

PROIECT SAE

Nume : Mateeșescu Niki

Grupa : 1301B

Profesor coordonator : Prof.dr.ing. Alexandru Onea

Anul universitar : 2021-2022

Enunțul problemei :

Fiind data instalația de laborator **rezervor cu traductor pe nivel**, să se proiecteze un regulator numeric astfel încât sistemul în buclă închisă să satisfacă următoarele preferințe :

- Eroare staționară nulă
- Suprareglare $< 5\%$
- Durata regimului tranzitoriu $< 10s$
- Amortizarea 0.707

Proiectarea se va face prin **două metode** :

- A. Alocare poli
- B. Metoda proiectării directe în domeniul timpului

Etapele de proiectare

1. Determinarea răspunsului indicial al procesului
2. Determinarea funcției de transfer a părții fixate
3. Alegerea perioadei de eșantionare
4. Discretizarea funcției de transfer a părții fixate
5. Verificarea prin simulare a modelului obținut
6. Proiectarea regulatorului pe baza modelului părții fixate și a funcției de transfer în buclă închisă determinat pe baza performanței impuse
7. Verificarea prin simulare numerică a sistemului în buclă închisă
8. Verificarea sistemului în bucla închisă în timpul real pe instalația de laborator

CUPRINS

A. Metoda alocării polilor	5
B. Metoda proiectării directe în domeniul timpului	13
1. Determinarea răspunsului indicial al procesului	3
2. Determinarea funcției de transfer a părții fixate	4
3. Alegerea perioadei de eșantionare	7
4. Discretizarea funcției de transfer a părții fixate	7
5. Verificarea prin simulare a modelului obținut	9
6. Proiectarea regulatorului pe baza modelului părții fixate și a funcției de transfer în buclă închisă determinat pe baza performanței impuse	10
7. Verificarea prin simulare numerică a sistemului în buclă închisă	10
8. Verificarea sistemului în bucla închisă în timpul real pe instalația de laborator	11
9. Concluzii	19

1. Determinarea răspunsului indicial al procesului

Având următorul model Simulink(Fig.1), am simulat procesul, semnalul de intrare fiind un semnal de treaptă la care s-a modificat Final Value.

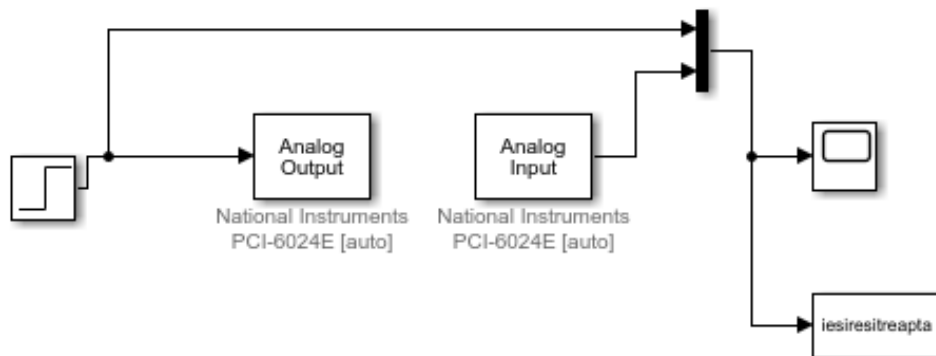


Fig.1

În urma simulării, am obținut următorul grafic (Fig.2) :

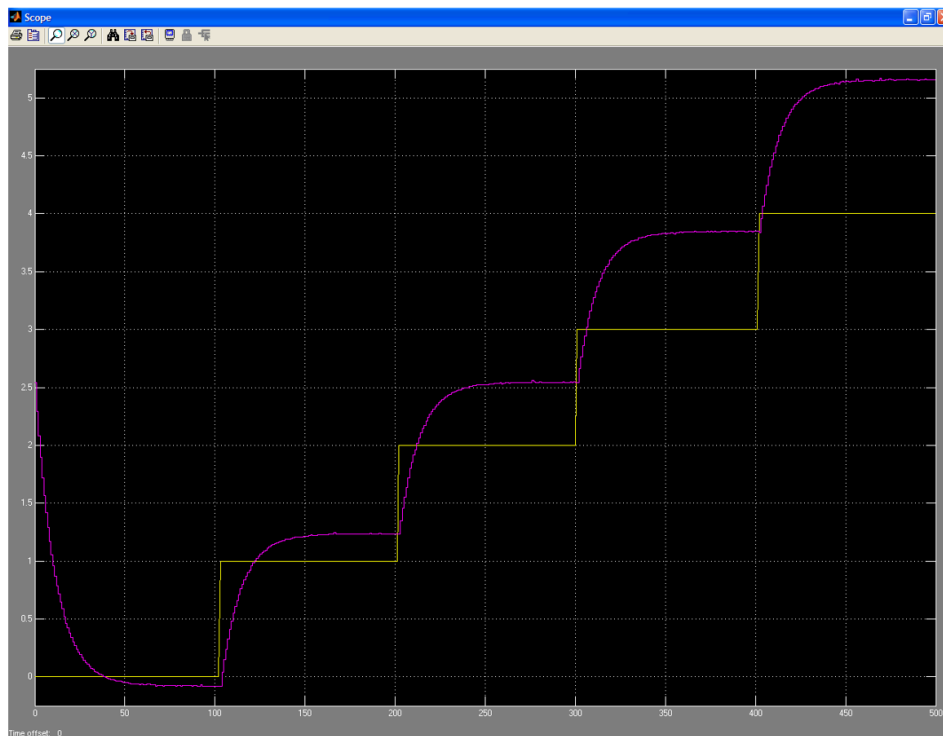


Fig.2

Semnalul cu culoare galbenă reprezintă intrarea, iar cea cu violet reprezintă ieșirea.

2. Determinarea funcției de transfer a părții fixate

Am luat 3 intervale de pe urma graficului obținut, având factorul de amplificare $k = 1.3147$, Y staționar $y_{st} = 1.3147$, eroarea de 5%, durata regimului, perioada $T = 10.6667$, iar G_2 :

$$G_2 = \frac{1.315}{10.67 * s + 1}$$

Graficul din matlab al funcției $G_2(s)$ este (Fig.3) :

