TENTAMEN I REGLERTEKNIK TSRT12

SAL: TER4 och U3

TID: 10 juni 2022, klockan 14 - 19

KURS: TSRT12, Reglerteknik

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 5

ANTAL SIDOR PÅ TENTAMEN (INKLUSIVE FÖRSÄTTSBLAD): 9

ANSVARIG LÄRARE: Daniel Axehill, tel 013-284042, 0708-783670.

BESÖKER SALEN: 15:00 och 17:00

KURSADMINISTRATÖR: Ninna Stensgård, tel 013-282225, ninna.stensgard@liu.se

TILLÅTNA HJÄLPMEDEL: Läroboken Glad-Ljung: ”Reglerteknik, grundläggande teori” med normala inläsningsanteckningar, Kompletterande kompendium: Martin Enqvist: ”En introduktion till lärande reglering - Förstärkningsinlärning eller hur man tar fram en optimaltillståndsåterkoppling utan en modell av systemet”, tabeller, formelsamling, räknedosa (ej dator, telefon, surfplatta, osv.) utan färdiga program.

LÖSNINGSFÖRSLAG: Anslås efter tentamen på kursens hemsida.

VISNING av tentan enligt senare e-mail

PRELIMINÄRA BETYGSGRÄNSER (kan komma att ändras):	betyg 3	23 poäng
	betyg 4	33 poäng
	betyg 5	43 poäng

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

Lycka till!

1. (a) Många lastbilstillverkare forskar just nu på möjligheten att införa autonom konvojkörning (”platooning”), dvs. att flera lastbilar automatiskt kör tätt i rad för att spara energi tack vare de aerodynamiska fördelar som uppstår då man ligger nära varandra. Föreslå en reglerteknisk lösning på detta för ett (1 st) fordon i konvojen som följer fordonet framför. Ange speciellt vad som är referenssignal $r(t)$, mätsignal $y(t)$ och styrsignal $u(t)$ i din strategi? (3p)

   (b) Insignalen $u(t) = 4\sin(3t)$ läggs på ingången till systemet $\frac{1}{s+2}$. Vad blir utsignalen asymptotiskt (dvs. efter väldigt lång tid)? (2p)

   (c) Insignalen $u(t) = 1$ läggs på ingången till systemet $\frac{1}{s-1}$. Vad blir utsignalen asymptotiskt? (1p)

   (d) Hur många tillstånd behövs för att realisera följande modell i tillståndsform?

$$G(s) = \frac{1}{s}\frac{(s+1)^2}{(s+3)^4}$$

(2p)

   (e) Mästeringenjören på kontoret har skapat ett reglersystem till den nya produkten och påstår sig ha erhållit en känslighetsfunktion $\frac{1}{s+1}$ (överföringsfunktion från processstörning till utsignal) samt komplementär känslighetsfunktion $\frac{0.5s-0.5}{s+1}$ (överföringsfunktion från mätbrus till utsignal). Hur ställer du dig till detta påstående? (2p)

