Asmarandei Leonard-Gabriel
Grupa 30132/1

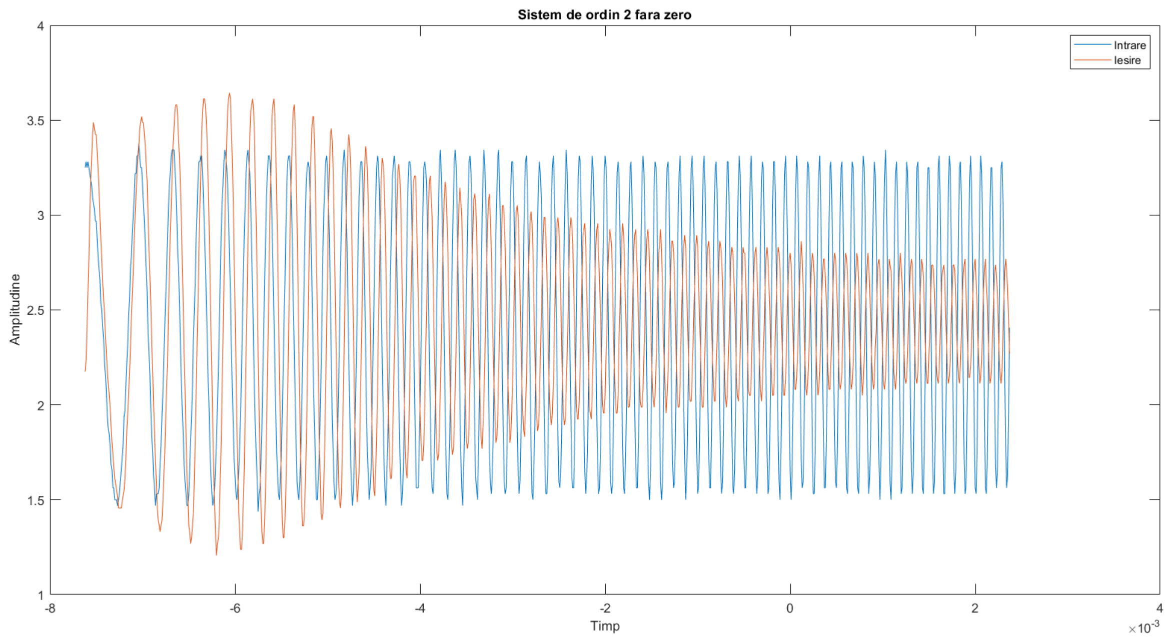
Proiect Identificarea Sistemelor

1. Sistem de ordin 2 fără zero

În prima fază a proiectului am primit un set de date intrare-ieșire achiziționate dintr-un sistem de ordin 2, fără zero-uri.

Semnalele de intrare-ieșire sunt două semnale sinusoidale cu următoarele proprietăți:

- Semnalul de intrare: frecvență variabilă și amplitudine constantă
- Semnalul de ieșire: frecvență variabilă și amplitudine variabilă

