

TRƯỜNG ĐẠI HỌC VINH  
VIỆN KỸ THUẬT VÀ CÔNG NGHỆ



BÁO CÁO THỰC HÀNH  
MÔN ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH

**Giảng viên hướng dẫn :** TS. Dương Đình Tú

**Sinh viên thực hiện :** Lê Văn Ngọc

**Mã số sinh viên :** 215752021610008

**Lớp :** 62K1 – KTĐK & TĐH

**Lớp học phần :** Điều khiển quá trình

Nghệ An, Năm 2024

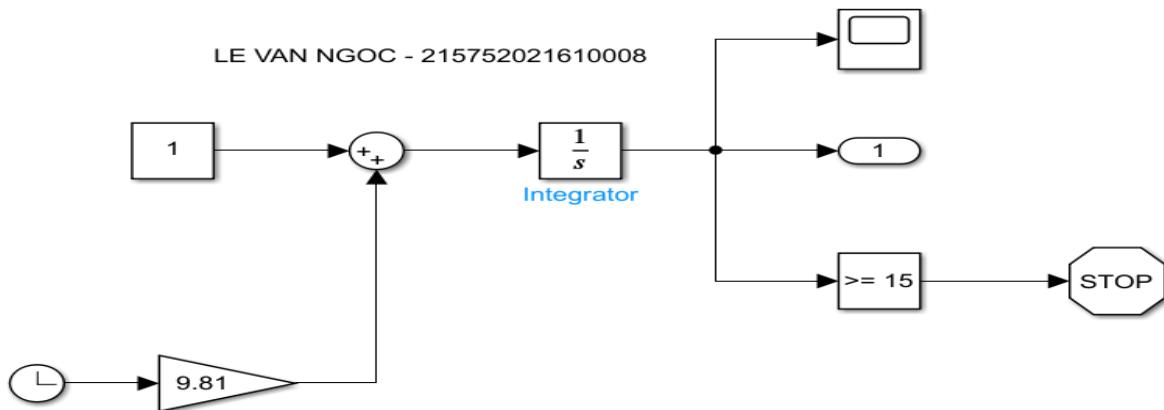
## **MỤC LỤC**

MỤC LỤC.....	1
BÀI THỰC HÀNH 1: MÔ HÌNH HOÁ PHƯƠNG TRÌNH/HỆ PHƯƠNG TRÌNH VI PHÂN, SAI PHÂN TRÊN MATLAB/SIMULINK .....	2
BÀI THỰC HÀNH 2. MÔ HÌNH HOÁ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TRÊN MATLAB/SIMULINK.....	21
BÀI THỰC HÀNH 3: MÔ HÌNH HOÁ LÝ THUYẾT .....	34
BÀI THỰC HÀNH 4. THIẾT KẾ VÀ CHỈNH ĐỊNH THAM SỐ BỘ ĐIỀU KHIỂN PID .....	44

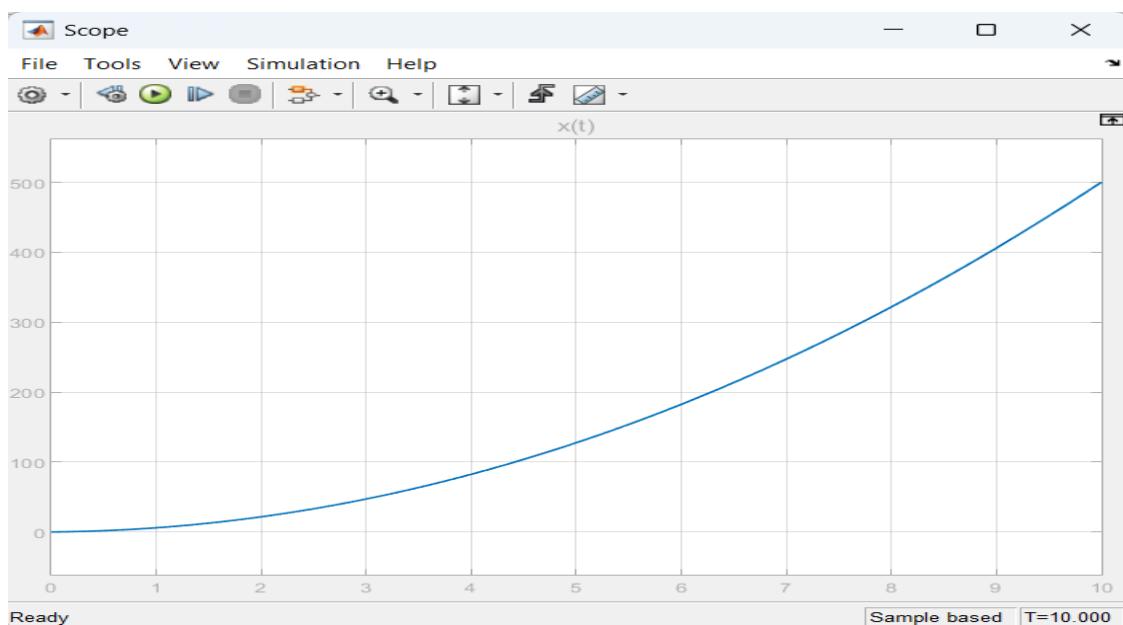
## BÀI THỰC HÀNH 1: MÔ HÌNH HOÁ PHƯƠNG TRÌNH/HỆ PHƯƠNG TRÌNH VI PHÂN, SAI PHÂN TRÊN MATLAB/SIMULINK

**Bài toán 1.1.** Trong vật lý, phương trình của một vật rơi được mô tả như sau:  $v(t) = v_0 + gt$ , trong đó  $t$  là thời gian,  $v(t)$  là vận tốc tức thời của vật,  $v_0 = 1\text{m/s}$  là vận tốc ban đầu và  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$  là gia tốc trọng trường. Hãy mô phỏng các mối liên hệ giữa thời gian  $t$  và độ dịch chuyển  $x(t)$  sử dụng SIMULINK.

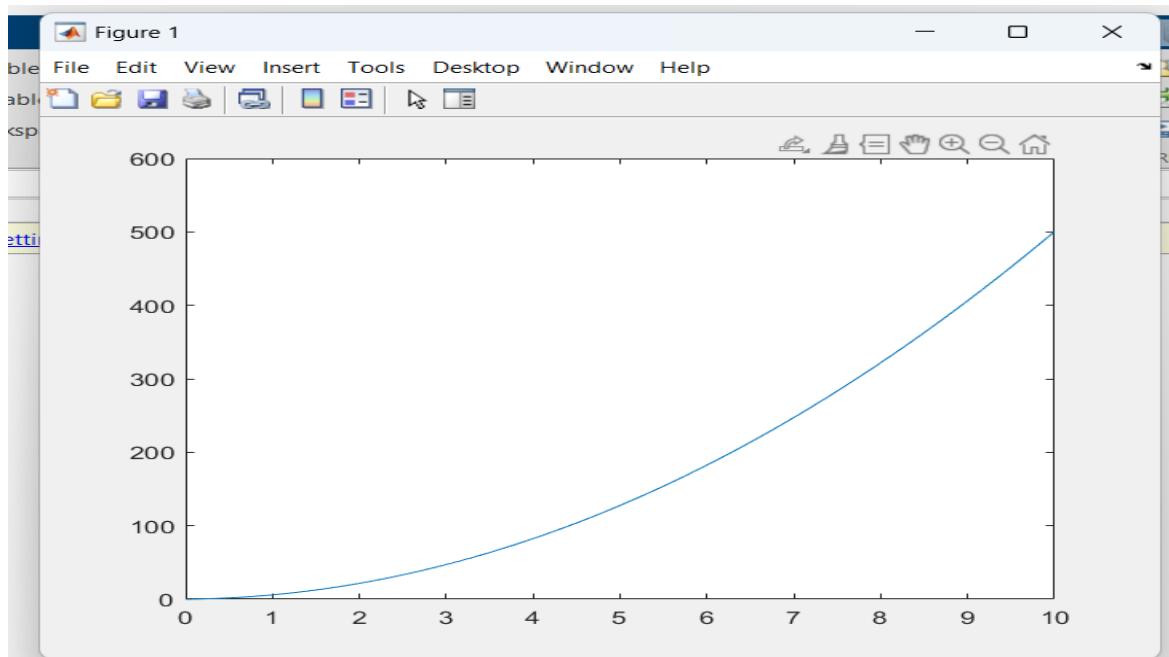
- Thiết lập mô hình trên simulink:



- Kết quả mô phỏng nhận được:

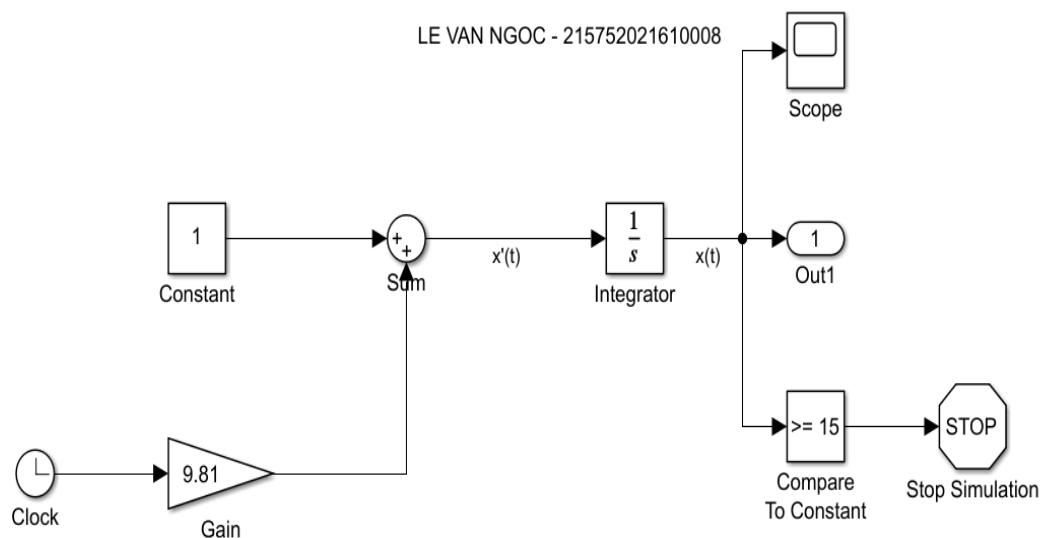


Sử dụng khối Out thay thế khối Scope. Sau đó nhập dòng lệnh sau trên của sô Command Window của MATLAB, ta được kết quả tương tự:

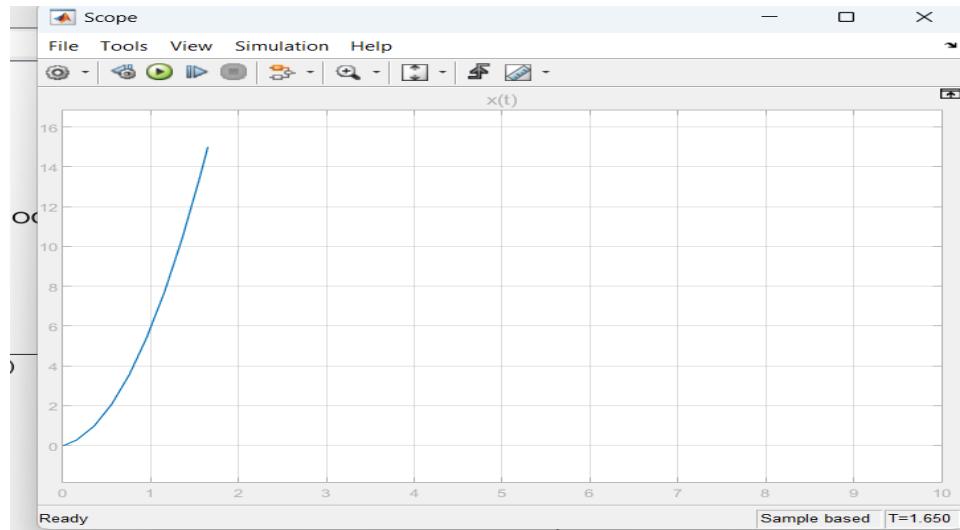


**Bài 1.2.** Xét lại Bài toán 1, nếu điểm rơi cách mặt đất 15m thì vật rơi xuống đất trong bao lâu?

- Xây dựng mô hình trên SIMULINK:



- Kết quả mô phỏng nhận được:



Chạy mô hình, sau đó thực hiện lệnh sau trên giao diện Command Window của MATLAB để nhận được thời gian kết thúc mô phỏng:

```
Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.
>> plot(tout, yout)
>> tout(end)

ans =
1.6498

fx >>
```

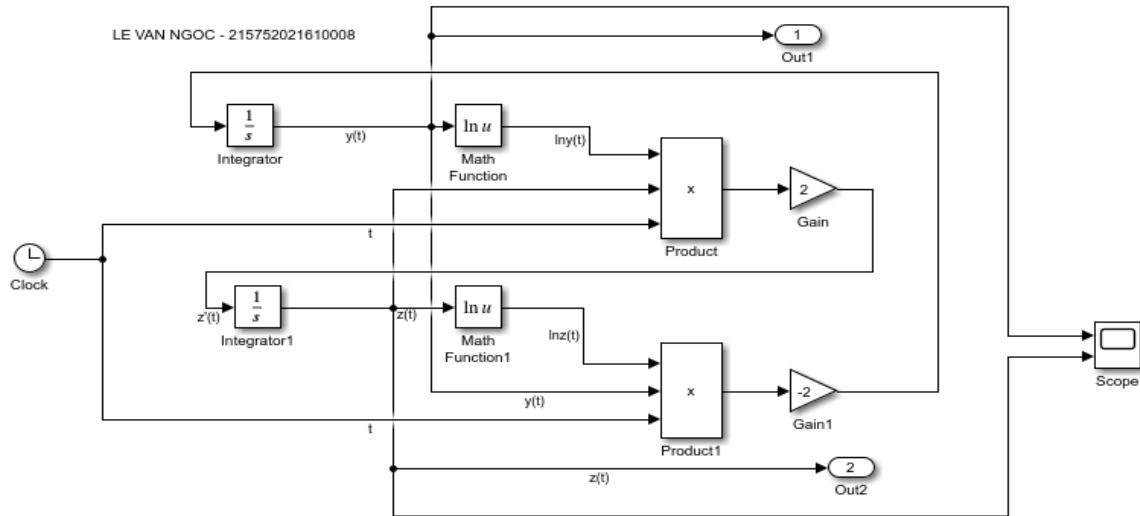
**Bài 1.3.** sử dụng SIMULINK để giải phương trình vi phân bậc nhất sau:

$$\begin{cases} y'(x) = -2xy(x) \ln z(x), \\ z'(x) = 2xz(x) \ln y(x), \end{cases}$$

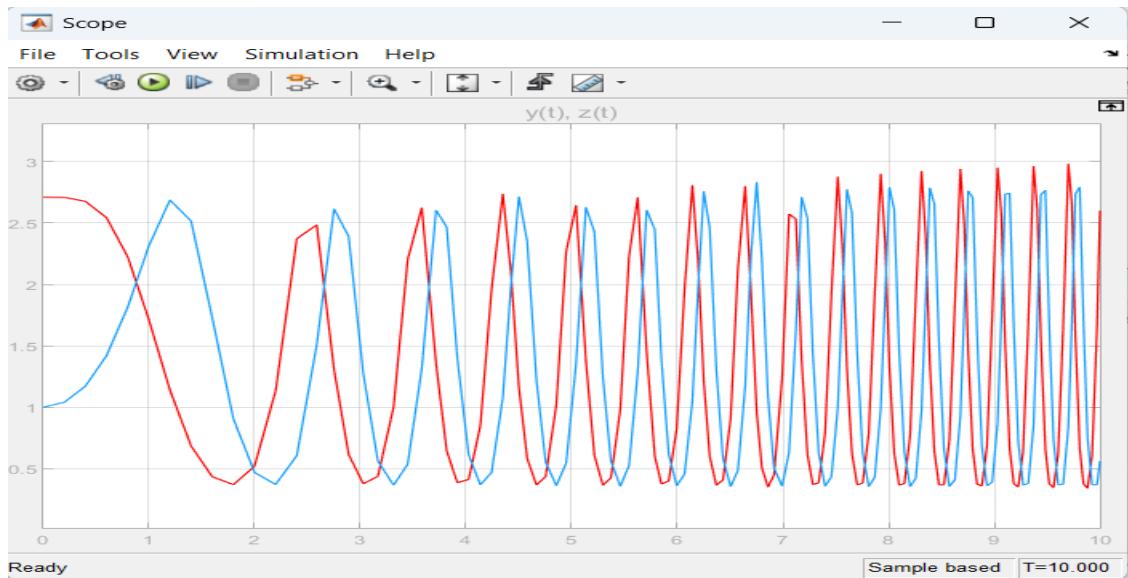
Với điều kiện ban đầu  $y(0) = e$  và  $z(0) = 1$ . Biết rằng, nghiệm giải tích của phương trình vi phân là:

$$\begin{aligned} y(x) &= e^{\cos x^2} \\ z(x) &= e^{\sin x^2} \end{aligned}$$

- Mô hình trên SIMULINK:



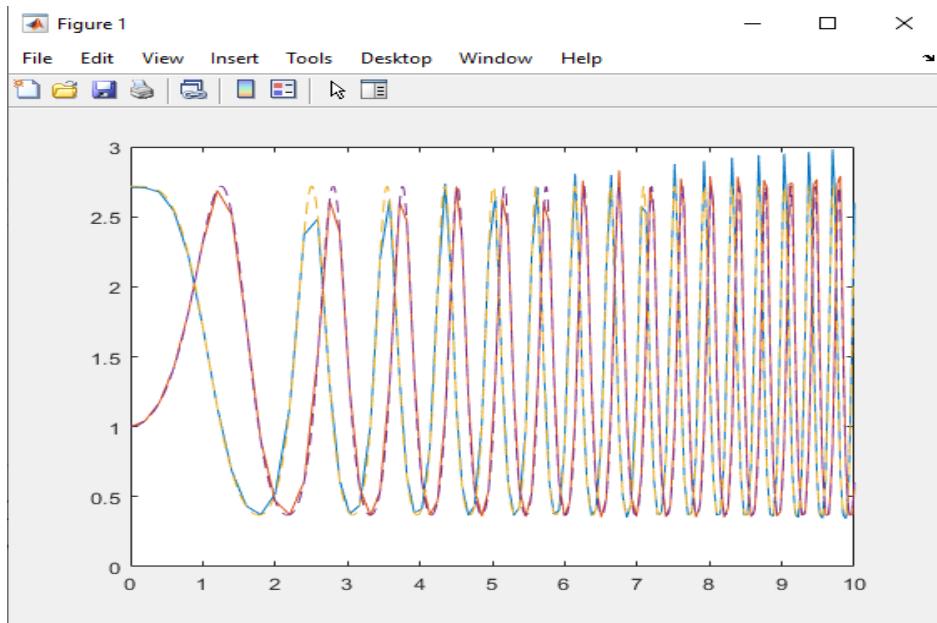
- Kết quả mô phỏng nhận được:



Sơ đồ hàm plot() có thể được sử dụng để vẽ hai trạng thái như sau:

```
>> t0=0:0.001:10;
>> y1=exp(cos(t0.^2)); y2=exp(sin(t0.^2));
>> plot(out.tout, out.yout, t0,y1,'--',t0,y2,'--')
>> plot(out.tout, out.yout, t0,y1,'--',t0,y2,'--')
>>
```

- Kết quả mô phỏng:



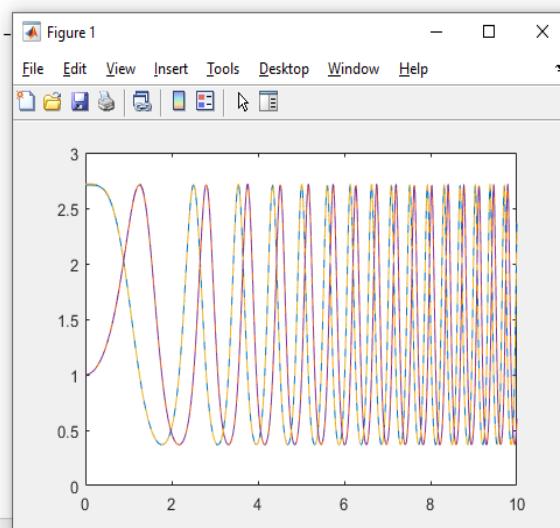
**Bài 1.4.** Tìm nghiệm số chính xác của phương trình vi phân trong Bài toán 1.3. So sánh các kết quả và đánh giá độ chính xác của kết quả mô phỏng.

```
>> t0=out.tout; y1=exp(cos(t0.^2)); y2=exp(sin(t0.^2));
plot(out.tout,out.yout,t0,y1,'--',t0,y2,'--')
el=max(abs(out.yout(:,1)-y1)),el=max(abs(out.yout(:,2))-
```

```
el =
0.0083

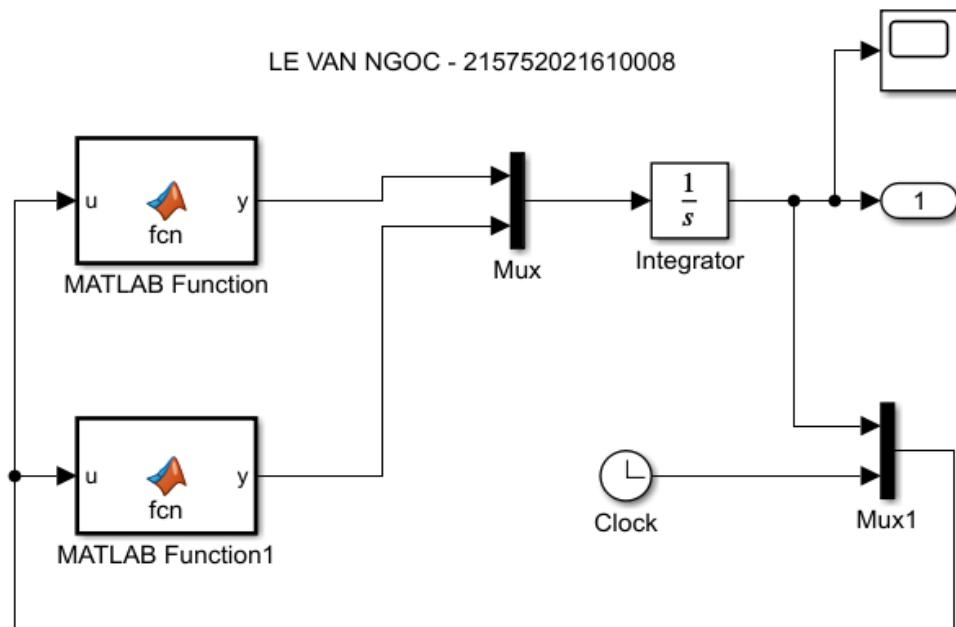
el =
0.0083
```

```
>>
```

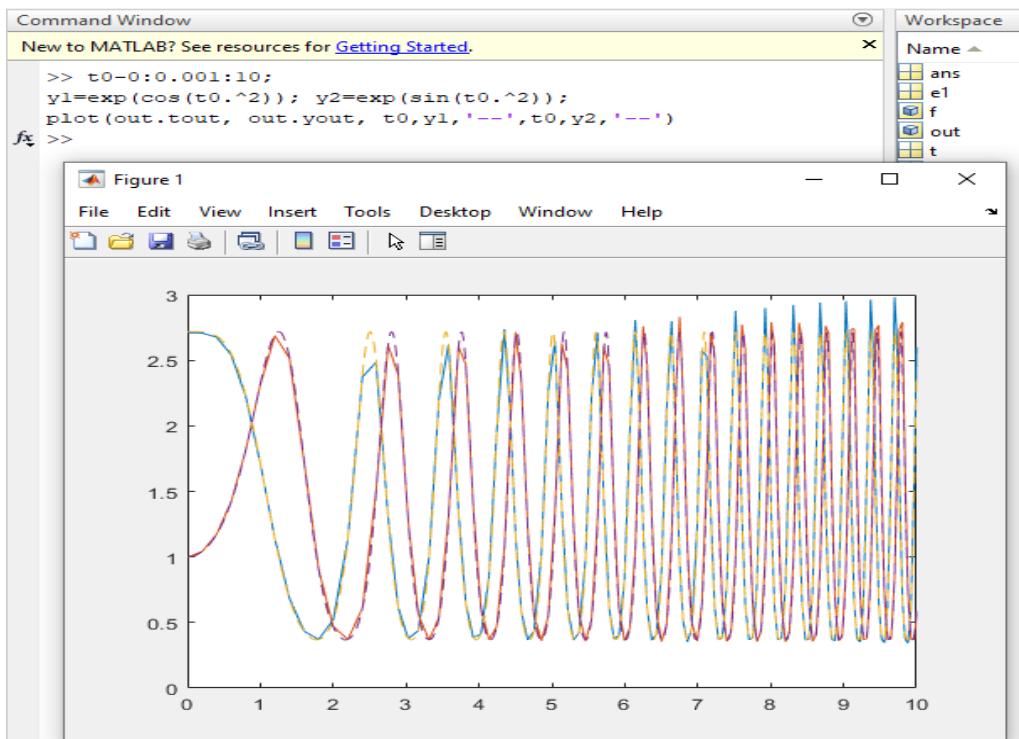


**Bài 1.5.** Giải Bài toán 1.3 bằng phương pháp điều khiển dòng lệnh (the command-line driven method) trên MATLAB. Sau đó, thiết lập mô hình SIMULINK bằng phương pháp vector hoá.

