



Proiect
Identificarea Sistemelor

10.Ianuarie.2020

-IDENTIFICAREA UNEI AXE ACTIONATE-
-CU MOTOR BDLC-

Coordonator:

Prof.univ.dr.ing. Petru Dobra

Student:

Gheorghita-Seceanu Vlad

Gr: 30133

OBTINEREA DATELOR EXPERIMENTALE

Introducere:

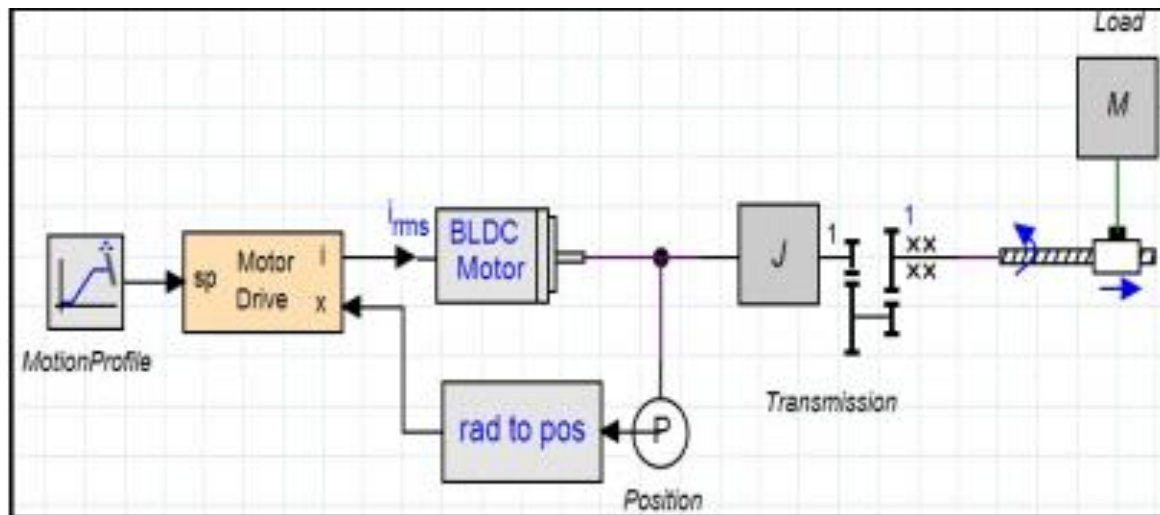
In figura alaturata este prezentat un CNC actionat cu motor BDLC.



Aparatura utilizata:

- Sursa de alimentare
- Multimetru
- Driver de putere
- Osciloscop
- Sistem numeric de comanda si achizitie a datelor

Sistemul mecanic de pozitionare si stemul de actionare cu motor BDLC pentru o axa (conform figurii de mai jos):



Motorul este comandat cu ajutorul unui driver de putere comandat in PWM. Viteza unghiulara si pozitia se masoara pe baza semnalelor provenite de la cei trei senzori "Hall" montati in statorul motorului. Rotorul motorului BDLC are cinci perechi de poli magnetici, iar caracteristicile electro-mecanice ale motorului sunt prezentate in figura de mai jos:

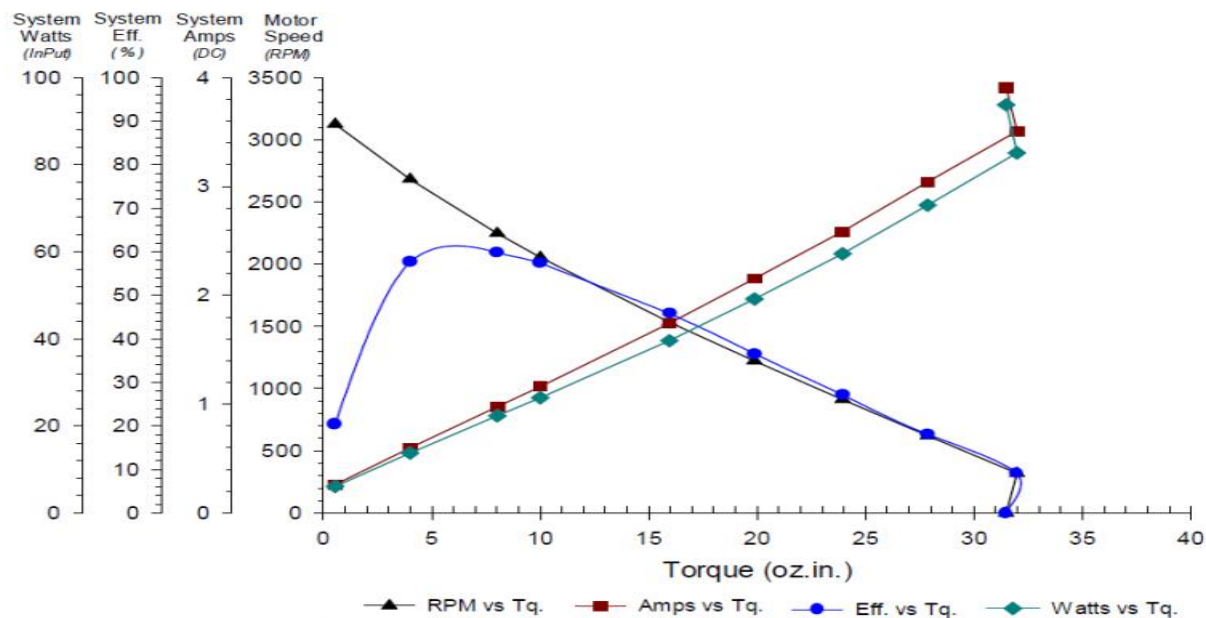


Figura 1.3: Caracteristicile electro-mecanice ale motorului BLDC

ACHIZITIA DATELOR DE INTRARE-IESIRE

Utilizand un sistem numeric de comanda se genereaza semnalele de comanda pentru motorul BDLC (SPAP + SP) si se achizitioneaza datele intrare-iesire in vederea procesarii ulterioare (comanda (factor de umplere), curent (i), viteza unghiulara (w) si pozitia unghiulara (th)).

Desfasurarea experimentului:

- Se alimenteaza asamblul driver + motor BDLC cu $U_a = 24V$
- Se efectueaza urmatorul experiment:

Experiment A

- A.1 Se genereaza un semnal de comanda sinusoidal peste care se suprapune SPAB avand caracteristicile corelate cu dinamica ansamblului "motor BDLC + axa".
- A.2 Se vizualizeaza si se masoara sincron intrarea si iesirile, obtinand datele experimentale: $[t_k, u_k, w_k, th_k]$, $k=1,2,\dots$.

