

## TENTAMEN I TSIU61 REGLERTEKNIK

SAL:

TID: 2018-08-24 kl. 8:00–12:00

KURS: TSIU61 Reglerteknik

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 5

ANSVARIG LÄRARE: Svante Gunnarsson, tel. 070-399 48 47

BESÖKER SALEN: cirka kl. 9:00, 10:00, 11:00

KURSADMINISTRATÖR: Ninna Stensgård, 013-28 22 25,  
ninna.stensgard@liu.se

TILLÅTNA HJÄLPMEDEL:

1. *T. Glad & L. Ljung*: "Reglerteknik. Grundläggande teori". Normala anteckningar, dvs ej lösningar till exempelsamlingen eller liknande, är tillåtna i kursboken.

2. Tabeller och formelsamling.

3. Miniräknare

LÖSNINGSFÖRSLAG: Finns på kursens websida efter skrivningens slut.

VISNING av tentan äger rum 2018-09-11, kl. 12.30–13.00 i examinatorers tjänsterum 2A:503, ingång B27 direkt till höger.

PRELIMINÄRA BETYGSGRÄNSER:

betyg 3	12 poäng
betyg 4	18 poäng
betyg 5	24 poäng

OBS! Lösningar till samtliga uppgifter ska presenteras så att alla steg (utom triviala beräkningar) kan följas. All egen skriven kod som används ska skrivas ut och lämnas in med tentan. Bristande motiveringar ger poängavdrag.

Lycka till!



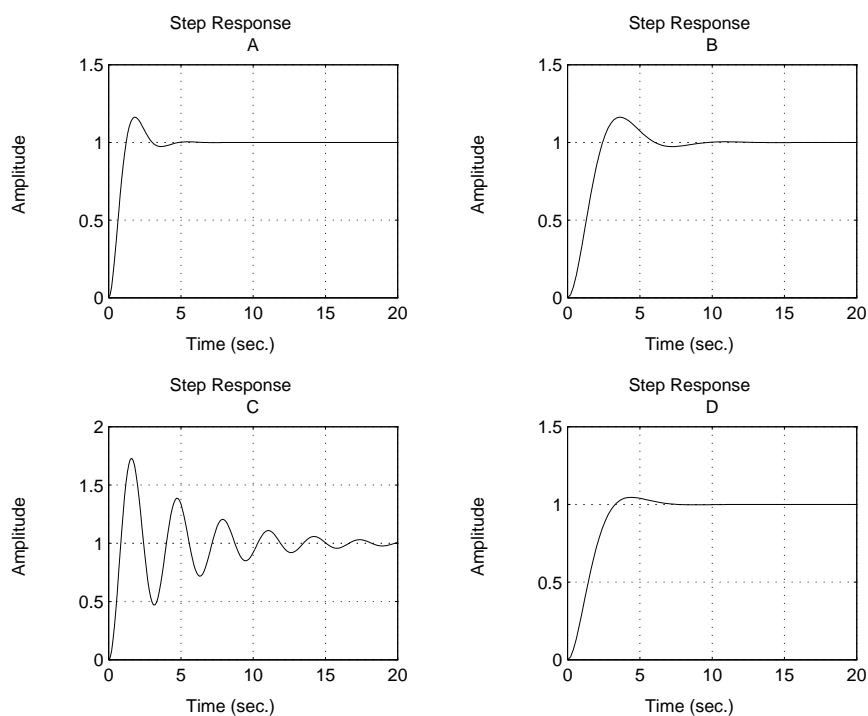
1. (a) I figuren nedan visas stegsvaret för systemet

$$G(s) = \frac{\omega_0^2}{s^2 + 2\zeta\omega_0 s + \omega_0^2}$$

för följande fyra kombinationer av  $\omega_0$  och  $\zeta$ .

- |                      |                |                     |               |
|----------------------|----------------|---------------------|---------------|
| (i) $\omega_0 = 1$   | $\zeta = 0.7,$ | (ii) $\omega_0 = 2$ | $\zeta = 0.1$ |
| (iii) $\omega_0 = 1$ | $\zeta = 0.5,$ | (iv) $\omega_0 = 2$ | $\zeta = 0.5$ |

Kombinera rätt bild med rätt parametervärden. Motivera ditt svar! (4p)



Figur 1: Stegsvaret till uppgift 1 a.

