AS-74.111 Analoginen säätö

Tentti 8.5.2003

- *Merkitse kaikkiin vastauspapereihin kurssin nimi, oma nimi, osasto, vuosikurssi ja opiskelijanumero.*
- *Tentissä on viisi (5) tehtävää ja kaikkiin pitää vastata.*
- *Tentissä ei saa käyttää mitään kirjallisuutta. Tehtäväpaperin viimeisellä sivulla olevista kaavoista voi olla hyötyä.*

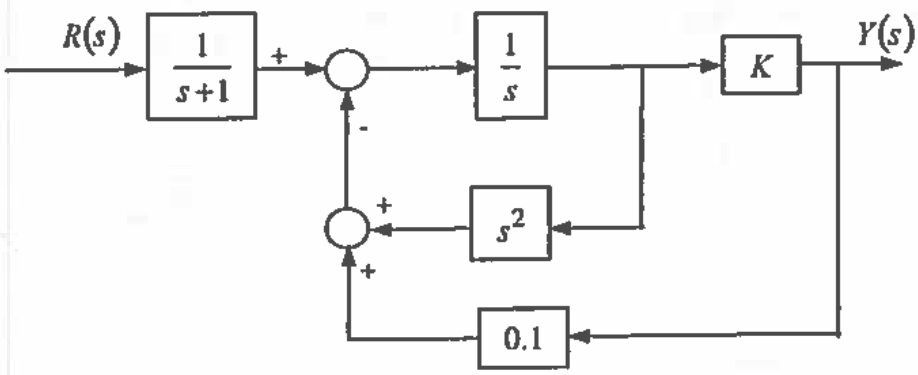
1. Vastaa kysymyksiin lyhyesti. Mitä tarkoittavat säätötekniikassa
   - (i) Dominoiva napapari (a dominant pair of poles)? (1 p)
   - (ii) MIMO? (1 p)
   - (iii) Ylikriittisesti vaimennettu (overdamped) järjestelmä? (1 p)
   - (iv) Vaihe- ja vahvistusvara (phase and gain margin)? (1 p)
   - (v) Minkä vuoksi säätötekniikassa käytetään takaisinkytkentää? (1 p)
   - (vi) Mitä yhteistä on järjestelmän karakteristisella yhtälöllä ja stabiilisuudella? (1 p)

2. a) Järjestelmää kuvaa siirtofunktio

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

Laske järjestelmän yksikköaskelvaste. (2 p)

b) Tutkittavaa järjestelmää kuvaa lohkokaavio



Millä K:n arvoilla kokonaisjärjestelmä on stabiili? (4 p)

~6p

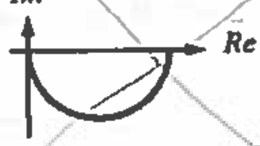
~~3.~~ Oheisessa kuvassa on kuusi mallia (A-F) ja kuusi impulssivastetta (I-VI). Impulssi on syötetty prosesseihin ajanhetkellä $t = 0$. Etsi mallit ja vasteet, jotka kuvaavat samaa järjestelmää. Kaikille malleille ei löydy vastaavaa impulssivastetta. Perustele miksi malli ja löytämäsi impulssivaste kuvaavat samaa järjestelmää ja miksi mikään impulssivasteista ei kuvaa jotain tarkastelemaasi mallia. (6 p)

~1p

Taajuustason mallit

Aikatason impulssivasteet

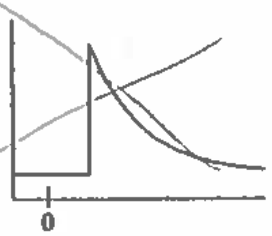
A.



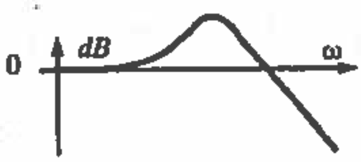
Nyquistin diagrammi

ilman viivettä

I.

