

ELEC-C1110 Automaatio- ja systeemitekniikan perusteet (5 op)

Tentti 11.4.2014

- Tehtäväpaperin lopussa on kaavakokoelma

1. Valitse seuraavissa kysymyksissä vaihtoehdoista A/B/C/D yksi tai useampia.

(Alakohtien pisteytys: täysin oikeasta vastauksesta 1 piste, muuten 0 pistettä, yhteensä max 10 pistettä)

- a) Mikä on suljetussa järjestelmässä säätimen syöte, kun vaste on prosessin (tai sitä ohjaavan toimilaitteen) ohjaus?
- A: Säätimen syöte on haluttu vaste
 - B: Säätimen syöte on mittaus prosessista
 - C: Säätimen syöte on halutun vasteen ja prosessista saadun mittauksen erotus
 - D: Säätimen syöte on haluttu prosessin (tai sitä ohjaavan toimilaitteen) ohjaus
- b) Mitkä seuraavista ovat paineen mittaukseen käytettyjä antureita?
- A: Rotametri
 - B: Venturiputki
 - C: Paljeputki
 - D: Bourdon-putki
- c) Mitä mitataan aikavakiolla?
- A: Kuinka suuri viive on syötteen muutoksen alkamisen ja vasteen muutoksen alkamisen välillä
 - B: Kuinka nopeasti signaalin virhe on maksimissaan $\pm 1\%$ lopullisesta arvostaan
 - C: Kuinka nopeasti signaali on saavuttanut 63% lopullisesta arvostaan
 - D: Kuinka nopea syöte aiheuttaa vasteessa havaittavan muutoksen
- d) Missä seuraavista tilanteista 100 Hz signaali aiheuttaa laskostumisilmiön signaalia näytteistettäessä?
- A: Signaalista suodatettu pois yli 50Hz taajuudet ennen näytteenottoa, näytteenottotaajuus 75Hz
 - B: Signaalista suodatettu pois yli 200Hz taajuudet ennen näytteenottoa, näytteenottotaajuus 150Hz
 - C: Signaalia ei suodatettu, näytteenottotaajuus 250Hz
 - D: Signaalia ei suodatettu, näytteenottotaajuus 75Hz
- e) Mitkä termit tekevät seuraavasta differentiaaliyhtälöstä epälineaarisen?
- $$\sqrt{10} \cdot \ddot{x} + \dot{x}^2 = \ddot{u} - \frac{1}{x}$$
- A: $\sqrt{10} \cdot \ddot{x}$
 - B: \dot{x}^2
 - C: \ddot{u}
 - D: $-\frac{1}{x}$
- f) Mitkä seuraavista väittämistä ovat totia?
- A: Asetusarvosäätö korjaa prosessiin vaikuttavia häiriöitä.
 - B: Servosäätö korjaa prosessiin vaikuttavia häiriöitä.
 - C: Moottorin paikkaa ohjataan tyypillisesti asetusarvosäädöllä.
 - D: Asetusarvosäädössä pyritään pitämään prosessia tietyssä toimintapisteessä.

g) Mitkä seuraavista pystyvät korjaamaan pysyvän poikkeaman?

- A: P-säädin
- B: PI-säädin
- C: PD-säädin
- D: PID-säädin

h) Mitkä seuraavista väittämistä ovat tosia?

- A: Differentiaaliyhtälön linearisointi tehdään toimintapisteeseen ympäristössä
- B: Differentiaaliyhtälön linearisointi tehdään olettamalla syöte nolaksi
- C: Toisen asteen differentiaaliyhtälö pitää linearisoida, jotta siitä voidaan muodostaa siirtofunktio
- D: Siirtofunktio voidaan muodostaa prosessille, toimilaitteille, antureille ja säätimille

i) Mikä on suora kinematiikka?

- A: Kuvaus nivelien kulmanopeuksista työkalupisteen karteesisen nopeuteen
- B: Kuvaus karteesisesta koordinaatistosta nivelkoordinaatistoon
- C: Kuvaus yksittäisen nivelen karteesisesta nopeudesta kulmanopeuteen
- D: Kuvaus nivelkoordinaatistosta karteesisen koordinaatistoon

j) Mitkä seuraavista robottikäsiavaruuden liikkeiden ohjaamiseen liittyvistä väittämistä ovat tosia?

- A: Lineaariset trajektorit nivelavaruudessa ovat nopein tapa liikuttaa robottia
- B: Lineaariset trajektorit nivelavaruudessa sopivat rajoitetuille liikkeille
- C: Esteiden lähellä tarvitaan rajoitettua liikettä
- D: Liikesarja on aina kokonaan joko vapaata tai rajoitettua liikettä

2. Tarkastellaan seuraavia differentiaaliyhtälöitä (u on syöte, y on vaste, alkuarvot ovat nollia):

I. $\ddot{y}(t) + 7\dot{y}(t) + 18y(t) = u(t)$

II. $\dot{y}(t) + \dot{y}(t) - 2y(t) = 4u(t)$

III. $\dot{y}(t) + 5y(t) = 2u(t)$

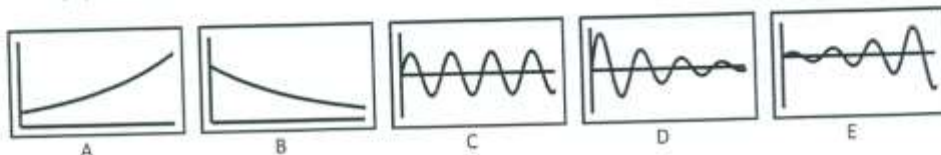
a) Muodosta differentiaaliyhtälöiden I, II ja III siirtofunktiot.
(2 pistettä)

b) Järjestelmää III säädetään PD-tyyppisellä säätimellä, jonka parametrit ovat $K_P = 5$, $K_D = 1$. Muodosta takaisinkytketyn järjestelmän siirtofunktio. Nimitään tämä säädetty järjestelmä nimellä IV.
(2 pistettä)

c) Piirrä nolla-napa-kuvaajat järjestelmien I, II, III ja IV siirtofunktiolle.
(2 pistettä)