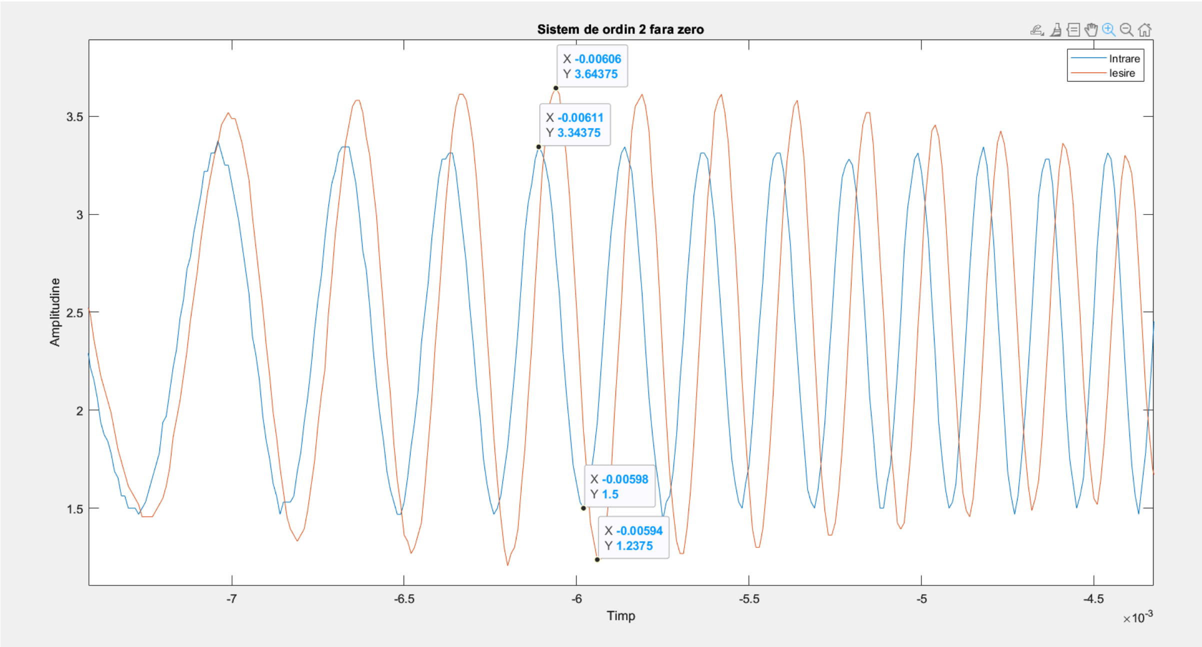


Am identificat acest sistem și am obținut modele matematice printr-o metoda neparametrică și două metode parametrice: una care să treacă testul de autocorelație (ARMAX) și una care să treacă testul de intercorelație (OE).

Am observat că sistemul are tendința de a oscila cu o amplitutdine mai mare la anumite frecvențe, apărând astfel fenomenul de rezonanță. Pe baza acestui fenomen am realizat identificarea prin metodă neparametrică a sistemului.

1.1. Metodă neparametrică

Pentru început, am aflat amplitudinea maximă a semnalului de ieşire şi amplitudinea semnalului de intrare, luând valorile corespunzătoare de pe graficul sistemului.



Am calculat astfel modulul rezonanței, care este raportul amplitudinilor maxime ale semnalelor de ieșire și intrare:

$$Mr = \frac{ymax - ymin}{umax - umin} = 1,2222$$

Folosind următoarea formulă a lui Mr, am dedus formula factorului de amortizare ζ:

$$Mr = \frac{1}{2\zeta\sqrt{1-\zeta^2}} \quad => \quad \zeta = \sqrt{\frac{Mr - \sqrt{Mr^2-1}}{2Mr}} = 0.4405$$

Am aflat apoi perioada rezonanței, care este 2* diferența dintre momentul în care ieșirea are valoare maximă și momentul în care ieșirea are valoare minimă.

$$T = 2 * [t(ymax) - t(ymin)] = 2.6 * 10^{-4}$$

Am aflat apoi valoarea pulsației la rezonanță și a pulsației naturale:

$$w_r = \frac{2\pi}{T} = 2.4166 * 10^4 \quad => \quad w_n = \frac{w_r}{\sqrt{1-\zeta^2}} = 3.0891 * 10^4$$

Am mai aflat factorul de proporționalitate K = 1,0093 , care este raportul dintre valoarea medie a ieșirii și valoarea medie a intrării.

Cu ajutorul acestor date, am format funcția de transfer corespunzătoare a sistemului de ordin 2 fără zero-uri:

$$H(s) = \frac{Kw_n^2}{s^2 + 2\zeta w_n s + w_n^2} = \frac{9.631 * 10^8}{s^2 + 2.721 * 10^4 s + 9.543 * 10^8}$$

Codul Matlab pentru calcularea acestor valori și obținerea funcției de transfer:

```
i1 = 169;
i2 = 165;
i3 = 157;
i4 = 152;

Mr = (y(i2)-y(i4))/(u(i1)-u(i3))
T = (t(i2)-t(i4))*2

tita = (sqrt((Mr-sqrt(Mr^2-1)))/2*Mr)
wr = (2*pi/T)
wn = wr/sqrt(1-2*tita^2)

K = mean(y)/mean(u);

Hs = tf(K*(wn^2),[1 2*tita*wn wn^2])
```

