

# TENTAMEN I DYNAMISKA SYSTEM OCH REGLERING

TID: 21 mars 2023, klockan 08 - 12

KURS: TSRT21

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 6

ANSVARIG LÄRARE: Johan Löfberg, 070-3113019

BESÖKER SALEN: 09.30, 11.00

KURSADMINISTRATÖR: Ninna Stensgård, tel 013-284725, [ninna.stensgard@liu.se](mailto:ninna.stensgard@liu.se)

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

LÖSNINGSFÖRSLAG: Anslås på kursens hemsida.

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

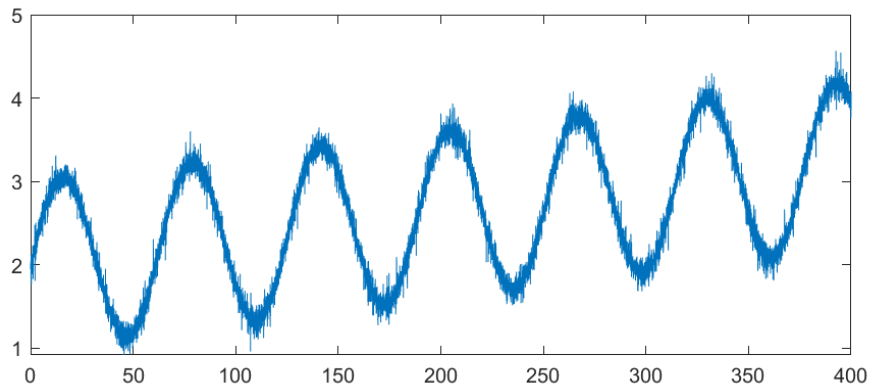
OBS! Lösningar till samtliga uppgifter ska presenteras så att alla steg (utom triviala beräkningar) kan följas. **Bristande motiveringar ger poängavdrag.**

Lycka till!

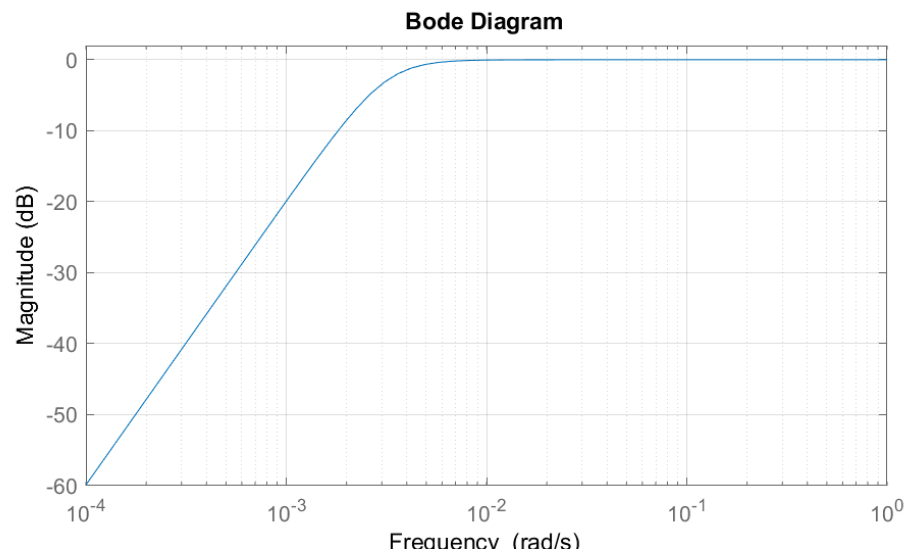


1. (a) När man tillverkar biogas (metan) bryts organiskt material ned till metangas och koldioxid i en syrefattig miljö. Andelen metangas som bildas beror på temperaturen och en optimal nedbrytning (maximal tillverkning av metan) sker vid en specifik känd temperatur. Materialet förvaras i stora kärl med inbyggda värme- och kylelement. Antag att man med hjälp av reglerteknik ska maximera produktionen och att man tagit in dig som reglertekniker att analysera problemet. Förklara vad som är referenssignal, styrsignal och mätsignal i denna tillämpning (3p)
- (b) Varför använder man inte bara *P-regulatorer* med väldigt hög förstärkning i alla tillämpningar. Det borde ju eliminera alla reglerfel eftersom styrsignalen reagerar direkt när det börjar bli något fel? (2p)

