Försättsblad till skriftlig tentamen vid Linköpings Universitet

Datum för tentamen	2010-01-15
Sal	KÅRA
Tid	14-18
Kurskod	TSFS06
Provkod	TEN1
Kursnamn	Diagnos och övervakning
Institution	ISY
Antal uppgifter som ingår i tentamen	6
Antal sidor på tentamen (inkl. försättsbladet)	7
Jour/kursansvarig	Erik Frisk
Telefon under skrivtid	013-285714
Besöker salen ca.	15.00 och 17.00
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 25 januari på Fordonssystem

Tentamen

TSFS06 Diagnos och övervakning
15 januari, 2010, kl. 14.00-18.00

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

Ansvarig lärare: Erik Frisk

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

Uppgift 1. Antag en linjär modell

$$\begin{aligned}
\dot{x}_1 &= -x_1 + u\\
\dot{x}_2 &= x_1\\
\dot{x}_3 &= x_2\\
y_1 &= x_2\\
y_2 &= x_3
\end{aligned}$$

där x_i är tillstånd, u styrsignal, samt y_i mätsignaler.

a) Modellera additiva fel på styrsignalen samt de två mätsignalerna. Teckna sedan systemet på matrisformen

$$H(p)x + L(p)z + F(p)f = 0$$

där z är en vektor med de kända signalerna och f en vektor med felsignalerna. (2 poäng)

b) Avgör för varje fel om felet är icke-detekterbart, svagt detekterbart, eller starkt detekterbart. (3 poäng)

c) Konstruera en residualgenerator som isolerar fel i styrsignalen och fel i sensor 1 ifrån fel i sensor 2. Residualgeneratorn ska vara given på tillståndsform och alla polerna ska ligga i -1. (3 poäng)

Tips: Den observerbara kanoniska formen av

$$G(p) = \frac{b_1 p^{n-1} + \cdots + b_{n-1}p + b_n}{p^n + a_1 p^{n-1} + \cdots + a_{n-1}p + a_n}$$

är

$$\begin{aligned}
\dot{x}(t) &= \begin{bmatrix} -a_1 & 1 & 0 & \dots & 0\\ -a_2 & 0 & 1 & \dots & 0\\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots\\ -a_{n-1} & 0 & 0 & \dots & 1\\ -a_n & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} b_1\\ b_2\\ \vdots\\ b_{n-1}\\ b_n \end{bmatrix} u(t)\\
y(t) &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} x(t)
\end{aligned}$$

Uppgift 2. Antag ett system med 4 komponenter A, B, C, samt D. Fyra tester har konstruerats med följande felkänslighet:

	A	B	C	D
T_1	X			
T_2	X	X	X	
T_3		X	X	X
T_4			X	X

Använd konventionen att beteendemoder betecknas som en mängd av de komponenter som är trasiga, till exempel moden $\neg OK(A) \wedge OK(B) \wedge \neg OK(C) \wedge OK(D)$ betecknas $\{A, C\}$.

I samtliga deluppgifter är det tillåtet att anta att samtliga tester som kan reagera på ett fel gör det.

a) Antag att testerna T_2 och T_3 ovan har larmat, vilka konflikter genereras? Beskriv relation mellan konflikter och diagnoser (generellt och inte bara i fallet i den här uppgiften). (3 poäng)

b) Ange enkelfelsisolerbarheten för testerna. Redovisa resultatet med en isolerbarhetsmatris. (2 poäng)

c) Använd hitting-set algoritmen för att beräkna de minimala diagnoserna då vi har ett dubbelfel med fel i båda komponenterna A och D. (1 poäng)

d) Vilket/vilka dubbelfel kommer tolkas som enkelfel trots att alla förväntade tester har reagerat. (2 poäng)

e) För reducera antalet diagnoser används ibland en filtrering av diagnoserna. Istället för att skicka ut alla minimal diagnoser, skickas endast de minimala diagnoserna med minimal kardinalitet ut, dvs. de diagnoser med minst antal felaktiga komponenter. Beskriv ur reparationssynpunkt varför det är olämpligt att göra denna filtrering genom att studera fallet att systemet har dubbelfelet $\{B, D\}$. (1 poäng)

Uppgift 3. Antag ett system där man via en styrsignal u_1 modulerar dynamiken mellan styrsignal u_2 och mätsignalen y. Systemet antas beskrivas av ekvationerna

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= -x_1 + u_1\\ \dot{x}_2 &= -x_1 x_2 + u_2\\ y &= x_2\end{aligned}$$

a) Härled en konsistensrelation och realisera en residualgenerator utifrån denna. Eventuella derivator av kända signaler får antas kunna skattas tillräckligt bra direkt ur observationerna. (2 poäng)

b) Konstruera en stabil residualgenerator via observatörsteknik. Stabilitet behöver ej bevisas, men motiveras hur du går tillväga. (2 poäng)

c) Antag att vi har en okänd och långsamt varierande förstärkning från u_1, dvs. första ekvationen ser ut enligt

$$\dot{x}_1 = -x_1 + \theta u_1$$

Konstruera en stabil residualgenerator som avkopplar förändringar i θ. Parametern θ varierar tillräckligt långsamt för att kunna antas vara konstant. Använd valfri metod. (2 poäng)

Uppgift 4. En komponent C ska övervakas med en normerad residual

$$r_t = \begin{cases} \nu_t & \text{om } C \text{ är felfri} \\ \theta + \nu_t & \text{om } C \text{ är trasig} \end{cases}$$

där ν_t är vitt normalfördelat brus med standardavvikelse 1 och väntevärde 0, samt θ är en känd konstant. Låt $\Phi(x)$ beteckna den kumulativa fördelningsfunktionen för en normalfördelning med väntevärde 0 och standardavvikelse 1, dvs.

