

# Bài tập lớn Động lực học và Điều khiển (ME3011) - Lớp DT01 - Học kỳ 243

Sinh viên thực hiện: Nguyễn Đức Đạt, Trần Quang Thọ

## 1. Khai báo các biến, các ma trận và các hàm truyền

Khai báo các hằng số:

```
x = 9;  
y = 7;  
z = 2;  
  
m1 = (x + y + z) / 10;  
m2 = (y + z) / 20;  
L = (y + z) / 20;  
B = (x + z) / (10 * y);  
b = (x + y) / (10 * z);  
g = 9.81;
```

Khai báo các ma trận:

```
A = [0 1 0 0;  
      0 (-B/m1) (-m2*g/m1) (-b/(m1*L));  
      0 0 0 1;  
      0 (-B/(m1*L)) (-(m1+m2)*g/(m1*L)) (-(m1+m2)*b/(m1*m2*L^2))];  
B_ = [0; (1/m1); 0; (1/(m1*L))];  
C = [1 0 0 0; 0 0 1 0];  
D = zeros(2,1);  
sys = ss(A, B_, C, D)
```

sys =

```
A =  
      x1      x2      x3      x4  
x1      0      1      0      0  
x2      0 -0.0873 -2.453 -0.9877  
x3      0      0      0      1  
x4      0 -0.194 -27.25 -10.97
```

```
B =  
      u1  
x1      0  
x2 0.5556  
x3      0  
x4 1.235
```

```
C =  
      x1  x2  x3  x4  
y1      1   0   0   0  
y2      0   0   1   0
```

```
D =  
      u1  
y1      0
```

y2 0

Continuous-time state-space model.  
Model Properties

Các hàm truyền:

```
G = tf(sys);  
G1 = G(1) % Hàm truyền quan hệ giữa vị trí và lực
```

```
G1 =  
  
      0.5556 s^2 + 4.877 s + 12.11  
-----  
s^4 + 11.06 s^3 + 28.02 s^2 + 1.903 s
```

Continuous-time transfer function.  
Model Properties

```
G2 = G(2) % Hàm truyền quan hệ giữa góc lắc và lực
```

```
G2 =  
  
      1.235 s + 1.938e-16  
-----  
s^3 + 11.06 s^2 + 28.02 s + 1.903
```

Continuous-time transfer function.  
Model Properties

```
save('bien.mat', 'sys', 'G1', 'G2', 'm1', 'm2', 'L', 'B', 'b', 'g');
```

## 2. Phân tích hệ thống

Tải các biến từ tập **bien.mat**.

```
load('bien.mat');
```

Tập Simulink để phân tích hệ thống

```
open_system('phan_tich_he_thong_ode')
```

## 3. Thiết kế và kiểm chứng hệ thống điều khiển

### 3.1. Con lắc đơn

#### 3.1.1. Thiết kế bộ điều khiển PID

Tải các biến từ tập **bien.mat**.

```
load('bien.mat');
```

Thiết kế bộ điều khiển PID thỏa  $T_s < 5$  giây và sai số góc quanh vị trí cân bằng là 0.05 rad. Tập thiết kế được lưu với tên **thiet\_ke\_PID\_con\_lac.mat**.

```
controlSystemDesigner('rlocus', G2);  
pause;
```

Lưu giá trị bộ điều khiển PID vào tệp **PID\_con\_lac.mat**.

```
C_PID_con_lac = tf(C_PID_con_lac);  
Kpc = C_PID_con_lac.Numerator{1}(2)
```

```
Kpc =  
50.665
```

```
Kdc = C_PID_con_lac.Numerator{1}(1)
```

```
Kdc =  
6.525
```

```
Kic = C_PID_con_lac.Numerator{1}(3)
```

```
Kic =  
98.716
```

```
save('PID_con_lac.mat', 'Kpc', 'Kic', 'Kdc');
```

### 3.1.2. Kiểm chứng bộ điều khiển PID

Tải các biến từ tệp **bien.mat** và các hệ số PID từ tệp **PID\_con\_lac.mat**.

```
load('bien.mat')  
load('PID_con_lac.mat');
```

Tập Simulink để kiểm chứng bộ điều khiển PID của con lắc.

```
open_system('kiem_chung_con_lac');
```

