

Systemein vahvistus ja vaihe

Tehtävä

Mikä on systeemin

$$G(s) = \frac{4}{(s+1)^2}$$

vahvistus ja vaihe kun

a) $\omega = 0.5 \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$

b) $\omega = 4 \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$

c) Tarkista tulokset simuloimalla aikatasossa

Systemin vahvistus ja vaihe

Ratkaisu

```
>> sys = tf(4,conv([1 1],[1 1]))
```

```
>> bode(sys)
```

Katsotaan kuvaajasta

a) $G(0.5)$: 10.2 dB, vaihe -53 deg

b) $G(4)$: -12 dB, vaihe -150 deg

c) Piirretään Simulinkissä $w=0.5$

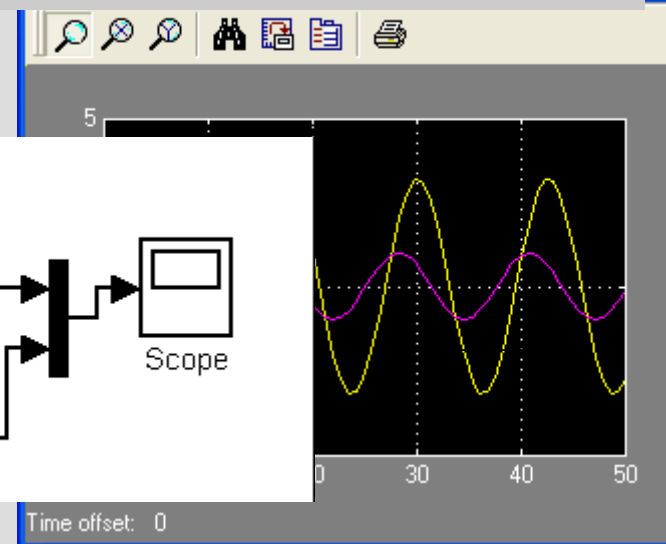
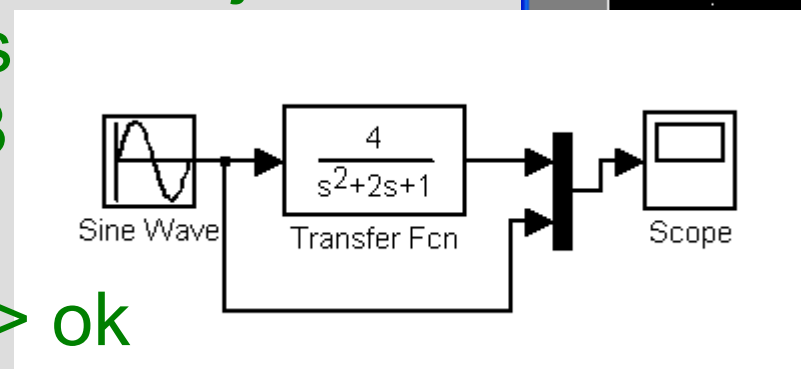
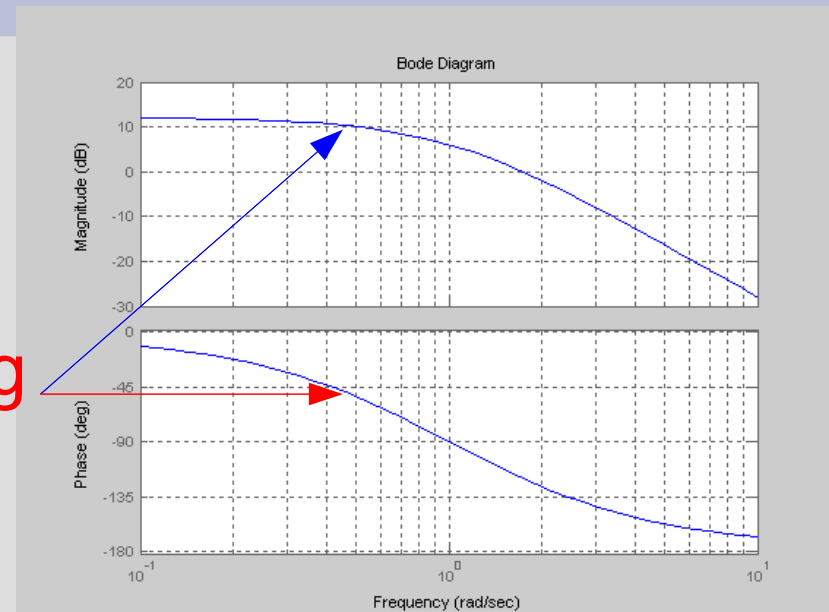
- tarkistetaan vaihe-ero kuvaajasta

