TENTAMEN I REGLERTEKNIK (TSRT19/TSRT23)

SAL: TER1,TER2, TERE

TID: 15 mars 2022, klockan 14 - 19

KURS: TSRT19/TSRT23

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 5

ANSVARIG LÄRARE: Johan Löfberg, 070-3113019

BESÖKER SALEN: 15.30, 18.00

KURSADMINISTRATÖR: Ninna Stensgård, tel 013-284725, ninna.stensgard@liu.se

TILLÅTNA HJÄLPMEDEL: Läroboken Glad-Ljung: ”Reglerteknik, grundläggande teori” med inläsningsanteckningar, tabeller, utgiven formelsamling (t.ex. Beta handbook, Physics handbook, Tefyma etc), räknedosa utan färdiga program.

LÖSNINGSFÖRSLAG: Anslås efter tentamen på kursens hemsida.

PRELIMINÄRA BETYGSGRÄNSER:	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!

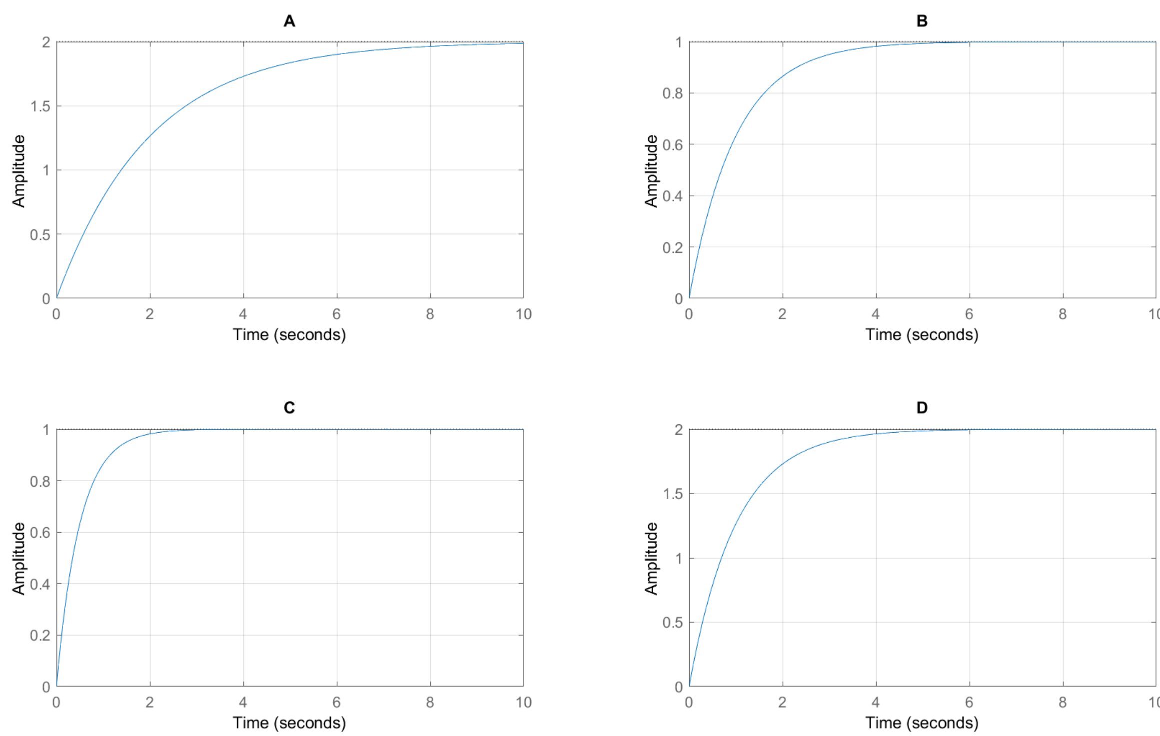
1. (a) I Figur 1 nedan visas stegsvar (insignalsamplitud 1) för fyra olika system. Förklara hur du kan koppla varje stegsvar till någon av de föreslagna överföringsfunktionerna (4p)

$$(I) \quad G(s) = \frac{1}{s+1} \qquad (II) \quad G(s) = \frac{2}{2s+1}$$

$$(III) \quad G(s) = \frac{1}{-s+1} \qquad (IV) \quad G(s) = \frac{1}{s-2}$$

$$(V) \quad G(s) = \frac{2}{s+1} \qquad (VI) \quad G(s) = \frac{1}{s+2}$$

$$(VII) \quad G(s) = \frac{1}{2s+1} \qquad (VIII) \quad G(s) = \frac{2}{s+2}$$



Figur 1: Stegsvar till uppgift 1 a.

