

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Institutionen för elektroteknik
System- och reglerteknik

ERE 103 Reglerteknik D Online-tentamen 2020-08-20

08.30 – 12.30

Examinator: Bo Egardt, tel 031-7723721, epost bo.egardt@chalmers.se.
Kommer att finnas tillgänglig online under tentamenstiden. Har du frågor
till examinator, så tar du kontakt via Zoom enligt instruktionerna.

V.G. SE INSTRUKTIONER PÅ NÄSTA SIDA!

Poängberäkning: Tentamen består av 5 uppgifter om totalt 30 poäng.
Nominella betygsgränser är 12 (3), 18 (4) respektive 24 (5) poäng.

Lösningarna skall vara tydliga och väl motiverade!

Tentamensresultat: Granskning av rättningen kommer att erbjudas enligt senare information på hemsidan.

LYCKA TILL!

Instruktioner för hemtenta:

- Under hela tentan skall du vara ansluten till Zoom-mötet med videon påslagen med dig i bild mot en neutral bakgrund. Mikrofonen skall vara på "mute", men tentavakten kommer då och då att slå på mikrofonen. Ljudet kan vara neddraget/avstängt om du inte omedelbart sätter på det.
- Du skall vara ensam i rummet under hela tentamenstiden.
- Om du har frågor, kontakta tentavakten via chatten i Zoom, varvid du flyttas tillfälligt till ett "break-out room".
- Om du behöver gå på toaletten, så meddelar du tentavakten via chatten, både när du går och när du kommer tillbaka.
- Kontrollera "Announcements" på Canvas-sidan då och då under tentan. Där kan jag vid behov nå alla för ev klargöranden mm.

Lösningar och inlämning:

- Lösningar skrivs för hand på papper, på samma sätt som vid en vanlig salstentamen.
- Märk varje papperssida tydligt med ditt namn, tentamensuppgiftens nummer och sidnummer.
- Skanna eller fotografera dina lösningar (undvik fotografering med telefonens kamera-app, då kvaliteten ofta blir bristande). Tänk på att ha god belysning och använd helst en dokumentskannings-app, t.ex. CamScanner eller Genius Scan.
- Sätt samman dina lösningar till ett dokument, t ex i Word, och spara detta som en pdf-fil.
- Kontrollera att filen med lösningar är möjlig att läsa. Skicka sedan in dina lösningar genom att ladda upp pdf-filen via Canvas före tentamens sluttid. Sluttiden förlängs med 30 min för att ge er god tid att scanna och ladda upp lösningarna.
- Om det uppstår problem med uppladdningen via Canvas, så skicka istället filen via email till examinator (bo.egardt@chalmers.se) före tentamens sluttid.
- Observera att sluttiden för tentamen är en hård deadline! Om du väljer att skicka in dina lösningar före tentatidens slut, så meddela först tentavakten.

Uppgift 1.

- a. Sambandet mellan insignalen u och utsignalen y för ett dynamiskt system ges av differentialekvationen

$$\ddot{y}(t) + 3\dot{y}(t) + 2y(t) = 2u(t - 3)$$

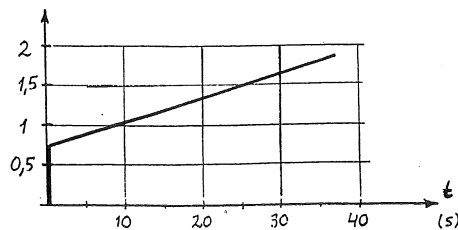
Bestäm överföringsfunktionen från insignal till utsignal. (2 p)

- b. Ett dynamiskt system med insignalen u och utsignalen y beskrivs av differentialekvationen

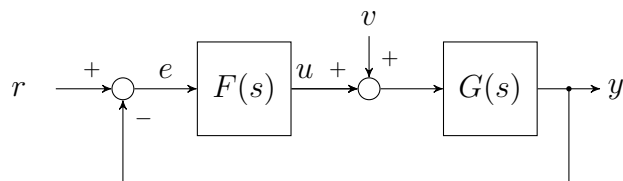
$$10\ddot{y}(t) + \dot{y}(t) + y(t) = u^2(t)$$

