

BỘ GIÁO DỤC & ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH
KHOA ĐIỆN – ĐIỆN TỬ
BỘ MÔN TỰ ĐỘNG ĐIỀU KHIỂN

-----Δ-----



BÀI KIỂM TRA QUÁ TRÌNH 2
NHẬN DẠNG VÀ ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG
ĐỀ TÀI: THIẾT KẾ VÀ MÔ PHỎNG BỘ ĐIỀU
KHIỂN LQG CHO HỆ CON LẮC NGƯỢC

GVHD: PHAN MINH ĐIỀN

SVTH:

MSSV:

Tp. Hồ Chí Minh tháng 6 năm 2022

Lời cảm ơn

Mục lục

Lời cảm ơn.....	i
Mục lục.....	ii
Danh sách hình ảnh	iii
Danh sách bảng	iv
Chương 1. PHƯƠNG TRÌNH VI PHÂN VÀ CÁC THÔNG SỐ HỆ THỐNG.....	1
1.1 THÔNG SỐ VÀ MÔ TẢ TOÁN HỌC CỦA HỆ THỐNG.....	1
1.1.1 Thông số hệ con lắc ngược.....	1
1.1.2 Mô hình toán học của hệ con lắc ngược	1
1.2 THÀNH LẬP HỆ PHƯƠNG TRÌNH CỦA HỆ THỐNG	3
Chương 2. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN LQR.....	6
2.1 THIẾT KẾ BỘ LQR	6
2.1.1 Mô hình hoá hệ con lắc ngược bằng phương trình toán học	6
2.1.2 Cơ sở lý thuyết.....	6
2.1.3 Xây dựng và chọn thông số Q R theo các trường hợp và thiết kế bộ LQR.....	6
2.2 THIẾT KẾ BỘ LỌC KALMAN.....	11
2.2.1 Cơ sở lý thuyết.....	11
2.2.2 Xây dựng bộ lọc Kalman.....	12
2.3 THIẾT KẾ BỘ LQG	13
2.3.1 Cơ sở lý thuyết.....	13
2.3.2 Xây dựng bộ LQG	15
Chương 3. NHẬN XÉT	18
TÀI LIỆU THAM KHẢO	19

Danh sách hình ảnh

Hình 1.1: Mô hình toán học hệ con lắc ngược trên xe	1
Hình 2.1: Mô hình hoá hệ con lắc ngược trên Simulink	6
Hình 2.2 Bộ điều khiển LQR cho hệ con lắc ngược trên phần mềm mô phỏng Simulink	7
Hình 2.3: Biểu đồ góc quay vận tốc góc hệ thống trong trường hợp 1	8
Hình 2.4: Đồ thị vị trí và vận tốc của hệ thống trong trường hợp 1	8
Hình 2.5: Đồ thị lực tác dụng vào hệ thống trong trường hợp 1	9
Hình 2.6: Biểu đồ góc quay vận tốc góc hệ thống trong trường hợp 2	10
Hình 2.7: Đồ thị vị trí và vận tốc của hệ thống trong trường hợp 2	10
Hình 2.8: Đồ thị lực tác dụng vào hệ thống trong trường hợp 2	11
Hình 2.9: Sơ đồ khối bộ lọc Kalman	11
Hình 2.10: Xây dựng bộ lọc Kalman trên Simulink	12
Hình 2.11: Biểu đồ góc quay hệ thống ngẫu nhiên khi có bộ lọc	12
Hình 2.12: Biểu đồ vị trí hệ thống ngẫu nhiên khi có bộ lọc	13
Hình 2.13: Bộ điều khiển LQG cho hệ con lắc ngược	15
Hình 2.14: Thông số của khối nhiễu góc quay	15
Hình 2.15: Thông số của khối nhiễu vị trí	16
Hình 2.16: Biểu đồ góc quay và vận tốc gốc của hệ con lắc ngược sử dụng bộ điều khiển LQG trường hợp có nhiễu	16
Hình 2.17: Biểu đồ vị trí và vận tốc của hệ con lắc ngược sử dụng bộ điều khiển LQG trường hợp có nhiễu	17
Hình 2.18: Biểu đồ lực tác động của hệ con lắc ngược sử dụng bộ điều khiển LQG trường hợp có nhiễu	17

