

Tentamen i Dynamiska system och reglering TSRT21

VENUE: U1, U4, T2

DATE & TIME: 22 March 2022, 8:00 - 12:00

COURSE: TSRT21

EXAM CODE: TEN1

INSTITUTION: ISY

NUMBER OF QUESTIONS: 6

TEACHER IN CHARGE: Farnaz Adib Yaghmaie, 0762909978

VISITING TEACHER: Johan Löfberg, 0703113019

VISITING TIME: 09:00 -11:00

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

PERMITTED MATERIALS: Glad-Ljung: “Reglerteknik - Grundläggande teori” with reading notes, “Kompendium Dynamiska system och reglering” with reading notes, formula collection such as Physics handbook, Tefyma, Beta handbook etc, calculators without ready-made programs.

SOLUTIONS: will be uploaded after the exam in Lisam.

DISPLAY of the exam takes place in Ljungeln (Campus Valla, B-huset, A-corridor between entrance 25 and 27).

GRADING: grade 3 get at least 14 points
grade 4 get at least 19 points
grade 5 get at least 23 points

NOTE! Please write down all steps (except trivial calculations) in deriving the solutions; otherwise it results in point deduction.

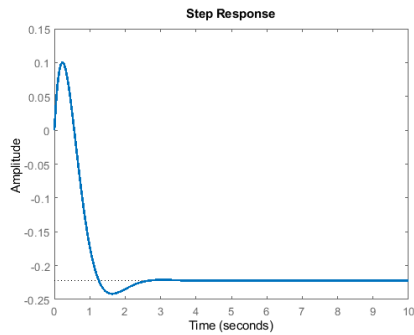
Good luck!

1. (a) Vi vill reglera vattennivån i sjön Boren till $6m$ genom att ändra inflöde till sjön. Vad är insignal u , utsignal y , och referens r ? (3p)
- (b) I många industriella reglerproblem används en PI-regulator för att reglera utsignalen till en önskad referenssignal. Vad kan vara en anledning till att lägga till en derivataåterkoppling och använda en PID istället? (2p)

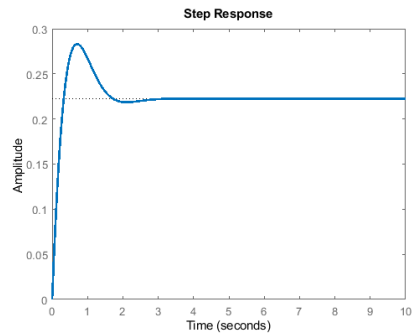
2. Överföringsfunktionen för ett andra ordningens system ges av

$$G(s) = \frac{s + 2}{s^2 + 4s + 9}. \quad (1)$$

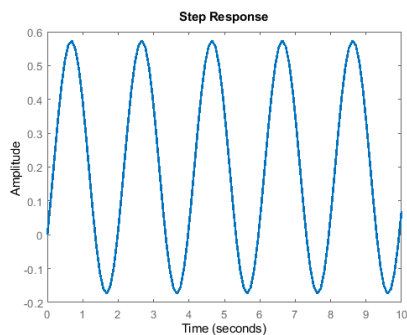
- (a) Ange poler och nollställen. (3p)
 (b) Är systemet stabilt. Varför? (1p)
 (c) Vilken av figurerna i Fig. 1 kan vara ett stegsvar för systemet. Varför? (1p)



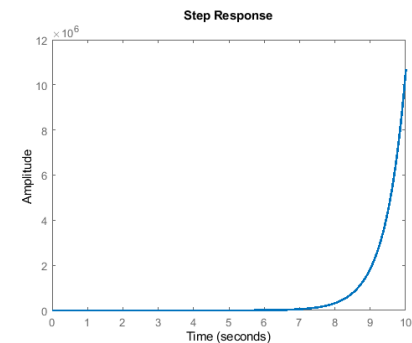
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 1: Stegsvvar

3. Vi använder en sensor för att mäta en kontinuerlig signal och samplar med samplingstid T_s . Låt $y(k)$ vara den samplade sekvensen vid samplingsteg $k = 0, 1, 2, \dots$. Mätningarna har mätbrus så vi använder ett filter beskrivet av differensekvation i (2)

$$y_f(k) = 0.95y_f(k-1) + 0.05y(k-1), \quad (2)$$

där $y_f(k)$ betecknar den filtrerade signalen. Bodediagram för filtret, som vi kallar H , återges i Fig. 2.

