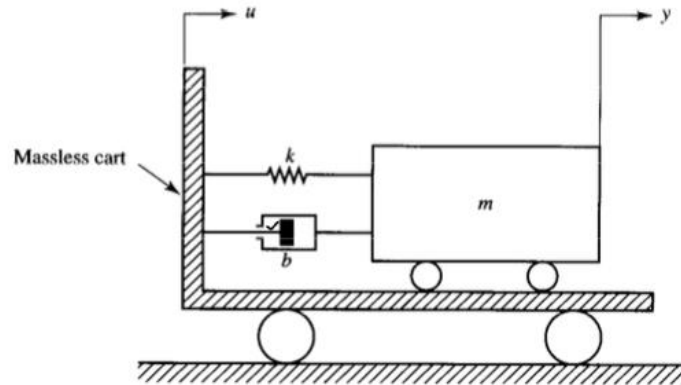


Họ và Tên: Đào Bảo Tín – MSSV:20151230

Câu 1:



a) Tìm mô hình toán của hệ thống dưới dạng phương trình không gian trạng thái

Áp dụng định luật 2 Newton ta xác định được phương trình động lực học của hệ cơ

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = -k(y - u) - b \left(\frac{dy}{dt} - \frac{du}{dt} \right)$$

$$m * \ddot{y} = k(u - y) + b * (\dot{u} - \dot{y})$$

$$\Leftrightarrow \ddot{y} + \frac{k}{m} * y + \frac{b}{m} * \dot{y} = \frac{k}{m} * u + \frac{b}{m} * \dot{u}$$

Với $m = 1\text{kg}$, $k = 0.1$, $b = 0.1$

$$\Leftrightarrow \ddot{y} + \frac{0.1}{1} * y + \frac{0.1}{1} * \dot{y} = \frac{0.1}{1} * u + \frac{0.1}{1} * \dot{u}$$

$$\Leftrightarrow \ddot{y} + 0.1 * y + 0.1 * \dot{y} = 0.1 * u + 0.1 * \dot{u}$$

Đặt biến trạng thái:

$$x_1(t) = y(t)$$

$$x_2(t) = \dot{x}_1(t) - \beta_1 * u(t)$$

Lúc này:

$$\beta_1 = 0.1$$

$$\beta_2 = 0.1 - 0.1 * 0.1 = 0.09$$

Hệ phương trình trạng thái:

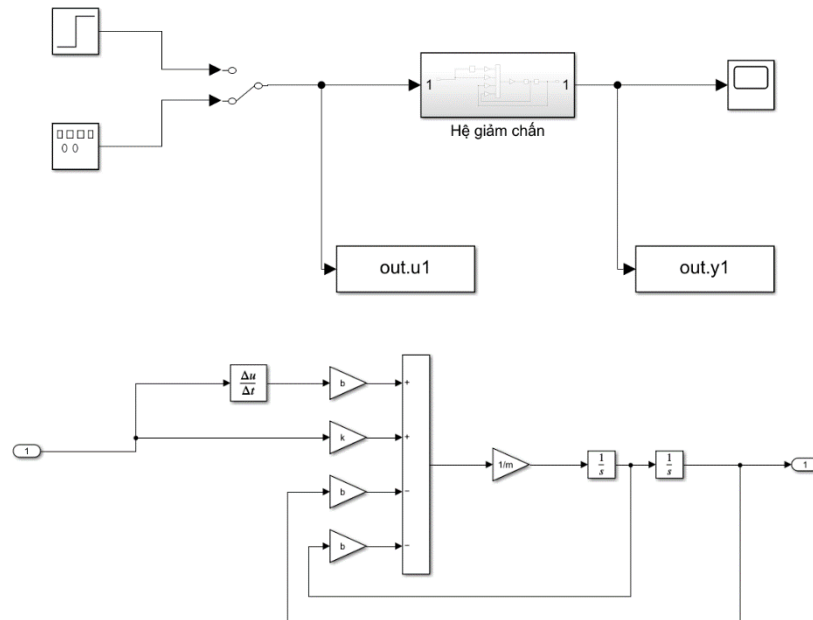
$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx \end{cases}$$

Ta có:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix}, x = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -0.1 & -0.1 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0.1 \\ 0.09 \end{bmatrix}, C = [1 \ 0]$$

b) Thực hiện lấy mẫu với bộ dữ liệu với số liệu trên

- Hình vẽ Simulink



- Thời gian lấy mẫu 0.1 giây trong 100 giây
- Với bộ thông số là:

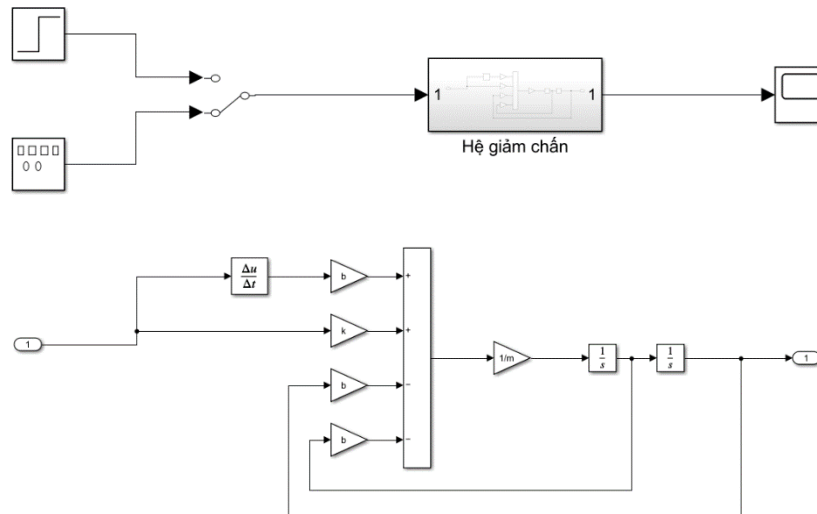
```
%thông số hệ thống
m = 1;
k = 0.1;
b = 0.1;
```