- tarkistetaan vahvistus

$$20 \log_{10} 3.2 = 10.1 \text{ dB}$$

=> ok

- samoin $w=4$ [rad/s] => ok



Integraattori ja derivaattori

Ratkaisu

- Millainen on integraattorin Bode?

$$G(s) = \frac{1}{s} \Rightarrow G(i\omega) = \frac{1}{i\omega} = \frac{-i}{\omega}$$

$$\Rightarrow \arg G(i\omega) = -90^\circ$$

$$\Rightarrow \left| \frac{1}{i\omega} \right| = \frac{1}{\omega}$$

- Vaihe -90 deg
- Laskee taajuuden funktiona
>> `bode(tf(1,[1 0])`

- Millainen on derivaattorin Bode?

$$G(s) = s \Rightarrow G(i\omega) = i\omega$$

$$\Rightarrow \arg G(i\omega) = +90^\circ$$

$$\Rightarrow |i\omega| = \omega$$

- Vaihe $+90$ deg
- Kasvaa taajuuden funktiona
>> `bode(tf([1 0],1)`

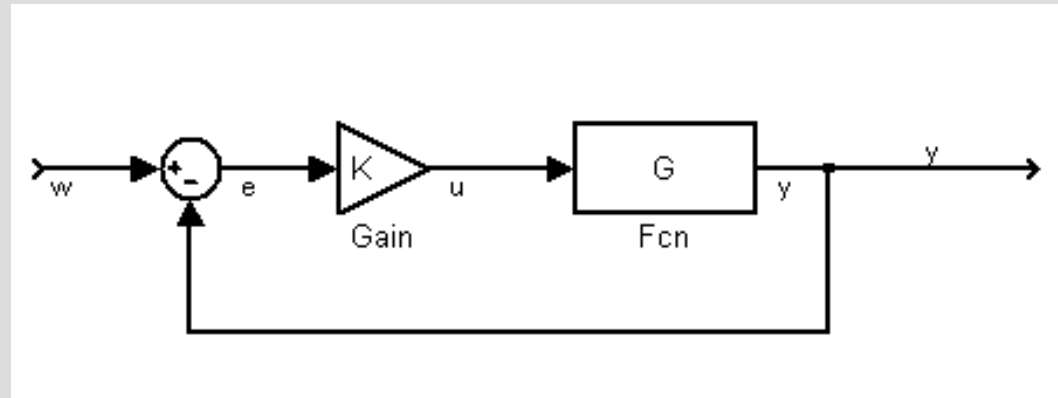
P-säädetty 3. kertaluvun prosessi

Tehtävä

Tutki seuraavan prosessin

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{10}{s^3 + 1.75s^2 + 2.15s + 1}$$

vastetta P-säädössä.



- Määritä vaihe- ja vahvistusvarat kun $K=1$
- Millä K :n arvoilla systeemi on stabiili?

P-säädetty 3. kertaluvun prosessi

Ratkaisu.

