TENTAMEN I REGLERTEKNIK TSRT03, TSRT19

TID: 17 januari 2019, klockan 8 - 13

KURS: TSRT03, TSRT19

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 5

ANSVARIG LÄRARE: Johan Löfberg, 070-3113019

BESÖKER SALEN: 09.30, 12.00

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

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

LÖSNINGSFÖRSLAG: Anslås efter tentamen på kursens hemsida.

VISNING av tentan sker i ISY:s expedition (vid Cafe Java) som har öppet måndag-fredag 12.30-13.15.

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 om inte annat anges

Lycka till!

1. (a) Vilket av systemen nedan har kortast stigtid? Motivera!

$$G_1(s) = \frac{4}{s^2 + 2s + 4}$$
$$G_2(s) = \frac{16}{s^2 + 4s + 16}$$

(2p)

(b) Signalen $u(t) = 3 \sin 3t$ läggs på ingången till systemet

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

Vad blir utsignalen efter att initiala transienter dött ut? (3p)

(c) Betrakta ett system bestående av en cyklande person, där cykeln utgör det styrda systemet och cyklisten är regulator. Ge exempel på styrsignal, utsignal och störning för systemet. (3p)

(d) Linus och Linnea ska under sitt sommarjobb ta fram en regulator för en industriell process. Det är det viktigt att det stationära reglerfelet blir noll. Linus föreslår att de ska använda en I-regulator, men Linnea protesterar och menar att de bör använda en PI-regulator. Vem har rätt och varför? (2p)

2. (a) Ett system

$$G(s) = \frac{1}{(s+2)(s+10)}$$

med insignal $u(t)$ och utsignal $y(t)$ regleras enligt

$$u(t) = r(t) - 6(\dot{y}(t) + 6y(t))$$

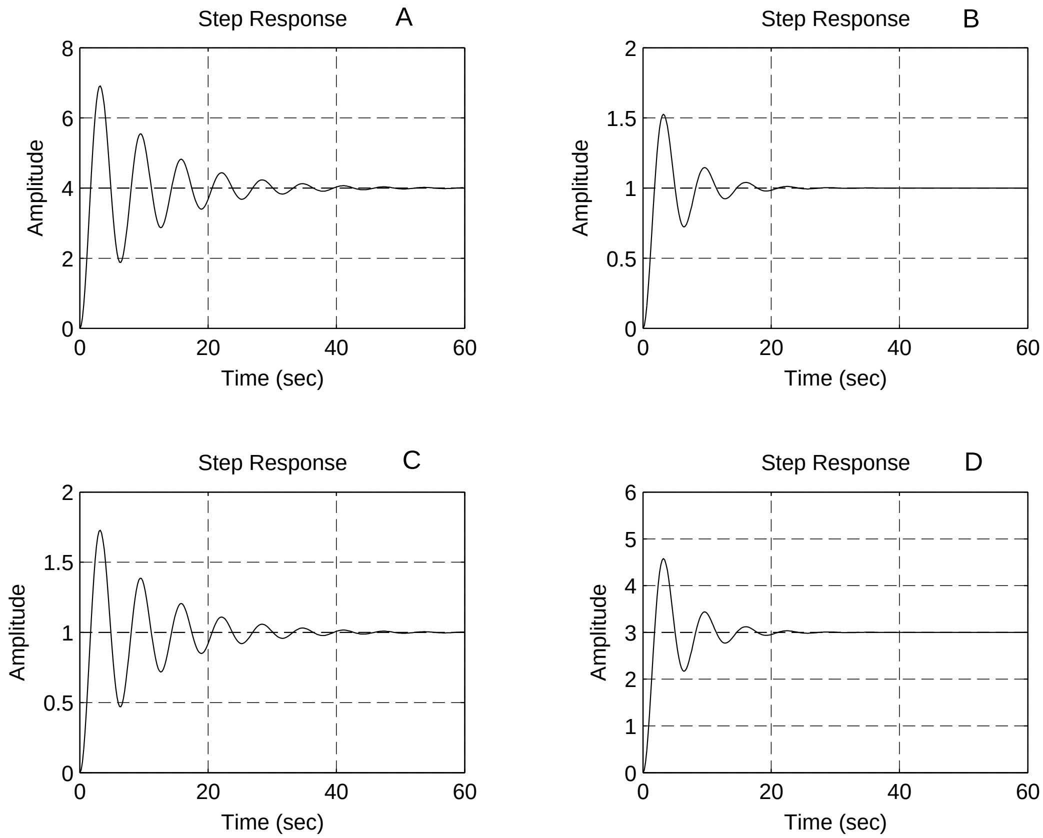
Vilka poler har det återkopplade systemet och hur stort blir det stationära reglerfelet om refererenssignalen är $r(t) = 1$? (4p)

