Försättsblad till skriftlig tentamen vid Linköpings Universitet

Datum för tentamen	2009-06-04
Sal	TER2
Tid	08-12
Kurskod	TSFS06
Provkod	TEN1
Kursnamn	Diagnos och övervakning
Institution	ISY
Antal uppgifter som ingår i tentamen	6
Antal sidor på tentamen (inkl. försättsbladet)	9
Jour/kursansvarig	Erik Frisk
Telefon under skrivtid	
Besöker salen ca.	09.00 och 11.00
Kursadministratör (namn+tfnnr+mailadress)	Anita Petersson, 013-281328, anita@isy.liu.se
Tillåtna hjälpmedel	TeFyMa, Beta Mathematics handbook, Reglerteknik (Glad och Ljung), Formelsamling i statistik och signalteori, miniräknare
Övrigt	Visning 11.30-12.00 den 24 juni på Fordonssystem

Tentamen

TSFS06 Diagnos och övervakning
4 juni, 2009, kl. 08.00-12.00

Tillåtna hjälpmedel: TeFyMa, Beta, Physics Handbook, Reglerteknik (Glad och Ljung), Formelsamling i statistik och signalteori samt miniräknare.

Ansvarig lärare: Erik Frisk

Visning av skrivningen sker mellan kl. 11.30 och 12.00 den 24 juni på Fordonssystem.

Totalt 40 poäng.
Preliminära betygsgränser:
Betyg 3: 18 poäng
Betyg 4: 25 poäng
Betyg 5: 30 poäng

Uppgift 1. Betrakta systemet

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u + \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} f \\ y_1 &= \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} x \end{aligned}$$

där x är okända tillstånd, y_1 en känd mätsignal, u en känd styrsignal och f felen som ska övervakas.

a) Är felen detekterbara och isolerbara från varandra? Motivera. (2 poäng)

b) Antag att man kan lägga till en givare

$$y_2 = \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2$$

där α_i är godtyckliga reella tal. Vilket krav ställs på $\alpha = \begin{bmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 \end{bmatrix}$ för att båda felen ska bli detekterbara och isolerbara från varandra i det utökade systemet? Motivera. (3 poäng)

c) Konstruera ett diagnossystem som kan detektera och isolera felen med hjälp av de två givarna. Derivator av kända signaler antas vara okända. Denna deluppgift går att lösa utan att ha löst (b)-uppgiften.

Uppgift 2. Antag att ett dynamiskt system som ska övervakas beskrivs av differential-ekvationerna

$$\begin{aligned} \dot{x} &= g(x, u) \\ y_1 &= h_1(x) \\ y_2 &= h_2(x) \end{aligned}$$

där u är en känd styrsignal, y_i är kända mätsignaler, och g samt h_i är kända olinjära funktioner.

a) Modellera fel i sensorerna och en konstant förändring i aktuatorn. (3 poäng)

b) Använd observatörsteknik för att konstruera tre residualgeneratorer med följande felkänslighetsmatris

	f_u	f_{y1}	f_{y2}
r_1	0	X	X
r_2	X	0	X
r_3	X	X	0

Ange för varje observatör vilka antaganden som gjorts (3 poäng)

c) Antag att dynamiken är så pass snabb att den är försumbar. Skriv om modellen på en form där dynamiken är försummad, dvs. antas vara oändligt snabb, och konstruera en residualgenerator med samma felkänslighet som r_2 ovan. Redovisa eventuella antaganden som görs. (2 poäng)

Tips: Newtons metod för att numeriskt lösa olinjära ekvationer kan vara nyttig. Iterationen

$$x^{n+1} = x^n - f_x^{-1}(x^n) f(x^n)$$

där f_x är derivatan av $f(x)$ med avseende på variablerna x, konvergerar mot en lösning till $f(x) = 0$ under förutsättning att man startar iterationen tillräckligt nära en lösning.

