

# Reglerteknik Z/E/TM

Kurskod: SSY051

## Tentamen 2021-10-26

Tid: 14:00-18:00

Lokal: Johanneberg

Lärare: Bengt Lennartson, tel: 0730-794226

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

Granskning av rättning sker den 11 och 12 november kl 12:30-13:00 via Zoom.

Tillåtna hjälpmedel:

- Bodediagram (ingår längst bak i tentamenstesen).
- Matematiska och fysikaliska tabeller, t ex Beta och Physics handbook.
- Valfri kalkylator med tömt minne.
- De fyra formelblad som ingår i tentamenstesen får också tas med på tentamen och då inkluderande egna handskrivna anteckningar på fram och baksida på de fyra formelbladen, dvs sammanlagt åtta A4-sidor. Datorutskrift förutom de ingående formlerna och figurerna på de fyra formelbladen är ej tillåtna.

Institutionen för elektroteknik  
Avdelningen för system- och reglerteknik  
Chalmers tekniska högskola



## 1

En instabil process med överföringsfunktionen

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

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

- a) För vilka värden på förstärkningen  $K_p$  är det återkopplade systemet stabilt. Ange speciellt förstärkningen  $K_p$  för de båda fallen då amplitudmarginalen  $A_m = 1/2$  och  $A_m = 1/3$ . (2 p)

- b) Återkopplingen stabiliserar den instabila processen, men ytterligare processdynamik kan äventyra stabiliteten. Detta gäller speciellt då fördröjningar uppträder i återkopplingsloopen. En fördröjning  $e^{-sT_d}$  kan approximeras med en Padé-approximation, vilket innebär att processen då approximativt kan beskrivas av överföringsfunktionen

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

För vilka värden på  $T_d$  blir det återkopplade systemet fortfarande stabilt. Utgå från de båda P-regulatorerna som dimensionerades i uppgift a). (2 p)

- c) Ange utifrån de erhållna resultaten en allmän slutsats angående dimensionering av P-regulatorer för första ordningens instabila processer som dessutom utsätts för tidsfördröjningar av varierande storleksordning. (1 p)

## 2

En process med överföringsfunktionen

$$G(s) = \frac{1}{(1+s)(1+0.5s)^2}$$

ska regleras med en PID-regulator

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

Två varianter ska undersökas.

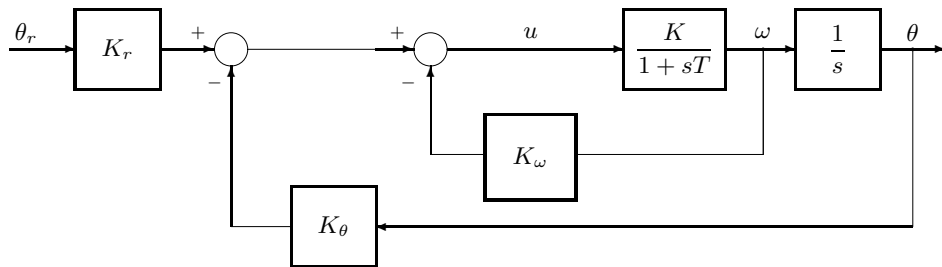
- a) Välj nollställena i regulatorn så att den snabbare dubbelpolen fortkortas bort. Välj sedan de återstående PID-parametrarna så att  $\beta = 5$  och som alternativ  $\beta = 10$ , samt  $K_i$  i båda fallen så att fasmarginalen  $\varphi_m = 50^\circ$ . (3 p)
- b) Studera för de två erhållna regulatorerna ( $\beta = 5$  och  $\beta = 10$ ) vad överkorsningsfrekvensen  $\omega_c$  blir samt regulatorns högfrekvensförstärkning  $F_{PID}(\infty)$ . (1 p)

Deluppgift c) följer på nästa sida.

