



## Rendszer- és irányításelmélet Mintapéldák vizsgához, 2024

P SZABÁLYZÓ, PI SZABÁLYZÓ, PD SZABÁLYZÓ, PID szabályozó

Név: Kun Attila

Neptun kód: NUNPH

Dátum: 2024.04.09.

### 1. feladat:

Legyen a szabályozandó szakasz átviteli függvénye:

$$W_p(s) = \frac{10}{(5s+1)(4s+1)(2s+1)}$$

1.1. Adja meg a szakasz pólusait! Döntse el, hogy stabil-e a szakasz, indokolja meg döntését!

komplex részek 0, pole parancs-al megkapjuk. stabil-e: a negatív ~~valós rész~~ Van 3 stabil valós rész (-0.5, -0.25, -0.2) nincsen komplex rész. Ha van komplex, nem stabil.

1.2. Adja meg a szakasz statikus erősítését!

degain vagy 0H = 10.  $K = 10$

1.3. Tervezzon a szakaszhoz PI szabályozót, melynek az átviteli függvénye:

$$W_c(s) = A_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} \right) \Rightarrow$$

A diáson 0H van

1.3.1. A szabályozó zérusával ejtsük ki a szakasz leglassabb pólusát. Írja fel a felnyitott kör átviteli függvényét időállandós alakban egyszerűsítés előtt és után!

5 lesz a  $T_i$ , az a leglassabb pólus.

$$W_c(s) = A_p + \frac{A_p}{T_i} \frac{1}{s} = \frac{A_p}{T_i} \cdot \frac{sT_i + 1}{s}$$
$$W_0 = W_c \cdot W_p = \left( \frac{A_p}{5} \cdot \frac{5s+1}{s} \right) \cdot \frac{10}{(5s+1)(4s+1)(2s+1)} = \frac{A_p}{5} \cdot \frac{10}{s(4s+1)(2s+1)} \Rightarrow \frac{A_p}{5} \cdot \frac{5s+1}{s}$$

( ~~$\frac{A_p}{5} \cdot \frac{10}{s(4s+1)(2s+1)}$~~ )

$$W_0 = \frac{0.025}{s^3 + 0.75s^2 + 0.125s}$$

$$W_0 = \min_{\text{real}} (w_c \cdot w_p)$$

1.3.2. Legyen az  $A_p$  paraméter kezdetben 0.1. Írja fel a felnyitott kör Matlab által számított átviteli függvényét!

minreal -el kell érni!  $W_0 = \min_{\text{real}}$

$$W_0 = \frac{0.15 + 0.02}{s}$$

1.3.3. Hangolja be a szabályozó  $A_p$  paraméterét a következő tervezési feltételek mellett:

- A zárt kör ugrásválaszának túllövése legyen kisebb, mint 2%.
- A 2%-os beállási idő legyen a lehető legkisebb (35 másodpercnél kisebb).
- A felnyitott kör fázistartaléka legyen nagyobb, mint  $65^\circ$ .

Mekkora  $A_p$  értéke? 0.034

Mekkora a fázistartalék megfelelő  $A_p$  mellett?  $67.9393^\circ$

Erre kell a bode + stepinfo, sisotool talán.  
Hangolni kell.

1.3.4. Adja meg a zárt kör maradó hibáját a megfelelő  $A_p$  érték mellett! Miért ennyi ez az érték?

0 lesz, mert van benne egy integrátor ami az összes hibát eltünteti. (PI szabályozó)  
Van ebbe nulla pólus.

1.3.5. Adja meg a zárt kör túllövését, első maximumig terjedő idejét és a 2%-os beállási időt a megfelelő  $A_p$  érték mellett!

