Facultatea de Automatică și Calculatoare Anul 3

Specializarea: Automatică și Informatică Aplicată Grupa30131

Identificarea Sistemelor

Proiect :

Identificarea unei axe acționate cu motor BLDC

Profesor îndrumator

Student Prof. dr. ing.

Botezat Răzvan-Ioan Petru Dobra

An universitar

2022-2023

Datele Proiectului

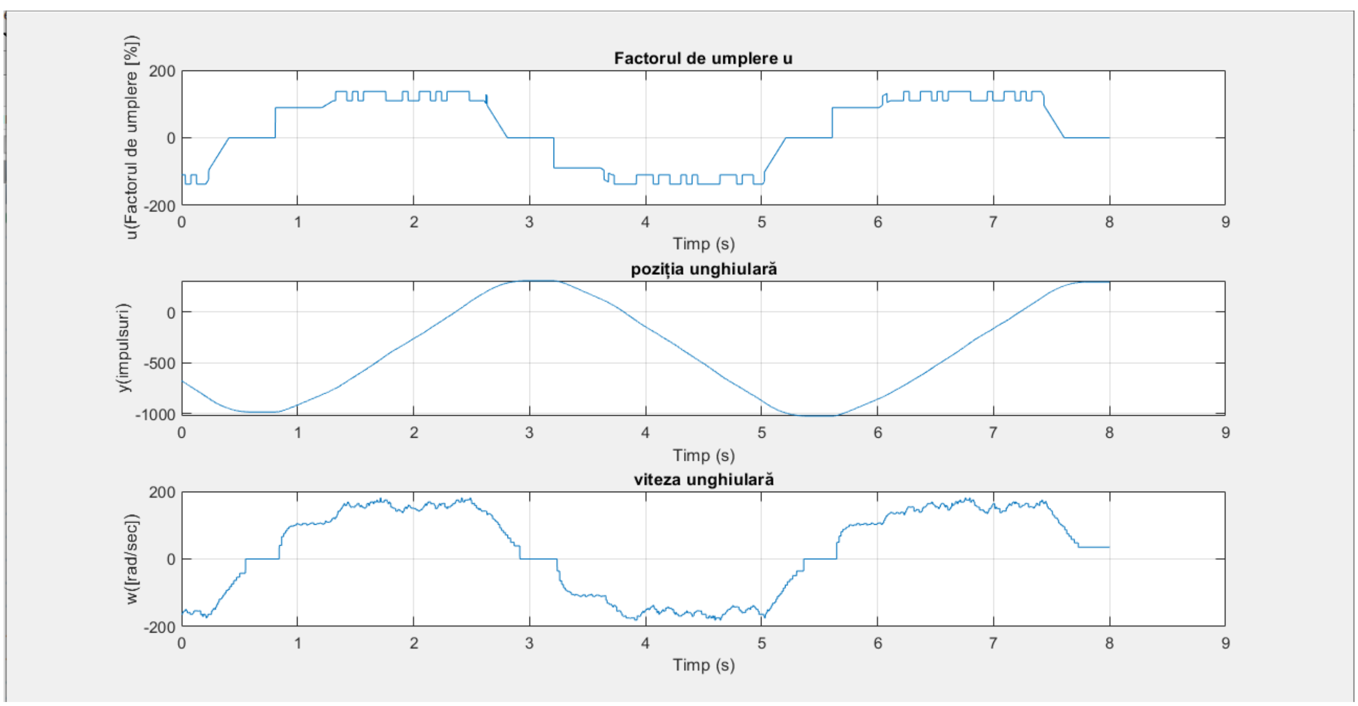
Achizitia datelor:

Datele proiectului pe care le vom prelucra sa află în fișierul botezat.mat care sunt date primite prin controlarea unui motor BLDC(motor trifazic fara perii).

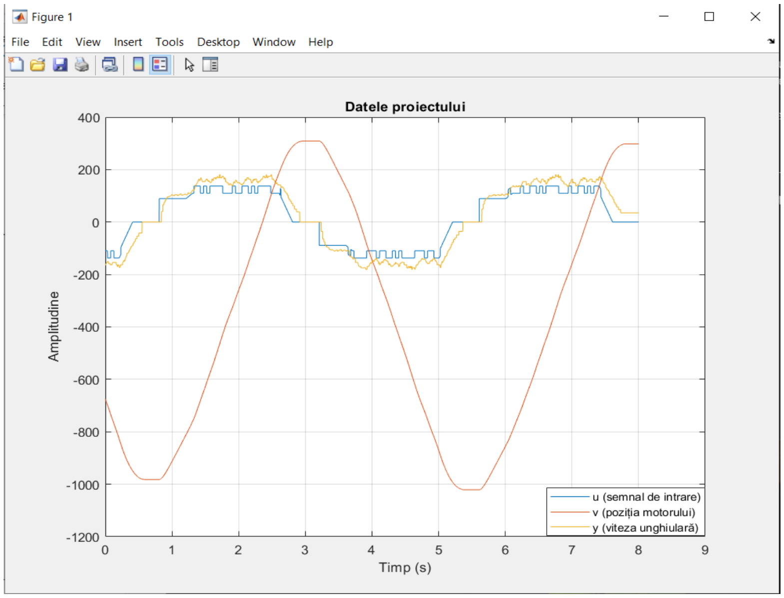
Ieșirea este un vector linie cu 3 elemente:

- u = semnal de comandă de tip SPAB (factorul de umplere) [%]
- v = poziția unghiulară; [impulsuri]
- y = viteza unghiulară; [rad/sec]

Afișarea datelor :



Pentru o mai bună vizualizare si identificare a datelor au fost puse pe același grafic.