Danh sách bảng

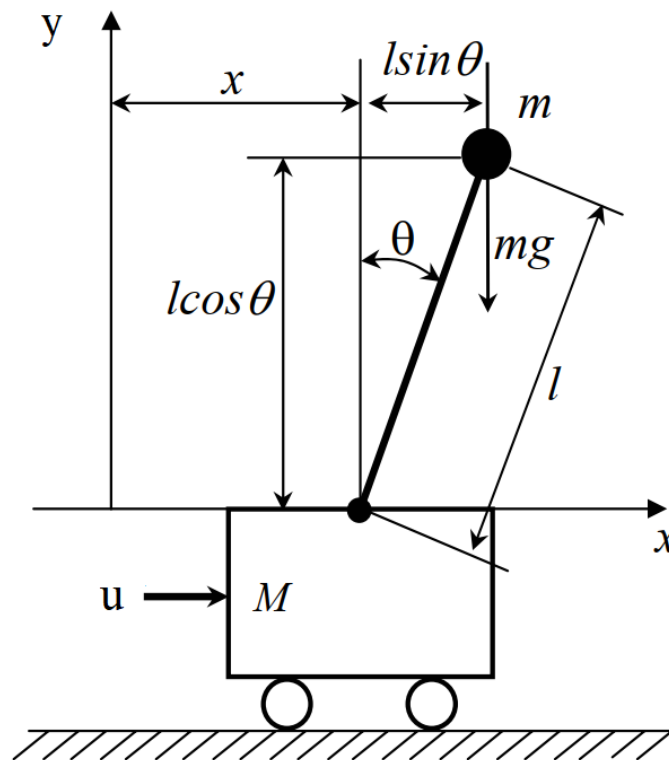
No table of figures entries found.

Chương 1. PHƯƠNG TRÌNH VI PHÂN VÀ CÁC THÔNG SỐ HỆ THỐNG

HỆ THỐNG

1.1 THÔNG SỐ VÀ MÔ TẢ TOÁN HỌC CỦA HỆ THỐNG

1.1.1 Thông số hệ con lắc ngược



Hình 1.1: Mô hình toán học hệ con lắc ngược trên xe

Thông số hệ con lắc ngược

$M = 1.0kg$: Trọng lượng xe

$m = 0.1kg$: Trọng lượng con lắc

$l = 1.0m$: Chiều dài con lắc

u : Lực tác động vào xe $[N]$

g : Gia tốc trọng trường $[m/s^2]$

x : Vị trí xe $[m]$

θ : Góc giữ con lắc và phương thẳng đứng $[rad]$

1.1.2 Mô hình toán học của hệ con lắc ngược

Cách 1: Dùng định luật Newton:

Gọi (x_p, y_p) là tọa độ của vật nặng m ở đầu con lắc, ta có:

$$\begin{aligned}x_p &= x + l \sin \theta \\y_p &= x + l \cos \theta\end{aligned}\tag{1.1}$$

Áp dụng định luật II Newton cho chuyển động theo phương, ta có:

$$M \frac{d^2 x}{dt^2} + m \frac{d^2 x_p}{dt^2} = u\tag{1.2}$$

Thay x_p ở biểu thức (1.1) vào biểu thức (1.2) suy ra:

$$M \frac{d^2 x}{dt^2} + m \frac{d^2 (x + l \sin \theta)}{dt^2} = u\tag{1.3}$$

Khai triển các đạo hàm ở biểu thức (1.3) và rút gọn ta được:

$$(M + m)\ddot{x} - ml(\sin \theta)\dot{\theta}^2 + ml(\cos \theta)\ddot{\theta} = u\tag{1.4}$$

Mặt khác, áp dụng định luật II Newton cho chuyển động quay của con lắc quanh trục ta được:

$$m \frac{d^2 x_p}{dt^2} l \cos \theta - m \frac{d^2 y_p}{dt^2} l \sin \theta = mgl \sin \theta\tag{1.5}$$

Thay (1.1) vào (1.5) suy ra:

$$\left[m \frac{d^2 (x_p + l \sin \theta)}{dt^2} \right] l \cos \theta - \left[m \frac{d^2 (l \cos \theta)}{dt^2} \right] l \sin \theta = mgl \sin \theta\tag{1.6}$$

