UNIVERSITATEA TEHNICĂ “GHEORGHE ASACHI” IAŞI
FACULTATEA DE AUTOMATICĂ ŞI CALCULATOARE

Proiect SAE

Nume: Popescu Mihai-Daniel
Grupa: 1305B
Profesor îndrumător: Alexandru Onea

Iasi-2023

UNIVERSITATEA TEHNICĂ “GHEORGHE ASACHI” IAŞI
FACULTATEA DE AUTOMATICĂ ŞI CALCULATOARE

Date inițiale de proiectare

Având dată instalaţia de laborator – aeroterma cu traductor de temperatura, să se proiecteze un regulator astfel încât sistemul în buclă închisă să satisfacă cerinţele :

- ➔ Eroare staţionară nulă
- ➔ Suprareglarea mai mică de 5%
- ➔ Durata regimului tranzitoriu mai mică de 75 de secunde.

Proiectarea se face prin două metode :

- **A.** Alocare de poli
- **B.** Proiectare directă în domeniul timp

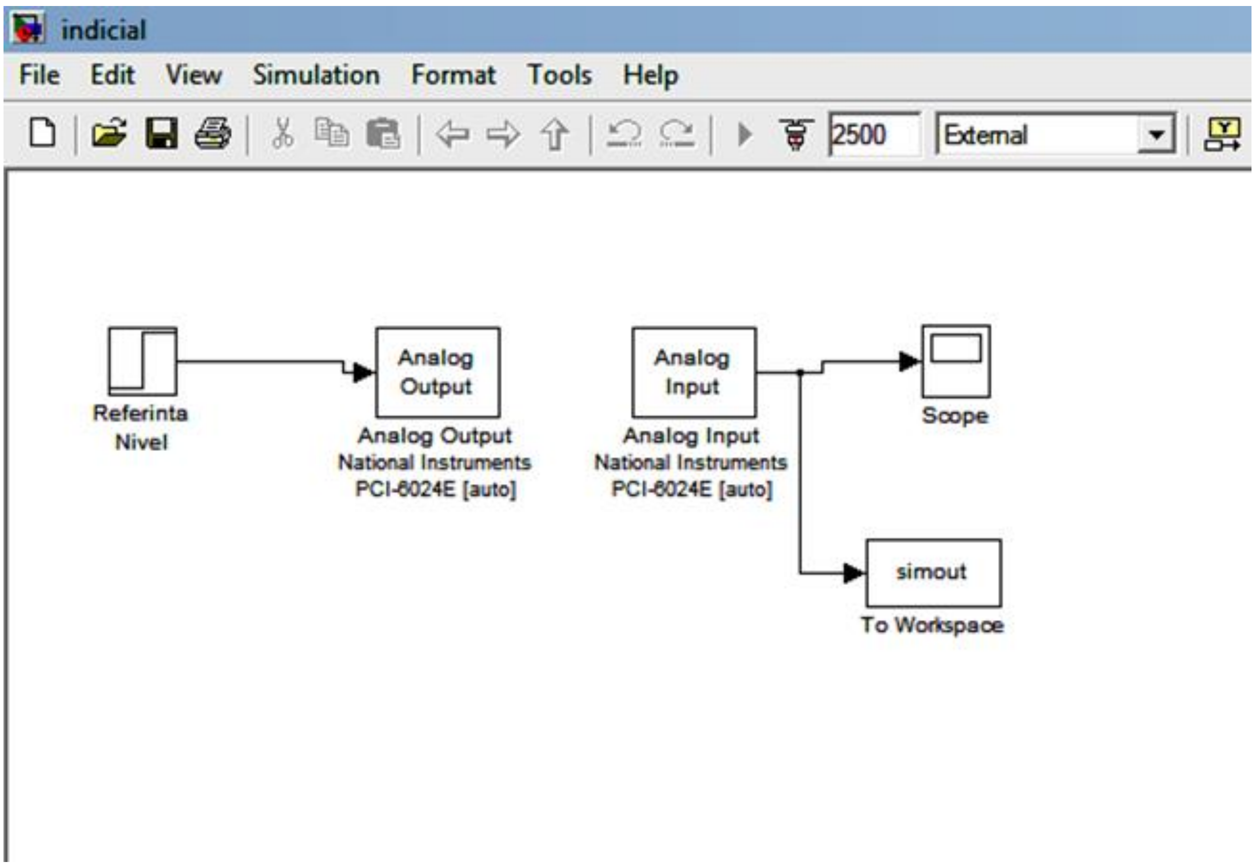
Etape de proiectare :

- ✓ Determinarea răspunsului indicial al procesului
- ✓ Determinarea funcţiei de transfer a părţii fixate Gp(s)
- ✓ Alegerea perioadei de timp de eşantionare şi discretizarea funcţiei de transfer a părţii fixate
- ✓ Verificarea prin simulare a modelului obţinut
- ✓ Proiectarea regulatorului pe baza modelului părţii fixate si a funcţiei de transfer în buclă închisă determinat pe baza performanţelor impuse
- ✓ Verificarea prin simulare a componentelor sistemului în buclă închisă
- ✓ Verificarea sistemului în buclă închisă în timp real pe instalația de laborator.

