

Proiect II la Identificarea Sistemelor Identificarea unei axe actionate cu motor BLDC

P. Dobra

6 Ianuarie 2020

Student: Ardelean Alexandra

Grupa:30131

Cuprins

1. Identificarea unei axe actionate cu motor BLDC.....	3
1.1 Obținerea datelor experimentale.....	3
1.1.1 Introducere	4
1.2 Achiziția datelor de intrare-iesire.....	6
1.2.1 Desfasurarea experimentului.....	6
1.3 Procesarea datelor experimentale.....	6
1.3.1 Validarea modelului.....	6

Capitolul 1

Identificarea unei axe actionate cu motor BLDC

1.1 Obținerea datelor experimentale

În Figura 1.1 este prezentat un CNC actionat cu motore BLDC.



Figure 1.1: CNC acționată cu motor BLDC

Sistemul mecanic de pozitionare si sistemul de actionare cu motor BLDC pentru o axă este prezentat în Figura 1.2.

Motorul este comandat cu ajutorul unui driver de putere comandat în PWM. Viteza unghiulară și poziția se măsoară pe baza semnalelor provenite de la cei trei senzori Hall montati în statorul motorului. Rotorul motorului BLDC are cinci

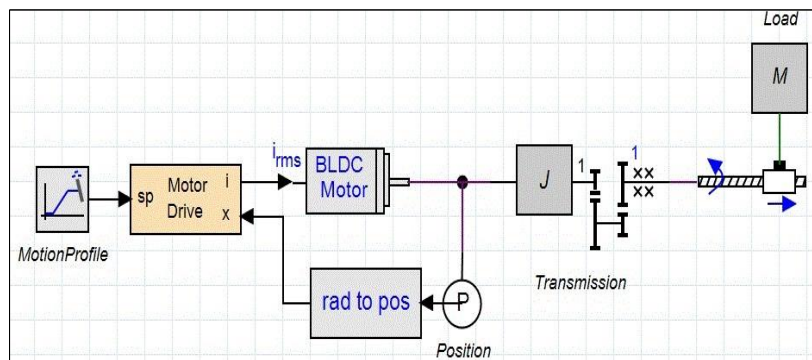
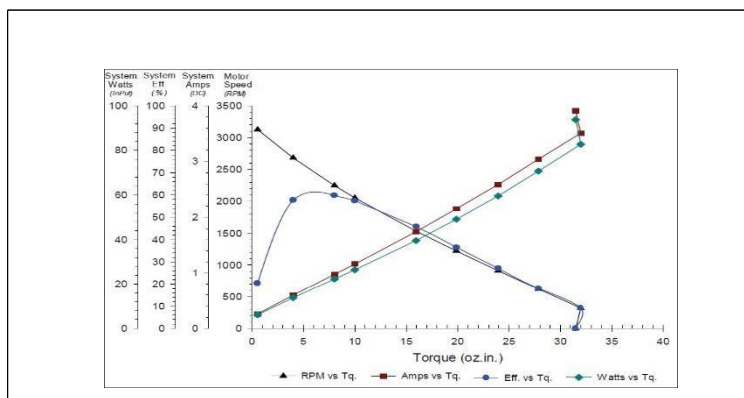


Figure 1.2: Modelul sistemului de actionare si pozitionare al unei axe

perechi de poli magnetici, iar caracteristicile electro-mecanice ale motorului sunt prezentate în Figura 1.3.



MotFigure fig 1.3: Caracteristicile electro-mecanice ale motorului BLDC

Aparatura utilizata: sursa de alimentare, multimetru, driver de putere, osciloscop, sistem numeric de comanda si achizitie a datelor.

1.2 Achizitia datelor de intrare-iesire

Utilizând un sistem numeric de comandă se generează semnalele de comandă pentru motorul BLDC (SPAB + SP) și se achizitionează datele intrare-iesire in vederea procesarii ulterioare (comanda (factor de umplere), curent(i), viteza unghiulara (w) si pozitia unghiulara (θ)).

1.2.1 Desfasurarea experimentului

1. Se alimenteaza ansamblul driver + motor BLDC cu $U=24$ V.

2. Se efectueaza urmatorul experiment:

A.1 Se genereaza un semnal de comanda sinusoidal peste care se suprapune SPAB avand caracteristicile corelate cu dinamica ansamblului “motor BLDC + axa”;

A.2 Se vizualizeaza si se masoara sincron intrarea si iesirile, obtinand datele experimentale: $[t_k, u_k, w_k, \theta_k]$, $k=1,2,\dots$

1.3 Procesarea datelor experimentale

Vizualizarea datelor experimentale utilizand mediul Matlab.

Se vor determina functiile de transfer ale ansamblului „motor BLDC + axa” utilizand metodele de identificare parametrica(MCMMPR, MCMMPPE, VI, MEP,..).

1.3.1 Validarea modelului

Validarea modelului determinat se face pe baza erorii de predictie reziduale si pe baza decorelarii dintre observatii si eroarea de predictie.

De asemenea se va compara raspunsul experimental cu raspunsul modelului de la intrarea cu care a fost obtinut raspunsul experimental. Se calculeaza eroarea medie patratica normalizata si eroarea de urmarire

$$\text{Empn} = \frac{\|y - y_m\|}{\|y - y_b\|} \times 100$$
$$\text{FIT} = (1 - \text{Empn}) \times 100$$

unde y e vectorul masuratorilor , y_m raspunsul modelului, y_b e valoarea medie a vectorului masuratorilor.

