Proiect Identificarea Sistemelor identificarea unei axe actionate cu motor bldc

Cigan Oliviu David

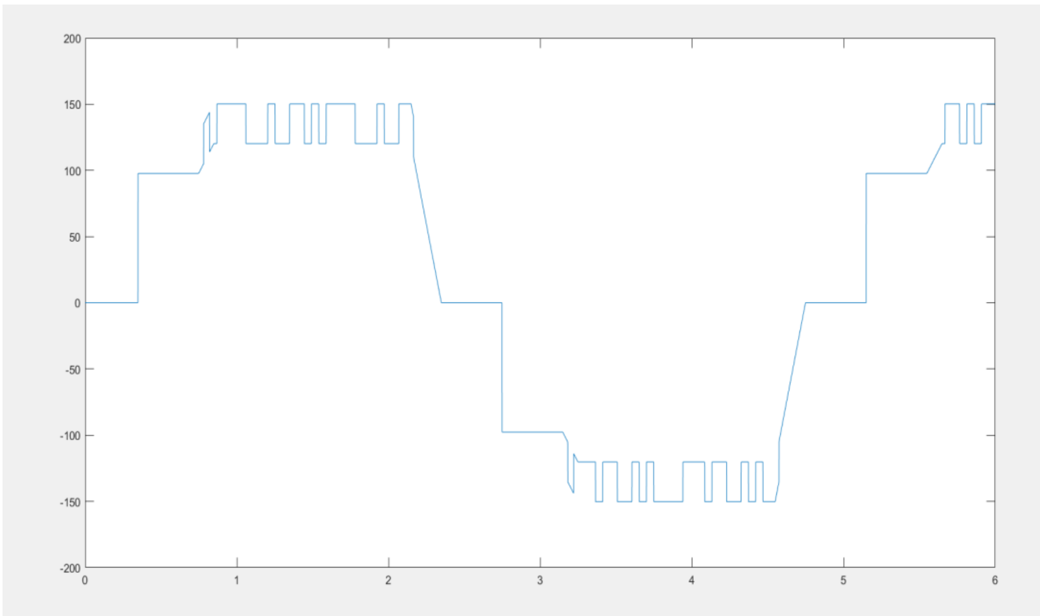
Grupa 30123

Indrumator: Prof Dr. Ing. Petru Dobra

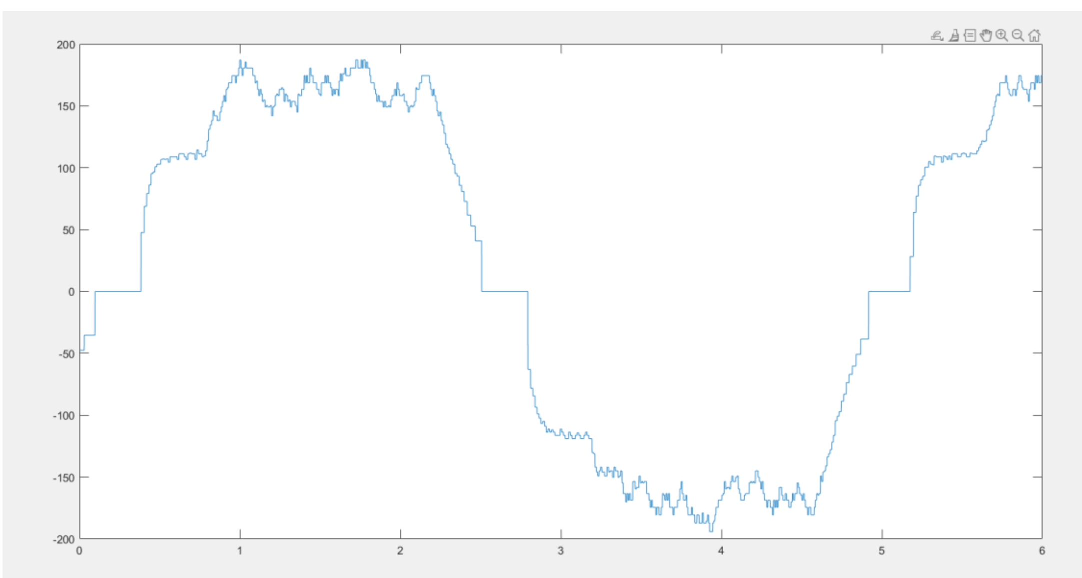
Data predarii proiectului: 16.01.2022

Intrarea care este un factor de umplere al unui semnal PWM

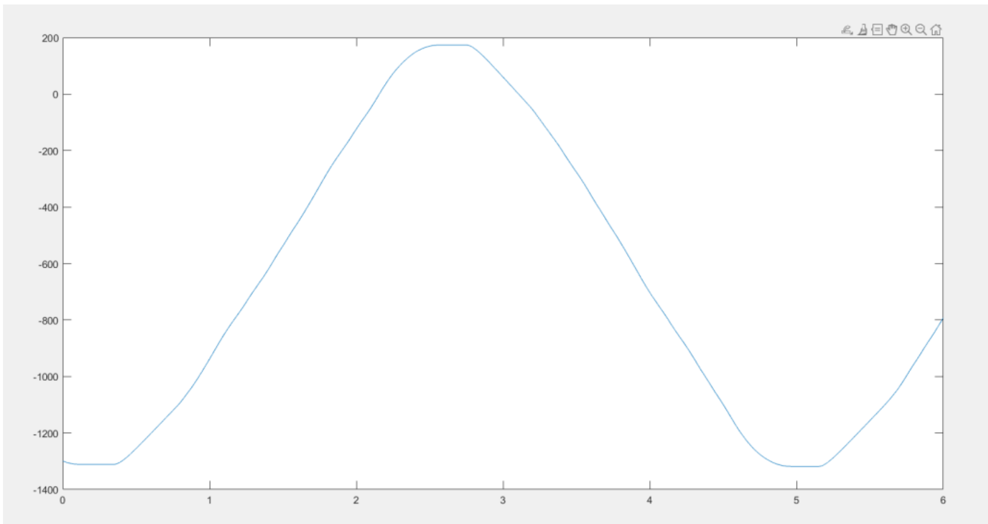
- Are forma trapezoidala, pe palierele constante fiind suprapus un SPAB pentru o identificare mai eficienta



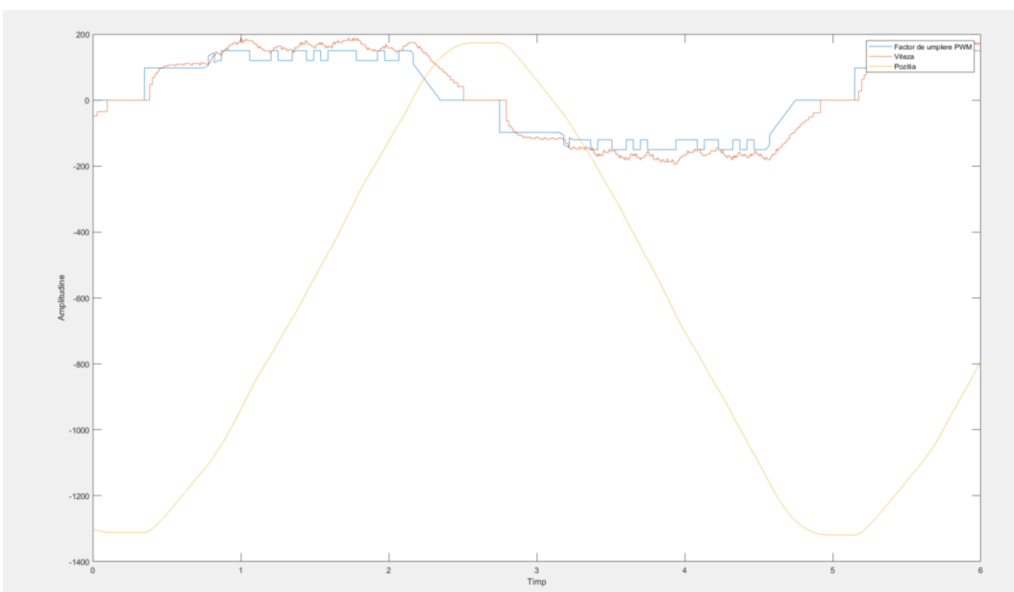
Viteza unghiulara care este masurata in radian / secunda



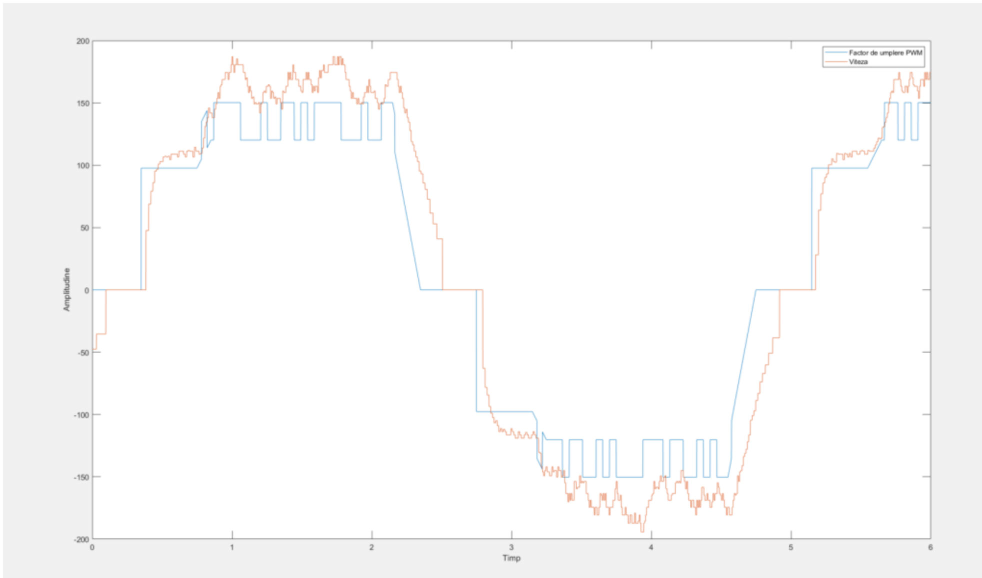
Pozitia care este masurata in impulsuri



Semnalele plotate impreuna:

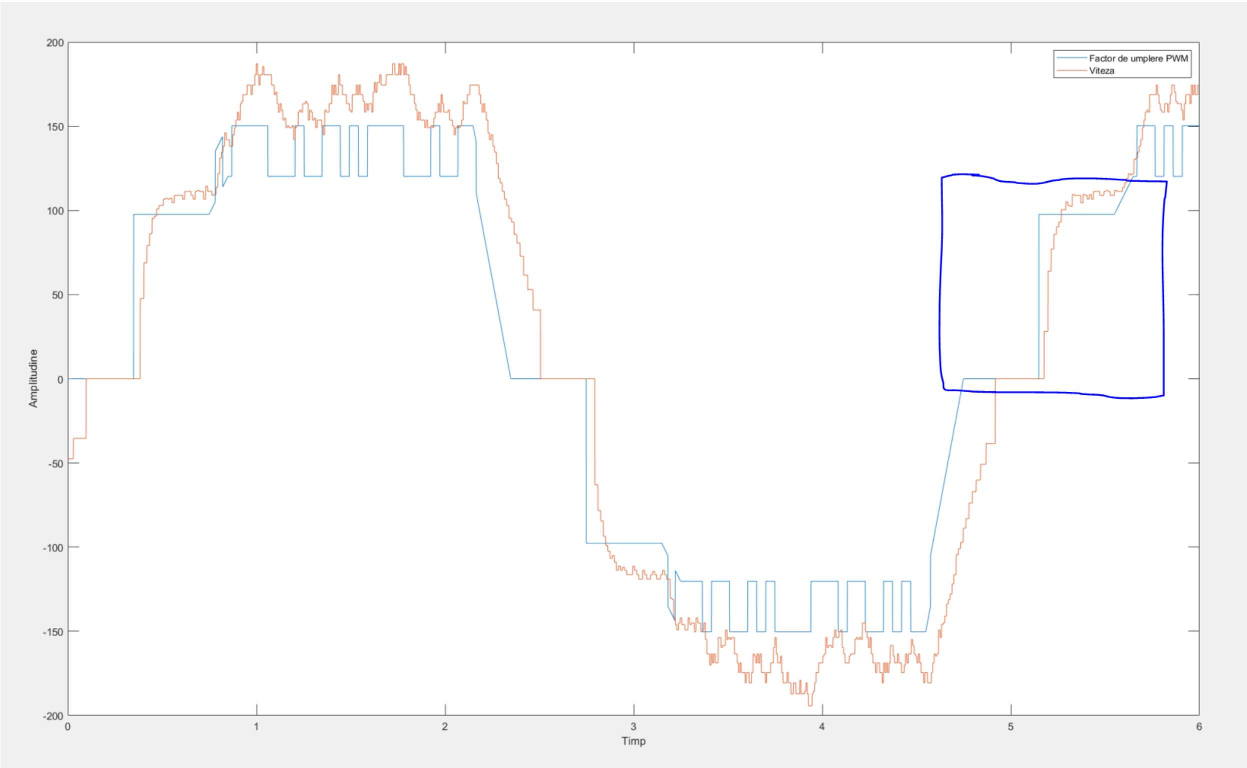


Semnalele plotate daca facem abstractie de pozitie pentru o mai buna vizualizare:



Identificarea neparametrica la treapta de ordinul 1 intrare-viteza

Se observa faptul ca putem aplica o identificare de ordinal 1, in zona din dreapta a graficului asa cum este prezentat in figura de mai jos:



Pentru care avem forma urmatoare la functia de transfer:

$$Hf(s) = \frac{K}{Ts+1} e^{-\tau_m s}$$

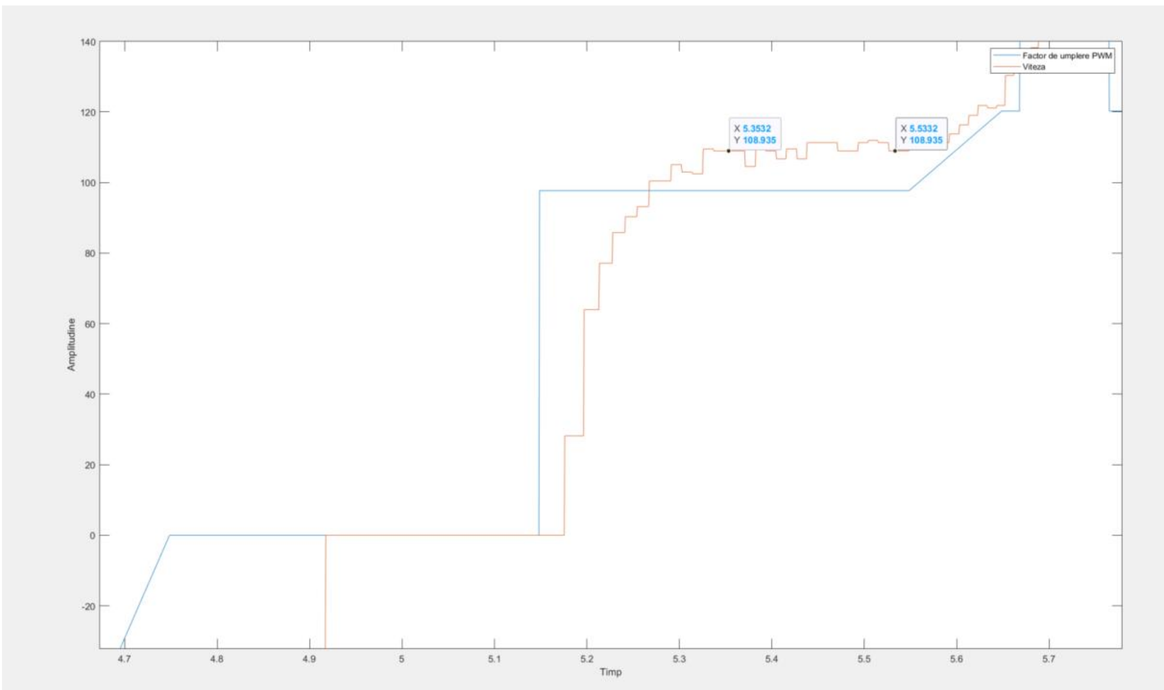
Parametrii care trebuie identificati sunt urmatorii:

- K – factorul de proportionalitate
- T – constanta de timp in secunde

Avem nevoie de preluarea valorilor medii pentru calculul factorului de proportionalitate, aceste valori medii sunt y stationar, y initial (y_0) si u stationar, u initial (u_0).

Se poate observa ca y stationar si u stationar sunt 0 deci preluarea datelor si formula se transforma in urmatorul lucru:

Preluarea idecsilor pentru calcularea valorilor medii poate sa fie gasit in graficul de mai jos:



Index1 = 7434; index2 = 7687;

$$K = \frac{\overline{y_{st}} - \overline{y0}}{\overline{u_{st}} - \overline{u0}} \Rightarrow K = \frac{\overline{y_{st}}}{\overline{u_{st}}}$$