Iasi-2023

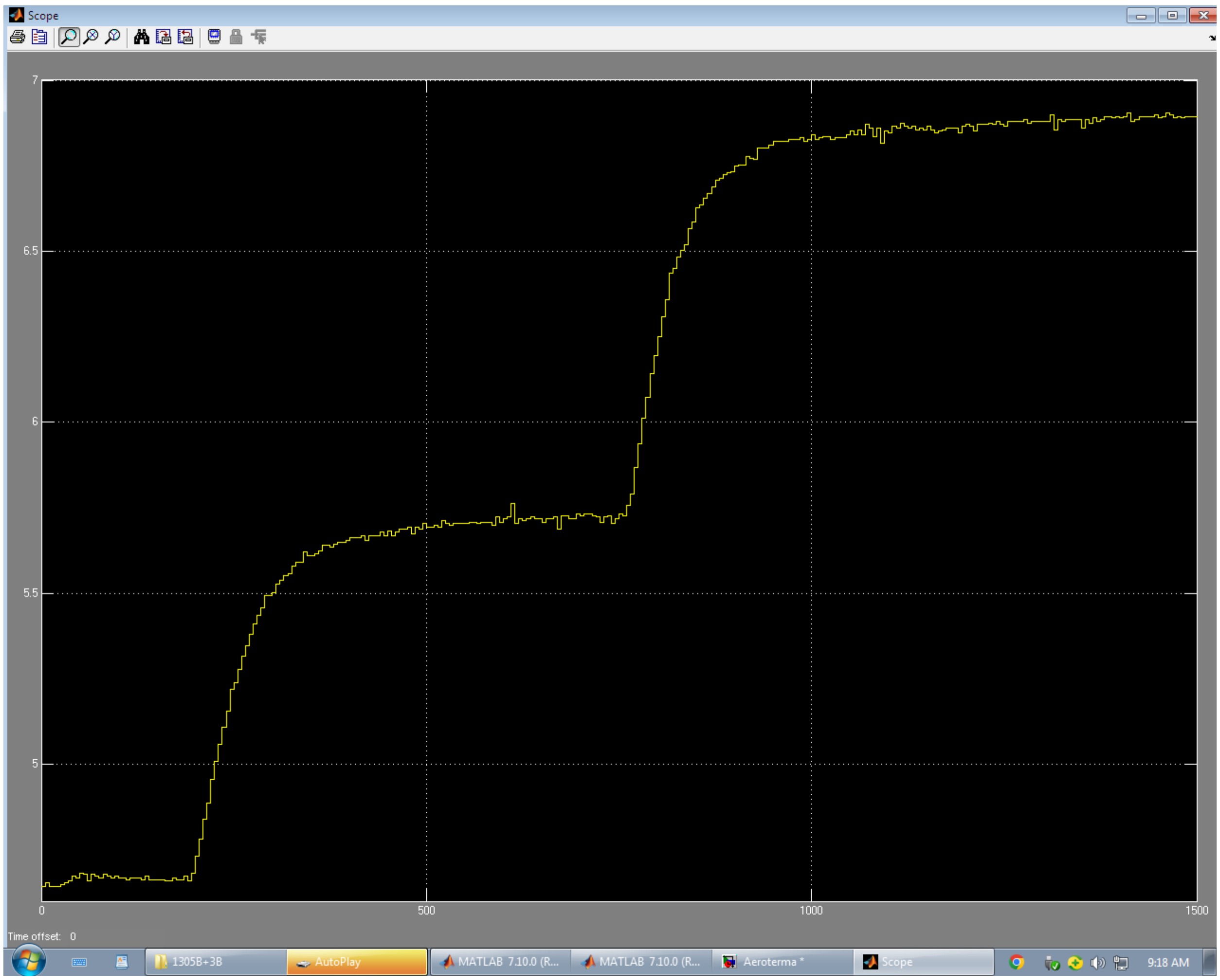
Etapele de lucru:

1) Determinarea raspunsului indicial:

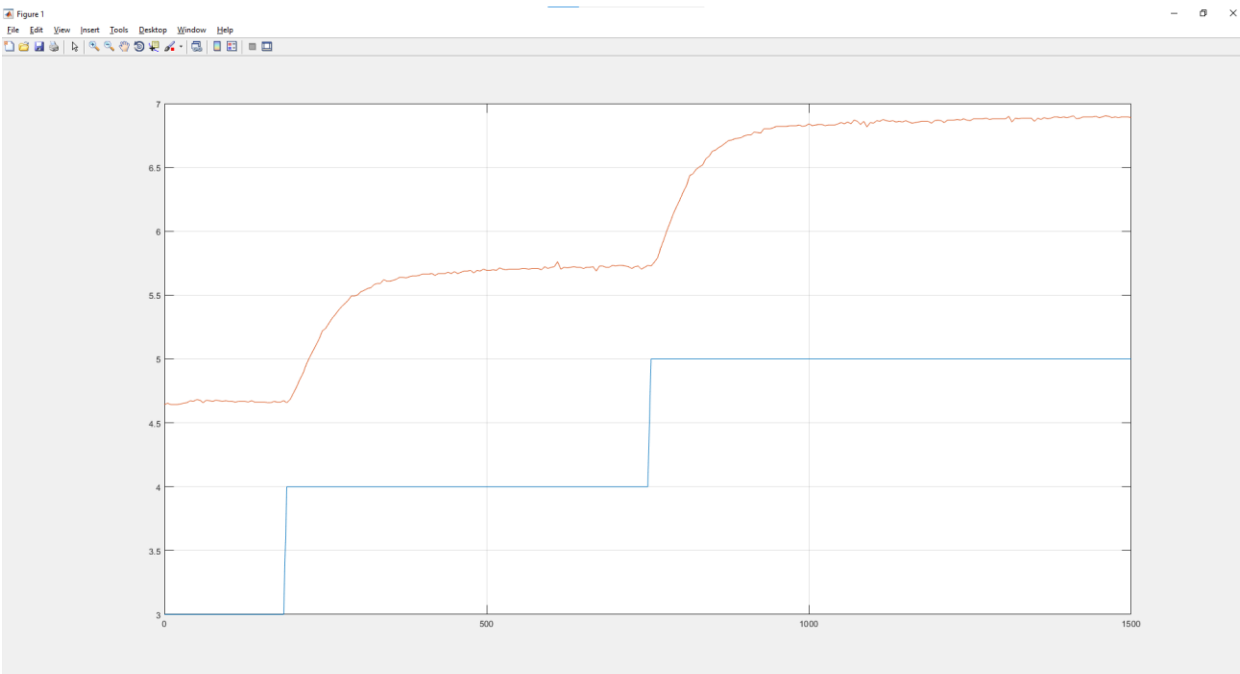


Semnalele de intrare au fost trepte de mărimi diferite, aplicate la anumite momente de timp, pentru a determina funcția de transfer a părții fixate.

