TENTAMEN I TSRT22 REGLERTEKNIK

SAL:

TID: 2022-01-07 kl. 8:00-13:00

KURS: TSRT22 Reglerteknik

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 5

ANSVARIG LÄRARE: Svante Gunnarsson, tel. 013-281747,070-3994847

BESÖKER SALEN: cirka kl. 9:00, 10:30 och 12:00

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

TILLÅTNA HJÄLPMEDEL:

LÖSNINGSFÖRSLAG: Läggs upp i Lisam under de närmaste dagarna.

VISNING av tentan äger rum 2022-02-01, 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. Bristande motiveringar ger poängavdrag.

Lycka till!

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

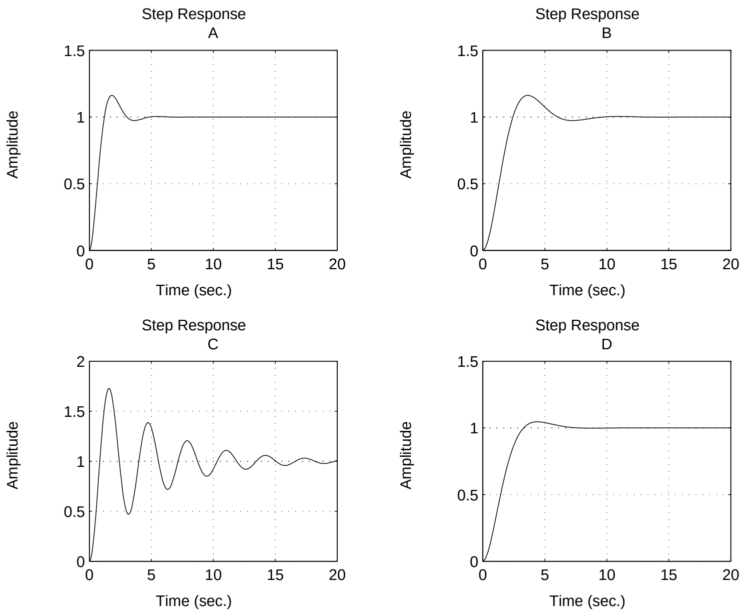
$$G(s) = \frac{\omega_0^2}{s^2 + 2\zeta\omega_0 s + \omega_0^2}$$

för följande fyra kombinationer av ω_0 och ζ.

$$(i)\ \ \omega_0 = 1 \ \ \zeta = 0.7 \quad (ii)\ \ \omega_0 = 2 \ \ \zeta = 0.1$$

$$(iii)\ \ \omega_0 = 1 \ \ \zeta = 0.5 \quad (iv)\ \ \omega_0 = 2 \ \ \zeta = 0.5$$

Kombinera rätt bild med rätt parametervärden. (4p)



Figur 1: Stegsvar till uppgift 1 a.

(b) Antag att insignalen till systemet

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

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

(c) Ett system beskrivs på tillståndsform av modellen

$$\dot{x}(t) = \begin{pmatrix} -1 & 3 \\ 0 & -2 \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u(t) \qquad y(t) = \begin{pmatrix} 1 & 1 \end{pmatrix} x(t)$$

Bestäm modellens nollställen. (3p)

2. (a) Ange de tre viktigaste faktorerna som i praktiken förhindrar att man kan skapa reglersystem med godtyckligt bra prestanda. (3p)

(b) Den karakteristiska ekvationen för ett reglersystem ges av

$$P(s) + K(s+1)(s+2) = 0$$

där

$$P(s) = s^n + a_1 s^{n-1} + \dots a_n$$

och $n \geq 2$. Ange för respektive påstående om det är: sant, falskt eller omöjligt att avgöra utan att känna $P(s)$. (3p)

1. För $n = 2$ kommer samtliga rötter att vara i vänster halvplan för alla $K > 0$.
2. För $n = 3$ kommer samtliga rötter att vara i vänster halvplan om K väljs tillräckligt stort.
3. För $n = 4$ ligger alla rötter i vänster halvplan om K väljs tillräckligt stort.

