TENTAMEN I REGLERTEKNIK (TSRT19)

SAL: TER1, U14

TID: 3 juni 2022, klockan 14 - 19

KURS: TSRT19

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, 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) När kan öppen styrning förväntas fungera väl? (1p)

   (b) Vad kan man göra om man har en störning på systemet som man kan mäta, men ej påverka? (1p)

   (c) Varför vill man att $G_c(0) = 1$? (1p)

   (d) Rita en välmotiverad skiss av stegsvaret för

$$G(s) = \frac{2000}{(s+1)(s+10)(s+100)}$$

(2p)

   (e) Tre system drivs av insignalen $u(t) = \sin(t)$. Förklara hur de tre systemen nedan kan kombineras med utsignalerna A, B och C i Figur 2

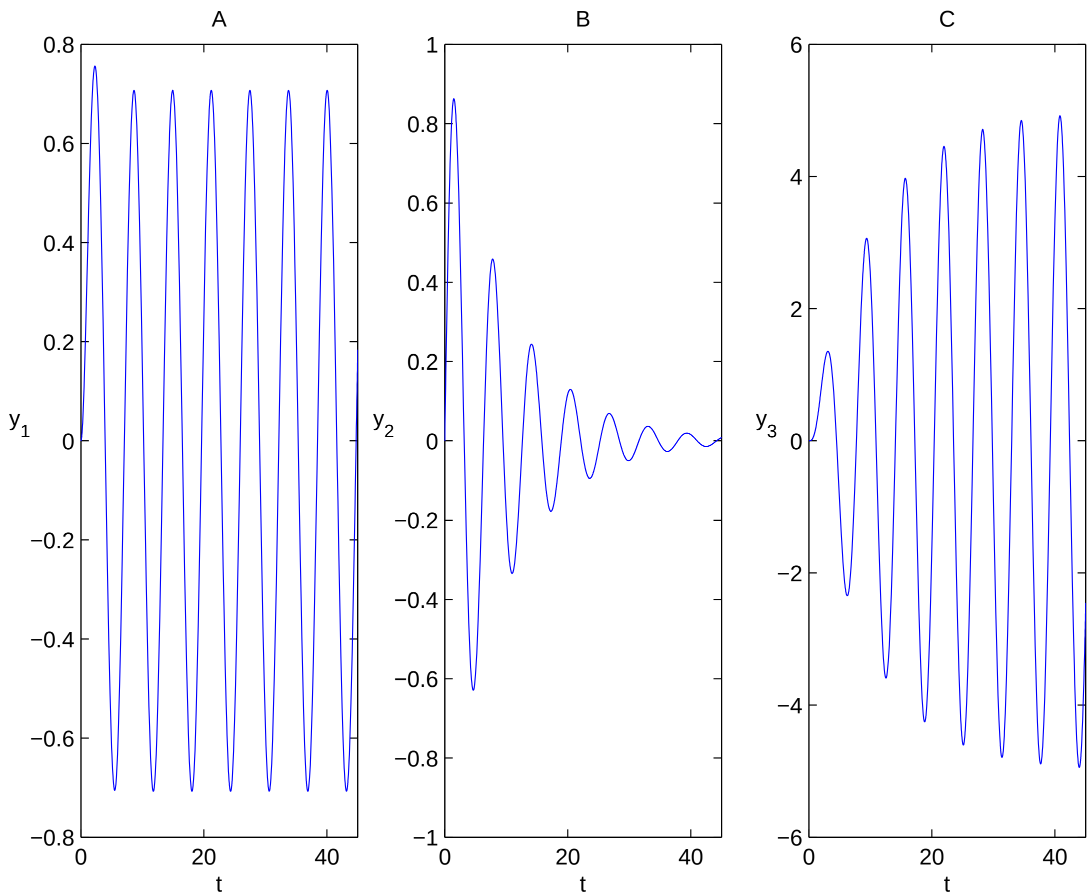
$$\begin{aligned} G_1(s) &= \frac{1}{s+1} \\ G_2(s) &= \frac{1}{s^2+0.2s+1} \\ G_3(s) &= \frac{s^2+1}{s^2+0.2s+1} \end{aligned}$$

(3p)

   (f) Ett systems överföringsfunktion $G(s)$ mellan insignalen u och utsignalen y beskrivs av

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

Ange systemets differentialekvation i $u(t)$ och $y(t)$. (2p)



Figur 1: Utsignaler från de tre systemen i 1e när de drivs med insignalen $u(t) = \sin(t)$.