$$\text{peak} = \frac{1.0446}{44.47s}$$

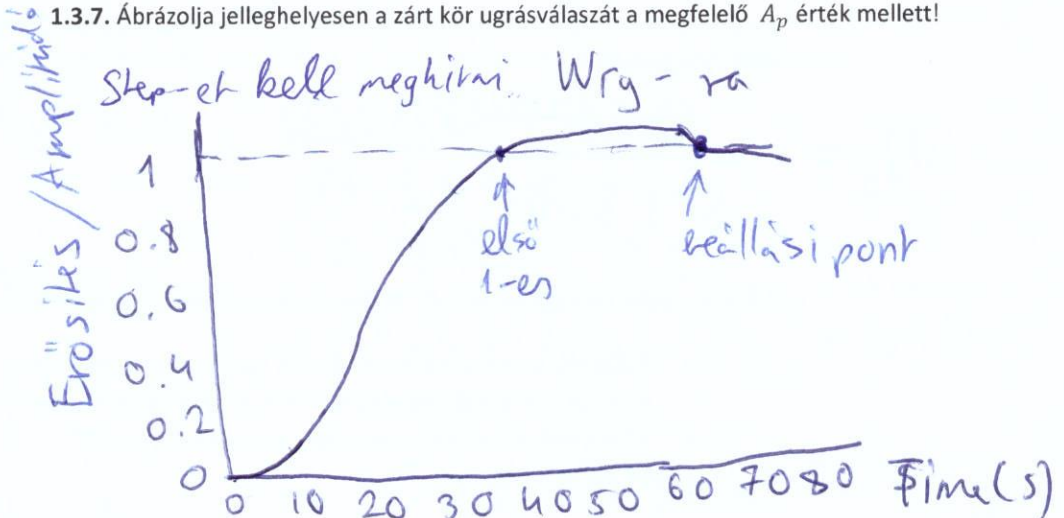
$$T_2 = 32.3856s$$

1.3.6. Adja meg a beavatkozó jel maximális értékét a megfelelő  $A_p$  érték mellett!

$$W_{ru} = \text{feedback}(w_c, w_{p1}, -1)$$

$$\text{peak} = 0.1028$$

1.3.7. Ábrázolja jelleghelyesen a zárt kör ugrásválaszát a megfelelő  $A_p$  érték mellett!



2. feladat:

Legyen a szabályozandó szakasz átviteli függvénye:

PD-szabályozó

$$W_p(s) = \frac{0.5}{s(s+1)(4s+1)}$$

0 pólus

↑ us a leglassabb

2.1. Adja meg a szakasz pólusait! Döntse el, hogy stabil-e a szakasz, indokolja meg döntését!

2.1:  $0, -1, -0.25$

stabilitás határán van, mert egyik

2.2. Adja meg a szakasz körerősítését és statikus erősítését!

~~0.5~~, statikus:  $\infty$

~~0.5~~  $K=0.5$  (körerősítés)

2.3. Tervezzon a szakaszhoz PD szabályozót, aminek az átviteli függvénye:

$$W_c(s) = A_p \left( 1 + \frac{sT_d}{sT_c + 1} \right)$$

2.3.1. Válasszuk meg a deriválási időt ( $T_d$ ) és a szűrő időállandóját ( $T_c$ ) úgy, hogy a szabályozó zérusa kiejtse a szakasz leglassabb pólusát, és legyen a szűrőegyüttható  $N = 10$ !

Írja fel a felnyitott kör átviteli függvényét időállandós alakban! Írja fel a kétismeretlenes egyenletrendszerét és számítsa ki  $T_d$  és  $T_c$  értékét!

$T_d = 3.6364$

$T_c = 0.3636$

$W_c = \frac{2s + 0.5}{0.3636s + 1}$

~~$W_0 = \frac{0.6875}{s^3 + 3.75s^2 + 2.75s}$~~

$W_0(s) = A_p \left( \frac{(T_d + T_c)s + 1}{sT_c + 1} \right) \cdot \frac{0.5}{s(s+1)(4s+1)}$

$\downarrow W_c$   
 $\downarrow W_p$



2.3.2. Legyen az  $A_p$  paraméter kezdetben 0.1. Írja fel a felnyitott kör Matlab által számított átviteli függvényét!

$$W_o = \frac{\cancel{0.6875} \cdot 0.1375}{s^3 + 3.75s^2 + 2.75s}$$

2.3.3. Hangolja be a szabályozó  $A_p$  paraméterét a következő tervezési feltételek mellett:

- A zárt kör ugrásválaszának túllövése legyen kisebb, mint 2%.
- A 2%-os beállási idő legyen a lehető legkisebb (10 másodpercnél kisebb).
- A felnyitott kör fázistartaléka legyen nagyobb, mint  $65^\circ$ .

Mekkora  $A_p$  értéke? 0.5

Mekkora a fázistartalék megfelelő  $A_p$  mellett?  $71.36^\circ$

Próbálgattam az értéket

2.3.4. Adja meg a zárt kör maradó hibáját a megfelelő  $A_p$  érték mellett! Miért ennyi ez az érték?

0, mert van zéró pólus <sup>peak</sup> szakaszban.

