

ELEC-C1230 Säättötekniikka

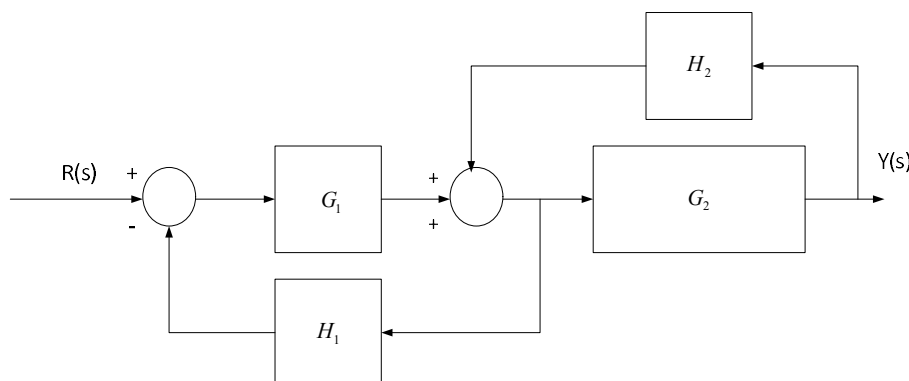
Tentti 15. 4. 2021

- Etäkoee. Seuraa erillistä jo ennalta julkaistua ohjetta.
- Merkitse vastauspaperiin nimesi ja opintonumerosi lisäksi se, osallistutko välikokeeseen vai tenttiin.
- Kukin tekee kokeen ja palauttaa sen itsenäisesti. Vastaukset joko Vastauspohjaan tai sitten kokonaan itse tehtyyn tiedostoon, josta on ilmevä selvästi vastaajan nimi, opintonumero sekä se, osallistuuko hän välikokeeseen vai tenttiin. Lopuksi tiedosto muutetaan pdf:ksi ja palautetaan.
- Kurssimateriaali on käytettävissä. Matlab/Simulinkia ja laskimia saa käyttää.
- Kurssimateriaalia saa tutkia netissä, mutta mitään muuta tiedon etsintää ei saa tehdä.
- Kokeessa on viisi (5) tehtävää ja kaikkiin pitää vastata.
- HUOM. Ratkaisuiissa on esitettävä riittävästi välivaiheita, jotta voidaan nähdä, miten olet ratkaisuun päätenyt.

HUOM. Kokeen tehtävät on suunniteltu niin, että ne voidaan ratkaista käsin, ja edes taskulaskinta ei välttämättä tarvita. Sitä saa kuitenkin käyttää. Tietokoneen laskentaohjelmia saa samoin käyttää tulosten verifioimiseen jos haluaa. Vastauksissa ei kuitenkaan esitetä tietokoneella saatuja tuloksia, eikä niihin voi vedota. Mitään kokeilemalla saatuja lukuarvoja tms. ei tulla hyväksymään ratkaisuksi.

0. Allekirjoitus, joko käsin tai tietokoneella (vakuutan noudattavani kokeen sääntöjä):

1. Määritä kuvan kytkennästä kokonaisjärjestelmän siirtofunktio $Y(s) / R(s)$ lohkojen siirtofunktioiden $G_1(s)$, $H_1(s)$, $G_2(s)$ ja $H_2(s)$ funktiona. (6 p)



2. Tutkitaan skalaarijärjestelmää (1-dimensioinen tilamuuttuja)

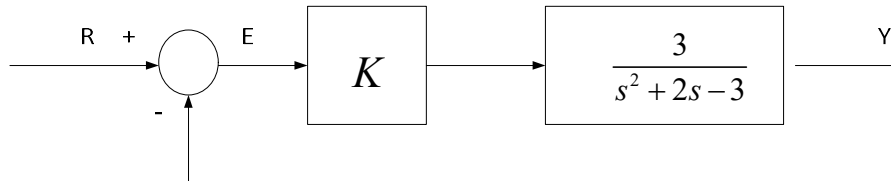
$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= ax(t) + bu(t) \\ y(t) &= cx(t) \end{aligned} \quad (a, b \text{ ja } c \text{ ovat nollasta poikkeavia vakioita})$$

Järjestelmälle on laadittava muotoa $u(t) = -Lx(t) + kr(t)$ oleva säätölaki, joka sijoittaa suljetun systeemin navan/navat reaaliakselin pisteeseen -1 ja jonka staattinen vahvistus askelmuutokselle referenssistä r lähtöön y on yksi. Tilaa x ei voida mitata, mutta lähtömuuttuja y on mitattavissa.

