



LUNDS
UNIVERSITET

Institutionen för
REGLERTEKNIK

Reglerteori

Inlämningsuppgift 2

Inlämnas senast 19 mars 2014

Allmänt om inlämningsuppgifterna

Kursen Reglerteori innehåller två obligatoriska inlämningsuppgifter. Uppgifterna består oftast av att studera ett teoretiskt begrepp inom reglertekniken eller av att göra beräkningar med något datorhjälpmedel, till exempel MATLAB.

Det är meningen att du aktivt ska använda dina kunskaper inom bland annat komplex och linjär analys för att lösa uppgifterna. Somliga uppgifter är av diskussionskaraktär och kommer att förutsätta att du/ni på egen hand söker efter svaren i tillgänglig litteratur.

Inlämningsuppgift 1 genomförs i grupper om två eller tre teknologer, medan Inlämningsuppgift 2 görs individuellt. Inlämningsuppgift 2 redovisas i form av en skriftlig rapport.

Anvisningar

Själva rapportskrivandet är en viktig del av arbetet med inlämningsuppgifterna, och rapporterna kommer att bedömas både vad gäller innehåll och form. Målgrupp för rapporterna är teknologer liknande er själva.

Tillämpa gärna de riktlinjer som givits i tidigare kurser i skriftlig framställning. Några instruktioner:

- Skriv gärna rapporten för hand, men skriv läsligt och välstrukturerat. Skriv fullständiga meningar.
- Börja om möjligt med att presentera problemet som ska lösas. Förklara införda beteckningar.
- Förklara de olika stegen i din lösning och ge logiska motiveringar till dem. Namnge resultat som används (Pythagoras sats, argumentvariationsprincipen, ...).
- Kontrollera att du verkligen svarar på de frågor som ställs.
- Bifoga figurer om det underlättar förståelsen. Bifoga också programkod om du använder något numeriskt verktyg.
- Kör du fast med en lösning så diskutera problemet med andra kursdeltagare eller med någon lärare.

Bedömning

I kursen Reglerteori ges enbart betygen Godkänt och Icke-godkänt. För att få Godkänt på kursen krävs att båda inlämningsuppgifterna är godkända. Vi använder en skala 3, 2, 1, R vid rättningen av Inlämningsuppgift 2. Stegen betyder ungefär:

- 3: En bra lösning med god framställning. Behöver inte vara helt korrekt.
- 2: En godtagbar lösning och framställning. Kan ha en del brister.
- 1: En något felaktig lösning eller dålig presentation. Behöver dock inte visas upp igen.
- R: Gör om lösningen och lämna in igen inom en vecka. Därefter eventuellt ytterligare en muntlig komplettering.

För att få godkänt på en inlämningsuppgift så får ingen deluppgift ha fått bedömningen R. Stegen är införda för att du ska få en uppfattning om kvalitén på din lösning.

1. Betrakta processen

$$\begin{aligned}\frac{dx_1}{dt} &= -x_1 + u \\ \frac{dx_2}{dt} &= -3x_2 + u \\ y &= x_1 + x_2\end{aligned}$$

- a. Bestäm överföringsfunktionen från u till y . Ange poler och nollställen.
- b. Finn en tillståndsåterkoppling $u = -Lx + l_r r$ så att slutna systemets poler blir dubbelt så snabba som öppna systemets poler. Välj l_r så att statiska förstärkningen från r till y blir 1.
- c. Vad blir slutna systemets överföringsfunktion från r till y med denna återkoppling, $u = -Lx + l_r r$?
- d. Är slutna systemet styrbart från r ? Om inte, ange det styrbara underrummet.
Är slutna systemet observerbart från y ? Om inte, ange det icke-observerbara underrummet.

2. Betrakta en process liknande den i Övning 4 (och i Reglerteknik AK Lab 3):

$$\begin{aligned}\frac{d^2x_1}{dt^2} &= (x_2 - x_1) - 0.1\frac{dx_1}{dt} + u, & x(0) &= x_0 \\ \frac{d^2x_2}{dt^2} &= (x_1 - x_2) - 0.1\frac{dx_2}{dt} \\ y &= x_1\end{aligned}$$

- a. Använd kommandot `place` i MATLAB och beräkna en tillståndsåterkoppling från skattade tillstånd

$$u = -L\hat{x} + l_r r$$

som ger polplaceringen

$$(s^2 + s + 3/2)(s^2 + s + 1)$$

och en observerare

$$\dot{\hat{x}} = (A - KC)\hat{x} + Bu + Ky \quad \hat{x}(0) = 0$$

med polplaceringen

$$(s^2 + s + 3/2)(s^2 + 2\zeta_o\omega_o s + \omega_o^2)$$

där $\zeta_o = 0.5$ och $\omega_o = 1$. Den statiska förstärkningen ska vara 1.

- b. Ange processens överföringsfunktion enligt $Y(s) = P(s)U(s)$. Bestäm också överföringsfunktionerna för regulatoren enligt uttrycket

$$U(s) = -G_{uy}(s)Y(s) + G_{ur}(s)R(s)$$

Överföringsfunktionerna ska anges som uttryck i variablerna A , B , C , L och K .

