

## TENTAMEN I TSIU61 REGLERTEKNIK

SAL: G35,G36

TID: 2020-01-09 kl. 8:00-12:00

KURS: TSIU61 Reglerteknik

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 5

ANSVARIG LÄRARE: Inger Erlander Klein, tel. 013-281665, 0730-916919

BESÖKER SALEN: cirka kl. 9:00, 10:00 och 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 2020-01-29, kl. 12.30–13.00 i Ljungeln, B-huset, ingång 27, A-korridoren till höger.

PRELIMINÄRA BETYGSGRÄNSER: betyg 3 12 poäng  
betyg 4 18 poäng  
betyg 5 24 poäng

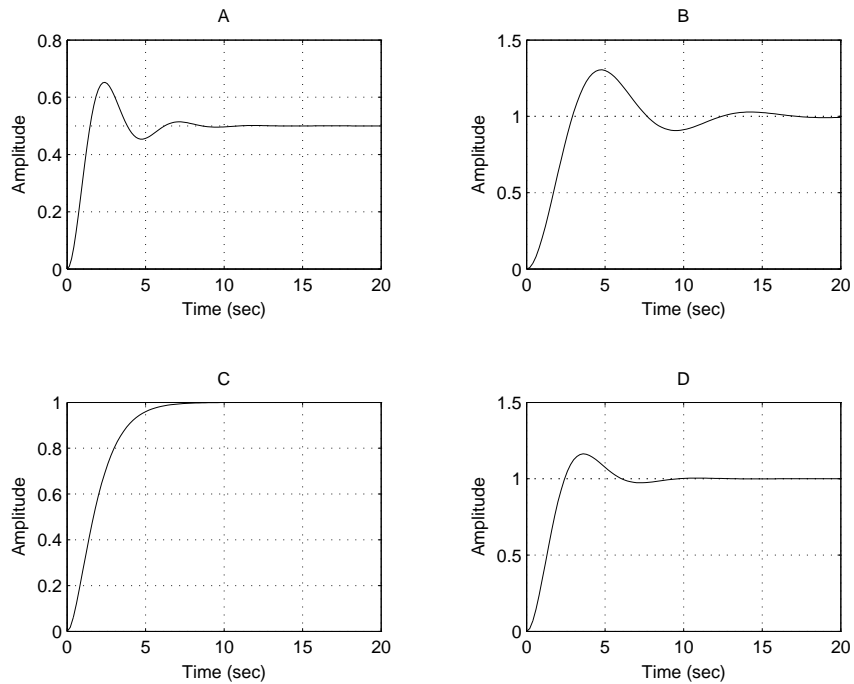
OBS! Lösningar till samtliga uppgifter ska presenteras så att alla steg (utom triviala beräkningar) kan följas. All egen skriven kod som används ska skrivas ut och lämnas in med tentan. Bristande motiveringar ger poängavdrag.

Lycka till!

1. (a) Figur 1 visar stegsvaren för följande fyra system. Kombinera systemen och stegsvaren. Motivera ditt svar. (4p)

$$(i) \quad G(s) = \frac{1}{s^2 + s + 1} \quad (ii) \quad G(s) = \frac{1}{s^2 + s + 2}$$

$$(iii) \quad G(s) = \frac{1}{s^2 + 2s + 1} \quad (iv) \quad G(s) = \frac{1}{2s^2 + s + 1}$$



Figur 1: Figur till uppgift 1a.

