

Ingineria Sistemelor Automate – Proiect

Descrierea procesului

Un rezervor care alimentează un proces industrial necesită menținerea constantă a nivelului apei, în ciuda variațiilor de debit la evacuare. Un sistem automatizat cu control feedback este utilizat pentru a regla debitul de alimentare. Procesul descris poate fi observat în Fig. 1.

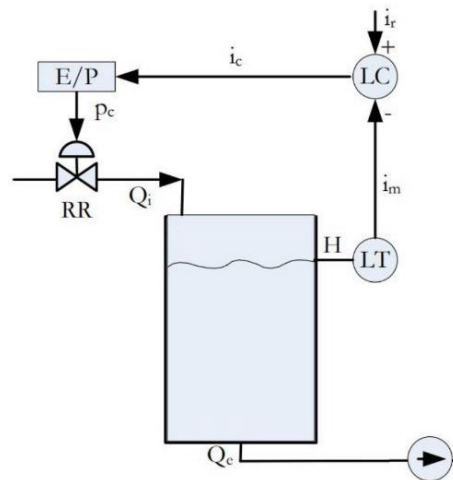


Fig. 1 – Prezentarea procesului

unde se definesc următoarele elemente:

LC - regulator de nivel (Level Controller)

LT - transductor de nivel (Level Transducer)

E/P - element de execuție electric/pneumatic

RR - robinet de reglare

Q_i - debit de intrare

Q_e - debit de ieșire (evacuare)

și următoarele mărimi:

i_m - semnal de măsură (curent în domeniul 4...20mA)

i_r - curent de referință (curent în domeniul 4...20mA)

i_c - semnal de comandă (curent în domeniul 4...20mA)

p_c - presiune de comandă (în domeniul 0.2...1bar)

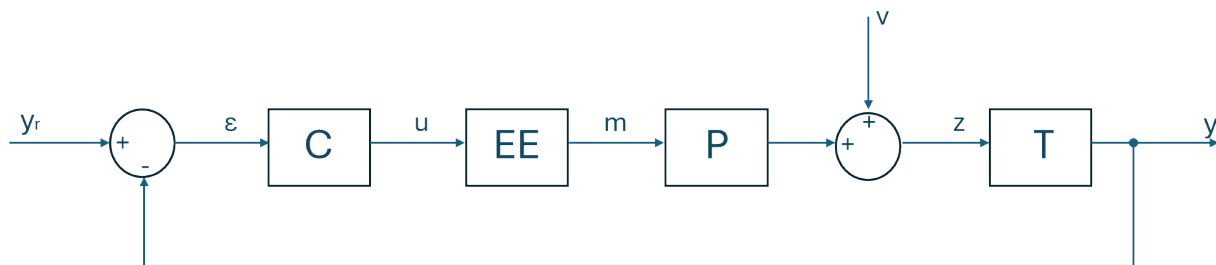


Fig. 2 – Sistemul de reglare automat al procesului de menținere a nivelului

Un traductor de nivel măsoară nivelul lichidului într-un rezervor și produce un semnal electric proporțional cu înălțimea nivelului (h - exprimat în metri). Specificațiile traductorului sunt următoarele:

- Constanta de câștig: $K=0.5$ V/m (0.5 volți pe metru)
- Timpul de răspuns (inerția traductorului): $T=2$ secunde

Relația dintre intrarea traductorului (nivelul lichidului $h(t)$ și ieșirea traductorului ($V(t)$) poate fi modelată ca un sistem de ordin 1 după conform următoarei ecuații:

$$T \frac{dV(t)}{dt} + V(t) = K \cdot h(t)$$

unde:

- $V(t)$ este tensiunea de ieșire (în volți),
- $h(t)$ este nivelul lichidului măsurat (în metri),
- T este constanta de timp (în secunde),
- K este câștigul traductorului (în volți pe metru).

Se obține astfel funcția de transfer $H_T(s)$, care leagă nivelul lichidului ($H(s)$) de tensiunea de ieșire ($V(s)$):

$$H_T(s) = \frac{V(s)}{H(s)} = \frac{K}{Ts + 1}$$

Întrucât dependențele intrare-ieșire a EE (Element de Execuție) și P (Proces) nu se cunosc, s-a recurs la o analiză în frecvență experimentală, în urma căreia s-au obținut următoarele caracteristici semilogaritmice amplitudine-pulsatie aproximative, reprezentate în figurile 3, respectiv 4.

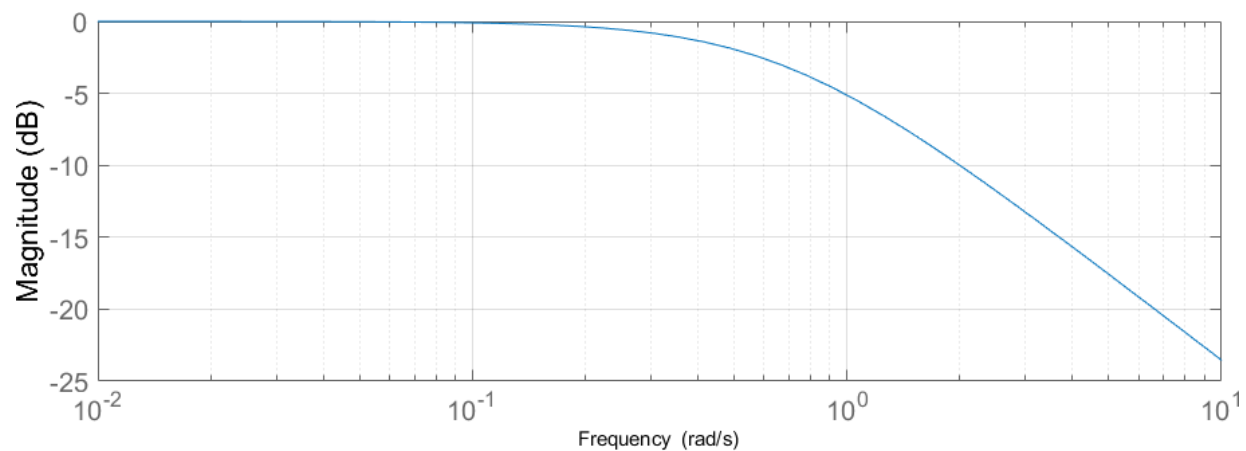


Fig. 3 – Caracteristica semilogaritmică amplitudine-pulsație aproximativă a EE

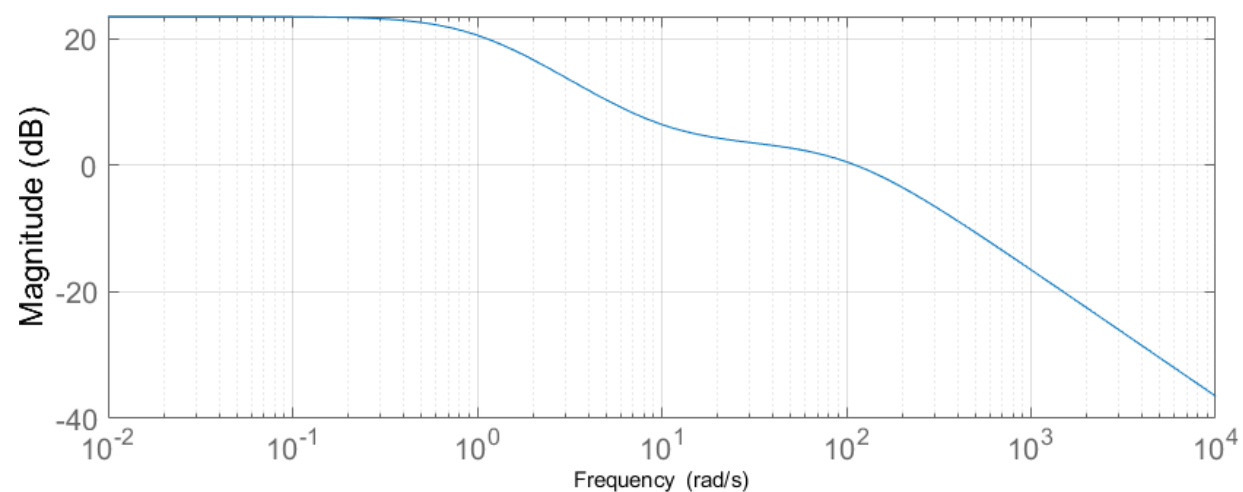


Fig. 4 – Caracteristica semilogaritmică amplitudine-pulsație aproximativă a P

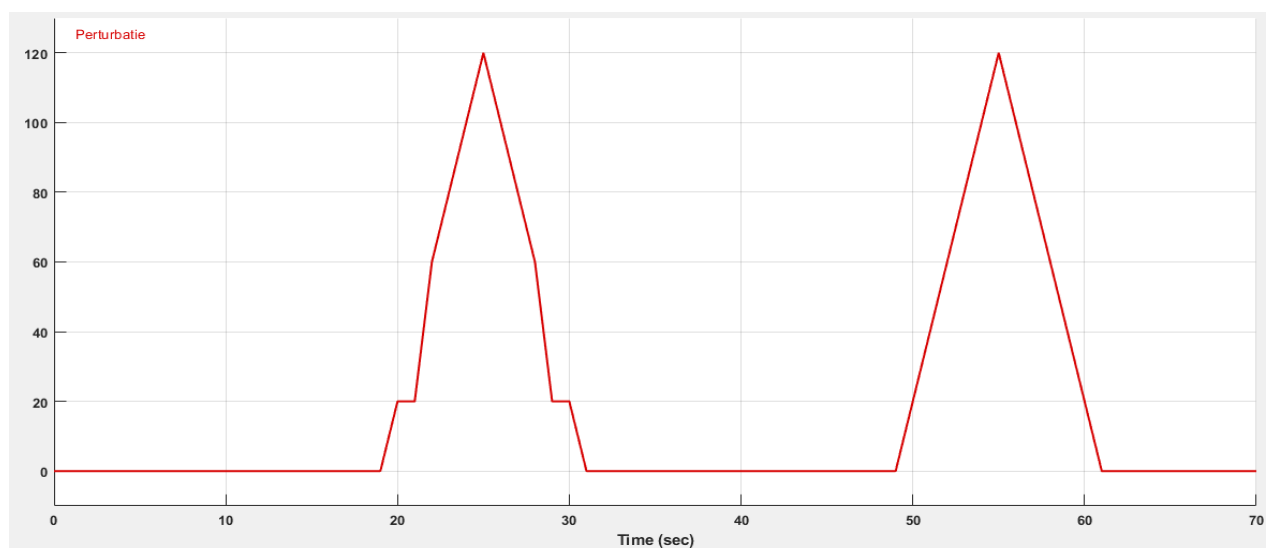


Fig. 5 – Perturbația aplicată prin blocul Signal Builder.

