

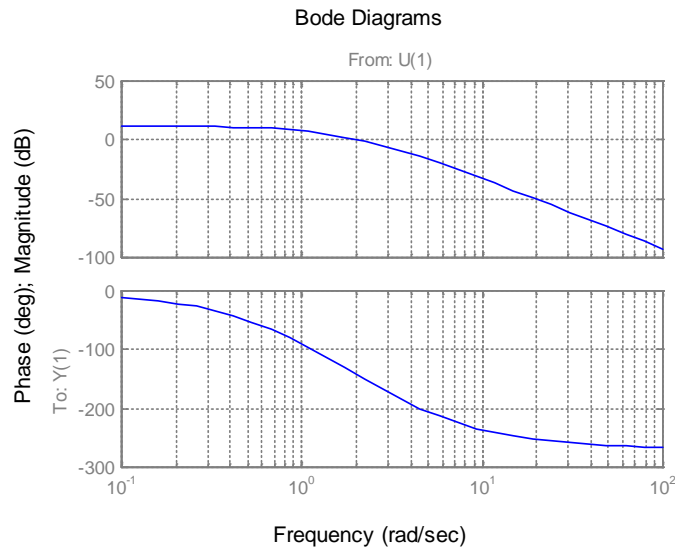
ELEC-C1230 Sääteotekniikka

10. laskuharjoitus

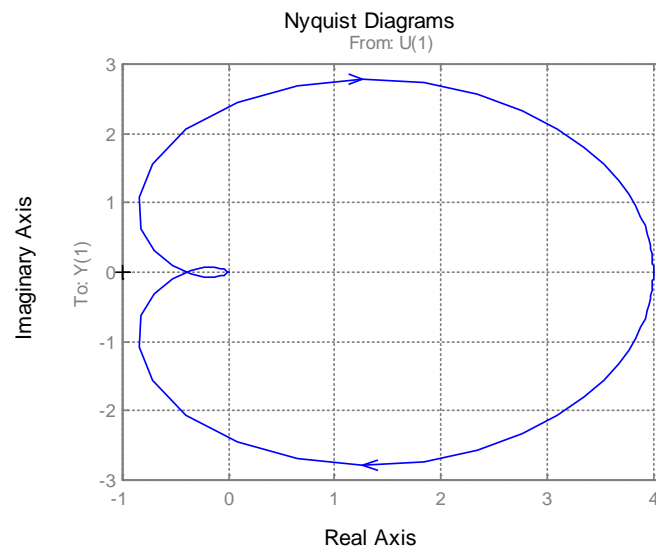
Taajuustason tekniikat: Boden ja Nyquistin diagrammit, kompensaattorien suunnittelu

1. Prosessia, jonka siirtofunktio on $G(s) = \frac{1}{(s+1)(s+2)(s+3)}$ säädetään P -säätimellä. Tutki, onko säädetty järjestelmä stabiili K_P :n arvolla 24 ja määritä vahvistusvarat (arvon $K_P = 24$ suhteen) käyttäen:

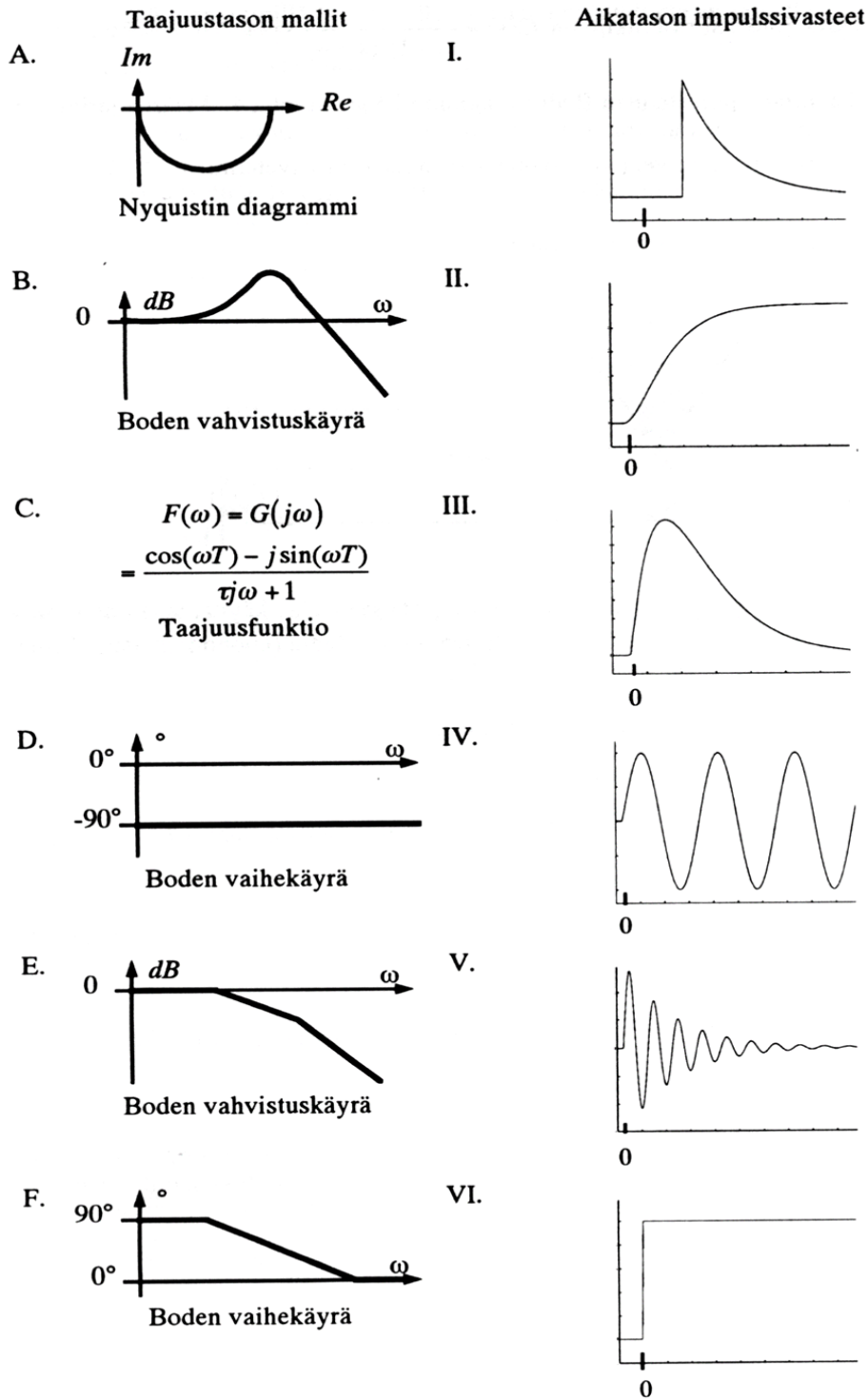
- Routhin kaaviota
- Boden diagrammia



- Nyquistin diagrammia



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

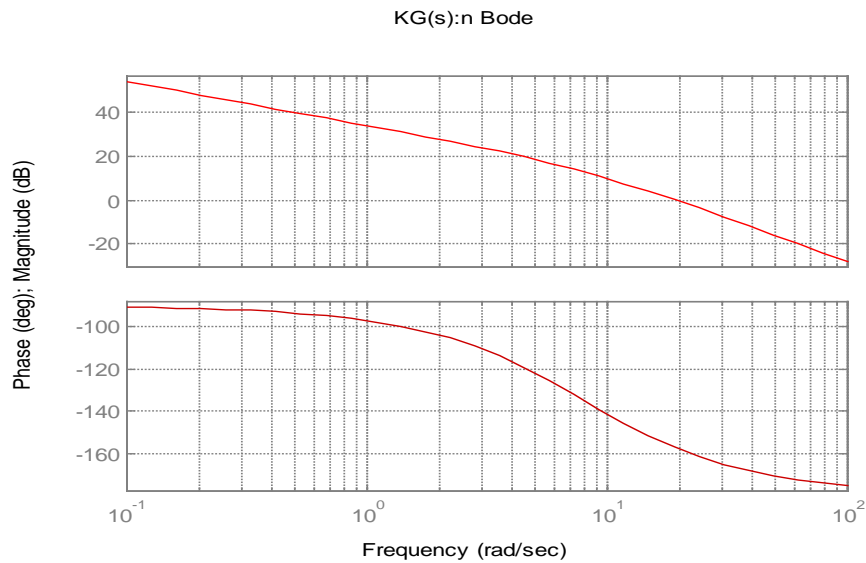


3. Negatiivisesti takaisinkytketyn systeemin avoimen silmukan siirtofunktio on

$$G(s) = \frac{1}{s^2 + 8s}$$

Suunnittele vaiheenjättökompensoattori, joka toteuttaa seuraavat ehdot:

- i.* säädetyn systeemin yksikköramppiherätteen virhe < 2 % eli jatkuvuustilan virhe < 0.02
- ii.* säädetyn systeemin yksikköaskelfunktion ylitys < 20 %.