Suunnittele säädin ja esitä Simulinkin kaltainen kaavio säätökytkennästä. Huomaa, että ratkaisusi on oltava suoraviivaisesti toteutettavissa esimerkiksi juuri Simulinkilla. Jos esimerkiksi käytät tilatarkkailijaa, sinun on suunniteltava se ja esitettävä se diagrammissa.

(6 p)

3. Prosessia säädetään P-säätäjällä

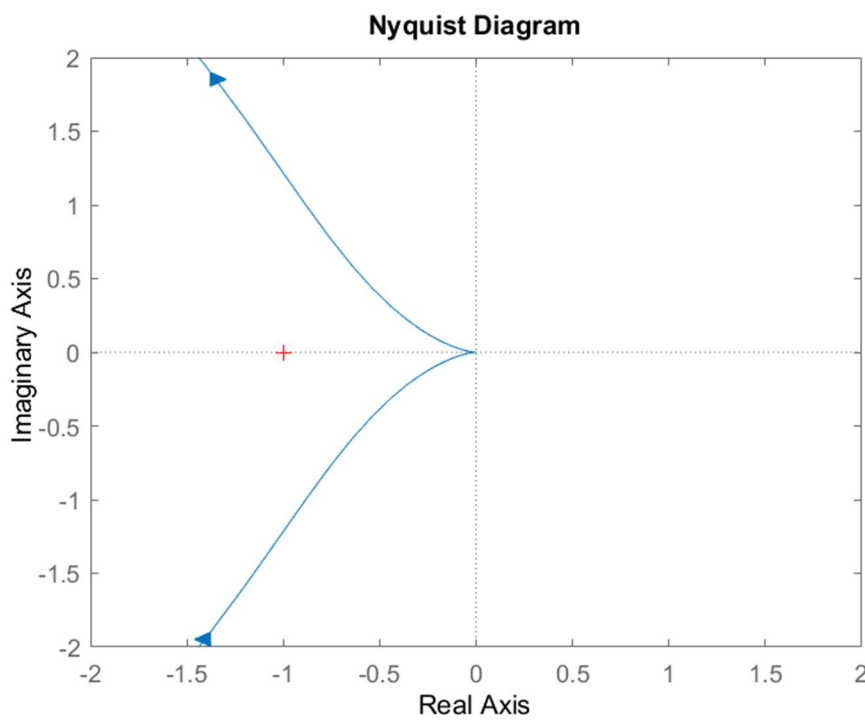
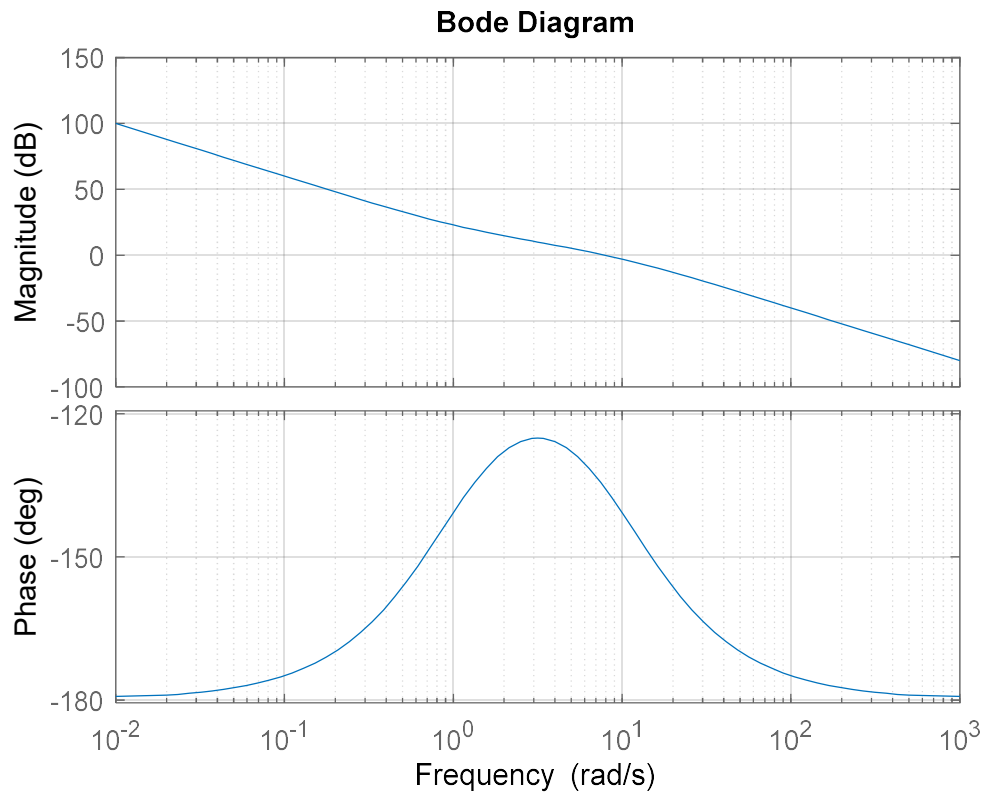