Se specifică, de asemenea, următoarele informații:

- Nivelul dorit este de 150 cm;
- Bazinul prezintă o înălțime totală de 200 cm (a se ține cont la valoarea suprareglajului);
- Asupra sistemului se aplică o perturbație (v) conform celei din figura 5 (care se va implementa utilizând blocul Signal Builder din Matlab/Simulink). Semnalul perturbației este identificat după modelul vectorului de mai jos:

Axa timp(x): [0,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61]

Axa amplificarea(y) :[0,0,20,20,60,80,100,120,100,80,60,20,20,0,0,20,40,60,80,100,120,100,80,60,40,20,0]

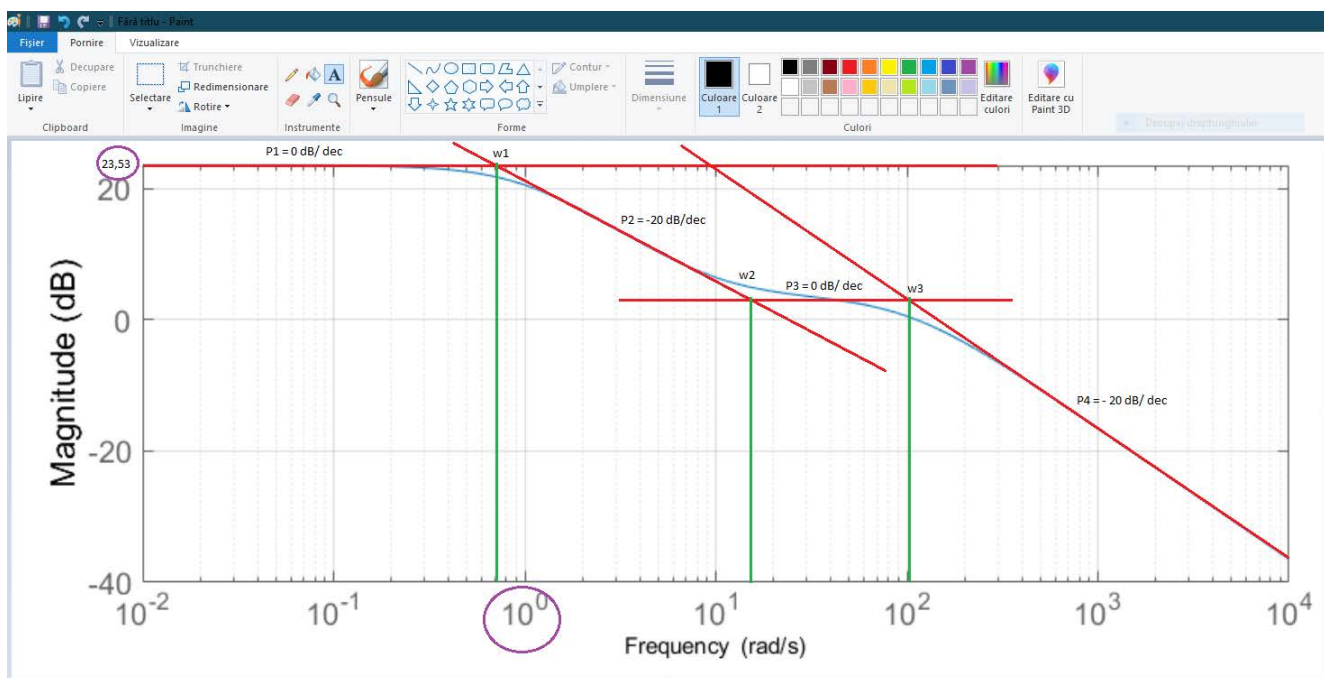
Se cere:

1. Să se determine funcția de transfer a elementului de execuție și a procesului propriu-zis din caracteristica de frecvență amplitudine-pulsatie (asimptotică) determinată experimental.
2. a) Să se reprezinte dependența intrare-ieșire a procesului printr-o ecuație liniară cu coeficienți liniari.
b) Schițați repartitia polilor și zerourilor pentru funcția de transfer a procesului în planul variabilei complexe.
c) Evaluați stabilitatea internă și externă a procesului.
3. a) Să se evalueze stabilitatea sistemului aplicând un criteriu de stabilitate în frecvență la alegere.
b) Să se calculeze apoi performanțele sistemului, dacă acesta este stabil.
4. Să se proiecteze un regulator de tip PID aplicând metoda experimentală și să se calculeze performanțele obținute în urma implementării acestuia.
5. Să se proiecteze un regulator ce utilizează logica fuzzy pentru sistemul dat. Determinați performanțele sistemului obținut și realizați o comparație cu performanțele obținute la pct. 4. Ce observați?

Exercițiul 1

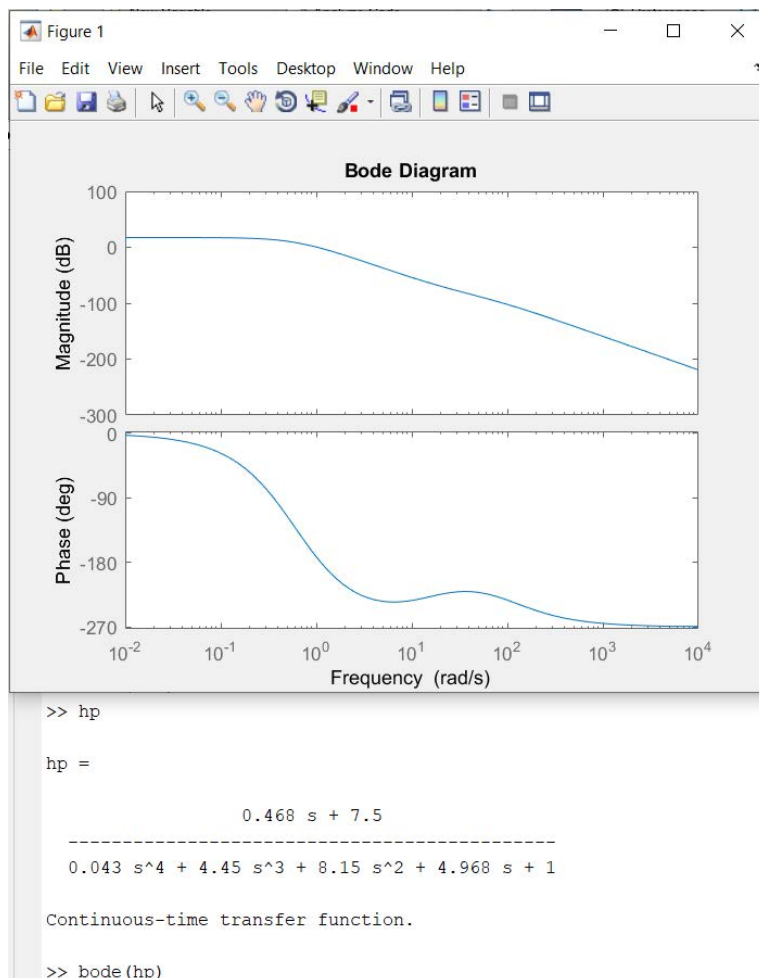
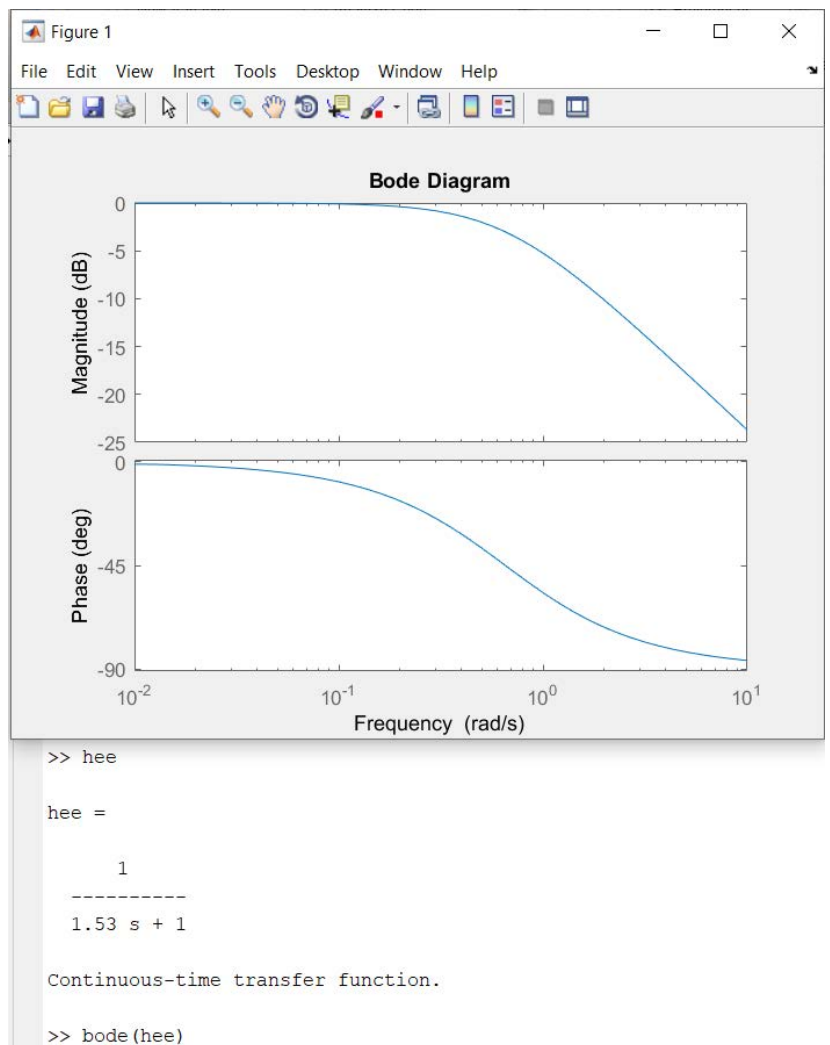


