

## MS-E2129 Systeemien identifiointi

### 6. laskuharjoitus

1. Tarkastellaan säiliön pinnankorkeuden stabilointitehtävää ( $r(t) = 0$ ). Säiliön siirtofunktio on

$$G(s) = \frac{4}{s + 1}.$$

Tulovirtausta säättävä venttiili oletetaan lineaariseksi 1. kertaluvun systeemiksi, jonka siirtofunktio on

$$G_v(s) = \frac{2}{s + 2}.$$

Venttiilin yli vallitseva paine-ero vaikuttaa myös virtaukseen, joten se mallinnetaan häiriönä. Hetkellä  $t = 3s$  paine-ero putoaa askelmaisesti yhden yksikön.

- a) Simuloi pinnankorkeuden muutosta ilman säätöä.
- b) Lisää systeemiin P-säädin ja simuloi systeemiä eri  $K_P$ :n arvoilla.
- c) Poistaaksesi pysyvän poikkeaman lisää säätimeen I-osa. Hae  $K_I$ , joka saa systeemin epästabiiliksi.
- d) Kokeile, saatko stabiloitua systeemin lisäämällä säätimeen D-osan. Olisivatko nämä parametriarvot oikeasti järkevät?
- e) Konstruoi jatkuva-aikaisen PID-säätimen tilalle diskreettiaikainen PID-säädin näytteenottoineen ja pitoineen. Tutki simuloimalla näytteenottotaajuuden vaikutusta säätöön.
- f) Kokeile häiritä sisäänmenoa sinimuotoisilla värähtelyillä, kun säätimenä on edellisen kohdan diskreetti PID-säädin. Vertaa erityisesti isojen ja pienien taajuuksien eroavaisuuksia.

2. Systeemiä

$$G(s) = \frac{1}{s(s + 1)(s + 2)}$$

säädetään PID-säätimellä.

- a) Piirrä (esim. Matlabilla) systeemin juuriura, kun säätimessä on vain P-osa. Millä  $K_P$ :n arvoilla suljettu systeemi on stabiili? Vinkki: juuriura leikkaa imaginaariakselin täsmälleen silloin, kun  $s = i\omega$ .

- b) Lisätään säätimeen D-osa. Aseta  $K_P$  suurimpaan stabiiliin arvoonsa ja piirrä juuriura  $K_D$ :n suhteen. Mitä voit juuriuran valossa päätellä D-osan vaikutuksesta systeemin stabiilisuuteen?

3. a) Suunnittele järjestelmälle

$$x(k+1) = \begin{bmatrix} -1 & -2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} x(k) + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u(k)$$

tilatakaisinkytkentä niin, että suljetun silmukan systeemin navat ovat pisteessä  $z = 0.5$ .

- b) Suunnittele järjestelmälle

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 20.6 & 0 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t)$$

tilasäätäjä  $K$  siten että suljetun silmukan systeemin navat asettuvat pisteisiin  $-1.8 \pm 2.4i$ .

4. Tarkastellaan klassista ongelmaa, rautakuulan leijuttamista sähkömagneetin avulla. Systeemin sisäänmeno on sähköpiiriin syötettävä jännite  $u(t)$  ja ulostulo rautakuulan ja magneetin ilmarako  $h(t)$ .

Systeemiä kuvataan differentiaaliyhtälöillä

$$M\ddot{h}(t) = Mg - \frac{Ki^2(t)}{h(t)}$$

$$u(t) = L\frac{di(t)}{dt} + Ri(t).$$

Kiinnitetään parametreille arvoiksi  $M = 0.05$ ,  $K = 0.001$ ,  $L = 0.01$ ,  $R = 1$  ja  $g = 9.81$ .

- a) Esitä systeemin tilayhtälöt ja linearisoi ne pisteen  $h = 0.01$  (ja vastaavan tilan) ympäristössä.
- b) Tutki linearisoidun systeemin stabiilisuutta.
- c) Varmistu systeemin saavutettavuudesta ja suunnittele säädin, joka säätää piirin jännitettä niin että pallon paikka stabiloituu.
- d) Kokeile askelmaisen ulkoisen ohjauksen tuomista systeemiin. Huomaa että koska  $u$ :n merkitys on muuttunut, ulkoinen signaali täytyy skaalata sopivasti.
- e) Kokeile miten säädetty järjestelmä pystyy seuraamaan mielivaltaista referenssi-signalia.