Reglerteknik Z

Kurskod: SSY 051

Tentamen 2014-10-28

Tid: 14:00-18:00, Lokal: V-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 *11 november* på avdelningens anslagstavla i ED-huset våning 5. *Granskning* av rättning sker den *11 och 12 november* 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

Varvtalet för en servomotor ska regleras med hjälp av en P-regulator. Antag att dämpningen av varvtalet v är liten, vilket innebär att processmodellen för servomotorn ges av differentialekvationen

$$J\dot{v}(t) = u(t)$$

a) Välj en P-regulator $F(s) = K_p$ så att det återkopplade systemets pol hamnar i $s = -1$. (1 p)

b) Bestäm insvängningstiden $t_{5\%}$ för det återkopplade systemet. (1 p)

c) Antag att en högfrekvent resonans också ingår i processen med en dämpning $\zeta = 0.1$, exempelvis pga av en vek axel mellan motor och last. Processens överföringsfunktion för en godtycklig resonansfrekvens ω_n blir då

$$G(s) = \frac{V(s)}{U(s)} = \frac{1}{Js(1 + 0.2s/\omega_n + (s/\omega_n)^2)}$$

Bestäm genom att studera rötterna till den karakteristiska ekvationen för det återkopplade systemet den lägsta resonansfrekvensen ω_n för vilken det återkopplade systemet fortfarande är stabilt. Samma P-regulator som i uppgift a) antas. (2 p)

d) Förklara allmänt varför högfrekventa resonanser ej ger stabilitetsproblem. (1 p)

2

Betrakta överföringsfunktionen

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

a) Beräkna stegsvar och nollställets placering för ett godtyckligt värde på parametern T. (2 p)

b) Stegsvaret i uppgift a) $y(t,T)$ är en funktion av tiden t men också parametern T. Skissera funktionerna $y(t,0)$, $y(t,T) - y(t,0)$ och $y(t,T)$ för ett större värde på T exempelvis $T = 10$. Bestäm max- och min-värden för differensen $y(t,T) - y(t,0)$ då T blir mycket stort ($T \to \infty$). (2 p)

c) Ange vad som händer med stegsvaret för $G(s)$ då icke-minimumfasnollstället närmar sig origo, med hjälp av analysen i uppgift b). (1 p)

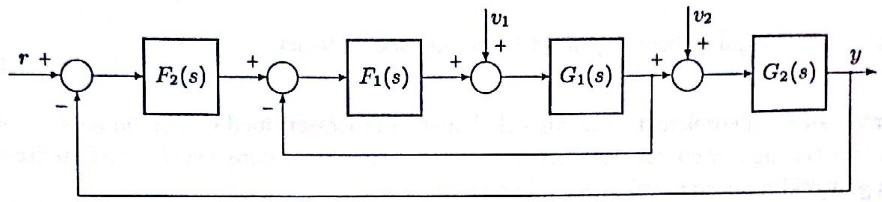
2

3

En process bestående av två delprocesser med överföringsfunktionerna

$$G_1(s) = \frac{1}{1+2s} \quad \text{och} \quad G_2(s) = \frac{e^{-s}}{1+5s}$$

ska regleras med en inre och en yttre loop, så kallad kaskadreglering enligt nedanstående figur.



a) Dimensionera den inre loopen med en PI-regulator $F_1(s)$, så att regulatorns nollställe kancellerar processens pol och den inre återkopplingens pol hamnar i $s = -1$. Den yttre loopens PI-regulator $F_2(s)$ dimensioneras så att kretsöverföringen från reglerfelet $r - y$ till y får en överkorsningsfrekvens $\omega_c = 0.4$ och en fasmarginal $\varphi_m = 45°$.
(3 p)

b) Bestäm överföringsfunktionen från laststörningen v_1 till utsignalen y. Ange speciellt denna överföringsfunktions lågfrekvensasymptot.
(2 p)

c) Jämför med motsvarande resultat då endast en optimalt tunad PI-regulator

$$F(s) = \frac{0.32(1+5.65s)}{s}$$

reglerar hela processen $G(s) = G_1(s)G_2(s)$. Hur mycket effektivare är kaskadregleringen på att kompensera laststörningen v_1 i det lågfrekventa området?
(1 p)

4

En tidsdiskret PI-regulator som ges av överföringsfunktionen

$$F_d(z) = K_p + K_i \frac{z^{-1}}{1 - z^{-1}}$$

ska implementeras som en datoralgoritm.

a) Formulera sambandet $U(z) = F_d(z)E(z)$ för PI-regulatorn som en rekursiv uppdatering av styrsignalen

$$u(kh) = \varphi^T(kh)\theta,$$

där vektorn θ för en allmän linjär tidsdiskret regulator innehåller olika kombinationer av regulatorparametrarna som ingår i $F_d(z)$, och $\varphi(kh)$ inkluderar tidigare styrsignaler $u(kh-h), u(kh-2h), \ldots$ och aktuella reglerfel $e(kh), e(kh-h), e(kh-2h), \ldots$. (2 p)

b) Formulera en datoralgoritm för bestämning av $u(kh)$ baserat på den allmänna regulatorformuleringen $u(kh) = \varphi^T(kh)\theta$. Algoritmen ska inkludera inmatning av nytt reglerfel (input (e)) och utmatning av ny styrsignal (output(u)) till processen. (2 p)

5

För en servomotor, vars dynamik bestäms av differentialakvationen

$$\ddot{\theta}(t) + \dot{\theta}(t) = u(t)$$

antas att både vinkeln θ och vinkelhastigheten $\omega = \dot{\theta}$ kan återkopplas.

a) Dimensionera en tillståndsåterkoppling

$$u = -\ell_\theta \theta - \ell_\omega \omega + K_r r$$

så att det återkopplade systemets poler placeras som en dubbelpol i $s = -\alpha$. (2 p)

b) Bestäm överföringsfunktionen från referenssignalen r till styrsignalen u, och bestäm $u(0)$ som funktion av α. (1 p)

c) Bestäm kretsöverföringen från u till $z = \ell_\theta \theta + \ell_\omega \omega$, och fasmarginalen φ_m för $\alpha = 1$ och $\alpha = 2$. (2 p)

Ledning: Uppgiften kan antingen lösas genom att utnyttja kända matrissamband enligt sista sidan i formelbladen. Alternativt bildas ett blockschema för processen med ω och θ som tillgängliga utsignaler och styrsignalen u som insignal. Därefter bildas önskade överföringsfunktioner för det återkopplade systemet samt kretsöverföringen med enkel blockschematransformation.