

TENTAMEN I REGLERTEKNIK

TID: 17 januari 2020, klockan 08 - 13

KURS: TSRT03, TSRT23, TSRT19

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 5

ANSVARIG LÄRARE: Johan Löfberg, 070-3113019

BESÖKER SALEN: 09:00, 11.30

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

TILLÅTNA HJÄLPMEDEL: Läroboken Glad-Ljung: "Reglerteknik, grundläggande teori" med inläsningsanteckningar, formelsamling, räknedosa utan färdiga program.

LÖSNINGSFÖRSLAG: Anslås efter tentamen på kursens hemsida.

PRELIMINÄRA BETYGSGRÄNSER: betyg 3 23 poäng (slutgiltigt 19)
betyg 4 33 poäng (slutgiltigt 29)
betyg 5 43 poäng (slutgiltigt 39)

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

Lycka till!

1. (a) En köksugn är ett exempel på en enkel reglerteknisk process. Beskriv problemet ur ett reglertekniskt perspektiv. Vad är referenssignal $r(t)$, mätsignal $y(t)$ och styrsignal $u(t)$. Vad skulle modellen representera? Vad skulle en typisk störning kunna vara? (3p)

(b) Hederlige Harry har gett sig in i elektronikbranschen och säljer nu utrustning för musikstudion. I databladet till en mikrofon läser du att den påstås ha, på reglertekniskt språk, en överföringsfunktion från ljud till inspelad signal $\frac{1}{\frac{s}{2\pi}+1}$. Är detta ett bra köp? (2p)

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

$$G(s) = \frac{(s+1)^{100}}{(s+3)^{200}} \quad (2p)$$

(d) Är någon, båda eller ingen av de två regulatorerna $F_1(s) = \frac{s+0.1}{s} + 2s$ och $F_2(s) = \frac{s^2+2s+1}{s^2}$ PID-regulatorer? (2p)

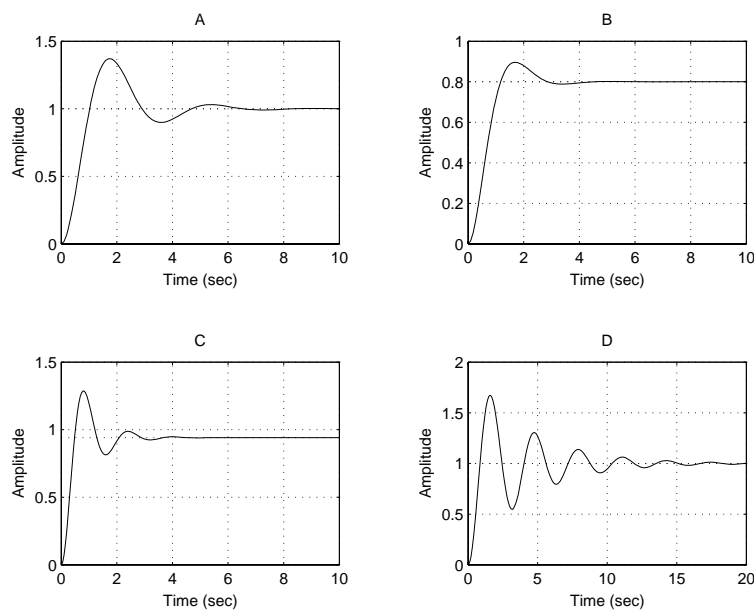
(e) Är Laplacetransformen $\frac{1}{s+1}$ en beskrivning av en signal, ett system, ingetdera eller både och? (1p)

2. (a) Antag att ett system $Y(s) = G(s)U(s)$ regleras med en PI-reglering på formen

$$U(s) = (K_P + K_I \frac{1}{s})(R(s) - Y(s))$$

Reglersystemet testas för några olika kombinationer av koefficienter i PI-regulatorn. Förklara vilka stegsvar och regulatorkoefficienter som hör samman.

- 1: $K_P = 1, K_I = 0$ 2: $K_P = 1, K_I = 1$
- 3: $K_P = 1, K_I = 2$ 4: $K_P = 4, K_I = 0$



Figur 1: Stegsvär

(4p)