- Ta lấy 10 số liệu đầu

Time	u1	y1
0	0.5164	0
0.1	19.157	-0.426
0.2	19.547	-0.882
0.3	-16.085	-1.323
0.4	-4.5885	-1.7777
0.5	-8.4759	-2.221
0.6	-10.8	-2.6757
0.7	-5.0814	-3.115
0.8	15.84	-3.5564
0.9	-8.7823	-3.9759
1	-13.558	-4.4217

c) Khởi tạo thông số m, k, b bất kì thực hiện nhận dạng thông số hệ thống trên bằng Matlab/Simulink

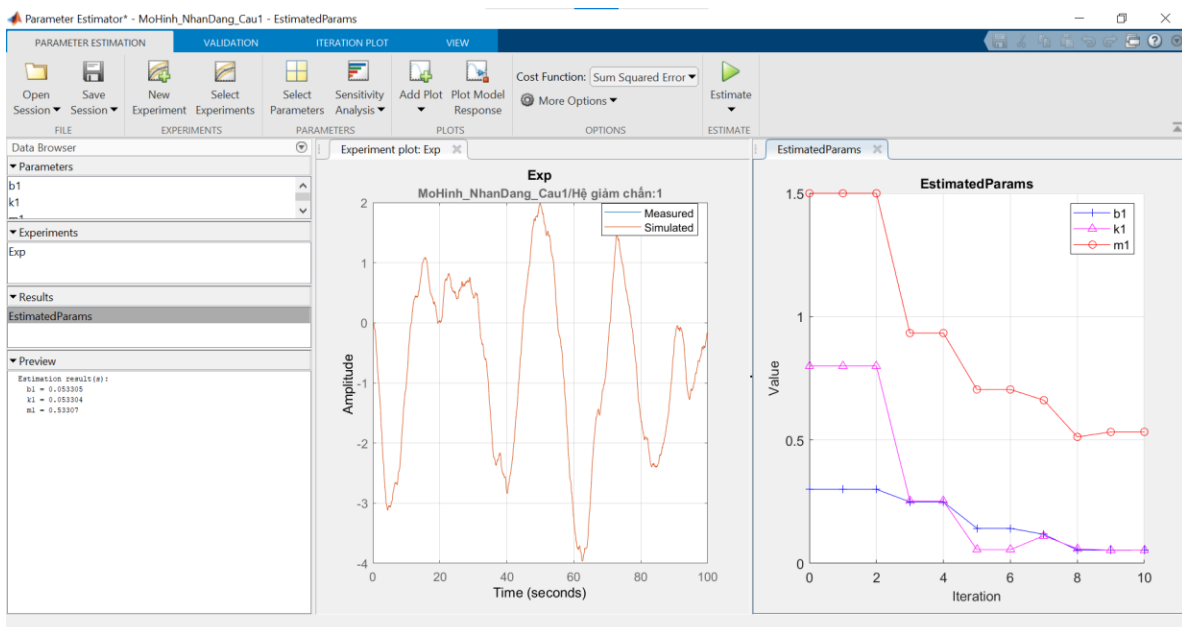
- Mô hình nhận dạng



- Thời gian lấy mẫu 0.1 giây trong 100 giây.
- Khởi tạo thông số mới

```
%bộ thông số mới
m1 = 1.5;
k1 = 0.8;
b1 = 0.3;
```

- Kết quả sau khi nhận dạng



- Ta tìm được thông số: $m = 0.53307$, $k = 0.053304$, $b = 0.053305$.

d) Thiết kế bộ điều khiển cho hệ thống với bộ thông số nhận dạng được

- Với bộ thông số nhận dạng được ở câu c là $m = 0.53307$, $k = 0.053304$, $b = 0.053305$.
- Ta có:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix}, x = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -0.1 & -0.1 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0.1 \\ 0.09 \end{bmatrix}, C = [1 \ 0]$$