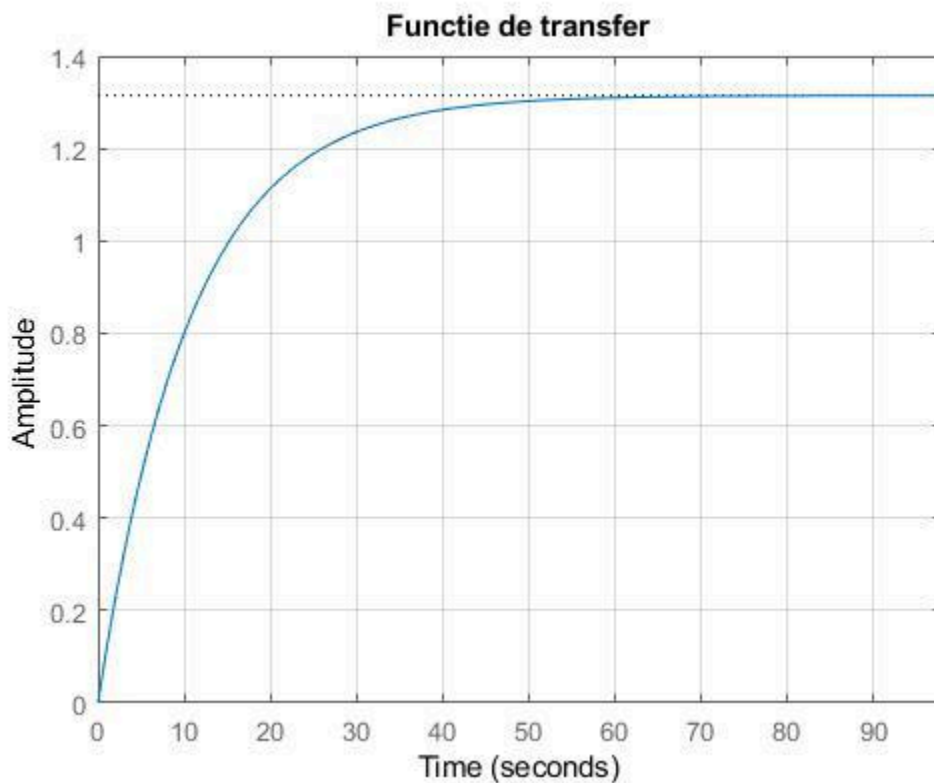


Fig. 3

În urma verificării, am obținut graficul(Fig.4) :

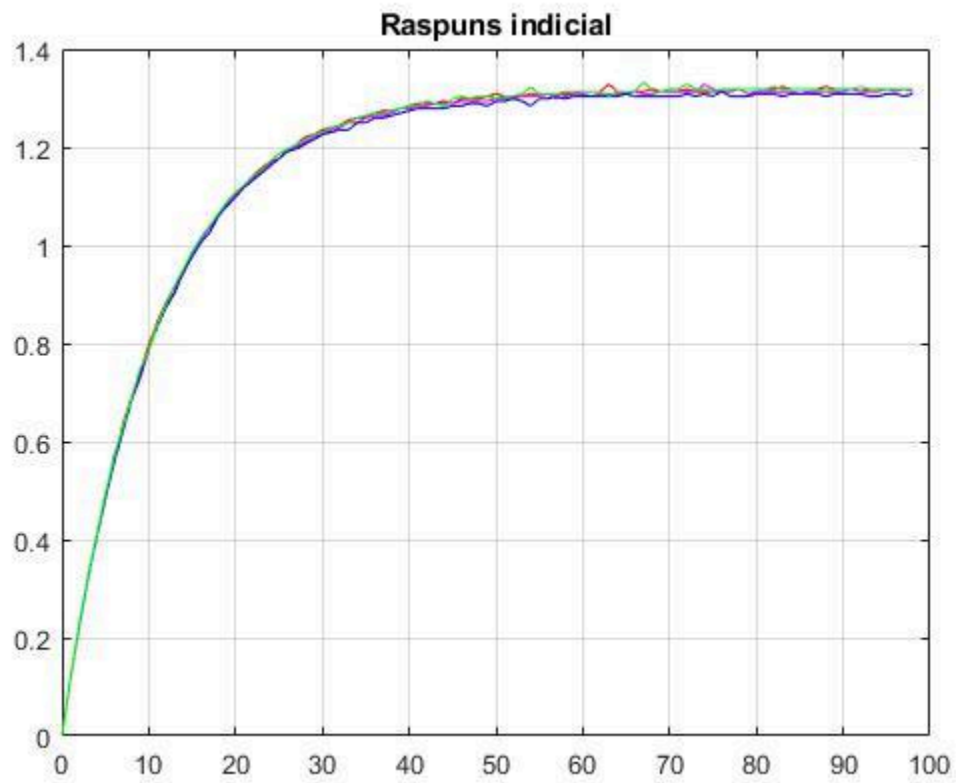


Fig. 4

A. Metoda alocării polilor

Având amortizarea egală cu 0.707, durata regimului tranzitoriu de 9s, calculăm suprareglarea :

$$sup = \frac{4}{zeta * tt} = 0.6286$$

Apoi calculăm $G0(s)$:

```
%fct de transfer in bucla inchisa G0
zeta=0.707;
t_t=9;
sup=4/(t_t*zeta);
num0= sup^2;
den0=[1 2*((sup)*(zeta)) sup^2];
G0_s=tf(num0,den0);
G0_s
```

$$G_0(s) = \frac{0.3952}{s^2 + 0.8889 * s + 0.3952}$$

Graficul funcției de transfer $G_0(s)$ în buclă închisă (Fig.5) :

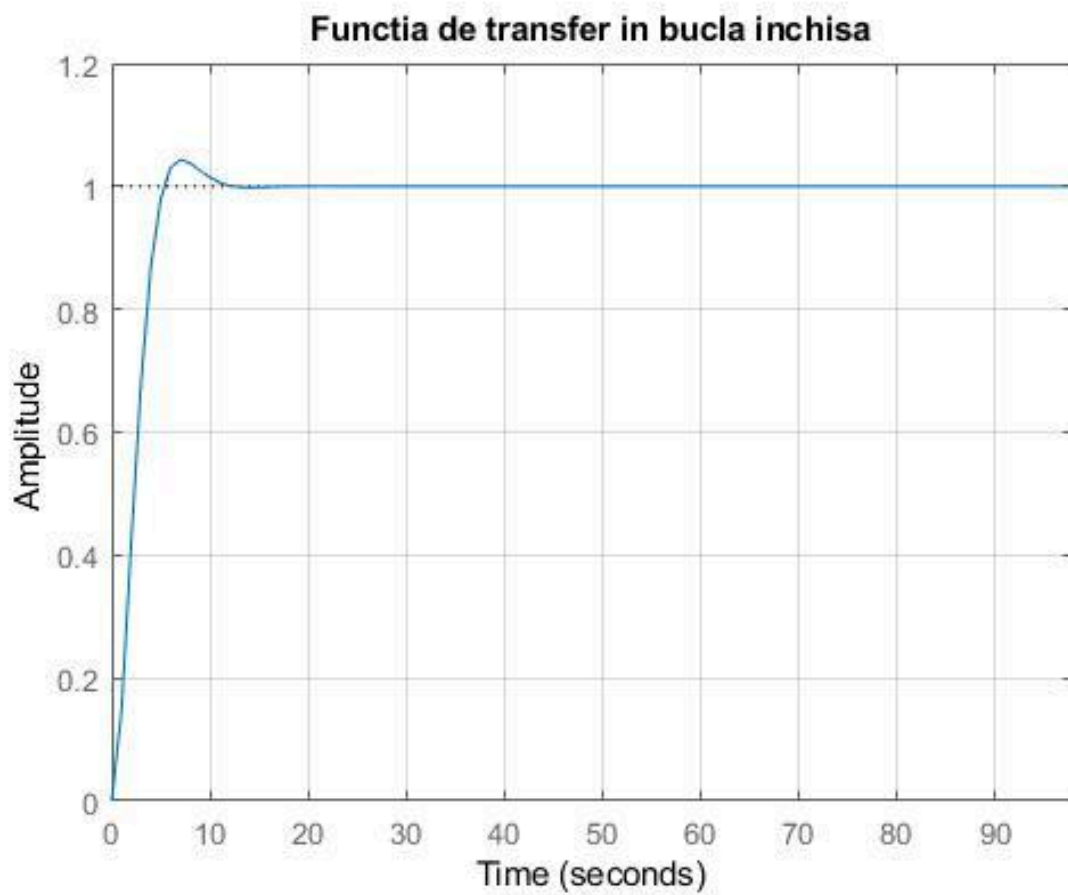


Fig. 5

3. Alegerea perioadei de eșantionare

Datorită perioadei regimului tranzitoriu $\text{per} = [1/25 \cdot T, 1/10 \cdot T] = [0.4267, 1.0667]$, am dedus că perioada de eșantionare este egală cu $1/T = 1.0667$, pe care o vom aproxima la 1.

$$T_s = 1$$

4. Discretizarea funcției de transfer a părții fixate

Funcția de transfer discretă se obține prin $G2_z = \text{c2d}(G2, T_s, \text{'zoh'})$, 'zoh' reprezentând alegerea metodei prin reținerea de ordine zero a intrărilor.

