TENTAMEN I TSRT19 REGLERTEKNIK

SAL: TER 1

TID: 2016-08-19 kl. 8:00-13:00

KURS: TSRT19 Reglerteknik

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 5

ANSVARIG LÄRARE: Johan Löfberg, tel. 013-281304,070-3113019

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

KURSADMINISTRATÖR: Ninna Stensgård, 013-282225, ninna.stensgard@liu.se

TILLÅTNA HJÄLPMEDEL:

1. *T. Glad & L. Ljung*: "Reglerteknik. Grundläggande teori"
2. Tabeller och formelsamlingar, t.ex.:
   L. Råde & B. Westergren: "Mathematics handbook",
   C. Nordling & J. Österman: "Physics handbook",
   S. Söderkvist: "Formler & tabeller"
3. Miniräknare utan färdiga program

Normala inläsningsanteckningar får finnas i böckerna.

LÖSNINGSFÖRSLAG: Finns på kursens websida efter skrivningens slut.

VISNING av tentan äger rum 2016-09-08, kl. 12.30–13.00 i Ljungeln, B-huset, ingång 27, A-korridoren till höger.

PRELIMINÄRA BETYGSGRÄNSER:		
	betyg 3	23 poäng
	betyg 4	33 poäng
	betyg 5	43 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.

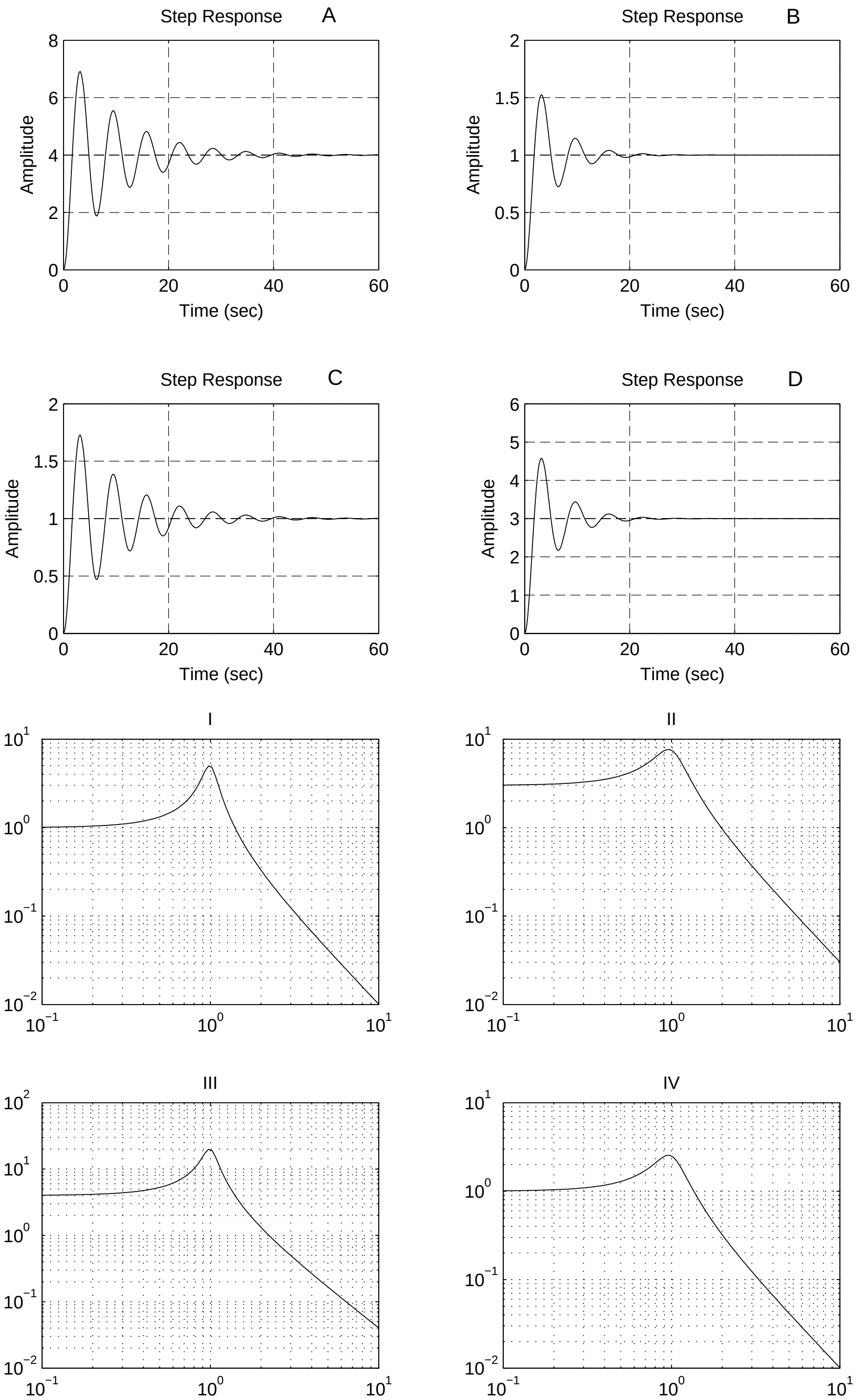
Lycka till!