În graficele Bode prezente observăm variația amplitudinii în funcție de frecvență. Acestea au fost utilizate pentru determinarea unor amplitudini specifice, necesare în calculul și deducerea unor funcții de transfer asociate sistemului analizat.



Graficul semilogaritmic
amplitudine-pulsație
(magnitudine în funcție de
frecvență) pentru funcția hee

Graficul semilogaritmic
fază-pulsație (fază în
funcție de frecvență) pentru
funcția hee



Graficul semilogaritmic
amplitudine-pulsație
(magnitudine în funcție de
frecvență) pentru funcția hp

Graficul semilogaritmic
fază-pulsație (fază în
funcție de frecvență) pentru
funcția hp

Exercițiul 2

```
>> ht
```

```
ht =
```

```
0.5
```

```
-----
```

```
2 s + 1
```

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

```
>> he
```

```
he =
```

```
0.468 s + 7.5
```

```
-----
```

```
0.043 s^4 + 4.45 s^3 + 8.15 s^2 + 4.968 s + 1
```

Funcția componentă ht
și funcția de transfer he

```
>> rooots([0.468 7.5])
```

```
Undefined function or variable 'rooots'.
```

```
Did you mean:
```

```
>> roots([0.468 7.5])
```

```
ans =
```

```
-16.0256
```

```
>> roots([0.043 4.45 8.15 4.968 1])
```

```
ans =
```

```
-101.6347
```

```
-0.6966
```

```
-0.6576
```

```
-0.4995
```

Rădăcinile funcției
utilizate pentru repartitia
polilor și zerourilor
pentru funcția de
transfer a procesului

```
>> ho = 1 + hp
```

```
ho =
```

```
0.043 s^4 + 4.45 s^3 + 8.15 s^2 + 5.436 s + 8.5
```

```
-----
```

```
0.043 s^4 + 4.45 s^3 + 8.15 s^2 + 4.968 s + 1
```

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

Funcție ce ajută în
determinarea
stabilității sistemului

```

>> b = [7.5 0.468 0 0]

b =

    7.5000    0.4680         0         0

>> c = [0; 0; 0; 1/0.043]

c =

         0
         0
         0
    23.2558

>> a = [0 1 0 0; 0 0 1 0; 0 0 0 1; -1/0.043 -4.968/0.043 -8.15/0.043 -4.45/0.043]

a =

         0    1.0000         0         0
         0         0    1.0000         0
         0         0         0    1.0000
   -23.2558 -115.5349 -189.5349 -103.4884

>> s = sym('s')

s =

s

```

```

>> i = eye(4)

i =

     1     0     0     0
     0     1     0     0
     0     0     1     0
     0     0     0     1

>> s * i - a

ans =

[      s,      -1,         0,         0]
[      0,       s,      -1,         0]
[      0,       0,       s,      -1]
[ 1000/43, 4968/43, 8150/43, s + 4450/43]

>> det(s*i - a)

ans =

s^4 + (4450*s^3)/43 + (8150*s^2)/43 + (4968*s)/43 + 1000/43

```



```

>> d1 = 4.45

d1 =

    4.4500

>> det(d10
    det(d10
      ↑
Error: Expression or statement is incomplete or cannot be converted to a scalar.

Did you mean:
>> det(d1)

ans =

    4.4500

>> d2 = [4.45 5.436; 0.043 8.15]

d2 =

    4.4500    5.4360
    0.0430    8.1500

>> det(d2)

ans =

   36.0338

```

Determinarea determinațiilor pentru a vedea stabilitatea externă a sistemului.
 Valorile fiind pozitive, sistemul este extern stabil.

```

>> d3 = [4.45 5.436 0; 0.043 8.15 8.5; 0 4.45 5.436]

d3 =

    4.4500    5.4360         0
    0.0430    8.1500    8.5000
         0    4.4500    5.4360

>> det(d3)

ans =

   27.5582

>> d4 = [4.45 5.436 0 0; 0.043 8.15 8.5 0; 0 4.45 5.436 0; 0 0.043 8.15 8.5]

d4 =

    4.4500    5.4360         0         0
    0.0430    8.1500    8.5000         0
         0    4.4500    5.4360         0
         0    0.0430    8.1500    8.5000

>> det(d4)

ans =

  234.2449

```

Determinarea rădăcinilor sistemului, acestea fiind strict negative sistemul este intern stabil

```
>> roots([1 4450 8150 4968 1000])

ans =

    1.0e+03 *

   -4.4482 + 0.0000i
   -0.0007 + 0.0001i
   -0.0007 - 0.0001i
   -0.0005 + 0.0000i

>> roots([1 4450/43 8150/43 4968/43 1000/43])

ans =

  -101.6347
   -0.6966
   -0.6576
   -0.4995
```

