

Mat-2.4129 Systemien identifiointi
Tentti 13.12.2011
Kai Virtanen / Jouni Pousi

Kirjoita jokaiseen vastauspaperiin

- 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 esittelyistä tehtävistä saaduilla hyvityspisteillä.
- Tehtävät 5 ja 6 ovat korvattavissa harjoitustöistä saaduilla hyvityspisteillä

Hyvityspisteet on esitetty tenttipaperin liitteessä.

Tentin arvostelussa huomioitavat pisteet lasketaan seuraavasti:

- $\max\{\text{tehtävien 3 ja 4 pisteet yhteen, koti- ja esittelytehtävähyvitykset}\}$
- $\max\{\text{tehtävien 5 ja 6 pisteet yhteen, harjoitustyöhyvitykset}\}$

Tentissä saa käyttää kynää, kumia, paperia ja aivoja.

A. Pakolliset tehtävät

1.

Olet identifioimassa lineaarista parametrissa 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. Tavoitteesi 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 $h(k)$, $k=0, \dots, N$. Miten määrääät 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 määrittämisessä? (1p)
- f) Millä menetelmällä identifioisit kohinaisen systeemin impulssivasteen? Menetelmän nimi ja lyhyt sanallinen kuvaus menetelmän ideasta riittää. (1p)

B. Kotitehtävillä ja laskareissa esitellyillä tehtävillä korvattavissa olevat tehtävät

3.

Tarkastellaan lineaarista dynaamista SISO-systeemiä

$$\frac{dx(t)}{dt} = Ax(t) + Bu(t)$$

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

- 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.

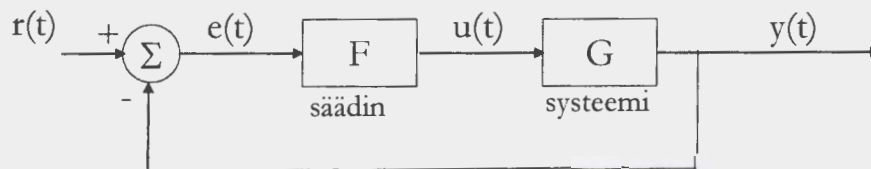
a) Esittele lyhyesti takaisinkytketyn säädön periaate. (1p)

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 stabiloii systeemin. Vinkki: PID-säätimen aikatasoesityksen Laplace-muunnos on $U(s)=(K_P+K_I/s+K_Ds)E(s)$, 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 $\hat{y}(t)$. (1p)

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

c) Määrittele ennustevirhemenetelmä. (1p)

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

6.

Tarkastellaan lineaarista n . kertaluvun SISO-järjestelmää

$$x(t+1) = Ax(t) + Bu(t)$$

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

a) Osoita, että järjestelmä on saavutettava, jos ohjattavuusmatriisiin

$$Q_c = [B \mid AB \mid A^2B \mid \dots \mid A^{n-1}B]$$

rangi on n . (3p)

b) Osoita, että järjestelmä on tarkkailtava, jos tarkkailtavuusmatriisiin

$$Q_o = [C^T \mid A^T C^T \mid (A^T)^2 C^T \mid \dots \mid (A^T)^{n-1} C^T]$$

rangi on n . (•)^T viittaa matriisiin transponointiin. (3p)