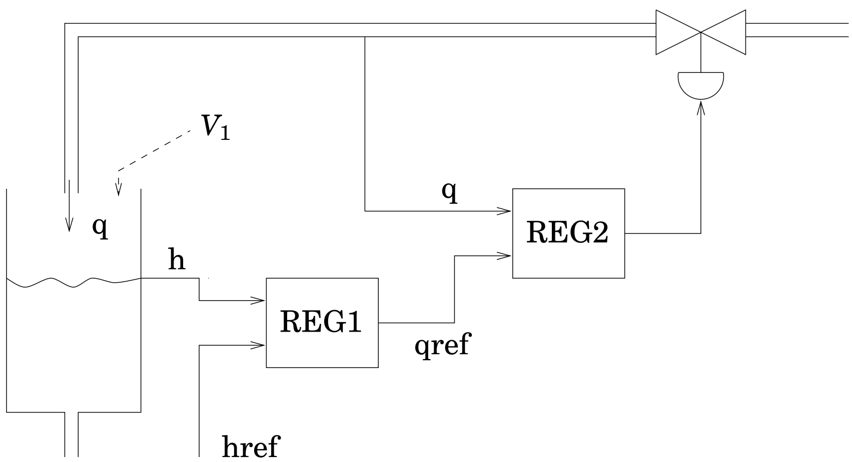
Ange systemets poler, nollställen och statiska förstärkning.

2. (2 p)

Beskriv problemet med integratoruppvridning (windup) vid PID-reglering, och hur detta kan lösas.

3. (2 p)

Man har bestämt sig för att försöka reglera nivån, h i en tank med hjälp av två regulatorer REG1 och REG2. Inflödet, q, till tanken kan styras med hjälp av en ventil, som har viss dynamik. Tankens överföringsfunktion ges av $H = G_1 Q$ och ventilens av $Q = G_2 U_2$, där U_2 är utsignal från REG2. Man bestämmer sig för att koppla enligt följande.



Rita motsvarande blockschema. Markera även i blockschemat var störflödet, V_1 kommer in. Vad kallas regulatorstrukturen?

4. (3 p)

Betrakta följande system

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= -1 + \frac{x_1^2}{4} - x_2. \end{aligned}$$

