

Ei saa käyttää laskimia eikä omia kaavastoja. Harppia, astelevyä ja geokolmiota saa käyttää.

Saat lainaksi kaavaston. Älä kirjoita äläkä piirrä siihen mitään. Palauta kaavasto sille osoitettuun kasaan poistuessasi.

Kysymyksen ja vastauksesi välillä on oltava yksiselitteinen yhteys niin, että tarkastaja ei joudu arvailemaan, mitä tarkoitat vastauksellasi. Vastaukseksi ei kelpaa $\begin{bmatrix} 3 & 4 \end{bmatrix}$ tms. matriisi, jos sen matriisin käyttötarkoitusta/tapaa ei voi päätellä yksikäsitteisesti kysymyksen ja vastauksesi lukemisen perusteella. Vastuullasi on siis kytkeä vastauksesi kunnolla kysytyyn.

Esitä rationaalifunktiot polynomien osamäärinä ja polynomit standarditavalla eli näyttämällä kunkin potenssin lopullinen sievennetty kerroin joko yhtenä selkeänä lausekkeena tai hyvin dokumentoituna parametrina. Esimerkiksi lauseke $(z+1)/(z+2) + (z+4)/(z+5)$ tulisi esittää muodossa $(2z^2+12z+13)/(z^2+7z+10)$ ellei tehtävän luonne ja muotoilu muuta edellytä.

Esitä vastauksesi muutenkin jämäkästi.

Vie laskelmat/sieventelyt loppuun asti. saattaa olla keskeneräinen vastaus, joka tulee kuitenkin sieventää lausekkeeksi. Saat kuitenkin vastata algoritmisesti tyyliin $c = a^2b$, $d = b/\ln(c)$ tms., jos tällainen alkeisfunktioihin viittaava ja/tai algoritmisen vastaustapa olisi mielekäs käytännön työssä. Eksplisiittistä ratkaisukaavaa ei siis tarvitse johtaa, jos algoritmisen vastaus on fiksu.

Ole huolellinen! Lue kysymykset tarkasti ja pyri vastaamaan kaikkeen kysytyyn.

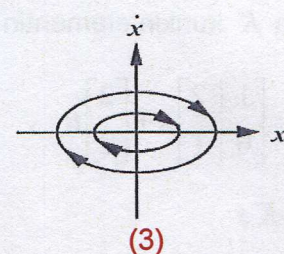
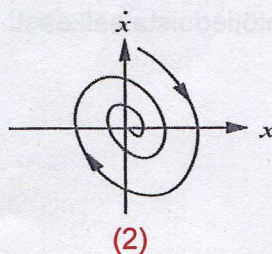
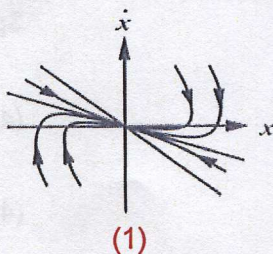
Älä käytä yhdelle sovellukselle päteviä erikoiskaavoja/tuloksia muille sovelluksille.

Tehtävien 1-9 yhteenlaskettu maksimipistemäärä on 30. Näistä tehtävistä saamasi yhteispistemäärä skaalataan testien pisteasteikolle luvulla 3 kertomalla.

Tehtävä SEM on seminaarista täysin tai osittain poissaolleiden lisätehtävä. Sen pistemäärä testien pisteasteikolla on 7:

Tehtävä SEM

a) Alla on kolmen LTI-systeemin tilatasokuvat. Esitä systeemien jatkuva-aikaisten mallien napojen sijainti graafisesti:



b) Kerro lyhyesti sopivien kaavojen, kuvien ja lauseiden avulla SISO-systeemin MPC-säädöstä.

Tehtävä 1 (4p.)

Alla on erään systeemin inputin u ja outputin y riippuvuutta kuvaava differenssiyhtälömalli (1). Siinä n on indeksi eli kokonaislukuarvoinen laskurimuuttuja.

a) Piirrä mallille alkeislohkokaavio. 2p.

b) Johda mallin vasteen z -muunnoksen lauseke, ja tunnista siitä mallin z -siirtofunktio. 2p.

$$y_{n+1} = a y_n + b u_n \quad (1)$$

Tehtävä 2 (2p.)