Setul de date primit il vom imparti in 2 parti:

- Prima parte (primul sens) pentru identificare
- A doua parte pentru validare

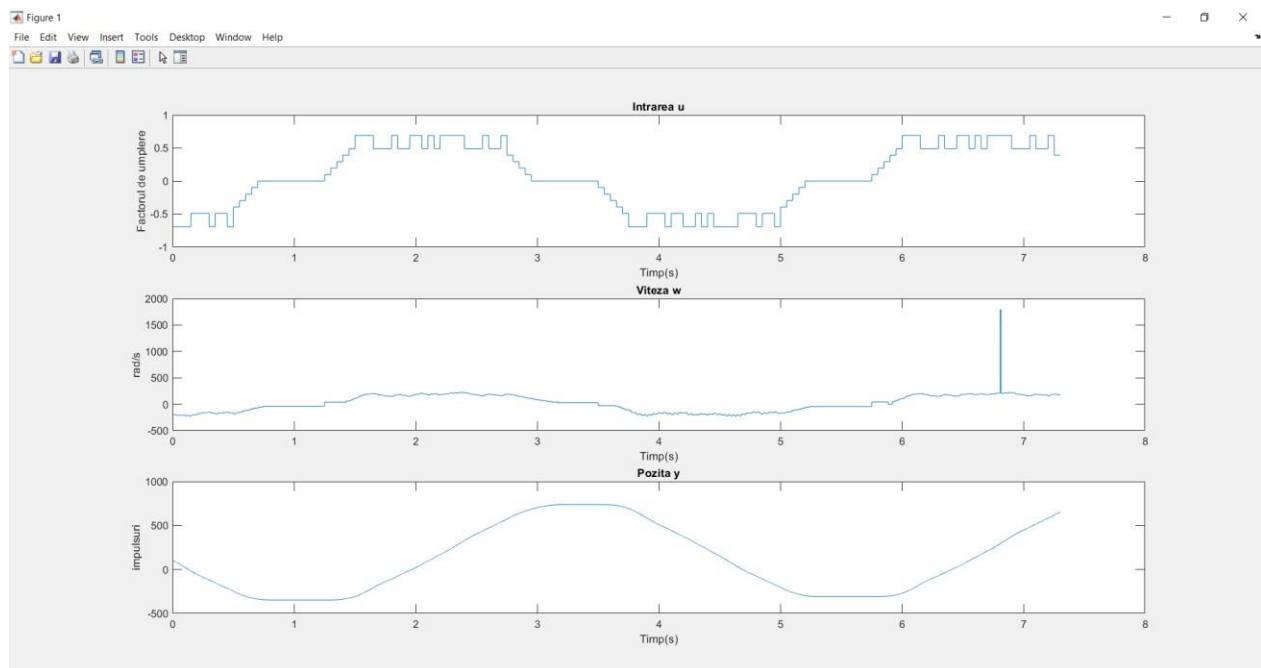
Primul pas e de a importa fisierul care contine datele pe care vom lucra.

Iesirea Y este un vector cu 3 campuri :intrarea (Spab), viteza unghiulara si pozitia unghiulara pentru axa pe care se deplaseaza motorul.

```
t=double(apofaian_roxana.X.Data)';%timp  
y=double(apofaian_roxana.Y(1,1).Data)';%pozitie  
w=double(apofaian_roxana.Y(1,2).Data)';%viteza unghiulara  
u=double(apofaian_roxana.Y(1,3).Data)';%intrare fact umplere
```

Vizualizarea datelor primite:

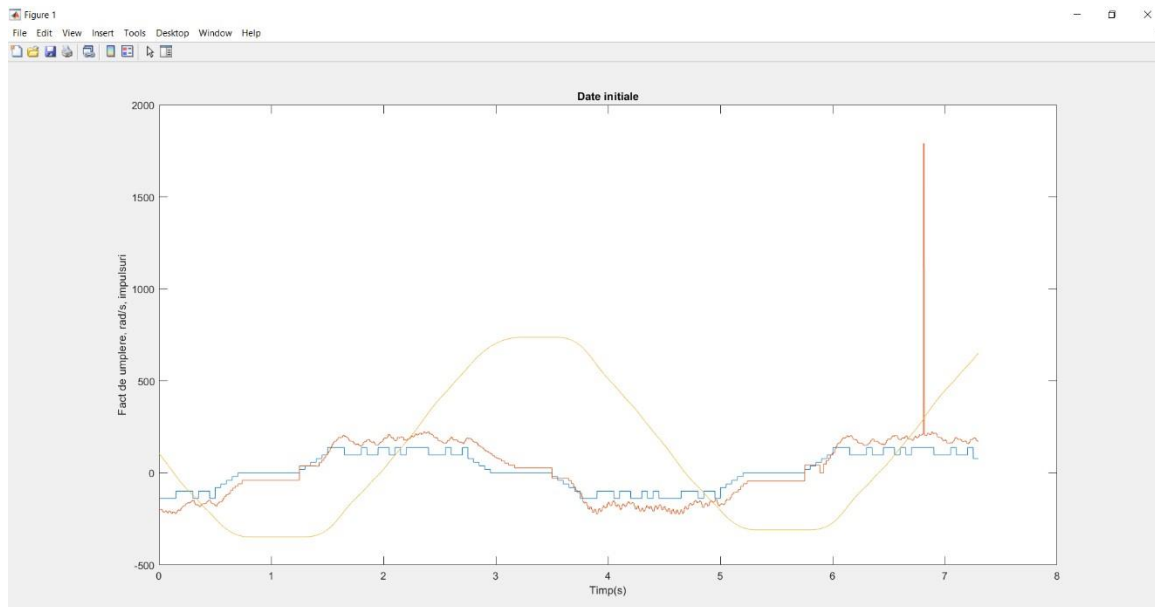
```
figure  
subplot(311);plot(t,u);  
title('Intrarea u'),xlabel('Timp(s)'),ylabel('Factorul de umplere')  
subplot(312);plot(t,w);  
title('Viteza w'),xlabel('Timp(s)'),ylabel('rad/s')  
subplot(313);plot(t,y);  
title('Pozita y'),xlabel('Timp(s)'),ylabel('impulsuri')
```