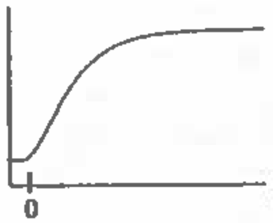


B.



Boden vahvistuskäyrä

II.

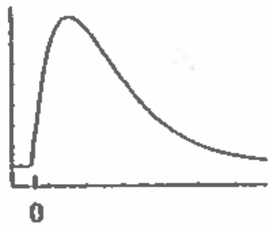


C.

$$F(\omega) = G(j\omega) = \frac{\cos(\omega T) - j\sin(\omega T)}{\tau j\omega + 1}$$

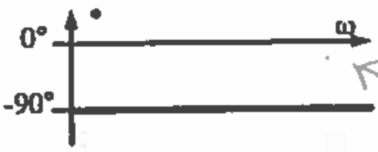
Taajuusfunktio

III.



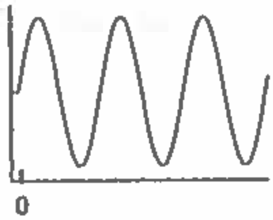
kun nollst. Real akselin

D.



Boden vaihekäyrä

IV.

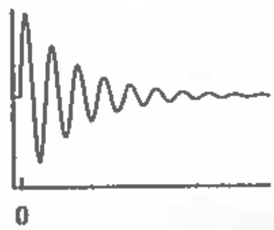


nollst. Im akselin

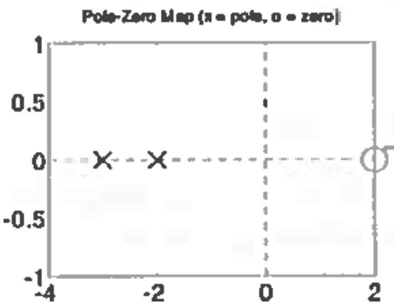
E.

Boden vahvistuskäyrä

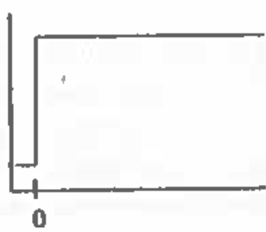
V.



F



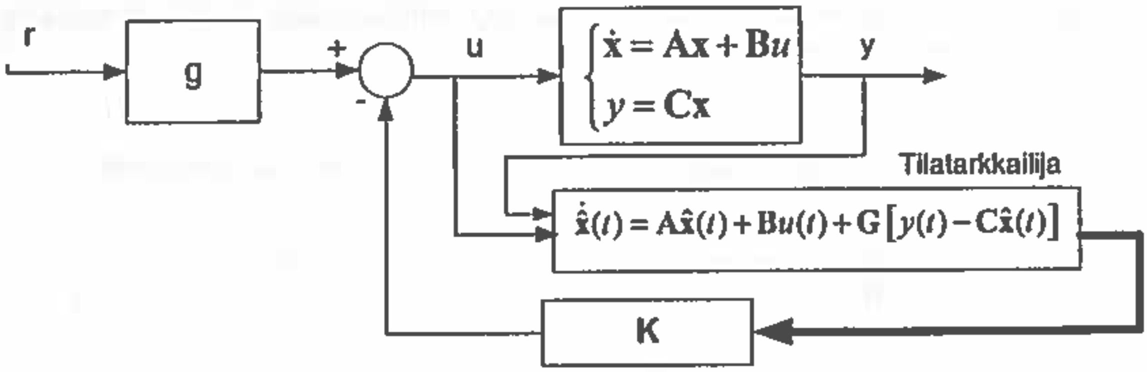
VI.



ei äkillisiä muutoksia

$(s+a)^2$

4. Tarkastellaan alla olevan kuvan mukaista säätökonfiguraatiota, jossa järjestelmän tiloja $\mathbf{x}(t)$ ei voida suoraan mitata, vaan joudutaan rakentamaan tilatarkkailija.