2.3.5. Adja meg a zárt kör túllövését, első maximumig terjedő idejét és a 2%-os beállási időt a megfelelő  $A_p$  érték mellett!

túllövés: 0.1949%  
peak: 14.6695s  $T_2: 9.8389$

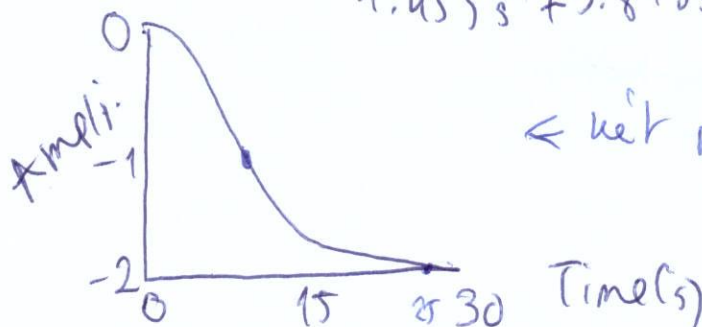
2.3.6. Adja meg a beavatkozó jel maximális értékét a megfelelő  $A_p$  érték mellett!

5.5 lesz a max.

2.4. Vizsgálja meg a zavarás hatását! Ábrázolja jelleghelyesen a zavaró jel és a hibajel közötti átviteli függvény ugrásválaszát a megfelelő  $A_p$  érték mellett és írja fel az átviteli függvényt!

$W_{DE}$  kell.  $\text{step-et kell hívni.}$

$$W_{DE} = \frac{-0.1818s - 0.5}{1.455s^4 + 5.818s^3 + 5.364s^2 + 2s + 0.25}$$



$\leftarrow$  két pontot adj meg!!

3. feladat: Az 1. feladatban lévő szakasz elé sorba kötünk egy P szabályozót, aminek a bemenetéből kivonjuk a szakasz kimenetét. A szabályozó átviteli függvénye legyen

$$W_c(s) = 1.$$

3.1. Adja meg a felnyitott kör átviteli függvényét!

Nem fog semmi változni :)

$$W_0 = W_c \cdot W_p = 1 \cdot W_p = \frac{10}{(5s+1)(4s+1)(2s+1)}$$

3.2. Adja meg a vágási körfrekvenciát, a fázistartalékot és az erősítéstartalékot! Melyik körfrekvencián lenne a rendszer a stabilitás határán?

$$W_{cp} = 0.5379 \text{ (vágási körf.)}$$

$$P_m = -1.7691 \text{ (fázistartalék)}$$

$$G_m = 0.9452$$

$$W_{cg} = 0.5244 \leftarrow \text{ez lesz a stabilitás határa}$$

3.3. Döntse el, hogy stabil-e a zárt kör a Bode-tétel segítségével! Válaszát indokolja!

$\uparrow$   
re zrt körre hív meg!!!

$-1.76^\circ$  a Phase margin, így a kör nem stabil.  
A Bode-tétel miatt.

3.3.1. Hangolja be a P szabályozó  $A_p$  paraméterét a következő tervezési feltételek mellett:

- A zárt kör ugrásválaszának túllövése legyen kisebb, mint 13%.
- A 2%-os beállási idő legyen a lehető legkisebb (23 másodpercnél kisebb).
- A felnyitott kör fázistartaléka legyen nagyobb, mint  $130^\circ$ .

Mekkora  $A_p$  értéke?  $0.103$

Mekkora a fázistartalék megfelelő  $A_p$  mellett?  $157.1886^\circ$

$p_m > 0$  stabil  
 $p_m = 0$  stabilitás határán  
 $p_m < 0$  instabil

3.4. Adja meg a zárt szabályozási kör átviteli függvényét!

$$W_{\text{gy}} = \text{feedback}(W_0, 1, -1) = \frac{0.02575}{s^3 + 0.95s^2 + 0.275s + 0.05075}$$

3.5. Adja meg a zárt kör maradó hibáját a megfelelő  $A_p$  mellett! Miért nem sikerül teljesen eltüntetni a maradó hibát?

$$E(\infty) = 1 - \text{dcgain} = 0.4926 \quad \text{Mert nincs nulla pólus.}$$

3.6. Adja meg a zárt kör túllövését, első maximumig terjedő idejét és a 2%-os beállási időt a megfelelő  $A_p$  mellett!

$$\downarrow \\ 11.6471\%$$

$$\downarrow \\ 15.2584\text{s}$$

$$\downarrow \\ 22.4407\text{s}$$

*Ezt még ne mert nem vettük (ent az oldal)*

## KIEGÉSZÍTÉS: MINTEVÉTELEZÉSES FELADATOK

**Az 1. feladatban lévő szakasz és PI szabályzóhoz diszkrét feladat:**

Adja meg a felhasznált PI szabályozó diszkrét idejű átviteli függvényét! A mintavételi időt válassza meg úgy, hogy a fázistartalék romlás legfeljebb 0.9 fok legyen! Mekkora a mintavételi idő? Adja meg a szabályozó differenciaegyenletét  $u[k]$ -ra rendezve, ahol  $k$  a legnagyobb ütem!