Khai triển các đạo hàm ở biểu thức (1.6) và rút gọn ta được:

$$m\ddot{x} \cos \theta + ml\ddot{\theta} = mg \sin \theta\tag{1.7}$$

Từ (1.4) và (1.7), ta có thể tính được:

$$\begin{aligned}\ddot{x} &= \frac{u + ml(\sin \theta)\dot{\theta}^2 - mg \cos \theta \sin \theta}{M + m - m(\cos \theta)^2} \\ \ddot{\theta} &= \frac{u \cos \theta - (M + m)g \sin \theta + ml(\cos \theta \sin \theta)\dot{\theta}^2}{ml(\cos \theta)^2 - (M + m)l}\end{aligned}\tag{1.8}$$

Cách 1: Dùng công thức Euler – Lagrange:

Động năng của vật nặng đầu con lắc:

$$\begin{aligned}T_p &= \frac{1}{2} m \dot{x}_p^2 + \frac{1}{2} m \dot{y}_p^2 = \frac{1}{2} m (\dot{x} + l \dot{\theta} \cos \theta)^2 + \frac{1}{2} m (-l \dot{\theta} \sin \theta)^2 \\ \Rightarrow T_p &= \frac{1}{2} m \dot{x}_p^2 + ml \dot{x} \dot{\theta} \cos \theta + \frac{1}{2} ml^2 \dot{\theta}^2\end{aligned}\tag{1.9}$$

Động năng của xe:

$$T_c = \frac{1}{2} M \dot{x}^2 \quad (1.10)$$

Động năng của hệ thống:

$$T = T_p + T_c = \frac{1}{2} (M + m) \dot{x}^2 + ml \dot{x} \dot{\theta} \cos \theta + \frac{1}{2} ml^2 \dot{\theta}^2 \quad (1.11)$$

Thế năng của hệ thống chính là thế năng vật nặng đầu con lắc:

$$U = mgl \cos \theta \quad (1.12)$$

Toán tử Lagrangian:

$$L = T - U = \frac{1}{2} (M + m) \dot{x}^2 + ml \dot{x} \dot{\theta} \cos \theta + \frac{1}{2} ml^2 \dot{\theta}^2 - mgl \cos \theta \quad (1.13)$$

Phương trình Euler – Lagrange :

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{x}} \right) - \frac{\partial L}{\partial x} &= F \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}} \right) - \frac{\partial L}{\partial \theta} &= 0 \end{aligned} \quad (1.14)$$

Thay (1.13) vào (1.14)

$$\begin{aligned} (M + m) \ddot{x} + ml \cos \theta \ddot{\theta} - ml(\sin \theta) \dot{\theta}^2 &= u \\ m \ddot{x} \cos \theta + ml \ddot{\theta} - mg \sin \theta &= 0 \end{aligned} \quad (1.15)$$

Suy ra:

$$\begin{aligned} \ddot{x} &= \frac{u + ml(\sin \theta) \dot{\theta}^2 - mg \cos \theta \sin \theta}{M + m - m(\cos \theta)^2} \\ \ddot{\theta} &= \frac{u \cos \theta - (M + m)g \sin \theta + ml(\cos \theta \sin \theta) \dot{\theta}^2}{ml(\cos \theta)^2 - (M + m)l} \end{aligned} \quad (1.16)$$

Như vậy cả 2 phương trình toán học suy ra từ 2 cách khác nhau là giống nhau.

1.2 THÀNH LẬP HỆ PHƯƠNG TRÌNH CỦA HỆ THỐNG

Tiến hành chuyển phương trình tìm được ở (1.16) về dạng chuẩn:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} = f(x, u, t) = \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \\ x \\ \dot{x} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ f_4 \end{bmatrix} \quad (1.17)$$

Đặt các biến trạng thái

$$\begin{aligned}x_1 &= \theta, x_2 = \dot{\theta} \\x_3 &= x, x_4 = \dot{x}\end{aligned}\tag{1.18}$$