Folosind funcțiile tfdata și tf2ss am adus sistemul nostru în spațiul stărilor sub forma canonică de observare.

```
[num, den] = tfdata(Hs,'v');

[A_FCC,B_FCC,C_FCC,D] = tf2ss(num,den);
A_FCO = A_FCC';
B_FCO = C_FCC';
C_FCO = B_FCC';

sys_FCO = ss(A_FCO,B_FCO,C_FCO,D);
```

$$A_{FCO} = \begin{pmatrix} -2\zeta w_n & 1 \\ -w_n^2 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2.721 & 1 \\ -9.543 & 0 \end{pmatrix}$$

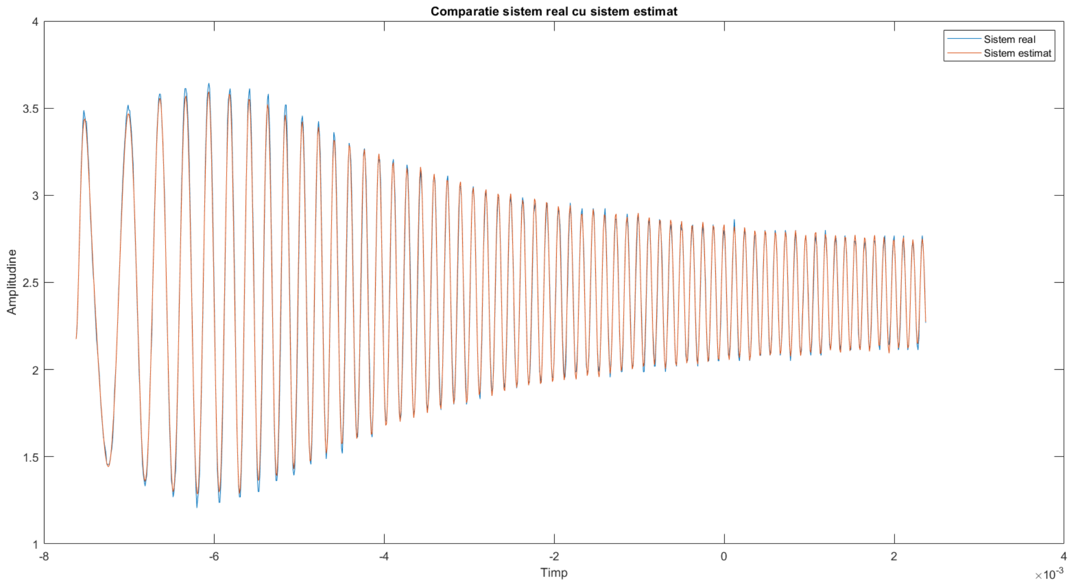
$$B_{FCO} = \begin{pmatrix} 0 \\ Kw_n^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 9.631 \end{pmatrix}$$

$$C_{FCO} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix} \qquad D = (0)$$

Condițiile inițiale nu sunt nule, deci am calculate condiția inițială ca fiind raportul dintre diferența primelor 2 valori ale semnalului de ieșire și diferența primelor 2 momente de timp:

ci = (y(2)-y(1))/(t(2)-t(1));

Deci am obținut sistemul următor:



Am calculat astfel și eroarea medie pătratică normalizată folosind formula:

$$empn = \frac{\|y-ysim\|}{\|y-\bar{y}\|} * 100 = 6.2752\%$$

<u>1.2. Metode parametrice</u>

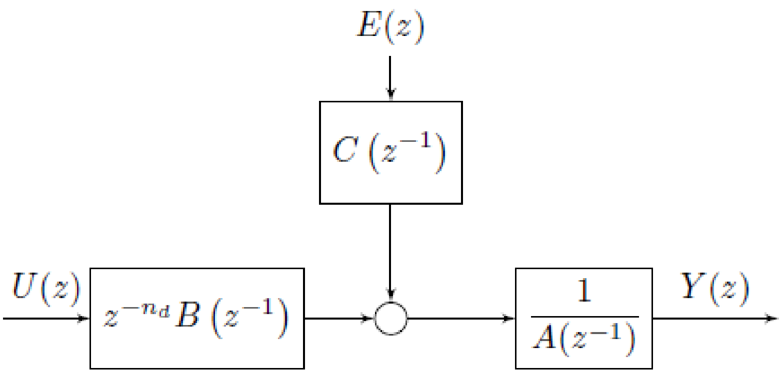
În continuare, am început identificarea sistemului prin 2 metode parametrice. În acest caz am luat datele de identificare egale cu datele de validare și am cuprins toată durata semnalului.

```
data_id = iddata(y, u, t(2)-t(1));
data_vd = iddata(y, u, t(2)-t(1));
```

Timpul de eșantionare este egal cu diferența dintre 2 momente consecutive, de exemplu t(2)-t(1).