## 3.2. Thiết kế bộ điều khiển PID cho xe đẩy

### 3.2.1. Thiết kế bộ điều khiển PID

Tải các biến từ tệp **bien.mat**.

```
load('bien.mat');
```

Thiết kế bộ điều khiển PID thỏa  $T_s < 3$  giây và độ vọt lố là 15%.

```
controlSystemDesigner('rlocus', G1);  
pause;
```

Lưu giá trị bộ điều khiển PID vào tệp **PID\_xe\_day.mat**.

```
C_PID_xe_day = tf(C_PID_xe_day);  
Kpx = C_PID_xe_day.Numerator{1}(2)
```

```
Kpx =
```

2786.3

```
Kdx = C_PID_xe_day.Numerator{1}(1)
```

```
Kdx =  
159.39
```

```
Kix = C_PID_xe_day.Numerator{1}(3)
```

```
Kix =  
25638
```

```
save('PID_xe_day.mat', 'Kpx', 'Kix', 'Kdx');
```

### 3.2.2. Kiểm chứng bộ điều khiển PID

Tải các biến từ tệp **bien.mat** và các hệ số PID từ tệp **PID\_xe\_day.mat**.

```
load('bien.mat')  
load('PID_xe_day.mat');
```

Tập Simulink để kiểm chứng bộ điều khiển PID của xe đẩy.

```
open_system('kiem_chung_xe_day');
```

## 3.3. Thiết kế bộ điều khiển không gian trạng thái

### 3.3.1. Thiết kế bộ điều khiển không gian trạng thái

Tải các biến từ tệp **bien.mat**.

```
load('bien.mat');
```

Kiểm tra tính điều khiển được và quan sát được của hệ thống

```
rank(ctrb(sys.A, sys.B)), rank(observ(sys.A, sys.C))
```

```
ans =  
4  
ans =  
4
```

Tìm các cực thống trị của hệ theo yêu cầu thiết kế của vị trí xe đẩy x

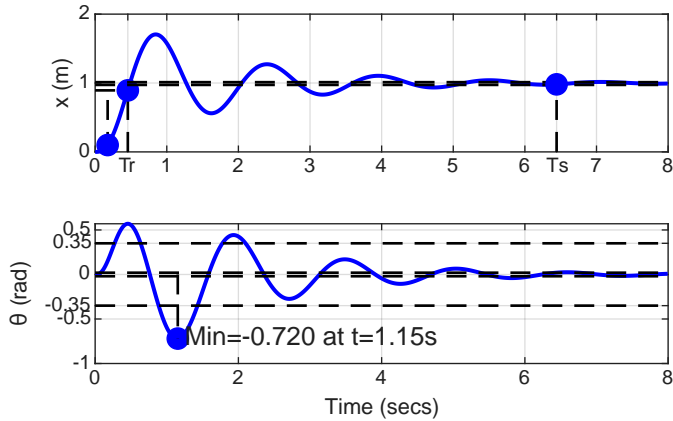
```
Ts = 5; % Thời gian xác lập  
Tr = 0.5; % Thời gian t ng  
wn = 1.8 / Tr; % Tần số tự nhiên  
z = 4 / (Ts * wn); % Tỷ số giảm chấn  
p_ = -wn*z + 1j*wn*sqrt(1-z^2); % Cặp cực thống trị
```

Chọn các cực khác xa trục ảo  $j\omega$  5 lần so với cặp cực thống trị.

```
p = [p_ conj(p_) 5*real(p_) 5*real(p_) 5*real(p_) 5*real(p_)];  
[K, Ke, sysC, thông_tin] = bo_dieu_khien_con_lac_xe_day(sys, p, 8);
```

áp ứng của vị trí xe đẩy  $x$  với đầu vào  $[x_d \ \theta_d] = [1 \ 0]$ :  
 Thời gian t<sub>ng</sub>: 0.284163 giây.  
 Thời gian xác lập: 6.442950 giây.  
 Độ vọt lố : 70.536219%.  
 Giá trị ình: 1.705362.  
 Thời gian ình: 0.845020 giây.

áp ứng của góc lắc con lắc  $\theta$  với đầu vào  $[x_d \ \theta_d] = [1 \ 0]$ :  
 Giá trị ình: 0.720018.  
 Thời gian ình: 1.153519 giây.

