

# **Proiect la Identificarea Sistemelor**

## **Identificarea unei axe acționate cu motor BLDC**

Nume: Baci Dragos

Grupa 30123

Prof. Dr. Ing. Petru Dobra

Data predării proiectului: 12.12.2022

## 1. Vizualizare date initiale

Pentru a vizualiza datele experimentale folosim Matlab.

Importam fisierul cu care lucram baci.mat". In acest fisier gasim doua campuri X' si Y'. Vectorul X reprezinta domeniul timp , iar vectorul Y este format din valorile intrarii ( $u'$ ) , a vitezei unghiulare  $\omega(w')$  si a pozitiei unghiulare  $\theta(th')$ .

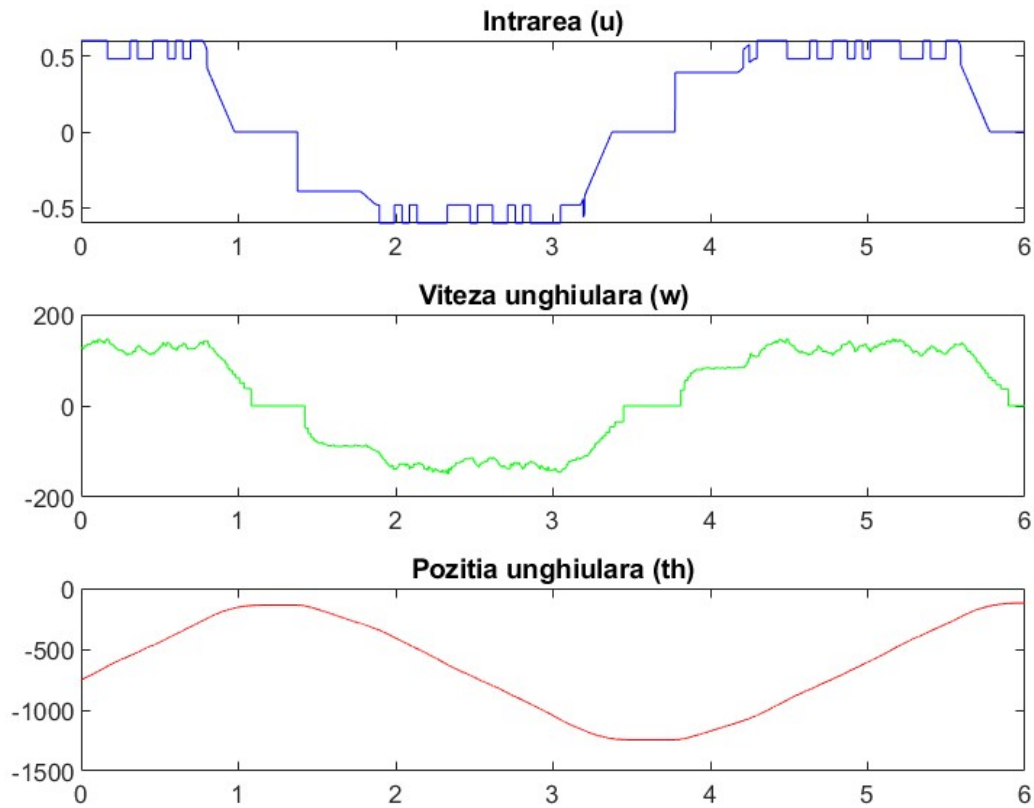


Figure 1: Date Experimentale

## 2. Metode neparametrice de indentificare

Pentru obtinerea modelului matematic al vitezei se va folosi o intrare de tip treapta(Fig.2)  
Calculam factorul de proportionalitate(K)

$$K = \frac{\bar{w}_{st} - \bar{w}_0}{\bar{u}_{st} - \bar{u}_0} = \frac{82.70 - 0}{0.39 - 0} = 210.06 \quad (1)$$

Pentru indentificarea valoarea constantei de timp (T) , calculam iar apoi citim variatia de timp de la momentul declansarii treptei pana la 63%

$$w_{63} = 0.63 * (\bar{w}_{st} - \bar{w}_0) + \bar{w}_0 = 0.63 * (82.70 - 0) + 0 = 52.1 \quad (2)$$

Alegem valorile de la pornirea treptei pana in momentul in care viteza intersecteaza axa de w63 si determinam constanta de timp (T[sec])

$$T = 0.0418[sec] \quad (3)$$

Deoarece avem un sistem cu timp mort este necesara identificarea acestuia.Se aleg numarul de esantioane de la pornirea treptei pana la momentul in care incepe declansarea vitezei.

$$T_m = 0.036[sec] \quad (4)$$

Dupa calculul factorului de proportionalitate(K) , constantei de timp(T[sec]) si a timpului mort(Tm[sec]) se poate determina functia de transfer astfel:

$$H_w(s) = \frac{K}{Ts + 1} * e^{T_m s} = \frac{210.1}{0.0418s + 1} * e^{-0.036s} \quad (5)$$

Pentru a simula raspunsul la intrarea de tip treapta folosim modelul de tip spatiul starilor:

$$A = \left( -\frac{1}{0.0418} \right) \quad B = \left( \frac{210.06}{0.0418} \right) \quad C = (1) \quad D = (0) \quad (6)$$