Prima metodă pe care am folosit-o este cea a celor mai mici pătrate extinsă, numită Armax în limba engleză (Auto-Regressive Moving Average method with eXogenous input). Aceasta este o metodă recursivă bazată pe un criteriu pătratic de minimizare.

Schema bloc a acestei metode este următoarea:



Modelul discret este:

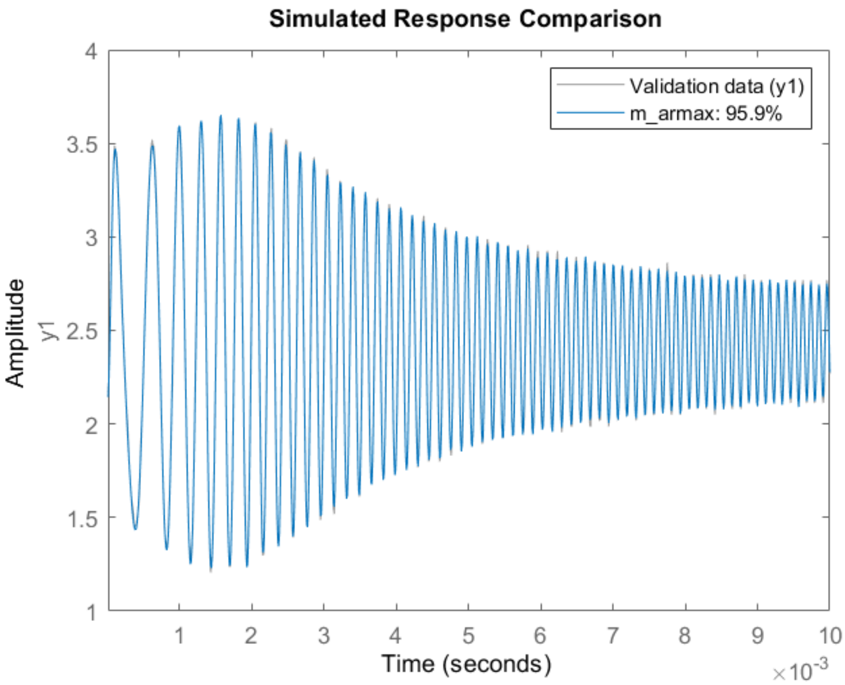
$$A(z^{-1})Y(z) = z^{-n_d}B(z^{-1})U(z) + C(z^{-1})E(z)$$

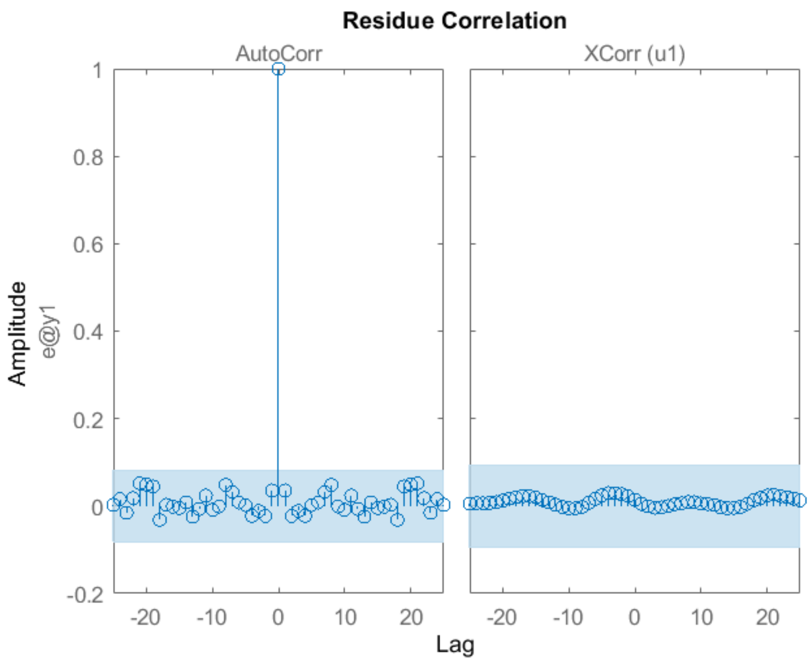
Parametrii de structură ai sistemului sunt nA, nB, nC, care reprezintă gradele polinoamelor A, B, C și nd care reprezintă numărul tacților de întârziere.

