

**Sluttprøve**  
**Fag A3494 Prosesregulering**  
**tirsdag 15. desember 2005**  
**kl. 9.00-12.00**

Sluttprøven består av: 3 oppgaver.  
Oppgaven teller 70 % av sluttkarakteren.  
Det er 3 sider i delprøven.  
Tillatte hjelpemidler: ark og skrivesaker

Faglig kontakt under eksamen:

Navn: David Di Ruscio

Tlf: 51 68, Rom: B249

Kybernetikk og industriell IT  
Institutt for elektro, IT og kybernetikk  
Avdeling for teknologiske fag  
Høgskolen i Telemark  
N-3914 Porsgrunn

# Oppgave 1 (40%): Frekvensplananalyse

Gitt et reguleringsystem som vist i figur 1.

Figure 1: Standard tilbakekoblet reguleringsystem.

- a) Sett opp et uttrykk for sløyfetransferfunksjonen,  $h_0(s)$ .
- b) Vi antar nå en PID regulator på kaskadeform,  $h_c(s)$ , samt en prosess,  $h_p(s)$ , gitt ved

$$h_c(s) = K_p \frac{1 + T_i s}{T_i s} (1 + T_d s), \quad h_p(s) = k \frac{e^{-\tau s}}{(1 + T_1 s)(1 + T_2 s)}, \quad (1)$$

der  $T_1 > T_2 > 0$ . Foreslå et valg for integraltiden,  $T_i$ , og derivattiden  $T_d$ , slik at sløyfetransferfunksjonen kan skrives

$$h_0(s) = k_0 \frac{e^{-\tau s}}{s}. \quad (2)$$

Sett også opp uttrykket for  $k_0$ .

- c)
- Skriv frekvensresponsen til sløyfetransferfunksjonen i (2) på polar form slik at

$$h_0(j\omega) = |h_0(j\omega)| e^{j\angle h_0(j\omega)}. \quad (3)$$

- Hva kalles størrelsen  $|h_0(j\omega)|$ ?
  - Hva kalles størrelsen  $\angle h_0(j\omega)$ ?
- d) Finn fase kryssfrekvensen,  $\omega_{180}$ , for dette systemet.
- e) Finn en proporsjonalforsterkning,  $K_p$ , slik at systemet får en forsterkningsmargin,  $GM = 2$ .

f)

- Hvordan defineres og beregnes forsterknings kryssfrequensen,  $\omega_c$ ?
- Hva blir forsterknings kryssfrequensen,  $w_c$ , for det regulerede systemet over?

g)

- Hvordan defineres og beregnes begrepet fasemargin,  $PM$  ?
- Hva blir fasemarginen for det regulerede systemet over?

h) Vi antar nå en PI regulator,  $h_c(s)$ , samt en prosess  $h_p(s)$  gitt ved

$$h_c(s) = K_p \frac{1 + T_i s}{T_i s}, \quad h_p(s) = k \frac{(1 - \tau s)}{(1 + T_1 s)(1 + T_2 s)(1 + T_3 s)}. \quad (4)$$

der  $T_1 > T_2 > T_3$ .

- Foreslå et valg for integraltiden,  $T_i$ , slik at sløyfetransferfunksjonen kan skrives

$$h_0(s) = k_0 \frac{1 - \tau s}{s(1 + T_2 s)(1 + T_3 s)}. \quad (5)$$

Sett også opp uttrykket for  $k_0$ .

- Skriv sløyfetransferfunksjonen på polar form som gitt i ligning (2).

## Oppgave 2 (20%): PID regulator

Gitt en PID-regulator i Laplaceplanet

$$h_c(s) = K_p \frac{1 + T_i s}{T_i s} + K_p T_d s, \quad (6)$$

slik at pådraget genereres ved

$$u(s) = h_c(s)e(s) \quad (7)$$

der  $e(s) = r - y(s)$  er reguleringsavviket. Vi antar konstant referanse,  $r$ , i denne oppgaven.

- Sett opp en kontinuerlig tilstandsrommodell for PID regulatoren i (6) og (7).
- Diskretiser PID regulatoren i punkt 2a) over med eksplisitt Eulers metode.

- c) Skriv den diskrete PI-regulatoren i punkt 2b) over på endringsform slik at pådraget genereres av formelen

$$u_k = u_{k-1} + g_0 e_k + g_1 e_{k-1} + g_2 (y_k - 2y_{k-1} + y_{k-2}). \quad (8)$$

Du skal komme frem til uttrykk for parametrene  $g_0$ ,  $g_1$  og  $g_2$ .

- d) Vis at løsningen av den kontinuerlige tilstandsrommodellen for PID regulatoren i punkt 2a) (over tidsintervallet fra  $t_0$  til  $t$ ) kan skrives

$$u(t) = K_p e + z(t_0) + \frac{K_p}{T_i} \int_{t_0}^t e(\tau) d\tau + K_p T_d \dot{e} \quad (9)$$

der  $z(t_0)$  er initialverdien for tilstandsligningen for PID regulatoren funnet i punkt 2a).

### Oppgave 3 (10%): Diverse spørsmål

- a) Hva menes med en Smith prediktor og når kan det være hensiktsmessig å benytte en slik? Tegn blokkdiagram.
- b) Hva menes med RGA analyse? Oppgi en formel for hvordan RGA matrisen beregnes og hva vi kan benytte denne til.