PROCESAREA DATELOR EXPERIMENTALE

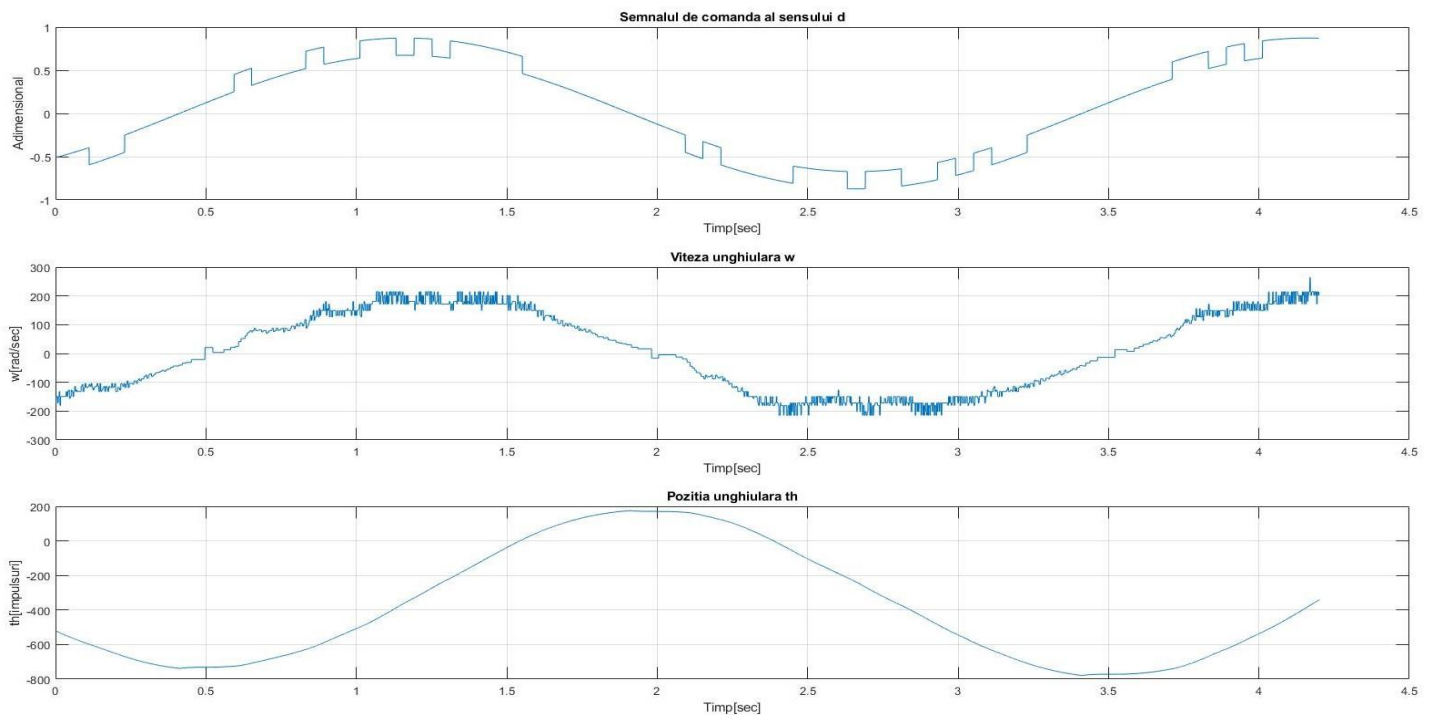
Vizualizarea datelor experimentale utilizand mediul Matlab prin importarea fisierului "gheorghita.mat".

Se atribuie variabilelor t , d , w si th valorile din tabelul fisierului "gheorghita.mat"

(t – timpul simulat, d – semnalul de comanda, w – viteza unghiulara, th – pozitia unghiulara)

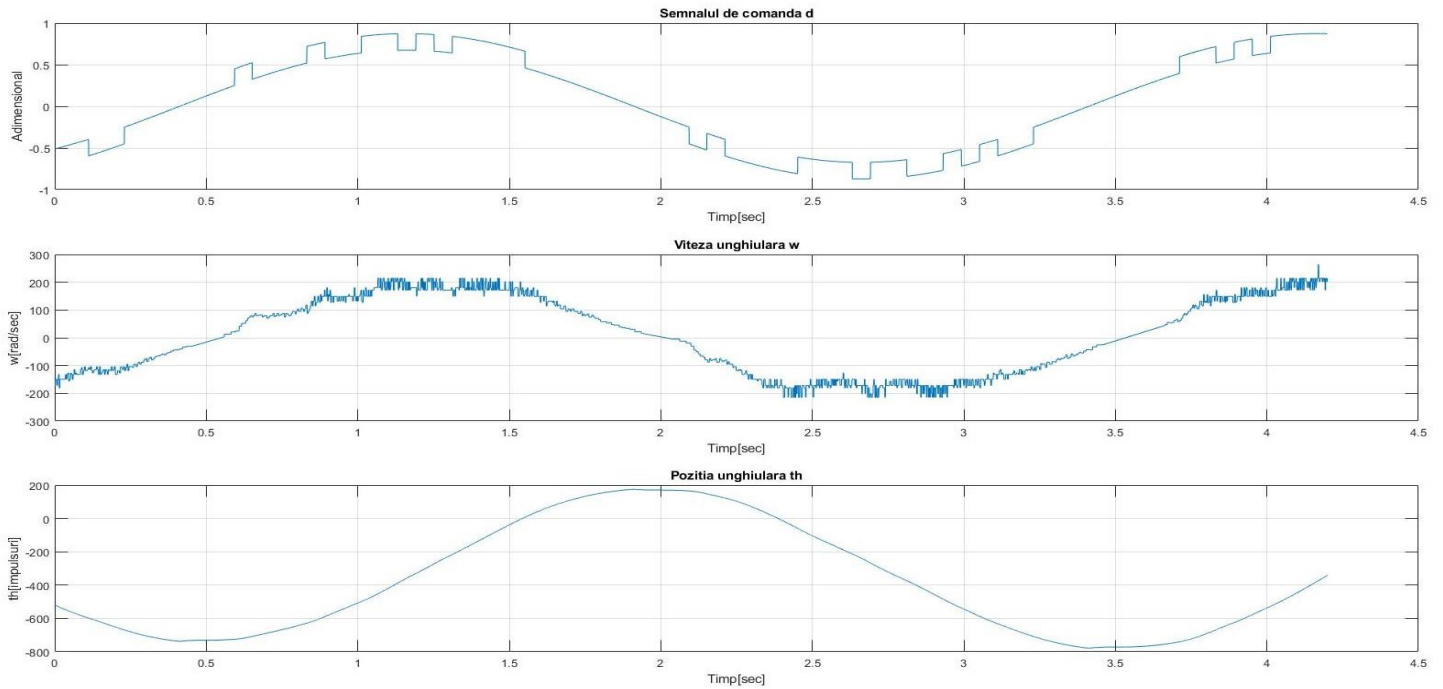
Se vor determina functiile de transfer ale ansamblului "motor BLDC + axa" utilizand metodele de identificare parametrica (MCMMPR, MCMMPPE, VI, MEP, etc).

