



PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II

NUME student	Filip Andrei	GRUPA:	30131	Nota	
--------------	--------------	--------	-------	------	--

Control methods for Two-wheeled Unstable Transporter

Autor: Filip Andrei

Grupa: **30131**

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Filip Andrei	GRUPA:	30131	Nota	

Cuprins

1. Scopul Proiectului	3
a. Obiective	3
b. Specificații	3
2. Determinarea modelului matematic al sistemului - Analiza sistemului	4
3. Proiectarea sistemului de control.....	6
4. Implementarea sistemului de control.....	13
5. Testare și analiza rezultate	18
6. Concluzii	23

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Filip Andrei	GRUPA:	30131	Nota	

1. Scopul Proiectului

Scopul proiectului este acela de a ne obișnui să lucrăm și cu aparatură practică, nu numai la nivel teoretic, de a învăța cum să citim, să înțelegem și să extragem informația necesară dintr-o documentație tehnică și să realizăm o strategie de control pentru problema propusă, în cazul actual pentru **Two-wheeled Unstable Transporter**, care să o putem implementa, testa și simula cu ajutorul Matlab-ului și în Simulink.

Principala problemă de control al acestuia este că sistemul nostru este instabil încă de la început, așa cum ni s-a dat, fapt observabil încă și de la simularea modelului matematic.

a. Obiective

- Să găsim o soluție de control pentru stabilizarea sistemului
- Să putem menține **Transporter-ul** în punctul de echilibru instabil superior
- Să realizăm o soluție de control de tip MIMO
- Să urmărim o traiectorie predefinită a vehiculului

b. Specificații

Trebuie să țin cont că voi lucra cu o unitate autonomă care se bazează pe comunicarea wireless și semnalele de control sunt tensiunile de alimentare ale motoarelor cu curent continuu.

În acest proiect mi-am propus în primul rând să obțin un sistem stabil din cel dat care este instabil, așa cum sugerează și numele, folosindu-mă de următoarele ieșiri măsurate: unghiul de rotație al celor două roți independente folosind encodere, ieșirile de accelerometre și de la giroscop. După aceasta mi-am propus să folosesc o structură de control de tip MIMO pentru ca variabilele de stare THETA și PHI să urmărească fiecare câte o referință dată.

Cel mai important este ca semnalele de comandă pe care va trebui să le dăm procesului vor trebui să fie implementabile în practică.

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Filip Andrei	GRUPA:	30131	Nota	

2. Determinarea modelului matematic al sistemului - Analiza sistemului

În documentația transmisă ni s-a specificat atât modelul neliniar al sistemului, care stă la baza acestuia, cât și modelul liniar cu care am putut lucra în vederea obținerii unei soluții de control viabile. În cadrul acesteia am înțeles trecerea de la sistemul neliniar la sistemul liniar, acesta obținându-se în principal din expansiunea Taylor în jurul punctului de echilibru instabil în locația superioară $X_0=(0,0,0,0,0,0)'$ și $U_0=(0,0)'$.

Variabilele de stare cu care am lucrat sunt următoarele: THETA, THETA derivat, PSI, PSI derivat și PHI, PHI derivat, unde:

- THETA = viteza medie de rotație a roții
- PSI = unghiul de girație de la axa vertical
- PHI = unghiul de rotație în jurul axei verticale

Vectorul variabilelor de stare X fiind format din cele menționate mai sus în ordinea dată, iar pentru vectorul variabilelor de intrare U avem $U=(u_l, u_r)'$ unde u_l și u_r sunt semnalele de comandă pentru cele două motoare respectiv, pentru motorul stâng și cel drept.

During linearisation the set of linear equations decomposes into two subsystems:

$$A_1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & a_{2,2} & a_{2,3} & a_{2,4} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & a_{4,2} & a_{4,3} & a_{4,4} \end{bmatrix}, B_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ b_{2,1} & b_{2,2} \\ 0 & 0 \\ b_{4,1} & b_{4,2} \end{bmatrix} \quad (4.43)$$

and

$$A_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & a_{6,6} \end{bmatrix}, B_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ b_{6,1} & b_{6,2} \end{bmatrix} \quad (4.44)$$

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Filip Andrei	GRUPA:	30131	Nota	

```
>> A1
```

```
A1 =
```

```

0    1.0000    0    0
0   -0.0723  -43.7694  0.0723
0     0      0    1.0000
0    0.0280  43.7747  -0.0280

```

```
>> B1
```

```
B1 =
```

```

0    0
1.0451  1.0451
0    0
-0.4043  -0.4043

```

```
>> A2
```

```
A2 =
```

```

0    1.0000
0   -0.1124

```

```
>> B2
```

```
B2 =
```

```

0    0
-0.6093  -0.6093

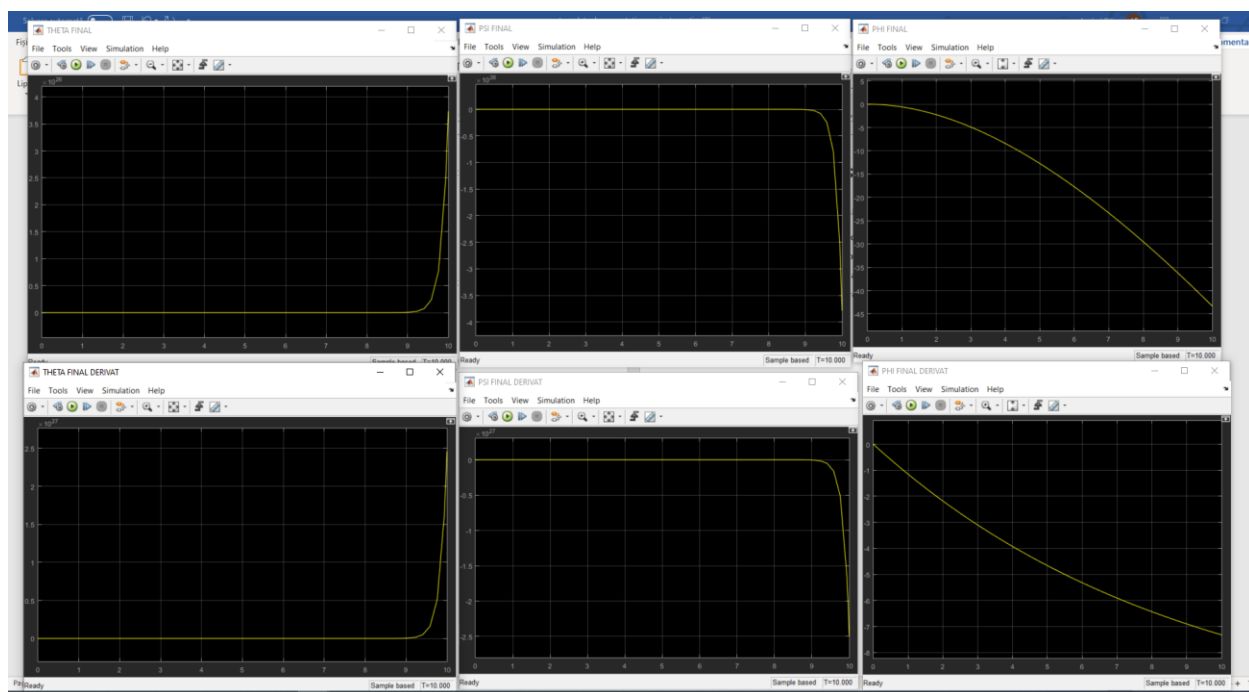
```

Răspunsul pentru fiecare variabilă de stare poate fi analizat mai jos.

Theta/Theta derivat

Psi/Psi derivat

Phi/Phi derivat



PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Filip Andrei	GRUPA:	30131	Nota	

3. Proiectarea sistemului de control

În prima parte a proiectului m-am gândit cum aş putea să fac ca sistemul meu să devină unul stabil şi ca răspunsurile sistemului să fie şi ele la rândul lor stabile. După ce am observat că elementele matricelor B sunt egale, am realizat că pot considera în vederea obiectivului de stabilizare, că sistemul meu poate fi unul de tip Single Input. Continuând în aceeaşi idee am aplicat următorul algoritm de control, Reacţia de la Stare, dar neavând acces la stările interne ale sistemului a trebuit să-mi proiectez şi un estimator de stare pentru a putea aplica reacţia de la stare corespunzătoare fiecărei intrări a procesului, deoarece sistemul nostru este unul de tip Multi Input.

