



**UNIVERSITATEA
TEHNICĂ**
DIN CLUJ-NAPOCA

Proiect
Identificarea Sistemelor

8.Noiembrie.2019

IDENTIFICAREA UNUI CIRCUIT ELECTRIC

Coordonator:

Prof.univ.dr.ing. Petru DOBRA

Student:

Stoleru Cristian-Andrei
gr: 30132

CUPRINS

Obtinerea datelor experimentale	2
Introducere	2
Achizitia datelor de intrare-iesire	3
Desfasurarea experimentelor	3
Procesarea datelor experimentale	4
Experiment A: Raspunsul la treapta	4
Calculul factorului de proportionalitate $\langle K \rangle$	5
Calculul factorului de amortizare $\langle \zeta \rangle$	6
Calculul pulsatiei naturale de oscilatie $\langle \omega_n \rangle$	7
Raspunsul sistemului simulat	8
Experiment B: Raspunsul la Impuls	9
Calculul factorului de proportionalitate $\langle K \rangle$	10
Calculul factorului de amortizare $\langle \zeta \rangle$	11
Calculul pulsatiei naturale de oscilatie $\langle \omega_n \rangle$	12
Raspunsul sistemului simulat	13
Validarea datelor	14
Spatiul starilor de la Experimentul A	15
Intrare Treapta	15
Intrare Impuls	16
Spatiul starilor de la Experimentul B	17
Intrare Treapta	17
Intrare Impuls	18

OBTINEREA DATELOR EXPERIMENTALE

Introducere

Se considera circuitul electric din figura 1.1, avand urmatoarele caracteristici electrice:

- $U_a = \pm 10 \text{ [V]}$;
- $U_{in} \in [-U_a, U_a]$;
- $U_{out} \in [-U_a, U_a]$;

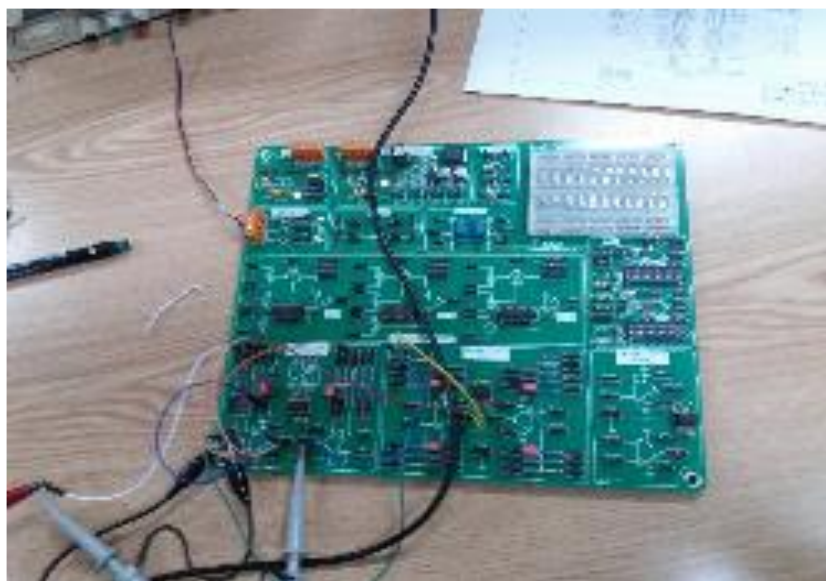


Figura 1.1: Circuit electric 1

Aparatura utilizata: sursa de alimentare, multimetru, generator de semnal, osciloscop (conform figurii 1.2).

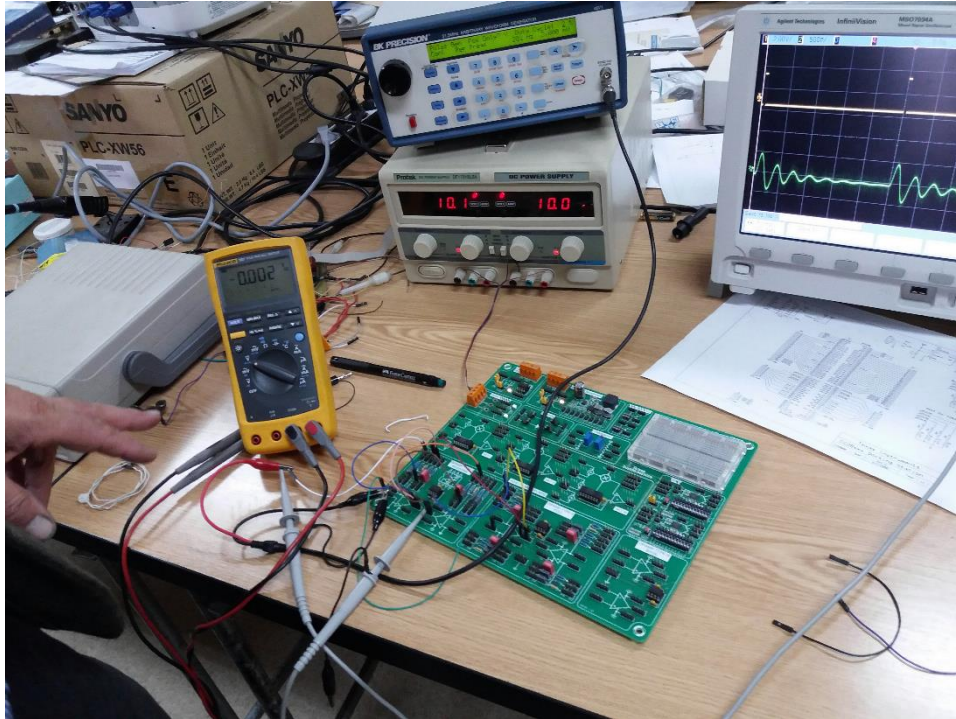


Figura 1.2: Aparatura utilizata

Achizitia datelor de intrare-iesire

Utilizand aparatura din dotare se vor genera semnalele necesare identificarii experimentale a circuitului electric si se vor achizitiona datele de intrare-iesire in vederea procesarii ulterioare.

Desfasurarea experimentelor

- a. Se alimenteaza circuitul;
- b. Se efectueaza urmatoarele experimente:

Experiment A

- 1) Se genereaza un semnal de tip treapta avand caracteristicile correlate cu dinamica circuitului electric si tensiunea de alimentare a acestuia;
- 2) Se vizualizeaza , si se masoara sincron intrarea si iesirea circuitului, obtinand datele experimentale: $[t_k, u_k, y_k] \quad k=1,2,3,\dots$.

Experiment B

- 1) Se genereaza un semnal de tip impuls avand caracteristicile corelate cu dinamica circuitului electric si tensiunea de alimentare a acestuia;
- 2) Se vizualizeaza , si se masoara sincron intrarea si iesirea circuitului, obtinand datele experimentale: $[t_k, u_k, y_k] \quad k=1,2,3,\dots$.

PROCESAREA DATELOR EXPERIMENTALE

Experiment A: Raspunsul la treapta

Vizualizarea datelor experimentale se realizeaza cu ajutorul programului Matlab;

Se va determina functia de transfer in "s" a unui model de ordinal doi pe baza raspunsului la un semnal de tip treapta (a se vedea figura 2.1)

$$H_{des} = \frac{k \cdot \omega_n^2}{s^2 + 2\zeta \omega_n s + \omega_n^2};$$

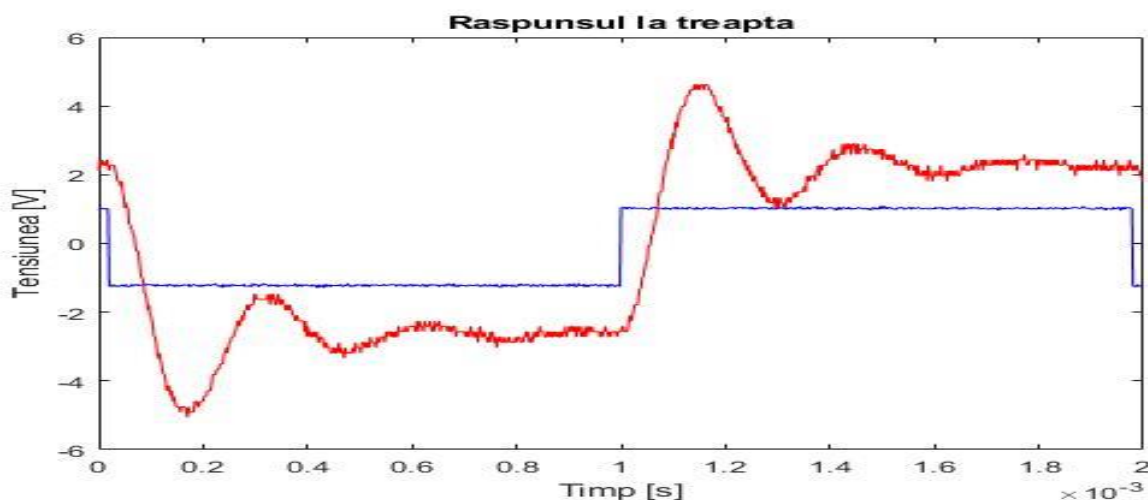


Figura 2.1: Raspunsul la treapta

Calculul factorului de proportionalitate $\langle K \rangle$

Este dat de raportul dintre iesirea si intrarea in regim stationar, in conditii initiale nenule. Deoarece treapta nu este ideala, definitia se extinde la raportul dintre variatia iesirii si variatia intrarii, tinand cont de prezenta zgomotului:

$$K = \frac{\overline{y_{st}} - \overline{y_0}}{\overline{u_{st}} - \overline{u_0}} = 2.23$$