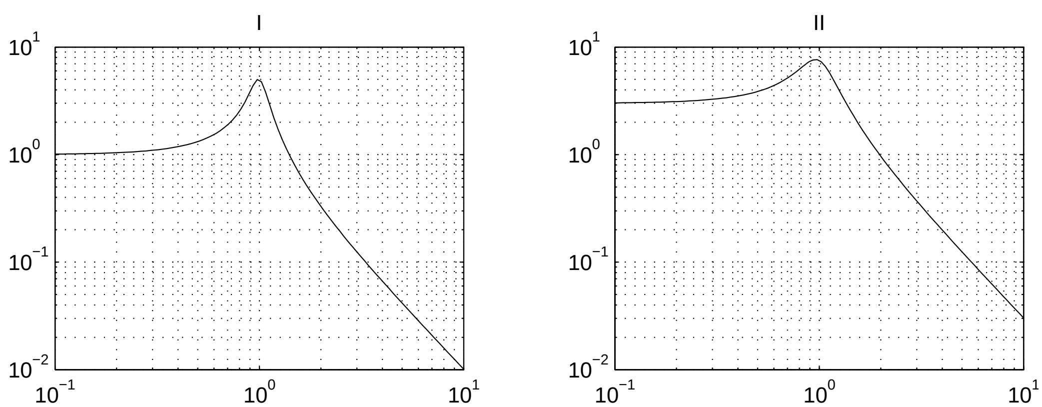
(b) Ett systems överföringsfunktion $G(s)$ mellan insignalen u och utsignalen y beskrivs av

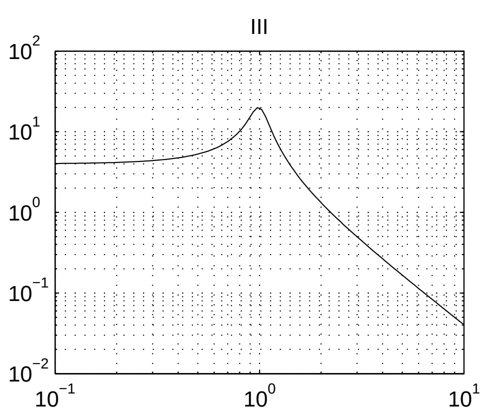
$$G(s) = 1 + \frac{s+3}{s^2 + 2s + 4}$$

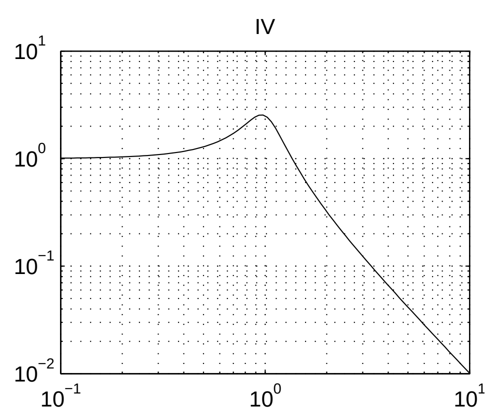
Ange systemets differentialekvation i $u(t)$ och $y(t)$. (2p)

(c) I figurerna på nästa sida visas stegsvar och bodediagram för fyra system. Kombinera stegsvar och bodediagram. Motivera svaret. (4p)


Step Response A
Step Response B
Step Response C
Step Response D
Amplitude
Time (sec)


I
II


III


IV

3. För att justera tonhöjden på en trombon ändras längden på trombonens rör genom att draget förs fram och tillbaka, se figur 1. I den här uppgiften antar vi, lite förenklat, att tonhöjden är proportionell mot längden på draget. Uppgiften går ut på att konstruera en automatisk trombon där draget styrs av en elmotor och tonhöjden, y, mäts med hjälp av en mikrofon i klockstycket. Regulatorn ska se till att trombonen följer en referenstonhöjd, r, tillräckligt väl.