Trong đó:

$$\begin{aligned}f_1 &= x_2 \\f_2 &= \frac{u \cos x_1 - (M + m)g \sin x_1 + ml(\cos x_1 \sin x_1)x_2^2}{ml(\cos x_1)^2 - (M + m)l} \\f_3 &= x_4 \\f_4 &= \frac{u + ml(\sin x_1)x_2^2 - mg \cos x_1 \sin x_1}{M + m - m(\cos x_1)^2}\end{aligned}\tag{1.19}$$

Phương trình trạng thái phi tuyến

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_2 \\ \frac{u \cos x_1 - (M + m)g \sin x_1 + ml(\cos x_1 \sin x_1)x_2^2}{ml(\cos x_1)^2 - (M + m)l} \\ x_4 \\ \frac{u + ml(\sin x_1)x_2^2 - mg \cos x_1 \sin x_1}{M + m - m(\cos x_1)^2} \end{bmatrix}\tag{1.20}$$

Phương trình tuyến tính hóa quanh điểm cân bằng thẳng đứng (góc lệch nhỏ hơn 10° , $x_0 = 0, u_0 = 0$)

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \end{bmatrix} = J_x(x_0, u_0) \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + J_u(x_0, u_0)u\tag{1.21}$$

Với:

$$J_x(x_0, u_0) = \begin{pmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} & \frac{\partial f_1}{\partial x_3} & \frac{\partial f_1}{\partial x_4} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} & \frac{\partial f_2}{\partial x_3} & \frac{\partial f_2}{\partial x_4} \\ \frac{\partial f_3}{\partial x_1} & \frac{\partial f_3}{\partial x_2} & \frac{\partial f_3}{\partial x_3} & \frac{\partial f_3}{\partial x_4} \\ \frac{\partial f_4}{\partial x_1} & \frac{\partial f_4}{\partial x_2} & \frac{\partial f_4}{\partial x_3} & \frac{\partial f_4}{\partial x_4} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ \frac{(M + m)g}{Ml} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{-mg}{M} & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}\tag{1.22}$$

Và:

$$J_u(x_0, u_0) = \begin{pmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial u} \\ \frac{\partial f_2}{\partial u} \\ \frac{\partial f_3}{\partial u} \\ \frac{\partial f_4}{\partial u} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \\ M \\ 0 \\ \frac{1}{M} \end{pmatrix} \quad (1.23)$$

Như vậy, thay (1.23) và (1.22) vào (1.21) và các thông số của bài toán ta thành lập được phương trình tuyến tính hoá quanh điểm cân bằng thẳng đứng (góc lệch nhỏ hơn 10° , $x_0 = 0, u_0 = 0$)

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ \frac{(M+m)g}{Ml} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{-mg}{M} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \\ M \\ \frac{1}{M} \end{bmatrix} u \\ &= \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 10.78 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -0.98 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u \end{aligned} \quad (1.24)$$

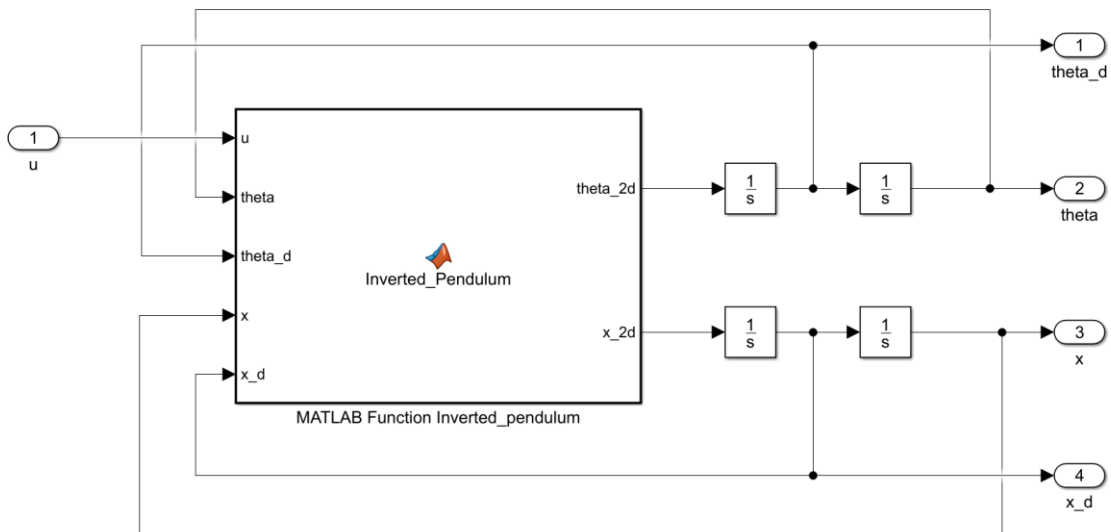
Chương 2. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN LQR

