TENTAMEN I TSRT12 REGLERTEKNIK

SAL: A31, A32, A35, A36, A37, A38, TERF, U4

TID: 2024-03-20 kl. 08:00-13:00

KURS: TSRT12 Reglerteknik

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 5

ANSVARIG LÄRARE: Daniel Axehill, tel. 013-284042

BESÖKER SALEN: cirka kl. ca kl. 9:00 och 11:00

KURSADMINISTRATÖR: Ninna Stensgård, 013-284725, 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 optimal tillståndsåterkoppling utan en modell av systemet”, tabeller, formelsamling, räknedosa (ej dator, telefon, surfplatta, osv.) utan färdiga program.

LÖSNINGSFÖRSLAG: Finns på kursens websida efter skrivningens slut.

VISNING av tentan äger rum 2024-04-12, kl. 12.30–13.00 i Ljungeln, B-huset, mellan ingång 25 och 27, A-korridoren.

PRELIMINÄRA BETYGSGRÄNSER:	betyg 3	15 poäng och minst hälften av poängen på varje uppgift i del 1.
	betyg 4	33 poäng
	betyg 5	43 poäng

Del 1 utgörs av uppgiftern 1,2 och 3. Del 2 av uppgifterna 4 och 5.

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

Lycka till!

Del 1

1. (a) Betrakta ett system

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

Besvara följande deluppgifter:

- Ange systemets pol(er).
- Ange systemets nollställe(n).
- Är systemet minfas?
- Antag att insignalen till systemet är ett enhetssteg. Vad blir utsignalen då tiden $t \to \infty$?

(6p)

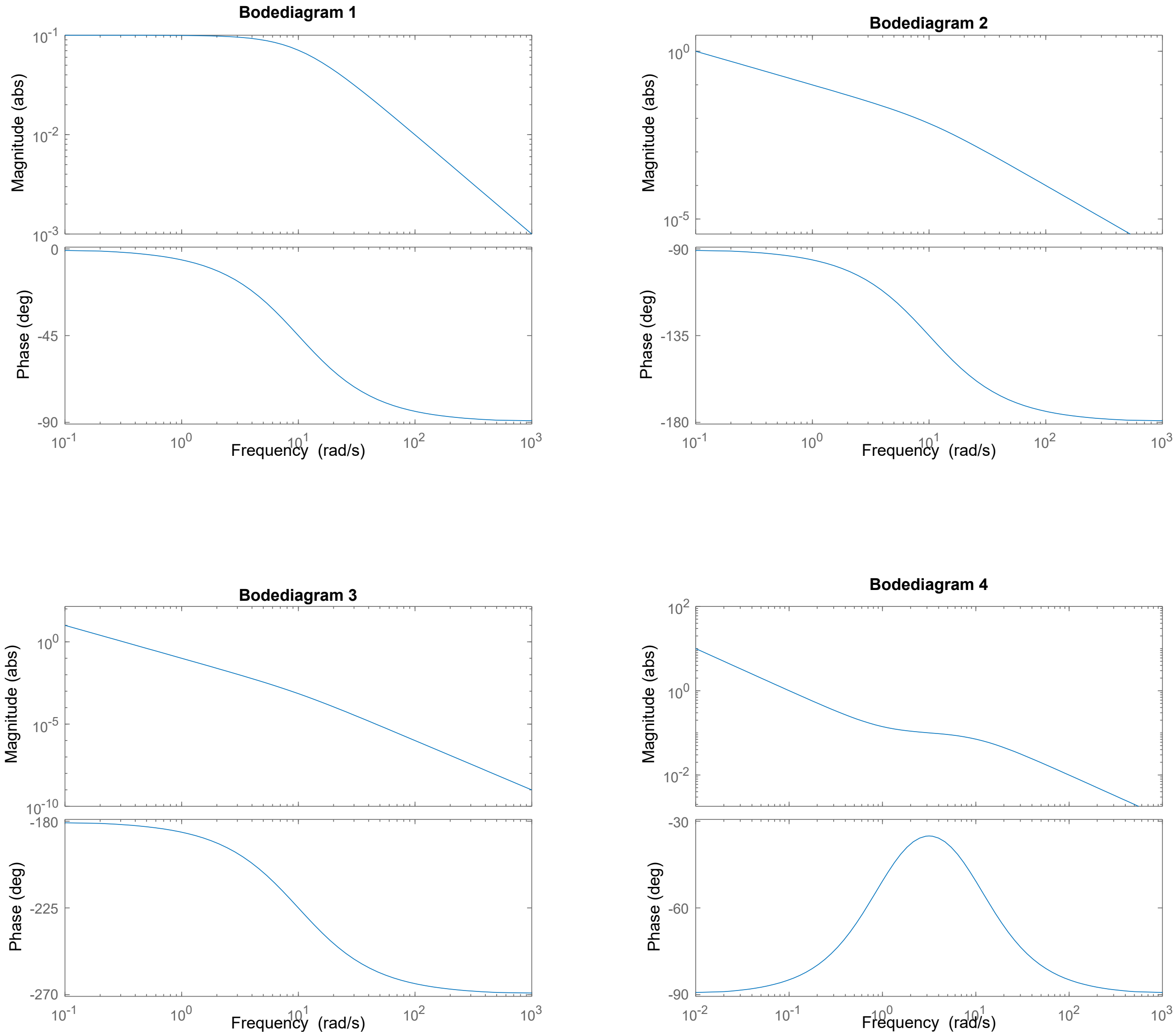
(b) Antag att överföringsfunktionen i (1) beskriver sambandet mellan en insignal u och en utsignal y. Uttryck motsvarande samband som en differentialekvation. (2p)

