
RENDSZER- ÉS IRÁNYÍTÁSTECHNIKA

MÁSODIK HÁZI FELADAT

Réda Vince – Z697LX

1. táblázat. Házi feladat kódja

ϑ_0	ϑ_1	ϑ_2	ϑ_3	ϑ_4
36 V	60°	10%	3%	50 ms

Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

2020. november 13.

Tartalomjegyzék

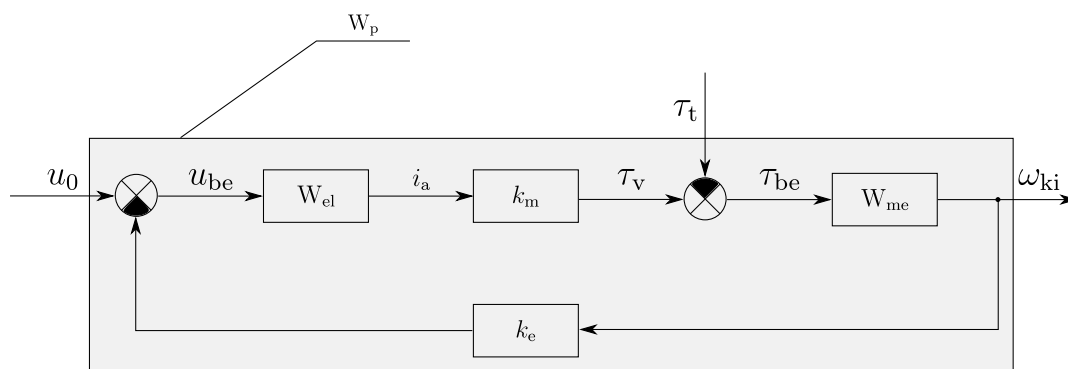
1. PI szabályzó tervezése pólus-zérus kiejtéssel	3
a. P és I paraméterek számítása	3
b. Egységugrás válasz	4
c. Állandósult szögsebesség	4
2. PD szabályzó tervezése pólus-zérus kiejtéssel	5
a. P és D paraméterek számítása	5
b. Egységugrás válasz	6
c. Állandósult szögsebesség	6

A második házi feladat a tárgyhoz kapcsolódó első házi feladat folytatása. A rendszer paraméterei és egyenleteit ott tárgyaltam, amelyeket itt fel fogok használni.

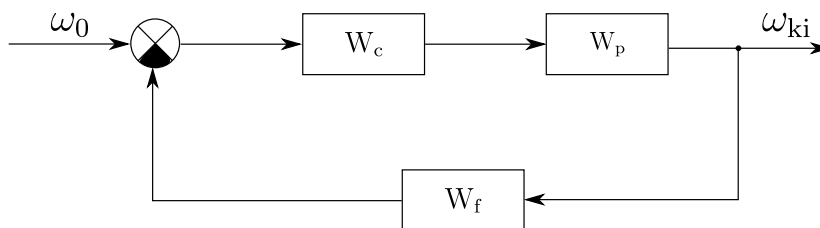
Az egyenáramú motor paraméterei

2. táblázat. A motor és a hajtómű paraméterei

Név	Jelölés	Katalógus-beli érték	SI-beli érték
armatúra ellenállás	R_a	11,1 Ω	11,1 Ω
armatúra induktivitás	L_a	1,52 mH	$1,52 \cdot 10^{-3}$ H
nyomatékállandó	k_m	58,2 $\frac{\text{mNm}}{\text{V}}$	0,0582 $\frac{\text{Nm}}{\text{V}}$
sebességállandó	k_s	164 $\frac{\text{rpm}}{\text{V}}$	17,17 $\frac{\text{rad}}{\text{Vs}}$
elektromos állandó	k_e	0,006097 $\frac{\text{V}}{\text{rpm}}$	0,05822 $\frac{\text{Vs}}{\text{rad}}$
forgórész tehetetlenségi nyomatéka	J_a	44,6 gcm ²	$4,46 \cdot 10^{-6}$ kgm ²
névleges szögsebesség	ω_n	4430 rpm	463,91 $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$
névleges áramerősség	i_n	0,804 A	0,804 A
névleges feszültség	u_n	36 V	36 V



(a) A motor hatásvázlata



(b) A szabályozott rendszer hatásvázlata

1. ábra. A rendszer és a visszacsatolt kör hatásvázlatai

1. PI szabályzó tervezése pólus-zérus kiejtéssel

a. P és I paraméterek számítása

Az 1b. ábra mutatja a rendszerünket, ahol a W_c szabályzó átviteli függvénye

$$W_c = P \frac{1 + sT_1}{sT_1} \quad (1)$$

alakú. T_1 -vel a motor legnagyobb időállandóját ejtjük ki, tehát ezt válasszuk $T_1 = T_1 = 0,0145$ s értékűre, az első házi feladatban kiszámoltak alapján.