1.4 Vizualizarea datelor primite

Suprapunerea datelor primite:

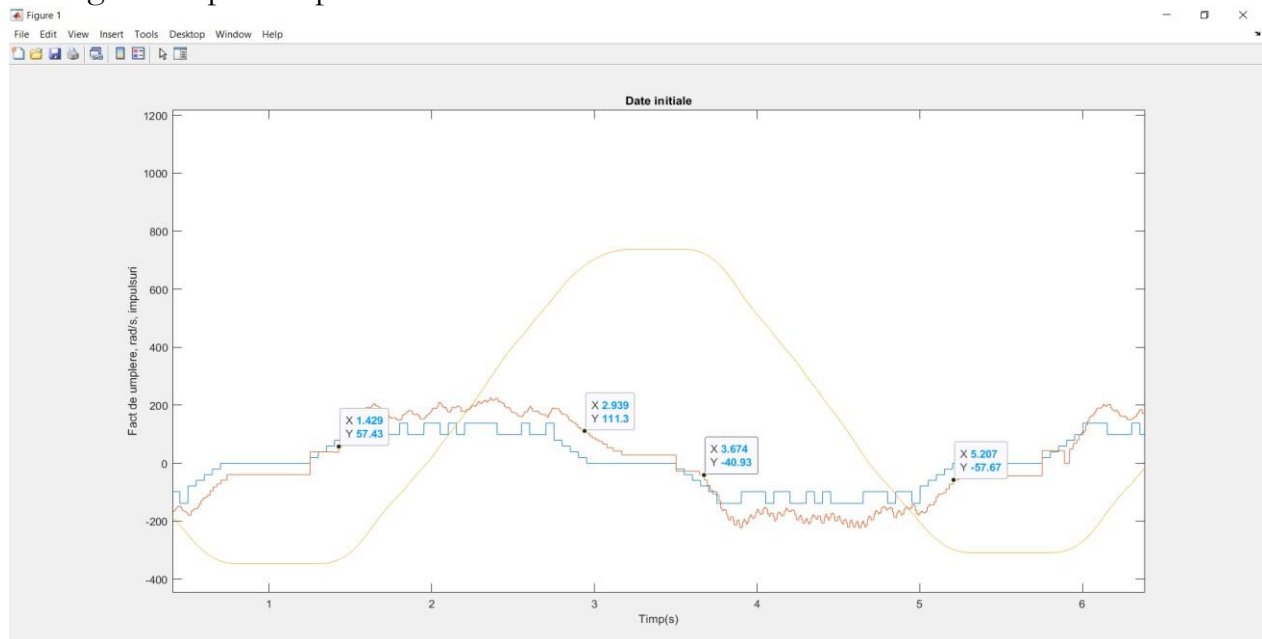
```
plot(t,[u*200 w y]),shg  
title('Date initiale'),xlabel('Time(s)'),ylabel('Fact de umplere, rad/s,  
impulsuri');
```



1.5 Suprapunerea datelor primite

Alegerea indecsilor pentru identificare si validare:

Se iau de pe grafic de pe semialternanta pozitiva 2 puncte pentru identificare, iar de pe cea negativa 2 puncte pentru validare.

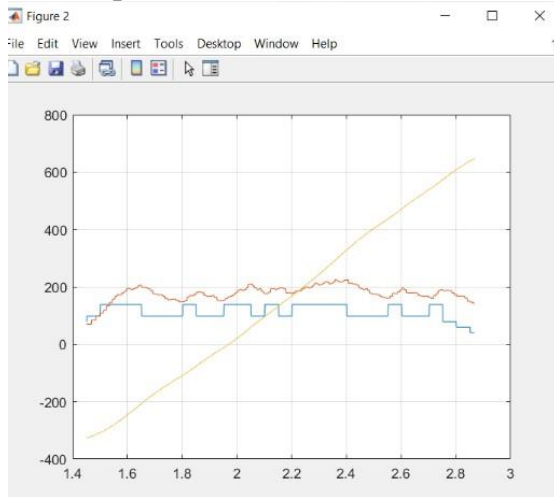


1.6 Alegerea indecsilor

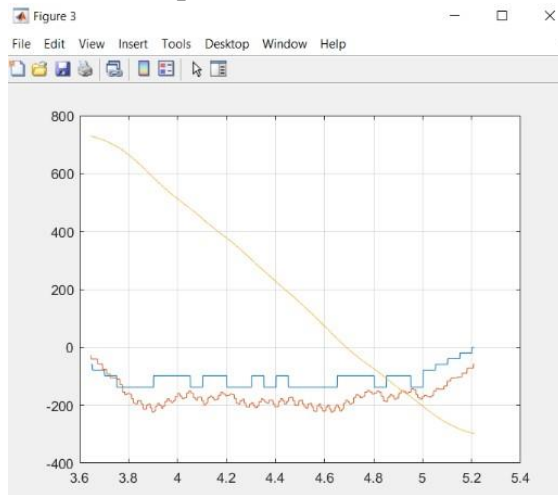
```
% pt identificare
i1=2073;
i2=4097;
i_id=[2073:4097]';
i_vd=[5211:7444]';
```

```
%pt validare
i3=5211;
i4=7444;
```