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^{x} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z}{2}} dz$$

a) Inför en tröskel J och teckna sannolikheten för missad detektion och falsklarmssannolikheten, dvs. uttryck $P(\text{missad detektion})$ och $P(\text{falsklarm})$ med hjälp av funktionen $\Phi(x)$. (2 poäng)

b) Antag att a-priorisannolikheten för att C är trasig är α. Teckna optimeringsproblemet som beskriver det tröskelvärde J_0 som minimerar sannolikheten att dra fel slutsats. Beskriv kvalitativt hur lösningen påverkas av storleken på α. (2 poäng)

c) Teckna ett CUSUM-test baserat på r_t. (2 poäng)

Uppgift 5.

a) Normalisering av residualer och teststorheter kan vara till stor nytta när modellen som används är osäker. Beskriv vad normalisering är samt varför det kan vara till nytta. (2 poäng)

b) För att övervaka effektiviteten hos ett system skattas verkningsgraden η. Om verkningsgraden avviker från sitt nominella värde så genereras ett larm. På grund av skiftande grad av exitation så varierar kvaliteten på skattningen beroende på hur systemet används. Man har kunnat härleda att skattningen är normalfördelad, väntevärdesriktig och att variansen varierar enligt en funktion $W(z)$ där z är observationerna, dvs.

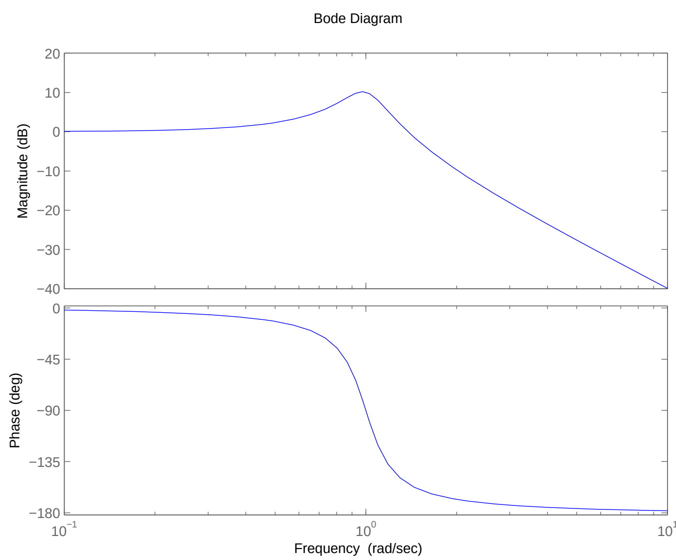
$$\hat{\eta} \sim \mathcal{N}(\eta, W(z))$$

Beskriv en normaliserad teststorhet som larmar när verkningsgraden avviker från ett nominellt värde η_{nom}. (2 poäng)

c) En nominell modell av ett resonant system ges av en överföringsfunktion

$$G^0(s) = \frac{1}{s^2 + s\ 2r\sin(\varphi) + r^2}$$

där $r = 1$ och $\varphi = \pi/20$. Bodediagrammet för överföringsfunktionen ses nedan.



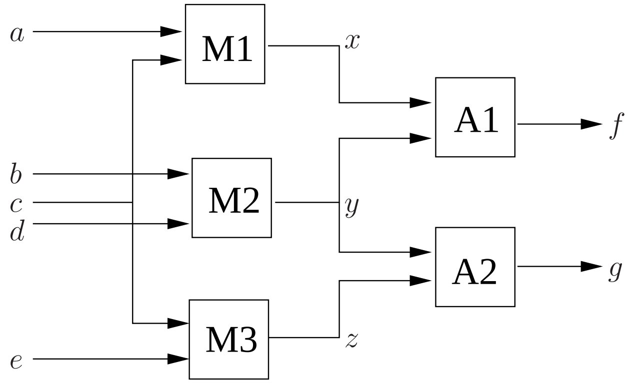
En residual för systemet genereras enligt

$$r(t) = y(t) - G^0(p)u(t)$$

Antag man vet att det principiella beteendet hos modellen är någorlunda korrekt med ungefär rätt bandbredd och rätt DC-förstärkning. Osäkerheten i modellen ligger främst i positionen och höjden hos resonanstoppen, men man vet att beteendet ser ut ungefär som i $G^0(s)$.

Beskriv hur du använder ovanstående information för att generera en adaptiv tröskel som tar hänsyn till modellosäkerheten. Diskutera också vad det får för effekt på felkänsligheten hos residualen. (2 poäng)

Uppgift 6. Nedan har vi en enkel krets med 3 multiplikatorer $M1$, $M2$ och $M1$, samt 2 adderare $A1$ och $A2$. Kända variabler är $\{a, b, c, d, e, f, g\}$, dvs. alla utom variablerna $\{x, y, z\}$.



Förutsättningarna är att de 5 komponenterna kan gå sönder och att vi ej har några modeller för hur de beter sig då de är trasiga, dvs. inga felmodeller finns tillgängliga.

Härled ett diagnossystem som hittar alla diagnoser, inklusive multipelfel av godtycklig ordning, för alla tänkbara observationer. (5 poäng)