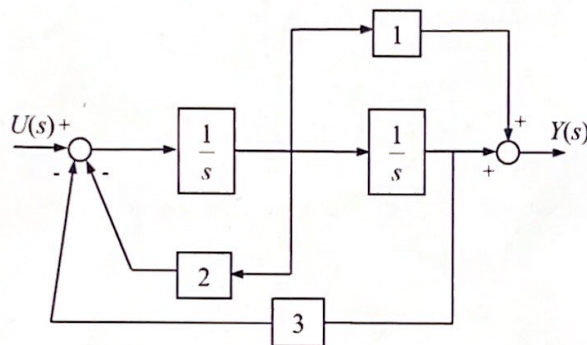


ELEC-C1230 Säädetekniikka

Tentti 14. 4. 2022

- Luokassa pidettävä koe. Merkitse kaikkiin vastauspapereihin nimesi ja opintonumerosi.
- Kokeessa voi osallistua joko välikokeeseen tai tenttiin. Merkitse selvästi vastauspaperiin, kumpaan kokeeseen osallistut. Vain toiseen kokeeseen voi osallistua.
- Sallitut apuvälineet: Laskin sekä kurssisivuilla oleva kaavakokoelma tai erillinen Laplace-muunnostaulukko. Jokainen tuo tämän mukanaan kokeeseen.
- Laskinta saa käyttää vain apuvälineenä numeerisiin laskuihin. Ratkaisut eivät siis saa perustua yksinomaan laskimen käyttöön.
- Kokeessa on viisi (5) tehtävää ja kaikkiin pitää vastata.
- HUOM. Ratkaisuisissa on esitettävä riittävästi välivaiheita, jotta voidaan nähdä, miten olet ratkaisuun päätenyt. Pelkkien tulosten antaminen ilman, että esitetään, miten ne on saatu, ei kelpaa hyväksyttäväksi ratkaisuksi.

1. Määritä alla olevan järjestelmän kokonaissiirtofunktio. Mitkä ovat nollat ja navat? Onko systeemi minimivaiheinen? (2 +2+2 p)

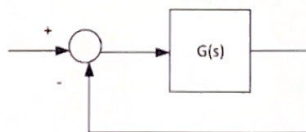


2. Olkoon epästabiili prosessi $G(s) = \frac{1}{s-1}$. Käytetään negatiivista takaisinkytkentää ja säätäjää

$K_P \frac{1+T_I s}{T_I s}$, jossa viritysparametrit K_P ja T_I ovat positiivisia vakioita.

- Minkäniminen säätäjä on kyseessä? Millä parametrien valinnoilla saadaan P-säätäjä? (2 p)
- Onko prosessi stabiiloitavissa ja jos on, millä viritysparametrien arvoilla tämä onnistuu? (2 p)
- Onko prosessi stabiiloitavissa pelkällä P-säätäjällä (edelleen siis negatiivinen takaisinkytkentä)? Jos on, jääkö lähtösuureeseen pysyvä poikkeama, kun referenssin tulee askelheräte? Vertaa b-kohdan tapaukseen. (2 p)

3. Tarkastellaan prosessia $G(s) = \frac{K}{s(s+1)^2}$ (K vakio) ja suljettua systeemiä

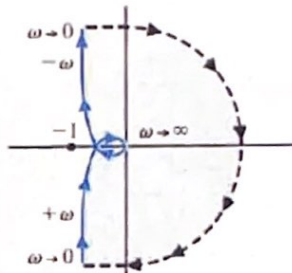


- Laske, missä negatiivisen reaaliakselin pisteessä avoimen järjestelmän Nyquistin diagrammi leikkaa reaaliakselin. (2 p)
- Käytä Nyquistin stabiilisuuslausetta ja määritä, millä K :n positiivisilla arvoilla suljettu systeemi on stabiili (2 p)
- Valitse K siten, että suljettu systeemi on stabiili, hahmottele Nyquistin diagrammi paperille ja merkitse siihen, miten kuvasta on nähtävissä vahvistus- ja vaihevara (2 p)

Ohje: Alla olevassa kuvassa on siirtofunktion $H(s) = \frac{K}{s(\tau_1 s + 1)(\tau_2 s + 1)}$ Nyquistin

diagrammi. Se on piirretty eräillä parametrien K , τ_1 ja τ_2 arvoilla, jotka eivät näy kuvassa.

Huomaa, että näiden parametrien arvoista riippuu, missä käyrä leikkaa negatiivisen reaaliakselin (ei siis välttämättä pisteen $(-1,0)$ ja origon välissä kuten kuvassa).



- Tutkitaan vaiheenjohtokompensaattoria, jonka siirtofunktio voidaan esittää muodossa

$$G(s) = K \cdot \frac{\left(\frac{1}{\omega_0} s + 1\right)}{\frac{1}{k\omega_0} s + 1}$$

jossa K , k ja ω_0 ovat viritysparametreja. Tiedetään, että kun maksimi vaiheenjohto ϕ_m saavutetaan kulmataajuudella ω_m , niin pätee

$$\omega_m = \sqrt{k} \cdot \omega_0, \quad \sin \phi_m = \frac{k-1}{k+1}$$

- Vastaa siirtofunktion avulla matemaattisesti perustellen, onko k :n arvo suurempi vai pienempi kuin 1. (2 p)
 - Mitkä ovat kompensaattorin vahvistuksen ja vaiheen arvot pienillä taajuuksilla? Entä suurilla taajuuksilla? (2 p)
 - Määritä kompensaattorin vahvistuksen arvo kulmataajuudella ω_m . (2 p)
- Selitä mitä tarkoitetaan säätäjän *windup*- ja *antiwindup*-ilmiöillä. Miten sovellat esimerkiksi diskreettiaikaisen PID-säätäjän suunnittelussa? (6 p)