In vederea realizarii acestui proiect, s-au importat datele primite din fisierul "gheorghita.mat"



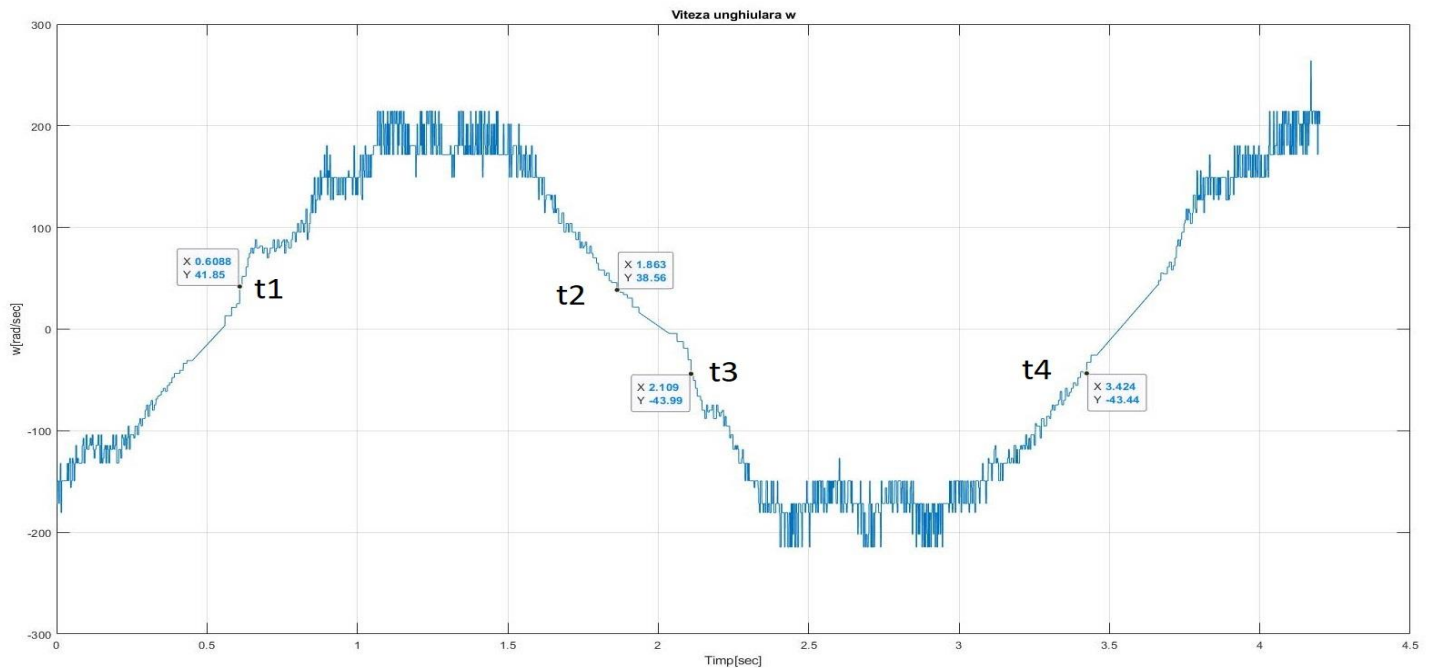
Interpolarea datelor invalide:

Interpolarea se realizeaza pentru a inlocui datele invalide (cauzate de lipsa masuratorilor la viteze unghiulare mici, cand apare schimbarea sensului de miscare). Astfel, se face rost de masuratori approximate in locul celor invalide.



TESTUL DE DECORELARE:**Achizitia datelor:**

De pe graficul vitezei unghiulare se aleg 4 puncte distincte (conform figurii de mai jos):



Din intervalul $[t1:t2]$ se extrag datele de identificare, iar din intervalul $[t3:t4]$ se extrag datele de validare in aceleasi conditii de zgomot.

Perioada de esantionare " T_e " se afla prin calculul a 2 valori consecutive a timpului simulat:

$$T_e = t(2) - t(1) = 4 * 10^{-4} [sec]$$

Identificarea si validarea vitezei unghiulare:

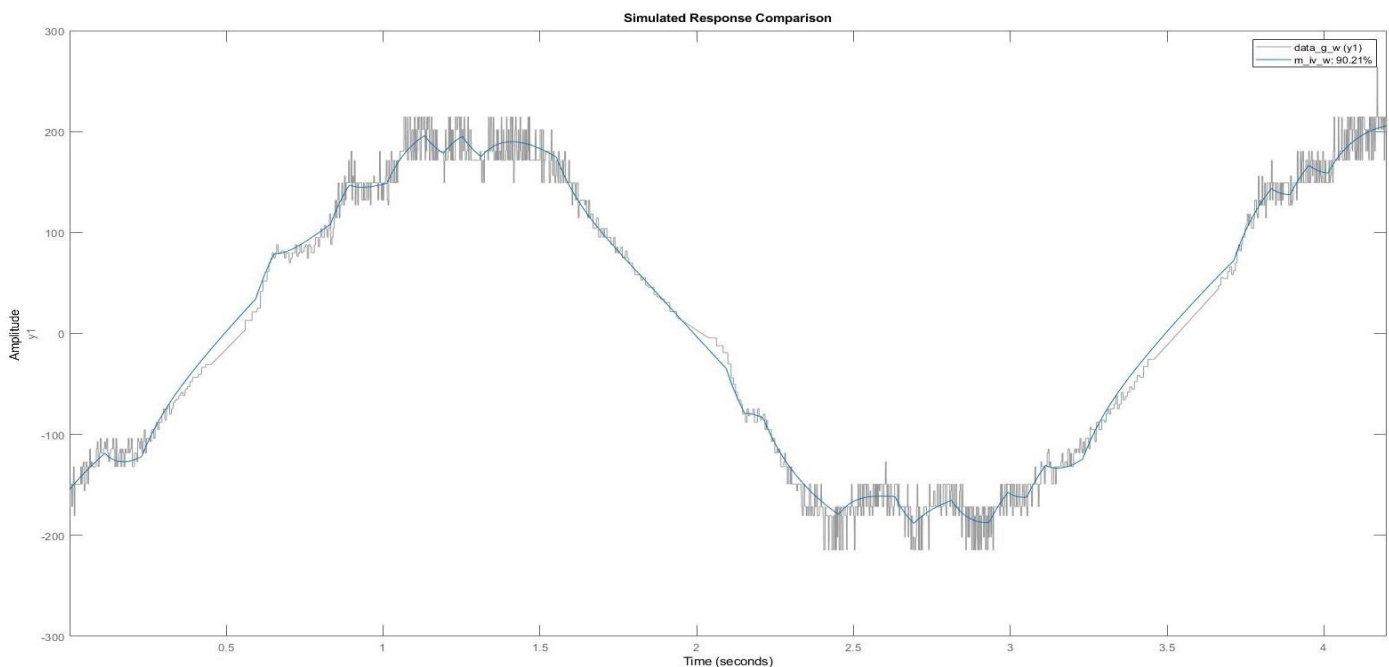
Pentru indentificarea si validarea vitezei unghiulare, se atribuie valori variabilelor “data_id_w”, “data_v_w” si “data_g_w” cu ajutoril functiei iddata().

Unde :

- “data_id_w” date de identificare pentru viteza unghiulara.
- “data_v_w” date de validare pentru viteza unghiulara.
- “data_g_w” date generale pentru viteza unghiulara.

Pentru validarea experimentului se va folosi metoda “Variabilelor Instrumentale” cu ajutorul functiei matlab iv4().

S-a atribuit variabilei “m_iv_w” modelul matematic polinomial al vitezei unghiulare prin intermediul functiei iv4().