2.1 THIẾT KẾ BỘ LQR

2.1.1 Mô hình hoá hệ con lắc ngược bằng phương trình toán học

Dựa vào phương trình toán học đã xây dựng ở phần trước ta tiến hành xây dựng mô hình hệ con lắc ngược như sau:

Code Matlab:



Hình 2.1: Mô hình hoá hệ con lắc ngược trên Simulink

2.1.2 Cơ sở lý thuyết

Đặc tính động của hệ con lắc ngược có thể được mô tả bởi hệ phương trình biến trạng thái tuyến tính. Điều này chỉ đúng khi góc lệch nhỏ.

Hệ thống phản hồi trạng thái đầy đủ, nghĩa là có thể đo được 4 biến trạng thái (góc lệch, vận tốc góc, vị trí xe, vận tốc xe). Và không có nhiễu tác động vào hệ thống.

2.1.3 Xây dựng và chọn thông số Q R theo các trường hợp và thiết kế bộ LQR

Tính độ lợi hồi tiếp trạng thái K của bộ điều khiển LQR:

Trường hợp 1:

Ta sẽ tiến hành chọn các thông số Q R như sau

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1.25)$$

$$R = 1$$

CHƯƠNG 2. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN LQR

Tín hiệu điều khiển tối ưu LQR

$$\dot{u}(t) = -K\hat{x}(t) \quad (1.26)$$

Với độ lợi hồi tiếp trạng thái

$$K = R^{-1}B^T P \quad (1.27)$$

Trong đó P là nghiệm bán xác định dương của phương trình đại số Ricatta

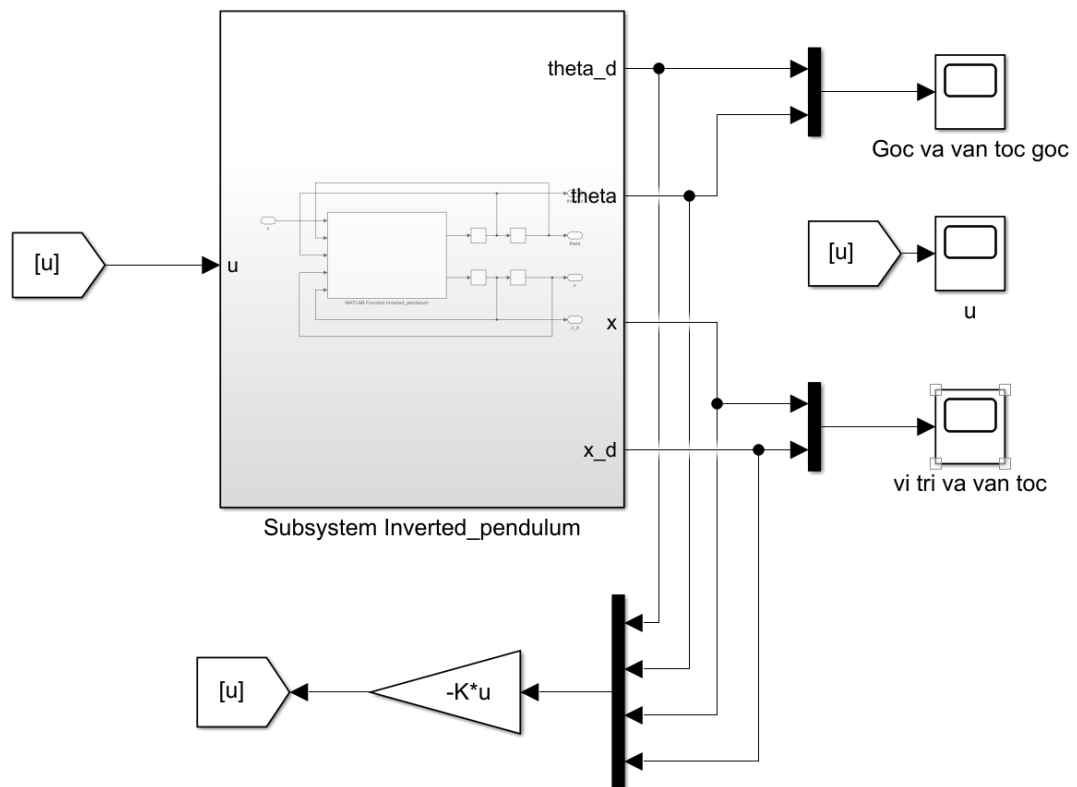
$$PA + A^T P + Q - PBR^{-1}B^T P = 0 \quad (1.28)$$

