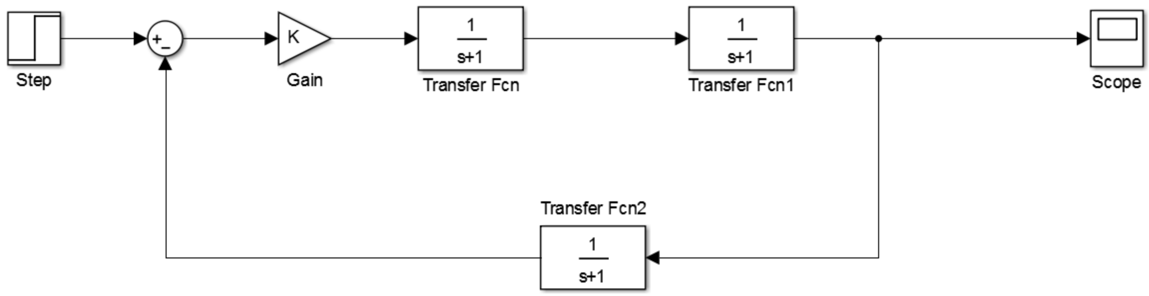
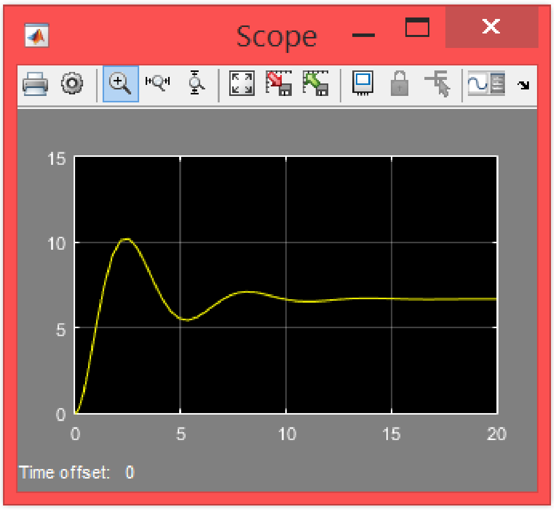
II Gyakorlat

A gyakorlat célja, hogy megismerkedjük az egyszerű szabályozási kör stabilitásának vizsgálati módszerét, valamint a PID szabályzó beállításának egy lehetséges módját.

Tekintsük az alábbi háromtárolós rendszert:



Az egységugrás függvény a 0 időpillanatot követően 10 nagyságú jelet ad, valamint K=2. Vizsgáljuk meg a kimenetet:



Jól látható hogy mielőtt a rendszer kimenete elérné állandósult értékét, erőteljes kilengést végez, aminek az értéke az állandósult állapot majdnem 80%-a. Ez egy ipari szabályozásnál nem megengedhető.

Határozzuk meg a szabályozási eltérést!

Mivel nincs zavarás, és a rendszerben nincs integrálás, a szabályozási eltérés levezetés nélkül a következőféleképpen számítható:

$$\Delta x_s = \frac{1}{1+K} \cdot x_A$$

Ahol „K” a felnyitott kör körerősítési tényezője, $x_A = \frac{x_a}{A_v}$ ahol A_v a visszacsatolás erősítési tényezője.

Az előzőek alapján:

$$x_A = \frac{10}{1} = 10$$

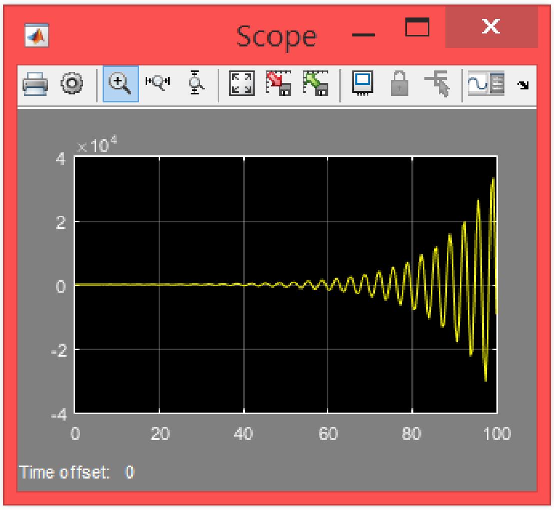
$$\Delta x_s = \frac{1}{1 + 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1} \cdot 10 = \frac{10}{3}$$

