Universitatea Tehnică de Construcții București
Facultatea de Hidrotehnică

Ingineria sistemelor automate

Proiect

Facultatea de Hidrotehnică
Specializare: Automatică și Informatică Aplicată
Anul: III
Student: Tene Radu-Stefan

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.

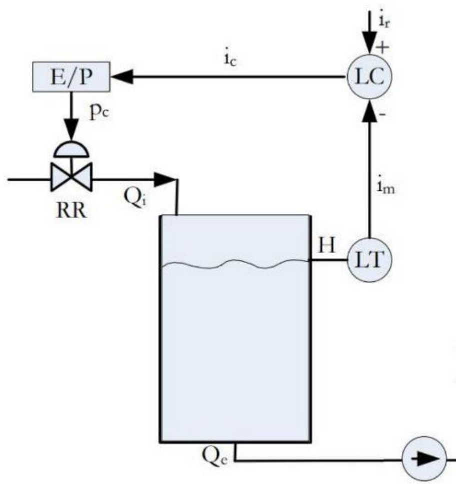

Fig. 1 – Prezentarea procesului

unde se definesc următoarele elemente:

LC - regulator de nivel (Level Controller)

LT - tranductor de nivel (Level Transducer)

E/P - element de executie electric/pneumatic

RR - robinet de reglare

$\mathbf{Q_i}$ - debit de intrare

$\mathbf{Q_e}$ - debit de ieșire (evacuare)

și următoarele mărimi:

$\mathbf{i_m}$ - semnal de măsura (curent în domeniul 4…20mA)

$\mathbf{i_r}$ - curent de referință (curent în domeniul 4…20mA)

$\mathbf{i_c}$ - semnal de comandă (curent în domeniul 4…20mA)

$\mathbf{p_c}$ - presiune de comandă (în domeniul 0.2…1bar)

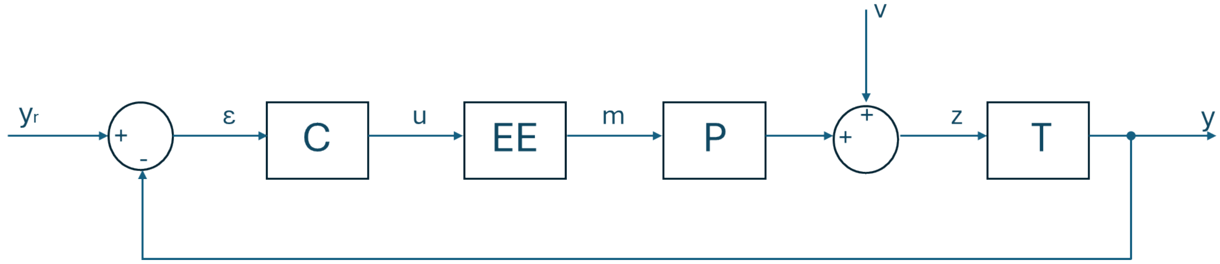

Fig. 2 – Sistemul de reglare automat al procesului de menținere a nivelului

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-pulsație aproximative, reprezentate în figurile 3, respectiv 4.

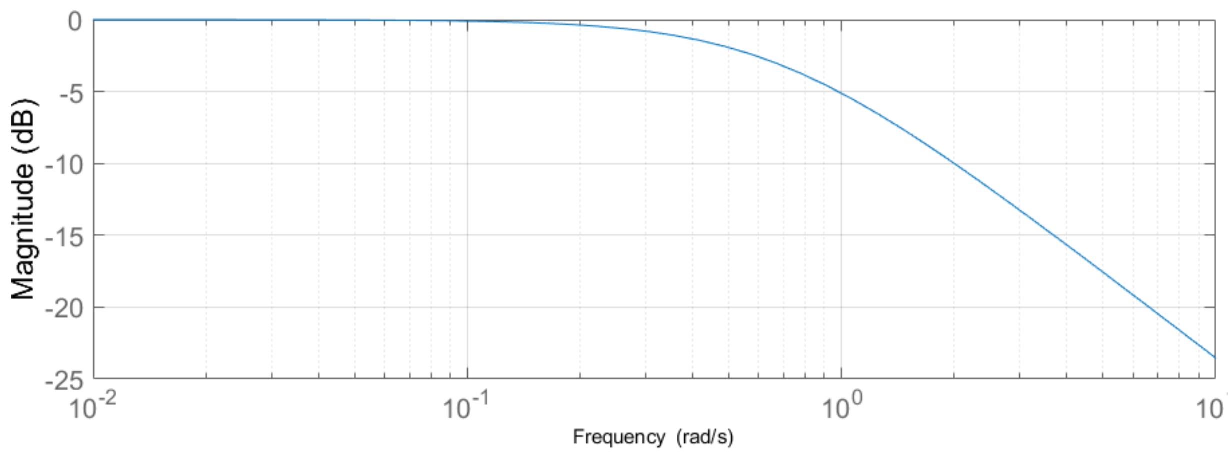

Fig. 3 – Caracteristica semilogaritmică amplitudine-pulsație aproximativă a EE

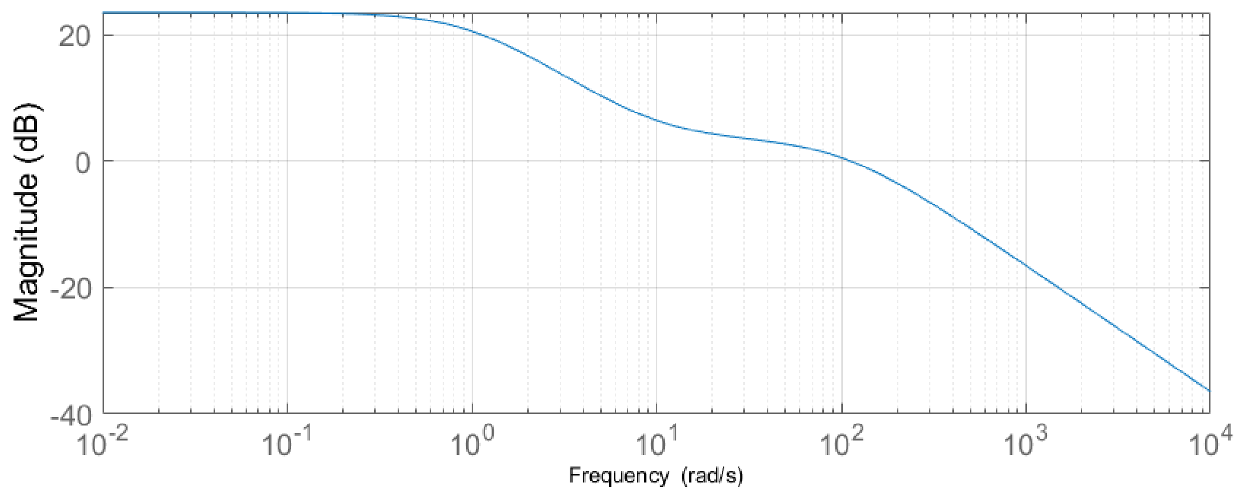

Fig. 4 – Caracteristica semilogaritmică amplitudine-pulsație aproximativă a P

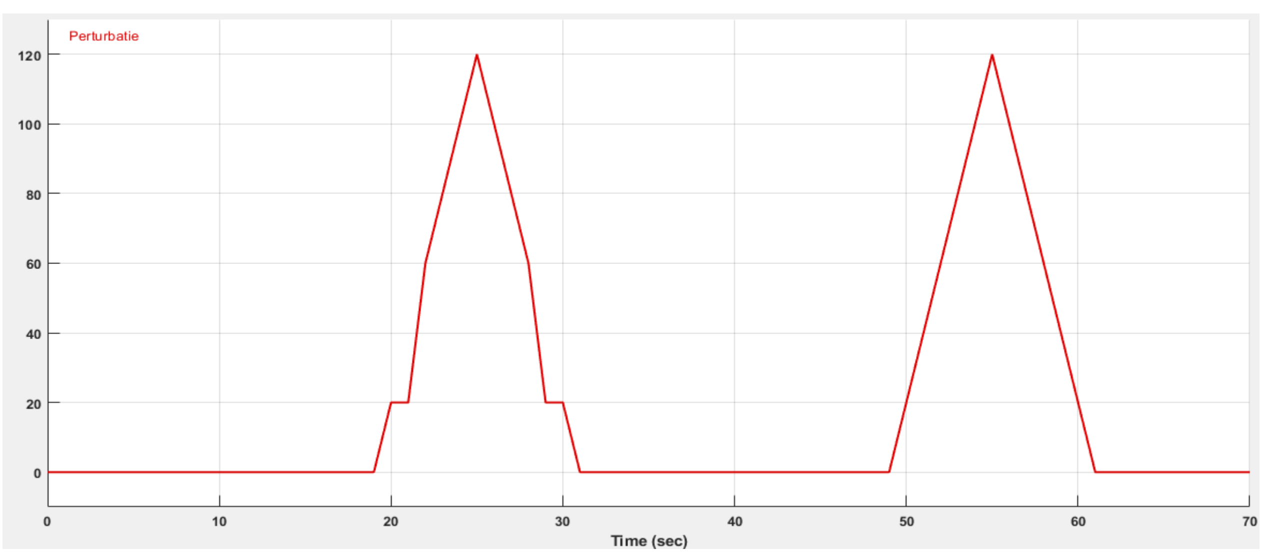

Fig. 5 – Perturbația aplicată prin blocul Signal Builder.

