TENTAMEN I REGLERTEKNIK FORTSÄTTNINGSKURS M, TSRT06

TID: Fredag 11 januari 2018, klockan 8 - 12.

ANSVARIG LÄRARE: Johan Löfberg, 070-3113019

TILLÅTNA HJÄLPMEDEL: Läroboken Glad-Ljung: ”Reglerteknik, Grundläggande teori”, Läroboken Glad-Ljung, ”Reglerteori. Flervariabla och olinjära metoder”, Anteckningar i bok tillåtna, transformtabeller, räknare, Matlab, Simulink, manualer.

LÖSNINGSFÖRSLAG: Anslås efter tentamen på kursens hemsida.

PRELIMINÄRA BETYGSGRÄNSER:	betyg 3	23 poäng
	betyg 4	33 p
	betyg 5	43 p

OBS! Lösningar till samtliga uppgifter ska presenteras så att alla steg (utom triviala beräkningar) kan följas. Bristande motiveringar ger poängavdrag.

Lycka till!

1. (a) Nämn tre faktorer som förhindrar att man i praktiken kan konstruera reglersystem med godtyckligt bra prestanda? (3p)

   (b) Ett flervariabelt system på tillståndsform

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$$

   skall styras med återkopplingen

$$u(t) = -Lx(t)$$

   Ange två fördelar med att bestämma L med linjärkvadratisk minimering jämfört med att använda polplacering. (2p)

   (c) Systemet

$$Y(s) = G(s)U(s) + V(s)$$

   där

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

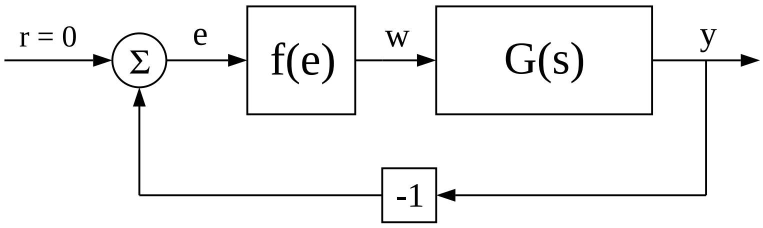
   styrs med återkopplingen

$$U(s) = K(R(s) - Y(s))$$

   Ange reglersystemets känslighetsfunktion. (2p)

   (d) Antag att referenssignalen är $r(t) = 0$ och att $v(t) = \sin t$. Antag vidar att man kan välja mellan tre värden på förstärkningen hos återkopplingen: $K = 10, K = 20$ respektive $K = 30$. Vilket värde är lämpligast om målet med reglersystemet är att reglerfelet $\mid e(t) \mid$ skall minimeras? Antag att man lägger till kravet att $\mid S(i\omega) \mid < 2 \quad \forall\ \omega$. Vilket värde på K är då lämpligast? (3p)

2. Betrakta reglersystemet i figur 1.

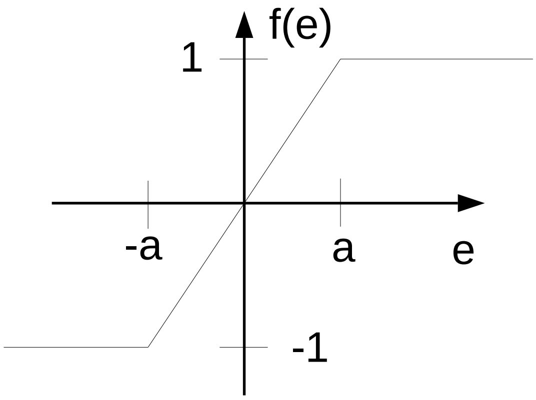


Figur 1: Reglersystem

Den linjära delen har överföringsfunktionen

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

medan den statiska olinjäriteten utgörs av en mättning enligt figuren nedan.