Pentru calculul lui $\overline{y_{st}}$, $\overline{u_{st}}$, $\overline{y_0}$ si $\overline{u_0}$ este necesar sa extragem 4 valori de pe graficul obtinut la pasul obtinut anterior. Alegerea se realizeaza ca in figura 2.2.

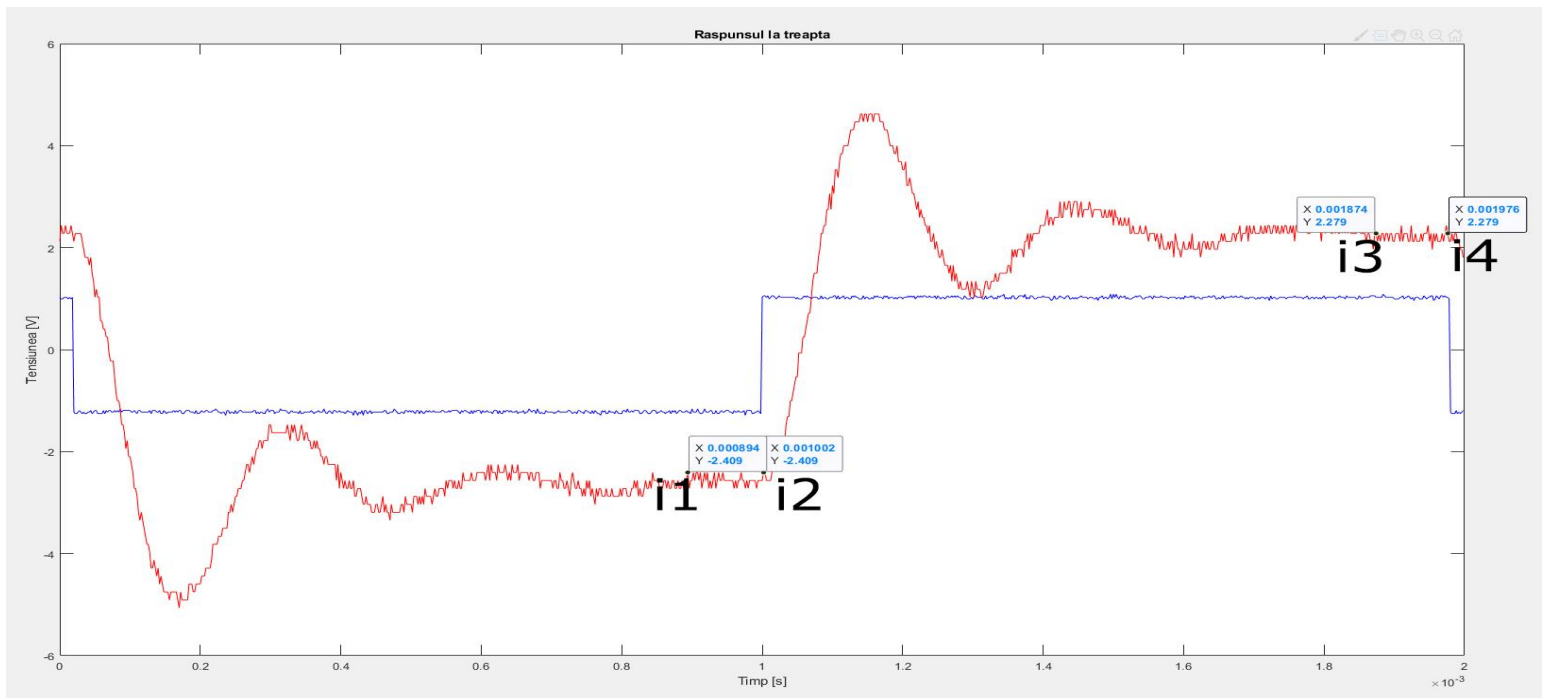


Figura 2.2: Alegerea valorilor pentru regimul stationar

Formule folosite:

- $\overline{y_{st}}$ = media valorilor lui y de la indexul i3 la i4 = 2.25 [V];
- $\overline{u_{st}}$ = media valorilor lui y de la indexul i3 la i4 = 1.02 [V];
- $\overline{y_0}$ = media valorilor lui y de la indexul i1 la i2 = -2.57 [V];
- $\overline{u_0}$ = media valorilor lui u de la indexul i1 la i2 = -1.13 [V].

Calculul factorului de amortizare ζ

Pentru calcularea factorului de amortizare este necesar sa calculam supraregaljul (σ). Acesta este definit ca diferenta dintre valoarea maxima a semnalului de iesire si valoarea stationara a acestuia in raport cu saltul dintre valoarea initiala si cea stationara.

Pentru a calcula supraregaljul e nevoie sa alegem valoarea de maxim ca in figura 2.3.

$$\sigma = \frac{y_{max} - \overline{y_{st}}}{\overline{y_{st}} - y_0} = 0.45$$

$$\zeta = \frac{-\ln(\sigma)}{\sqrt{\pi^2 + \ln^2(\sigma)}} = 0.24 \left[\frac{1}{rad} \right]$$