   För att modellera trombonen används en överföringsfunktion för elmotorn och en för dragets läge. Överföringsfunktionen från elmotorns spänning till kraft ges av

$$G_M(s) = \frac{10}{s + 10}.$$

   Överföringsfunktionen från kraft på draget till dragets läge (tonhöjden) ges av

$$G_D(s) = \frac{50}{s(s + 5)}.$$

   Blockschemat för det återkopplade systemet ses i figur 2. Bodediagrammet för systemet $G(s) = G_M(s)G_D(s)$ ges i figur 3.

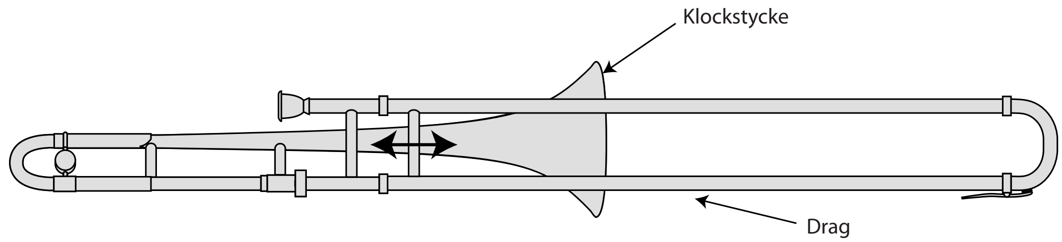
   (a) Låt oss först testa att reglera med en P-regulator, dvs $F(s) = K$. Vad är den största förstärkningen, K, som vi kan välja innan det återkopplade systemet blir instabilt? Använd Bodediagrammet i figur 3. (2p)

   (b) Antag att vi använder en deriverande regulator, $F(s) = K_D s$. Vad har detta för effekt på amplitud och fas för det öppna systemet? Varför är denna regulator svår att använda i praktiken? (3p)

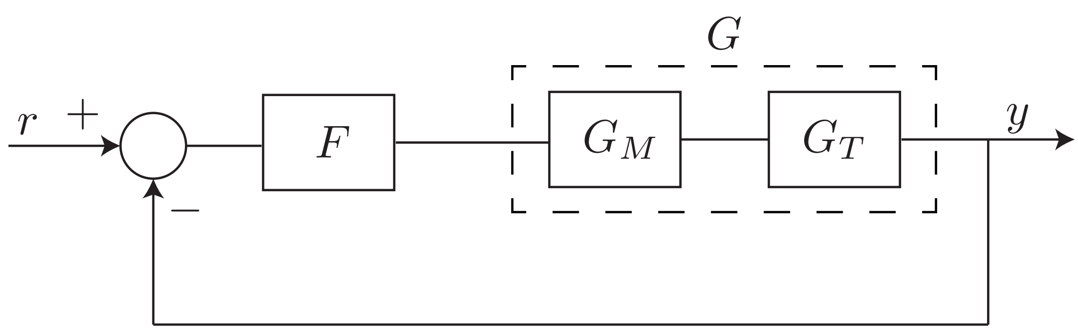
   (c) Designa en regulator, utan onödigt hög förstärkning, som uppfyller följande specifikationer:

   - För att följa referenstonhöjden tillräckligt snabbt ska skärfrekvensen vara minst 10 rad/s.
   - För att onödigt vibrato (oscillationer) ska undvikas vill vi ha en fasmarginal på minst 30°.
   - När vi ska byta från en ton till en annan, dvs referenstonhöjden är ett steg, ska det stationära felet gå mot noll.