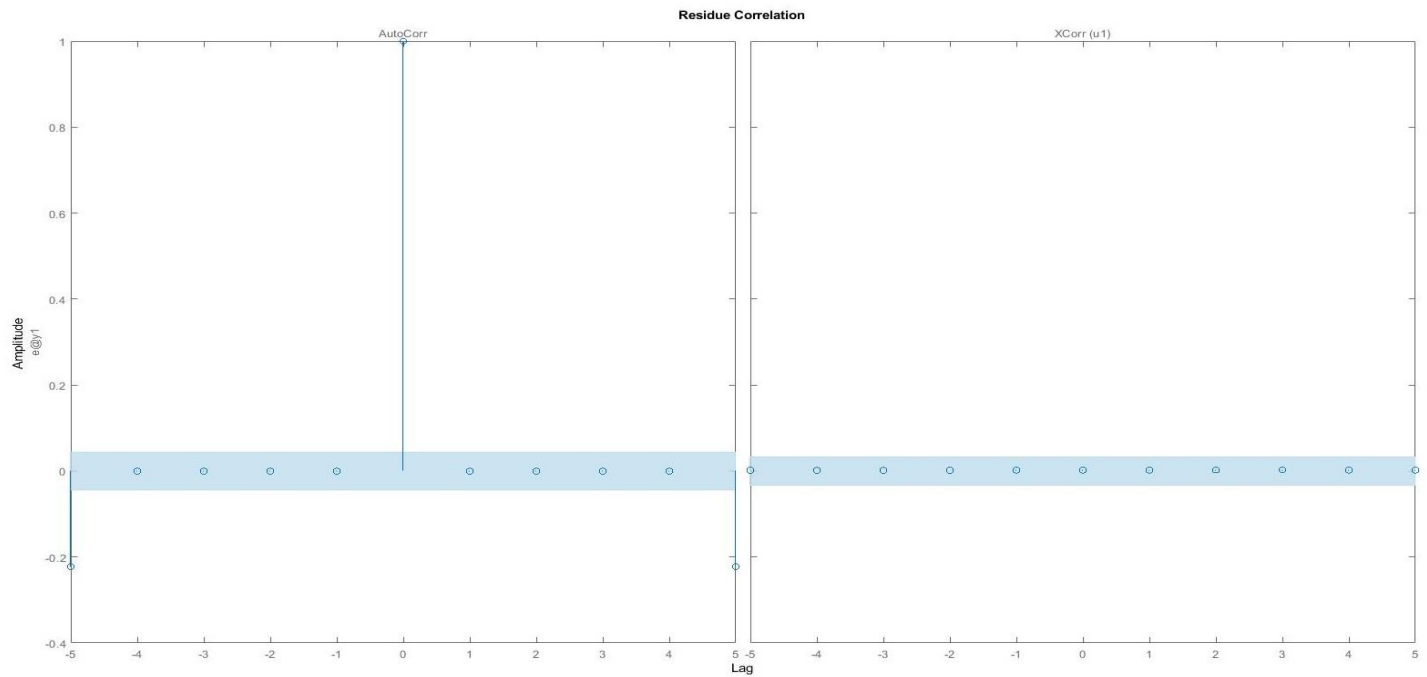
Se observa ca iesirea modulului urmareste viteza masurata iar FIT-ul arata cat de bine se urmareste.

$$FIT = 90.21\%$$

$$EMP = 9.79\%$$

Unde: EMP este Eroarea Medie Patratice normalizata (100-FIT).

Pentru validarea modelului IV (Variabilelor Instrumentale) se va verifica intercorelatia cu ajutorul functiei matlab resid().



Se observa ca modelul gasit trece testul de decorelare deoarece intercorelatia se afla in banda de "incredere".

Identificarea si validarea pozitiei unghiulare:

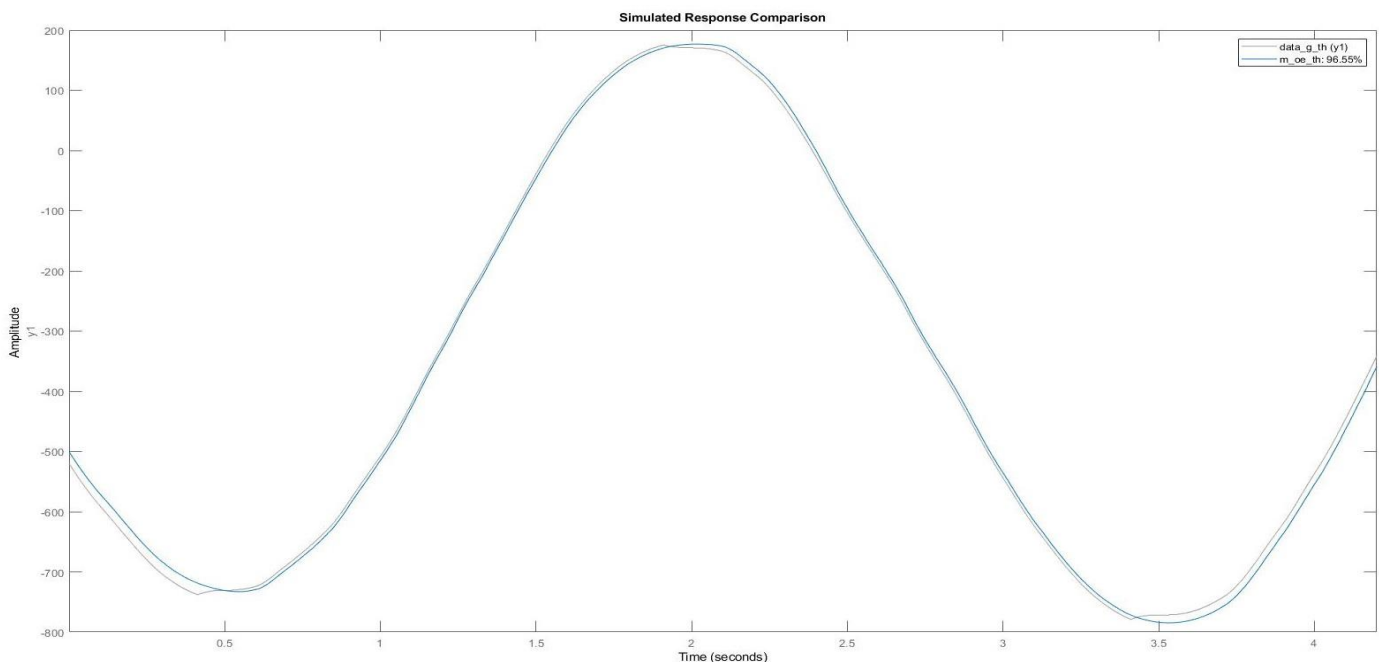
Pentru indentificarea si validarea pozitiei unghiulare, am atribuit valori variabilelor “data_id_th”, “data_v_th” si “data_g_th” cu ajutoril functiei iddata().

Unde :

- “data_id_th” date de identificare pentru viteza unghiulara.
- “data_v_th” date de validare pentru viteza unghiulara.
- “data_g_th” date generale pentru viteza unghiulara.

Pentru validarea experimentului se va folosi metoda “Erorii de iesire” cu ajutorul functiei matlab oe().

Se atribuie variabilei “m_oe_th” modelul matematic polinomial a pozitiei unghiulare prin intermediul functiei matlab oe().