Astfel obținem valoarea :

$$G_2(z) = \frac{0.1177}{z - 0.9105}$$

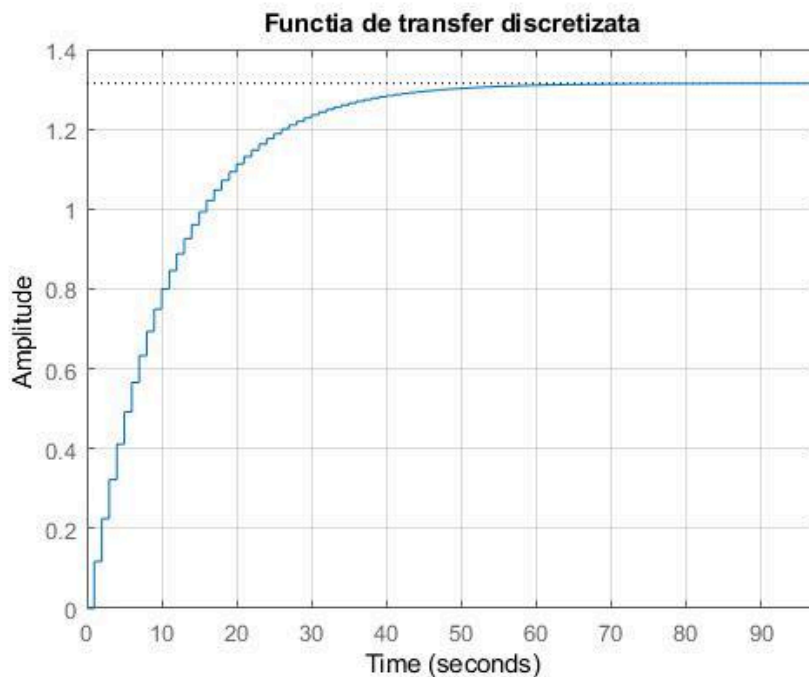


Fig. 6

Discretizarea funcției de transfer în buclă închisă se obține prin $G0_z=c2d(G0_s,Ts, 'zoh')$.
Se obține :

$$G_0(z) = \frac{0.1455 * z + 0.1079}{z^2 - 1.158 * z + 0.4111}$$

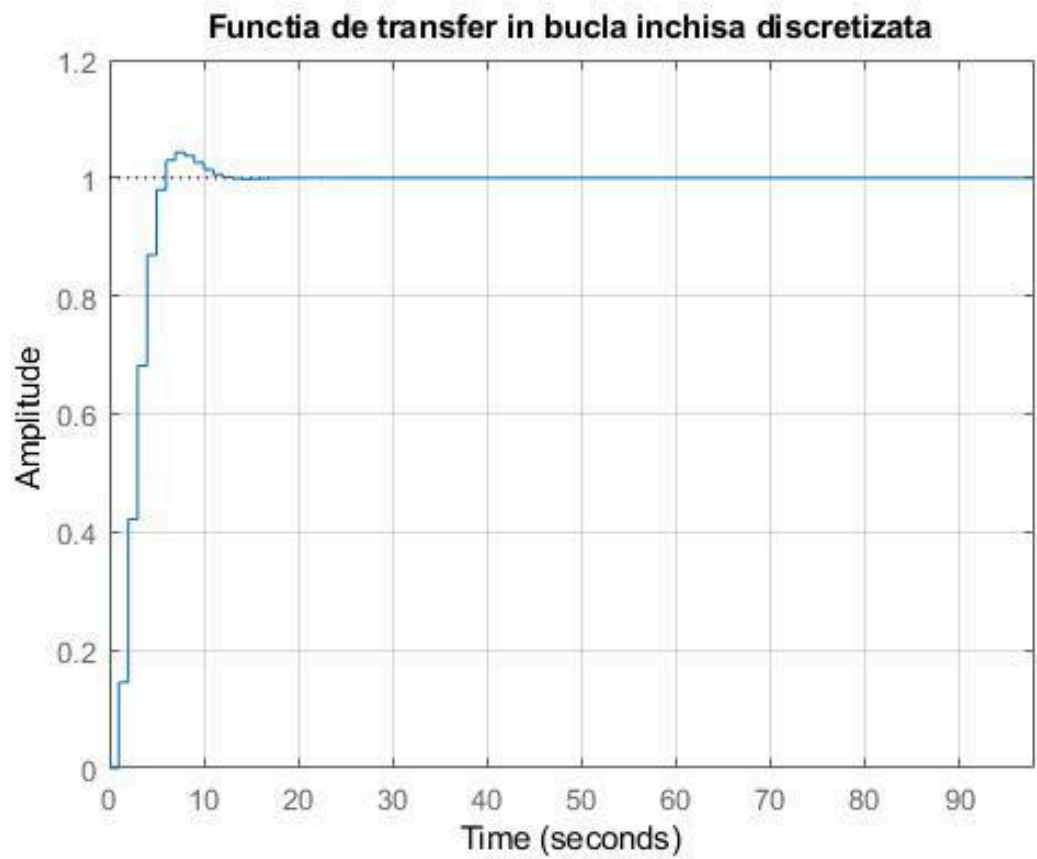


Fig. 7

5. Verificarea prin simulare a modelului obținut

Am folosit schema Simulink(Fig.8) :

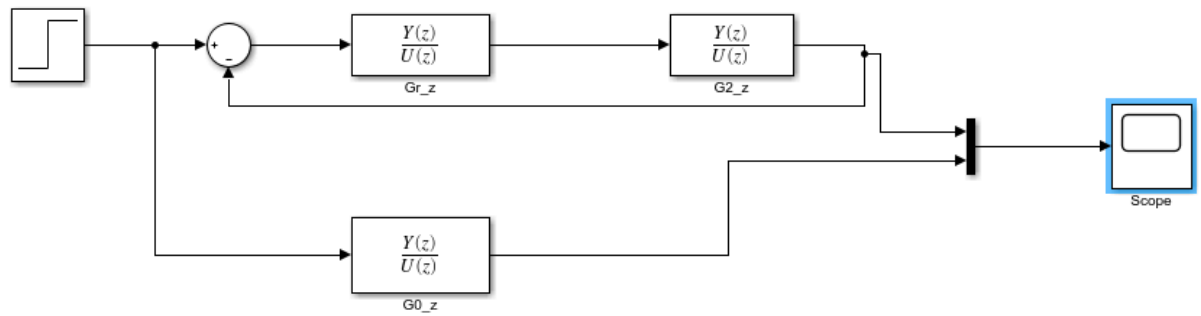


Fig. 8

Rezultatul din scope este figura 9 :