- Mô hình trên SIMULINK như sau



Thực hiện đoạn lệnh sau trên giao diện Command Window của MATLAB ta có kết quả như các giải pháp trước:



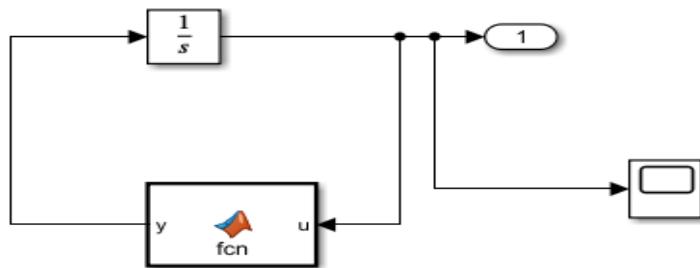
**Bài 1.6.** Thiết lập mô hình SIMULINK cho phương trình vi phân Lorenz sau:

$$\begin{cases} x'_1(t) = -\beta x_1(t) + x_2(t)x_3(t), \\ x'_2(t) = -\rho x_2(t) + \rho x_3(t), \\ x'_3(t) = -x_1(t)x_2(t) + \sigma x_2(t) - x_3(t), \end{cases}$$

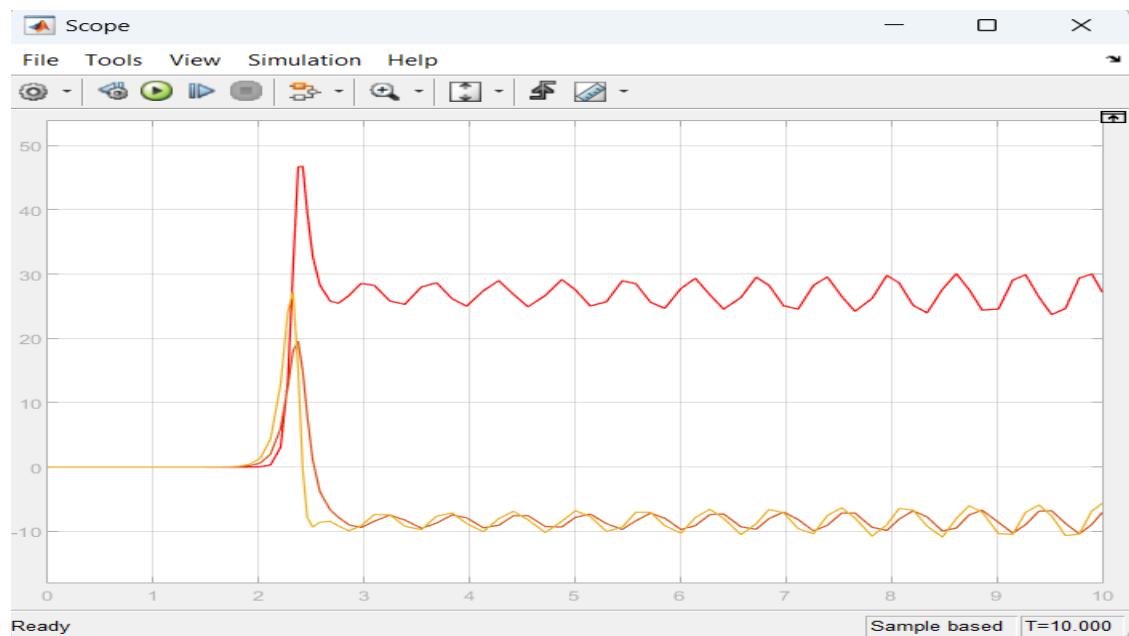
trong đó  $\beta = 8/3$ ,  $\rho = 10$ ,  $\sigma = 28$  và các giá trị ban đầu là  $x_1(0) = x_2(0) = 0$ ,  $x_3(0) = \epsilon$ , với  $\epsilon$  giá trị nhỏ (ví dụ,  $\epsilon = 10^{10}$ ).

- Sử dụng khối mathlab funtion để mô hình hóa:

LE VAN NGOC - 215752021610008

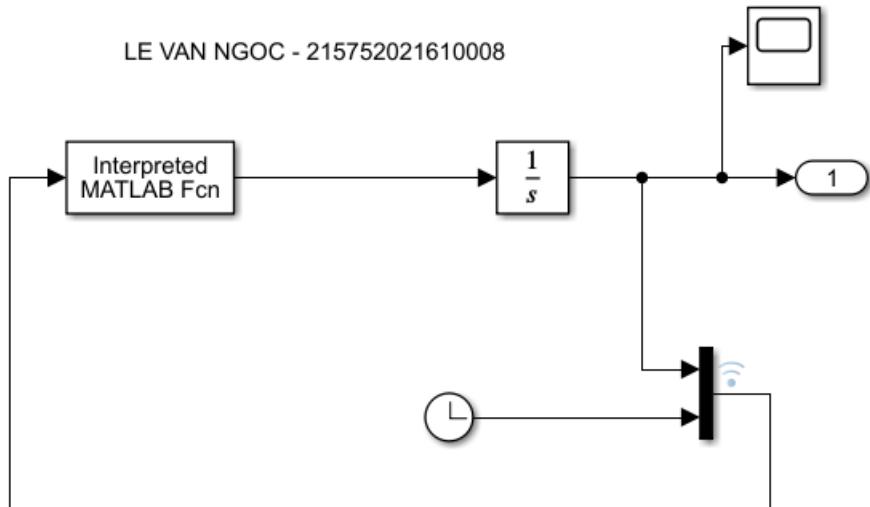


- Kết quả mô phỏng như sau:

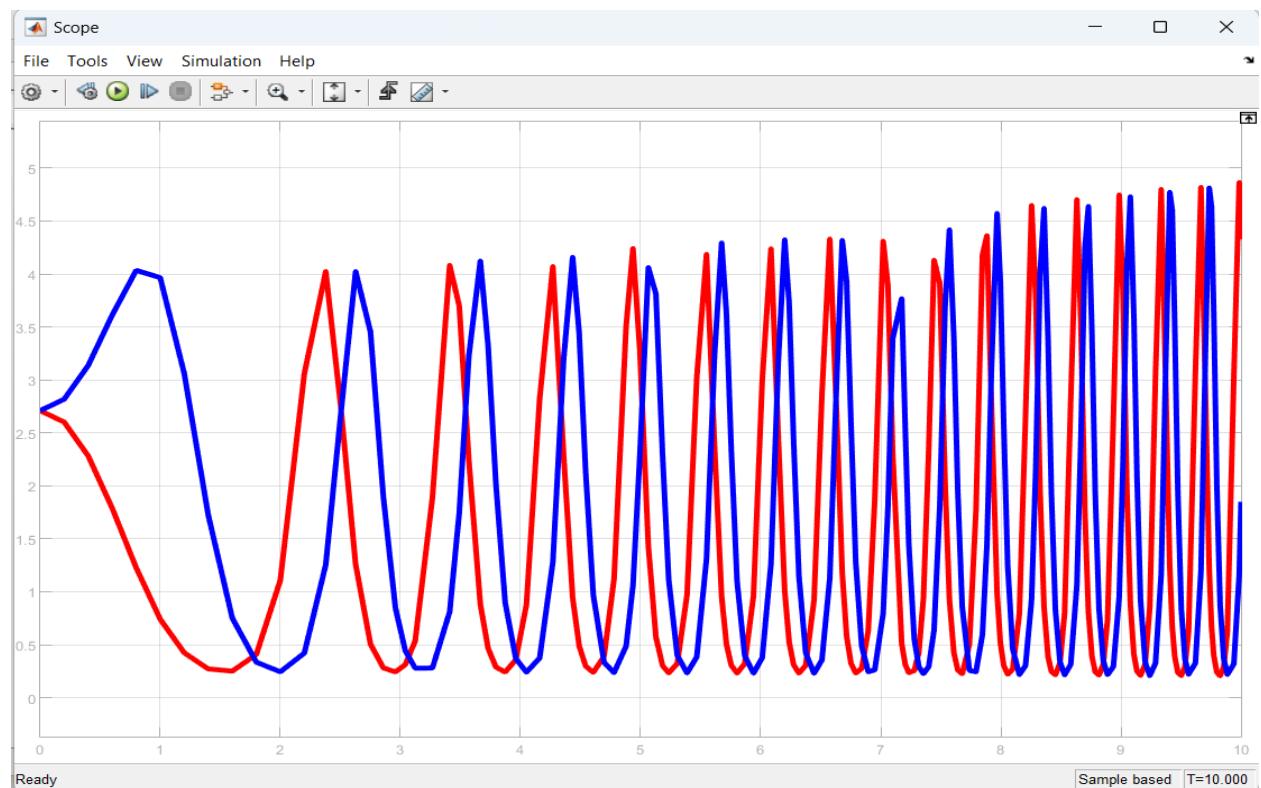


Bài 1.7. Thực hiện lại Bài toán 1.3, sử dụng các khối hàm.

- Mô hình trên simulink:



- Kết quả mô phỏng như sau:

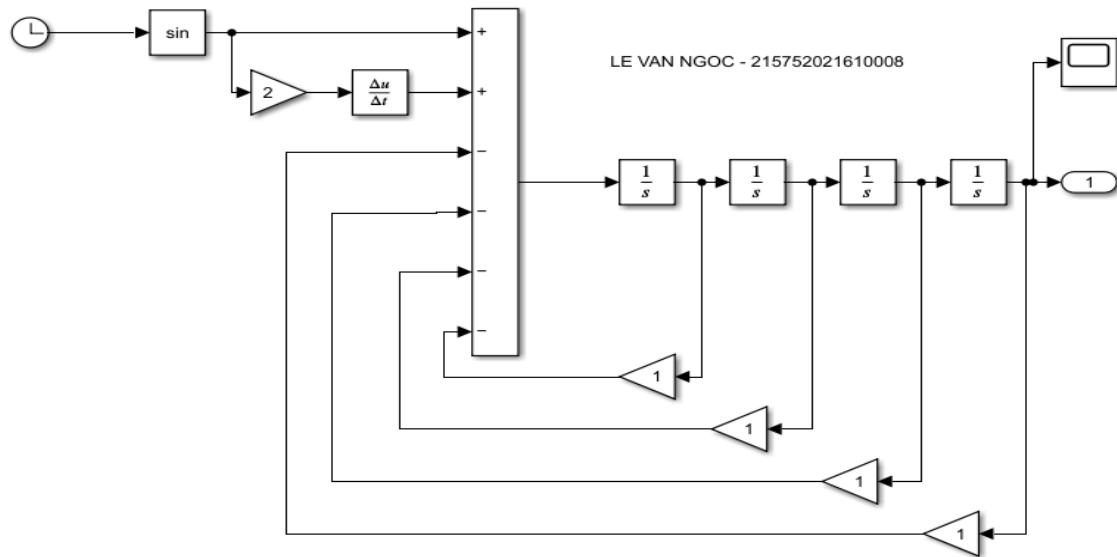


**Bài 1.8.** giải phương trình vi phân tuyến tính bất biến theo thời gian như sau:

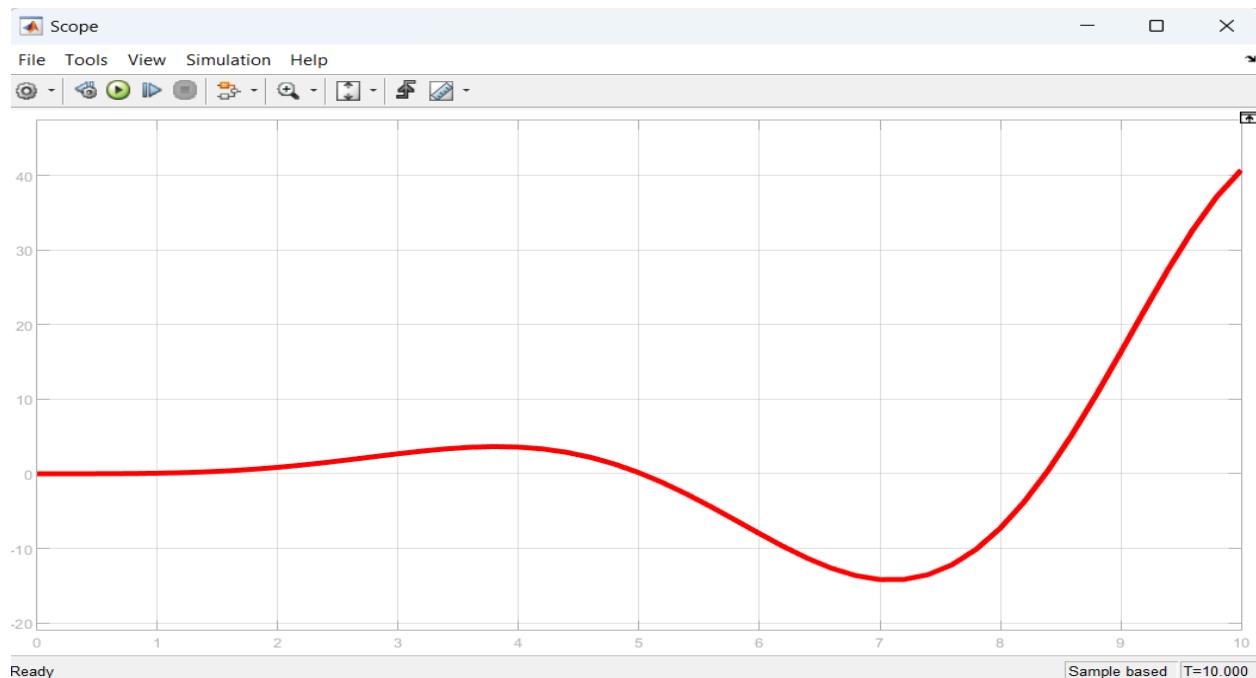
$$y^{(4)}(t) + 5y'''(t) + 9y''(t) + 7y'(t) + 2y(t) = u'(t) + 2u(t),$$

với  $u(t) = \sin t$ ,  $y(0) = 1$ ,  $y'(0) = y''(0) = y'''(0) = 0$ .

- Mô hình trên simulink:

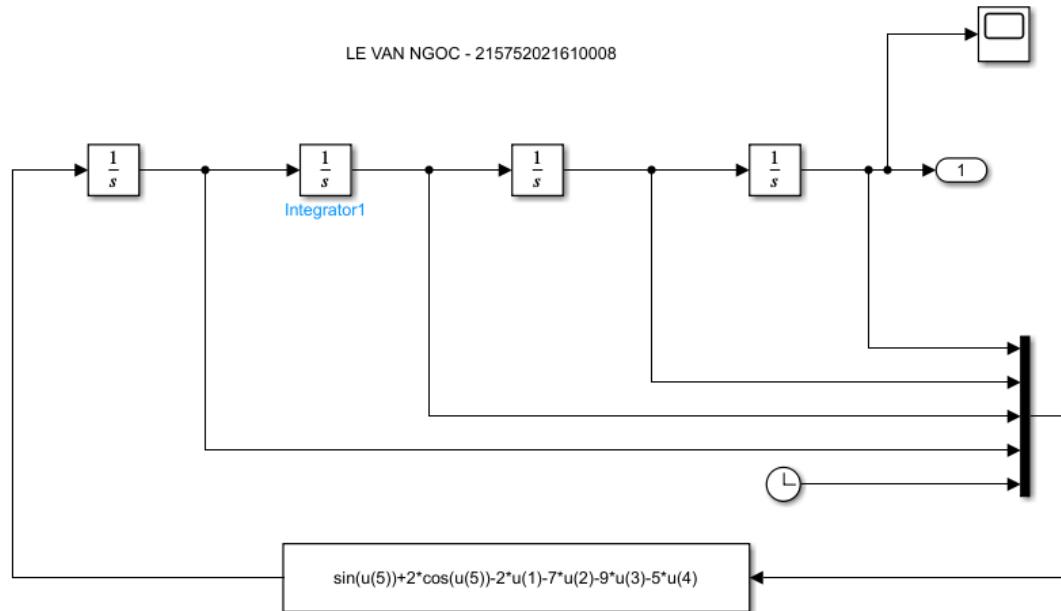


- Kết quả mô phỏng:

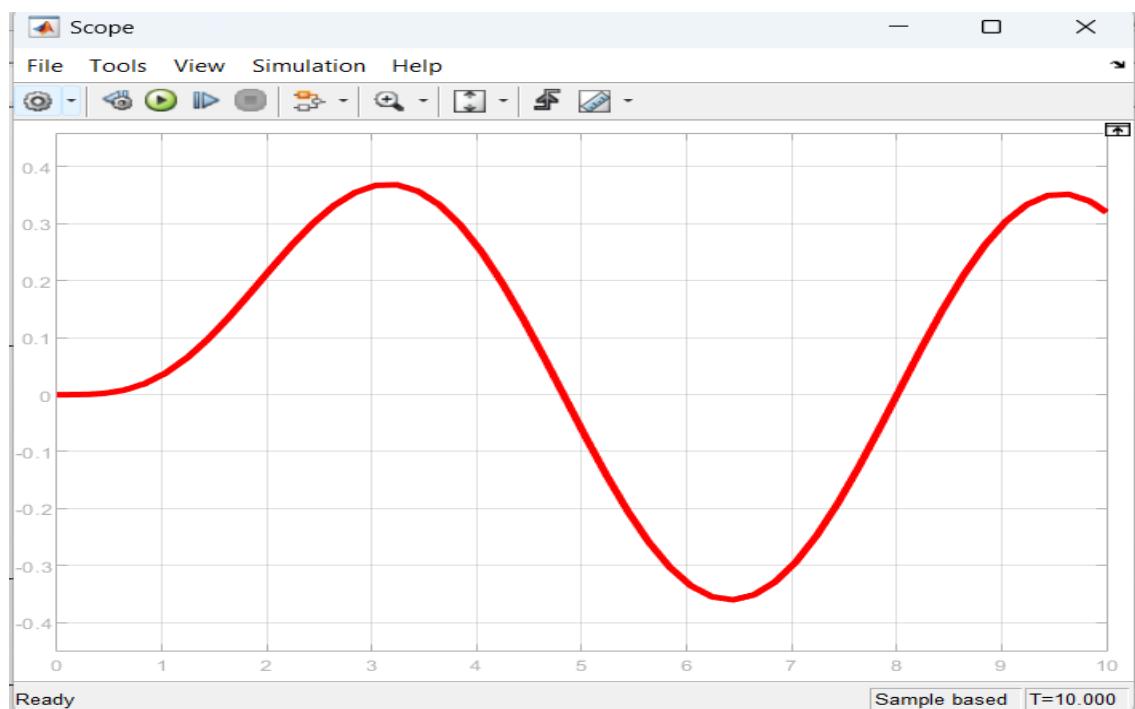


**Bài toán 1.9:** sử dụng phương pháp vector hoá ở mục 1.3.5 để giải Bài toán 1.8.

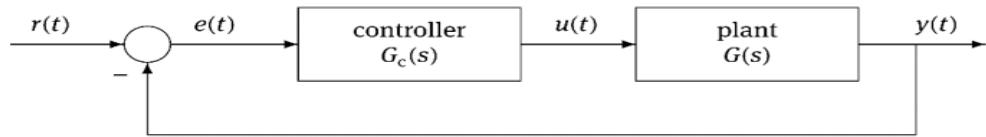
- Mô hình trên simulink:



- Kết quả mô phỏng:



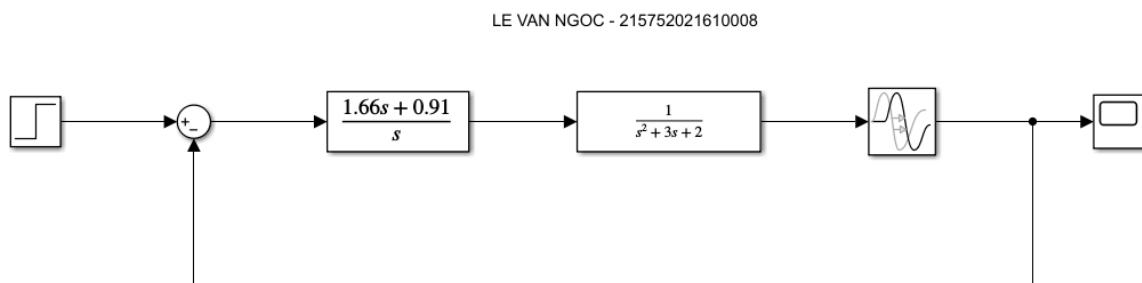
**Bài 1.10.** Một hệ thống điều khiển phản hồi điều hình được biểu thị như sau:



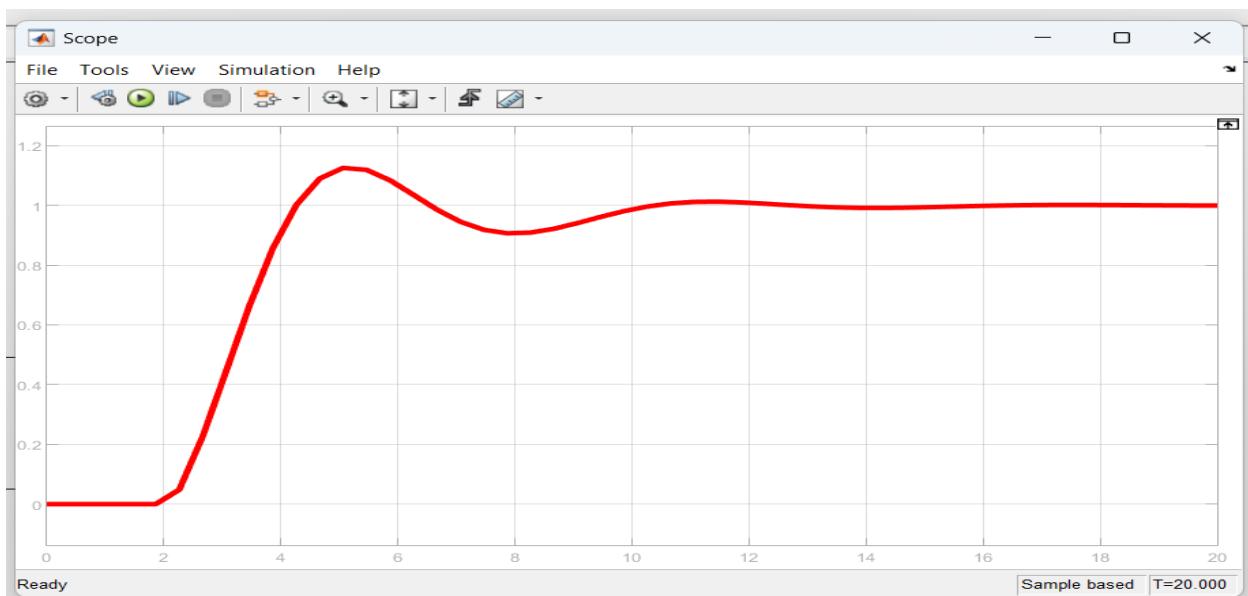
Trong đó:

$$G(s) = \frac{e^{-s}}{(s+1)(s+2)} = \frac{e^{-s}}{s^2 + 3s + 2}, \quad G_c(s) = 1.66 + \frac{0.91}{s}$$

Thiết lập trên simulink như sau:



Kết quả mô phỏng như sau:

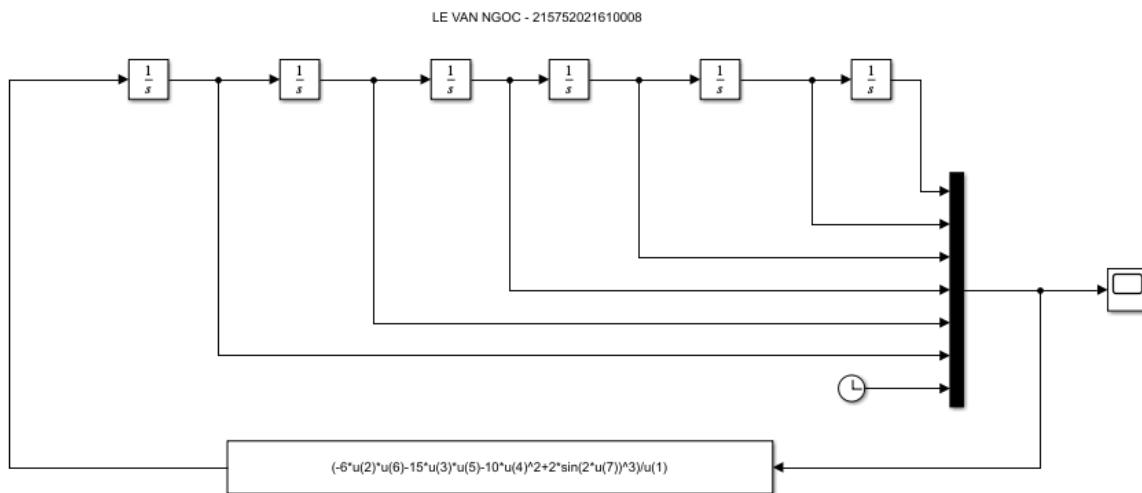


**Bài 1.11.** cho phương trình ODE bậc cao không tuyến tính:

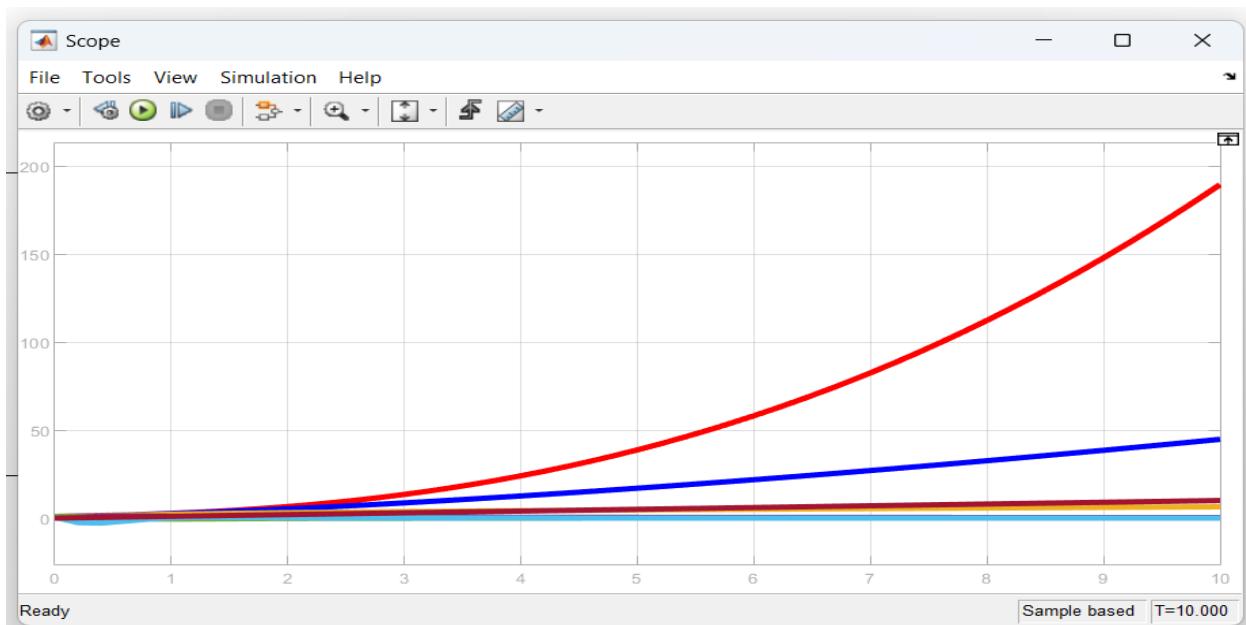
$$y(t)y^{(6)}(t) + 6y'(t)y^{(5)}(t) + 15y''(t)y^{(4)}(t) + 10(y'''(t))^2 = a \sin^m \lambda t.$$

Nếu  $a=3$ ,  $m=3$ ,  $\lambda=2$ ,  $y(0)=1$ ,  $y^{(i)}(0)=0$ ,  $i=1,2,\dots,5$ , hãy thiết lập mô hình SIMULINK và vẽ đường cong các biến.