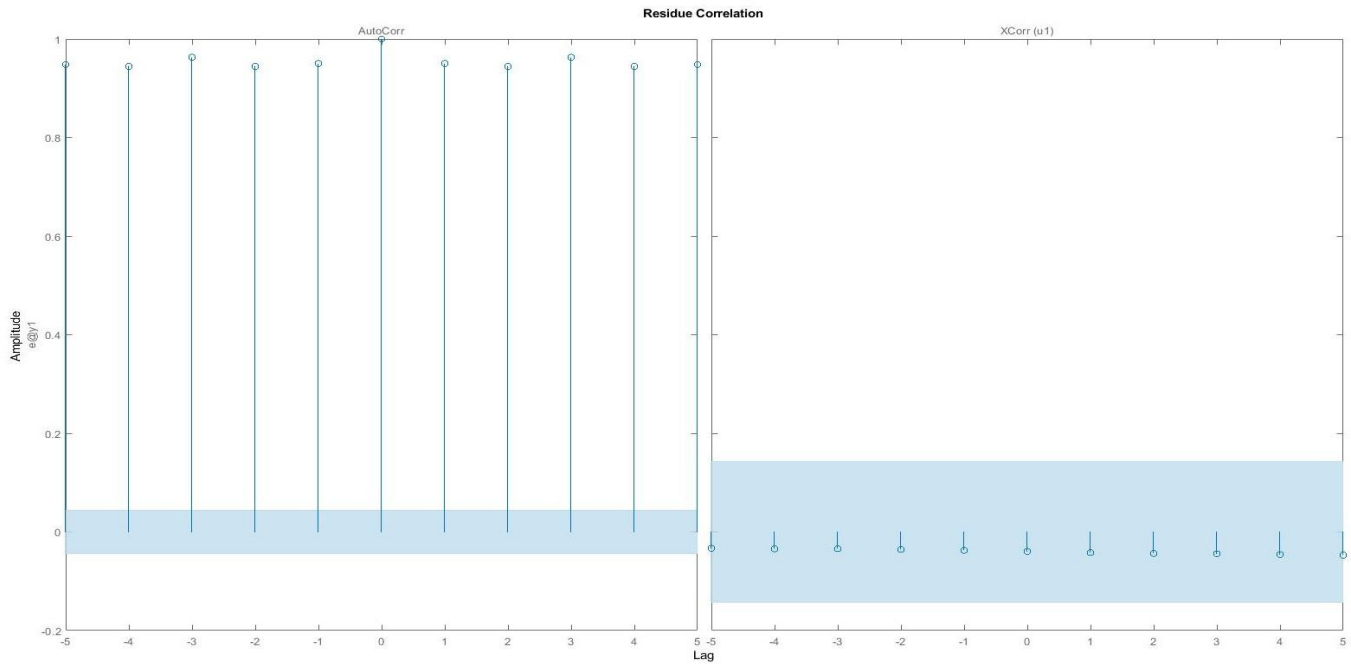
Se observa ca iesirea modulului urmareste pozitia masurata iar FIT-ul arata cat de bine se urmareste.

$$FIT = 96.55\%$$

$$EMP = 3.45\%$$

Unde: EMP este Eroarea Medie Patratice normalizata (100-FIT).

Pentru validarea modelului OE (Erorii de lesire) se va verifica intercorelatia cu ajutorul functiei matlab resid().



Se observa ca modelul gasit trece testul de decorelare deoarece intercorelatia se afla in banda de "incredere".

Aflarea modelului matematic a functiei de transfer continue:

Metoda Variabilelor Instrumentale consta in crearea unui nou vector al observatiilor necorelat cu zgomotul, avand ca indice de performanta:

$$J(t) = \mathbb{E}\{\Phi(t)\varepsilon(t+1)\}.$$

Utilizand metoda IV pentru viteza unghiulara se va determina un model polinomial a procesului de tip "proces+perturbatie" :

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

$$A(z^{-1}) = 1 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2} + \dots + a_{n_A}z^{-n_A},$$

$$B(z^{-1}) = b_1 + b_2z^{-1} + \dots + b_{n_B}z^{-n_B+1},$$

Modelul discret este generat cu functia iv4() (foloseste datele de identificare, na, nb, nd). Validarea modelului se face cu ajutorul functiilor: compare() (foloseste datele de validare) si resid() (foloseste datele generale).

Unde:

na- ordinul polinomului A;

nb- ordinul polinomului B+1;

nd- ordinul polinomului D;

Functia de transfer in domeniul discret:

$$H_{dw} = \frac{1.2259z^{-1}}{1 - 0.9949z^{-1}}$$

Functia de transfer in domeniul continuu:

$$H_w = \frac{3073}{s + 12.68}$$

Metoda erorii de iesire (OE) – ideea de baza a metodei consta in observatia ca $\hat{y}(t) \rightarrow y(t)$, valorile iesirilor sunt inlocuite cu valorile iesirilor prezise atat in ecuatia de predictie, cat si in vectorul masuratorilor.

$$J(t) = \mathbb{E}\{\Phi(t)\varepsilon(t+1)\}.$$

Utilizand metoda OE pentru pozitia unghiulara se va determina un model polinomial a procesului de tip “proces+perturbatie” :

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

$$F(z^{-1}) = 1 + f_1z^{-1} + f_2z^{-2} + \dots + f_{n_f}z^{-n_f},$$

$$B(z^{-1}) = b_1 + b_2z^{-1} + \dots + b_{n_B}z^{-n_B+1},$$

Modelul discret este generat cu functia `oe()` (foloseste datele de identificare, n_f , n_b , n_d). Validarea modelului se face cu ajutorul functiilor: `compare()` (foloseste datele de validare) si `resid()` (foloseste datele generale).

Unde:

n_f - ordinul polinomului F ;

n_b - ordinul polinomului $B+1$;

n_d - ordinul polinomului D ;

Functia de transfer in domeniul discret:

$$H_{dth} = \frac{0.002046z^{-1}}{1 - z^{-1}}$$

Functia de transfer in domeniul continuu:

$$H_{th} = \frac{5.115}{s}$$

Pentru a se afla functia intregului sistem se vor inmultii ce le doua modele matematice aflate mai sus:

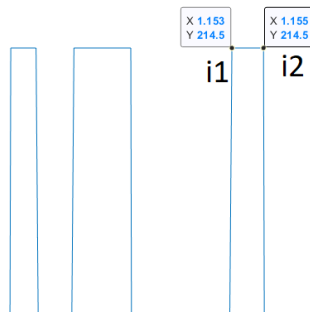
$$H = \frac{1.572 * 10^4}{s^2 + 12.68s}$$

TESTUL DE ALBIRE:

Pentru testul de albire nu s-a gasit un model valid pentru metoda ARX ("Algoritmul Celor Mai Mici Patrate Recursive) sau metoda ARMAX ("Metoda Celor Mai Mici Patrate Extinsa).