Codul Matlab al proiectului:

```
close all
t=botezat.X.Data;
u=double(botezat.Y(1,3).Data');
y=double(botezat.Y(1,2).Data')%% viteza
v=double(botezat.Y(1,1).Data')%% pozitie
subplot(3,1,1)
plot(t, u*200), grid, shg
title('Factorul de umplere u')
xlabel('Timp (s)')
ylabel('u')
subplot(3,1,2)
plot(t,v), grid, shg
title('poziția unghiulară')
xlabel('Timp (s)')
ylabel('v')
subplot(3,1,3)
plot(t,y), grid, shg
title('viteza unghiulară')
xlabel('Timp (s)')
ylabel('y')
figure
plot(t, [u*200, v, y]), grid, shg
title('Datele proiectului')
xlabel('Timp (s)')
ylabel('Amplitudine')
```

Partea 1

Identificarea sistemului de ordinul 1 la intrare de tip treapta folosind metoda neparametrică

Pentru prima parte a proiectului am ales sa identific răspunsul la treaptă al motorului BLDC cu ajutorul metodei y63.

În general, procesele fizice care pot fi modelate printr-un sistem LTI de ordin 1 au următoarea funcție de transfer:

$$H(s) = \frac{K}{Ts+1}$$

Parametrii care trebuie identificați sunt:

- factorul de proporționalitate (K)

-constanta de timp (T[sec]).

Factorul de proporționalitate este dat de raportul dintre ieșire și intrare în regim staționar, în condiții inițiale nule. Deoarece, în general, treapta nu este ideală iar condițiile inițiale nu sunt nule, formula factorului de proporționalitate in regim staționar și cu prezența zgomotului de măsură este :

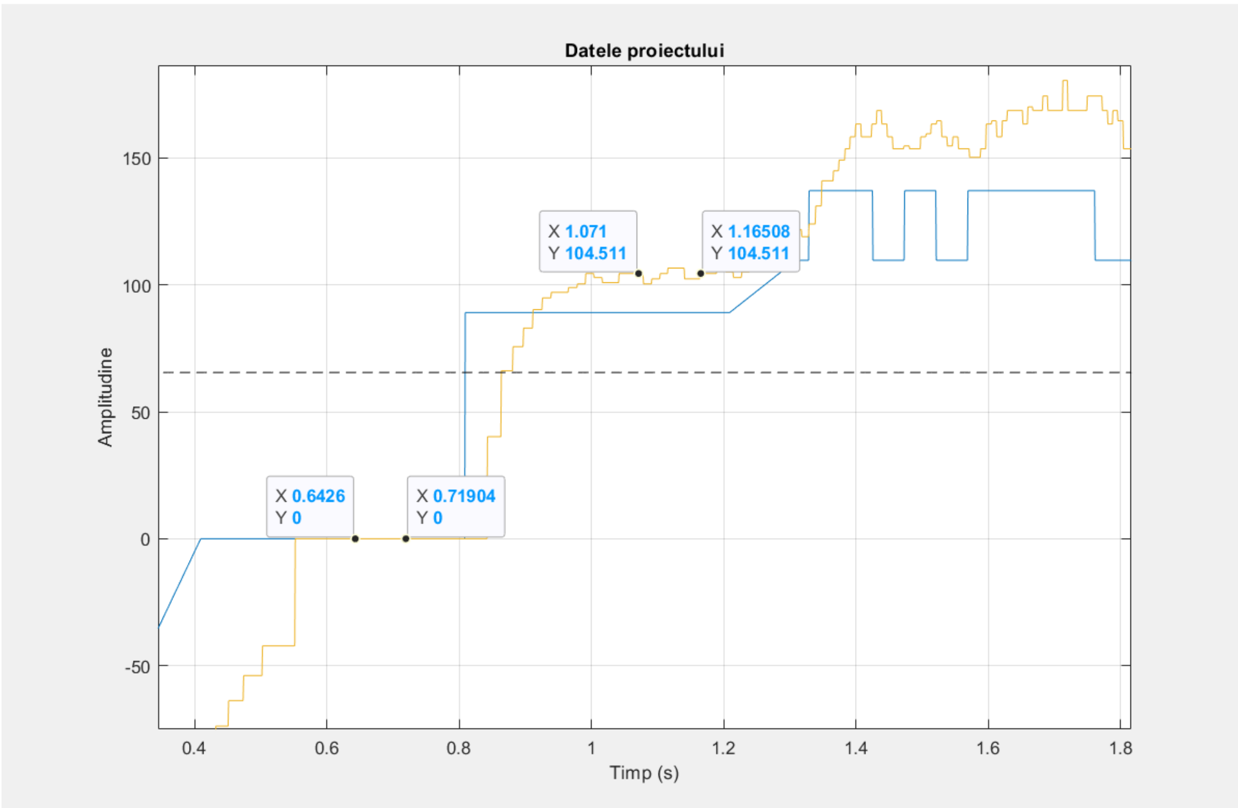
$$K = \frac{\overline{yst} - \overline{y0}}{\overline{ust} - \overline{u0}},$$

unde fiecare termen din formula precedentă reprezintă o valoare medie luată pe un interval adecvat de timp.