- (b) Antag att

$$G(s) = \frac{20}{6s + 2}$$

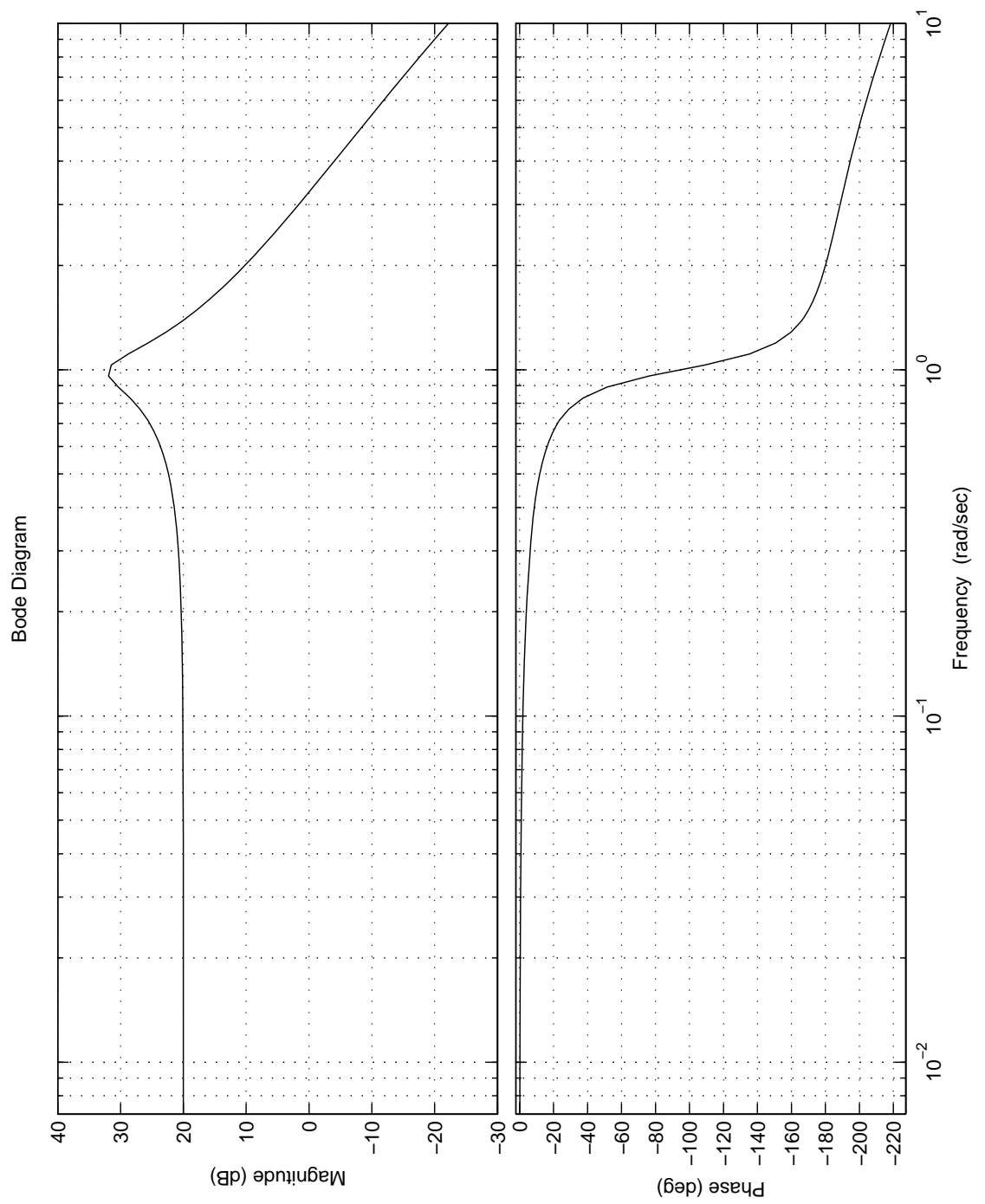
Ange den karakteristiska ekvationen för det återkopplade systemet då denna modell återkopplas med PI-regulatorn i uppgift a). (2p)

- (c) Ange hur koefficienterna K_P och K_I måste väljas om man kräver att det återkopplade systemets poler skall uppfylla kraven:

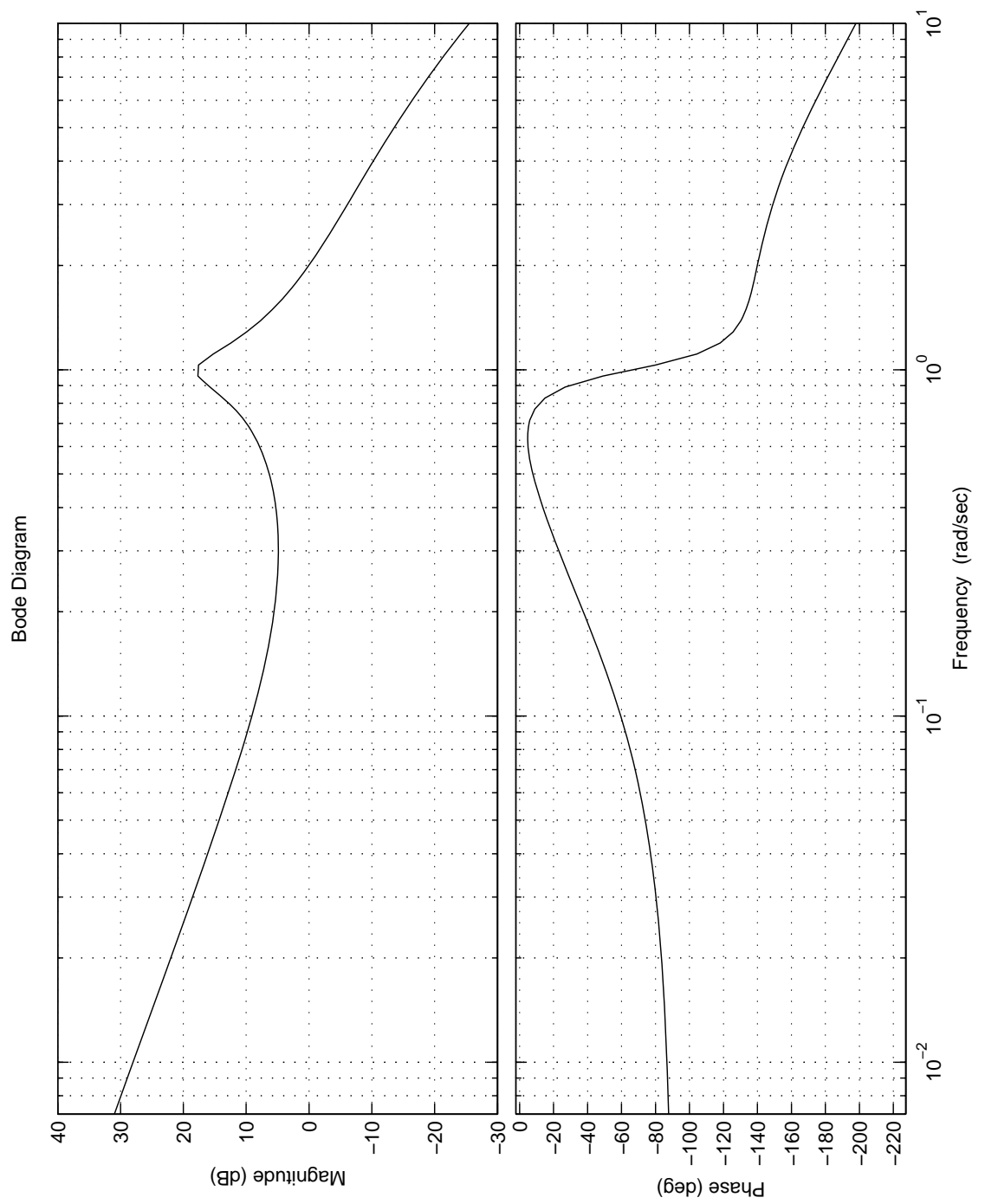
- Absolutbelopp ≥ 2
- Relativ dämpning 0.7

(4p)

3. I de två Bodediagrammen på följande sidor visas Bodediagram för ett givet system $G(s)$ samt för ett kompenserat system $F(s)G(s)$ där $F(s)$ är framtagen med vår lead-lag designmetodik.
- (a) Vilka krav har man ställt på skärfrekvens, fasmarginal och följlning av konstanta referenssignaler för det kompenserade systemet (3p)
 - (b) Ange regulatorn, under förutsättning att den tagits fram på ett korrekt sätt enligt den metodik vi använder i kursen. (7p)



Figur 2: Bodediagram för det ursprungliga systemet $G(s)$ i uppgift 3.



Figur 3: Bodediagram för det kompeniserade systemet $F(s)G(s)$ i uppgift 3.

4. Denna uppgift skall ej motiveras, 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

$$Y(s) = G(s)U(s)$$

skall styras med en återkoppling.