- Hệ phương trình trạng thái

$$\begin{cases} \dot{x} = A * x + B * u \\ y = C * x \end{cases}$$

$$E = [B \ A * B] = \begin{bmatrix} 0.1 & -0.09 \\ 0.01 & -0.019 \end{bmatrix}$$

- Matlab

```
clear all;  
clc;
```

```
A = [0 1; -0.1 -0.1];  
B = [0.1; 0.09];  
C = [1 0; 0 1];  
D = [0; 0];
```

```
% Tạo LMI và khai báo biến
```

```
setlmis([]);
```

```
% Khai báo ma trận W kích thước 2x1
```

```
W = lmivar(1, [2 1]);
```

```
% Khai báo ma trận H kích thước 1x2
```

```
H = lmivar(2, [1 2]);
```

```
% Điều kiện LMI1:  $W > 0$ 
```

```
lmiterm([-1 1 1 W], 1, 1);
```

```
lmiterm([1 1 1 0], 0);
```

```
% Điều kiện LMI2:  $W * A' + A * W - H' * B' - B * H < 0$ 
```

```
lmiterm([2 1 1 W], 1, A', 's');
```

```
lmiterm([2 1 1 W], A, 1, 's');
```

```
lmiterm([2 1 1 -H], -1, B', 's');
```

```
lmiterm([2 1 1 H], -B, 1, 's');
```

```
% Giải phương trình LMI
```

```
lmisys = getlmis;
```

```
[tmin, Xfeas] = feasp(lmisys);
```

```
W = dec2mat(lmisys, Xfeas, W);
```

```
H = dec2mat(lmisys, Xfeas, H);
```

```
% Kiểm tra giá trị riêng của ma trận W
```

```
eig(W)
```

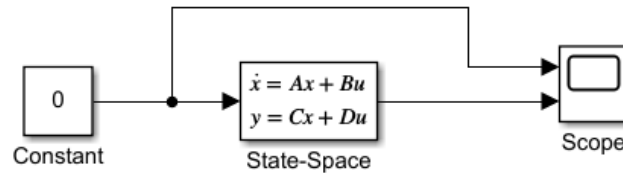
```
% Tính ma trận K
```

```
K = H * inv(W)
```

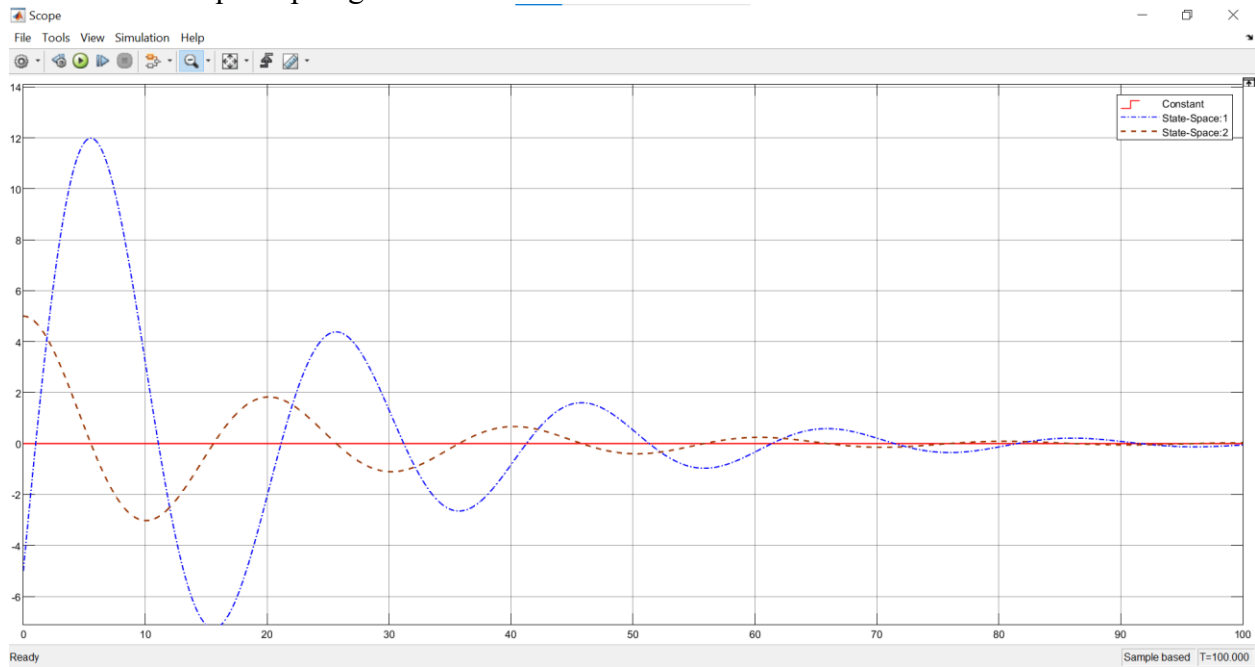
```
→  $K = [3.4695 \ 2.3644]$ 
```

e) **Mô phỏng hệ thống bao gồm bộ điều khiển và nhận xét kết quả.**

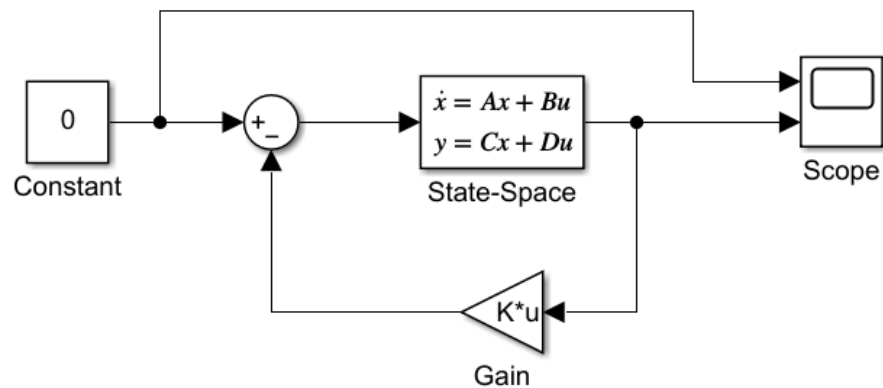
- Simulink hệ thống chưa có bộ điều khiển với $x_1 = -5, x_2 = 5$:



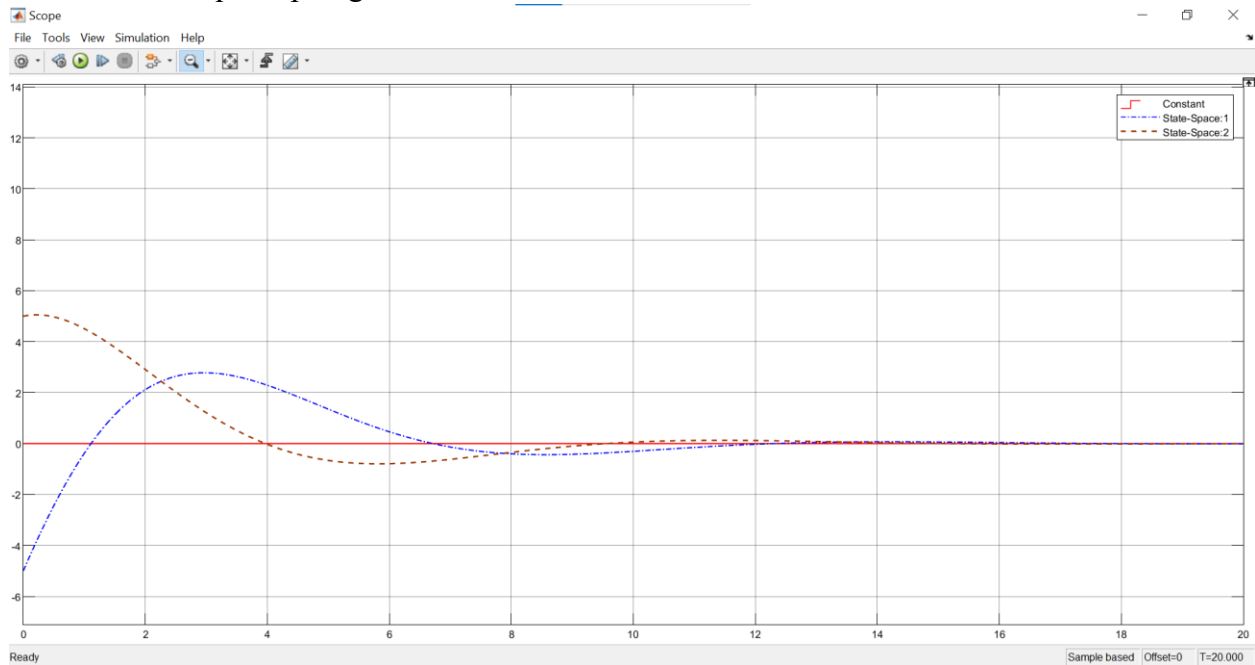
- Kết quả đáp ứng:



- Simulink hệ thống có bộ điều khiển phản hồi với $x_1 = -5, x_2 = 5$:



- Kết quả đáp ứng



- Nhận xét: Khi dùng hệ thống có bộ điều khiển phản hồi thì thời gian xác lập ngắn hơn.

Câu 2: The simple model of the DC motor is demonstrated in the Fig. 1 as follows

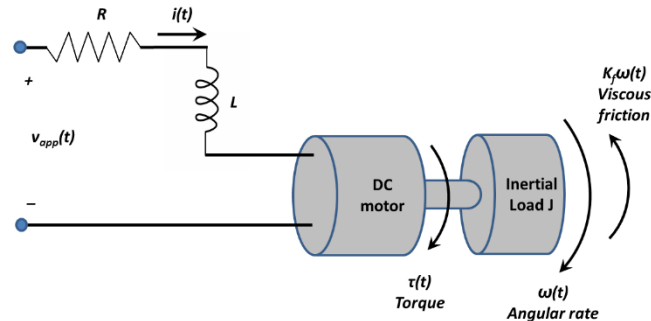


Fig.1 Model of the DC motor with the inertial load.

The linear model of DC motor is

where i is the current, ω is the angular rate of the load, $v_{app(t)}$ is the input voltage, and y is output. The parameters of the DC motor are $R = 2.0 [W]$, $L = 0.5 [H]$, $K_m = 0.015$ (torque constant), $K_b = 0.015$ (emf constant), $K_f = 0.2 [Nms]$, $J = 0.02 [kg.m^2]$

- Tìm mô hình toán của hệ thống dưới dạng phương trình không gian trạng thái.
- Thực hiện lấy mẫu với bộ dữ liệu với số liệu như trên
- Khởi tạo một bộ thông số bất kì, thực hiện nhận dạng thông số hệ thống trên bằng Matlab/simulink

- d) Thiết kế bộ điều khiển cho hệ thống với bộ thông số nhận dạng được
- e) Mô phỏng hệ thống bao gồm bộ điều khiển và nhận xét kết quả.

a) Mô hình toán của hệ thống dưới dạng phương trình không gian trạng thái

- Phương trình điện áp của mạch phần cứng

$$V_a(t) = e_a(t) + R_{\text{vr}} i_{\text{vr}}(t) + L \frac{di_{\text{vr}}(t)}{dt}$$