Az előrevezető ág átviteli függvénye ekkor leegyszerűsödik:

$$W_x = \frac{A}{(1 + T_1 s)(1 + T_2 s)} P \frac{1 + sT_1}{sT_1} = \frac{AP}{T_1} \frac{1}{s(1 + sT_2)}, \quad (2)$$

ahol T_1 és T_2 a szabályozott szakasz időállandója, A az erősítése.

Most írjuk fel a fáziskésést az $s = j\omega$ helyettesítéssel.

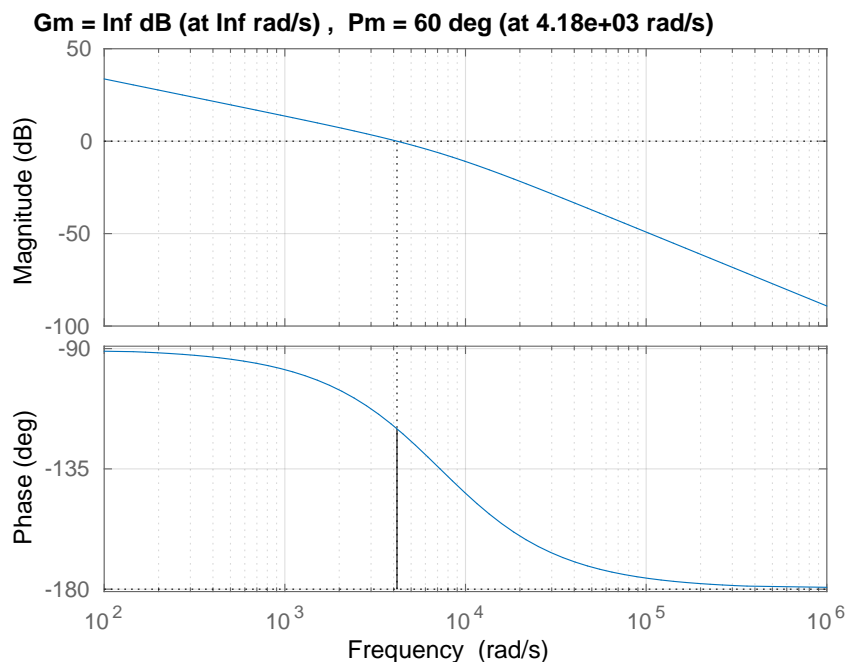
$$\varphi(\omega) = \underbrace{-\frac{\pi}{2}}_{\text{integráló tag miatt}} - \underbrace{\arctg(T_2\omega)}_{\text{kisebbik időállandó}}. \quad (3)$$

A megadott fázistartalék $\varphi_t = \vartheta_1 = 60^\circ$. A következő egyenlet megoldása adja a vágási körfrekvenciát:

$$\varphi_t = \varphi(\omega_c) + \pi \Rightarrow \omega_c = 4176,1 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (4)$$

Ha ω_c a vágási körfrekvencia, definíció szerint $|W_x(\omega_c)| = 1$. Ez alapján $P = 4,0709$.

A MATLAB-ban található `margin` függvény segítségével ellenőrizzük a számolást, amit a 4. ábra igazol.