1. (a) Antag att insignalen till ett system med överföringsfunktionen

$$Y(s) = \frac{2}{s-3}U(s)$$

ges av $u(t) = 4\sin 2t$. Ange $y(t)$. Du får anta att $y(0) = 0$. (2p)

(b) I figurerna nedan visas stegsvar och bodediagram för fyra system. Kombinera stegsvar och bodediagram. (4p)



Figur 1: Stegsvar och bodediagram till uppgift 1b.

(c) I figuren nedan visas stegsvaret för systemet

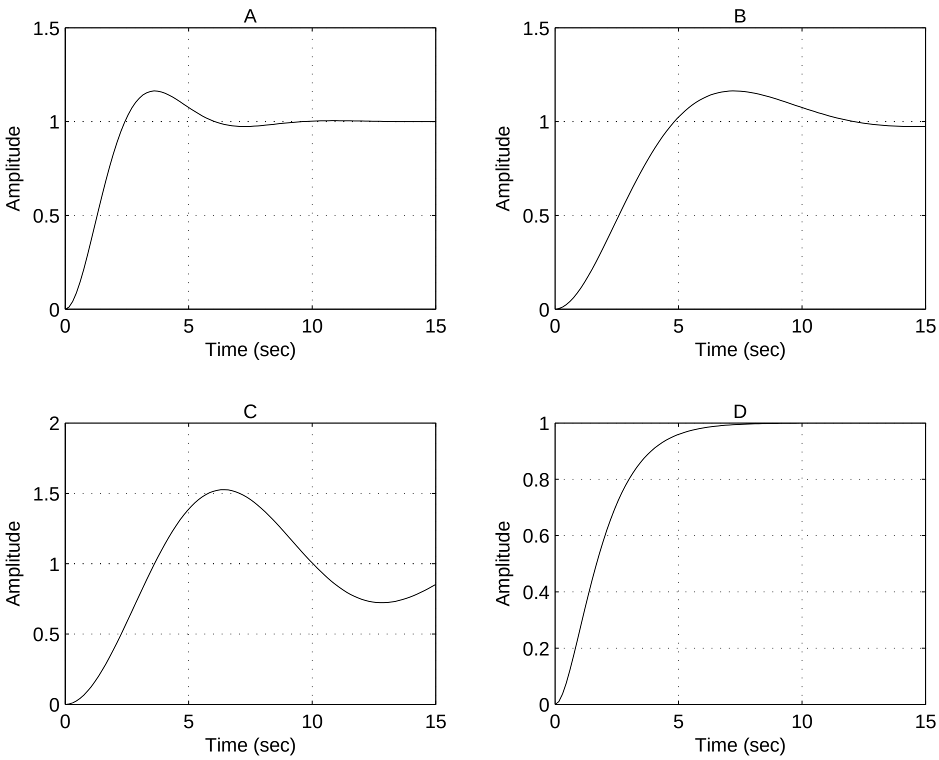
$$G(s) = \frac{\omega_0^2}{s^2 + 2\zeta\omega_0 s + \omega_0^2}$$

för följande fyra kombinationer av ω_0 och ζ.

$$(i)\;\; \omega_0 = 1 \;\; \zeta = 1 \quad (ii)\;\; \omega_0 = 0.5 \;\; \zeta = 0.2$$

$$(iii)\;\; \omega_0 = 1 \;\; \zeta = 0.5 \quad (iv)\;\; \omega_0 = 0.5 \;\; \zeta = 0.5$$

Kombinera rätt bild med rätt koefficientvärden. (4p)



Figur 2: Stegsvar till uppgift 1c.