Exercițiul 3

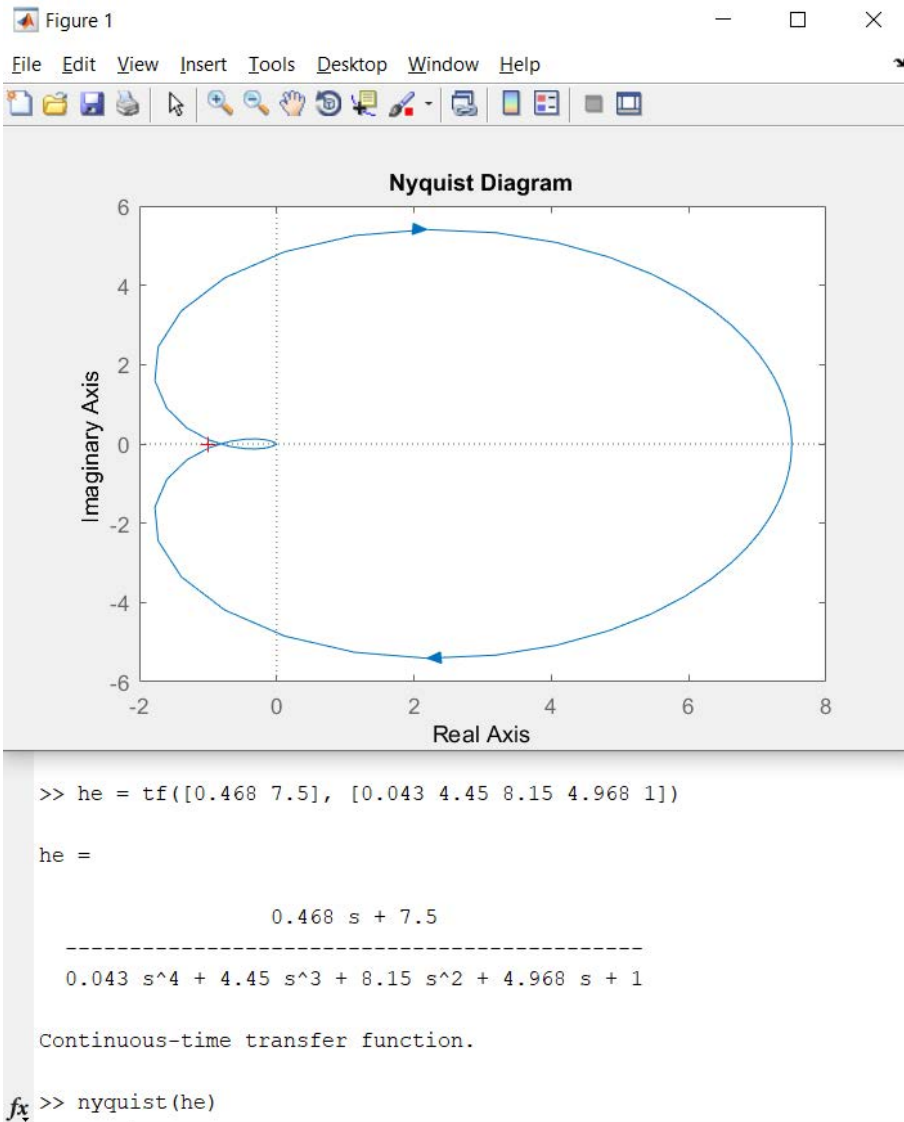
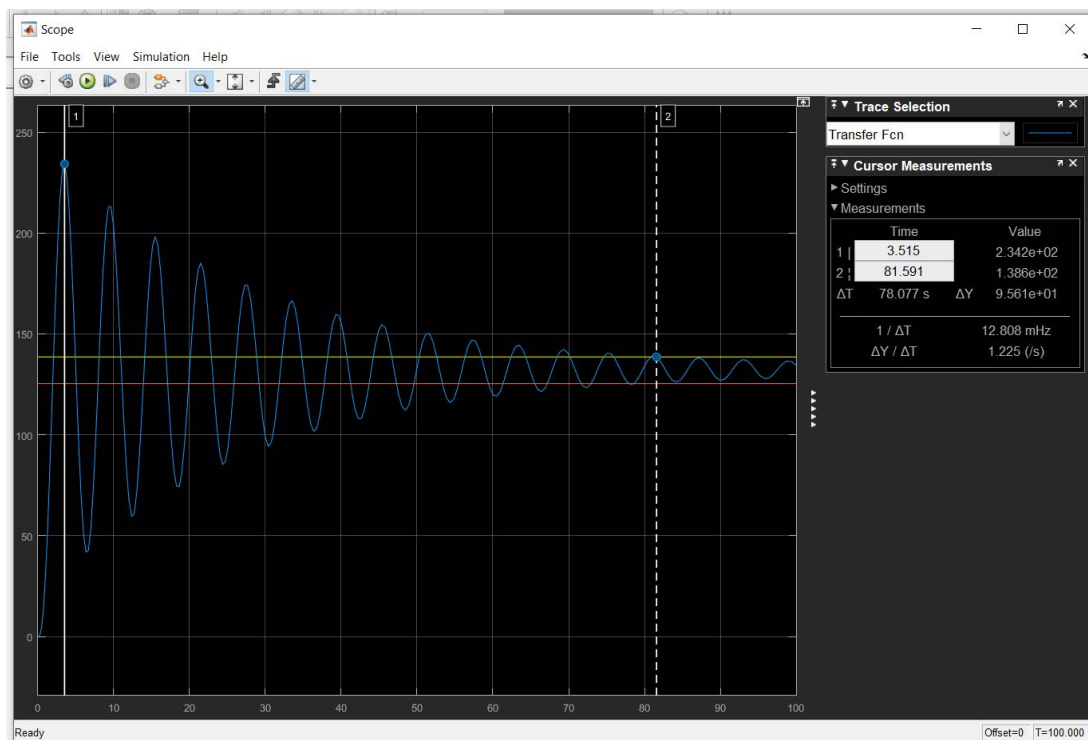
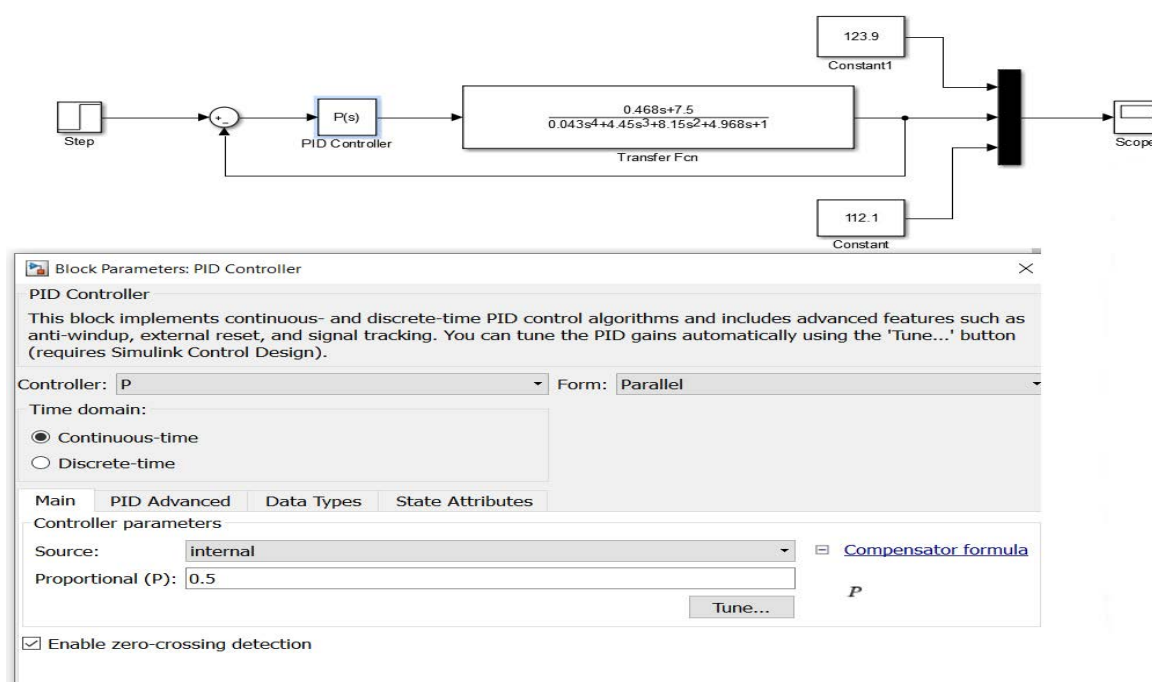
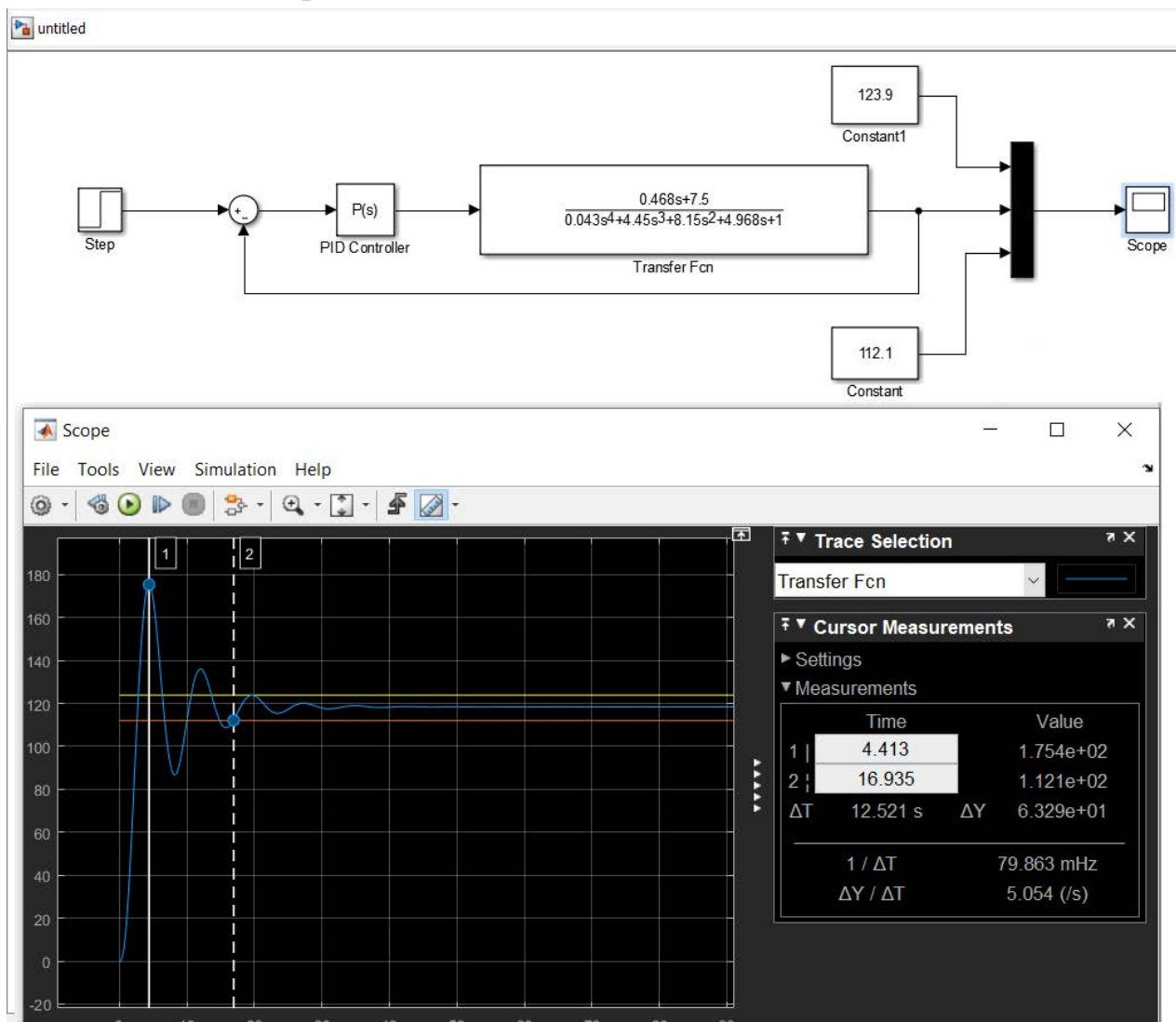


Diagrama Nyquist:
Reprezentarea grafică
a părții reale și
imaginare a funcției de
transfer în planul
complex, în funcție de
pulsatie
Sistemul este stabil
întrucât punctul -1 nu
este înconjurat

