

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  $\omega$  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, palautemittausjärjestelmän 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, palautemittausjärjestelmän (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 objektiokohtaista 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 **kuvaa** huoneen lämpötilan  $T$  vaikutus anturin lämpötilaan  $T_a$  matriisikertoimisella tilaesityksellä. Kyllä, myös pystyvektorit, vaakavektorit ja skalaarit ovat matriiseja.

$$\frac{d}{dt} [C_p T_p(t)] = \frac{T(t) - T_p(t)}{R_p} - \frac{T_p(t) - T_a(t)}{R_a}$$

putken lämpömäärän muutosnopeus      lämpövirta huoneesta putkeen      lämpövirta putkesta anturiin

$$\frac{d}{dt} [C_a T_a(t)] = \frac{T_p(t) - T_a(t)}{R_a}$$

anturin lämpömäärän muutosnopeus      lämpövirta putkesta anturiin

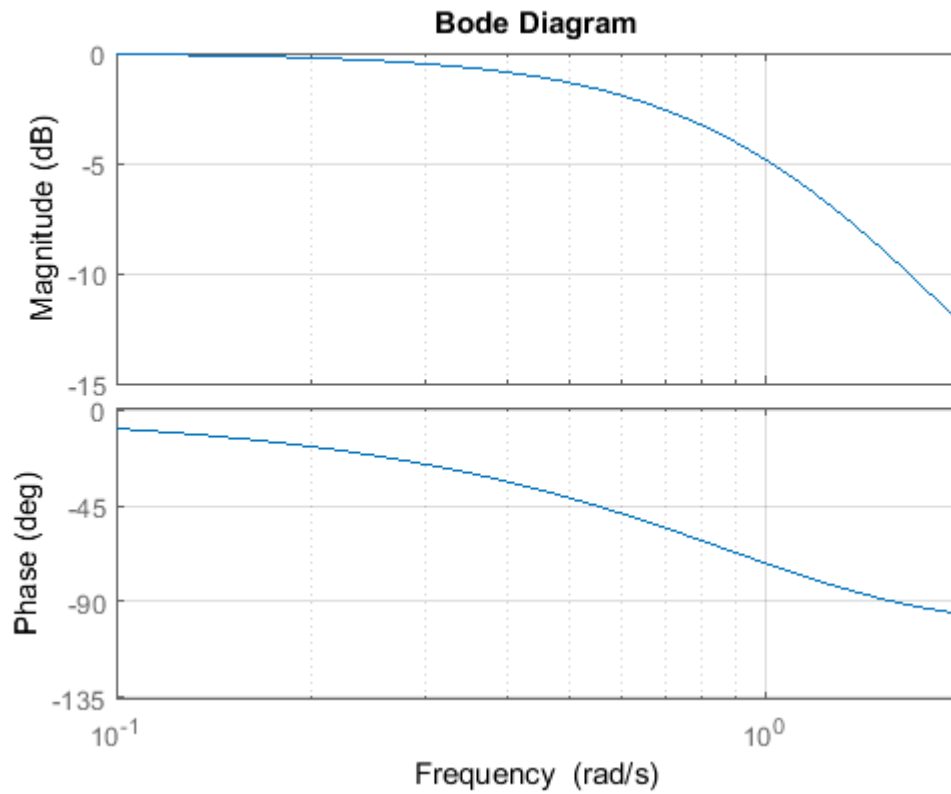
### b. Tilaesityksen tarkkailtavuus

2p.