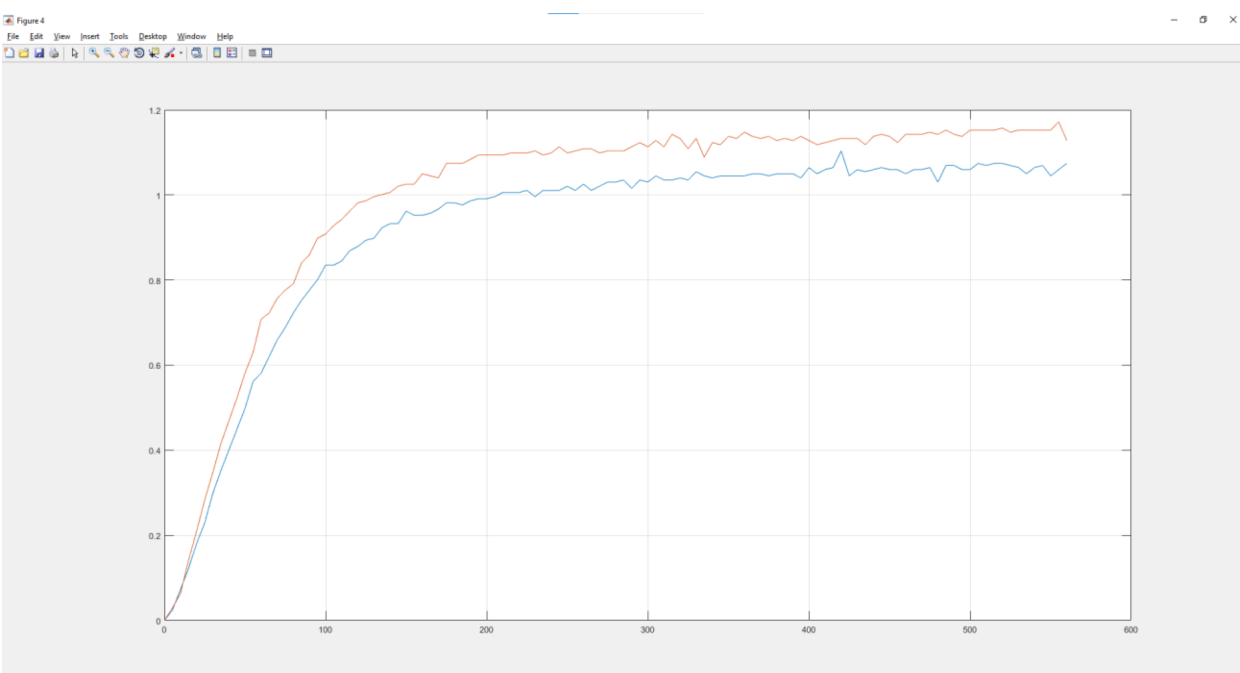
În urma simulării am obținut următorul grafic:



În figura urmatoare putem observa cu albastru semnalul treapta, iar cu roșu răspunsul indicial al părții fixate:



În figura ce urmează sunt prezentate cele 2 raspunsuri indiciale la semnalul treapta de la 3 la 4 și de la 4 la 5, care au fost aduse in origine, cel cu roșu a fost actualizat cu același număr de valori ca cel albastru.

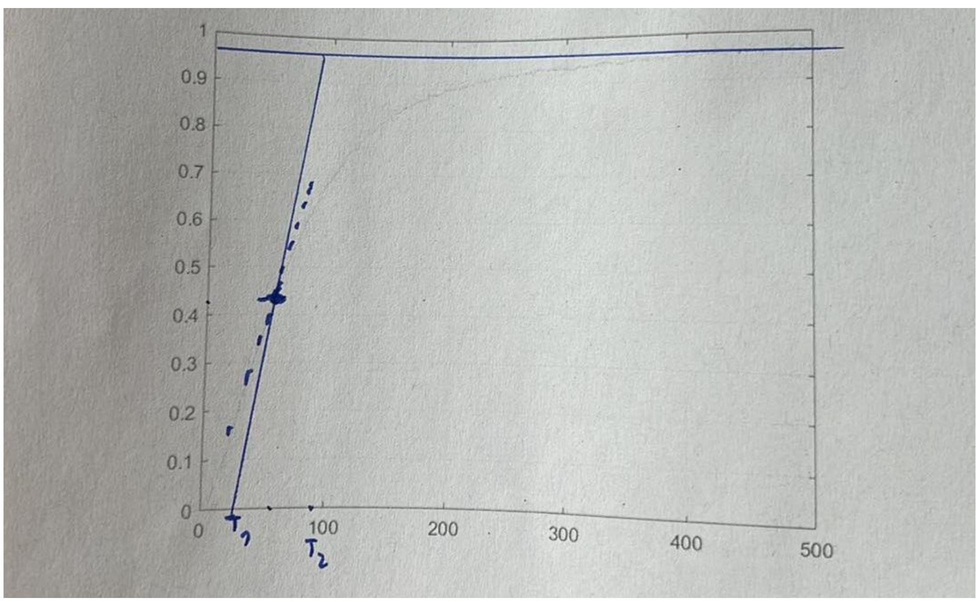


2) Determinarea funcţiei de transfer a părţii fixate

Se determina parametrii caracteristici părții fixate (constatele de timp: T1 și T2 și factorul de amplificare: Kp) pentru a identifica funcția de transfer de forma:

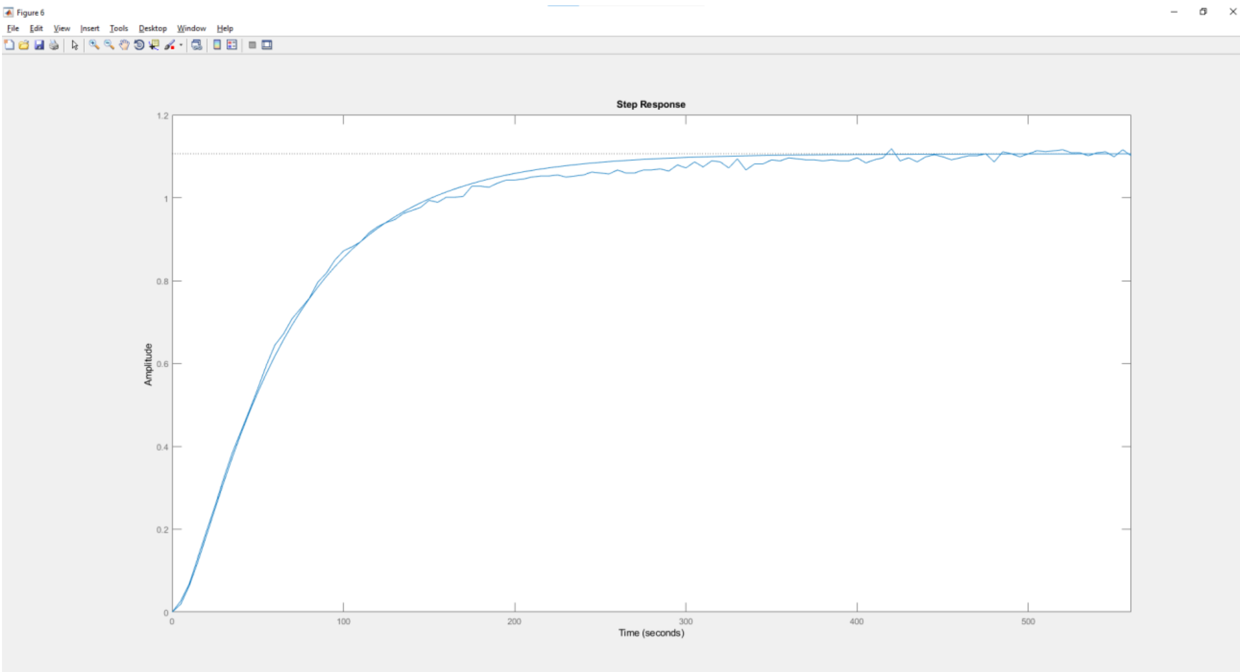
$$G_p(s) = \frac{K_p}{(s \cdot T1 + 1)(s \cdot T2 + 1)}$$

Gp va fi aproximat cu un sistem de ordin 2 cu poli reali.



Aflarea constantei T1 se realizeaza prin intersecția tangentei cu abscisa.

Aflarea constantei T2 se realizeaza prin intersectia tangentei cu dreapta paralela cu abscisa determinata de valoarea de regim stationar.



În figura de mai sus, peste răspunsului indicial mediu(media dintre răspunsurile celor 2 trepte) s-a aplicat $G_p(s)$ cu T1=10s, T2=60s și K_p=1.106(calculat ca fiind media ultimelor 6 valori ale răspunsului indicial mediu)

$$G_p(s) = \frac{1,106}{(10 \cdot s + 1)(60 \cdot s + 1)}$$

3) Alegerea perioadei de timp de eşantionare şi discretizarea funcţiei de transfer a părţii fixate

Timpul de creștere este calculat de la $0.05 \cdot y_{st}$ până la $0.95 \cdot y_{st}$, reieșind $t_{cr} = 100s$, iar perioada de esantionare $T_s \in \left[\frac{1}{20} \cdot t_{cr}, \frac{1}{5} \cdot t_{cr}\right]$
S-a ales perioada de T_s=5s;

În urma apelării funcției c2d(discretizează funcția de transfer) in Matlab, rezultă:

$$G_p(z) = \frac{0.01908 \cdot \mathrm{z} + 0.01571}{z^2 - 1.527 \cdot z + 0.558}$$

4) Proiectarea regulatorului pe baza modelului părţii fixate si a funcţiei de transfer în buclă închisă determinat pe baza performanţelor impuse

A. Alocare de poli

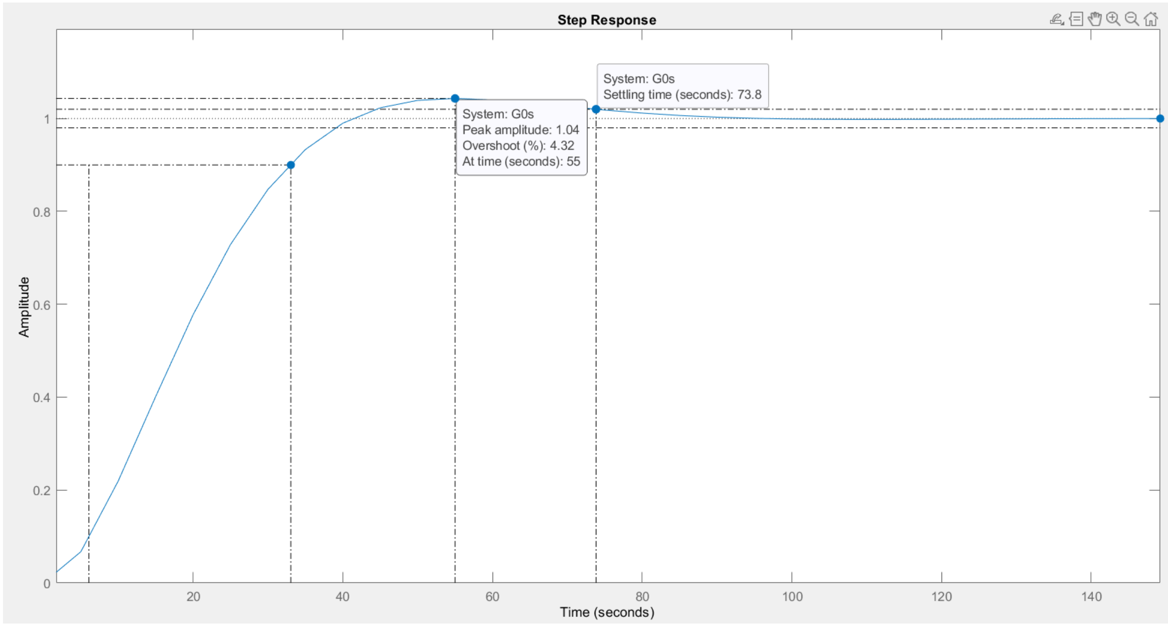
$\delta = \frac{\sqrt{2}}{2}, t_t = 70 < 75$ (pentru a respecta performanțele impuse)

