UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN CLUJ-NAPOCA FACULTATEA DE AUTOMATICĂ SI CALCULATOARE
SPECIALIZAREA: AUTOMATICĂ SI INFORMATICĂ APLICATĂ

PROIECT IDENTIFICAREA SISTEMELOR

Identificarea unui circuit electric

Student : Ghiran Lorena Roxana

Grupa: 30131

Coordonator:

Prof. Dr. Ing. Dobra Petru

ANUL UNIVERSITAR: 2019-2020

Contents

1. Identificarea unui circuit electric

1.1 Obtinerea datelor experimentale

1.1.1 *Introducere*

Se considera circiutul electric din figura 1.1, având urmatoarele caracteristici electrice:

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

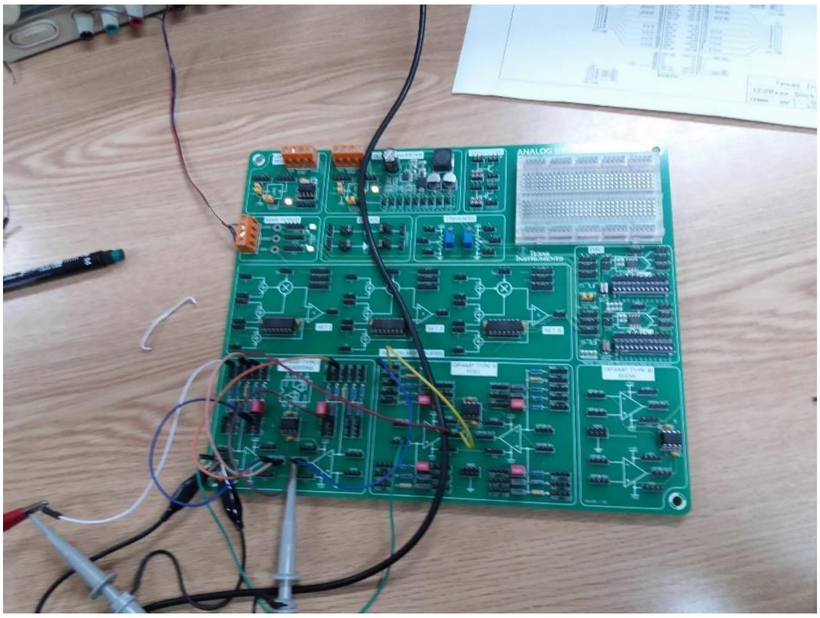


Figura 1.1: Circuit electric

Aparatura utilizata: sursă de alimentare, multimetru, generator de semnal, osciloscop.

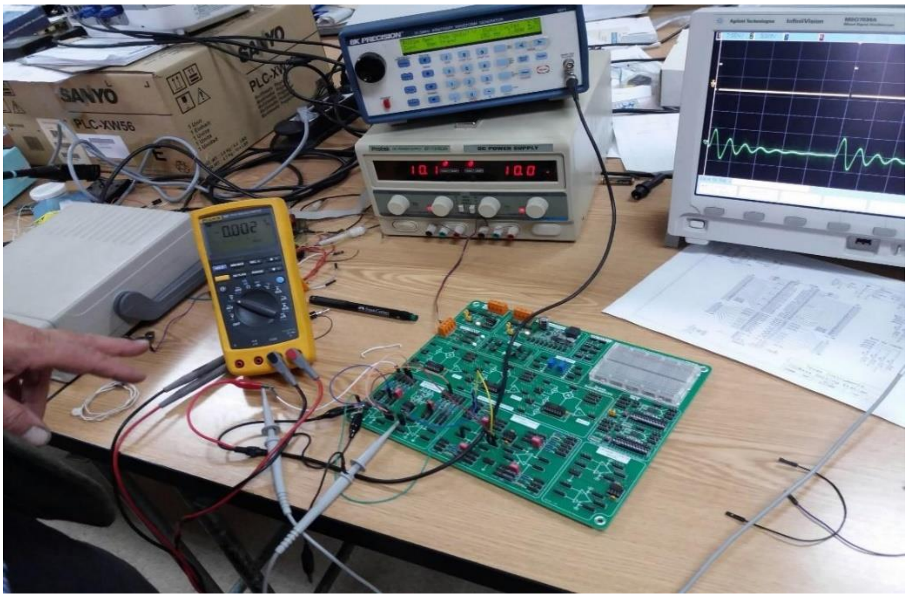


Figura 1.2: Aparatura utilizată

1.1.2 Achiziția datelor intrare-ieșire

Utilizând aparatura din dotare se vor genera semnalele necesare identificării experimentale a circuitului electric si se vor achiziționa datele intrare-ieșire în vederea procesării

1.1.3 Desfășurarea experimentelor

1. Se alimentează circuitul.
2. Se efectuează următoarele experimente:

Experiment A

a) Se genereazǎ un semnal de tip impuls având caracteristicile corelate cu dinamica circuitului electric și tensiunea de alimentare a acestuia;

b) Se vizualizeazǎ și se mǎsoarǎ sincron intrarea și ieșirea circuitului, obțin datele experimentale: [t_k, u_k, y_k] k = 1,2,… .

Experiment B

a) Se genereazǎ un semnal de treaptă având caracteristicile correlate cu dinamica circuitului electric , și tensiunea de alimentare a acestuia.

