Reglerteknik Z / Kf / F / E

Kurskod: SSY 051, ERE 091, ESS 015

Tentamen 2010-08-19

Tid: 14:00-18:00, Lokal: V-huset

Lärare: Bengt Lennartson 3722

Tentamen omfattar 25 poäng, där betyg tre fordrar 10 poäng, betyg fyra 15 poäng och betyg fem 20 poäng.

Tentamensresultat anslås senast den *2 september* på avdelningens anslagstavla i ED-huset våning 5. *Granskning* av rättning sker den *2 och 3 september* kl 12:30-13:00 på avdelningen.

Tillåtna hjälpmedel:

- Formelsamling i reglerteknik (gammal och ny). Anteckningar är tillåtna i formelsamlingen.
- Bodediagram (finns längst bak i tentatesen).
- Matematiska och fysikaliska tabeller, t ex Beta och Physics handbook.
- Valfri kalkylator.

Lycka till!

Institutionen för signaler och system
Avdelningen för reglerteknik, automation och mekatronik
Chalmers tekniska högskola

1

En farthållare dimensioneras för ett fordon där processmodellen antas vara

$$Y(s) = \frac{0.5}{1+s}\big(U(s) + V(s)\big)$$

Här är u styrsignalen [kN] (drivande kraft från motorn), v laststörningen [kN] (störkraft orsakad av ned- och uppförsbackar) och y fordonets hastighet [m/s]. Farthållaren består av en enkel I-regulator

$$U(s) = \frac{K_i}{s}\big(R(s) - Y(s)\big)$$

Studera speciellt hastigheten då farthålleren är inkopplad och referenssignalen $r(t) = 25$ m/s.

a) Antag att fordonet har färdats på plan väg utan några störkrafter under en längre tidsperiod. Bekräfta att hastigheten $y(t)$ för det återkopplade systemet då blir 25 m/s oavsett regulatorns förstärkning K_i.

(1 p)

b) Vid tidpunkten $t = 10$ s antas en mycket lång uppförssträcka starta som resulterar i en konstant motkraft på 5 kN. Bestäm hastighet $y(t)$ för $t > 0$ då fordonet passerar uppför backen och förstärkningen $K_i = 0.5$ samt skissera $y(t)$ i ett tidsdiagram. Antag att beteendet i uppgift a) gäller innan störningen inträffar.

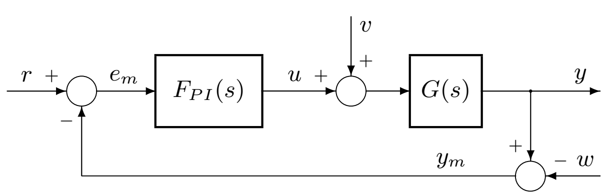
(3 p)

c) Beräkna det återkopplade systemets poler för $K_i = 16$ och skissera motsvarande stegsvar som i uppgift b) utan detaljerade räkningar.

(1 p)

2

Dimensionera en PI-regulator för följande återkopplade system



där $G(s) = (1 - sT)/(1+s)^3$ och PI-regulatorn $F_{PI}(s) = K_i(1 + T_i s)/s$.

a) Välj intergraltidskonstanten T_i så att en av polerna i $G(s)$ förkortas, och välj sedan K_i så att en önskad godtycklig amplitudmarginal A_m erhålls.

(3 p)

b) Studera förmågan att hantera laststörningar v och styrsignalens känslighet för högfrekventa mätstörningar w som funktion av tidskonstanten T genom att bestämma kriterierna $J_v = 1/K_i$ och $J_u = F_{PI}(\infty)$. Skissera dessa båda kriterier som funktion av T då $A_m = 3$.

Kommentera förmågan att hantera laststörningar och styrsignalaktiviteten som funktion av icke-minfasnollstället i $s = 1/T$ men även stabilitetsmarginalen A_m.

