

Järjestelmien ohjaus Tentti & A-testi 12.12.2012

Ei laskimia, kännyköitä tms. välineitä. Ei kirjallisuutta, ei omia kaavastoja: Saat lainaksi kaavaston. Älä kirjoita tai piirrä siihen mitään. **Palauta** kaavasto poistuessasi. Vedä arkin ulkoreunoihin pystyviivat erottamaan kahden ruudun levyiset sivumarginaalit. Ole huolellinen, selväsanainen, yksiselitteinen, täsmällinen. Ope ei arvaa, mitä ajattelet mutta et esitä. Tentin osalta Tehtävistä 1-6 saatu yhteispistemäärä skaalataan tutulle pikojen ja testien asteikolle kertomalla luvulla $56/36 = 14/9$ ennen muiden pisteiden ynnäämistä.

Tehtävä 2 kuuluu kokonaistenttiin vain osin: **1)** a- ja b-kohdat ovat toisilleen vaihtoehtoiset, **2)** c- ja d-kohdat ovat toisilleen vaihtoehtoiset, **3)** e-kohta ei kuulu tenttiin. *A-testiin* kuuluvat **Tehtävä 1a** ja koko **Tehtävä 2**.

Tehtävä 1. Ohjaamistavoista

- a) OK-talon lämmitystä voidaan ohjata edistyskellisesti sekä servotehtävän että regulointitehtävän vaatimukset huomioon ottaen. Piirrä ja dokumentoi hyvin sellaisen ohjaustavan käyttöä kuvaava lohkokaavio, johon sisältyy myös ohjauksen kohteena oleva järjestelmä. Nimeä keskeiset osasysteemit ja I/O-funktiot myös termikielellä. Älä ota kantaa ohjaamisen kohteena olevaan lämmöntuottolaitteistoon. Kaskadisäädön vastaukseen sisällyttämisestä ei tässä saa pisteitä. **4p.**
- b) Selosta kaskadisäätöä lyhyesti lohkokaaviotakin käyttäen sekä yleisesti että jollekin esimerkisovellukselle. (Ei A-testiin) **2p.**

Tehtävä 2. Mallinnusta simuloinnin tarpeisiin & alustavaa analyysia (Tentissä vain a/b, c/d, f)

- a) Erään tiedeyliopiston ruokala(bra)ssa (*Matlab* på svenska) on läpinäkyvä sylinterin muotoinen mehutankki. Vaakasuuralla pöytätasolle sijoitetun tankin sisäpölkkipinta-ala on a (yksikössä m^2). Janne saa lasiinsa mehua kääntämällä vipua, jonka liike johtaa poistoputkessa olevan venttiilin osittaiseen tai täydelliseen avautumiseen. Johda malliyhtälöt, jotka kuvaavat lasiin virtaavan mehun tilavuusvirtauksen q_{out} (yks. m^3/s) vaikutusta tankin mehutilavuuteen V (yks. m^3). Esitä mallille myös alkeislohkokaavio. **2p.**
- b) Piirrä PI-säätimelle alkeislohkokaavio ja nimeä siinä käyttämäsi parametrit termein (termi/käsitteikielellä). Sinulla on tässä hieman valinnanvapautta, sillä materiaali tarjoaa vaihtoehtoisia ”oikeita” vastauksia! **2p.**
- c) Eräs säädin muodostaa inputfunktionsa e outputfunktionsa u oheisen vakiokertoimisen mallin mukaisesti. Esitä säätimelle matriisinotaatiota käyttävä tilaesitys (, jollaista ohjelmistot ja kirjallisuus suosivat). Varmista matriisikertolaskujen ja vektoryhteenlaskujen dimensioyhteensopivuudet vastauksessasi! **2p.**

$$\dot{v} = a \cdot v + b \cdot e, w = c \cdot v + d \cdot e; \quad \dot{z} = f \cdot z + g \cdot w, u = h \cdot z + k \cdot w$$

- d) Erään säiliön nesteen pinnankorkeuden h riippuvuutta tulovirtauksen tilavuusvirtauksesta u kuvataan mallilla (1). Mainittujen muuttujien erään tasapainotilan arvojen tunnuksat olkoot $\bar{h}$ ja $\bar{u}$. Analyysin ja suunnittelun helpottamiseksi malli (1) halutaan korvata toviksi mallilla (2). Mikä kertoimen a arvo saadaan opintojakson suosimalla ja Tenttikaavaston tukemalla approksimointimenetellyllä? Saat laskea sen niin lyhyesti ja ytimekkäästi kuin pystyt, ts. runoilematta ja ryhtymättä monimutkaisiin yhtälötalkoisiin. **2p.**

$$(1) \frac{dh}{dt} = -0.04 \cdot h^{0.5} + u$$

$$(2) \frac{d}{dt}(h - \bar{h}) = a \cdot (h - \bar{h}) + b \cdot (u - \bar{u})$$

Laske a napakasti turhia kirjoittelematta!

- e) Päättele vakioviivemallin siirtofunktio *ominaisfunktio* käsitteen avulla, kun viive on c . **2p.**
- f) Testaa oheisen mallin *tarkkailtavuutta* matriisioperaatioita käyttävällä standarditestillä: **2p.**

$$\frac{d}{dt}x = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot u, \quad y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot x$$

Tehtävä 7a

1p.