Code matlab

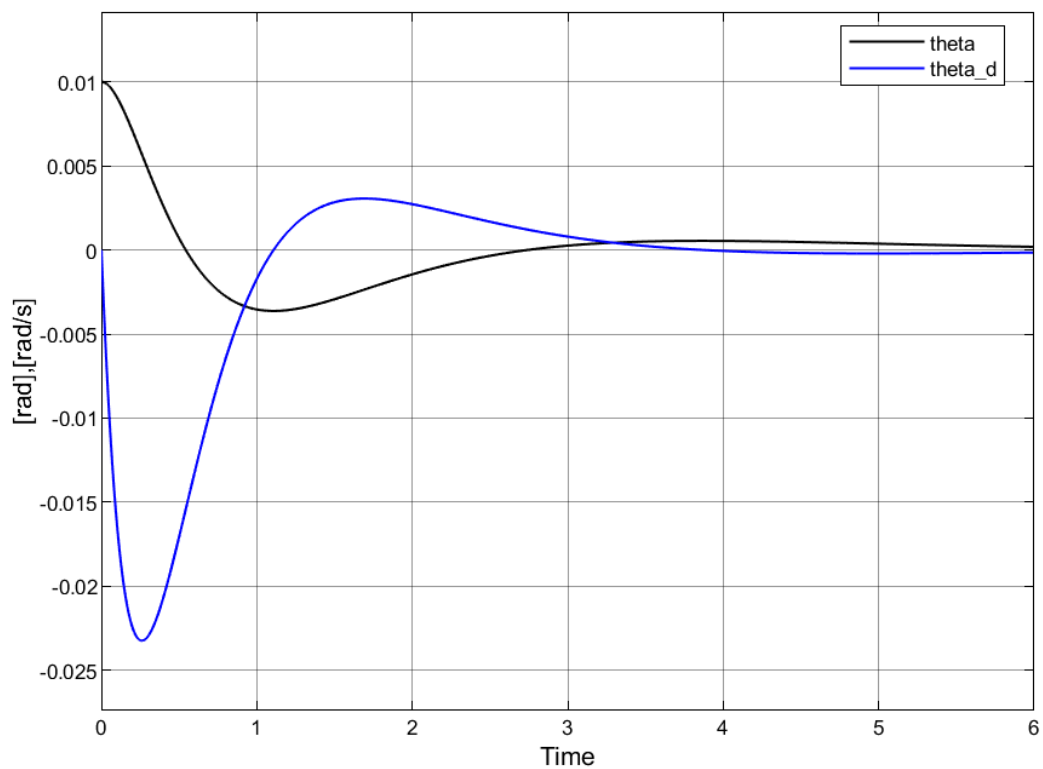
Tiến hành biên dịch chương trình trên ta tìm được nghiệm của Ricatti liên tục:

$$P = \begin{bmatrix} 182.5688 & 56.7551 & 10.7009 & 22.3931 \\ 56.7551 & 17.8215 & 3.4063 & 7.1205 \\ 10.7009 & 3.4063 & 2.4109 & 2.4063 \\ 22.3931 & 7.1205 & 2.4063 & 4.7096 \end{bmatrix} \quad (1.29)$$
$$K = [-34.3620 \quad -10.7009 \quad -1.0000 \quad -2.4109]$$