Tutki seuraavan prosessin

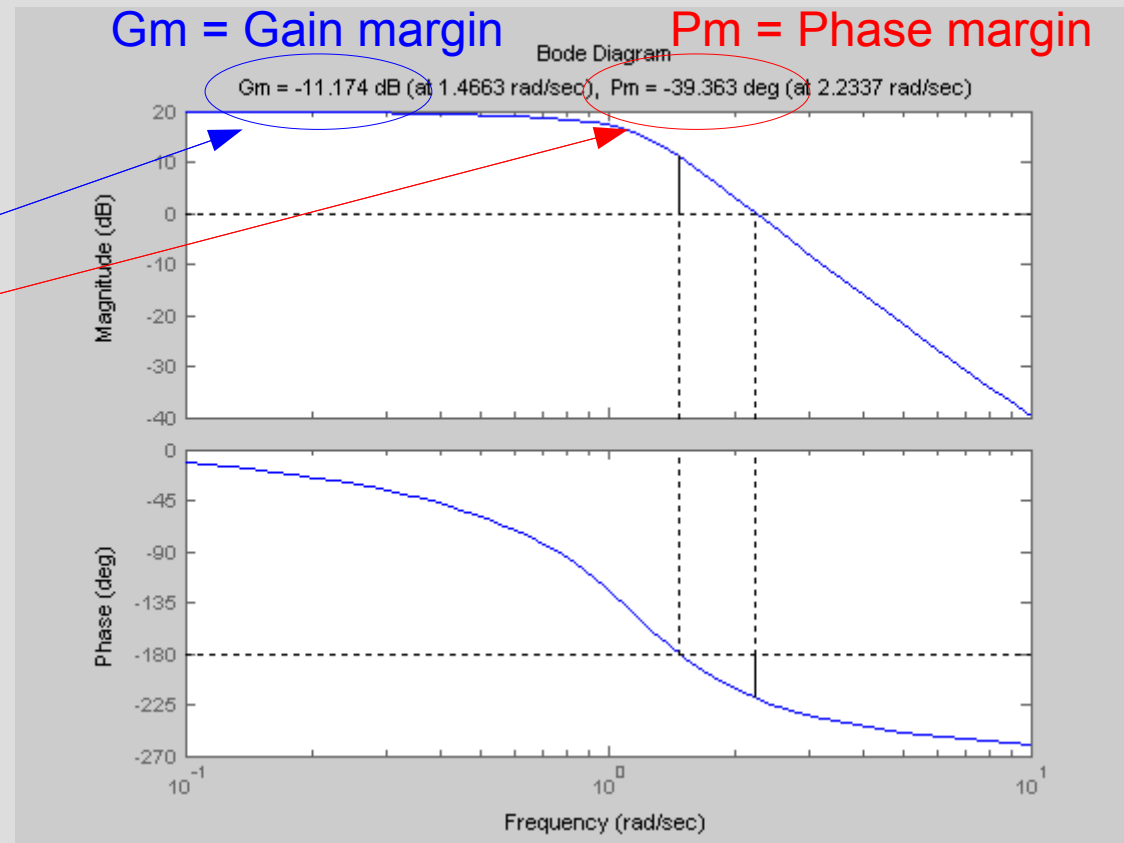
$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{10}{s^3 + 1.75s^2 + 2.15s + 1}$$

vastetta P-säädössä.

- Määritä **vaihe-** ja **vahvistusvarat** kun $K=1$
- Millä K :n arvoilla **systemi on stabiili?**

Systemi on stabiili jos suhdesäädön vahvistus $K < 0.25$ (-12 dB = $20 \log_{10} 0.25$)

```
>> sys = tf(10,[1 1.75 2.15 1]);  
>> margin(sys)
```