- (b) Ett system ges av

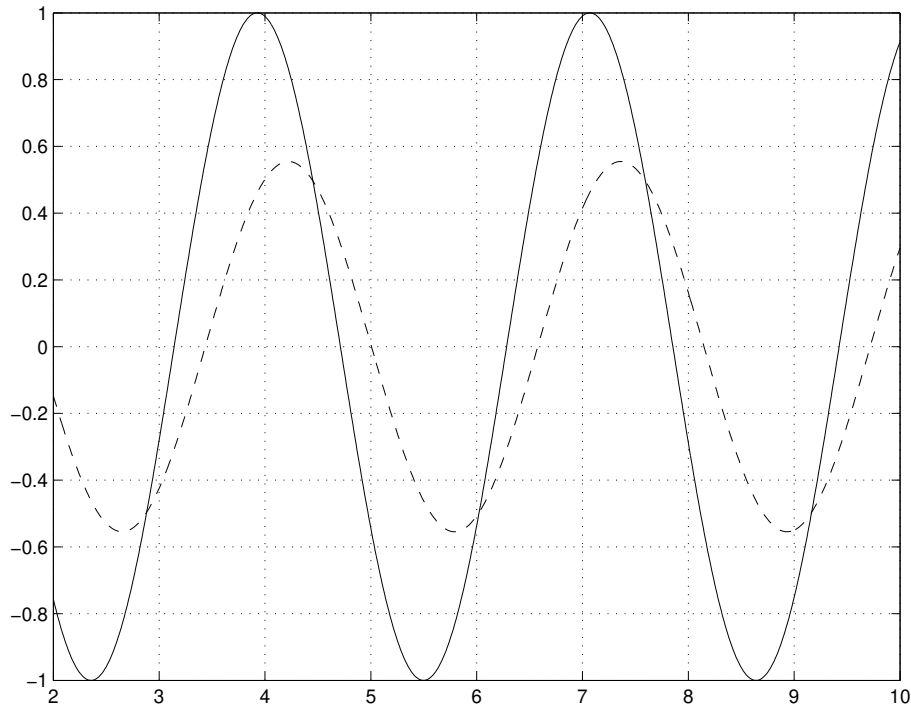
$$Y(s) = \frac{s + 2}{s^2 + 4s + 3} U(s)$$

Vad blir motsvarande differentialekvation? (2p)

2. (a) I figur 2 visas insignal (heldragen) och utsignal (streckad) då insignalen till systemet

$$Y(s) = \frac{b}{s+a}U(s)$$

är sinusformad. Ange koefficienterna  $a$  och  $b$ . (3p)



Figur 2: Figur till uppgift 2a.

- (b) Betrakta ett stabilt system

$$Y(s) = G(s)U(s)$$

Två alternativa sätt att karakterisera systemets egenskaper är att studera dess bodediagram eller dess stegsvar. Beskriv med ord vilka samband som gäller (kvalitativt) mellan följande egenskaper:

- Bandbredden i bodediagrammet och stigtiden hos stegsvaret.
- Höjden på resonanstoppet i bodediagrammet och överslängen hos stegsvaret.
- Den statiska förstärkningen i bodediagrammet och stegsvarets slutvärde.

(3p)

3. (a) Vilka tre faktorer är det i praktiken som förhindrar att man kan skapa reglersystem med godtyckligt bra prestanda? (3p)