În acest caz am ales nA = nB = nC = 2 deoarece avem un sistem de gradul 2, iar nd = 1;

```
m_armax = armax(data_id, [2 2 2 1])
figure, compare(data_vd, m_armax)
figure, resid(data_vd, m_armax)

Hd_armax = tf(m_armax)
Hc_armax = d2c(Hd_armax, 'zoh')
```





Am obținut astfel un fit de 95.9%, adică o eroare de 4.1%. De asemenea, se poate observa că a fost trecut testul de autocorelație.

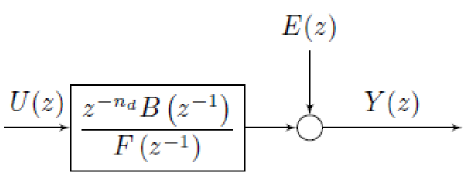
Funcția de transfer în continuu:

```
     5163 s + 8.994e08
---------------------------
s^2 + 2.507e04 s + 8.916e08
```

Funcția de transfer în discret:

```
0.08612 z^-1 - 0.00716 z^-2
---------------------------
1 - 1.7 z^-1 + 0.7782 z^-2
```

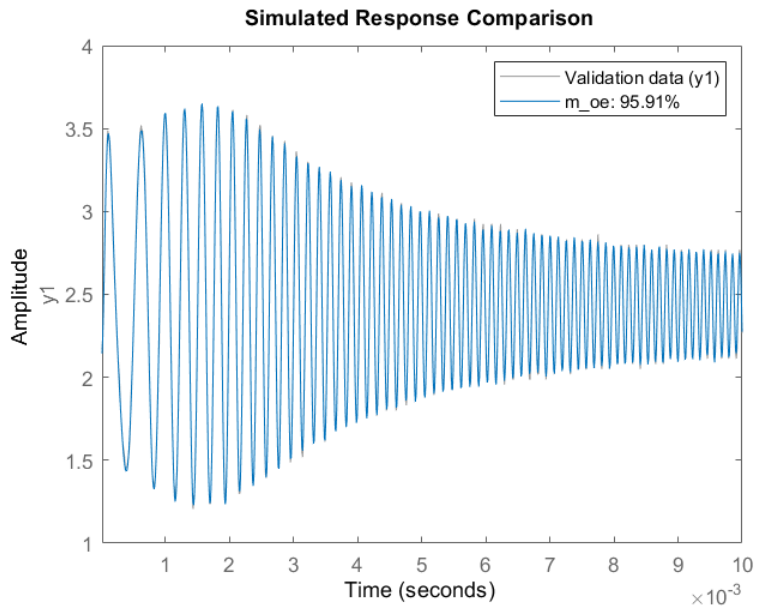
A doua metodă folosită este cea a erorii de ieșire, numită OE (Output Error). Metoda se bazează pe presupunerea că perturbația se găsește nemodelată la ieșire.