(b) Antag att insignalen till systemet

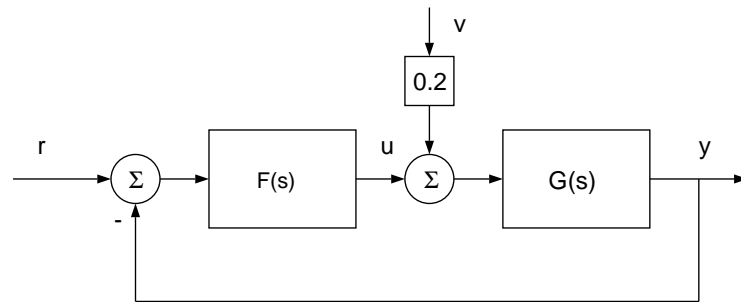
$$Y(s) = \frac{2}{s-4}U(s)$$

ges av  $u(t) = 4 \sin 3t$ . Beskriv utsignalen i stationärt tillstånd. (2p)

2. Betrakta följande modell för temperaturen i ett rum. Överföringsfunktionen från  $u$  till  $y$  i det här fallet ges av

$$G(s) = \frac{1}{10s + 0.2}$$

Antag att temperaturen styrs med återkoppling enligt figuren nedan.



- (a) Antag att temperaturen styrs med proportionell återkoppling

$$U(s) = K(R(s) - Y(s))$$

dvs  $F(s) = K$ . Bestäm överföringsfunktionen från  $v$  till reglerfelet  $e$ . (3p)

- (b) Antag att uttemperaturen varierar sinusformat enligt  $v(t) = \sin 0.1t$  och att  $r(t) = 0$ . Hur ska  $K$  väljas för att man ska uppnå att  $|e(t)| \leq 0.1$  i stationärt tillstånd? (3p)

3. I figurerna på nästa sida visas amplitud- och faskurvan för ett system med överföringsfunktionen

$$G(s) = \frac{10}{s(s+8)(s+2)}$$

- (a) Antag att systemet ovan styrs med proportionell återkoppling

$$U(s) = K(R(s) - Y(s)),$$

med  $K = 5$ , som ger ett stabilt systemet med önskad skärfrekvens och acceptabel fasmarginal.