⇨ $K = \dfrac{109.3150}{0.4884}$

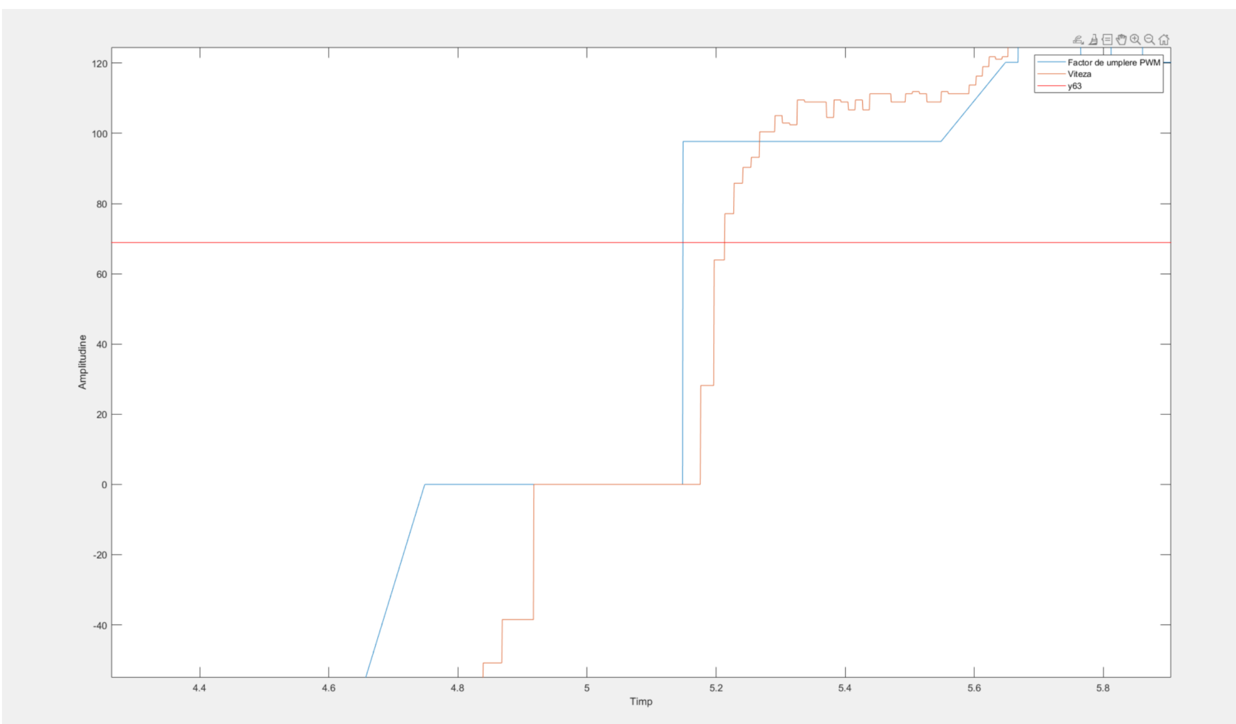
⇨ K = 223.8808

Pt identificarea constantei de timp T, trebuie sa citim variatia de timp de la momentul declansarii treptei si pana la 63% din valoarea diferentei dintre cele doua paliere stationare de la iesire (In cazul nostru viteza).

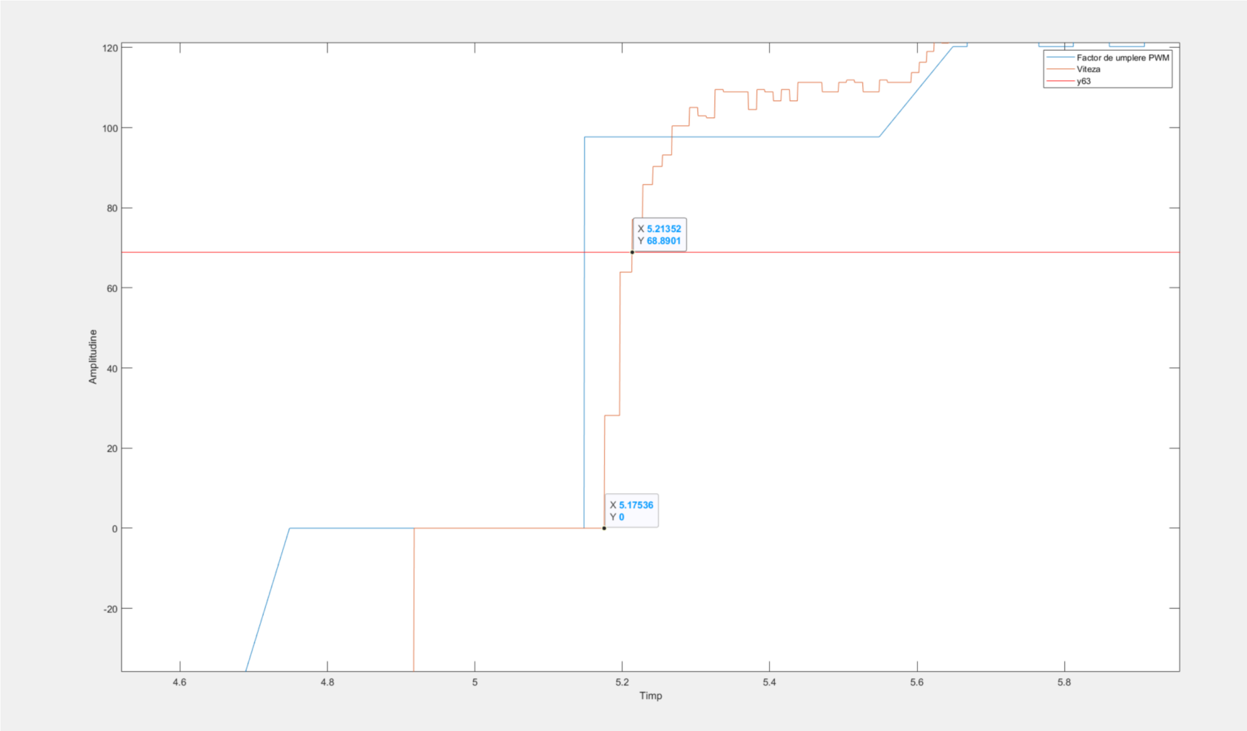
$$y(T) = 0.63\left(\overline{y_{st}} - \overline{y0}\right) + \overline{y0} \Rightarrow y(T) = 0.63\left(\overline{y_{st}}\right)$$

- ⇨ $y(T) = 0.63(109.3494)$
- ⇨ $y(T) = 68.8901$

Plotarea lui y63:



Preluarea datelor pentru identificarea constantei de timp:



Index3 = 7189; index4 = 7242;

Constanta de timp T = t(index4) – t(index2)

Unde index4 > index2

- ⇨ T = t(7242) – t(7189)
- ⇨ T = 5.2135 – 5.1773
- ⇨ T = 0.0382

Pentru identificarea timpului mort, Tau_m va trebui sa preluam 2 indecsi:

Unul care reprezinta momentul in care porneste treapta si al doilea care reprezinta momentul in care viteza reactioneaza.

index_timp_mort_1 = 7151; index_timp_mort_2 = 7188;

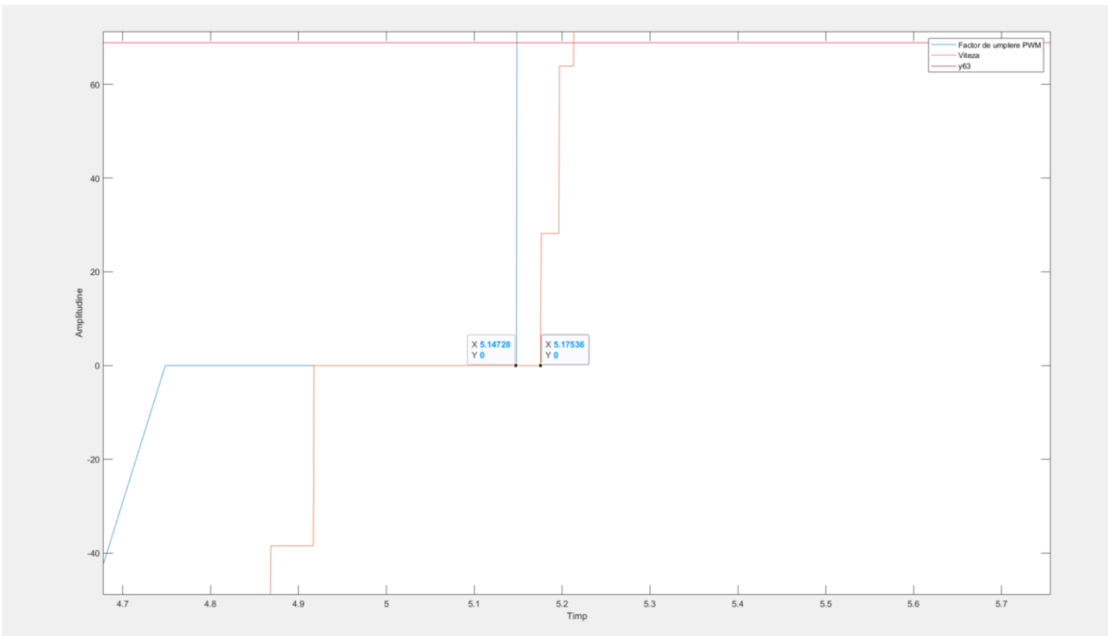
Timpul mort Tau_m = t(index_timp_mort_2 – index_timp_mort_1)

Unde index_timp_mort_2 > index_timp_mort_1

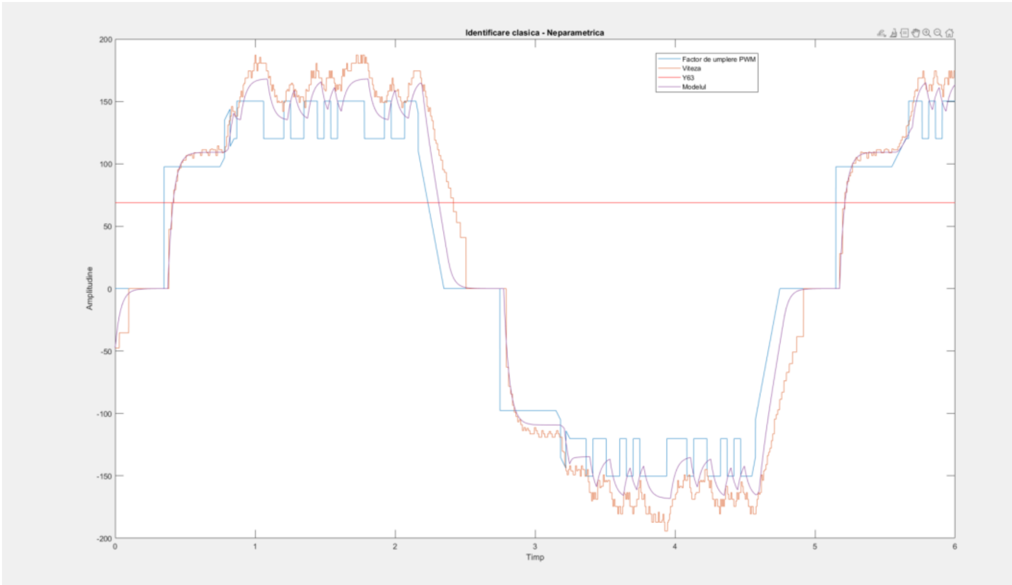
⇨ Tau_m = t(7188) – t(7151)

