# Reglerteknik Z

## Kurskod: SSY 051

## Tentamen 2014-08-21

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

Lärare: Claes Breitholtz, tel: 3718

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

*Tentamensresultat* anslås senast den *4 september* på avdelningens anslagstavla i ED-huset våning 5. *Granskning* av rättning sker den *4 och 5 september* 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 överföringsfunktionen

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

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

b) Skissera stegsvaret för ett litet och ett stort värde på $T$. Välj exempelvis $T = 0$ och $T = 10$. (1 p)

c) Ange speciellt vad som händer med stegsvaret då icke-minimumfasnollstället närmar sig origo, och förklara det märkliga beteendet med hjälp av ovan skisserade stegsvar. (2 p)

## 2

En instabil process med överföringsfunktionen

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

regleras med en P-regutor $F(s) = K_p$.

a) För vilka värden på förstärkningsparametern $K_p$ är det återkopplade systemet stabilt? Ange ett uttryck som funktion av processens förstärkning $K$. (2 p)

b) Bestäm $K_p$ så att en fördubbling alternativt en halvering av förstärkningen $K$ leder till ett marginellt stabilt återkopplat system. Ange den resulterande stabilitetsmarginalen. (1 p).

c) Kontrollera med hjälp av Nyquist kriteriet så att det återkopplade systemet är stabilt då $K_p$ väljs enligt uppgift b). (2 p)

2

3

En ren dödtidsprocess

$$G(s) = e^{-s}$$

ska regleras med antingen en I- eller en PI-regulator.

a) Dimensionera en I-regulator

$$F_I(s) = \frac{K_i}{s}$$

så att amplitudmarginalen blir $A_m = 3$. Ange speciellt den resulterande överkorsningsfrekvensen för faskurvan $\omega_\pi$.

(2 p)

b) Dimensionera som ett alternativ en PI-regulator

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

så att samma amplitudmarginal $A_m = 3$ erhålls. Välj överkorsningsfrekvensen för faskurvan $\omega_\pi = 2$ rad/s, vilket resulterar i en nära nog optimal PI-regulator med avseende på $J_v = 1/K_i$.

(2 p)

c) Jämför $J_v = 1/K_i$ för de båda erhållna regulatorerna och kommentera hur mycket effektivare laststörningar kompenseras med PI-regulotorn. Motivera också varför denna regulator ger en effektivare kompensering.

(1 p)

## 4

a) Formulera en tillståndsmodell med tillståndsvariabeln $x$ för insignal/utsignal modellen

$$Y(s) = \frac{b}{s+a}U(s)$$

och dimensionera en styrlag där $u = -\ell x + K_r r$ så att det återkopplade systemets pol hamnar i $s = -\alpha$. (2 p)

b) Antag i stället att en andra ordningens modell är given på formen

$$Y(s) = Y_1(s) + Y_2(s) \quad \text{där} \quad Y_i(s) = \frac{b_i}{s+a_i}U_i(s), \qquad i = 1,2$$

Formulera en tillståndsmodell för detta insignal/utsignal samband, där tillståndsvariablerna $x_i = y_i$ antas vara mätbara. Dimensionera därefter en styrlag

$$u_i = -\ell_i x_i + K_r r \qquad i = 1,2$$

så att det återkopplade systemets poler hamnar i $s = -\alpha_1$ och $s = -\alpha_2$. (2 p)

c) Bestäm överföringsfunktionen $G_{ry}(s)$ från referenssignalen $r$ till utsignalen $y$ och välj speciellt förstärkningen $K_r$ så att lågfrekvensförstärkningen från $r$ till $y$ blir lika med ett (kvarstående fel vid stegsvar från $r$ till $y$ undviks). (1 p)

## 5

En process med en överföringsfunktion $G(s)$ ska regleras med hjälp av en digital regulator $F_d(z)$. Ett antal kontinuerliga regulatorer $F_i(s)$, $i = 1, \ldots, n$ har dimensionerats för denna processmodell. Föreslå en strategi som tar fram den mest lämpliga tidsdiskreta regulatorn givet de kontinuerliga regulatorerna $F_i(s)$, $i = 1, \ldots, n$. Till förfogande finns bl.a. de tre MATLAB-rutinerna

1) `Gd=c2d(G,h)` som diskretiserar en godtycklig överföringsfunktion $G(s)$ med ett samplingsintervall $h$.

2) `[gainGd,w]=sigma(Gd)` som bestämmer förstärkningen $|G_d(e^{j\omega h})|$ för en godtycklig tidsdiskret överingsfunktion $G_d(e^{j\omega h})$ för ett lämpligt antal frekvenspunkter i vektorn $w$, som väljs automatiskt av funktionen sigma. Den resulterande förstärkningen lagras i vektorn gainG.

3) `max(x)` som bestämmer det maximala värdet för vektorn $x$. (5 p)