- Suất điện động cảm ứng trong motor

$$e_a(t) = K_b \omega(t)$$

- Phương trình mô-men điện từ

$$M_e = K_f \omega(t) + J \frac{d\omega(t)}{dt}; M_e(t) = K_m i_{\text{vr}}(t)$$

- Ta có

$$\begin{cases} V_a(t) = K_b \omega(t) + R i_{\text{vr}}(t) + L \frac{di_{\text{vr}}(t)}{dt} \\ K_m i_{\text{vr}}(t) = K_f \omega(t) + J \frac{d\omega(t)}{dt} \end{cases}$$

- Đặt

$$\begin{cases} x_1(t) = i_{\text{vr}}(t) \\ x_2(t) = \omega(t) \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{bmatrix} \frac{dx_1(t)}{dt} \\ \frac{dx_2(t)}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{K_f}{J} & -\frac{K_m}{J} \\ -\frac{K_b}{L_{\text{vr}}} & -\frac{R_{\text{vr}}}{L_{\text{vr}}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix}$$

- Hệ phương trình trạng thái

$$\begin{cases} \dot{x} = A * x + B * u \\ y = C * x \end{cases}$$

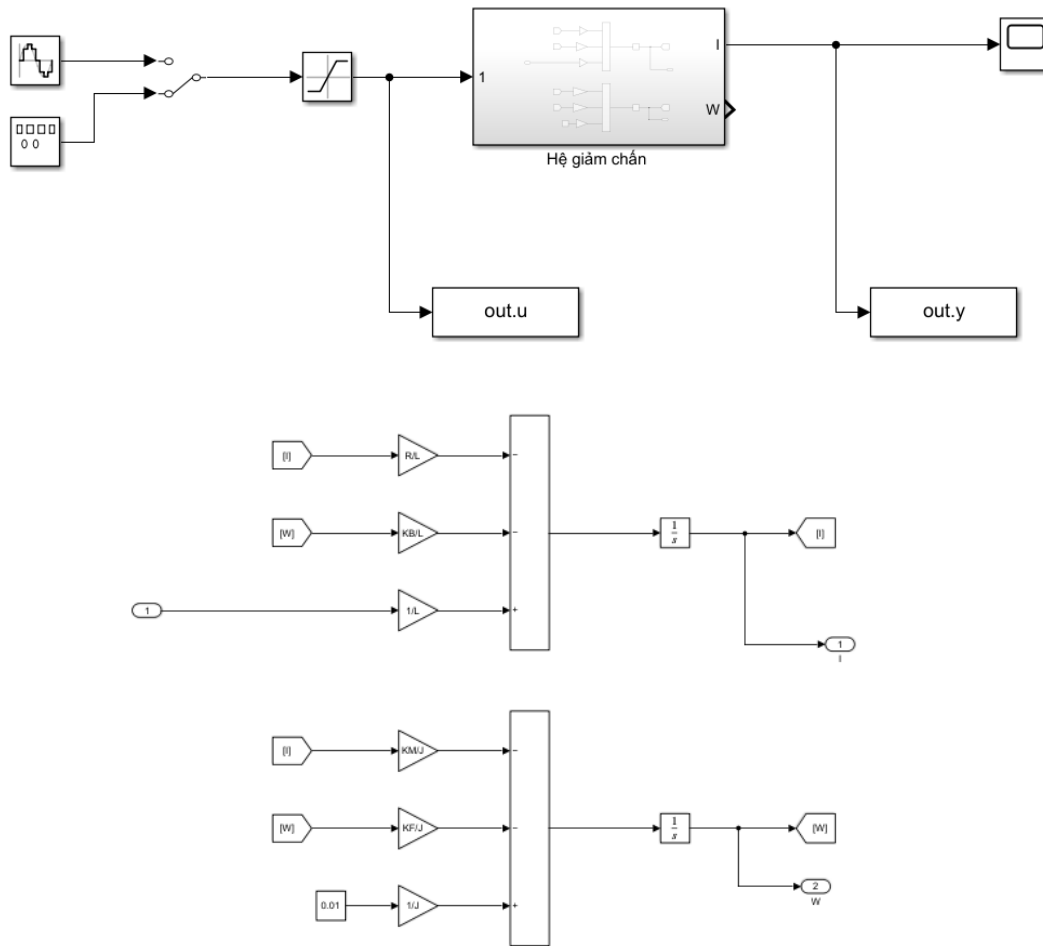
- Ta có

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} -\frac{k_f}{J} & \frac{k_m}{J} \\ -\frac{k_b}{L_{\text{vr}}} & -\frac{R_{\text{vr}}}{L_{\text{vr}}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -10 & 0.75 \\ -0.03 & -4 \end{bmatrix},$$

$$x = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{L_{\text{vr}}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$$

b) Thực hiện lấy mẫu với bộ dữ liệu số liệu như trên

- Hình vẽ Simulink



- Thời gian lấy mẫu 0.01 giây trong 100 giây
- Với bộ thông số là:

%Thông số động cơ DC

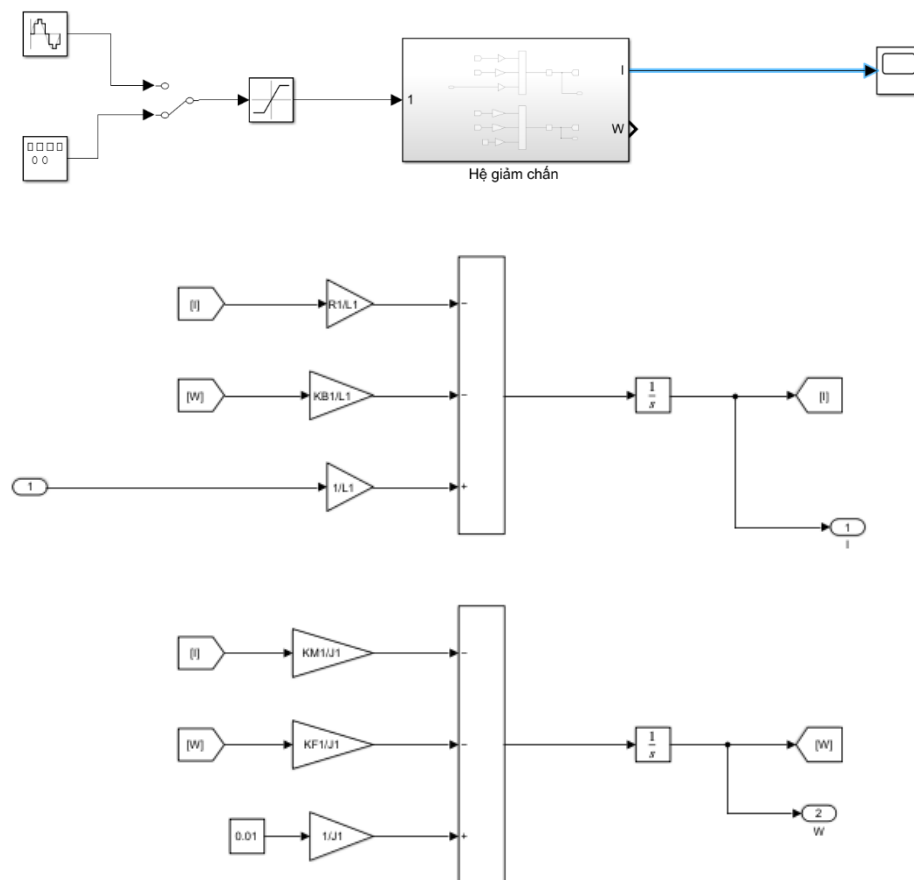
```
R = 2;
L = 0.5;
KM = 0.015;
KB = 0.015;
KF = 0.2;
J = 0.02;
```


- Ta lấy dữ liệu 10 số đầu

Time	u	y
0	0.516357431	0
0.01	-1.580649978	0.010123
0.02	-5.984185052	-0.02127
0.03	-12	-0.13776
0.04	-2.653158243	-0.36762
0.05	8.369407909	-0.40523
0.06	-12	-0.22527
0.07	-12	-0.45171
0.08	-5.229883671	-0.66927
0.09	-12	-0.74557

c) Khởi tạo một bộ thông số J, KB, KF, KM, L, R bất kì, thực hiện nhận dạng thông số hệ thống trên bằng Matlab/simulink