Thiết lập mô hình trên simulink:



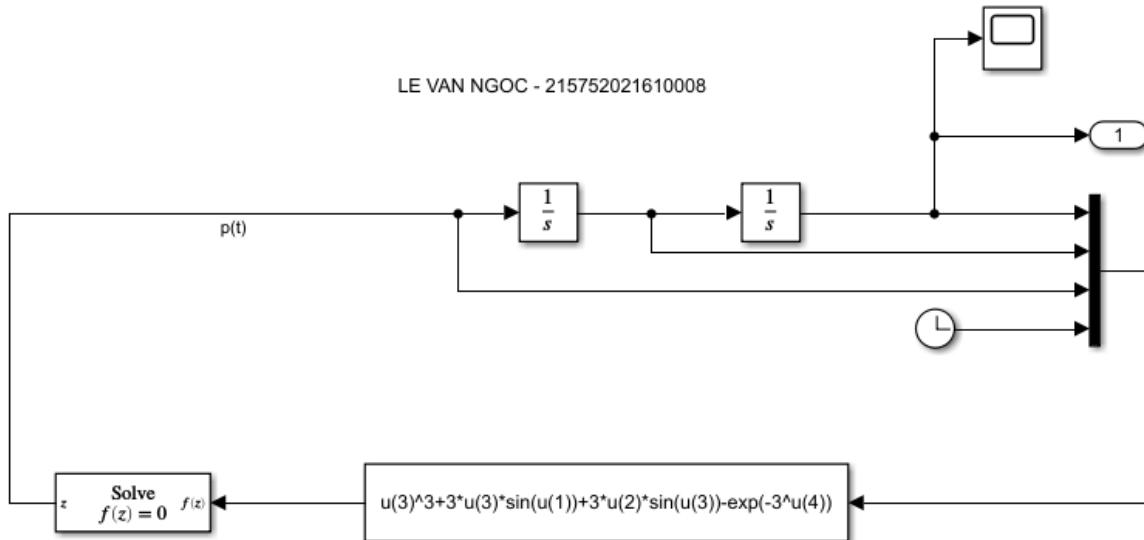
Kết quả chạy mô phỏng 10s:



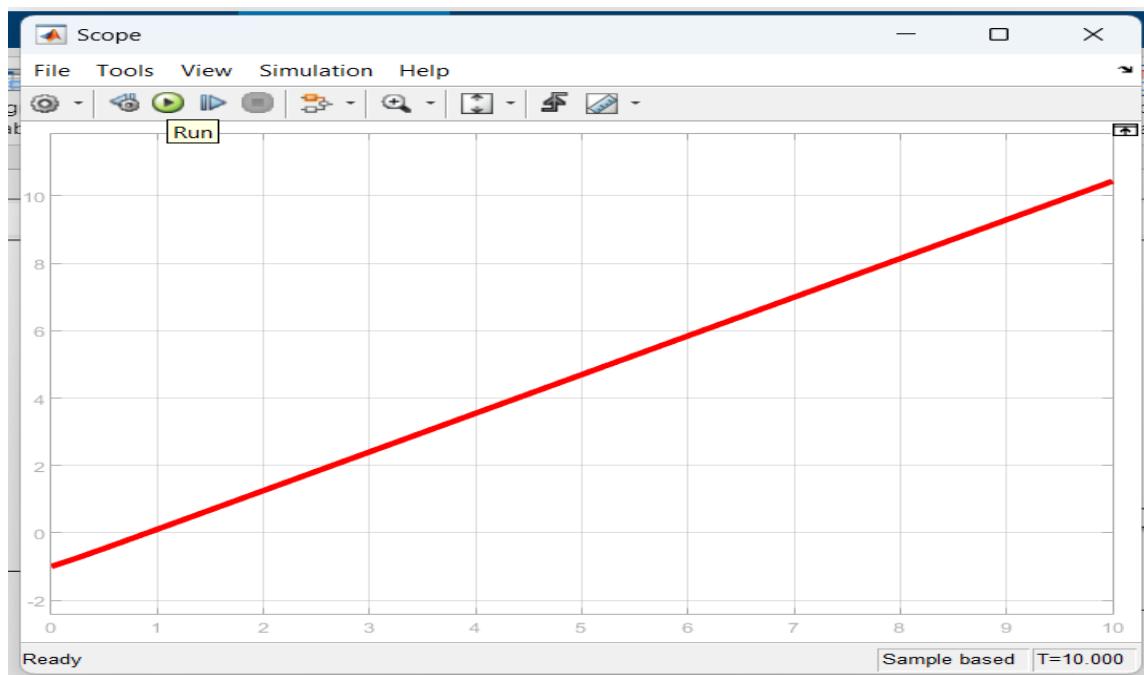
**Bài 1.12.** giải phương trình vi phân ẩn sau đây:

$$(y''(t))^3 + 3y''(t) \sin y(t) + 3y'(t) \sin y''(t) = e^{-3t}, \quad y(0) = 1, \quad y'(0) = -1.$$

Mô hình trên simulink:



Kết quả mô phỏng:

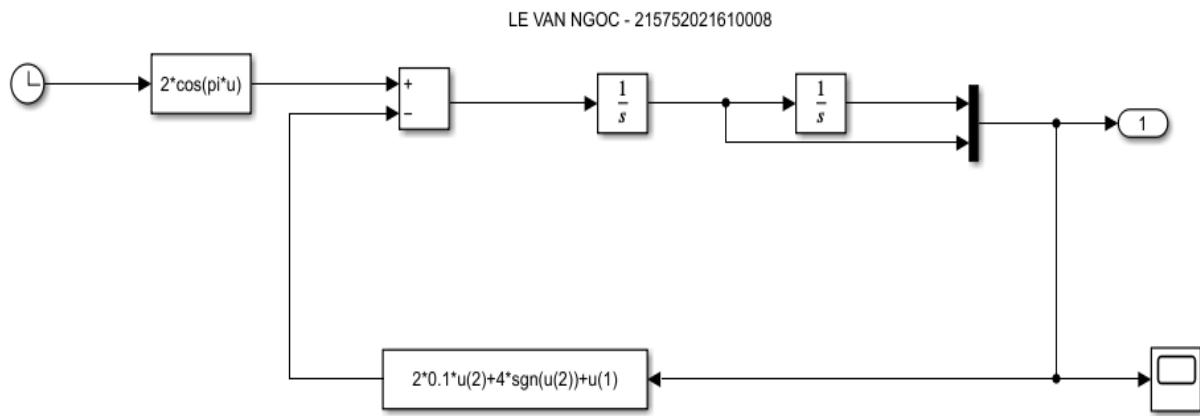


**Bài 1.13.** Mô hình hoá ODE không liên tục sau đây:

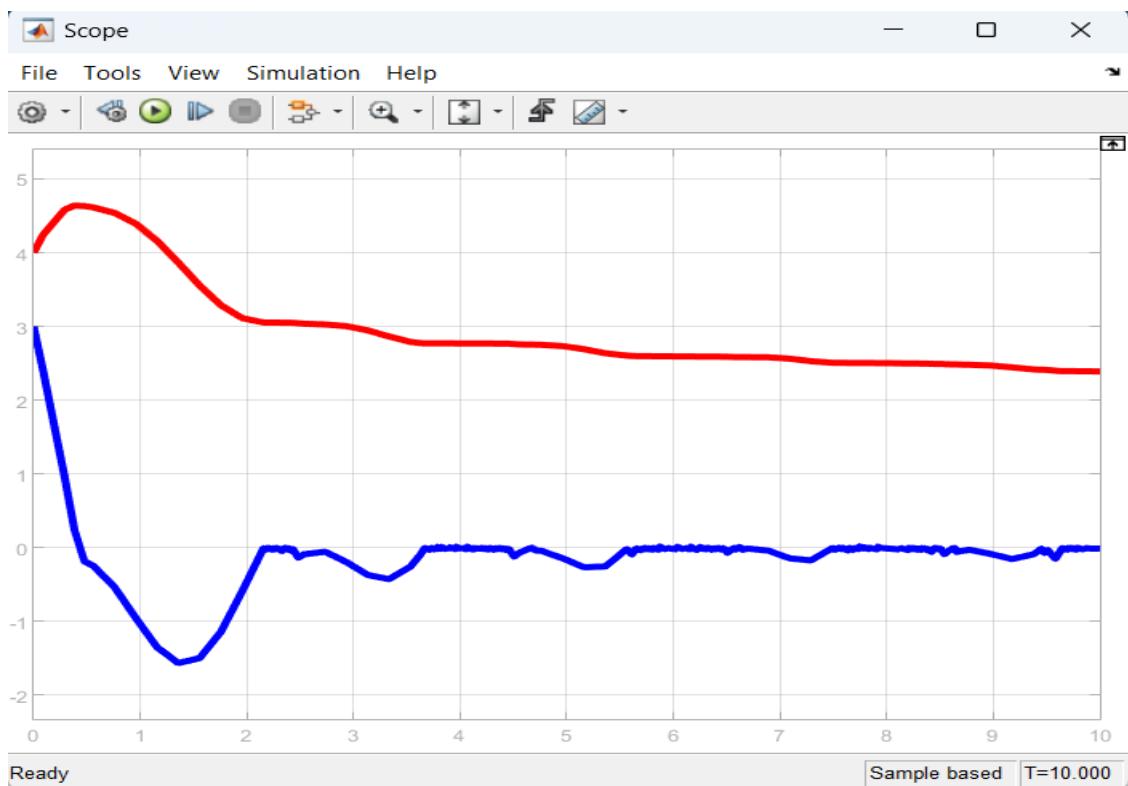
$$y''(t) + 2Dy'(t) + \mu \operatorname{sign}(y'(t)) + y(t) = A \cos \omega t,$$

với  $D = 0.1$ ,  $\mu = 4$ ,  $A = 2$ ,  $\omega = \pi$ , các giá trị khởi tạo  $y(0) = 3$ ,  $y'(0) = 4$ .

Mô hình trên simulink:



Kết quả mô phỏng:



**Bài 1.14.** toạ độ vị trí  $(x, y)$  của phi thuyền Apollo được mô tả bằng hệ phương trình vi phân sau:

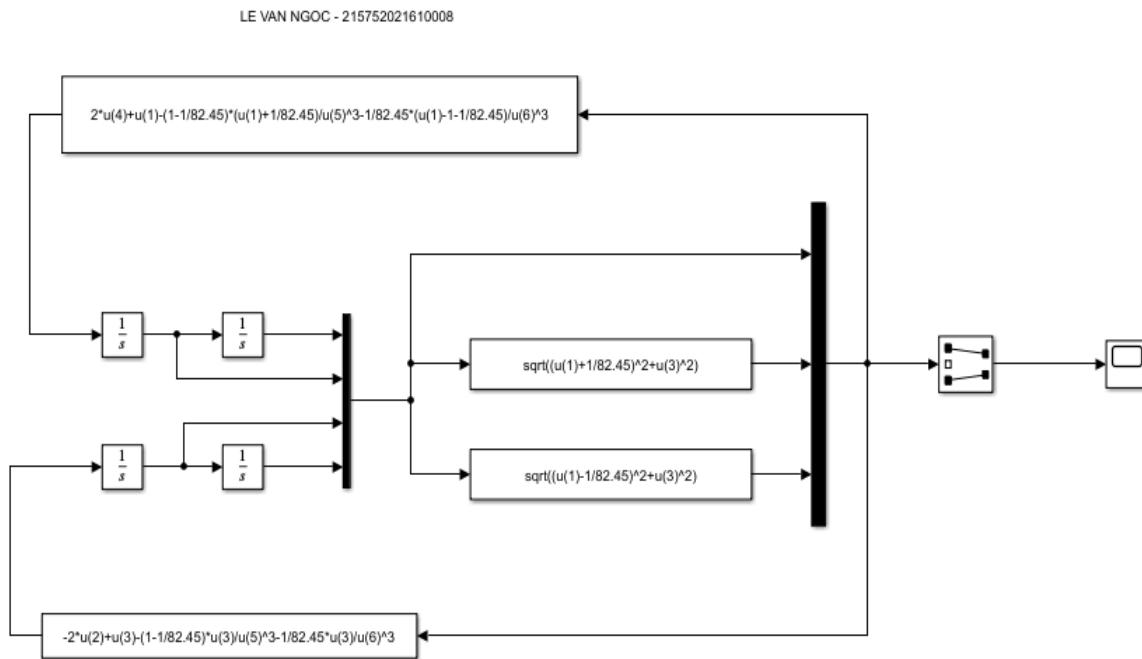
$$\begin{cases} x''(t) = 2y'(t) + x(t) - \mu^*(x(t) + \mu)/r_1^3(t) - \mu(x(t) - \mu^*)/r_2^3(t), \\ y''(t) = -2x'(t) + y(t) - \mu^*y(t)/r_1^3(t) - \mu y/r_2^3(t), \end{cases}$$

với  $\mu = 1/82.45$ ,  $\mu^* = 1 - \mu$  và:

$$r_1(t) = \sqrt{(x(t) + \mu)^2 + y^2(t)}, \quad r_2(t) = \sqrt{(x(t) - \mu^*)^2 + y^2(t)}.$$

Các giá trị khởi tạo:  $x(0)=1.2$ ,  $x'(0)=0$ ,  $y(0)=0$ ,  $y'(0)=-1.04935751$ . Giải hệ phương trình trên và vẽ quỹ đạo  $(x, y)$  của phi thuyền Apollo.

Thiết lập mô hình trên simulink:



Trên giao diện Command Window của MATLAB, thực hiện lệnh sau để vẽ quỹ đạo  $(x,y)$  của phi thuyền Apollo: `>> plot(yout(:,1),yout(:,2))`

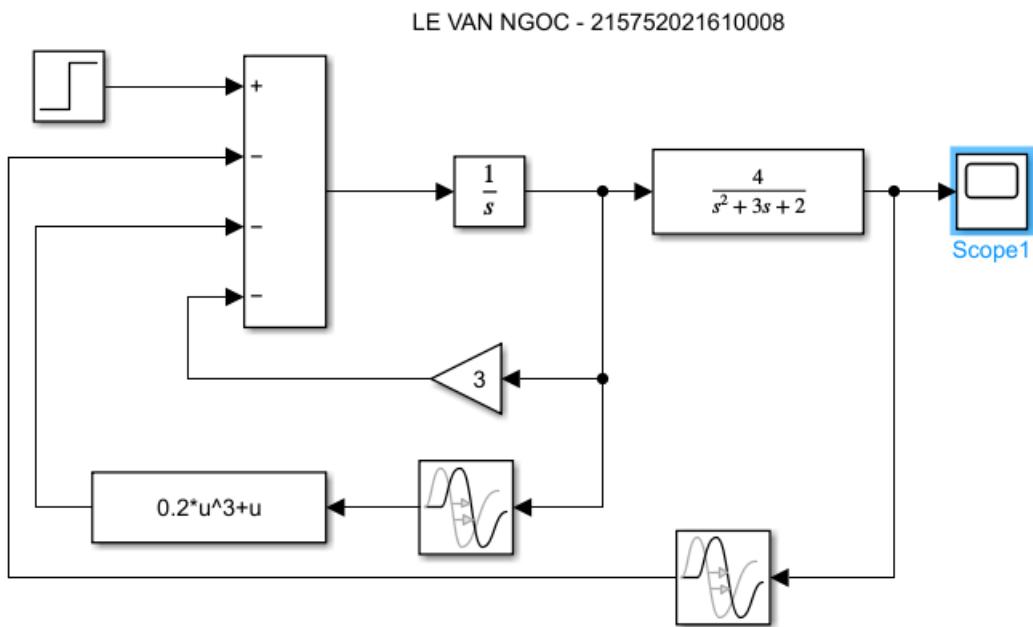
Kết quả mô phỏng:

**Bài 1.15.** Giải hệ phương trình vi phân có trễ sau:

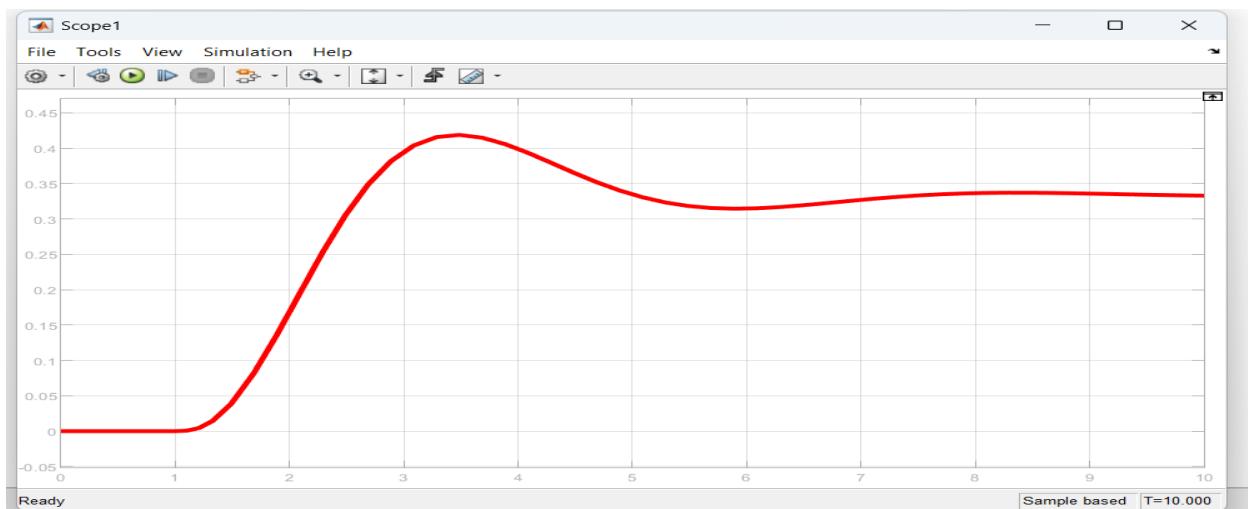
$$\begin{cases} x'(t) = 1 - 3x(t) - y(t-1) - 0.2x^3(t-0.5) - x(t-0.5), \\ y''(t) + 3y'(t) + 2y(t) = 4x(t), \end{cases}$$

với khi  $t \leq 0$ , thì  $x(t) = y(t) = y'(t) = 0$ .

Mô hình hóa trên simulink:



Kết quả mô phỏng:



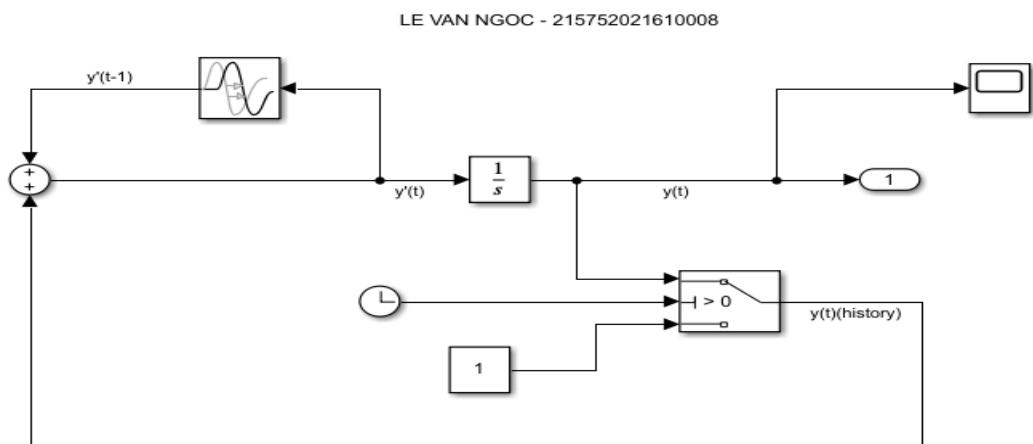
**Bài toán 1.17:** giải hệ phương trình vi phân có trễ sau:

$$y'(t) = y(t) + y'(t-1),$$

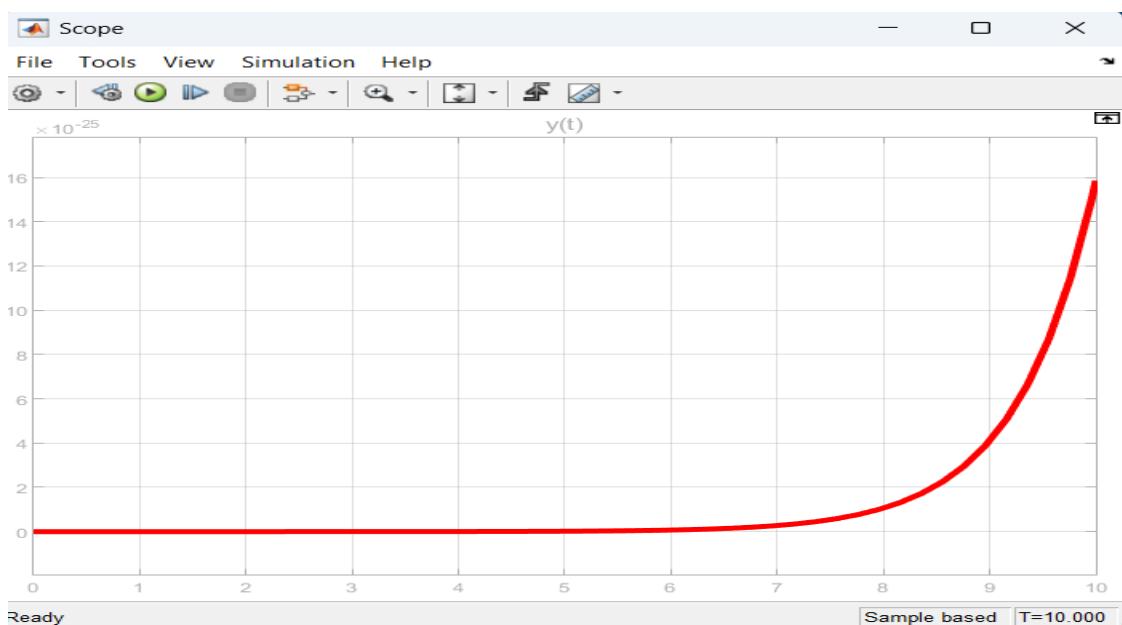
với khi  $t \leq 0$ ,  $y(t) = 1$  and  $t \in (0, 3)$  và:

$$y(t) = \begin{cases} e^t, & 0 \leq t \leq 1, \\ e^t + (t-1)e^{t-1}, & 1 < t < 2, \\ e^t + e^{t-1} + (t-2)(t+2e)e^{t-2}/2, & 2 \leq t \leq 3. \end{cases}$$

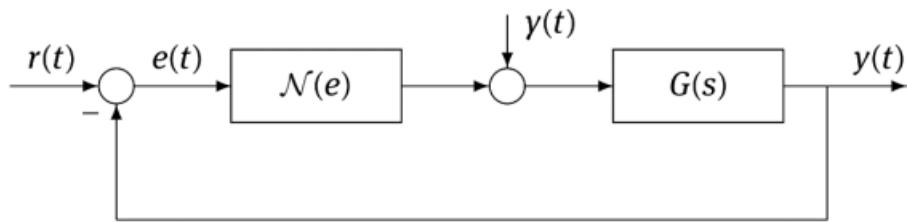
Mô hình hóa trên simulink:



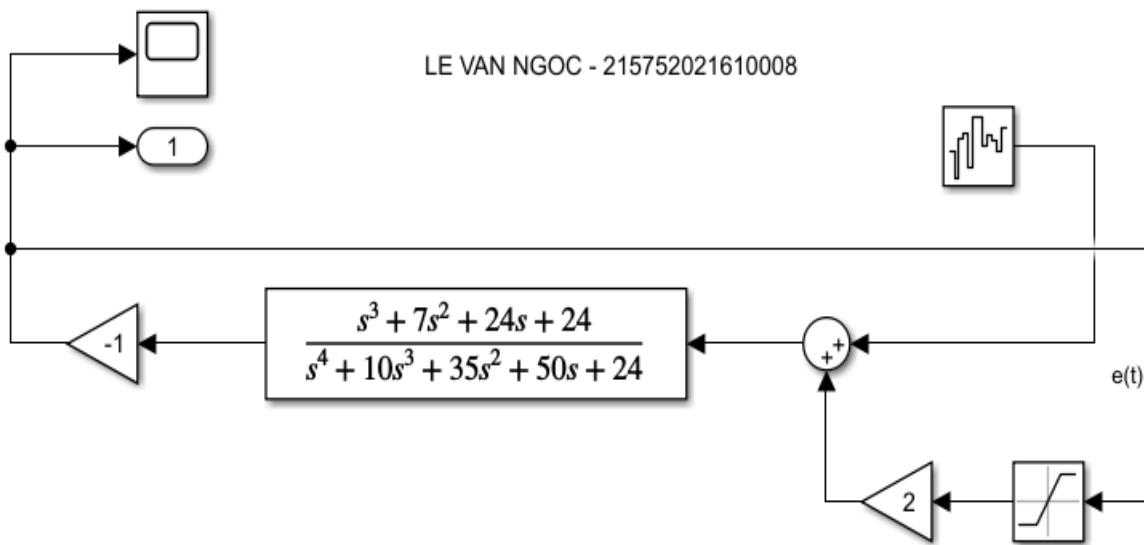
Kết quả mô phỏng:



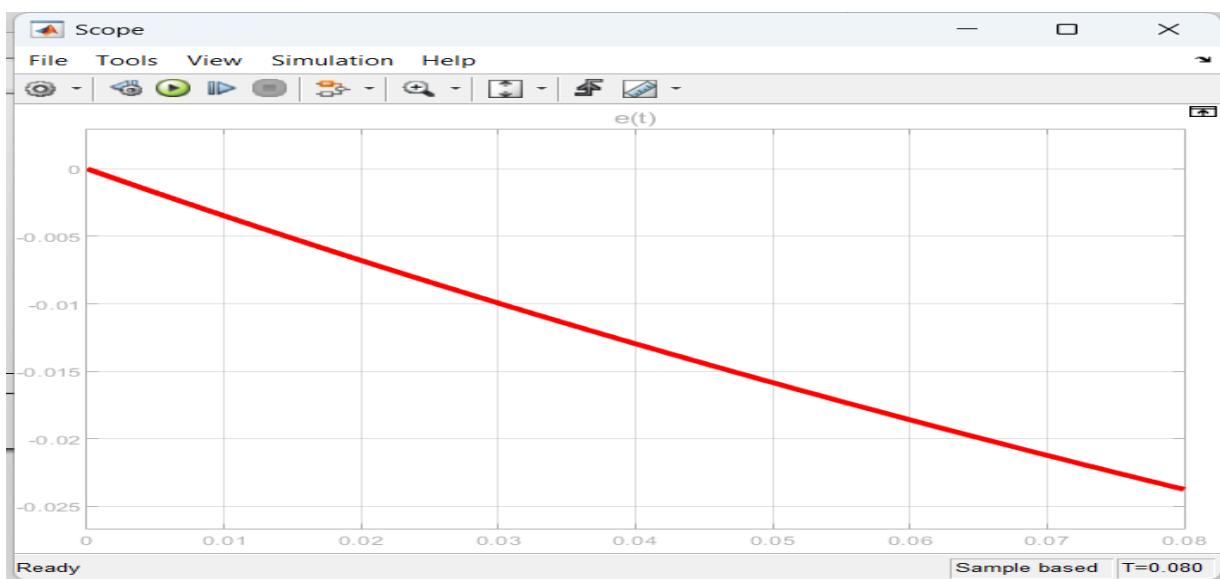
**Bài toán 1.19:** hệ thống điều khiển phản hồi không tuyến tính như sau:



Mô hình hóa trên simulink:



Kết quả mô phỏng:



## CÂU HỎI THỰC HÀNH

- Tìm hiểu về Partial Differential Equation Toolbox

Partial Differential Equation Toolbox là một công cụ mở rộng trong MATLAB được thiết kế để giúp người dùng giải quyết các bài toán phương trình vi phân đạo hàm riêng (Partial Differential Equations - PDEs). Toolbox này cung cấp các hàm, công cụ và tính năng để giải quyết và phân tích các bài toán PDEs, từ việc xác định và mô hình hóa đến việc giải quyết và hiển thị kết quả.