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 amplificare(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-pulsație (asimptotică) determinată experimental.
2. a) Să se reprezinte dependența intrare-ieșire a procesului printr-o ecuație liniară cu coeficienți liniari.

   b) Schițați repartiția 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, daca 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?

Exercitiul 1

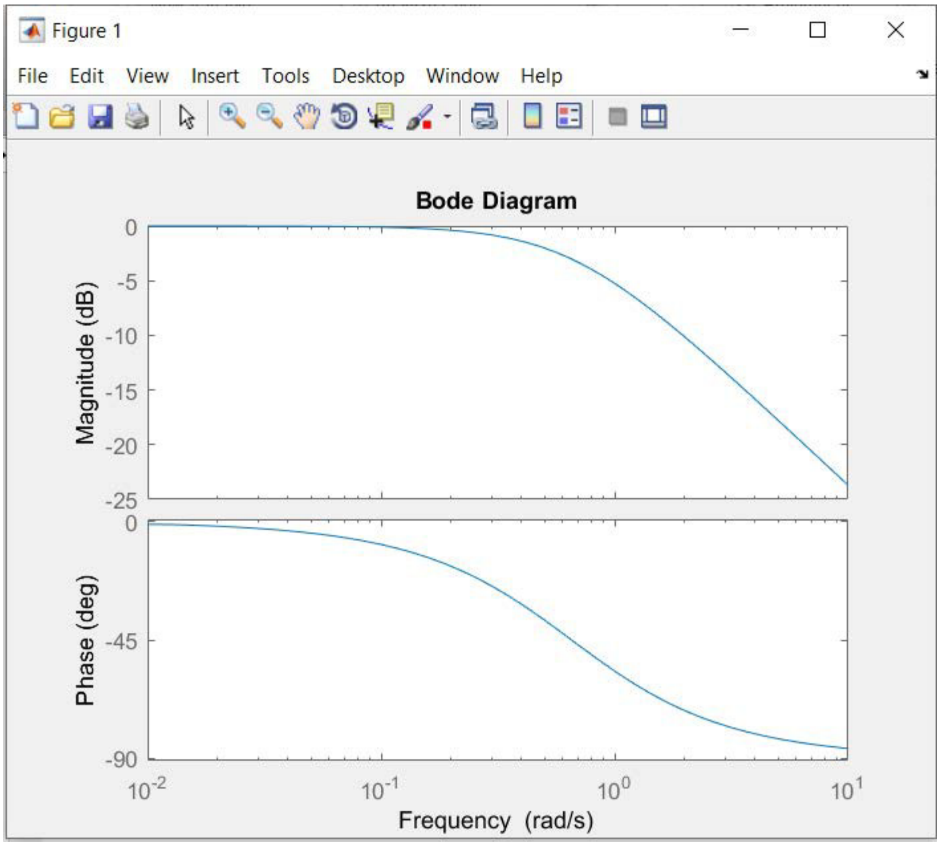

Figura 1: Graficul semilogaritmic amplitudine-pulsație (magnitudine în funcție de frecvență) pentru functia hee.

Figura 2: Graficul semilogaritmic fază-pulsație (fază în funcție de frecvență) pentru functia hee.

```
>> hee

hee =

        1
```

```
er function.
```

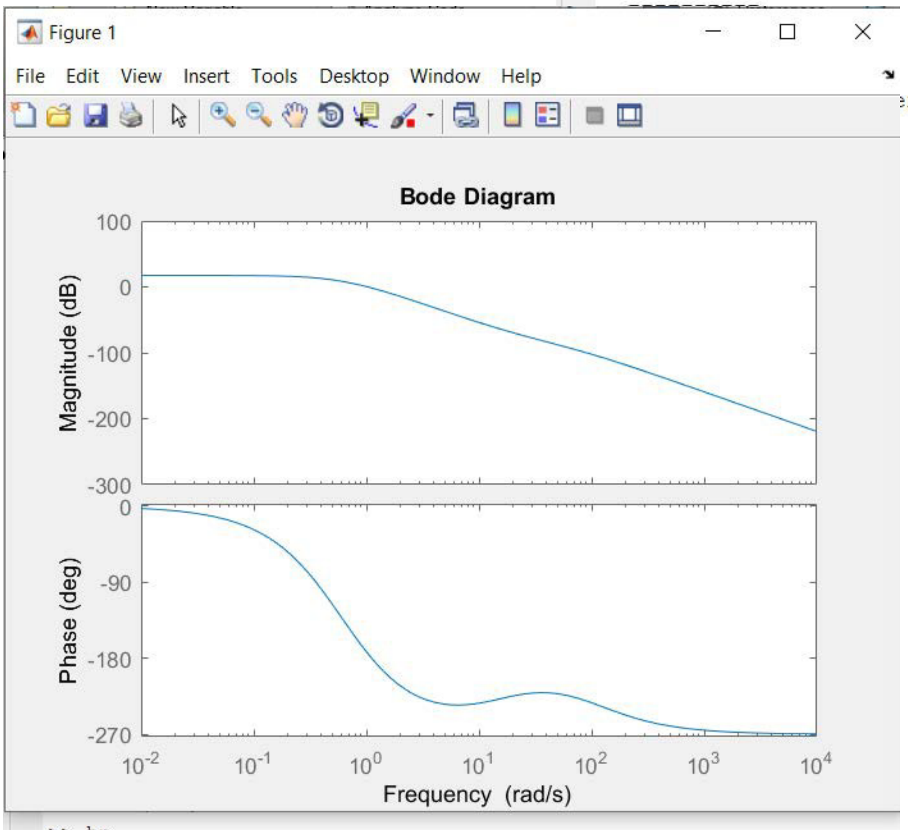

Figura 3: Graficul semilogaritmic amplitudine-pulsație (magnitudine în funcție de frecvență) pentru functia hp.

Figura 4: Graficul semilogaritmic fază-pulsație (fază în funcție de frecvență) pentru functia hp.

```
>> hp

hp =

                  0.468 s + 7.5
  ----------------------------------------------
  0.043 s^4 + 4.45 s^3 + 8.15 s^2 + 4.968 s + 1

Continuous-time transfer function.

>> bode(hp)
```

```
>> 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
```

Fig 5 - Functia componenta H(t) si functia de transfer H(E)

```
>> 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

>> 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.
```

Fig 6 -Radacinile functiei

Exercitiul 2

```
>> 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
```

Fig 7 -

Fig 8 -

```
>> d1 = 4.45

d1 =

    4.4500

>> det(d10
 det(d10
        ↑
Error: Expression or statement is inc

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
```

```
>> 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
```

Fig 9 -

```
>> 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
```

Fig 10 -

```
>> 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
```

Fig 11 -

Exercitiul 3.