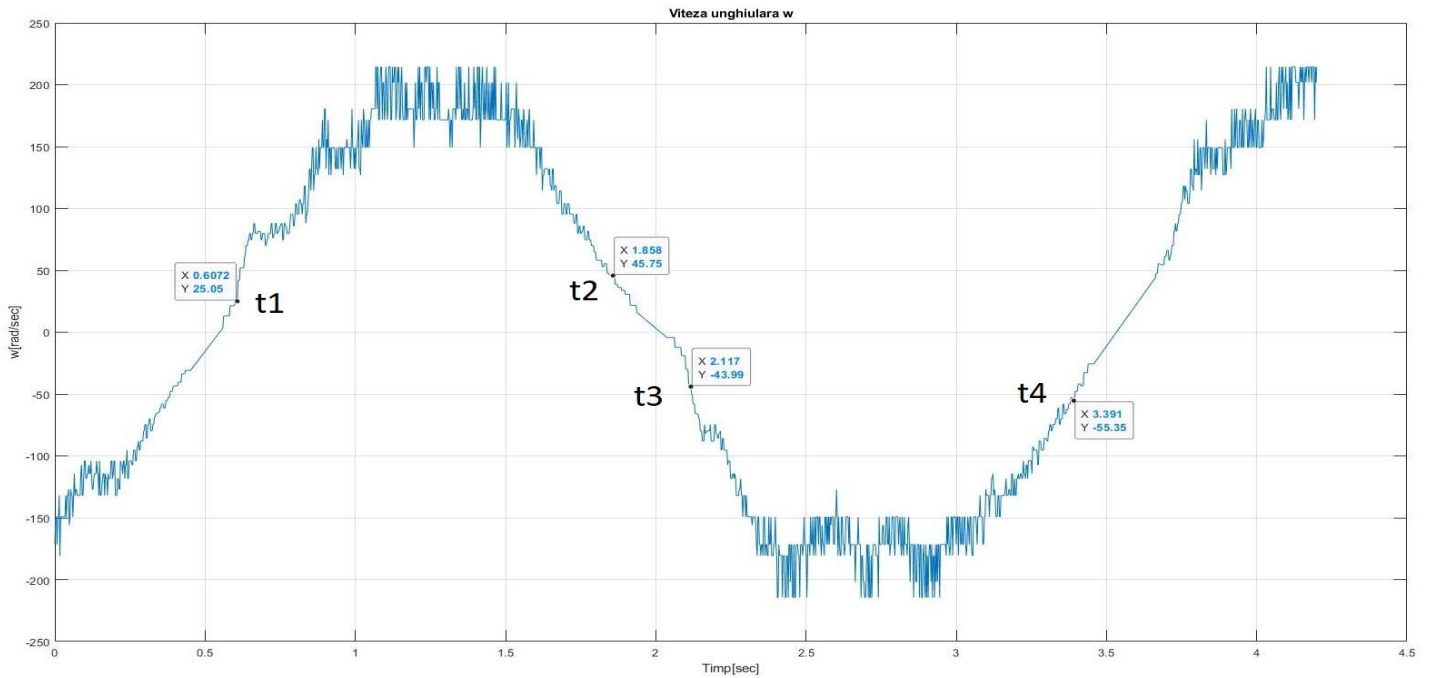
Prin urmare se va incerca decimarea datelor.

Am luat valoarea maxima masurata la viteza unghiulara , iar unde datele experimentale se repetau am lasat o singura valoare facand diferenta dintre valori



Achizitia datelor:

De pe graficul vitezei unghiulare se aleg 4 puncte distincte (conform figurii de mai jos):



Din intervalul $[t1:t2]$ se extrag datele de identificare, iar din intervalul $[t3:t4]$ se extrag datele de validare in aceleasi conditii de zgomot.

Identificarea si validarea vitezei unghiulare:

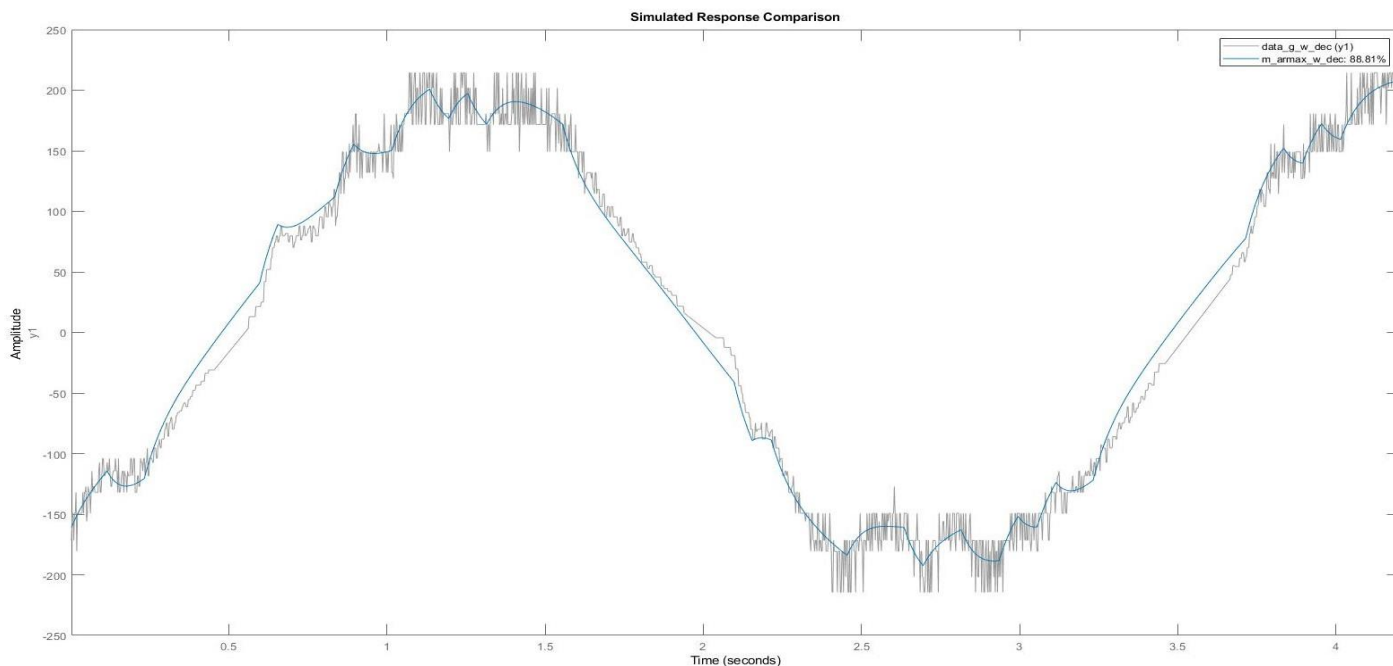
Pentru indentificarea si validarea vitezei unghiulare, s-au atribuit valori variabilelor “data_id_w_dec”, “data_v_w_dec” si “data_g_w_dec” cu ajutoril functiei iddata().

Unde :

- “data_id_w_dec” date de identificare pentru viteza unghiulara decimate.
- “data_v_w_dec” date de validare pentru viteza unghiulara decimate.
- “data_g_w_dec” date generale pentru viteza unghiulara decimate.

Pentru validarea experimentului se va folosti metoda “Celor Mai Mici Patrate Extinsa” cu ajutorul functiei matlab armax().

S-a atribuit variabilei “m_armax_w_dec” modelul matematic polinomial al vitezei unghiulare prin intermediul functiei matlab armax().