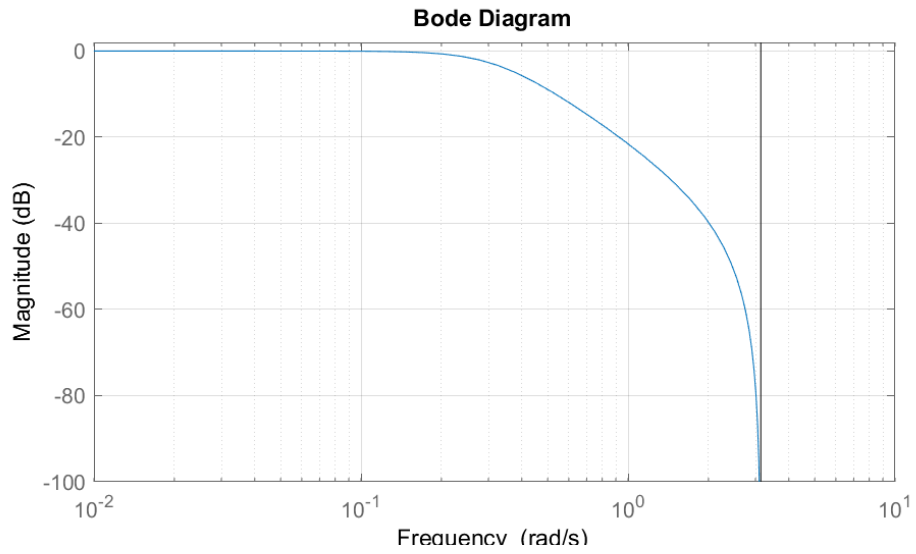
2. (a) I Figur 1 visas en mätsignal. Vi vet att den består av en ointressant lågfrekvent del (statisk nivå och långsamt växande), högfrekvent ointressant brus, samt en intressant komponent som är en sinussignal med frekvens omkring 0.1 rad/s. Föreslå två olika strategier att filtrera fram den intressanta sinuskomponenten med hjälp av de olika diskreta filter  $H_1(z)$ ,  $H_2(z)$  och  $H_3(z)$  vars amplitudkurvor (frekvensförstärkningar) finns tillgängliga i bodediagram i Figur 2, 3 och 4. (4p)
- (b) De filter som används i uppgiften är konstruerade med en samplingstid på  $T = 1$ s. Kan vi garantera att alla högfrekventa signaler filtreras bort? (1p)