2. (a) Ett återkopplat system beskrivs av

$$G_c = \frac{F_y G_i G_1}{1 + F_y G_i G_1}$$

där

$$G_i = \frac{F_i G_2}{1 + F_i G_2}$$

Rita ett blockdiagram av detta, användandes F_i, G_1, G_2 and F_y. (3p)

(b) Rita ett blockdiagram av $\dot{y} = -y + x$, $\dot{x} = y + u$. Det enda dynamiska blocket du får använda i schemat är $\frac{1}{s}$. (2p)

(c) Skriv ekvationerna i 2b i standard tillståndsform med matriser (A, B, C, D). Insignalen är u och utsignalen är y. (2p)

(d) Ett system $G(s)$ regleras med återkoppling av reglerfel med regulatorn $F(s)$. Det är känt att det finns mätfel med mycket energi runt frekvensen 10 rad/s. Två regulatorer är föreslagna, $F_1(s)$ och $F_2(s)$, där

$$F_1(10i)G(10i) = -12 - 18i$$
$$F_2(10i)G(10i) = -0.8 - 0.4i$$

Vilken regulator är att föredra om du vill ha så liten påverkan som möjligt från mätfelen på utsignalen. (3p)

3. Hur ett ämne, t. ex. en medicin, upptas i kroppen kan beskrivas med följande ekvationer:

$$\frac{dq(t)}{dt} = -k_1 q(t) + u(t)$$
$$\frac{dy(t)}{dt} = k_1 q(t) - k_2 y(t)$$

där insignalen $u(t)$ är tillförselhastigheten av ämnet, utsignalen $y(t)$ är mängden av ämnet i blodet och $q(t)$ är mängden i tarmkanalen. Konstanterna k_1 och k_2 beskriver ämnesomsättningen och uppfyller olikheten $k_1 > k_2 > 0$. I detta exempel är $k_1 = 0.05$ och $k_2 = 0.02$.

(a) Är systemet styrbart? (2p)

(b) Beräkna en tillståndsåterkoppling som placerar slutna systemets poler i -0.1, samt klarar av att följa en konstant referenssignal utan något kvarvarande fel. (5p)

(c) $q(t)$ kan inte mätas. Kan du hantera detta och hur? (3p)

4. Man vill styra temperaturen på en vätska i en kemisk reaktor. Eftersom den kemiska reaktionen är exoterm och reaktionshastigheten ökar med temperaturen får man ett instabilt system. Insignalen u är tillförd/bortförd effekt för att värma/kyla reaktionen. Överföringsfunktionen från u till vätskans temperaturen y blir

$$G(s) = \frac{2}{s-1}$$

   (a) Systemet styrs av en P-regulator. Vilka krav måste förstärkningen i P-regulatorn uppfylla för att få insignal-utsignalstabilitet från referenssignal till y? (2p)

   (b) Systemet för uppvärmning/avkylning i reaktionskärlet har dynamiken

$$G_v(s) = \frac{1}{2s+4}$$

   så att den totala dynamiken till vätsketemperatur blir

$$G(s)G_v(s) = \frac{2}{(s-1)(2s+4)}$$

   Man använder fortfarande en P-regulator. Red ut hur det slutna systemets beteende (stabilitet, tänkbara oscillationer, följning av konstanta referenser) kommer bero på regulatorns förstärkning. (3p)