$\omega_0 = \dfrac{4}{t_t \cdot \varepsilon} = 0.0808\, rad/s$

Funcția de transfer a sistemului în buclă închisă

$$G_0(s) = \frac{\omega_0^2}{s^2 + 2 \cdot \delta \cdot \omega_0 \cdot s + \omega_0^2} = \frac{0.006531}{s^2 + 0.1143 \cdot s + 0.006531}$$

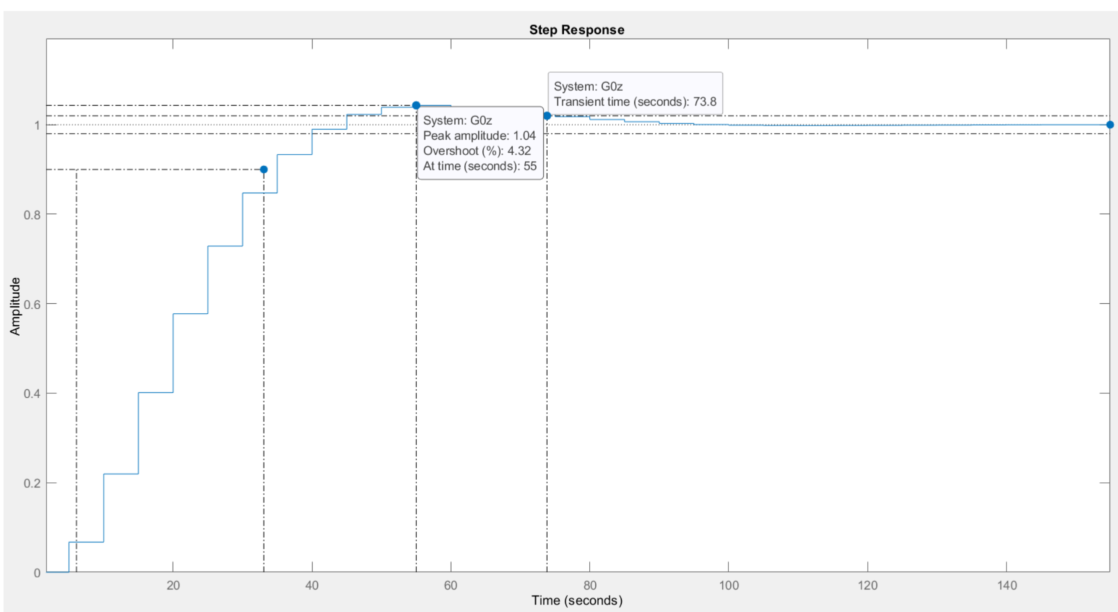
În figura urmatoare este reprezentată $G_0(s)$



Discretizam $G_0(s)$ cu funcția c2d si perioada de eșantionare T_s

$$G_0(z) = \frac{0.06719 \cdot z + 0.0555}{z^2 + 1.442 \cdot z + 0.5647}$$

În figura urmatoare este reprezentată $G_0(z)$



$\sigma = 4.33\% < 5\%$
$t_t = 73.8s < 75s$
$\varepsilon = 0$

Calculul funcției de transfer a regulatorului

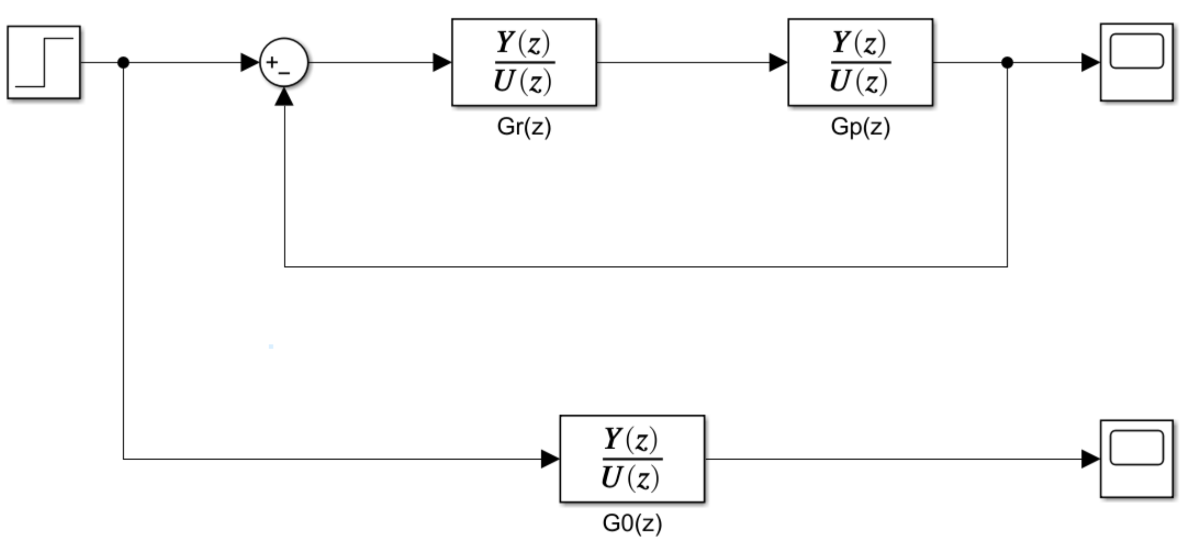
$$G_r(z) = \frac{G_0(z)}{G_p(z) \cdot (1 - G_0(z))}$$