2. ábra. Szabályozott rendszer Bode-diagramja

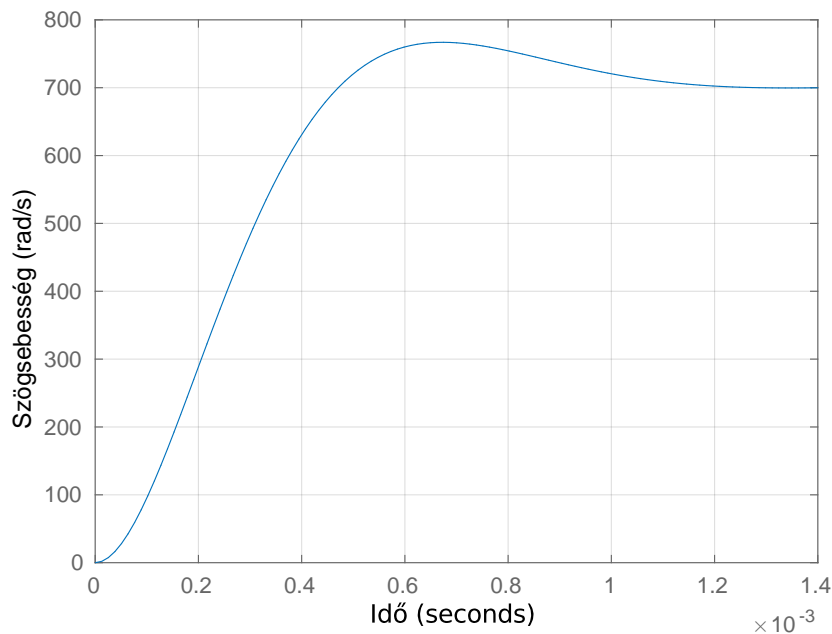
b. Egységugrás válasz

Az előrevezető ág W_x , a zárt kör átviteli függvénye ebből

$$W_{cl} = \frac{W_x}{1 + W_x}, \quad (5)$$

mivel a visszacsatoló ágban $W_{fb} = 1$. Ezt meg kell szorozni az $\omega_{ref} = 4430 \text{ rpm} = 705.0564 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ referencia szögsebességgel.

A PI-szabályozott rendszer egységugrás-válaszát a MATLAB-os `step` függvény adja meg.



3. ábra. PI egységugrás-válasz

c. Állandósult szögsebesség

A bemenet legyen $X = \frac{\omega_{ref}}{s}$, a rendszer válasz $Y = W_{cl}X$. A végérték-tétel alapján $\omega_{\infty} = \lim_{s \rightarrow 0} sY = 705,0564$.

2. PD szabályzó tervezése pólus-zérus kiejtéssel

a. P és D paraméterek számítása

Az 1b. ábra mutatja a rendszerünket, ahol a W_c szabályzó átviteli függvénye

$$W_c = P \frac{1 + sT_D}{1 + snT_D} \quad (6)$$

alakú. T_D -vel a motor második legnagyobb időállandóját ejtjük ki, tehát ezt válasszuk $T_D = T_2 = 1,3825 \cdot 10^{-4}$ s értékűre, az első házi feladatban kiszámoltak alapján.

Az előrevezető ág átviteli függvénye ekkor leegyszerűsödik:

$$W_x = \frac{A}{(1 + T_1 s)(1 + T_2 s)} P \frac{1 + sT_D}{1 + snT_D} = \frac{AP}{(1 + sT_1)(1 + snT_2)}, \quad (7)$$

ahol T_1 és T_2 a szabályozott szakasz időállandója, A az erősítése.

Most írjuk fel a fáziskésést az $s = j\omega$ helyettesítéssel.

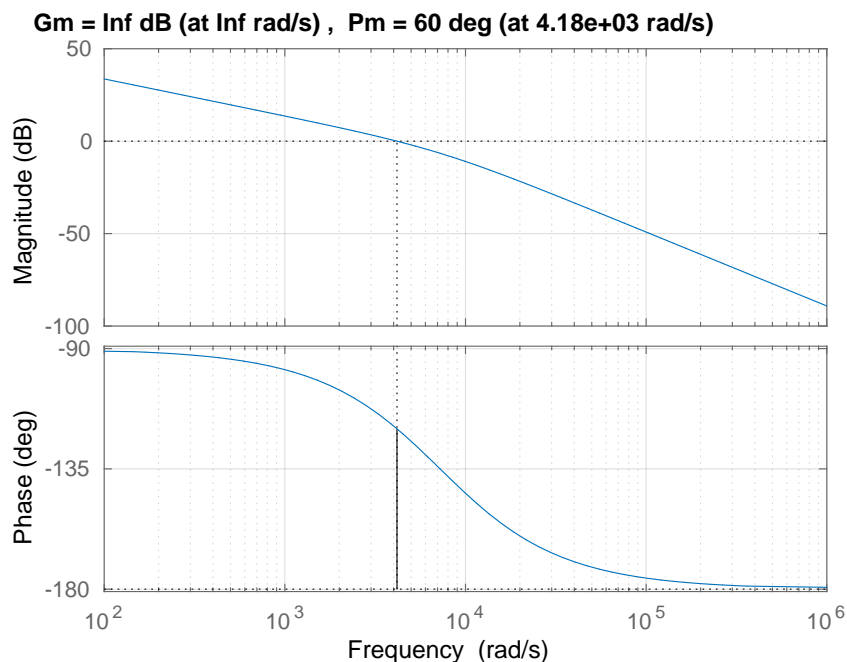
$$\varphi(\omega) = - \underbrace{\arctg(T_1 \omega)}_{\text{nagyobbik időállandó}} - \underbrace{\arctg(nT_2 \omega)}_{\text{szűrő időállandó}}. \quad (8)$$