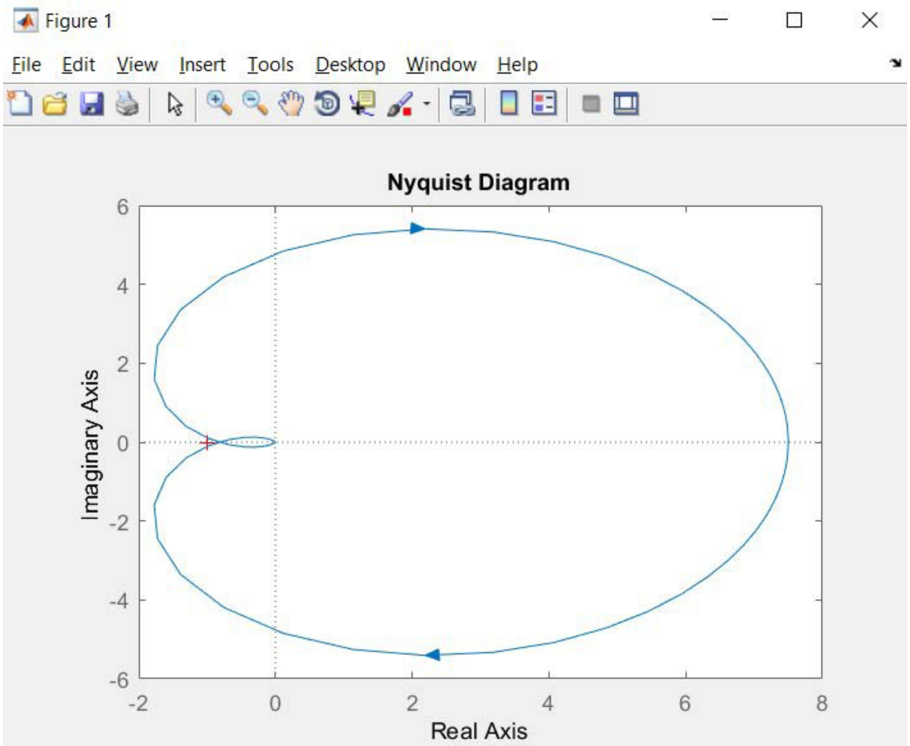

Fig 12 - Diagrama Nyquist: Reprezentarea grafica a partii reale si imaginare a functiei de transfer in planul complex, in functie de pulsatie.

```
>> he = tf([0.468 7.5], [0.043 4.45 8.15 4.968 1])

he =

                0.468 s + 7.5
  ---------------------------------------------
  0.043 s^4 + 4.45 s^3 + 8.15 s^2 + 4.968 s + 1

Continuous-time transfer function.

>> nyquist(he)
```

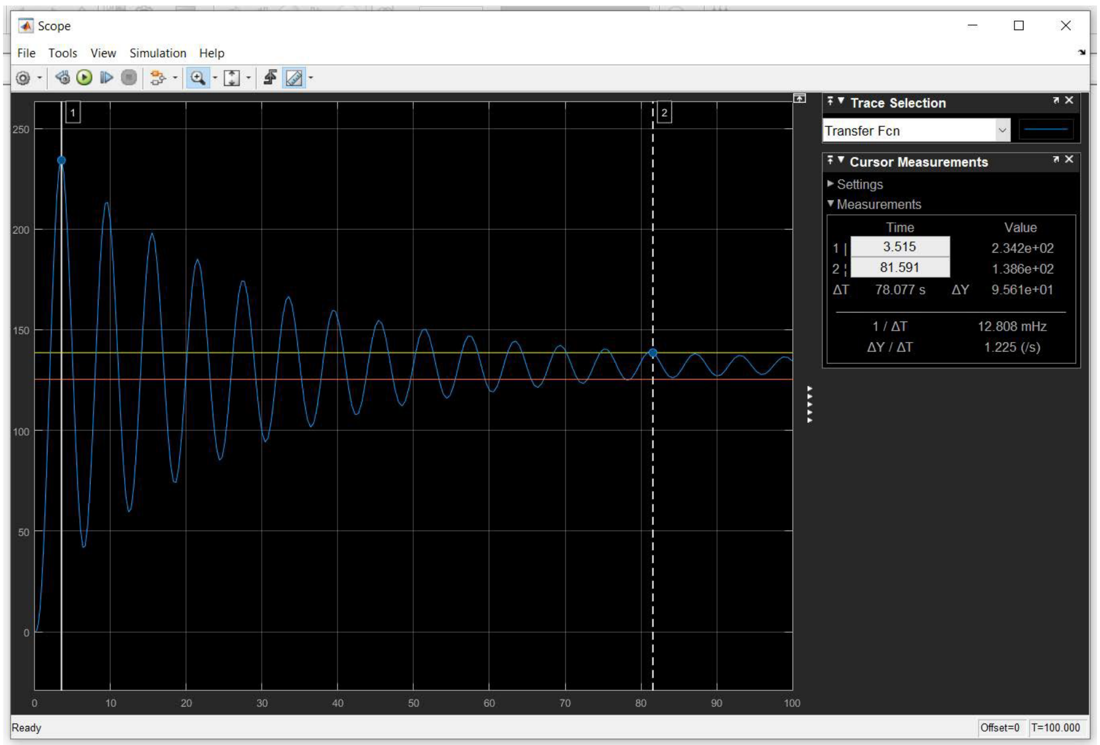

Fig 13 -

Exercitiul 4.