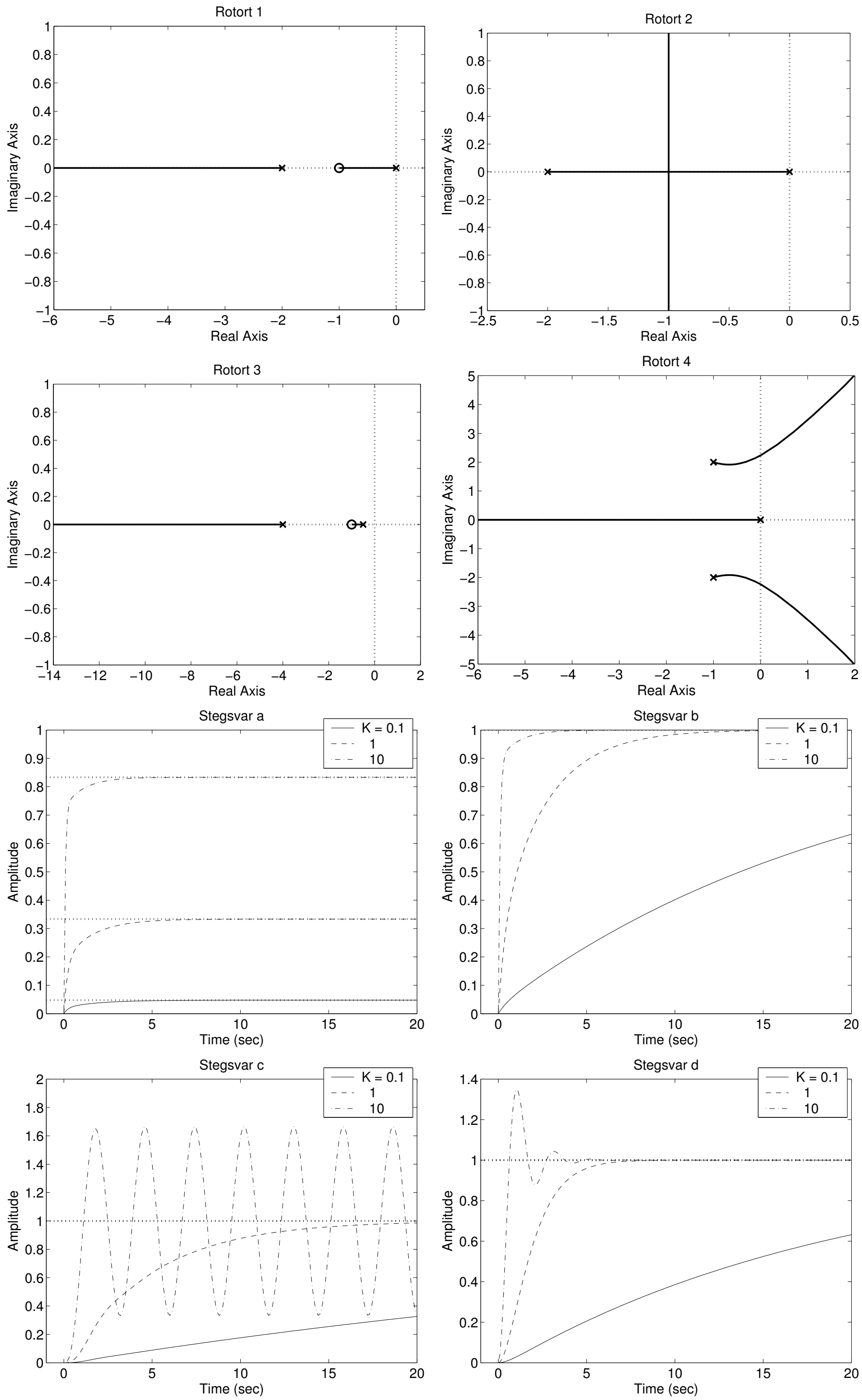
2. (a) I de fyra övre plottarna i figur 1 finns rotorter avbildade för fyra olika system. Parametern som varieras i rotorterna är förstärkningen K i en P-regulator. I de fyra undre plottarna i figur 1 visas stegsvaren för de återkopplade systemen då $K = 0.1,\ 1$ och 10. Ange vilken rotort som hör ihop med vilket stegsvar. OBS! Som alltid så krävs motivering! Enbart en korrekt hopparning av rotort och stegsvar ger inga poäng. (4p)

   (b) Baserat på rotortsfiguren, vilka av de fyra systemen skulle kunna följa en konstant referenssignal utan statiskt reglerfel då en P-regulator används? (2p)

   (c) Ett system $Y(s) = G(s)U(s)$ regleras med standard återkoppling $U(s) = F(s)(R(s) - Y(s))$ där

$$G(s) = \frac{-s+1}{(s+2)(s+3)},\ \ F(s) = \frac{s+1}{-s+1}$$

   Är det slutna systemet från $R(s)$ till $Y(s)$ stabilt? Vad kan du säga om överföringsfunktionen från $R(s)$ till $U(s)$? Vad händer med styrsignalen om man gör ett steg i referensen? (4p)



Figur 1: **Övre**: rotorter för fyra olika system med P-återkoppling (**x**=startpunkt, **o**=slutpunkt). **Undre**: stegsvar för de återkopplade systemen med $K = 0.1$, 1 och 10.