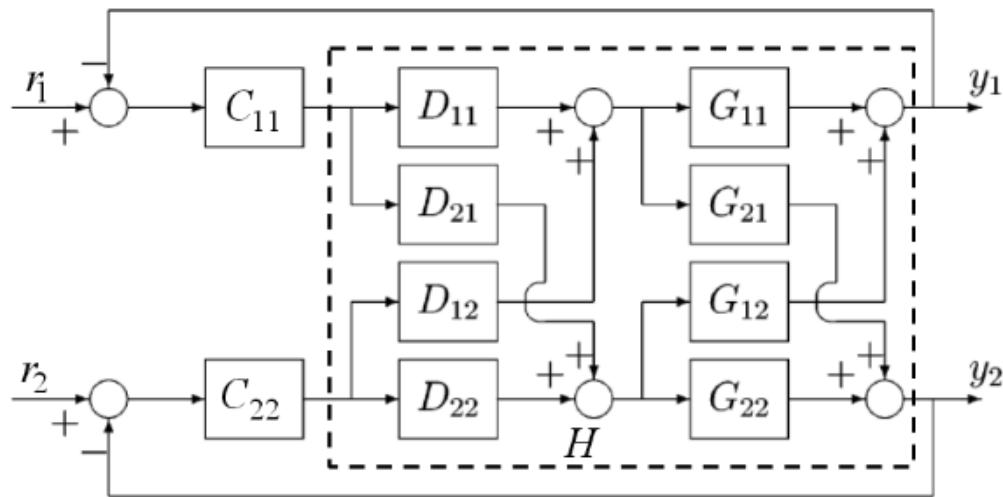
Pentru prima parte a proiectului, în urma a mai multor teste şi încercări, ţinând seama că trebuie ca semnalul de comandă să fie unul implementabil, folosind algoritmul lui Ackermann am impus polii sistemului dat matricele A1 şi B1, pentru B1 am considerat doar prima coloană, în (-2, -2, -2, -2) şi am aflat vectorului parametrilor acker pentru implementarea reacţiei de la stare, bineînţeles după ce am verificat că sistemul dat este complet controlabil. Următorul pas a fost calculul matricei de prefiltrare F1 pentru ca THETA să poată urmări referinţa dată, folosind formulele cunoscute. Mai departe am determinat şi că sistemul este complet observabil, folosind drept ieşire variabila THETA ($Y=THETA$). Astfel am aflat impunând polii estimatorului cel puţin două decade mai în stânga faţă de polii impuşi la reacţia de la stare, mai precis ca să fim siguri că estimarea va fi tot mai bună în (-1000,-1000,-1000,-1000). Tot în aceeaşi măsură expusă mai sus, pentru sistemul dat de A2 şi B2, tot prima coloană aleasă, am impus polii reacţiei de la stare în (-0,01 şi -0,01) deoarece am observat că implicaţia cea mai mare a sistemului unitar depinde de THETA, şi în urma testelor a trebuit să plasez aceşti poli cât mai în dreapta faţă de polii impuşi sistemului dat de A1 şi B1. Şi în acest caz am impus ca polii estimatorului să fie impuşi în (-1000,-1000). Aici nu am mai calculat matricea de prefiltrare deoarece am folosit-o în cadrul sistemului de reglare pe cea calculată anterior. După toate acestea am obţinut un sistem stabil şi în cazul actual THETA urmăreşte referinţa dată, iar timpul de răspuns obţinut este unul acceptabil.

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Filip Andrei	GRUPA:	30131	Nota	

A doua parte a proiectului a fost să mă gândesc cum aş putea să aplic o strategie de control MIMO, ținând cont că sistemul este foarte bine cuplat. Pentru aceasta am considerat că vreau ca THETA și PHI să urmărească fiecare o referință dată. Pentru că doresc să aplic decuplarea în acest proiect, îmi impun mai departe următoarea structură.

Prima ieșire fiind atribuită lui THETA și a doua lui PHI.

The block diagram illustrates the implementation for a 2x2 system.



More generally, for a 2x2 system the decoupler

$$\mathbf{D}(s) = \begin{bmatrix} 1 & -G_{12}(s)/G_{11}(s) \\ -G_{21}(s)/G_{22}(s) & 1 \end{bmatrix}$$

corresponds to the choice

$$H_{11}(s) = G_{22}^{-1}(s) \det \mathbf{G}(s), \quad H_{22}(s) = G_{11}^{-1}(s) \det \mathbf{G}(s)$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} \\ G_{21} & G_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} \quad \mathbf{H}(s) = \begin{bmatrix} H_{11}(s) & 0 \\ 0 & H_{22}(s) \end{bmatrix}$$

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Filip Andrei	GRUPA:	30131	Nota	

Pentru că nu îmi doresc ca elementele metricei G să fie egale pe coloane, m-am gândit tot bazându-mă pe modelul estimator plus reacție de la stare, să atribui un alt tip de reacție fiecărei intrări a sistemului. Astfel că pentru prima intrare, pentru primul subsistem am impus polii în $(-5, -5, -5)$ și pentru al doilea $(-1$ și $-1)$. Și am obținut următoarele funcții de transfer.

```
>> G11

G11 =

      -5.821 s^4 - 0.6545 s^3 + 156.2 s^2 + 17.57 s + 5.609e-14
-----
      s^6 + 22 s^5 + 153.4 s^4 + 434.3 s^3 + 633.8 s^2 + 68.33 s + 2.531e-13

Continuous-time transfer function.

>> G21

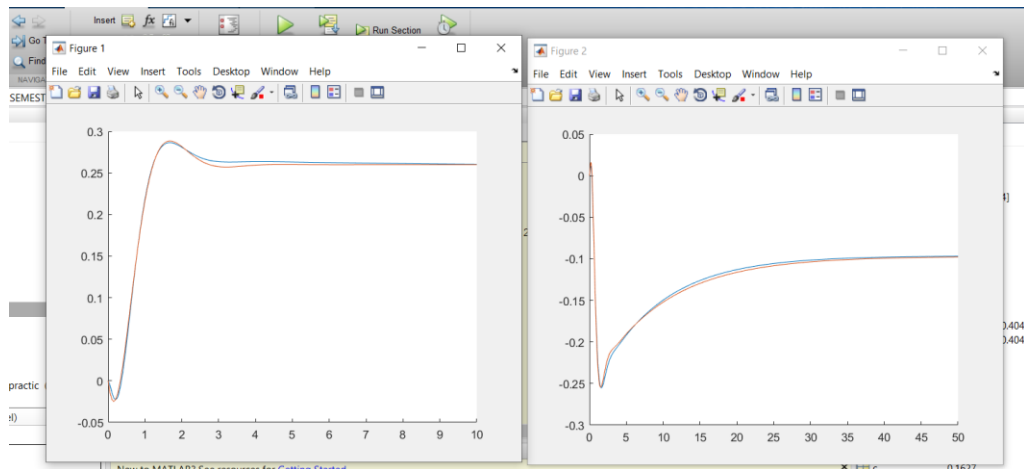
G21 =

      3.394 s^4 + 0.3404 s^3 - 148.6 s^2 - 6.588 s - 4.909e-13
-----
      s^6 + 22 s^5 + 153.4 s^4 + 434.3 s^3 + 633.8 s^2 + 68.33 s + 2.531e-13

Continuous-time transfer function.
```

În urma unor teste realizate, încercând să aplic decuplarea pe funcțiile actuale, apar neconcordanțe între Simulink și Matlab în legătură cu formatul polinoamelor, mai ales numărul de zecimale pe care trebuie să le păstrăm pentru a nu risca ca sistemul să devină instabil. Pentru aceasta am făcut o identificare simplistă pentru aceste funcții de transfer, păstrând dinamica lor.

Noile funcții de transfer și rezultatele obținute pentru $G11$ și $G21$ sunt date mai jos.



PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Filip Andrei	GRUPA:	30131	Nota	

```
H11 =
      -0.35 s + 1.695
      -----
      s^2 + 3.019 s + 6.52
Continuous-time transfer function.
```

```
>> H21
```

```
H21 =
      4 s^2 - 23 s - 0.97
      -----
      s^4 + 15 s^3 + 50 s^2 + 100 s + 10
```

```
EMPN11 =
```

```
0.0480
```

```
EMPN21 =
```

```
0.0677
```

Pentru a doua intrare, pentru primul subsistem am impus polii în (-10,-10,-10,-10) și pentru al doilea (-1 și -1). Și am obținut următoarele funcții de transfer.

```
G12 =
```

```
      -279.4 s^4 - 31.42 s^3 + 7500 s^2 + 843.3 s + 3.776e-12
      -----
      s^6 + 42 s^5 + 605.7 s^4 + 3985 s^3 + 1.04e04 s^2 + 1122 s + 9.026e-13
```

```
Continuous-time transfer function.
```

```
>> G22
```

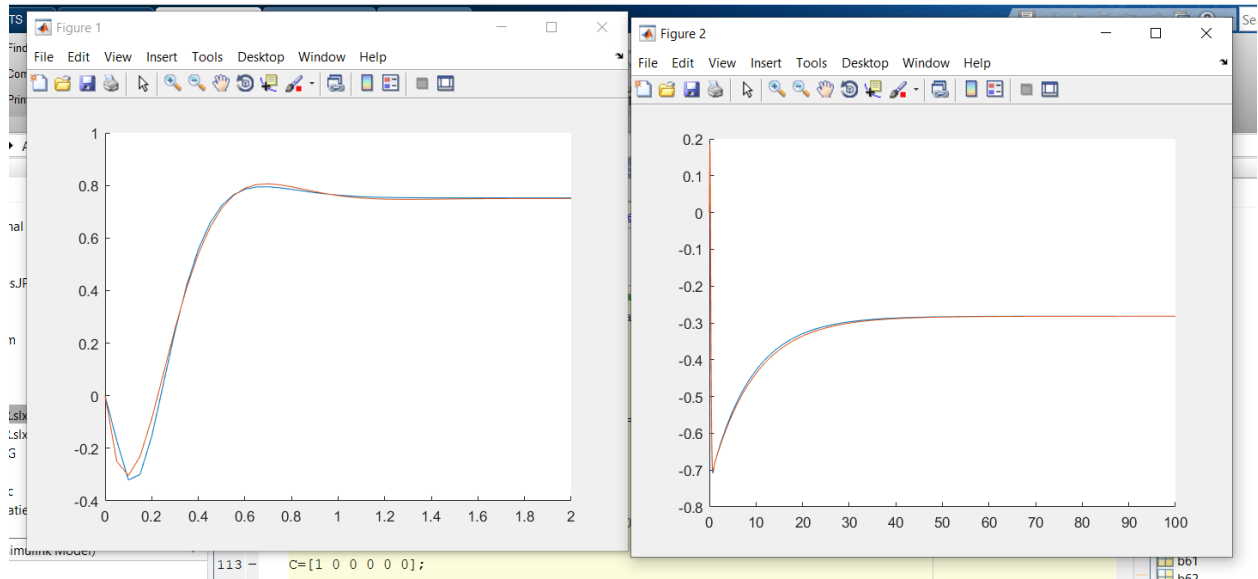
```
G22 =
```

```
      162.9 s^4 + 16.34 s^3 - 7131 s^2 - 316.2 s - 2.13e-10
      -----
      s^6 + 42 s^5 + 605.7 s^4 + 3985 s^3 + 1.04e04 s^2 + 1122 s + 9.026e-13
```

```
Continuous-time transfer function.
```

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Filip Andrei	GRUPA:	30131	Nota	

Mergând pe același principiu menționat anterior, noile funcții de transfer și rezultatele obținute pentru G12și G22 sunt date mai jos.



H12 =

$$\frac{-7.5 s + 38.35}{s^2 + 9.756 s + 51.13}$$

Continuous-time transfer function.

>> H22

H22 =

$$\frac{160 s^2 - 1000 s - 42.3}{s^4 + 35 s^3 + 360 s^2 + 1450 s + 150}$$

Continuous-time transfer function.

EMPN12 =

0.0651

EMPN22 =

0.0470

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Filip Andrei	GRUPA:	30131	Nota	

Mai departe, folosindu-mă de formulele anterior amintite, lucrând cu aceste noi funcții de transfer, am calculat și obținut decuplatoarele, matricea $H(s)$ care în cazul acestui proiect va fi notat cu M și reglatoarele pentru $M11$, respectiv $M22$. $D11=D22=1$

D12 =

$$\frac{-21.43 s^3 + 44.87 s^2 + 191 s + 714.3}{s^3 + 4.913 s^2 + 3.879 s - 247.6}$$

Continuous-time transfer function.

>> D21

D21 =

$$\frac{-0.025 s^6 - 0.7312 s^5 - 3.963 s^4 + 15.71 s^3 + 206.9 s^2 + 30.35 s + 0.9094}{s^6 + 8.75 s^5 - 44.01 s^4 - 216.5 s^3 - 628.2 s^2 - 88.94 s - 2.644}$$

Continuous-time transfer function.

M11 =

$$\frac{-0.1625 s^9 + 0.3097 s^8 + 15.57 s^7 - 8.986 s^6 - 342.3 s^5 + 671.8 s^4 + 476.5 s^3 - 559 s^2 - 55.24 s - 1.781}{s^{10} + 21.52 s^9 + 154.9 s^8 + 201.3 s^7 - 4987 s^6 - 3.365e04 s^5 - 1.177e05 s^4 - 2.169e05 s^3 - 2.29e05 s^2 - 3.022e04 s - 881.3}$$

Continuous-time transfer function.

>> M22

M22 =

$$\frac{74.29 s^9 - 141.6 s^8 - 7116 s^7 + 4108 s^6 + 1.565e05 s^5 - 3.071e05 s^4 - 2.178e05 s^3 + 2.556e05 s^2 + 2.525e04 s + 814.3}{s^{11} + 54.91 s^{10} + 1185 s^9 + 1.324e04 s^8 + 7.74e04 s^7 + 1.266e05 s^6 - 1.284e06 s^5 - 9.522e06 s^4 - 2.676e07 s^3 - 3.853e07 s^2 - 7.299e06 s - 3.714e05}$$

Continuous-time transfer function.

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Filip Andrei	GRUPA:	30131	Nota	

Toate funcțiile de transfer amintite anterior fiind toate implementabile. Regulatele le-am calculat după o metodă foarte simplă, impunând funcția de transfer a sistemului închis, având funcția de transfer a procesului, în cazul nostru M11 sau M22, am calculat funcția de transfer a controlerului după formula $H_C = H_O / (1 - H_O) / H_f$.

Pentru M11, am impus următoarea funcție de transfer a sistemului închis, obținând următoarea funcție de transfer pentru regulator, din nou și aceasta implementabilă.

$H_O =$

$$\frac{1}{0.1 s + 1}$$

$H_{c11} =$

$$\frac{-61.54 s^{10} - 1325 s^9 - 9530 s^8 - 1.239e04 s^7 + 3.069e05 s^6 + 2.07e06 s^5 + 7.244e06 s^4 + 1.335e07 s^3 + 1.409e07 s^2 + 1.86e06 s + 5.423e04}{s^{10} - 1.906 s^9 - 95.79 s^8 + 55.3 s^7 + 2107 s^6 - 4134 s^5 - 2932 s^4 + 3440 s^3 + 340 s^2 + 10.96 s}$$

Pentru M22, am impus următoarea funcție de transfer a sistemului închis, obținând următoarea funcție de transfer pentru regulator, din nou și aceasta implementabilă.

$H_O =$

$$\frac{400}{s^2 + 20 s + 400}$$

$H_{c22} =$

$$\frac{5.385 s^{11} + 295.7 s^{10} + 6378 s^9 + 7.129e04 s^8 + 4.168e05 s^7 + 6.816e05 s^6 - 6.914e06 s^5 - 5.127e07 s^4 - 1.441e08 s^3 - 2.075e08 s^2 - 3.93e07 s - 2e06}{s^{11} + 18.09 s^{10} - 133.9 s^9 - 1860 s^8 + 3213 s^7 + 3.8e04 s^6 - 8.561e04 s^5 - 5.521e04 s^4 + 6.914e04 s^3 + 6810 s^2 + 219.2 s}$$

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Filip Andrei	GRUPA:	30131	Nota	

4. Implementarea sistemului de control

Pentru prima parte a proiectului descrisă anterior, implementarea am făcut-o cu ajutorul lui Matlabului, pentru calcularea parametrilor ackermann pentru reacția de la stare și pentru estimatorul de stare și cu Simulink, care l-am folosit pentru simularea sistemului nou obținut.