2. (a) Vilka tre faktorer är det i praktiken som förhindrar att man kan skapa reglersystem med godtyckligt bra prestanda med avseende på utsignalens förmåga att följa referenssignaler och vara okänslig för störningar? (3p)

(b) Betrakta systemet nedan.

$$\dot{x}(t) = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 2 & 1 \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u(t)$$

Kan man med tillståndsåterkoppling

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

placera det återkopplade systemets poler godtyckligt? Kan man med tillståndsåterkoppling uppnå att det återkopplade systemet är asymptotiskt stabilt? (3p)

(c) Figuren nedan visar stegsvaret då systemet

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

styrs med med PI-återkopplingen

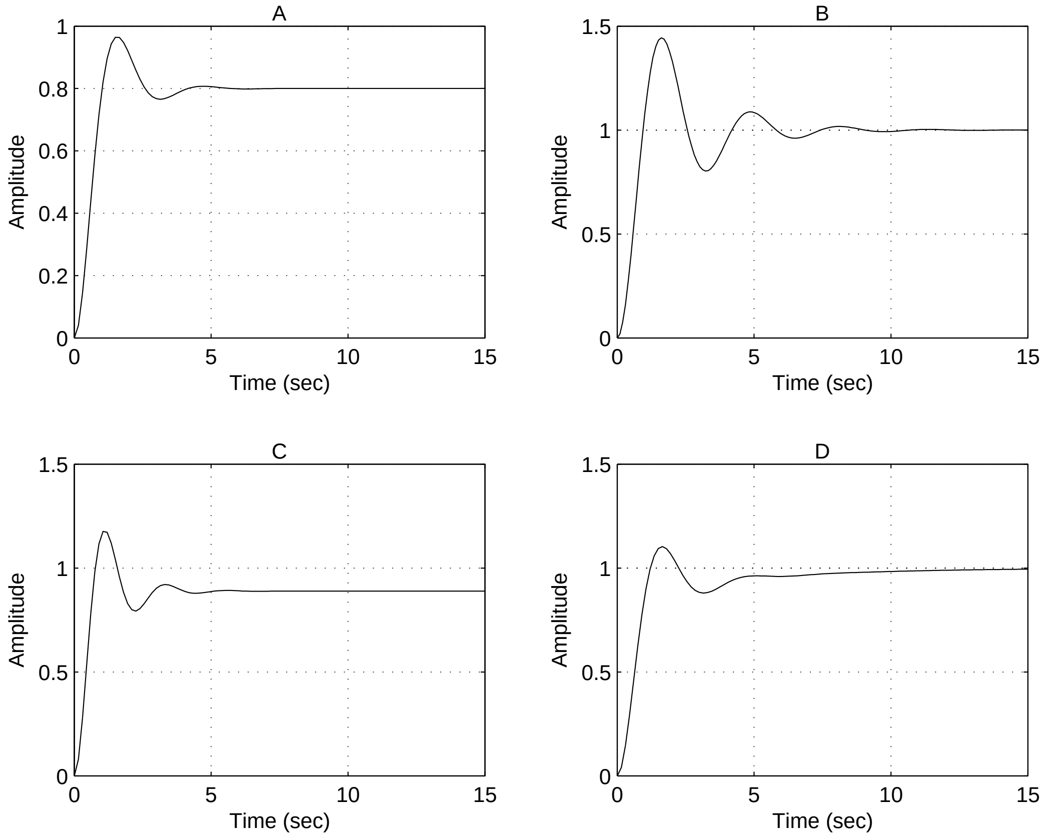
$$u(t) = K_P e(t) + K_I \int_0^t e(\tau) d\tau$$

för några olika värden på K_P respektive K_I. Koefficientvärdena är

$$(i) \quad K_P = 4 \quad K_I = 1 \qquad (ii) \quad K_P = 4 \quad K_I = 0$$

$$(iii) \quad K_P = 8 \quad K_I = 0 \qquad (iv) \quad K_P = 4 \quad K_I = 4$$

Kombinera koefficientvärdena med figurerna. (4p)



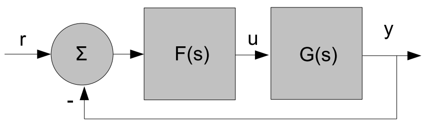
Figur 3: Stegsvar till uppgift 2c.

3. En elektrisk motor antas kunna beskrivas av modellen

$$G(s) = \frac{k_0}{s(\tau s + 1)}$$

där man via experiment bestämt koefficientvärdena till $k_0 = 50$ och $\tau = 0.25$.