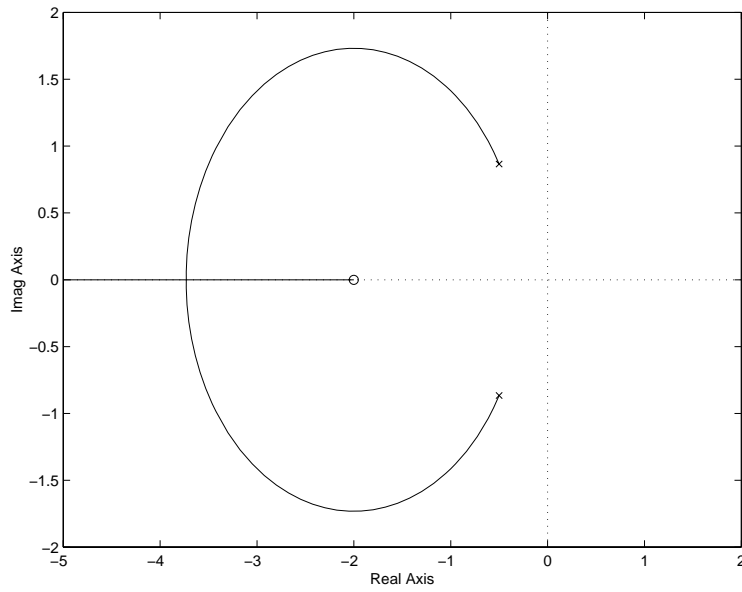
$$U(s) = F(s)(R(s) - Y(s))$$

Man tänker använda en PD-regulator $F(s) = K(1 + 0.5s)$ där $K > 0$ och funderar på att lägga till en lågpasfiltrering av derivatatermen, dvs använda $F(s) = K(1 + \frac{0.5s}{s/\alpha + 1})$ där $\alpha > 0$ är bandbredden för lågpasfiltret.

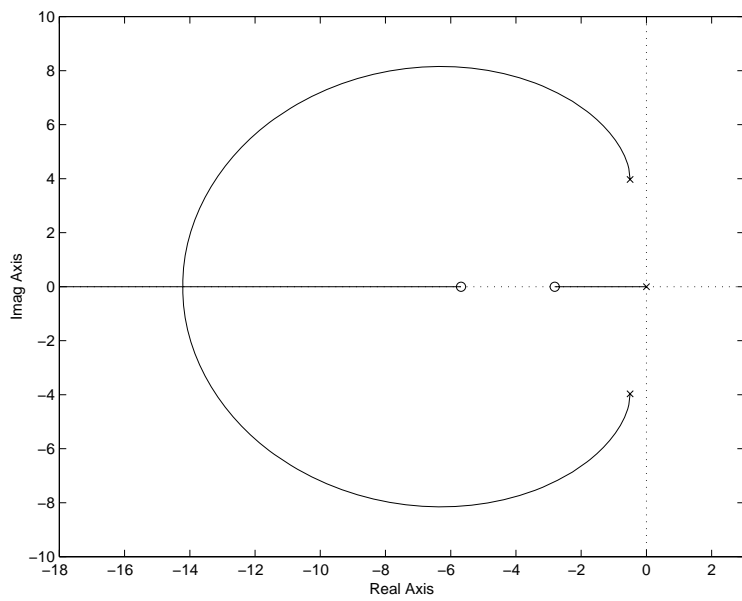
I figurerna på nästa sida har rotorter för slutna systemet ritats (baserat på en modell $G(s)$ som vi ej fått angivet i uppgiften, startpunkter är markerade med **x** och slutpunkter är markerade med **o**). Vilka slutsatser kan vi dra?

- (a) Då inget lågpasfilter används så kan vi välja ett K sådant att det återkopplade systemet enbart har reella poler. (2p)
- (b) $G(s)$ har tre poler. (2p)
- (c) Då regulatorn $F(s) = K(1 + 0.5s)$ används med $K = 15$ så har man enbart reella poler. (2p)
- (d) Det återkopplade systemet med $K = 15$ blir oscillativt om bandbredden på lågpasfiltret väljs för lågt. (2p)
- (e) Startpunkten i origo i Figur 5 visar att regulatorn har en pol i origo (dvs integralverkan) (2p)

Ledning: Det hjälper ofta att ansätta $G(s) = \frac{N(s)}{D(s)}$ och sedan ta fram den karakteristiska ekvationen som analyseras i rotorten.



Figur 4: Rotort m.a.p K då $F(s) = K(1 + 0.5s)$ i uppgift 4.



Figur 5: Rotort m.a.p α då $F(s) = K(1 + \frac{0.5s}{s/\alpha+1})$ med $K = 15$ i uppgift 4.

5. Din konsultfirma har fått i uppdrag av ett bryggeri att utveckla en regulator för en jäsningsprocess som beskrivs av följande modell

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ 2 & -1 \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} u(t) \\ y(t) &= \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix} x(t)\end{aligned}$$

Tillstånden $x_1(t)$ och $x_2(t)$ beskriver koncentrationen av två smakgivande syror som utvecklas när man ändrar temperaturen $u(t)$.

- (a) Bestäm en regulator $u(t) = -Lx(t) + l_0r(t)$ så att det slutna systemet får poler i -2 , samt att inget stationärt reglerfel uppstår då referenssignalen är ett steg. (7p)

- (b) Vid närmare analys så visar det sig att man inte har tillgång till mätningar av båda tillstånden, dvs syrakoncentrationerna. Dessutom så finns det otydligheter i specifikationen som givits av leverantören av mätutrustningen, så man vet i nuläget inte om man kommer att mäta signalen $x_1(t)$ eller $x_2(t)$. Visa att det går att konstruera en observatörförstärkning som kommer att fungera (dvs skapa asymptotiskt stabila skattningar av tillstånden) oavsett vad mätutrustningen mäter!

Ledning: Observatörsdesignen måste fungera för olika C -matriser (3p)