După inlocuire

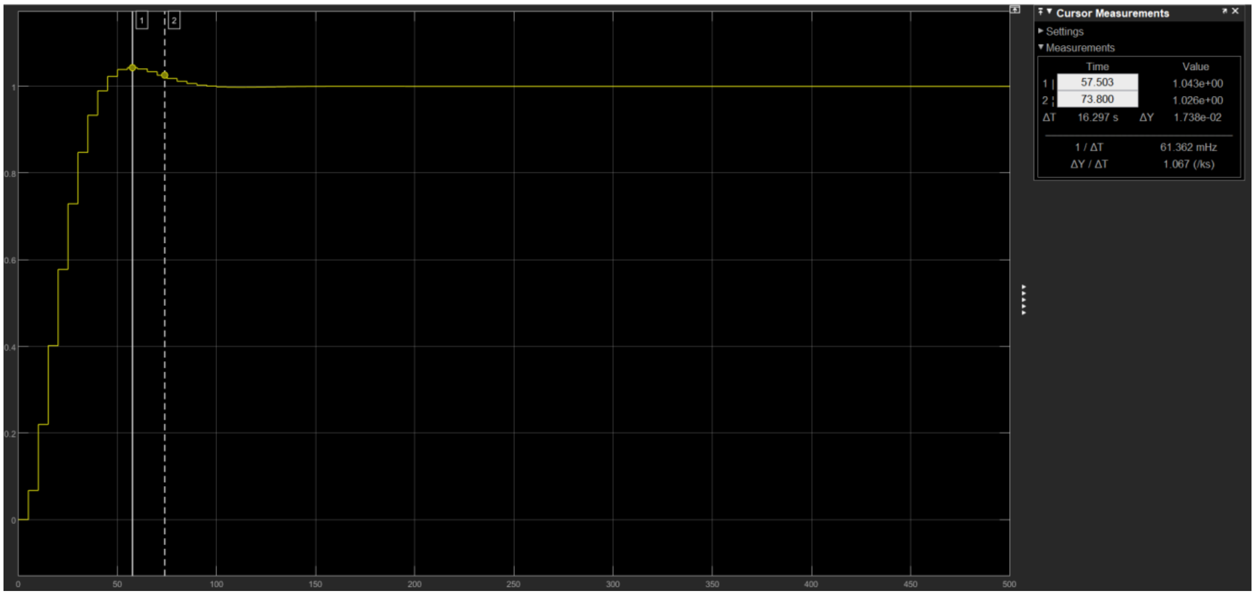
$$G_r(z) = \frac{3.521 \cdot z^3 + 2.467 \cdot z^2 + 2.476 \cdot z + 1.623}{z^3 + 0.6857 \cdot z^2 + 0.7336 \cdot \mathrm{z} + 0.4193}$$