Linjärisera differentialekvationen kring $u = 1$ och bestäm överföringsfunktionen från insignal till utsignal. (2 p)

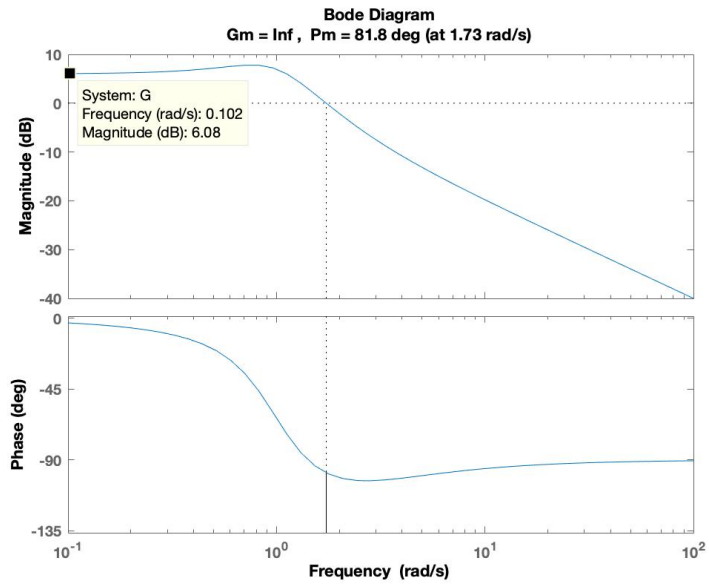
- c. Figuren nedan visar stegsvaret för en PI-regulator med överföringsfunktionen $F_{PI}(s) = K(1 + \frac{1}{T_I s})$. Bestäm integrationstidskonstanten T_I och förstärkningen K . (2 p)



- d. En process $G(s)$ påverkas av en laststörning v , vars inverkan man vill minska genom att återkoppla processen med en P-regulator $F(s) = K$ enligt blockschemat nedan:



Avgör med hjälp av Bodediagrammet för $G(s)$ nedan hur mycket mindre laststörningens stationära bidrag blir på utsignalen y då kretsen sluts med P-regulatorn och $K = 2.5$. Ett approximativt värde räcker! (3 p)



e. En process med överföringsfunktionen

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

återkopplas med en P-regulator $F(s) = K$. Vilken är högsta tillåtna förstärkning K , om det slutna systemet skall vara stabilt med en amplitudmarginal på minst 4? (2 p)

Uppgift 2.

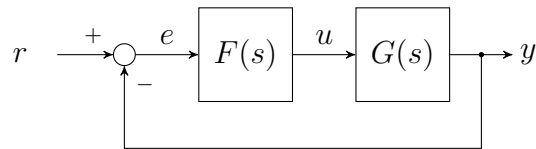
En instabil process med överföringsfunktionen

$$G(s) = \frac{1}{s-1}$$

återkopplas med en PI-regulator

$$F(s) = K_p + \frac{K_i}{s}$$

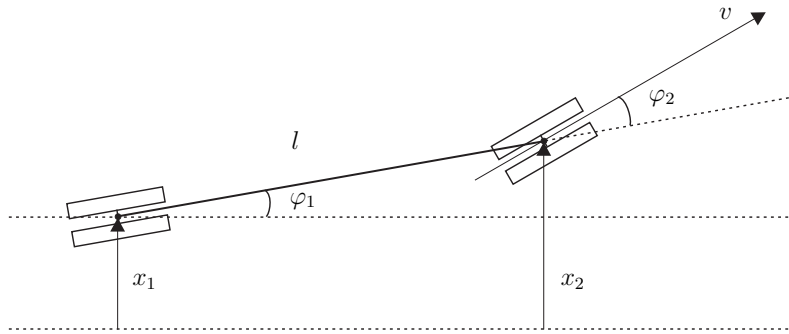
enligt blockschemat nedan



- För vilka värden på K_p och K_i blir det återkopplade systemet stabilt? (1 p)
- Bestäm regulatorparametrarna K_p och K_i , så att det återkopplade systemet får en dubbelpol i $s = -\omega_n$. (1 p)
- Bestäm det slutna systemets överföringsfunktion G_{ry} från r till y med regulatorparametrarna från (b). Visa att G_{ry} får ett nollställe, som för stora ω_n ges av $s \approx -\omega_n/2$. (2 p)

Uppgift 3.