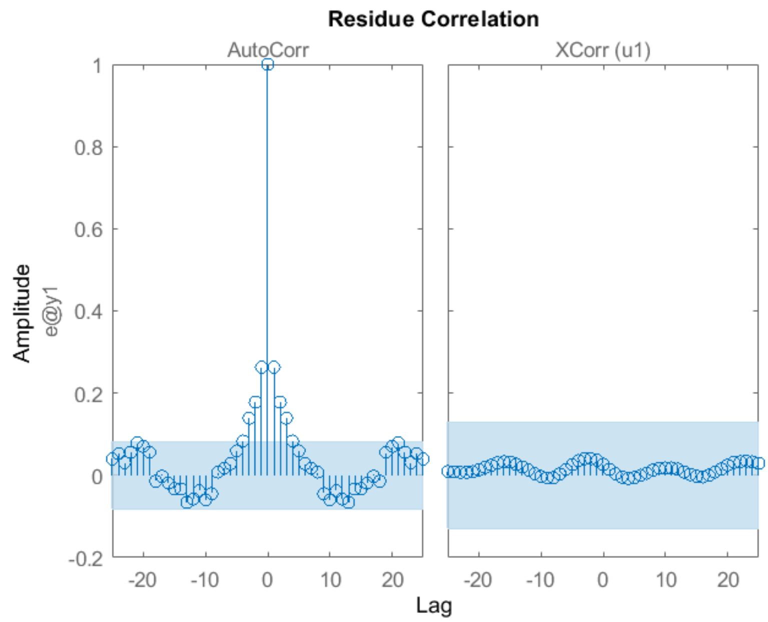


$$Y(z) = \frac{z^{-n_d}B(z^{-1})}{F(z^{-1})}U(z) + E(z),$$

Am ales nB și nF egale cu 2 deoarece avem un sistem de ordin 2, iar nd = 1.

```
m_oe = oe(data_id, [2 2 1])
figure, compare(data_vd, m_oe)
figure, resid(data_vd, m_oe)
```

