

TEORIA SISTEMELOR 1 - PROIECT DE AN

1 Date privind proiectul

Numele și prenumele	Chirion Bogdan
Facultatea	Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor
Specializarea	Robotică
Indicativul grupei	4LF4811
Data predării proiectului	20.01.2023

2 Tema proiectului

Se cere să se proiecteze sistemul de reglare automată a vitezei unei acționări electrice cu servomotor de curent continuu cu magneti permanenți - instalația fixată - folosind un regulator cu avans de fază (regulator Lead).

2.1 Parametrii instalației fixate

Denumire	Simbol	UM	Valori
Tensiunea de alimentare a motorului	U_{AN}	V	200
Intensitatea curentul rotorului	I_{AN}	A	21
Turația la mersul fără sarcină	n_N	$\frac{rot}{min}$	1025
Cuplul nominal la arborele motorului	M_N	$N \cdot m$	1.6
Rezistența electrică a rotorului	R_A	Ω	0.12
Inductanța echiv. a rotorului	L_A	H	0.013
Momentul de inerție axial redus la arborele motorului	J	$kg \cdot m^2$	0.16

2.2 Criteriile de performanță ale sistemului de reglare automată

Denumire	Simbol	UM	Valoare
Eroare staționară la intrarea treaptă	ϵ_{ss}	-	0
Marginea de fază $ -180 - Arg(\omega_{Mag=0}) $	ΔArg_{Ph}	grd	mai mare de 60^0
Marginea de amplitudine $Arg(\omega_{Mag=0})$	Arg_{Mag}	grd	10^0

2.3 Funcția de transfer a regulatorului - forma generală

$$G_{lead}(s) = K_R \cdot \frac{1 + s \cdot T_b}{1 + s \cdot T_a}.$$

3 Studiul regimului dinamic al instalației fixate

3.1 Studiul răspunsului indical

Funcția de transfer a instalației fixate (motorul electric și sarcina cuplată la arbore) este următoarea:

$$G_{IF}(s) = \frac{1}{1 + T_M \cdot s + T_A \cdot T_M \cdot s^2}.$$

Parametrii funcției de transfer se determină după cum urmează.

1. Constanta de timp electrică a motorului:

$$T_A = \frac{L_A}{R_A} = 0.1083;$$

2. Constanta de timp electromecanică a acționării:

$$T_M = r_A \cdot T_J = r_A \cdot \frac{J \cdot \Omega_0}{M_N} = 0.1352;$$

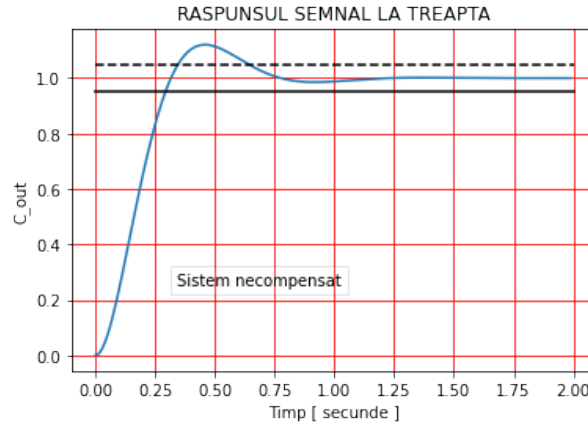


Figure 1: Răspunsul indicial al instalației fixate - exemplu.

în care:

$$r_A = \frac{R_A}{U_{AN}/I_{AN}} = 0.0126; \quad \Omega_0 = \frac{\pi \cdot n_N}{30} = 107.3377$$

Modelul instalației fixate se încadrează în clasa modelelor de tip PT2. Funcția de transfer a instalației fixate este următoarea:

$$G(s) = \frac{1}{1 + 0.1083 \cdot s + 0.0146 \cdot s^2} = \frac{68.4931}{s^2 + 9.2336 \cdot s + 68.4931}.$$

Pulsăția naturală a sistemului este $\omega_n = 8.2760$.

Factorul de amortizare este $\zeta = 0.5578$.

Reprezentarea grafică a răspunsului indicial este prezentată în Figura 1.

Pseudo-perioada oscilațiilor răspunsului indicial este :

$$T_d = \frac{2\pi}{\omega_d} = \frac{1\pi}{\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}} = 8.2614.$$

Timpul de creștere este de aprox. 0.25 secunde.