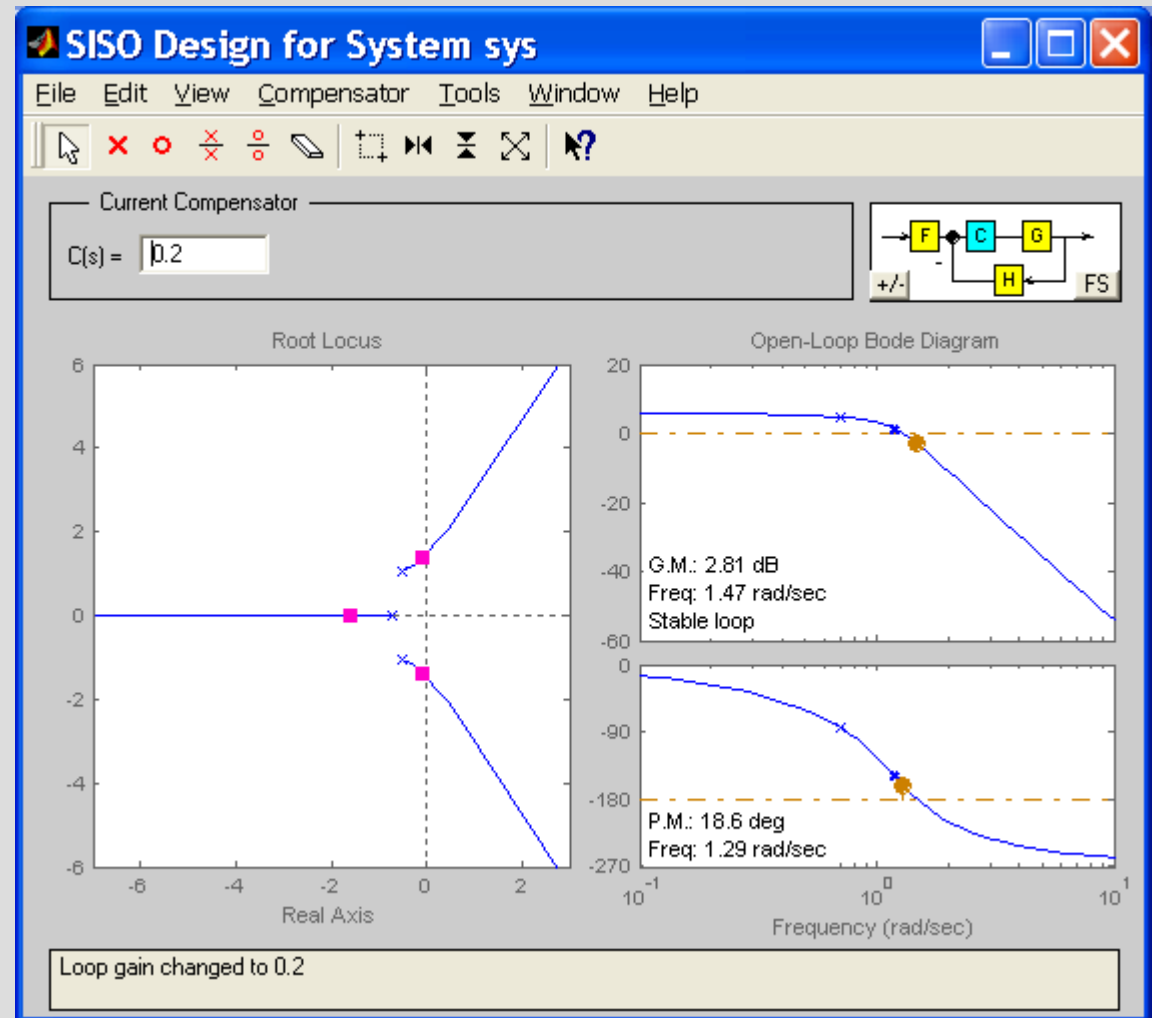


P-säädetty 3. kertaluvun prosessi

Ratkaisu..

>> sisotool(sys)