Uppgift 3.

a) Styrkefunktioner används för att utvärdera prestanda hos teststorheter. Ange definitionen på styrkefunktionen, rita upp ett typiskt utseende för styrkefunktioner för två tester T_1 och T_2 i fallen:

i) det går att avgöra att det ena testet är bättre än det andra.

ii) det inte går att avgöra vilken som är bäst

Förklara varför det är viktigt att välja trösklar så att, till exempel, falsklarmssannolikheten är lika för testen. (3 poäng)

b) Om man har en modell $f(z|\theta)$ som beskriver fördelningen för observationen z givet feltillståndet z så är

$$T(z) = \frac{f(z|\theta_1)}{f(z|\theta_0)}$$

en bra teststorhet för hypoteserna

$$H_0 : \ \theta = \theta_0, \quad H_1 : \ \theta = \theta_1$$

om θ_0 och θ_1 är kända. Förklara varför.

Föreslå en ny teststorhet om värdet på feltillståndet θ ej är känt vid fel, till exempel om mothypotesen ges av

$$H_1 : \ \theta > 0$$

(2 poäng)

Uppgift 4.

a) Definiera stark detekterbarhet och konstruera ett första ordningens exempel med två fel där det ena är starkt detekterbart och det andra ej är starkt detekterbart. (2 poäng)

b) Visa att det varken är ett nödvändigt eller ett tillräckligt villkor att systemet innehåller integratorer för att ett detekterbart fel ej ska vara starkt detekterbart. (2 poäng)

Uppgift 5.

Antag att ett system består av 8 komponenter, $C_1, \ldots, C_8$ och att sannolikheten för att komponenterna är trasiga är oberoende och lika. Komponenterna kan var OK eller $\neg OK$. Det finns tester med följande felkänslighet:

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
T_1	X	X	X					
T_2			X	X	X			
T_3					X	X	X	
T_4	X		X		X			
T_5				X		X		X

a) Beräkna de minimala diagnoserna om test T_1, T_2 och T_4 har larmat. (2 poäng)

b) Beräkna den/de mest sannolika diagnosen/diagnoserna om alla test har larmat. (2 poäng)

c) Om modellen ej innehåller modeller för hur komponenterna beter sig då de är trasiga så kan man endast få positiva konflikter, dvs. alla konflikter är av typen

$$OK(C_1) \land OK(C_2),$$

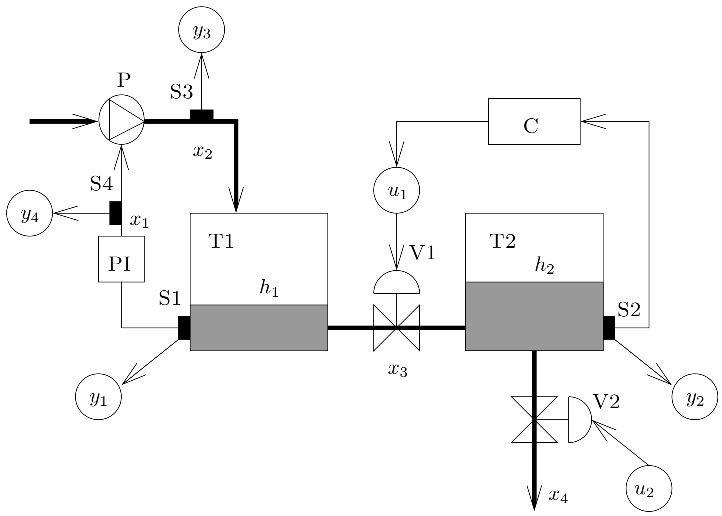
en konjunktion av $OK(C_i)$. Inga $\neg OK(C_i)$ uppträder. Använd definitionen av diagnos för att förklara varför. (2 poäng)

d) Visa med ett exempel hur man via en felmodell kan få $\neg OK(C_i)$ i sin konflikt. (1 poäng)

e) Ange ett tillräckligt villkor för att de minimala diagnoserna skall karakterisera alla diagnoser. (1 poäng)

Uppgift 6.

Betrakta systemet som visas i figur 1. Systemet består av 11 komponenter; två tankar T1 och T2; fyra givare S1, S2, S3 och S4; en pump P; två regulatorer C och PI samt två ventiler V1 och V2. Komponenterna antas vara OK eller $\neg OK$. Det felfria beteendet beskrivas av modellen i tabell 1. Signalerna y_1, y_2, y_3, y_4, u_1 och u_2 är kända, x_1, x_2, x_3, x_4, h_1, och h_2 är okända och



Figur 1: Systemskiss.