(2 p)

3

Den friktionsfritt rörliga massan m styrs av en hydraulkolv i nedanstående positionsservo. På grund av fjädringen med fjäderkonstanten k beräknas processen ha överföringsfunktionen

$$G(s) = \frac{2\omega_n^2}{s(s^2 + 0.4\omega_n s + \omega_n^2)}$$

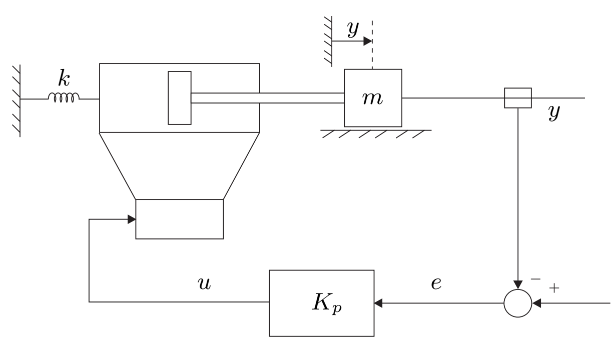
där $\omega_n = \sqrt{k/m} = 30$ rad/s (cylinders vikt försummad).

a) Rita ett Bodediagram för denna process och dimensionera en P-regulator så att amplitudmarginalen $A_m \geq 2$ och fasmarginalen $\varphi_m \geq 45°$. Välj samtidigt förstärkningen K_p så att det återkopplade systemet blir så snabbt som möjligt.

(3 p)

b) Vad händer med stabiliteten, framförallt amplitudmarginalen, då det visar sig att ω_n minskar till exempelvis $\omega_n = 20$ rad/s. En korrekt motivering krävs, med det räcker med ett principiellt resonemang baserat på erhållet Bode-diagram.

(2 p)



4

En transportprocess modelleras som en ren fördröjning med dödtiden T_d, d.v.s. överföringsfunktionen är $G(s) = e^{-sT_d}$. Denna process regleras med en PI-regulator

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

En tidsdiskret PI-regulator implementeras med ett samplingsintervall $h = T_d$.

a) Bestäm den tidsdiskreta kretsöverföringen $L_d(z) = G_d(z)F_d(z)$.

(2 p)

b) Välj speciellt $T_i = T_d$ och bestäm kretsöverföringen $L_d(z)$ samt överföringsfunktionen $G_{ry}(z) = L_d(z)/(1 + L_d(z))$. Ange det återkopplade systemets polplacering och skissera motsvarande stegsvar för $K_p = 0.5$ och 1.

(2 p)

c) Rita $L_d(e^{j\omega h})$ i uppgift b) i ett Nyquistdiagram. Visa speciellt att realdelen för $L_d(e^{j\omega h})$ är $-0.5K_p$, och att därmed den maximala känslighetsfunktionen

$$M_S = \max_\omega |S_d(e^{j\omega h})| = \max_\omega |1/(1 + L_d(e^{j\omega h}))| = 1/(1 - 0.5K_p)$$

(1 p)

5

En process beskrivs av differentialekvationen

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

där positionen y och hastigheten $v = \dot{y}$ kan mätas.

a) Formulera en tillståndsmodell för denna differentialekvation så att en tillståndsåterkoppling kan dimensioneras baserat på de mätbara storheterna.

(1 p)

b) Visa att tillståndsmodellen är styrbar.

(1 p)