(c) Figuren nedan visar stegsvaret då systemet

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

där

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

styrs med PID-återkopplingen

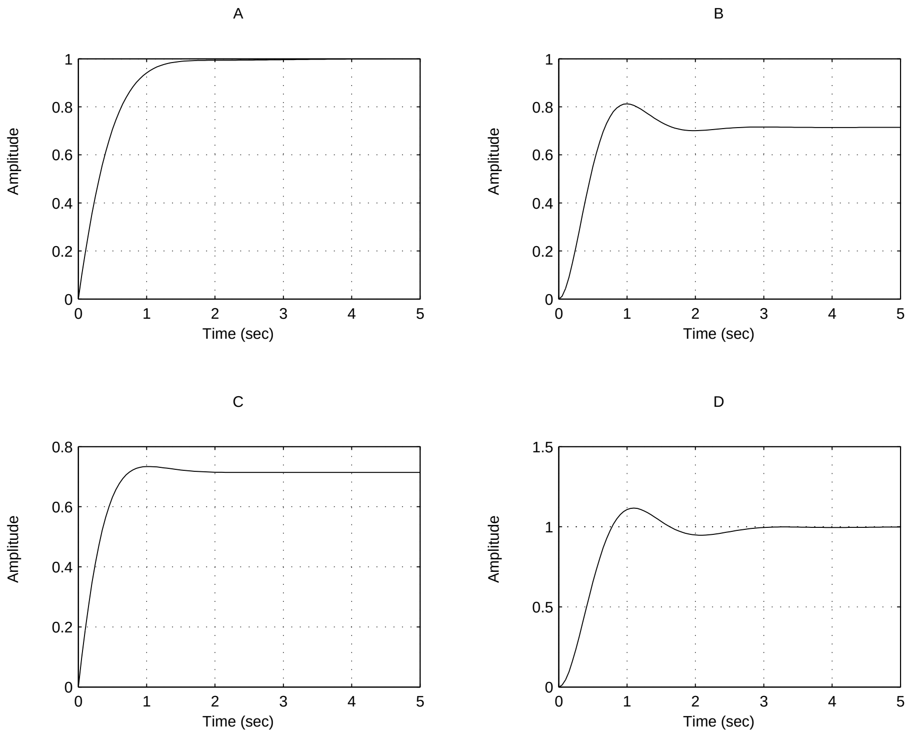
$$u(t) = K_P e(t) + K_I \int_0^t e(\tau)d\tau + K_D \dot{e}(t)$$

för några olika värden på K_P, K_I respektive K_D. Koefficientvärdena är

(i) $K_P = 10$ $K_I = 0$ $K_D = 2$ (ii) $K_P = 10$ $K_I = 0$ $K_D = 0$

(iii) $K_P = 10$ $K_I = 10$ $K_D = 0$ (iv) $K_P = 10$ $K_I = 10$ $K_D = 2$

Kombinera koefficientvärdena med figurerna. (4p)



Figur 2: Stegsvar till uppgift 2 c.

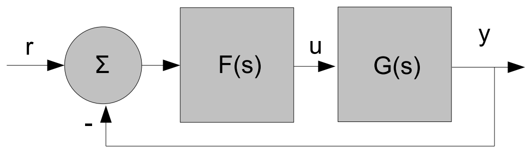
3. En elektrisk motor antas kunna beskrivas av modellen

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

där u är spänning och y är vinkel, samt

$$G(s) = \frac{\bar{k}}{s(Ts+1)}$$

Motorn styrs med hjälp av återkoppling enligt figur 3 där $F(s) = K$.



Figur 3: Reglersystem

(a) Ange det återkopplade systemets karakteristiska ekvation. (2p)

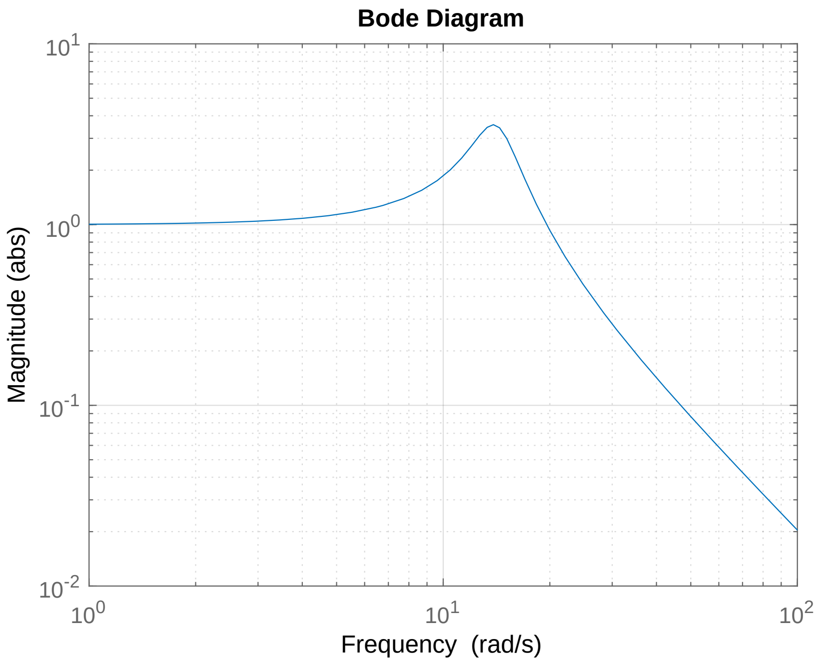
(b) Antag att $\bar{k} = 50$ och $T = 0.25$ och att motorn, enligt ovan, styrs med hjälp av proportionell återkoppling där $F(s) = K$. För vilket värde på K har det återkopplade systemets poler relativ dämpning ett, d v s $\zeta = 1$? (2p)