Asetetaan P-säädön
vahvistukseksi $K=0.2$

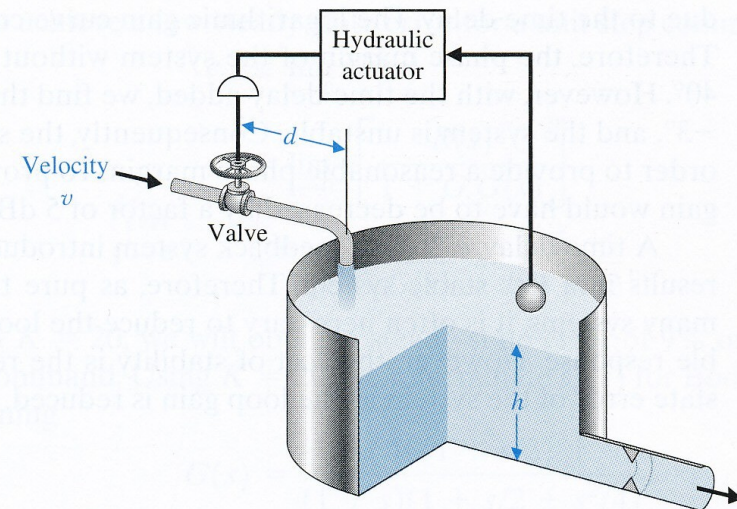


Vedenpinnan säätö

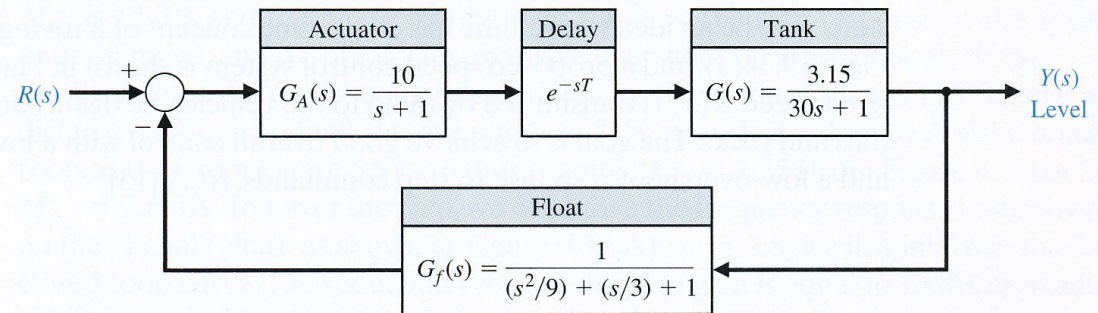
Tehtävä (kts. Dorf s. 509)

- Suunnittele kuvan systeemille säätösiten, että vaihevara on suurempi kuin 30° .
 - Min. 30° vaihevara vastaa n. min. 0.3 vaimennuskerrointa, eli max 37% ylitystä.

Viive $T=1$



(a)



(b)

Vedenpinnan säätö

Ratkaisu

Kirjoitetaan skripti
(tankki.m):

```
GA=tf(10*K,[1 1]);  
G=tf(3.15,[30 1]);  
G.InputDelay=1;  
Gf=tf(1,[1/9 1/3 1]);  
% Silmukkasiirottof.:  
GH=GA*G*Gf;  
% Varat:  
margin(GH);
```

Ajetaan skriptiä
eri K:n arvoilla:

```
>> K=1, tankki  
=> PM=12deg  
>> K=0.5, tankki  
=> PM=31deg
```

- Jos viive olisi 0, PM olisi 35deg.

Viiveellinen integroiva systeemi

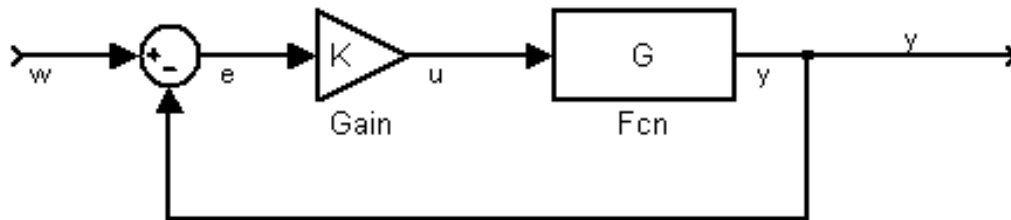
Tehtävä

- Käsitellään systeemiä

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{0.05}{s(10s+1)} e^{-2s}$$

joka on takaisinkytketty
P-säädöllä.

- a) Tutki systeemin stabiilisuutta Bode-diagrammin avulla.
- b) Tutki stabiilisuutta Nyquist-diagrammin avulla



Viiveellinen integroiva systeemi

Ratkaisu.