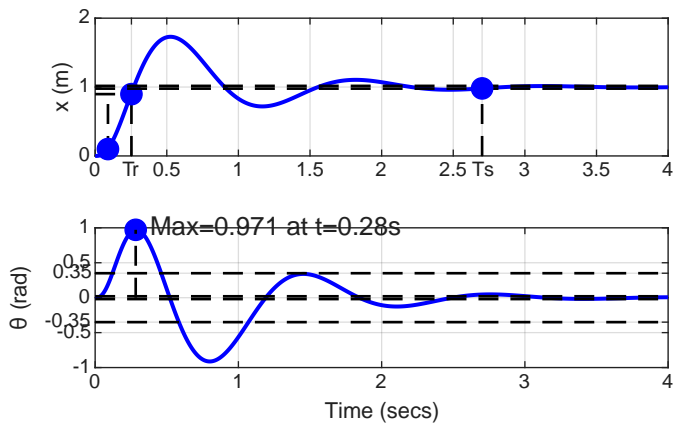


Chọn các cực khác xa trục ảo  $j\omega$  10 lần so với cặp cực thống trị.

```
p = [p_ conj(p_) 10*real(p_) 10*real(p_) 10*real(p_) 10*real(p_)];
[K, Ke, sysC, thông_tin] = bo_dieu_khien_con_lac_xe_day(sys, p, 4);
```

áp ứng của vị trí xe đẩy  $x$  với đầu vào  $[x_d \ \theta_d] = [1 \ 0]$ :  
 Thời gian t<sub>ng</sub>: 0.163745 giây.  
 Thời gian xác lập: 2.701316 giây.  
 Độ vọt lố : 72.991323%.  
 Giá trị ình: 1.729913.  
 Thời gian ình: 0.528816 giây.

áp ứng của góc lắc con lắc  $\theta$  với đầu vào  $[x_d \ \theta_d] = [1 \ 0]$ :  
 Giá trị ình: 0.971167.  
 Thời gian ình: 0.283028 giây.



Chọn các cực khác xa trục ảo  $j\omega$  15 lần so với cặp cực thống trị.

```
p = [p_ conj(p_) 15*real(p_) 15*real(p_) 15*real(p_) 15*real(p_)];
```

```
[K, Ke, sysC, thông_tin] = bo_dieu_khien_con_lac_xe_day(sys, p, 2.5);
```

áp ứng của vị trí xe đẩy  $x$  với đầu vào  $[x_d \ \theta_d] = [1 \ 0]$ :

Thời gian t<sub>ng</sub>: 0.114937 giây.

Thời gian xác lập: 1.657131 giây.

ộ vọt lố : 62.380906%.

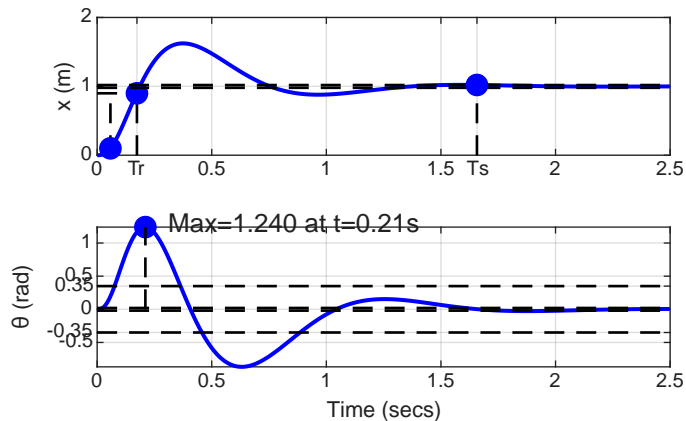
Giá trị ãnh: 1.623809.

Thời gian ãnh: 0.373462 giây.

áp ứng của góc lắc con lắc  $\theta$  với đầu vào  $[x_d \ \theta_d] = [1 \ 0]$ :

Giá trị ãnh: 1.240210.

Thời gian ãnh: 0.210401 giây.



Chọn các cực khác xa trục ảo  $j\omega$  3 lần so với cặp cực thống trị.

```
p = [p_ conj(p_) 3*real(p_) 3*real(p_) 3*real(p_) 3*real(p_)];
[K, Ke, sysC, thông_tin] = bo_dieu_khien_con_lac_xe_day(sys, p, 7);
```

áp ứng của vị trí xe đẩy  $x$  với đầu vào  $[x_d \ \theta_d] = [1 \ 0]$ :

Thời gian t<sub>ng</sub>: 0.433415 giây.