(b) Insignalen $u(t) = 2\sin(3t)$ används på ett system som beskrivs av modellen $G(s) = \frac{s^2+9}{s^2+s+1}$. Vad blir utsignalen asymptotiskt? (2p)

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

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

(2p)

(d) När kan man tänks vilja lägga till integralverkan i en regulator? (1p)

(e) Vad gör man om man vill utveckla en tillståndsregulator men inte har tillgång till mätningar av alla tillstånd? (1p)

2. Stefan Ingves och riksbanken försöker reglera inflationen $y(t)$ genom att sätta styrräntan $u(t)$ i Sverige. Målet är att erhålla den önskade inflationen $r(t)$ som väljs av riksdagen. De har nu fått fria tyglar att försöka göra detta kontinuerligt, istället för att justera styrräntan en gång per kvartal. Genom mödosamma analyser har de kommit fram till att följande modell sammanfattar Sveriges ekonomi (β är en positiv parameter som man antar vara någorlunda känd, inte exakt dock)

$$\dot{y}(t) = -\beta y(t) + u(t)$$

   (a) Tag fram överföringsfunktionen från $u(t)$ till $y(t)$ och ange systemets poler. (2p)

   (b) Riksbanksgruppen tycker först att problemet är trivialt, om $r(t)$ är konstant så borde valet $u(t) = \beta r(t)$ vara en tänkbar lösning för att erhålla rätt inflation. Visa att detta stämmer, men förklara även varför det är en dålig idé. (2p).

   (c) Efter att ha blivit upplysta, så bestämmer de sig för att testa P-reglering ($K_P > 0$)

$$u(t) = K_P(r(t) - y(t))$$

   Vilken inflation erhålls nu asymptotiskt, om önskad inflation hålls konstant? (2p)

   (d) Måste man känna β exakt för att reglerstrategin skall fungera (bli stabilt)? Uttala dig om hur krav på noggranhet i β kan kopplas till K_P. (2p)

   (e) Stefan har hört talas om PI-reglering,

$$u(t) = K_P(r(t) - y(t)) + K_I \int_0^t (r(\tau) - y(\tau))d\tau,$$

   och bestämmer sig för att använda detta. Stefan med kamrater har dessutom lärt sig att det är viktigt att lära sig av historien, och tänker därför använda sig av väldigt mycket integralförstärkning $K_I > 0$. Antag att K_P väljs till 1. Visa att Sveriges inflation sannolikt kommer att oscillera kraftigt om planen sjösätts med ett för stort val av K_I. (2p)

3. Uppvärmning i en ny kemisk process hos Perstorp AB kan beskrivas av följande differentialekvation

$$m\ddot{y}(t) = u(t) - ky(t) - b\dot{y}(t)$$

där $y(t)$ betecknar en produkts temperatur och $u(t)$ är tillförd värmeeffekt. Konstanterna m, k och b beskriver massa, värmeförlust till omgivning, samt en problematisk fysikalisk effekt som gör att värmeförlust till omgivning ändrar sig då temperaturen ändrar sig. Vi antar att $m = k = 1$.