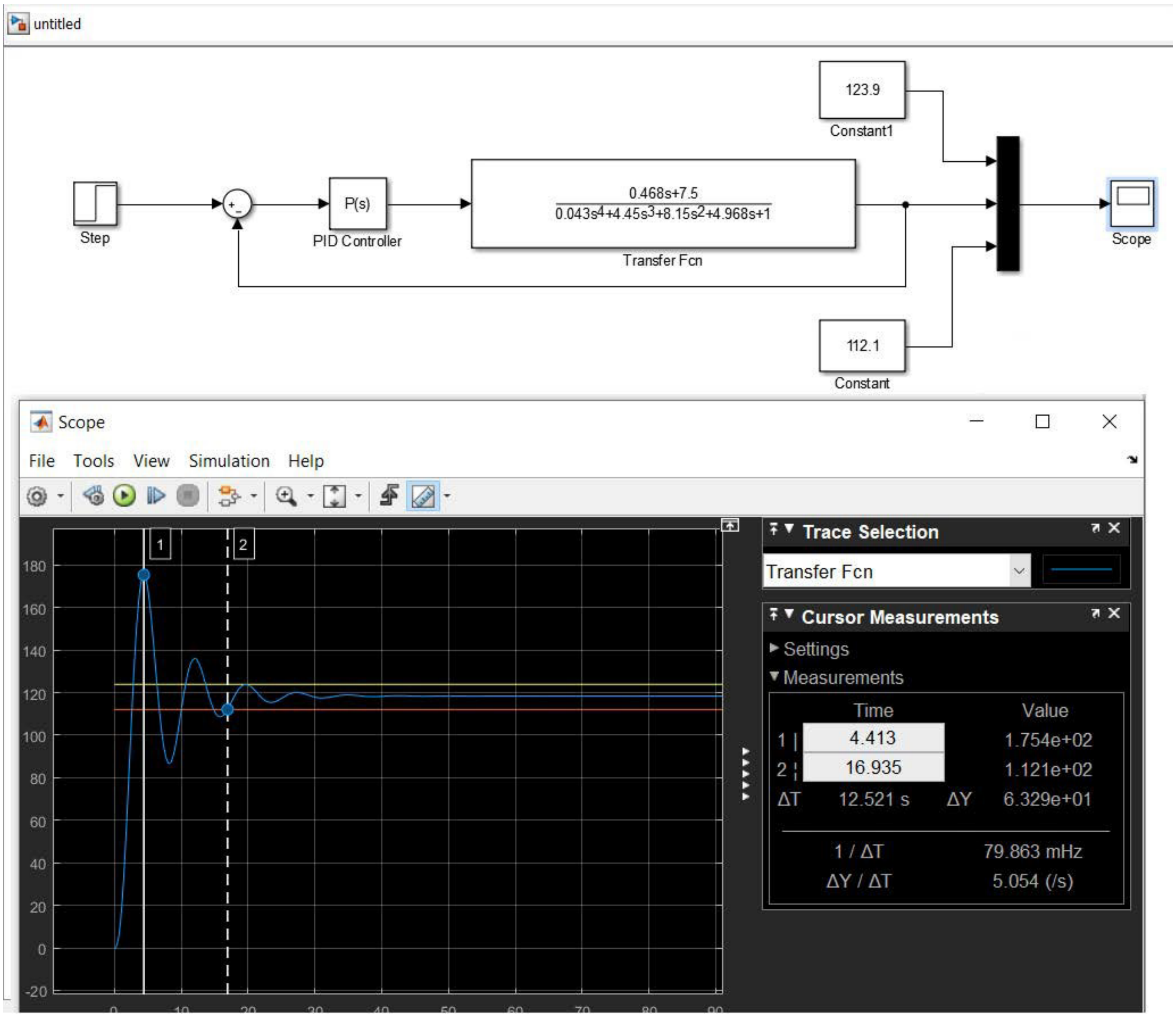

Fig 14 -

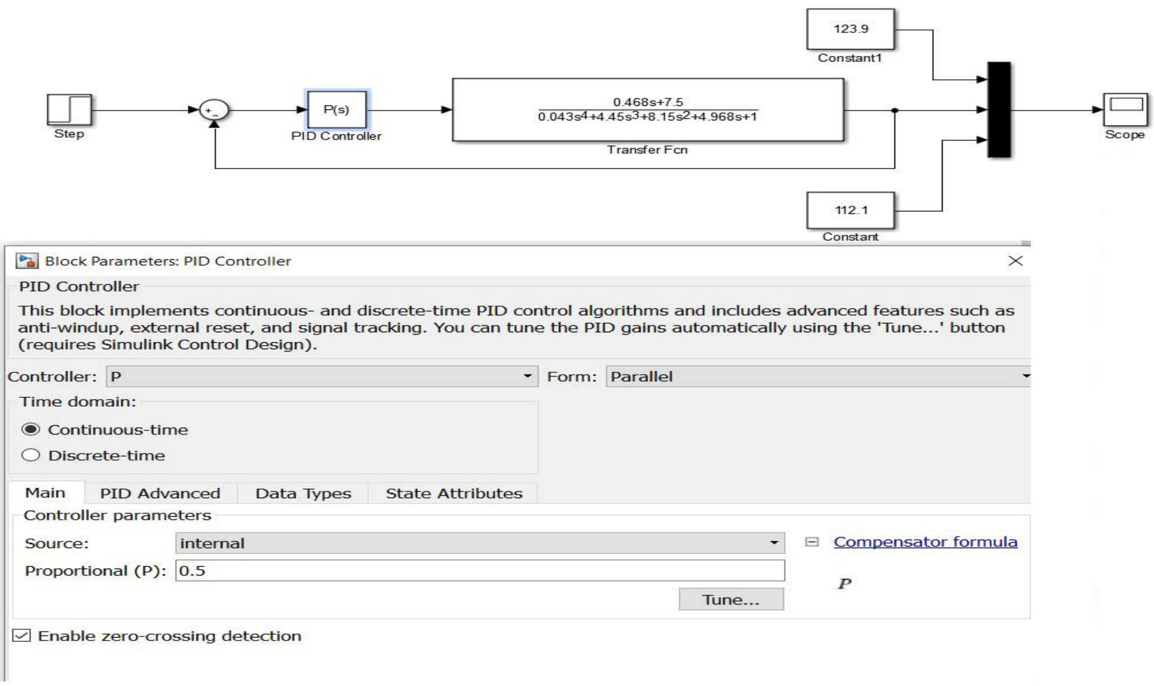

Fig 15 -

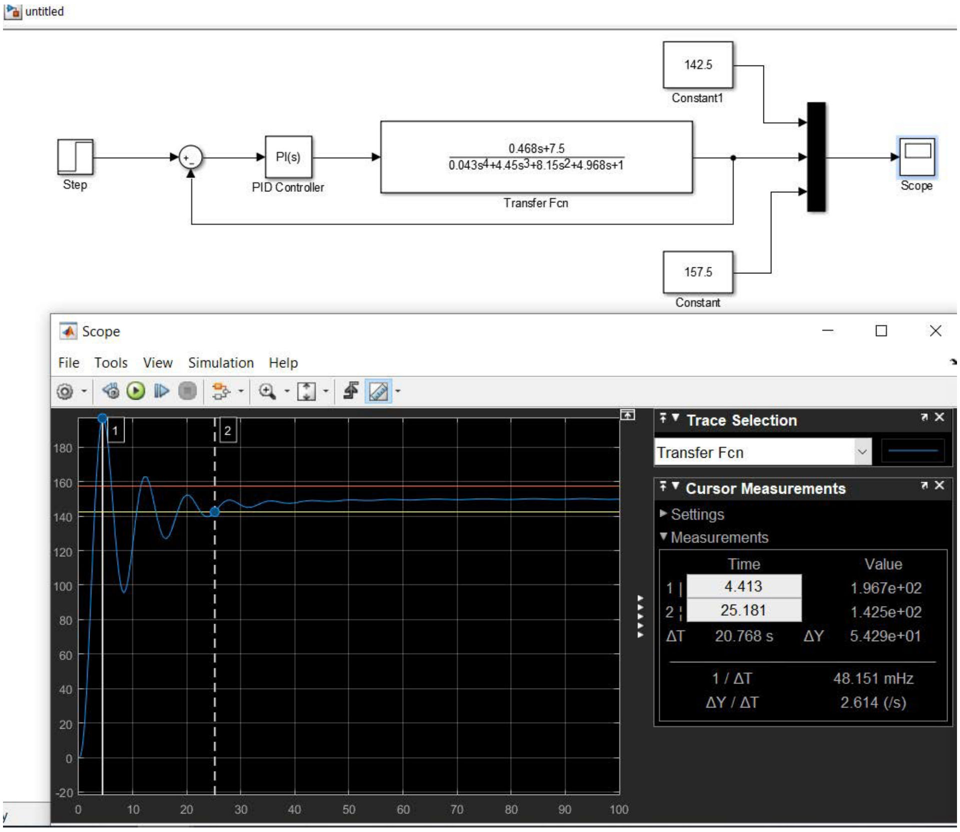
untitled
142.5
Constant1
Step
PI(s)
PID Controller
0.468s+7.5
0.043s4+4.45s3+8.15s2+4.968s+1
Transfer Fcn
Scope
157.5
Constant
Scope
File Tools View Simulation Help
Trace Selection
Transfer Fcn
Cursor Measurements
Settings
Measurements
Time Value
1 4.413 1.967e+02
2 25.181 1.425e+02
ΔT 20.768 s ΔY 5.429e+01
1 / ΔT 48.151 mHz
ΔY / ΔT 2.614 (/s)

Fig 16 -

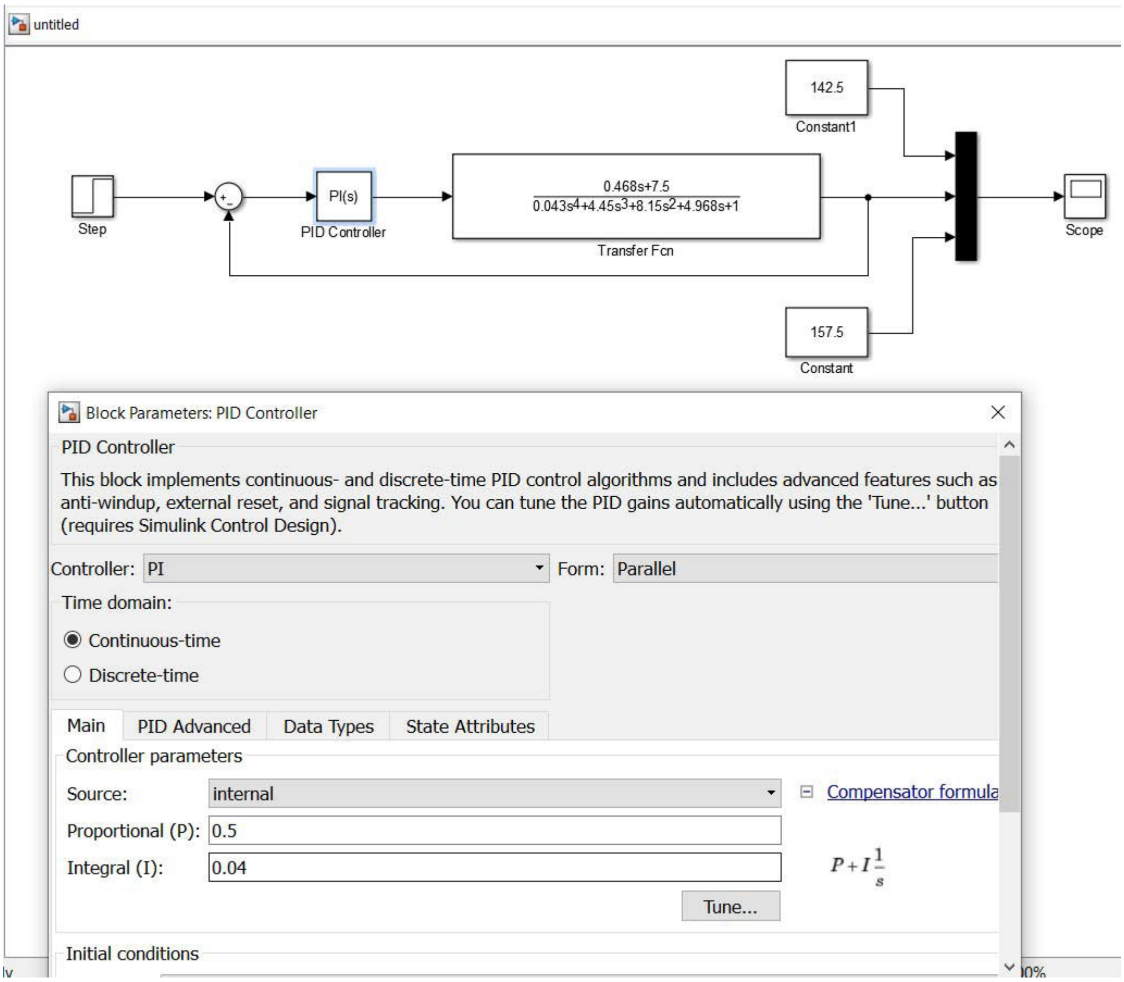
untitled
142.5
Constant1
Step
PI(s)
PID Controller
0.468s+7.5
0.043s4+4.45s3+8.15s2+4.968s+1
Transfer Fcn
Scope
157.5
Constant
Block Parameters: PID Controller
PID Controller
This block implements continuous- and discrete-time PID control algorithms and includes advanced features such as anti-windup, 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 1/s
Tune...
Initial conditions