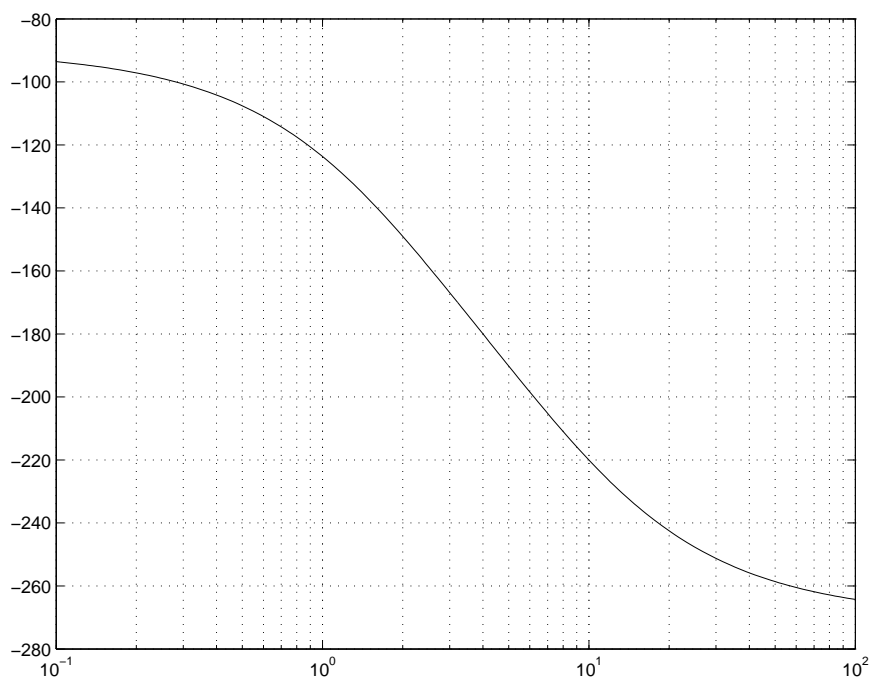
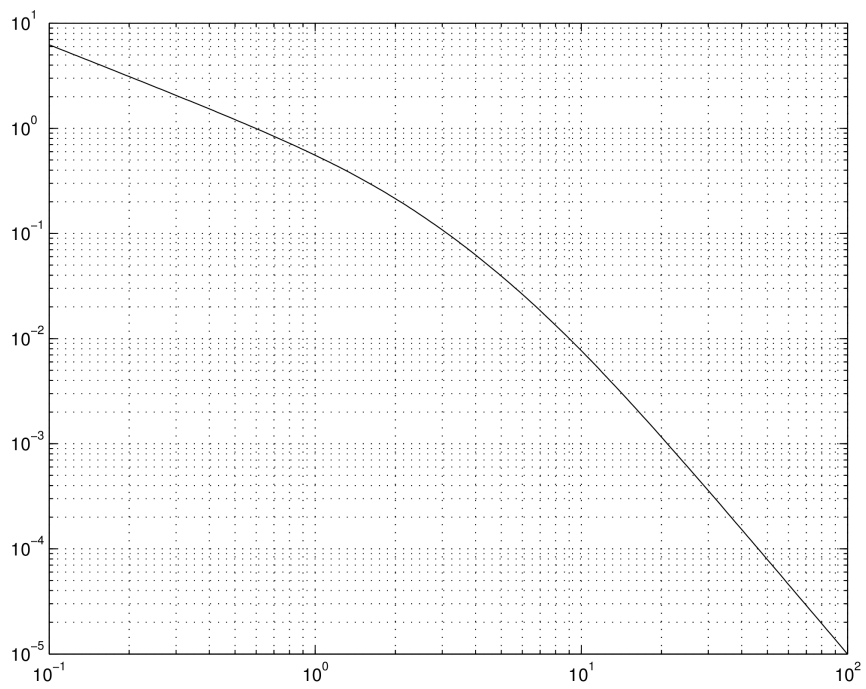
Hur stort blir det stationära reglerfelet då referenssignalen är ett enhetsteg respektive en enhetsramp? (3p)

- (b) Bestäm en återkoppling på formen (samma  $K$  som ovan)

$$U(s) = K \frac{\tau_I s + 1}{\tau_I s + \gamma} (R(s) - Y(s))$$

sådan att de stationära reglerfelen reduceras till 1% av vad som erhöles i uppgift a) utan att onödigt ändra den skärfrekvens och fasmarginal som erhålls i a). (Saknar du ett resultat från uppgift a) använd kravet att båda felen ska vara mindre än 0.003.) (4p)

*Om du mäter något i figuren, markera detta i figuren och bifoga med tentan när du lämnar in (annars ges poängavdrag).*



4. Betrakta följande system på tillståndsform

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 0 & -4 \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u(t) \\ y(t) &= \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix} x(t)\end{aligned}$$

(a) Introducera en tillståndsåterkoppling

$$u(t) = -\ell_1 x_1(t) - \ell_2 x_2(t) + \ell_0 r(t)$$

Bestäm  $\ell_1$  och  $\ell_2$  sådana att det återkopplade systemets poler ligger i  $-1$  och  $-2$ . (4p)

(b) Bestäm  $\ell_0$  så att den statiska förstärkningen vid ett enhetssteg är 1. (1p)

5. (a) Komplementära känslighetsfunktionen för ett återkopplat system har en resonanstopp på 3 dB vid vinkelfrekvensen 2 rad/s. Antag att amplituden på relativa felet i modellen för det öppna systemet är samma i alla frekvenser. Hur stort får detta relativa fel vara om vi ska kunna garantera stabilitet för det verkliga återkopplade systemet med hjälp av robusthetskriteriet? (2p)
- (b) En tidsfördröjning sänker fasen. Hur stor var tidsfördröjningen om det visade sig att fasmarginalen försämrades med  $\frac{\pi}{2}$  radianer vid frekvensen 2 rad/s? (2p)
- (c) Implementera en tidsdiskret variant av regulatorn

$$U(s) = 10 \frac{s + 5}{s + 20} E(s)$$

med hjälp av Tustins approximationsformel. Samplingsintervallet är  $T = 0.2$  sekunder. (2p)