

**Ohjeet: Ei kirjallista materiaalia, eikä laskinta.** Tenttikaavasto jaetaan. Älä tee mitään merkintöjä tenttikaavastoon ja palauta kaavasto valvojalle välikokeen kanssa. Välikokeessa on kolme sivua ja viisi tehtävää. Joihinkin tehtäviin on annettu vihjeitä. Viimeisellä sivulla on bonustehtävä ja suunnittelukäyriä. Välikokeen maksimipistemäärä on 45 pistettä. Tsemppiä kokeeseen ja mukavaa joulunodotusta!

**Tehtävä 1.** Selitä alla olevat termit ja käsitteet maksimissaan kolmella virkkeellä (max 2,5 p. per termi/käsite).

- a) BIBO-stabiilius   b) DC-vahvistus   c) Nyquist–Barkhausen-piste (NB-piste)   d) asettumisaika

**Tehtävä 2.** Veden lämpötilaa mitataan PT100-anturilla, jonka siirtofunktio on

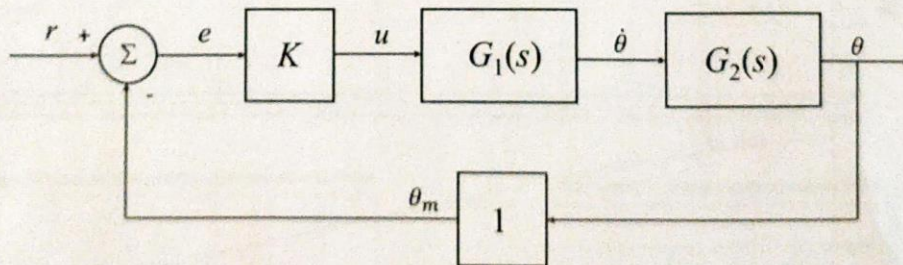
$$G(s) = \frac{1}{1.5s + 1} \exp(-0.3s).$$

- a) Piirrä PT100-anturin yksikköaskelvaste. Merkitse kuvaan aikavakio, viive ja yksikköaskelvästean loppuarvo. (4 p.)
- b) Kirjoita PT100-anturin amplitudivasteen ja vaihevasteen (vaihesiirron) lausekkeet. (4 p.)
- c) Veden lämpötilaa säädetään PI-säätimellä, joka on viritetty nimellisen prosessimallin ja ideaalisen anturimallin perusteella. Miten säätöpiirin vaihe- ja viivevara muuttuvat, kun PT100-anturin malli huomioidaan stabiiliusvaralaskuissa ideaalisen anturimallin asemesta? (2 p.)

**Tehtävä 3.** Toisen kertaluokan viiveettömän ja nollattoman systeemin siirtofunktio voidaan kirjoittaa muodossa:

$$G(s) = \frac{k\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n \cdot s + \omega_n^2}, \omega_n > 0, \zeta \geq 0, k \neq 0.$$

- a) Systeemin askelvaste halutaan monotoniseksi, mahdollisimman nopeaksi ja lopulta tarkaksi. Millä ehdoilla nämä tavoitteet voidaan toteuttaa, kun oletetaan, että systeemin kaikkien parametrien arvot ovat vapaasti valittavissa annettujen ehtojen puitteissa? (3 p.)
- b) Automaattisesti luennoitsijaa seuraavan videokameran kääntymiskulman säätöpiirin lohkokaavio on alla olevassa kuvassa.

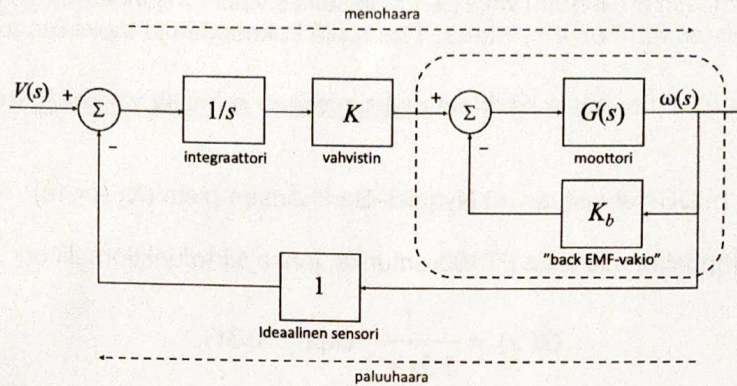


Kuva 1. Automaattisesti ihmismuotoa seuraavan videokameran säätöpiirin lohkokaavio.

Osajärjestelmien siirtofunktiot ovat:  $G_1(s) = \frac{1}{\frac{1}{10}s + 1}$  ja  $G_2(s) = \frac{1}{s}$ .

Kääntymiskulman säätöpiirin vaihevaran pitää olla vähintään 60 astetta. Etsi P-säätimen vahvistukselle  $K$  arvoväli, jolla tähän tavoitteeseen päästään. **Vihje:** Hyödynnä liitteen suunnittelumallia ja siihen liittyviä suunnittelukäyriä. (7 p.)

**Tehtävä 4.** Alla on DC-moottorin säätöpiirin lohkokaavio. Katkoviivoilla ympäröity osajärjestelmä kuvaa säädettyä moottorijärjestelmää.