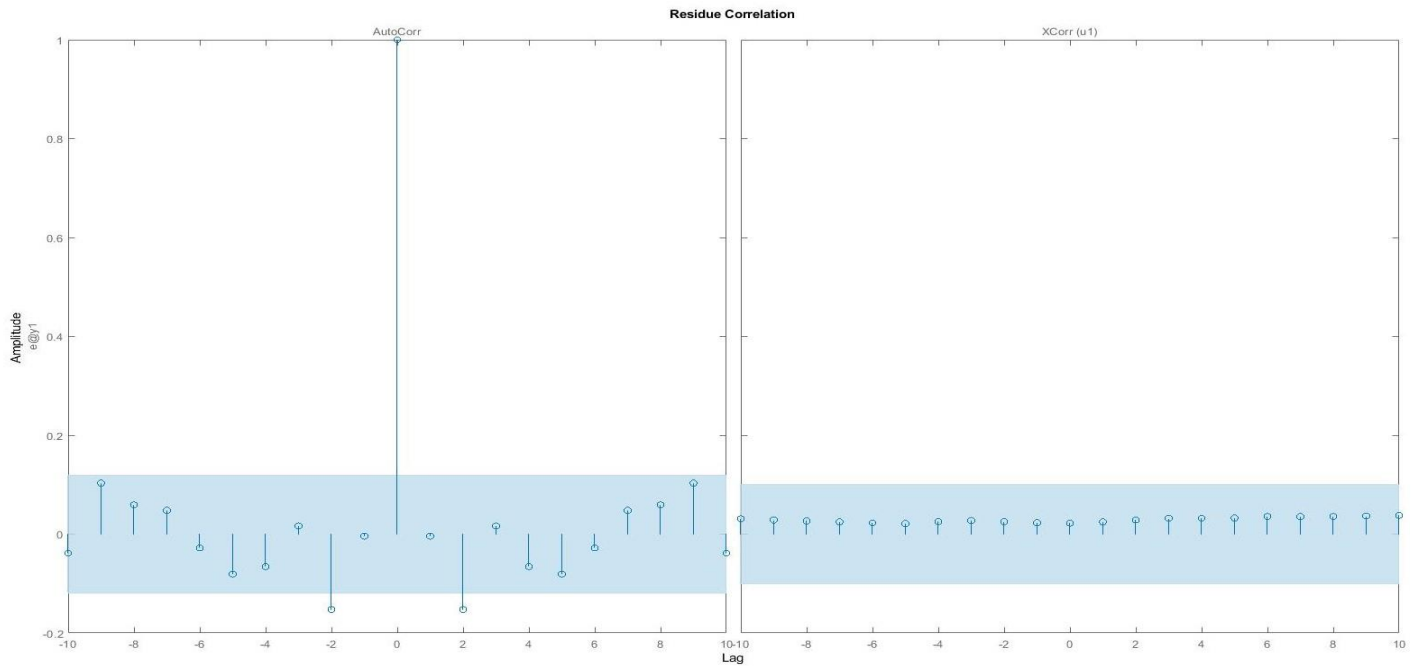
Se observa ca iesirea modulului urmareste pozitia masurata, iar FIT-ul arata cat de bine se urmareste.

$$FIT = 88.81\%$$

$$EMP = 11.19\%$$

Unde: EMP este Eroarea Medie Patratica normalizata (100-FIT).

Pentru validarea modelului ARMAX se va verifica autocorelatia cu ajutorul functiei matlab resid().



Se observa ca modelul gasit trece testul de albire deoarece autocorelatia se afla in banda de "incredere".

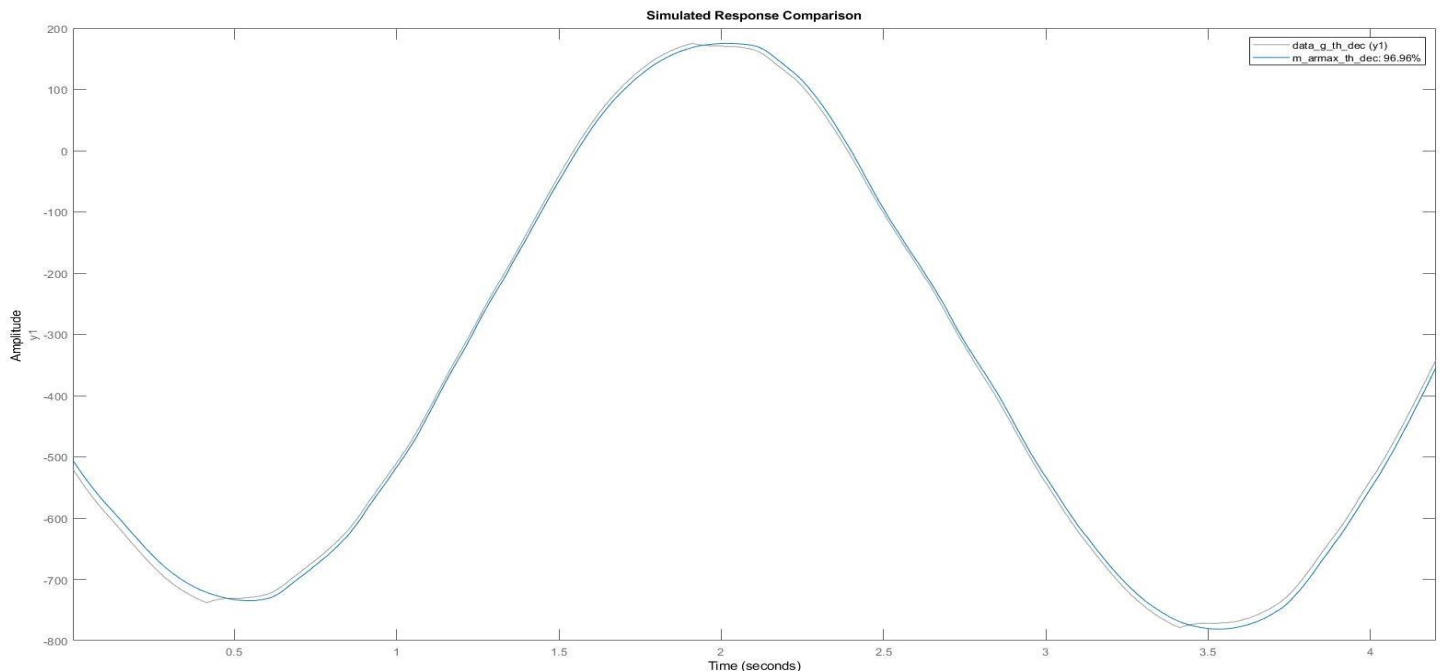
Identificarea si validarea pozitiei unghiulare:

Pentru indentificarea si validarea pozitiei unghiulare, se atribuie valori variabilelor “data_id_th_dec”, “data_v_w_dec” si “data_g_w_dec” cu ajutoril functiei iddata().

Unde :

- “data_id_w_dec” date de identificare pentru pozitia unghiulara decimate.
- “data_v_w_dec” date de validare pentru pozitia unghiulara decimate.
- “data_g_w_dec” date generale pentru pozitia unghiulara decimate.