(c) Ange för vart och ett av följande fyra påståenden om det antingen är korrekt eller felaktigt och varför:

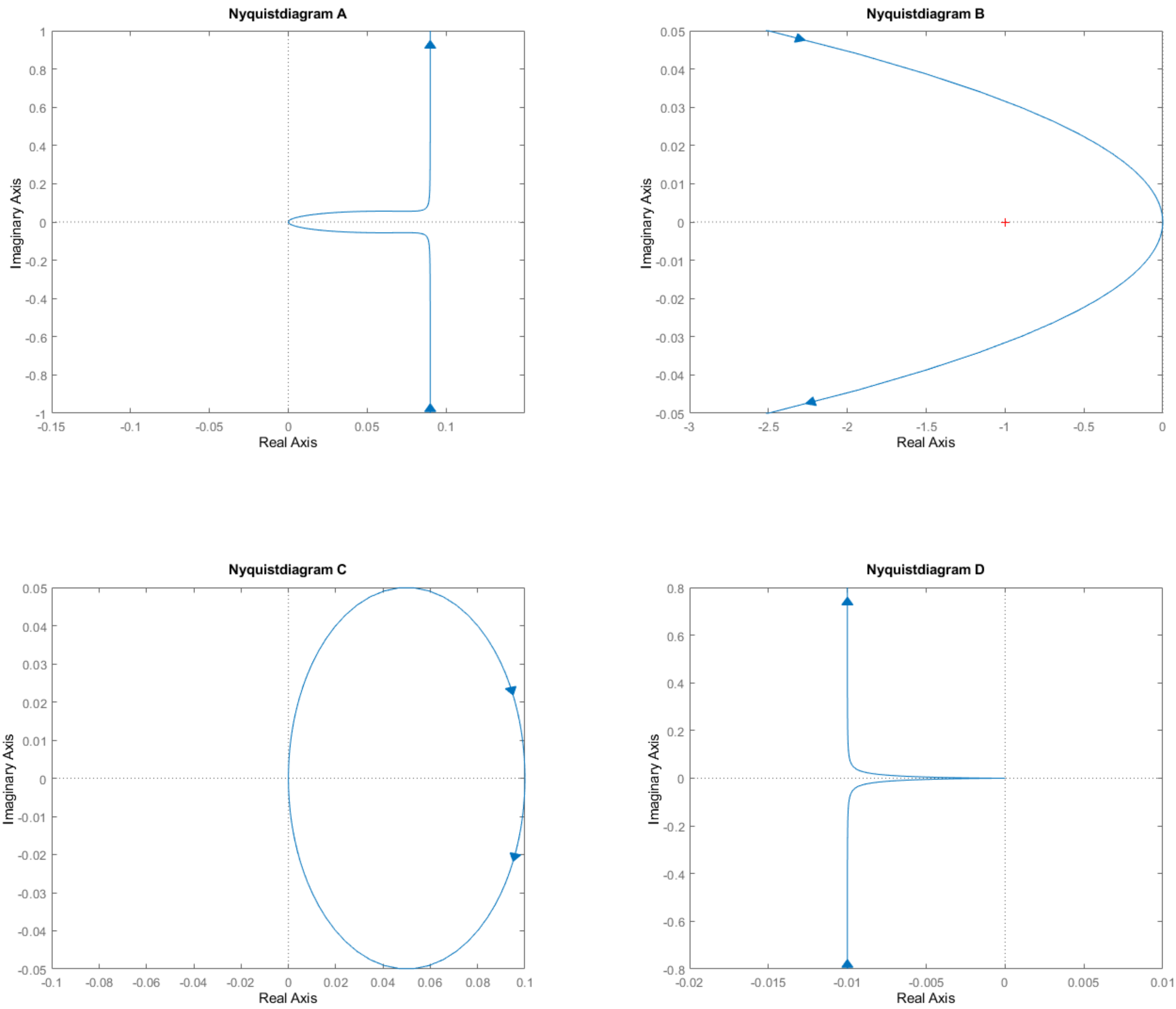
1. Reinforcement learning är bra om man redan vid systemets start vill få bra prestanda.
2. Framkoppling från störning är ett modellfritt sätt att helt eliminera inverkan av störningar.
3. Vid tillståndsåterkoppling från skattade tillstånd kan observatören ses som en del av regulatorn.
4. Smith-prediktorn eliminerar samtliga problem som en tidsfördröjning orsakar i ett reglersystem.