Tehát az állandósult állapot:

$$x_s(\infty) = x_A - \Delta x_s = 10 - \frac{10}{3} = \frac{20}{3} \approx 6.6$$

Megfigyelhető, hogy minél nagyobb a nevező, annál kisebb lesz a szabályozási eltérés, a nevezőt pedig a körerősítés befolyásolja. Tehát a nagyobb körerősítés kedvezőbb a szabályozási eltérés szempontjából. De növelhető-e az értéke a végtelenségig?

Írjunk be a „K" helyére 10-et és figyeljük meg mi történik!



Látható, hogy a rendszer kimenete exponenciálisan növekszik állandó frekvenciával, tehát a rendszer instabilan viselkedik.

Vizsgáljuk meg a rendszer Bode diagramját!

Ehhez állítsuk elő a felnyitott kör eredőjét, ami nem más, mint három sorba kötött egyátrolós tag.

$$Y(s)_{felnyitott} = 10 \cdot \frac{1}{1+s} \cdot \frac{1}{1+s} \cdot \frac{1}{1+s} = \frac{10}{(1+s)^3} = \frac{10}{s^3 + 3 \cdot s^2 + 3 \cdot s + 1}$$

A kapott átviteli függvényt bevisszük a következő parancsok segítségével:

num=10

den=[1, 3, 3, 1]

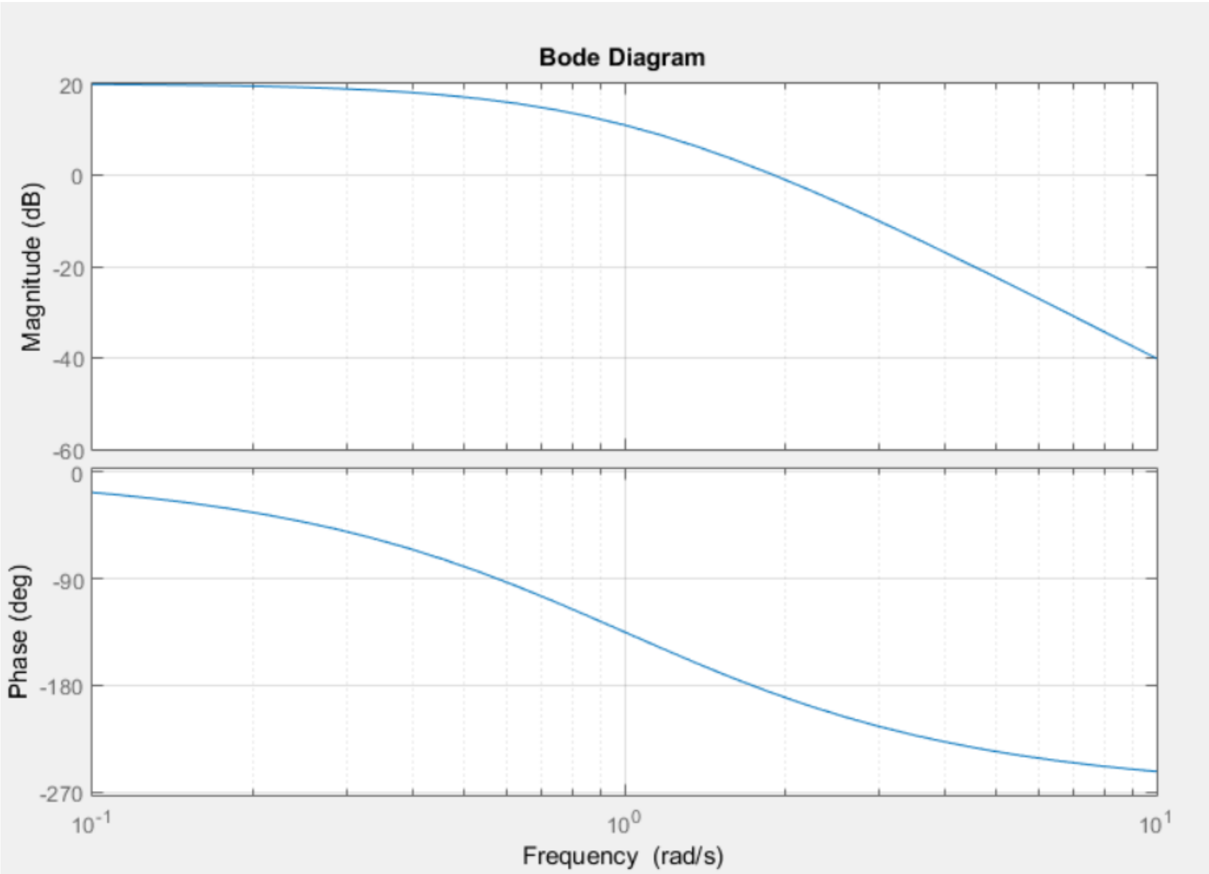
H=tf(num, den)

```
>> num=10

num =

    10

>> den=[1, 3, 3, 1]

den =

     1     3     3     1

>> H=tf(num, den)

H =

            10
  ---------------------
  s^3 + 3 s^2 + 3 s + 1

Continuous-time transfer function.
```