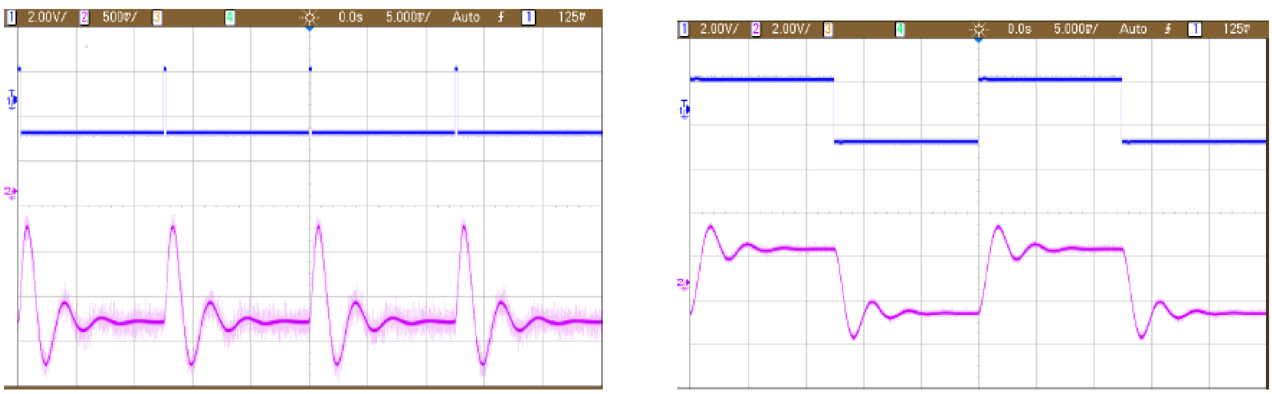
b) Se vizualizeazǎ și se mǎsoarǎ sincron intrarea și ieșirea circuitului, obțin datele experimentale: [t_k, u_k, y_k] k = 1,2,… .

1.2 Procesarea datelor experimentale

Vizualizarea datelor experimentale utilizând : MS Excel, Matlab, etc.

În funcție de datele experimentale obținute [t_k, u_k, y_k] k = 1,2,… se pot efectua următoarele operații: filtrare antidistorsiune de tip medie alunecătoare, eliminarea componentelor continue staționare sau cvasistaționare, scalarea intrărilor și ieșirilor.

Se va determina funcția de transfer în .s.a unui model de ordinul doi pe baza răspunsului la semnal de tip impuls real (a se vede figura 1.3.a) ¸si semnal de tip traptă (a se vede figura 1.3.b).



a) b)

Figure 1.3 Răspunsul unui sistem la semnale de tip impuls și traptă

1.2.1 Experiment A: Identificarea unui sistem pe baza raspunsului de tip impuls

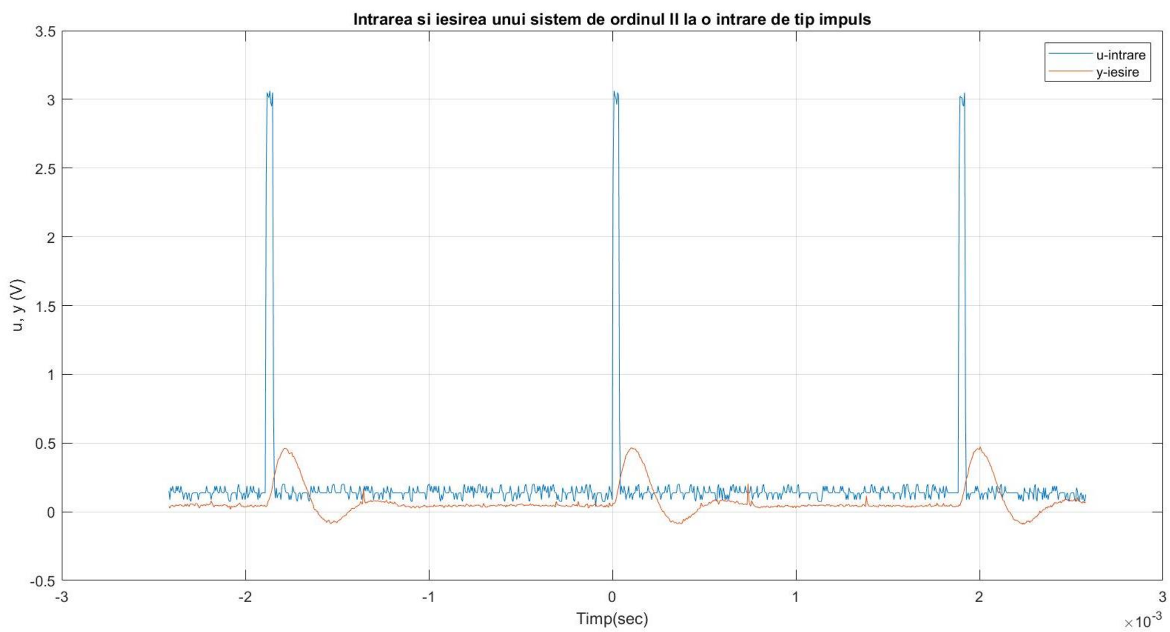
1.2.1.1 Graficul obținut pentru datele experimentale

Pentru a putea vizualiza datele experimentale obținute de la osciloscop se importă in Matlab fișierul scope309.csv.

Am atribuit variabilelor t, u, y valorile din tabelul din Scope309.

- t-timpul de simulare;
- u-intrarea sistemului;
- y-ieșirea sistemului;

Identificarea sistemului prin analiza răspunsului la intrare de tip impus constă în aflarea parametrilor ce stau la baza determinarii functiei de transfer.
Răspunsul experimental al sistemului la semnal de tip impuls este următorul pentru datele din Scope309 (Figura 2.1)



