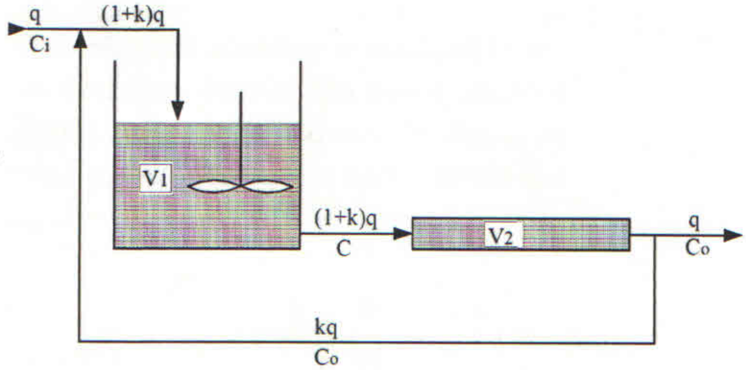
TENTISSÄ EI SAA KÄYTTÄÄ LASKINTA, SANAKIRJAA TAI MUITA APUVÄLINEITÄ

Tehtävä 1.

Process Operation Description:in (POD) valmistelussa käytettäviä kysymyksiä. **(6p)**

Tehtävä 2.

Sekoittumisessa erotetaan kaksi rajatapausta, nollasekoitus eli ns. tulppavirtaus sekä täydellinen sekoitus, joilla voidaan mallintaa sekoitusprosessien toimintaa. Todellisissa prosesseissa esiintyy usein myös kierrätyksiä, joilla voidaan vaikuttaa prosessien käyttäytymiseen. Kirjoita oheisen kuvan järjestelmän toimintaa kuvaavat taseyhtälöt. Kuvan merkinnöissä C = konsentraatio, q = tilavuusvirtaus, V = tilavuus ja k suhteellinen virtausosuus [0…1] . **(6p)**



Tehtävä 3.

a) Jatkuvatoimiselle reaktorille on saatu epälineaarinen tilaesitys:

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

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

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

(5p)

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

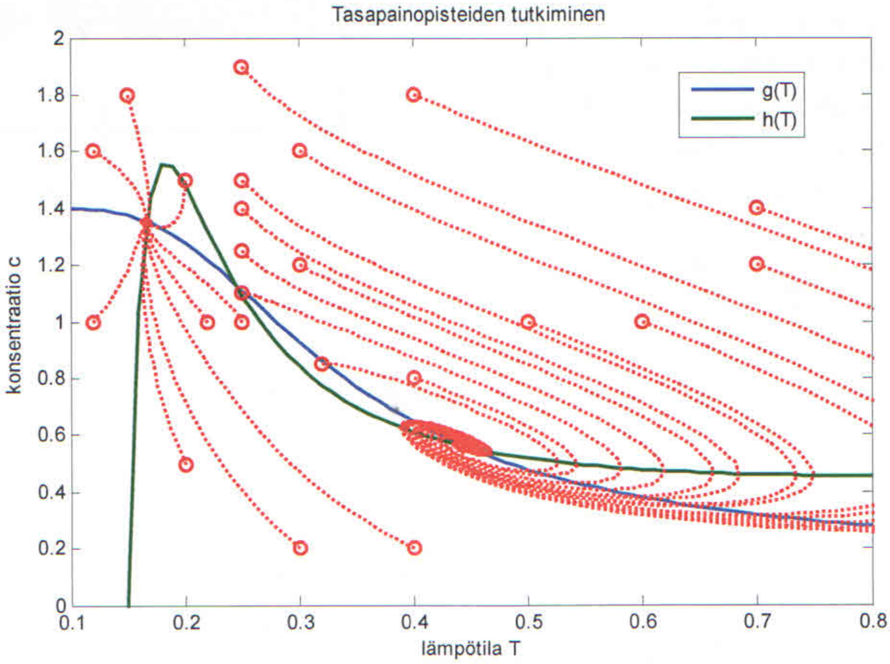
Tehtävä 4.

a) Olkoon erään säätämättömän läpivirtausreaktorin epälineaarinen tilamalli

$$\begin{cases} \dot{c}(t) = q(c_0 - c(t)) - c(t)\cdot \exp(-1/T(t)) \\ \dot{T}(t) = c(t)\cdot \exp(-1/T(t)) - q(T(t)-T_0) - f(T(t)-T_1) \end{cases} \qquad (1)$$

missä c_0, T_1, f, q ja T_0 ovat vakioita.

Olet kiinnostunut reaktorin tasapainotiloista, mutta analyyttinen ratkaisu on vähintäänkin hankala. Siispä olet simuloinut eri alkuarvoilla $c(0) = C$ (alkukonsentraatio) ja $T(0) = T$ (reaktorin alkulämpötila) reaktorin käyttäytymistä tasapainotilojen läheisyydessä ja saanut alla olevan kuvan mukaisen graafisen faasitason esityksen.