Punctele respective reprezintă regimul de intrare si ieșire al regimul staționar.Deoarece condițiile inițiale sunt nule, pot folosi urmatoarea formula:

$$K=\frac{\bar{y}_{st}}{\bar{u}_{st}},$$

unde punctele in regim staționar sunt valoarea medie pe un interval de timp.



Codul Matlab:

```
i1=750
i2=879
i3=1263
i4=1373
i5=963
i6=1029
yst=mean(y(i3:i4))
ust=mean(u(i3:i4))
y0=mean(y(i1:i2))
u0=mean(u(i1:i2))
k=(yst)/(ust)
```

Din calcule rezultă : K=233.24 fiind factorul de proporționalitate in regim staționar.

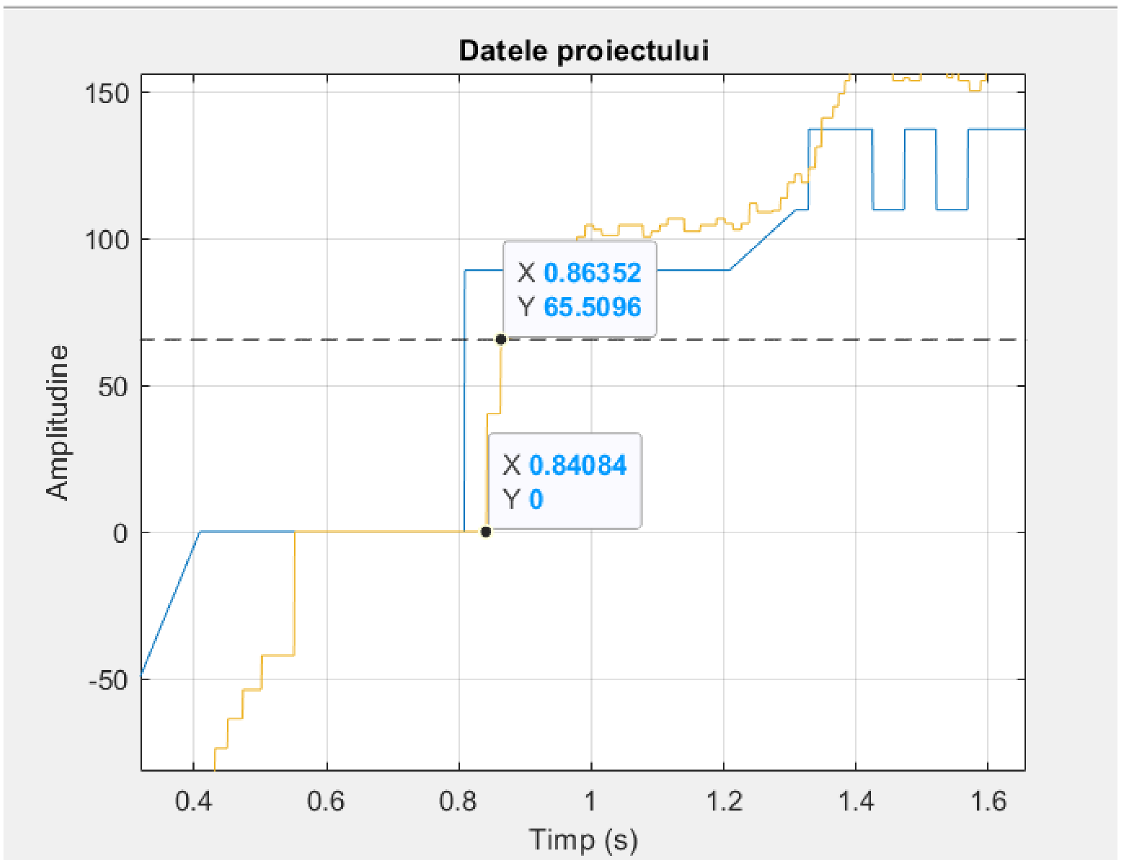
Pentru determinarea constantei de timp T a sistemului avem nevoie să trasăm dreapta de 63% din valoarea diferenței dintre cele 2 paliere staționare ale ieșirii cu formula:

$$y(T) = 0.63 \times \left(\overline{y}_{st} - \overline{y}_0\right) + y_0 \equiv \overline{y}_{63}$$

Dupa trasarea valorii y63 ca o dreaptă pe graficul de date trebuie sa luam 2 puncte :

-primul de la momentul răspunsului treptei

- al doilea de la intersecția dreptei y63 cu semnalul de ieșire



Constata de timp este de data de raportul de timp dintre momentul intersecției dreptei y63 respectiv momentul declanșării treptei.