Một số tính năng chính của Partial Differential Equation Toolbox:

- Phân tích và mô hình hóa PDEs: Toolbox cung cấp các công cụ để xác định và mô hình hóa các bài toán PDEs từ các ứng dụng thực tế.
- Giải quyết PDEs: Toolbox cung cấp các phương pháp và hàm để giải quyết các bài toán PDEs, bao gồm các phương pháp số học như phương pháp Finite Element và phương pháp Finite Difference.
- Hiệu suất và tối ưu hóa: Partial Differential Equation Toolbox tối ưu hóa hiệu suất giải quyết bằng cách sử dụng các thuật toán hiệu quả và tận dụng tính đa luồng của các bài toán PDEs.
- Hiển thị và phân tích kết quả: Sau khi giải quyết, Toolbox cho phép người dùng hiển thị và phân tích kết quả thông qua các biểu đồ và hình vẽ để hiểu rõ hơn về hành vi của các giải pháp.

## BÀI THỰC HÀNH 2. MÔ HÌNH HOÁ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TRÊN MATLAB/SIMULINK

### Bài toán 2.1. Khai báo hàm truyền

```
Editor - D:\DKQT\LE VAN NGOC\Bai2\baitoan2_1.m
ahihi.m x baitoan2_1.m x + 
1 - G1= tf([1 7 24 24],[1 10 35 50 24])
2 - s=tf('s');G2=(s^2+4*s+3)/s^2/(s+4)/(s+1)^2+3)

Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.
>> baitoan2_1
G1 =
    s^3 + 7 s^2 + 24 s + 24
    -----
    s^4 + 10 s^3 + 35 s^2 + 50 s + 24
Continuous-time transfer function.

G2 =
    s^2 + 4 s + 3
    -----
    s^5 + 6 s^4 + 12 s^3 + 16 s^2
Continuous-time transfer function.

fx >>
```

### Bài toán 2.2. Hãy khai báo trên MATLAB quá trình có mô hình trạng thái như sau

```
Editor - D:\DKQT\LE VAN NGOC\Bai2\baitoan2_2.m
ahihi.m x baitoan2_1.m x 2.3.1.m x baitoan2_2.m x + 
1 - A = [-12, -17.2, -16.8, -11.9; 6, 8.6, 8.4, 6; 6, 8.7, 8.4, 6; -5.9, -8.6, -8.3, -6];
2 - B = [1.5, 0.2; 1.0, 0.3; 2.1, 0.0; 0.0, 0.5];
3 - C = [2, 0.5, 0.0, 0.8; 0.3, 0.3, 0.2, 1];
4 - D = zeros(2, 2);
5 - G = ss(A, B, C, D);
6 - G = ss(G);
7 - [A,B,C,D]=ssdata(G1)
8 - G=tf(G1)

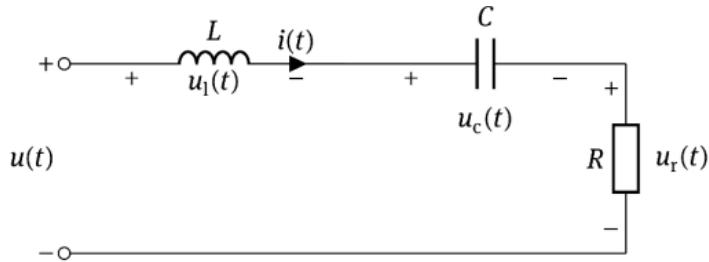
Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.
C =
    0.5000    0.4375    0.7500    0.7500

D =
    0

G =
    s^3 + 7 s^2 + 24 s + 24
    -----
    s^4 + 10 s^3 + 35 s^2 + 50 s + 24
Continuous-time transfer function.

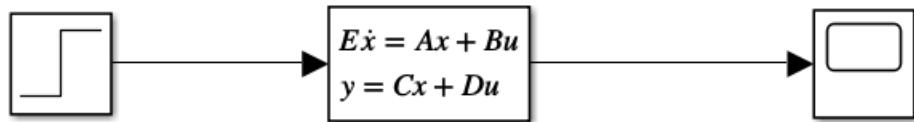
fx >>
```

**Bài toán 2.3.** Xét mạch điện trở, tụ điện và cuộn cảm như trong hình sau:



Trên simulink ta thực hiện như sau:

LE VAN NGOC - 215752021610008



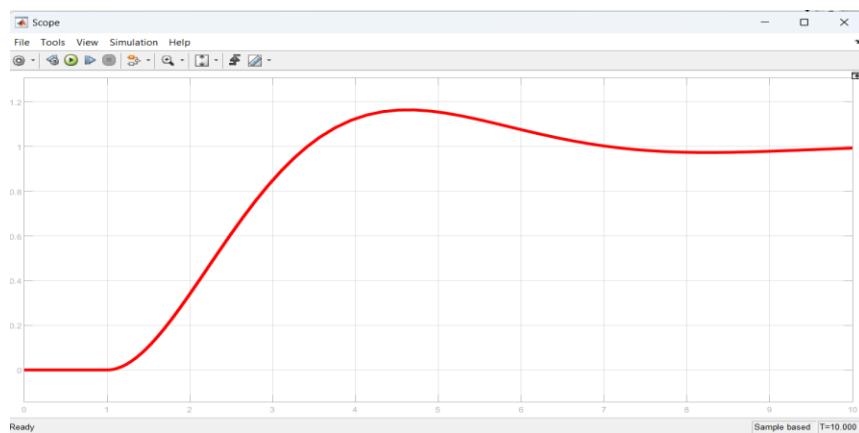
Khai báo các ma trận E,A,B,C,D như sau:

```

E:
[1,0,0; 0,1,0; 0,0,0; 0,0,0];
A:
[0,1,0,0; 1,0,0,0; -1,0,0,1; 0,1,1,1];
B:
[0;0;0;-1]
C:
[0,0,1,0]
D:
0
Initial conditions:
0.0

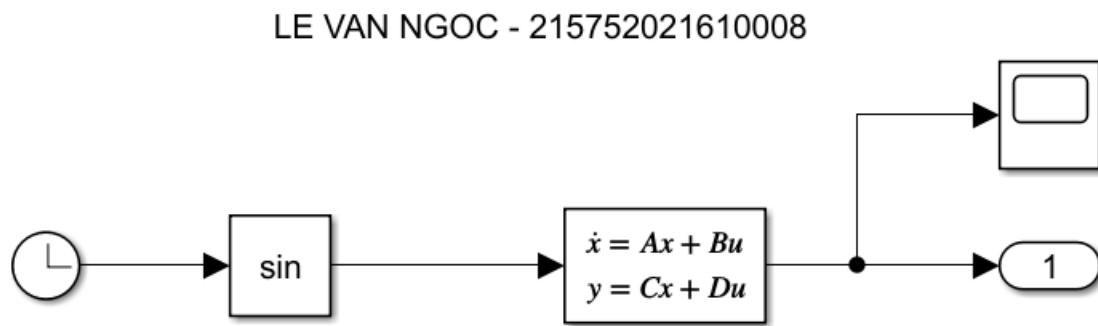
```

Ta có đáp ứng của mạch:

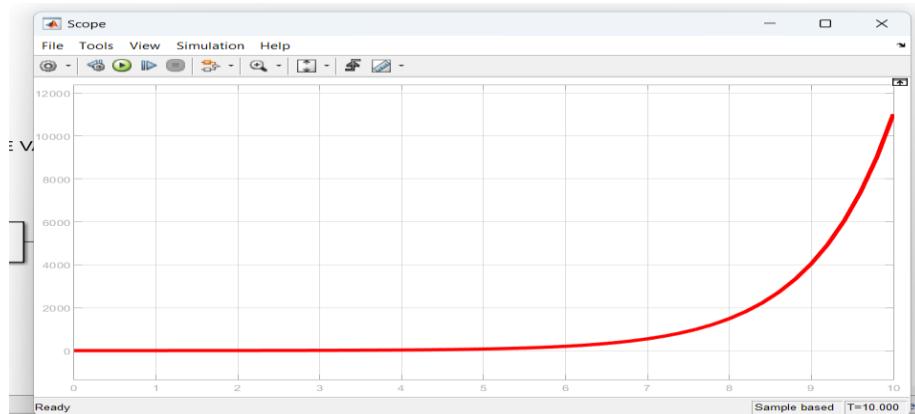


**Bài toán 2.4.** xây dựng lại mô hình SIMULINK cho Bài toán 1.8 ở Bài thực hành số 1, sử dụng mô hình hàm truyền với điều kiện ban đầu khác không.

Thiết lập mô hình simulink:



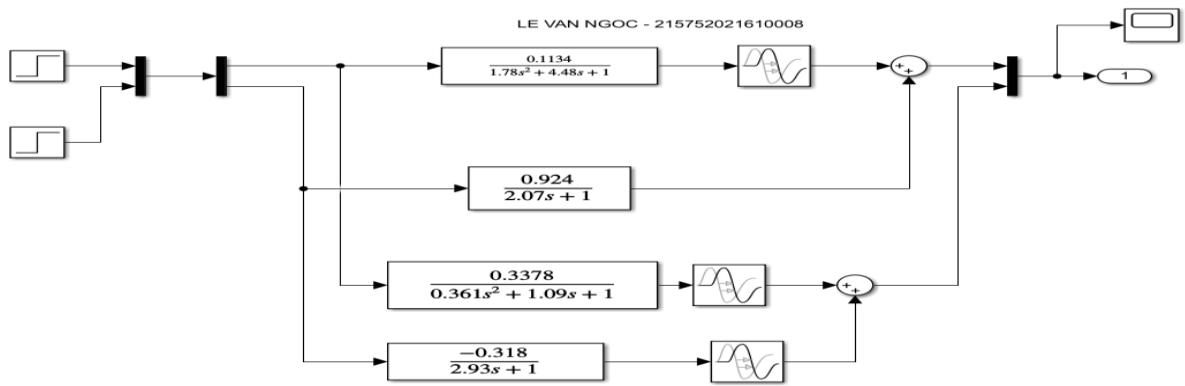
Kết quả mô phỏng:



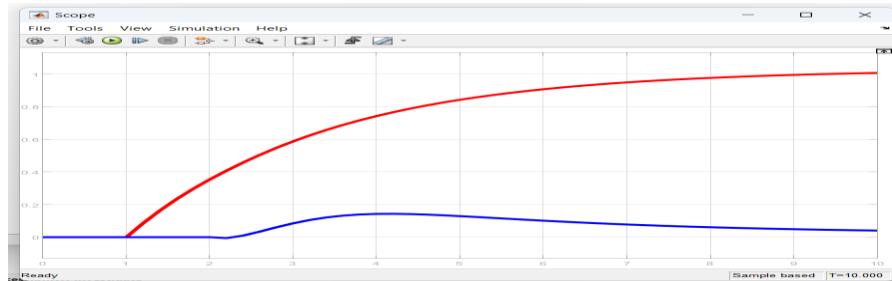
**Bài toán 2.5.** mô hình hoá trên SIMULINK hàm truyền có dạng ma trận như sau:

$$G(s) = \begin{bmatrix} \frac{0.1134e^{-0.72s}}{1.78s^2 + 4.48s + 1} & \frac{0.924}{2.07s + 1} \\ \frac{0.3378e^{-0.3s}}{0.361s^2 + 1.09s + 1} & \frac{-0.318e^{-1.29s}}{2.93s + 1} \end{bmatrix}$$

Thiết lập mô hình simulink:



Kết quả mô phỏng đáp ứng của hàm truyền:



Bài toán 2.6: mô hình hoá các hàm truyền

```

Editor - D:\ĐKQT\LE VAN NGOC\Bai2\baitoan2_6.m
ahih.i m x | baitoan2_1.m x | baitoan2_2.m x | baitoan2_6.m x + |
1 - G1=t f([2 1], [1 2.6 2.52 1.08 0.1728], 'Ts', 0.1)
2 - z=t f('z', 0.1); G2=(2*z+1)/(z+0.6)^3/(z+0.8)

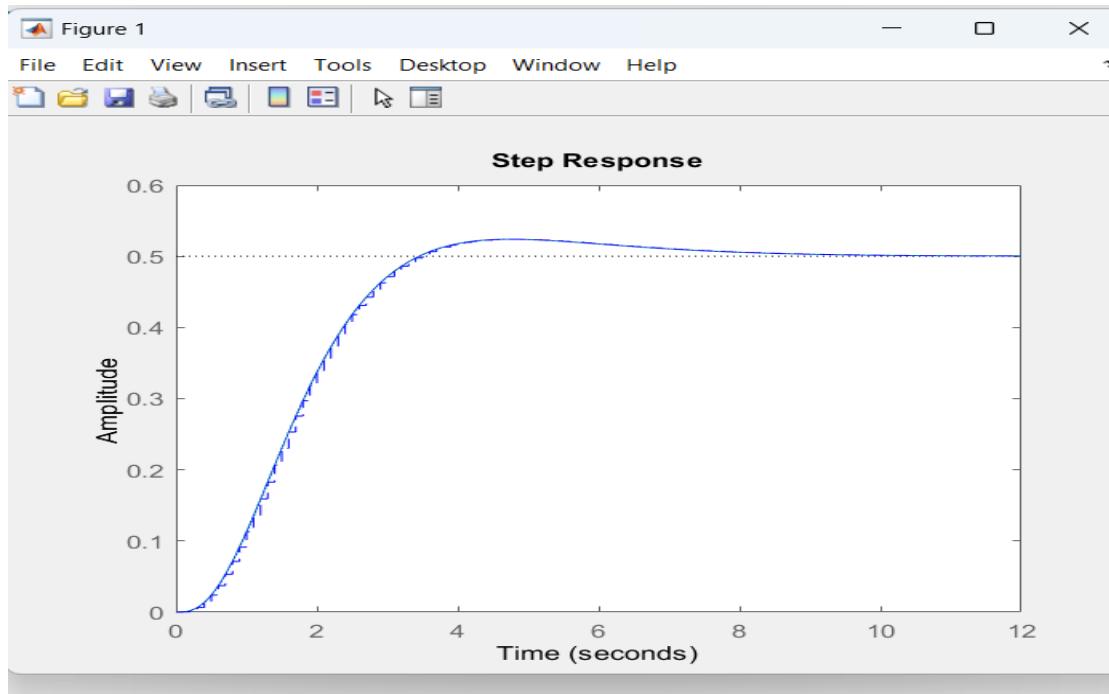
Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.
>> baitoan2_6
G1 =
2 z + 1
-----
z^4 + 2.6 z^3 + 2.52 z^2 + 1.08 z + 0.1728
Sample time: 0.1 seconds
Discrete-time transfer function.

G2 =
2 z + 1
-----
z^4 + 2.6 z^3 + 2.52 z^2 + 1.08 z + 0.1728
Sample time: 0.1 seconds
Discrete-time transfer function.

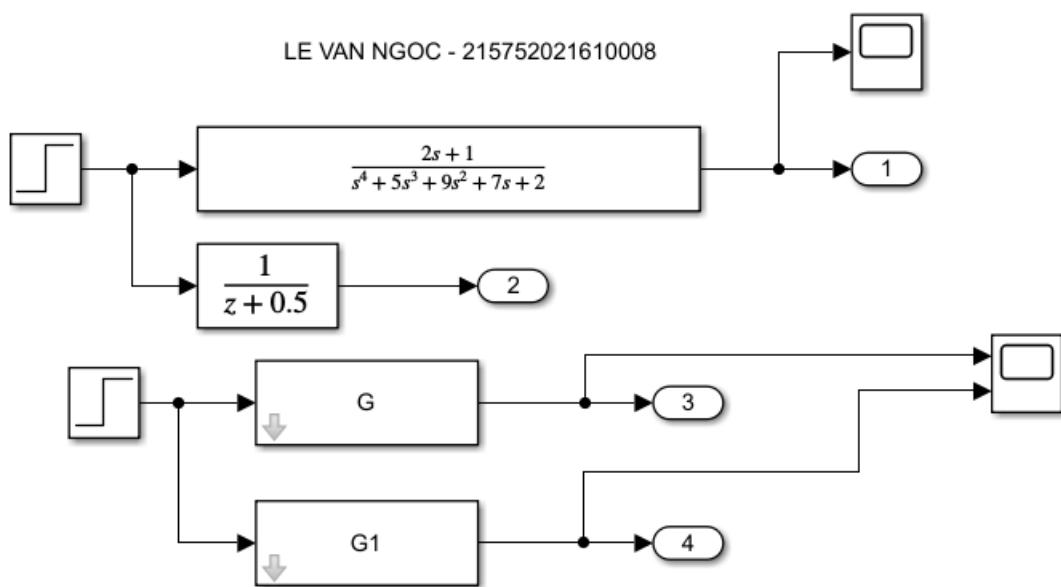
fx >>

```

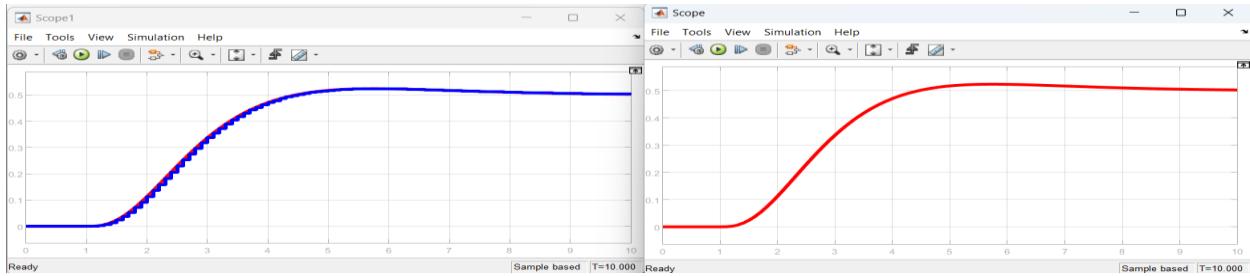
**Bài toán 2.7.** Cho hệ thống ở bài toán 2.4. Hãy rời rạc hoá hệ thống này với các thời gian lấy mẫu khác nhau:  $T=0.1s$ ,  $T=0.01s$ . So sánh đáp ứng bước của các mô hình này:



**Bài toán 2.8.** Mô hình hoá trên simulink:



Kết quả mô phỏng:

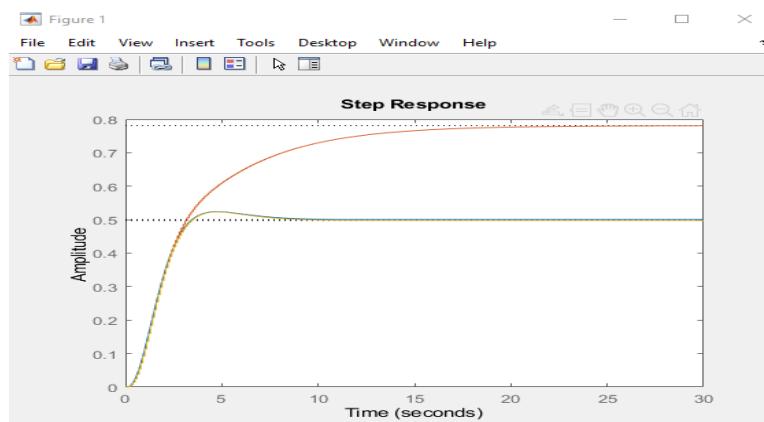


**Bài toán 2.9:** Đổi với hệ thống ở Bài toán 2.7, đặt  $T=0.1$ s, sau đó hãy rời rạc hoá mô hình. Phân tích ảnh hưởng của các thông số điều khiển đến kết quả mô phỏng.

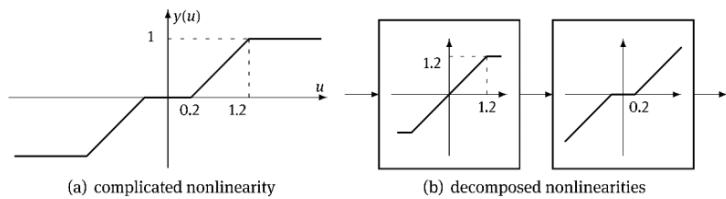
**Bài toán 2.10.** Đổi với hệ thống ở Bài toán 2.7, đặt  $T=0.1$ s, sau đó hãy rời rạc hoá mô hình. Phân tích ảnh hưởng của các tham số rời rạc đến kết quả mô phỏng.

Thực hiện lệnh trên Command Window:

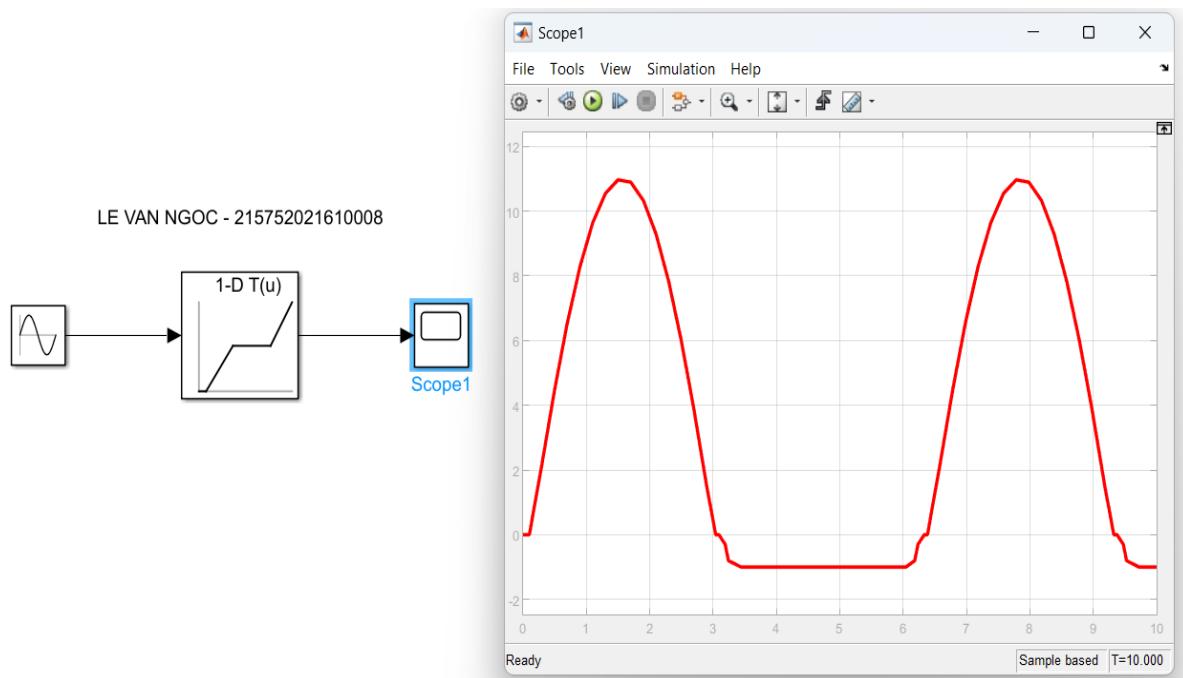
Kết quả mô phỏng nhận được:



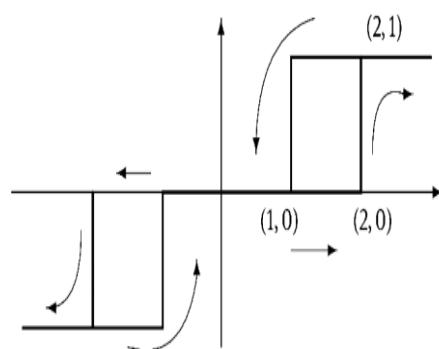
**Bài toán 2.11.** sử dụng khối 1-D Lookup Table để mô tả tính phi tuyến của hệ thống như sau:



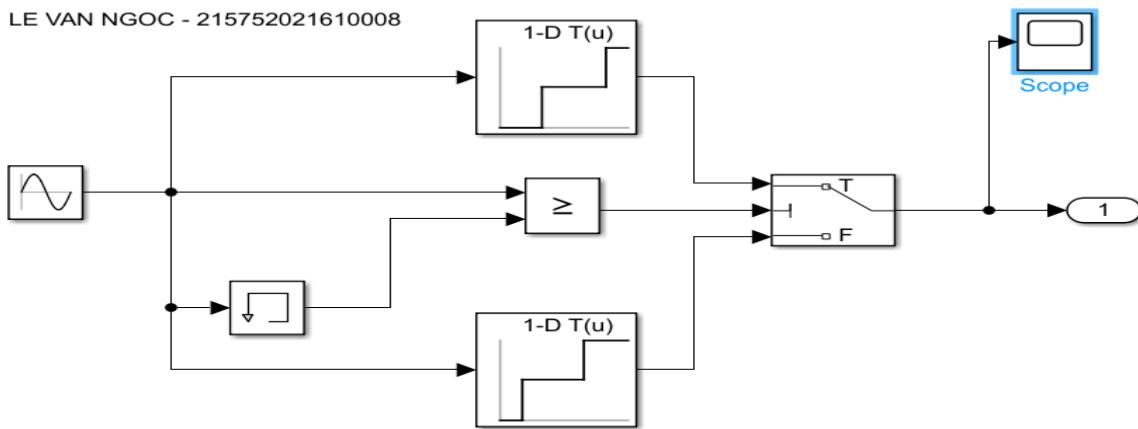
Mô hình trên simulink:



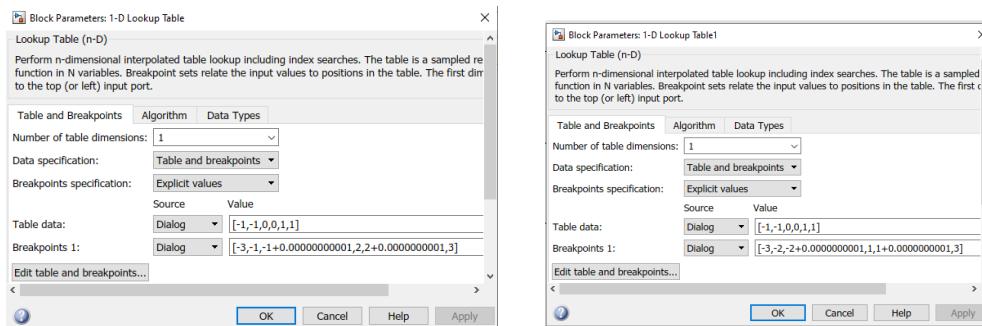
**Bài toán 2.12.** Xây dựng mô hình SIMULINK để mô tả tính phi tuyến có giá trị kép như sau:



## Mô hình simulink:



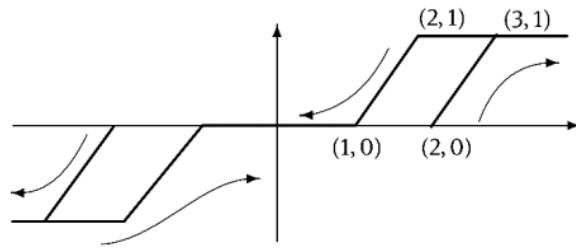
Khai báo thông số trong khối 1-D Lookup Table:



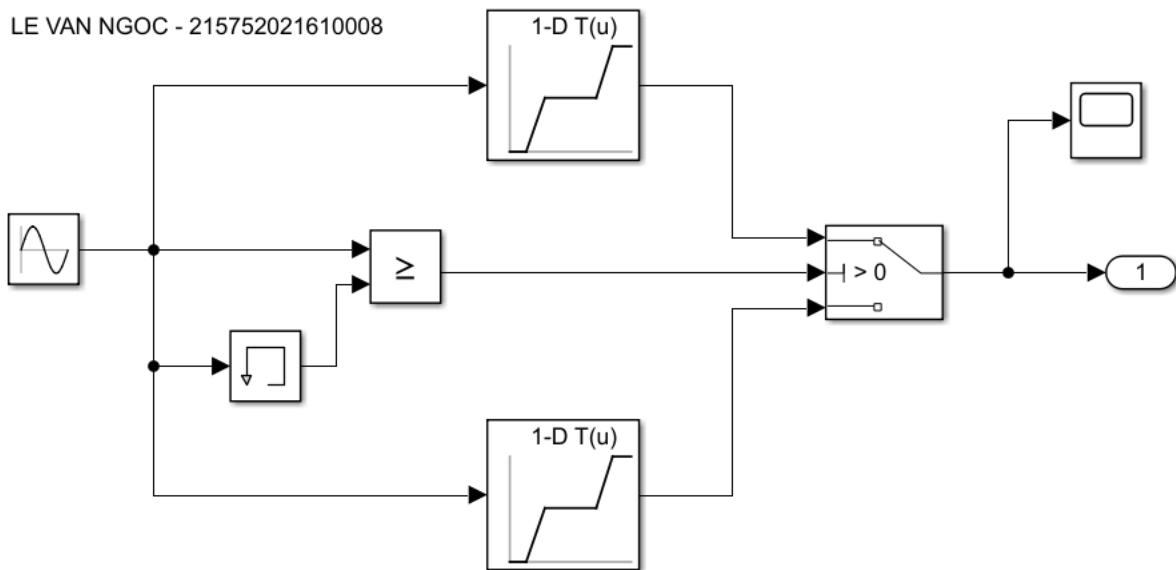
Kết quả mô phỏng:



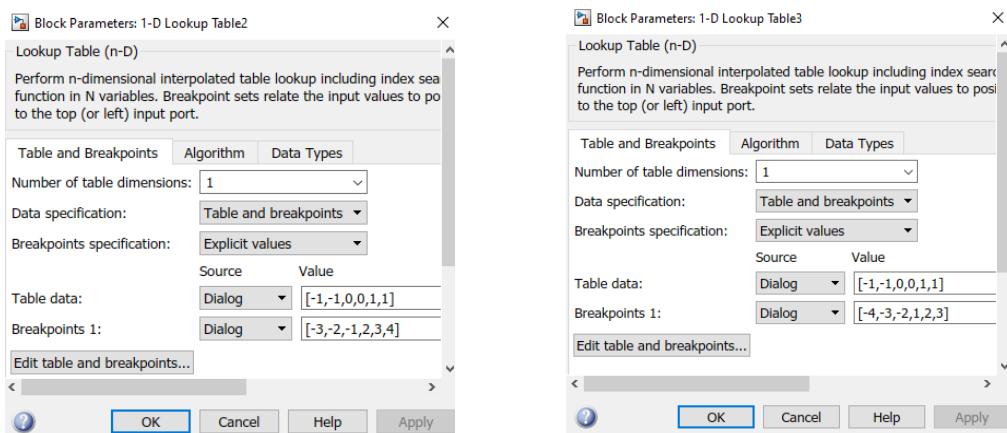
**Bài toán 2.13:** Xây dựng mô hình SIMULINK để mô tả tính phi tuyến có giá trị kép như sau:



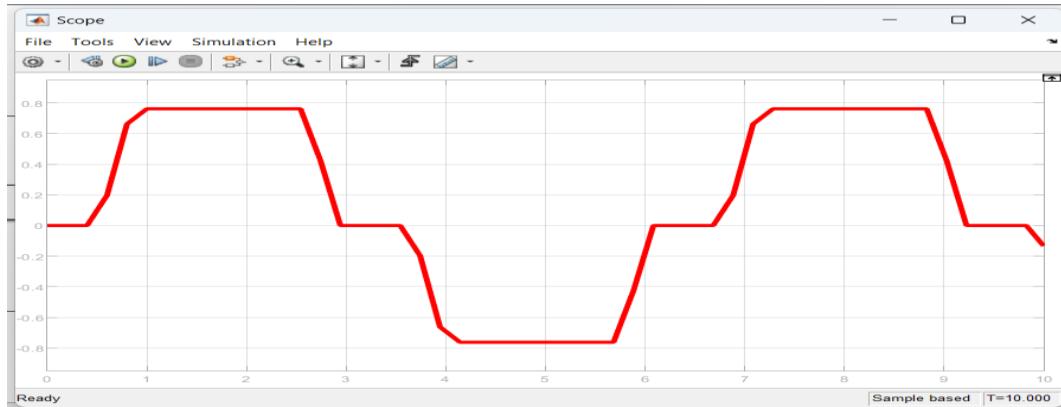
Thiết lập mô hình simulink:



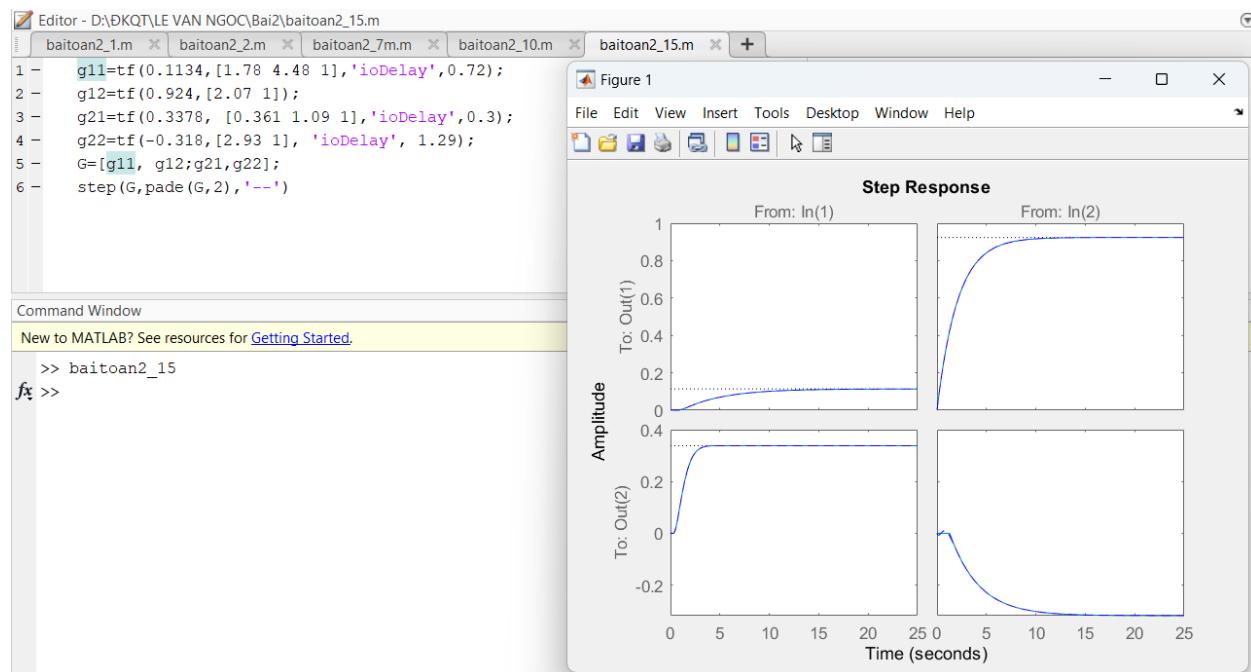
Thiết lập khối 1-D Lookup Table:



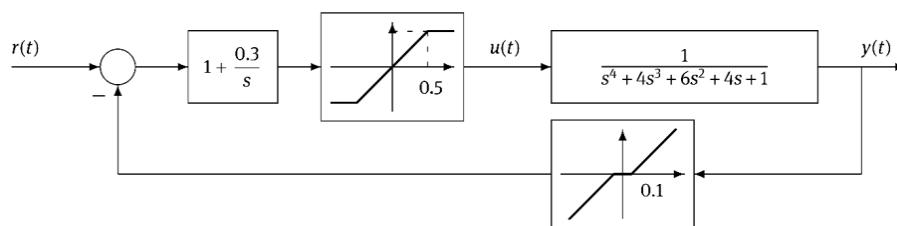
Kết quả mô phỏng:



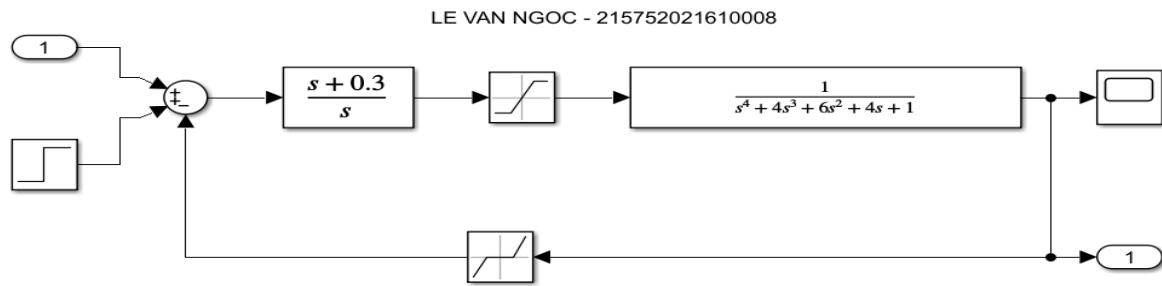
**Bài toán 2.15:** Xấp xỉ Padé cho ma trận hàm truyền trong Bài toán 2.5.



**Bài toán 2.16.** Tuyến tính hoá mô hình phi tuyến sau và đánh giá chất lượng của kết quả xấp xỉ hoá.



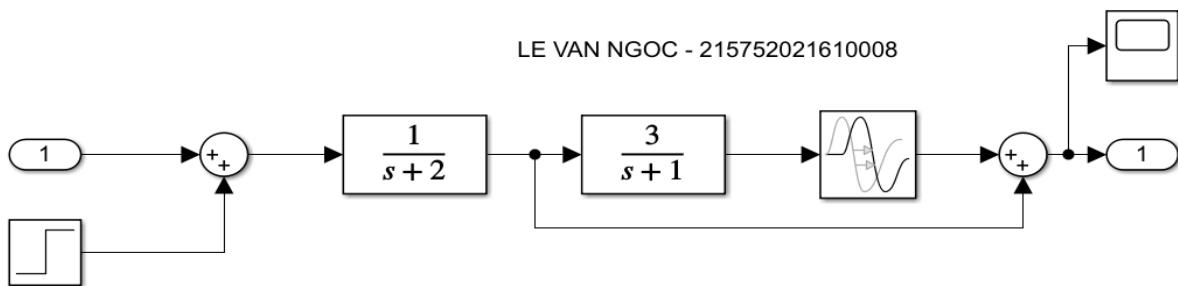
Thiết lập mô hình simulink:



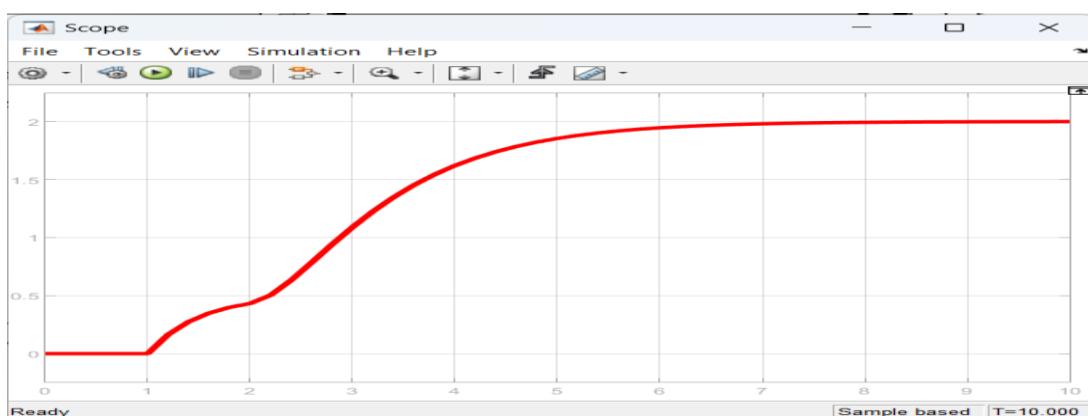
**Bài toán 2.17.** Tuyến tính hoá mô hình phi tuyến có hàm truyền như sau và và so sánh sự phù hợp của mô hình gốc và mô hình gần đúng thông qua phản hồi bước.

$$G(s) = \frac{1 + \frac{3e^{-s}}{s+1}}{s+2}$$

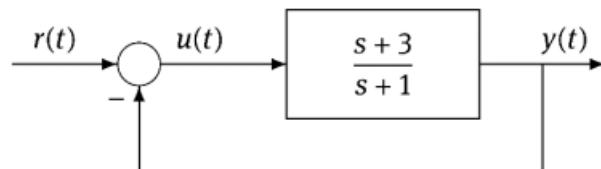
Thiết lập mô hình trên simulink



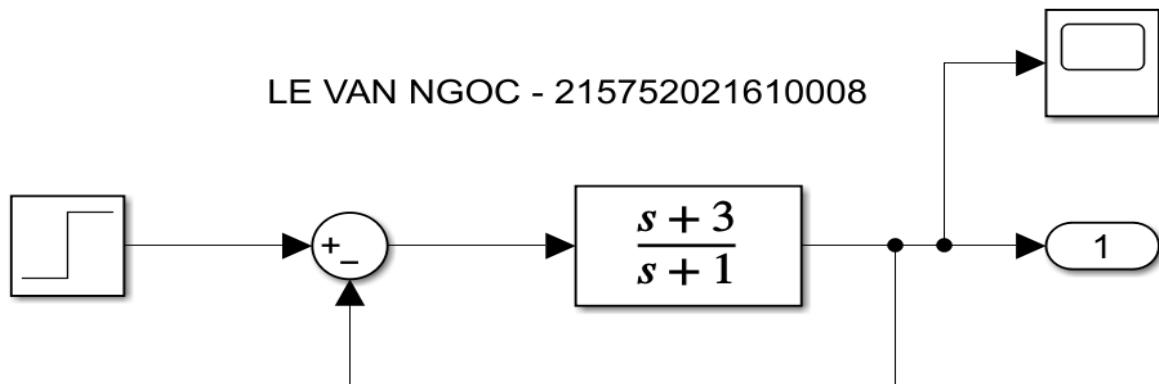
Kết quả mô phỏng:



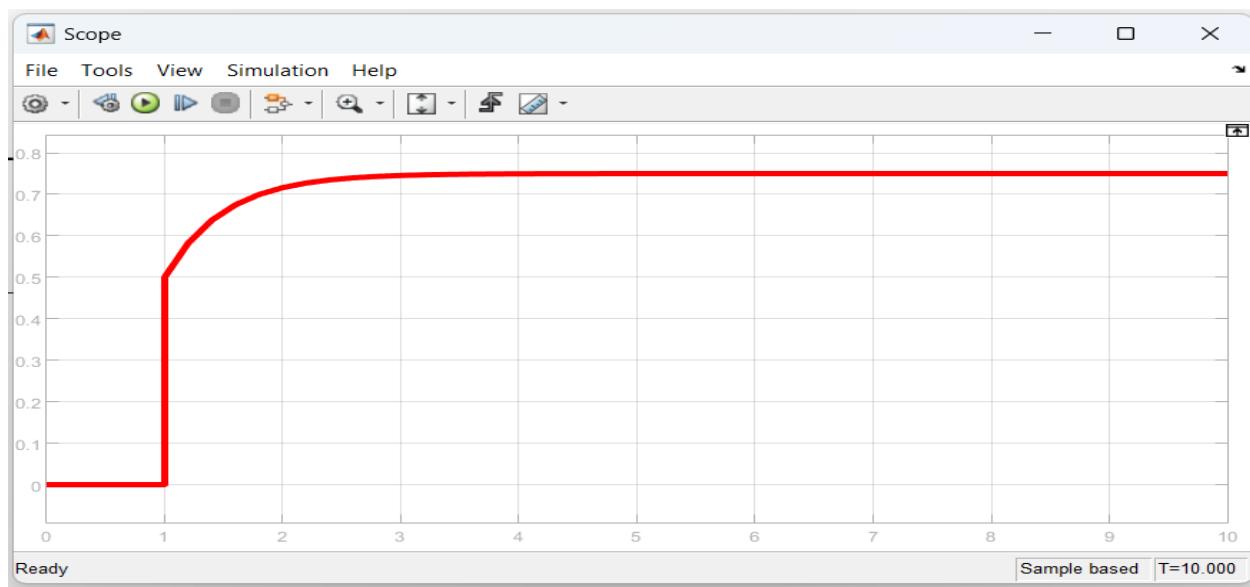
**Bài toán 2.18:** xem xét một hệ thống phản hồi tuyến tính đơn giản được hiển thị trong hình sau. Thiết lập mô hình SIMULINK để quan sát các vòng lặp đại số. Sử dụng phương pháp lý thuyết để loại bỏ vòng lặp đại số.



Thiết lập mô hình trên simulink

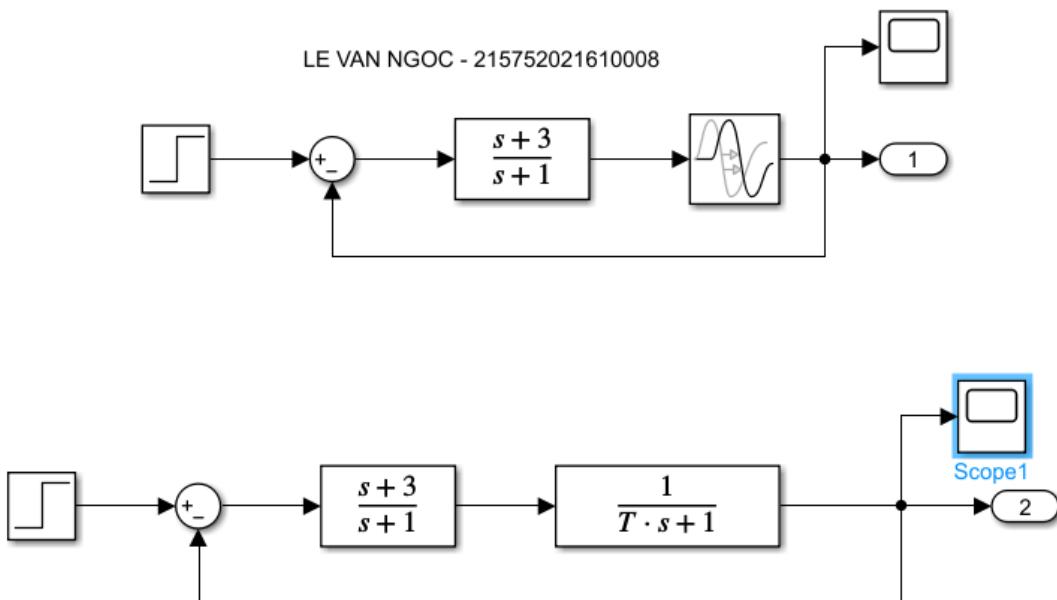


Kết quả mô phỏng:

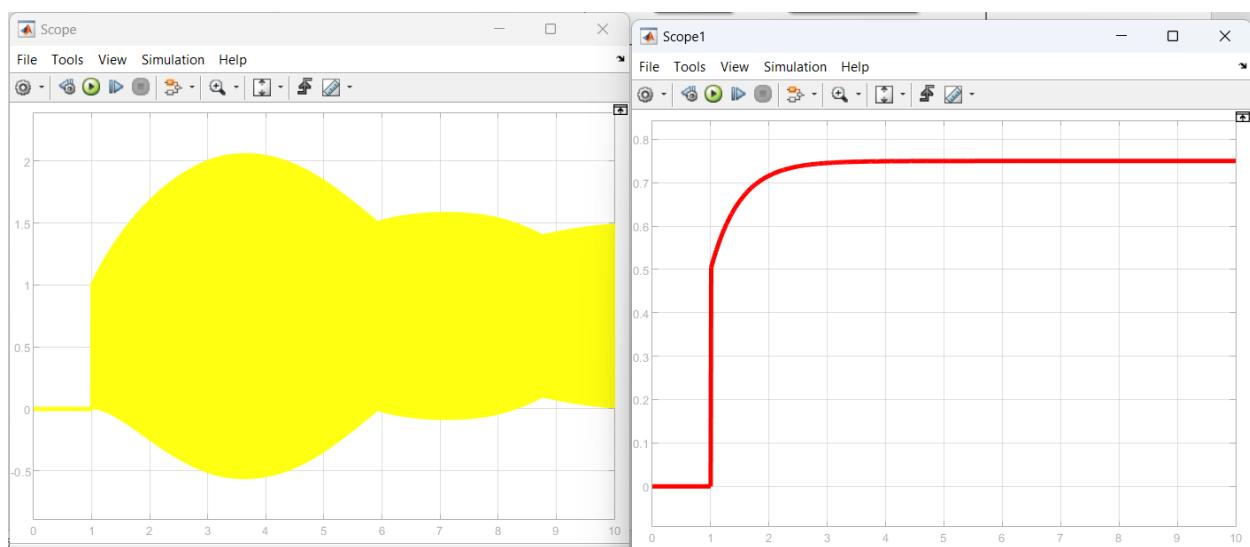


**Bài toán 2.19:** đối với hệ thống ở Bài toán 2.18, sử dụng 2 phương pháp: đưa vào tham số trễ nhỏ và đưa vào bộ lọc thông thấp để loại bỏ vòng lặp đại số.