(a) Antag att man använder inför tillståndsvariablerna $x_1(t) = y(t)$ och $x_2(t) = \dot{y}(t)$. Verifiera att systemet beskrivs på tillståndsform av modellen

$$\dot{x}(t) = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & -b \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u(t) \qquad y(t) = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix} x(t)$$

(1p)

(b) För vilka värden på $b > 0$ har systemet reella poler? (2p)

(c) Antag att $b = 0.5$. Bestäm en temperaturreglering i form av en tillståndsåterkoppling på formen

$$u(t) = -Lx(t) + l_0 r(t)$$

sådan att det återkopplade systemets poler placeras i -2 och konstanta referenssignaler kan följas utan statiskt reglerfel. (5p)

(d) Antag att man har en referenssignal i form av ett steg med amplitud 1. Hur stor blir insignalen (dvs pålagd värmeeffekt) i stationärt tillstånd? (2p)

Fysikskolade studenter ser även att precis samma modell beskriver position av en massa med vikt m fastsatt i en fjäder med fjäderkonstant k samt dynamisk friktionskoefficient b, med en yttre pålagd kraft $u(t)$. Modeller, och efterföljande reglerstrategier, ser precis likadana ut oavsett ingenjörsdomän. Det är bara betydelsen av variabler som skiljer sig.

4. I denna uppgift analyserar vi reglering av den så kallade pitchvinkeln på ett blad på ett vindkraftverk. Överföringsfunktionen från pålagd spänning $u(t)$ på en elmotor, till bladets vinkel $y(t)$ ges av

$$G(s) = \frac{4}{0.2s^3 + 1.02s^2 + 0.6s + 1}$$

och Bodediagrammet för detta system är avbildat i figuren på nästa sida. Avläsningar av värden i Bodediagrammet måste inte vara exakta men rimliga och motiverade.

(a) Man vill använda en regulator på formen

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

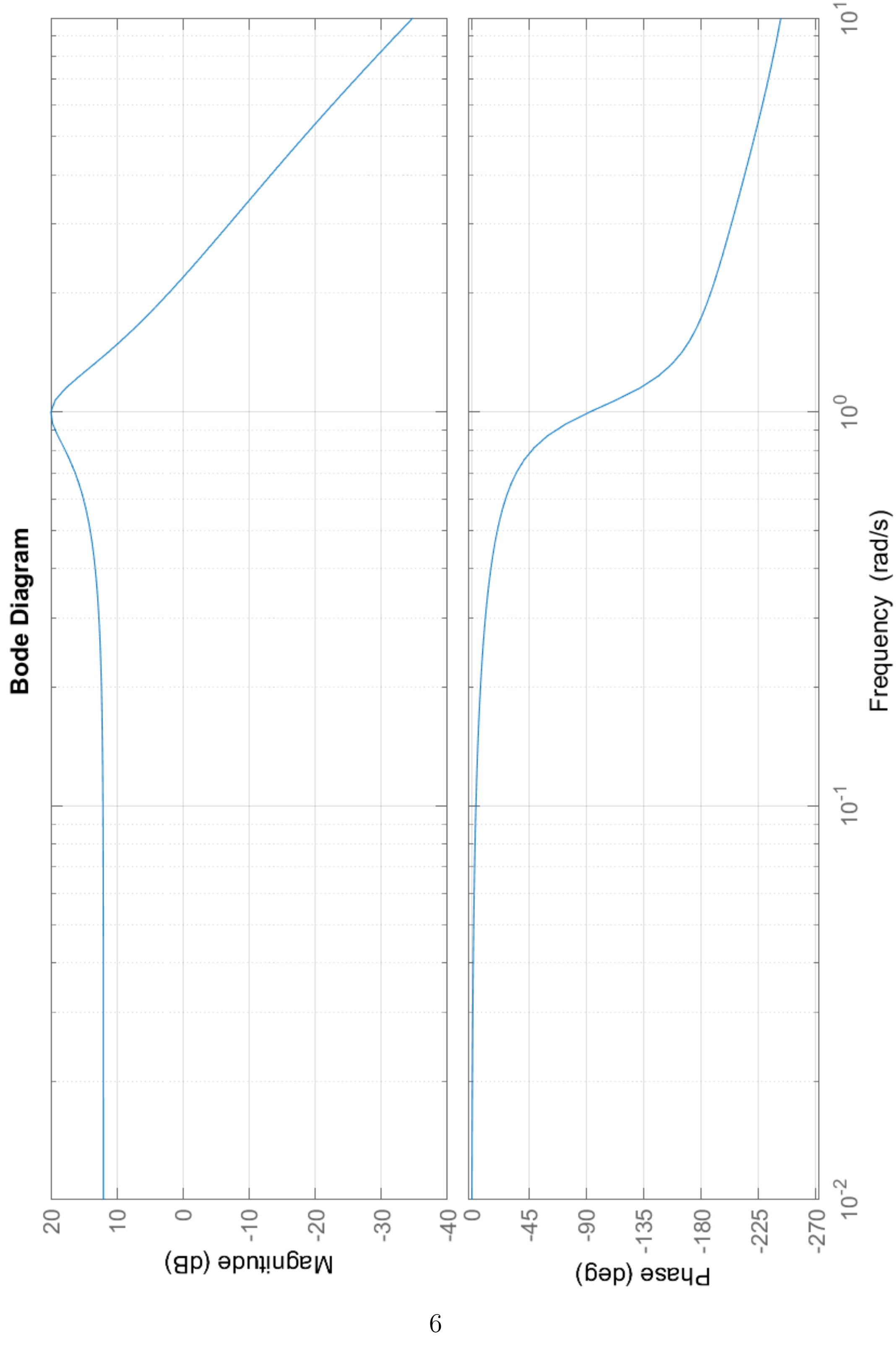
för att få ett slutet system med lämpliga egenskaper. Antag att en P-regulator med $K_P = 1$ används. Vad kan du säga om återkopplade systemets stabilitet (2p)