Pentru calculul erorii medie patratice relative folosim formula:

$$eMPN = \frac{\|w - w_{sim}\|}{\|w - \bar{w}\|} \quad (7)$$

eMPN = 9.69% pe treapta

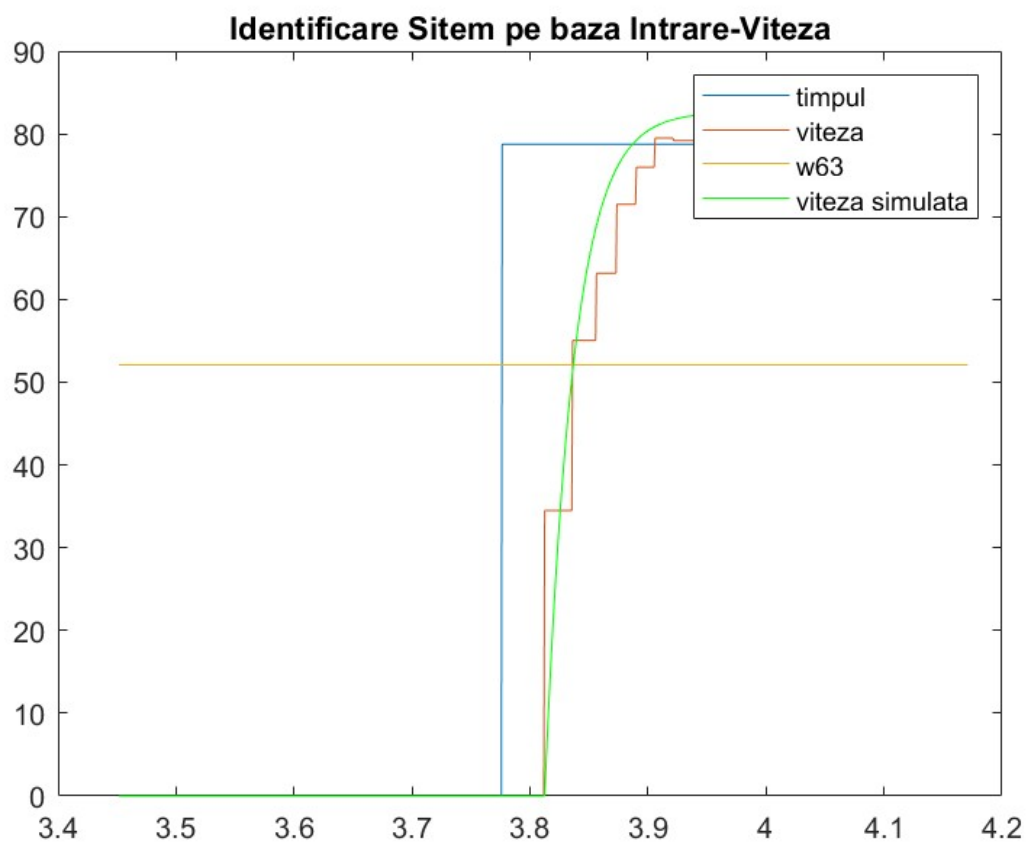


Figure 2: Identificare sistem pe baza Intrare-Viteza

### 3. Identificarea modelului matematic viteza-pozitie

Integrala între două momente de timp a vitezei reprezintă poziția, astfel putem determina modelul matematic al integratorului pentru a determina modelul poziției.

$$\theta \Big|_{t_1}^{t_2} = K_\theta \cdot \int_{t_1}^{t_2} w \, d\tau$$

Calculăm factorul de proportionalitate al poziției

$$K_\theta = \frac{\theta_{t_2} - \theta_{t_1}}{\bar{w} \cdot (t_2 - t_1)} \quad (9)$$

Folosim modelul de tip spațiul stărilor

$$A1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -0.0418 & 0 \\ 4.9347 & 0 \end{pmatrix} \quad B1 = \begin{pmatrix} 210.06 \\ 0.0418 \\ 0 \end{pmatrix} \quad C1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad D1 = (0) \quad (10)$$

eMPN = 13.67%

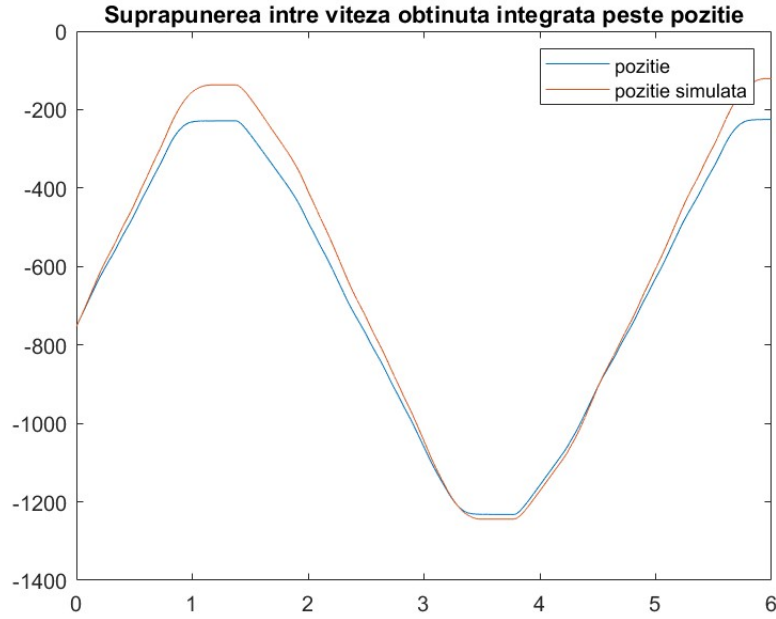


Figure 3: Suprapunerea între viteza obtinuta integrata peste pozitie

## 4. Metode parametrice de identificare

Din graficul vitezei vom alege datele pentru identificare si cele pentru validare. Astfel pentru identificare vom alege un sens de rotatie iar pentru validare celalalt sens de rotatie ( Fig. 4) Am calculat perioada de esantionare  $T_e$  prin scaderea a doua esantioane consecutive

