TENTAMEN I DYNAMISKA SYSTEM OCH REGLERING

TID: 19 mars 2024, klockan 08 - 12

KURS: TSRT21

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 6

ANSVARIG LÄRARE: Farnaz Adib Yaghmaie, 0762909978

BESÖKER SALEN: 09.30, 11.00

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

TILLÅTNA HJÄLPMEDEL: Läroboken Glad-Ljung: ”Reglerteknik, grundläggande teori” med inläsningsanteckningar, Utskrift av kompendium ”Dynamiska system och reglering” med inläsningsanteckningar, räknedosa utan färdiga program.

LÖSNINGSFÖRSLAG: Anslås på kursens hemsida.

PRELIMINÄRA BETYGSGRÄNSER:		
	betyg 3	14 poäng
	betyg 4	19 poäng
	betyg 5	23 poäng

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

Lycka till!

1. Du arbetar tillsammans med en kollega med att designa kaffemaskiner. Användaren kan välja önskad volym kaffe på skärmen. Kaffemaskinen har en sensor för att mäta volymen. Det är möjligt att kontrollera vätskan som kommer in i kaffemaskinen. Se kaffemaskinen som ett system.

   (a) Vad är insignal u, utsignal y, och referens r? (3p)

   (b) Din kollega föreslår att du använder en proportionell (P) regulator för att styra volymen på kaffet till önskad nivå men du har alltid ett permanent fel. Vilken typ av regulator föreslår du för att ha noll statiskt fel? Motivera ditt svar. (2p)

2. Betrakta följande ordinära differentialekvation där u är insignalen och y är utsignalen

$$y'' + 3y' + 2y = -3u' + u. \tag{1}$$

   (a) Låt $G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)}$ vara överföringsfunktionen som beskriver (1). Ta fram $G(s)$. (1p)

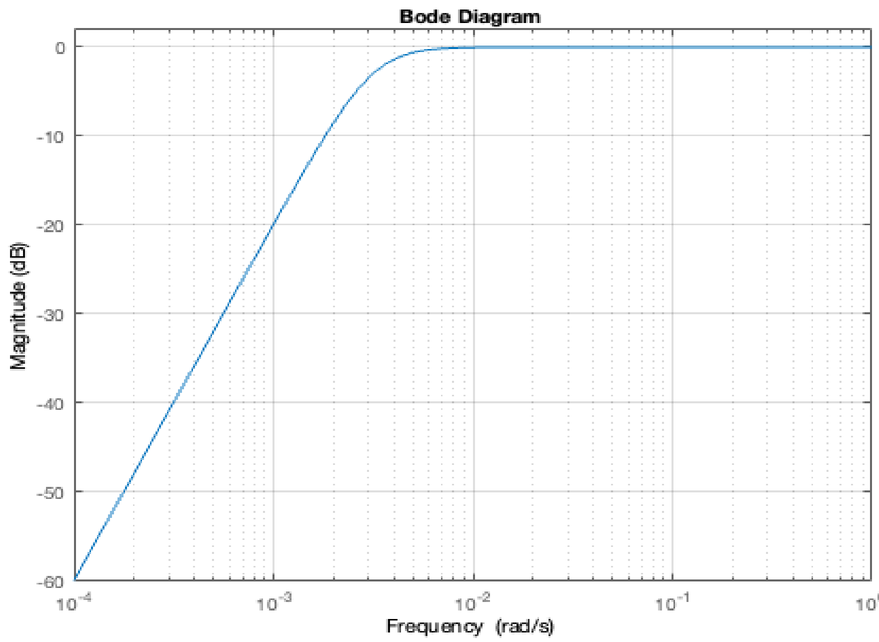
   (b) Ange poler och nollställen. (3p)

   (c) Är systemet stabilt? Varför? (1p)