Fig 17 -

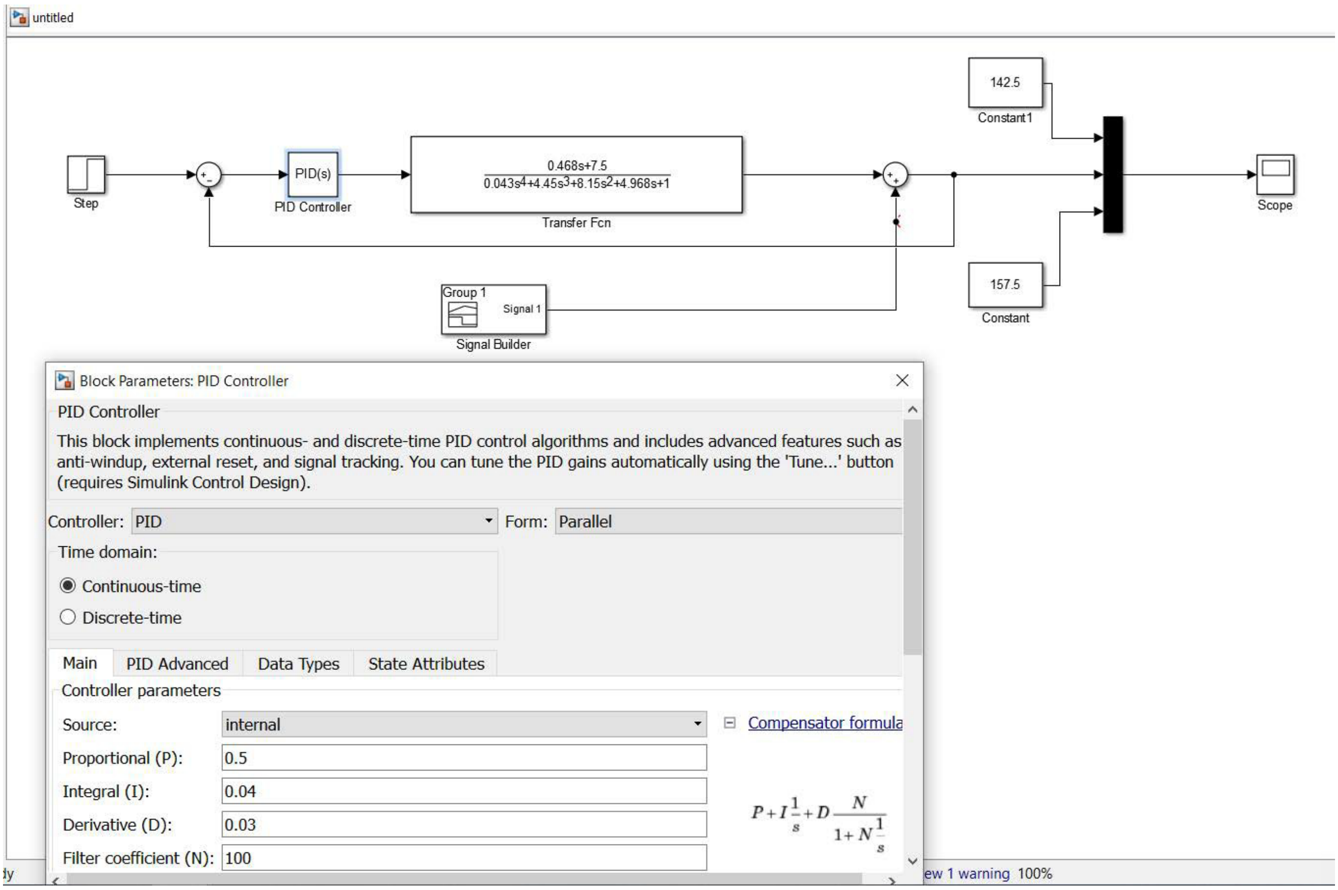
untitled
142.5
Constant1
Step
PID(s)
PID Controller
0.468s+7.5
0.043s4+4.45s3+8.15s2+4.968s+1
Transfer Fcn
Scope
Group 1
Signal 1
Signal Builder
157.5
Constant
Block Parameters: PID Controller
PID Controller
This block implements continuous- and discrete-time PID control algorithms and includes advanced 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: PID
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
Derivative (D): 0.03
Filter coefficient (N): 100
1 warning
100%

Fig 18 -

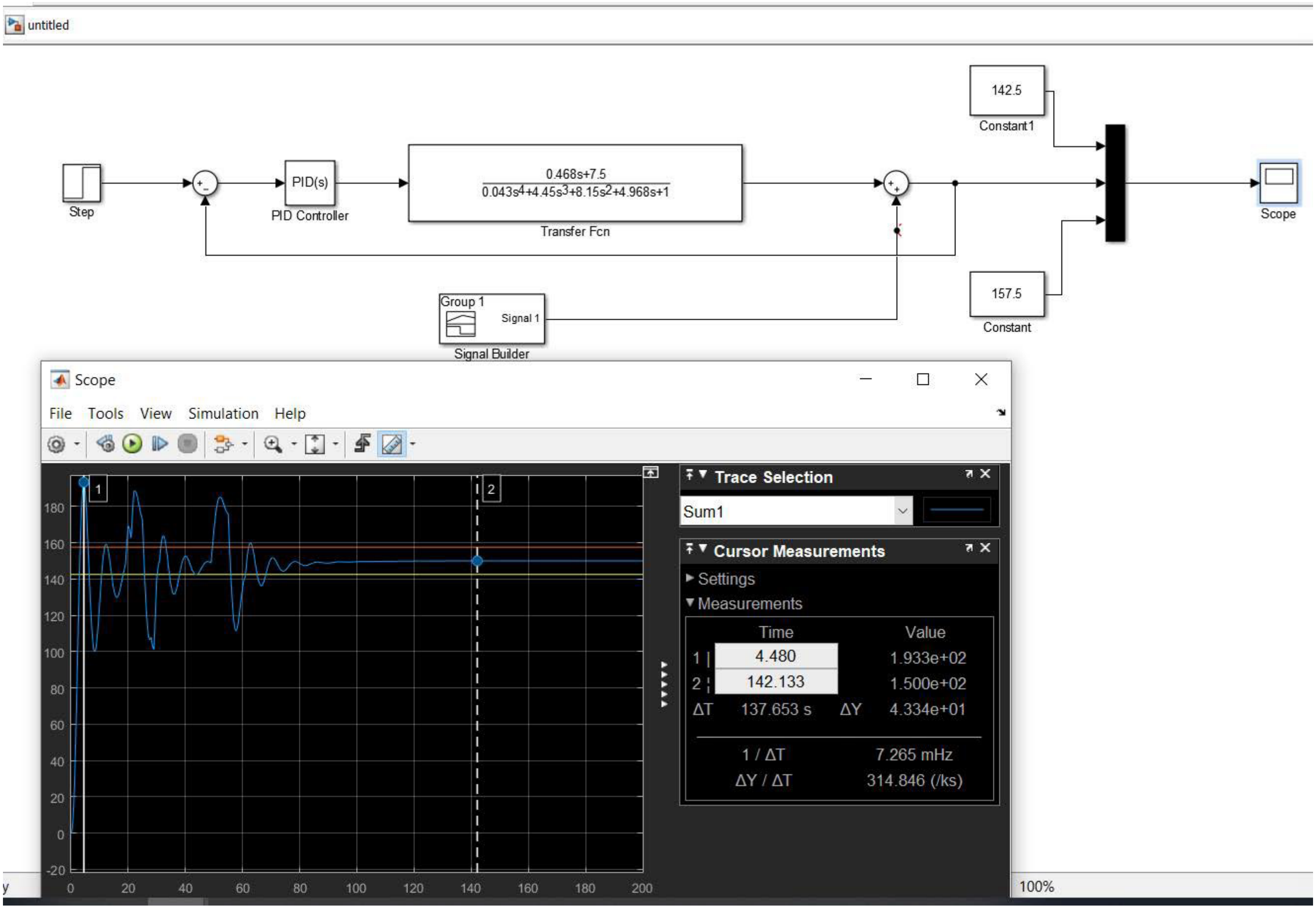
untitled
142.5
Constant1
Step
PID(s)
PID Controller
0.468s+7.5
0.043s4+4.45s3+8.15s2+4.968s+1
Transfer Fcn
Scope
Group 1
Signal 1
Signal Builder
157.5
Constant
Scope
File
Tools
View
Simulation
Help
Trace Selection
Sum1
Cursor Measurements
Settings
Measurements
Time
Value
1
4.480
1.933e+02
2
142.133
1.500e+02
ΔT
137.653 s
ΔY
4.334e+01
1 / ΔT
7.265 mHz
ΔY / ΔT
314.846 (/ks)
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
100%

