ELEC-C1110 Automaatio- ja systeemitekniikan perusteet (5 op)
Tentti 10.11.2014

- Palauta tehtäväpaperi tentin lopuksi
- Tehtäväpaperin lopussa on kaavakokoelma
- Tentissä on 5 tehtävää. Vastaa jokaiseen.

1. Valitse seuraavissa kysymyksissä vaihtoehdoista A/B/C/D yksi tai useampia. Kirjoita vastaukset konseptipaperille.
(Alakohtien pisteytys: täysin oikeasta vastauksesta 1 piste, muuten 0 pistettä, yhteensä max 10 pistettä)

a) Mikä on suljetussa järjestelmässä PID-säätimen syöte, kun vaste on prosessin (tai sitä ohjaavan toimilaitteen) ohjaus?
- A: Säätimen syöte on mittaus prosessista
- B: Säätimen syöte on haluttu vaste
- 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 toisen asteen järjestelmässä askelvasteen asettumisajalla?
- A: Kuinka nopeasti vaste on saavuttanut noin 63% asetusarvosta
- B: Kuinka nopeasti vasteen virhe on maksimissaan $\pm 1\%$ asetusarvosta
- C: Missä ajassa vaste muuttuu 10%:sta 90%:iin asetusarvosta
- D: Mikä on vasteen muutoksen kulmakertoimen käänteisluku muutoksen maksimikohdassa

d) Mitattava signaali sisältää häiriösignaalin, joka on 500 Hz siniaalto. Missä seuraavista tilanteista mainittu häiriösignaali laskostuu alemmalle taajuudelle signaalia näytteistettäessä?
- A: Signaalista suodatettu pois yli 100Hz taajuudet ennen näytteenottoa, näytteenottotaajuus 50Hz
- B: Signaalista suodatettu pois yli 600Hz taajuudet ennen näytteenottoa, näytteenottotaajuus 1200Hz
- C: Signaalia ei suodatettu, näytteenottotaajuus 500Hz
- D: Signaalia ei suodatettu, näytteenottotaajuus 501Hz

e) Mitkä termit tekevät seuraavasta differentiaaliyhtälöstä epälineaarisen?

$$\ddot{x} + \sqrt{\dot{x}} - \frac{1}{x} = -\ddot{u}$$

- A: $\ddot{x}$
- B: $\sqrt{\dot{x}}$
- C: $-\frac{1}{x}$
- D: $-\ddot{u}$

f) Mitkä seuraavista pystyvät korjaamaan pysyvän poikkeaman?
- A: P-säädin
- B: PI-säädin
- C: PD-säädin
- D: PID-säädin

g) Mitkä seuraavista ovat osa SCADA:a tai tyypillisiä SCADA:n käyttökohteita?

A: Yksikkösäädin
B: PC-valvomo
C: Laskutusjärjestelmä
D: Hälytysten käsittely

h) Mikä on suora kinematiikka?

A: Kuvaus nivelien kulmanopeuksista työkalupisteen karteesiseen nopeuteen
B: Kuvaus nivelkoordinaateista karteesisiin koordinaatteihin
C: Kuvaus karteesisesta koordinaatistosta nivelkoordinaatistoon
D: Siirtymä työkalupisteen karteesisista koordinaateista robotin juuren karteesisiin koordinaatteihin

i) Mitkä seuraavista väittämistä ovat tosia?

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

j) Mitkä taajuustasossa tehtävään stabiiliustarkasteluun liittyvät väittämät ovat tosia?

A: Analysoitaessa takaisinkytketyn järjestelmän stabiiliutta taajuustasossa tarkastellaan koko suljetun järjestelmän siirtofunktiota
B: Takaisinkytketty järjestelmä on stabiili, jos taajuudella, jolla vaihe on 90°, vahvistus on pienempi kuin 1, eli 0dB
C: Vahvistusvaralla mitataan, kuinka paljon vahvistusta voidaan lisätä, niin että järjestelmä pysyy stabiilina
D: Vahvistusvaralla mitataan, kuinka paljon vahvistusta voidaan vähentää niin, että kohina ei aiheuta järjestelmään epästabiiliutta

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

I. $\ddot{y}(t) + 6\dot{y}(t) + 25y(t) = u(t)$
II. $\ddot{y}(t) - 2\dot{y}(t) - 8y(t) = 3u(t)$
III. $\dot{y}(t) - 3y(t) = 4u(t)$

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

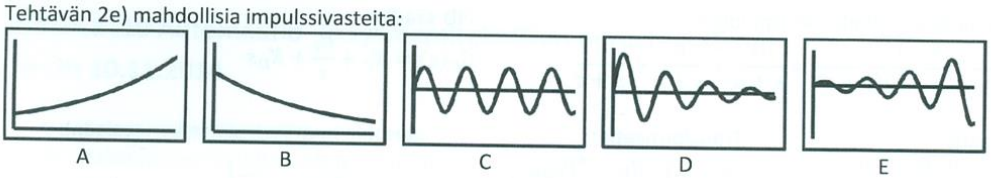
b) Järjestelmää III säädetään PI-tyyppisellä säätimellä, jonka parametrit ovat $K_P = 3$, $K_I = 2$. Muodosta takaisinkytketyn järjestelmän siirtofunktio. Nimetään tämä säädetty järjestelmä nimellä IV.
(2 pistettä)