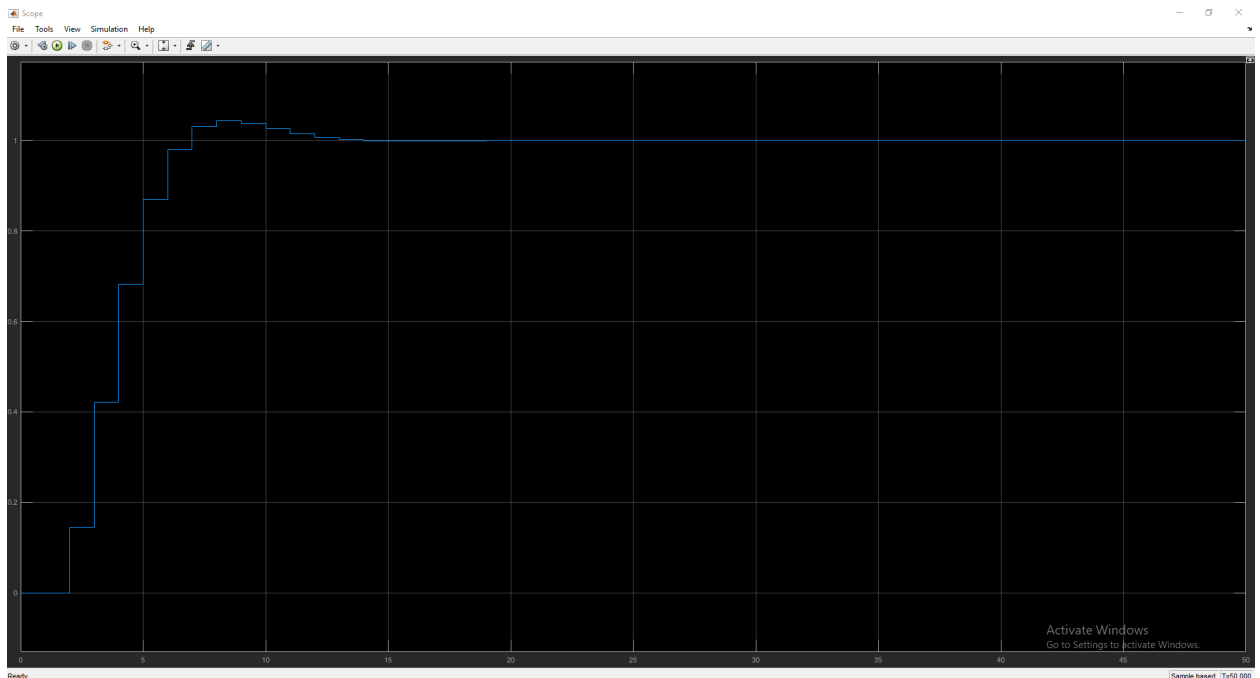


Fig. 9

6. Proiectarea regulatorului pe baza modelului părții fixate și a funcției de transfer în buclă închisă determinat pe baza performanței impuse

Funcția de transfer a regulatorului :

```
%funcția de transfer a regulatorului Gr  
Gr_z=(1/G2_z)*G0_z/(1-G0_z);  
Gr_z=minreal(Gr_z);  
[numr denr]=tfdata(Gr_z,'v');
```

$$G_r(z) = \frac{1.236 * z^2 - 0.2084 * z - 0.8353}{z^2 - 1.303 * z + 0.3032}$$

7. Verificarea prin simulare numerică a sistemului în buclă închisă

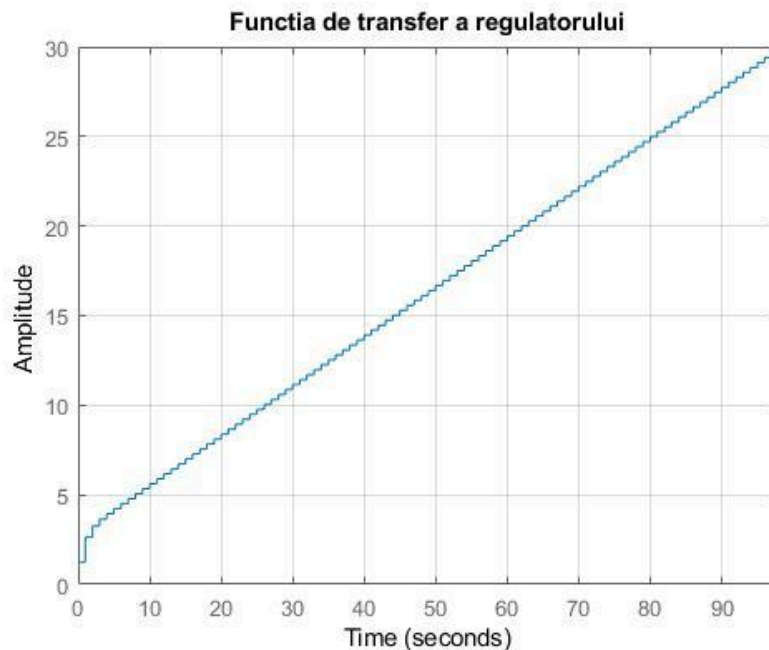


Fig. 10

8. Verificarea sistemului în bucla închisă în timpul real pe instalația de laborator

Modelul Simulink utilizat este figura 11 :

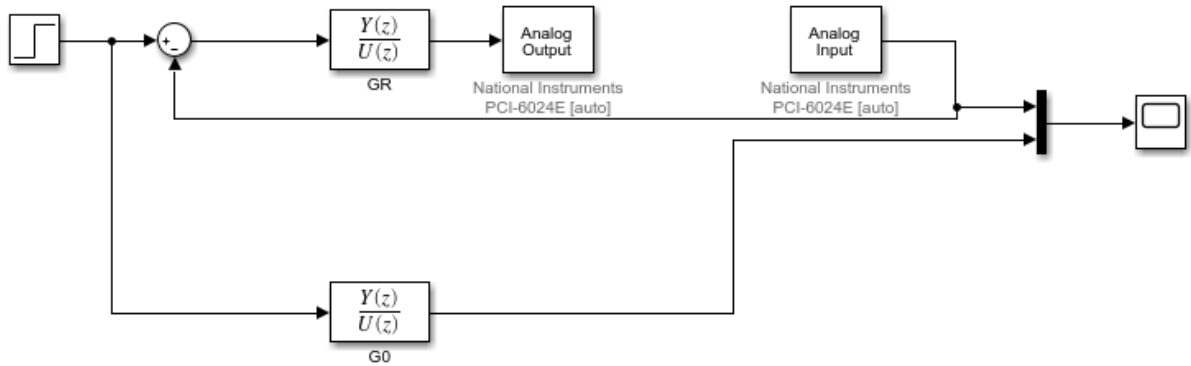


Fig. 11

Am obținut următoarea figura 12(a,b) :