Fig 19 -

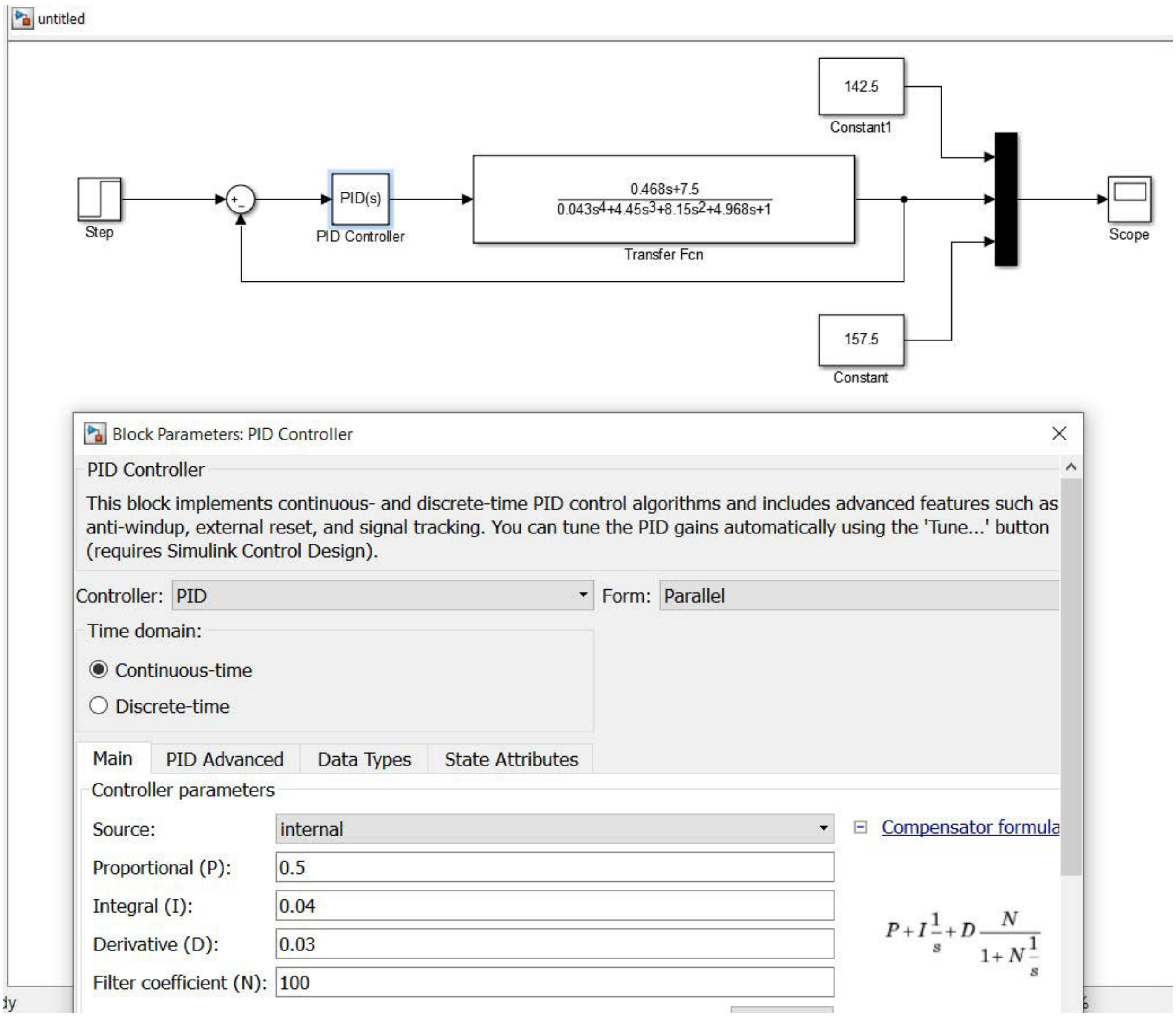
untitled
142.5
Constant1
Step
PID(s)
PID Controller
0.468s+7.5
0.043s4+4.45s3+8.15s2+4.968s+1
Transfer Fcn
Scope
157.5
Constant
Block Parameters: PID Controller
PID Controller
This block implements continuous- and discrete-time PID control algorithms and includes advanced features such as anti-windup, external reset, and signal tracking. You can tune the PID gains automatically using the 'Tune...' button (requires Simulink Control Design).
Controller: PID
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
Derivative (D): 0.03
Filter coefficient (N): 100
$P+I\frac{1}{s}+D\frac{N}{1+N\frac{1}{s}}$

Fig - 20

Exercitiul 5.