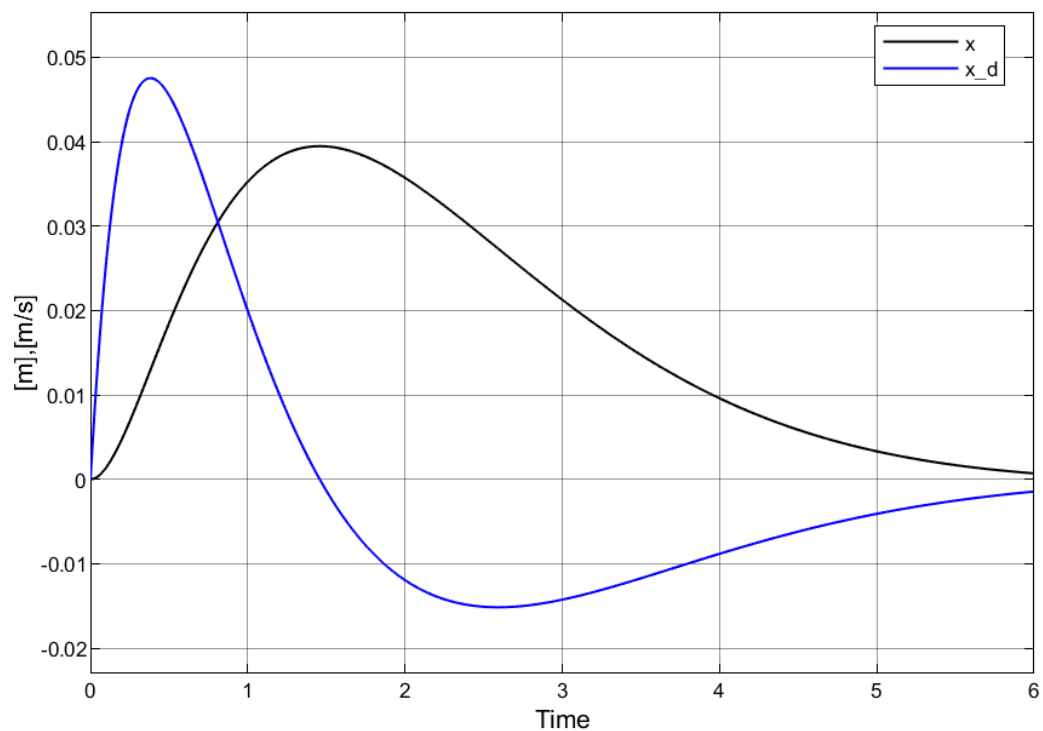
Xây dựng trên Simulink



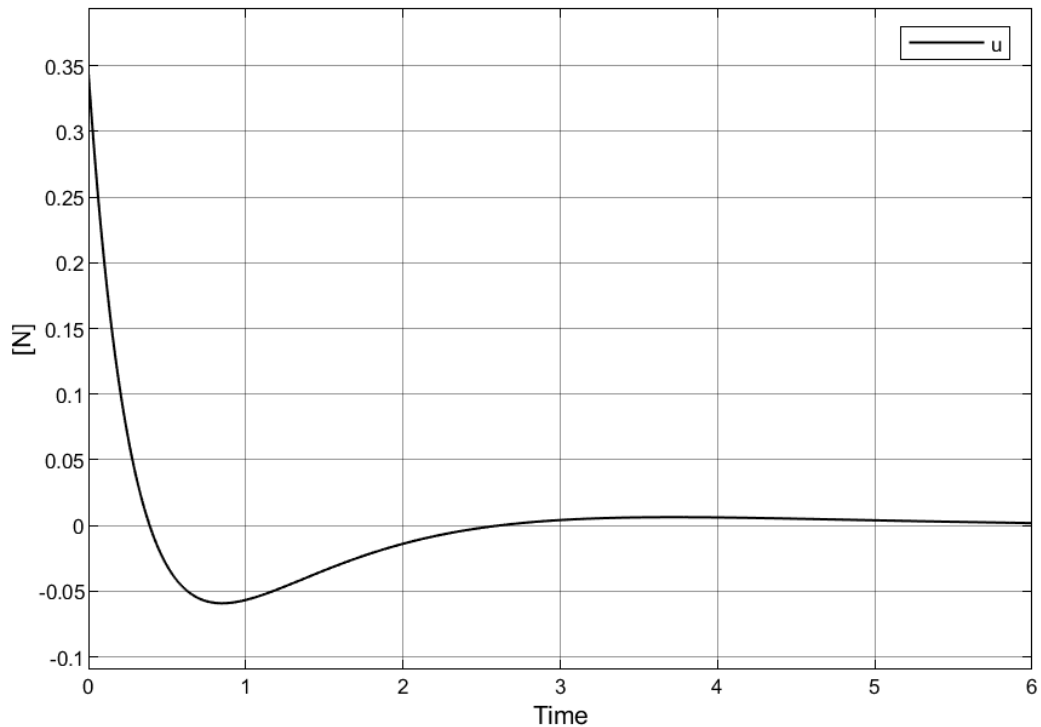
Hình 2.2 Bộ điều khiển LQR cho hệ con lắc ngược trên phần mềm mô phỏng Simulink



