

Ei laskinta. Tenttikaavasto jaetaan. Kaavastoon ei saa tehdä merkintöjä! Kaavasto palautetaan vastauspaperin yhteydessä. Kysymyspaperia ei tarvitse palauttaa.

1. Viime keväänä TTY:n ja Hervannan keskustan välillä liikennöi ilman kuljettajaa liikkuva robottibussi. Bussi kulki sähkömoottorin voimalla, havainnoi sekä sijaintiaan että ympäristöään lukuisilla antureilla ja osasi myös väistää eteen tulevia ihmisiä. Kaikki laskenta tapahtui bussin mukana kulkevassa tietokoneessa, johon reitti pysäkkeineen oli etukäteen ohjelmoitu.

Piirrä robottibussin säätöjärjestelmästä karkea **lohkokaavio**, jossa ovat seuraavat käsitteet: prosessi, output-signaali, mittaus, toimilaite, säädin, asetusarvo, takaisinkytkentä, myötäkytkentä, häiriö. Nimeä nämä käsitteet bussin osien ja yllä olevan kuvauksen mukaan. Lohkokaavion ei tarvitse sisältää mitään matemaattisia operaatioita, toimintaperiaate riittää. Selitä lohkokaaavion osia ja toimintaa myös sanallisesti muutamalla lauseella. (6 p)

2. Säiliössä olevan nesteen kemikaalipitoisuutta  $x$  mallinnetaan differentiaaliyhtälömallilla

$$\dot{x} = \frac{x_{in} - x}{T},$$

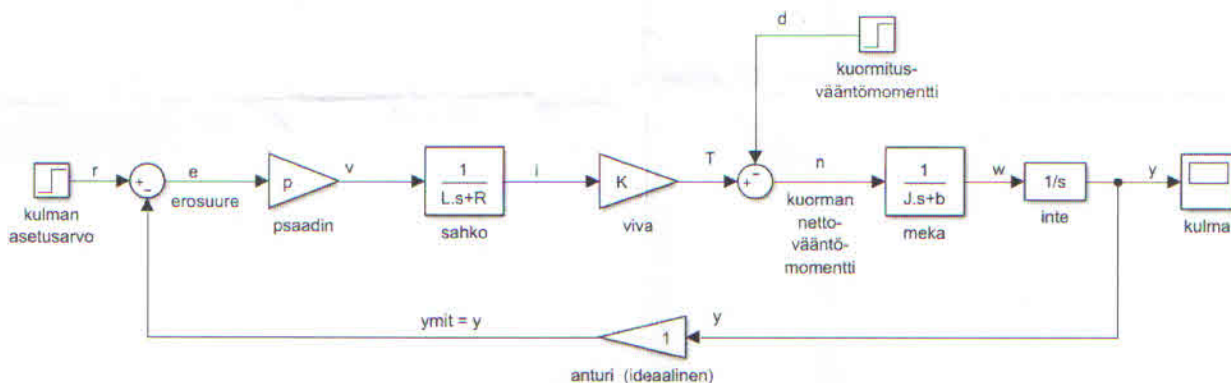
missä  $x$  on säiliössä vallitseva pitoisuus,  $x_{in}$  on säiliöön tulevan nesteen pitoisuus ja  $T$  säiliön tilavuudesta riippuva aikavakio. Johda mallille **siirtofunktio**  $G(s)$ . Ota johdossa huomioon myös alkuarvo, vaikka se ei itse siirtofunktioon vaikutakaan. Ilmoita vastauksessasi selvästi, mikä on  $G(s)$ . (4 p)

3. Alueen eläinpopulaatio  $p$  riippuu metsästyksestä  $u$  seuraavan epälineaarisen differentiaaliyhtälömallin mukaisesti:

$$\dot{p} + p^2 - 100p = -100u$$

- Linearisoi** yhtälö tasapainopisteeseen, jossa  $\bar{p} = 30$ . (3 p)
- Mihin epälineaarisen differentiaaliyhtälömallin linearisointia tarvitaan? Mitä haittaa siitä voi olla? (2 p)

4. Oheinen kuva esittää kovalevyn lukupään kulman säätöpiiriä. Johda, sievennä ja esitä standardimuotoinen **siirtofunktio** kulman asetusarvosta kulmaan. (5 pistettä)



5. Johda Laplace-taulukoiden avulla alla annetun signaalin  $x(t)$  Laplace-muunnos  $X(s)$ .  $a$  ja  $d$  ovat vakioita. (4 p)

$$x(t) = \begin{cases} a \cos \omega(t - d), & \text{kun } t \geq d \\ 0, & \text{kun } t < d \end{cases} \quad (d > 0)$$

6. Alla on PID-säätimen lohkokaavio. Vastaa seuraaviin kysymyksiin joko kaavion avulla tai muun tiedon perusteella. (1 p per kysymys)

- Säätimessä on kolme osaa. Missä järjestyksessä (ylhäältä alas) nämä osat esiintyvät alla olevassa lohkokaaviossa?
- Kaaviossa näkyvät input  $e$  ja output  $u$ . Nimeä nämä signaalit ja kerro, mistä  $e$  tulee ja minne  $u$  menee.
- Mikä on säätimen I-haaran tärkein ominaisuus? "Se integroi eroosuuretta" ei ole riittävä vastaus.
- Onko PID-säädin staattinen vai dynaaminen systeemi? Perustele.
- Miksi säädin ei ole toteutettavissa täsmälleen tällaisena?
- Mikä on D-osan huono puoli tyypillisessä reguloititehtävässä?