1.2.1.2 Determinarea funcției de transfer pentru răspunsul de tip impuls

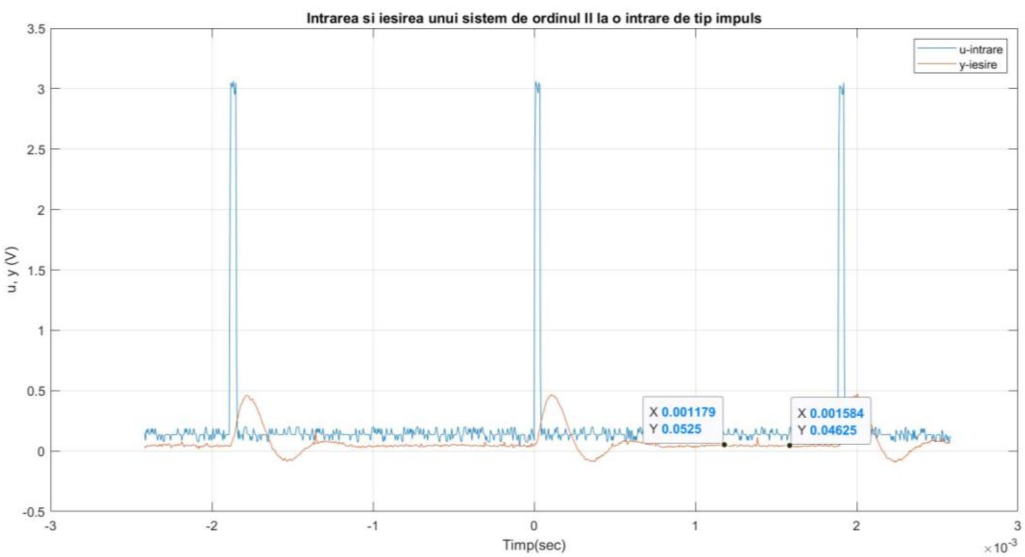
Impulsul nu este cel teoretic (impulsul Dirac), conditiile initiale sunt nenule si este prezent zgomotul de masura.
Pentru a putea face identificarea sistemului, trebuie sa determinam urmatoarele marimi: factorul de amplificare (k), factorul de amortizare (ζ), pulsatia naturala (ωn).

Algoritmul determinarii functiei de transfer pentru raspunsul de tip treapta incepe de la forma ei generala pentru un sistem de ordinul 2:

$$\mathbf{H(s)}=\frac{k*{\omega_n}^2}{s^2+2*\zeta*\omega_n+{\omega_n}^2}$$

Deoarece atat iesirea cat si intrarea prezint zgomot, valorile de intrare/iesire in regim stationar vor fi calculate intre doi indici, facandu-se media pe intervalul dintre ei.

Alegerea punctelor intre care se calculeaza ust si ust:



yst=mean(y(702:801))=0.045 V;
ust=mean(u(702:801))=0.1386 V;

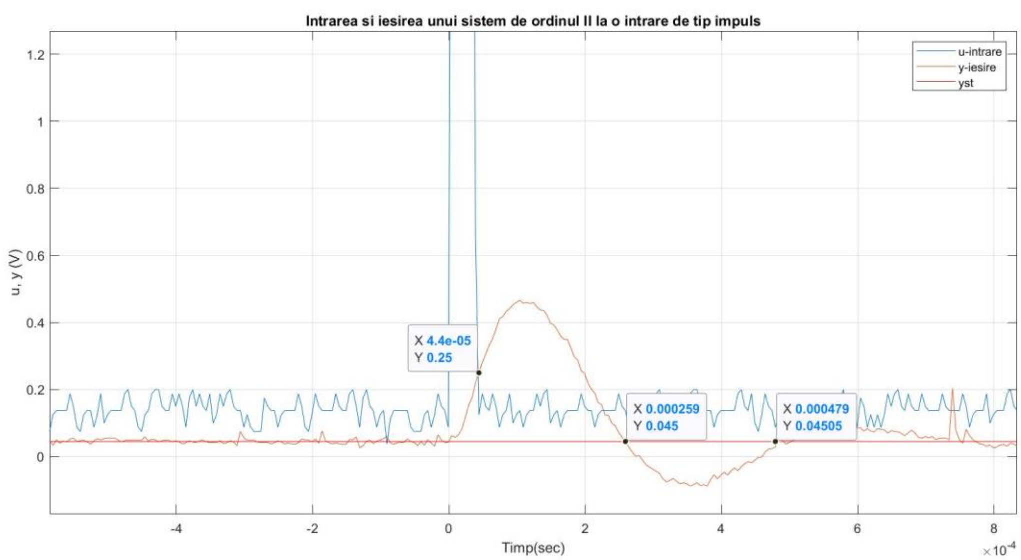
a) Factor de proportionalitate

$$k = \frac{yst}{ust} = 0.325$$

Pentru aflarea urmatorilor parametrii necesari in determinarea functiei de transfer a sistemului trebuie, mai intai, aflata valoarea suprareglajului. In cazul raspunsului la intrare de tip impuls, metoda consta in evidentierea a doua arii consecutive determinate de iesirea sistemului si dreapta de regim stationar. Valoarea suprareglajului este determinată utilizând cele două arii, aria pozitiva si cea negativa. Ariile sunt calculate prin metoda dreptunghiurilor.

In figura urmatoare sunt puse in vedere caraceristicile necesare pasilor urmatori. In acest grafic s-a pus in evidenta si dreapta care trece prin valoarea de regim stationar pentru facilitarea alegerii anumitor puncte de interes.

plot(t,[u y], t, yst.*ones(1000,1));