Codul matlab:

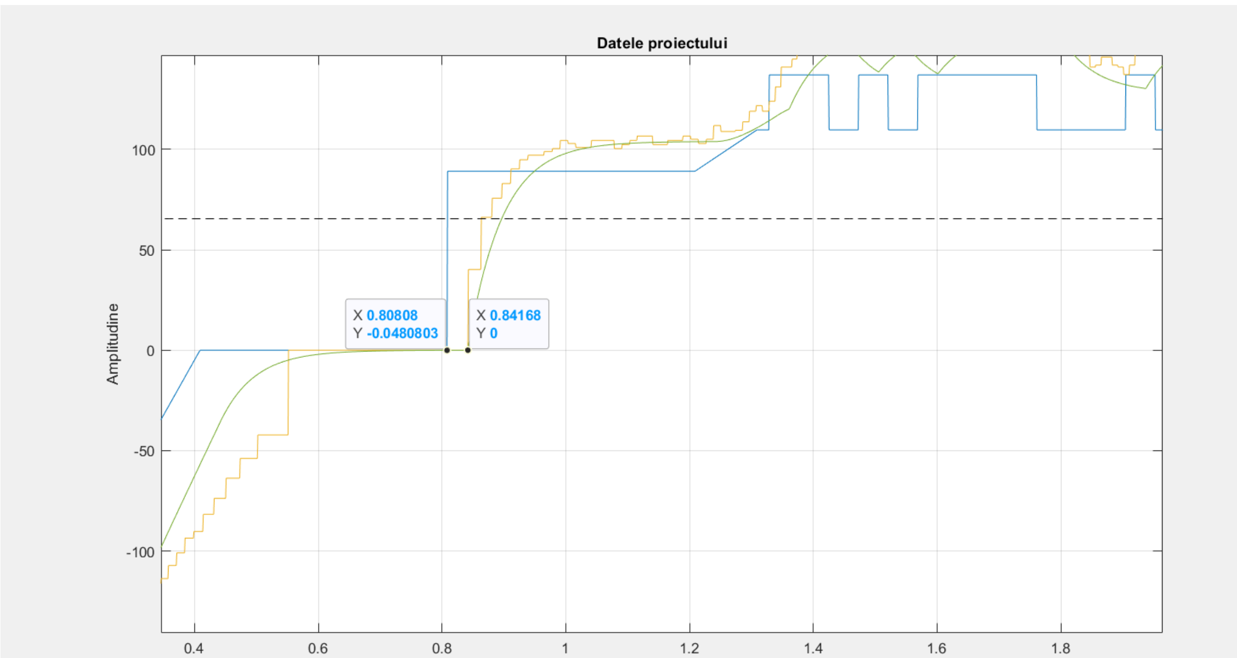
```
i5=1003
i6=1029
y63=0.63*(yst-y0)+y0
hold on
plot(t,y63*ones(1,length(t)),'black','LineStyle','--')
T=t(i6)-t(i5)
```

y63=65.5

T=0.0218s=21ms

Fiind o identificare reală a unui motor, sistemul are in componența sa si un timp mort.

Pentru identificarea timpului mort, efectuăm scăderea la momentul in care este dată treapta și momentul răspunsului ieșirii vitezei.

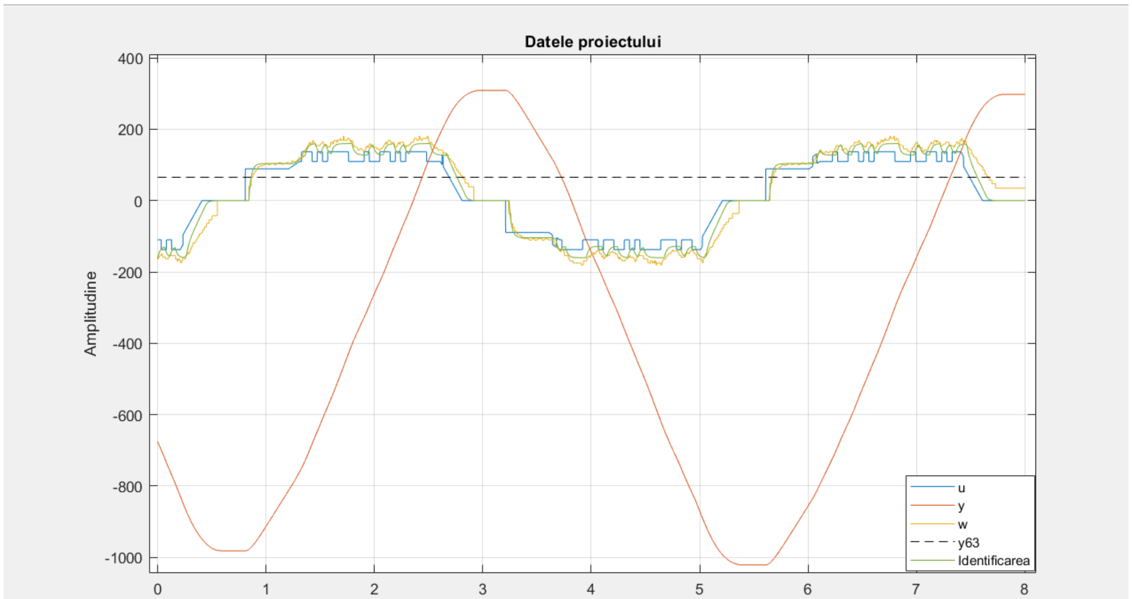


Functia de transfer obținuta prin metoda neparametrică de la intrare la viteză este:

$$\frac{233.3}{0.2184s+1}e^{-0.0328}$$

Validarea funcției de transfer de la u la w se face cu spațiul stărilor pentru funcția de ordinul 1.Am luat in considerare si timpul mort si l-am introdus in intrare.