Datele pentru identificare:



Datele pentru validare:



Se calculeaza perioada de esantionare :

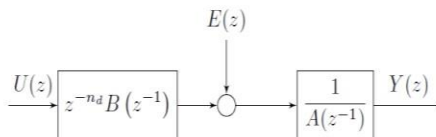
$T_e = t(2) - t(1); \quad - 0.7 \text{ ms}$

1.3.1 Determinarea modelului(identificare-validare)

- Pentru viteza:

- Metoda celor mai mici patrate(ARX)

Forma generala:

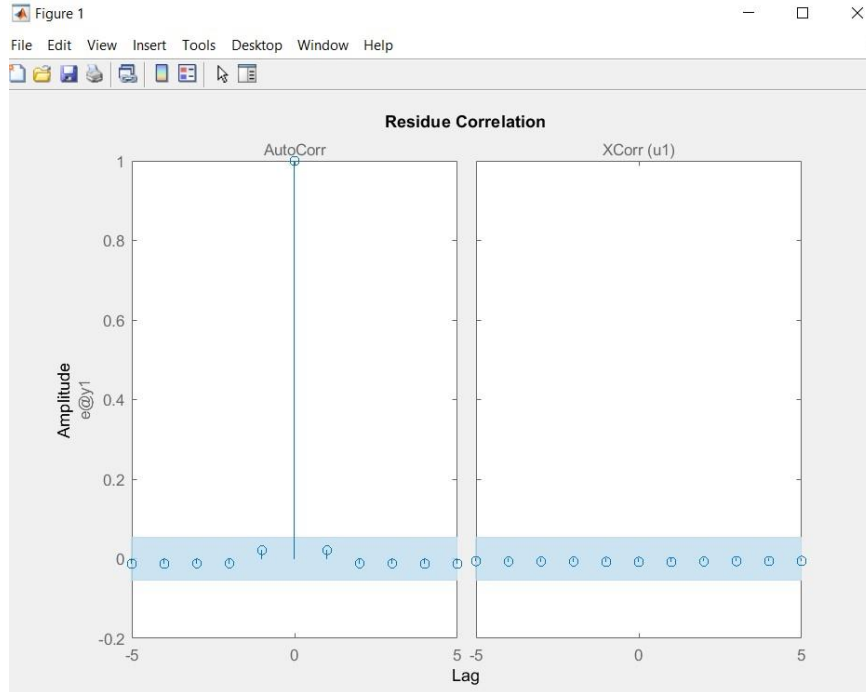


Model=arx(data,[n_A n_B n_k]),unde n_A este ordinul polinomului A, n_B ordinul polinomului B+1(nr de zerouri+1), n_k e timpul mort. In cazul nostru:

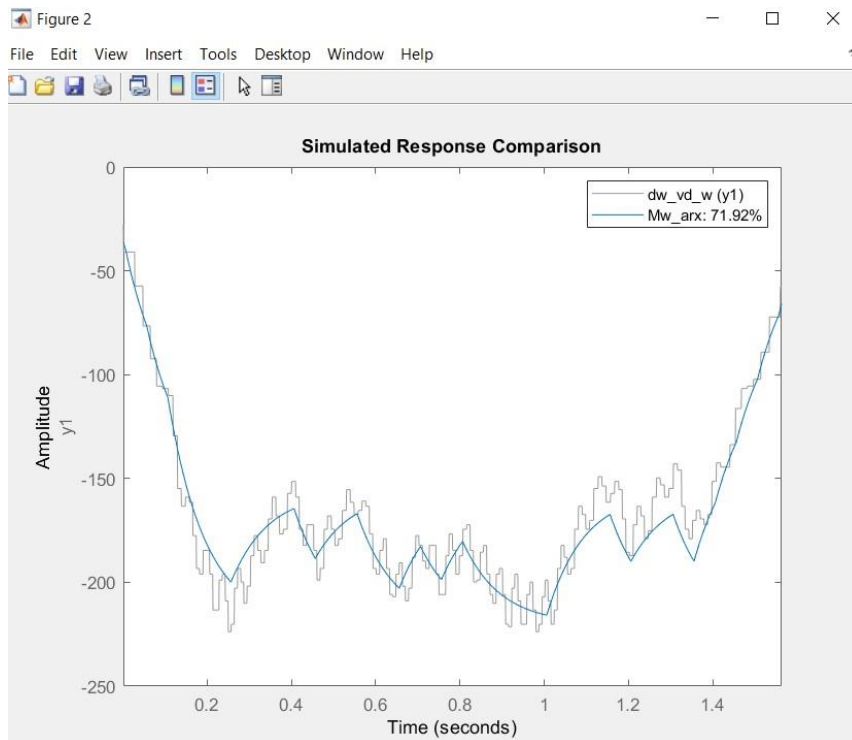
$$A(z^{-1})Y(z)=z^{-n_d}B(z^{-1})U(z)+E(z)$$

Unde: $A(z^{-1})=1+a_1z^{-1}+a_2z^{-2}+\dots+a_nz^{-n}$,
 $B(z^{-1})=b_1+b_2z^{-1}+b_3z^{-2}+\dots+b_nz^{-n}$

Identificarea vitezei a generat urmatoarele grafice:



Se observa faptul ca semnalul de intrare de la viteza trece si testul de autocorelatie si de intercorelatie cu metoda ARX.