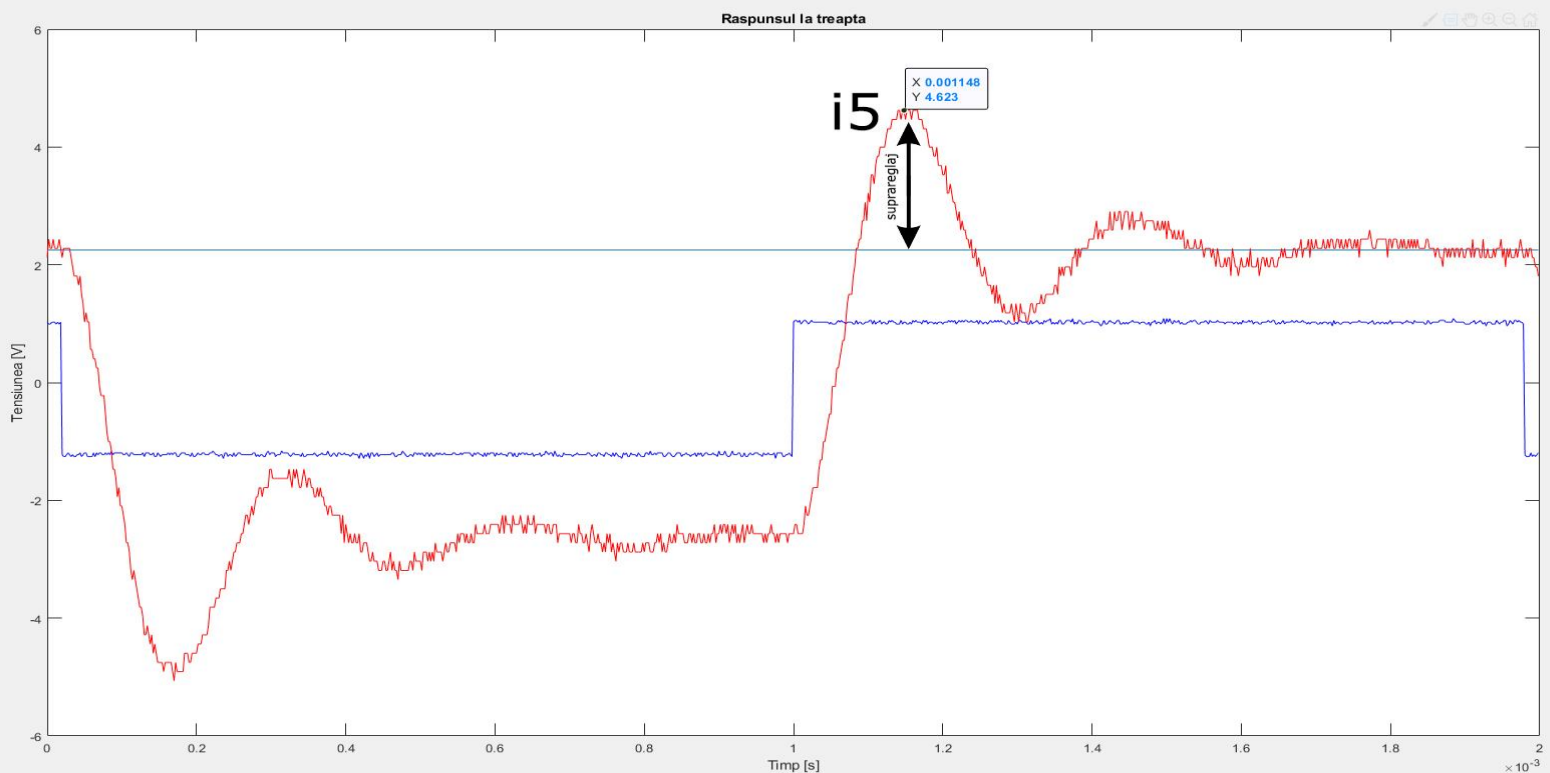


Figura 2.3: Alegerea maximului lui y

Calculul pulsatiei naturale de oscilatie ω_n

Pentru a identifica pulsatia naturala de oscilatie (ω_n) se poate utiliza timpul de raspuns (tr). Acesta este definit ca timpul in care semnalul de iesire ajunge in bande de $\pm 5\%$ (conform figurii 2.4).

$$tr = 0.7 \text{ [ms]}$$

$$\omega_n = \frac{4}{\zeta * tr} = 2.14e+4 \left[\frac{rad}{s} \right]$$

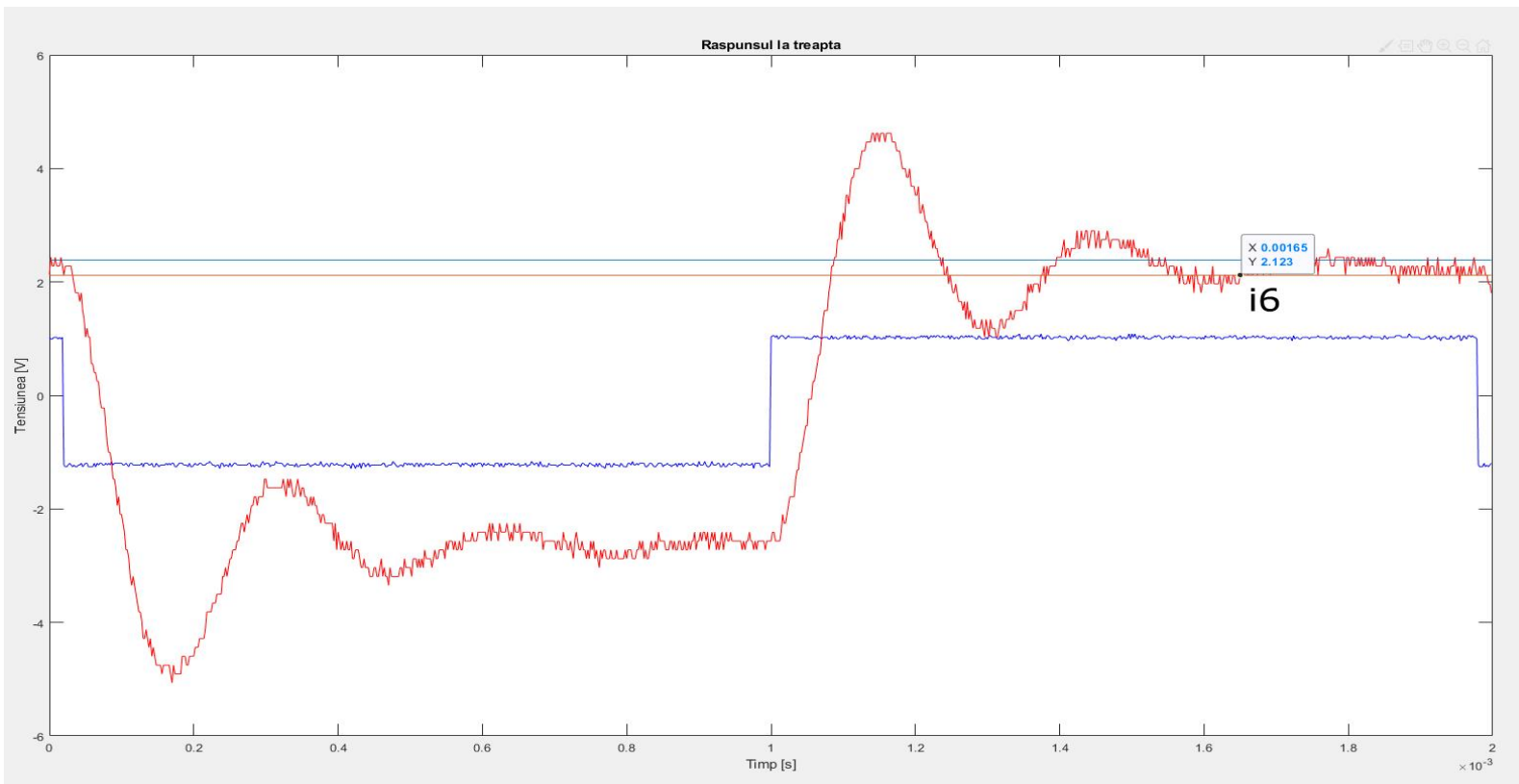


Figura 2.4: Intrarea semnalului in banda de $\pm 5\%$

Raspunsul sistemului simulat

Acum ca am obtinut valorile pentru K , ζ si ω_n putem scrie functia de transfer al sistemului, cu ajutorul careia putem determina spatial starlior pentru a genera un semnal cu conditii initiale nenule.

In urma calculelor am obtinut urmatoarele matrici cu care am generat semnalul din figura 2.5:

$$A = 10^8 * \begin{bmatrix} 0 & 10^{-8} \\ -4.6179 & -0.001 \end{bmatrix};$$

$$B = 10^9 * \begin{bmatrix} 0 \\ 1.033 \end{bmatrix};$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix};$$

