

ELEC-C1230 Säättötekniikka
Koko kurssin tentti. 16.4.2026

- Merkitse kaikkiin vastauspapereihin nimesi ja opiskelijanumerosi.
- Sallitut apuvälineet: Laskin sekä kurssisivuilla oleva kaavakokoelma tai erillinen Laplace-muunnostaulukko sekä Z-muunnostaulukko. Jokaisen tulee tuoda tämä mukanaan kokeeseen (kokeen valvojilla saattaa olla muutama lainattavaksi).
- Laskinta saa käyttää vain apuvälineenä numeerisiin laskuihin. Ratkaisut eivät siis saa perustua yksinomaan laskimen käyttöön.
- Tentissä on viisi (5) tehtävää ja kaikkiin pitää vastata.
- Tämä kysymyspaperi tulee palauttaa kokeen lopussa, samoin kuin kaikki vastauspaperit.
- HUOM. Ratkaisussa on esitettävä riittävästi välivaiheita, jotta voidaan nähdä, miten olet päätenyt ratkaisuun. Hyväksyttävässä ratkaisussa pelkät tulokset eivät riitä, vaan on esitettävä myös, miten ne on saatu.

1. Selosta, mitä seuraavat käsitteet tarkoittavat ja mikä on niiden merkitys säättötekniikassa:

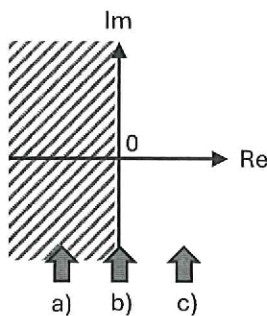
- Napa (1p)
- Siirtofunktio (1p)
- Boden diagrammi (1p)
- Vahvistusvara (1p)
- Tarkkailtavuus (1p)
- Z-muunnos (1p)

2. Järjestelmän stabiilisuus ja nopeus:

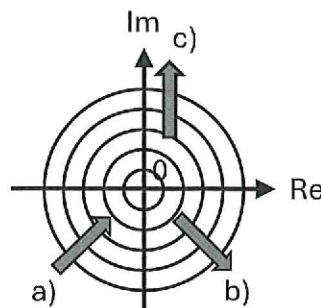
a. Alla olevat kuvat ovat napa-nollakuvaajia, ja nuolet osoittavat (yksinkertaisten) napojen sijainnit. Sijoita seuraavat termit oikeille paikoille kuvissa, eli määritä kussakin kuvassa a) = ?, b) = ? ja c) = ?:

- Kuva 1: *asymptoottisesti stabiili, epästabiili, marginaalisesti stabiili*
- Kuva 2: *nopea, hidas*
- Kuva 3: *värähtelee, ei värähtele*

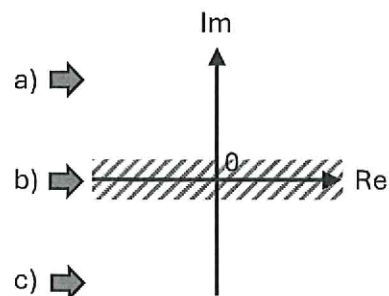
Selitä myös valintojesi perusteet. (3p)



(Kuva 1)



(Kuva 2)



(Kuva 3)

Tentti jatkuu seuraavalla sivulla ⇒

b. Määritä jokaiselle seuraavista siirtofunktioista, onko vastaava järjestelmä *asymptoottisesti stabiili, epästabiili vai marginaalisesti stabiili*. Perustele vastauksesi (3p):

• Siirtofunktio 1:

$$G(s) = \frac{2}{s^2 - 1}$$

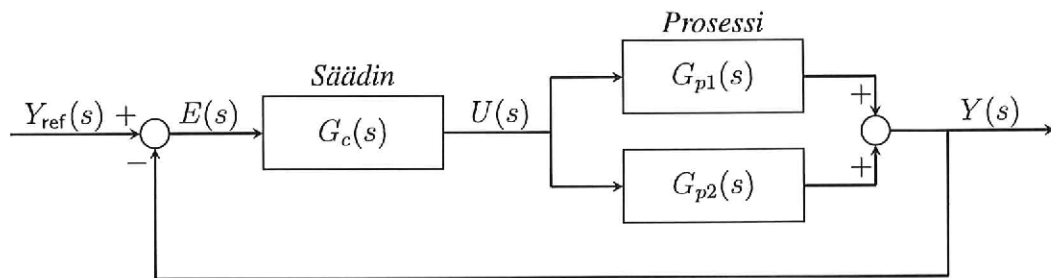
• Siirtofunktio 2:

$$G(s) = \frac{2}{s^2 + 1}$$

• Siirtofunktio 3:

$$G(s) = \frac{1}{s^2 + 2s + 1}$$

3. Tarkastellaan alla olevassa kuvassa esitettyä säätöjärjestelmää:



missä prosessien siirtofunktiot ovat

$$G_{p1}(s) = \frac{1}{s^2}, \quad G_{p2}(s) = \frac{2}{s},$$

ja järjestelmää ohjataan P-säätimellä:

$$G_c(s) = K_p.$$

- Määritä järjestelmän siirtofunktio. (2p)
- Millä K_p :n arvoilla säädetty järjestelmä on asymptoottisesti stabiili? (2p)
- Valitse säätimen parametrin arvoksi $K_p = 1$. Laske säädetyn järjestelmän painofunktio (eli impulssivaste). (2p)

4. Tarkastellaan seuraavaa virtausjärjestelmää:

$$\begin{cases} \dot{C}_1(t) = -2C_1(t) + 2C_{0,1}(t), \\ \dot{C}_2(t) = C_1(t) - 2C_2(t) + C_{0,2}(t). \end{cases}$$

Olkoon $C_{0,1}$ ohjaus, $C_{0,2}$ häiriö ja C_2 lähtösuure.

a. Muodosta järjestelmälle tilaesitys, jossa tilana on

$$\mathbf{x}(t) = \begin{bmatrix} C_1(t) \\ C_2(t) \end{bmatrix}.$$

(2p)

Tentti jatkuu seuraavalla sivulla \Rightarrow

- b. Muodosta järjestelmän havaittavuus- ja ohjattavuusmatriisit ja määritä niiden avulla, onko järjestelmä ohjattava ja onko se havaittava. (2p)
- c. Oletetaan, että lähtösuureksi vaihdetaan C_1 . Mitä tällöin tapahtuu havaittavuudelle? (2p)

5. Tarkastellaan seuraavaa järjestelmää:

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}}(t) &= \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -2 \end{bmatrix} \mathbf{x}(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t), \\ y(t) &= \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{x}(t).\end{aligned}\tag{1}$$

Muodostetaan sitten järjestelmälle tilatakaisinkytketty säädin, joka on seuraavaa muotoa:

$$u(t) = r(t) - \begin{bmatrix} l_1 & l_2 \end{bmatrix} \mathbf{x}(t),\tag{2}$$

missä $r(t)$ on referenssisignaali ja l_1 ja l_2 ovat määritettäviä vakioita.

- a. Määritä syntyvän suljetun silmukan järjestelmän karakteristinen polynomi, kun signaalia $r(t)$ tarkastellaan tulona. (2p)
- b. Määritä vakiot l_1 ja l_2 siten, että suljetun silmukan järjestelmän karakteristinen polynomi on $s^2 + 4s + 3$. Onko suljetun silmukan järjestelmä stabiili? (2p)
- c. Määritä siirtofunktio tulolta $r(t)$ lähdölle $y(t)$ käyttäen kohdan **b.** vakioiden l_1 ja l_2 arvoja. (2p)