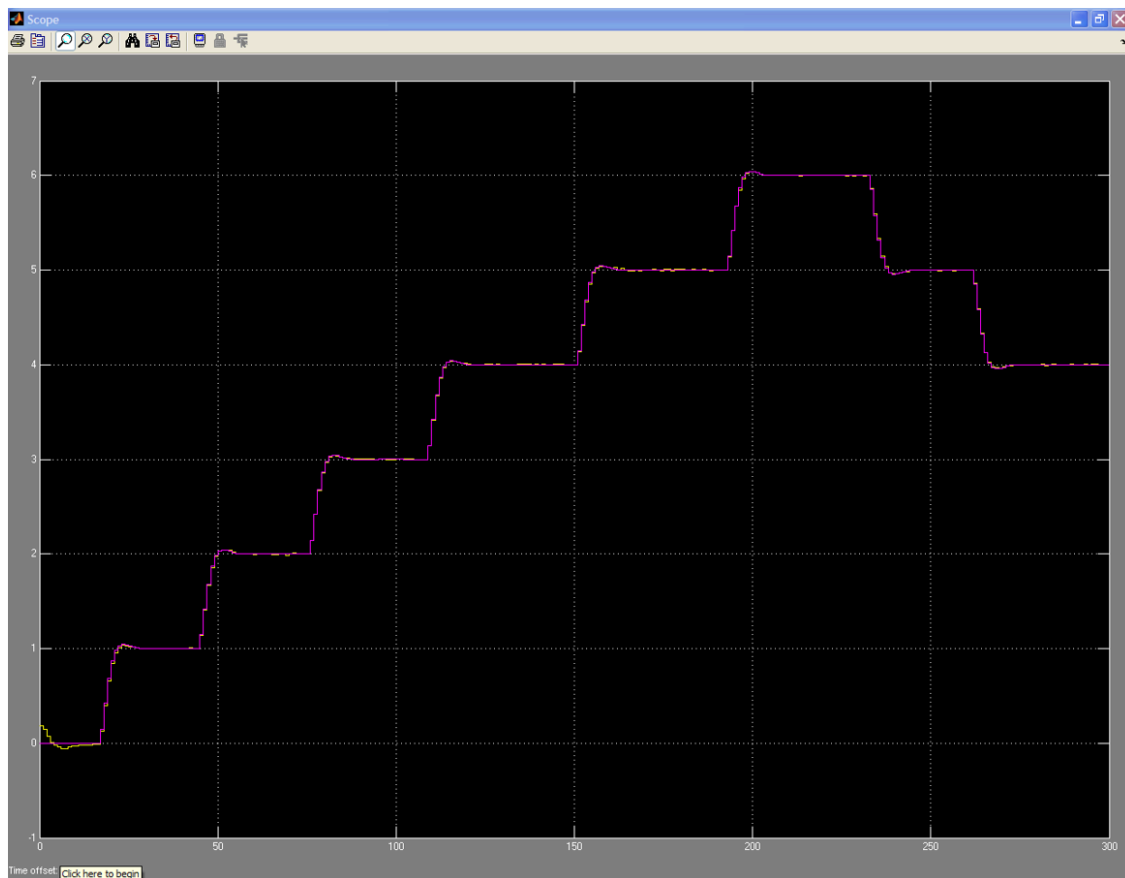


Fig. 12.a

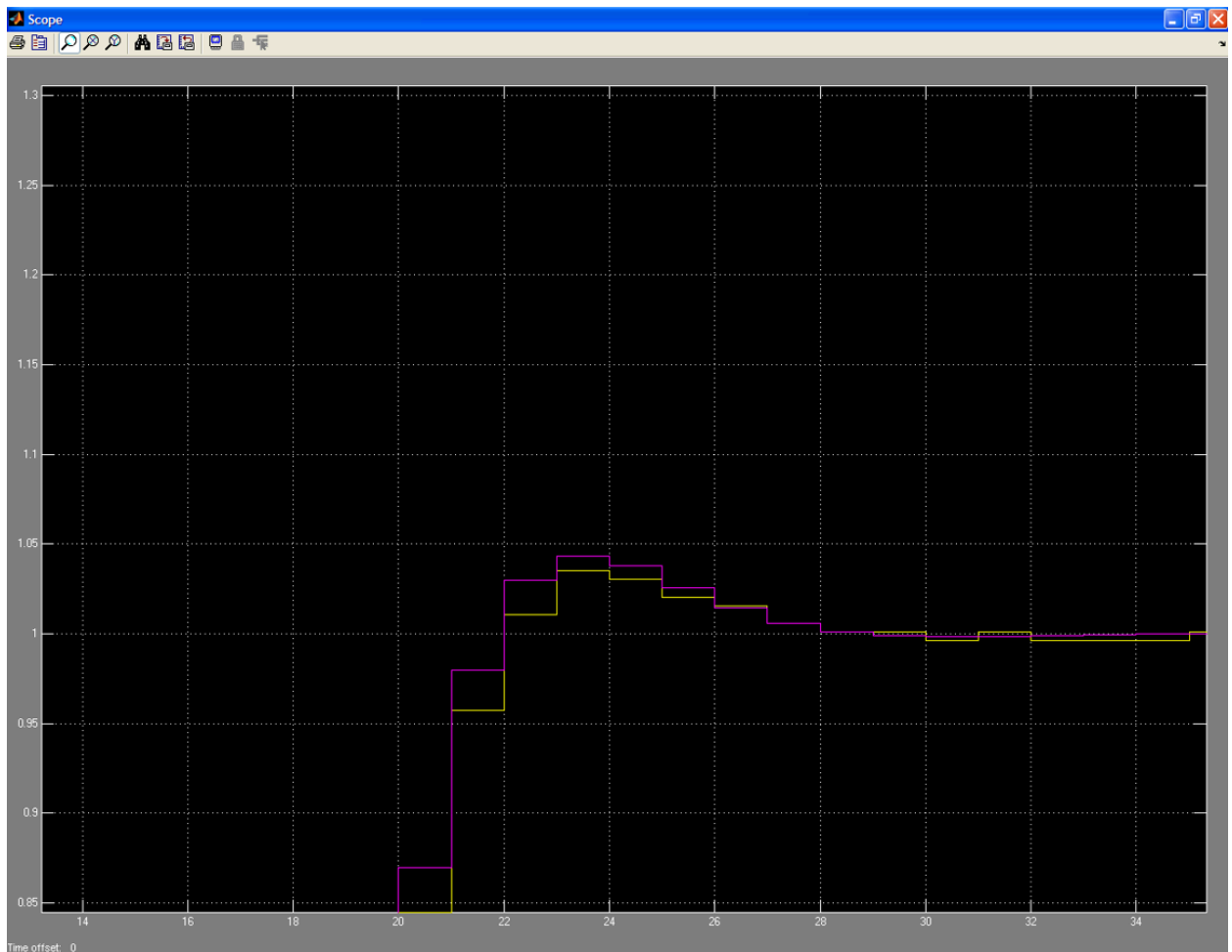


Fig. 12.b

Semnalul cu culoare galbenă reprezintă ieșirea teoretică, iar cea cu violet reprezintă ieșirea de pe instalație.