Thiết lập mô hình trên simulink

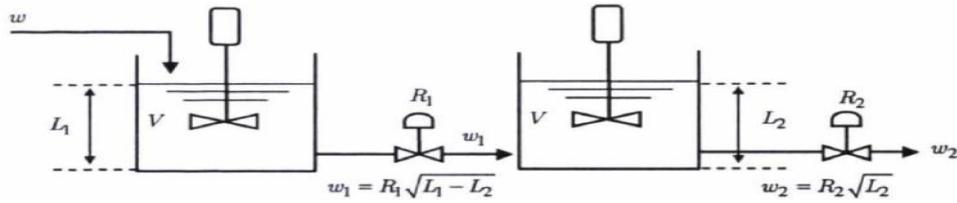


Kết quả mô phỏng:



## BÀI THỰC HÀNH 3: MÔ HÌNH HOÁ LÝ THUYẾT

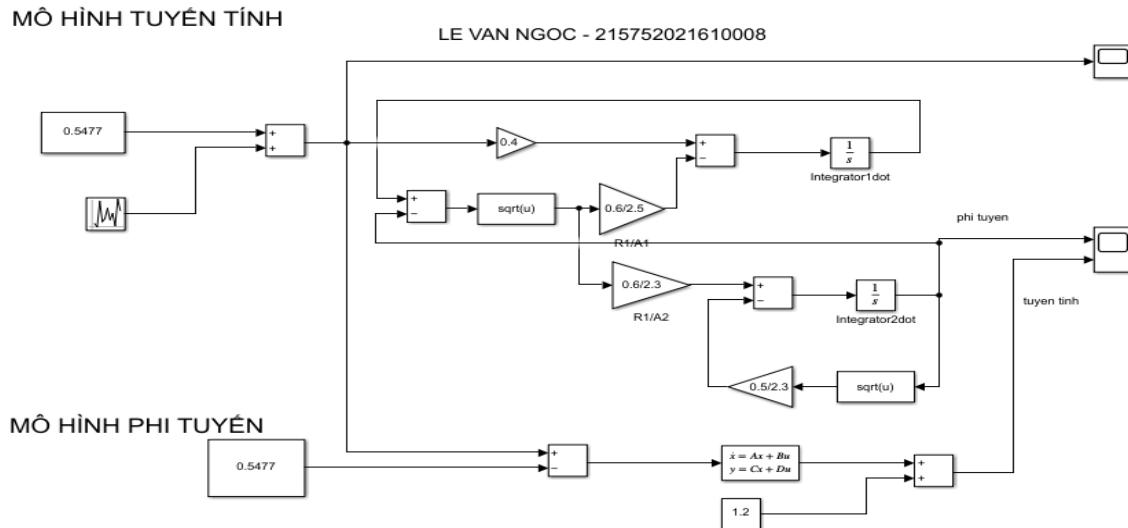
**Bài toán 3.2.** Cho quá trình gồm 2 bồn chứa tương tác như sau:



Mô hình trạng thái biểu diễn động học của hệ thống:

$$\begin{aligned}\frac{dL_1}{dt} &= \frac{\omega}{A_1} - \frac{R_1}{A_1} \sqrt{L_1 - L_2} = f_1(L_1, L_2, \omega) \\ \frac{dL_2}{dt} &= \frac{R_1}{A_2} \sqrt{L_1 - L_2} - \frac{R_2}{A_2} \sqrt{L_2} = f_2(L_1, L_2, \omega)\end{aligned}$$

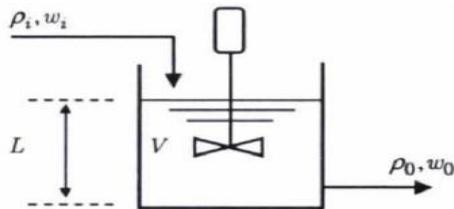
Thiết lập mô hình trên simulink:



Ở giai đoạn đầu khi có sự chuyển đổi đột ngột hoặc khi đầu vào thay đổi nhanh, giá trị khởi tạo khác nhau. Mô hình tuyến tính có thể đáp ứng nhanh hơn trong giai đoạn đầu do tính đơn giản của nó. Tuy nhiên, sau một thời gian t, khi hệ thống đã ổn định và không còn sự chuyển đổi đột ngột trong đầu vào, các mô hình tuyến tính và phi tuyến có thể trùng khớp nếu mô hình phi tuyến được xây dựng đủ phức tạp để

mô tả chính xác phản ứng của hệ thống. Trong trường hợp này, cả hai loại mô hình đều sẽ dự đoán được hành vi của hệ thống một cách chính xác sau thời gian đủ lâu để đạt đến trạng thái ổn định.

**Bài toán 3.3.** Cho mô hình quá trình khuấy trộn chất lỏng đẳng nhiệt như hình vẽ:



Quá trình khuấy là lí tưởng, giả thiết khối lượng riêng là đồng nhất:  $\rho_0 = \rho_i = \rho$ . Do đó:

$$A \frac{dL}{dt} = \omega_i - \omega_0$$

Để mô tả chính xác hệ thống, phương trình thứ 2 được xác định, lưu lượng ra là một hàm của mức trong bồn chứa:

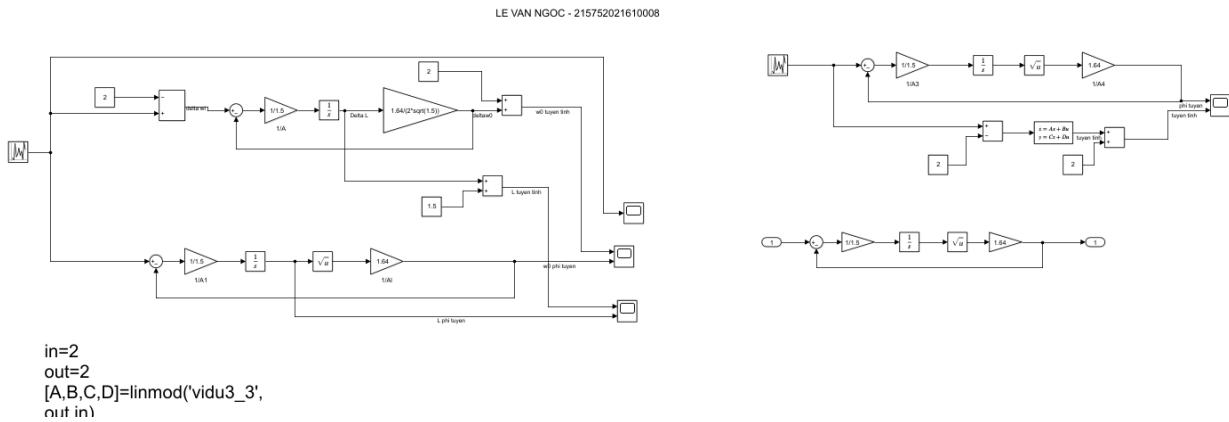
$$\omega_0 = \alpha \sqrt{L}$$

Với mô hình phi tuyến, chúng ta phải tuyến tính hóa mô hình quá trình tại điểm làm việc. Quá trình tuyến tính hóa thu được mô hình của hệ thống với mô tả như sau:

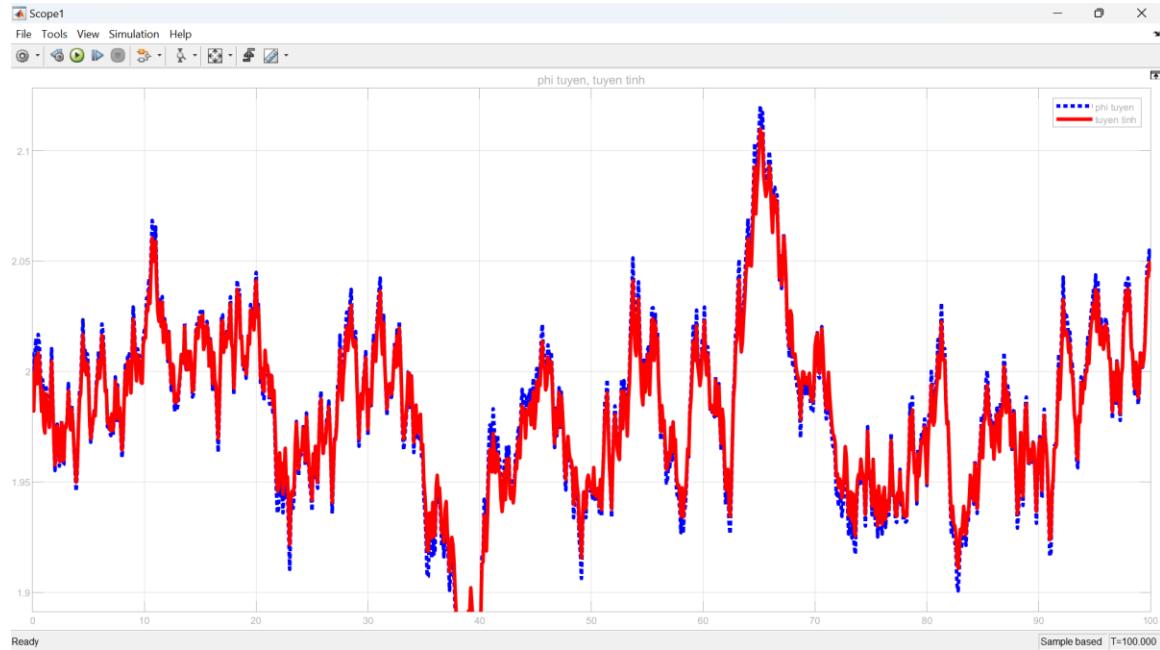
$$\begin{aligned} A \frac{d\Delta L}{dt} &= \Delta \omega_i - \Delta \omega_0 \\ \Delta \omega_0 &\approx \left( \frac{d}{dL} (\alpha \sqrt{L}) \Big|_{L=L} \right) \Delta L = \frac{1}{2\sqrt{L}} \alpha L \end{aligned}$$

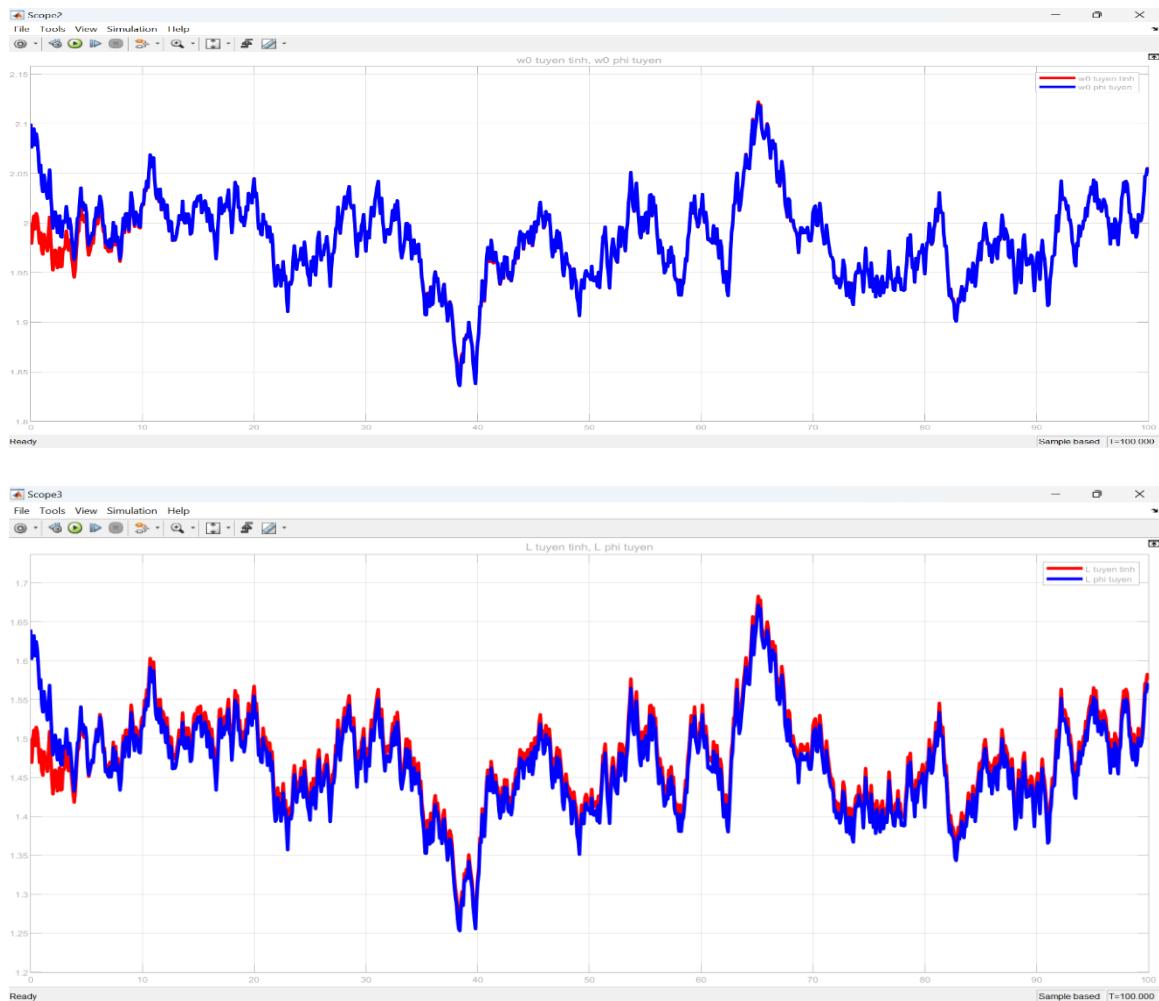
Với các tham số đầu vào như sau:  $A = 1.5 \text{ m}^2$ , quá trình mức trong bồn chứa có giá trị tại điểm làm việc  $\bar{L} = 1.5 \text{ m}$ ,  $\bar{\omega}_l = 2 \text{ m}^3/\text{s}$ , hệ số xả  $\alpha = 1.64$ . Tại điểm làm việc có  $\bar{\omega}_l = \bar{\omega}_0$ . Mô phỏng mô hình tuyến tính và phi tuyến của quá trình này trên SIMULINK để so sánh đáp ứng của hệ thống trong 2 trường hợp đó.

Mô hình trên simuink:



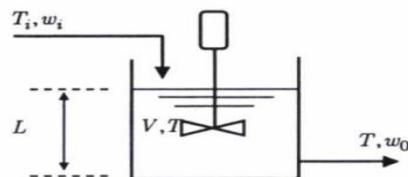
Chạy mô hình mô phỏng, nhận được kết quả như sau:





**Bài toán 3.4.** hãy mô hình hoá quá trình khuấy trộn không đanding nhiệt (mục 2.9.2, trang 73-76, giáo trình điều khiển các quá trình công nghệ, Nguyễn Văn Chí).

Cho quá trình khuấy trộn không đanding nhiệt như Hình 2-35,



**Hình 2-35** Mô hình của quá trình bồn chứa khuấy trộn không đanding nhiệt

trong đó  $w_i, w_0$ , là lưu lượng của chất lỏng đi vào và đi ra khỏi bồn chứa,  $T_i, T$ , là nhiệt độ của chất lỏng đi vào bồn chứa và đi ra khỏi bồn chứa, già thiết nhiệt độ của chất lỏng đi ra đúng bằng nhiệt độ chất lỏng trong bồn chứa,  $V$  và  $L$  là thể tích và chiều cao mức chất lỏng trong bồn,  $C_p, \rho$  là nhiệt dung riêng và khối lượng riêng của chất lỏng. Các phương trình mô tả quá trình được xây dựng giống như phần 2.9.1

$$A \frac{dL}{dt} = w_i - w_0 \quad (2.106)$$

$$w_0 = \alpha \sqrt{L} \quad (2.107)$$

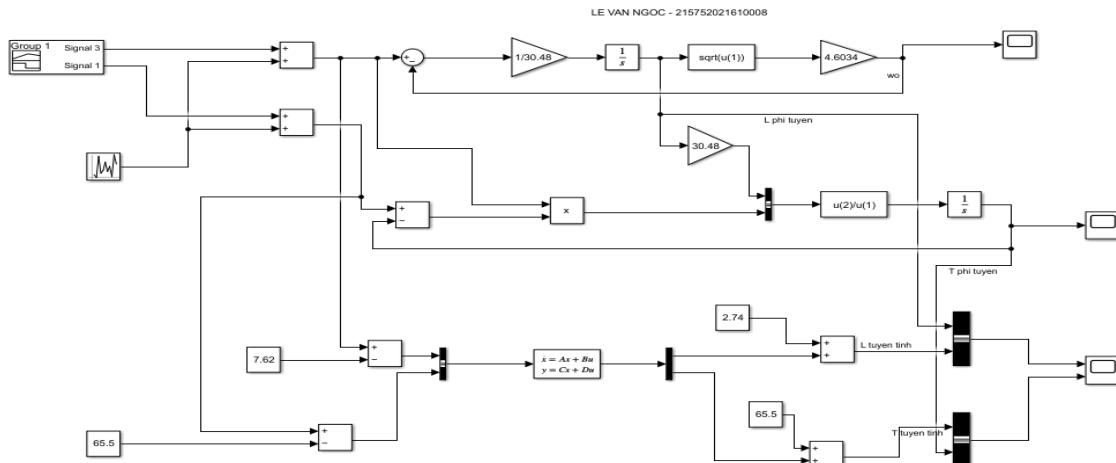
Đây là quá trình không đanding nhiệt cho nên ta có thêm một phương trình bảo toàn năng lượng như sau:

$$\frac{d(C_p \rho V T)}{dt} = C_p \rho w_i T_i - C_p \rho w_0 T \quad (2.108)$$

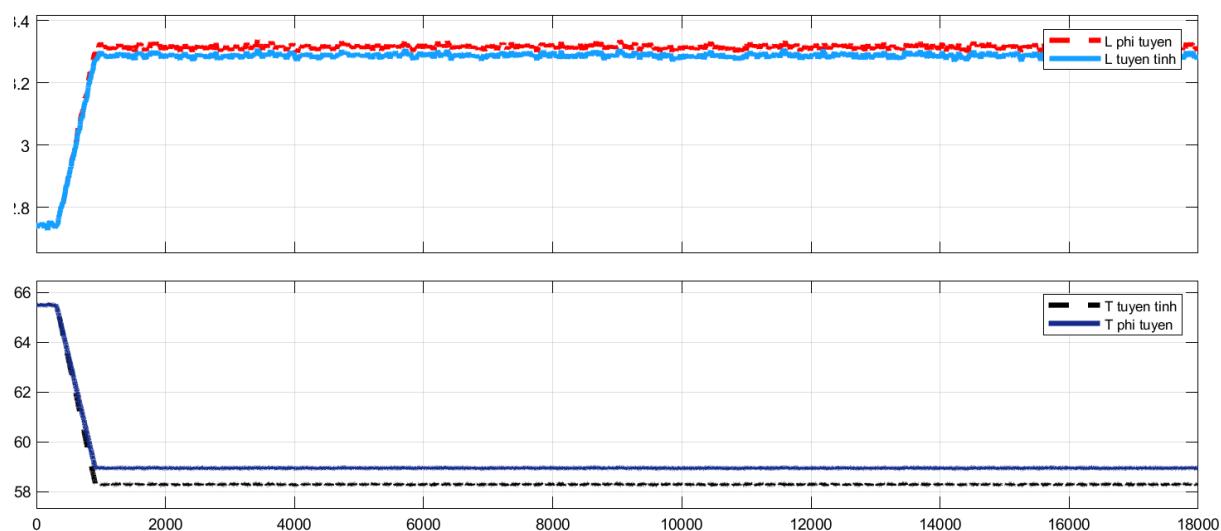
thay thế  $V = AL$ , ta có

$$AL \frac{dT}{dt} + AT \frac{dL}{dt} + w_0 T = w_i T_i \quad (2.109)$$

### Thiết lập mô hình trên simulink

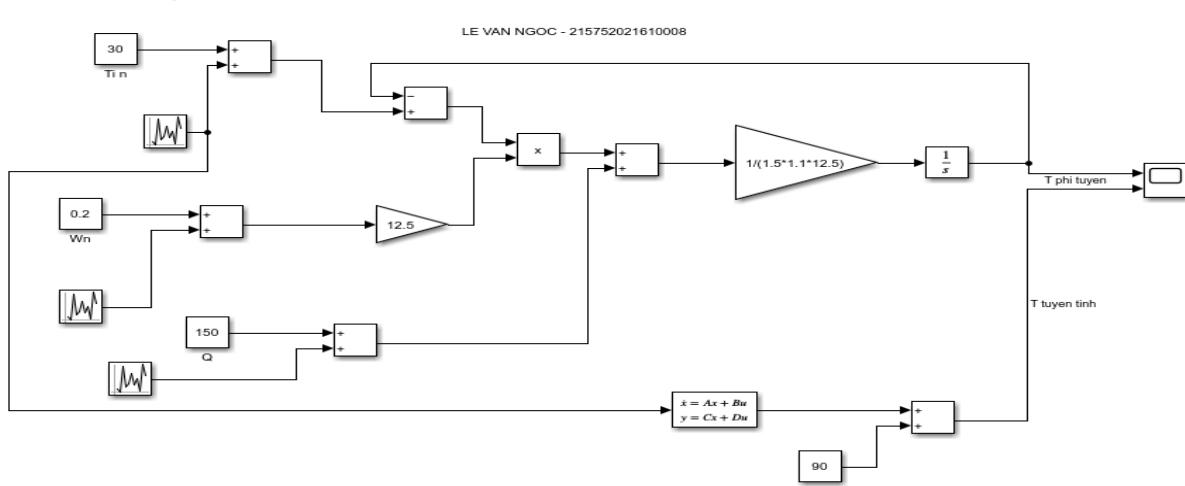


Kết quả mô phỏng:

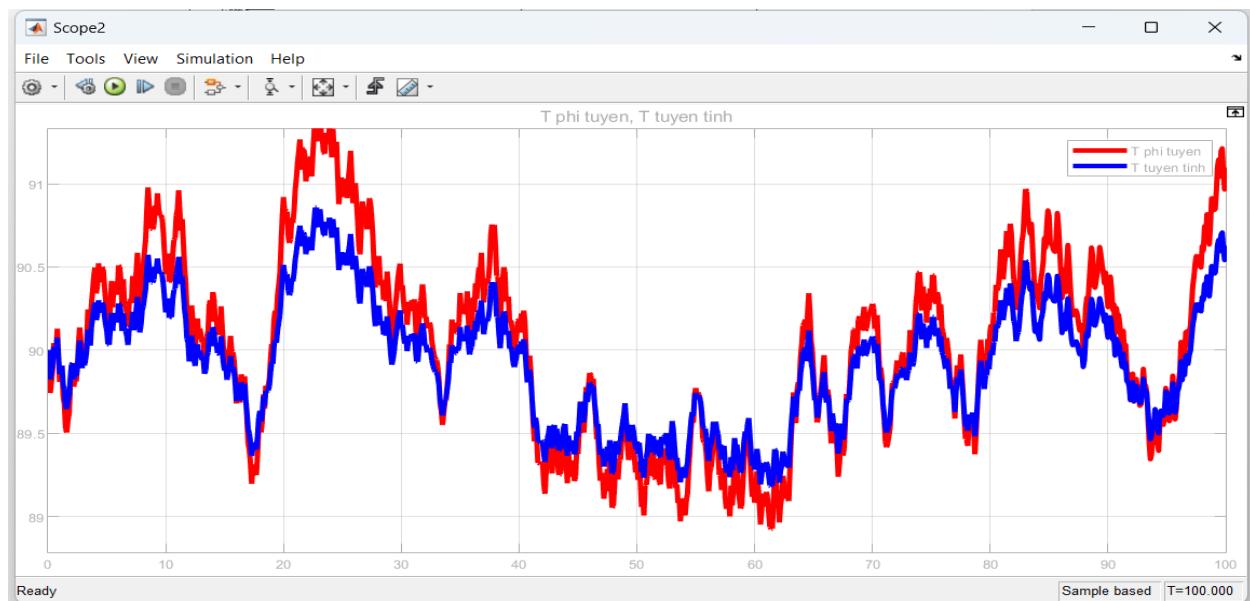


**Bài toán 3.5.** Cho quá trình gia nhiệt có khuấy trộn có các giá trị tại điểm làm việc là  $V = 1.5 \text{ m}^3$ ,  $p = 1.1 \text{ kg/m}^3$ ,  $C = 12.5 \text{ Giả thiêng}$  tại điểm làm việc cân bằng có các thông số trạng thái của quá trình là  $w = 0.2 \text{ m}^3/\text{phút}$ ,  $T = 30^\circ\text{C}$ ,  $Q = 150 \text{ kcal}/\text{phút}$ . Xác định mô hình tuyến tính của hệ, so sánh đáp ứng giữa mô hình phi tuyến và mô hình tuyến tính.

Thiết lập mô hình Phi tuyến trên simulink:

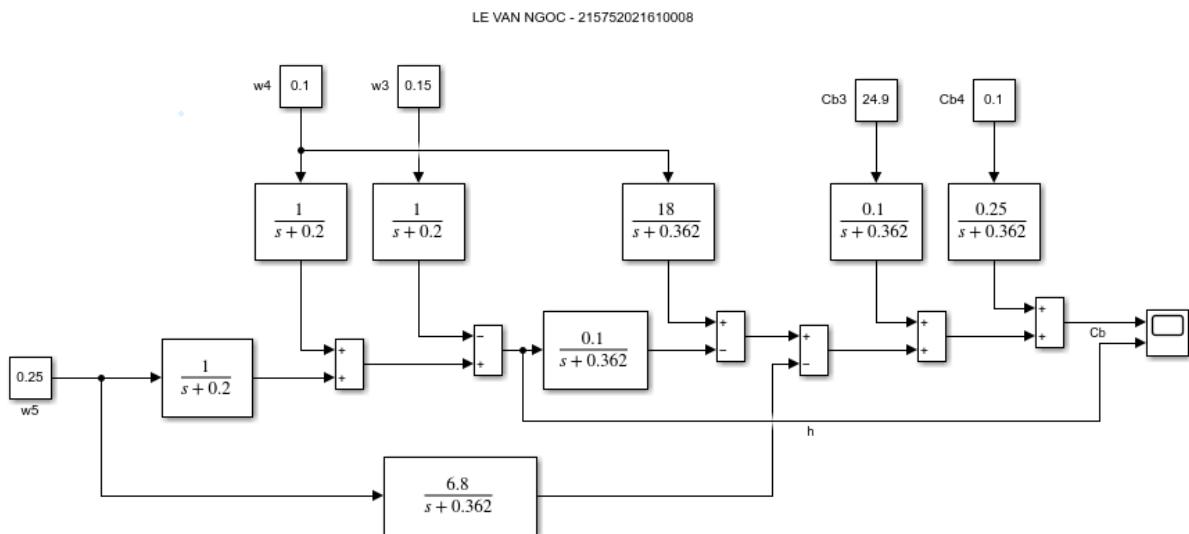


Kết quả mô phỏng:

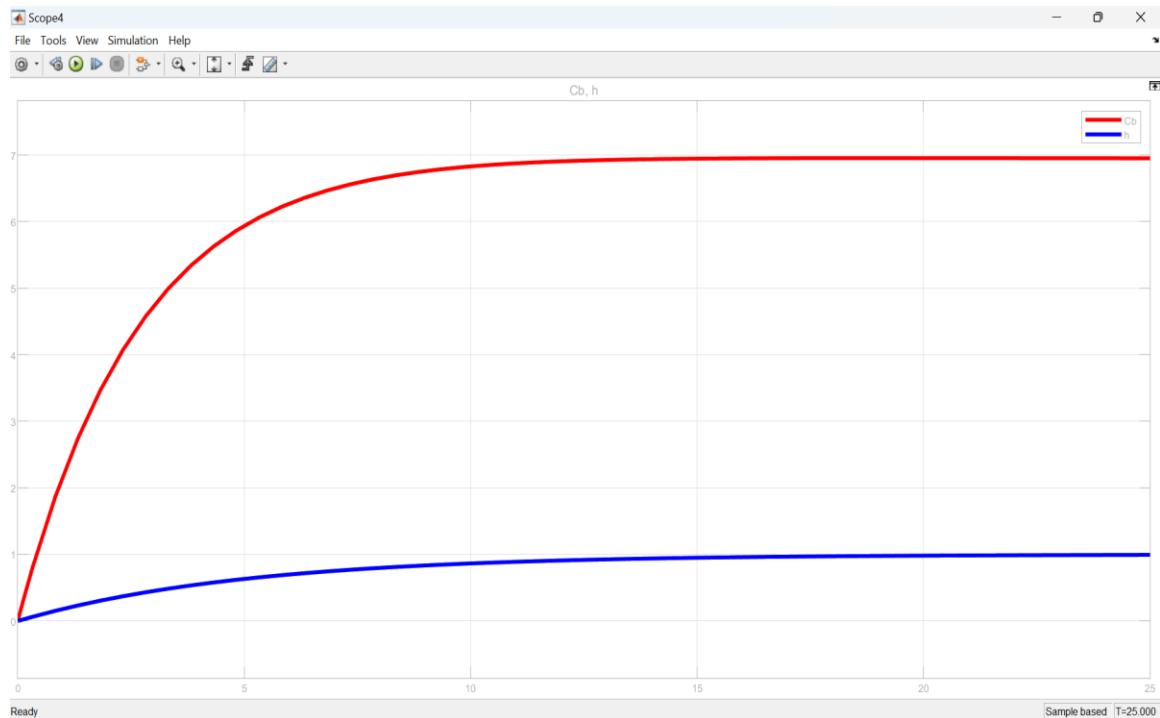


**Bài toán 3.6.** Hãy mô hình hoá quá trình của bồn phản ứng khuấy trộn liên tục (mục 2.9.4, trang 83-86, giáo trình điều khiển các quá trình công nghệ, Nguyễn Văn Chí) trên SIMULINK.

