

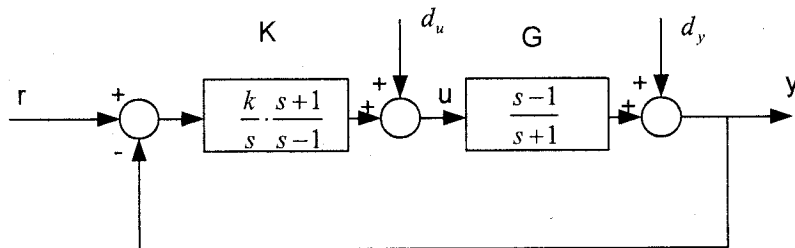
# AS-74.3123 Mallipohjaiset säätöjärjestelmät

Tentti 12. 2008

18

Lopullinen arvosana määräytyy, kun sekä tentti että kotitehtävä on hyväksytty. 5 tehtävää.

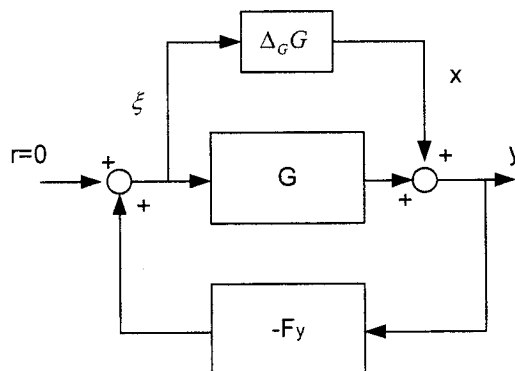
1. Tarkastellaan alla olevassa kuvassa esitettyä säätökonfiguraatiota. (Siirtofunktiossa  $K$  parametri  $k > 0$ )



$L = kG$   
 $S = (1+L)^{-1}$   
 $T = (1+L)^{-1}L$

- Laske silmukan vahvistusfunktio, herkkyysfunktio ja komplementäärinen herkkyysfunktio. Hahmottele funktioiden taajuusvasteet Boden diagrammin avulla. Laske kaistanleveydet  $\omega_c$ ,  $\omega_b$  ja  $\omega_{BT}$ .
- Osoita kuvion avulla suoraan laskemalla, että kuvan järjestelmä ei ole sisäisesti stabiili. Miten sisäinen stabiilisuus määritellään ja mikä aiheuttaa kuvan järjestelmän epästabiilisuuden?

2. Alla olevassa kuvassa on esitetty eräs SISO-säätökonfiguraatiota kuvaava kaavio, jossa epävarmuutta (mallittamatonta dynamiikkaa) sisältävää prosessia säädetään kahden vapausasteen säätökonfiguraatioissa. Kyseessä on regulointiprobleema. Termi  $\Delta_G$  (taajuuden funktio) kuvaa mallin epävarmuutta.



Laske siirtofunktio termistä  $x$  termiin  $\xi$  ja muunna tämän avulla konfiguraatio suoran takaisinkytkennän muotoon (myötähaarassa on termi  $\Delta_G$ ). Sovella sitten pienen vahvistuksen teoreemaa (Small-Gain theorem) ja johda ehto järjestelmän robustille stabiilisuudelle.

3.

- a. Esitä lyhyesti mutta kuitenkin myös peruskaavat esittämällä, mikä on *singulaariarvohajotelma* ja mitä ovat *singulaariarvot*? Jos monimuuttujajärjestelmän siirtofunktio on  $G(s)$ , niin mitä merkitystä singulaariarvoilla on järjestelmän ominaisuuksien kannalta?
- b. Olkoon staattinen systeemi

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 100 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 100 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 100 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & c \\ b & d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad b = \frac{1}{100}$$

Laske ominaisarvot, singulaariarvot ja RGA-luku (Relative Gain Array). Mitä tuloksista voidaan päätellä säädön kannalta?

4. Olkoon signaali

$$u(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ e^{-at}, & t \geq 0 \end{cases} \quad (a > 0) \quad \frac{1}{s+a}$$

- a. Laske signaalin spektraalitiheys  $\Phi_u(\omega) = U(i\omega)U^*(i\omega)$ . Piirrä kuva.
- b. Signaali  $u(t)$  on tulosuureena siirtofunktion  $G(s) = 1/(s+1)$  kuvaamalle systeemille. Mikä on lähtösuureen spektraalitiheys? Piirrä kuva.

5. Vastaa seuraaviin kysymyksiin.

- a. Mitä tarkoitetaan säätöjärjestelmän *fundamentaaleilla rajoituksilla* (*basic limitations of control, fundamental restrictions*)? Mitkä ovat tyypillisimmät ja mitä tietoa niiden perusteella saadaan säädön suorituskyvystä?
- b. Dynaamisen ohjelmoinnin periaatteet kuvaa Bellmanin esittämä *optimaalisuuden periaate* (*Principle of Optimality*). Esitä tämä omin sanoin.
- c. Mitä säätötekniikassa tarkoitetaan englanninkielisillä termeillä *loop shaping* ja *loop transfer recovery*? Miten suomentaisit nämä termit?