$$D = \begin{bmatrix} 0 \end{bmatrix};$$

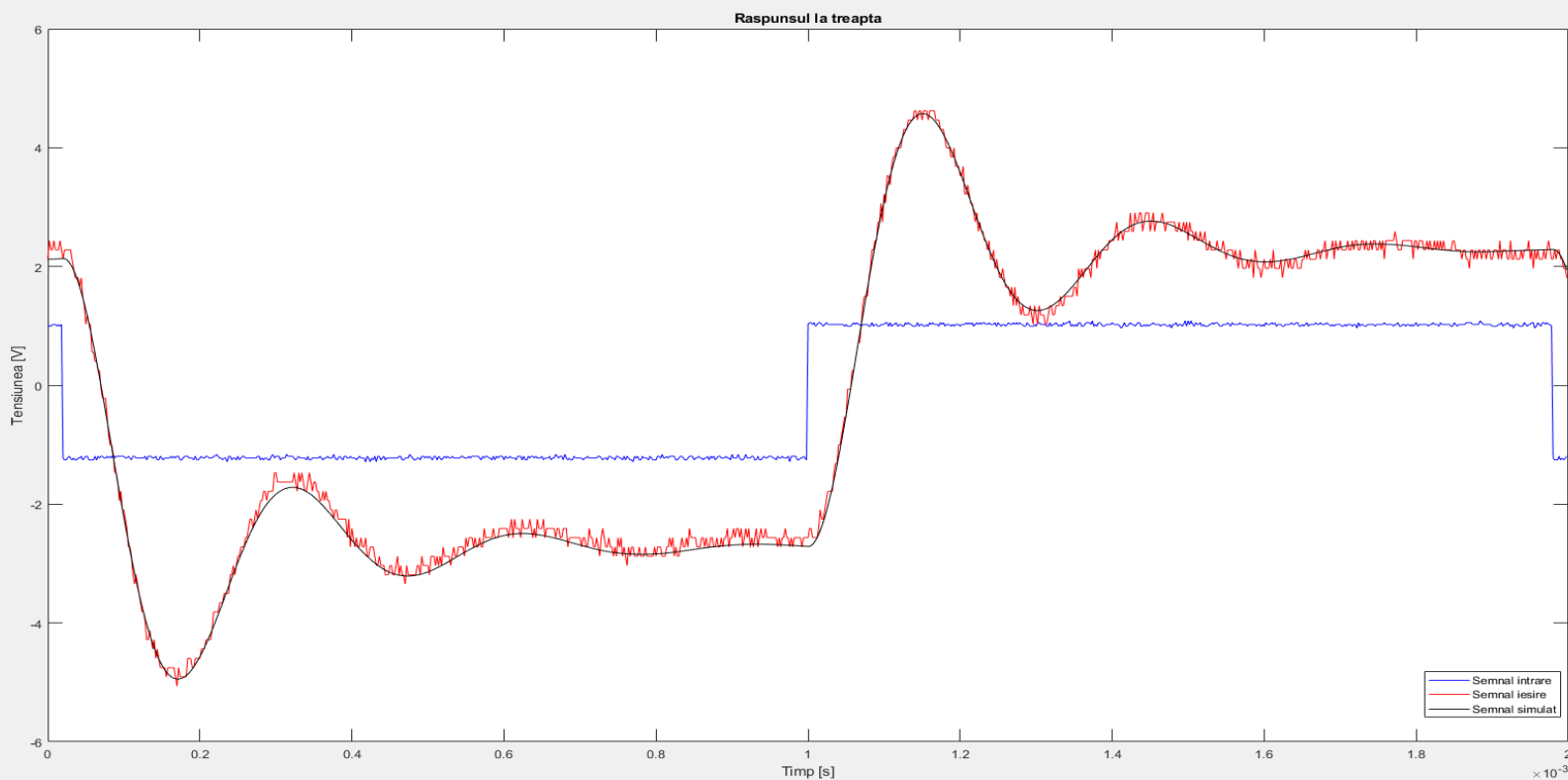


Figura 2.5: Raspunsul sistemului simulat

Experiment B: Raspunsul la Impuls

Vizualizarea datelor experimentale se realizeaza cu ajutorul programului Matlab; Se va determina functia de transfer in “s” a unui model de ordinal doi pe baza raspunsului la un semnal de tip impuls (a se vedea figura 3.1).

$$H_{des} = \frac{k \cdot \omega_n^2}{s^2 + 2\zeta \omega_n s + \omega_n^2};$$

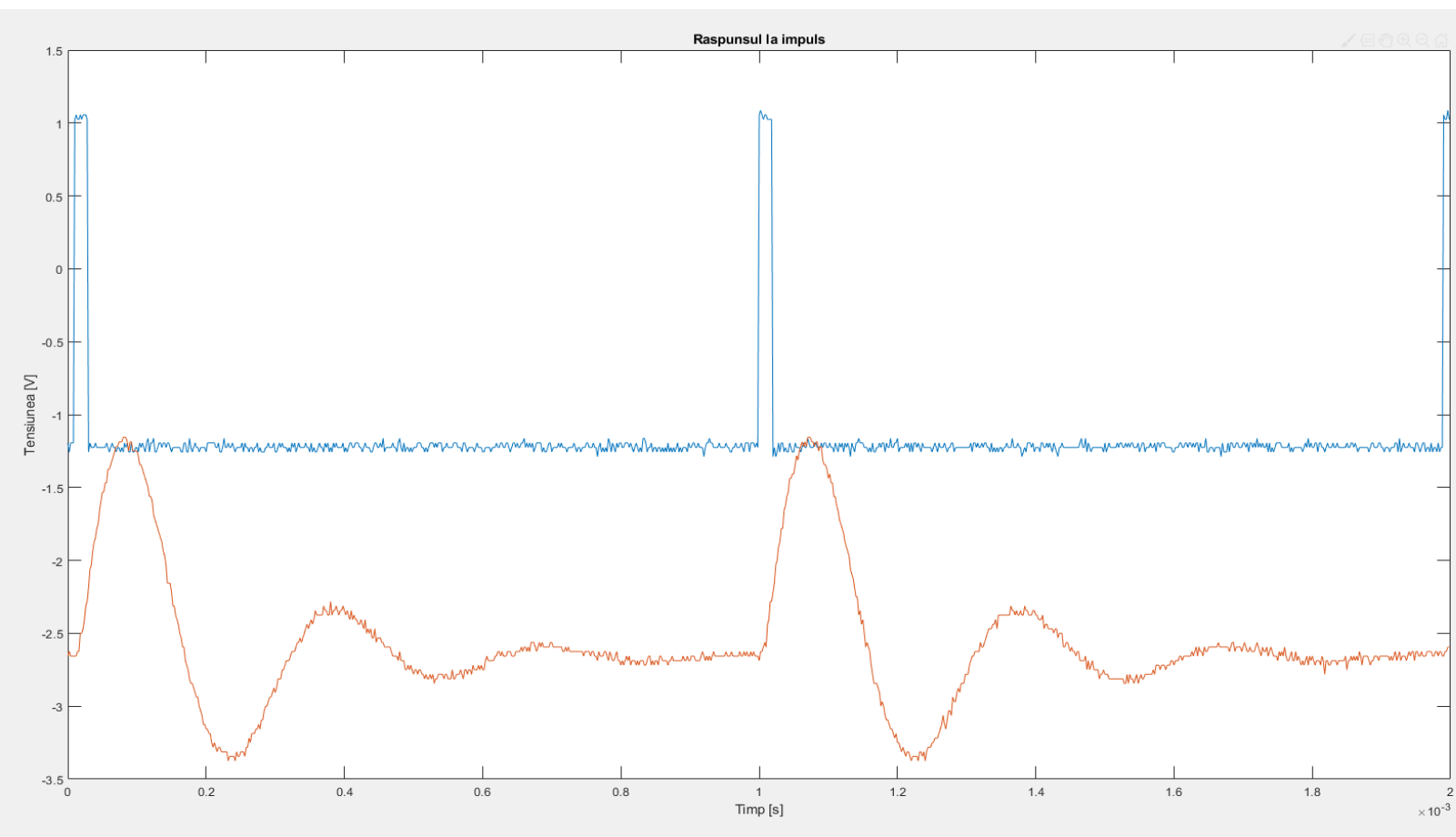


Figura 3.1: Raspunsul la Impuls

Calculul factorului de proportionalitate $\langle K \rangle$

Este dat de raportul dintre iesirea si intrarea in regim stationar, in conditii initiale nenule, tinand cont de prezenta zgomotului.

$$K = \frac{\overline{y_{st}}}{\overline{u_{st}}} = 2.17$$

Pentru calculul lui $\overline{y_{st}}$ si $\overline{u_{st}}$ este necesar sa extragem 2 valori de pe graficul obtinut la pasul obtinut anterior. Alegerea se realizeaza ca in figura 3.2.