3. En byggfirma i Linköping har fått i uppgift att bygga in en hiss i ett flerfamiljshus i Valla. Firman som bygger hissen har en modell av hur hissen beter sig då den ska stå still vid en viss våning. Överföringsfunktionen från momentreferens på den elektriska motorn som driver hissen till hissens läge ges av

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

Där m är hissens massa, d dämpningen i hissens vajer och k är vajerns fjäderkonstant.

(a) För att få hissen väl dämpad så vill hissfirman att det slutna systemets poler ska ligga i $-\frac{3}{2}$. Använd en PD-regulator, $F(s) = K_P + K_D s$, för att åstadkomma detta. Antag att $m = 1$, $d = 1$ och $k = 1$. (3p)

(b) Antag att hissen står på den lägsta våningen i huset och att det gör att 10 gånger så mycket vajer är utrullad jämfört med vid beräkningen av regulatorn i a). Fjäderkonstanten blir alltså lika med $k/10$. För vilka värden på K_P och K_D är hissen stabil? Fungerar fortfarande regulatorn i a)? (3p)

(c) Tag fram en tillståndsmodell till systemet $G(s)$ och gör tillståndsåterkoppling så att det slutna systemets poler hamnar i $-\frac{3}{2}$. Antag att $m = 1$, $d = 1$ och $k = 1$. (4p)

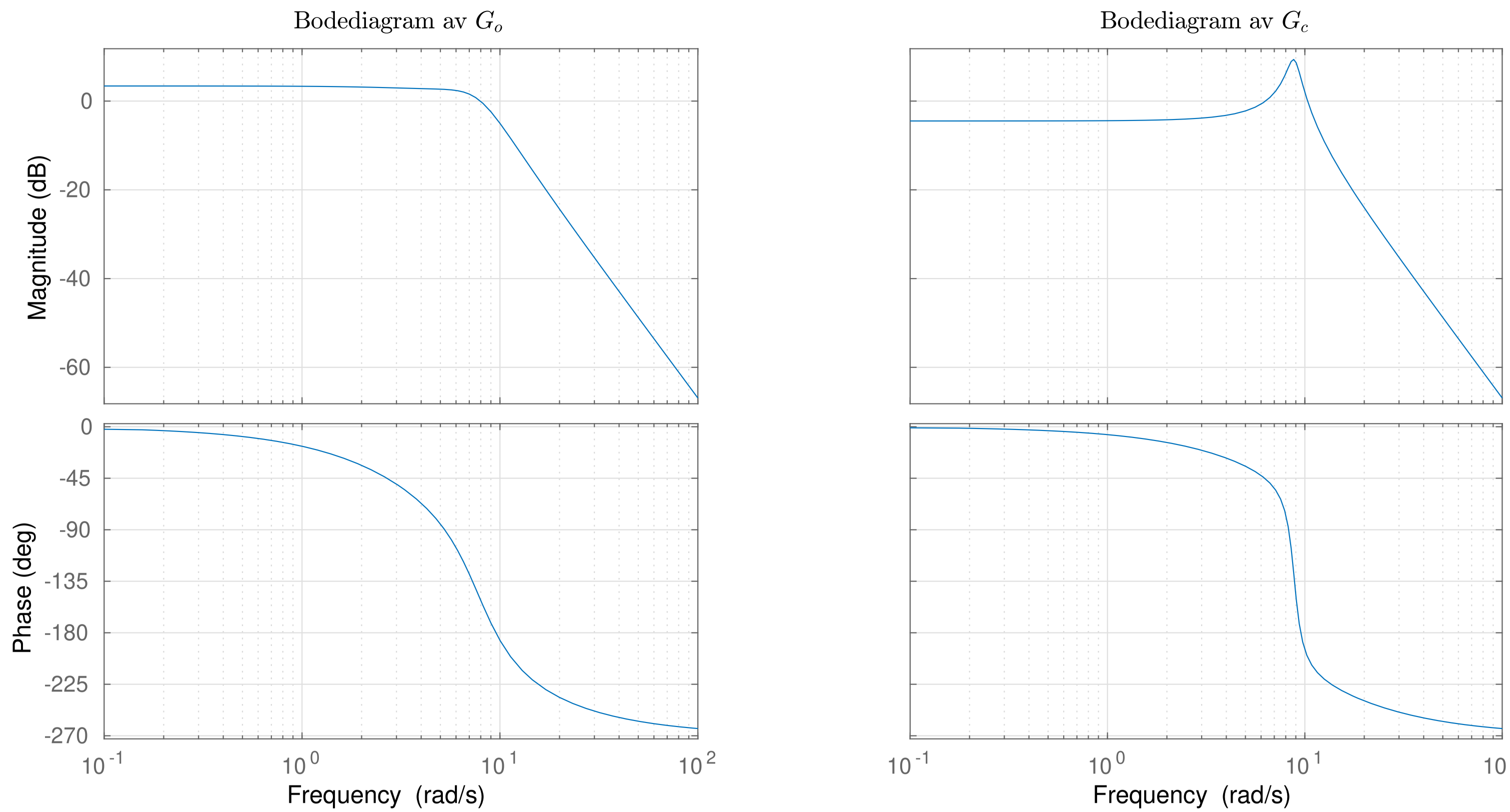
4. En P-regulator $F(s) = K(R(s) - Y(s))$ har designats för att reglera en kemisk process $G(s)$. För att analysera processens egenskaper har en reglertekniker tagit fram Bodediagrammet till både det öppna och slutna systemet, vilka kan ses i figur 2.

