Delprøve
Fag A3494 Prosessregulering
torsdag 30. oktober 2003
kl. 10.15-12.15, rom A255

Delprøven består av: 3 oppgaver.
Oppgaven teller 30 % 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 (10%): Diverse spørsmål

Gitt en lineær og kontinuerlig tilstandsrommodell

$$\dot{x} = Ax + Bu, \tag{1}$$
$$y = Dx, \tag{2}$$

med gitt initialtilstand $x(t_0)$.

a) Sett opp et uttrykk for løsningen, $x(t)$, av tilstandsligningen (1).

b) Anta at pådragsvektoren $u(t)$ er konstant i samplingsintervallet, Δt. Dette betyr at $u(t)$ bare skifter verdi ved de diskrete tidspunktene $t = k\Delta t + t_0$ og forblir konstant over samplingsintervallet. Dvs. $u(t) = u_k$ for $k\Delta t + t_0 \leq t < (k+1)\Delta t + t_0$. Merk at $k = 0, 1, 2, ...$ er diskret tid.

Finn en eksakt diskret modell av formen

$$x_{k+1} = \Phi x_k + \Delta u_k \tag{3}$$

for den kontinuerlige tilstands-ligningen gitt i (1).

c) Vi ønsker å transformere tilstandsrommodellen i (1) og (2) til såkallt diagonal tilstandsrommodell form

$$\dot{z} = \Lambda z + Hu, \tag{4}$$
$$y = Fx. \tag{5}$$

via en transformasjon

$$x = Mz \tag{6}$$

der M er egenvektormatrisen til A.

- Finn utrykk for matrisene Λ, H og F i den transformerte tilstandsrommodellen (4) og (5).
- Hva kalles matrisen Λ ? Hvordan er strukturen på Λ?
- Hvordan finner vi systemets tidskonstanter ?

d)

- Definer styrbarhetsmatrisen med utgangspunkt i tilstandsligningen (1). Hvordan kan vi basert på denne undersøke om systemet er tilstands styrbart?
- Hvordan kan vi basert på den transformerte tilstandsligningen i (4) undersøke om systemet er tilstands styrbart?

e) Basert på tilstandsrommodellen i (1) og (2) skal du finne en transferfunksjonsmodell av formen

$$y(s) = H(s)u(s). \tag{7}$$

Sett opp et uttrykk for transferfunksjonen $H(s)$.

Oppgave 2 (10%): PID-regulering

Vi skal i denne oppgaven studere en prosess modellert med transferfunksjonsmodellen

$$y = h_p(s)u, \tag{8}$$

der

$$h_p(s) = k\frac{e^{-\tau s}}{(1+T_1 s)(1+T_2 s)}, \tag{9}$$

og $T_1 > T_2$. Prosessen ønskes regulert med en regulator av formen

$$u = h_c(s)(r - y). \tag{10}$$

a) Anta nå at vi spesifiserer at settpunktsresponsen fra referansen, r, til utgangen, y, skal være

$$\frac{y}{r} = \frac{1-\tau s}{1+T_c s} \tag{11}$$

- Finn transferfunksjonen, $h_c(s)$, for en PID-regulator på serie (kaskade) form ved hjelp av Skogestads metode. Benytt approksimasjonen

$$e^{-\tau s} \approx 1 - \tau s \tag{12}$$

  for transportforsinkelsesleddet i modellen (9). Du skal og sette opp formler for K_p, T_i og T_d som funksjon av modellparametrene k, T_1, T_2 og τ samt den spesifiserte tidskonstanten T_c.
- Foreslå et valg for tidskonstanten, T_c, for det lukkede systemet.

b) Vi ønsker i denne deloppgaven å finne en ekvivalent kontinuerlig tilstandsrommodell for transferfunksjonsmodellen (11) av formen

$$\dot{x} = Ax + Br, \tag{13}$$
$$y = Dx + Er, \tag{14}$$

samt å skissere tidsresponsen i y etter et enhetssprang i r.

- Finn uttrykk for modellparametrene A, B, D og E som funksjon av τ og T_c.
- Sisser tidsresponsen i y etter et enhetssprang i r.

Oppgave 3 (10%): PI-regulering (Skogestads metode)

Gitt en prosess modellert med transferfunksjonsmodellen

$$y = h_p(s)u, \tag{15}$$

der

$$h_p(s) = k\frac{e^{-\tau_0 s}}{(1+T_1 s)(1+T_2 s)}. \tag{16}$$

Vi har at $T_1 > T_2$.

a) Benytt halveringsregelen og sett opp en 1. ordens modellapproksimasjon av formen

$$h_p(s) = k\frac{e^{-\tau s}}{1+Ts}, \tag{17}$$

til transferfunksjonen (16).

b) Benytt approksimasjonen

$$e^{-\tau s} \approx 1 - \tau s \tag{18}$$

for transportforsinkelsesleddet i modellen (17) og benytt Skogestads metode til å finne uttrykk for K_p og T_i i en PI-regulator. Merk at K_p og T_i blir funksjoner av modellparametrene k, T og τ. Tips: du kan gjerne benytte resultatene i fra oppgave 2.