

Tässä välikokeessa on kaksi sivua ja kolme tehtävää. Jokainen tehtävä on samanarvoinen. Kokeen palautuslaatikko sulkeutuu klo 18.15.

**Sitoudut toimimaan rehellisesti omalla nimelläsi ja opiskelijanumerollasi.**

**Nimi:**

**Opnum:**

**Tehtävä 1.** Selosta alla olevat käsitteet 3–5 virkkeellä ilman kaavoja ja kuvia.

- a) Keskimääräinen viipymäaika
- b) 1DOF oppikirja PID-säädin
- c) Gang-of-Four-siirtofunktiokokoelma

**Tehtävä 2.** Läpivirtaussäiliöstä poistuvan veden lämpötilaa on säädetty laboratoriossa olevalla 1DOF PI-säätimellä. Säätimen virityksenä on harjoituksissa tuttu parannettu PI-säädin. Lämmitetylle vedelle on ilmennyt jatkokäyttöä ja siksi sitä tarvitaan erään toisen prosessin sisäänmenoksi. Tilanne on kuitenkin sellainen, että lämpötilan asetusarvovaste pitäisi saada nykyistä nopeammaksi ja tarkemmaksi ilman, että ylitys kasvaa. Lisäksi säiliöön sisäänvirtaavan veden lämpötilassa voi aika-ajoin esiintyä yhtäkkisiä ja maksimissaan peräti 5 °C poikkeamia sen nimellisarvostaan 10 °C.

Eräs insinööri hikoili säätöpiirin kanssa pitkään, mutta hän ei pystynyt saamaan piirin asetusarvovastetta eikä häiriövastetta yhtään paremmiksi. D-osaa hän viritti kokeellisesti, mutta piirin vasteet olivat parhaimmillaan käytännössä samat ja useimmiten jopa huonommat kuin aiemmin, minkä lisäksi säätimen ohjaussignaali esiintyi suurikokoista ja nopeaa vaihtelua. Niinpä hän oli tokaissut: ”pitäkää tunkkinne, ja hankkikaa tehokkaammat lämmitysvastukset ja uudet anturit. Näillä vehkeillä tästä ei saa parempaa, vaikka kuinka yritetään”.

Olet saanut tehtäväksesi parantaa piirin asetusarvo- ja häiriövasteita. Olet saapunut innokkaana pelipaikalle, ja ensi töiksesi etsit laboratoriossa olevan kaupallisen säätimen käsikirjan. Huomaat kahvin tahrinan kansilehden alareunassa vuosiluvun 1988 ja pohdit mielessäsi, että ”tämä pahuksen rakkinehan on selvästi vanhempi kuin minä” (ei koske itäsuomalaisia ☺). Tutkaillet käsikirjaa saadaksesi selville, miten säädin on toteutettu. Sen selvitettyäsi sinulle tuli useita hyviä ideoita mieleesi, joten lähdit toteuttamaan yhtä niistä.

Rakensit oman toteutuksen ensimmäisen kokeiluversion nykyisen simulaattorin rinnalle, jotta voit vertailla kummankin säätöpiirin suorituskykyä täsmälleen samoilla laitteistomalleilla, asetusarvoilla ja häiriöinputeilla. Lisäksi pystyt vertailemaan säätöpiirien vasteita keskenään ja esittelemään niitä muille. Toteutuksesi on tiedostossa *temperature\_control\_new.slx*, jonka parametrit ovat tiedostossa *vk1.mlx*. Tiedostossa on tekemiisi uudistuksiin liittyvät valmiit tekstilohkot, joilla voit esitellä suunnittelutyösi tuloksia ja perustella niitä. Tekstilohkoja on kolme kappaletta ja niiden otsakkeet ovat:

**1) Mittaushaaran alipäästösuodin**

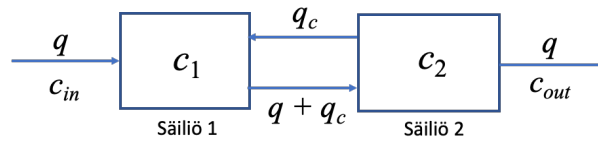
**2) PID-säätimen rakenne ja viritys**

**3) Säätimien ohjausfunktiot, käytetty sähköteho, säiliöstä poistuvan veden lämpötila, säiliöstä poistuvan veden lämpötilan mittaus**

Hyödynnä simulaattorin lohkoja ja aikavasteiden simuloiteja säätöpiirien suorituskykyvertailuun. Kirjoita sitten tekstilohkoihin tekemäsi muutokset ja esittele perustellen, miten ne parantavat piirin suorituskykyä.