$$T_e = t(7) - t(6) \quad (11)$$

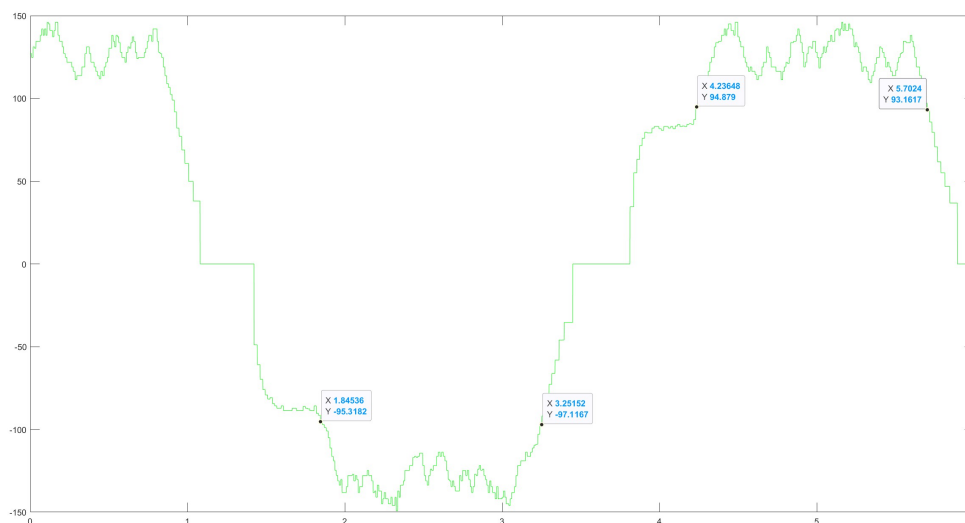


Figure 4: Alegere indexi pentru identificare parametrica

Pentru identificare parametrica am ales sa folosim metodele ARX si ARMAX pentru autocorelatie si OE pentru intercorelatie, astfel:

**1. Identificare pentru relatia Pozitie - Viteza:** ARX - metoda celor mai mici patrate recursive

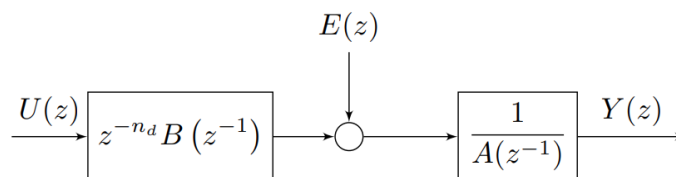


Figure 5: Structura corespunzatoare metodei ARX

$$\begin{aligned}
 A &= 1 - z^1 \\
 B &= 0.01428 \\
 nd &= 1
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