övriga symboler betecknar kända konstanter.

Ett diagnossystem med 6 tester har konstruerats för att övervaka systemet. Testernas felkänslighet ges av beslutsstrukturen i tabell 2. Nu vill man lägga till tester så att alla fel blir detekterbara och isolerbarheten beträffande enkelfel åtminstone uppfyller specifikationen given i tabell 3. Som ett första steg i att lösa uppgiften har isolerbarheten av de befintliga 6 testerna analyserats och resultatet visas i tabell 4.

a) Ange vilka detekterbarhets- och isolerbarhetsegenskaper som det befintliga diagnossystemet saknar för att uppfylla specifikationen. (2 poäng)

b) Visa att det inte går att uppfylla specifikationen med tillägg av endast ett test. (2 poäng)

b) Konstruera tester så att specifikationen uppfylls. För varje test ska felkänslighet och residual anges. Redogör också för vilka isolerbarhetsegenskaper som tillförs till diagnossystemet då respektive test inkluderas. Det räcker att lägga till två nya tester för att uppfylla specifikationen men det ger inget poängavdrag om fler tester användas. Om observatörslösningar används så behövs inte den stabiliserade återkopplingstermen beräknas. (6 poäng)

Tabell 1: Modell av systemet.

Ekvation	Antagande
$e_1 : A_1\dot{h}_1 = x_2 - x_3$	$OK(T1)$
$e_2 : A_2\dot{h}_2 = x_3 - x_4$	$OK(T2)$
$e_3 : x_2 = \begin{cases} 0 & \text{om } x_1 \leq 0 \\ x_1 & \text{om } 0 < x_1 < x_{2,\max} \\ x_{2,\max} & \text{om } x_{2,\max} \leq x_1 \end{cases}$	$OK(P)$
$e_4 : x_3 = C_{vb} \cdot u_1 \cdot \mathrm{sgn}(h_1 - h_2)\sqrt{\lvert h_1 - h_2 \rvert}$	$OK(V1)$
$e_5 : x_4 = C_{vo} \cdot \sqrt{h_2} \cdot u_2$	$OK(V2)$
$e_6 : x_1 = K_p(h_{1c} - h_1(t)) + K_i \int (h_{1c} - h_1(t))dt$	$OK(PI)$
$e_7 : u_1 = \begin{cases} 0 & \text{om } 0.09m \leq h_2 \\ 1 & \text{om } 0 \leq h_2 < 0.09m \end{cases}$	$OK(C)$
$e_8 : y_1 = h_1$	$OK(S1)$
$e_9 : y_2 = h_2$	$OK(S2)$
$e_{10} : y_3 = x_2$	$OK(S3)$
$e_{11} : y_4 = x_1$	$OK(S4)$

Tabell 2: Beslutsstruktur för de 6 befintliga testen.

	T1	T2	P	V1	V2	PI	C	S1	S2	S3	S4
T_1						X		X			X
T_2			X			X		X		X	
T_3		X		X	X		X	X			
T_4	X		X	X				X	X		X
T_5	X		X	X		X			X		X
T_6	X	X		X	X			X		X	

Tabell 3: Specifikation av önskad enkelfelsisolerbarhetsprestanda.

	T1	T2	P	V1	V2	PI	C	S1	S2	S3	S4
T1	X			X							
T2		X		X	X						
P			X								
V1				X							
V2		X		X	X						
PI						X					
C							X				
S1								X			
S2									X		
S3										X	
S4											X

Tabell 4: Isolerbarhetsprestanda för de 6 befintliga testen.

	T1	T2	P	V1	V2	PI	C	S1	S2	S3	S4
T1	X			X							
T2		X		X	X			X			
P			X								
V1				X							
V2		X		X	X			X			
PI						X					
C		X		X	X		X	X			
S1								X			
S2	X		X	X					X		X
S3								X		X	
S4											X