Pentru validarea experimentului se va folosti metoda “Celor Mai Mici Patrate Extinsa” cu ajutorul functiei matlab armax().



S-a atribuit variabilei “m_armax_th_dec” modelul matematic polinomial a pozitiei unghiulare prin intermediul functiei matlab armax().

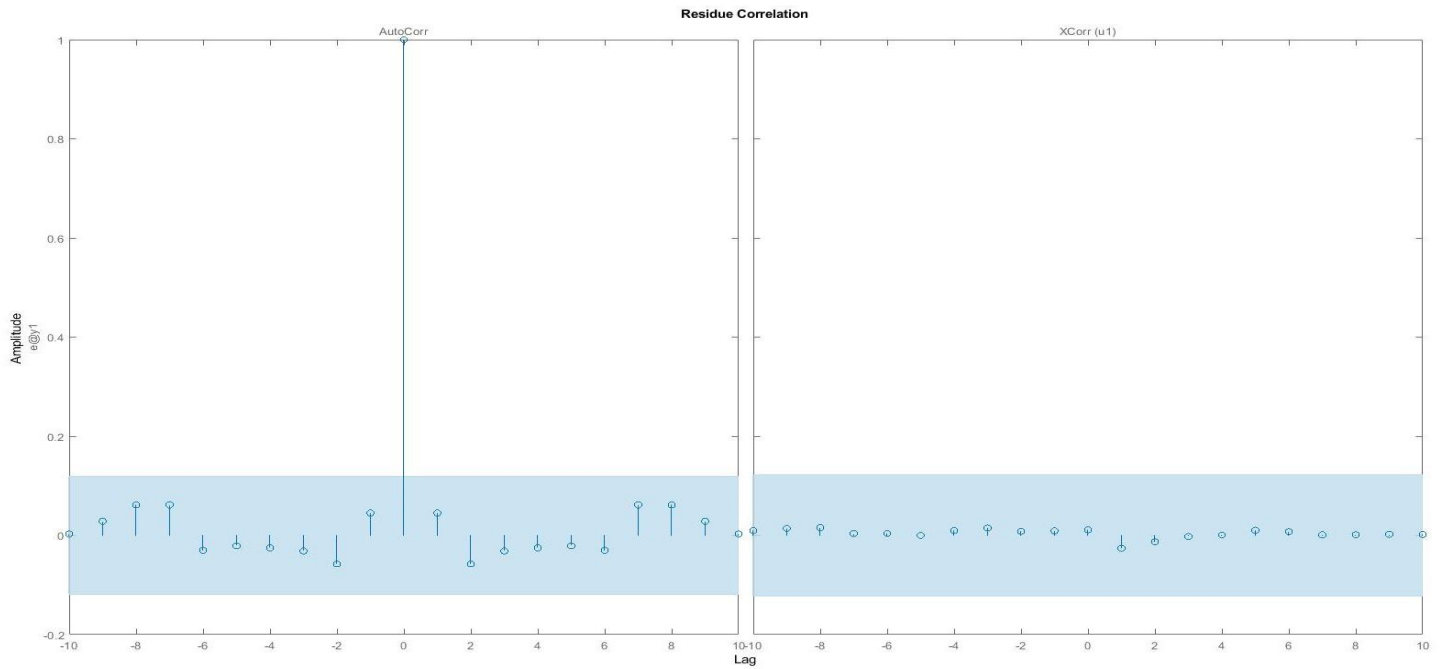
Se observa ca iesirea modulului urmareste pozitia masurata iar FIT-ul arata cat de bine se urmareste.

$$FIT = 96.96\%$$

$$EMP = 3.04\%$$

Unde: EMP este Eroarea Medie Patratica normalizata (100-FIT).

Pentru validarea modelului ARMAX se va verifica autocorelatia cu ajutorul functiei matlab resid().



Se observa ca modelul gasit trece testul de albire deoarece autocorelatia se afla in banda de "incredere".

Aflarea modelului matematic a functiei de transfer continue:

Metoda celor mai mici patrate extinsa (MCMMPPE) a fost dezvoltata pentru identificarea unui sistem a carui model discret este de tip "proces+perturbatie".

Indicile de performanta:

$$J[n] = \mathbb{E}\{(\hat{y}[n+1] - y[n+1])^2\}.$$

Utilizand metoda ARMAX pentru viteza unghiulara se va determina un model polinomial a procesului de tip "proces+perturbatie" :

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

$$A(z^{-1}) = 1 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2} + \dots + a_{n_A}z^{-n_A},$$

$$B(z^{-1}) = b_1z^{-1} + b_2z^{-2} + \dots + b_{n_B}z^{-n_B},$$

$$C(z^{-1}) = 1 + c_1z^{-1} + c_2z^{-2} + \dots + c_{n_C}z^{-n_C},$$

Modelul discret este generat cu functia armax() (foloseste datele de identificare, na, nb, nc, nd). Validarea modelului se face cu ajutorul functiilor: compare() (foloseste datele de validare) si resid() (foloseste datele generale)

Unde:

na- ordinul polinomului A;

nb- ordinul polinomului B+1;

nc- ordinul polinomului C;

nd- ordinul polinomului D;

Functia de transfer in domeniul discret:

$$H_{dw} = \frac{9.475z^{-1}}{1 - 0.9608z^{-1}}$$

Functia de transfer in domeniul continuu:

$$H_w = \frac{4027}{s + 16.67}$$

Utilizand metoda ARMAX pentru pozitia unghiulara se va determina un model polinomial a procesului de tip "proces+perturbatie" :

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

$$A(z^{-1}) = 1 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2} + \dots + a_{n_A}z^{-n_A},$$

$$B(z^{-1}) = b_1z^{-1} + b_2z^{-2} + \dots + b_{n_B}z^{-n_B},$$

$$C(z^{-1}) = 1 + c_1z^{-1} + c_2z^{-2} + \dots + c_{n_C}z^{-n_C},$$

Modelul discret este generat cu functia armax() (foloseste datele de identificare, na, nb, nc, nd). Validarea modelului se face cu ajutorul functiilor: compare() (foloseste datele de validare) si resid() (foloseste datele generale)

Unde:

na- ordinul polinomului A;

nb- ordinul polinomului B+1;

nc- ordinul polinomului C;

nd- ordinul polinomului D;

Functia de transfer in domeniul discret:

$$H_{dw} = \frac{0.01224z^{-1}}{1 - 1z^{-1}}$$

Functia de transfer in domeniul continuu:

$$H_w = \frac{5.1}{s}$$

Pentru a se afla functia intregului sistem se vor inmultii ce le doua modele matematice aflate mai sus:

$$H = \frac{2.054 * 10^4}{s^2 + 16.67s}$$

CONCLUZIE

Am folosit metodele IV, OE si ARMAX cu date decimate deoarece asa puteam obtine cele mai bune rezultate, reusind trecerea testului de autocorelatie (testul de albire) si a testului de intercorelatie (testul de decorelare), structura aleasa corespunzand unei functii de transfer de ordin 1.

| | |
|-----------------------------|---|
| TESTUL DE ALBIRE | $H = \frac{2.054 * 10^4}{s^2 + 16.67s}$ |
| TESTUL DE DECORELARE | $H = \frac{1.572 * 10^4}{s^2 + 12.68s}$ |