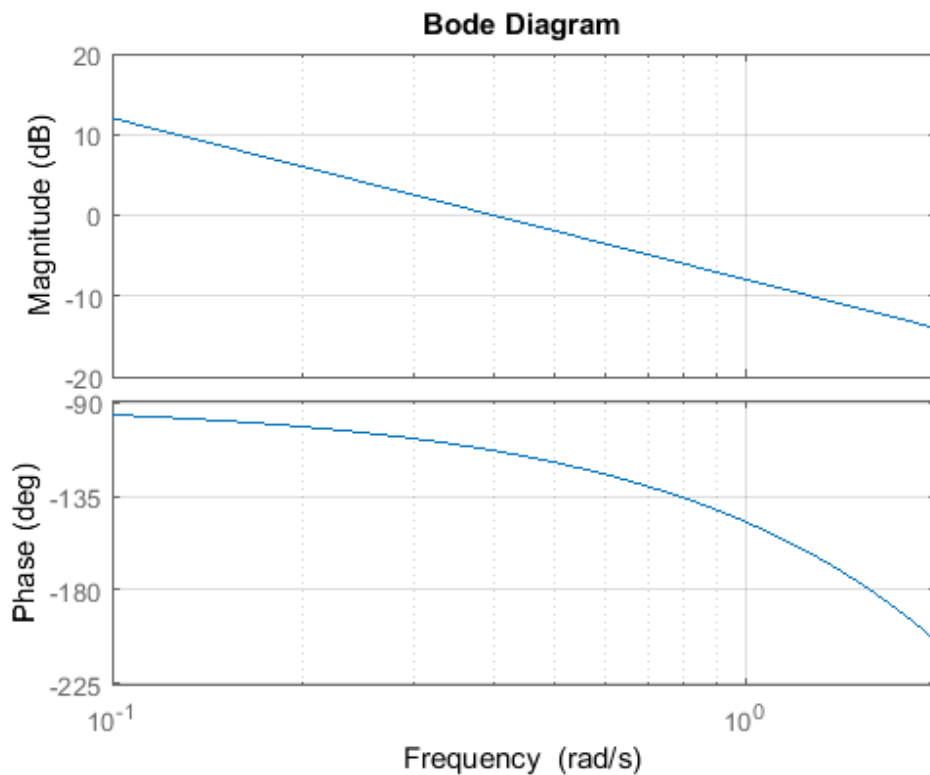
Alla on erään LTI-systeemin tilaesitysmalli. Tutki systeemin tarkkailtavuutta sopivalla matriisilaskelmalla. Kerro johtopäätöksesi selvästi.

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

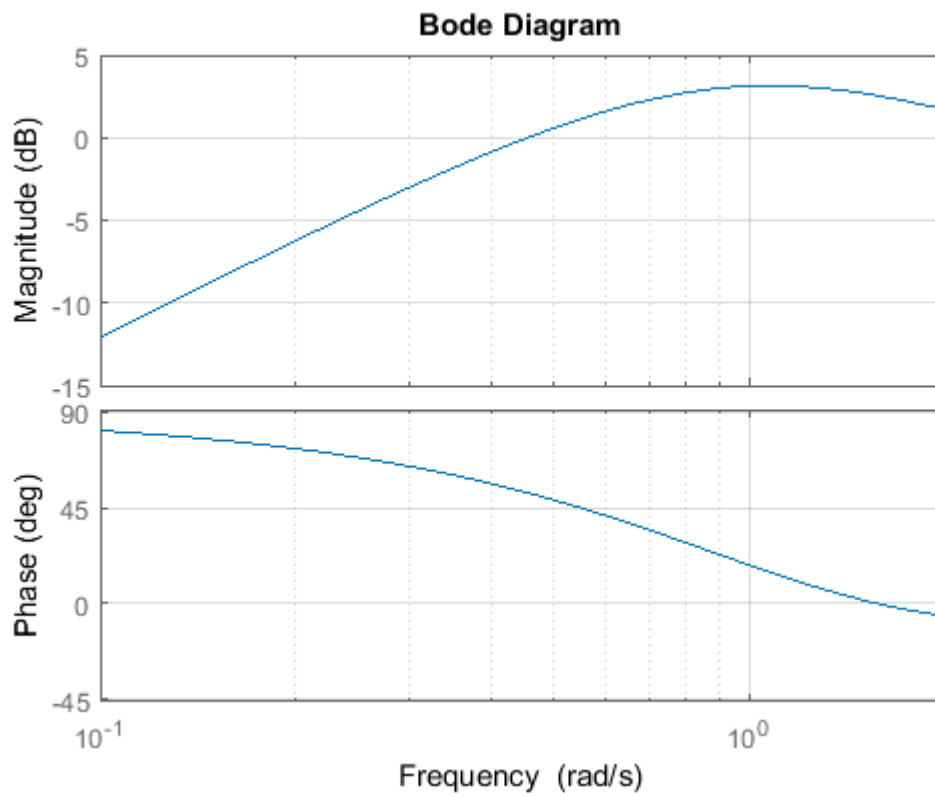
$$\begin{bmatrix} \varnothing v_1(t) & \varnothing \\ \varnothing v_2(t) & \varnothing \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varnothing & \varnothing \\ \varnothing & \varnothing \end{bmatrix} f(t) + \begin{bmatrix} \varnothing & 1 \\ \varnothing & \varnothing \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varnothing v_1(t) & \varnothing \\ \varnothing v_2(t) & \varnothing \end{bmatrix}$$