a. Johda tilatarkkailijan estimointivirheen $\mathbf{e}(t) = \mathbf{x}(t) - \hat{\mathbf{x}}(t)$ derivaatalle lauseke, jossa derivaatta riippuu estimointivirheestä. (2 p) ~2p

b. Miten tilatarkkailijan vektori $\mathbf{G}$ on valittava jotta estimointivirhe menisi nollaan? Perustele vastaus a.-kohdan tuloksen avulla. (1 p) ~0p

c. Laske alla olevalle järjestelmälle tilatarkkailijan vektori $\mathbf{G}$ siten, että tarkkailijan navat tulevat pisteisiin $s_{1,2} = -5$. (3 p) ~0p

$$\begin{cases}\dot{\mathbf{x}}(t) = \begin{bmatrix} -1 & 2 \\ 0 & -4 \end{bmatrix}\mathbf{x}(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}u(t) \\ y(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}\mathbf{x}(t)\end{cases}$$

5. Prosessia, jonka siirtofunktio on

$$G_p(s) = \frac{1}{(s+2)(s+4)},$$

säädetään PI-säätimellä, jonka siirtofunktio on

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_i}{s}.$$

Systeemi on negatiivisesti takaisinkytketty ja takaisinkytkentähaarassa on ainoastaan yksikkövahvistus.

a. Piirrä suljetun systeemin lohkokaavio. (1 p)

b. Millä K_p:n ja K_i:n arvoilla suljettu systeemi on stabiili? (2 p)

c. Laske K_p:n ja K_i:n arvot, joilla suljetun systeemin navat ovat $s_{1,2} = -1$ ja $s_3 = -4$. (2 p)

d. Kumpi on nopeampi, alkuperäinen prosessi ilman säädintä ja takaisinkytkentää vai c-kohdan säädetty järjestelmä? (Perustele vastauksesi napojen paikan avulla.) (1 p)

Laplace-muunnoksen teoreemoja

Määritelmä: $F(s) = L\{f(t)\} = \int_0^\infty f(t)e^{-st}\,dt$	
Laplace-muunnos	Ajan funktio
$F(s)$	$f(t)$
$C_1F_1(s) + C_2F_2(s)$	$C_1f_1(t) + C_2f_2(t)$
$F(s+a)$	$e^{-at}f(t)$
$e^{-as}F(s)$	$\begin{cases} 0, & t \le a \\ f(t-a), & t > a \end{cases}$
$\frac{1}{a}F\left(\frac{s}{a}\right)$	$f(at)$
$F_1(s)F_2(s)$	$\int_0^t f_1(\tau)f_2(t-\tau)\,d\tau$
$sF(s) - f(0)$	$f'(t)$
$s^nF(s) - \left[s^{n-1}f(0) + \ldots + f^{(n-1)}(0)\right]$	$f^{(n)}(t)$
Mikäli $f(t)$:n ja $F(s)$:n raja-arvot ovat olemassa, niin niille pätee: $\lim_{s\to 0}\{sF(s)\} = \lim_{t\to\infty}\{f(t)\}$ $\lim_{s\to\infty}\{sF(s)\} = \lim_{t\to 0}\{f(t)\}$	

Laplace-muunnos ja aikavasteita

Laplace-muunnos	Ajan funktio
1	$\delta(t)$
$1/s$	1
$1/s^2$	t
$1/s^{n+1}$	$t^n/n!$
$\frac{1}{s+a}$	e^{-at}
$\frac{1}{(s+a)^{n+1}}$	$\frac{t^ne^{-at}}{n!}$
$\frac{a}{(s+b)^2+a^2}$	$e^{-bt}\sin(at)$
$\frac{s+b}{(s+b)^2+a^2}$	$e^{-bt}\cos(at)$
$\frac{1}{(s+a)(s+b)}$	$\frac{1}{a-b}\left(e^{-bt} - e^{-at}\right)$
$\frac{1}{s(s+a)(s+b)}$	$\frac{1}{ab} + \frac{1}{ab(b-a)}\left(ae^{-bt} - be^{-at}\right)$