den	[1 3 3 1]
H	1x1 tf
num	10

A Bode diagram rajzolása a következő paranccsal történik:

bode(H),grid



Megfigyelhető, hogy az amplitúdó diagram frekvencia tengely metszésénél a fázis érték kisebb, mint -180°, tehát a rendszer instabil helyzetben van.

A körerősítés maximális értéke stabilitás vizsgálat segítségével meghatározható.

Határozzuk meg a „K” maximális értékét Ruth-Hurwitz kritérium segítségével!

Levezetés nélkül a szabály szerint:

$Y(s)_{felnyitott\ kör} + 1 = 0$

A felnyitott kör:

Mivel a tagok sorba vannak kötve, ezért a felnyitott kör eredője az szorzata:

$$Y(s)_{felnyitott\ kör} = K \cdot \frac{1}{s+1} \cdot \frac{1}{s+1} \cdot \frac{1}{s+1}$$

A kritérium alapján:

$$K \cdot \frac{1}{s+1} \cdot \frac{1}{s+1} \cdot \frac{1}{s+1} + 1 = 0$$

Hozzuk közös nevezőre a kifejezést:

$$\frac{K + (s+1)^3}{(s+1)^3} = 0$$

Végezzük el a köbre emelést:

$$\frac{s^3 + 3 \cdot s^2 + 3 \cdot s + (K+1)}{(s+1)^3} = 0$$

„s" hatványainak a szorzót egy együttható mátrixba kell beírni:

$$det \begin{bmatrix} a_{n-1} & a_{n-3} \dots \dots \dots . & 0 \\ a_n & a_{n-2} \dots \dots \dots . & 0 \\ 0 & a_{n-1} \dots \dots \dots . & a_0 \end{bmatrix} \geq 0 \text{ akkor a rendszer stabil}$$

Írjuk be az együtthatókat a mátrixba:

$$det \begin{bmatrix} 3 & K+1 & 0 \\ 1 & 3 & 0 \\ 0 & 3 & K+1 \end{bmatrix} \geq 0$$

Fejtsük ki a determinánst:

$$(3 \cdot 3 - (K+1)) \cdot (K+1) \geq 0$$

Mivel „K" nem lehet nullától kisebb szám:

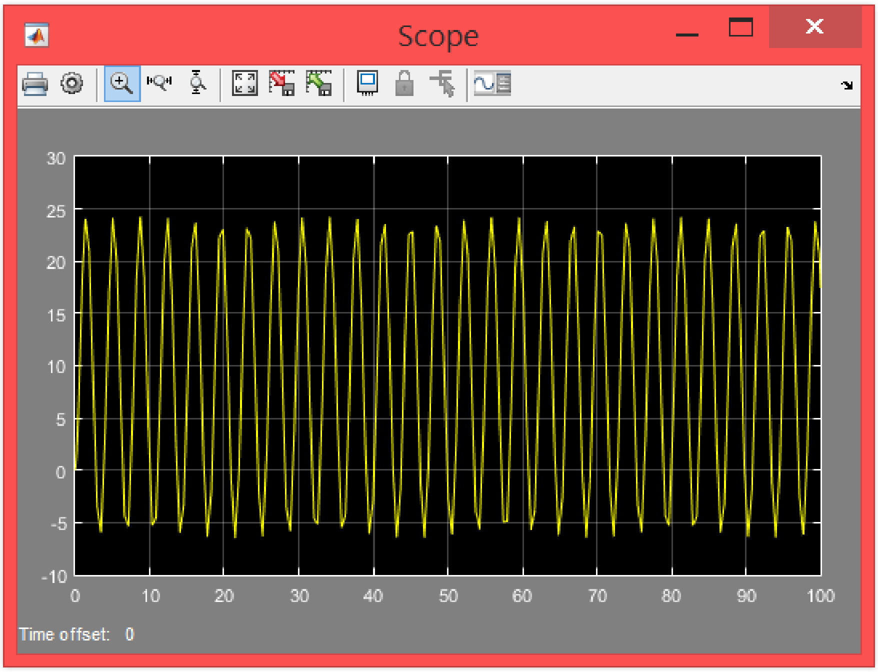
$$3 \cdot 3 - (K+1) \geq 0$$

Fejezzük ki a „K"-t:

$$9 - 1 \geq K$$

$$K \leq 8$$

A kapott eredmény alapján a körerősítés nem lehet nagyobb, mint 8. De mi történik, ha a körerősítés pont 8? Vizsgáljuk meg!



A rendszer kimenete közel állandó amplitúdóval és frekvenciával leng. Ezt nevezzük a stabilitás határának.

Ahhoz hogy, a kimeneti érték nagysága és minősége megfelelő legyen, szabályozót kell alkalmazni. A leggyakrabban alkalmazott szabályozó eszköz a PID egyszerűsége és megbízhatósága miatt.

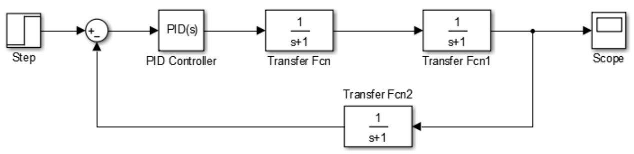
A PID szabályozó három tag, névszerint P – arányos, I – Integráló, D – Deriváló párhuzamos eredőjéből épül fel.

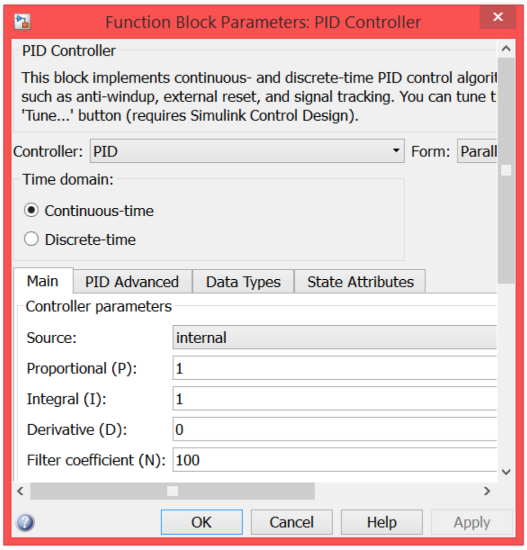
Az arányos tag a szabályozás gyorsaságáért, az integráló a pontosságért, a deriváló pedig a hirtelen változásokra való reagálásért felel.

