

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 viikkokoetta vastaavan tehtävän mahdollista vastaustasi ei nyt arvostella.

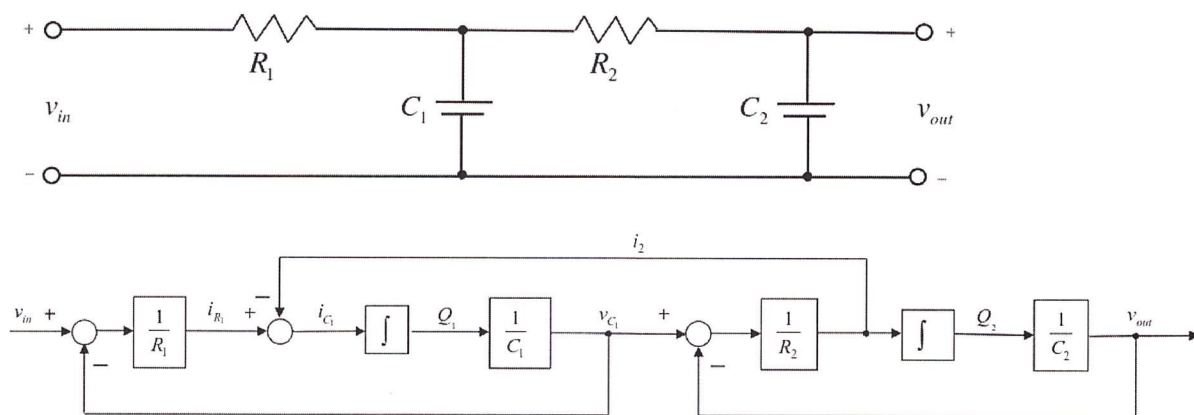
Kiinnitä huomiota vastaustesi yksiselitteisyyteen, täsmällisyyteen jne.

Tehtävä Ilves. *Helsingfors Idrottsföreningen Kamraterna* kohtaa Tampereen Ilveksen tänään klo 18.30 alkavassa kendo-liigan jääkyökköottelussa. Veikkaa ottelun lopputulos, mutta lopeta sitten kaikki arvailu kahdeksi tunniksi.

Tehtävä 09

Tilaesitys

- a. Alla on RC-kaskadi-piirin piirikaavio, alkeislohkokaavio sekä tulojännitteen v_{in} ja lähtöjännitteen v_{out} riippuvuutta kuvaava differentiaaliyhtälömalli. Esitä tilavektorin malli matriisinaatiota käyttäen, myös tilavektori selvästi kuvaten. **PS1.** Tuo kokonaissysteemi ei ole kahden RC-suodinsysteemin systeemitekkinen sarjaankytkentä vastuksen R_2 palautevirran i_2 takia. **PS2.** Piirin siirtofunktion voi laskea myös tilaesityksestä. **PS3.** Suojaputkelisen Pt100-anturin malli mitattavasta lämpötilasta mittaustulokseen on "sama", kunhan funktiot ja parametrit ovat sille sopivat: Lämpöresistanssit R_k , ominaislämmöt C_k , lämpötilat v_η , lämpöenergian muutosnopeudet, lämpövirrat (lämpötehot) ... **1.5p.**



$$\frac{d}{dt}(C_2 v_{C_2}(t)) = \frac{v_{C_1}(t) - v_{C_2}(t)}{R_2}, \quad \frac{d}{dt}(C_1 v_{C_1}(t)) = \frac{v_{in}(t) - v_{C_1}(t)}{R_1} - \frac{v_{C_1}(t) - v_{C_2}(t)}{R_2}$$

- b. Esitä huolellisesti ohjattavuuden määritelmä. Älä siis esitä mitään testiä! **1.0p.**

- c. Piirrä ja dokumentoi LTI-tilaesityksen Kalman-dekompositiolle lohkokaaevio olettaen mallin ominaisarvot erisuuriksi. Kuinka mallin sievennetty siirtofunktio voidaan muodostaa? **1.5p.**

Tehtävä 10

Värähtelyt ja niiden taajuusvasteanalyysi

- a. Funktio f värähtelee suljetun välin $[A, Y]$ reunasta reunaa sinimäisesti niin, että se saavuttaa lokaalin maksimiarvonsa Y muun muassa hetkellä t_Y ja lähinnä seuraavan lokaalin minimiarvonsa A hetkellä t_A . Esitä funktiolle f jokin sopiva lauseke. **1.0p.**
- b. Päätele siirtofunktion e^{-ds} magnitudi (amplitudivahvistus, amplitudivaste) ja vaihe (vaihesiirto, vaihevaste) kulmataajuuden ω funktiona olettaen, että d on reaaliluku. **1.5p.**
- c. Päätele alla annetun siirtofunktion vaihe kulmataajuuden ω funktiona: **1.5p.**

$$T(s) = \frac{-1}{s^2 + s + 1}$$

Tehtävä 11

Säätöpiirin stabiiliuden analyysia taajuusvasteen avulla

- a. Eräässä nimellisesti stabiilissa säätöpiirissä toimilaitteen, prosessin, anturin ja säätimen siirtofunktiot olivat 20 , $0.1/(40s+1)$, $1/(2s+1)$ ja $0.1/s$. Muodosta (laske) siirtofunktio, jonka taajuusvasteen Nyquist- tai Bode-esityksestä voidaan päätellä vaihevara. Kerro myös kuvaajahahmotelman avulla, kuinka se vaihevara päätellään. **1.5p.**
- b. Edellisessä kohdassa mainitun säätöpiirin stabiiliusvara (vektorivara, modulivara) voidaan päätellä erään siirtofunktion desibelikuvaajan avulla. Muodosta (laske) kyseinen siirtofunktio. Kerro myös, kuinka stabiiliusvara voidaan päätellä mainitusta desibelikuvaajasta. **1.5p.**
- c. Luettele vahvistusvaran, vaihevaran ja stabiiliusvaran mielekkäät vähimmäisarvot. **1.0p.**

Tehtävä 12

Säätöpiirin suorituskyvyn ja sen pysyvyyden taajuusvasteanalyysia. Yhteenvetoa.

- a. Luettele takaisinkytkennän käytön neljä erillistä etua (hyötyä, vahvuutta). **2p.**
- b. Päätele systeemin kaistanleveys, kun systeemin vaihe P ja magnitudi M ovat **1p.**

$$P(\omega) = -2 \arctan(\omega) \quad , \quad M(\omega) = \frac{8}{\omega^2 + 1}$$

- c. Saat käsiisi Tehtävän 11 b-kohdassa mainitun desibelikuvaajan. Sen avulla voi tutkia erään mallin/systeemin erästä herkkyyttä. Minkä mallin, mitä herkkyyttä ja kuinka? **1p.**