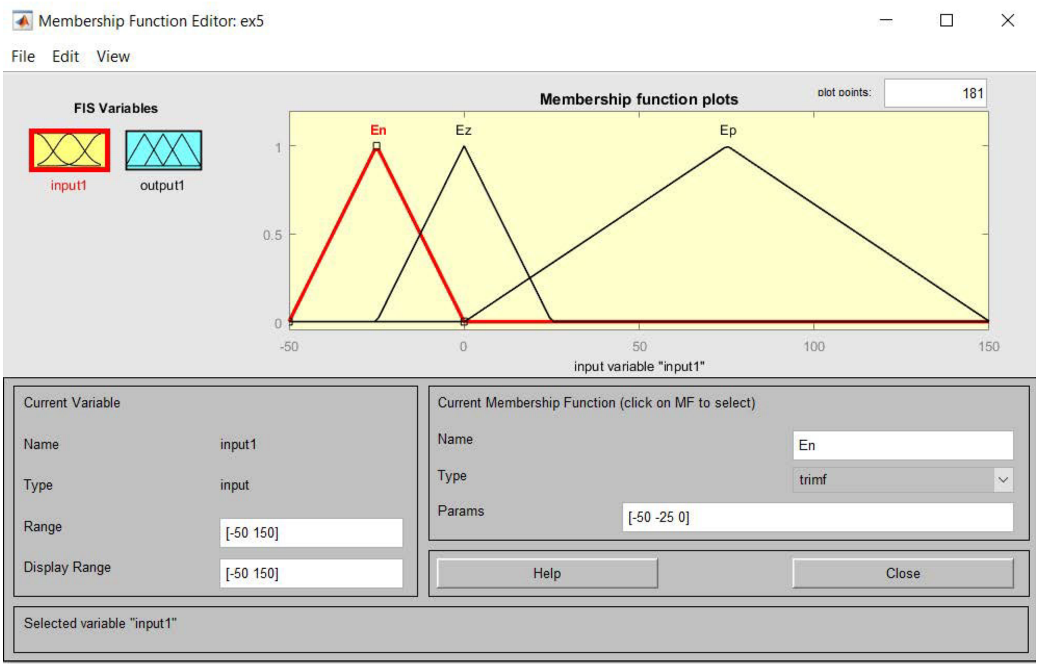

Fig 21-

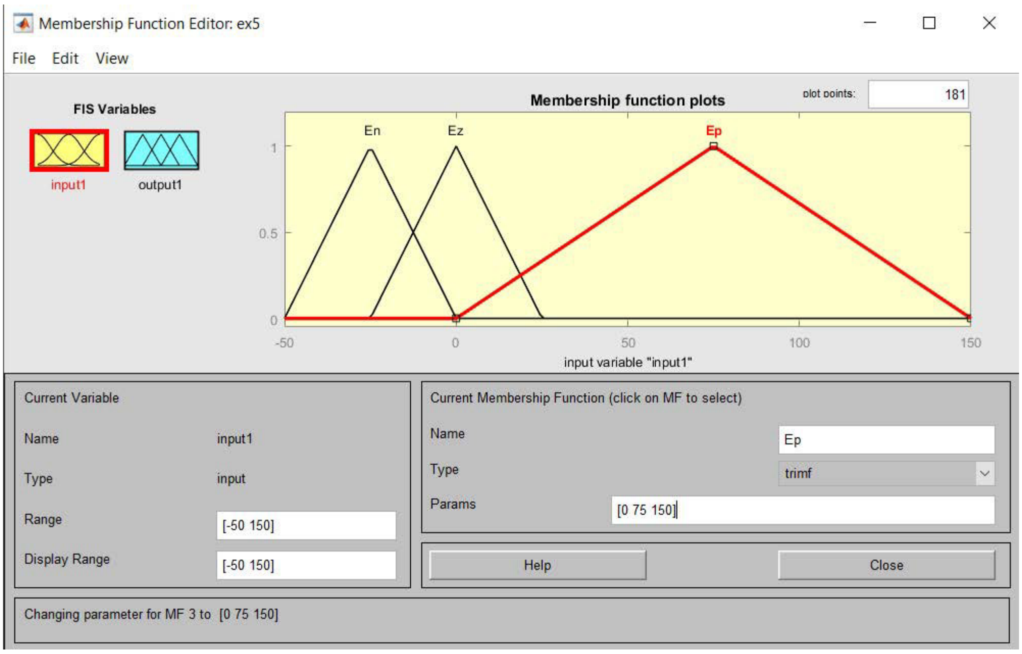

Fig 22 -

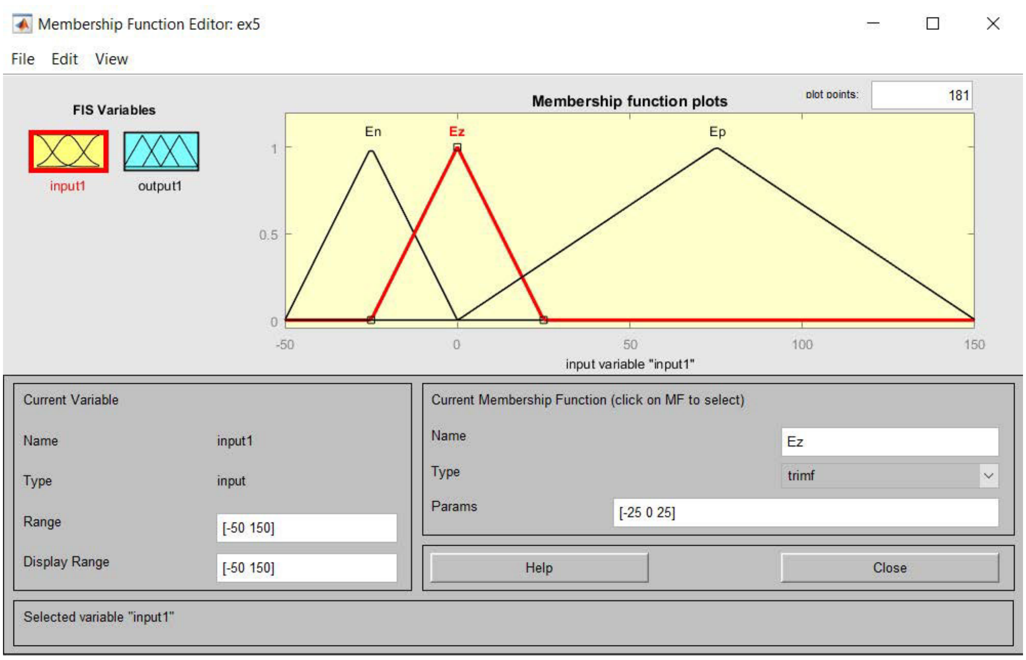

Fig 23 -

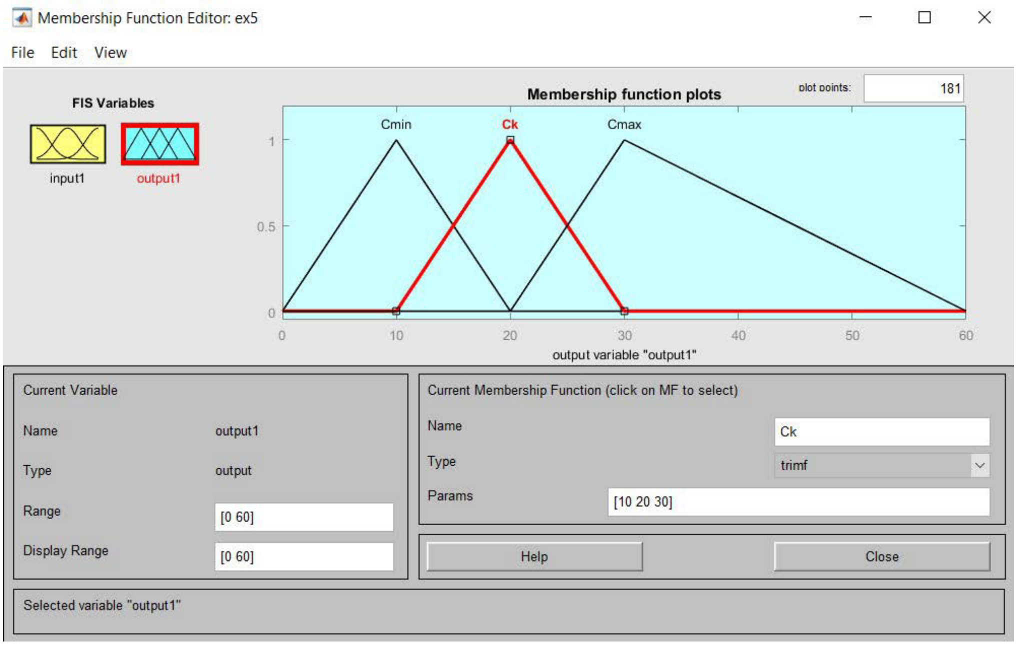

Fig 24 -

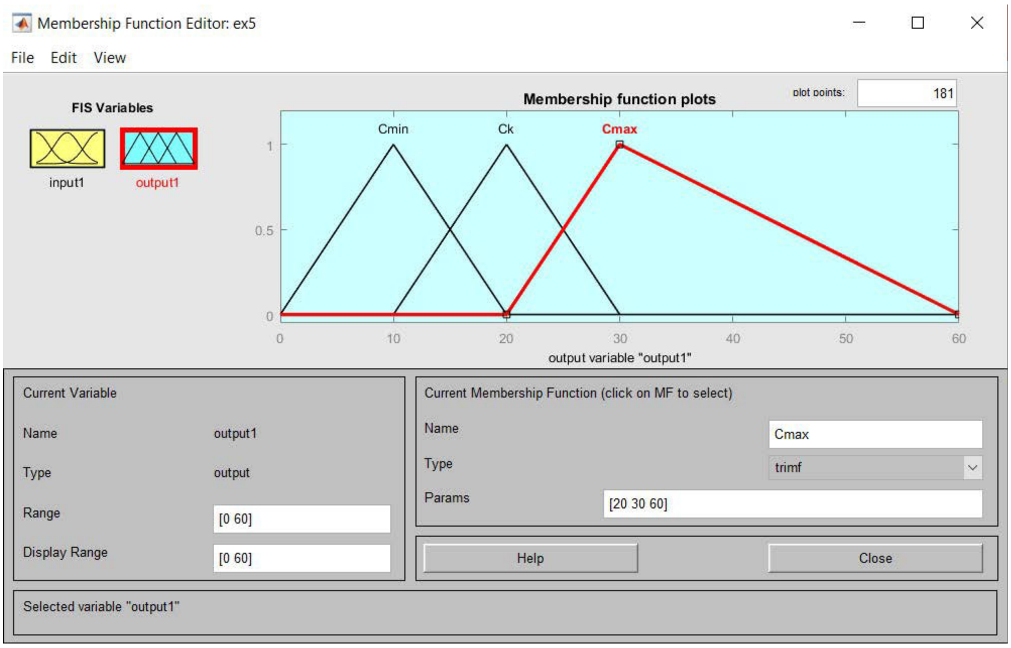