Apoz=sum(y(502:556)-yst)*dt,

Aneg=-sum(y(557:606)-yst)*dt, unde **dt** este o diviziune de timp: t(2)-t(1);

b) Suprareglaj

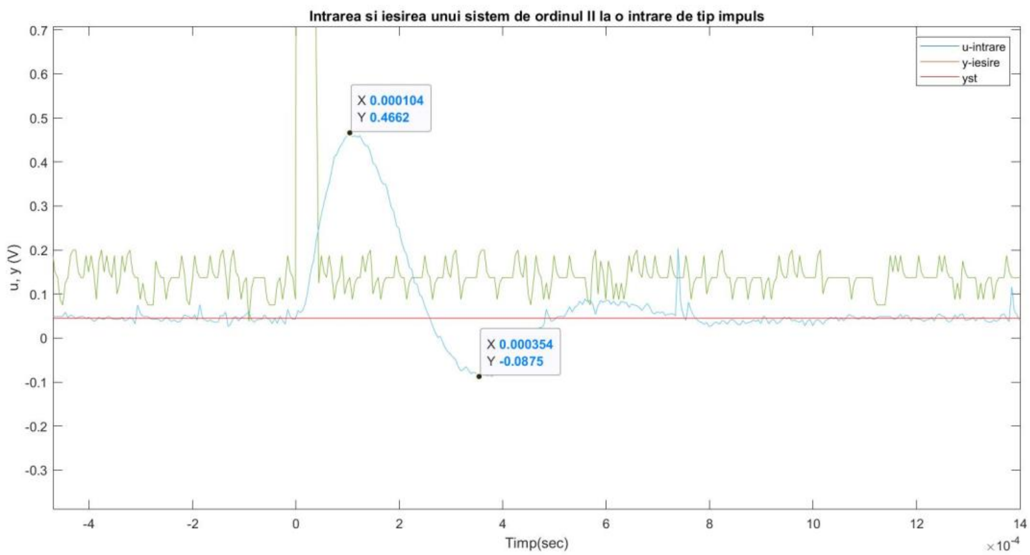
$$\sigma = \frac{Aneg}{Apoz} = 0.46\ (46\%)$$

c) Factorul de amortizare

$$\xi = \frac{-\ln(\sigma)}{\sqrt{\pi^2+ln^2(\sigma)}} = 0.2398$$

d) Perioada de oscilatie

T_{osc} este de două ori perioada dintre momentul de timp în care ieșirea atinge maximul și momentul de timp în care ieșirea atinge minimul.



tmin=555;

tmax=505;

$$T_{osc} = 2*(t(t_{min})-t(t_{max}))=5x10^{-4}\text{sec}$$

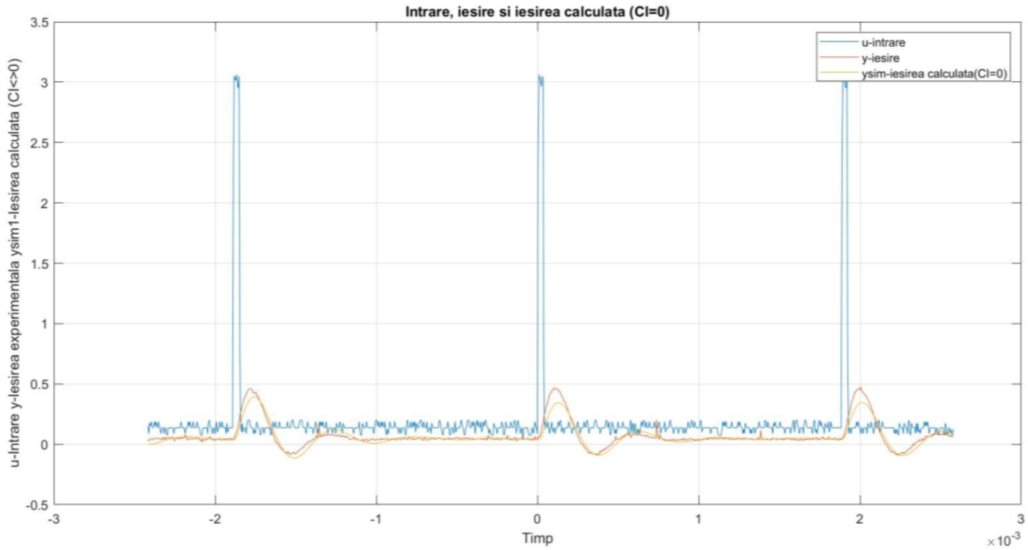
e) Pulsatia naturala

$$\omega_n = \frac{2*\pi}{T_{osc}*\sqrt{1-\zeta^2}} = 1.2944 \times 10^4 \text{ rad/sec}$$

Functia de transfer corespunzatoare acestui semnal este data dupa forma generala:

$$H=k\frac{w_n^2}{s^2+2*\xi*w_n+w_n^2} = \frac{5.445e07}{s\text{^}2+6208\,s+1.675e08};$$

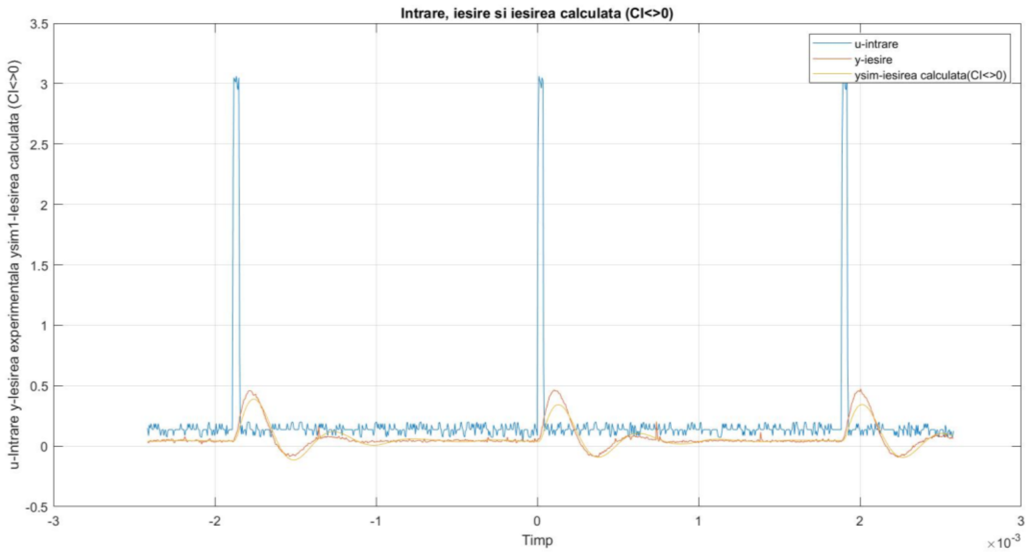
Se calculeaza raspunsul sistemului de ordinul II cu ajutorul functiei de transfer determinate si se pune pe primul grafic.



