Høgskolen i Buskerud. Finn Haugen (finn.haugen@hibu.no).

Løsning til kont-eksamen i SEKY3322 Kybernetikk 3

Eksamensdato: 27. mai 2009. Varighet 5 timer. Vekt i sluttkarakteren: 70%.

Hjelpemidler: Ingen trykte eller håndskrevne hjelpemidler. Kalkulator ikke tillatt.

---

1. (10 % vekt) Løsning er ethvert problem der parametervektoren θ i modellen
$$y = \varphi\theta \tag{1}$$
skal beregnes fra N stk. kjente observasjoner (verdier) av y og φ.

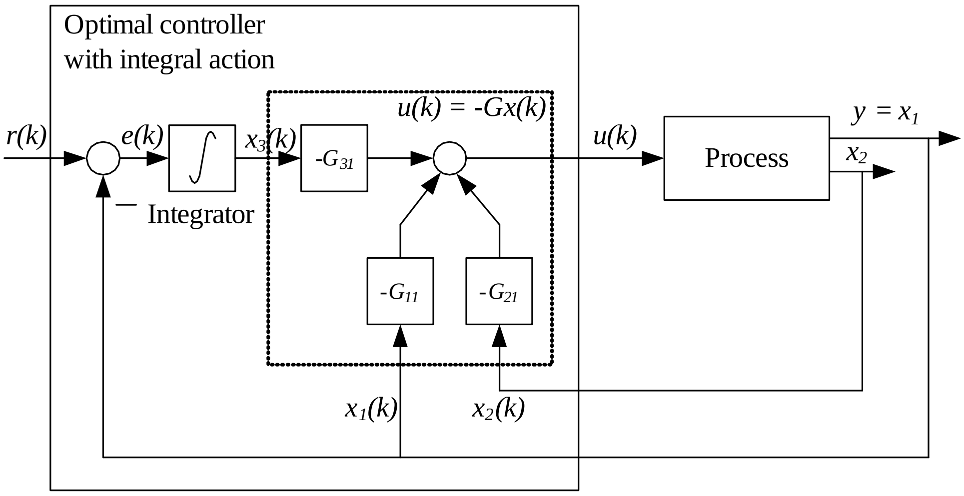
2. (10) Du kan bruke et Kalman-filter til å estimere tilstandsvariable og parametre i en matematisk modell.

3. (5)
   - Justering av prosessforstyrrelseskovarians Q_{ii} for forstyrrelse w_i: Økning av Q_{ii} gir hurtigere estimering (fordel), men samtidig mer støyfylt estimat (ulempe).
   - Justering av målestøykovarians R_{jj} for målestøyvariabel v_i: Økning av R_{jj} gir langsommere estimering av alle tilstandsvariablene (ulempe), og samtidig mindre støyfylt estimat (fordel).

4. (5) Generelt (det er ok hvis besvarelsen inneholder tallverdier):
$$\underline{\underline{\begin{bmatrix} x_1(k+1) \\ x_2(k+1) \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix}}_{A} \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{bmatrix}}_{B} \begin{bmatrix} u_1(k) \\ u_2(k) \end{bmatrix}}} \tag{2}$$
$$\underline{\underline{\begin{bmatrix} y_1(k) \\ y_2(k) \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{bmatrix}}_{C} \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} \\ D_{21} & D_{22} \end{bmatrix}}_{D} u(k)}} \tag{3}$$

5. (15) Se figur 1.

6. (15) Prinsippet for MPC (Model-based Predictive Control): The controller function is based on a continuous calculation of the optimal future sequence or time-series of the control variable, u. In this calculation the a mathematical process model is used. The



Figur 1:

optimization criterion which is to be minimized in MPC contains quadratic terms of the future control error and of the control signal. It is given at the end of the formula list in the appendix of the exam text ($J = ...$).

7. (15) Løser modellen med hensyn på pådraget, og setter inn settpunktsverdien for prosessverdien. Resultatet blir

$$F_{in}(t) = u_f(t) = \rho A \dot{h}_{SP}(t) + F_{out}(t) \tag{4}$$

som er foroverkoplingsfunksjonen.

8. (a) (15) Skriver prosessmodellen på standardform:

$$\dot{x} = \underbrace{-D|x|x + L}_{f} + \underbrace{K\sqrt{p}}_{B}u \tag{5}$$

Altså:

$$f = -D|x|x + L \tag{6}$$

og

$$B = K\sqrt{p} \tag{7}$$

Siden prosessen er av 1. orden, blir den transformerte prosessen en integrator, som kan reguleres med en PI-regulator:

$$z = K_p e + \underbrace{\frac{K_p}{T_i}}_{K_i} \int_0^t e d\tau \tag{8}$$

der e er reguleringsavviket:

$$e = r - y \tag{9}$$

Regulatorfunksjonen blir

$$u = B^{-1}\left(K_p e + \frac{K_p}{T_i}\int_0^t e d\tau + \dot{r} - f\right) \tag{10}$$

der f og B er definert ovenfor.

Følgende størrelser må være kjente for at regulatorfunksjonen skal kunne realiseres: D, x, L, K og p.

(b) (5) Beregning av K_p og T_i ut fra Skogestads metode: Reguleringssystemets responstid skal være

$$T_C = T_1 \tag{11}$$

Prosessen har ikke tidsforsinkelse, dvs.

$$\tau = 0 \tag{12}$$

Ihht. Skogestads tabell blir da

$$\underline{\underline{K_p}} = \frac{1}{K\left(T_C + \tau\right)} = \underline{\underline{\frac{1}{KT_1}}} \tag{13}$$

$$\underline{\underline{T_i}} = k_1\left(T_C + \tau\right) = \underline{\underline{1,44T_1}} \tag{14}$$

der det er satt $k_1 = 1,44$.

9. (5) You can *simulate the control system.* In the simulator you can include model errors by using *different* models in the control function and in the process in the simulator.