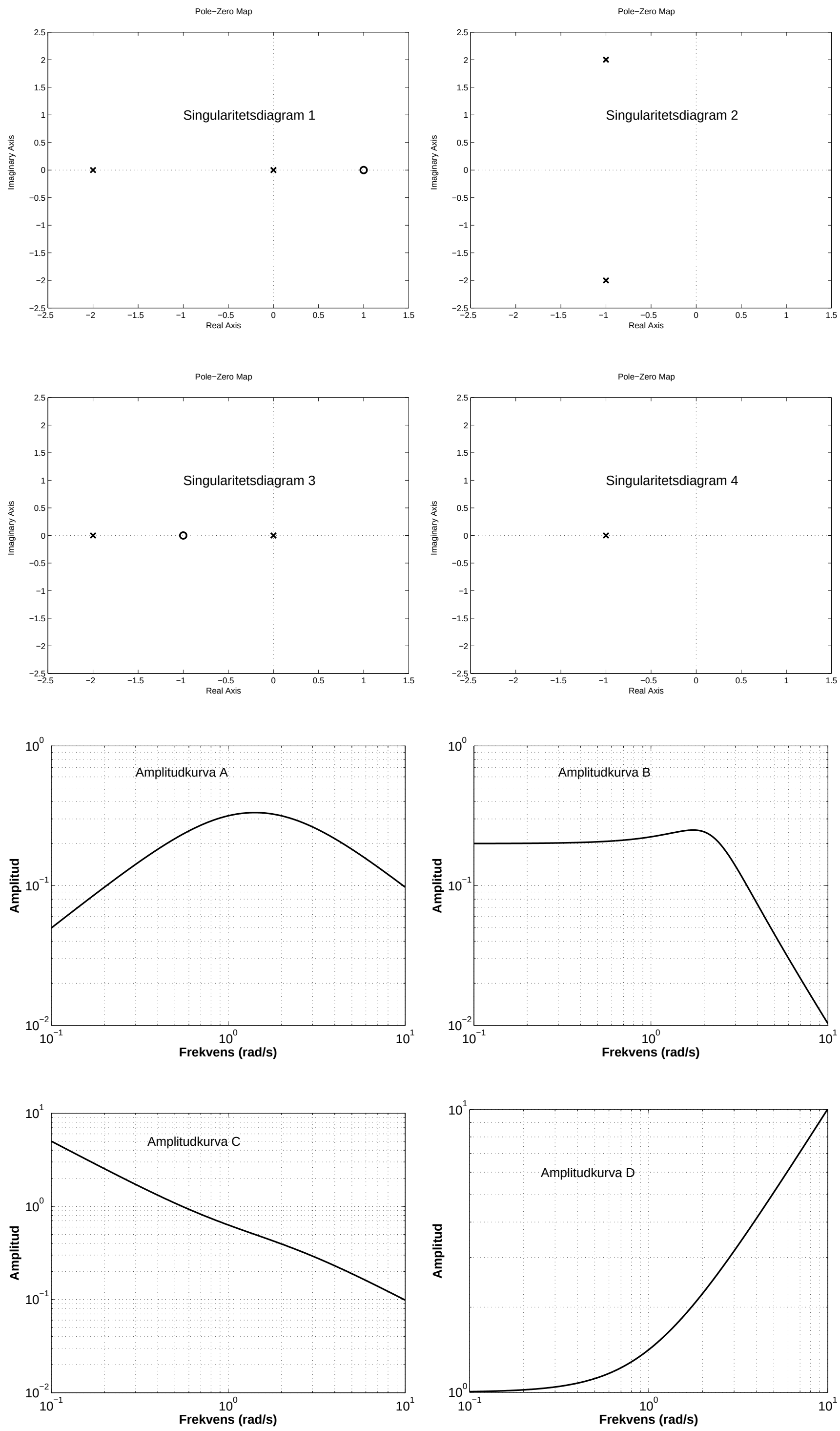
a. Finn alla jämviktspunkter till systemet.

b. Ta fram linjäriserade system kring alla jämviktspunkter.

c. Avgör vilka av de linjäriserade systemen som är asymptotiskt stabila.

5. (2 p)

I figurerna nedan visas 4 singularitetsdiagram (x=poler, o=nollställen) och 4 amplitudkurvor.



Svarsalternativ E: Ingen av ovanstående

Finn till varje singularitetsdiagram en möjlig tillhörande amplitudkurva eller eventuellt svarsalternativ E. Observera att varje alternativ A-E kan förekomma flera gånger. Korta motiveringar krävs.

6. Bestäm en P-regulator för systemet

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

så att amplitudmarginalen blir 2. (2 p)

7. Ange om följande påstående är sanna eller falska, motiveringar krävs.

a. Dubbelintegratorsystemet $G(s) = 1/s^2$ kan stabiliseras med en PD-regulator men inte med en PI-regulator (asymptotisk stabilitet efterfrågas).

b. Två linjära system kan ha samma amplitudkurva $|G(i\omega)|$ men olika faskurvor $\arg G(i\omega)$.

c. Två linjära system kan ha samma faskurva $\arg G(i\omega)$ men olika amplitudkurvor $|G(i\omega)|$.

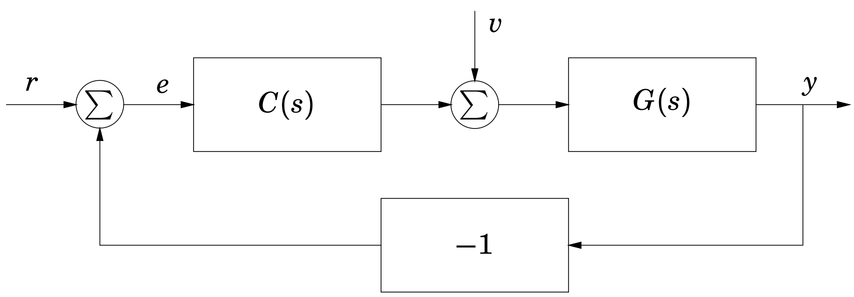
d. Om maximala amplituden $M_s = \max |S(i\omega)|$ av känslighetsfunktionen $S = 1/(1+GK)$ är stor brukar det återkopplade systemet ha bra robusthet.