A megadott fázistartalék most is $\varphi_t = \vartheta_1 = 60^\circ$. A következő egyenlet megoldása adja a vágási körfrekvenciát:

$$\varphi_t = \varphi(\omega_c) + \pi \Rightarrow \omega_c = -4176,1 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (9)$$

Ha ω_c a vágási körfrekvencia, definíció szerint $|W_x(\omega_c)| = 1$. Ez alapján $P = 4,0709$.

A MATLAB-ban található margin függvény segítségével ellenőrizzük a számolást, amit a 4. ábra igazol.



4. ábra. Szabályozott rendszer Bode-diagramja

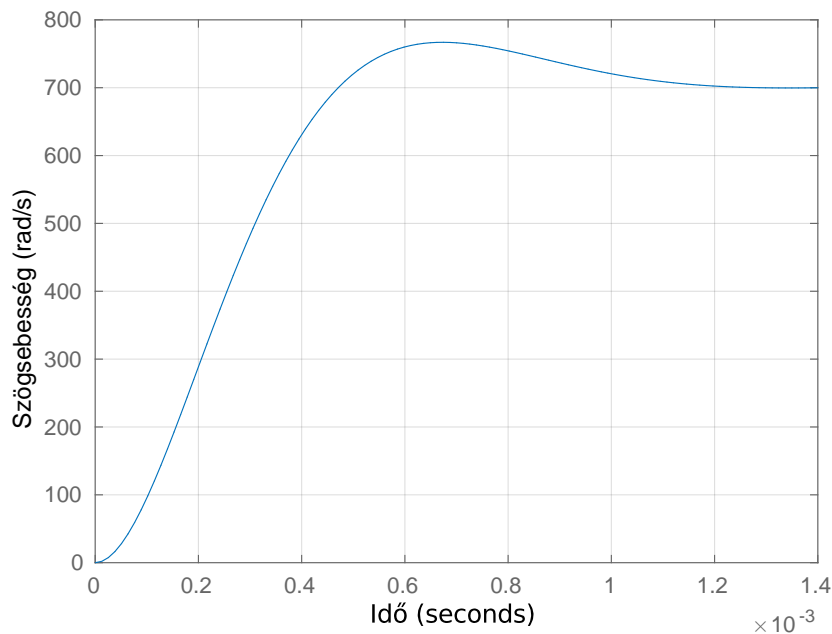
b. Egységugrás válasz

Az előrevezető ág W_x , a zárt kör átviteli függvénye ebből

$$W_{cl} = \frac{W_x}{1 + W_x}, \quad (10)$$

mivel a visszacsatoló ágban $W_{fb} = 1$. Ezt meg kell szorozni az $\omega_{ref} = 4430 \text{ rpm} = 705.0564 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ referencia szögsebességgel.

A PI-szabályozott rendszer egységugrás-válaszát a MATLAB-os `step` függvény adja meg.



5. ábra. PI egységugrás-válasz

c. Állandósult szögsebesség

A bemenet legyen $X = \frac{\omega_{ref}}{s}$, a rendszer válasz $Y = W_{cl}X$. A végérték-tétel alapján $\omega_{\infty} = \lim_{s \rightarrow 0} sY = 705,0564$.

Hivatkozások

[1] DC motor adatlapja

<https://www.maxongroup.com/maxon/view/product/motor/dcmotor/amax/amax32/236671>