- Osoita, että prosessi on epästabiili (1 p)
- Osoita, että prosessi voidaan stabiloida P-säätäjällä kuvan mukaisesti. Mikä on pienin K :n arvo, jolla suljettu systeemi on stabiili? (2p)
- Olkoon K valittu siten, että suljettu systeemi on asymptoottisesti stabiili. Jääkö erosignaaliin E pysyvä poikkeama, kun referenssiin on tullut askelmainen heräte? Jos jää, kuinka suuri se on ja kuinka se riippuu parametrasta K ? (3 p)

4. Säädetyin järjestelmän luopinsiirtofunktiolle (avoimen järjestelmän siirtofunktiolle)

$$L(s) = \frac{K(s+a)}{s^2(s+b)}, \quad K > 0, a > 0, b > 0$$

on piirretty taajuusvaste (Boden diagrammi ja Nyquistin diagrammi, kuvissa alla)



- a. Kirjoita luopinsiirtofunktion lausekkeen perusteella Boden vahvistuskäyrän ja vaihekyrän lausekkeet kulmataajuuden funktioina. Vahvistus ilmaistaan desibeleinä. (2 p)

- b.** Määritä erikseen kummankin kuvan perusteella (likimääräisesti niin tarkkaan kuin se kuvista on mahdollista) suljetun systeemin vahvistus- ja vaihevara. Huom. Saatujen lukuarvojen tarkkuus ei ole ratkaisevaa, mutta vastauksesta on selvästi ilmevä kummankin diagrammin osalta, miten olet määrittänyt. (2 p)
- c.** Miten vahvistuksen K lisääminen vaikuttaa b-kohdan tuloksiin. Perusta vastauksesi diagrammeihin ja jälleen selitä tarkasti tuloksesi ja niiden perustelut. (2 p)

5. Tarkastellaan PID-säädintä, jonka perusversio ("oppikirjaversio") on

$$u(t) = K \left(e(t) + \frac{1}{T_I} \int_{-\infty}^t e(s) ds + T_D \frac{de(t)}{dt} \right)$$

Symbolit vastaavat kurssilla käytettyjä merkintöjä.

- a.** Esitä säätäjä Laplace-tasossa ja piirrä Simulinkin kaltainen diagrammi säätimestä. (2 p)
- b.** Minkälaisia modifikaatioita derivoointitermissä yleensä käytetään? Miksi? (2 p)
- c.** Diskretoi säädin (oppikirjaversio) haluamallasi menetelmällä ja esitä diskreetin säätimen pulssinsiirtofunktio. (2 p)