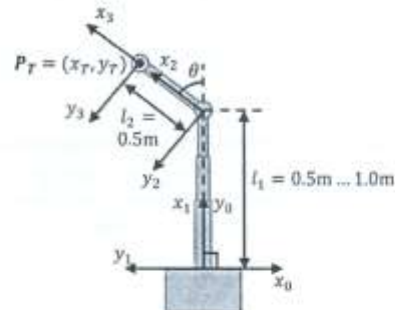
d) Analysoi kustakin siirtofunktiosta, ovatko niiden kuvaamat järjestelmät stabiileja? Millä perusteella?
(2 pistettä)

e) Seuraavassa on esitetty mahdollisia impulssivasteita järjestelmille. Mikä seuraavista kuvaajista (A-E) kuvaa mitään siirtofunktiota I, II, III ja IV? Kuvaajissa oleellista on käyttäytyminen ja muoto yleisesti, skaala ei ole merkityksellinen. Yksi kuva voi kuvata useita eri siirtofunktioita.
(2 pistettä)



3. Tarkastellaan oheisen kuvan robottikäsiä.

Käsiässä on yksi teleskooppinen varsi, jonka pituus on l_1 , sekä yksi kääntyvä nivel, jonka kulma on θ . Tavoitteena on laskea työkalupisteen P_T koordinaatit koordinaatistossa (x_0, y_0) . Tarkastellaan tilannetta, jossa $l = 0.8\text{m}$ ja $\theta = \frac{\pi}{3}$ radiaania. Käytä ketjutettuja transformaatioita.

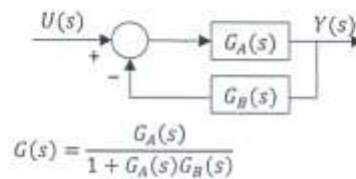
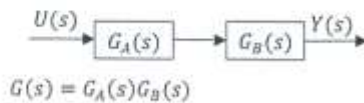


- Kirjoita transformaatiomatriisit kustakin koordinaatistosta seuraavaan. (3 pistettä)
- Käyttäen transformaatiomatriiseja kirjoita kaava työkalupisteen sijainnille koordinaatistossa (x_0, y_0) . (3 pistettä)
- Laske työkalupisteen koordinaatit koordinaatistossa (x_0, y_0) . (2 pistettä)

4.

- Kuvaile vähintään neljä erilaista anturityyppiä lämpötilan mittaamiseen. Kuvaile lyhyesti kunkin anturin toimintaperiaate. (4 pistettä)
- Mitä asioita tulee huomioida, jotta putkessa virtaavan veden lämpötila saadaan mitattua mahdollisimman luotettavasti? Mitä antureita mittaukseen voidaan käyttää? (3 pistettä)
- Kuvaile lyhyesti vähintään kolme eri tekniikkaa, joilla antureiden mittaustietoa voidaan välittää automaatiojärjestelmälle? Mitkä ovat kunkin tekniikan edut? (3 pistettä)

Kaavoja



Osamurtokehiteelmä (perusmuoto):

$$\frac{P(s)}{(s+a)(s+b)(s+c)} = \frac{A}{s+a} + \frac{B}{s+b} + \frac{C}{s+c}$$

PID-säädin:

$$G_C(s) = K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s$$

Rotaatio:

$$R = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$$

Transformaatio:

$${}^A T_B = \begin{bmatrix} {}^A R_B & {}^A P_{BORG} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Jacobin matriisi (kulmat/kartesinen):

$$J(\theta) = \begin{bmatrix} \frac{\partial x}{\partial \theta_1} & \frac{\partial x}{\partial \theta_2} \\ \frac{\partial y}{\partial \theta_1} & \frac{\partial y}{\partial \theta_2} \end{bmatrix}$$

Laplace-muunnoksen ominaisuuksia ja funktioiden Laplace-muunnoksia:

$F(s)$	$f(t)$
$C_1 F_1(s) + C_2 F_2(s)$	$C_1 f_1(t) + C_2 f_2(t)$
$e^{-as} F(s)$	$\begin{cases} 0; & t \leq a \\ f(t-a); & t > a \end{cases}$
$F_1(s)F_2(s)$	$\int_0^t f_1(\tau)f_2(t-\tau) d\tau$
$sF(s) - f(0)$	$f'(t)$
$s^2 F(s) - [sf(0) + f'(0)]$	$f''(t)$
$s^n F(s) - [s^{n-1}f(0) + \dots + f^{(n-1)}(0)]$	$f^{(n)}(t)$
$\frac{1}{s} F(s) + \frac{1}{s} \left[\int_0^t f(\tau) d\tau \right]_{t=+0}$	$\int_0^t f(\tau) d\tau$
1	$\delta(t)$
$\frac{1}{s}$	1
$\frac{1}{s^2}$	t
$\frac{1}{s+a}$	e^{-at}
$\frac{a}{s^2+a^2}$	$\sin(at)$
$\frac{s}{s^2+a^2}$	$\cos(at)$