(b) Antag att man använder en P-regulator med $K_P = 0.1$ vilket ger ett stabilt återkopplat system. Hur stort blir det statiska reglerfelet om referenssignalen är $r(t) = 1$? (2p)

(c) Antag igen att man använder en P-regulator med $K_P = 0.1$ och referenssignal $r(t) = \sin(t)$. Vad blir amplituden på $y(t)$ asymptotiskt (2p)

(d) Givet att $G(s)$ är i den angivna formen, argumentera utifrån Bodediagrammet för att inte alla poler till $G(s)$ är reella. (2p)

(e) Antag att man använder en PI-regulator $F(s) = 0.1(1 + \frac{1}{100s})$. Vilka stora skillnader i Bodediagrammet för $G(s)F(s)$ skulle man notera jämfört med det givna Bodediagrammet för $G(s)$. (2p)


Bode Diagram
Magnitude (dB)
Phase (deg)
Frequency (rad/s)
20
10
0
-10
-20
-30
-40
0
-45
-90
-135
-180
-225
-270
10^{-2}
10^{-1}
10^{0}
10^{1}

5. Denna uppgift kräver till skillnad från tidigare uppgifter ej motivering, utan din uppgift är bara att genomföra lämpliga analyser och beräkningar och sedan enbart svara **Ja**, **Nej**, eller **Går ej att avgöra** och inget annat på de fem frågorna. Du måste dock lita på din analys, då felaktigt svar ger en negativ poäng (dvs -1p istället). Du kan naturligtvis avstå att svara på frågan och får då $0p$. Du kan ej få mindre än $0p$ totalt på hela uppgiften.

   Ett linjärt system $G(s)$ skall regleras med en PI-regulator $F(s) = K(1 + \frac{1}{T_I s})$. Till ditt förfogande på nästa sida har du en rotort för slutna systemet m.a.p förstärkningen $K > 0$, ritad med en för oss okänd konstant $T_I > 0$. Det enda du vet är att $G(s)F(s)$ poler och nollställen är unika (dvs det har ej flera likadana poler eller nollställen) samt att det inte sker några förkortningar av poler och nollställen mellan $F(s)$ och $G(s)$.