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

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

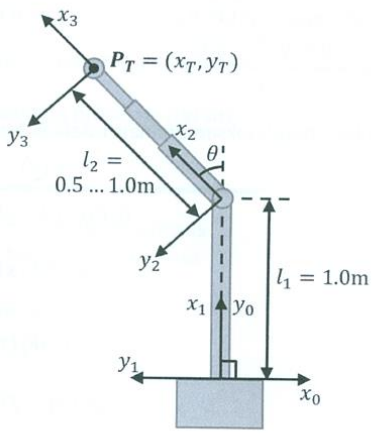
e) Seuraavalla sivulla on esitetty mahdollisia impulssivasteita järjestelmille. Mikä seuraavista kuvaajista (A-E) kuvaa mitäkin siirtofunktiota I, II, III ja IV? Kuvaajissa oleellista on käyttäytyminen ja muoto yleisesti, skaala ei ole merkityksellinen. Yksi kuva voi kuvata useita eri siirtofunktioita.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

Tehtävän 2e) mahdollisia impulssivasteita:



A B C D E

3. Tarkastellaan viereisen kuvan robottikäsivartta. Käsivarressa on yksi kääntyvä nivel, jonka kulma on θ sekä yksi teleskooppinen varsi, jonka pituus on l_2. Tavoitteena on laskea työkalupisteen $\boldsymbol{P_T}$ koordinaatit koordinaatistossa (x_0, y_0). Tarkastellaan tilannetta, jossa $l_2 = 0.7\text{m}$ ja $\theta = \frac{\pi}{3}$ radiaania. Käytä ketjutettuja transformaatioita.



a) Kirjoita transformaatiomatriisit kustakin koordinaatistosta seuraavaan.
(3 pistettä)

b) Käyttäen transformaatiomatriiseja kirjoita kaava työkalupisteen sijainnille koordinaatistossa (x_0, y_0).
(3 pistettä)

c) Laske työkalupisteen koordinaatit koordinaatistossa (x_0, y_0).
(2 pistettä)

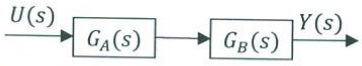
4. a) Kuvaile vähintään neljä erilaista anturityyppiä lämpötilan mittaamiseen. Kysymyksessä haetaan antureita, joita voidaan käyttää osana reaaliaikaisesti toimivaa automaatiojärjestelmää. Kuvaile lyhyesti kunkin anturin toimintaperiaate.
(4 pistettä)

b) Mitä asioita tulee huomioida, jotta putkessa virtaavan veden lämpötila saadaan mitattua mahdollisimman luotettavasti? Mitä antureita mittaukseen voidaan käyttää?
(3 pistettä)

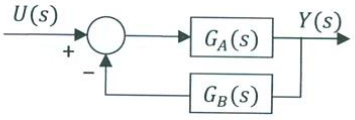
c) Kuvaile lyhyesti vähintään kolme eri tekniikkaa, joilla a)-kohdassa listaamiesi antureiden mittaussignaali voidaan välittää automaatiojärjestelmälle? Mitkä ovat kunkin tekniikan edut?
(3 pistettä)

5. Tuotantojärjestelmä voidaan kuvata hierarkkisesti eri toimintotasojen avulla. Mitä nämä toimintotasot ovat? Selosta lyhyesti mitä kukin toimintotaso sisältää.
(8 pistettä)

Kaavoja



$$G(s) = G_A(s)G_B(s)$$



$$G(s) = \frac{G_A(s)}{1 + G_A(s)G_B(s)}$$

Kaavat jatkuvat seuraavalla sivulla

Osamurtokehitelmä (perusmuoto):

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

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:

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

Jacobin matriisi (kulmat/karteesinen):

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

Toisen asteen yhtälön $ax^2 + bx + c = 0$ ratkaisu:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Laplace-muunnoksen ominaisuuksia ja funktioiden Laplace-muunnoksia:

$F(s)$	$f(t)$
$C_1F_1(s) + C_2F_2(s)$	$C_1f_1(t) + C_2f_2(t)$
$e^{-as}F(s)$	$\begin{cases} 0; & t \le a \\ f(t-a); & t > a \end{cases}$
$F_1(s)F_2(s)$	$\int_0^t f_1(\tau)f_2(t-\tau)\,d\tau$
$sF(s) - f(0)$	$f'(t)$
$s^2F(s) - [sf(0) + f'(0)]$	$f''(t)$
$s^nF(s) - [s^{n-1}f(0) + \cdots + f^{(n-1)}(0)]$	$f^{(n)}(t)$
$\frac{1}{s}F(s) + \frac{1}{s}\left[\int_0^t f(\tau)d\tau\right]_{t=+0}$	$\int_0^t f(\tau)d\tau$
1	$\delta(t)$
$\frac{1}{s}$	1
$\frac{1}{s^2}$	t
$\frac{1}{s+a}$	e^{-at}
$\frac{1}{(s+a)^{n+1}}$	$\frac{t^n e^{-at}}{n!}$
$\frac{a}{s^2+a^2}$	$\sin(at)$
$\frac{s}{s^2+a^2}$	$\cos(at)$
$\frac{a}{(s+b)^2+a^2}$	$e^{-bt}\sin(at)$
$\frac{s+b}{(s+b)^2+a^2}$	$e^{-bt}\cos(at)$