Cu ajutorul următoarei secvențe Matlab am calculat toți parametrii necesari utilizați în Simulink.

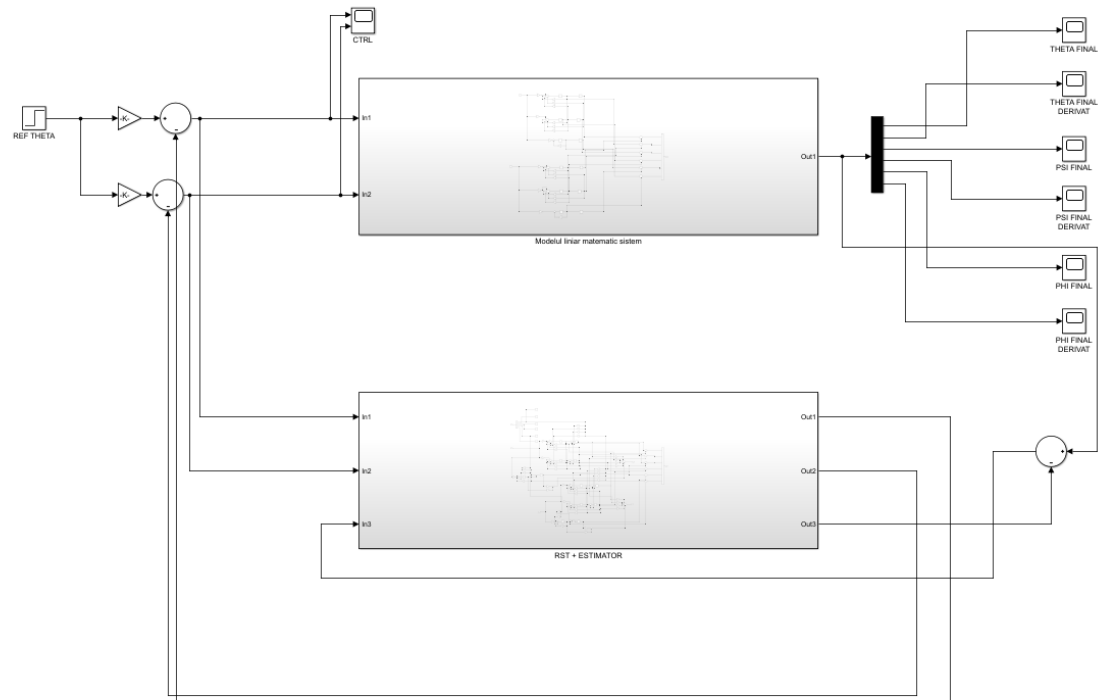
```

m=0.32; %weight of the wheel
R=0.15/2; %diameter of the wheel
Jw=0.0013;%Moment of inertia of the wheel
M=5.41;%weight of the vehicle
W=0.4;%width of the vehicle
L=0.102;%height of the mass center of vehicle
Jpsi=0.104;%moment of inertia of the tilt axis vehicle
Jphi=0.0484;%moment of inertia of the vehicle related to the axis of rotation
Jm=0.00119;%Identified moment of inertia of the DC motor and gearbox taking into account gearbox ratio
RDC=1;%Resistance of the winding of the DC motor
Kt=0.025;%Torque constant of the DC motor
Ke=0.025;%Voltage constant of the DC motor
fm=0.00024;%Identified friction coefficient between the vehicleand DC motor
c1=(2*m+M)*R*R + 2*Jw+2*Jm; c2=M*L*L+Jpsi+2*Jm;
f10=M*R*L-2*Jm; d1=Kt/RDC; d2=Kt*Ke/RDC+fm;
beta=d2; alfa=d1; d=c1; c=c2; g=9.81; numitor=d*c-f10*f10;
a22=-2*beta*(c+f10)/numitor; a23=-M*g*L*f10/numitor; a24=2*beta*(c+f10)/numitor;
a42=2*beta*(d+f10)/numitor; a43=d*M*g*L/numitor; a44=-2*beta*(d+f10)/numitor;
b21=alfa*(c+f10)/numitor; b22=alfa*(c+f10)/numitor;
b41=-alfa*(d+f10)/numitor; b42=-alfa*(d+f10)/numitor;
a66=(-(W*W*beta)/(2*R*R))/(m*W*W/2+W*W/(2*R*R)*(Jw+Jm)+Jphi);
b61=(-(W*alfa)/(2*R))/(m*W*W/2+W*W/(2*R*R)*(Jw+Jm)+Jphi);
b62=(-(W*alfa)/(2*R))/(m*W*W/2+W*W/(2*R*R)*(Jw+Jm)+Jphi);
A1=[0 1 0 0; 0 a22 a23 a24; 0 0 0 1; 0 a42 a43 a44]; B1=[0 0;b21 b22; 0 0; b41 b42];
A2=[0 1; 0 a66]; B2=[0 0; b61 b62];
%% theta si psi
A1=[0 1 0 0; 0 a22 a23 a24; 0 0 0 1; 0 a42 a43 a44];B1=[0;b21;0;b41];C1=[1 0 0 0];D1=[0];
k1=acker(A1,B1,[-2 -2 -2 -2]);
A0=A1-B1*k1;
F1=inv(C1/(-A0)*B1);
step(A1-B1*k1,B1*F1,C1,D1*F1);
Lt1=acker(A1',C1',[-1000 -1000 -1000 -1000]);
%% reglare phi
A2=[0 1; 0 a66]; B2=[0;b61];C2=[1 0];D2=[0];
k3=acker(A2,B2,[-0.01 -0.01]);
A0=A2-B2*k3;
step(A2-B2*k3,B2*F3,C2,D2*F3);
Lt3=acker(A2',C2',[-1000 -1000]);

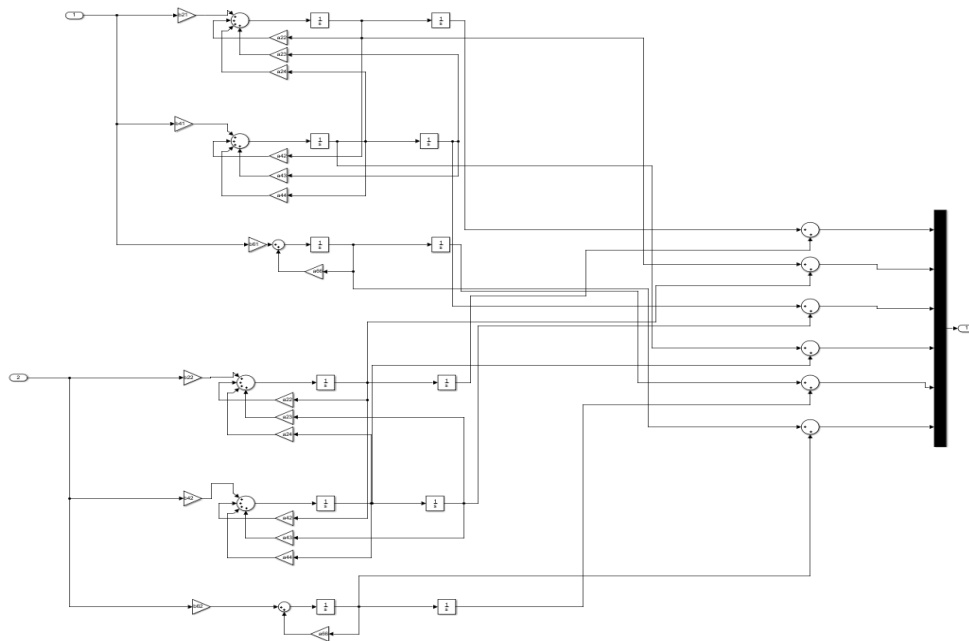
```

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Filip Andrei	GRUPA:	30131	Nota	

Schema de reglare Simulink este prezentată mai jos.