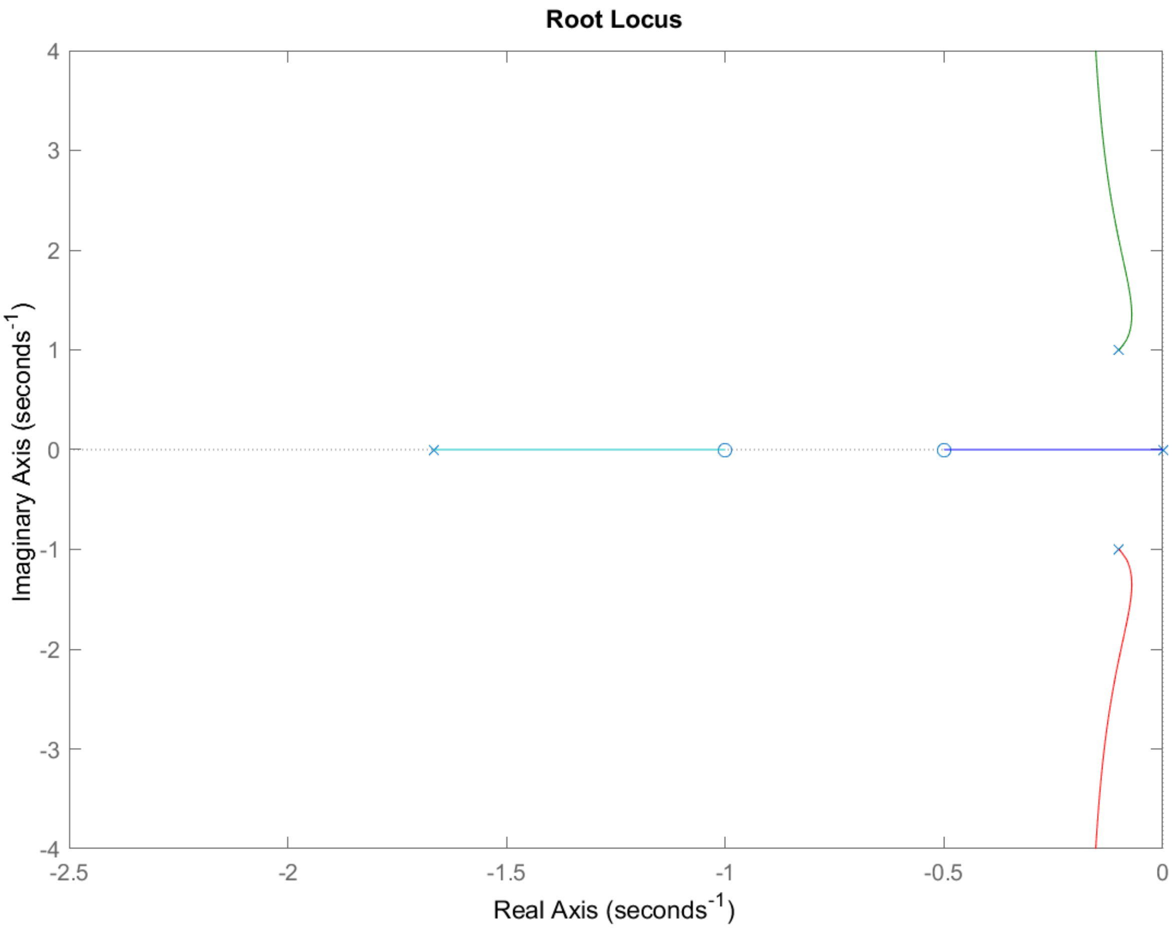
   (a) Slutna systemet har alltid 2 reella poler (2p)

   (b) $G(s)$ har två reella poler (2p)

   (c) Slutna systemet är stabilt för alla $K > 0$ (2p)

   (d) $T_I = \frac{1}{2}$ (2p)

   (e) Om man lågpassfiltrerar styrsignalen, $U(s) = \frac{1}{0.1s+1}F(s)(R(s) - Y(s))$, så kan slutna systemet bli instabilt om man väljer K tillräckligt stort (2p)



Figur 3: Rotort i uppgift 5. Startpunkter är markerade med **x** och slutpunkter med **o**. Asymptoter kan antas fortsätta i indikerad riktning.