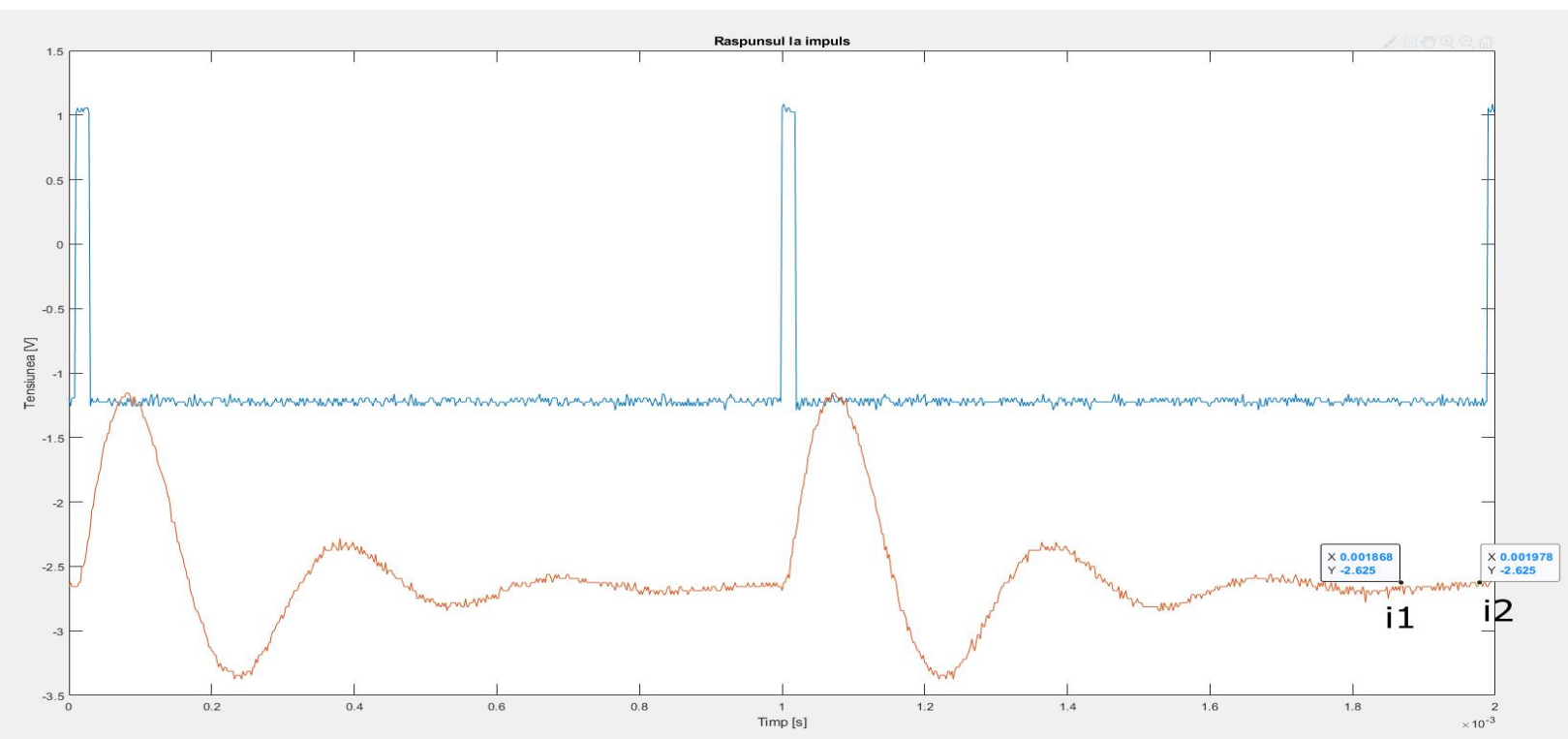


Figura 3.2: Alegerea valorilor pentru regimul stationar

Formule folosite:

- $\overline{y_{st}} =$ media valorilor lui y de la indexul $i3$ la $i4 = -2.65$ [V];
- $\overline{u_{st}} =$ media valorilor lui u de la indexul $i3$ la $i4 = -1.21$ [V];

Calculul factorului de amortizare ζ

Pentru a identifica valoarea factorului de amortizare (ζ), este necesara estimarea suprareglajului. Datorita faptului ca raspunsul la impuls poate fi privit ca derivata raspunsului la intrarea de tip treapta, se poate demonstra urmatoarea relatie:

$$\sigma = \frac{A_+}{A_-} = 0.46 \qquad \zeta = \frac{-\ln(\sigma)}{\sqrt{\pi^2 + \ln^2(\sigma)}} = 0.23 \left[\frac{1}{rad} \right]$$

Pentru a calcula suprareglajul e nevoie sa alegem 3 valori ca in figura 3.3.

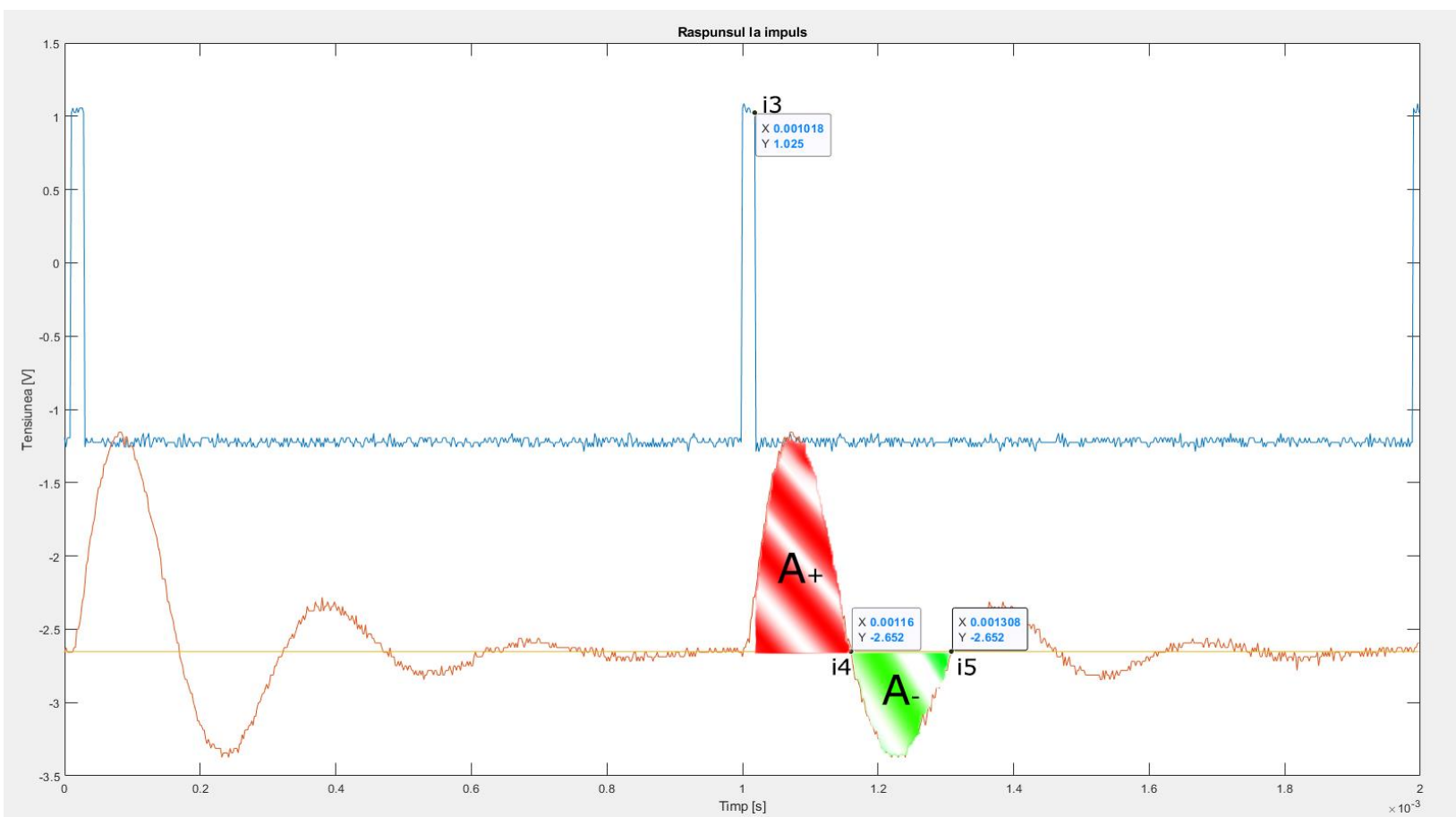


Figura 3.3: Alegerea valorilor pentru suprareglaj

Calculul pulsatiei naturale de oscilatie ω_n

Pentru a identifica pulsatia naturala de oscilatie (ω_n) se poate utiliza legatura cu pulsatia de oscilatie. Pulsatia de oscilatie se poate determina direct din perioada oscilatiilor.

$$T_{osc} = 2 * (t_{val_max} - t_{val_min}) = 0.28 \text{ [ms]}$$

$$\omega_{osc} = \frac{2 * \pi}{T_{osc}} = 2.18e+4 \left[\frac{rad}{s} \right]$$

$$\omega_n = \omega_{osc} * \frac{1}{\sqrt{1 - \zeta^2}} = 2.12 \left[\frac{rad}{s} \right]$$

Pentru a calcula perioadei de oscilatie e nevoie sa alegem 2 valori ca in figura 3.4.