Kuva 1. *Järjestelmän faasitason trajektoreita.*

Kuvaile järjestelmän tasapainopisteiden stabiiliutta. Tasapainopisteet ovat käyrien g ja h leikkauspisteissä, joita on Kuvassa 1 yhteensä kolme kappaletta. Kerro lyhyesti, miten vaste käyttäytyy kunkin tasapainopisteen läheisyydessä ajan funktiona. Mikäli linearisoit mallin (1) tasapainopisteeseen: [T = 0.4445; c = 0.5588], niin mitä voit sanoa lineaarisen mallin ominaisarvojen reaali- ja imaginääriosista. Linearisointia ei tarvitse tehdä, vastaus paljastuu Kuvasta 1. (**4p**)

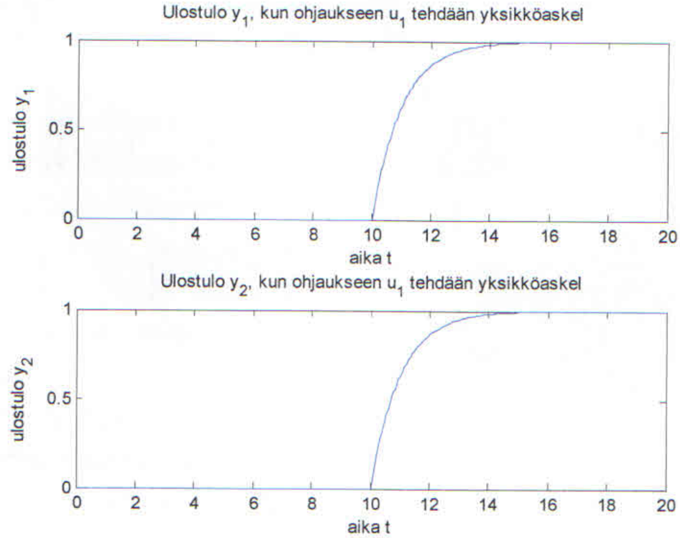
b) Mitä tarkoittaa

1) globaali stabiilius?
2) lokaali stabiilius?

Ota kantaa lineaariseen ja epälineaariseen tapaukseen. (**2p**)

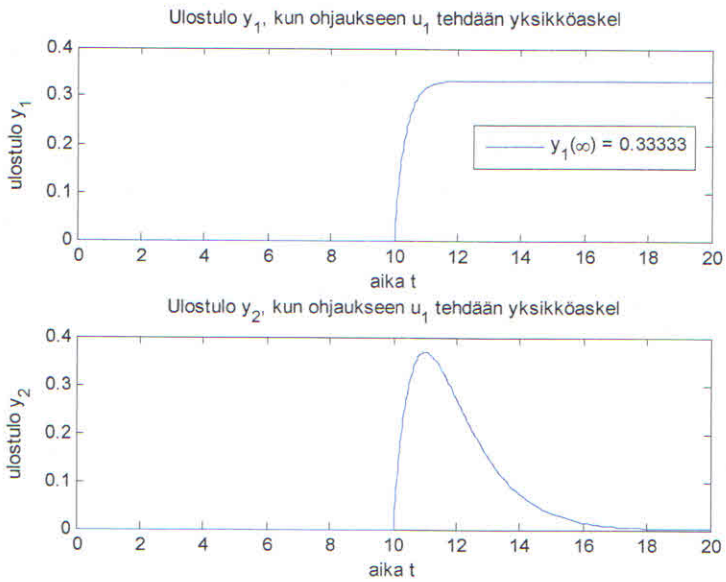
Tehtävä 5.

Alla olevissa kuvissa on eräälle prosessille tehdyn kahden eri askelkokeen tulokset. Ensimmäisessä kokeessa säätöpiiri on ollut avoinna ja u_1:een on tehty yksikköaskeleen suuruinen muutos ajanhetkellä $t = 10$. (u_2 on ollut kokoajan nolla)



Kuva 2. *Ensimmäinen prosessikoe.*

Toisessa prosessikokeessa piiri 2 on pidetty PI-säätimellä suljettuna ja tasapinotilassa (Tässä tasapainotila on yksinkertaisuuden vuoksi nolla.) ja piiriin 1 on tehty jälleen yksikköaskeleen suuruinen muutos ajanhetkellä $t = 10$. Prosessikokeen tulos on Kuvassa 3.



Kuva 3. *Toinen prosessikoe.*

Määritä kuvien perusteella RGA-matriisi ja kerro sen perusteella, kuinka kytket ohjaus-mittaus-parit ja miksi kytket ne niin. (**6p**)

Derivointikaavoja:

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

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

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

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

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

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