Se observa FIT de 71.92%

Modelul obtinut cu ARX la viteza:

$$A(z) = 1 - 0.9923 z^{-1}$$

$$B(z) = 2.446$$

$$T_e = 0.0007$$

Hs1_arx =

2.446

z - 0.9923

Hs1_arx =

3508

s + 11.04

```
%ARX viteza-71
```

```
Mw_arx=arx(dw_id_w,[1, 1, 0])
```

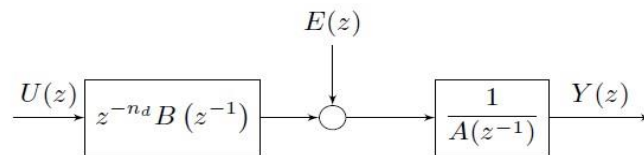
```
Hs1_arx=tf(Mw_arx.B,Mw_arx.A,Te)
```

```
Hs1_arx=d2c(Hs1_arx,'zoh') figure
```

```
resid(dw_vd_w,Mw_arx,5); figure
```

```
compare(dw_vd_w,Mw_arx);
```

○ Metoda variabilelor instrumentale (tot pentru viteza)



Model_iv = iv4(data,[nb na nk]), unde n_A este ordinul polinomului A, n_B ordinul polinomului B+1(nr de zerouri+1), n_k e timpul mort.

Identificarea vitezei cu aceasta metoda a generat urmatorul model si graficele:

$$A(z) = 1 - 0.9927 z^{-1}$$

$$B(z) = 2.338$$

$$T_e = 0.0007$$

Hz2_iv =

$$\frac{2.338}{z - 0.9927}$$

Hs2_iv =

$$\frac{3352}{s + 10.47}$$

```
%Iv viteza-70
```

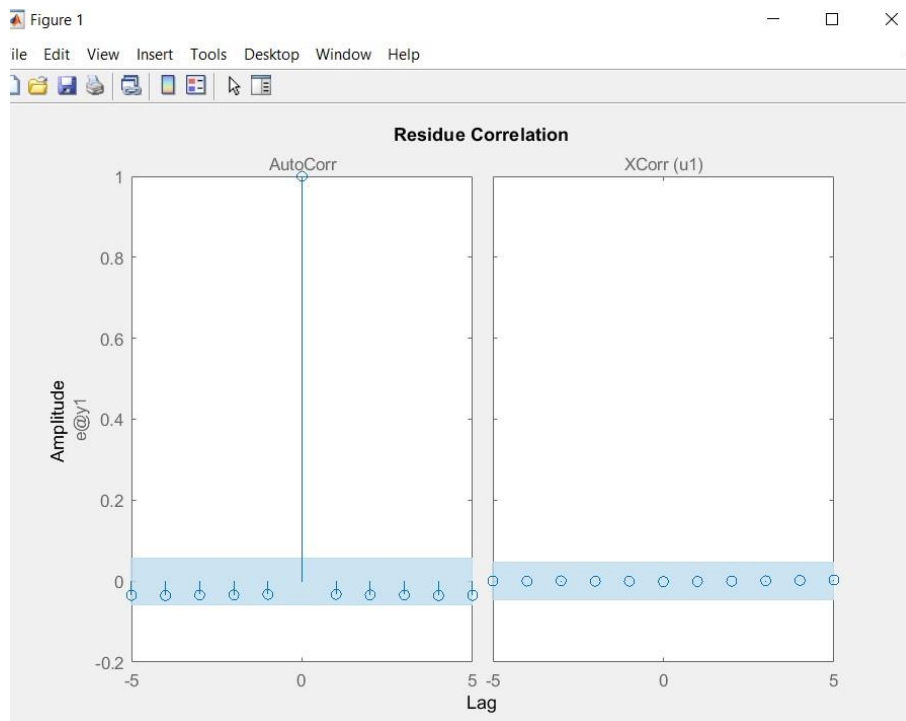
```
Mw_iv=iv4(dw_id_w,[1, 1, 0])
```

```
Hz2_iv=tf(Mw_iv.B,Mw_iv.A,Te)
```

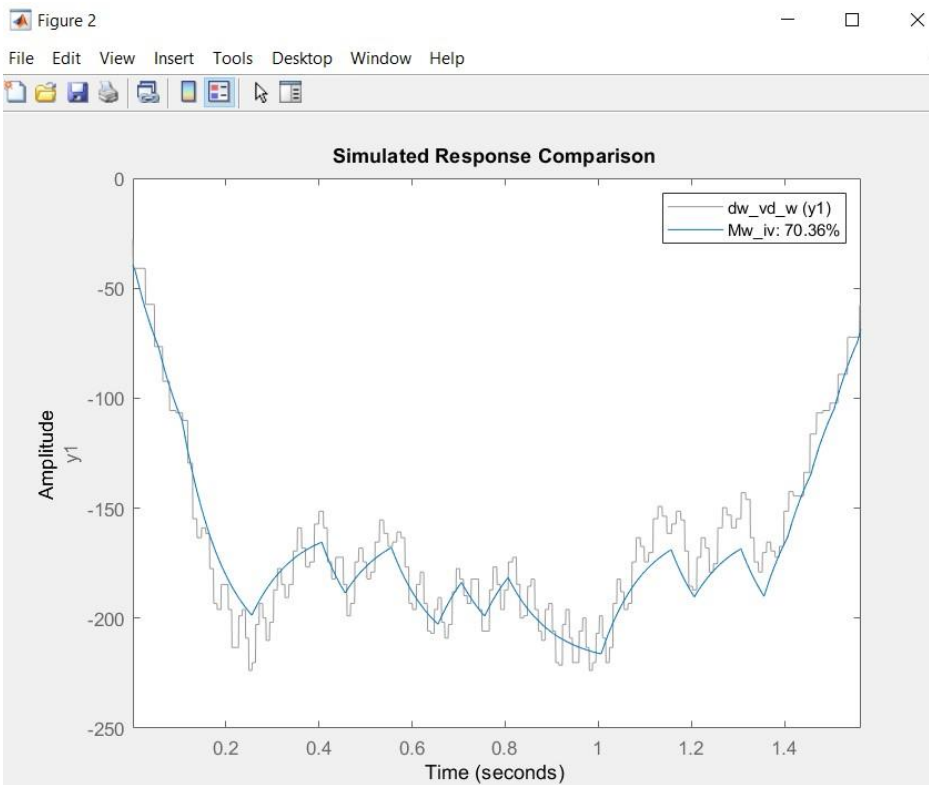
```
Hs2_iv=d2c(Hz2_iv,'zoh')
```

```
resid(dw_id_w,Mw_iv,5),shg figure
```

```
compare(dw_vd_w,Mw_iv),shg
```