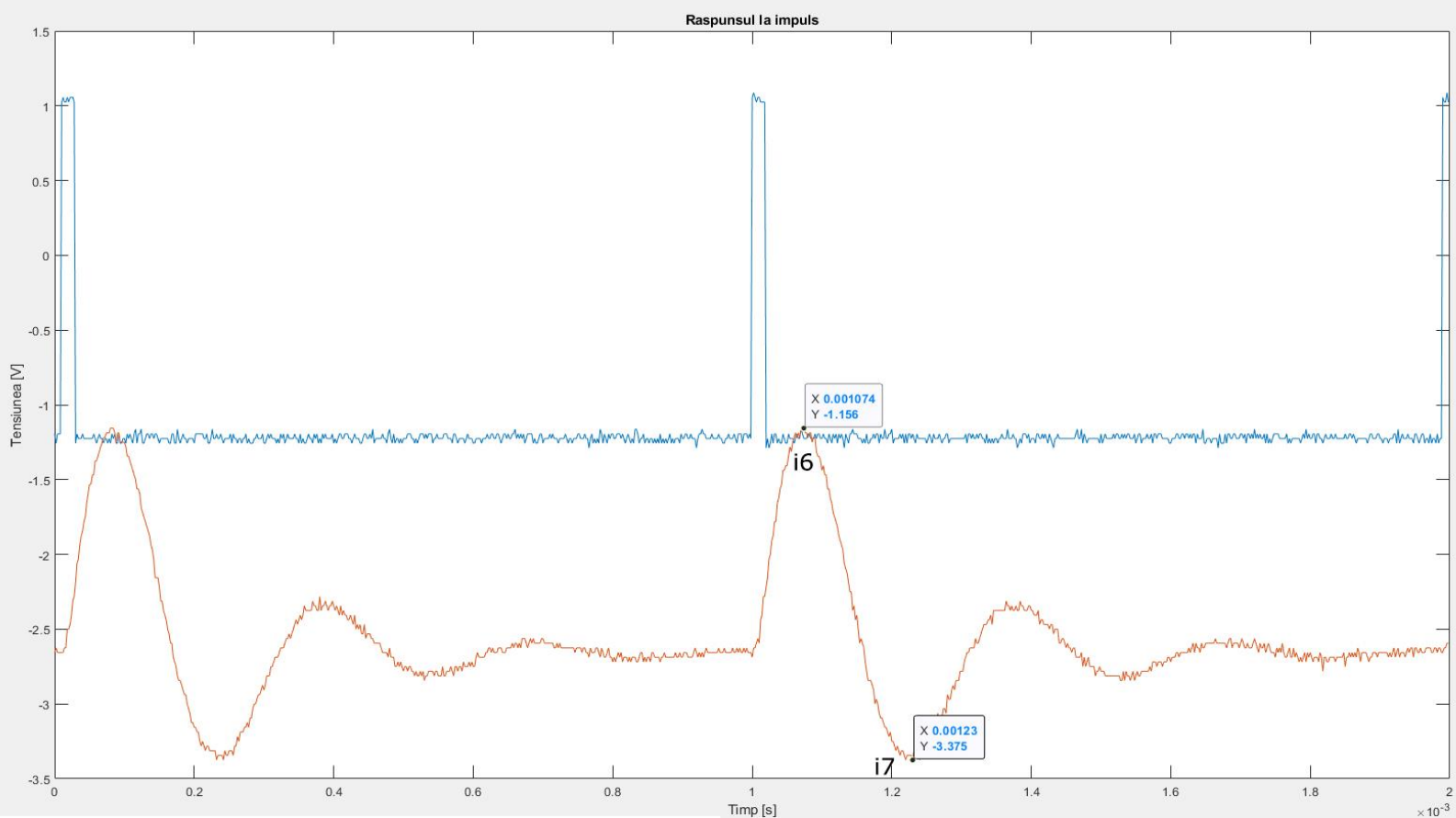


Figura 3.4: Alegerea valorilor pentru perioada de oscilatie

Raspunsul sistemului simulat

Acum ca am obtinut valorile pentru K , ζ si ω_n putem scrie functia de transfer al sistemului, cu ajutorul careia putem determina spatia starilor pentru a genera un semnal cu conditii initiale nenule.

In urma calculelor am obtinut urmatoarele matrici cu care am generat semnalul din figura 3.5:

$$A = 10^8 * \begin{bmatrix} 0 & 10^{-8} \\ -4.496 & -0.001 \end{bmatrix};$$

$$B = 10^8 * \begin{bmatrix} 0 \\ 9.8 \end{bmatrix};$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix};$$

$$D = \begin{bmatrix} 0 \end{bmatrix};$$

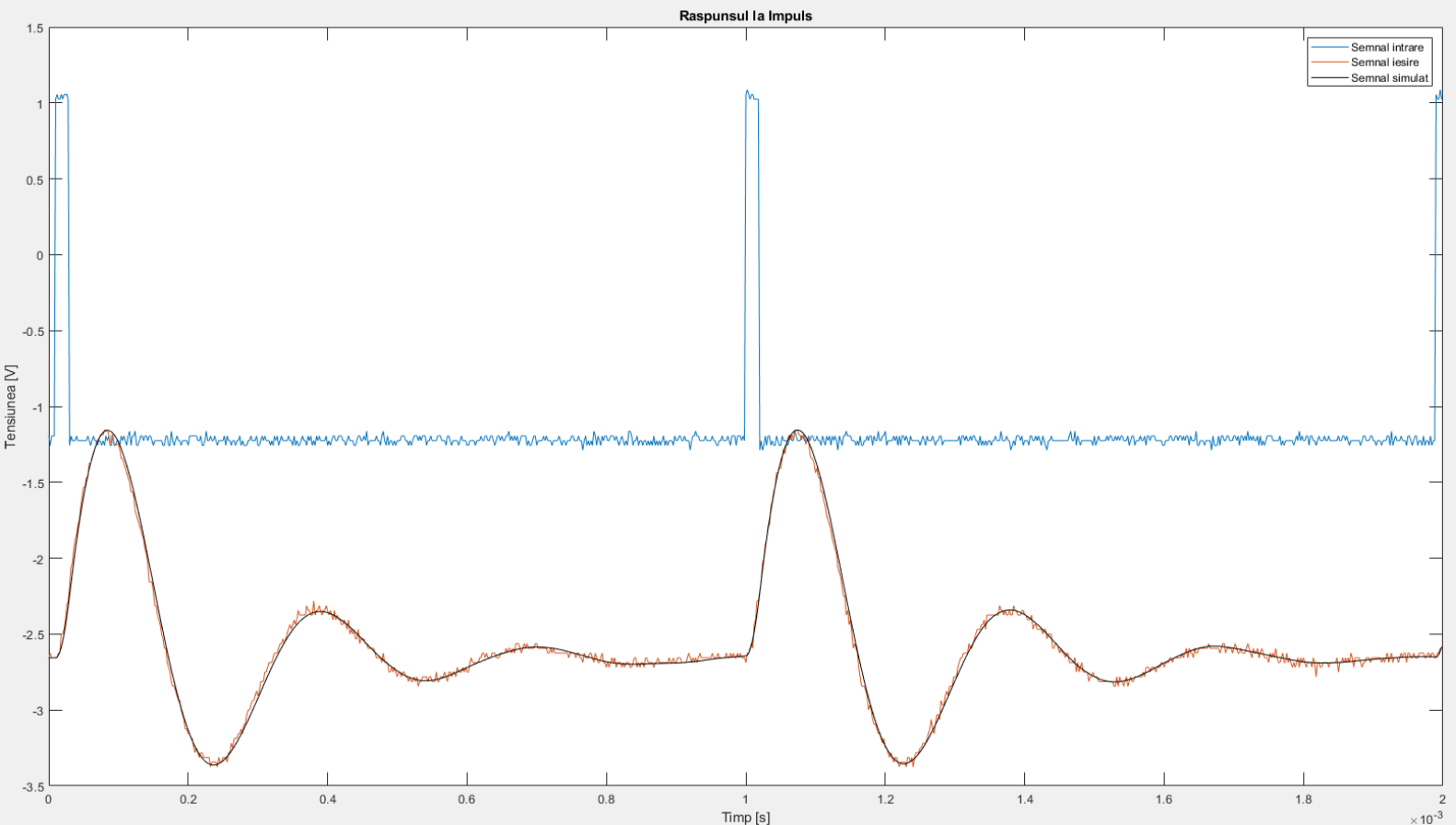


Figura 3.5: Raspunsul sistemului simulat

VALIDAREA DATELOR

Pentru validarea datelor am ales sa folosesc eroarea medie patratica relativa (rezultatele sunt prezentate in Tabelul 1), ce are formula:

$$\epsilon_{MPN} = \frac{\|y - y^M\|}{\|y - \bar{y}\|}$$

Unde:

- y este vectorul masuratorilor
- y^M este raspunsul modelului
- \bar{y} este valoarea medie a vectorului masuratorilor

Semnal Intrare Spatiul starilor experiment	Treapta	
	Impuls	
Experiment A (Generat din treapta)	4.8%	16.4%
Experiment B (Generat din impuls)	4.5%	6.9%

Tabelul 1: Eroarea medie patratica[%]

Concluzie: Voi alege sa utilizez spatiul starilor de la experimental B (cel cu intrarea de tip impuls) deoarece acesta genereaza erori mult mai mici decat cel de la experimentul A.