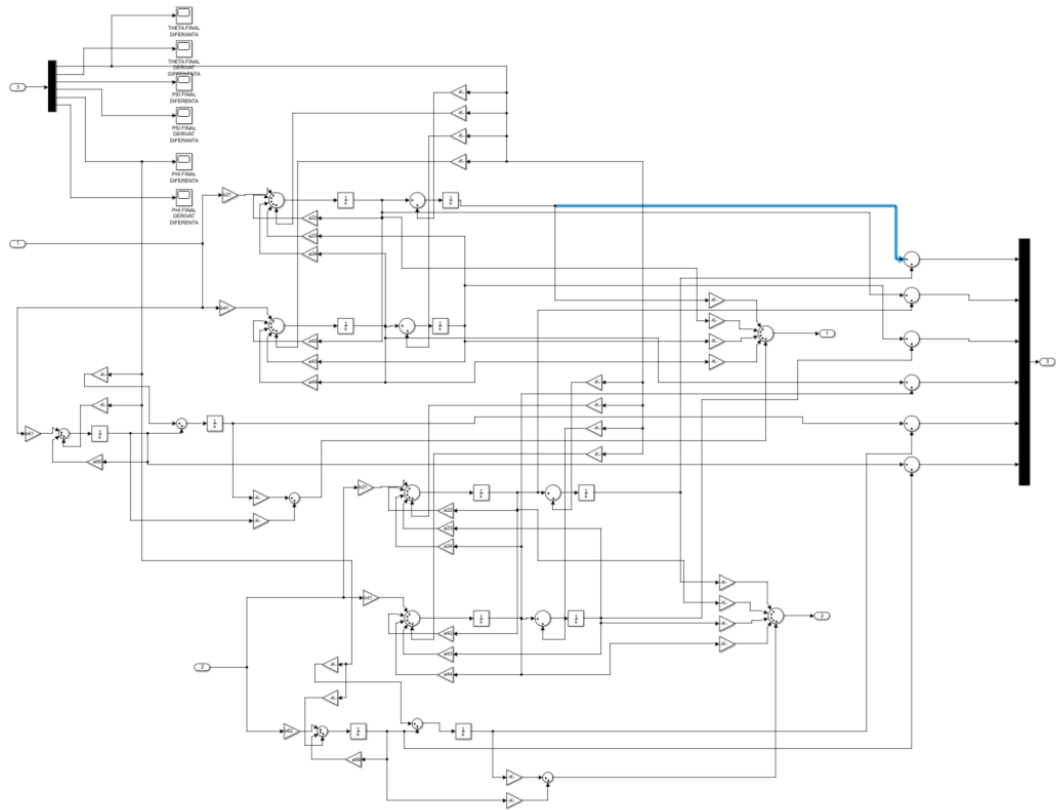


Unde blocul modelului matematic linar al sistemului inițial este



PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II				
NUME student	Filip Andrei	GRUPA:	30131	Nota

Iar blocul în care am realizat estimatorul și cu reacția de la stare este



```
>> k1
k1 =
    -0.5704    -1.2099   -169.1103   -22.6669

>> k3
k3 =
    -0.0002    0.1517
```

```
>> Lt1
Lt1 =
    1.0e+10 *
    0.0000    0.0006   -0.0129   -2.2859

>> Lt3
Lt3 =
    1.0e+05 *
    0.0200    9.9978
```

F1= -0.5704

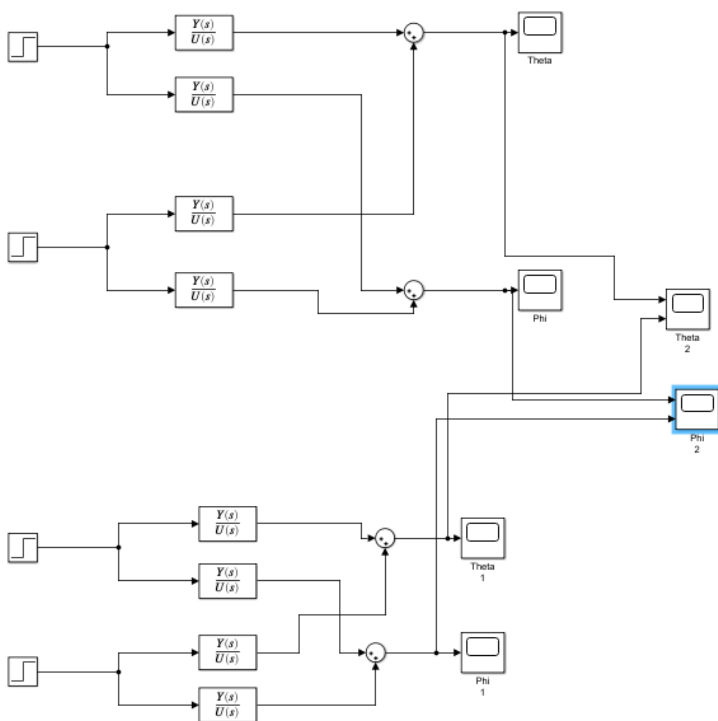
PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Filip Andrei	GRUPA:	30131	Nota	

Pentru partea a doua a proiectului descrisă, implementarea am făcut-o cu ajutorul Matlabului, pentru calcularea și transmiterea către Simulink a polinoamelor funcțiilor de transfer și am folosit SIMULINK pentru testarea structurii de control anterior realizate.

Pentru a avea o concordanță cât mai bună a transmiterii datelor Matlab către Simulink am folosit doar funcțiile de transfer calculate pentru THETA și PHI, aplicând cele 2 reacții de stare diferite pentru cele intrări așa cum am descris mai sus.

Astfel că, pentru prima fază a implementării în acest caz a fost să verific dacă noile funcții de transfer calculate/identificate (H) respectă dinamica funcțiilor originale (G). Și se observă că se respectă.

Blocurile funcțiilor de transfer luate în ordine de sus în jos H11, H21, H12, H22, G11, G21, G12, G22.

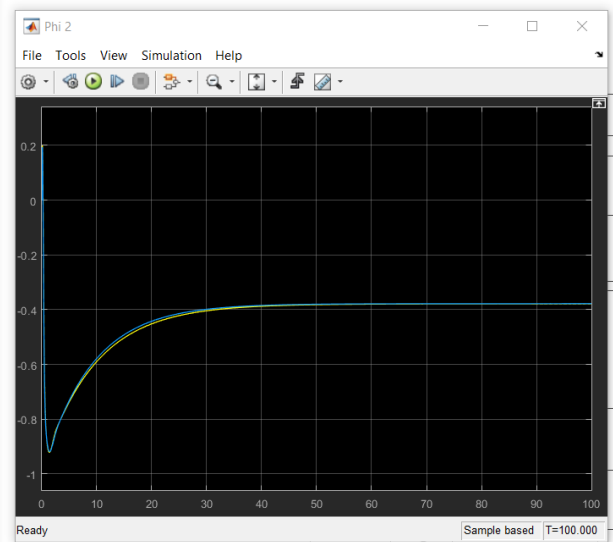
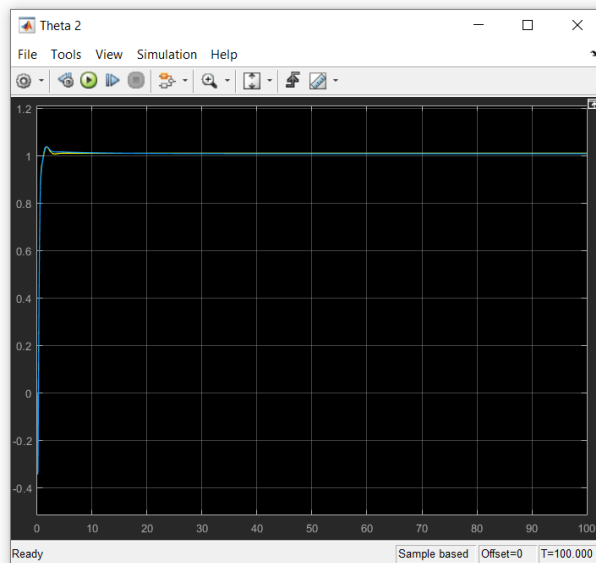


PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II

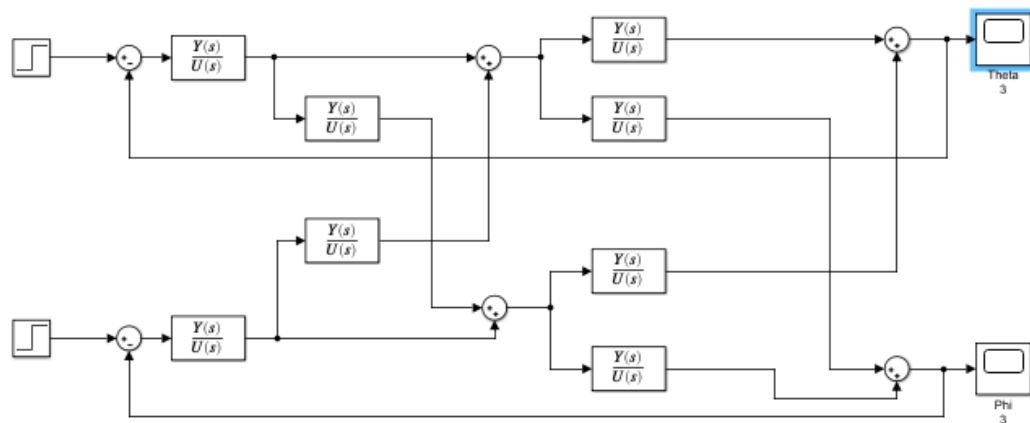
NUME student Filip Andrei

GRUPA: 30131

Nota



Mai departe pentru testare am folosit următoarea structură în conformitate cu cele discutate anterior și cu schema prezentată la pagina 7.

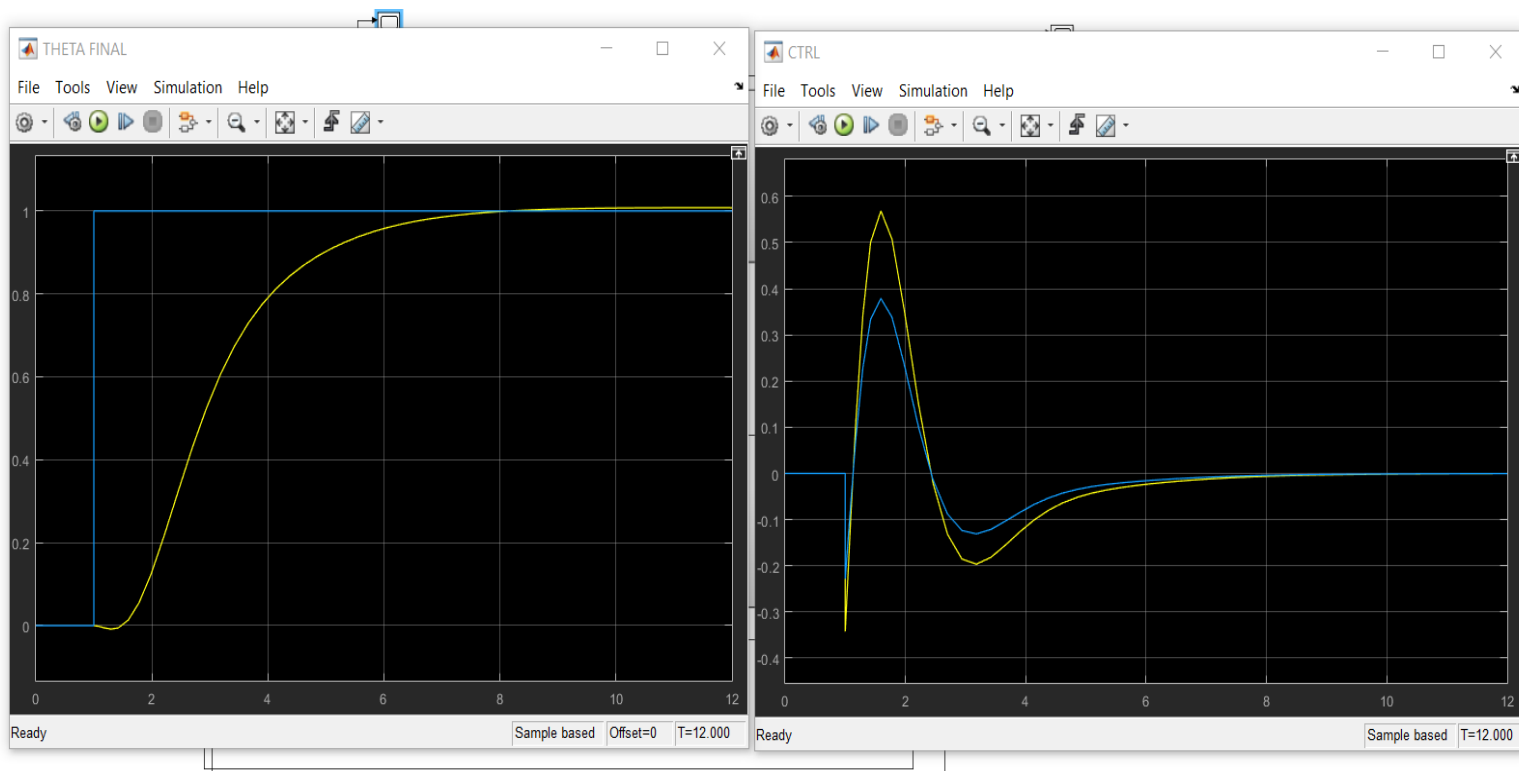


PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Filip Andrei	GRUPA:	30131	Nota	

5. Testare și analiza rezultate

Pentru prima parte a proiectului, ce în care doar am realizat stabilizarea și urmărirea de referință pentru THETA, testarea rezultatelor am realizat-o în Simulink. Blocul de referință pentru THETA a fost setat la Final Value = 1 și Step Time = 1

În figura de jos putem observa răspunsul THETA și semnalele de comandă aferente, pe primul Gain de după referință am pus $0.6 \cdot F_1$ și pe al doilea de jos $0.4 \cdot F_1$, ca să pot evidenția ambele semnale de comandă. (F=matricea de prefiltrare calculată). Timp de simulare = 12 secunde



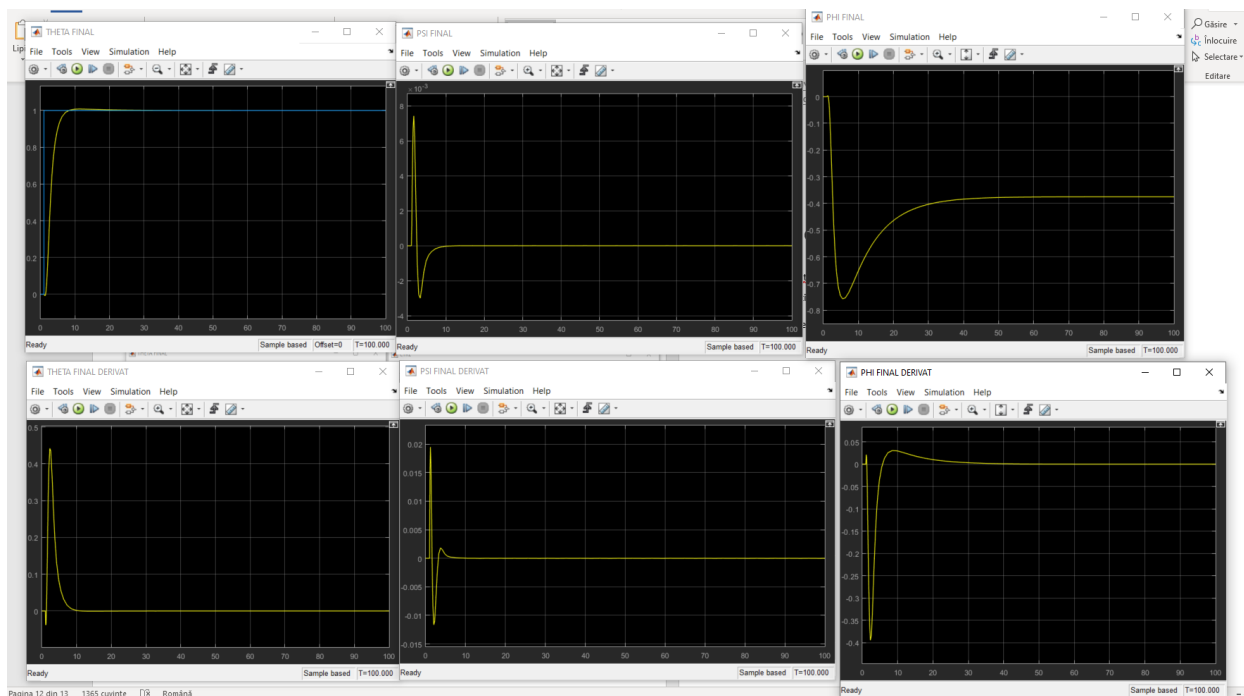
PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Filip Andrei	GRUPA:	30131	Nota	