   (a) Bestäm systemets amplitud- och fasmarginal. (2p)

   (b) För att öka effektiviteten i processen har reglerteknikern fått uppgiften att göra reglersystemet minst dubbelt så snabbt. Är detta möjligt med den nuvarande regulatorn? Finns det annars någon annan enkel regulatorstruktur som skulle möjliggöra detta? (2p)

   (c) Det har visat sig att det verkliga systemet innehåller en kort tidsfördröjning T, som inte tagits hänsyn till. Det verkliga systemet ges (approximativt då T antas vara liten) istället av $G^0(s) = G(s)(1 - sT)$. Hur stor får tidsfördröjningen då vara för att kunna garantera slutna systemets stabilitet med hjälp av robusthetskriteriet? (4p)

   (d) En noggrannare övre gräns på tidsfördröjningen önskas än den som analysen i (c) gav. Beräkna och ange mer noggrant hur stor tidsfördröjningen kan bli innan det slutna systemet blir instabilt. (2p)



Figur 2: Bodediagram av det öppna systemet (till vänster) och det slutna systemet (till höger).

5. En cykel beskrivs (efter lämplig skalning av variabler och tid) av modellen

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} V \\ V^2/2 \end{bmatrix} u, \quad y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} x$$

Här är x_1 lutningsvinkel, x_2 rörelsemängdsmoment kring längdaxeln, u styrets vridningsvinkel och V hastigheten framåt ($V > 0$).

(a) Beräkna systemets poler. Hur beror de på V? (1p)

(b) Beräkna för allmänt V en tillståndsåterkoppling som placerar systemets egenvärden i -2, -2 (referenssignalen antas vara 0). (2p)

(c) Visa att det finns ett positivt värde V^* på V sådant att vissa av de koefficienter som beräknats i (b) växer obegränsat när $V \to V^*$. Ange ett numeriskt värde på V^*. (2p)

(d) Varför går det inte att placera egenvärdena godtyckligt när $V = V^*$? (1p)

(e) Antag att $V = V^*$. Visa att även om egenvärdena inte går att placera godtyckligt så är det alltid möjligt att stabilisera systemet. Ange en sådan stabiliserande tillståndsåterkoppling. (4p)