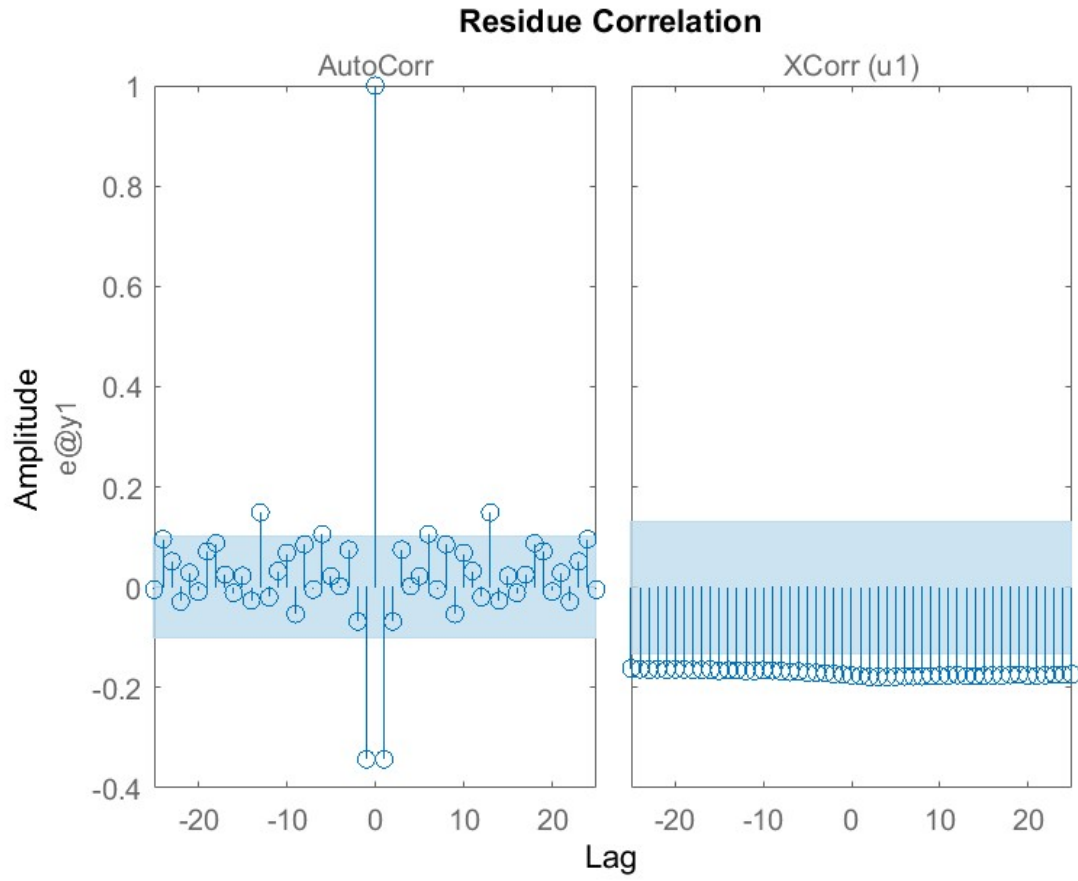


Figure 6: Validarea modelului ARX prin autocorelatie

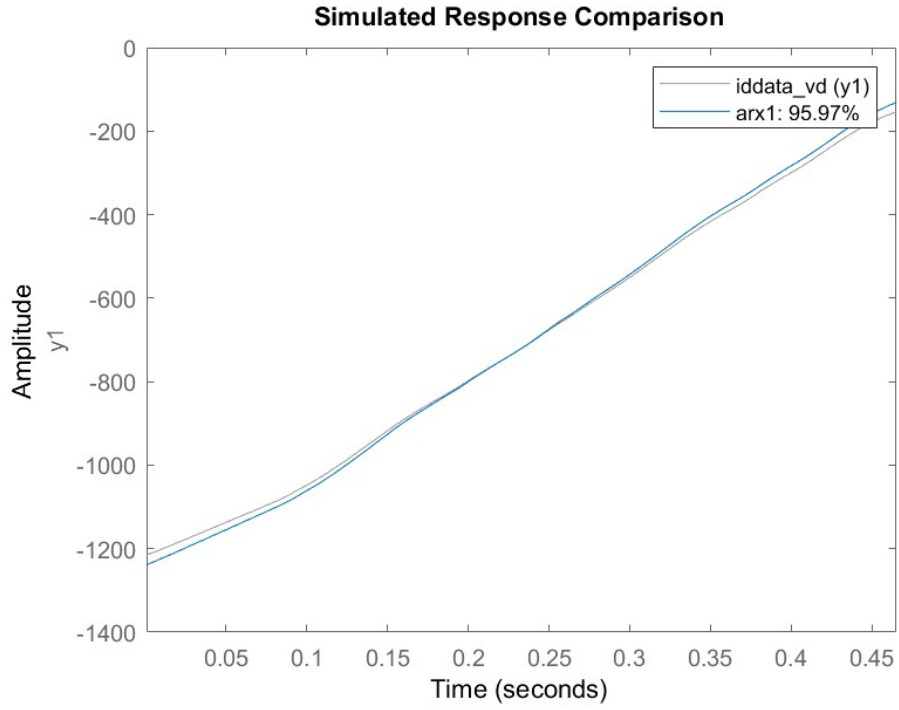


Figure 7: Simularea modelului ARX cu functia compare

Dupa cum se observa in figura 6 modelul trece testul de autocorelatie deoarece se incadreaza in banda de trecere. La compararea intre datele de validare si modelul arx obtinut se observa un **fit de 95.97%**(Figura 7) Am calculat functia de transfer in discret:

$$H_{arx1} = \frac{0.01437 * z^{-1}}{1 - z^{-1}} \quad (13)$$

Iar apoi am calculat functia de transfer in continuu cu metoda "zoh":

$$H_{arx1c} = \frac{19.96}{s + 0.07} \quad (14)$$



OE - metoda erorii de iesire

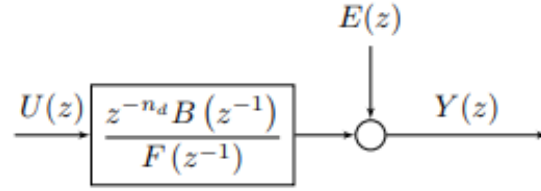


Figure 8: Structura corespunzatoare metodei OE

$$\begin{aligned} B &= 0.01434z^{-1} \\ F &= 1 - z^{-1} \\ nd &= 1 \end{aligned} \tag{15}$$