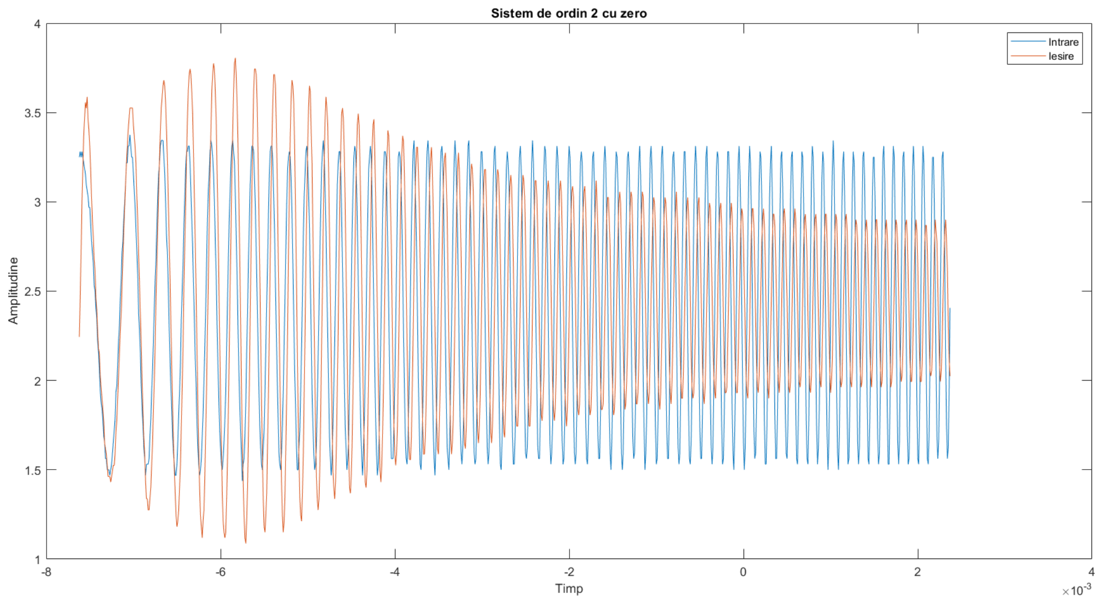




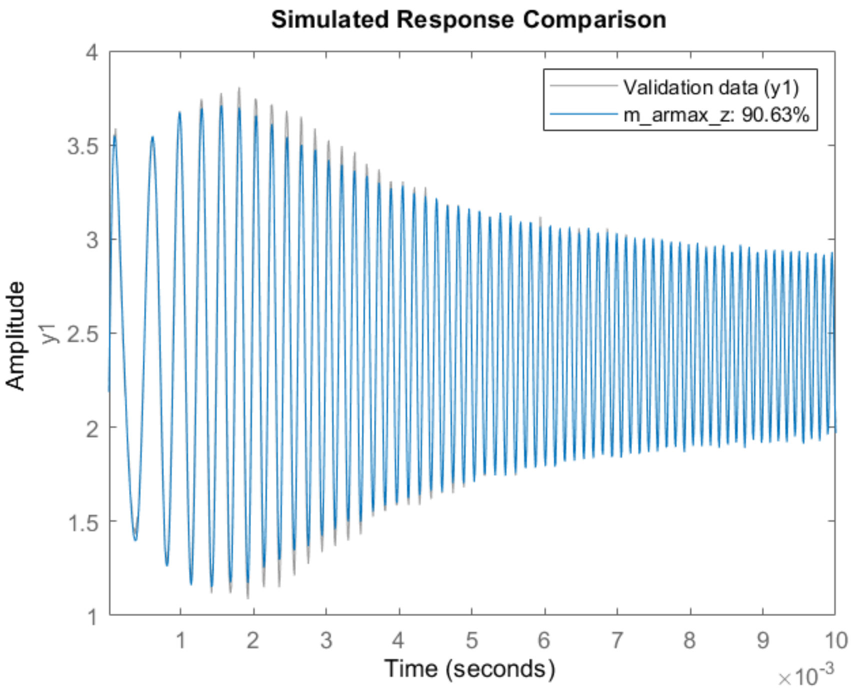
Și aici am obținut un fit de 95,91% adică o eroare de 4,09%, iar testul de intercorelație a fost trecut.

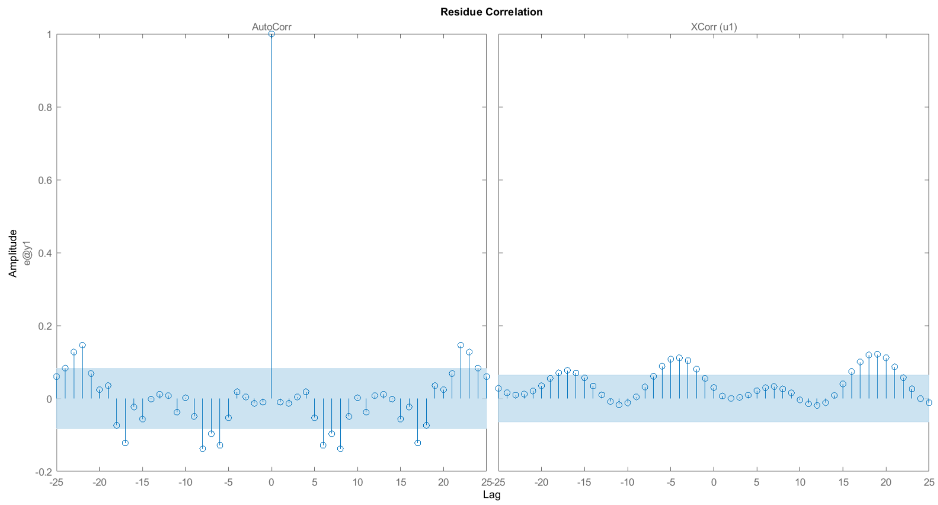
2. Sistem de ordin 2 cu zero

În a doua parte a proiectului, am primit sistemul de ordin 2 cu un zero, pe care am încercat să îl identific prin 2 metode parametrice.



Prima metoda folosită a fost tot Armax, cu aceeași parametrii (2 2 2 1), care de data aceasta obține rezultate mai puțin bune decât la primul sistem fără zero.