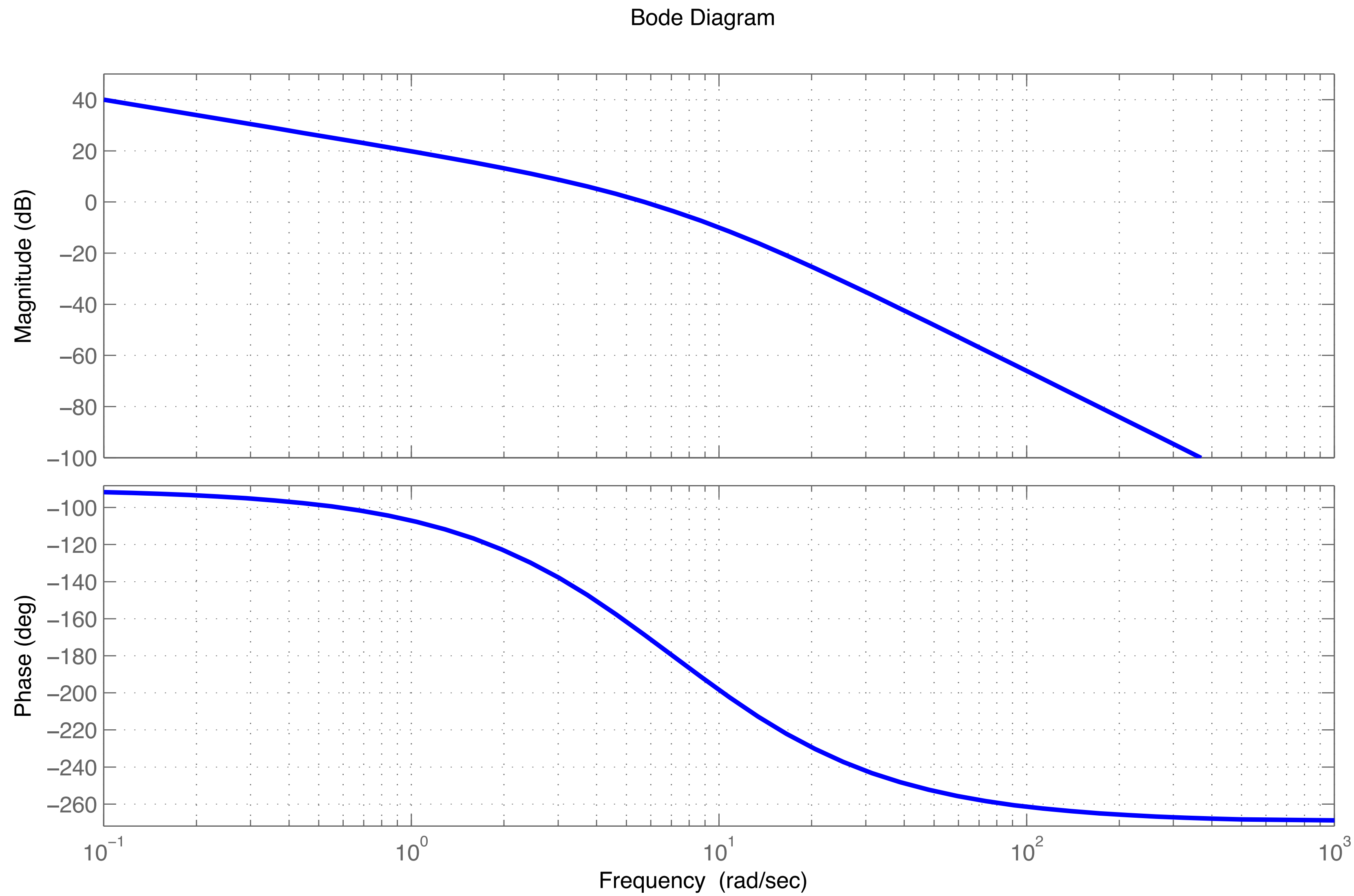
   (5p)



Figur 1: Trombonen i uppgift 3.



Figur 2: Blockschema för uppgift 3.



Figur 3: Bodediagram för $G(s) = G_D(s)G_M(s)$ i uppgift 3.

4. Denna uppgift kräver 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 får mindre än 0p totalt på hela uppgiften.

   Ingenjör L. Skywalker skall bygga en jetdriven farkost. En jetmotor har inköpts och specifikationen säger att jetmotorns dynamik från gaspådrag till acceleration ges av $G_1(s) = \frac{1}{s(s+1)}$. Motorn innehåller en enkel regulator (återkopplingen α) som har till uppgift att stabilisera farkostens acceleration y_a. En P-regulator (med förstärkning K) körs i en yttre loop för att reglera hastigheten y.

   Till ditt förfogande på nästa sida har du uppritat en rotort m.a.p den inre regulatorns inställning α för det slutna systemet från önskad hastighet r till hastighet y, givet inställningen $K = 1$.