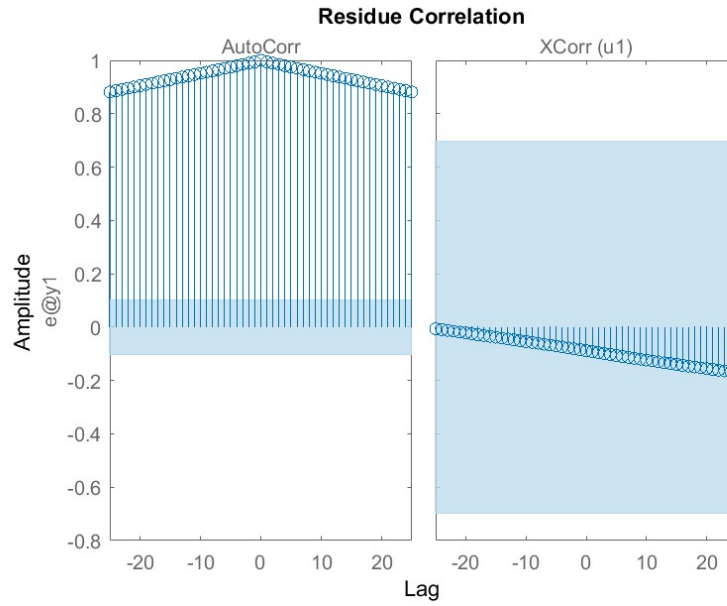


Figure 9: Validarea modelului OE prin intercorelatie

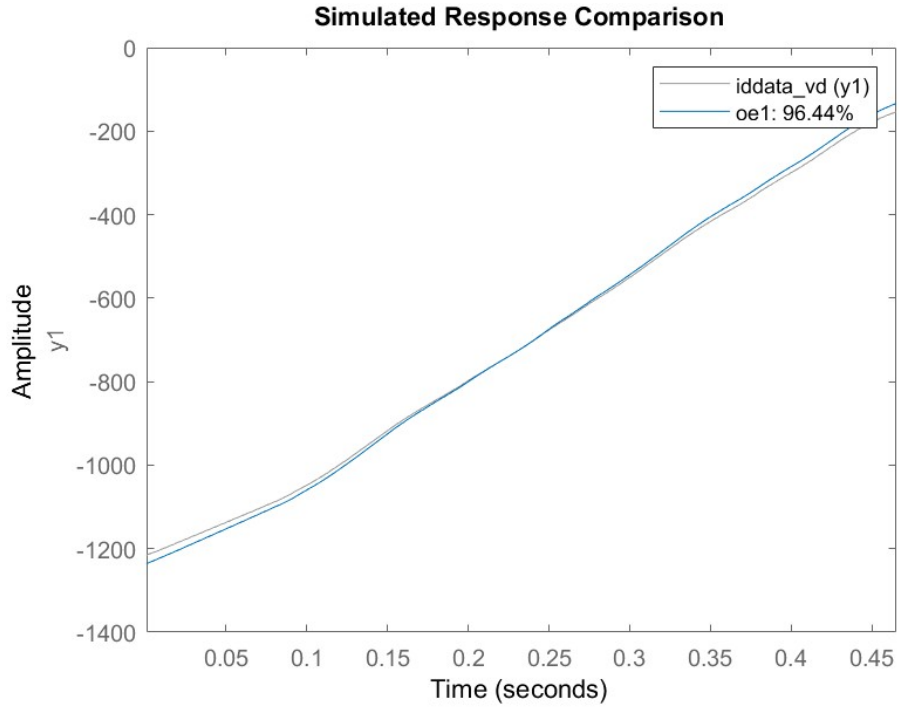


Figure 10: Simularea modelului OE cu functia compare

Dupa cum se observa in figura 9 modelul trece testul de intercorelatie deoarece se incadreaza in banda de trecere. La compararea intre datele de validare si modelul OE obtinut se observa un **fit de 96.44%**(Figura 10) Am calculat functia de transfer in discret:

$$H_{oe1} = \frac{0.01434 * z^{-1}}{1 - z^{-1}} \quad (16)$$

Iar apoi am calculat functia de transfer in continuu:

$$H_{oe1c} = \frac{19.91}{s + 0.06322} \quad (17)$$

2. Identificare pentru relația Pozitie - Intrare :  
ARMAX - metoda celor mai mici pătrate extinsă

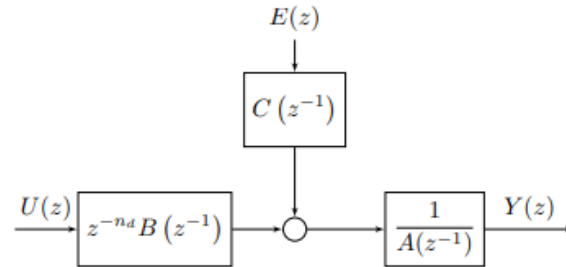


Figure 11: Structura corespunzătoare metodei ARMAX

$$\begin{aligned}
 A &= 1 - z^{-1} \\
 B &= 3.242 * z^{-1} \\
 C &= 1 + 0.1119 * z^{-1} \\
 nd &= 20
 \end{aligned}
 \tag{18}$$