$$A=\left[\frac{-1}{T}\right], B=\left[\frac{K}{T}\right], C=1, D=0$$



Eroareae(MPN) pentru modelul intrare->viteza este : 15.76%

Determinarea si validarea functiei de transfer de la w la y

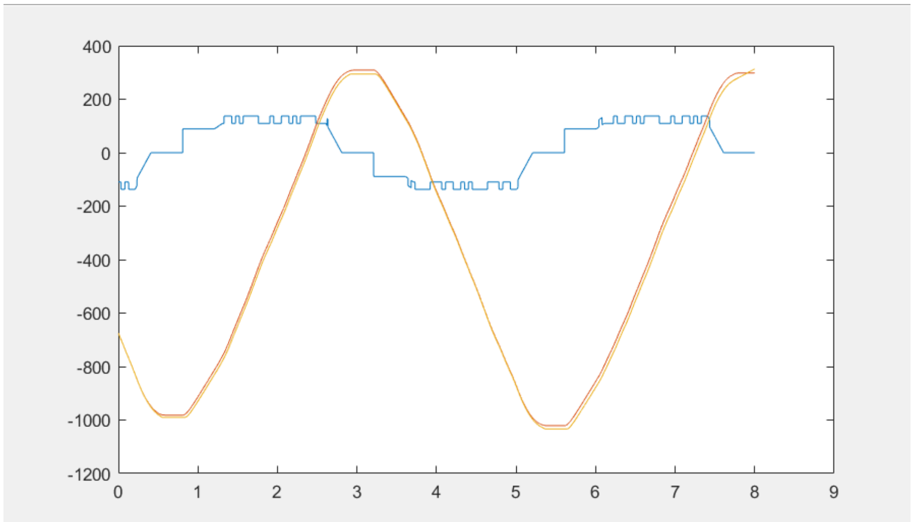
Functia de transfer va fi:

$$H_y=\frac{K_y}{s}$$

Pentru a determina Ky,avem formula $K_y=\frac{\Delta y}{\Delta t \cdot \overline{w}}$,unde Δy este valoarea stationara a vitezei,Δt este diferenta intre cei 2 indecsi de timp alesi pentru valorile stationare iar w este viteza medie in stationar.

Spatiul starilor

A=[0], B=[Ky=4.6261],C=[1],D=[0]



Modelul identificat la pozitie

Eroarea rezultata in urma identificarii de la viteza la pozitie: 5.05%

$$K_y = \frac{4.626}{s}$$

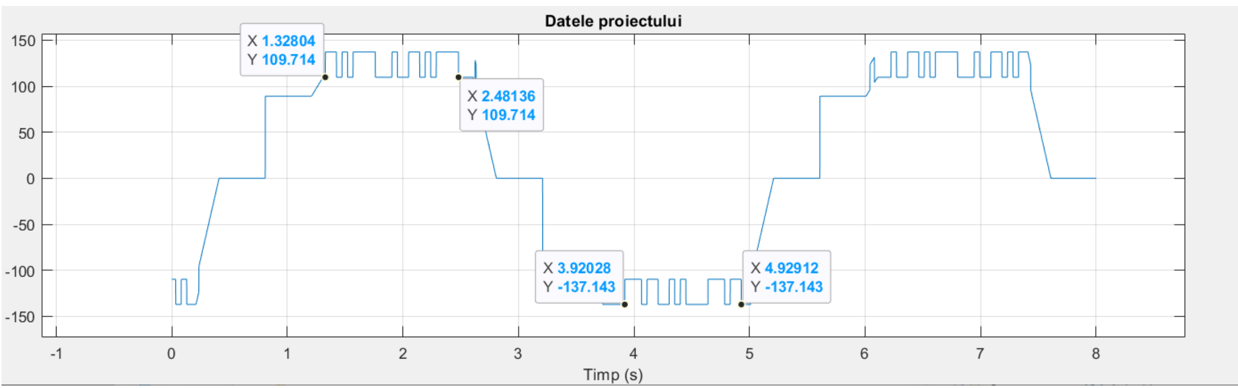
In cele din urma functia de transfer de la intrare la viteza este:

$$\frac{4.626}{s} \times \frac{233.3}{0.2184s + 1} e^{-0.0328}$$

Partea a 2-a

Metoda parametrică de identificare a sistemului

Pentru această parte vom folosi Spab-ul de pe alternanța pozitiva pentru identificare și Spab-ul de pe alternanța negativa pentru validare.



Perioada de eșantionare Te= 0.84ms,fiind calculata ca diferența dintre 2 unități de timp consecutive.

