

Ei laskimia eikä omaa kirjallista materiaalia. Älä piirustele kaavastoon. Palauta kaavasto lähties-
säsi. Luo jokaiseen konseptiisi otsikkoalue, jossa on nimesi, opiskelijanumerosi ja päiväys.
Tehtävä 6 on kääntöpuolella.

1. SISO-prosessin malli on alla. Halutaan "integraiva" säätölaki, jonka voi virittää alla kuvaillulla
CST-työkalulla `place`. Valitse sopiva "integraattori" ja muutenkin sopiva säätimen mallin
esitys. Muodosta ja esitä hyvin kaikki lähtötiedot, jotka syöttäisit `place`:lle. Esitä säätimesi
malli ymmärrettävässä ja yksiselitteisessä muodossa. **6p.**

$$qx_1 = -a_1 x_1 - a_2 x_2 + u, \quad qx_2 = x_1, \quad y = b_1 x_1 + b_2 x_2$$

`place` Closed-loop pole assignment using state feedback.
`K = place(A,B,P)` computes a state-feedback matrix `K` such that
the eigenvalues of `A-B*K` are those specified in the vector `P`.
No eigenvalue should have a multiplicity greater than the
number of inputs.

2. Alla on prosessin $H(z)$ siirtofunktio ja säätimen siirtofunktio $D(z)$. Vaihevaraksi halutaan 60° .
Mitoita säätimen vahvistus k . **5p.**

$$H(z) = \frac{1}{z^2}, \quad D(z) = k \frac{z+1}{z-1}$$

3. Selosta mm. sopivan listan avulla säädön suunnittelun ja toteutuksen työvaiheita. **4p.**

4. a) Kaverisi on koodannut diskreetti aikaisen PID-säätimen inkrementiaalgoritmin (nopeusalgo-
ritmin) periaatteessa oikein. Mitä kertoisit hänelle sen soveltuvuudesta PID-säädön erikoista-
pauksissa? **1p.**

- b) Hyvin viritetyn diskreetti aikaisen PID-säätimen keho käytännön toteutus voi aiheuttaa jopa
onnettomuuksia. Kerro lyhyesti tästä mahdollisuudesta ja sen välttämisestä. **2p.**

5. Prosessin siirtofunktio H on alla.

- a) Muodosta suljetulle säätöpiirille mielekäs tavoitesiertofunktio, ja perustele sekä sen rakenne
että sen parametointi. **2p.**

- b) Johda tavoitteesi saavuttamiseen kykenevän mielekkään säätimen siirtofunktio. **2p.**

- c) Tarkista johtamasi säätimen mielekkyys sen siirtofunktion ominaisuuksista, ja kerro käsi-
tyksesi asiasta hyvin perustellen. **2p.**

$$H(z) = \frac{z^{-3} + 2z^{-4}}{1 - 0.9z^{-1}}$$

6. Erään prosessin output y riippuu prosessin ohjausinputista u luultavasti oheisen vakiokertoimisen mallirakenteen mukaisesti. Mallin kertoimia ei aluksi tunneta. Huolellisesti suunniteltu ja erinomaisesti toteutettu prosessikoe on tuottanut inputin u ja outputin y mittausarvot u_k ja y_k kokonaislukuindeksin k arvoille $1 \leq k \leq 2000$.

a) Kuinka estimoisit mallin parametrit a , b , c ja d , jos käytettävissä olisi alla kuvailtu työkalu `lscov`? Toisin sanoen, mitkä matriisit A , B syöttäisit työkalulle `lscov` ja minkä matriisin X `lscov` laskisi ja palauttaisi sinulle? Ilmaise matriisien rivien ja sarakkeiden elementit kaavojen/lausekkeiden/tunnusten avulla. **4p.**

b) Kirjoita tässä tehtävässä tarkoitetun minimoitavan kustannusfunktion lauseke niin täsmällisesti kuin mahdollista viittaamalla inputin ja outputin mittausarvoihin, mallin parametreihin ja aikaindeksin arvoihin. **2p.**

$$y_k + a y_{k-1} = b u_{k-3} + c u_{k-4} + d$$

lscov Least squares ...

`X = lscov(A,B)` returns the ordinary least squares solution to the linear system of equations $A \cdot X = B$, i.e., X is the N -by-1 vector that minimizes the sum of squared errors $(B - A \cdot X)' \cdot (B - A \cdot X)$, where A is M -by- N , and B is M -by-1.