(2 p)

8. Bestäm eventuellt stationärt fel, $\lim_{t\to\infty} e(t)$, för det återkopplade systemet i figuren då $v(t)$ är ett steg och $r(t) = 0$.

$$C(s) = 1 + \frac{1}{s}, \qquad G(s) = \frac{1}{s^2}$$

(1 p)



9. (2 p)

Truls och Trula har båda fått i uppgift att ta fram en tillståndsbeskrivning för systemet som beskrivs av differentialekvationen

$$\frac{d^2y}{dt^2} + 3\frac{dy}{dt} + 2y = 10\frac{du}{dt} + 16u$$

När de jämför sina resultat visar det sig att de kommit fram till olika tillståndsbeskrivningar. Medan Trula har fått beskrivningen

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= \begin{pmatrix} -2 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} x + \begin{pmatrix} 2 \\ 6 \end{pmatrix} u \\ y &= \begin{pmatrix} 2 & 1 \end{pmatrix} x \end{aligned}$$

har Truls fått beskrivningen

$$\begin{aligned}
\frac{dx}{dt} &= \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -2 \end{pmatrix} x + \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix} u \\
y &= \begin{pmatrix} 3 & 4 \end{pmatrix} x
\end{aligned}$$

Vem har rätt? Har båda rätt? Har båda fel? Motivera!

10. Studera följande system

$$\begin{aligned}
\dot{x}_1(t) &= -x_1(t) + 6x_2(t) + u(t) \\
\dot{x}_2(t) &= x_1(t) \qquad\qquad\qquad\qquad (1) \\
y(t) &= x_2(t)
\end{aligned}$$

a. (2 p)

Bestäm en tillståndsåterkoppling

$$u(t) = -l_1 x_1(t) - l_2 x_2(t) + r(t)$$

så att det återkopplade systemets poler hamnar i $-2 \pm 2i$.

b. (2 p)

Då $x_1(t)$ inte kan mätas måste denna tillståndsvariabel skattas. Vanligtvis kan detta göras med en observatör (Kalmanfilter), som också skattar $x_2(t)$. Om nu dock x_2 kan mätas utan problem kan det anses onödigt att skatta detta tillstånd. Ett alternativ är att använda en reducerad observerare, av formen

$$\begin{aligned}
\dot{z}(t) &= az(t) + b_1 u(t) + b_2 y(t) \\
\widehat{x}_1(t) &= z(t) + dy(t).
\end{aligned}$$

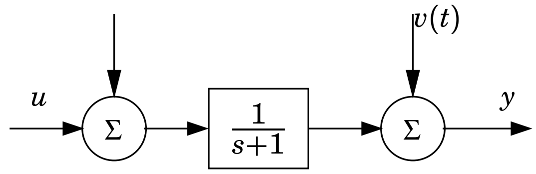
Här är z en skalär signal, och a, b_1, b_2, d parametrar som skall bestämmas. Man vill att skattningsfelet $\widetilde{x}_1(t) = x_1(t) - \widehat{x}_1(t)$ skall följa ekvationen

$$\dot{\widetilde{x}}_1(t) = -5\widetilde{x}_1(t)$$

Bestäm parametrarna så att detta blir uppfyllt för system (1).

11. (3 p)

Systemet i blockdiagrammet är påverkat av en mätbar störning $v(t)$ som är av lågfrekvenskaraktär (innehållande frekvenser upp till 0.1 rad/s). Eftersom den ideala framkopplingen $-G^{-1}(s) = -(1+s)$ inte är imple-



menterbar används framkopplingen

$$F(s) = -\frac{1+s}{1+sT}$$

Hur skall $F(s)$ kopplas in? Välj parametern T så att störningar $v(t)$ med frekvenser under 0.1 rad/s undertrycks med minst en faktor 100.