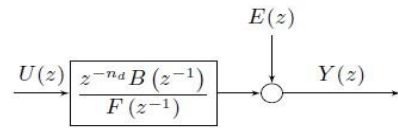


Se observa faptul ca semnalul de intrare de la viteza trece testul de autocorelatie si de intercorelatie si cu metoda variabilelor instrumentale



FIT-ul e de 70.36%

- Pentru pozitie
 - Metoda erorii de iesire



$$\text{Forma generala: } y(t) = \frac{q^{-d} B(q^{-1})}{A(q^{-1})} u(t) + e(t)$$

In Matlab, formula generala este de forma:

$$y(t) = \frac{B(q)}{F(q)} u(t - n_k) + e(t)$$

unde n_B ordinul polinomului B + 1, n_F ordinul polinomului F, n_k timpul mort, iar modelul arata in felul urmator:

$$\begin{aligned} B(z) &= 0.869 \\ F(z) &= 1 - z^{-1} \\ T_e &= 0.0007 \end{aligned}$$

Hz4_oe =

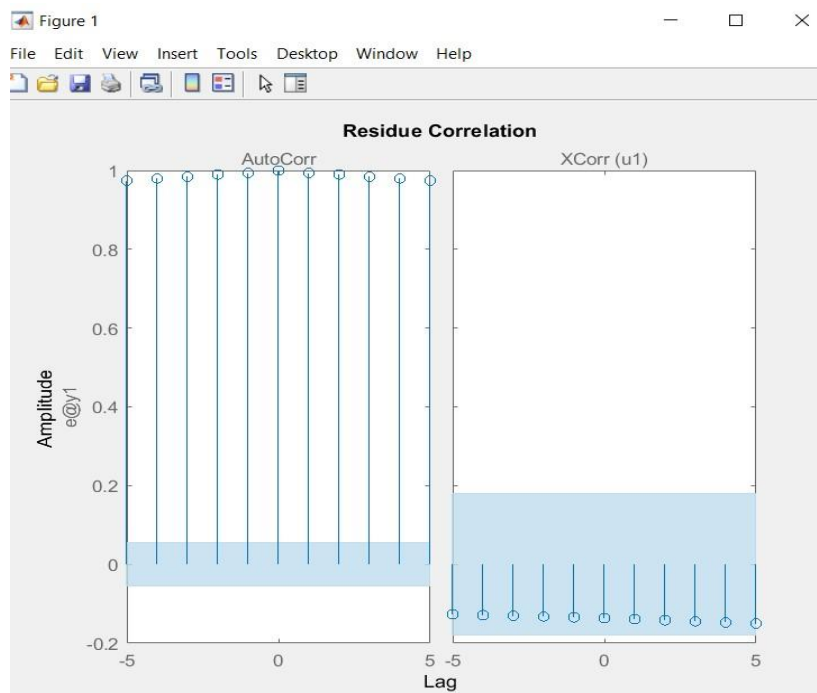
$$\frac{0.869}{z - 1}$$

Hs4 =

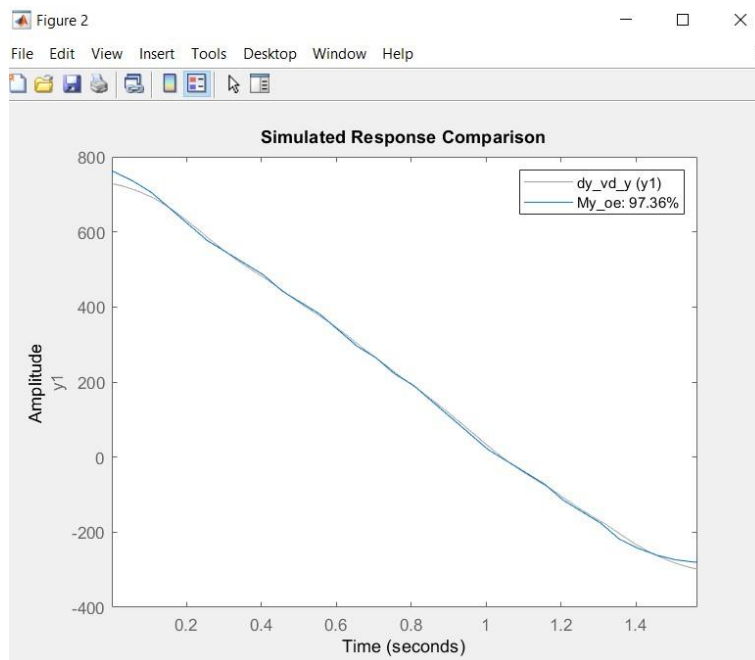
$$\frac{1241}{s}$$

`%OE- poz`

```
My_oe=oe(dy_id_y,[1, 1, 0])
Hz4_oe=tf(My_oe.B,My_oe.A,Te)
Hs4=d2c(Hz4_oe,'zoh') figure
resid(dy_vd_y,My_oe,5),shg
figure
compare(dy_vd_y,My_oe),shg
```



Observam ca testul de intercorelatie e trecut.