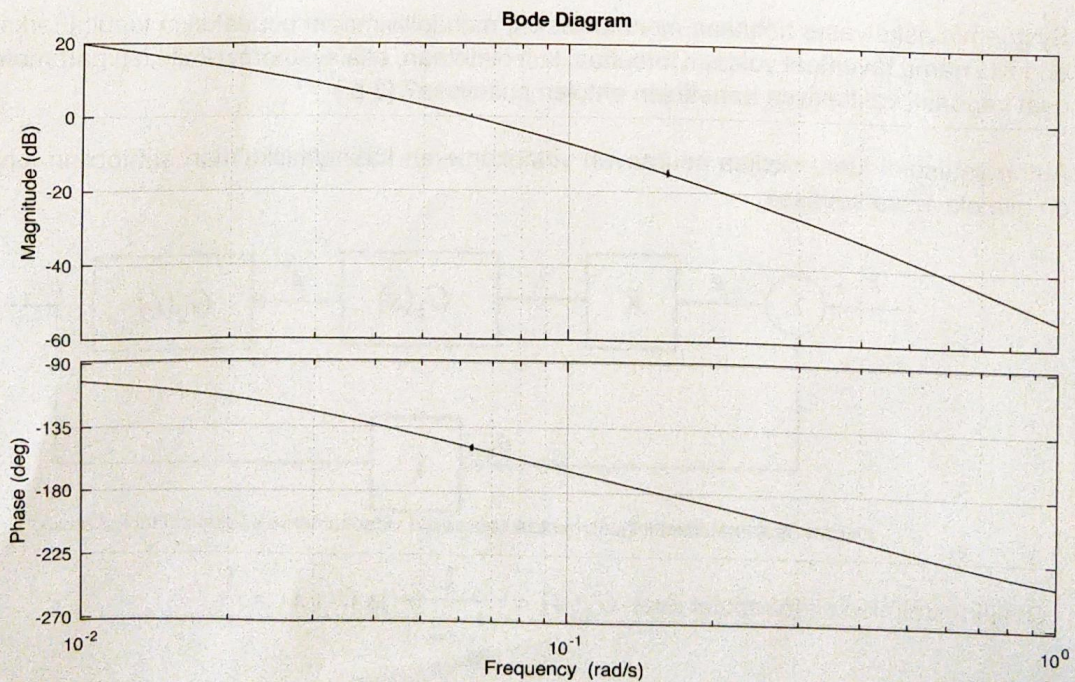


Kuva 2. DC-moottorin säätöpiirin lohkokaavio.

Siirtofunktio  $G(s) = \frac{K_m}{R_a J \cdot s}$ , jossa  $K_m > 0, R_a > 0, J > 0$  ovat positiivisia vakioita.

Ratkaise säätöpiirin vaimennussuhde ja luonnollinen kulmataajuus. Sievennä vaimennussuhteen kaava nättiin muotoon. (8 p.)

**Tehtävä 5.** Alla olevassa kuvassa on erään elektronisen järjestelmän avoimen järjestelmän Bode-diagrammi valitulla kulmataajuvälillä. Järjestelmää on ohjattu P-säätimellä, mutta alustavissa stabiiliustutkimuksissa on havaittu nykyisen vahvistuksen olevan liian suuri. Siksi vahvistusta  $K_p$  on päätetty pienentää puoleen nykyisestä vahvistuksesta, mikä vastaa noin  $-6$  dB:n vahvistuksen pienentämistä.



Kuva 3. Elektronisen järjestelmän Bode-diagrammi.

Määritä vahvistuksen pienentämisen jälkeen saatavan systeemin vahvistusvara, vaihevara ja viivevara. Vahvistus- ja vaihevarasta riittää kokonaislukuarvot. Viivevarasta riittää oikean tuloksen tuottava laskukaava, johon on sijoitettu tehtävän kuvaajasta saatavat oikeat arvot. (7 p.)

**Bonustehtävä.** Pisteytä oma välikokeesi tehtäväkohtaisesti ja laske tehtäväkohtaiset pisteet yhteen. Olkoon  $p$  laskemasi kokonaispisteet. Käytä alla olevia pisterajoja välikokeesi arvosanan arvioinnissa. Tästä tehtävästä mahdollisesti saatavia bonuspisteitä ei lasketa  $p$ :n arvoon, eikä välikoetta todellisuudessa arvioida alla olevalla arvosana-asteikolla. Mahdolliset bonuspisteet lasketaan kurssin lopullisiin yhteispisteisiin, mikäli tämä välikoe jää kurssin lopulliseksi osasuorituksiksi. Tästä tehtävästä mahdollisesti saatavia bonuspisteitä ei siis voi siirtää mahdolliseen välikokeen uusintaan.

- 0,  $p < 20$
- 1,  $20 \leq p \leq 24,5$
- 2,  $25 \leq p \leq 29,5$
- 3,  $30 \leq p \leq 34,5$
- 4,  $35 \leq p \leq 39,5$
- 5,  $p \geq 40$

**Oikea arvosana:** +2 p., **arvosanan virhe  $\pm 1$  arvosanaa:** +1 p., **muutoin:** 0 p.

**LIITE.** Toisen kertaluokan viiveettömän ja nollattoman systeemin suunnittelukäyriä.

$$G(s) = \frac{k \omega_n^2}{s^2 + 2\zeta \omega_n s + \omega_n^2}, \quad \omega_n \geq 0$$

$$0 \leq \zeta \leq 1 \Rightarrow s = -\zeta \omega_n \pm j \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}$$

Vaimennussuhdetta kutsutaan myös vaimennusvakioksi. PY = %-ylitys = prosentuaalinen ylitys.