- Käsitellään systeemiä

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{0.05}{s(10s+1)} e^{-2s}$$

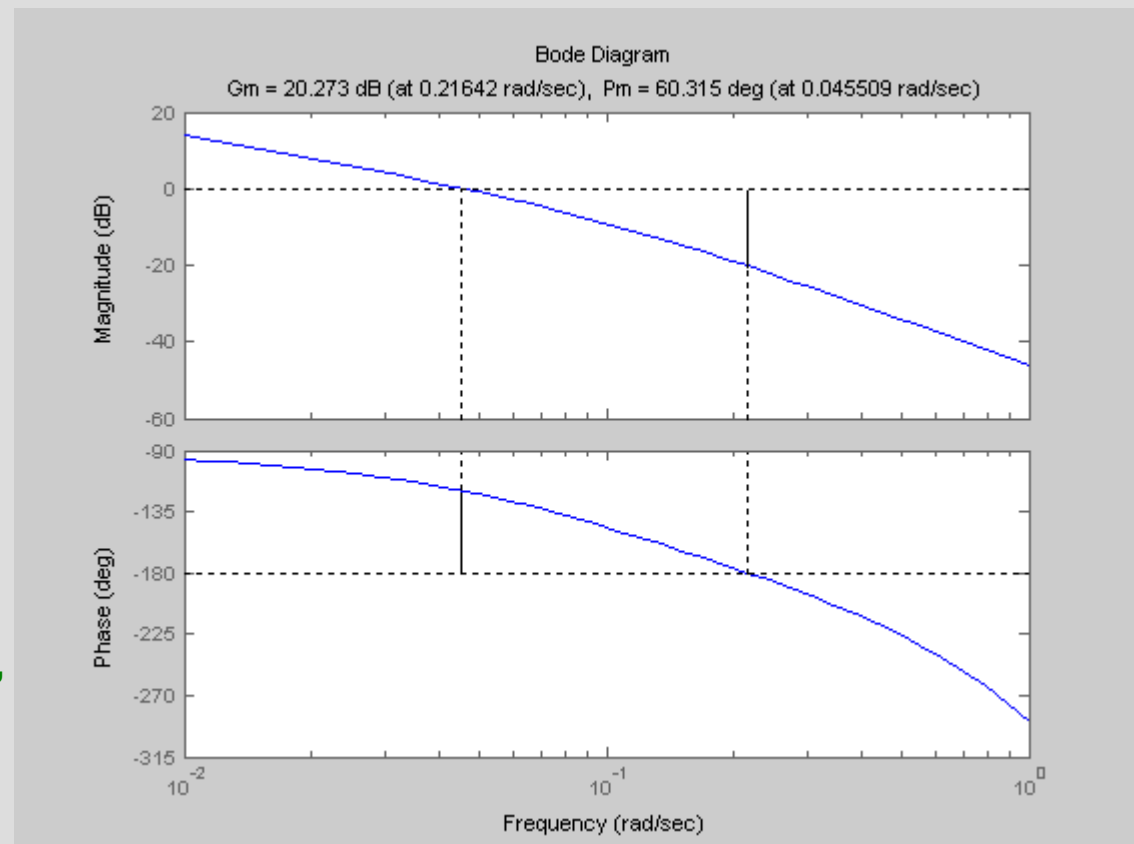
joka on takaisinkytketty P-säädöllä.

- a) Tutki systeemin stabiilisuutta Bode-diagrammin avulla.

Systeemi on stabiili.

Vaihevara ~20dB => P-vahvistusta voi vielä kasvattaa n. 10-kertaiseksi, ja systeemi pysyy stabiilina.

```
>> sys = tf(0.05,[10 1 0]); sys.InputDelay=2  
>> margin(sys)
```



Viiveellinen integroiva systeemi

Ratkaisu..