Pentru crearea datelor de validare si identificare trebuie sa folosim funcția <u>iddata</u>.

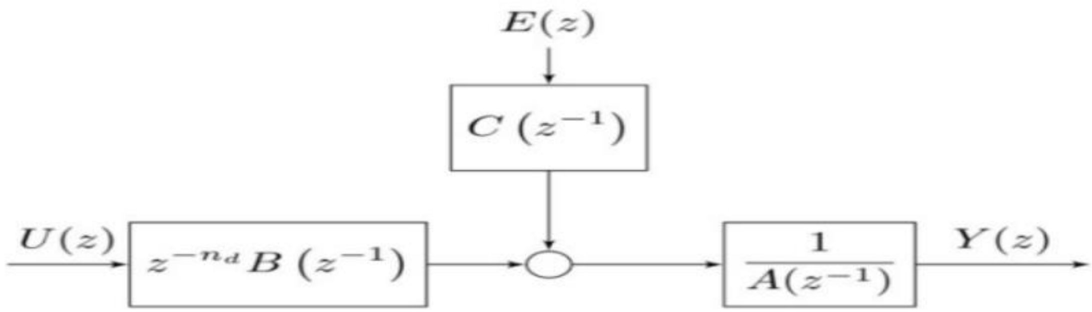
Am nevoie de 2 tipuri de date de tipul iddata, unul modelat cu ieșirea w(viteza), intrarea u(fac. de umplere) și Te(perioada de eșantionare) și cel de al doilea modelat cu y(poziția), intrarea u și Te.

Codul Matlab:

```
%%
i9=1582
i10=2955
i11=4666
i12=5869
Te=t(2)-t(1)
data_id=iddata(w(i9:i10),u(i9:i10),Te)
data_vd=iddata(w(i11:i12),u(i11:i12),Te)

data_id_p=iddata(y(i9:i10),u(i9:i10))
data_vd_p=iddata(y(i11:i12),u(i11:i12))

```

Metoda celor mai mici pătrate recursivă(ARMAX)

Schema bloc a modelului:



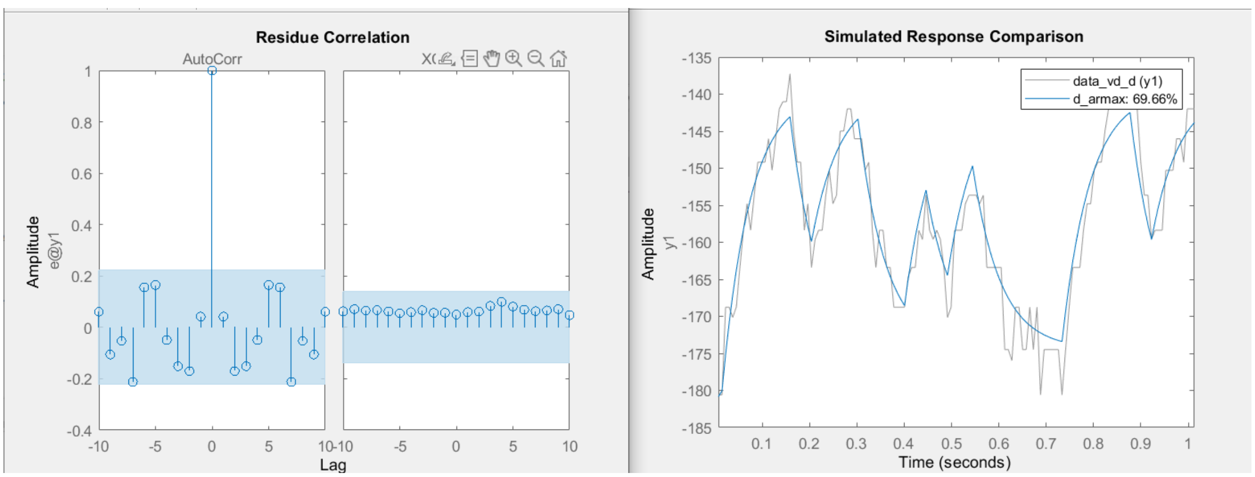
Modelul discret de tip process+perturbație corespunzator metodei ARMAX este:

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

Identificarea consta in estimarea coeficientilor polinoamelor A, B ¸si C. Parametrii de structura ai sistemului sunt: nA = deg A, nB = deg B, nC = deg C, respectiv nd numarul tactilor de ıntarziere.

Pentru identificarea intrare-viteza cu decimare

```
%% ARMAX cu decimare ptr intrare-viteza
d_armax=armax(data_id_d,[1,1,1,1])

figure
resid(data_vd_d,d_armax,10)

figure
compare(data_vd_d,d_armax)

Hyu = tf(d_armax.B, d_armax.A, 9*Te, 'variable', 'z^-1')
Hyu_c = d2c(Hyu, 'zoh')
```



Se observă ca testul de autocorelație este trecut si gradul de suprapunere obținut prin compararea răspunului sistemului cu datele măsurate este de 69.66%(destul de binișor).

