Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
Facultatea de Automatică și Calculatoare
Secția de Automatică și Informatică Aplicată

Proiect Identificarea Sistemelor

Student: Badarau Cristian-Andrei

Grupa: 30133/1 2023-2024

Indrumator: Prof. Dr. ing. Petru Dobra

Scopul proiectului:

Proiectul are ca scop identificarea modelului matematic descris prin comportamentul intrare/iesire u(t)/y(t) utilizand atat metode neparametrice, cat si metode parametrice.

1.Identificarea neparametrica a sistemului prin fenomenul de rezonanta

Rezonanța este tendința unui sistem de a oscila cu o amplitudine mai mare la unele frecvențe decât la altele. Frecvențele la care amplitudinea este maximă se numesc frecvențe rezonante sau frecvențe de rezonanță. La aceste frecvențe chiar și forțe mici pot produce oscilații cu o amplitudine mare, deoarece sistemul acumulează energie cinetică, numită aici energie oscilantă.

Pentru inceput, am importat in Matlab fisierul Badarau.csv sub forma de matrice numerica de 4 coloane unde prima coloana este timpul, a doua este intrarea, a treia este prima iesire si a patra este a doua iesire.

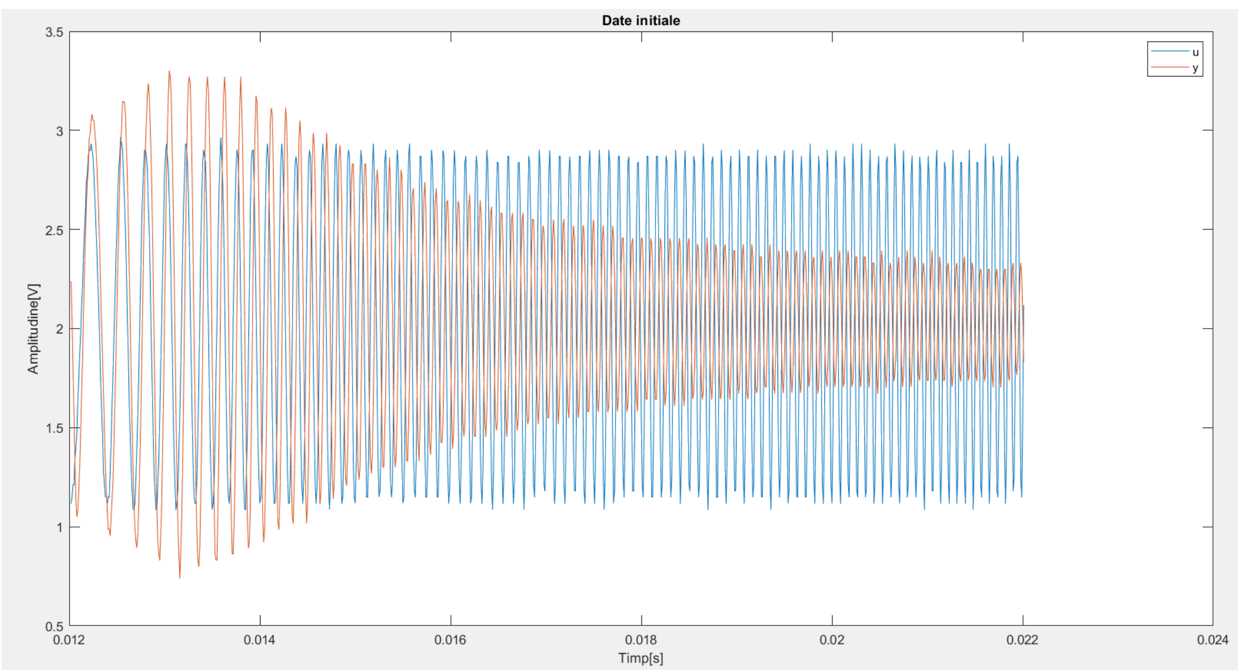


Figura 1 : Date intiale achizitionate din osciloscop

Pentru a identifica sistemul prin fenomenul de rezonanta avem nevoie de urmatorii parametrii:

- Factorul de proportionaliate K
- Factorul de amortizare ζ
- Pulsatia naturala de oscilatie ω_n

Astfel, rezulta functia de transfer de ordinul 2:

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

Apoi de pe grafic vom lua 4 puncte consecutive pentru calculul parametrilor: 2 de pe intrare si 2 de pe iesire, acolo unde amplitudinea este maxima. Vom selecta punctele si apoi le vom exporta intr-o varibila de tip struct.