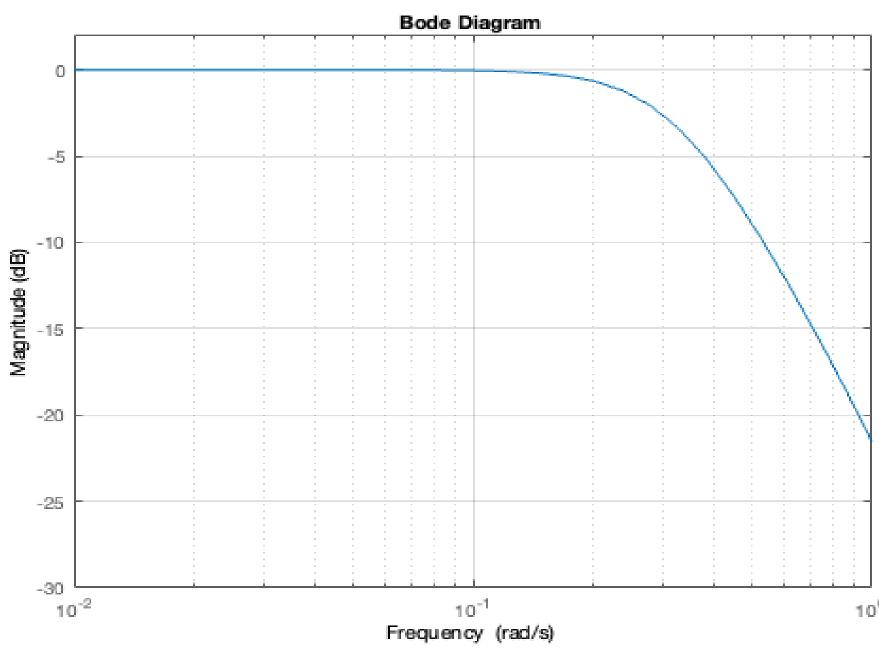
3. Bodediagrammen för ett par diskreta filter ges i figurerna 1-3.

   (a) Beskriv vilken sorts (lågpass, högpass, bandpass eller bandstopp) filter $H_1(z)$, $H_2(z)$, $H_3(z)$ är. (3p)

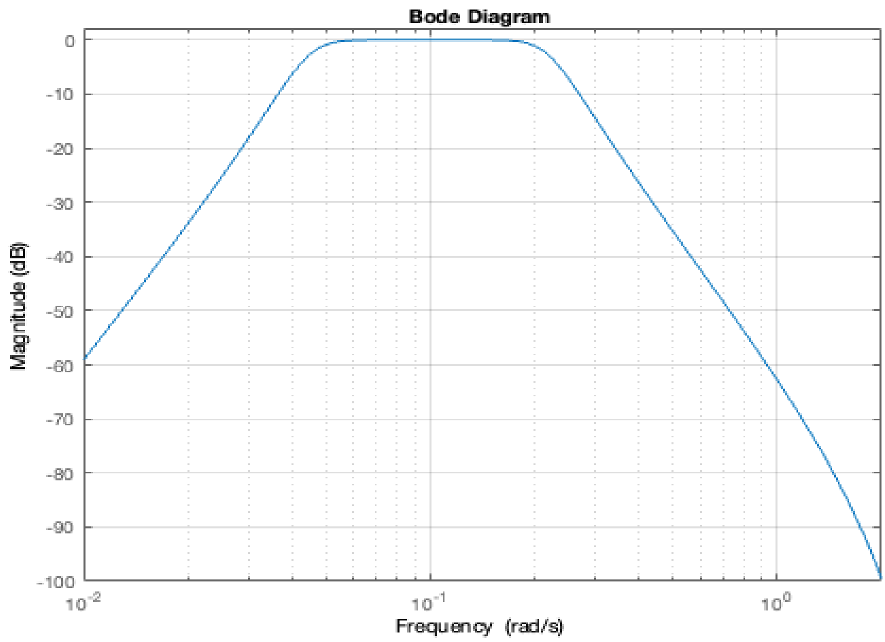
   (b) I figur 4 visas en mätsignal. Vi vet att den består av högfrekvent ointressant brus och en intressant komponent som är en sinussignal med frekvens omkring 0.1 rad/s. Vilket/Vilka filter (eller kombination) av $H_1(z)$, $H_2(z)$ och $H_3(z)$ bör du använda för att ta fram den intressanta sinuskomponenten Motivera ditt svar. (2p)