Suprareglajul este de aprox. 21%.

Timpul de stabilizare finală este de aprox. 0.5 secunde.

Eroarea staționară este 0.

3.2 Diagramele Bode ale instalației fixate

Diagramele sunt prezentate în Figurile 2 și 3.

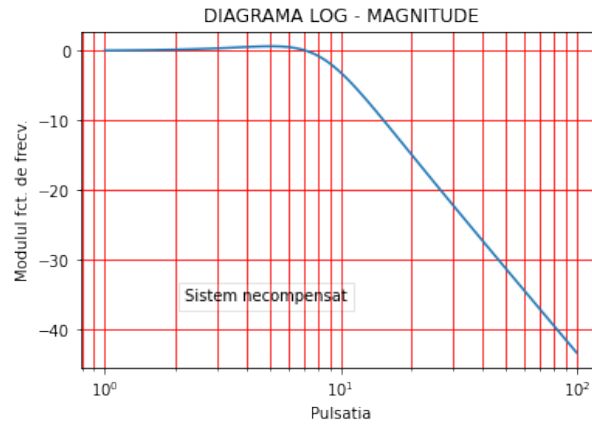


Figure 2: Prima diagramă Bode a instalației fixate.

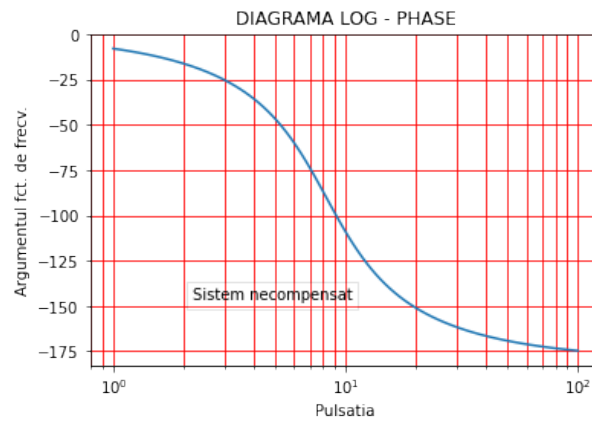


Figure 3: A doua diagramă Bode a instalației fixate.

4 Proiectarea regulatorului

4.1 Diagramele Bode ale regulatorului cu avans de fază

Funcția de frecvență a regulatorului cu avans de fază este:

$$G_{Lead}(j\omega) = K_R \cdot \frac{1 + T_b \cdot j\omega}{1 + T_a \cdot j\omega}.$$

Regulatorul Lead are două pulsații de frângere: $\omega_a = 1/T_a$ și $\omega_b = 1/T_b$.

Pulsația ω_a se alege cu o decadă la stânga pulsației naturale a instalației fixate, deci $\omega_a = 10$.

Pulsația ω_b se alege pulsația naturală a instalației fixate, deci $\omega_b = 8.2760$.

Rezultă, $T_a = 0.1$ și $T_b = 0.1208313$.

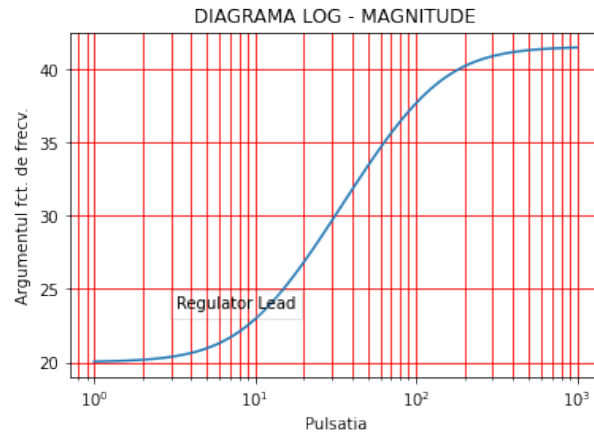


Figure 4: Prima diagramă Bode a regulatorului Lead.