(c) Vilken stigtid och översläng (i procent) får det återkopplade systemet för detta värde på K? (2p)

(d) Antag att man väljer $K = 1$ i den proportionella återkopplingen ovan. Då ges det återkopplade systemets amplitudkurva av figur 4 nedan. Antag också att det finns en viss osäkerhet i uppskattningen av koefficienten $\bar{k}$ och systemet ges istället av

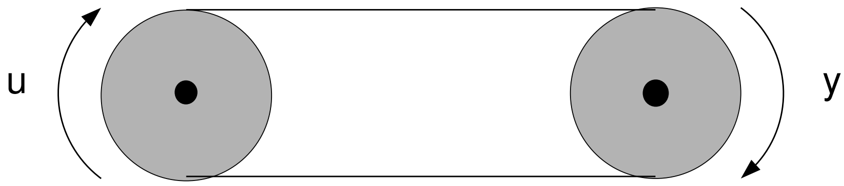
$$G^0(s) = \frac{50(1+\alpha)}{s(0.25s+1)}$$

där man dock med säkerhet vet att $\mid \alpha \mid \leq 0.4$. 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 4: $|\ G_C(i\omega)\ |$ i uppgift 3 d.

4. En drivmekanism i en maskin består av två hjul förbundna med en drivrem enligt figur 5.



Figur 5: Drivmekanism

Som insignal och utsignal betraktas vinkeln hos det första respektive andra hjulet. Systemet kan då beskrivas med differentialekvationen

$$J\ddot{y}(t) + f\dot{y}(t) + ky(t) = ku(t)$$

där J betecknar tröghetsmomentet hos det andra hjulet. Koefficienterna f och k betecknar friktionskoefficienten för det andra hjulet respektive elasticitetskoefficienten hos remmen.

(a) Antag $J = 1$, $f = 1$ och $k = 2$. Inför tillståndsvariablerna $x_1(t) = y(t)$ och $x_2(t) = \dot{y}(t)$ och sätt upp systemet på tillståndsform. (2p)

(b) Vilka poler har systemet? (2p)

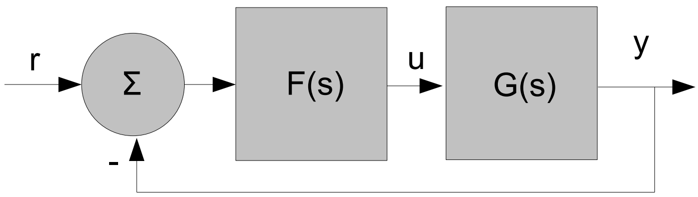
(c) Bestäm en tillståndsåterkoppling på formen

$$u(t) = -Lx(t) + l_0 r(t)$$

sådan att det återkopplade systemets poler placeras i $-2 \pm 2i$. (4p)

(d) Antag att vi använder den återkoppling som beräknades i uppgift c) och sätter $l_0 = 1$. Vilken statisk förstärking får det återkopplade systemet? (2p)

5. Ett återkopplat reglersystem ges av figur 6.



Figur 6: Reglersystem

Det återkopplade systemets överföringsfunktion ges av

$$G_c(s) = \frac{G_O(s)}{1 + G_O(s)}$$

där $G_O(s) = F(s)G(s)$. Vi antar också att $F(s)$ valts så att det återkopplade systemet är stabilt.

(a) Beskriv med ord hur:
- Snabbheten (stigtiden) hos det återkopplade systemets stegsvar relateras till egenskaper hos amplitudkurvan $\mid G_C(i\omega) \mid$.
- Svängigheten (överslängen) hos det återkopplade systemets stegsvar relateras till egenskaper hos amplitudkurvan $\mid G_C(i\omega) \mid$.
- Felkoefficienten e_0 hos det återkopplade systemet relateras till egenskaper hos amplitudkurvan $\mid G_C(i\omega) \mid$.

(3p)

Verifiera sambanden nedan. **Tips:** Skriv $G_0(i\omega)$ på polär form.

(b) Vid fasskärfrekvensen ω_p gäller att

$$\mid G_C(i\omega_p) \mid = \frac{1}{A_m - 1}$$

där A_m är amplitudmarginalen. (2p)

(c) Om det öppna systemet har fasmarginal $\phi_m = 90°$ ger detta att bandbredden ω_B för det återkopplade systemet är exakt lika med amplitudskärfrekvensen ω_c för det öppna systemet. (2p)

(d) Kravet

$$\mid G_C(i\omega) \mid < 1 \quad \forall \quad \omega$$

för det återkopplade systemet innebär kravet $\phi_m > 60°$ för det öppna systemet. (3p)