(b) Systemet

$$Y(s) = \frac{1}{(s+1)^2}U(s)$$

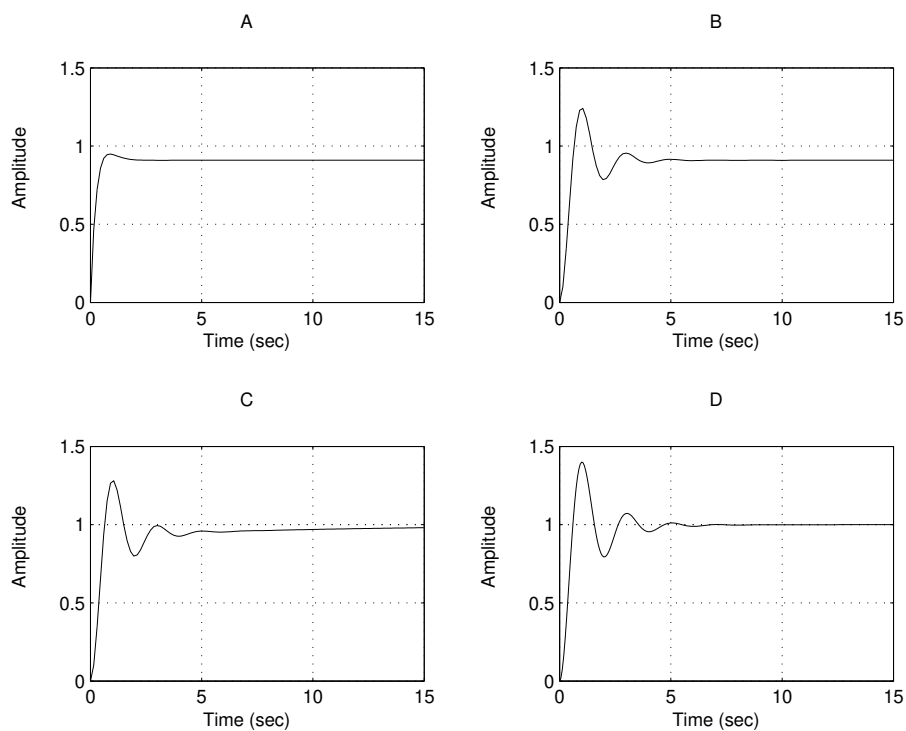
styrts med PID-återkopplingen

$$U(s) = (K_P + K_I \frac{1}{s} + K_D s)(R(s) - Y(s))$$

I figuren 3 visas stegsvaret för följande fyra kombinationer av koeficientvärden.

(1)  $K_P = 10$   $K_I = 0$   $K_D = 0$       (2)  $K_P = 10$   $K_I = 4$   $K_D = 0$

(3)  $K_P = 10$   $K_I = 1$   $K_D = 0$       (4)  $K_P = 10$   $K_I = 0$   $K_D = 4$



Figur 3: Figur till uppgift 3b.

Kombinera figurerna och koeficientvärdena. Motivera ditt svar. (4p)

4. Betrakta en förenklad variant av det balanseringproblem som studerades i laboration 3 i kursen, se figur 4.



Figur 4: Balansövning (uppgift 4).

- (a) Genom att betrakta accelerationen i stavens nedre ände som styr-signal kan pendeln (linjäriserat) beskrivas med tillståndsmodellen

$$\dot{x}(t) = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 10 & 0 \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u(t) \quad y(t) = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix} x(t)$$

där tillståndsvariablerna  $x_1(t)$  och  $x_2(t)$  representerar pendelns vinkel respektive vinkelhastighet. Ange systemets poler. Är systemet stabilt? (3p)

- (b) Antag att pendeln ska styras med tillståndsåterkopplingen

$$u(t) = -Lx(t) + r(t)$$

Bestäm återkopplingsvektorn  $L$  så att det återkopplade systemets poler placeras i  $-1$ . (3p)

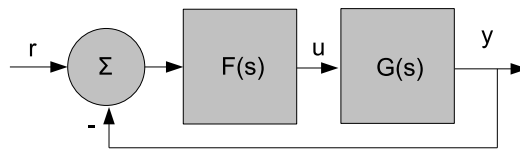
5. Ett system beskrivs av modellen

$$Y(s) = G(s)U(s)$$

och dess Bodediagram ges i figur 6.