**2. feladatban lévő szakasz és PD szabályzóhoz diszkrét feladat:**

Adja meg a felhasznált PD szabályozó diszkrét idejű átviteli függvényét! A mintavételi időt válassza meg úgy, hogy a fázistartalék romlás legfeljebb 0.45 fok legyen! Mekkora a mintavételi idő? Adja meg a szabályozó differenciaegyenletét  $u[k]$ -ra rendezve, ahol  $k$  a legnagyobb ütem!

# PID szabályozó

4. feladat: Legyen szabályozandó szakasz átviteli függvénye

$$W_p(s) = \frac{20}{(12s+1)(10s+1)(11s+1)}$$

↑      ↑  
ki kell ejteni

A szakasz elé sorba kötünk egy szabályozót, aminek a bemenetéből kivonjuk a szakasz kimenetét. A szabályozó átviteli függvénye legyen

$$W_c(s) = A_p \left( 1 + \frac{1}{sT_i} + \frac{sTd}{sT_c + 1} \right)$$

4.1. A szabályozó zérusával ejtsük ki a szakasz leglassabb és második leglassabb pólusát. Írja

fel a felnyitott kör átviteli függvényét időállandós alakban.

$$W_0 = \frac{A_p}{T_i} \cdot \frac{s^2 T_i (T_d + T_c) + s(T_i + T_c) + 1}{s(sT_c + 1)} \cdot W_p$$

$T_1 = 11$        $T_{c,1/2} = 22.46, 0.53$   
 $T_2 = 12$

Kisebbség választom a  $T_c$ -nek, ha pozitív lehet. Amúgy a másikat feltételezve, ha az pozitív.

4.2. Legyen az  $A_p$  paraméter kezdetben 0.1. Írja fel a felnyitott kör Matlab által számított

átviteli függvényét!

$$W_0 = \frac{0.01667}{s^3 + 1.972s^2 + 0.1872s}$$

4.1:



4.3. Hangolja be a szabályozó  $A_p$  paraméterét a következő tervezési feltételek mellett:

- A zárt kör ugrásválaszának túllövése legyen kisebb, mint 30 %.
- A 2%-os beállási idő legyen a lehető legkisebb (75 másodpercnél kisebb).
- A felnyitott kör fázistartaléka legyen nagyobb, mint  $42^\circ$ .

$W_{cp} \rightarrow$   
 $f \rightarrow$   
 $G_m \rightarrow$

|             |       |       |      |  |  |  |  |  |  |
|-------------|-------|-------|------|--|--|--|--|--|--|
| $A_p$       | 0.1   | 0.08  |      |  |  |  |  |  |  |
| $\omega_c$  | 51.98 | 0.021 | 0.06 |  |  |  |  |  |  |
| $\varphi_t$ | 29.15 | 56.83 |      |  |  |  |  |  |  |
| $e(\infty)$ | 0     | 0     |      |  |  |  |  |  |  |
| túllövés    | 15.95 | 11.33 |      |  |  |  |  |  |  |
| T2%         | 85.48 | 70.27 |      |  |  |  |  |  |  |

T2%  
(s)

Ennek a táblázatnak a használata nem kötelező, segítség lehet a megoldás során, de a benne szereplő értékeket a javításkor nem vesszük figyelembe! A végleges megoldást a kérdések után kell feltüntetni!

Mekkora  $A_p$  értéke? 0.08

Mekkora a fázistartalék megfelelő  $A_p$  mellett? ~~0.08~~ 56.8326

4.4. Adja meg a zárt kör túllövését, első maximumig terjedő idejét és a 2%-os beállási időt, megfelelő erősítés mellett!

↑  
11.33

↑  
46.05

↑  
70.2710

Nem mert nem vettük meg.

4.5. A szabályozót mintavételelesen realizáljuk, a mintavételi idő  $T_s = 1.5$  sec. Mekkora a fázistartalék romlás (fokban), amit ez a mintavételezés okoz? (2 pont)

$$W_{cp} = \omega_c \text{ rad} = \text{fok: } 180/\pi$$

$$\varphi_t^m = \varphi_t$$

$$-2.8876^\circ \text{ lesz.}$$

Másik megközelítés:

Legyen a fázistartalék romlása  $180.1^\circ$ .

$$\varphi \text{ romlás: } \left| \frac{-\omega_c T_s}{2} \cdot \frac{180}{\pi} \right|$$

$$T_s = \frac{\varphi_{\text{romlás}} \cdot 2\pi}{(\omega_c \cdot 180)} = 0.0519 \text{ s lesz a válasz.}$$