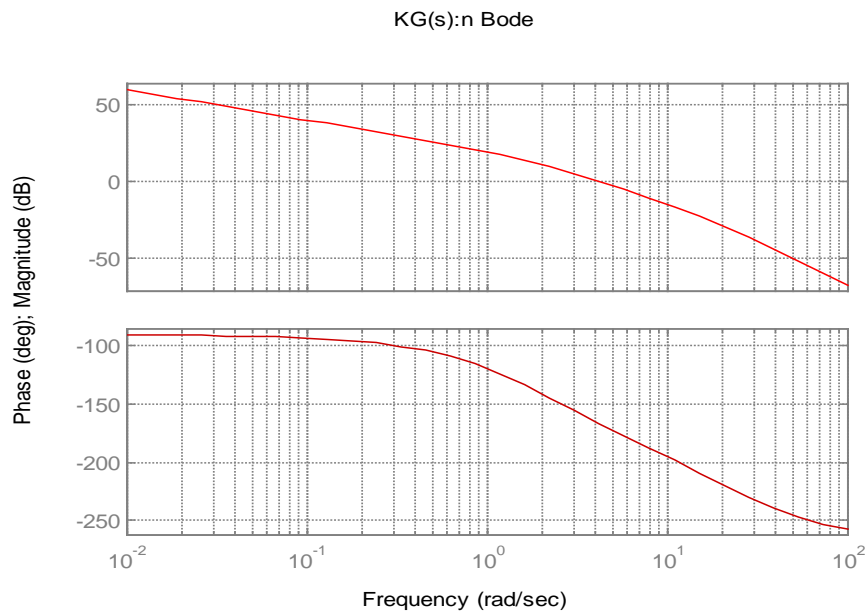


4. Negatiivisesti takaisinkytketyn systeemin avoimen silmukan siirtofunktio on

$$G(s) = \frac{1}{s(s/2 + 1)(s/20 + 1)}$$

Suunnittele vaihejohtokompensoattori, joka toteuttaa seuraavat ehdot:

- i.* säädetyn systeemin yksikköramppiherätteen virhe < 10 % eli jatkuvuustilan virhe < 0.1
- ii.* säädetyn systeemin yksikköaskelfunktion ylitys < 20 %



Vinkit

3. Vaiheenjättökompensaattorin siirtofunktio: $W_{LAG}(s) = \frac{1 + a_1 \tau s}{1 + \tau s}$, $a_1 < 1$.

Vahvistus korkeilla taajuuksilla: $|W_{LAG}(\infty)|_{dB} = (a_1)_{dB}$. Huom. $(\alpha_1)_{dB} = 20 \lg(\alpha_1)$

Ylempi leikkaustaajuus: $\omega_u = 1/a_1 \tau$.

Vaiheenjättökompensaattorin suunnittelu vaiheittain:

- i. Valitse vahvistus K toteuttamaan jatkuvuustilaan vaatimukset
- ii. Piirrä $KG(s)$:n Boden diagrammi
- iii. Laske uusi ylitystaajuus ω_c eli taajuus, millä kompensoimattoman systeemin vaihe on $-180^\circ + PM'$, missä $PM' =$ haluttu vaihevara.
- iv. Laske, kuinka paljon vahvistusta desibeleissä edellä mainitulla taajuudella tarvitsee muuttaa, että siitä tulisi uusi ylitystaajuus. Tästä saadaan a_1 .
- v. Korkeiden taajuuksien vahvistusta täytyy vähentää ilman, että matalien taajuuksien vahvistus häiriintyy. Tämä toteutuu valitsemalla ylemmän leikkaustaajuuden ω_u yhden dekadin alemmas kuin ω_c .
- vi. Tarkistetaan simuloimalla yksikköaskelvastetta
- vii. Jos ehdot täyttyvät, lopeta, muutoin palaa alkuun. Dominoivien napojen approksimaation mukaan vaihevaraa pitää olla 48° , kun yksikköaskelvasteen ylitys on 20 % (tämä on siis approksimaatio, oikeasti tarvitaan enemmän).

4. Vaiheenjohtokompensaattorin siirtofunktio: $W_{Lead}(s) = \frac{1 + a_2 \tau s}{1 + \tau s}$, $a_2 > 1$

Vahvistus korkeilla taajuuksilla: $|W_{Lead}(\infty)|_{dB} = (a_2)_{dB}$

ja matalilla taajuuksilla: $|W_{Lead}(0)|_{dB} = 1 = 0 \text{ dB}$.

Alempi leikkaustaajuus: $\omega_h = 1/a_2 \tau$

ja ylempi leikkaustaajuus: $\omega_l = 1/\tau$.

Vaiheenjohtokompensaattorin suurin vaiheensirto $\phi_{\max} = \arcsin\left(\frac{a_2 - 1}{a_2 + 1}\right)$

tapahtuu taajuudella $\omega_m = 1/\tau \sqrt{a_2}$

ja vahvistus tällä taajuudella on $|W_{Lead}(\omega_m)| = \sqrt{a_2} = 1/2 \cdot (a_2)_{dB}$

Vaiheenjohtokompensaattorin suunnittelu vaiheittain:

- i. Valitse vahvistus K toteuttamaan jatkuvuustilaan vaatimukset
- ii. Piirrä $KG(s)$:n Boden diagrammi
- iii. Laske uusi ylitystaajuus ω_c eli taajuus, millä kompensoimattoman systeemin vaihe on $-180^\circ + PM'$, missä $PM' =$ haluttu vaihevara (täten saadaan a_2 ja ω_m).
- iv. Uusi ylitystaajuus on $\omega_c = \omega_m = 1/\tau \sqrt{a_2}$. Tästä saadaan τ .
- v. Tarkistetaan simuloimalla yksikköaskelvastetta
- vi. Jos ehdot täyttyvät, lopeta, muutoin palaa alkuun.