⇨ Tau_m = 5.1746 – 5.1480

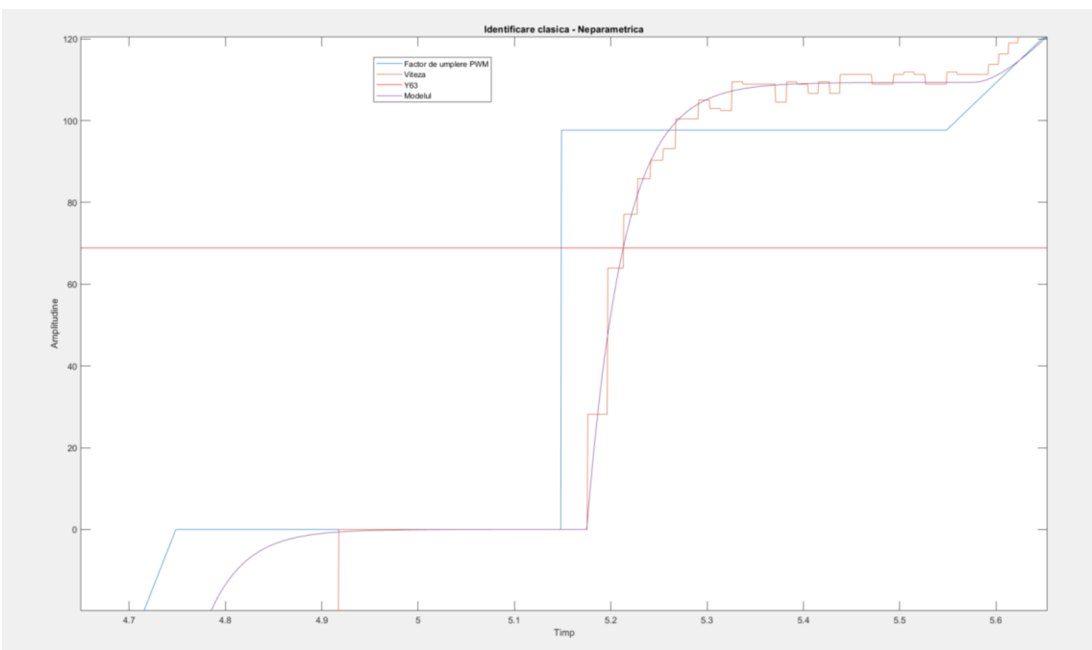
⇨ Tau_m = 0.0266



Dupa ce am scalat intrarea cu Tau_m (si anume cu timpul mort), putem sa identificam sistemul, care arata in felul urmator:



Se poate observa faptul ca sistemul porneste din timpul mort



De asemenea avem urmatoarea eroare medie patratica / eroare medie patratica normalizata:

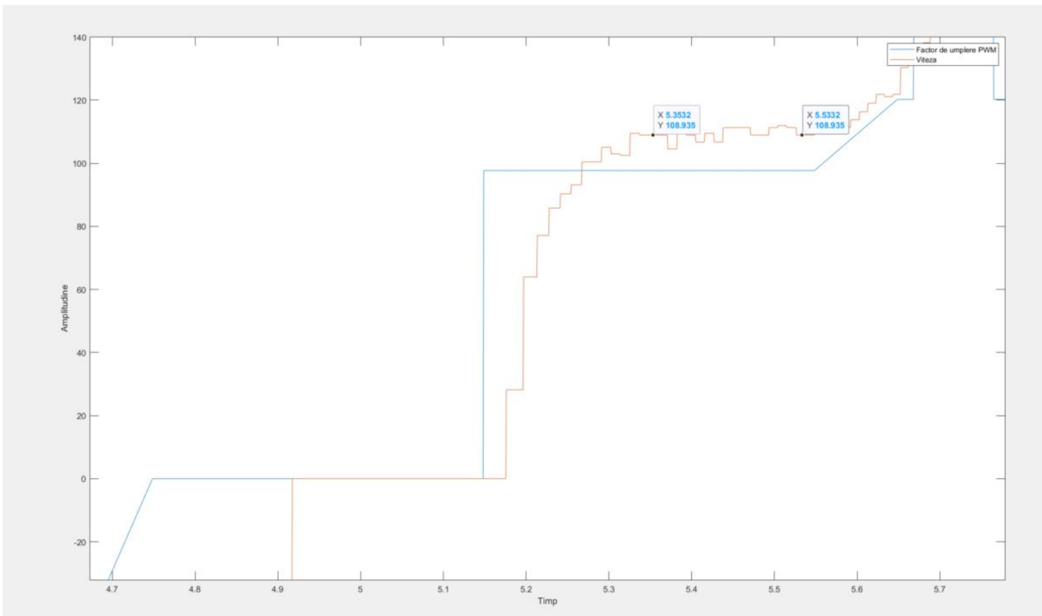
```
J =

  single

   18.1037


eMPN =

  single

    0.1371
```

Avem urmatoarea functie de transfer cu timp mort pentru sistemul identificat:

```
Hs =

                         223.9
  exp(-0.0266*s) * -------------
                   0.03816 s + 1

Continuous-time transfer function.
```

Identificarea neparametrica la viteza-pozitie

Preluarea a doi indecsi in zona in care viteza este stationara:



Relatia dintre viteza si pozitie ne spune ca

- Integrata vitezei este pozitia
- Derivata pozitiei ne da viteza

Modelul mathematic al integratorului ar fi urmatoarul:

Hi = $\frac{K\_tetha}{s}$

Parametrul care trebuie identificat este K_tetha, care se poate obtine din relatia urmatoare:

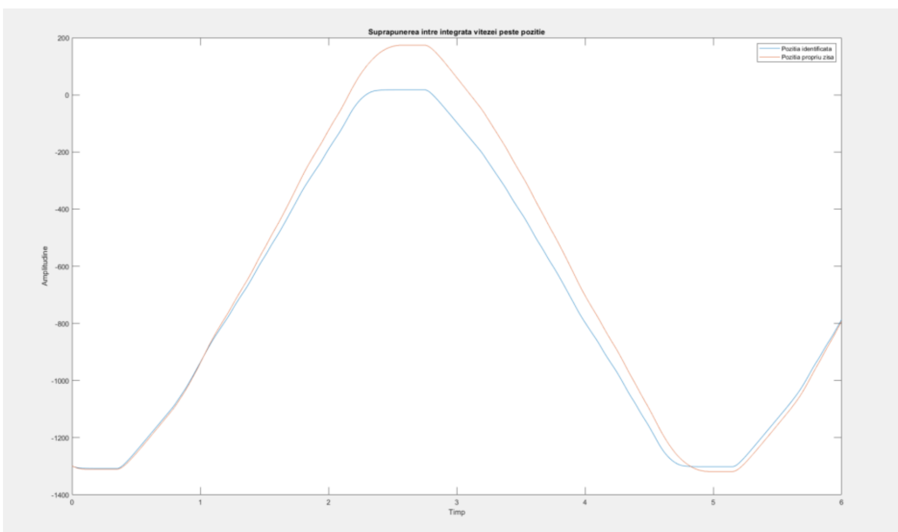
$K_{theta} * \int_{t1}^{t2} w d\tau$ => K_theta = $\frac{\theta t2 - \theta t1}{\overline{w} * (t2 - t1)}$

K_theta = 4.9121;

Astfel prin derivarea vitezei, vom obtine pozitia. Suprapunerea celor doua arata in felul urmator:

$$\frac{W(s)}{U(s)} = \frac{Kw}{Tw * s + 1} = \frac{(Tw * s + 1) * W(s)}{Kw * U(s)}$$

