

ELEC-C1110 Automaatio- ja systeemitekniikan perusteet

Kurssitentti 18.04.2023

Ohjeistus tenttiin:

- Tentin tekemiseen on aikaa 2.5h 10:00-12:30. Lisääjan hakeneille tenttiaikaa on 3.5h eli 13:30 asti.
- Tentissä tulee olla vähintään yksi (1) tunti, jonka jälkeen tentin saa palauttaa.
- Viimeisen 15 min aikana tenttiä ei voi palauttaa ja salista ei saa poistua, jotta kaikki saavat rauhassa viimeisteltyä vastaukset.
- Tehtäviin voit vastata suomeksi tai ruotsiksi.
- Laadi vastaukset selkeästi ja esitä myös riittävästi välivaiheita niin, että selviää, miten vastaukseen on päästy.
- Tentti palautetaan seuraavasti:
 - Palauta kaikki paperit, joihin on tehty merkintöjä
 - Tämän tehtäväpaperin voit halutessasi säilyttää
 - Täydennä vastauspapereihin Oma nimi, Opiskelijanumero, Kurssikoodi ja nimi, päivämäärä, Sali ja allekirjoitus
 - Kirjoita lunttilappuun myös Oma nimi ja opiskelijanumero
 - Rastita selkeästi yli kaikki mitä et halua arvosteltavaksi ml. suttupaperit
 - Esitä palauttaessa jokin henkilöllisyystodistus ja allekirjoita nimilista oman nimen kohdalta
- Jos tentin aikana ilmenee kysyttävää, tarvitset lisää paperia tai käydä vessassa viittaa selkeästi

Tehtävä 1: Selitystehtävä (10p)

Selitä muutamalla virkkeellä:

- Miten avoin ja suljettu järjestelmä eroavat toisistaan. Kuvaa esimerkillä milloin voidaan käyttää avointa järjestelmää ja esimerkillä milloin suljettua järjestelmää. (3p)
- PID-säätimen osat ja sen parametrien merkitykset. (3p)
- Kuvaile mitä kaskadisäätö tarkoittaa. Millaisissa tilanteissa kaskadisäädöstä voi olla hyötyä? Kuvaile esimerkin avulla kaskadisäädön eri osia/tasoja ja miten ne toimivat yhteen. (4p)

Tehtävä 2: Mallin oppiminen (12p)

a) Järjestelmälle on olemassa fysiikkaan perustuva lineaarinen differentiaalimalli. Malli ottaa huomioon muun muassa painovoiman ja kitkan, mutta huomaat näytteistä, joita voit mitata, että malli ei mallinna järjestelmää tarpeeksi tarkasti. Selitä opiskelijalle, joka ei ole käynyt tätä kurssia vielä, että 1) Mitä teet kun tiedät että malli on oikea, mutta ei kalibroitu. 2) Mitä teet kun tiedät että malli on kalibroitu, mutta ei tarkka approksimaatio oikeasta järjestelmästä. Haluaisit tarkempia ennusteita, mutta et tiedä tarkkaa fysikaalista mallia. (4p)

b) Systemistä on saatu 2 näytettä $y(t_1) = 2$, $x(t_1) = 1$, $\dot{x}(t_1) = 1$ ja $y(t_2) = 3$, $x(t_2) = 1$, $\dot{x}(t_2) = 0$. Malli, joka halutaan sovittaa näytteisiin on $y(t) = x(t)a + \dot{x}(t)b$. Laske lukuarvot a :lle ja b :lle kun minimoidaan neliövirhesumma. (4p)

c) Järjestelmälle on annettu malli $y(t) = x(t)^2 ab^2 + x(t)^3 a^2 b$. Haluaisit käyttää gradienttimenetelmää. Johda osittaisderivaatat parametreille a ja b suhteessa hukkafunktion, joka mittaa neliövirhesummaa. Merkitse kaikki välivaiheet. Vinkki: neliövirhesumma on $\sum_n ((f(x(t_n), \theta) - y(t_n))^2$, missä $f(x(t_n), \theta)$ on malli, θ mallin parametrit, ja $x(t_n)$ ja $y(t_n)$ ovat näytteitä ajanhetkellä t_n . (4p)

