Mat-2.4129 Systeemien identifiointi
Tentti 16.12.2014
Kai Virtanen / Mariko Landström

Kirjoita jokaiseen vastauspaperiin
- Mat-2.4129 SID 16.12.2014
- nimi ja opiskelijanumero
- koulutusohjelma tai tutkinto-ohjelma ja vuosikurssi
- mahdollinen entinen nimi
- paperin nro / paperien lkm
- nimikirjoitus

Tentissä saa vastata **kaikkiin tehtäviin**, joista kukin arvostellaan asteikolla 0-6.

- Tehtävät 1 ja 2 eivät ole korvattavissa hyvityspisteillä.
- Tehtävät 3 ja 4 ovat korvattavissa kotitehtävistä ja laskareissa esittellyistä tehtävistä saaduilla hyvityspisteillä.
- Tehtävät 5 ja 6 ovat korvattavissa harjoitustöistä saaduilla hyvityspisteillä

Hyvityspisteet on esitetty tenttipaperin liitteessä.

Tentin arvostelussa huomioitavat pisteet lasketaan seuraavasti:
- Jos korvaa kaksi tehtävää koti- ja esittelytehtävillä, niin max{tehtävien 3 ja 4 pisteet yhteen, koti- ja esittelytehtävähyvitykset}
- Jos korvaa yhden tehtävän koti- ja esittelytehtävillä, niin max{tehtävän 3 tai 4 pisteet, koti- ja esittelytehtävähyvitykset}
- max{tehtävien 5 ja 6 pisteet yhteen, harjoitustyöhyvitykset}

Tentissä saa käyttää kynää, kumia, paperia ja aivoja.

Opiskelijanumero	Laskarihyvitys	Harjoitustyöhyvitys
79441C	11	11
84625W	11	12
84744E	12	12
79430M	5	12
84094A	3	11
83814F	9	7
224255	6	5
64867B	7	6
31928K	12	12
58158W	11	7
223476	11	9
224828	12	12
84408M	9	9
69974U	3	0
84787L	1	0
292452	11	12
225801	0	5
297596	3	8
84193E	11	12
218164	11	11
84330K	11	8
222286	4	11
66778P	1	0

A. Pakolliset tehtävät

1.

Olet identifioimassa lineaarista parametrista systeemimallia, jonka ohjauksena on tunneittainen ulkoilman lämpötila ja ulostulona tunneittainen Suomen sähkönkulutus. Käytössäsi on tunneittaiset aikasarjat lämpötilasta ja sähkönkulutuksesta.

a) Millä menetelmällä arvioisit lämpötilasignaalin jatkuvasti herättävyyttä? (1p)

b) Miten hyödyntäisit aikasarjoja mallin rakenteen valinnassa? (1p)

c) Oletetaan, että olet onnistunut valitsemaan mallin rakenteen ja estimoimaan mallin parametrit ennustevirhemenetelmällä. Miten käytät taajuusvastetta mallin validoinnissa? Sanallinen kuvaus riittää. (1p)

Olet paininut em. identifiointiongelman kanssa n. vuoden, kun yht'äkkiä päätätkin tulkita lämpötilan systeemiin vaikuttavaksi häiriöksi. Tavoitteenasi on muodostaa häiriömalli $y(t)=G(q)u(t)$, jossa y on lämpötila, u valkoista kohinaa ja G jatkuva-aikainen siirtofunktio.

d) Esitä perustellen y:n spektri G:n ja u:n spektrin avulla. (1p)

e) Miten estimoisit lämpötilasignaalin spektrin? Sanallinen kuvaus riittää. (1p)

f) Miten määräisit G:n hyödyntäen d)- ja e)-kohtien tuloksia? (1p)

2.

a) Olkoon systeemin impulssivaste $h(k)$, $k=0,\ldots,N$. Miten määräät systeemin ulostulon impulssivasteen avulla, kun sisäänmeno $u(k)$ on annettu? (1p)

b) Miten systeemin askelvaste ja impulssivaste suhtautuvat toisiinsa? (1p)

c) Miten systeemin impulssivaste ja siirtofunktio suhtautuvat toisiinsa? (1p)

d) Miten systeemin siirtofunktio ja taajuusvaste suhtautuvat toisiinsa? (1p)

e) Miten voit hyödyntää impulssivastetta systeemin kertaluvun määräämisessä? (1p)

f) Millä menetelmällä identifioisit kohinaisen systeemin impulssivasteen? Menetelmän nimi ja lyhyt sanallainen kuvaus menetelmän ideasta riittää. (1p)

B. Kotitehtävillä ja laskareissa esitellyillä tehtävillä korvattavissa olevat tehtävät
HUOM! Ilmoita tenttipaperissa, että korvaatko kummatkin tehtävät, vain tehtävän 3 vai vain tehtävän 4!