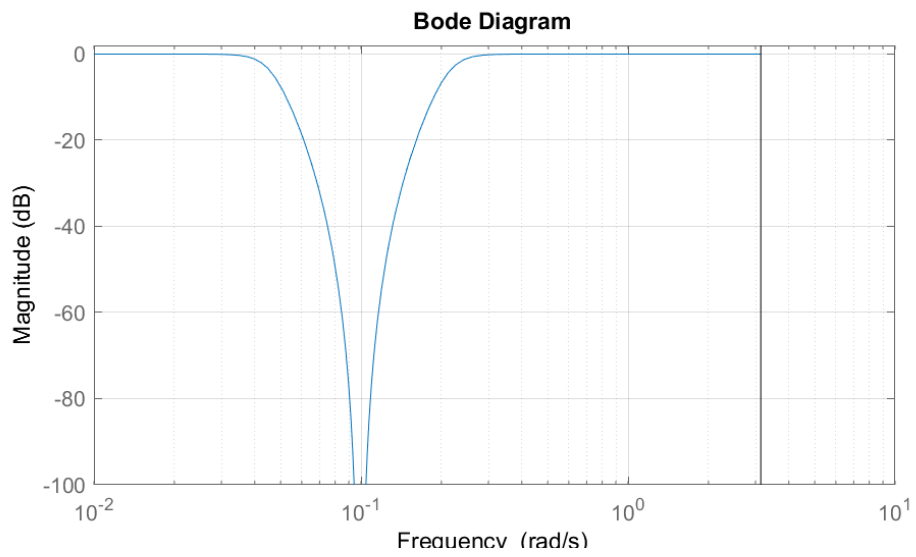
Figur 1: Mätsignal



Figur 2: Bodediagram för filteralternativ  $H_1$



Figur 3: Bodediagram för filteralternativ  $H_2$



Figur 4: Bodediagram för filteralternativ  $H_3$

3. (a) Systemet  $G(s) = \frac{4}{s(s+1)}$  skall regleras med hjälp av tillståndsåterkoppling. Skriv systemet i tillståndsform och beräkna sedan en tillståndsåterkoppling och framkoppling av referenssignal som placerar slutna systemets poler i  $-2 \pm i$  samt garanterar att konstanta referenser kan följas utan reglerfel (5p)

4. (a) Ett vanligt sätt att skapa en modell för ett system är att man gör stegsvars-experiment. Genom att studera stegsvaret kan man enkelt ta fram t.ex ett första ordningens system genom att studera statisk förstärkning och tidskonstanter.

Ett problem ibland kan vara att systemet är instabilt så att man ej kan göra ett stegsvarsexperiment på det öppna systemet. Ett alternativ då är att man skapar en enkel regulator, gör ett stegsvar på det slutna systemet, och sedan räknar ut vad systemet måste vara genom att använda att vi vet hur öppna och slutna systemet hänger ihop via den kända regulatorn. Antag att vi använder en enkel P-regulator med förstärkning  $K = 10$  och får ett stegsvar på slutna systemet som gör att vi drar slutsatsen att slutna systemet ges av  $G_C(s) = \frac{20}{s+17}$ . Räkna ut öppna systemet  $G(s)$ . (3p)

- (b) Skissa (någorlunda detaljerat användandes det du vet om systemet och referensen, med markering i skissen av intressanta värden) hur ett stegsvar med  $r(t) = -5$  skulle se ut på slutna systemet  $G_C(s)$ . (2p)



5. (a) Du och din kollega håller på och skapar algoritmer för att optimera annonsering för att öka antalet kunder  $y_k$  som besöker er affär dag  $k$ . Givet en sekvens av dagliga mätningar  $y_k$  så skall ni skapa en ny daglig signal  $s_k$  som säger hur många facebookannonser ni ska köpa på kvällen efter stängning. Din kollega skickar dig uttrycket  $\frac{1+z^{-1}+z^{-2}}{1+0.7z^{-1}+0.3z^{-2}}$  och ber dig skriva ner en algoritm som genererar  $s_k$  från  $y_k$  med denna metod. Gör detta! (3p)
- (b) Antag att din kollega senare skickar en uppdatering och istället ber dig använda strategin  $\frac{1+z^1+z^2}{1+0.7z^{-1}+0.3z^{-2}}$  för att styra annonseringen. Hur reagerar du? (2p)

6. (a) Genom fysikaliskt resonemang har man dragit slutsatsen att en process kan beskrivas av överföringsfunktionen  $G(s) = \frac{\alpha}{s+1}$ . Dock känner man inte konstanten  $\alpha$ , och man har inte möjlighet att göra experiment innan man skapar och driftsätter regulatören. Man tänker använda en standard PI-regulator  $U(s) = F(s)(R(s) - Y(s))$ , och chansar och väljer att använda  $F(s) = 1 + \frac{0.3}{s}$ . Visa för vilka  $\alpha$  som regulatören faktiskt stabiliserar systemet. (3p)
- (b) Antag att man utöver den okända förstärkningen i systemet har en konstant störning på insignalen, dvs att en okänd term  $v(t) = c$  läggs på insignalen innan den går in i systemet, och att man dessutom har en okänd konstant störning  $w(t) = d$  på utsignalen. Hur stort blir det statiska reglerfelet då regulatören i (a) används? Du kan anta att den är stabiliserande, samt att  $r(t) = 0$  då denna analys görs. (2p)