Timp de simulare 100 de secunde

Theta/Theta derivat

Psi/Psi derivat

Phi/Phi derivat

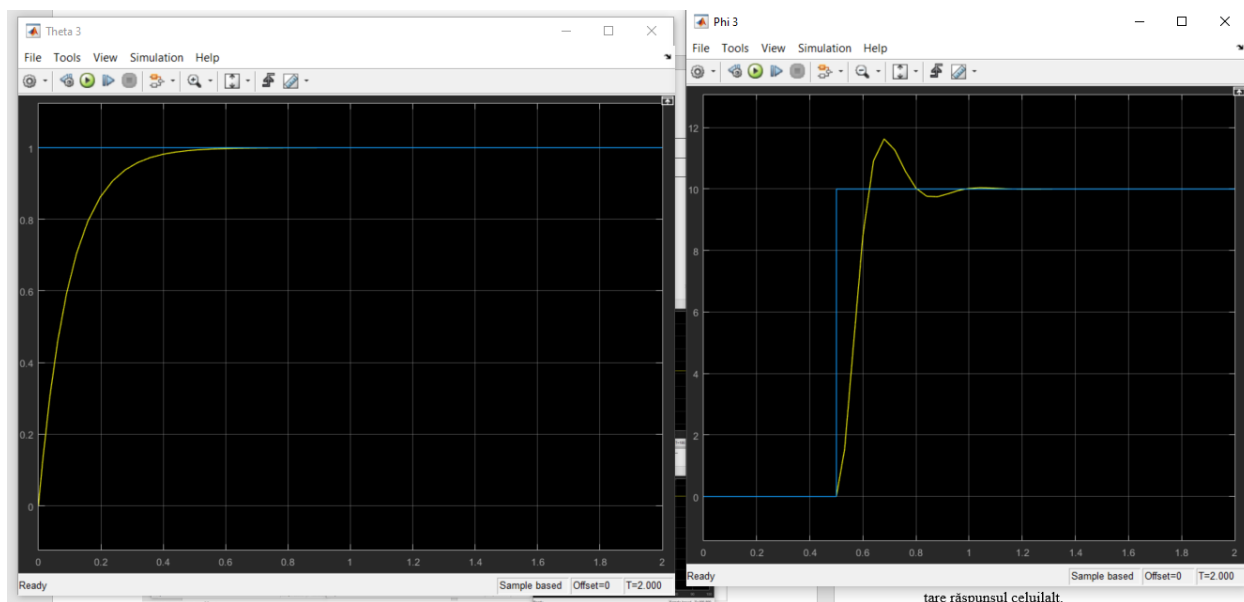


Din aceste rezultate observăm că Theta se stabilizează la valoarea de referință data, în cazul acesta valoarea de 1, iar timpul de răspuns este aproximativ 10 secunde, Theta derivat, Psi, Psi derivat și Phi derivat se stabilizează la valoarea de 0 tot după un timp aproximativ de 10 secunde, având totuși dinamică diferită una față de cealaltă. În final PHI se stabilizează la valoarea de aproximativ -0,4, având timpul de răspuns de aproximativ 40 de secunde.

Având aceste rezultate obținute bune și de luat în seamă am putut trece mai departe la a doua parte a proiectului, cea de determinare a unei structuri de reglaj în cazul MIMO, pentru THETA și PHI, ambele să urmărească o referință dată.

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Filip Andrei	GRUPA:	30131	Nota	

Pentru a doua parte a proiectului, am folosit schema de la pagina 17. Pentru referința lui THETA am ales Step Time 0 și Final Value =1, iar pentru referința lui PHI am ales Stem Time 0.5 și Final Value 10. Rezultatele sunt afișate mai jos. Timp de simulare 2 secunde.



Din aceste rezultate observăm că Theta se stabilizează la valoarea de referință data, în cazul acesta valoarea de 1, iar timpul de răspuns este aproximativ 0,5 secunde, iar PHI se stabilizează la valoarea 10, având timpul de răspuns tot de aproximativ 0.5 secunde, cu suprareglaj aproximativ de 18% așa cum s-a impus în funcțiile de transfer ale sistemelor închise.

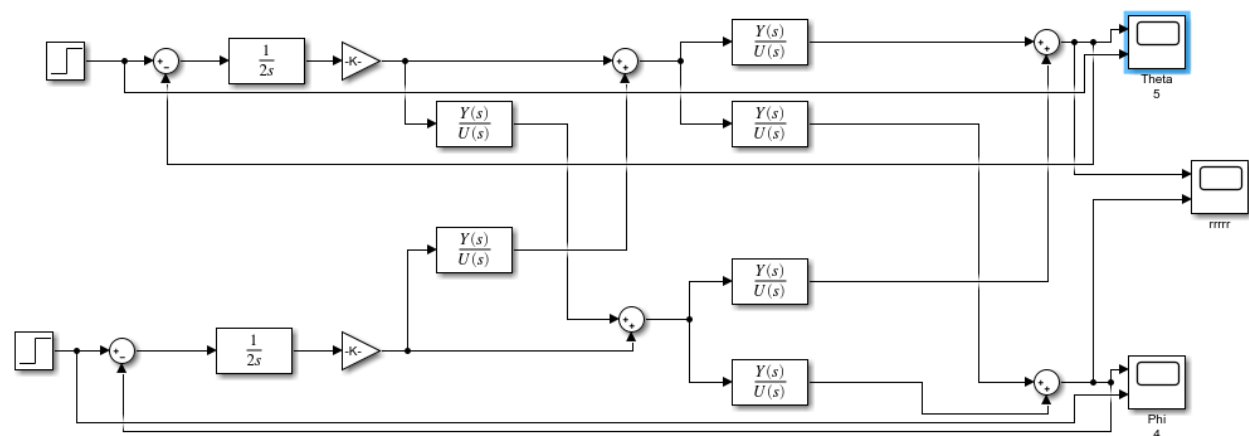
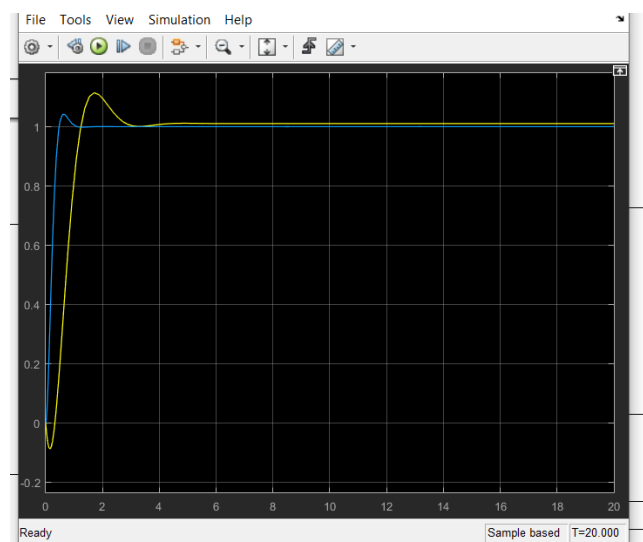
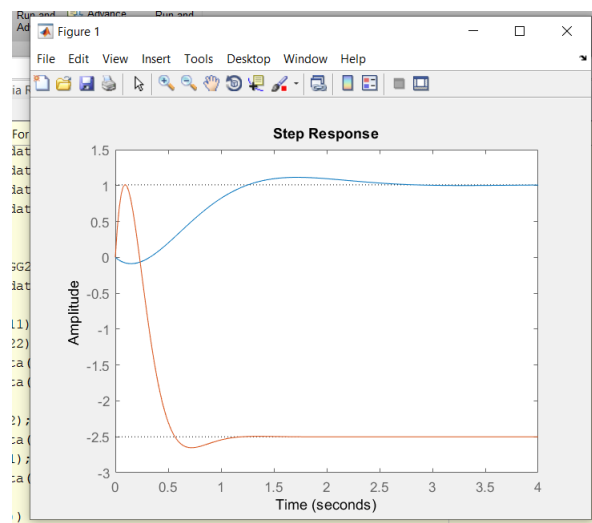
Celelalte variabile din efectuarea altor simulări, Theta derivat, Psi, Psi derivat și Phi derivat vor rămâne stabilizate la zero, dar bineînțeles urmând o altă dinamică și având un alt timp de răspuns prezentat în partea precedentă.