Spatiul starilor de la Experimentul A

Intrare Treapta

Simularea este prezentata in figura 4.1, unde putem observa reprezentarea grafica a celor 3 semnale: intrarea treapta, raspunsul circuitului si raspunsul simulat.

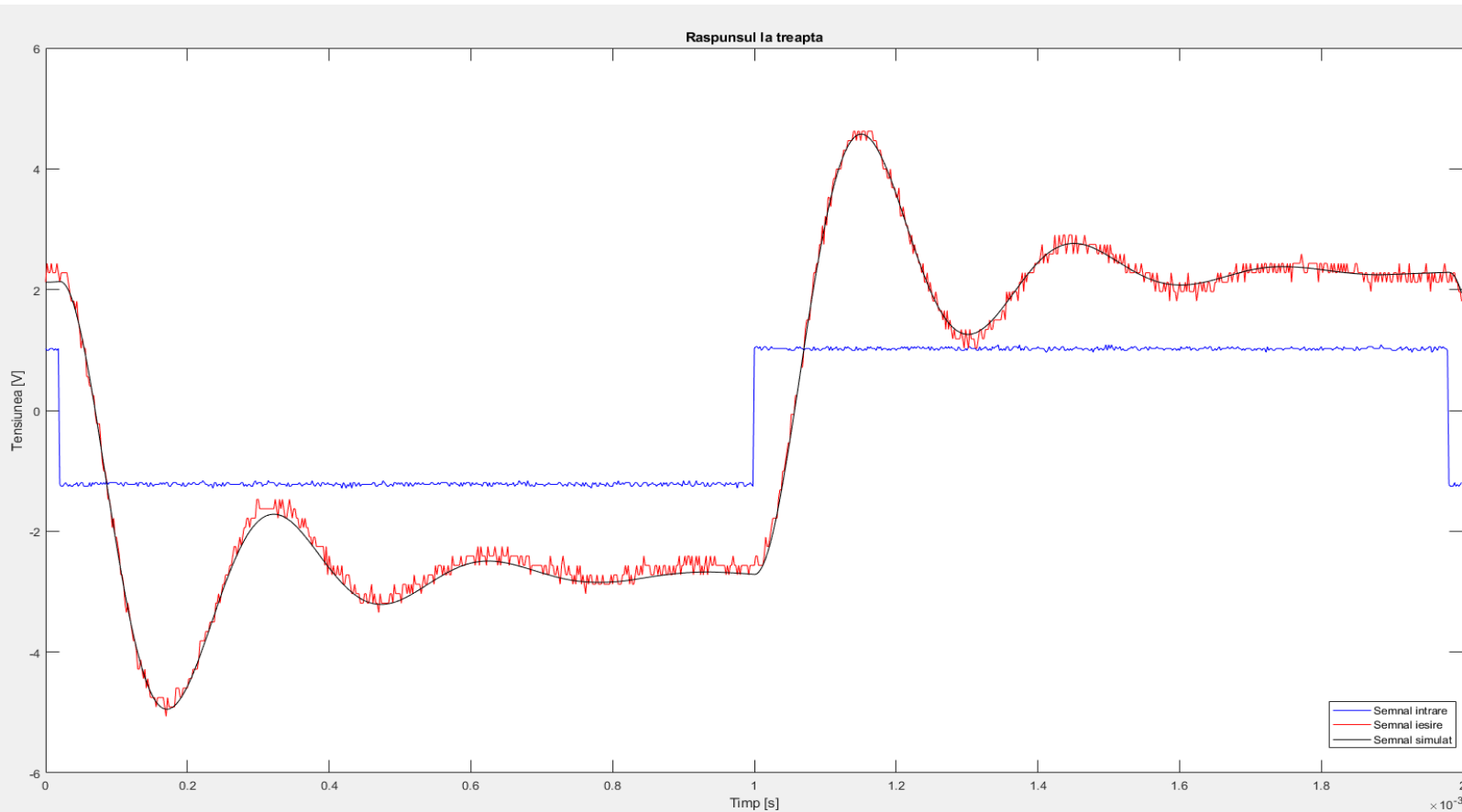


Figura 4.1: Raspunsul sistemului simulat

$$\epsilon_{\text{MPN}} = 0.048$$

Intrare Impuls

Simularea este prezentata in figura 4.2, unde putem observa reprezentarea grafica a celor 3 semnale: intrarea impuls, raspunsul circuitului si raspunsul simulat.

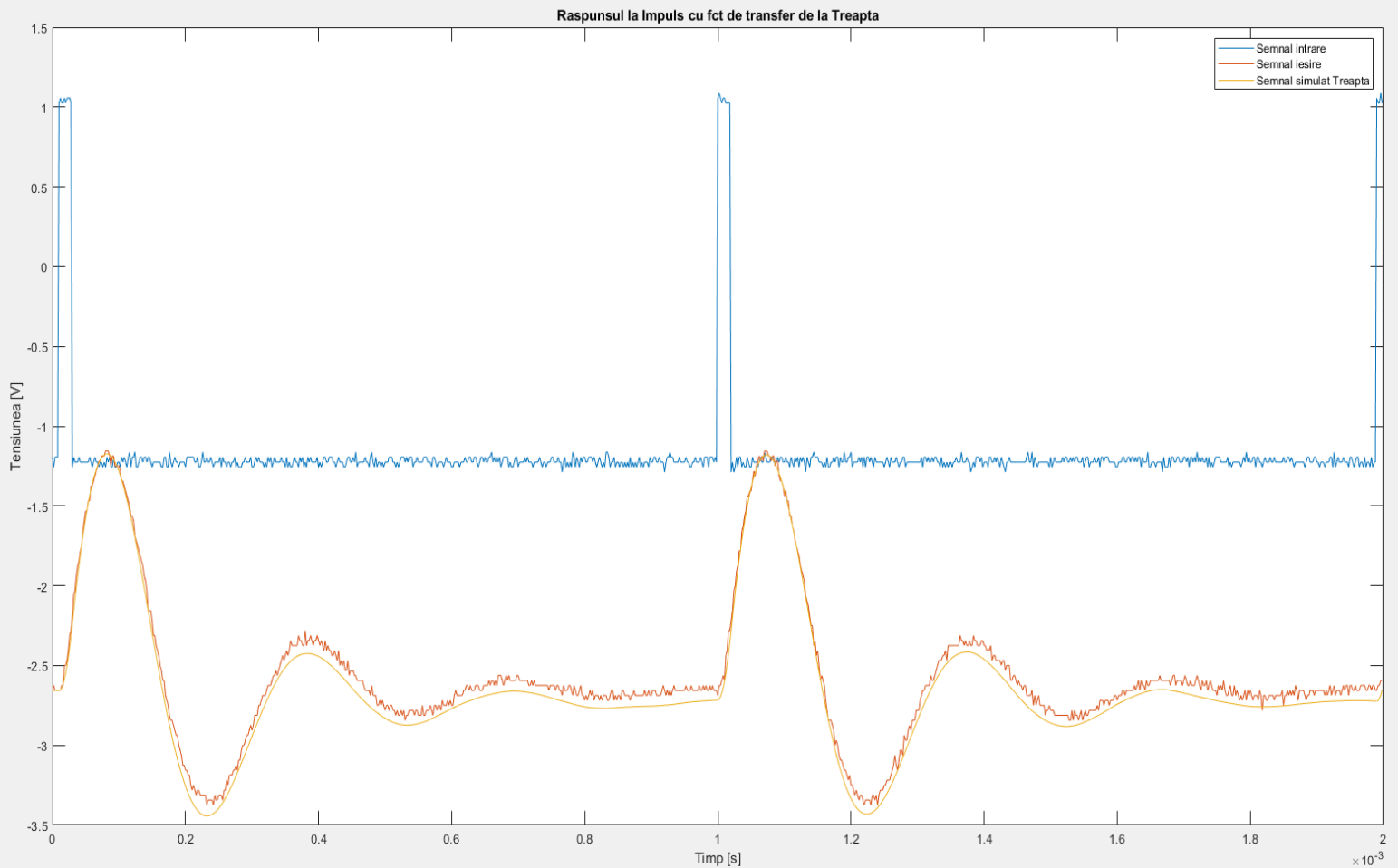


Figura 4.2: Raspunsul sistemului simulat

$$\epsilon_{\text{MPN}} = 0.164$$

Spatiul starilor de la Experimentul B

Intrare Treapta

Simularea este prezentata in figura 4.3, unde putem observa reprezentarea grafica a celor 3 semnale: intrarea treapta, raspunsul circuitului si raspunsul simulat.