- Käsitellään systeemiä

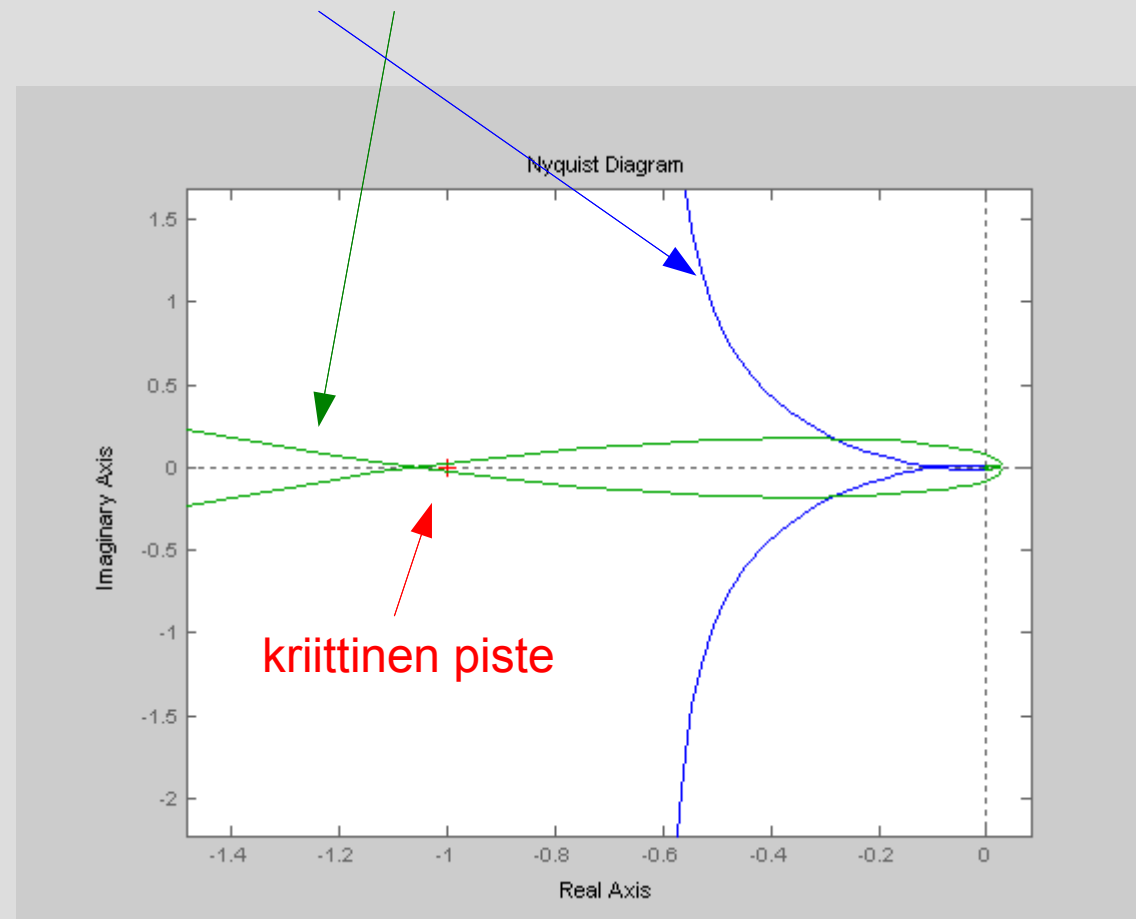
$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{0.05}{s(10s+1)} e^{-2s}$$

joka on takaisinkytketty P-säädöllä.

- b) Tutki systeemin stabiilisuutta Nyquist-diagrammin avulla.

Yksitoistakertainen vahvistus tekee systeemistä epästabiilin (Nyquist-käyrä kiertää pisteen -1)

```
>> nyquist(sys, 11*sys)
```