Ta có mô hình trên simulink hệ phi tuyến:

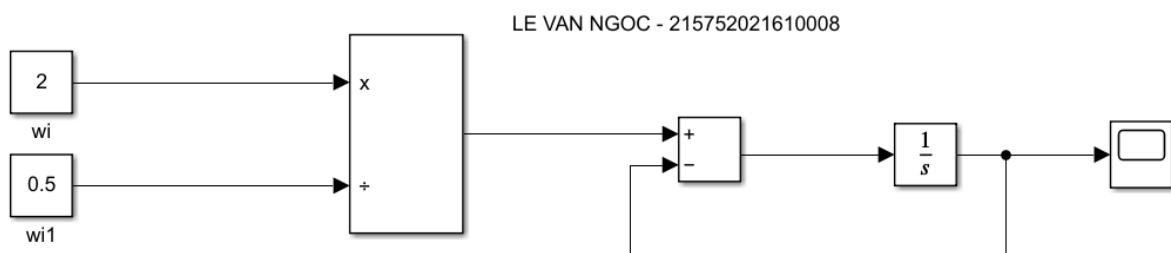


Chạy mô hình mô phỏng, nhận được kết quả như sau:

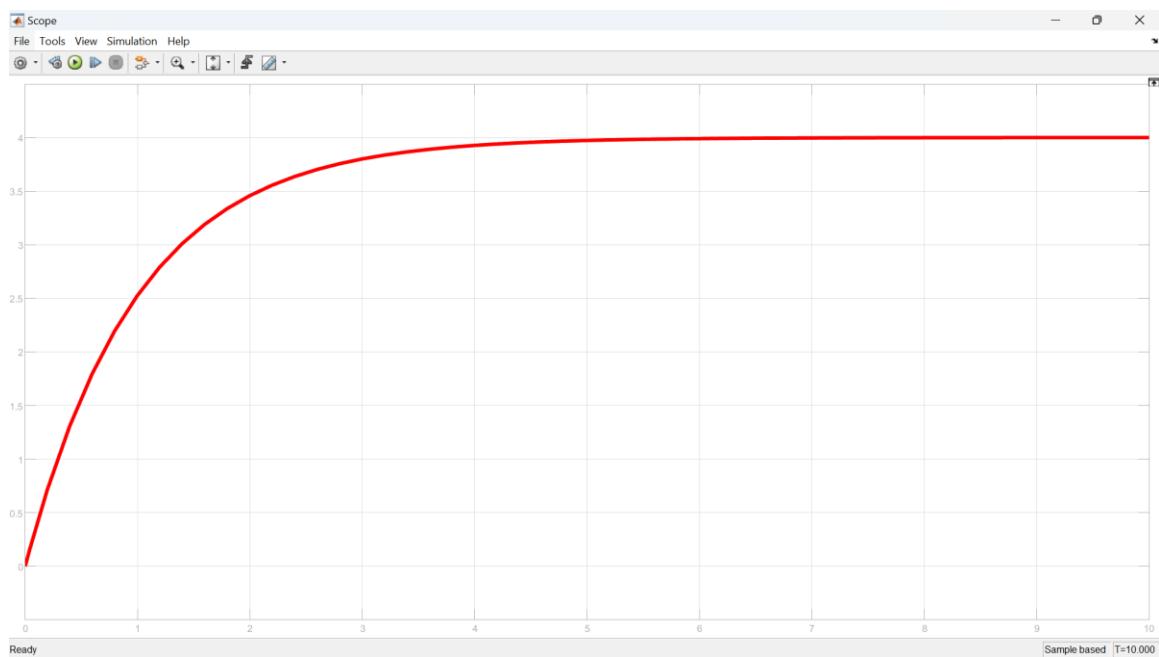


**Bài toán 3.7:** hãy mô hình hoá quá trình mức chất lỏng 1 bồn chứa và 2 bồn chứa (mục 2.9.5, trang 86-88, giáo trình điều khiển các quá trình công nghệ, Nguyễn Văn Chí) trên SIMULINK như sau:

Thiết lập mô hình trên simulink:

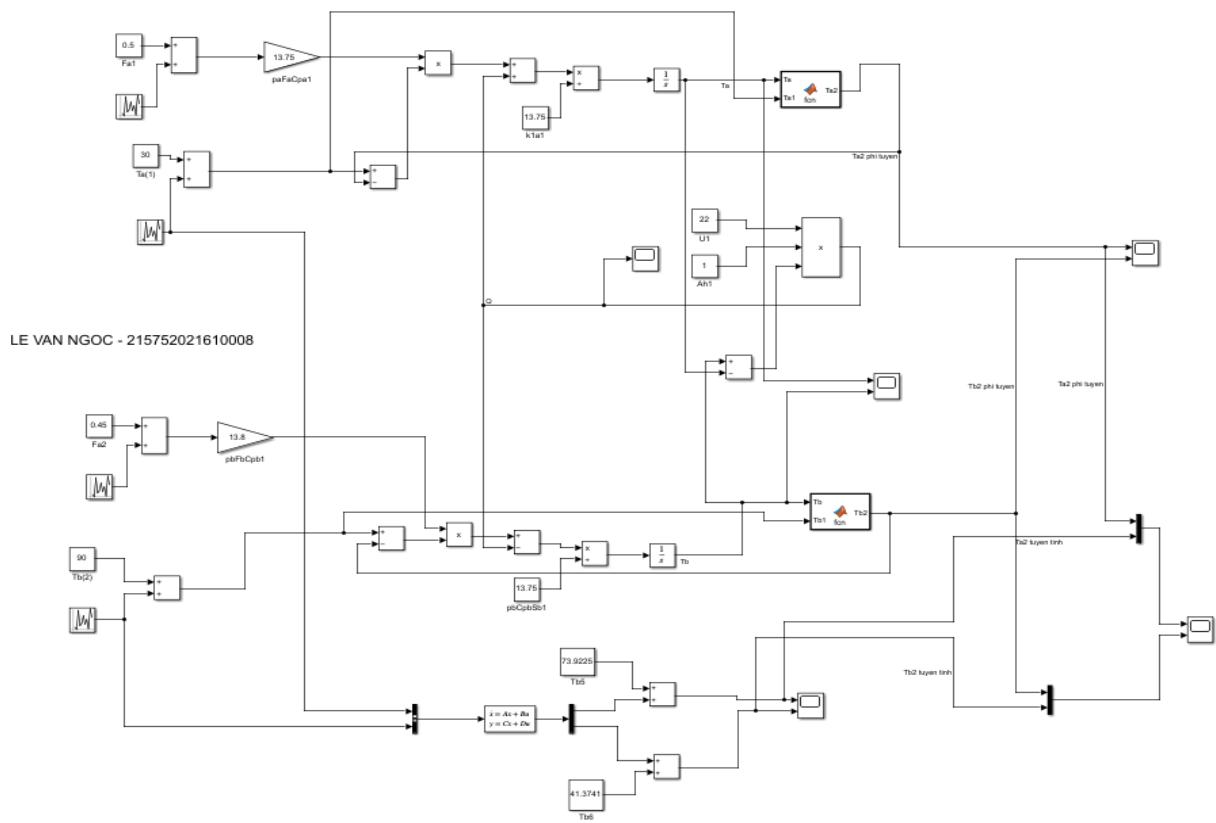


Kết quả mô phỏng:

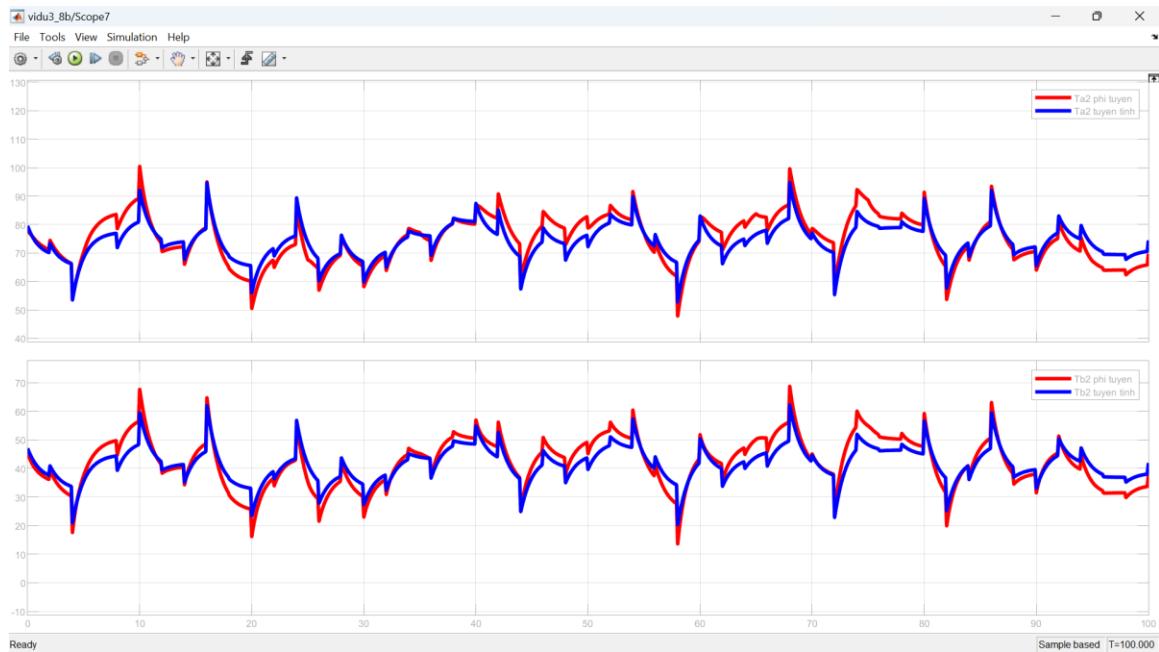


**Bài toán 3.8.** hãy mô hình hoá quá trình trao đổi nhiệt chất lỏng (mục 2.9.6, trang 88-92, giáo trình điều khiển các quá trình công nghệ, Nguyễn Văn Chí) trên SIMULINK.

Thiết lập mô hình trên simulink:

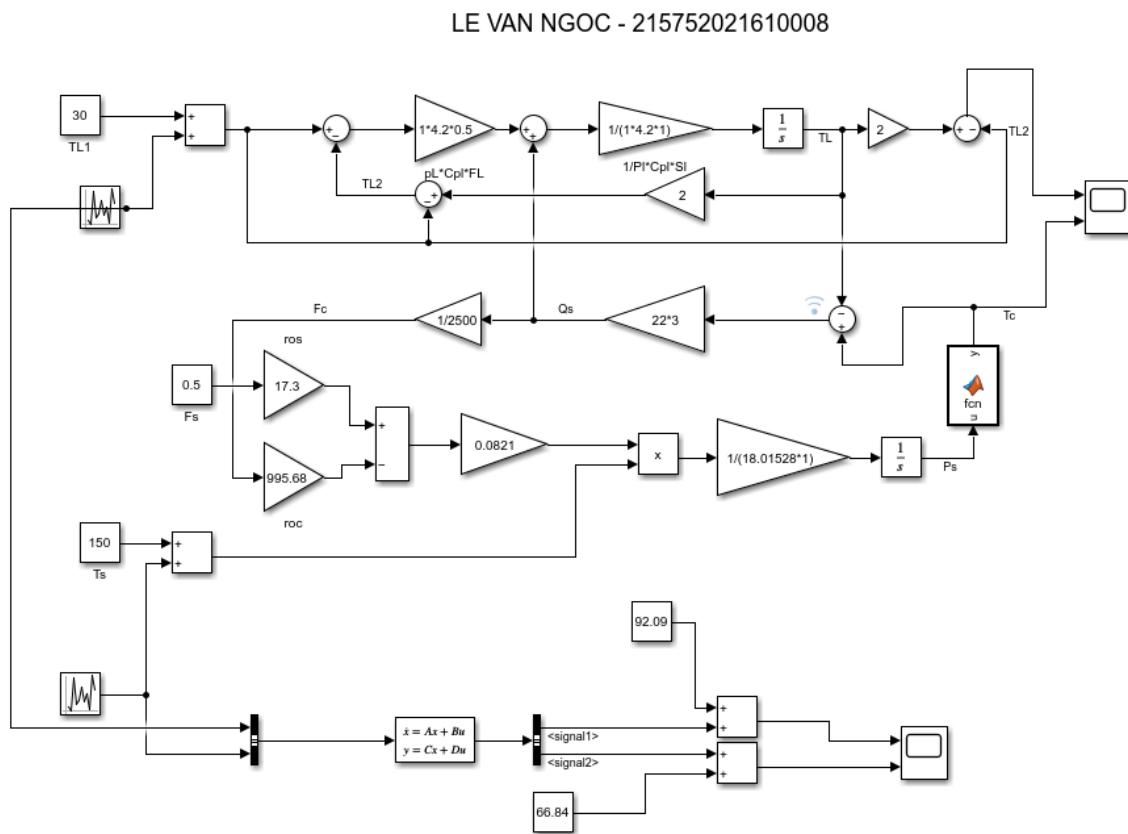


Chạy mô hình mô phỏng, nhận được kết quả như sau:

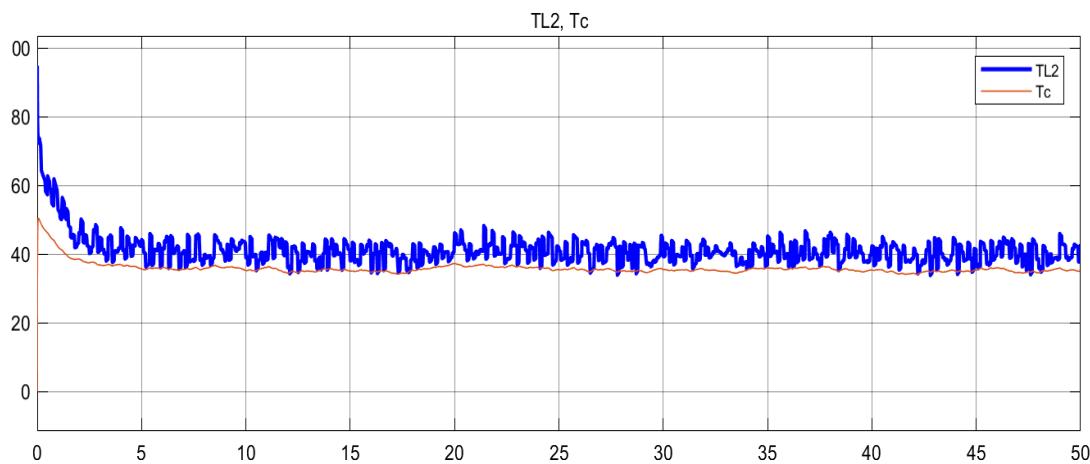


**Bài toán 3.9.** hãy mô hình hoá quá trình trao đổi nhiệt bằng hơi (mục 2.9.7, trang 92-97, giáo trình điều khiển các quá trình công nghệ, Nguyễn Văn Chí) trên SIMULINK.

Ta có mô hình phi tuyến trên simulink



Kết quả mô phỏng:



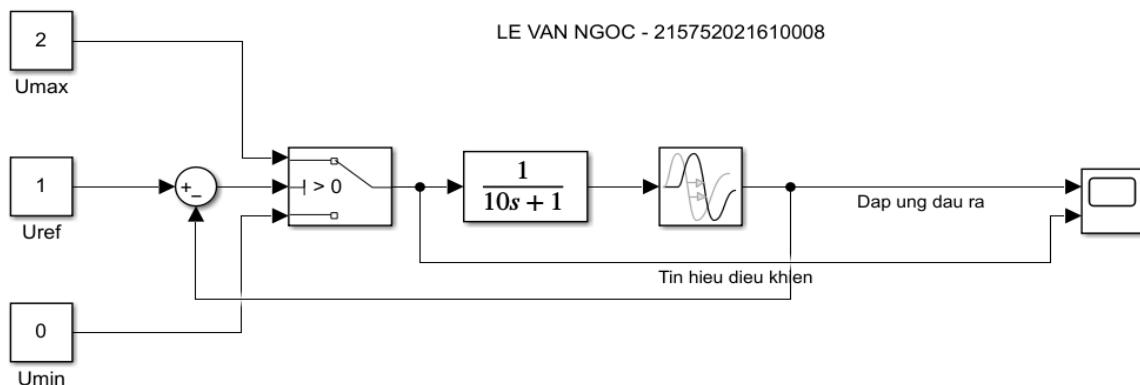
## BÀI THỰC HÀNH 4. THIẾT KẾ VÀ CHỈNH ĐỊNH THAM SỐ BỘ ĐIỀU KHIỂN PID

**Bài toán 4.1.** Cho một quá trình có trễ với hàm truyền:

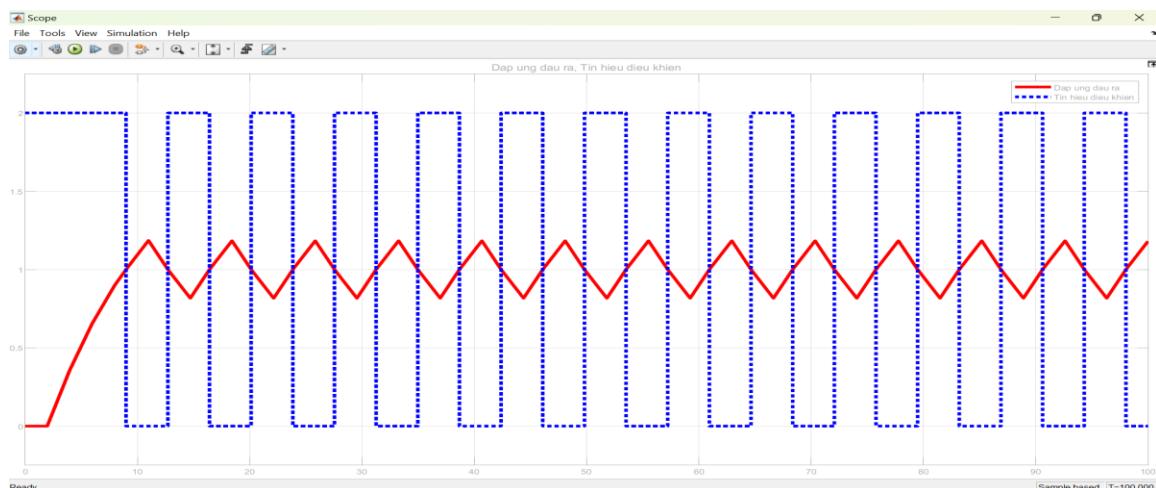
$$P(s) = \frac{1}{10s + 1} e^{-2s}$$

Thiết kế bộ điều khiển ON-OFF trên SIMULINK với các tham số  $umax=2V$ ,  $umin=0$  V, giá trị đặt là 1. Xuất dạng tín hiệu điều khiển thể hiện tính rung trong các trường hợp: lý tưởng và có khâu rơ-le.

Thiết kế hệ thống trên simulink:



Chạy mô hình mô phỏng, nhận được kết quả như sau:



## Nhận xét về bộ điều khiển ON-OFF:

Điểm mạnh:

- Có cấu trúc đơn giản, dễ triển khai và dễ hiểu
- Thích hợp cho các hệ thống đòi hỏi hoạt động ở hai trạng thái rõ ràng: hoạt động và tắt.

Điểm yếu:

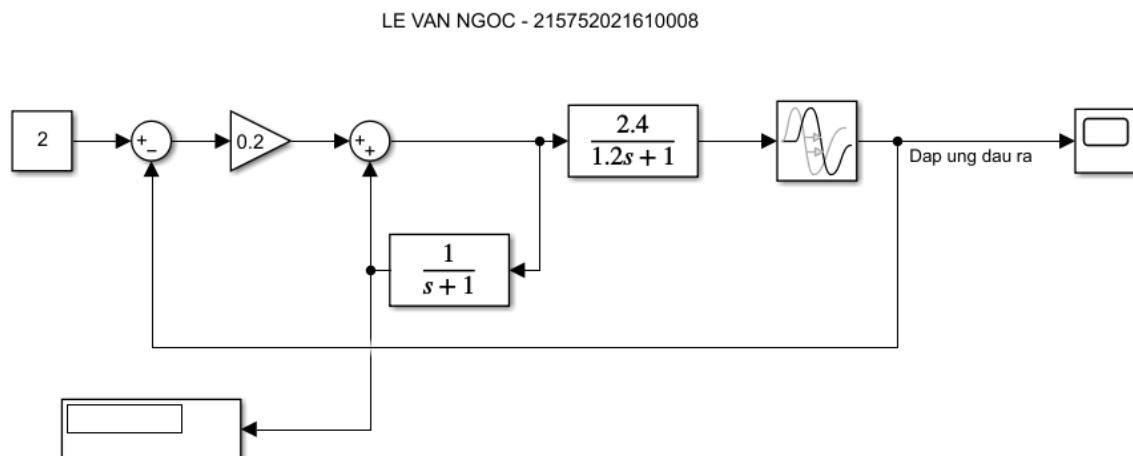
- Không thể kiểm soát được các quá trình với độ chính xác cao. Do đó, nó không phù hợp cho các ứng dụng đòi hỏi kiểm soát chính xác trong khoảng giá trị nhỏ của biến điều khiển.

**Bài toán 4.2.** Cho một quá trình có trễ với hàm truyền:

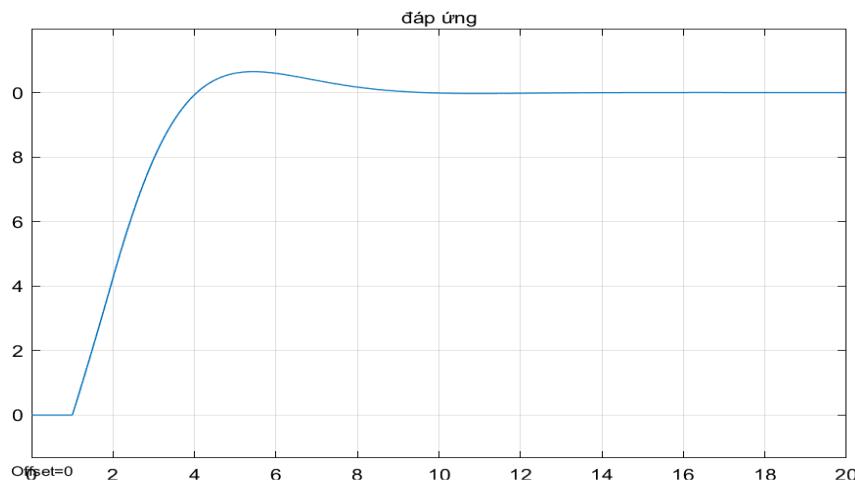
$$P(s) = \frac{2.4}{1.2s + 1} e^{-1.2s}$$

Thiết kế bộ điều khiển PI trên SIMULINK với cấu hình reset tự động  $1/(s + 1)$  đóng vai trò là tín hiệu bù cho thành phần tỉ lệ  $K_p = 0.2$ , tín hiệu đặt là 2.

Thiết kế hệ thống trên SIMULINK trong trường hợp lý tưởng như sau:



Đáp ứng hệ thống:

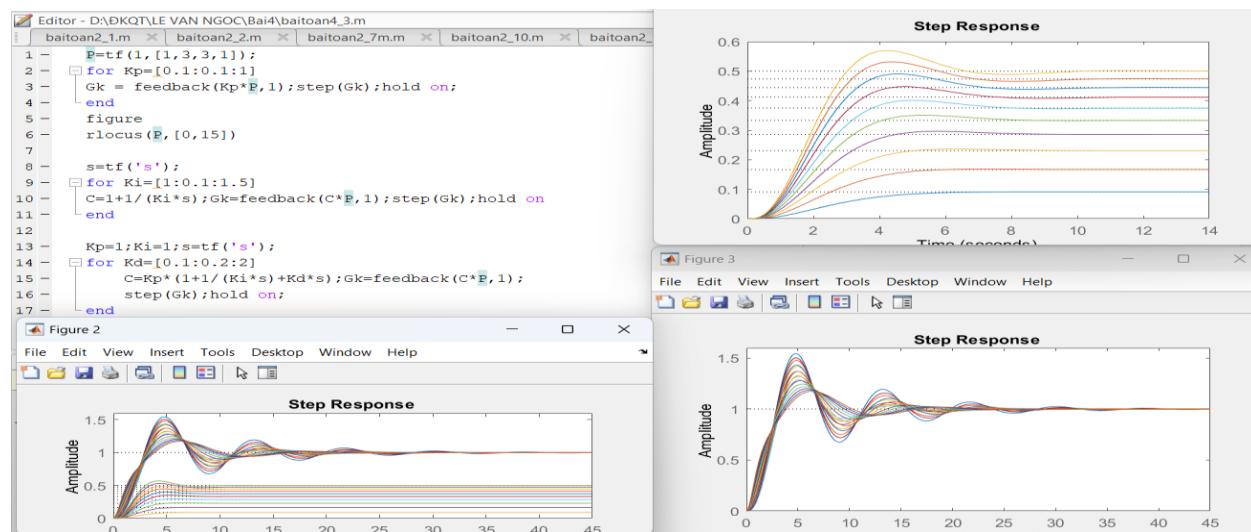


**Bài toán 4.3.** Cho một quá trình bậc 3 với hàm truyền:

$$P(s) = \frac{1}{(s + 1)^3}$$

Phân tích chất lượng của bộ điều khiển P với các giá trị khác nhau của  $K_p$ ,  $K_p$  từ 0.1 đến 1 (step = 0.1). Phân tích chất lượng của bộ điều khiển PI với  $K_p = 1$ ,  $K_i$  từ 1 đến 1.5 (step = 0.1). Phân tích chất lượng của bộ điều khiển PID với  $K_p = 1$ ,  $K_i = 1$ ,  $K_d$  từ 0.1 đến 2 (step = 0.1).