En mycket enkel modell av en bil utgår från skissen nedan. En kraftig för-
enkling görs genom att anta att spårvidden är mycket liten (därför kallas
modellen ibland en “cykelmodell”).

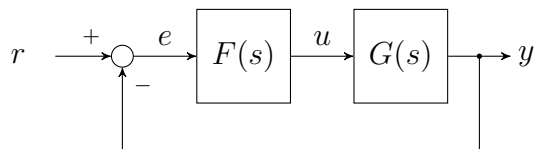


Bilen, som har hjulbasen l [m], styrs med framhjulets styrvinkel φ_2 [rad],
som alltså blir systemets insignal. Framhjulen antas drivas med ett konstant
varvtal, vilket ger hastigheten v [m/s] i framhjulets riktning, dvs i en riktning
som bildar vinkeln φ_2 med bilens längsaxel.

- Bestäm en olinjär tillståndsmodell för bilen med användning av till-
ståndsvariablerna x_1 och x_2 , som enligt figuren är respektive hjulpars
avstånd från den “horisontella” axeln i ett rätlinjigt koordinatsystem.
Ledning: Dela upp respektive hjulhastighet i två ortogonala komponent-
ter, längs med resp. vinkelrät mot den “horisontella” axeln. (3 p)
- Anta nu att vinklarna φ_1 och φ_2 är små. Bestäm den linjäriserade
tillståndsmodellen och beräkna överföringsfunktionen från φ_2 till x_2 .
(2 p)

Uppgift 4.

Betrakta det återkopplade reglersystemet nedan:



Processens överföringsfunktion ges av

$$G(s) = \frac{2}{s+1}e^{-2s}$$

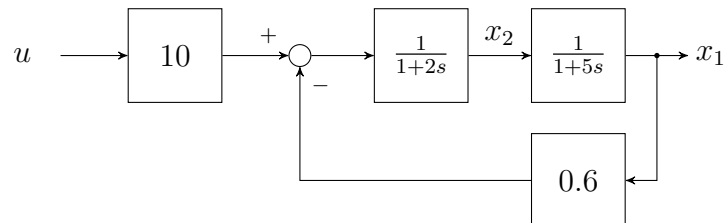
och regulatorn är en PI-regulator,

$$F(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s}\right).$$

- Ett experiment görs först enligt Ziegler-Nichols självsvängningsmetod. Denna går ut på att processen återkopplas med en ren P-regulator, och att förstärkningen i denna ökas tills systemet precis börjar självsvänga. Verifiera att svängningsfrekvensen blir c:a 1.15 rad/s. (1 p)
- Bestäm regulatorparameterarna enligt Ziegler-Nichols metod. Om förstärkningen då självsvängningen i (a) inträffar är K_0 och svängningsperioden kallas T_0 , så anger metoden att PI-regulatorns parametrar skall väljas som $K_p = 0.45K_0$ respektive $T_i = 0.85T_0$. (1 p)
- Anta att vi istället vill ha en PI-regulator, som ger överkorsningsfrekvensen $\omega_c = 0.8$ och fasmarginal $\varphi_m = 45^\circ$. Bestäm regulatorparameterarna för detta fall! (3 p)

Uppgift 5.

En flödesprocess bestående av två seriekopplade blandningstankar med återcirkulation beskrivs av blockschemat nedan.



- Bestäm en tillståndsmodell för systemet med x_1 och x_2 i figuren som tillståndsvariabler, samt beräkna systemets egenvärden. (2 p)
- Beräkna (1,1)-elementet i systemets övergångsmatris. (1 p)
- Bestäm en tillståndsåterkoppling, som ger det slutna systemet en dubbelpol i $s = -1$. (2 p)

SLUT!