Verificarea prin simulare a componentelor sistemului în buclă închisă

- Schema Simulink

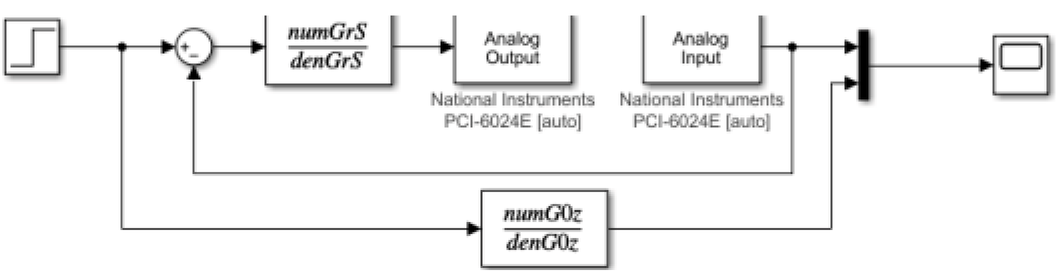


- Rezultatul afișat in Scope

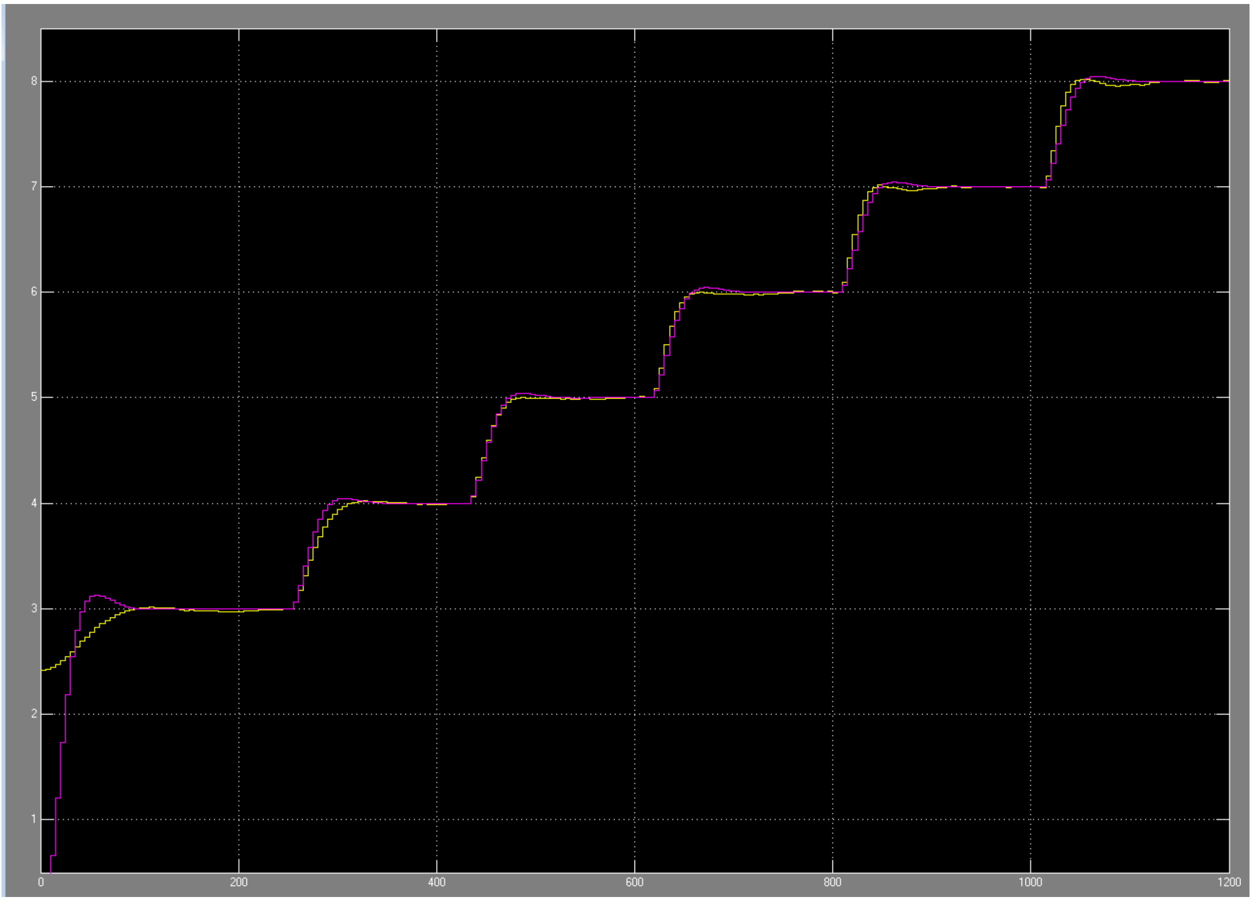


Verificarea sistemului în buclă închisă în timp real pe instalația de laborator

- Schema Simulink



- Rezultatul afișat in Scope



În concluzie, dupa testarea in timp real, se observă că regulatorul proiectat satisface cerințele inițiale, semnalul cu galben fiind răspunsul indicial la 5 drepte diferite a regulatorului cu partea fixata, iar semnalul mov fiind iesirea de pe instalație.

B. Proiectare directă în domeniul timp

- Se consideră noua perioadă de eșantionare $T_{s2} = 15s$.

Astfel, când are loc dicretizarea cu ajutorul funcției c2d:

$$G_{p2}(z) = \frac{0.1217\ \cdot \mathrm{z} + 0.06833}{z^2 + 1.002 \cdot z + 0.1738}$$

$G_{02}(z)$ se determina prin impunerea comportării dorite, atfel, se aleg:

y(1T)=0.4014;

y(2T)=0.8475;

y(3T)=1.023;

y(4T)=1.04;

y(kT)=1, oricare ar fi k>4.

Parametrii număratorului lui $G_0(z)$:

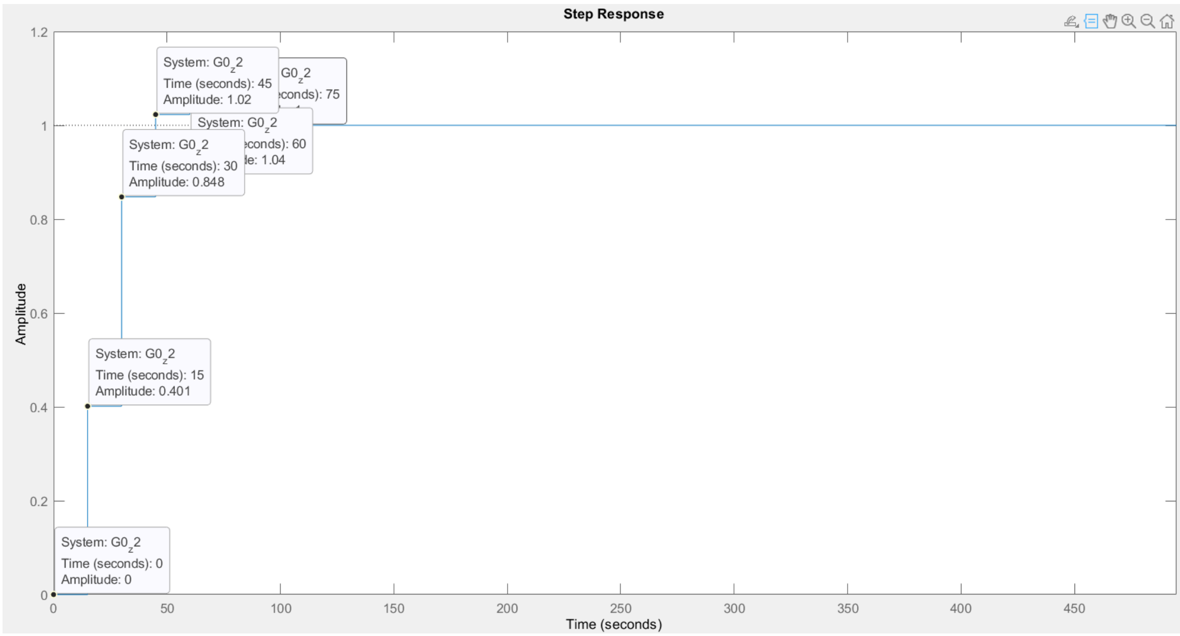
p1=y1-0=0.4014;

p2=y2-y1=0.4461;

p3=y3-y2=0.1755;

p4=y4-y3=0.0170;

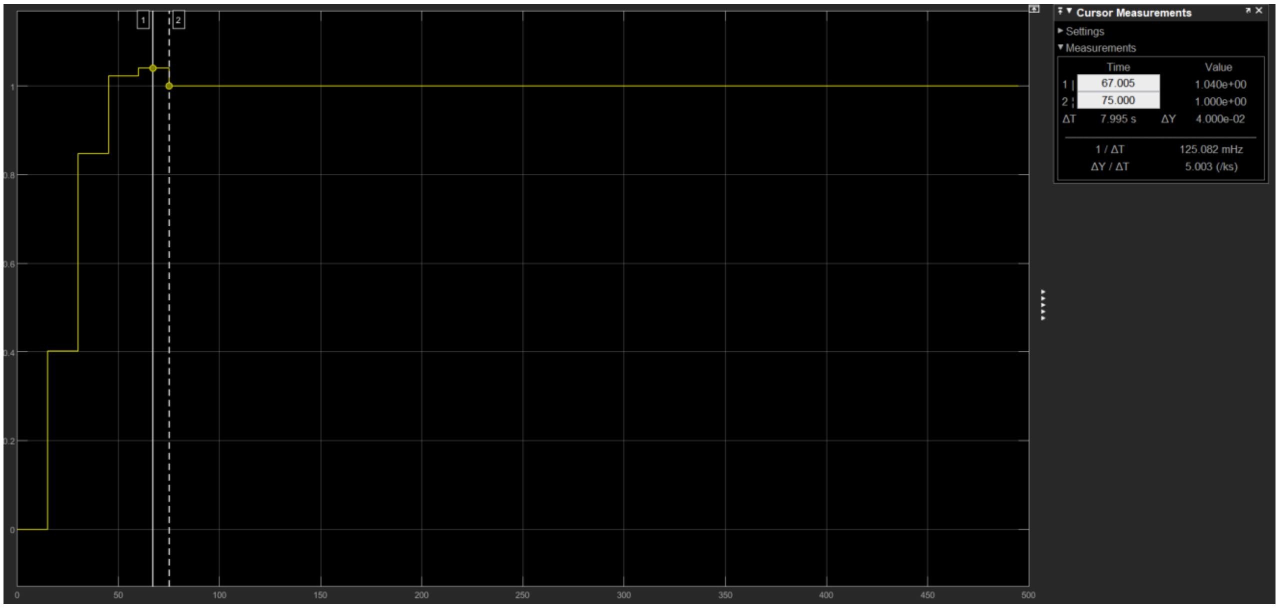
p5=y5-y4=-0.04;