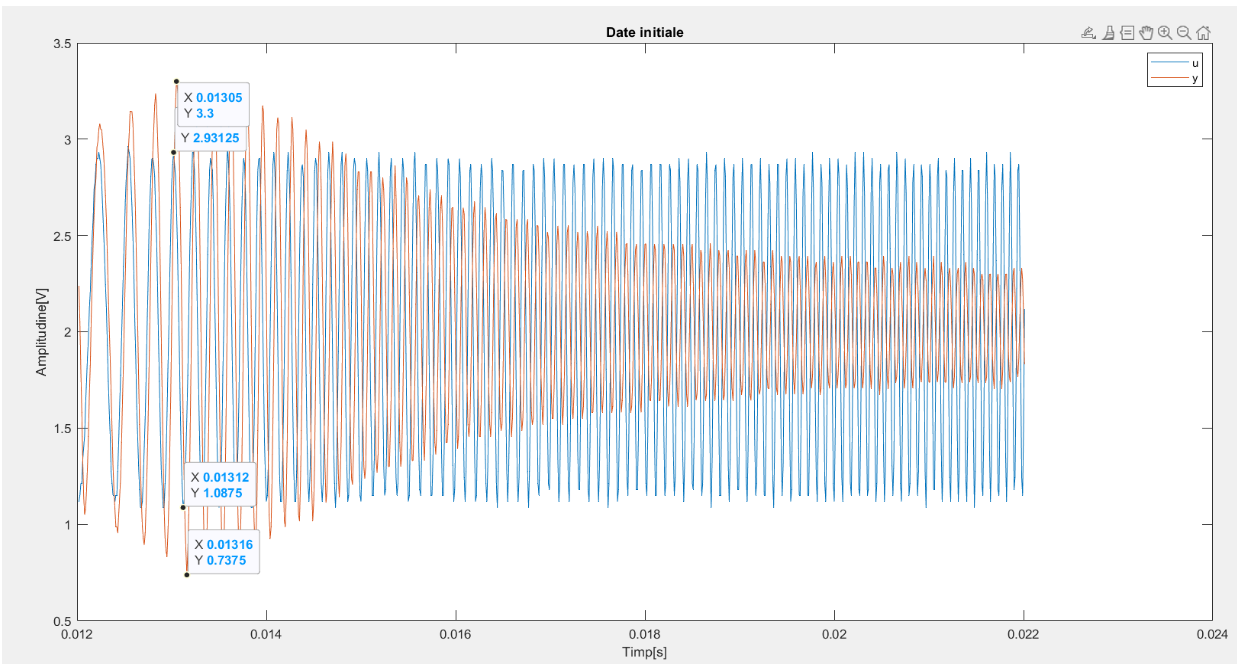


Figura 2 : Identificarea punctelor

Pentru a calcula **factorul de proportionalitate** am folosit formula $K = \frac{mean(y)}{mean(u)} = 1.0134.$

Pentru a calcula **factorul de amortizare** am folosit formula $Mr = \frac{1}{2*\zeta*\sqrt{1-\zeta^2}}$ de unde

l-am scos pe ζ : $\zeta = \sqrt{\frac{Mr-\sqrt{Mr^2-1}}{2*Mr}} = 0{,}3857$

unde Mr reprezinta amplificarea maxima si se calculeaza astfel:

$$Mr = \frac{y(i2y) - y(i1y)}{u(i2u) - u(i1u)} = 1.3898$$

unde i1u(101), i2u(111), i1y(104) si i2y(115) reprezinta datele exportate de pe grafic.

Pentru a calcula **pulsatia naturala de oscilatie** am folosit formula

$$\omega_n = \frac{\omega_r}{\sqrt{1 - 2 * \zeta^2}} = 3.7483e^{+04}$$

unde ω_r se numeste pulsatia de rezonanta si are formula

$$\omega_r = \frac{2 * \Pi}{T_n} = 3.1416e^{+04}$$

iar perioada T_n are formula $T_n = 2 * (\, t(i2u) - t(i1u)\,) = 2.0000e^{-04}$

Avand toti parametrii necesari, a rezultat aceasta functie de transfer de gradul 2:

$$H(s) = \frac{1.424e^{09}}{s^2 + 2.891e^{04}s + 1.405e^{09}}$$

Având în vedere faptul că sistemul pornește din condiții inițiale nenule, va trebui să facem simularea în condiții inițiale nenule. Pentru acest lucru vom trece în spațiul stărilor. Vom avea nevoie de matricele:

$$A = \begin{matrix} 0 & 1 \\ -\omega_n^2 & -2\zeta\omega_n \end{matrix}$$

$$B = \begin{matrix} 0 \\ K\omega_n^2 \end{matrix}$$

$$C = \begin{matrix} 1 & 0 \end{matrix}$$

$$D = 0.$$

Pentru validare am folosit functia **lsim**, unde am introdus conditiile initiale nenule.