(4p)

2. (a) Bode- och nyquistdiagram har plottats för fyra olika system i figurerna 1 och 2. Para ihop rätt bodediagram (1,2,3,4) med rätt nyquistdiagram (A,B,C,D). (4p)

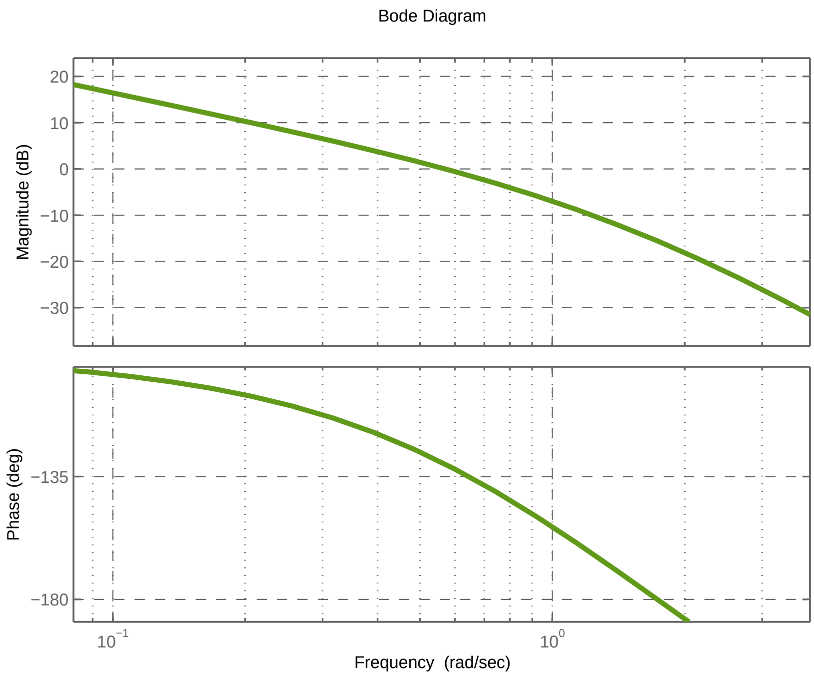


Figur 1: Bodediagram till uppgift 2.a.



Figur 2: Nyquistdiagram till uppgift 2.a.

(b) Figur 3 visar bodediagrammet för ett öppet system med en P-regulator med $K_p = 1$.



Figur 3: Bodediagram till uppgift 2.b.