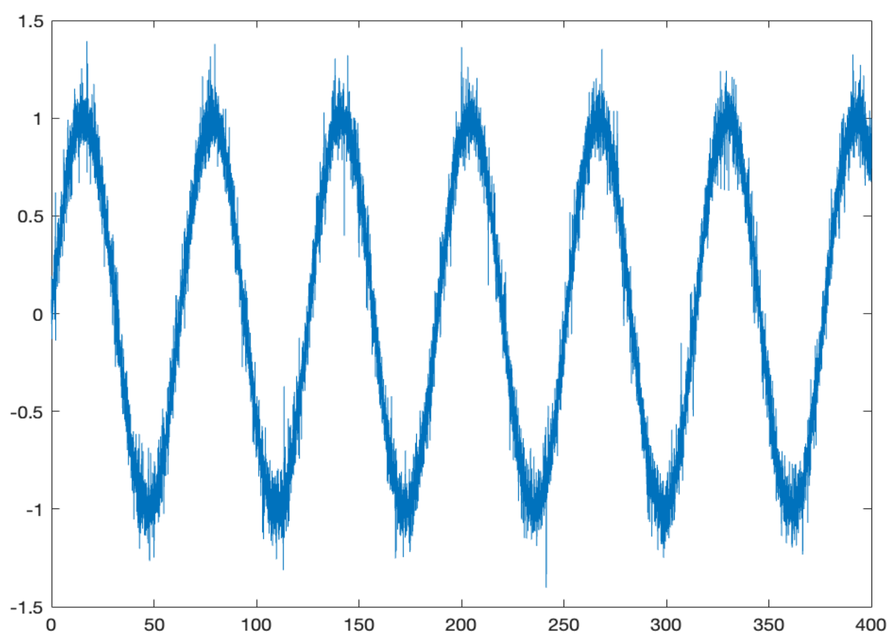
Figur 1: Bodediagram för $H_1(z)$



Figur 2: Bodediagram för $H_2(z)$



Figur 3: Bodediagram för $H_3(z)$



Figur 4: Mätsignal

4. (a) Vi använder en sensor för att mäta en kontinuerlig signal och samplar med samplingstid T_s. Låt $y(k)$ vara den samplade sekvensen vid samplingssteg $k = 0, 1, 2, ...,$. Mätningarna innehåller mätbrus så vi använder ett filter $F_1(z)$ med överföringsfunktionen i (2) för att vi skapa en ny signal $y_f(k)$.

$$F_1(z) = \frac{Y_f(z)}{Y(z)} = \frac{0.4}{z - 0.8}. \tag{2}$$

i) Skriv en algoritm som genererar $y_f(k)$ från $y(k)$. (Tips: Använd (2)). (2p)

ii) Om samplingstiden är $T_s = 1\ s$, vad är den maximala frekvensen (i rad/sec) på den uppmätta signalen, sådan att den kontinuerliga signalen kan rekonstrueras unikt från den samplade signalen $y(k)$? (1p)

(b) Vad är effekten av följande filter $F_2(z) = 1 - \frac{1}{10}(z^{-1} + z^{-2} + ... + z^{-10})$? Med andra ord, vad gör filtret? (2p)

5. Givet följande system i tillståndsform

$$\begin{aligned}\dot{x} &= \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u, \\ y &= \begin{bmatrix} 2 & 0 \end{bmatrix} x\end{aligned} \tag{3}$$

Hitta en linjär tillståndsåterkoppling (dvs, beräkna L och l_0)

$$u = -Lx + l_0 r$$

som placerar polerna i $-2 \pm i2$ och som kan följa en stegformad referenssignal utan statiskt reglerfel.

(Tips 1: $\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}^{-1} = \frac{1}{a_{11}a_{22}-a_{12}a_{21}} \begin{bmatrix} a_{22} & -a_{12} \\ -a_{21} & a_{11} \end{bmatrix}$).

(Tips 2: $i^2 = -1$). (5p)

6. Din uppgift är att designa en PID-regulator med hjälp av Ziegler-Nichols metoden

$$u_{PID}(t) = K(e(t) + \frac{1}{T_i}\int_0^t e(\tau)d\tau + T_d\dot{e}(t))$$

för ett system med följande processmodell

$$G(s) = \frac{b}{s}e^{-Ls}. \tag{4}$$

PID-inställning enligt Ziegler-Nichols för (4) anges i tabell 1.

Tabell 1: PID-inställning enligt Ziegler-Nichols

Regulator	K	T_i	T_d
P	$\frac{1}{bL}$		
PI	$\frac{0.9}{bL}$	$3L$	
PID	$\frac{1.2}{bL}$	$2L$	$0.5L$

(a) Designa en PID regulator enligt Ziegler-Nichols för följande system

$$G(s) = \frac{2}{3s}e^{-s}.$$

(3p)

(b) Beskriv problemet med integratoruppvridning (eng: integral windup). (2p)