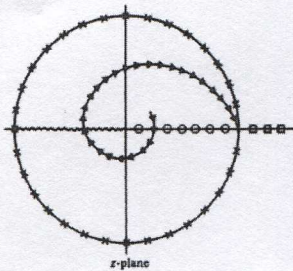


Esitä vastauksesi huolellisesti standarditavoilla, lausekkeet sievennettyinä. Vastuullasi on mm. esittää kukin vastaus niin, että kysymyksen ja vastauksen nähneen ei tarvitse arvailla analyysin lopputulosta tai oikeaa tapaa implementoida suunnittelutehtävän tulos.

1. Jatkuva-aikaisen LTI-tilamallin s-tason ominaisarvo tai mallin siirtofunktion vastaava s-tason napa saattaa kuvautua mallin diskretoinnissa (ZOH-oletuksella) z-tason reaaliakselille, katso oheinen kuva. **a)** Esitä s-tason vastaavat pisteet graafisesti vastaavilla piirtomerkeillä ($\sim$, $\circ$, $\square$). Huomaa, että $\square$ -positioihin voidaan osua muullakin ehdolla kuin luentokalvoissa mainituissa tapauksissa. **b)** Kerro erikseen täsmällisesti myös s-tason pisteistä, jotka kuvautuvat z-tason Re-akselin pisteisiin -1 ja $+1$. **3p.**



2. Prosessin siirtofunktio $H(z)$ ja säätimen siirtofunktio $D(z)$ ovat alla. Päättelä juuriuran **a)** alkupisteet, **b)** loppupisteet, **c)** reaaliakseliosuudet ja **d)** murtopisteet kun $0 \leq p < \infty$. **5p.**

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

3. Alla on erään prosessin diskreettiaikainen tilamalli.

- a.** Tutki, onko prosessi ohjattavissa. Perustele päättelysi askeleet/eteneminen tarkasti. **3p.**
- b.** Mitoita prosessille tilatakaisinkytkentä niin, että säätöpiirin ominaisarvoiksi saadaan 0.8 ja 0.5. Vastauksesta tulee käydä ilmi myös säätimen outputin laskentakaava. **4p.**

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} x, \quad qx = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \end{bmatrix} u$$

- 4a.** Tutki, onko Tehtävän 3 prosessi tarkkailtavissa. **3p.**
- 4b.** Esitä mallin $qx = Ax + Bu$, $y = Cx$ ennustavan tilaestimaattorin eli tilaprediktorin eli viiveellisen tilahavaintajan/tilatarkkailijan alkeislohkokaavio käyttäen matriisitoimilohkoja ja vektoreihin kohdistuvia perusoperaatioita kuten summaus, vähennyslasku ja viivästys. **3p.**
- 4c.** Johda Tehtävän 4b prediktorin muodostaman estimaatin virheen tiladifferenssiyhtälö. **2p.**

5a. Mallin $qx = Ax + Bu$, $y = Cx$ viiveettömän tilaestimaattorin eli tilasuotimen (current estimator) vahvistus L voidaan mitoittaa asettelemalla matriisin $A - LC$ ominaisarvot tai matriisin $A(I - LC) = A - ALC$ ominaisarvot. Valitse näistä vaihtoehdoista jompikumpi ja vastaa seuraaviin kysymyksiin: a) Kuinka mitoittaisit vahvistuksen ohjelmalla/ ohjelmistolla, jolla voi mitoittaa tilatakaisinkytkennän tuottamaan säätöpiirille halutut ominaisarvot? b) Mihin lineaarialgebran/matriisilaskennan tulokseen a-kohdan mitoitusmahdollisuus perustuu? **3p.**

5b. Alla on prosessin tilamalli (ab), tilaestimaattorin tilamalli (cd) ja säätimen outputin malli (e), jossa r on prosessin outputin y asetusarvo. Muodosta suljetulle systeemille prosessin outputin dynamiikkaa kuvaava tilamalli, ja esitä se sopivia ositettuja vektoreita ja ositettuja matriiseja käyttäen. Jos tarvitset apumatriiseja, niin määrittele niiden dimensiot ja sisältö selvästi ja yksikäsitteisesti. **4p.**

(a) $qx = Ax + Bu$

(b) $y = Cx$

(c) $qw = A_e w + B_u u + B_y y$

(d) $\hat{x} = w + D_y y$

(e) $u = -K \hat{x} + N r$