

4. Prosessia kuvaa siirtofunktio: $G(s) = \frac{s+4}{s(s-3)}$

- a. Mitkä ovat prosessin Boden approksimoitujen vahvistuskäyrän käännepisteet (rad/s) ?
- b. Mitkä ovat prosessin Boden approksimoitujen vahvistuskäyrän nousu- ja laskujyrkkyydet (dB/dekadi) eri kulmataajuuksien ω arvoilla?
- c. Mistä arvosta (dB) prosessin Boden approksimoitu vahvistuskäyrä alkaa ja mihin arvoon (dB) se päättyy?
- d. Mitkä ovat prosessin Boden approksimoitujen vaihekäyrän käännepisteet (rad/s) ?
- e. Mitkä ovat prosessin Boden approksimoitujen vaihekäyrän nousu- ja laskujyrkkyydet (°/dekadi) eri kulmataajuuksien ω arvoilla?
- f. Mistä arvosta (°) prosessin Boden approksimoitu vaihekäyrä alkaa ja mihin arvoon (°) se päättyy? (6p)

- 5. Approksimatiivisissa diskretointimenetelmissä Laplace-tason s-muuttuja usein korvataan sopivalla Z-tason funktiolla. Esimerkiksi (T on diskretointiväli):

Eulerin approksimaatio: $s \approx \frac{z-1}{T}$
Taaksep. derivointi: $s = \frac{z-1}{zT}$

- a. Kehitä diskreetin PID-säätimen pulssinsiirtofunktio molemmilla edellä esitetyillä approksimaatioilla (lähien jatkuvan PID-säätimen siirtofunktioista). (2p)

- b. Diskreetti erosuure $e(k)$ muuttuu seuraavasti:

k	-1	0	1	2
$e(k)$	0	1	0.5	-0.2
$u(k)$	0	0		

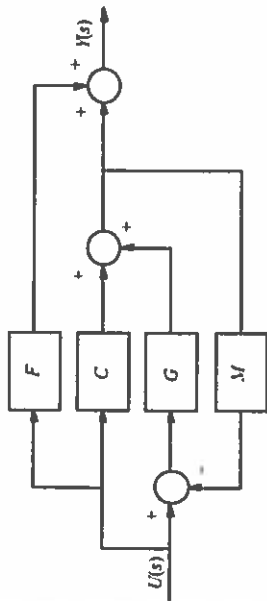
- Laske, mitä diskreetti PID-säädin ehdottaa ohjaukseksi $u(k)$ hetkellä $k = 2$ kummallakin approksimaatiolla (diskretointiväli $T = 1$, $K_r = 4$, $T_I = 0.5$, $T_D = 0.25$). (3p)
- c. Toisella approksimaatioista $u(2)$:sta ei voida laskea. Miksi? (1p)

Merkitse vastauspaperiin selvästi, minkä opintojakson tenttiin osallistunut (Aut-74.107 vai Aut-74.109).

Mikäli olet osallistunut valvottuihin laskuharjoituksiin ja olet oikeutettu lisäpisteisiin tentissä, kirjoita ensimmäisen vastauspaperin yläreunaan "lisäpisteet" ja valvottujen laskuharjoitusten suoritusajankohta (esim. *lisäpisteet kevät-97: 2p*).

Tentissä saa olla mukana kirja *Virkkunen: Säättötekniikan matematiikka*.

- 1. Kehitä alla esitetyn systeemin kokonaissiirtofunktio $G_{TOT}(s) = U(s)/U(s)$, F :n, C :n G :n ja M :n funktiona. (6p)



- 2. Prosessia, jonka tilaesitys on $\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t)$ säädetään: $y(t) = [1 \ 0 \ 0] x(t)$

- a. P-säätimellä. Millä K_P -n arvoilla säädetty järjestelmä on asympotoottisesti stabiili? (3p)
- b. tilasäätimellä $u(t) = -L x(t) + r(t) = -[3 \ I_2 \ 3] x(t) + r(t)$. Millä I_2 -n arvoilla säädetty järjestelmä on asympotoottisesti stabiili? (3p)

- 3. Kuvassa on esitetty PD-säätelyn prosessin juuriura, kun D-aika T_D muuttuu nollassa äärettömään ja säätimen vahvistus $K_P = 2$. Säätämätön prosessi on luonteeltaan integroiva, joten sen staattinen vahvistus on äärettömän.

- a. Millä T_D -n positiivisilla arvoilla säädetty järjestelmä on stabiili? (1p)
- b. Voidaanko säädetty järjestelmä saada täysin värähtelemättömäksi jollain T_D -n arvolla? (1p)