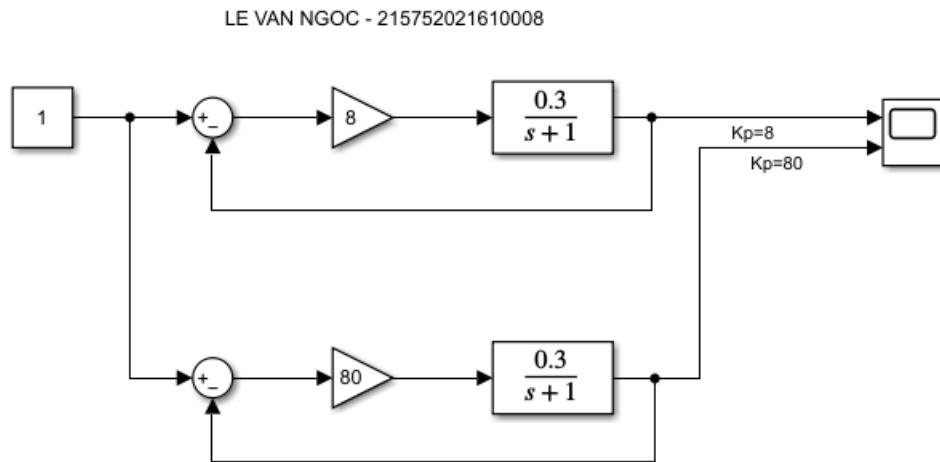
Ta đánh lệnh vào Command Window MATLAB:



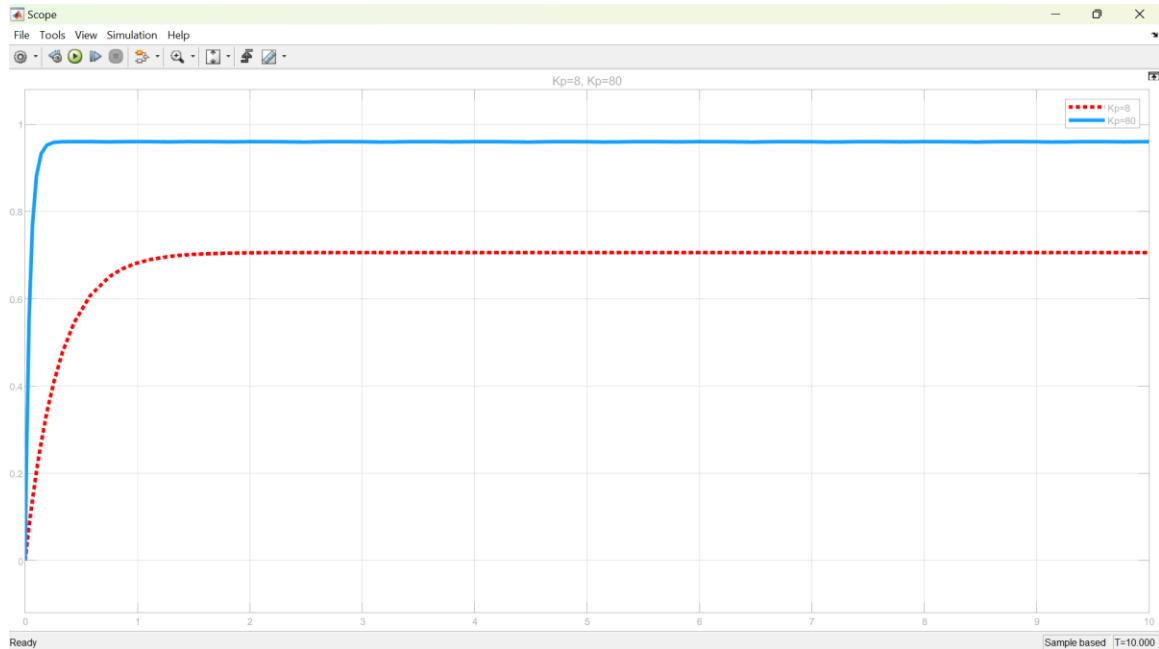
**Bài toán 4.4.** Cho một quá trình có hàm truyền:

$$G(s) = \frac{0.3}{s + 1}$$

Thiết kế bộ điều khiển tỉ lệ P cho hệ thống này với  $K_p=8$  và  $K_p=80$ . So sánh đáp ứng đầu ra. Rút ra nhận xét về bộ điều khiển P.



Đáp ứng của hệ như sau:

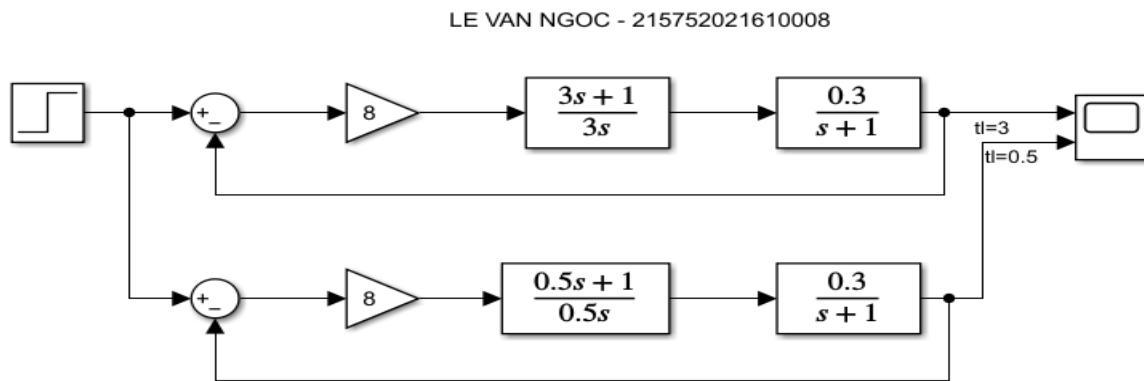


**Bài toán 4.5.** Cho một quá trình có hàm truyền:

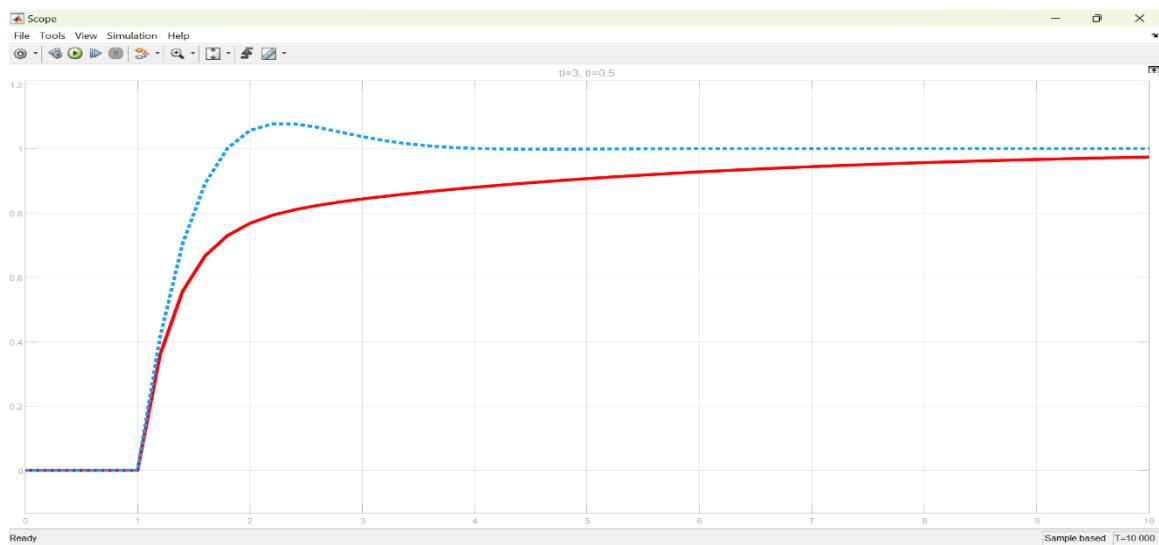
$$G(s) = \frac{0.3}{s + 1}$$

Thiết kế bộ điều khiển tỉ lệ PI cho hệ thống này với  $K_c=8$ ,  $\tau_I=3$  và  $\tau_I=0.5$ . Hãy thiết kế theo 3 dạng mô hình: dạng mô hình tổng quát (Hình 4.1), dạng mô hình khối SIMULINK có sẵn (Hình 4.2) và dạng theo hàm truyền (Hình 4.5). So sánh đáp ứng đầu ra khi  $\tau_I=3$  và  $\tau_I=0.5$ , rút ra nhận xét.

Thiết kế hệ thống trên simulink:



Chạy mô hình mô phỏng, nhận được kết quả như sau:

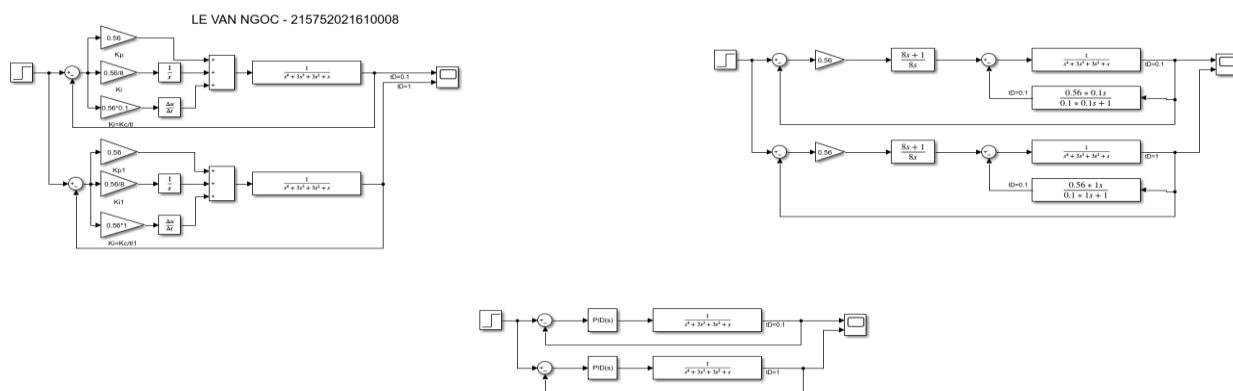


**Bài toán 4.6.** Cho một quá trình có hàm truyền:

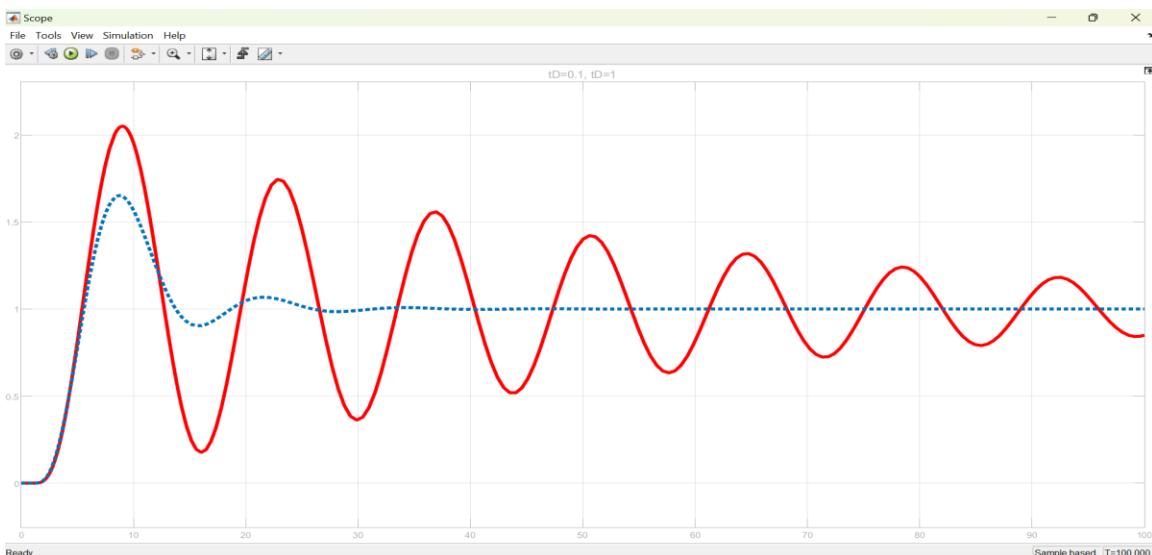
$$G(s) = \frac{1}{s(s+1)^3}$$

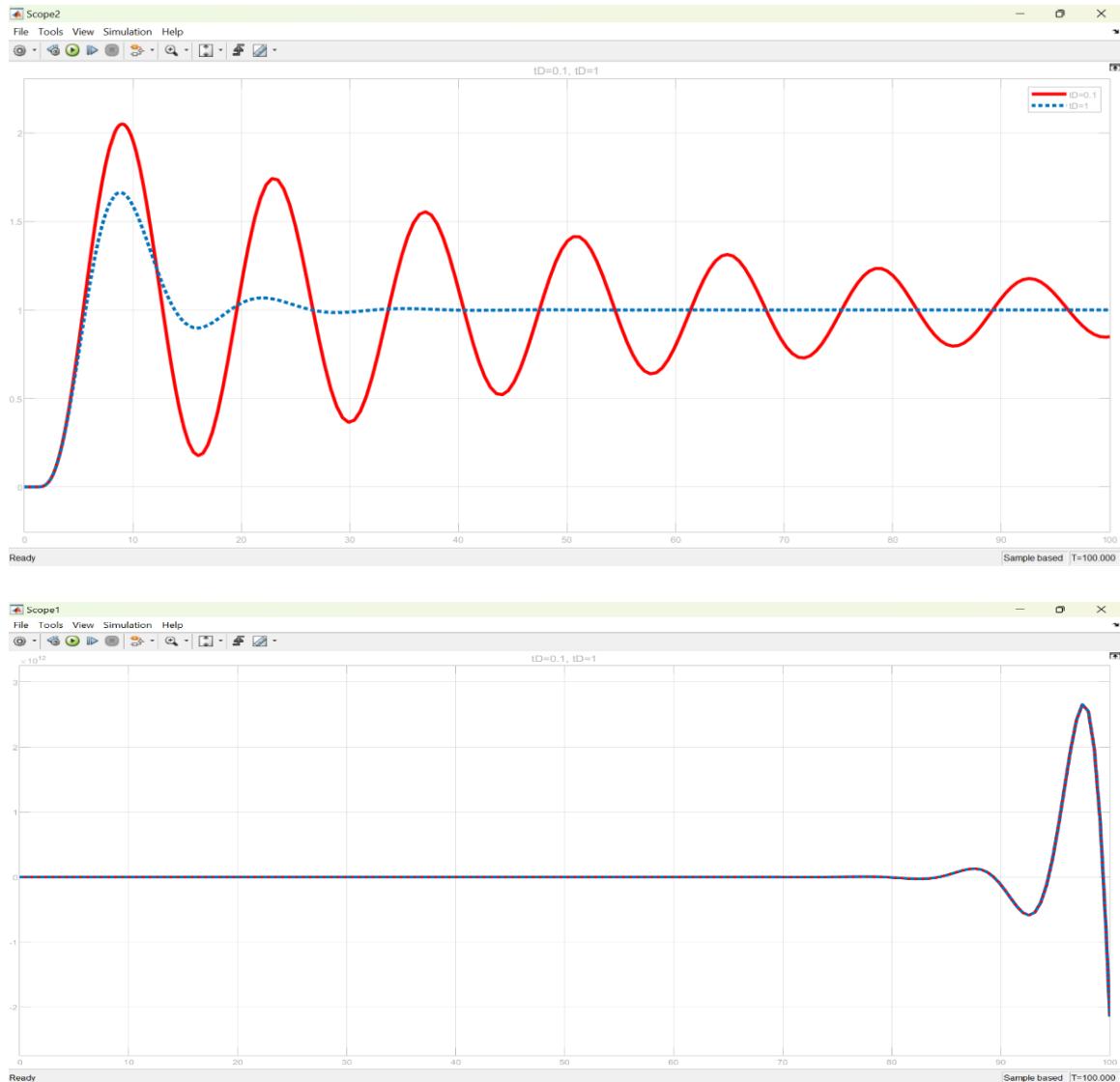
Thiết kế bộ điều khiển tỉ lệ PID cho hệ thống này với  $K_c=0.56$ ,  $\tau_I=8$ ,  $\tau_D=0.5$  và  $\tau_D=1$ . Hãy thiết kế theo 3 dạng mô hình: dạng mô hình tổng quát (Hình 4.1), dạng mô hình khối SIMULINK có sẵn (Hình 4.2) và dạng theo hàm truyền (Hình 4.6, chọn  $\beta=0.1$ ). So sánh đáp ứng đầu ra khi  $\tau_D=0.5$  và  $\tau_D=1$ , rút ra nhận xét.

Thiết kế mô hình trên simulink:



Chạy mô hình mô phỏng, nhận được kết quả như sau:





**Bài toán 4.7.** Cho một quá trình có hàm truyền:

$$G(s) = \frac{s - 2}{(s + 1)(s + 2)(s + 3)}$$

Hãy chỉnh định các tham số cho bộ điều khiển PI và PID theo phương pháp Ziegler-Nichols.

- B1: thiết kế mô hình trên SIMULINK với bộ điều khiển P như sau:

. - B2: bắt đầu chỉnh định bằng cách thay đổi các giá trị của  $K_c$  từ -1 đến -8, bước nhảy là 0.5. Chúng ta thấy rằng, tại  $K_c = -7.5$ , đáp ứng đầu ra như sau có dạng chu kỳ hình sin, vậy  $K_o = K_c$ . Trên Scope, chúng ta vào Tools → measurements → cursor measurements. Chọn 2 điểm đầu và cuối 1 chu kỳ, ta đo được giá trị  $P_o = 3.35s$

B3: dựa vào bảng tra theo phương pháp Ziegler-Nichols cho đối tượng không trễ bên dưới, chúng ta xác định được các tham số của bộ điều khiển PI và PID như sau:

	$K_c$	$\tau_I$	$\tau_D$
P	$0.5K_o$		
PI	$0.45K_o$	$\frac{P_o}{1.2}$	
PID	$0.60K_o$	$\frac{P_o}{2}$	$\frac{P_o}{8}$

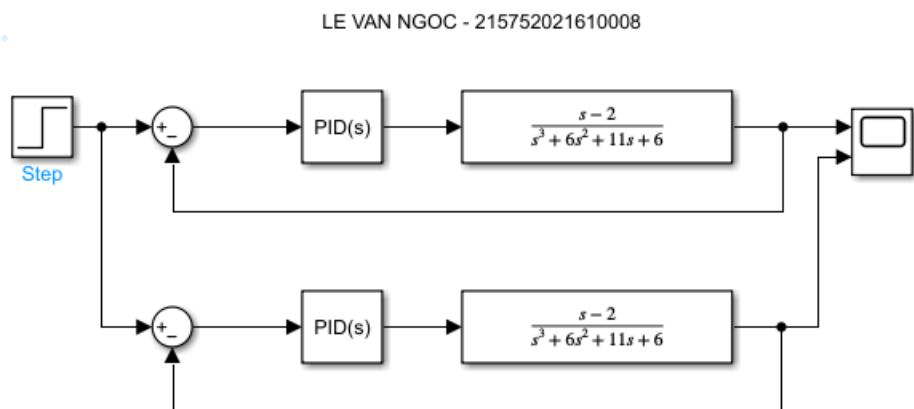
+) bộ điều khiển PI:

$$K_c = 0.45 \times (-7.5) = -3.3, 8\tau_I = \frac{3.35}{1.2} = 2.79$$

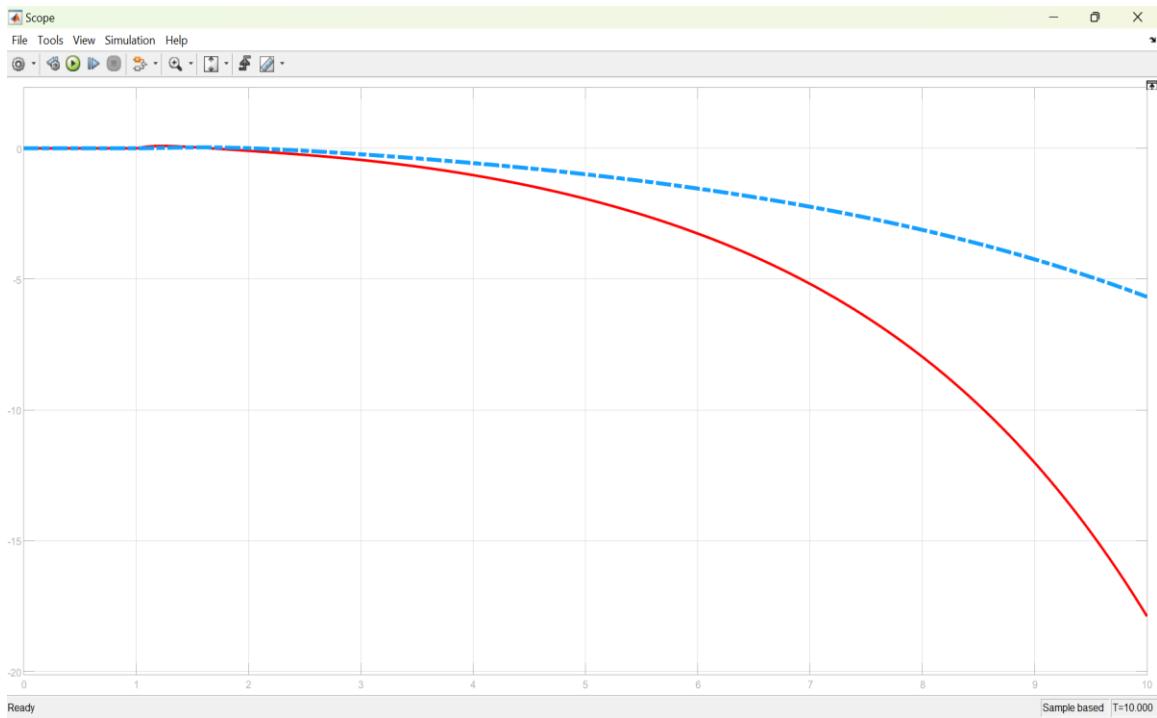
+) bộ điều khiển PID:

$$K_c = 0.6 \times (-7.5) = -4.5, \tau_I = \frac{3.35}{2} = 1.68, \tau_D = \frac{3.35}{8} = 0.42$$

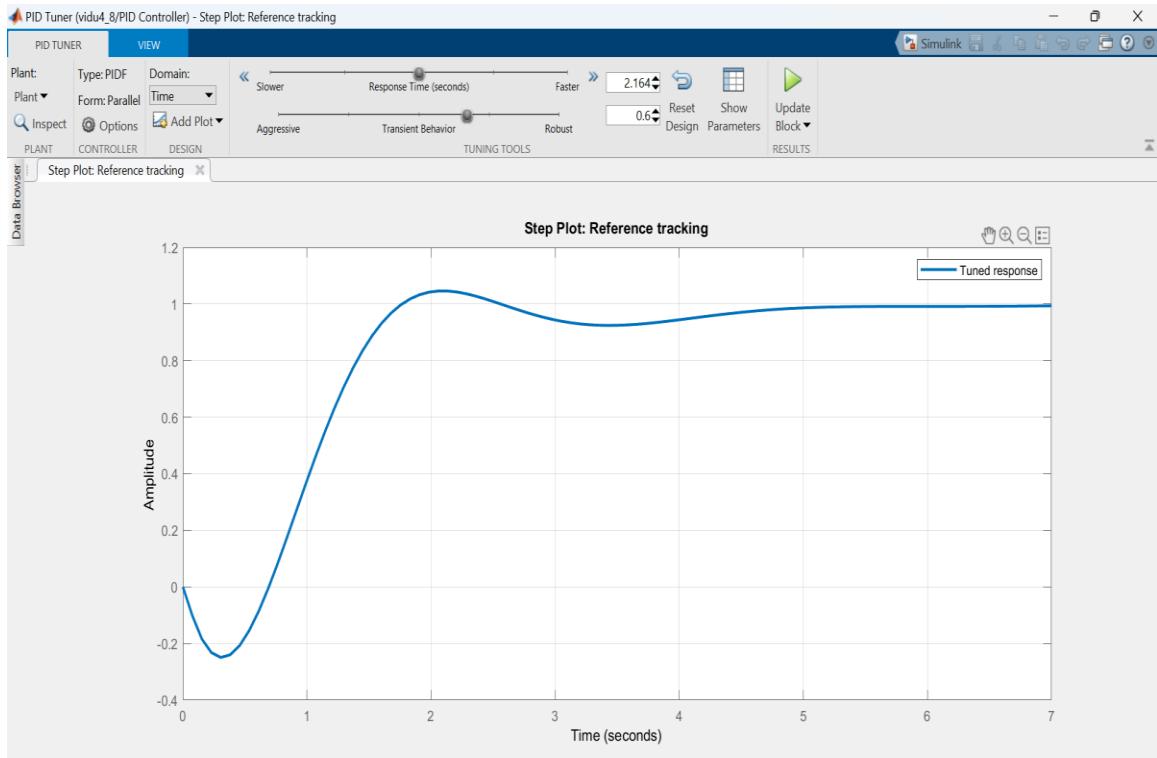
- B4: thiết lập mô hình PI và PID đã chỉnh định trên SIMULINK như sau:



Kết quả mô phỏng:



Sau khi dùng công cụ Tune để tìm ra các hệ số Kp;Ki;Kd



**Bài toán 4.9.** Cho một quá trình có hàm truyền:

$$G(s) = \frac{0.5e^{-20s}}{30s + 1}$$

Hãy chỉnh định các tham số cho bộ điều khiển PI sử dụng các phương pháp:  
Ziegler–Nichols, Cohen–Coon, Wang–Cluett.

Thiết kế mô hình trên simulink:

LE VAN NGOC - 215752021610008