   (c) Nyinstallerade temperatursensorer visar sig ha en dynamik som ges av

$$G_m(s) = \frac{10}{s+10}$$

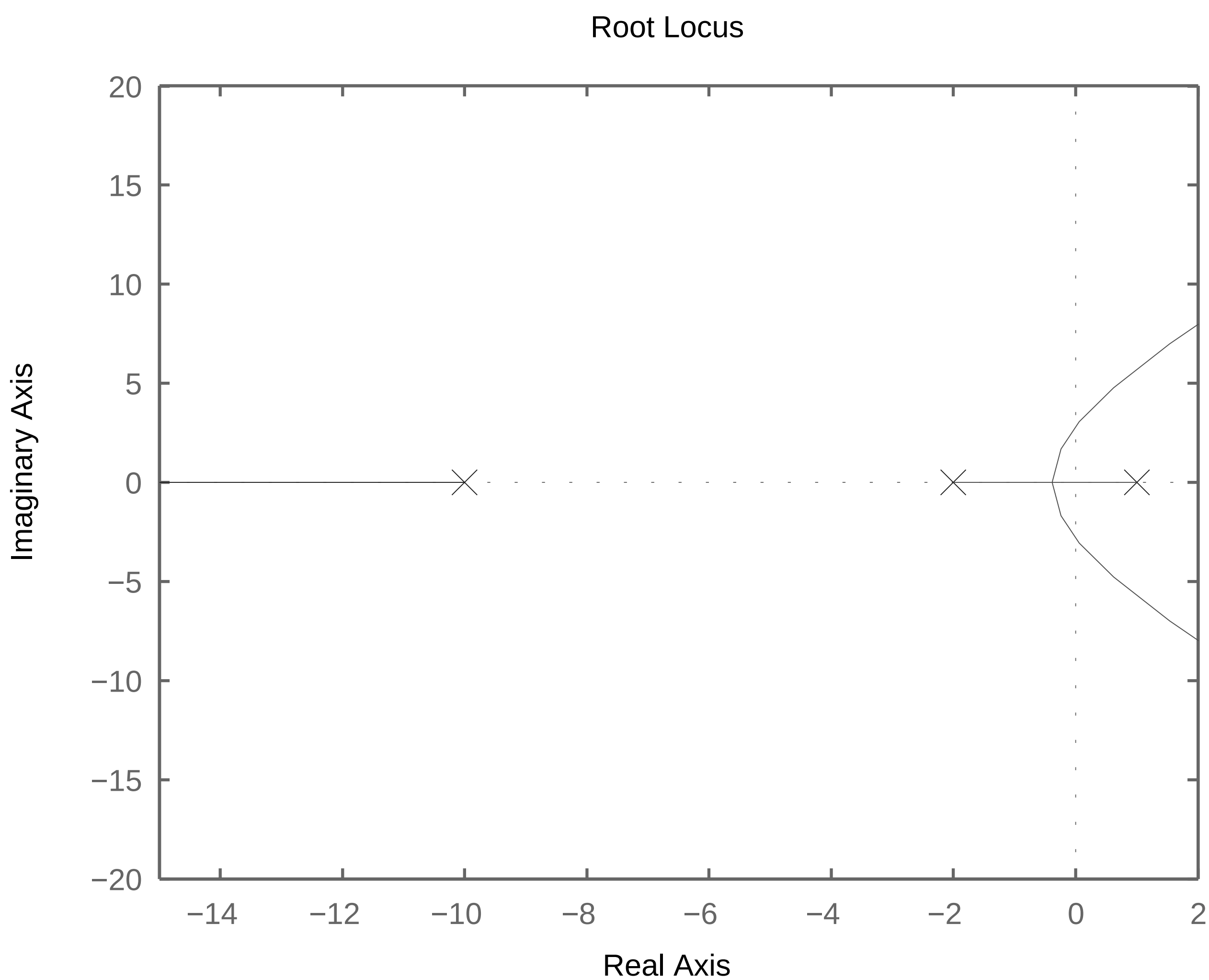
   Därmed blir den fullständiga systemdynamiken

$$G(s)G_v(s)G_m(s) = \frac{20}{(s-1)(2s+4)(s+10)}$$

   Återigen använder vi en P-regulator. I figuren på nästa sida redovisas en rotort för slutna systemet med avseende på P-regulatorns förstärkning. Vad kan vi utläsa?

   (3p)

   (d) Rita ett blockschema som beskriver uppställningen i 4c. Markera relevanta saker som styrsignal, vätsketemperatur, mätsignal. (2p)



Figur 2: Rotort för uppgift 4c

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 system kan beskrivas av modellen $Y(s) = G(s)U(s)$ där

$$G(s) = \frac{1}{s^4 + 5.9s^3 + 5.58s^2 + 5.5s + 0.5}$$

   Systemet regleras med $U = F(s)(R(s) - Y(s))$ där $F(s)$ är en för oss okänd regulator. Bodediagrammet för $G(s)F(s)$ är dock känt och givet på nästa sida.