(a) Antag att motorn styrs med proportionell återkoppling enligt figuren



Figur 4: Reglersystem.

där

$$F(s) = K$$

För vilket värde på K har det återkopplade systemtes poler relativ dämpning $1/\sqrt{2}$? (3p)

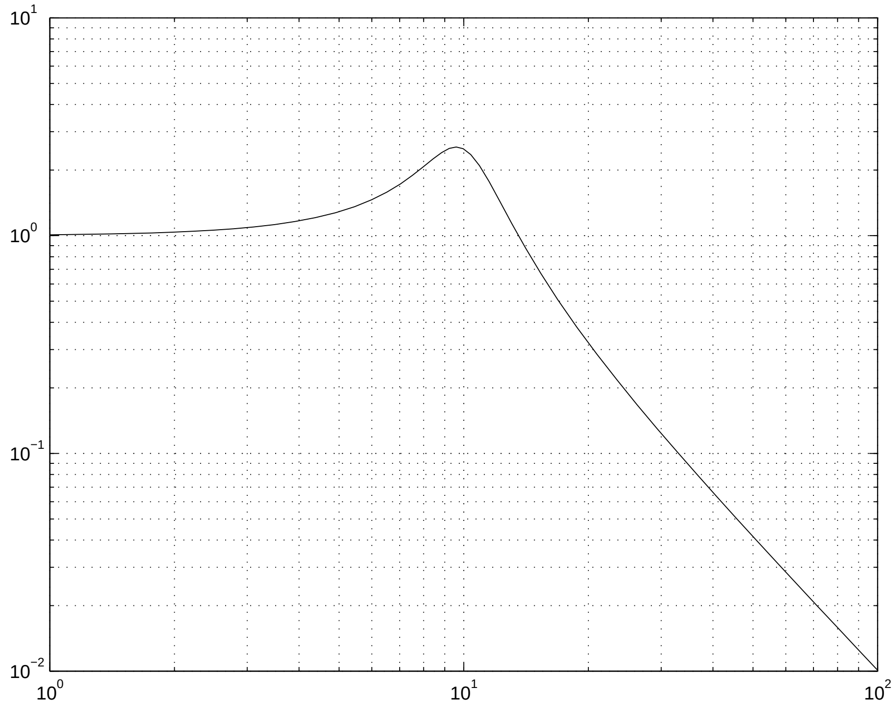
(b) Antag att motorn styrs med proportionell återkoppling enligt uppgift a). Kan det återkopplade systemet bli instabilt för något $K > 0$? Ange i så fall för vilka värden. (3p)

(c) Antag att man väljer $K = 0.5$ i den proportionella återkopplingen ovan. Då ges det återkopplade systemets amplitudkurva av figuren på nästa sida.

Det är viss osäkerhet i uppskattningen av koefficienten k_0 och systemet ges istället av

$$G^0(s) = \frac{50(1 + \alpha)}{s(0.25s + 1)}$$

där man dock med säkerhet vet att $\mid \alpha \mid \leq 0.5$. Ger den proportionella återkopplingen ett garanterat stabilt återkopplat system, enligt robusthetskriteriet, i detta fall? Om ej, för vilka värden på α kan stabilitet ej garanteras? (4p)



Figur 5: Amplitudkurva för det återkopplade systemet i uppgift 3c.

4. Ett system antas kunna beskrivas av modellen

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

där

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

I figuren på nästa sida visas modellens amplitud- och faskurva för koefficientvärdena $k = 2$, $\omega_0 = 10$ och $\zeta = 0.5$.

