

TENTISSÄ EI SAA KÄYTTÄÄ LASKINTA, SANAKIRJAA TAI MUITA APUVÄLINEITÄ.

OSA1. (Vastaa konseptiarkille 1)

Tehtävä 1. Kirjoita essee, noin 400 sanaa

Pallonmuotoisen läpivirtaussäiliön pinnankorkeuden mallinnus, simulointi ja säätö. (10p)

Tehtävä 2. Kirjoita essee, noin 400 sanaa

Optimointimallien ja optimointialgoritmien soveltaminen päätöksentekoon. (10p)

OSA2 (Vastaa konseptiarkille 2)

Tehtävä 3.

Process Operation Description:in (POD) valmistelussa käytettäviä kysymyksiä. (5p)

Tehtävä 4.

a) Jatkuvatoisimelle reaktorille on saatu epälineaarinen tilaesitys: (4p)

$$\dot{\underline{x}} = F(\underline{x}, \underline{u}) = \begin{bmatrix} \frac{1}{\rho Z} (u_1 - u_2) \\ \frac{1}{\rho K Z x_1} (K u_1 (u_3 - x_2) + u_4) \end{bmatrix}, \quad \underline{y} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \underline{x}$$

missä K, Z ja ρ ovat vakioita. Tee reaktorille lineaarinen tilamalli (eli määritä A, B ja C)

$$\begin{cases} \begin{bmatrix} \Delta \dot{x}_1 \\ \Delta \dot{x}_2 \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \end{bmatrix} + B \begin{bmatrix} \Delta u_1 \\ \Delta u_2 \\ \Delta u_3 \\ \Delta u_4 \end{bmatrix} \\ \Delta y = C \begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \end{bmatrix} \end{cases}$$

b) Jos järjestelmässä on viivettä, niin miten se tulee huomioida linearisoinnissa? (1p)

Tehtävä 5.

Kokoonpuristuvan kaasun alikriittistä virtausta putkilinjastossa voidaan mallintaa yhtälöryhmällä

$$\Delta q_1 - \Delta q_2 = \frac{\bar{m}}{\delta \bar{p}} \left(- (a_p + a_v) \frac{d}{dt} \Delta q_1 + b_v \frac{d}{dt} \Delta A_v \right) \quad (1)$$

$$-a_p \Delta q_1 = a_v \Delta q_1 - b_v \Delta A_v + a_L \Delta q_2, \quad (2)$$

kun putkiston päissä olevat paineet ja linjastossa olevan kompressorin pyörimisnopeudet oletetaan vakioiksi. Voidaan osoittaa, että siirtofunktio venttiilin aukon pinta-alan muutoksesta ΔA_v virtauksen q_1 muutokseen Δq_1 on tällöin

$$\frac{\Delta Q_1(s)}{\Delta A_v(s)} = C_v \frac{1 + \frac{\bar{m}}{\delta \bar{p}} a_L \cdot s}{1 + T \cdot s}, \quad (3)$$

jossa

$$C_v = \frac{b_v}{a_L + a_p + a_v}, \quad (4)$$

ja

$$T = \frac{a_p + a_v}{a_L + a_p + a_v} \cdot a_L \frac{\bar{m}}{\delta \bar{p}}, \quad (5)$$

Kertoimet $a_p, a_v, a_L, b_v, \bar{m}, \delta, \bar{p} > 0$ ovat linjaston rakenteesta ja tutkittavasta toimintapisteestä riippuvia vakioita.

- Perustele, että malli (3) on dynaamisilta ominaisuuksiltaan vaiheenjohtopiiri. (1.5p)
- Hahmottele mallin (3) yksikköaskelvaste. Merkitse hahmotelmaan mallin (3) ennustama vasteen loppuarvo. Perustele askelvasteen muoto myös fysikaalisesti: miten kaasuvirtaus ja paine käyttäytyvät, kun venttiilin aukkoa avataan askelmaisesti? (2.5p)
- Tarkasteltavassa toimintapisteessä mallissa (3) oleva suhde $\frac{\bar{m}}{\bar{p}}$ on siis vakio. Oletetaan, että tämä suhde on

- 1) pieni,
- 2) suuri.

Venttiilin aukkoa avataan jälleen askelmaisesti. Kuvaile tapauksissa 1) ja 2) kaasun liikenopeutta tarkasteltavassa putkistossa, kun mallin (3) kaikki muut kertoimet pysyvät alkuperäisissä vakioissa. Perustele päätelmäsi myös fysikaalisesti. (2p)

Derivointikaavoja:

$$\frac{d}{dx}(f(x) + g(x)) = f'(x) + g'(x)$$

$$\frac{d}{dx}(c f(x)) = c f'(x)$$

$$\frac{d}{dx}(f(x) g(x)) = f'(x) g(x) + g'(x) f(x)$$

$$\frac{d}{dx} \frac{1}{f(x)} = -\frac{f'(x)}{(f(x))^2}$$

$$\frac{d}{dx} \frac{f(x)}{g(x)} = \frac{g(x) f'(x) - f(x) g'(x)}{(g(x))^2}$$

$$\frac{d}{dx} f(g(x)) = f'(g(x)) g'(x)$$