Reglerteknik Z

Kurskod: SSY 051

Tentamen 2015-10-27

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 *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

Betrakta följande modell av icke-minfaskaraktär

$$G(s) = \frac{1 - Ts}{(1+s)^3}$$

a) Bestäm impulsfunktionssvaret för denna modell för ett godtyckligt värde på tidskonstanten T och skissera i ett tidsdiagram speciellt resultatet för $T = 0.5$ och 2. Som hjälp beräknas lämpligen värdena för $t = 0,\ 0.5,\ 3$ och ∞. Kommentera underslängens storlek i förhållande till värdet på T.

(2 p)

b) Rita Bodediagram för $G(s)$ för $T = 0.5$ och $T = 2$.

(1 p)

c) Uppskatta med hjälp av Bodediagrammet det s.k. kappatalet

$$\kappa = \frac{|G(j\omega_\pi)|}{|G(0)|}$$

för $T = 0.5$ och $T = 2$, där $\angle G(j\omega_\pi) = -180°$. Kappatalets storlek är ett mått på svårigheten att reglera en process, där en process med ett mindre kappatal är enklare att reglera än en process med ett större kappatal. Kommentera svårigheten att reglera icke-minfasprocessen i förhållande till icke-minfasnollställets placering. Jämför med impulsfunktionssvarets och bodediagrammets utseende.

(2 p)

2

En fjärde ordningens process

$$G(s) = \frac{1}{(1+s)^4}$$

ska regleras.

a) Dimensionera först en PI-regulator

$$F_{PI}(s) = K_i \frac{1 + T_i s}{s}$$

för denna process så att fasmarginalen $\varphi_m = 50°$. Välj $\omega_c = 0.4\omega_{G150}$ där $\angle G(\omega_{G150}) = -150°$. Detta ger en nära nog optimal PI-regulator i meningen att laststörningar kompenseras effektivt samtidigt som rimliga stabilitetsmarginaler upprätthålls.

(2 p)

b) Dimensionera som ett alternativ en PID-regulator

$$F_{PID}(s) = K_i \frac{1 + 2\zeta s\tau + (s\tau)^2}{s(1 + s\tau/\beta)}$$

med samma fasmarginal $\varphi_m = 50°$ men 50% högre överkorsningsfrekvens, d.v.s. $\omega_c = 0.6\omega_{G150}$. Välj $\zeta = 1$ och $\beta = 10$.

(2 p)

c) Kommentera skillnaderna i förmågan att kompensera lågfrekventa laststörningar och känsligheten för högfrekventa mätstörningar i styrsignalen genom att studera kriteriterna $J_v = 1/K_i$ och $J_u = F(\infty)$.

(1 p)

3

En instabil kemisk process som ges av överföringsfunktionen

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

ska stabiliseras med en P-regulator $F(s) = K_p$.

a) För vilka värden på produkten K_pK blir det återkopplade systemet instabilt.

(1 p)

b) Bekräfta stabiliteten fr det återkopplade systemet med hjälp av Nyquists generella stabilitetskriteriet.

(3 p)

c) Ange speciellt för vilken förstärkning K_p som förstärkningen K kan tillåtas att både dubbleras och halveras innan systemet blir instabilt.

(1 p)

4

För ett system med nollställe i högra halvplanet

$$G_0(s) = \frac{1 - T_d s}{1 + 5s}$$

ska en PI-regulator dimensioneras baserat på följande förenklade nominella modell

$$G(s) = \frac{1}{1 + 5s}$$

Välj PI-regulatorns nollställe så att systemmodellens pol kancelleras. Vilken största bandbredd för det nominella systemet kan accepteras med bibehållande av det robusta stabilitetskravet $\max_\omega |T(j\omega)\Delta_G(j\omega)| < 1$?

(3 p)

5

En dödtidsprocess ska regleras med en tidsdiskret PI-regulator som ges av överföringsfunktionen

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

Välj samplingsintervallets längd h lika lång som dödtiden.

a) Bestäm K_p och K_i så att det återkopplade systemets poler hamnar i en dubbelpol i $z = 0.3$.

(1 p)

b) Visa att kvarstående fel undviks då insignalen är ett steg i referenssignalen.

(1 p)

6

En inverterad pendel med längden ℓ och massan m styrs med accelerationen u i horisontell led. Låt θ vara vinkeln mellan vertikalen och pendeln. Momentbalans ger följande dynamik mellan utsignalen θ och insignalen u

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

a) Formulare en olinjär tilståndsmodell med tillståndsvariabeln $x_1 = \theta$ och $x_2 = \omega = \dot{\theta}$. Visa att en linjär tillståndsmodell kring arbetspunkten $\theta = 0$ får följande systemmatris och insignalmatris

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ g/\ell & 0 \end{bmatrix} \qquad B = \begin{bmatrix} 0 \\ -1/\ell \end{bmatrix}$$

(1 p)

b) Antag i fortsättningen att $\ell = g$ och approximera g med 10 m/s^2. Visa att den linjära tillståndsmodellen är styrbar.

(1 p)

c) Visa att det inte går att stabilisera denna process genom att enbart återkoppla vinkeln θ.

(1 p)

d) Dimensionera för den linjära tillståndsmodellen en tillståndsåterkoppling

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

så att det återkopplade systemets poler placeras som ett komplexkonjugerat polpar med karaktäristiskt polynom

$$s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2$$

med dämpning $\zeta = 0.6$ och $\omega_n = 3$.

(2 p)