- c) Kommentera skillnaderna i förmågan att kompensera lågfrekventa laststörningar och känsligheten för högfrekventa mätstörningar i styrsignalen samt det återkopplade systemets snabbhet i form av stigtiden  $t_r$  ( $\omega_c t_r \approx 1$ ). (1 p)

## 3

Betrakta följande servosystem med en likströmsmotor



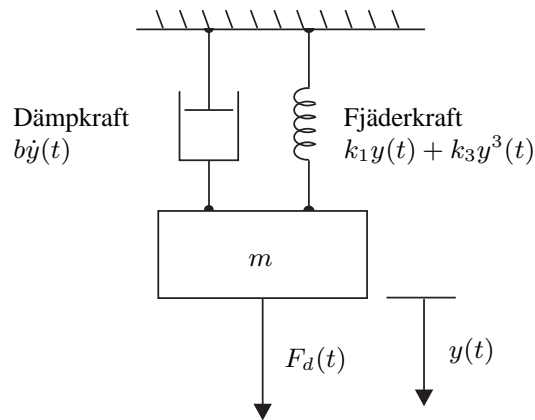
Både vinkeln  $\theta$  och vinkelhastigheten  $\omega = \dot{\theta}$  återkopplas enligt blockschemat. Antag att  $K = 3$  och  $T = 0.5$ .

- a) Bestäm överföringsfunktionen från referenssignalen  $\theta_r$  till utsignalen  $\theta$ . (1 p)
- b) Välj återkopplingsförstärkningarna  $K_\theta$  och  $K_\omega$  så att slutna systemets poler hamnar i en dubbelpol  $s = -\alpha$  (dämpningen  $\zeta = 1$ ), samt bestäm förstärkningen  $K_r$  så att den statiska förstärkningen från referenssignalen  $\theta_r$  till utsignalen  $\theta$  blir lika med ett. (2 p)
- c) Bestäm överföringsfunktionen från  $\theta_r$  till  $u$  och styrsignalens begynnelsevärde  $u(0)$  för  $\alpha = 1$  och  $5$ , då referenssignalen  $\theta_r$  är ett enhetssteg. Vilken motsättning råder mellan önskad snabbhet och styrsignalaktivitet, då dämpningen är konstant ( $\zeta = 1$ )? (2 p)
- d) Då vinkelhastigheten ej mäts kan ett specialfall av en PD-regulator, den s.k. ideala PD-regulatorn, ge i stort sett samma återkopplade system. Ange denna regulator och diskutera uppträdandet hos denna PD-regulator jämfört med ovanstående återkopplade system och den vanliga PD-regulatorn

$$F_{PD}(s) = K_p \left( 1 + \frac{T_d s}{1 + T_f s} \right)$$

(1 p)

4



En massa med vikten  $m$  och positionen  $y(t)$  drivs enligt figuren av en drivande kraft  $F_d(t)$ . Via den progressiva fjädern utsätts massan också för den olinjära fjäderkraften  $k_1 y(t) + k_3 y^3(t)$  och dämpkraften  $b\dot{y}(t)$ .

Den drivande kraften  $F_d(t)$  genereras via en hydraulisk motor med överföringsfunktionen

$$F_d(s) = \frac{K_m}{1 + s} U(s)$$

Motorns uppgift är att positionera massan  $m$  vid positionen  $y = y_0$ .

- Formulera en olinjär tillståndsmo­dell som beskriver fjäder-massasystemets rörelse inklusive den hydrauliska motorn med  $u(t)$  som insignal och massans position  $y(t)$  som utsignal. (3 p)
- Bestäm en linjär tillståndsmo­dell som beskriver avvikelser kring den önskade positionen  $y = y_0$ . (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? (2 p)
- Ange speciellt värdet på  $K_p$ , den tidsdiskreta polen samt motsvarande tidskontinuerliga pol då samplingsintervallet  $h = 0.2, 0.1$  och  $0.05$ . Kommentera snabbheten (prestanda) med avseende på samplingsintervallets längd vid likvärdiga stabilitetsmargineler, i detta fallet samma amplitudmarginal  $A_m$ . (2 p)