Reglerteknik Z / Kf

Kurskod: SSY 051

Tentamen 2013-05-30

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

Lärare: Bengt Lennartson, tel: 3722

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

Tentamensresultat anslås senast den *13 juni* på avdelningens anslagstavla i ED-huset våning 5. *Granskning* av rättning sker den *13 och 14 juni* kl 12:30-13:00 på avdelningen.

Tillåtna hjälpmedel:

- Bodediagram (ingår längst bak i tentamenstesen).
- Matematiska och fysikaliska tabeller, t ex Beta och Physics handbook.
- Valfri kalkylator med tömt minne.
- **OBS! Tidigare formelsamling i reglerteknik är ej tillåten, endast de formelblad som ingår i tentamenstesen**.

Lycka till!

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

1

Sambandet mellan en insignal u och utsignal y beskrivs av differentialekvationen

$$\ddot{y}(t) + y(t) = u(t-1)$$

a) Avgör om systemet är stabilt.

(1 p)

b) Låt $u(t) = \sigma(t)$, dvs $u(t)$ är ett enhetssteg. Bestäm utsignalen $y(t)$.

(2 p)

2

Dimensionera en PI-regulator $F_{PI}(s) = \dfrac{K_i(1+T_i s)}{s}$ för en process vars dynamik ges av modellen

$$Y(s) = \frac{1}{(1+s)(1+0.2s)}\big(U(s) + V(s)\big)$$

a) Välj intergraltidskonstanten T_i så att den långsammaste tidskonstanten i processen förkortas bort, och välj sedan K_i så att en önskad fasmarginal $\varphi_m = 45°$ erhålls.

(2 p)

b) Studera förmågan att hantera lågfrekventa laststörningar v genom att bestämma lågfrekvensasymptoten för den återkopplade överföringsfunktionen $G_{vy(s)}$ för en godtycklig PI-regulator.

(1 p)

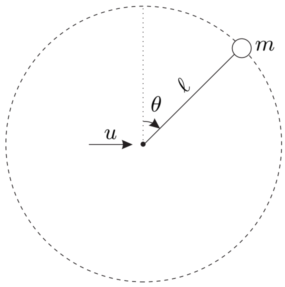
c) En optimal PI-regulator, baserat på önskad fasmarginal $\varphi_m = 45°$ och maximal kompensering av lågfrekventa laststörningar, ger $K_i = 7.49$ och $T_i = 0.764$. Hur mycket bättre är den optimala regulatorn jämfört med den framtagna regulatorn i uppgift a), där den långsammaste tidskonstanten förkortas bort?

(1 p)

3

I nedanstående figur visas en pendel med längden ℓ och massan m som styrs med accelerationen u i horisontell led. Låt θ vara vinkeln mellan vertikalen och pendeln enligt figuren. Genom momentbalans fås följande dynamik (g är gravitationskonstanten)

$$m\ell^2\ddot{\theta} = mg\ell \sin\theta - mu\ell\cos\theta$$



a) Formulera en tillståndsmodell och linjärisera kring arbetspunkten (θ_0, u_0), dvs en godtycklig vinkel θ_0.

(2 p)

b) Var hamnar det linjära systemets poler då pendeln är i vila dels rakt upp och dels rakt ner? Motivera polernas placering i förhållande till pendelns rörelse kring de båda vilotillstånden.

(2 p)

4

Dynamiken för en servomotor med ett extra icke-minfasnollställe i $s = 1/T_z$ ges av överföringsfunktionen

$$G_o(s) = \frac{1 - T_z s}{s(1 + 0.25s)}$$

Processen ska regleras med en P-regulator K_p.

a) Bortse från icke-minfasnollstället, dvs låt $T_z = 0$, och välj förstärkningen K_p så att det återkopplade systemets poler hamnar i en dubbelpol.

(1 p)

b) Antag nu att det icke-modellerade icke-minfasnollstället inkluderas. För vilka värden på T_z är det återkopplade systemet fortfarande stabilt för det aktuella valet av K_p i uppgift a).

(2 p)

c) Genomför samma analys som i uppgift b), men nu baserat på det konservativa kriteriet för robust stabilitet

$$T(j\omega) < \frac{1}{|\Delta_G(j\omega)|} \quad \forall\omega$$

Kommentera skillnaden i resultat jämfört med uppgift b).

(2 p)

5

En första ordningens process

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

ska regleras med en tidsdiskret P-regulator med förstärkningen K_p. Diskretisera processen för ett godtyckligt samplingsintervall och bestäm $K_p > 0$ så att amplitudmarginalen blir $A_m = 3$. Var hamnar den tidsdiskreta polen för det återkopplade systemet?

(3 p)

6

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 variablerna.

(1 p)

b) Visa att tillståndsmodellen är styrbar.

(1 p)

c) Dimensionera en tillståndsåterkoppling

$$u(t) = -L_u x(t) + K_r r(t)$$

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 $s = -\alpha$.

(2 p)