

Ei omia dokumentteja eikä elektronisia laitteita. Saat lainaksi kaavaston. Palauta se ilman lisämerkintöjä, kiitos. Tehtävien 09-12 numerointi vastaa luentojen, laskuharjoitusten ja viikkokokeiden numerointia. Jo arvosteltua viikkokoettaasi vastaavan tehtävän vastausta ei nyt arvostella, joten ...

Tehtävä 09**Värähtelyt ja niiden taajuusvasteanalyysi**

- a. Eräs lämpötila x värähteli useita päiviä vuorokauden jaksonajalla minimiarvon 10 ja maksimiarvon 20 (Celsius-astetta) välillä. Esitä lämpötilalle yksinkertaisin mahdollinen matemaattinen lauseke, jossa aikayksikkönä on tunti. **1.0p.**
- b. Esitä systeemin magnitudin (amplitudivasteen, amplitudivahvistuksen) lauseke kulmataajuuden w funktiona, kun systeemin siirtofunktio on

$$Q(s) = \frac{1 - Ts}{1 + Ts} \quad \mathbf{1.5p.}$$

- c. Esitä systeemin vaihesiirron (vaihevasteen, vaiheen) lauseke taajuuden f funktiona, kun ajan yksikkö on sekunti ja systeemin siirtofunktio on

$$H(s) = k e^{-ds} \quad \mathbf{1.5p.}$$

Tehtävä 10**4.0p.****Säätöpiirin stabiiliuden KILL-analyysia taajuusvasteen avulla**

Säätösuunnitteluprojektissa prosessin siirtofunktio, palautemittaussysteemin siirtofunktio ja (myötähaaran) säätimen siirtofunktio olivat G , H ja F . Sivuilla 3-4 on projektin lopulliset Bode-diagrammikuvat *Bode1*, *Bode2*, *Bode3* ja *Bode4*. Päätele niiden perusteella

- a) dB-vahvistusvara, b) ylävarmuuskerroin (ylävahvistusvarakerroin),
c) vaihevara, d) viivevara, e) stabiiliusvara.

Tehtävä 11**Säätöpiirin suorituskyvyn ja sen pysyvyyden taajuusvasteanalyysia. Yhteenvetoa.**

- a. Arvioi Tehtävän 10 säätöpiirin kaistanleveys. **0.75p.**
- b. Tehtävän 10 säätöpiirin Worst Case -herkkyys prosessin suhteen voidaan päätellä Tehtävän 10 antamasta informaatiosta. Päätele! **1.00p.**
- c. Luettele takaisinkytkennän käytön viisi erillistä haittaa (heikkoutta). **1.25p.**
- d. Prosessin, toimilaitteen, palautemittaussysteemin (sis. ehkä suotimiakin) siirtofunktioista ja säätimen siirtofunktion polynomien asteluvuista on mahdollisuus päätellä erityisten stabiiliusriskien olemassaolo. Mainitse neljä systeemipiirrettä, jotka antavat erityistä aiheutta olla varovainen ja harkitseva säädön suunnittelussa. **1.00p.**

Tehtävä 12
Tilaesitys

a. Tilaesityksen matriisinotaatio

2p.

Huoneen lämpötilaa T mitataan suojaputkellisella lämpötila-anturilla. Lämpöä voi silloin johtua huoneesta putkeen tai päinvastoin sekä putkesta anturiin tai päinvastoin. Lämmön siirtymisen mallinnuksessa käytetään usein objektikohtaista lämpökapasiteettia C (massan ja ominaislämpökertoimen tuloa) ja lämpöresistanssia R (lämpövirran kokemaa lämpövastusta). Putken sellaiset parametrit olkoot C_p ja R_p , anturin vastaavasti C_a ja R_a . Putken lämpötila olkoon T_p , ja anturin lämpötila olkoon T_a . Huoneen lämpötilan T vaikutusta anturin lämpötilaan T_a voidaan kuvata oheisella tilaesitysmallilla (, jonka rakenne on RC-kaskadisuoitimen jännitemallin rakenne!). **Valitse** sopiva tilavektori, ja **kuva** huoneen lämpötilan T vaikutus anturin lämpötilaan T_a matriisikertoimisella tilaesityksellä. Kyllä, myös pystyvektorit, vaakavektorit ja skalaarit ovat matriiseja.

$$\underbrace{\frac{d}{dt}[C_p T_p(t)]}_{\text{putken lämpömäärän muutosnopeus}} = \underbrace{\frac{T(t) - T_p(t)}{R_p}}_{\text{lämpövirta huoneesta putkeen}} - \underbrace{\frac{T_p(t) - T_a(t)}{R_a}}_{\text{lämpövirta putkesta anturiin}}$$

$$\underbrace{\frac{d}{dt}[C_a T_a(t)]}_{\text{anturin lämpömäärän muutosnopeus}} = \underbrace{\frac{T_p(t) - T_a(t)}{R_a}}_{\text{lämpövirta putkesta anturiin}}$$

b. Tilaesityksen tarkkailtavuus

2p.

Alla on erään LTI-systeemin tilaesitysmalli. Tutki systeemin tarkkailtavuutta sopivalla matriisilaskelmalla. Kerro johtopäätöksesi selvästi.

$$h(t) = \begin{bmatrix} 1 & \vdots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1(t) \\ v_2(t) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_1(t) \\ \dot{v}_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} f(t) + \begin{bmatrix} 0 & \vdots & 1 \\ 0 & \vdots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1(t) \\ v_2(t) \end{bmatrix}$$