Se observa ca graficul incepe diferit fata de raspunsul sistemului. Acest lucru se intampla din cauza ca functia de transfer este determinata in conditii intiale nule. Ca sa corectam acest lucru folosim spatial starilor, unde pot fi luate in considerare si conditiile initiale nenule. Reprezentarea spatiului starilor:

$$A*x+B*u = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -{\omega_n}^2 & -2*\xi*\omega_n \end{pmatrix}*x+\begin{pmatrix} 0 \\ k{\omega_n}^2 \end{pmatrix}*u$$

$$y = C*x+D*u = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix}*x+(0)*u$$



O masura a calitatii identificarii sistemului este valoarea medie patratica a erorii dintre iesirea masurata si iesirea calculate:

$$emp = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N}(y_k - y_{kc})^2} = 1.1138$$

Eroarea medie patratica normalizata:

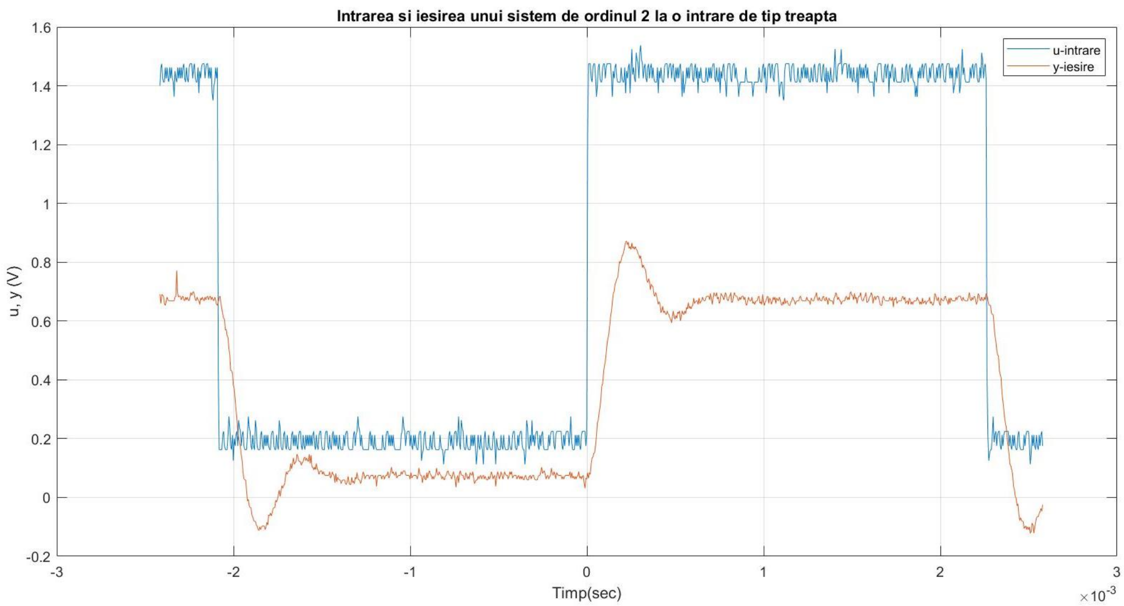
Empn = ||y-yc|| / ||y-mean(y)|| = 0.3011(30%).

1.2.2 Experiment B: Identificarea unui sistem pe baza raspunsului de tip treapta

1.2.2.1 Graficul obținut pentru datele experimentale

Achizita datelor necesare pentru identificarea unui sistem de ordin doi pe baza raspunsului la un semnal de tip treapta se face de la osciloscop. Pentru vizualizarea acestora, se importa in Matlab fisierul scope_310.csv.

Raspunsul sistemului la intrare de tip treapta este urmatorul:



1.2.2.2 Determinarea funcției de transfer pentru răspunsul de tip treapta

Treapta nu este cea teoretica, iar conditiile initiale sunt nenule. Se poate observa si zgomotul de masura.

Am atribuit variabilelor t, u, y valorile din tabelul din fisierul scope_310.csv

- t – timpul de simulare
- u – intrareamasurata a sistemului
- y – iesirea masurata a sistemului

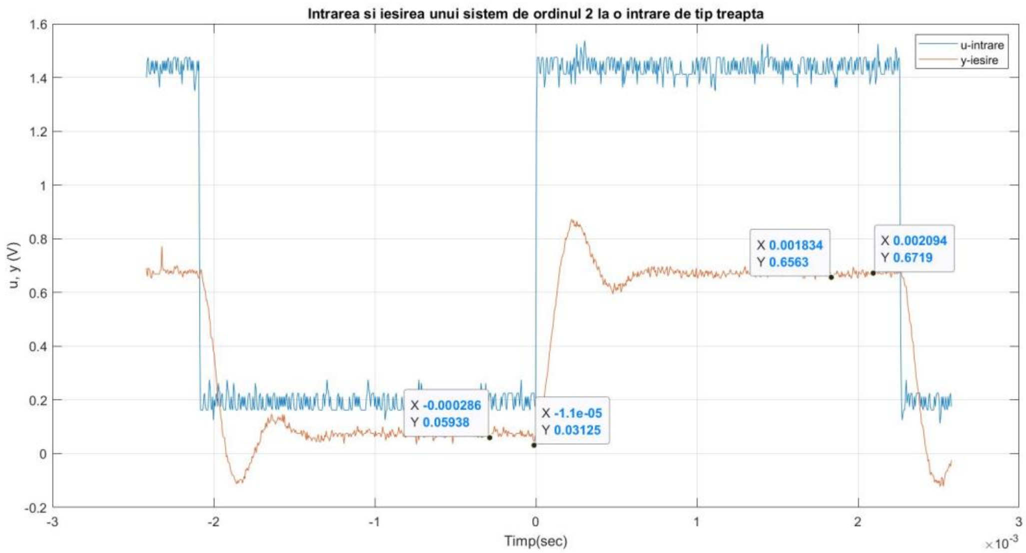
Pentru a putea face identificarea sistemului, trebuie sa determinam urmatoarele marimi: factorul de amplificare (k), factorul de amortizare (ζ), pulsatia naturala (ωn).