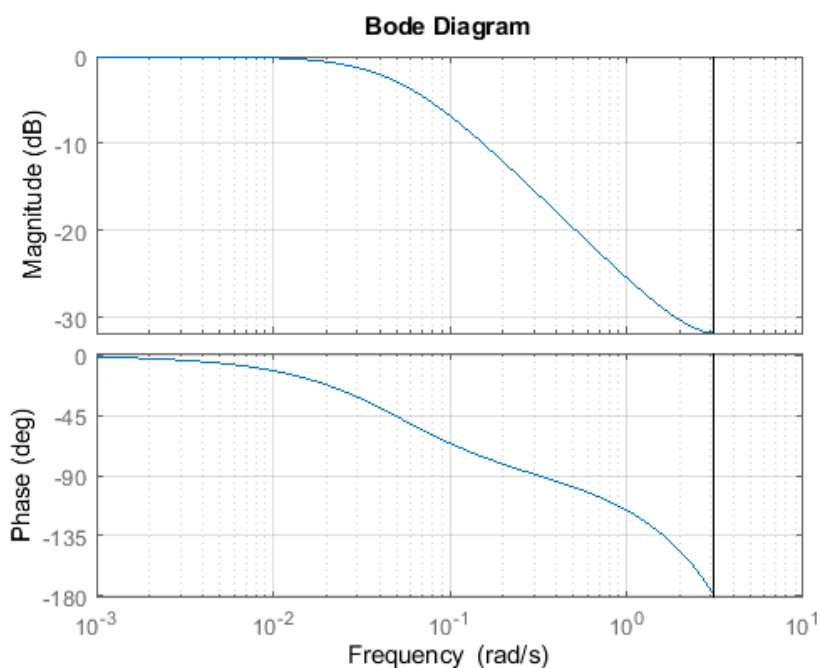


Figure 2: Bodediagram för H

- (a) 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 samplingarna $y(k)$? (1p)
- (b) Låt $H(z) = \frac{Y_f(z)}{Y(z)}$ vara överföringsfunktionen som beskriver (2). Tag fram $H(z)$. (2p)
- (c) Beskrivs vilken sorts filter $H(z)$ är. Är det ett lågpass, högpass, bandpass eller bandstopp, och varför? (1p)
- (d) Beskriv, ungefär, vilket frekvensområde (i *rad/s*) som filtret låter passera. (1p)

4. Vi vill utveckla en regulator för ett system $G(s)$. Låt $F(s)$ beteckna regulatorn. Ett blockdiagram återfinns i Fig. 3

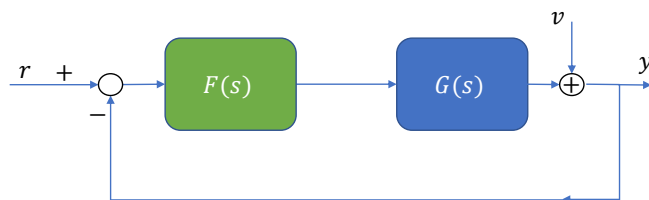


Figure 3: Blockdiagram av ett slutet system

där r är referenssignal och v är en störning.

- Uttryck $Y(s)$ baserat på $R(s)$ och $V(s)$. Notera att $Y(s)$, $R(s)$, $V(s)$ är Laplacetransformer av utsignalen y , referensen r och störningen v . (Ledning: Du behöver härleda överföringsfunktioner från r och v till y .) (2p)
- Antag att $G(s)$ är överföringsfunktionen för en svävande kula som använder en magnetisk kraft

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{1}{s^2 - 1}. \quad (3)$$

För detta system vill vi utveckla en PD-regulator $F(s) = K_P + K_D s$. Visa för vilka K_P , K_D som slutna systemet är stabilt. Du kan bortse från störningen v i denna analys. (3p)

5. Givet ett system i tillståndsform

$$\begin{aligned}\dot{x} &= \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u, \\ y &= [4 \ 0] x\end{aligned}\tag{4}$$

Utveckla en linjär tillståndsåterkoppling

$$u = -Lx + l_0 r$$

som placerar polerna i $-2 \pm i2$ och kan följa en stegformad referenssignal utan statiskt reglerfel, dvs beräkna L and l_0 som uppfyller kraven.

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

$$\text{(Tips 2: } i^2 = -1 \text{)}.\tag{5p}$$

6. (a) Överföringsfunktionen för ett första ordningens system ges av

$$G(s) = \frac{3}{2s + 4}. \quad (5)$$

Ange systemets tidskonstant T och statiska förstärkning K . Vad blir en utsignals slutvärde om insignalen är $u(t) = 2$, $t \geq 0$? (3p)

- (b) Vad är effekten av följande filter $H(z) = 1 - \frac{1}{20}(z^{-1} + z^{-2} + \dots + z^{-20})$? Med andra ord, vad gör filtret? (2p)