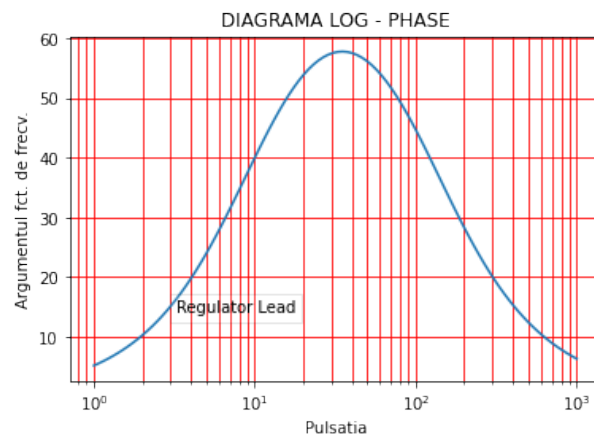


Figure 5: A doua diagramă Bode a regulatorului Lead.

Rezultă următoarea expresie a funcției de frecvență a regulatorului lead.

$$G_{Lead} = 10 \cdot \frac{1 + 0.1208313 \cdot j\omega}{1 + 0.1 \cdot j\omega}.$$

Constanta de proporționalitate a regulatorului K_R se alege astfel încât modulul în decibeli a funcției de frecvență a regulatorului să fie 0 în zona pulsațiilor joase, respectiv, $K_R = 10$.

4.2 Diagramele Bode în buclă deschisă ale sistemului compensat

Rezultatul inserării regulatorului Lead asupra diagramelor Bode ale sistemului în buclă deschisă este prezentat în Figurile 6 și 7.

Tabelul pantelor sistemului compensat în buclă deschisă

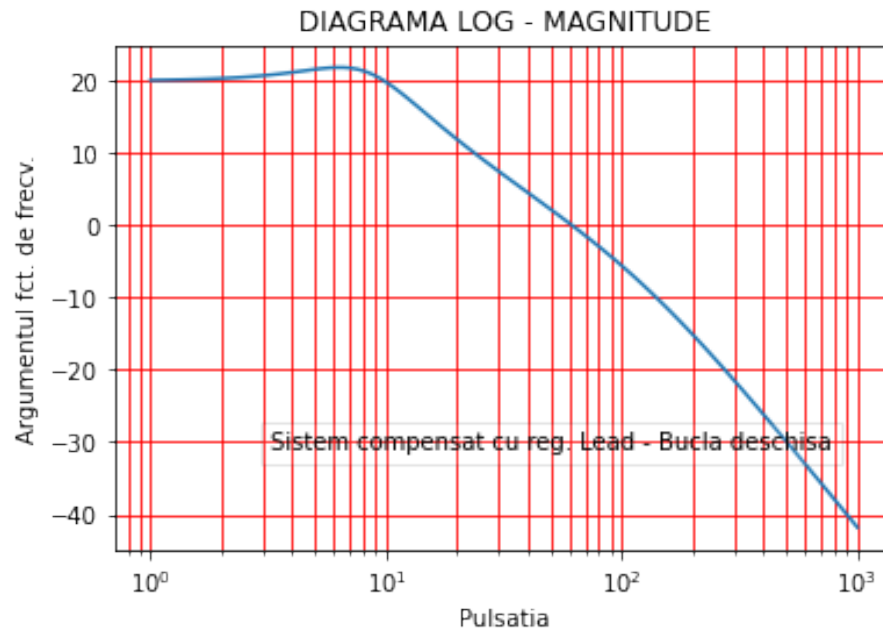


Figure 6: Prima diagramă Bode a sistemului compensat în buclă deschisă.