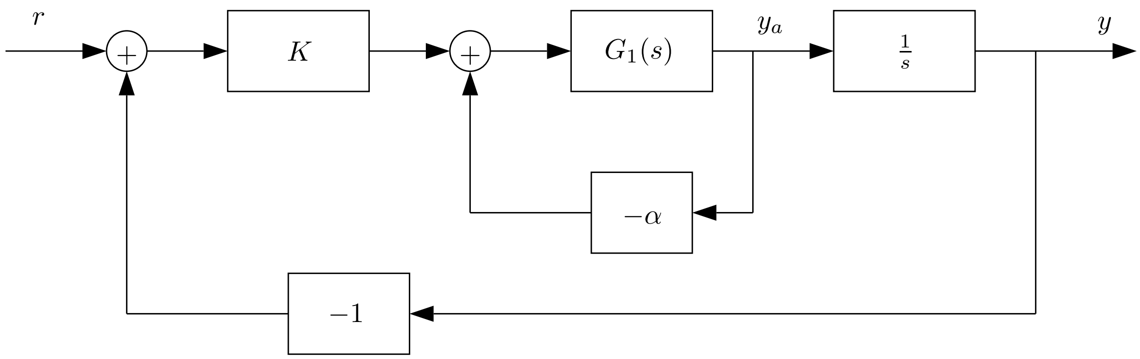
   (a) Det slutna systemet från r till y kommer att ha 4 poler (2p)

   (b) Det slutna systemet blir instabilt om man stänger av den inre återkopplingen (dvs väljer $\alpha = 0$) (2p)

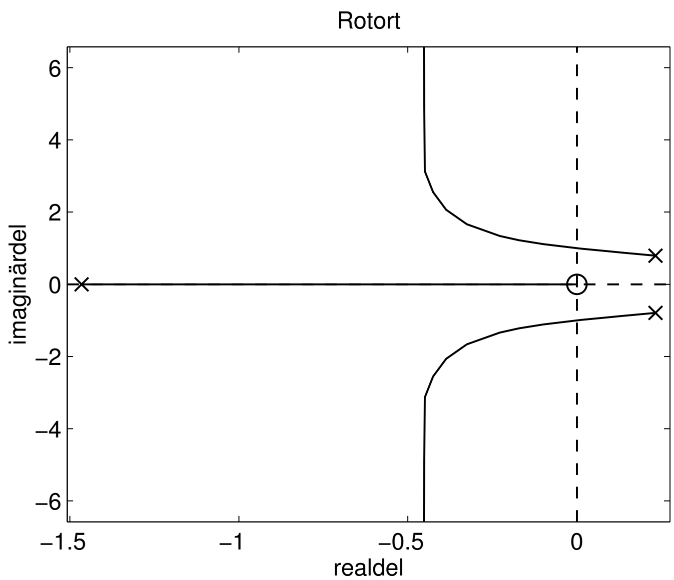
   (c) Det slutna systemet från r till y går att stabilisera då $K = 1$ (2p)

   (d) Det finns alltid en reell pol till vänster om -0.5 så länge som komplexdelen på de komplexa polerna har absolutbelopp mindre än 4 (2p)

   (e) Det slutna systemet blir instabilt om α väljs för stort (2p)



Figur 4: Blockschema för jetmotorns reglersystem.



Figur 5: Rotort med avseende på α.

5. Ett system ges av tillståndsbeskrivningen

$$\dot{x}(t) = \begin{pmatrix} -0.1 & -0.2 \\ 3 & -3 \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u(t)$$
$$y(t) = \begin{pmatrix} 0 & 1 \end{pmatrix} x(t)$$

(a) Tag fram en tillståndsåterkoppling för systemet ovan som placerar polerna i $-2 \pm 2i$. (3p)