A PID beállítására több algoritmus is létezik. Itt a Zeigler-Nichols féle hangolást ismerhetjük meg.

Szabályozás típusa	K_p	K_I	K_D
P	$0{,}5 \cdot K_U$	-	-
PI	$0{,}45 \cdot K_U$	$1{,}2 \cdot \frac{K_P}{T_U}$	-
PD	$0{,}8 \cdot K_U$	-	$\frac{K_P \cdot T_U}{8}$
PID	$0{,}6 \cdot K_U$	$2 \cdot \frac{K_P}{T_U}$	$\frac{K_P \cdot T_U}{8}$
Pressen integrálási szabály	$0{,}7 \cdot K_U$	$2.5 \cdot \frac{K_P}{T_U}$	$\frac{3 \cdot K_P \cdot T_U}{20}$
kevés túllövés	$0{,}33 \cdot K_U$	$2 \cdot \frac{K_P}{T_U}$	$\frac{K_P \cdot T_U}{3}$
túllövés nélkül	$0{,}2 \cdot K_U$	$2 \cdot \frac{K_P}{T_U}$	$\frac{K_P \cdot T_U}{3}$

Alkalmazzuk a Zeigler-Nichols metódust a rendszerünkre!





A táblázatban látható K_U és T_U a kritikus körerősítési tényező és az ahhoz tartozó lengési periódus idő.

Ezek az értékek leolvashatóak a szimulációról:

$$K_U = 8; \quad T_U \approx 4$$

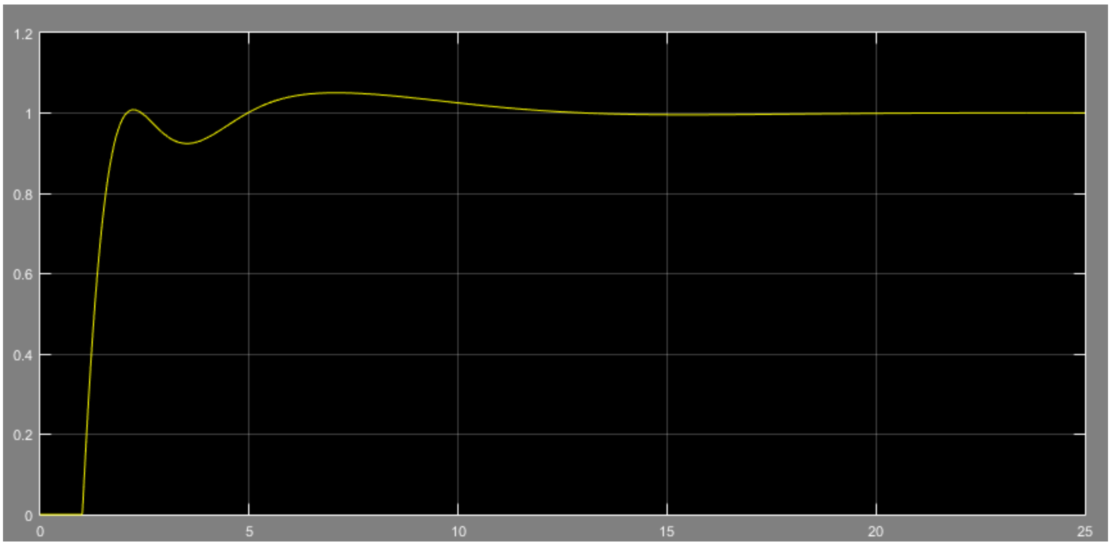
A PID értékei a következőképp alakulnak:

$$K_p = 0{,}2 \cdot K_U = 0{,}2 \cdot 8 = 1{,}6$$

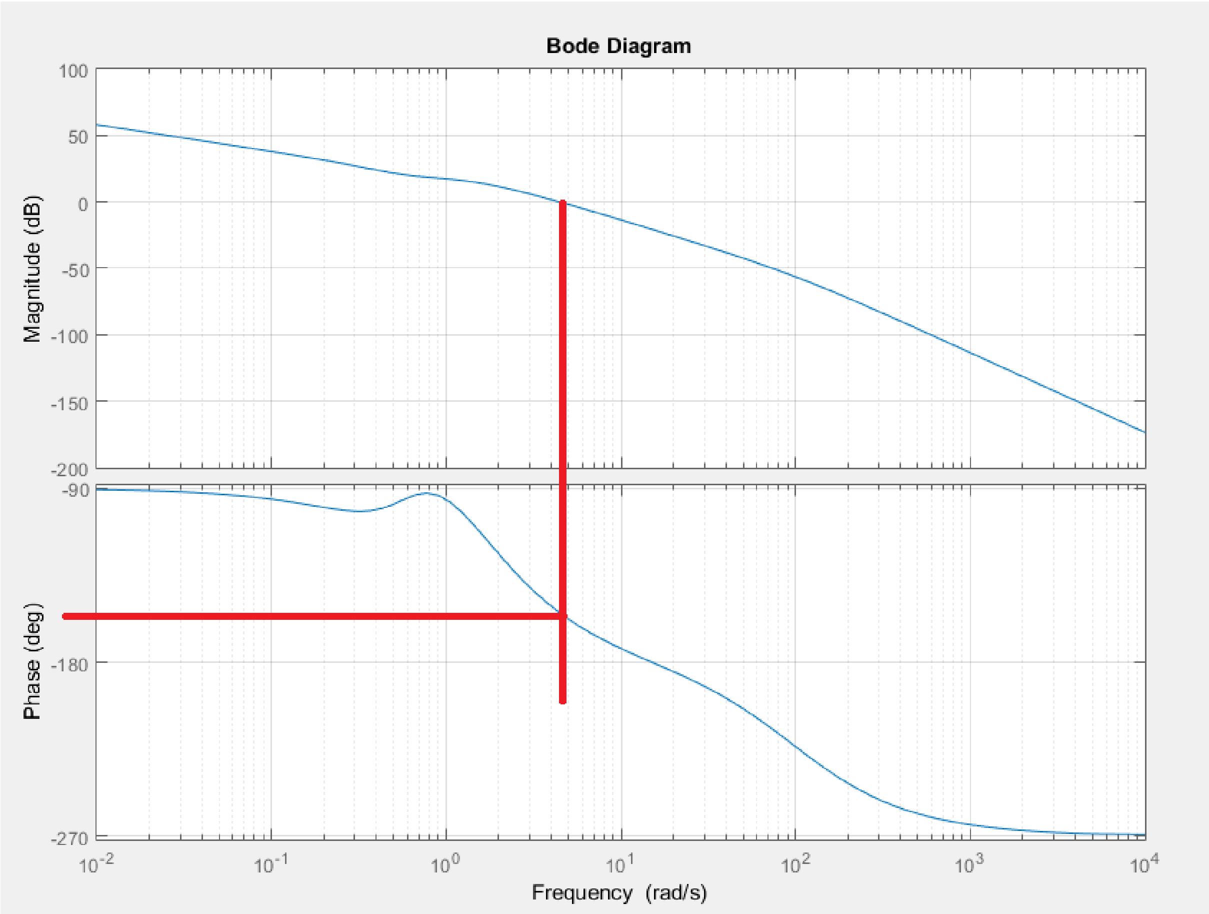
$$K_I = 2 \cdot \frac{K_P}{T_U} = 2 \cdot \frac{1{,}6}{4} = 0{,}8$$

$$K_D = \frac{K_P \cdot T_U}{3} = \frac{4 \cdot 1{,}6}{3} = 2{,}13$$

A kapott értékeket írjuk be, és figyeljük meg a kimenetet!



A szabályozott rendszer fázistartaléka a bode diagram alapján körülbelül 25°.



A metódus segítségével megállapított tényezők értékét célszerű módosítani elvárt minőségi jellemzők szerint.