(a) Antag att systemets styrs med återkopplingen enligt figur 5 där

$$F(s) = K_P$$



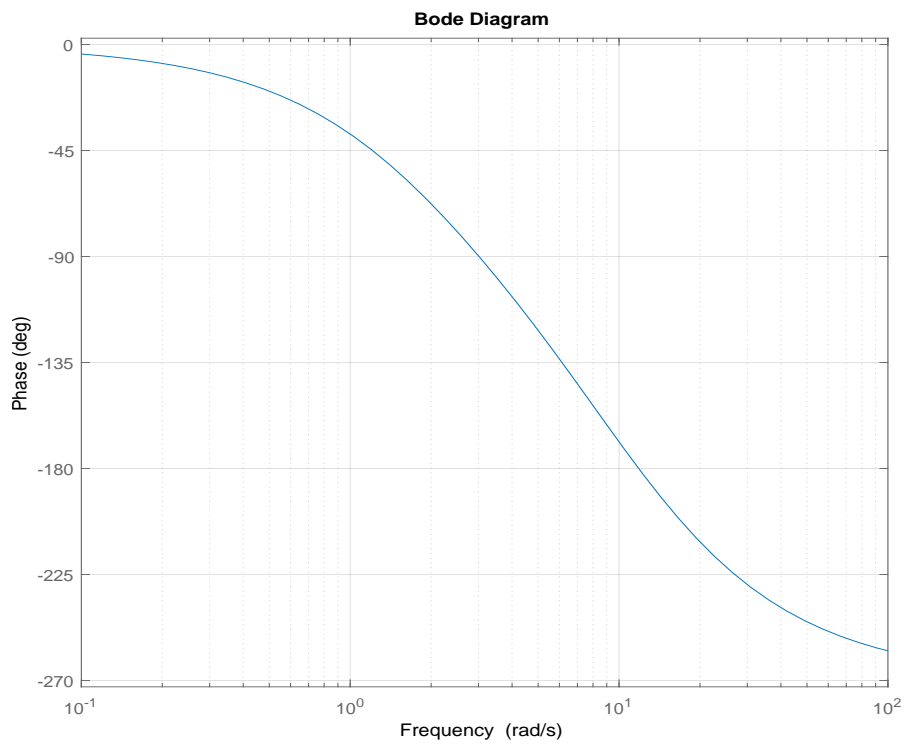
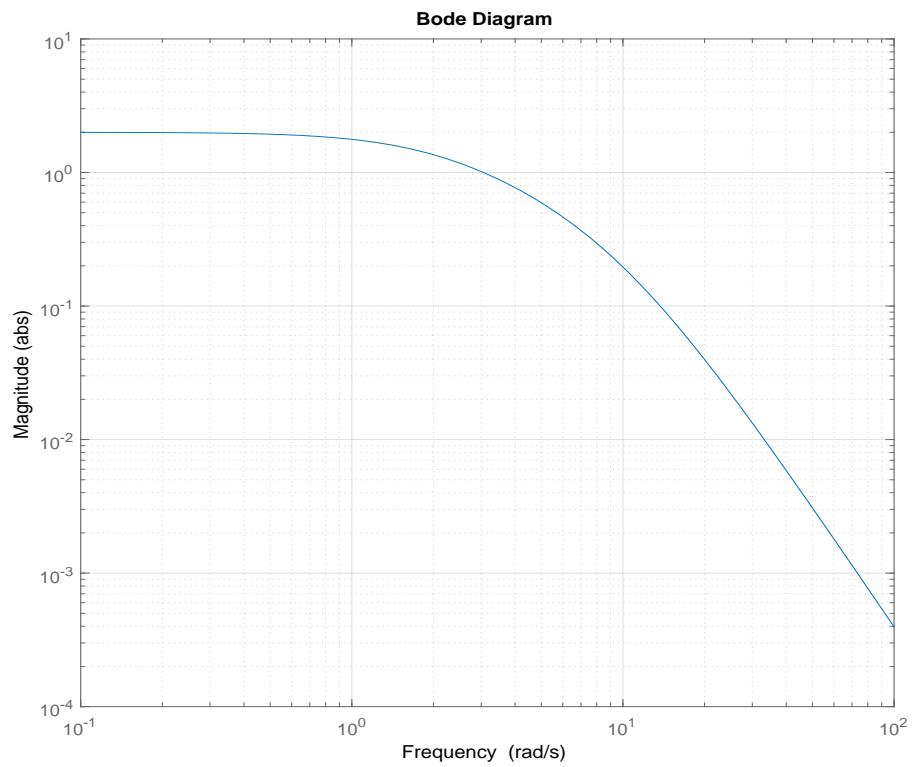
Figur 5: Reglersystem i uppgift 5.

Hur stort kan  $K_P$  väljas som mest om man vill att reglersystemet ska ha fasmarginal större än  $30^\circ$ ? (3p)

(b) Antag att man använder  $K_P = 2$ , och att mätningen av  $y(t)$  tidsfördröjs  $T$  sekunder, d v s återkopplingen ges av

$$u(t) = K_P(r(t) - y(t - T))$$

Hur vilka värden på  $T$  är det återkopplade systemet stabilt? (3p)



Figur 6: Bodediagram till uppgift 5.