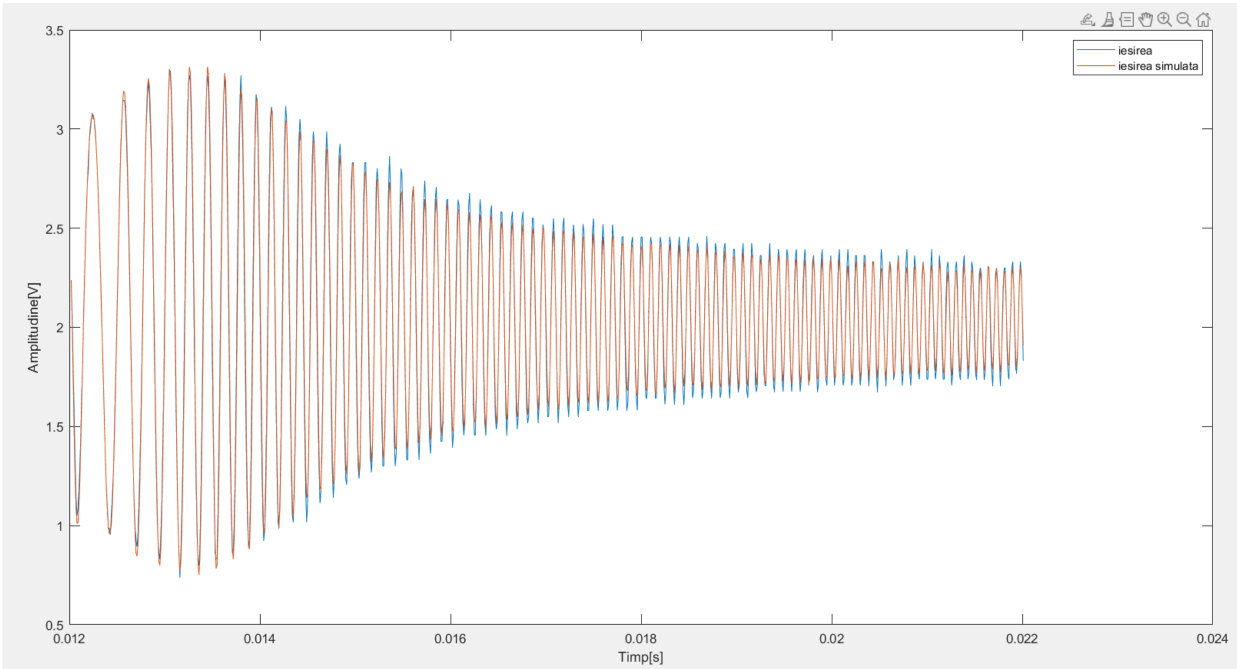


Figura 3 : Datele simulate

Pentru validarea sistemului vom calcula eroarea medie pătratică

$$J = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N}(y_k - y_k^C)^2} = 0.0590$$

și eroarea medie pătratică normalizată

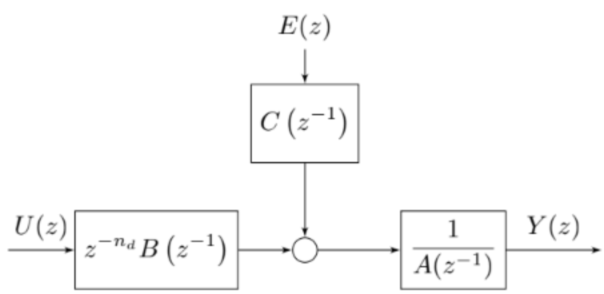
$$E_{mpn} = \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^{N}(y_k - y_k^C)^2}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{N} y_k^2}} * 100 = 11.5266\ \%.$$

2. Identificarea parametrica a sistemului

Pornind de la structura generală de identificare care folosește minimizarea erorii de predicție, am impus 4 metode particulare: metoda celor mai mici pătrate recursive (implementată în rutina **ARX**), metoda celor mai mici pătrate extinsă (implementată în rutina **ARMAX**), metoda variabilelor instrumentale (implementată în rutina **IV4** și **IVX**), și metoda erorii de ieșire (implementată în rutina **OE**). În cadrul acestui proiect, rezultatele cele mai bune au fost obținute prin metodele **ARMAX** și **OE**.