Dina uppgifter blir:

- Läs av och ange skärfrekvensen.
- Läs av och ange fasskärfrekvensen.
- Vilken är den högsta skärfrekvens en P-regulator skulle kunna åstadkomma med ett resulterande stabilt slutet system?
- Ungefär (enl. tumregel) hur hög blir den högsta bandbredd hos det slutna systemet som kan uppnås med en P-regulator?

(4p)

3. Betrakta ett system på följande tillståndsform:

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

(a) Avgör om systemet är styrbart. (2p)

(b) Bestäm en tillståndsåterkoppling för systemet sådan att det slutna systemets egenvärden placeras i -1 och -2. (3p)

(c) Antag att man mäter

$$y(t) = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} x$$

Är systemet observerbart? (2p)

(d) Bestäm en observatör för systemet beskrivet av (a) och (c) sådan att skattningsfelets dynamik har samtliga egenvärden i -10. (3p)

Del 2

4. En process beskrivs av modellen $G(s)$ medan den verkliga systemet har överföringsfunktionen

$$G^0(s) = e^{-sT}G(s)$$

   (a) Skissa absolutbeloppet av inversen hos det relativa modellfelet

$$\frac{1}{|\Delta_G(i\omega)|}$$

   där $G^0(s) = G(s)(1 + \Delta_G(s))$. (4p)

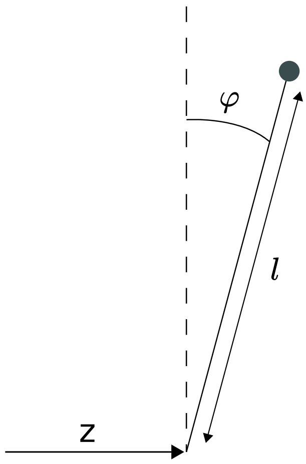
   (b) Antag att vi designar en regulator $F(s)$ utgående från modellen $G(s)$. Hur stort får

$$\left|\frac{F(i\omega)G(i\omega)}{1 + F(i\omega)G(i\omega)}\right| \qquad (2)$$

   som mest vara för att slutna systemets stabilitet ska kunna garanteras när regulatorn $F(s)$ används för att reglera $G^0(s)$? Varför? (4p)

   (c) Genom att välja $F(s) = 0$ i (2) så kan man göra uttrycket så litet som det går (absolutbelopp så ≥ 0). Vad är det då som hindrar att göra detta uttryck så litet som går, vilket pris kan man förvänta sig att få betala? (2p)

5. Betrakta en förenklad variant av den inverterade pendel som studerades i laboration 3 i kursen. Pendeln beskrivs av ekvationen



Figur 4: Inverterad pendel.

$$\ddot{z}\cos(\varphi) + \ddot{\varphi}l = g\sin(\varphi)$$

där $\ddot{z}$ är accelerationen i stavens nedre ände. Denna ekvation kan linjäriseras runt $\varphi = 0$ till

$$\ddot{z} + \ddot{\varphi}l = g\varphi$$

(a) Betrakta accelerationen $\ddot{z}$ som styrsignal och skriv på tillståndsform. (3p)

(b) Antag $l = g = 1$ och att pendeln ska styras med tillståndsåterkopplingen

$$u(t) = -\alpha Lx(t) + r(t)$$

där α är en konstant. Ange det återkopplade systemets karakteristiska ekvation. (2p)

(c) Antag nu att det finns vissa osäkerheter i den komponent som ska generera styrsignalen (accelerationen). Återkopplingen beskrivs därför av

$$u(t) = -\alpha Lx(t) + r(t)$$

där $\alpha \neq 1$. För vilka α får man ett asymptotiskt stabilt återkopplat system med den återkopplingsvektorn $L = [-2 \quad -2]$? Man kan förutsätta att $\alpha > 0$. (2p)

(d) Antag att man använder förstärkningsinlärning på ett första ordningens system (med ett skalärt tillstånd x_k och en skalär insignal u_k) och man i ett visst iterationssteg har skattat Q-funktionen

$$Q(x_k, u_k) = 0.64x_k^2 + 1.13x_k u_k + 4.27u_k^2$$

Vad blir det numeriska värdet på L_{ny} i tillståndsåterkopplingen $u_k = -L_{ny}x_k$ i nästa iterationssteg? (3p)