Funcția de transfer obținuta in discret

$$Hyu = \frac{3.64 \cdot z^{-1}}{1 - 0.8795 z^{-1}}$$

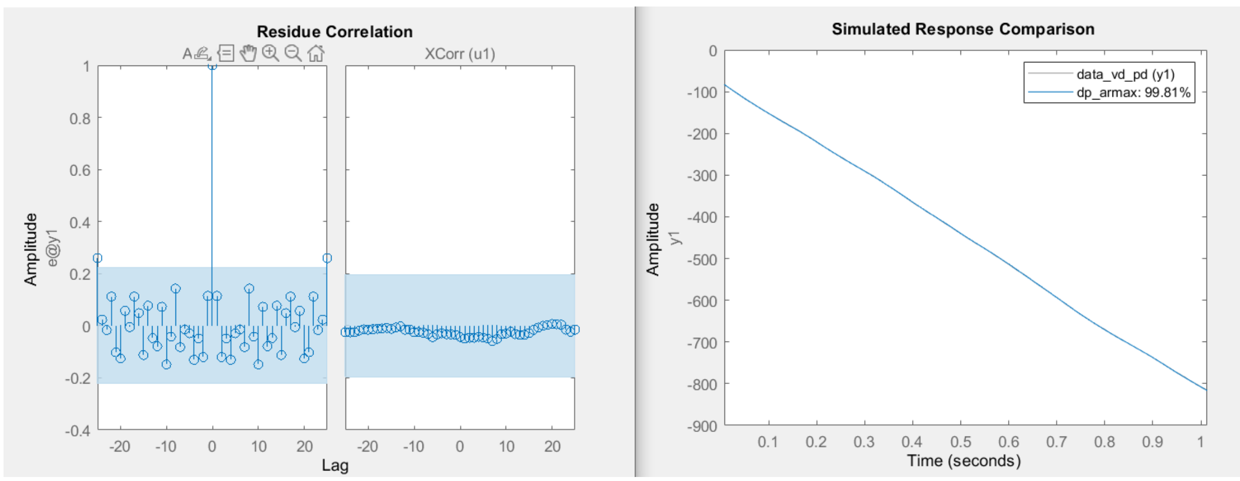
Funcția de transfer obținută in continuu

$$Hyu = \frac{4318}{s + 16.98}$$

<u>Empn=12.09%</u>

Identificarea sistemului Viteza-Pozitie cu decimare

```
%% armax viteza - pozitie cu decimare
close all
dp_armax=armax(data_id_pd,[1,1,1,0])
figure
resid(data_vd_pd,dp_armax)
figure
compare(data_vd_pd,dp_armax)
Hwu = tf(dp_armax.B, dp_armax.A, 9*Te, 'variable', 'z^-1')
Ki = dp_armax.B/0.00756; % Perioada de achizitie
Hwu_c = tf(Ki, [1 0])
```



Pentru identificare viteza-pozitie observam ca testul de autocorelatie este trecut deci putem sa-l luam ca si test valid.

Deoarece are loc o normalizare la aria impulsului, rezulta Ki = B/Te unde Te este perioada de achizit, ie = 0.00756 .Deducem astfel, functia de transfer in continuu:

Functia de transfer in discret :

$$Hwy=\frac{0.03511\, z^{-1}}{1-z^{-1}}$$

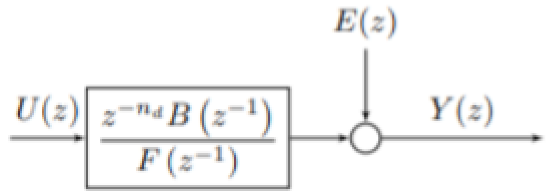
Functia de transfer in continuu:

$$H_{wy} = \frac{4.644}{s}$$

Empn=3.55%

Metoda erorii de ieșire

Schema bloc al acestui model este:



Modelul discret de tip proces+perturbație corespunzator metodei OE este:

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

Pentru identificarea modelului avem:

Nume_oe=oe(data,[n_B, n_F ,n_k])

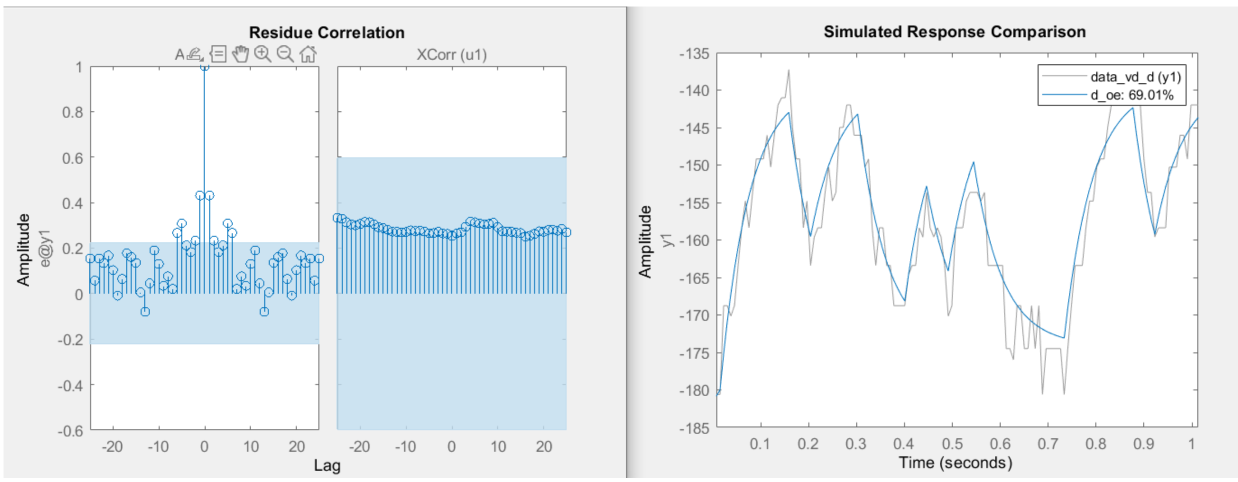
n_B-gradul polinomului B
n_F-gradul polinomului F
n_k -timp mort