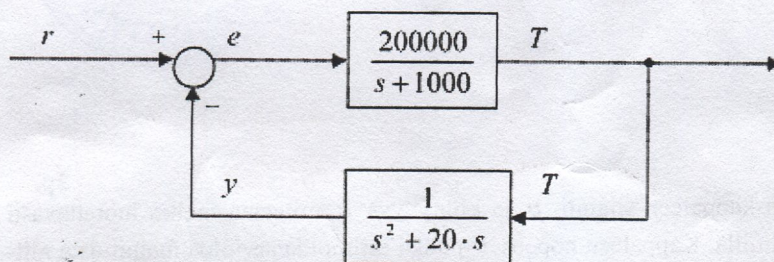
Erään mittaussysteemin siirtofunktio on alla mainittu H . Saatua mittaussignaalia halutaan käsitellä jälkikompensaattorilla niin, että siirtofunktioksi mitattavasta funktiosta jälkikompensaattorin output-funktioon saadaan alla mainittu Q . Johda jälkikompensaattorin siirtofunktio P .

$$H(s) = \frac{1}{T_H \cdot s + 1}, \quad T_H > 0 \quad ; \quad Q(s) = \frac{1}{T_Q \cdot s + 1}, \quad 0 < T_Q < T_H$$

Tehtävä 7b

3p.

Laske oheisen lohkokaaavion kuvaaman kokonaissysteemin siirtofunktio, ja esitä tulos rationaalifunktion standardimuodossa. Esimerkki on erään kiintolevyn lukupään paikkasäädöstä, jossa r on käsivarren kulman asetusarvofunktio ja T on DC-moottorin tuottama vääntömomentti.

**Tehtävä 8a**

1p.

Luokittele seuraavat siirtofunktiot luokkiin **BIBO-stabiili**, **marginäälistesti stabiili** ja **epästabiili**. Jokainen luokittelu jäävä siirtofunktio vähentää 0.25 pistettä, jokainen väärä luokittelu 0.5 pistettä. Tästä osatehtävästä ei kuitenkaan voi saada negatiivista pistemäärää.

$$s+1, \frac{1}{s}, \frac{1}{s+1}, \frac{1}{(s^2+1)^2}, e^{-s}$$

Tehtävä 8b

3p.

Eräessä asentosäätöongelmassa DC-moottorin akselin kääntymäkulma riippuu asetusarvostaan oheisen siirtofunktion T kuvaamalla tavalla. Johda mallin **BIBO**-stabiiliusehdot yksityiskohtaisella **Routh**-testillä. Kolmannen kertaluvun systeemeille mahdollisesti muistamiasi erikoistuloksia/nyrkki-kaavoja saat tuki käyttää tarkistukseen, mutta siitä ei nyt myönnetä pisteitä. Muista tehdä helposti tulkittava yhteenveto. Vastauksessa kannattanee suosia rajaa tai rajoja parametrille k . Niin tai näin, muista tarvittaessa myös, mitä aiemmassa koulussasi kerrottiin epäyhtälöiden puolittain kertomisesta ja/tai jakamisesta.

$$T(s) = \frac{k}{(\tau_1 \cdot \tau_2) \cdot s^3 + (\tau_1 + \tau_2) \cdot s^2 + s + k} \quad ; \quad \tau_1 > 0, \tau_2 > 0$$

Ei laskimia, kännyköitä tms. välineitä. Ei kirjallisuutta, ei omia kaavastoja:

Saat lainaksi kaavaston. Älä kirjoita tai piirrä siihen mitään. Palauta kaavasto poistuessasi.

Vedä arkin ulkoreunoihin pystyviivat erottamaan kahden ruudun levyiset sivumarginaalit.

Ole huolellinen, selväsanainen, yksiselitteinen, täsmällinen. Ope ei arvaa, mitä ajattelet mutta et esitä.

Tehtävä 5a

Johda Laplace-muunnoksen ratkaistu ja sievennetty lauseke tilavuusvirtausfunktiolle q_m , jolle

$$q_m(t) = \begin{cases} 0 & , t < 3 \\ 0.04 & , t \geq 3 \end{cases}$$

2p.**Tehtävä 5b**

Erään suoralla radalla liikkuvan kappaleen sijainti p ja kiihtyvyys a mitataan melko luotettavasti eräillä hardware-mittausjärjestelmillä. Kappaleen nopeus v pitäisi estimoida/arvioida mainituista mittausfunktioista. Piirrä alkeislohkokaavio tai esitä tilaesitys jatkuva-aikaiselle signaalinkäsittelyalgoritmille/systeemille, joka tuottaa nopeudelle v estimaatin $\hat{v}$. Opintojakson materiaali esittelee kaksikin vaihtoehtoa, joista tässä toisen esittely riittää. Matriisinotaatiota ei tarvitse nyt käyttää.

2p.**Tehtävä 6a**

Auton vakionopeuden säädössä auton nopeuden perturbaatio Δv riippuu polttoaineen syöttöön vaikuttavan funktion perturbaatiosta Δu ja tien ajosuuntaista jyrkkyyttä kuvaavan funktion perturbaatiosta $\Delta \theta$ oheisen vakiokertoimisen differentiaaliyhtälömallin mukaisesti. Johda mallille Laplace-siirtofunktio, ja esitele/nimeä tuloksesta sekä relevantit siirtofunktiot että luonnollisen vasteen Laplace-muunnos. Sinun odotetaan siis listaavan & nimeävän eräitä lausekkeita.

2p.

$$\frac{d}{dt} \Delta v(t) = a \cdot \Delta v(t) + b \cdot \Delta u(t) + c \cdot \Delta \theta(t)$$

Tehtävä 6b

Piirrä nyt tentittävässä aineistossa kuvaillulle PD-säätimen modifikaatiolle signaalivirtauskaavio (Signal Flow Graph), jossa esiintyvät mm. asetusarvofunktio r ja prosessin outputin mittausarvoja edustava funktio m (tai mainittujen funktioiden Laplace-muunnosten tunnuksat). **Miksi** kyseistä modifikaatiota käytetään?

2p.