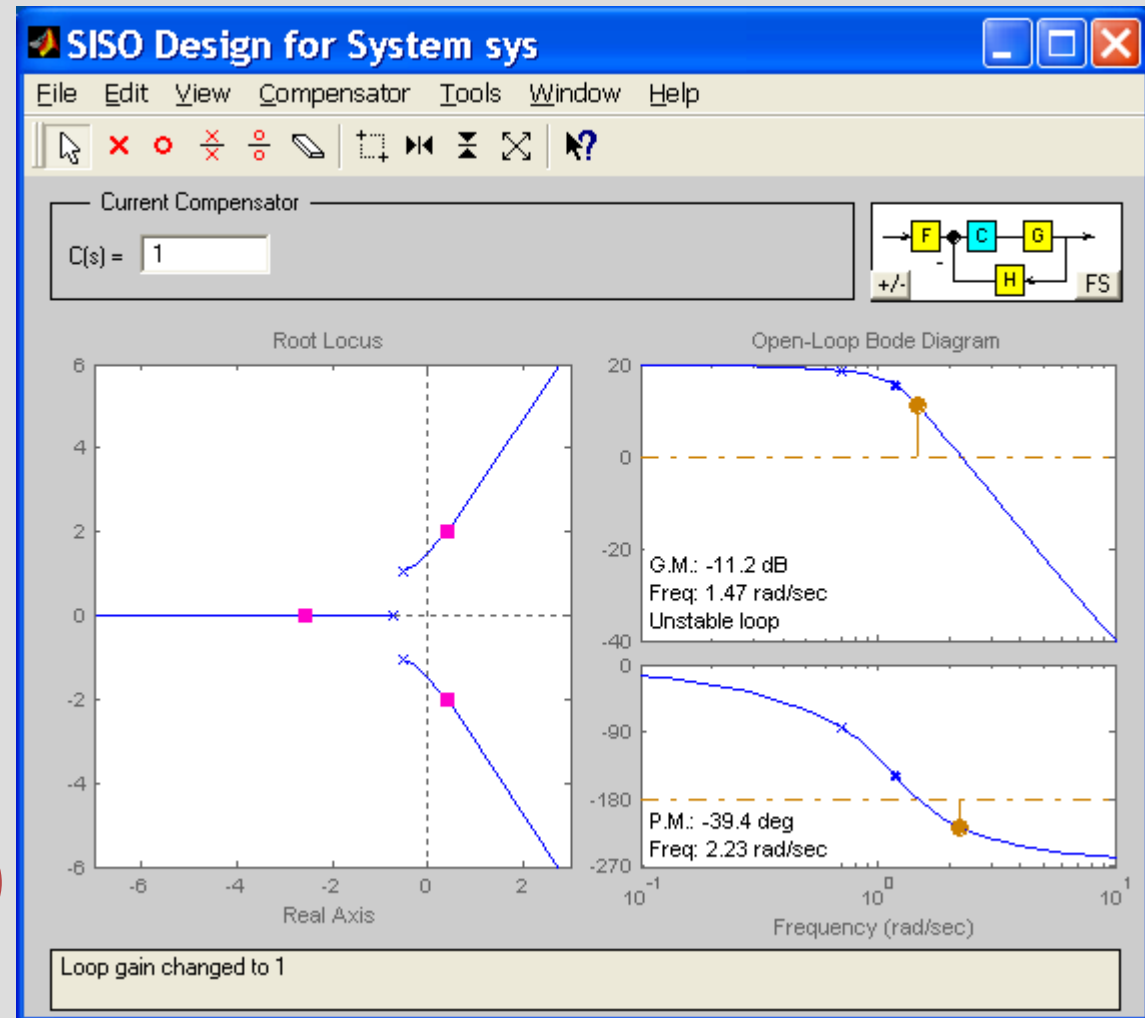
sisotool

MATLAB SISO Design Tool

Graafinen
käyttöliittymä SISO
kompensaattorien
suunnitteluun

- Juuriura
- Bode

sisotool
sisotool(sysG)
sisotool(sysG,sysC)



Viiveellinen integroiva systeemi

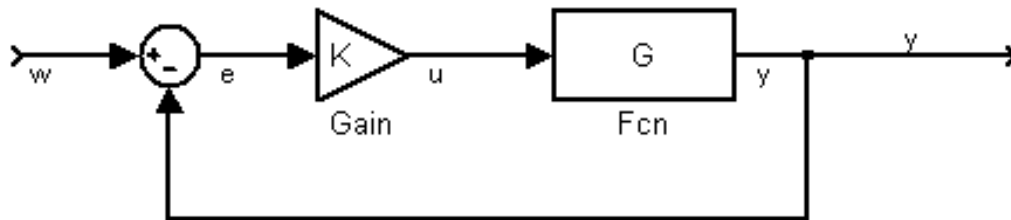
Tehtävä

- Käsitellään systeemiä

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{0.05}{s(10s+1)} e^{-2s}$$

joka on takaisinkytketty
P-säädöllä.

- c) Tutki systeemin stabiilisuutta sisotooltyökalun avulla.



Viiveellinen integroiva systeemi

Ratkaisu

- Käsitellään systeemiä

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{0.05}{s(10s+1)} e^{-2s}$$

joka on takaisinkytketty P-säädöllä.

- c) Tutki systeemin stabiilisuutta sisotool-työkalun avulla.

Kasvatetaan vahvistusta 11:een:

- muuttamalla C(s):n arvoa
- siirtämällä Bodin vahvistuskuvaajaa
- siirtämällä pistettä juuriuralla

Nähdään:

- napojen siirtyvän oik. puolitasoon
- vaihevaran muuttuvan negatiiviseksi

Tarkistetaan aikatazon vaste

>>sisotool(pade(sys,8))