ω	0	8.2760	10	∞
IF	0	0	-40	
RegLead	0	0	+20	
Σ	0	0	-20	

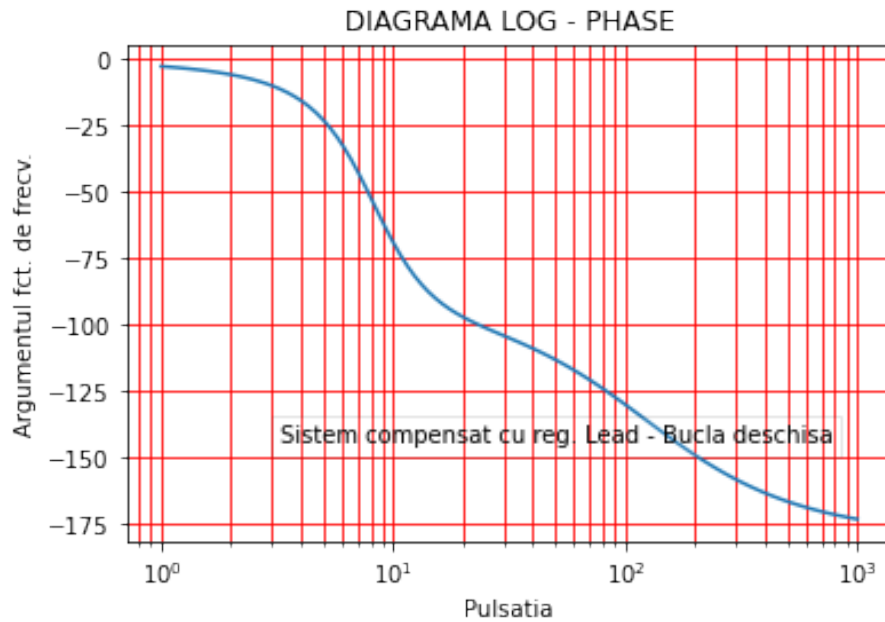


Figure 7: A doua diagramă Bode a sistemului compensat în buclă deschisă.

1. Câștigul static K al sistemului în buclă deschisă al sistemului compensat este $0dB$ asemănător cu instalația fixată.
2. Comparația diagramelelor reprezentate în Figura 2 și Figura 6. Panta diagramei Log-Magnitude în domeniul pulsațiilor mai mari decât pulsația de frângere a devenit $-20dB/dec$ față de $-40dB/dec$. Armonicele cu frecvența cuprinsă în intervalul benzii de trecere a regulatorului lead vor fi mai puțin atenuate.
3. Valoarea asimptotei la ∞ a argumentului funcției de frecvență a rămas aceeași, -180^0 . Stabilitatea sistemului cu reacție negativă nu a fost afectată.

5 Studiul caracteristicilor de performanță ale sistemului compensat

Expresia funcției de transfer a sistemului compensat în buclă deschisă este:

$$G_d(s) = \frac{10 + 0.9913 \cdot s}{10 + 0.14350 \cdot s + 0.0157 \cdot s^2 + 0.0001 \cdot s^3} = \frac{9913 \cdot s + 100000}{s^3 + 1435 \cdot s^2 + 157 \cdot s + 100000}.$$

Comparație.

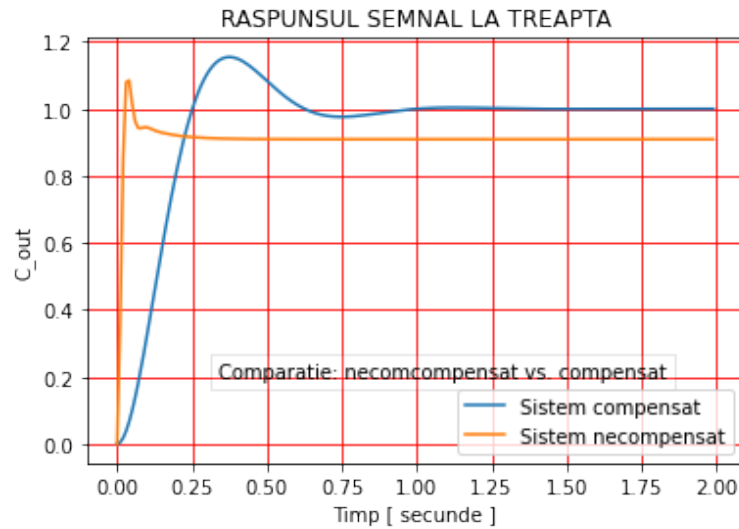


Figure 8: Comparație aspectul răspunsului indicial al sistemului necompensat și aspectul aceluși tip de semnal al sistemului compensat- exemplu.

Expresia funcției de transfer a sistemului compensat în buclă închisă este:

$$\begin{aligned}
 G_0(s) &= \frac{10 + 0.9913 \cdot s}{1 + 0.1129 \cdot s + 0.011 \cdot s^2 + 0.00008 \cdot s^3}, \\
 &= \frac{99130 \cdot s + 100000}{8s^3 + 11000 \cdot s^2 + 11290 \cdot s + 100000}.
 \end{aligned}$$

Răspunsul indicial al sistemului compensat este prezentat în figura 8.

Valorarea timpului de creștere timpului de creștere este de aprox. 0.40 secunde.

Valoarea suprareglajului este de aproximativ 19 %.

Valoarea timpului de stabilizare finală este de aprox. 1.0 secunde.

Față de sistemul necompensat, timpul de creștere este mai ridicat, suprareglajul este mai mic și timpul de stabilizare finală este mai mare.