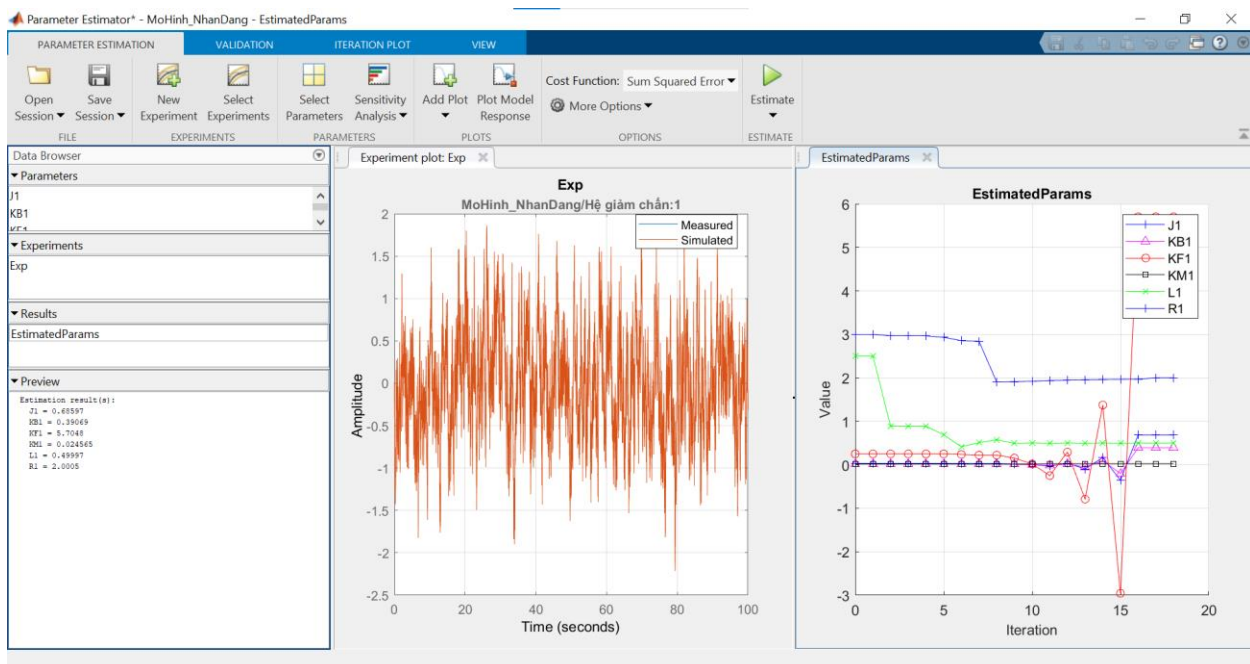
- Hình vẽ Simulink



- Khởi tạo bộ thông số mới:

```
%Thông số bất kì mới của động cơ DC
R1 = 3;
L1 = 2.5;
KM1 = 0.017;
KB1 = 0.017;
KF1 = 0.25;
J1 = 0.03;
```

- Kết quả sau khi nhận dạng



Ta tìm được thông số: $J = 0.68597$, $KB = 0.39069$, $KF = 5.7048$, $KM = 0.024565$, $L = 0.49997$, $R = 2.0005$.

d) Thiết kế bộ điều khiển cho hệ thống với bộ thông số nhận dạng được

- Với bộ thông số nhận dạng được ở câu c là $J = 0.68597$, $KB = 0.39069$, $KF = 5.7048$, $KM = 0.024565$, $L = 0.49997$, $R = 2.0005$.

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} -8.3164 & -0.0358 \\ -0.7814 & -4.0012 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$$

- Hệ phương trình trạng thái

$$\begin{cases} \dot{x} = A * x + B * u \\ y = C * x \end{cases}$$

$$\mathcal{E} = [B \ A * B] = \begin{bmatrix} 0 & 0.0716 \\ 2 & -8.0024 \end{bmatrix}$$

- Matlab

```
clear all;
clc;

A = [-8.3164 -0.0358; -0.7814 -4.0012];
B = [0; 2];
C = [1 0; 0 1];
D = [0; 0];

% Tạo LMI và khai báo biến
setlmis([]);
% Khai báo ma trận W kích thước 2x1
W = lmivar(1, [2 1]);
% Khai báo ma trận H kích thước 1x2
H = lmivar(2, [1 2]);

% Điều kiện LMI1:  $W > 0$ 
lmiterm([-1 1 1 W], 1, 1);
lmiterm([1 1 1 0], 0);

% Điều kiện LMI2:  $W \cdot A' + A \cdot W - H' \cdot B' - B \cdot H < 0$ 
lmiterm([2 1 1 W], 1, A', 's');
lmiterm([2 1 1 W], A, 1, 's');
lmiterm([2 1 1 -H], -1, B', 's');
lmiterm([2 1 1 H], -B, 1, 's');

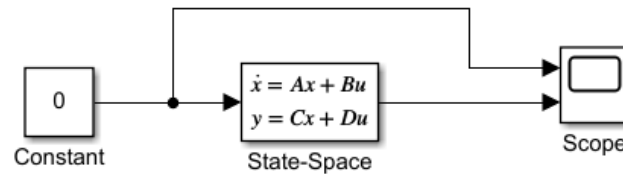
% Giải phương trình LMI
lmisys = getlmis;
[tmin, Xfeas] = feasp(lmisys);
W = dec2mat(lmisys, Xfeas, W);
H = dec2mat(lmisys, Xfeas, H);

% Kiểm tra giá trị riêng của ma trận W
eig(W)

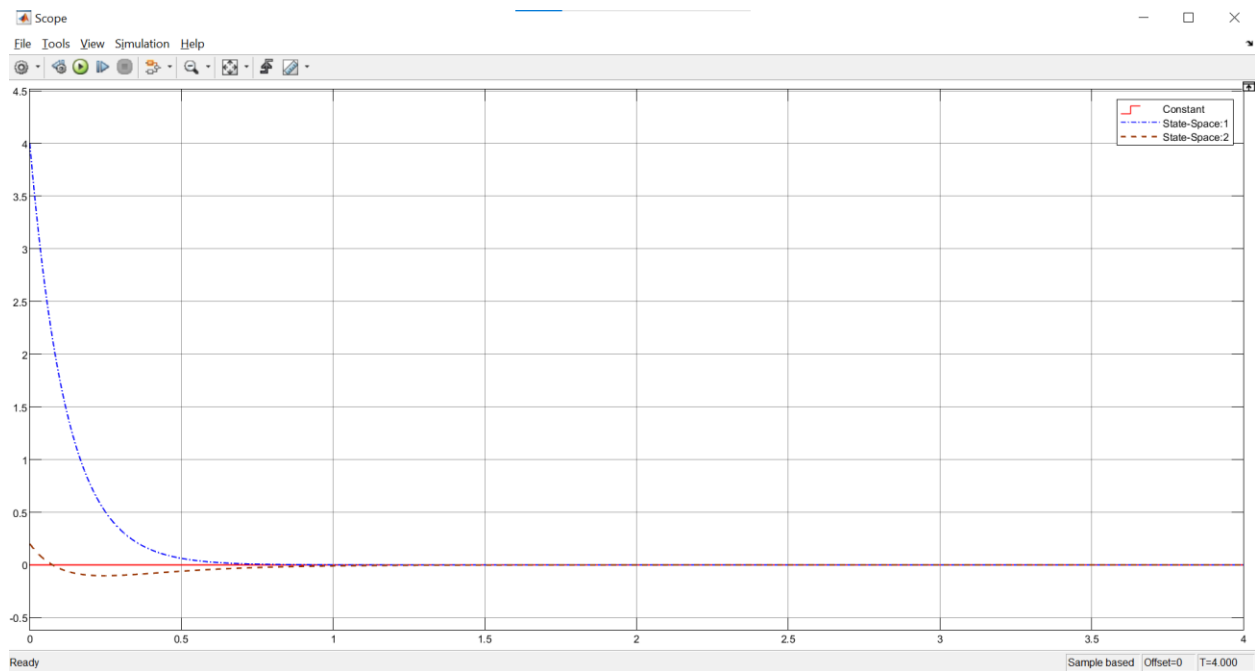
% Tính ma trận K
K = H * inv(W)
→  $K = [-0.1009 \quad -1.8762]$ 
```