B. Metoda proiectării directe în domeniul timpului

Avem următoarele valori ale răspunsului sistemului de reglare :

```
%puncte alese  
y0 = 0;  
y1 = 0.426;  
y2 = 0.871;  
y3 = 1.01;  
y4 = 1.04;  
y5 = 1;
```

Coeficienții numărătorului funcției de transfer G_0d_z sunt :

```
%coeficienti  
p1 = y1;  
p2 = y2 - y1;  
p3 = y3 - y2;  
p4 = y4 - y3;  
p5 = 1 - y4;
```

Atunci avem :

$$p = [p1 \ p2 \ p3 \ p4 \ p5] = [0.426 \ 0.445 \ 0.139 \ 0.03 \ -0.04]$$

Pe baza acestor valori, G_0d_z este(fig.13) :

$$G_0d(z) = \frac{0.426 * z^4 + 0.445 * z^3 + 0.139 * z^2 + 0.03 * z - 0.04}{z^5}$$

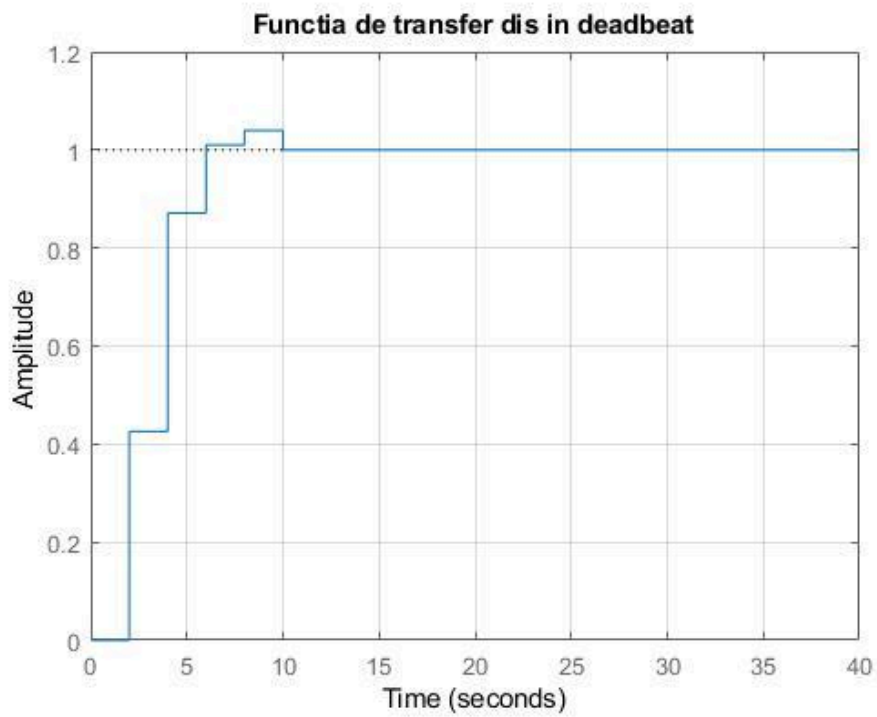


Fig. 13

Am ales perioada de eșantionare $T_{sd} = 2$.

$$G_0 d(z) = \frac{G_2 * G_r d}{1 + G_2 * G_r d} \Rightarrow G_r d = \frac{1}{G_2} * \frac{G_0 d}{1 - G_0 d}$$

```

%functia de transfer in deadbeat
Tsd = 2;
p = [p1 p2 p3 p4 p5];
numd = p;
dend = [1 0 0 0 0 0];
G0d_z = tf(numd,dend,Tsd);
G0d_z

figure(6)
step(G0d_z); title('Functia de transfer dis in deadbeat'); grid on;

%functia de transfer discreta in deadbeat
G2d_z=c2d(G2,Tsd, 'zoh');
[num2d,den2d] = tfdata(G2d_z,'v');

%functia de transfer a regulatorului Grd
Grd = G0d_z/(G2d_z*(1-G0d_z));
% Grd
Grd_z = minreal(Grd);
[numrdz,denrdz] = tfdata(Grd_z,'v');

```

Astfel, funcția de transfer a regulatorului în deadbeat este :

$$G_r d(z) = \frac{1.895 * z^5 + 0.4086 * z^4 - 1.023 * z^3 - 0.3792 * z^2 - 0.2886 * z + 0.1475}{-z^5 - 0.426 * z^4 - 0.445 * z^3 - 0.139 * z^2 - 0.03 * z + 0.04}$$

Schema Simulink utilizată pe instalație este (fig.14) :

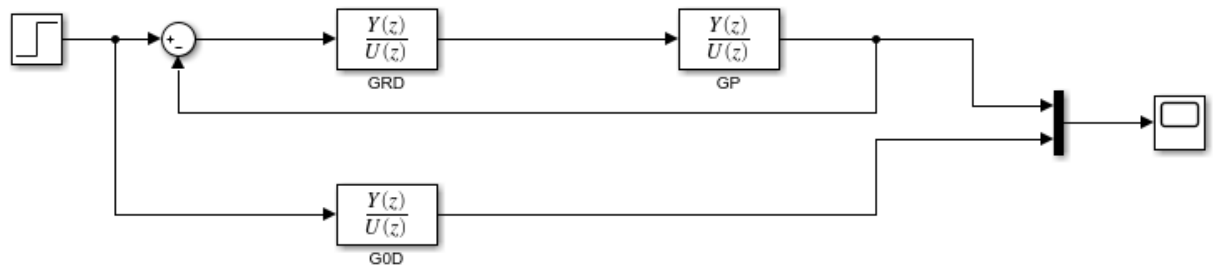


Fig. 14

După simulare am obținut figura 15(a,b,c) :