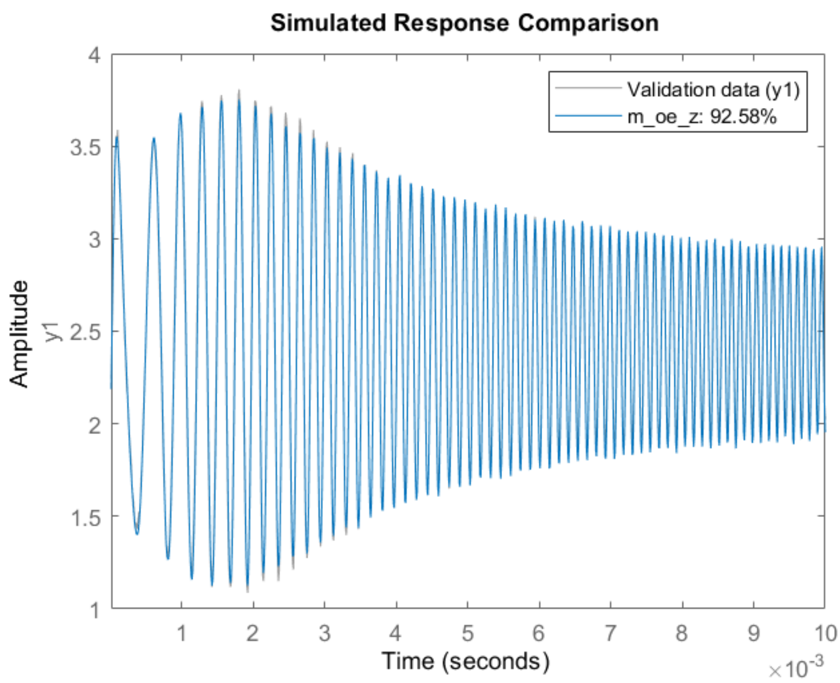


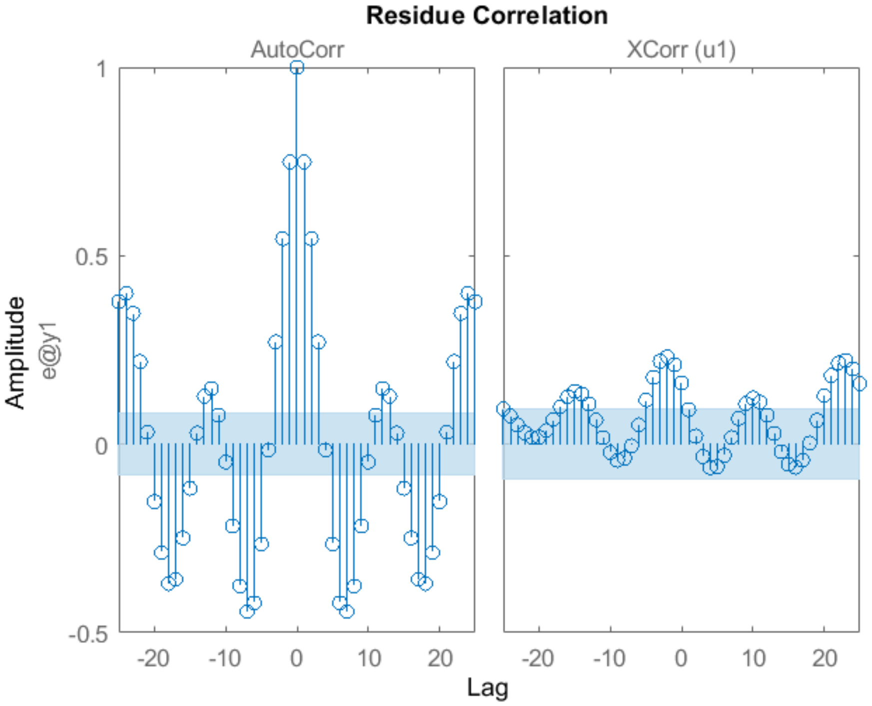
Fit-ul este de 90.63%, adică avem o eroare de 9,37%, iar testul de autocorelație nu este trecut. Funcțiile de transfer în continuu și discret sunt:

```
   2.408e04 s + 7.841e08
---------------------------
s^2 + 2.774e04 s + 7.781e08

  0.2432 z^-1 - 0.1752 z^-2
--------------------------
1 - 1.69 z^-1 + 0.7577 z^-2
```

Apoi am folosit din nou metoda OE, cu aceeași parametri (2 2 1).





Și de data aceasta am obținut un fit de 92.58%, adică o eraore de 7,42%, însă testul de intercorelație nu a fost trecut.

Funcțiile de transfer în continuu și discret obținute sunt:

$$\frac{2.43e04\ s + 8.477e08}{s^2 + 2.773e04\ s + 8.402e08}$$

$$\frac{0.2477\ z^{-1} - 0.1742\ z^{-2}}{1 - 1.685\ z^{-1} + 0.7578\ z^{-2}}$$