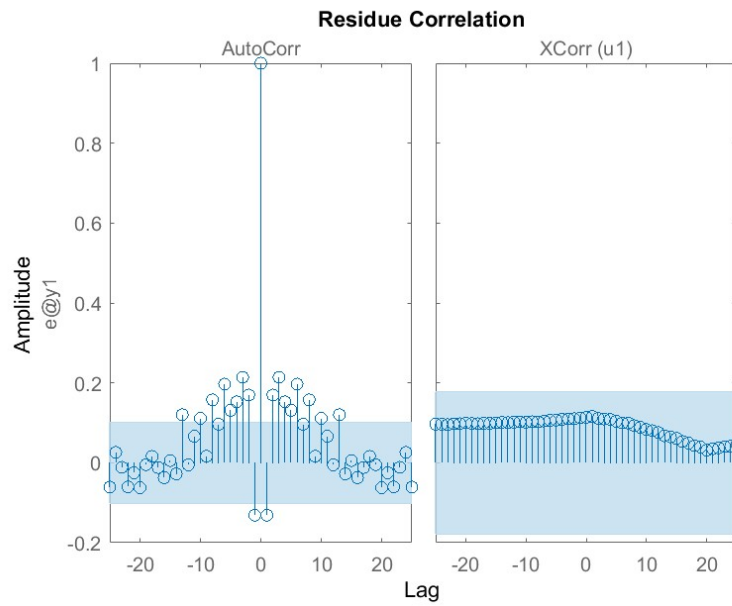


Figure 12: Validarea modelului ARMAX prin autocorelație

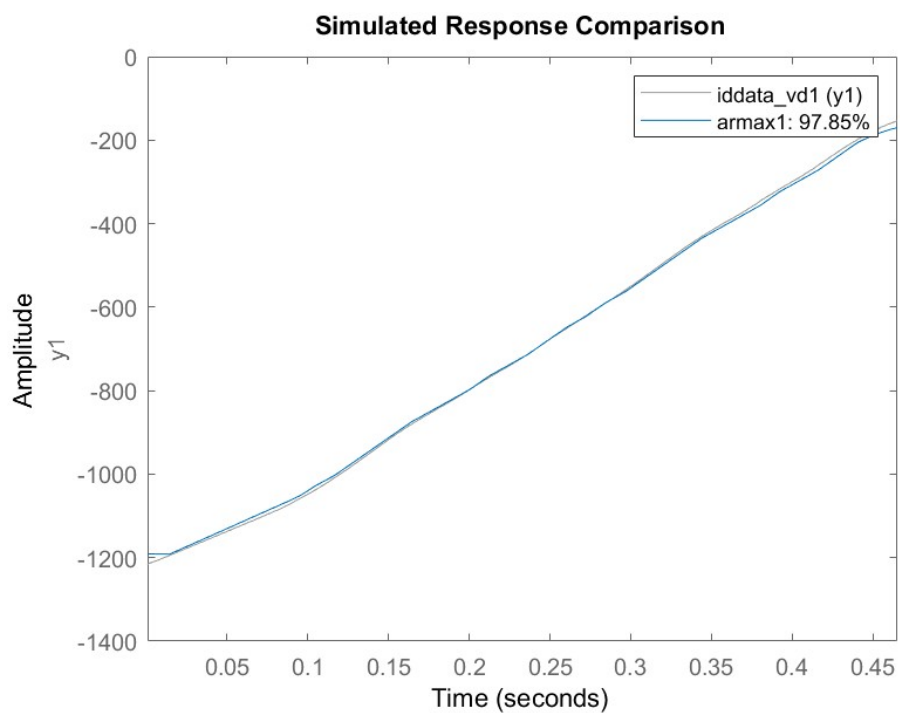


Figure 13: Simularea modelului ARMAX cu functia compare

Dupa cum se observa in figura 12 modelul nu trece testul de autocorelatie deoarece nu se incadreaza in banda de trecere. La compararea intre datele de validare si modelul OE obtinut se observa un **fit de 97.85%**(Figura 13)

OE - metoda erorii de iesire

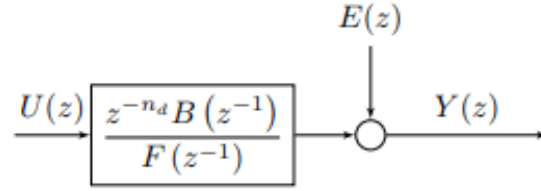


Figure 14: Structura corespunzatoare metodei OE

$$\begin{aligned}
 B &= 3.314 * z^{-1} \\
 F &= 1 - z^{-1} \\
 nd &= 5
 \end{aligned}
 \tag{19}$$