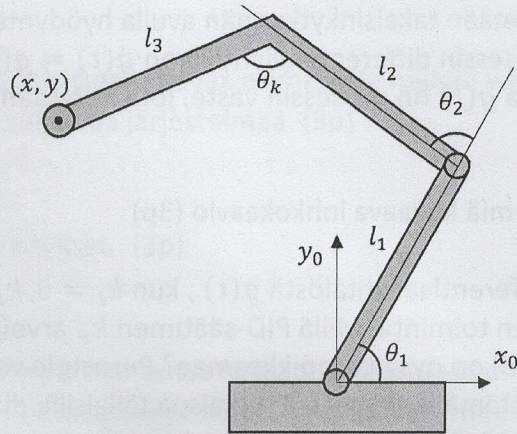
Tehtävä 3: Differentiaaliyhtälö, integrointi, säätimet, stabiilisuus, lohkokaaviot (13p)

Systemiä säädetään takaisinkytkennän avulla hyödyntäen PID-säädintä, jossa $k_I = 0$. Asetusarvo on $g_A(t) = 1$. Prosessin differentiaaliyhtälö on $\dot{g}(t) = g(t) + u(t)$, missä $u(t)$ on PID-säätimen ohjaussignaali ja $g(t)$ on prosessin vaste, jota mitataan tarkalla viiveettömällä anturilla.

- a) Piirrä systeemiä kuvaava lohkokaavio (3p)
- b) Ratkaise differentiaaliyhtälöstä $g(t)$, kun $k_I = 0, k_D = 0$ ja k_P on parametri millä voidaan valita PID-säätimen toiminta. Millä PID-säätimen k_P arvoilla 1) järjestelmä on stabiili, 2) järjestelmä värähtelee, 3) on pysyvää poikkeamaa? Perustele vastauksesi. **Vinkki:** tehtävän voi ratkaista muun muassa käyttämällä tyypillistä ratkaisua tällaisille differentiaaliyhtälöille ja ratkaista kolme vakiota. Jos tämä tehtävä tuntuu hankalalta, kannattaa jättää viimeiseksi. (5p)
- c) Prosessia muutetaan. Differentiaaliyhtälö onkin nyt $\dot{g}(t) = \frac{1}{g(t)} + g(t)^2 + u(t)$. Laske $g(t)$ ajanhetkillä $t_1 = 0.1, t_2 = 0.2, t_3 = 0.3$ käyttäen numeerista integrointia Eulerin menetelmällä. PID-säätimen (ohjaussignaali $u(t)$) arvot ovat $k_P = 3, k_I = 0, k_D = 0$ ja $g(t_0 = 0) = 1$. (5p)

Tehtävä 4: Robotin kinematiikka ja dynamiikka (15p)

Varsi	Pituus
l_1	0.50m
l_2	0.30m
l_3	0.40m



- a) Muodosta yllä olevalle tasossa toimivalle robottimanipulaattorille suorankinematikanmatriisit käyttäen homogeenisia muutoksia. Työkalupiste (x, y) sijaitsee koordinaatistossa (x_0, y_0) . Laske matriiseja käyttäen missä työkalupiste sijaitsee kun nivelien kulmat ovat:

$$\theta_1 = \frac{\pi}{2} \text{ rad}, \theta_2 = \frac{5\pi}{6} \text{ rad}$$

Varret l_2 ja l_3 ovat kiinteästi kiinni toisissaan ja niiden välinen kulma $\theta_k = \frac{2\pi}{3}$.

Huom! Matriisien kertolaskujen jokaista välivaihetta ei tarvitse esittää. (8p)

- b) Jos lasket samalle robotille käänteisen kinematiikan, kuinka monta ratkaisua voit saada? Miksi? Jos myös kulma θ_k on valittavissa eikä kiinteästi kiinni, kuinka monta eri ratkaisua käänteiselle kinematiikalle voi olla olemassa? (3p)
- c) Jos robotti tarttuu esineeseen ja alkaa nostaa sitä, mitkä dynaamiset voimat (vääntömomentit) vaikuttavat robotin niveliin? Miten robotin säädössä voidaan eliminoida nämä voimat (voit piirtää kuvan)? Kerro jokaiselle voimalle, mitkä asiat vaikuttavat voiman suuruuteen? (4p)