c) Dimensioera en tillståndsåterkoppling

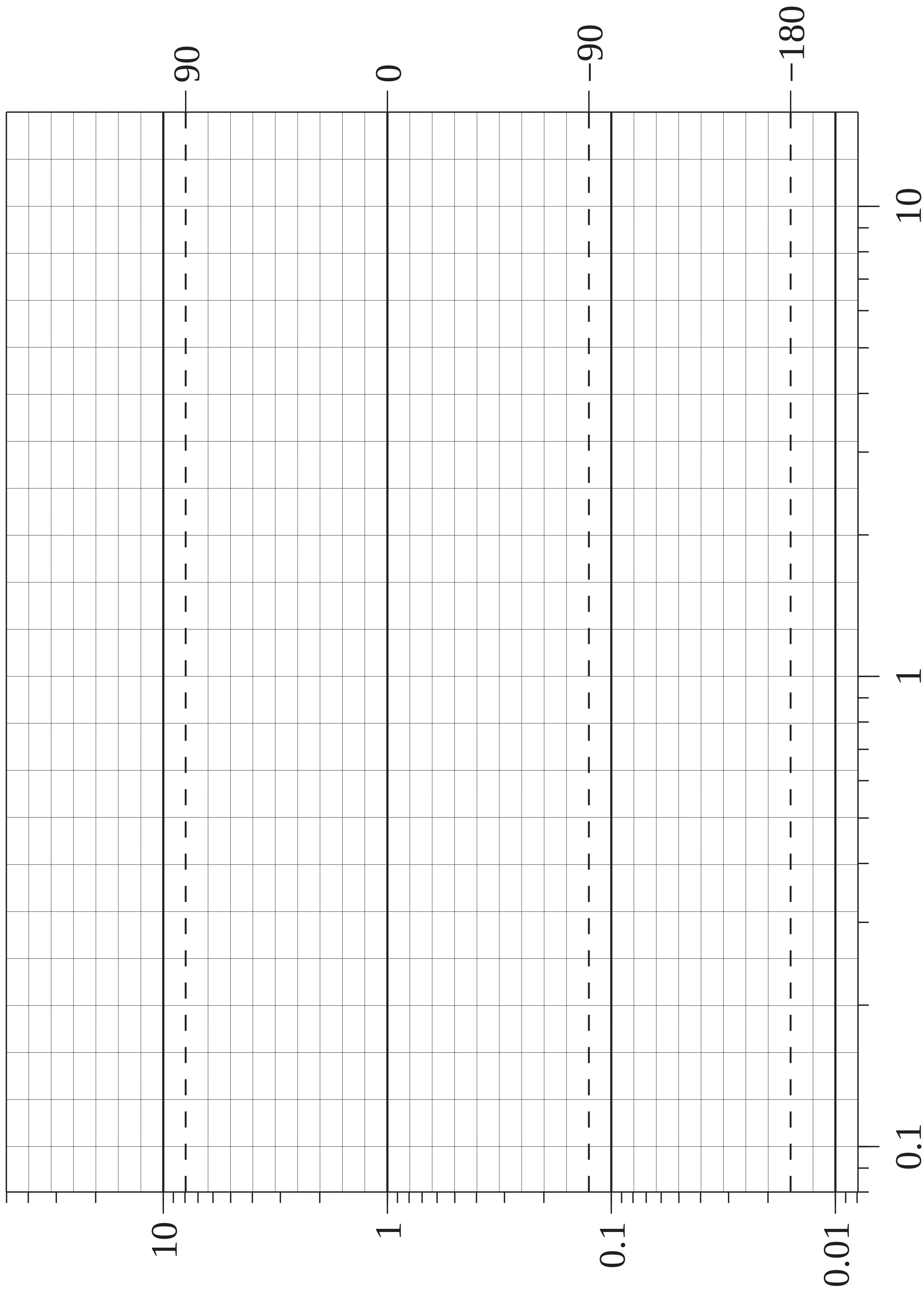
$$u = -L_u x + K_r r$$

och välj L_u så att det återkopplade systemets poler hamnar i en dubbelpol i $s = -\alpha$.

(2 p)

d) Bestäm överföringsfunktionen $G_{ru}(s)$ från referenssignal till styrsignal, och ange speciellt $u(0)$ då referenssignalen är ett enhetssteg. Kommentera kopplingen mellan storleken på $u(0)$ och polplaceringen i $s = -\alpha$.

(1 p)


90
0
−90
−180
10
1
0.1
10
1
0.1
0.01