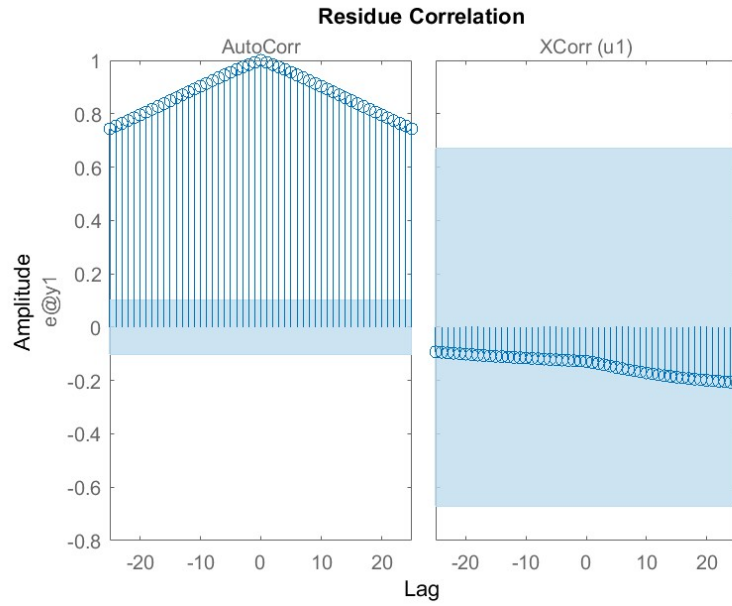


Figure 15: Validarea modelului OE prin intercorelatie

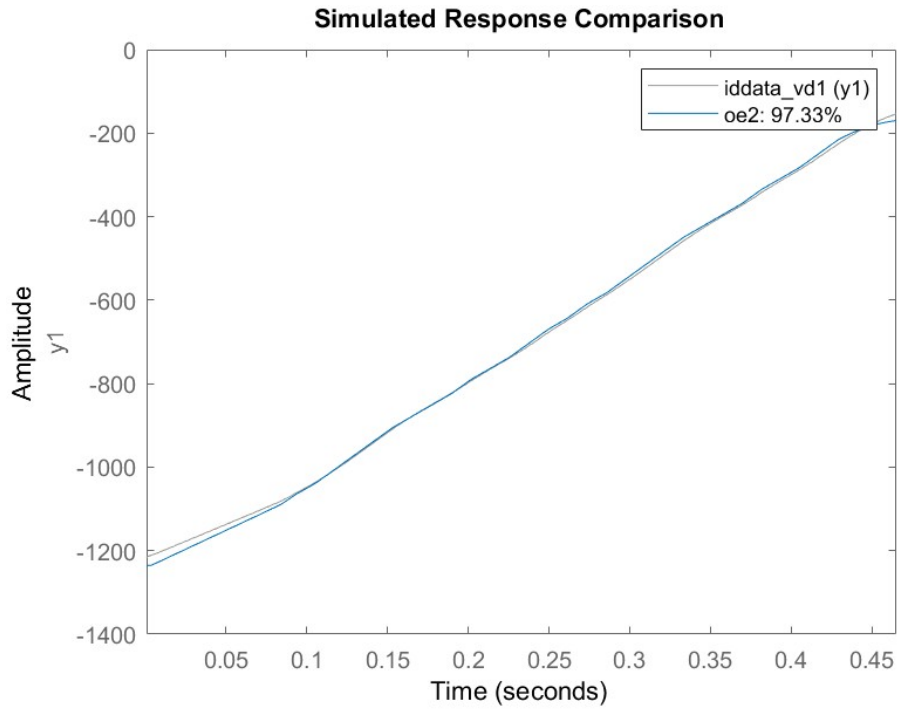


Figure 16: Simularea modelului OE cu functia compare

Dupa cum se observa in figura 15 modelul trece testul de intercorelatie deoarece se incadreaza in banda de trecere. La compararea intre datele de validare si modelul OE obtinut se observa un **fit de 97.33%**(Figura 16) Am calculat functia de transfer in discret:

$$H_{oe2} = \frac{3.314 * z^{-5}}{1 - z^{-1}} \quad (20)$$

3. Identificare pentru relația Viteza - Intrare :  
 ARX - metoda celor mai mici pătrate recursive

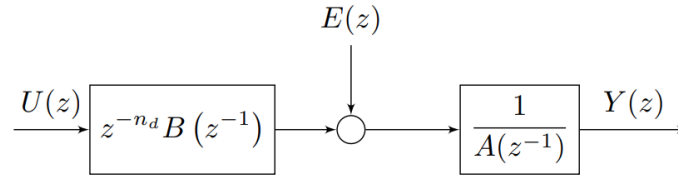


Figure 17: Structura corespunzătoare metodei ARX

$$\begin{aligned} A &= 1 - 0.9489 * z^{-1} \\ B &= 11.99 * z^{-1} \\ nd &= 1 \end{aligned} \tag{21}$$

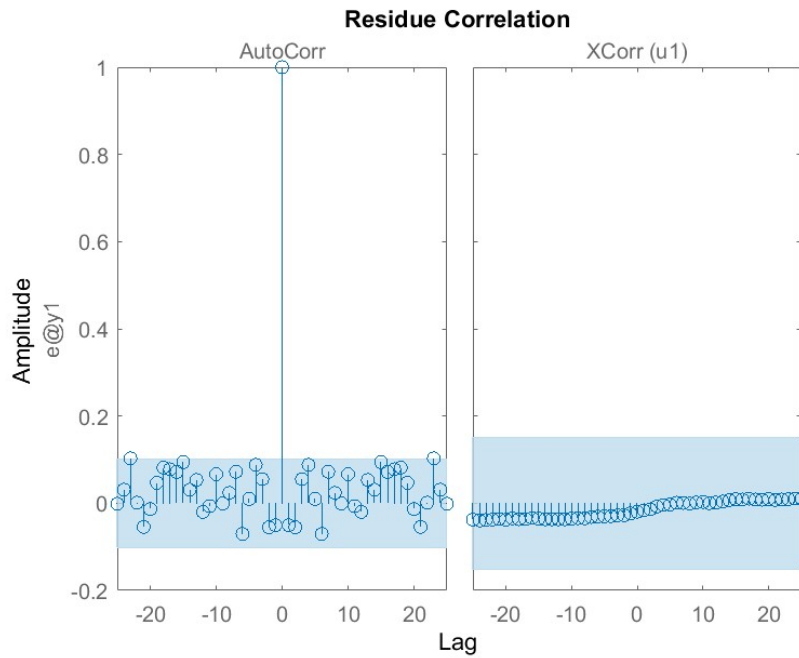


Figure 18: Validarea modelului ARX prin autocorelație

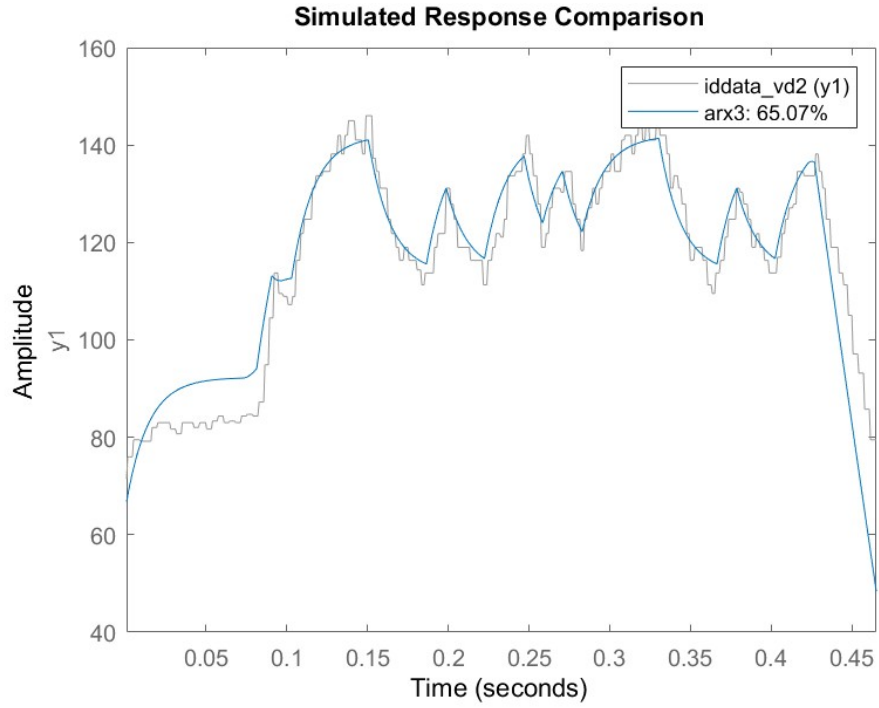


Figure 19: Simularea modelului ARX cu functia compare

Dupa cum se observa in figura 18 modelul trece testul de intercorelatie deoarece se incadreaza in banda de trecere. La compararea intre datele de validare si modelul ARX obtinut se observa un **fit de 65.07%**(Figura 19) Am calculat functia de transfer in discret:

$$H_{arx2} = \frac{11.99 * z^{-1}}{1 - 0.9489 * z^{-1}} \quad (22)$$

Iar apoi am calculat functia de transfer in continuu cu metoda "zoh":

$$H_{arx2c} = \frac{1.709e04}{s + 72.92} \quad (23)$$



OE - metoda erorii de iesire

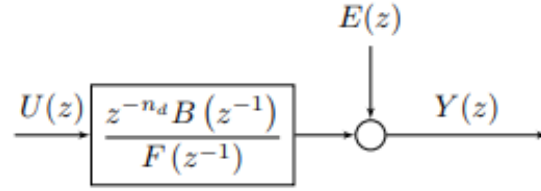


Figure 20: Structura corespunzatoare metodei OE

$$\begin{aligned} B &= 11.36 * z^{-1} \\ F &= 1 - 0.9516 * z^{-1} \\ nd &= 1 \end{aligned} \tag{24}$$

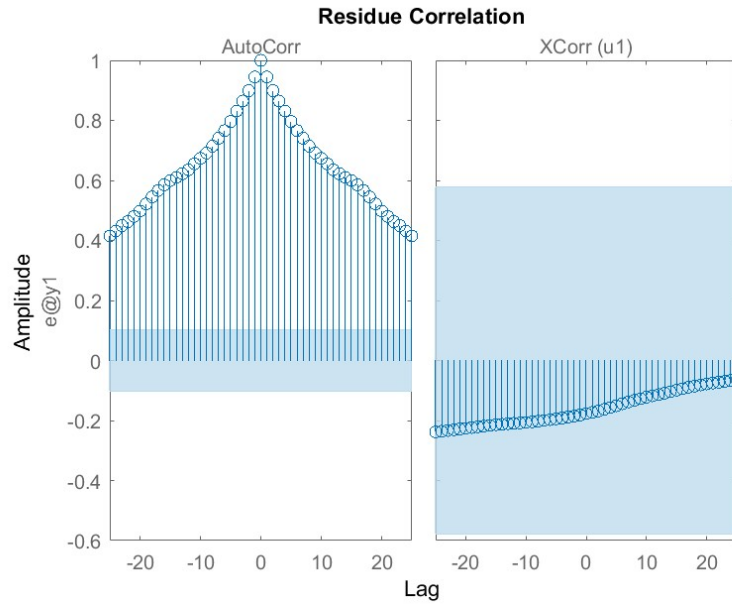


Figure 21: Validarea modelului OE prin intercorelatie

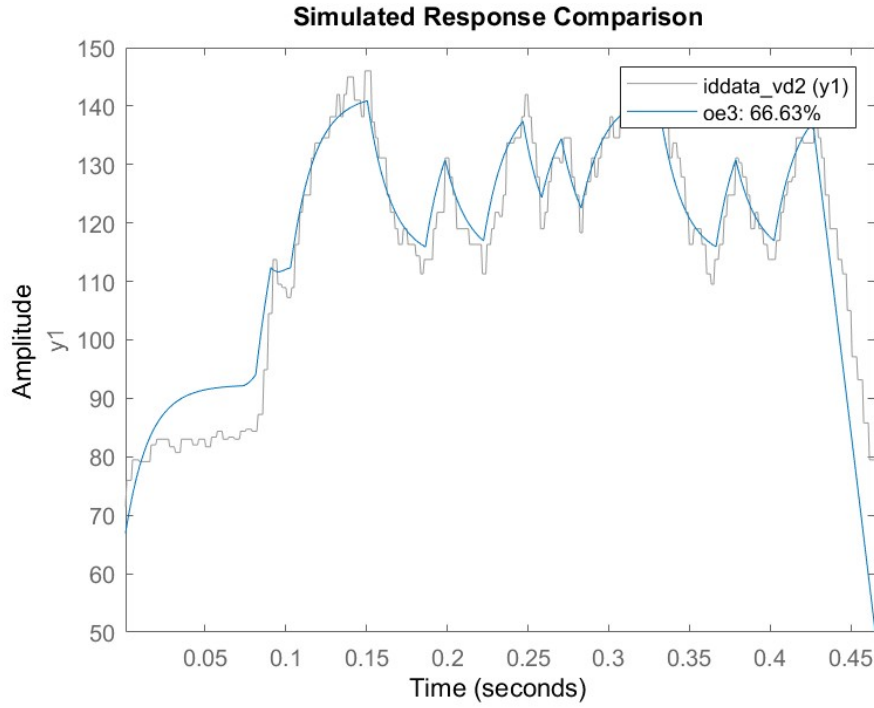


Figure 22: Simularea modelului OE cu functia compare

Dupa cum se observa in figura 21 modelul trece testul de intercorelatie deoarece se incadreaza in banda de trecere. La compararea intre datele de validare si modelul OE obtinut se observa un **fit de 66.63%**(Figura 22) Am calculat functia de transfer in discret:

$$H_{oe3} = \frac{11.36 * z^{-1}}{1 - 0.9516 * z^{-1}} \quad (25)$$

Iar apoi am calculat functia de transfer in continuu:

$$H_{oe1c} = \frac{-5.821 * s + 1.617e04}{s + 68.96} \quad (26)$$