Thời gian xác lập: 6.500586 giây.

ộ vọt lố : 46.476737%.

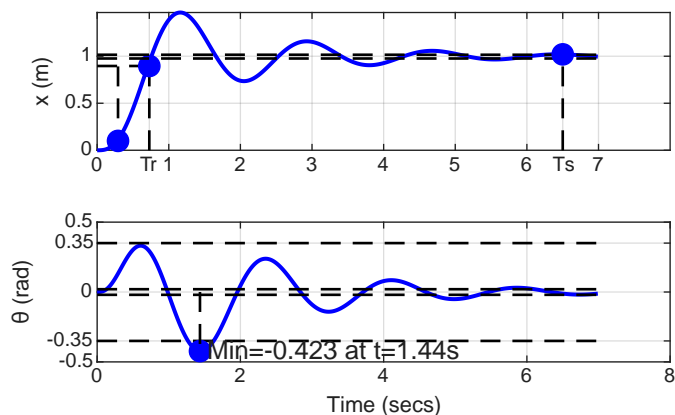
Giá trị ãnh: 1.464767.

Thời gian ãnh: 1.165098 giây.

áp ứng của góc lắc con lắc  $\theta$  với đầu vào  $[x_d \ \theta_d] = [1 \ 0]$ :

Giá trị ãnh: 0.423073.

Thời gian ãnh: 1.435567 giây.



Chọn các cực khác xa trục ảo  $j\omega$  1 lần so với cặp cực thống trị.

```
p = [p_ conj(p_) real(p_) real(p_) real(p_) real(p_)];
[K, Ke, sysC, thông_tin] = bo_dieu_khien_con_lac_xe_day(sys, p, 7);
```

áp ứng của vị trí xe đẩy  $x$  với đầu vào  $[x_d \ \theta_d] = [1 \ 0]$ :

Thời gian t<sub>ng</sub>: 1.992884 giây.

Thời gian xác lập: 5.483357 giây.

ộ vọt lố : 3.347084%.

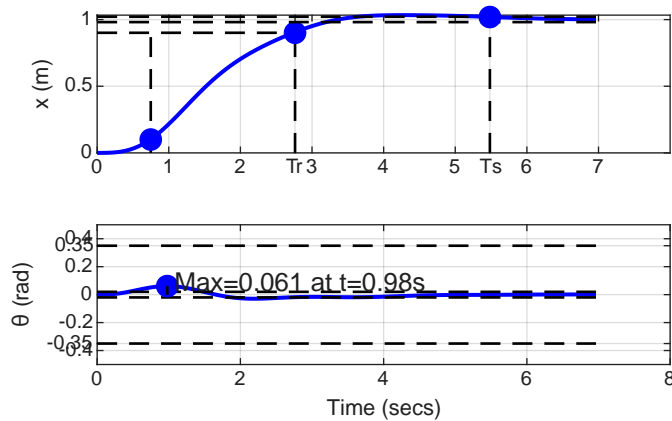
Giá trị ình: 1.033471.

Thời gian ình: 4.259782 giây.

áp ứng của góc lắc con lắc  $\theta$  với đầu vào  $[x_d \ \theta_d] = [1 \ 0]$ :

Giá trị ình: 0.061097.

Thời gian ình: 0.978599 giây.



Chọn 2 cực khác xa trục ảo  $j\omega$  1 lần và 2 cực khác xa trục ảo  $j\omega$  lần so với cặp cực thống trị.

```
p = [p_ conj(p_) real(p_) real(p_) 15*real(p_) 15*real(p_)];
[K, Ke, sysC, thông_tin] = bo_dieu_khien_con_lac_xe_day(sys, p, 6);
```

áp ứng của vị trí xe đẩy  $x$  với đầu vào  $[x_d \ \theta_d] = [1 \ 0]$ :

Thời gian t<sub>ng</sub>: 0.479530 giây.

Thời gian xác lập: 3.938183 giây.

ộ vọt lố : 17.331987%.

Giá trị ình: 1.173320.

Thời gian ình: 1.052443 giây.

áp ứng của góc lắc con lắc  $\theta$  với đầu vào  $[x_d \ \theta_d] = [1 \ 0]$ :

Giá trị ình: 0.299378.

Thời gian ình: 0.458564 giây.