Cu ajutorul acestora, se va determina functia de transfer de ordin doi, de forma:

$$\mathbf{H(s)}= \frac{k*{\omega_n}^2}{s^2+2*\zeta*\omega_n+{\omega_n}^2}$$

Pentru a afla acesti parametrii trebuie sa alegem anumite puncte de interes de pe grafic. Mai exact, valori din regimul stationar al semnalului de iesire, valori din regimul stationar al semnalului de intrare, valorile initiale ale acestora si valoarea maxima a semnalului de iesire.

In urmatoarea figura arata cum luam punctele:



Deoarece pe iesire si intrare exista zgomot, valorile de intrare/iesire in regim stationar vor fi calculate intre doi indici, facandu-se media pe intervalul dintre cei doi.

Astfel:

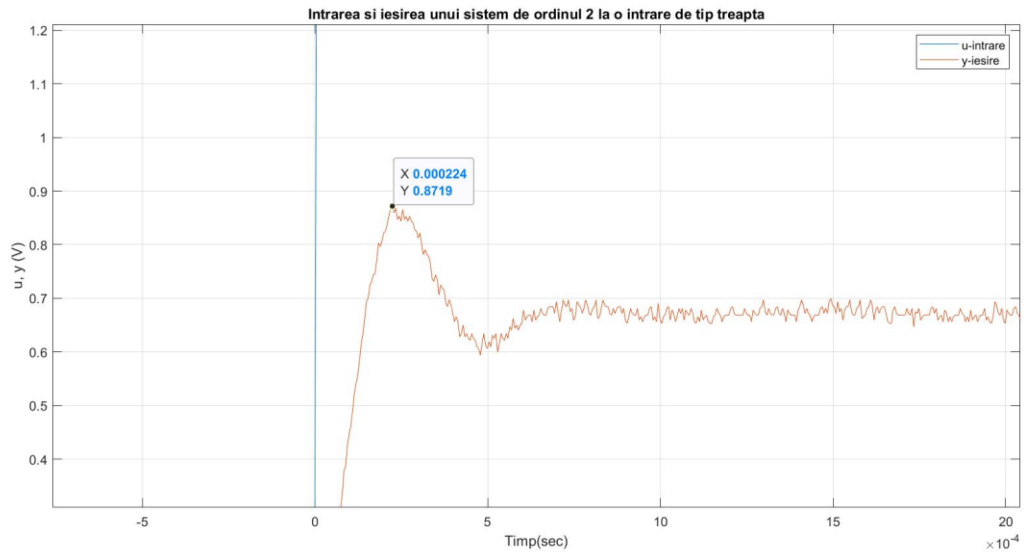
yst=mean(y(851:903))= 0.6688 V

ust=mean(u(851:903))= 0.4239 V

y0=mean(y(427:482))= 0.0734 V

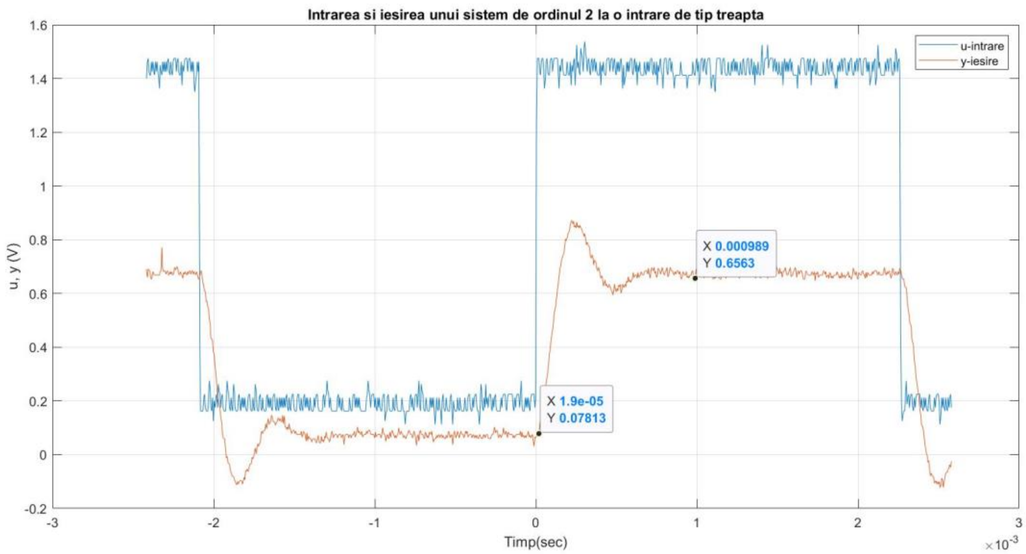
u0=mean(u(427:482))=0.1993 V

Amplitudinea maxima a semnalului de iesire o sa o folosim pentru a determina suprareglajul.



ymax=y(529)=0.87 V;

De asemenea, trebuie determinat timpul de raspuns. Timpul de raspuns reprezinta durata regimului tranzitoriu. Se aleg alte doua puncte:



tr=t(660)-t(479) sec

Urmatorul pas il prezinta aflarea suprareglajului, factorului de amplificare, factorului de amortizare si a pulsatiei naturale, dupa formulele aferente:

a) Factorul de proportionalitate:

$$k = \frac{\mathrm{yst-y0}}{\mathrm{ust-u0}} = 0.48$$

b) Suprareglaj:

$$\sigma = \frac{y_{max}-y_{st}}{y_{st}-y_o} = 0.3346\ (33.46\%)$$

c) Factor de amortizare:

$$\xi = \frac{-\ln(\sigma)}{\sqrt{\pi^2 + ln^2(\sigma)}} = 0.3291$$

d) Timpul de raspuns :

$$\mathrm{tr} = 9\mathrm{x}10^{-4}\mathrm{sec}$$

e) Pulsatia naturala:

Pentru a identifica pulsatia naturala de oscilatie ωn se poate utiliza timpul de raspuns (tr) care se poate aproxima:

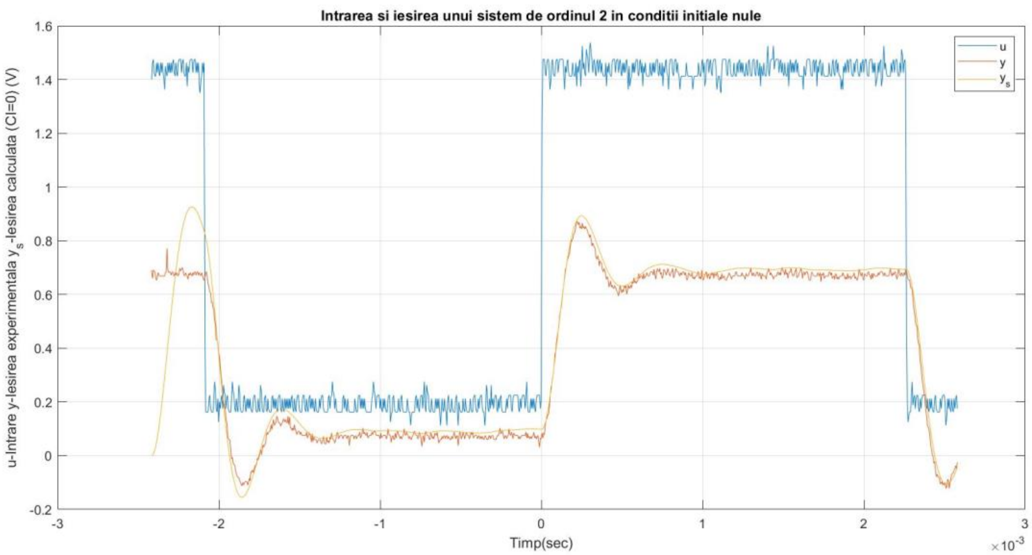
$$\omega_n = \frac{4}{\zeta * tr} = 1.3432 \times 10^4 \text{ rad/sec}$$

Parametrul ωn se poate determna si pe baza pusatiei de oscilatie ωosc = ωn$\sqrt{1-\zeta^2}$, ωosc fiind pulsatia de oscilatie, calculata in functie de Tosc, perioada de oscilatie 2∗π Tosc .

Functia de transfer rezultata:

$$\mathrm{H(s)} = \mathrm{k} * \frac{{\omega_n}^2}{\mathrm{s}^2 + 2 * \xi * \omega_n * s + {\omega_n}^2} = \frac{8.688 \times 10^7}{\mathrm{s\^{}2} + 8840\ \mathrm{s} + 1.804 \times 10^7}$$

Folosind aceasta functie de transfer, se calculeaza raspunsul sistemului de ordinul doi in conditii initiale nule:



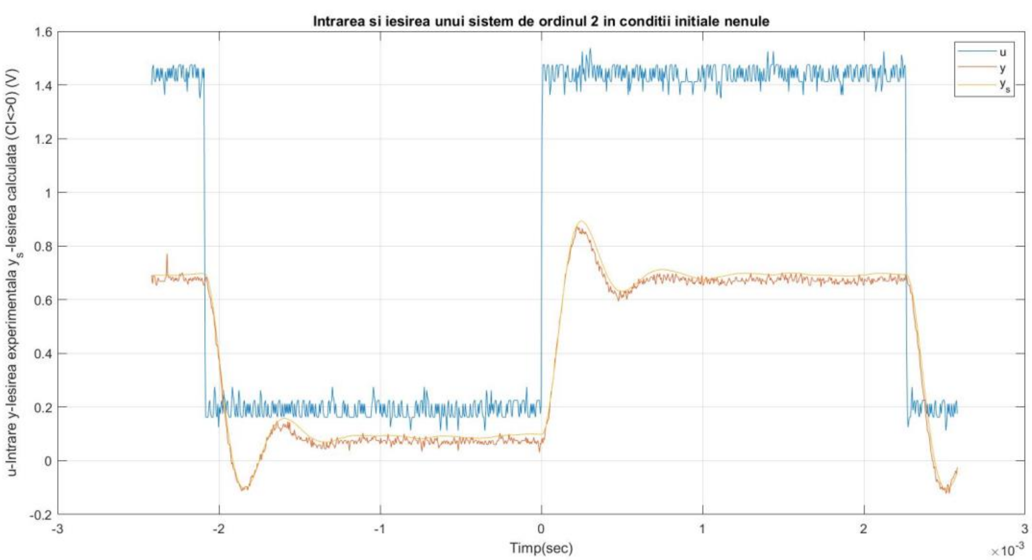
Functia a fost determinata in conditii initiale nule, deci se observa diferenta dintre raspunsul identificat si raspunsul sistemului.

Pentru a remedia acest lucru se va folosi spatiul starilor, unde pot fi luate in considerare conditii initiale nenule.