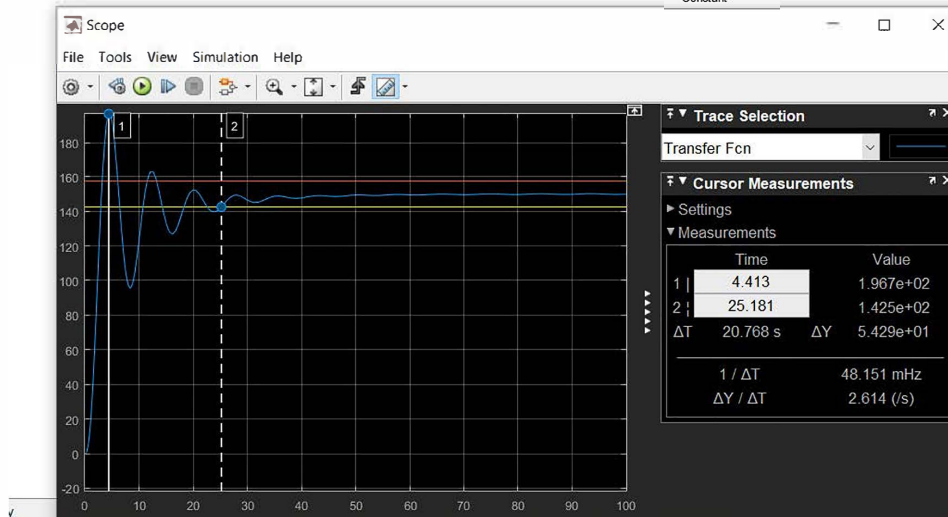
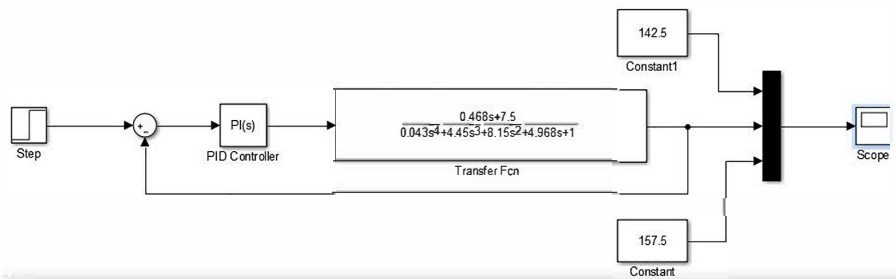


Evidențierea valorii
maxime a graficului și
a timpului tranzistoriu
cu ajutorul Matlab-ului

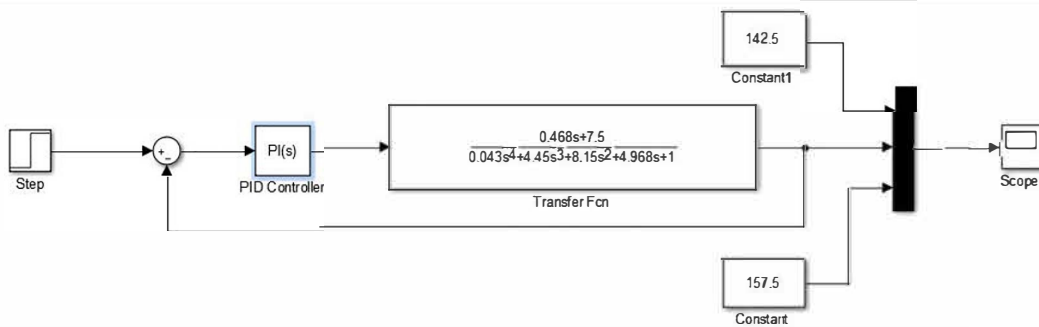
Răspunsul sistemului la folosirea unui controller P



Setările blocului PI



Răspunsul sistemului la folosirea unui controller PI



Block Parameters: PID Controller

PID Controller

This block implements continuous- and discrete-time PID control algorithms and includes advanced features such as anti-windup, external reset, and signal tracking. You can tune the PID gains automatically using the 'Tune...' button (requires Simulink Control Design).

Controller: **PI** Form: **Parallel**

Time domain:

☒ Continuous-time

☐ Discrete-time

Main PID Advanced Data Types State Attributes

Controller parameters

Source: **internal** [Compensator formula](#)

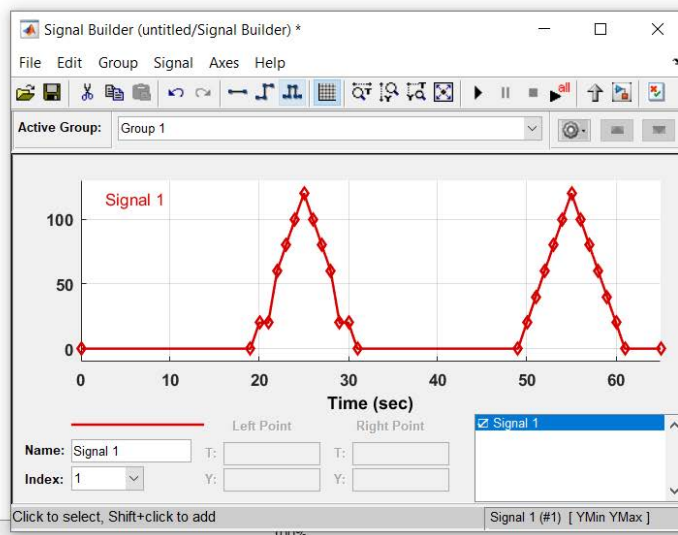
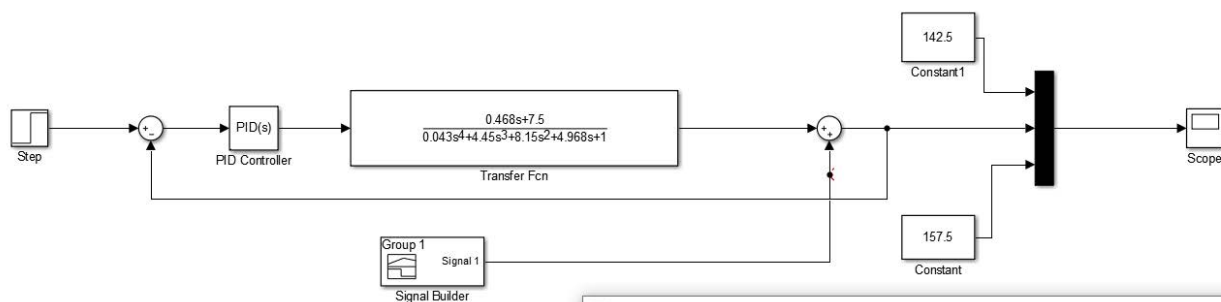
Proportional (P): **0.5**

Integral (I): **0.04**

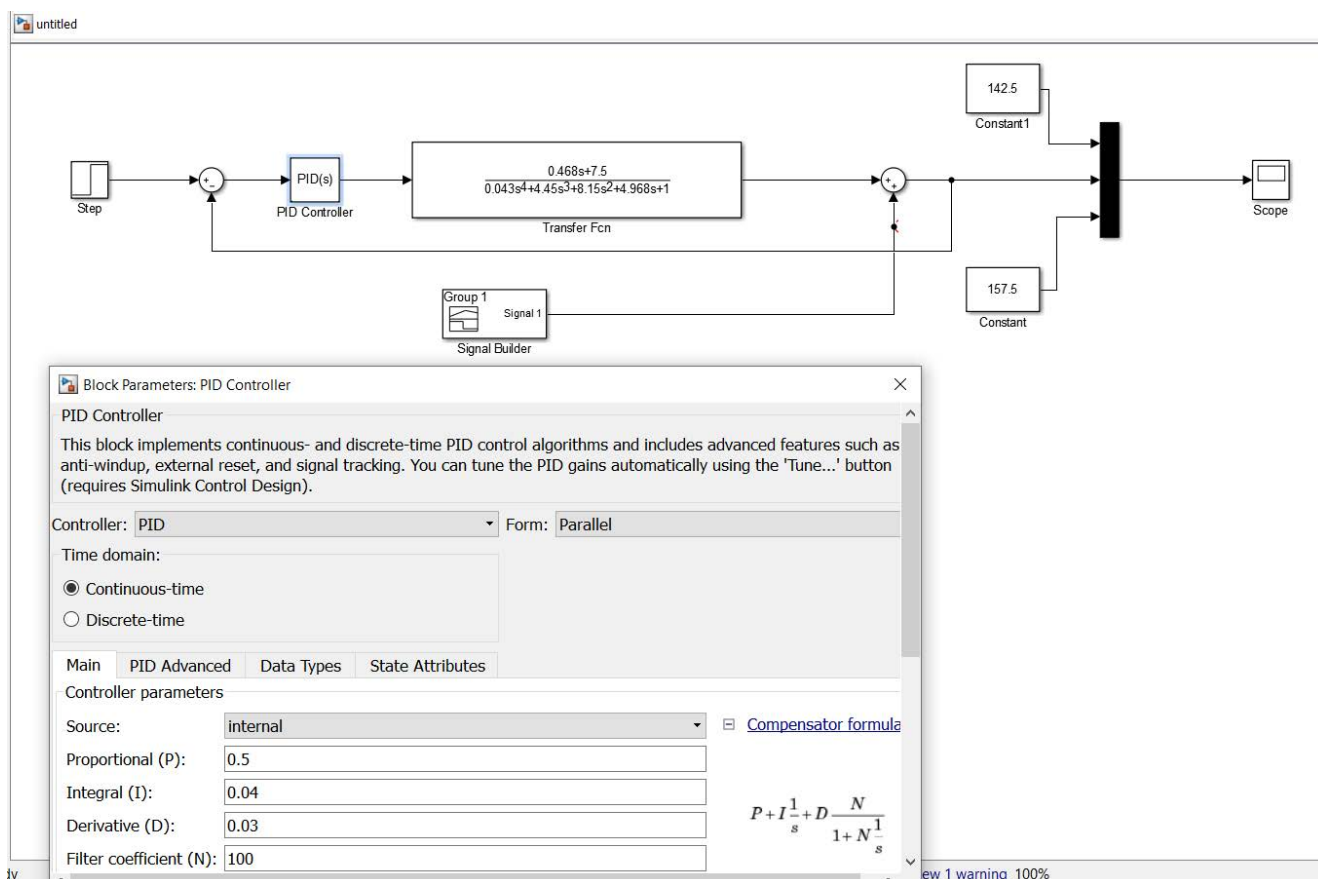
$P + I \frac{1}{s}$

Tune...