Fig 25 -

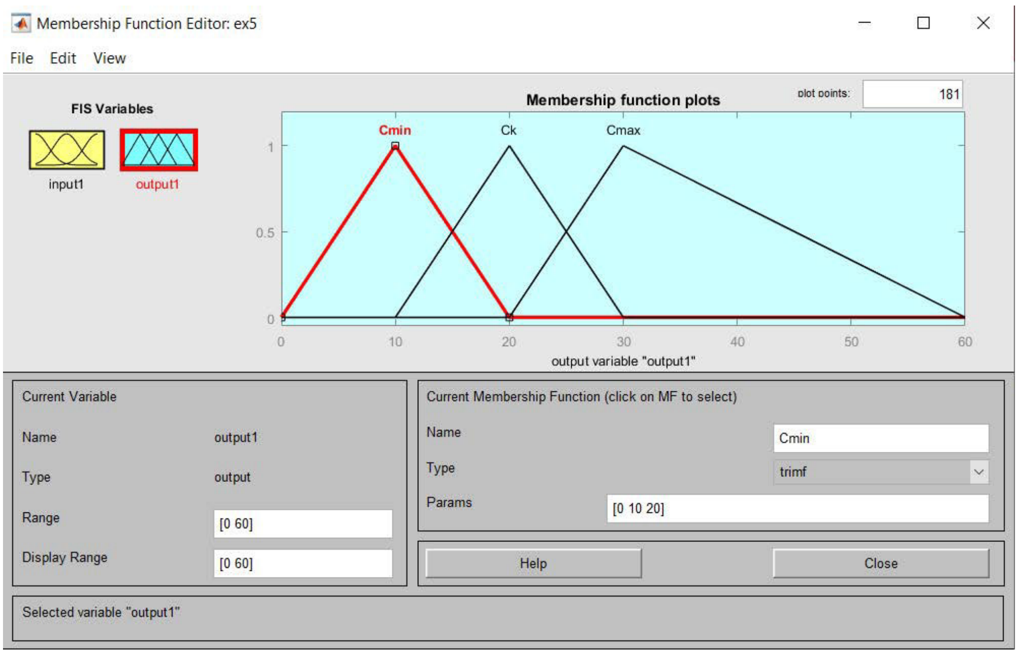

Fig 26 -

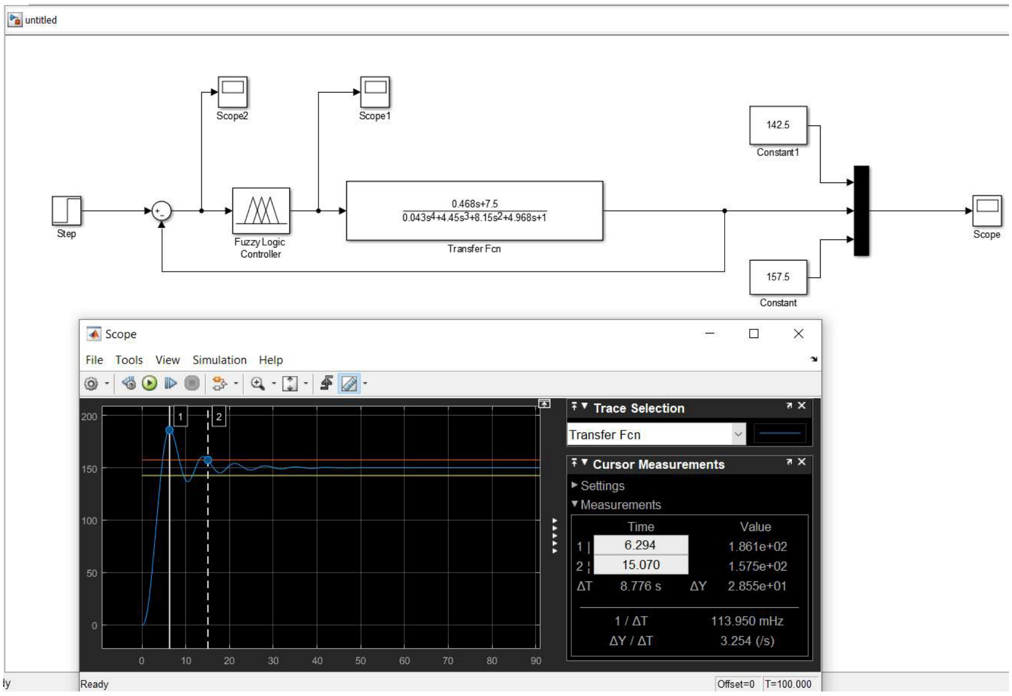

Fig 27 -

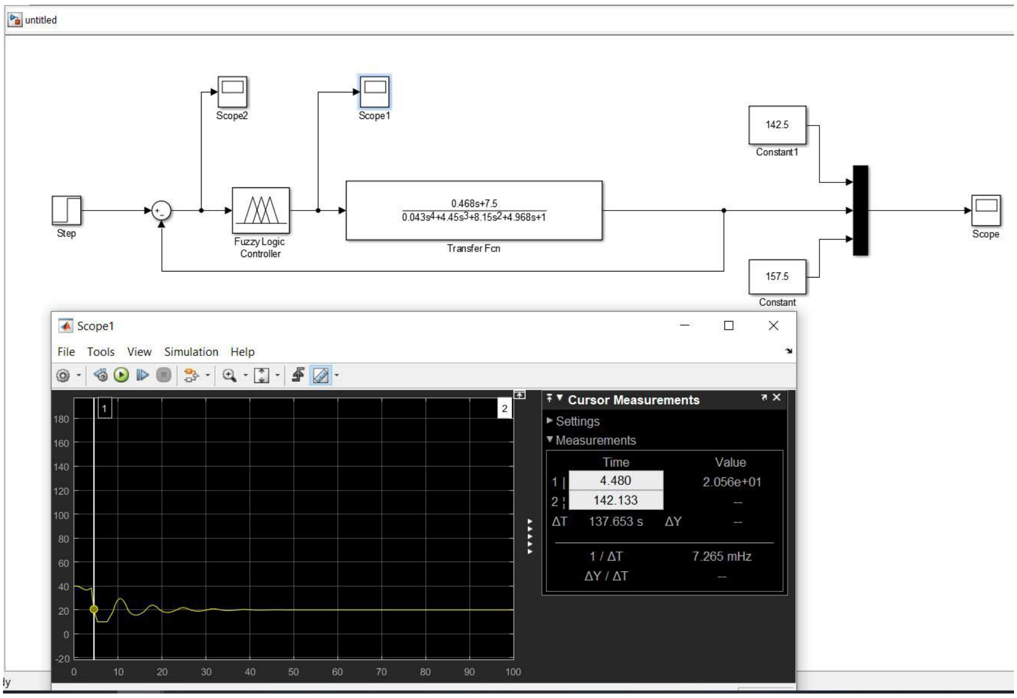

Fig 28 -

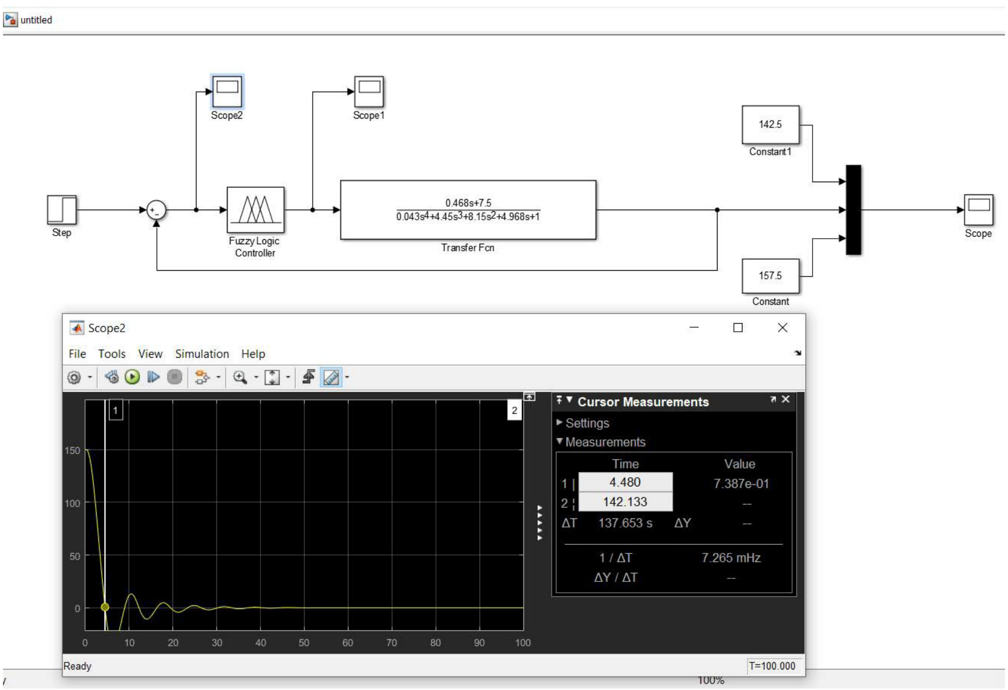

Fig 29 -