- c. Simulera det återkopplade systemets stegsvar ($r(t) = 1, t \geq 0$)

$$\begin{aligned}\dot{x} &= Ax - BL\hat{x} + Bl_r r, & x(0) &= x_0 \\ \dot{\hat{x}} &= KCx + (A - KC - BL)\hat{x} + Bl_r r, & \hat{x}(0) &= 0\end{aligned}$$

för olika ω_o (till exempel 0.75, 2, 10) då $x_0 = 0$ respektive $x_0 \neq 0$ (till exempel $x_0 = [0 \ 1]^T$). Inför gärna matriserna

$$\begin{aligned}A_e &= [A, -B*L; K*C, (A-K*C-B*L)] \\ B_e &= [B*l_r; B*l_r]\end{aligned}$$

I MATLAB kan man till exempel använda kommandot `lsim` alternativt simuleringsmiljön SIMULINK för att simulera systemet. Förklara de erhållna kurvornas utseende genom att studera $\tilde{x} = x - \hat{x}$.

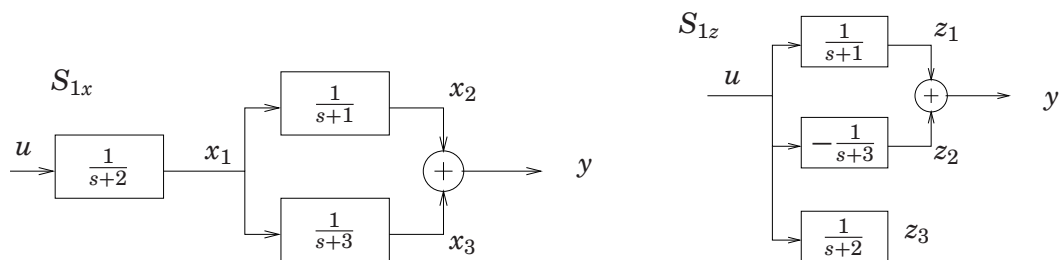
- d. Kretsöverföringsfunktionen för det kompenserade systemet ges av $L(s) = P(s)G_{uy}(s)$. Rita Bodediagrammet och ange fas- och amplitudmarginerna för fallet $\omega_o = 1$. (Använd `margin` i MATLAB).

Plotta också beloppet av känslighetsfunktionen, $|S(i\omega)|$, och ange dess maximala värde M_s . Vad betyder detta värde på M_s för robustheten?

Använd `bodemag` för att plotta beloppet. M_s är också lika med $\|S(s)\|_\infty$. (Överkurs: Förklara gärna detta).

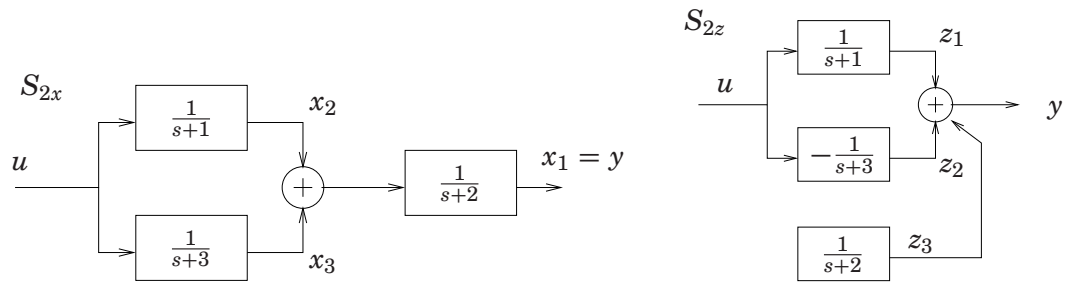
3. Betrakta systemen i Figur 1 och 2. Använd $x = [x_1 \ x_2 \ x_3]^T$ som tillståndsvariabler i systemen S_{1x} samt S_{2x} och $z = [z_1 \ z_2 \ z_3]^T$ i systemen S_{1z} samt S_{2z} .

- a. Ange tillståndsrealisationer (A, B, C -matriser) och visa att vi kan hitta en tillståndstransformation $z = Tx$ från system S_{1x} till S_{1z} , det vill säga att de två systemen i Figur 1 är ekvivalenta. Utnyttja gärna den speciella strukturen på A -matrisen för S_{1z} . Kontrollera att T verkligen ger rätt transformation av A, B, C -matriserna. Vad kan du säga om tillståndet z_3 ? Jämför systemen med Kalmans uppdelningssats.



Figur 1 Systemen i uppgift 3a.

- b. Ange tillståndsrealisationer (A, B, C -matriser) och visa att vi kan hitta en tillståndstransformation $z = Tx$ från system S_{2x} till S_{2z} , det vill säga att de två systemen i Figur 2 är ekvivalenta. Kontrollera att T verkligen ger rätt transformation av A, B, C -matriserna. Vad kan du säga om tillståndet z_3 ? Jämför systemen med Kalmans uppdelningssats. Jämför överföringsfunktionerna i uppgift a) och b). Är S_{2z} ekvivalent med S_{1z} ?



Figur 2 Systemen i uppgift 3b.

Matlabhjälp

Du kan få mycket hjälp genom att läsa *A Matlab Tutorial* på kursens hemsida. Särskilt användbara kommandon är

ss	Skapa tillståndsmodell
tf	Skapa överföringsfunktion
bode	Plotta Bodediagram
bodemag	Plotta Bodediagram utan fas
place	Polplacering
obsv	Observerbarhetsmatris
ctrb	Styrbarhetsmatris
zero	Beräkna nollställen
pole	Beräkna poler
lsim	Simulera ett system