Initial conditions

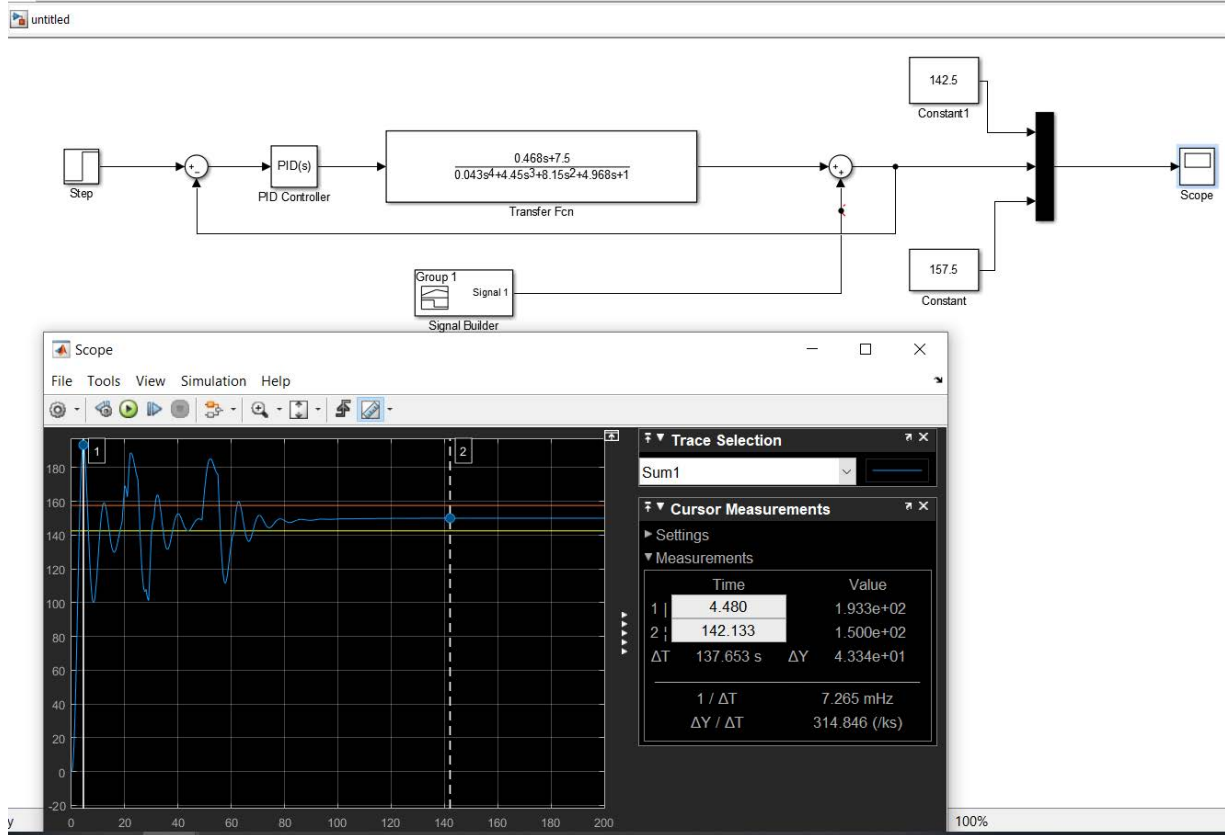


Răspunsul sistemului la folosirea unui controller PID cu o perturbăție și vizualizarea semnalului generat de Signal Builder