Fit-ul este de 97,36% cu metoda OE pentru pozitie.

○ Metoda ARX – pentru pozitie cu date decimate

Dupa mai multe incercari am observat ca folosind ARX pe datele initiale nu era trecut nici testul de autocorelatie, nici cel de intercorelatie asa ca am decimat datele reusind sa validam intercorelatia.

$$A(z) = 1 - 1.003 z^{-1}$$

$$B(z) = 14.3$$

$$T_e = 0.0007$$

$$H_{z3_arx} =$$

$$14.3$$

$$z - 1.003$$

$$H_{s3} =$$

$$2.04e04$$

$$s - 4.279$$

$$N=18;$$

```
t_dec=t(1:N:end); Te_dec=t_dec(2)-  
t_dec(1); u_dec=u(1:N:end);  
w_dec=w(1:N:end); y_dec=y(1:N:end);  
plot(t,w)  
%graficul cu datele decimate figure  
plot(t_dec, w_dec)
```

$$t1=123;$$

$$t2=231;$$

$$t3=300;$$

$$t4=405;$$

$$i_id_dec=[123:231]'; i_vd_dec=[300:405]';$$

$$dw_id_w_dec=iddata(w_dec(i_id_dec),u_dec(i_id_dec),Te_dec);$$

$$dw_vd_w_dec=iddata(w_dec(i_vd_dec),u_dec(i_vd_dec),Te_dec);$$

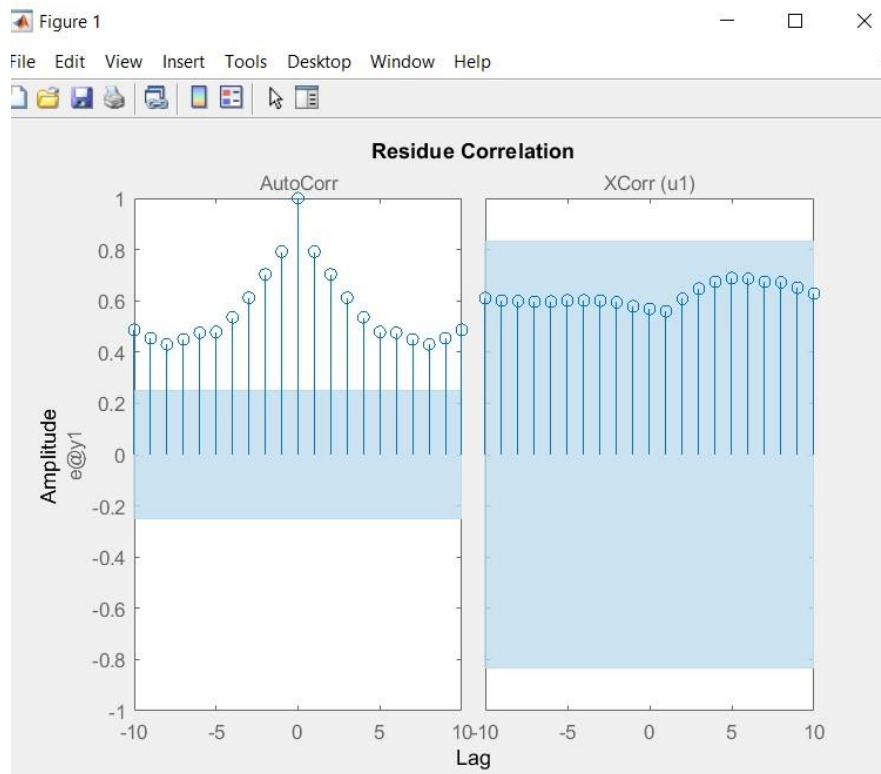
$$dy_id_y_dec=iddata(y_dec(i_id_dec),u_dec(i_id_dec),Te_dec);$$