Alla on PI-säätimen siirtofunktion $F(s)$ mukava parametointi tähän tehtävään. Siinä T_I on integrointi-aika ja K_I on integrointivahvistus. Halutaan PI-säädintä jäljittelevä diskreetti-aikainen säädin, jonka säätöväli (pitoaika; myös näytteenottoväli) on h . Muodosta halutun säätimen z -siirtofunktio $F_d(z)$ Tustin-menetelmällä tai Backward Euler-menetelmällä. Sievennä $F_d(z)$ hyvin, ja esitä tulos rationaalifunktion standardimuodossa (jossa polynomitkin ovat standardimuodossa).

$$F(s) = K_I \frac{T_I s + 1}{s}$$

Tehtävä 3 (4p.)

Läpivirtaussäiliön veden lämpötilan perturbaation y riippuvuutta säiliössä olevan lämmitysvoiman luovuttaman lämmitystehon u perturbaatiosta kuvataan oheisen vakioparametrisen differentiaaliyhtälön (3a) avulla. Ohjaussuure u halutaan muodostaa tietokonesäädöllä. Pitopiirin kerataluku on 0. Säätöväli olkoon h . Säädön suunnitteluun halutaan D/A-muunnoksen, mallin (3a) ja A/D-muunnoksen huomioon ottava diskreetti-aikainen malli (3b). Johda kaavat sen parametreille a , m , b ja c . Kevennetty versio: Valitsemalla säätöväli h niin, että $c = 0$ ja ratkaisemalla sitten oikein parametrien a , m ja b arvot tehtävästä voi saada 3p.

$$T \dot{y}(t) + y(t) = K u(t - d) \quad (3a)$$

$$y(nh + h) = a y(nh) + b u(nh - mh) + c u(nh - mh - h) \quad (3b)$$

Tehtävä 4 (3p.)

Alla on erään prosessin diskreetti-aikainen tilaesitys (4a) ja säätölaki (4b). Mitoita prosessille tilatakaisinkytkentäsäätölaki (4b) niin, että säätöpiirin ominaisarvoiksi saadaan a ja a . Esitä matriisin K kunkin elementin riippuvuus lähtötiedoista selkeästi. 3p.

$$qx = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \end{bmatrix} u, \quad y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} x \quad (4a)$$

$$u = K x \quad (4b)$$

Tehtävä 5 (3p.)

Tutki Tehtävän 4 mallin (4a) tilan tarkkailtavuutta sopivalla matriisilaskelmalla. 3p.

Tehtävä 6 (4p.)

Systeemille, jonka malli (6) on alla, halutaan tilan ennustusestimaattori eli prediktori eli viiveellinen havaitsija (tarkkailija).

a) Esitä tilan estimaatin tiladifferenssiyhtälö, ja kerro sen viritettävän matriisin rivien lukumäärä ja sarakkeiden lukumäärä. **2p.**

b) Matlab-toolon `place` kutsulla $K = \text{place}(M, N, P)$ saadaan monessa tapauksessa matriisi K , jolla matriisin $M - N * K$ ominaisarvot ovat vektorissa P toivottuja kompleksitasen lukuja. Kuinka käyttäisit tooloa `place`, jos tavoitteesi on saada prediktorin ominaisarvoille haluamasi arvot? Sisällytä vastaukseen myös vektorin P mahdollisimman tarkka kuvailu.

2p
(6)

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad y = Cx$$

Tehtävä 7 (4p.)

Tehtävän 3 mallirakenteen (3b) parametrit a , b ja c voidaan estimoida kokeellisesta (mitatusta tai simuloidusta) I/O-datasta ohjelmistolla, joka on tarkoitettu ylimäärätyn yhtälöryhmän $Mv = w$ Least Squares -ratkaisun (pienimmän neliösumman ratkaisun) laskemiseen. Muodosta tällaiselle sovitungelmalle sopiva matriisi M ja sopivat vektorit v , w .

Tehtävä 8 (3p.)

a) Kaverisi on koodannut diskreetti aikaisen PID-säätimen inkrementiaalgoritmin (nopeusalgoritmin) periaatteessa oikein. Millaiseen käyttöön se ei sovellu? **1p.**

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

Tehtävä 9 (3p.)

Asetusarvon seuranta haluttaessa stabiilin prosessin ohjaus voidaan periaatteessa muodostaa etukompensaattorilla (ilman palautemittausta), perinteisellä myötähaaran säätimellä (erosuureen perusteella) tai tilatakaisinkytkentää ja asetuservosta riippuvaa termiä yhdistellen (eräällä kahden vapausasteen säätötavalla). Vertaile näitä vaihtoehtoja sanallisesti kertomalla lyhyesti stabiiliudesta, säätötarkkuudesta jne. sekä näihin vaikuttavista / näissä huomioon otettavista prosessin ominaisuuksista ja suunnittelijan valinnoista.