2.1 Metoda celor mai mici patrate extinsa (ARMAX)

Schema bloc al acestui model este:



Modelul discret de tip *proces + perturbație* este:

$$A(z^{-1})Y(z) = z^{-n_d}B(z^{-1})U(z) + C(z^{-1})E(z),$$

unde:

$$A(z^{-1}) = 1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \cdots + a_{n_A} z^{-n_A}$$

$$B(z^{-1}) = b_1 + b_2 z^{-1} + \cdots + b_{n_B} z^{-n_B+1}$$

$$C(z^{-1}) = 1 + c_1 z^{-1} + c_2 z^{-2} + \cdots + c_{n_C} z^{-n_C}$$

Pentru identificarea modelului vom avea:

model_armax = armax(data_id, [2 2 2 1]);

unde primele 3 cifre reprezintă gradul polinoamelor A, B și C, iar ultima cifră este numărul tacților de întârziere. Funcția de transfer obținută în discret este:

$$H_{armax}(z) = \frac{0.1379\,z^{-1} - 0.01003\,z^{-2}}{1 - 1.605\,z^{-1} + 0.7309\,z^{-2}}$$

Apoi, folosind funcțiile RESID și COMPARE, putem observa că testul de validare este trecut.

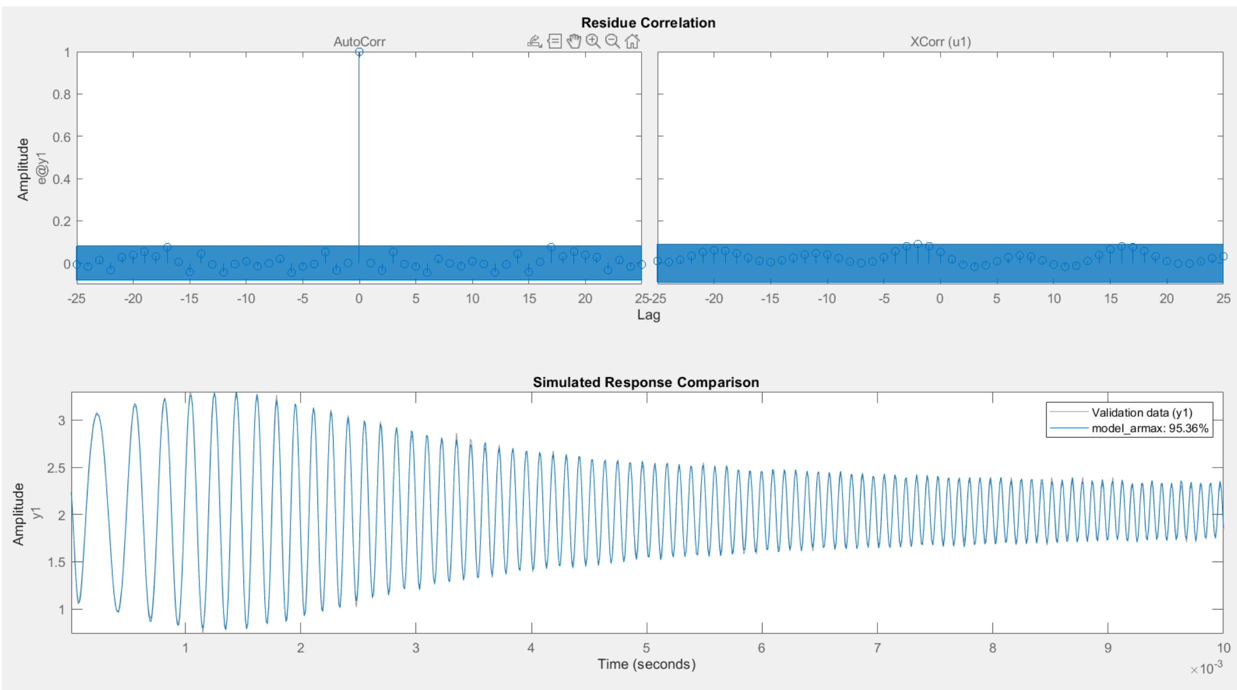


Figura 5: Validarea modelului prin metoda ARMAX

2.2. Metoda erorii de iesire (OE)

Schema bloc a acestui model este:

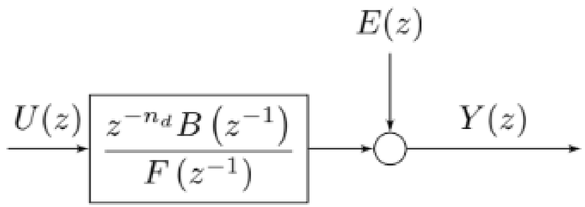


Figura 6: Structura corespunzătoare metodei OE

Modelul discret de tip *proces + perturbație* este:

$$Y(z) = \frac{z^{-n_d}B(z^{-1})}{F(z^{-1})}U(z) + E(z),$$

unde:

$$F(z^{-1}) = 1 + f_1 z^{-1} + f_2 z^{-2} + \cdots + f_{n_F} z^{-n_F}$$

$$B(z^{-1}) = b_1 + b_2 z^{-1} + \cdots + b_{n_B} z^{-n_B+1}$$

Pentru identificarea modelului vom avea:

model_oe = oe(data_id, [2 2 1]);

unde primele 2 cifre reprezintă gradul polinoamelor B și F, iar ultima cifră este numărul tacților de întârziere. Funcția de transfer obținută în discret este:

$$H_{oe}(z) = \frac{0.1386z^{-1} + 0.009993z^{-2}}{1 - 1.603z^{-1} + 0.7299z^{-2}}$$

Apoi, folosind funcțiile RESID și COMPARE, putem observa că testul de validare este trecut.

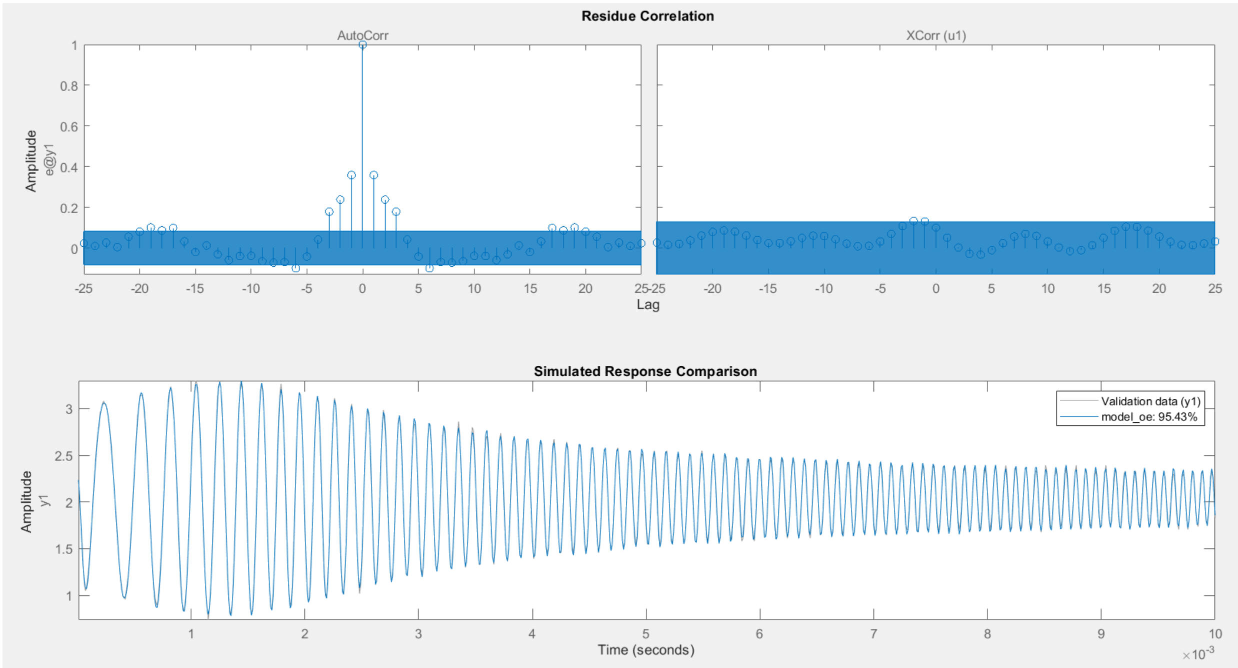


Figura 7: Validarea modelului prin metoda OE

Concluzie

În cadrul acestui proiect, am abordat identificarea unui sistem bazat pe răspuns la sinus, folosind atât metode neparametrice, prin analiza fenomenului de rezonanță, cât și metode parametrice, precum cele mai mici pătrate extinse (ARMAX) și metoda erorii de ieșire (OE).

În concluzie, acest proiect a demonstrat că atât metodele neparametrice, cât și cele parametrice pot fi eficiente în identificarea sistemelor bazate pe răspunsul la sinus, fiecare metodă având avantaje și limitări.