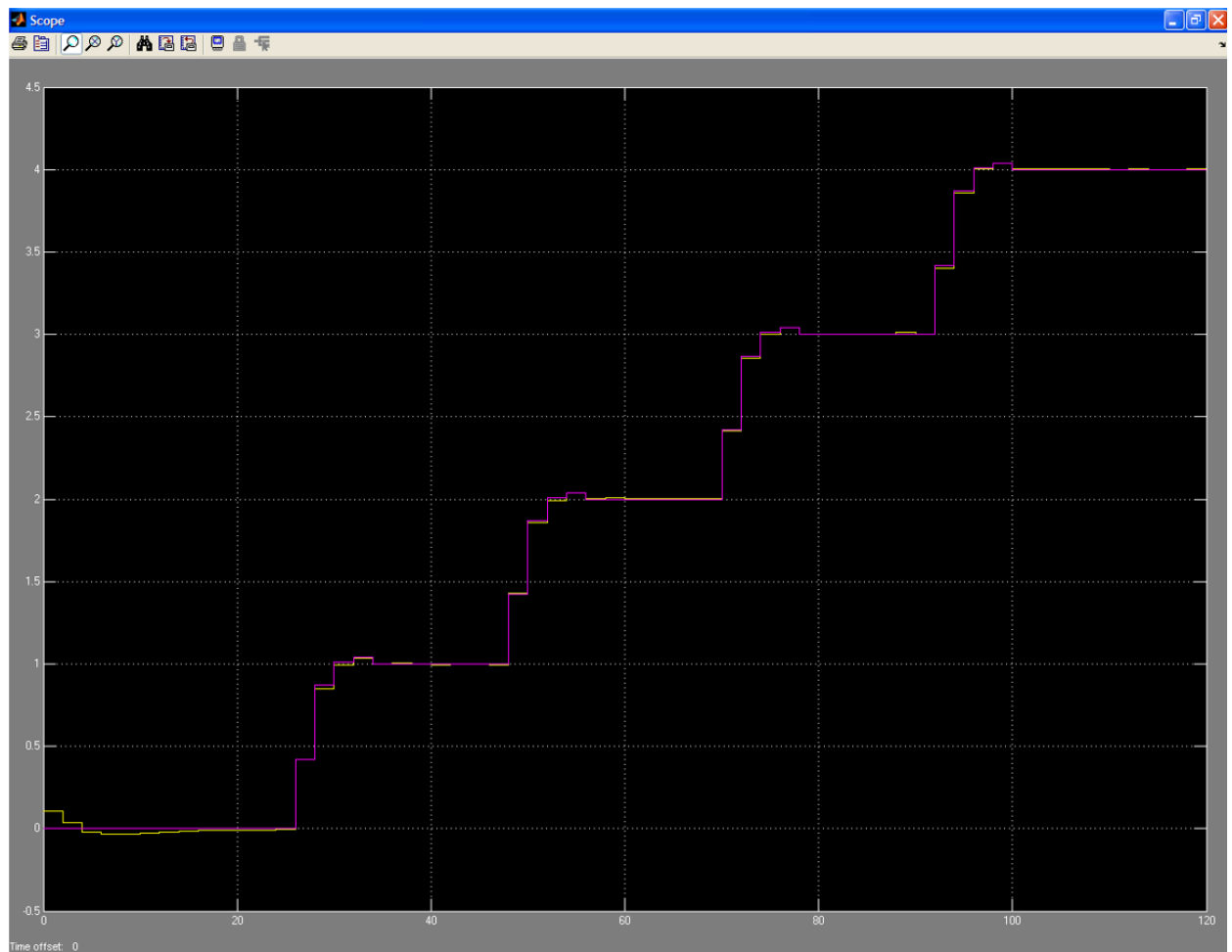


Fig. 15.a

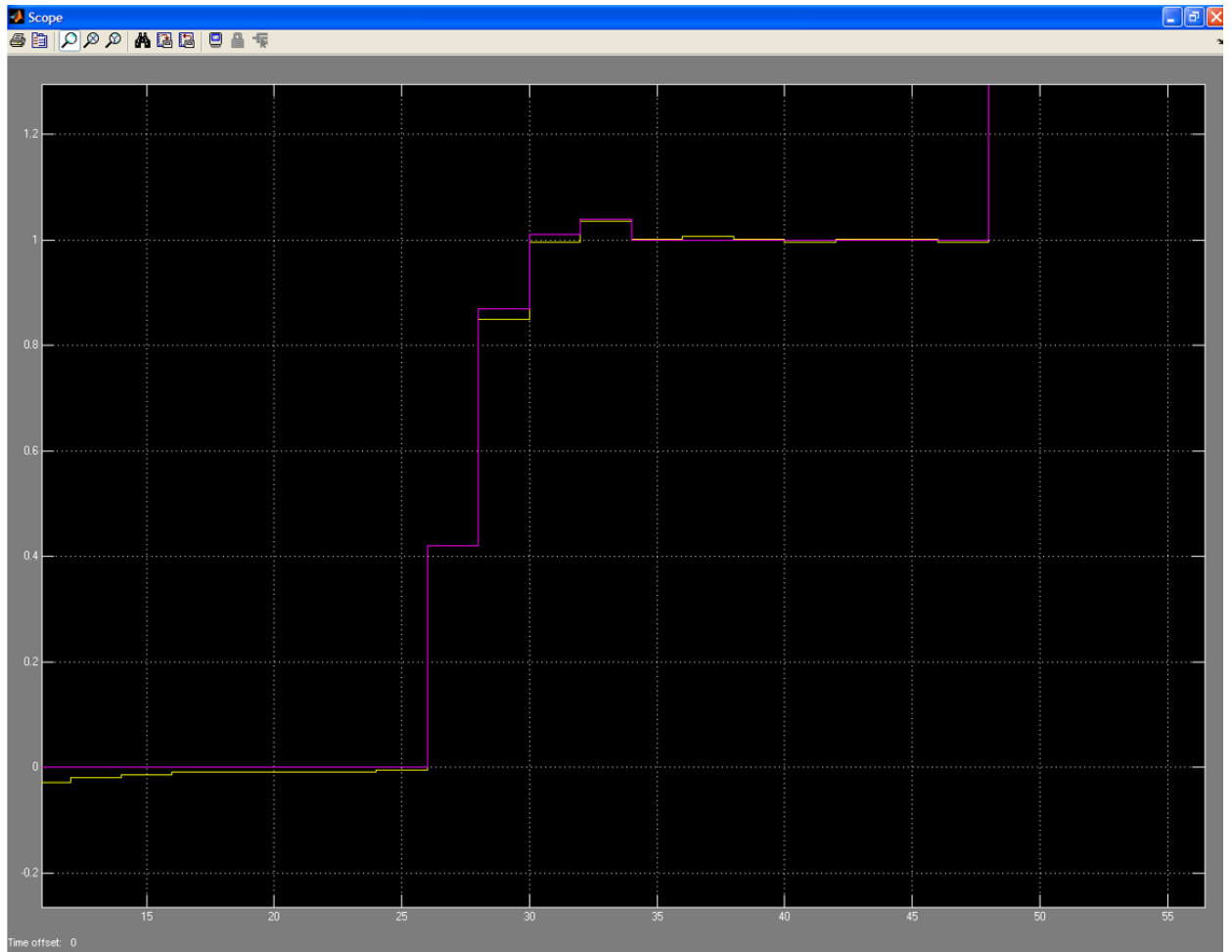


Fig. 15.b

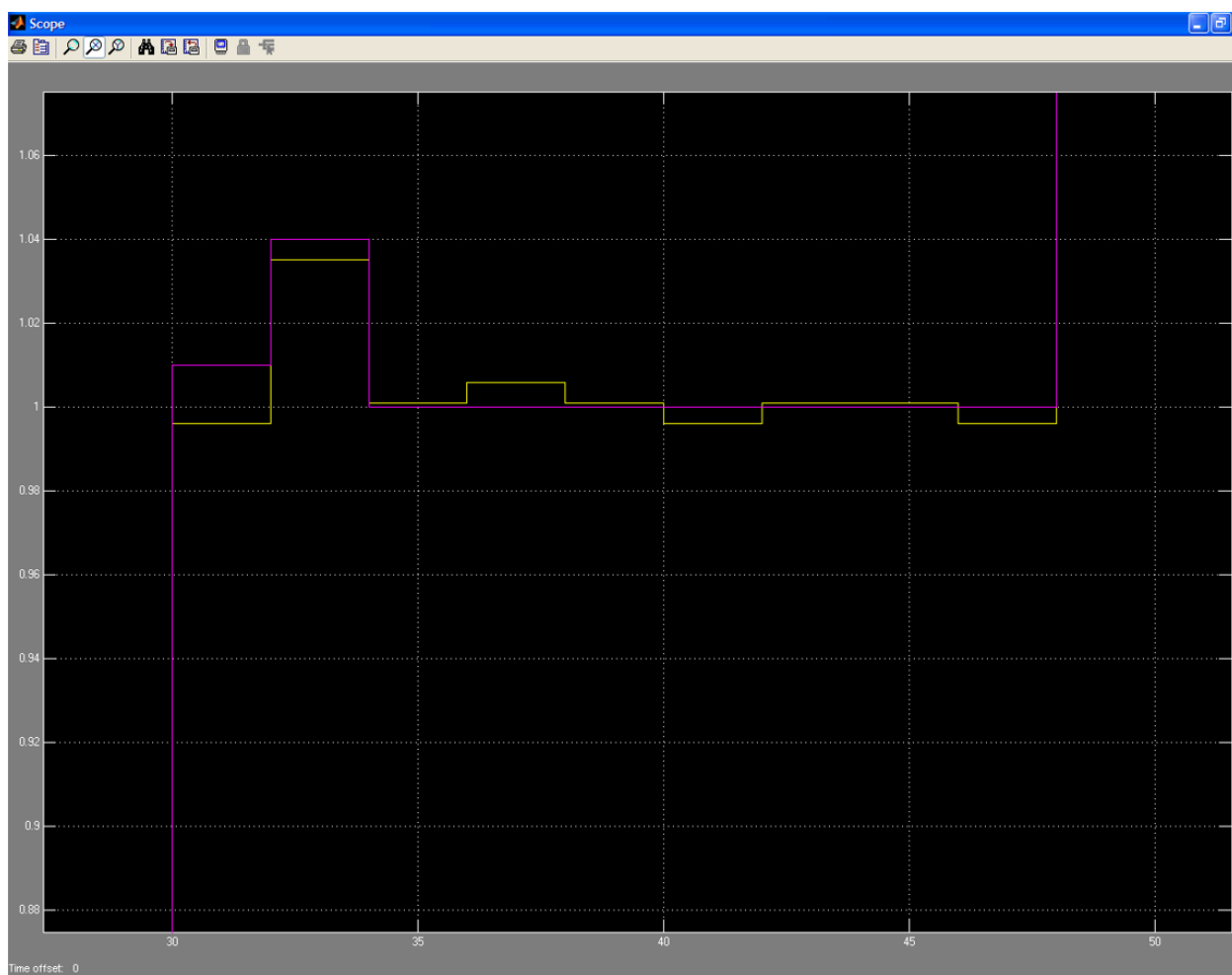


Fig. 15.c

Semnalul cu culoare galbenă reprezintă ieșirea teoretică, iar cea cu violet reprezintă ieșirea de pe instalație.

9. Concluzii

Am folosit cele două metode (alocarea polilor și cea a proiectării directe în domeniul timpului) , iar în urma proiectării reguletoarelor am obținut două grafice cu eroare $\leq 5\%$.

În concluzie, am obținut rezultate care satisfac enunțul problemei.

Anexă

Codul folosit în Matlab a fost :

```
clear all  
close all  
clc
```

```
load iesiresitreapta;  
s=iesiresitreapta(:,2);
```

```
t=0:1:98;
```

```
step1=s(104:202)-s(104);  
step2=s(203:301)-s(203);  
step3=s(302:400)-s(302);  
step4=s(403:501)-s(403);
```

```
yst1=step1(end);  
yst2=step2(end);  
yst3=step3(end);  
yst4=step4(end);
```

```
yst=(yst1+yst2+yst3+yst4)/4;
```

```
ymax1=max(step1);
```

```
ymax2=max(step2);
```

```
ymax3=max(step3);
```

```
ymax4=max(step4);
```

```
pause on
```

```
figure(1)
```

```
plot(t,step1,'-r');hold on;grid on;
```

```
plot(t,step2,'-m');grid on;
```

```
plot(t,step3,'-b');grid on;
```

```
plot(t,step4,'-g');grid on;hold off;title('Raspuns indicial');
```

```
% legend('step1','step2','step3','step4');
```

```
pause
```

```
k=yst;
```

```
t1=12;
```

```
%durata in regim tranzitoriu
```

```
t5=0;
```

```
t95=0;
```

```
for i=1:98
```

```
if(step1(i)>0.05*step1(end) && t5==0)
```

```
t5=t(i);
```

```
end
```

```
if(step1(i)>0.95*step1(end) && t95==0)
```

```
t95=t(i);
```

```
end
```

```
end
```

```
% Metoda alocarii polilor
```

```

tc=t95-t5;
T=tc/3;
per=[1/25*T,1/10*T];
Ts=1; % perioada de esantionare