O reprezentare in spatiul starilor este

$$A * x + B * u = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -\omega_n{}^2 & -2 * \xi * \omega_n \end{pmatrix} * x + \begin{pmatrix} 0 \\ k\omega_n{}^2 \end{pmatrix} * u$$

$$y = C * x + D * u = (1 \quad 0) * x + (0) * u$$



O masura a calitatii identificarii sistemului este valoarea medie patratica a erorii dintre iesirea masurata si iesirea calculata:

$$emp = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N}(y_k - y_{kc})^2} = 0.76$$

Eroarea medie patratica normalizata:

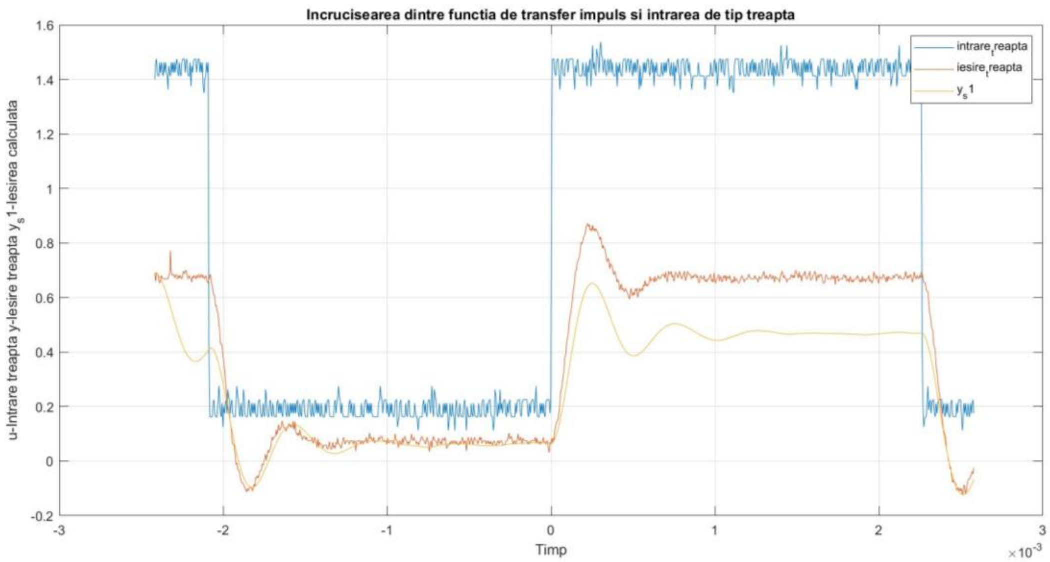
$$Empn = ||y-yc|| / ||y-mean(y)|| = 0.078$$

1.2.3 Validarea rezultatelor

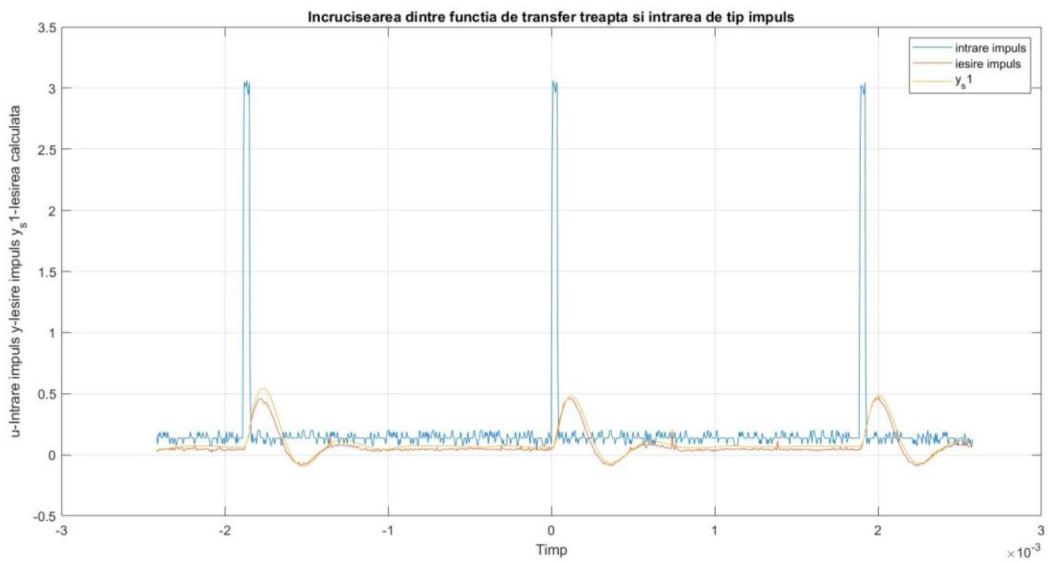
Validarea presupune simularea ambelor modele dinamice obţinute in condiţiile de răspuns la intrare de tip treaptă şi la condiţiile de răspuns la intrare de tip impuls.

Pentru a putea vedea daca indentificarea este buna, se face o comparatie intre cele doua raspunsuri, la treapta si la impuls, stiindu-se erorile.
Vom compara 8 erori, pe baza carorora vom stabili care raspuns convine mai mult si care functie de transfer este mai buna pentru ambele sisteme.

a. Datele experimentale de la impuls(t,u,y) și spațiul stărilor calculat pentru răspunsul la treaptă



b. Datele experimentale de la treaptă(t1,u1,y1) și spațiul stărilor calculat pentru răspunsul la impuls



Calculând erorile medii pătratice şi erorile relative în ambele situaţii vom avea:

IMPULS	**TREAPTĂ**
Emp= 1.11	Emp= 0.76
Empn= 0.31 (31%)	Empn= 0.07 (7%)
Emp(impuls-treaptă)=4.8	Emp(treaptă-impuls)=1.04
Empn(impuls-treaptă)=0.49 (49%)	Empn(treaptă-impuls)=0.30 (30%)

Se observă că sistemul cu erorile cele mai mici este cel identificat prin prelucrarea datelor experimentale primite la semnal de tip treapta.

În concluzie, răspunsul la problema identificării circuitului electric este:

$$\mathrm{H(s)} = \frac{8.688 \times 10^7}{\mathrm{s\^{}2} \ + \ 8840\ \mathrm{s} \ + \ 1.804 \times 10^7}$$