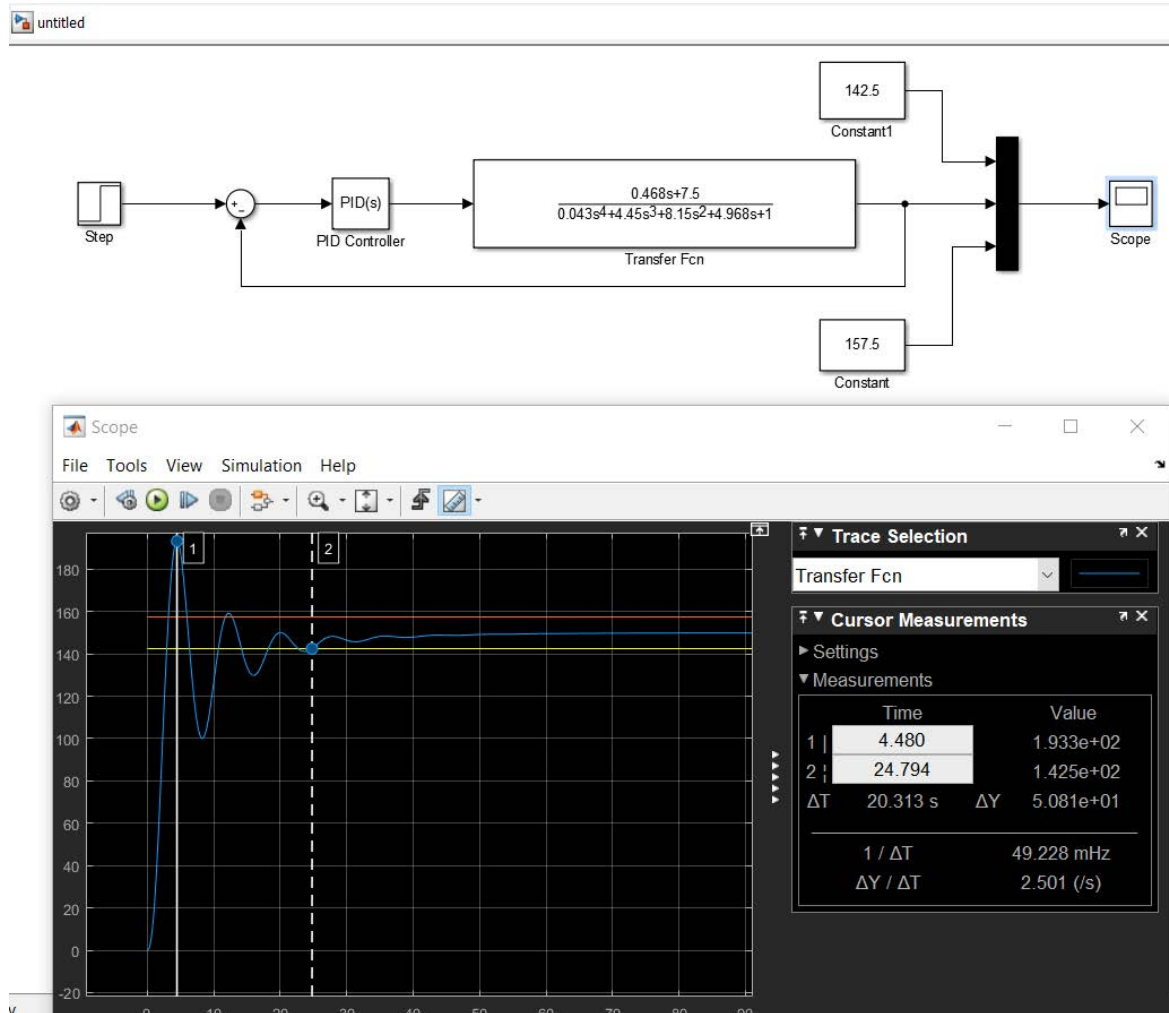


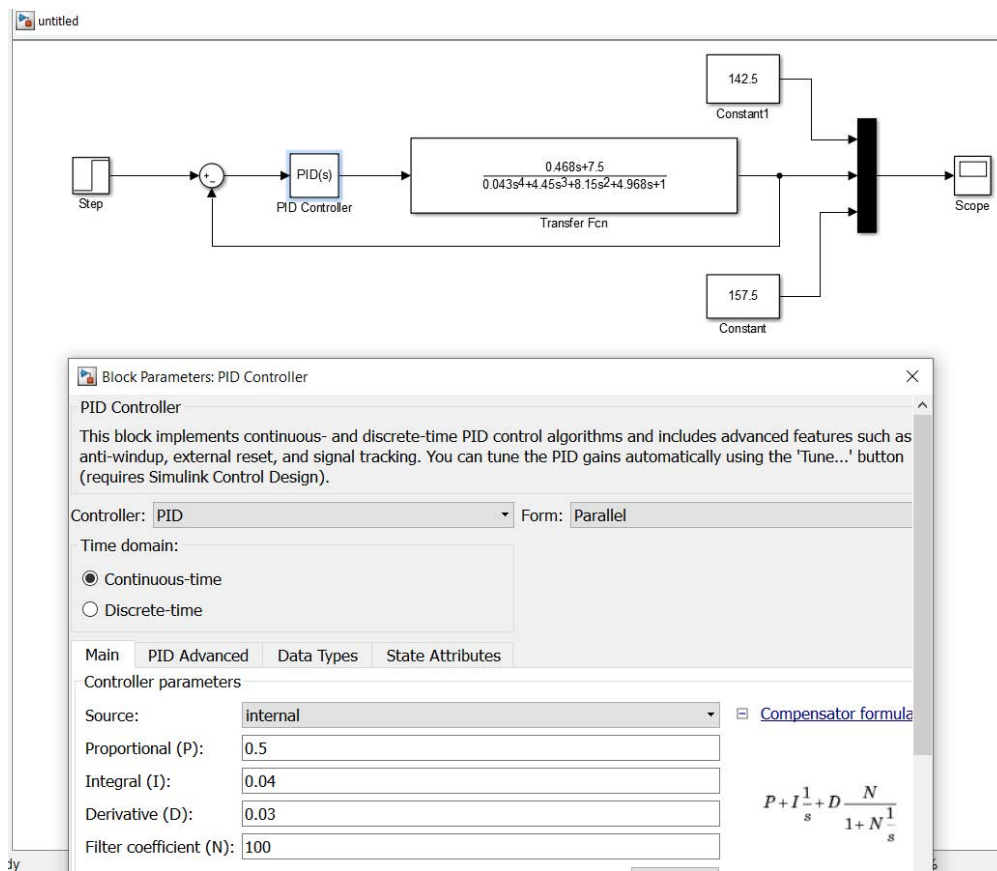
Configurația controller-ului PID

Răspunsul sistemului la folosirea unui controller PID cu o perturbație



Răspunsul sistemului la folosirea unui controller PID fără perturbație



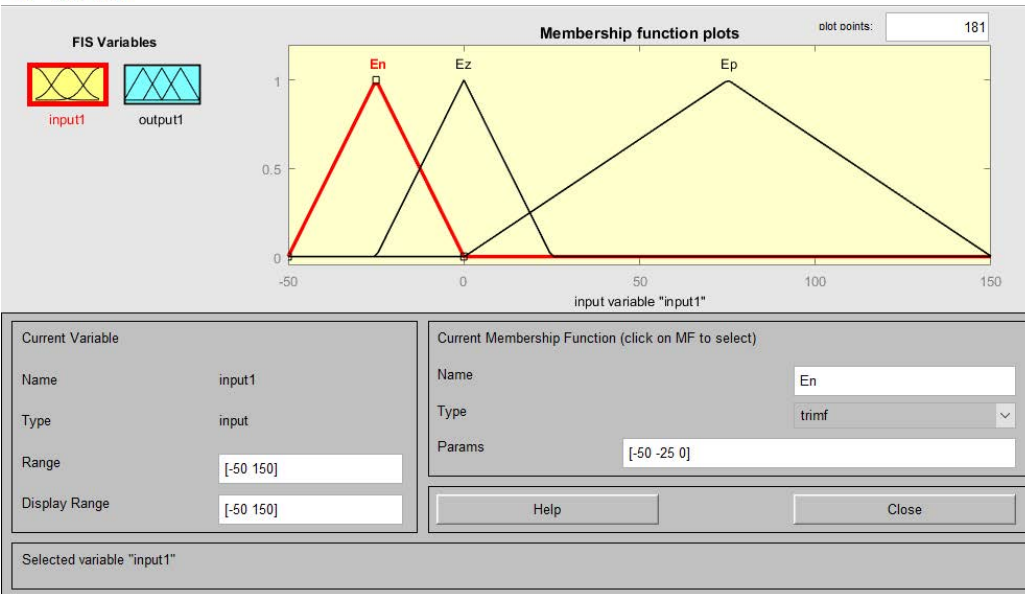


Configurarea controller-ului PID

Exercițiul 5

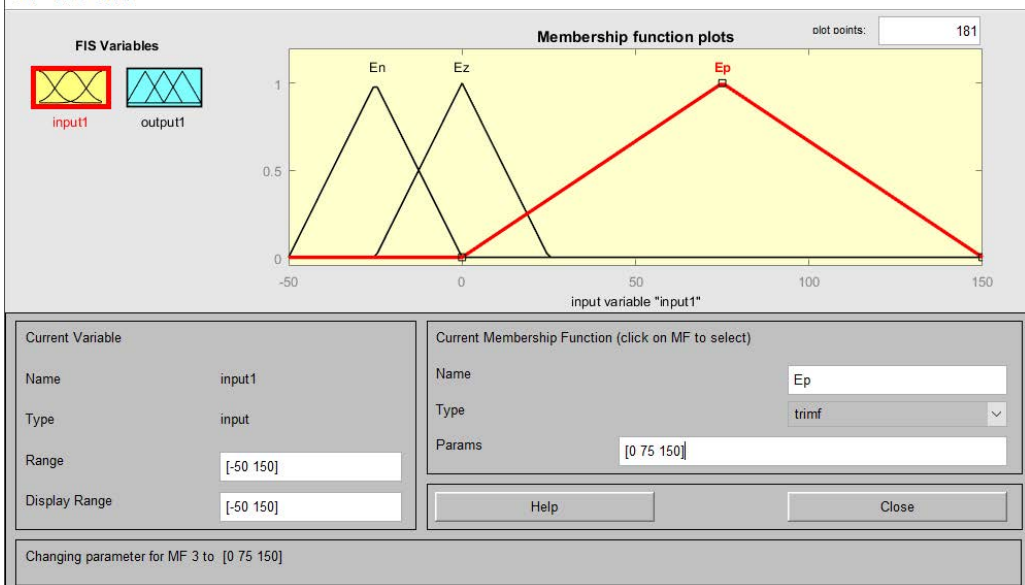
Membership Function Editor: ex5

File Edit View



Membership Function Editor: ex5

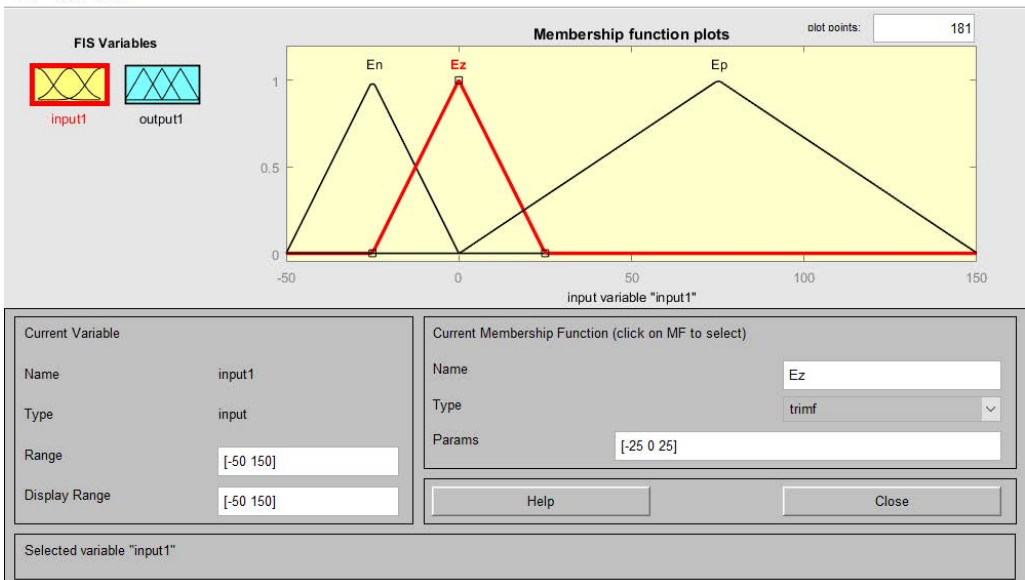
File Edit View