%fct de transfer
num=k;
den=[T 1];
G2=tf(num,den)
figure(2)
step(t,G2);title('Functie de transfer');grid on;
pause

%discretizare

G2_z=c2d(G2,Ts, 'zoh') %functia discreta
[num2z den2z]=tfdata(G2_z,'v');

figure(3)
step(t,G2_z);title('Functia de transfer discretizata'); grid on;
pause

%fct de transfer in bucla inchisa G0
zeta=0.707;
t_t=9;
sup=4/(t_t*zeta);
num0= sup^2;
den0=[1 2*((sup)*(zeta)) sup^2];
G0_s=tf(num0,den0);
G0_s

figure(4)
step(t,G0_s);title('Functia de transfer in bucla inchisa');grid on;
pause

```

```

%discretizare G0_s --> G0_z
G0_z=c2d(G0_s,Ts, 'zoh')

figure(5)
step(t,G0_z);title('Functia de transfer in bucla inchisa
discretizata');grid on;
%pause
pause off

[numz denz]=tfdata(G0_z,'v');

%functia de transfer a regulatorului Gr
Gr_z=(1/G2_z)*G0_z/(1-G0_z);
Gr_z=minreal(Gr_z);
[numr denr]=tfdata(Gr_z,'v');

%figure(7)
%step(t,Gr_z);title('Functia de transfer a regulatorului');grid on;
%pause off

% Metoda directa în domeniul timp

%puncte alese
y0 = 0;
y1 = 0.426;
y2 = 0.871;
y3 = 1.01;
y4 = 1.04;
y5 = 1;

%coeficienti
p1 = y1;
p2 = y2 - y1;
p3 = y3 - y2;

```

```
p4 = y4 - y3;  
p5 = 1 - y4;
```

```
%functia de transfer in deadbeat
```

```
Tsd = 2;
```

```
p = [p1 p2 p3 p4 p5];
```

```
numd = p;
```

```
dend = [1 0 0 0 0 0];
```

```
G0d_z = tf(numd,dend,Tsd);
```

```
G0d_z
```

```
figure(6)
```

```
step(G0d_z); title('Functia de transfer dis in deadbeat'); grid on;
```

```
%functia de transfer discreta in deadbeat
```

```
G2d_z=c2d(G2,Tsd, 'zoh');
```

```
[num2d,den2d] = tfdata(G2d_z,'v');
```

```
%functia de transfer a regulatorului Grd
```

```
Grd = G0d_z/(G2d_z*(1-G0d_z));
```

```
% Grd
```

```
Grd_z = minreal(Grd);
```

```
[numrdz,denrdz] = tfdata(Grd_z,'v');
```