Având aceste rezultate obținute bune și de luat în seamă am putut trece putem trece și la analiza interdependenței dintre răspunsurile sistemului, care dintre THETA și PHI afectează mai tare răspunsul celuilalt.

PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II				
NUME student	Filip Andrei	GRUPA:	30131	Nota

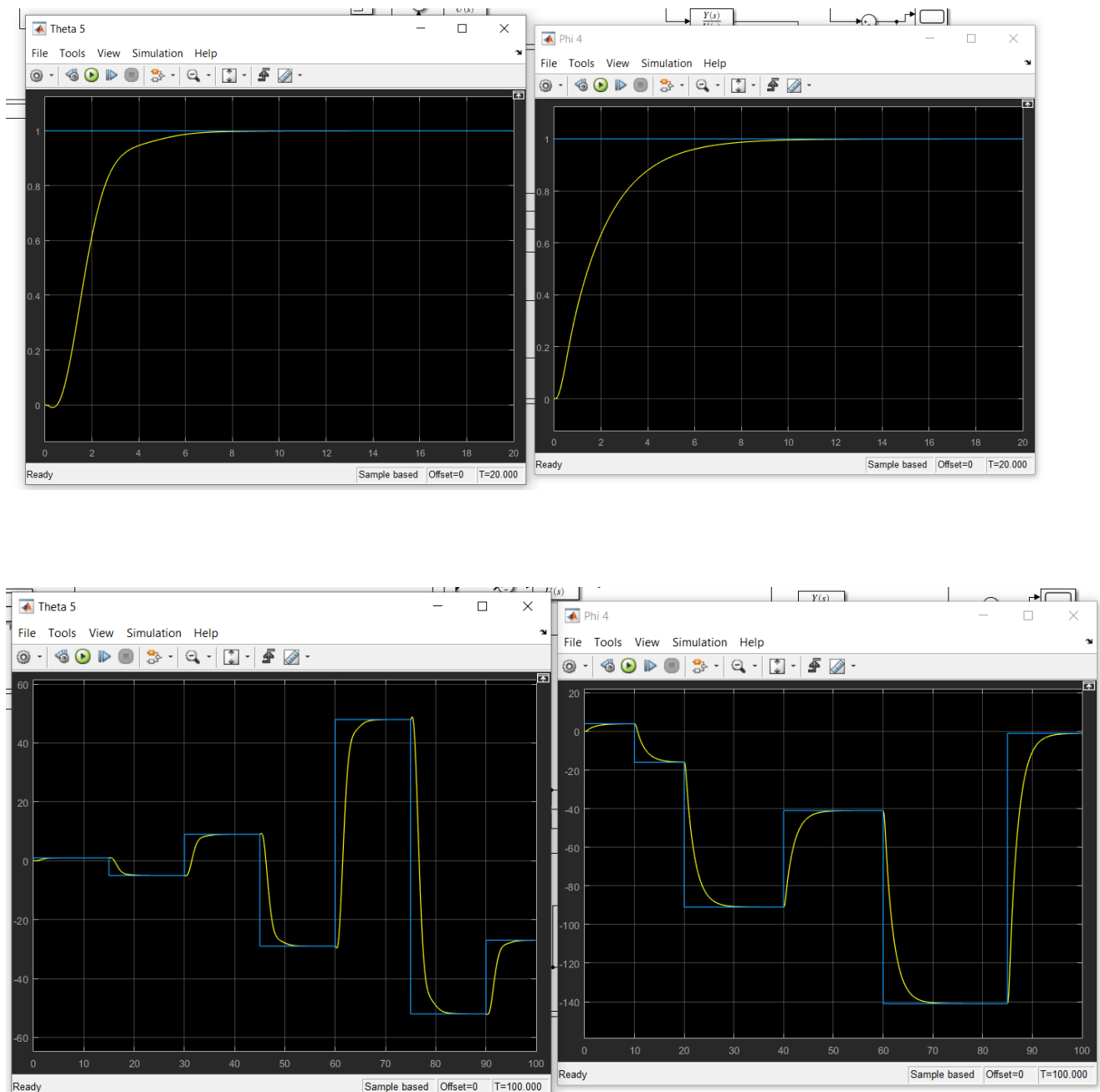
Pentru acest pas am realizat câteva simplificări în plus, obținând funcții de transfer ale procesului mult mai simpliste, dar care numai urmăresc așa bine dinamica procesului. Urmând aceeași am calculat decuplatoarele și M-urile. Pentru a vedea deosebirile, pe calea directă pentru M11 am folosit un Gain de -80 și pentru M22 am folosit un Gain de 66.66.

Răspunsul în Matlab, albastru M11, roșu M22 / Simulink, albastru M22, galben M11



PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Filip Andrei	GRUPA:	30131	Nota	

În continuare am folosit schema de reglare de mai sus, alegând pentru ambele sisteme obținute câte un regulator de tip I cu constanta de timp $T_i = 2$ secunde, iar rezultatele afișate mai jos, analiza rezultatelor nefiind așa importantă în acest caz, doar că am vrut să evidențiez că THETA determină într-o oarecare măsură comportamentul lui PHI, dar acest lucru putea fi observat încă din discuțiile susținute despre prima parte a proiectului, cea care cuprindea dar stabilizarea sistemului.



PROIECT INGINERIA REGLARII AUTOMATE II					
NUME student	Filip Andrei	GRUPA:	30131	Nota	

6. Concluzii

După părerea personală, a fost un proiect destul de greu având în vedere că nu am putut face și partea practică. Dacă aș fi avut echipamentul fizic cu care să lucrez ar fi fost mult mai ușor, mi-aș fi dat mai repede seama de unele lucruri, unde greșesc și unde puteam să îmbunătățesc anumite performanțe. Pe lângă asta, faptul că aveam de lucru cu multe zecimale, care trebuiau păstrate, altfel dinamica procesului se schimba drastic, apăreau rezultate diferite între Matlab și Simulink. Acuma nu știu dacă ideea mea de a folosi reacția de la stare folosind estimatorul de stare, apoi să realizez decuplarea prin atribuirea de stări diferite fiecărei intrări e mai potrivită decât cea cu regulator LQR prezentat în documentație, dar am încercat să fiu cât mai original, să-mi pun în aplicare propriile urmând totuși teoria predată și folosind câteva idei și structuri clasice aplicabile în multe alte cazuri. În teorie, fără testare pe aparatura fizică, rezultatele arată bine din privința mea, dar nu știu dacă s-ar fi potrivit și în realitate. În schimb, ce am observat, pentru o comandă implementabilă, cel puțin la nivel teoretic, răspunsul sistemului nu trebuie să fie unul foarte rapid, aproximativ dacă timpul de răspuns este de 10-20 de secunde, din încercările și testele efectuate pot spune că comanda e în limite normale și e implementabilă. Ce nu am putut realiza până la capăt este să fi observat și comanda aplicată sistemului și în partea a doua. Faptul că erau incertitudini între Simulink și Matlab m-au forțat să lucrez cu funcțiile de transfer aferent lui THETA și PHI, în loc să schema de la pagina 14 sus, în locul celor 4 blocuri de funcții de transfer, astfel puteam să observ comanda aplicată. Un lucru este cert, dacă timpul de răspuns depășește 10 secunde, și în aceste cazuri din partea a doua putem presupune că comanda este implementabilă.

Mi-a făcut totuși plăcere să lucrez la acest proiect, deși a fost destul de greu, dar mi-am putut folosi cunoștințele dobândite în ceea ce privește Ingineria Reglării Automate, Teoria Sistemelor și putem spune că și Identificarea Sistemelor.