Dupa ce aplicam un Laplace la -1 => $Tw * \frac{dw}{dt} + w(t) = Kw * u(t)$



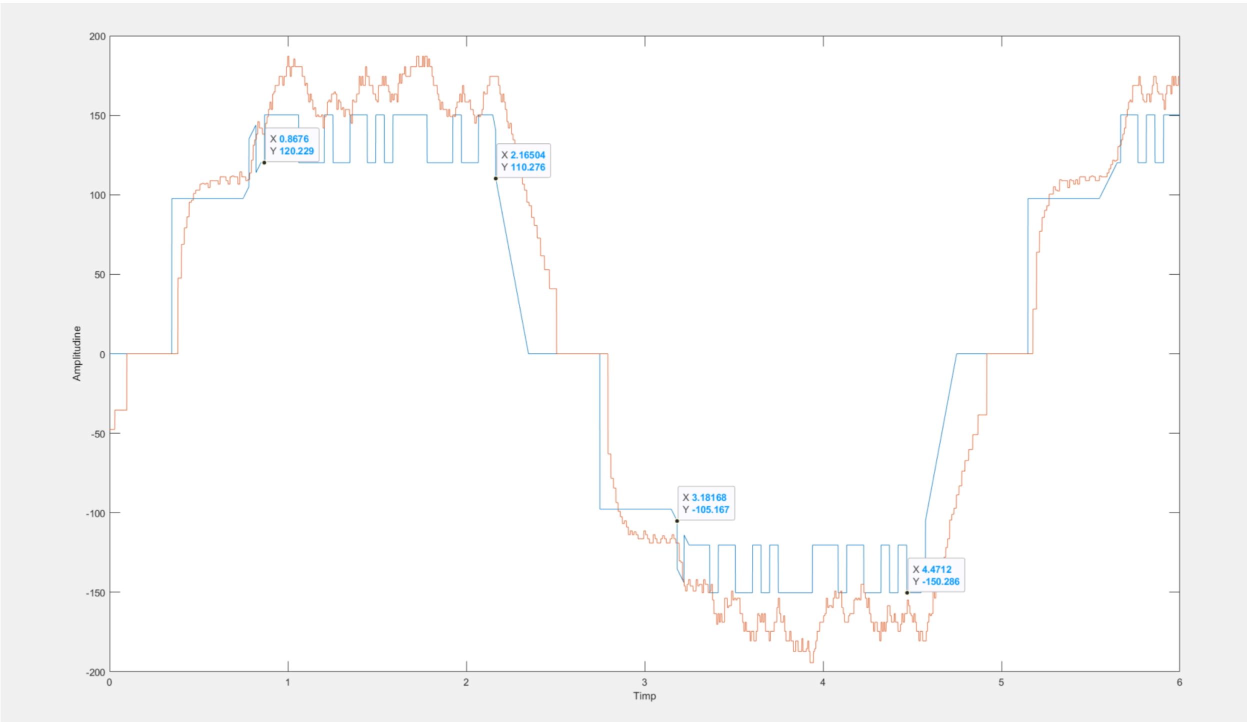
Cu urmatoarea eroare medie patratica relativa:

Cu eMPN = 0.1447 => eMPN = 15%;

Motivul pentru care identificarea noastra nu urca pana unde ne dorim este parametrul K, care poate sa fie influentat atat de modul in care se prelueaza datele dar si din cauza zgomotului la nivelul datelor de achizitie.

Identificarea parametrica

Preluarea indecsilor si calcularea intervalelor de date pentru identificare si validare.



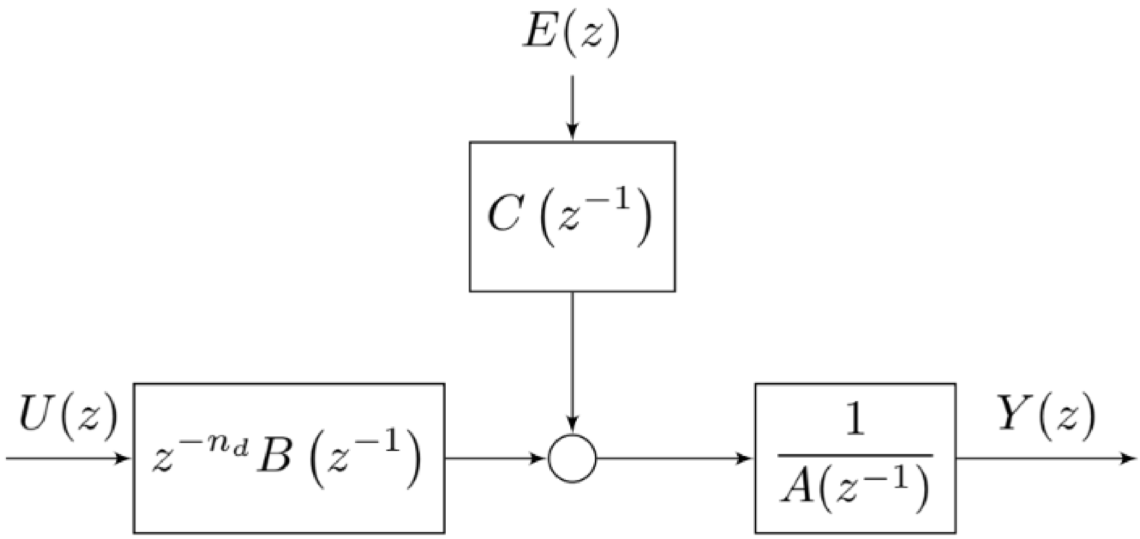
Preluarea idecsilor se face in zona unde avem semnal de tip SPAB, acesta induce o identificare mai buna.

Astfel in cadrul identificarii parametrice avem urmatoarele 4 modele:

Intrare-Viteza atat prin autocorelatie cat si prin intercorelatie

Viteza-Pozitie atat prin autocorelatie cat si prin intercorelatie

Structura generala a metodei celor mai mici patrate extensa (ARMAX):



Astfel parametrii de structura pentru functia ARMAX sunt de urmatoarea forma:

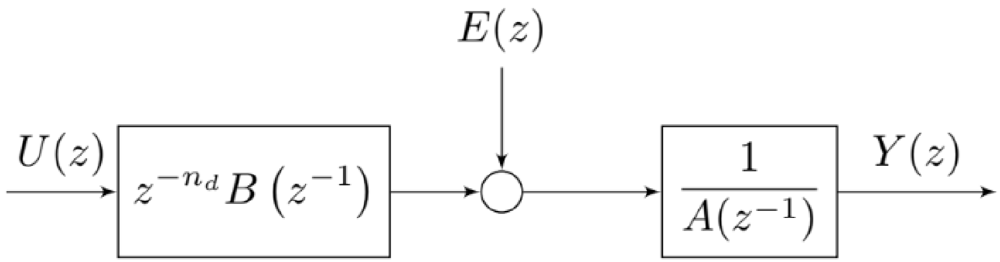
[nA, nB, nC, nK] unde

- nA este ordinul polinomului A (numarul de poli)
- nB este ordinul polinomului B + 1 (numarul de zero-uri + 1)
- nC este ordinul polinomului C
- nK este timpul mort (numarul de tacti de intarziere)

Cu forma generala:

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

Structura generala a metodei celor mai mici patrare (ARX):



Astfel parametrii de structura pentru functia ARX sunt de urmatoarea forma:

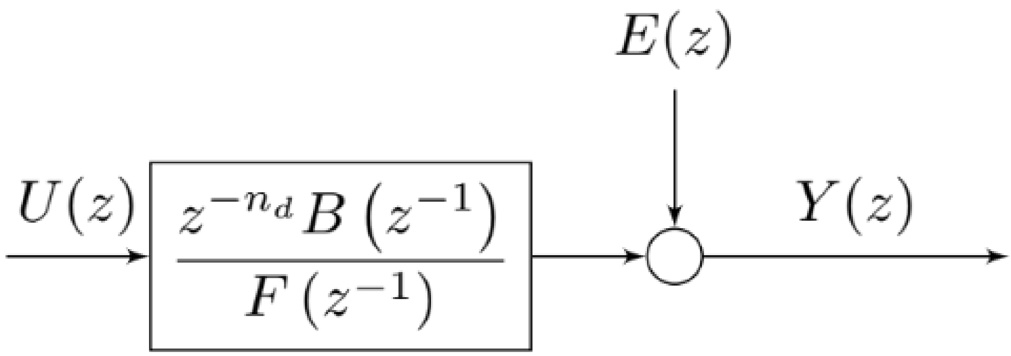
[nA, nB, nK] unde

- nA este ordinul polinomului A (numarul de poli)
- nB este ordinul polinomului B + 1 (numarul de zero-uri + 1)
- nK este timpul mort (numarul de tacti de intarziere)

Cu forma generala:

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

Structura generala a metodei erorii de iesire (OE):



Astfel parametrii de structura pentru functia OE sunt de urmatoarea forma:

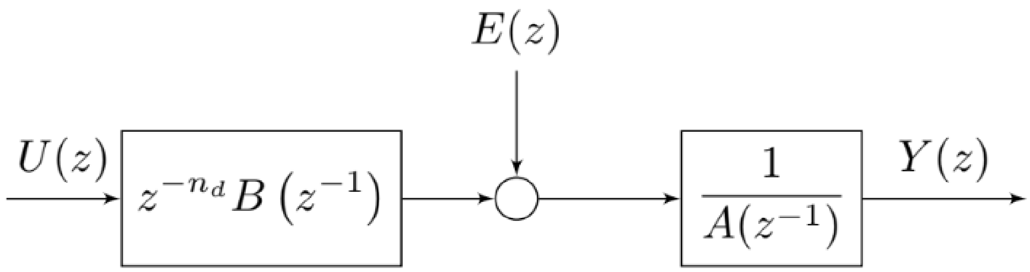
[nA, nB, nK] unde

- nF este ordinul polinomului F (numarul de poli)
- nB este ordinul polinomului B + 1 (numarul de zero-uri + 1)
- nK este timpul mort (numarul de tacti de intarziere)

Cu forma generala:

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

Structura generala a metodei variabile instrumentale (IV4):



Astfel parametrii de structura pentru functia OE sunt de urmatoarea forma:

[nA, nB, nK] unde

- nA este ordinul polinomului A (numarul de poli)
- nB este ordinul polinomului B + 1 (numarul de zero-uri + 1)
- nK este timpul mort (numarul de tacti de intarziere)

Cu forma generala:

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

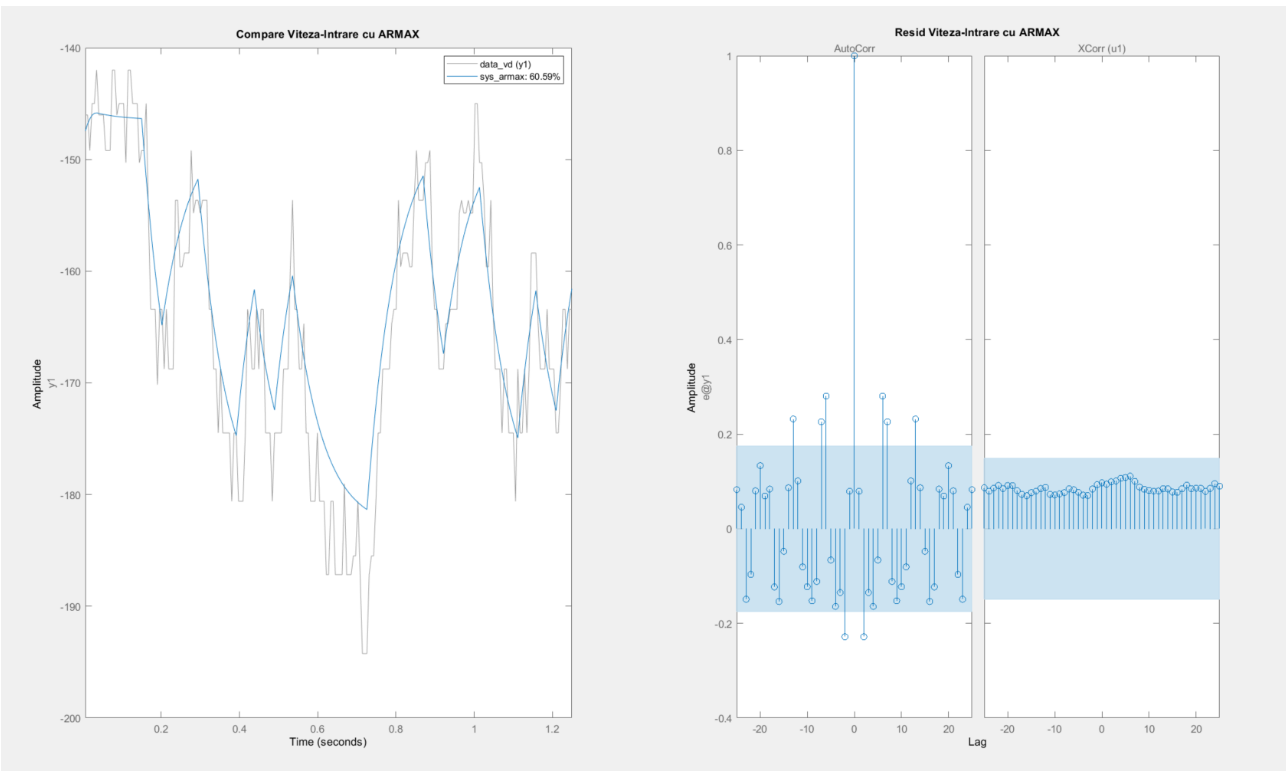
Identificare intrare-viteza prin ARMAX: (Autocorelatia)

Cu urmatorii parametrii de structura:

[1, 1, 1, 1]

nA = 1; nB = 1; nC = 1;

nk = 1 deoarece avem o interfata intre CNC si process continuu care introduce intarziere.



Se poate observa ca testul de autocorelatie este trecut cu brio, primele cateva valori se afla in banda de trecere si exista o corelatie mare intre ele.

Pe de alta parte, gradul de suprapunere este de doar 60.59% insa acest lucru este datorat atat achizitiei de date cat si zgomotului prezent.

Functia de transfer in discret arata in felul urmator:

```
   18.23 z^-1
 ---------------
 1 - 0.9252 z^-1

Sample time: 0.00576 seconds
Discrete-time transfer function.
```

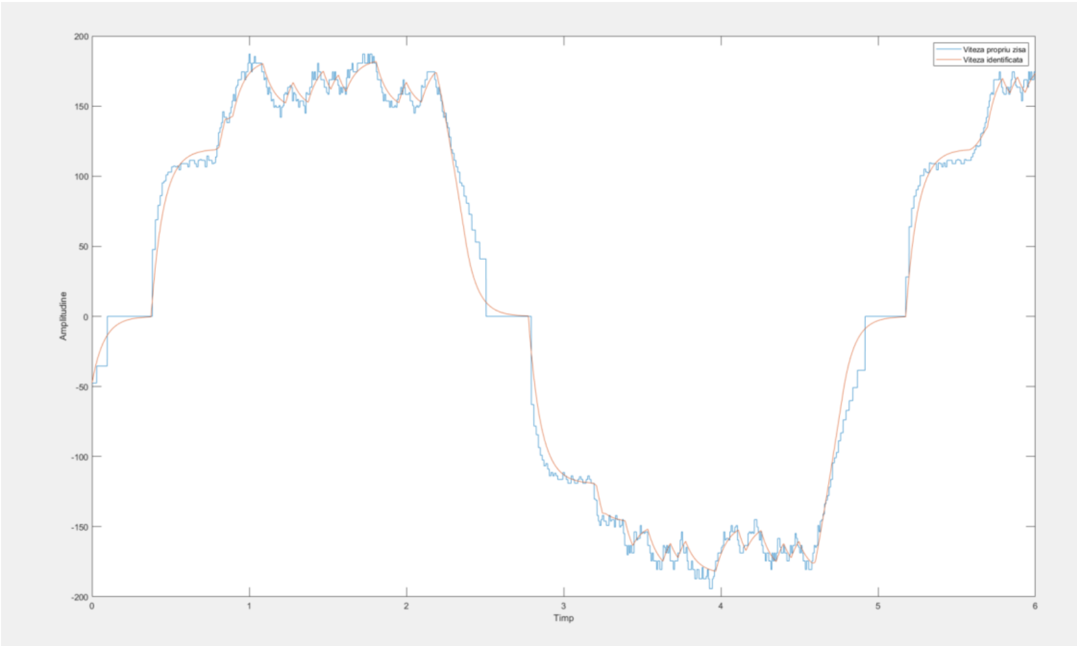
Functia de transfer in continuu prin transformarea cu d2c: (zoh)

```
Hw_armax_viteza_continuu =

    3289
  --------
  s + 13.5

Continuous-time transfer function.
```

Scrisa sub forma $\frac{K}{Ts+1}$ =>

```
     244.6
  ------------
  0.0771 s + 1

Continuous-time transfer function.
```

Fitul datelor identificate si celor experimentale arata in felul urmator:



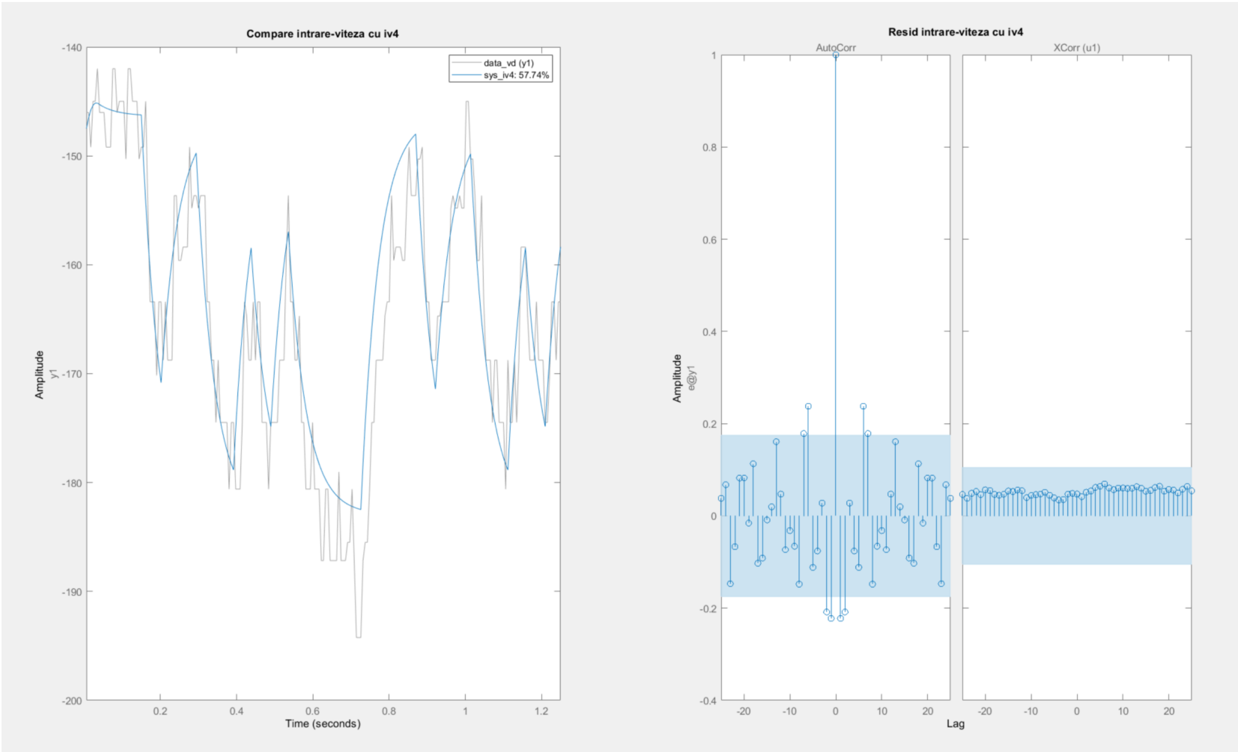
Cu eMPN = 0.0796 adica 8%

Identificare intrare-viteza prin intermedium iv4: (Intercorelatia)

Cu urmatorii parametrii de structura:

[1, 1, 1]; nA = 1; nB = 1;

nk = 1 deoarece avem o interfata intre CNC si proces continuu care introduce intarziere.