(a) Antag att systemet skall styras med en återkoppling på formen

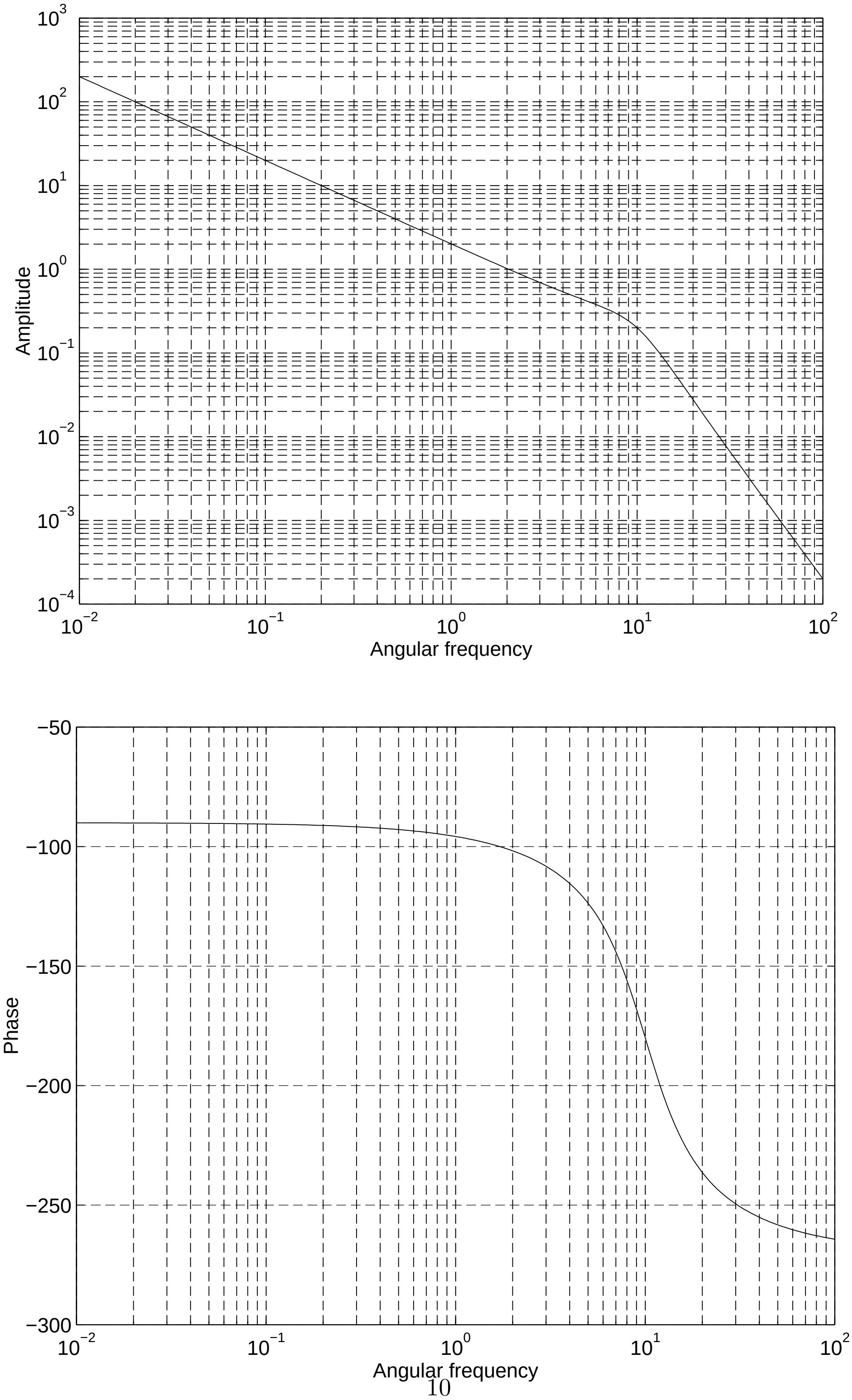
$$U(s) = K\frac{\tau_D s + 1}{\beta\tau_D s + 1}(R(s) - Y(s))$$

där koefficienten β måste uppfylla kravet $\beta \geq 0.1$. Vilken är den högsta skärfrekvens som kan erhållas givet att det återkopplade systemet skall vara stabilt? Observera att en grafisk lösning accepteras. (4p)

(b) Betrakta åter systemet $G(s)$ enligt ovan. Bestäm en regulator sådan att följande specifikationer uppfylls:

- $\omega_c = 10$ rad/s
- $\phi_m \geq 45°$
- $\beta \geq 0.1$
- Det stationära reglerfelet skall vara noll då referenssignalen är ett steg med amplitud 27.4.

Regulatorn får ej ha onödigt stor låg- eller högfrekvensförstärkning. (6p)



Figur 6: Bodediagram för system i uppgift 4

5. Systemet

$$\ddot{y}(t) = u(t)$$

beskrivs med tillståndsvariablerna $x_1 = y$ och $x_2 = \dot{y}$ av

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

(a) Beräkna en observatör sådan att observatörens poler placeras i $-\alpha$ (där $\alpha > 0$). Ange observatörens förstärkning som funktion av α. (3p)

(b) Antag att mätsignalen innehåller en sinusformad mätstörning sådan att

$$y(t) = x_1(t) + n(t)$$

där $n(t)$ har vinkelfrekvensen 2 rad/s. Hur stort kan α maximalt väljas utan att förstärkningen från $n(t)$ till skattningen av $\dot{y}(t)$ överskrider ett? (7p)