Figur 2: Mättning

(a) Vilket villkor måste a uppfylla för att man skall kunna garantera stabilitet hos det återkopplade systemet med hjälp av cirkelkriteriet? (4p)

(b) Antag nu att vi vill analysera reglersystemet med hjälp av olinjäritetens beskrivande funktion, vilken ges av

$$Y_f(C) = \frac{2}{\pi \cdot a} \left(\arcsin \frac{a}{C} + \frac{a}{C} \sqrt{1 - \frac{a^2}{C^2}} \right) \qquad C \geq a$$

och

$$Y_f(C) = 1/a \qquad 0 < C < a$$

För vilka värden på a indikerar den beskrivande funktionen att självsvängning ej inträffar? (4p)

(c) Antag nu att a har ett värde sådant att självsvängning kan förväntas inträffa. Vilken perodtid har självsvängningen i ett sådant fall? (2p)

3. Betrakta det flervariabla systemet

$$Y(s) = G(s)U(s)$$

där

$$G(s) = \begin{pmatrix} \dfrac{1}{s+2} & \dfrac{2}{s+4} \\[2ex] \dfrac{1}{s+1} & \dfrac{1}{s+2} \end{pmatrix}$$

(a) Bestäm systemets nollställen analytisk. (3p)

(b) Betrakta åter systemet ovan. Bestäm systemets RGA för frekvensen $\omega = 0$ och dra slutsatser om hur en lämplig regulatorstruktur ser ut och/eller inte bör se ut. (3p)

(c) Tag fram en regulator som stabiliserar systemet samt frikopplar systemet statiskt, simulera ett stegsvar och kommentera resultatet. (4p)

4. Betrakta det tidskontinuerliga systemet

$$\ddot{y}(t) = u(t)$$

(a) Inför tillståndsvariablerna $x_1(t) = y(t)$ och $x_2(t) = \dot{y}(t)$ och ställ upp systemet på tillståndsform. (2p)

(b) Antag att systemet styrs med PD-regulatorn

$$u(t) = -K_P y(t) - K_D \dot{y}(t) \qquad (r(t) = 0)$$

där regulatorparametrarna K_P och K_D valts så att kriteriet

$$\int_0^\infty (y^2(t) + \rho \dot{y}^2(t) + u^2(t))dt$$

minimerats. Vilket val av viktmatriser Q_1 respektive Q_2 motsvarar detta? (2p)

(c) Den optimala återkopplingen kan visas ges av

$$u(t) = -y(t) - (\sqrt{2+\rho})\dot{y}(t)$$

Visa analytiskt vad som händer med det återkopplade systemets poler om man sätter en mycket stort straff på hastigheten $\dot{y}(t)$, och förklara vad det borde ha för inverkan på det slutna systemet (3p)

(d) Verfiera resultaten i (c) via lämpliga beräkningar och simuleringar i MATLAB (3p)

5. (a) Ett system beskrivs av modellen

$$\dot{x}(t) = -x(t) + v_1(t)$$

$$y(t) = x(t) + v_2(t)$$

där v_1 respektive v_2 är vita signaler med intensiteterna $R_1 = 1$ respektive $R_2 = 1$. Antag att tillståndet skattas med ett kalmanfilter. Vad blir variansen hos skattningsfelet, d v s $E(\tilde{x}^2(t))$? (4p)

(b) Antag nu att vi får tillgång till ytterligare en sensor så mätsignalerna ges av

$$y_1(t) = x(t) + v_{2,1}(t)$$

samt

$$y_2(t) = x(t) + v_{2,2}(t)$$

där intensiteterna hos mätstörningen för den andra sensorn är ϵ, samt att de båda mätstörningarna är okorrelerade, d v s

$$E(v_{2,1}(t)v_{2,2}(t)) = 0$$

Antag att vi skattar tillståndet $x(t)$ med ett kalmanfilter med hjälp av mätsignalerna $y_1(t)$ och $y_2(t)$. Ange hur skattningsfelets varians beror av ϵ. För vilket värde på ϵ har variansen minskat till hälften jämfört med var som erhölls i a)? (6p)