Se poate observa ca testul de intercorelatie este trecut cu brio.

Gradul de suprapunere este de doar 57.74% insa aceeasi problema exista si aici, zgomot destul de mare.

Functia de transfer in discret:

```
Hw_iv4_viteza =

    28.23 z^-1
  --------------
  1 - 0.884 z^-1

Sample time: 0.00576 seconds
Discrete-time transfer function.
```

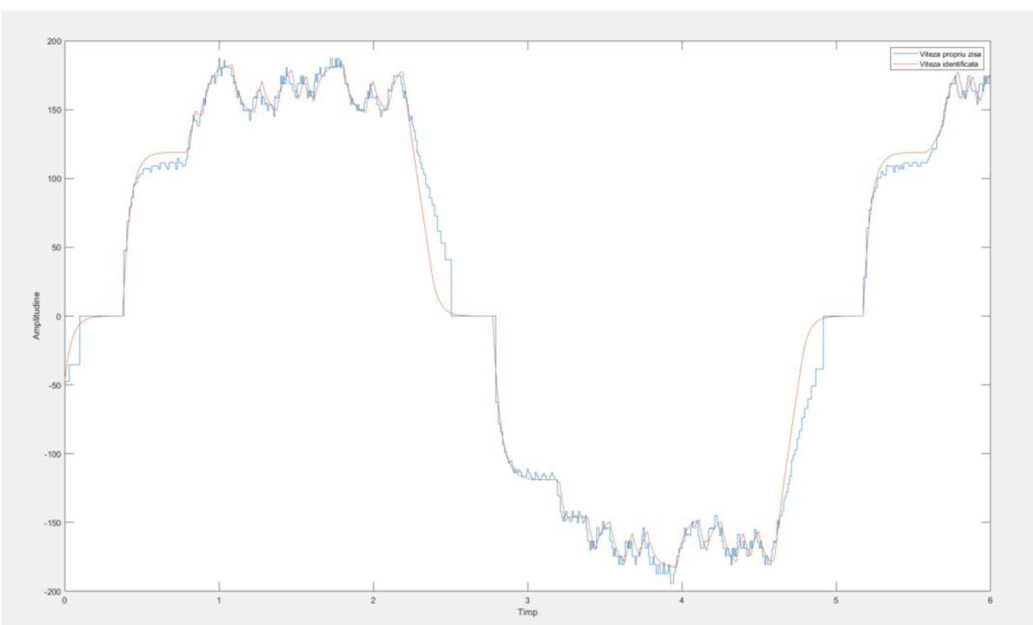
Functia de transfer in continuu arata in felul urmator: (d2c cu zoh)

```
    5210
  --------
  s + 21.4

Continuous-time transfer function.
```

Scrisa sub forma $\frac{K}{Ts+1}$ =>

```
     243.5
  -------------
  0.04673 s + 1

Continuous-time transfer function.
```

Fitul datelor identificate si celor experimentale arata in felul urmator:



Cu eMPN = 0.1001 adica 10%

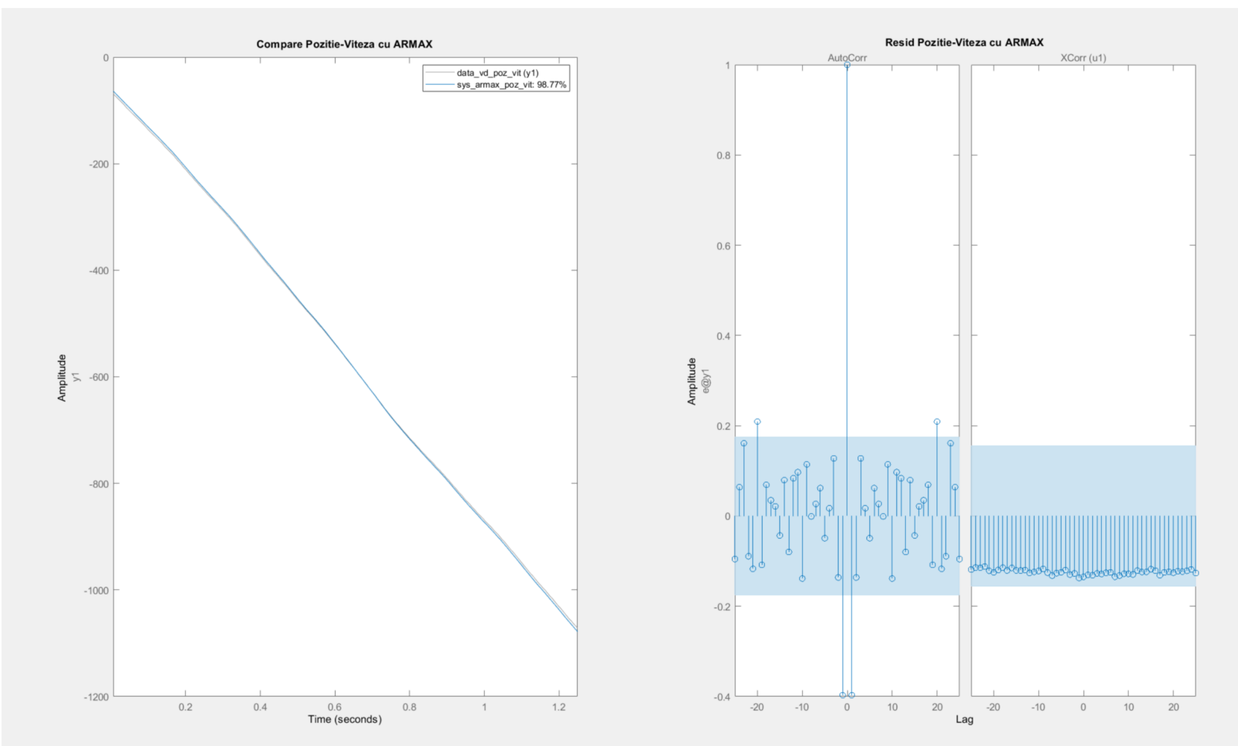
Identificare viteza-pozitie prin intermedium ARX: (Autocorelatia)

Cu urmatorii parametrii de structura:

[1, 1, 0]

nA = 1; nB = 1;

nk = 0 => nu avem intarziere deoarece procesul este unul continuu; pozitia si viteza sunt marimi fizice care depind una de alta => daca se schimba una se schimba si cealalta;



La suprapunere (compare) observam ca avem o precizie foarte buna, 99.77%.

Pe de alta parte la autocorelatie observam un anumit deranj, fenomenul este similar cu ce am explicat mai sus.

Aici se cunoaste din fizica ca avem un K/s (Ideal un 1/s dar se numara impulsuri, se mai scaleaza masuratorile in calculator)

In contextual actual, noi am ales H(z) = b1/(z + a1), nu putem sa fortam ca acesta sa fie explicit integrator.

In urma identificarii, cum nu avem fix numerele perfecte de la pozitie si viteza, solver-ul nu scoate exact valorile dorite din cauza zgomotelor. De aceasta reiese ca modelul nu se potriveste perfect cu datele.

Cum arata functia in discret:

```
  0.02841
  --------
  1 - z^-1

Sample time: 0.00576 seconds
Discrete-time transfer function.
```

Functia de transfer a integratorului trebuie calculata cu metoda invariantei raspunsului la impuls:

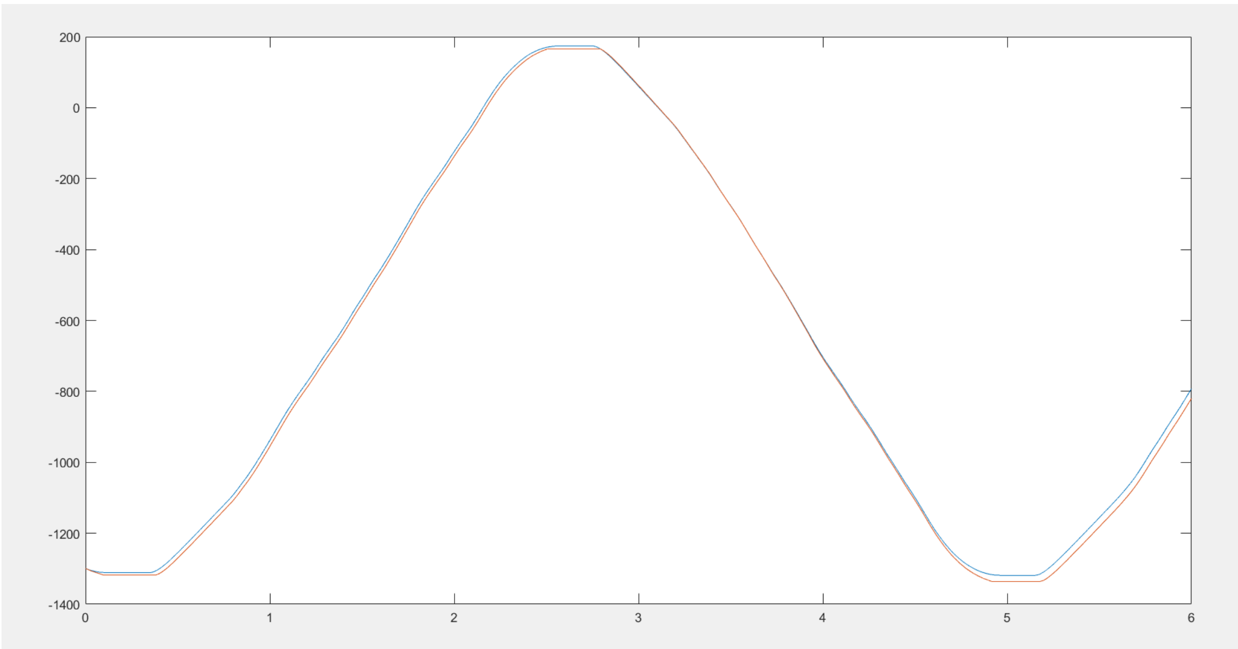
$$H(z) = \frac{0.02841}{1-z^{-1}}$$

$$H(s) = \mathcal{L}^{-1}\{\frac{0.02841}{1-z^{-1}}\}$$

$$H(s) = \frac{0.02841}{Te}\mathcal{L}^{-1}\{\frac{1}{1-z^{-1}}\}$$

$$H(s) = \frac{4.932}{s}$$

Fitul datelor identificate si celor experimentale arata in felul urmator:



Cu eMPN = 0.0275 adica 2%

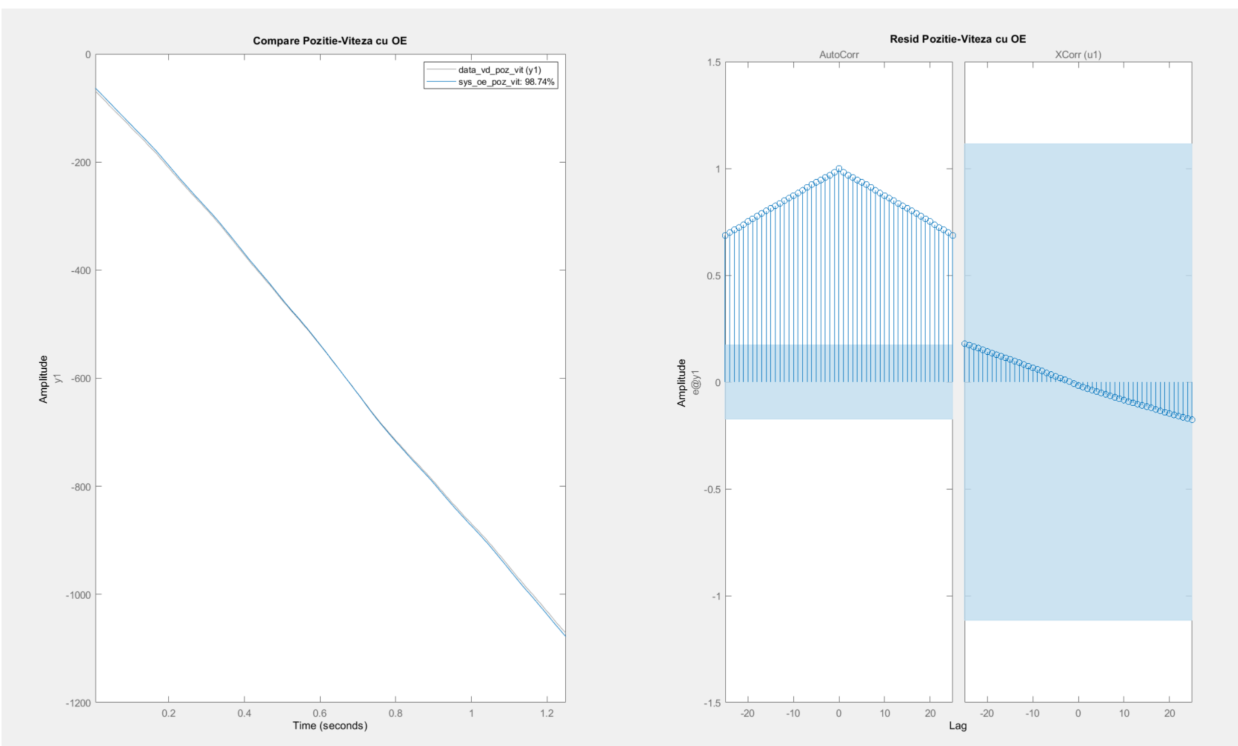
Identificare pozitie-viteza prin intermedium OE: (Intercorelatia)

Structura parametrica este urmatoarea:

[1, 1, 0]

nF = 1; nB = 1;

nk = 0 => nu avem intarziere deoarece procesul este unul continuu; pozitia si viteza sunt marimi fizice care depind una de alta => daca se schimba una se schimba si cealalta;



Observam ca la compare avem un fit de 98.74%, ceea ce este foarte bine.

De asemenea observam ca testul intercorelatiei este trecut cu brio, datele aflandu-se in banda de incredere.

Functia in discret arata in felul urmator:

```
  0.02847
  --------
  1 - z^-1

Sample time: 0.00576 seconds
Discrete-time transfer function.
```

Functia de transfer a integratorului trebuie calculata cu metoda invariantei raspunsului la impuls:

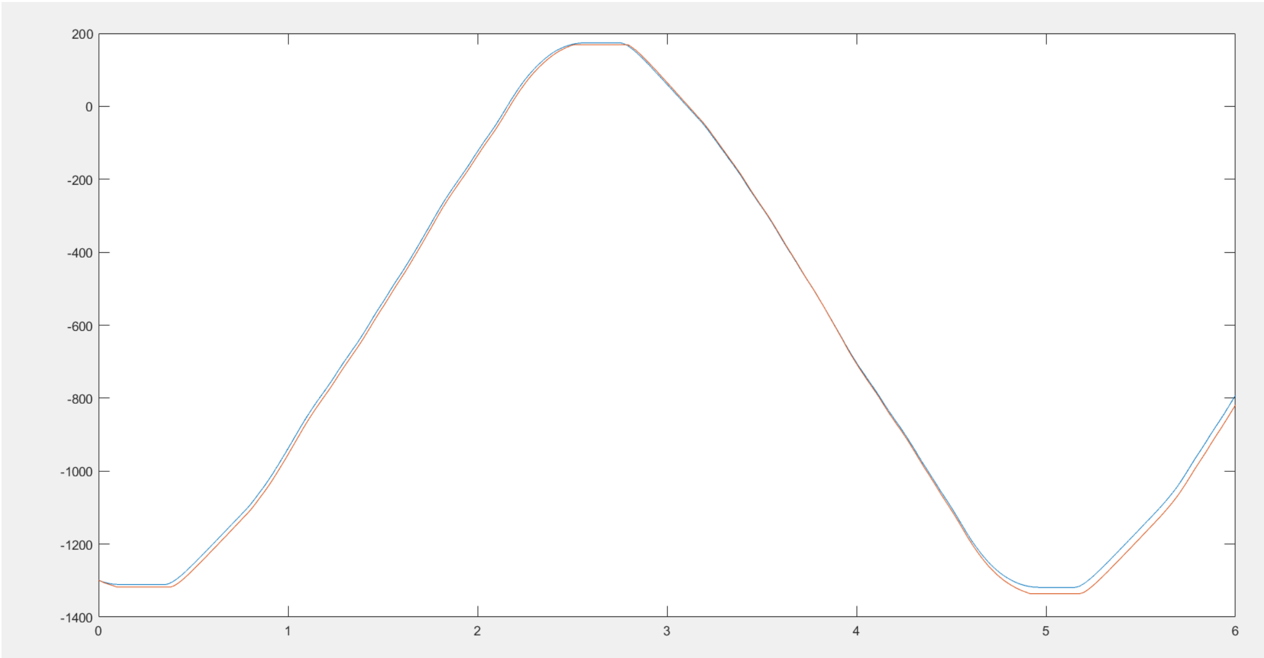
$$H(z) = \frac{0.02847}{1-z^{-1}}$$

$$H(s) = \mathcal{L}^{-1}\{\frac{0.02847}{1-z^{-1}}\}$$

$$H(s) = \frac{0.02847}{Te}\mathcal{L}^{-1}\{\frac{1}{1-z^{-1}}\}$$

$$H(s) = \frac{4.9427}{s}$$

Fitul datelor identificate si celor experimentale arata in felul urmator:



Cu eMPN = 0.0263 adica 2%

Concluzie:

Neparametric:

Intrare – Viteza => eMPN = 0.1339 ~= 13%

Viteza - Pozitie => eMPN = 0.1605 ~= 15%

Parametric cu autocorelatie: (ARX + ARMAX)

Intrare - Viteza => eMPN = 0.0921 ~= 8% (ARMAX)

Viteza - Pozitie => eMPN = 0.1344 ~= 2% (ARX)

Parametric cu intercorelatie: (IV4 + OE)

Intrare - Viteza => eMPN = 0.1344 ~= 10% (IV4)

Viteza - Pozitie => eMPN = 0.0263 ~= 2% (OE)

Modelul pe care aleg sa-l validez este al doilea (ARX + ARMAX), deoarece a trecut testul de autocorelatie cu usurinta, obtinandu-se niste valori optime ale erorilor.