**Huom.** Säätöpiirin vasteita pystytään yhä parantamaan, mutta tutustutaan niihin myöhemmin kurssin aikana.

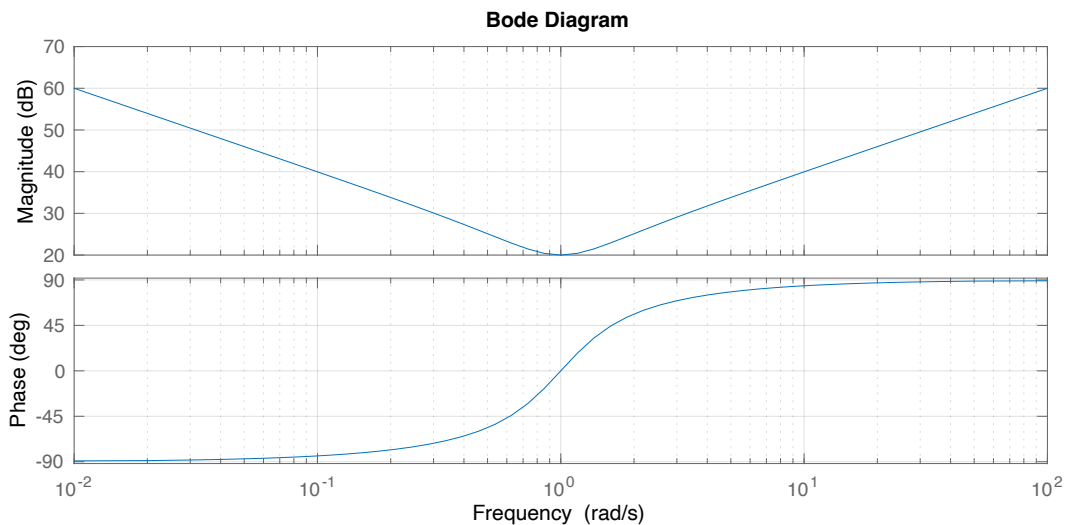
**Tehtävä 3.** Tarkastellaan kierrätysvirtausprosessia, jossa on kaksi identtistä säiliötä:



Kierrätysvirtausprosessin input on ensimmäiseen säiliöön sisäänvirtaavan litkun konsentraatio  $c_{in}(t)$  ja ulostulo jälkimmäisestä säiliöstä poistuva konsentraatio  $c_{out}(t)$ . Systeemin päävirtaus on  $q$ , kierrätysvirtaus  $q_c$ , ja säiliöiden nestetilavuus  $V$ , mitkä oletetaan vakioiksi. Systeemin siirtofunktio  $c_{in}$ :stä  $c_{out}$ :iin on

$$G(s) = \frac{q(q + q_c)}{V \cdot s^2 + 2V(q + q_c) \cdot s + q(q + q_c)}, \quad q > 0, q_c > 0, V > 0. \quad (1)$$

- Jos  $V \geq 1$ , niin osoita, että kierrätysvirtausprosessimallin askelvaste ei voi koskaan värähdellä. Vastaus matemaattisesti, joskin kvalitatiivinen vastauskin huomioidaan arvostelussa. ☺
- Tarkastellaan kierrätysvirtausprosessia, jolle  $V = 2$ ,  $q = 1$  ja  $q_c = 0.2$ . Paljonko on syöttökonsentraatiossa  $c_{in}(t)$  esiintyvän värähtelyn pienin kulmataajuus, jonka kierrätysvirtausprosessi pystyy vielä vaimentamaan 0.2-kertaiseksi? Ratkaisutapa on vapaa.
- Alla olevassa kuvassa on erään epäaidon säätimen Bode-diagrammi.



Määritä säätimen siirtofunktio. Ratkaisutapa on vapaa. Samankaltaiset ja muodoltaan oikeat ratkaisut tuottavat pisteitä, vaikka Bode ei kaikilta osin sama olisikaan. Täysiin pisteisiin vaaditaan täysin oikea vastaus.