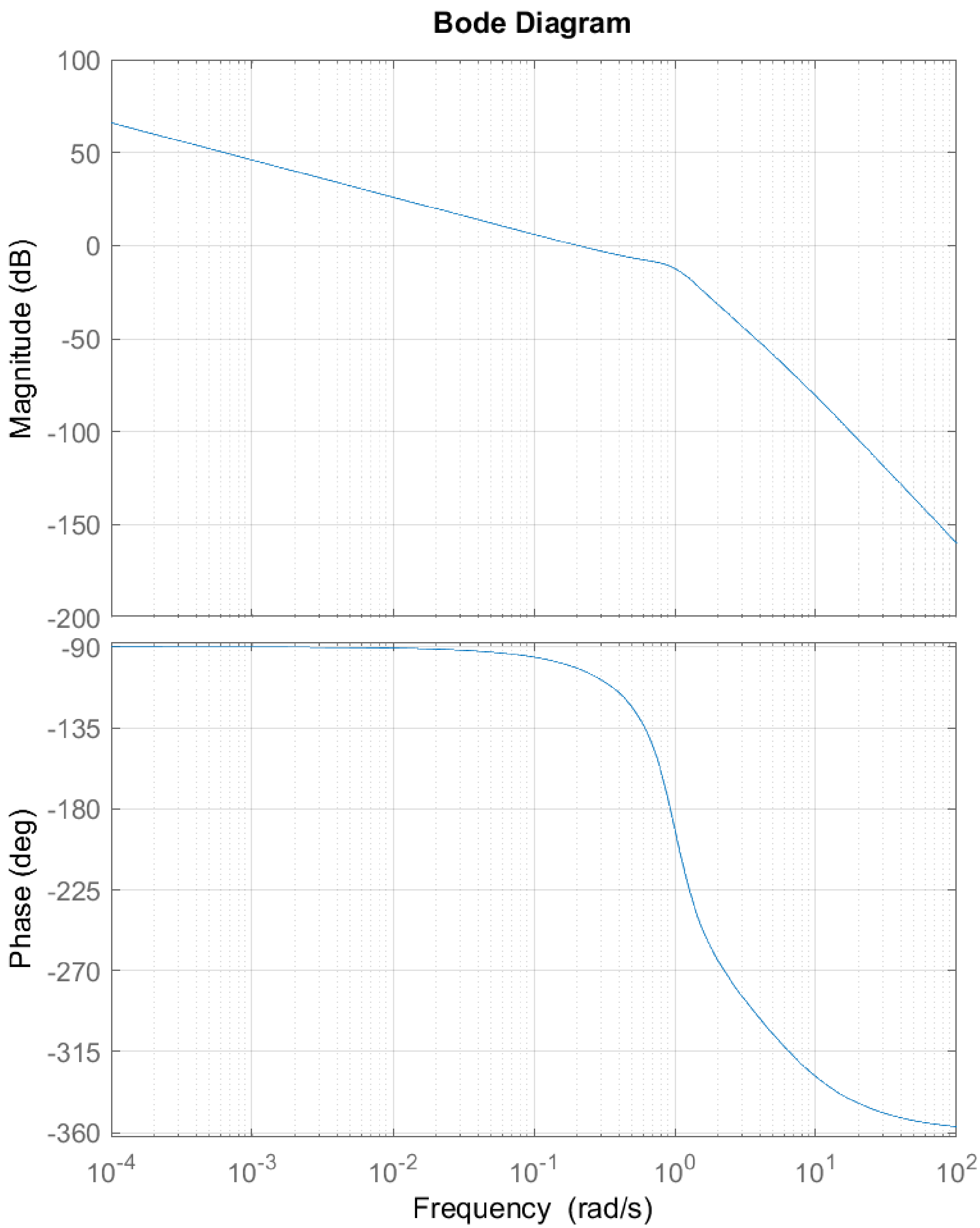
   (a) Regulatorn innehåller integralverkan (2p)

   (b) Det återkopplade systemet är stabilt (2p)

   (c) Om man ersätter regulatorn med $\alpha F(s)$ där konstanten $\alpha > 1$ så förbättras fasmarginalen. (2p)

   (d) Om man har periodiska utsignalsstörningar med frekvensen 10^{-3} rad/s så kommer det återkopplade systemet bli kraftigt påverkat. (2p)

   (e) Det finns stora modellfel i låga frekvenser (2p)



Figur 3: Bodediagram till uppgift 5.