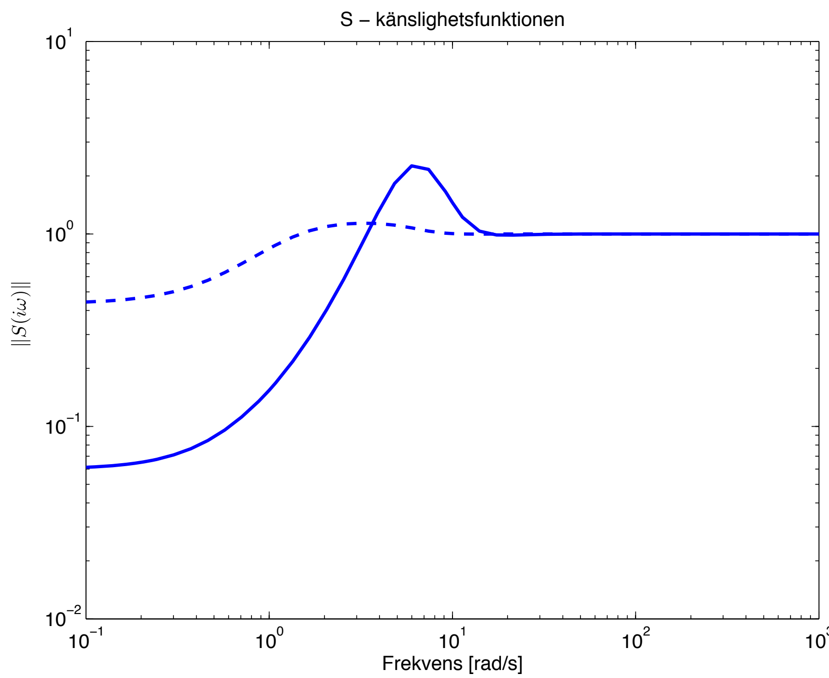
(b) Antag att enbart $y(t)$ kan mätas, men vi vill fortfarande använda tillståndsåterkoppling. Utveckla en observatör med poler i -5.

(3p)

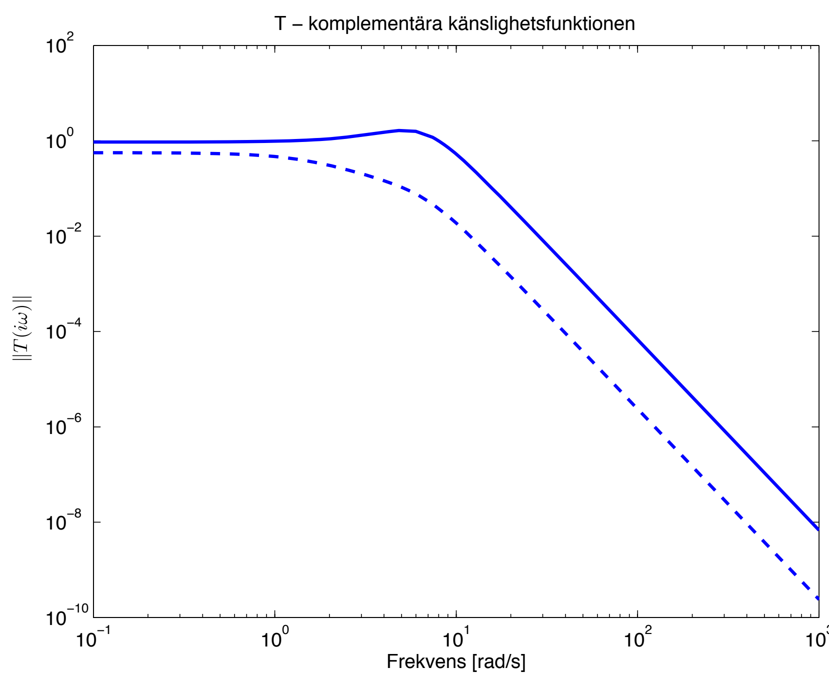
(c) Genom att använda t.ex. tillståndsåterkoppling och observatör har vi kommit fram till två olika val av F_r och F_y. Dessa två val ger samma överföringsfunktion för slutna systemet men olika känslighetsfunktion och komplementär känslighetsfunktion. Känslightsfunktion och komplementär känslighetsfunktion för de båda valen av regulator ges av figurerna 6 och 7. Utgå ifrån aspekterna

- robusthet,
- referensföljning
- undertryckning av systemstörningar,
- påverkan från mätstörningar

och ange för- och nackdelar med de två designerna. (4p)



Figur 6: Känslighetsfunktionen, design I (heldragen) och II (streckad) i uppgift 5.



Figur 7: Komplementära känslighetsfunktionen, design I (heldragen) och II (streckad) i uppgift 5.