$$dy_vd_y_dec=iddata(y_dec(i_vd_dec),u_dec(i_vd_dec),Te_dec);$$

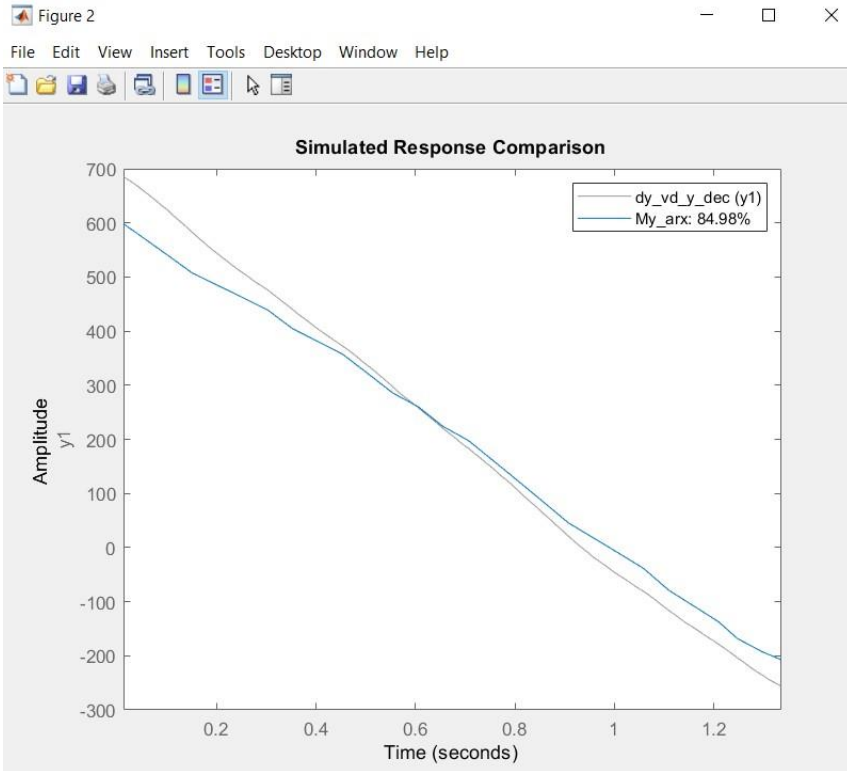
```

%ARX-poz
My_arx=arx(dy_id_y_dec,[1, 1 ,1])
Hz3_arx=tf(My_arx.B,My_arx.A,Te_dec)
resid(dy_vd_y_dec,My_arx,30) figure
compare(dy_vd_y_dec,My_arx)

```



Intercorelatia e validata.



FIT-ul e de 84.98%

1.4 COD MATLAB (integral)

```
%% Achizitia datelor
```

```
t=double(apofaian_roxana.X.Data)';%timp
y=double(apofaian_roxana.Y(1,1).Data)';%pozitie
w=double(apofaian_roxana.Y(1,2).Data)';%viteza unghiulara
u=double(apofaian_roxana.Y(1,3).Data)';%intrare fact umplere
```

```
plot(t,[u*200 w y]),shg
title('Date initiale'),xlabel('Timp(s)'),ylabel('Fact de umplere, rad/s, impulsuri');
```

```
figure
subplot(311);plot(t,u);
title('Intrarea u'),xlabel('Timp(s)'),ylabel('Factorul de umplere')
subplot(312);plot(t,w);
title('Viteza w'),xlabel('Timp(s)'),ylabel('rad/s')
subplot(313);plot(t,y);
title('Pozita y'),xlabel('Timp(s)'),ylabel('impulsuri')
```

```
% pt identificare
i1=2073; i2=4097;
```

```

%pt validare
i3=5211; i4=7444;

%Timpul de esantionare
Te=t(2)-t(1);

i_id=[2073:4097]'; i_vd=[5211:7444]';
figure
plot(t(i_id),[u(i_id)*200 w(i_id) y(i_id)]),shg,grid
figure
plot(t(i_vd),[u(i_vd)*200 w(i_vd) y(i_vd)]),shg,grid

dw_id_w=iddata(w(i_id),u(i_id),Te); dw_vd_w=iddata(w(i_vd),u(i_vd),Te);

dy_id_y=iddata(y(i_id),u(i_id),Te); dy_vd_y=iddata(y(i_vd),u(i_vd),Te);

%% decimare date N=18;
t_dec=t(1:N:end); Te_dec=t_dec(2)-t_dec(1);
u_dec=u(1:N:end); w_dec=w(1:N:end);
y_dec=y(1:N:end);
plot(t,w)
%graficul cu datele decimate figure
plot(t_dec, w_dec)

t1=123;
t2=231;
t3=300;
t4=405;
i_id_dec=[123:231]'; i_vd_dec=[300:405]';

dw_id_w_dec=iddata(w_dec(i_id_dec),u_dec(i_id_dec),Te_dec);
dw_vd_w_dec=iddata(w_dec(i_vd_dec),u_dec(i_vd_dec),Te_dec);

dy_id_y_dec=iddata(y_dec(i_id_dec),u_dec(i_id_dec),Te_dec);
dy_vd_y_dec=iddata(y_dec(i_vd_dec),u_dec(i_vd_dec),Te_dec);

%% IDENTIFICARE CU ARX/IV PENTRU VITEZA
%ARX viteza-72.05
Mw_arx=arx(dw_id_w,[2, 2, 1])
Hz1_arx=tf(Mw_arx.B,Mw_arx.A,Te)
Hs1_arx=d2c(Hz1_arx,'zoh') figure
resid(dw_vd_w,Mw_arx,5); figure
compare(dw_vd_w,Mw_arx);

%Iv viteza-70
Mw_iv=iv4(dw_id_w,[1, 1, 1])
Hz2_iv=tf(Mw_iv.B,Mw_iv.A,Te)
Hs2_iv=d2c(Hz2_iv,'zoh')

```

```

resid(dw_id_w,Mw_iv,5),shg figure
compare(dw_vd_w,Mw_iv),shg

%% ARX/OE pt pozitie
%ARX-poz
My_arx=arx(dy_id_y_dec,[1, 1 ,1])
Hz3_arx=tf(My_arx.B,My_arx.A,Te_dec)
resid(dy_vd_y_dec,My_arx,10) figure
compare(dy_vd_y_dec,My_arx)

%OE- poz
My_oe=oe(dy_id_y,[1, 1, 0])
Hz4_oe=tf(My_oe.B,My_oe.A,Te)
Hs4=d2c(Hz4_oe,'matched') figure
resid(dy_vd_y,My_oe,5),shg
figure
compare(dy_vd_y,My_oe),shg

```