Un sistem identificat folosind metoda OE trebuie validat prin intercorelație.

În MATLAB se poate face identificarea folosind rutina oe, care primește la intrare un obiect de tip iddata și parametrii de structură [nB, nF , nd] și returnează un obiect de tip idpoly care conține modelul matematic al sistemului.

<u>Identificare intrare-viteza</u>

```
%% OE decimare intrare-viteza
d_oe=oe(data_id_d,[1,1,1])%% ultimu e 0 deoarece nu este tact de intarziere

figure
resid(data_vd_d,d_oe)


figure
compare(data_vd_d,d_oe)

Hyu = tf(d_oe.B, d_oe.F, 9*Te, 'variable', 'z^-1')
Hyu_c = d2c(Hyu, 'zoh')

```



Functia de transfer in discret

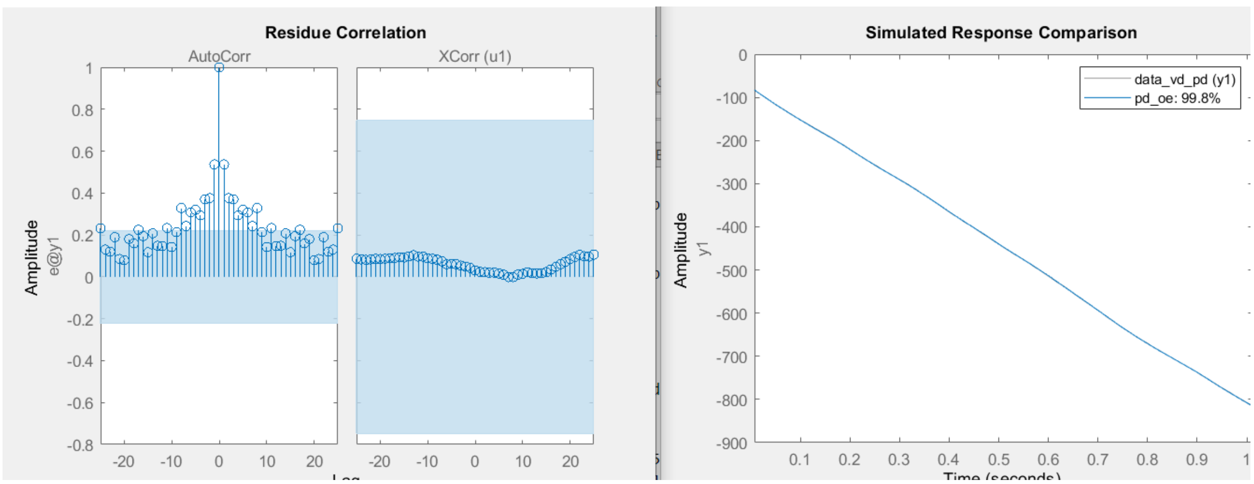
$$Huw = \frac{30.18\, z^{-1}}{1 - 0.881 z^{-1}}$$

Functia de transfer in continuu:

$$H(s) = \frac{4250}{s + 16.74}$$

Empn=12.09%

```
%% OE cu decimare viteza->pozitie

pd_oe=oe(data_id_pd,[1,1,0])%% ultimu e 0 deoarece nu este tact de intarzier

figure
resid(data_vd_pd,pd_oe)


figure

compare(data_vd_pd,pd_oe)

Hwy = tf(pd_oe.B, pd_oe.F, 9*Te, 'variable', 'z^-1')
Kwy=pd_oe.B/0.00756
Hwy_c=tf(Kwy,[1 0])
%Hyu_c = d2c(Hyu, 'zoh')
```



Functia de transfer in discret:

$$H_{wy} = \frac{0.03509}{1 - z^{-1}}$$

Funtia de transfer in continuu:

$$H(s)\ \frac{4.642}{s}$$

Empn=3.57%

Concluzie

In urma concluziilor, putem afirma ca functia de transfer determinata prin metoda parametrica este cea mai solida din urmatoarele considerente:

Identificarea se face intr-o portiune de viteza mare, motorul BLDC nefiind conceput s-a lucreze la viteze reduse (identificare treapta);

Erorile sunt mai mici

In cazul unei identificari neparametrice pot aparea erori de precizie, de vreme ce metodele parametrice folosite in MATLAB au o siguranta mare.