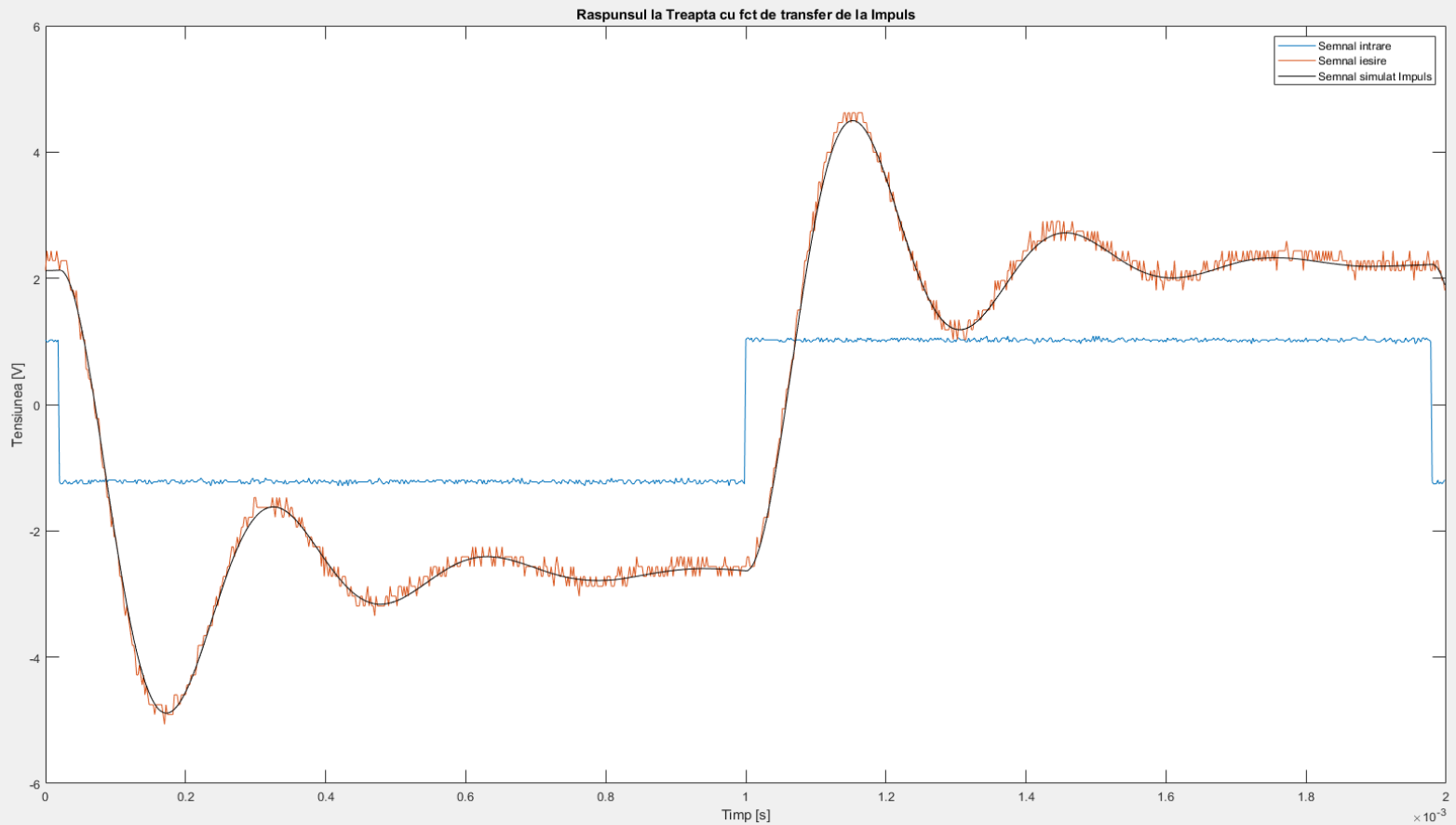


Figura 4.3: Raspunsul sistemului simulat

$$\epsilon_{\text{MPN}} = 0.045$$

Intrare Impuls

Simularea este prezentata in figura 4.4, unde putem observa reprezentarea grafica a celor 3 semnale: intrarea impuls, raspunsul circuitului si raspunsul simulat.

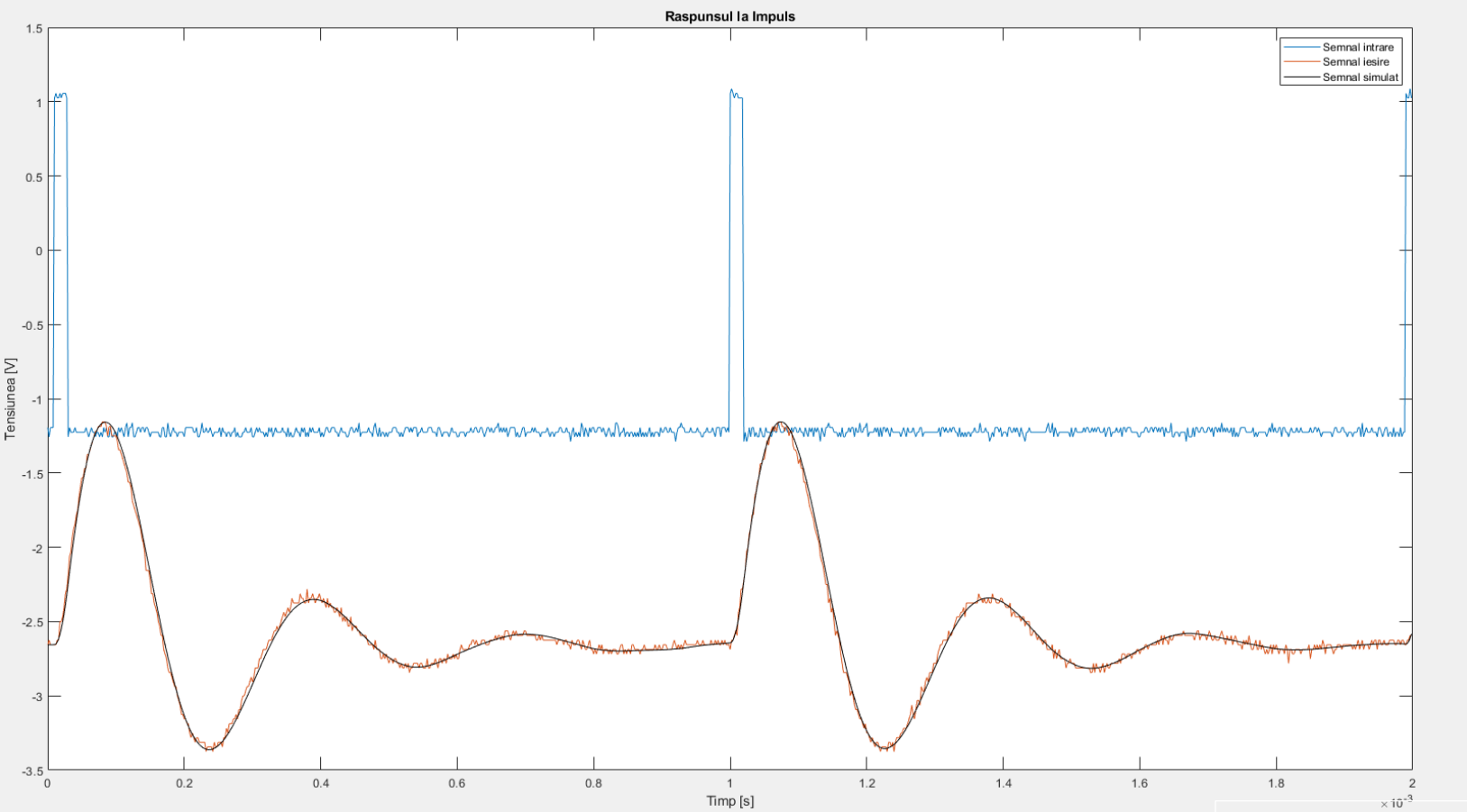


Figura 3.4: Raspunsul sistemului simulat

$$\epsilon_{\text{MPN}} = 0.069$$