e) **Mô phỏng hệ thống bao gồm bộ điều khiển và nhận xét kết quả.**

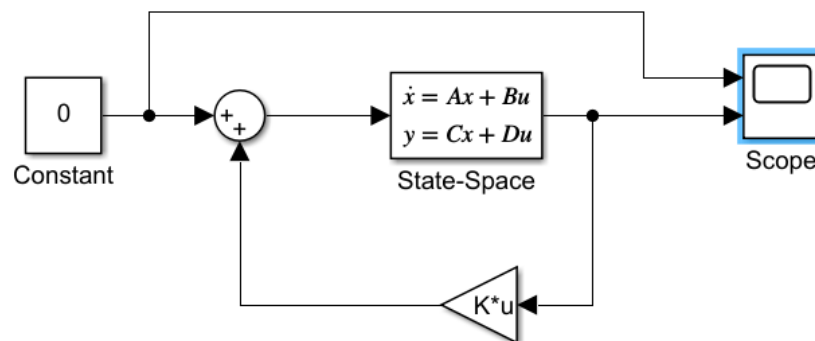
- Simulink hệ thống chưa có bộ điều khiển với $\omega = 4, i = 0.2$:



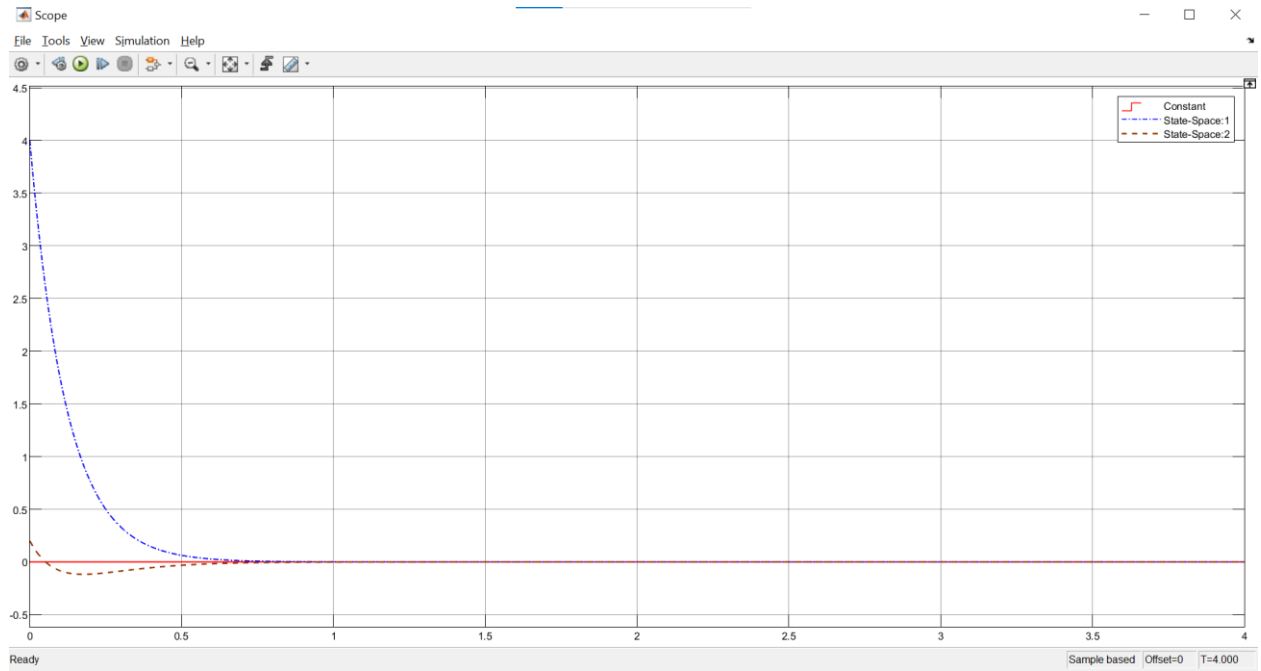
- Kết quả đáp ứng:



- Simulink hệ thống có bộ điều khiển phản hồi với $\omega = 4, i = 0.2$:



- Kết quả đáp ứng



- Nhận xét: Khi dùng hệ thống có bộ điều khiển phản hồi thì gần như không có sự thay đổi lớn nào.