Deci noul $G_{02}(z)$ este:

$$G_{02}(z) = \frac{0.4014 \cdot z^4 + 0.4461 \cdot z^3 + 0.1755 \cdot z^2 + 0.017 \cdot z - 0.04}{z^5}$$

În figura de mai jos este reprezentat $G_{02}(z)$ in Scope, care se observă ca respectă condițiile impuse.



Calculăm noul $G_{r2}(z)$:

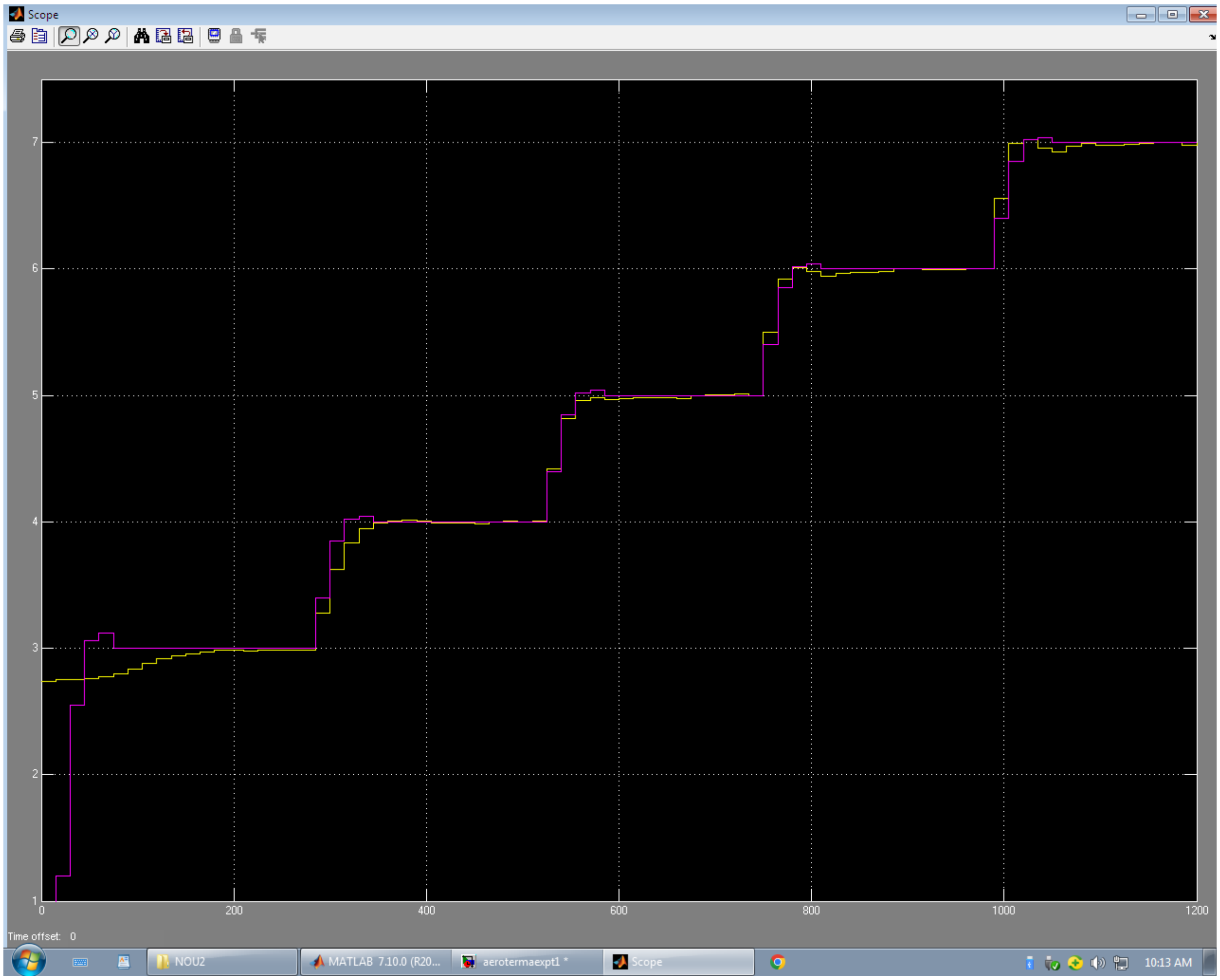
$$G_{r2}(z) = \frac{G_{02}(z)}{G_{p2}(z) \cdot (1 - G_{02}(z))}$$

```
Gr_z2 =

  3.297 z^6 + 0.3608 z^5 - 1.657 z^4 - 0.668 z^3 - 0.218 z^2 + 0.3535 z - 0.0571
  ------------------------------------------------------------------------------
  z^6 + 0.1599 z^5 - 0.6714 z^4 - 0.4259 z^3 - 0.1155 z^2 + 0.03046 z + 0.02245
```

UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE ASACHI" IAŞI
FACULTATEA DE AUTOMATICĂ ŞI CALCULATOARE

Verificarea sistemului în buclă închisă în timp real pe instalația de laborator



În concluzie, dupa testarea in timp real, se observă că regulatorul proiectat satisface cerințele inițiale, semnalul cu galben fiind răspunsul indicial la 5 drepte diferite a regulatorului cu partea fixata, iar semnalul mov fiind iesirea de pe instalație.

Iasi-2023