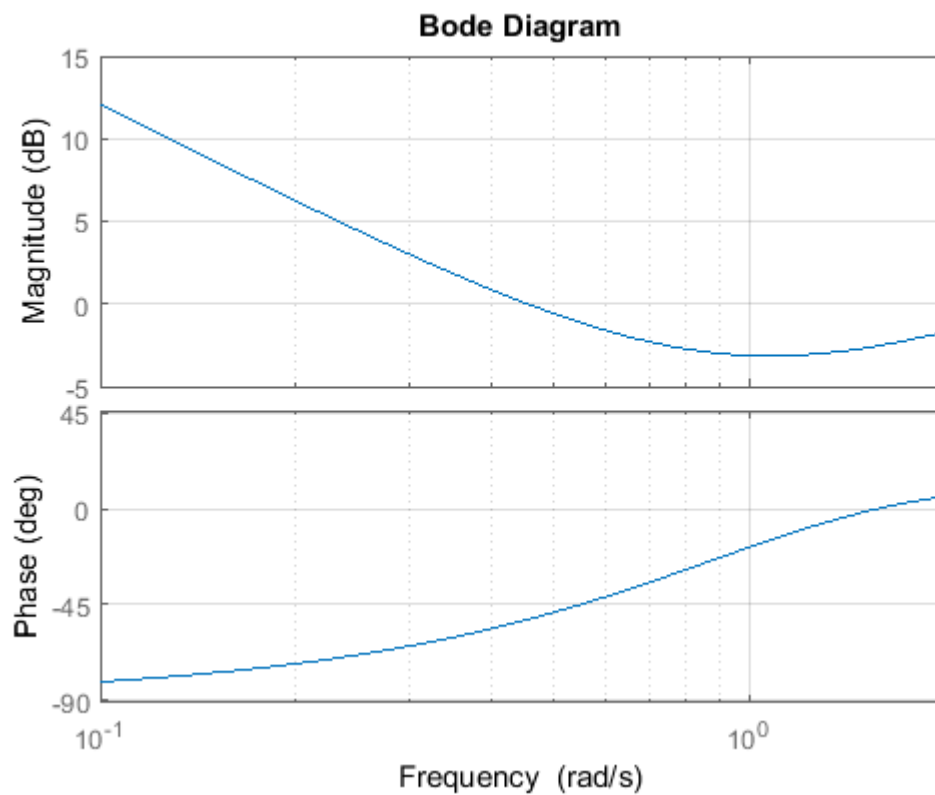
**Bode1.** Asetusarvon ja prosessin outputin välisen systeemin siirtofunktion  $GF/(1+GFH)$  Bode-diagrammin osa.



**Bode2.** Erosuureen ja palautemittaussysteemin outputin välisen siirtofunktion  $HGF$  Bode-diagrammin osa.



**Bode3.** Asetusarvon ja erosuureen välisen siirtofunktion  $1/(1+GFH)$  Bode-diagrammin osa.



**Bode4.** Erosuureen ja asetuseron välisen siirtofunktion  $(1 + HGF)$  Bode-diagrammin osa.