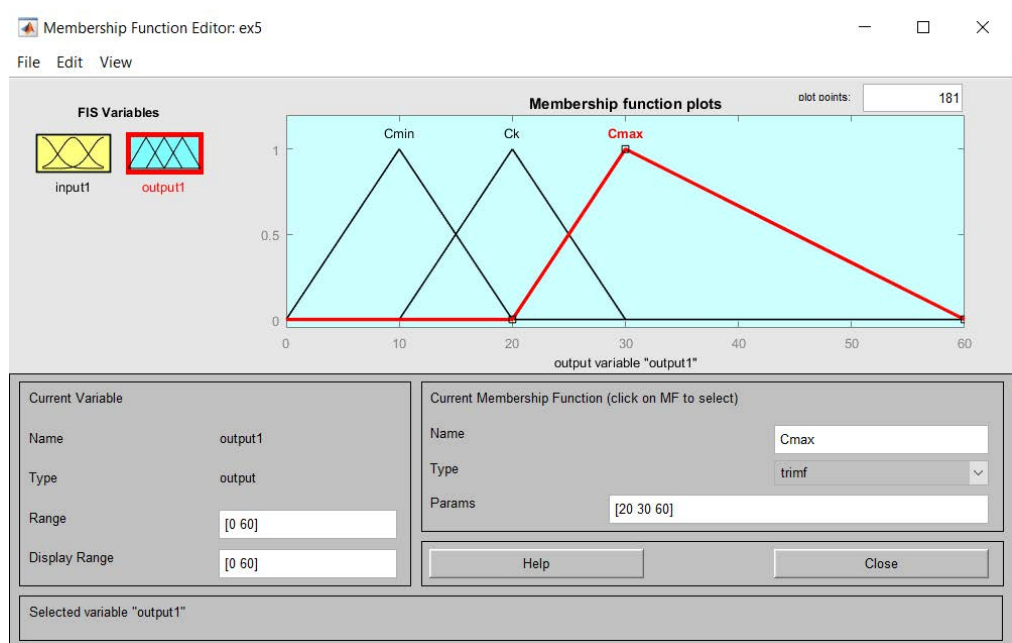
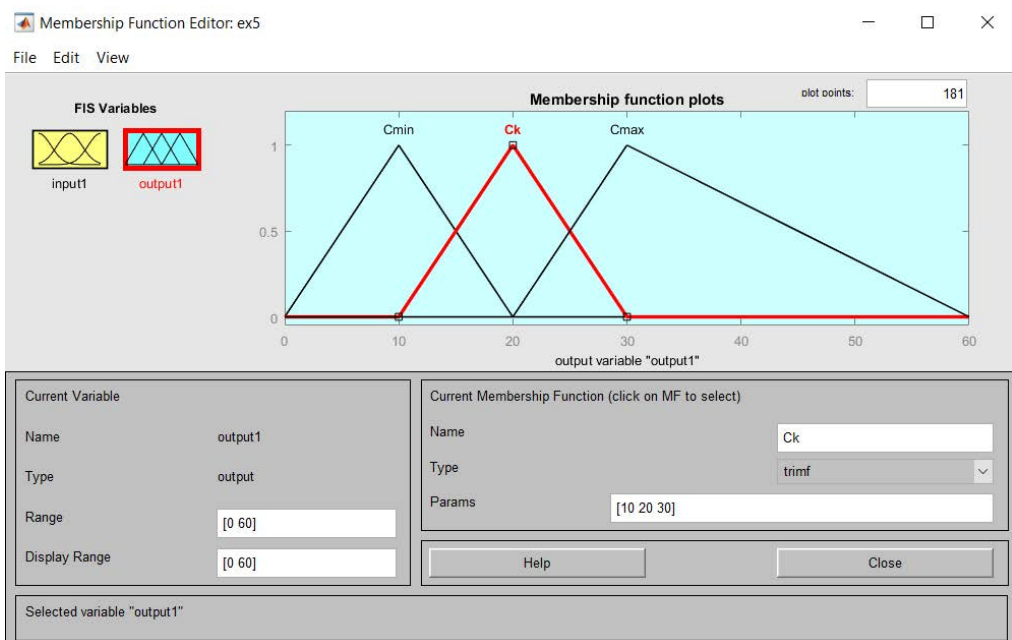


Definirea valorilor de
intrare componente ale
funcției Fuzzy și a
parametrilor acestora

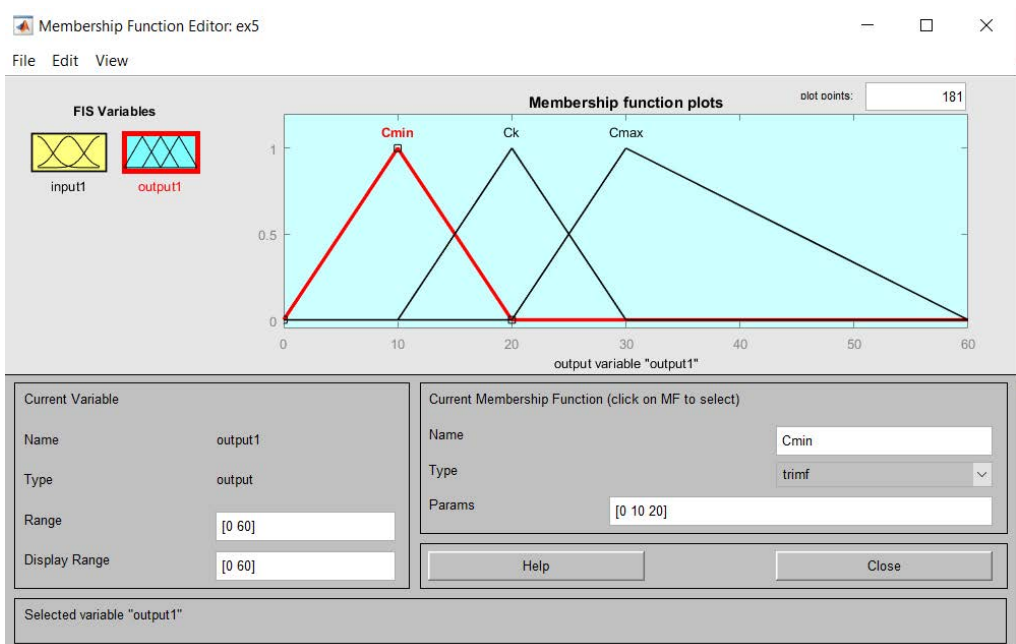
Membership Function Editor: ex5

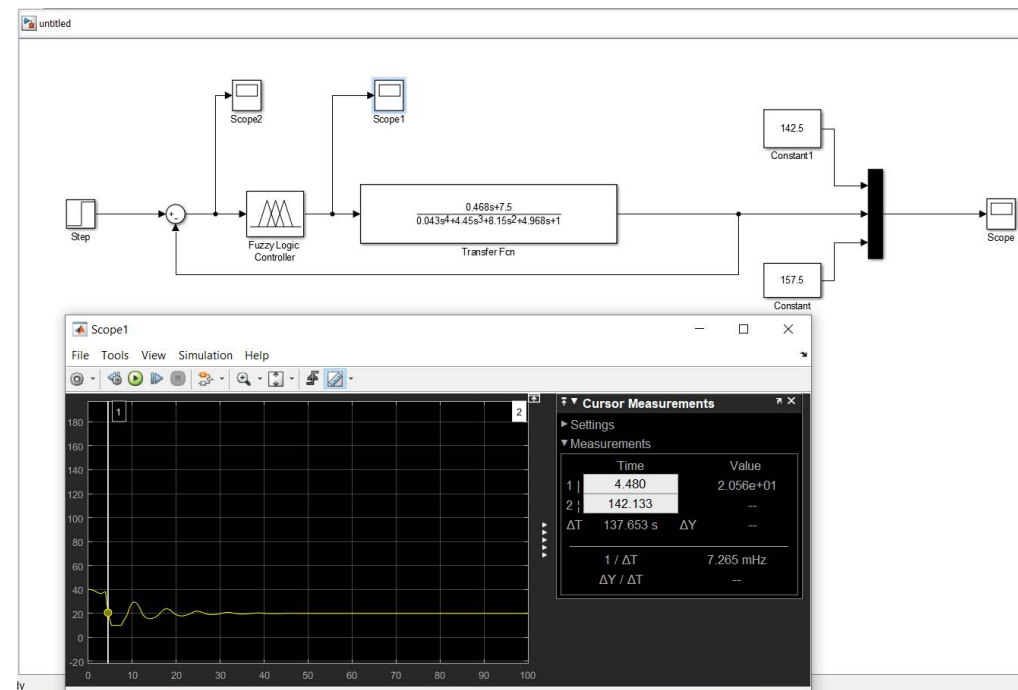
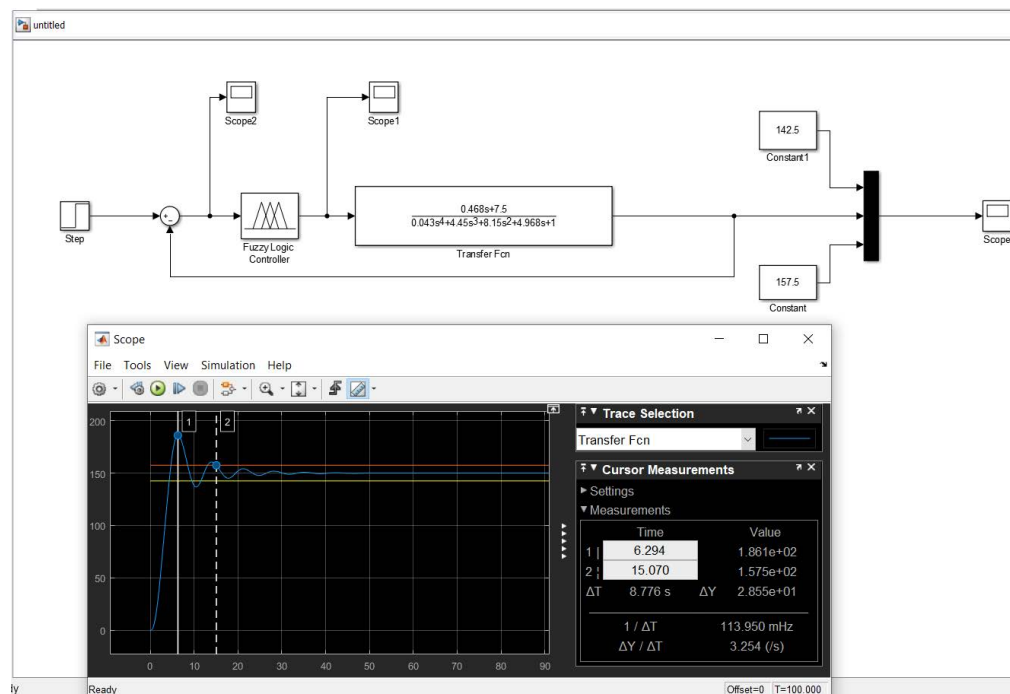
File Edit View





Definirea valorilor de ieșire componente ale funcției Fuzzy și a parametrilor acestora





Vizualizarea modificărilor
răspunsului sistemului
după adăugarea controller-
ului Fuzzy