3.

Tarkastellaan lineaarista dynaamista SISO-systeemiä

$$dx(t)/dt = Ax(t)+Bu(t)$$

$$y(t) = Cx(t)+Du(t).$$

a) Johda systeemiä vastaavan input-output-kuvauksen siirtofunktio. (1p)

b) Ratkaise järjestelmän tasapainotila vakio-ohjauksella $u_0 > 0$. (0.5p)

c) Ratkaise järjestelmän tasapainotila vakio-ohjauksella $u_0 < 0$. (0.5p)

d) Montako tasapainotilaa järjestelmällä on? Perustele vastauksesi. (1p)

e) Miten ohjaus u_0 vaikuttaa systeemin stabiilisuusominaisuuksiin? (0.5p)

f) Miten ohjaus u_0 vaikuttaisi systeemin stabiilisuusominaisuuksiin, jos tarkasteltava systeemi olisi epälineaarinen? (0.5p)

Siirrytään tarkastelemaan dynaamista systeemiä, jonka siirtofunktio on $G(s)=-(1/s)$.

g) Onko järjestelmä stabiili klassisessa mielessä? Perustele vastauksesi. (1p)

h) Onko järjestelmä sisäänmeno-ulostulo –stabiili? Perustele vastauksesi. (1p)

4.

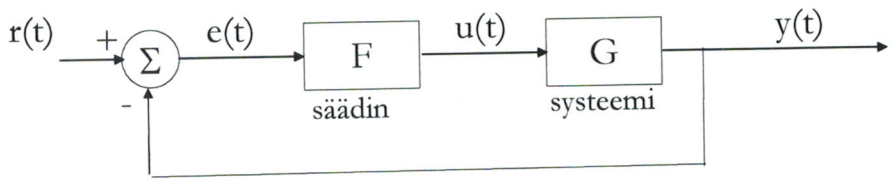
a) Esittele lyhyesti takaisinkytketyn säädön periaate. (1p)

b) Miksi takaisinkytkentä hankaloittaa systeemien identifiointia? (1p)

c) Tarkastellaan Kuvan 1 mukaista järjestelmää, jossa G(s) on systeemin siirtofunktio ja F(s) säätimen siirtofunktio.

Johda suljetun silmukan siirtofunktio, joka kuvaa r:n y:lle. (2p)

d) Olkoon $G(s)=1/(s-2)$. Suunnittele P-säädin, joka stabiloi systeemin. Vinkki: PID-säätimen aikatasoesityksen Laplace-muunnos on $U(s)=(K_P+K_I/s+K_d s)E(s)$, jossa K_P, K_I ja K_D ovat säätimen parametrit. (2p)



Kuva 1

C. Harjoitustöillä korvattavissa olevat tehtävät

5.

a) Johda ARX-mallirakenteen A(q)y(t)=B(q)u(t)+e(t) ennustevirheen varianssin minimoiva ennustemallirakenne y^(t). (1p)

b) Johda yleisen ARMAX-mallirakenteen A(q)y(t)=B(q)u(t)+C(q)e(t) ennustevirheen varianssin minimoiva ennustemallirakenne y^(t). (1p)

c) Määrittele ennustevirhemenetelmä. (1p)

d) Esittele ennustevirhemenetelmien käyttöä parametristen systeemimallien konstruoinnissa. (3p)

6.

Tarkastellaan lineearista n. kertaluvun SISO-järjestelmää

$$x(t+1) = Ax(t) + Bu(t)$$
$$y(t) = Cx(t) + Du(t)$$

a) Osoita, että järjestelmä on saavutettava, jos ohjattavuusmatriisin

$$Qc= [B|AB|A^2B|...|A^{n-1}B]$$

rangi on n. (3p)

b) Osoita, että järjestelmä on tarkkailtava, jos tarkkailtavuusmatriisin

$$Qo= [C^T|A^TC^T|(A^T)^2C^T|...|(A^T)^{n-1}C^T]$$

rangi on n. $(\bullet)^T$ viittaa matriisin transponointiin. (3p)