Hình 2.3: Biểu đồ góc quay vận tốc góc hệ thống trong trường hợp 1



Hình 2.4: Đồ thị vị trí và vận tốc của hệ thống trong trường hợp 1



Hình 2.5: Đồ thị lực tác dụng vào hệ thống trong trường hợp 1

Trường hợp 2:

Ta sẽ tiến hành chọn các thông số Q R như sau

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 100 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1.30)$$

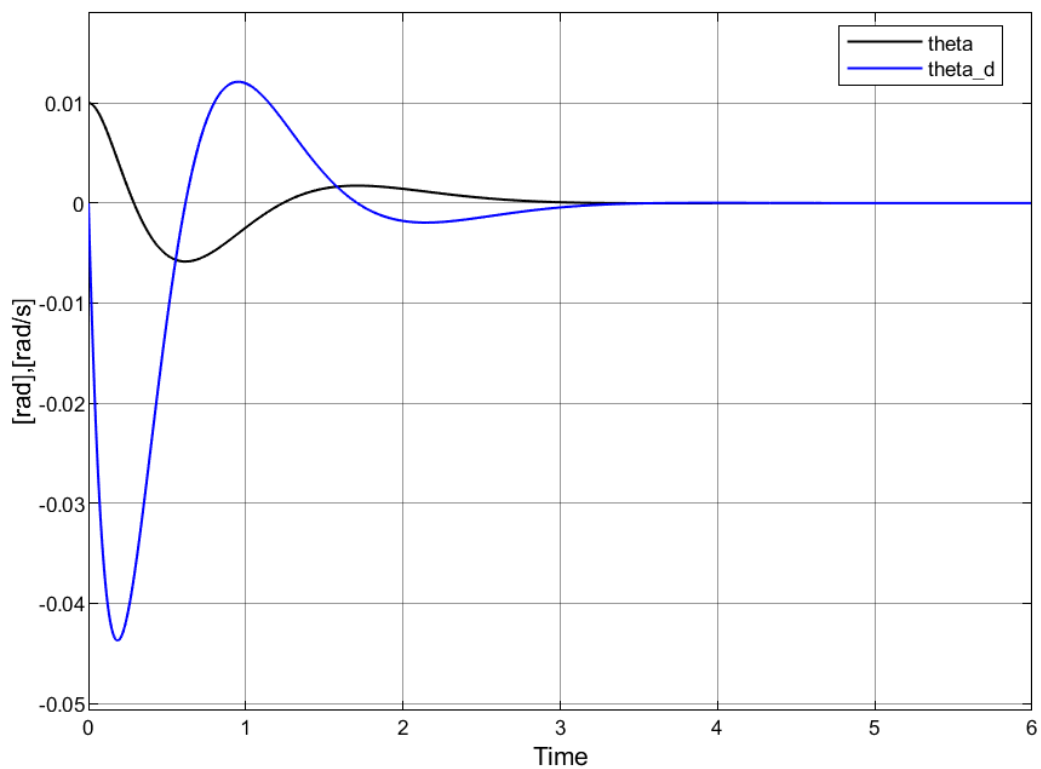
$$R = 1$$

Code matlab

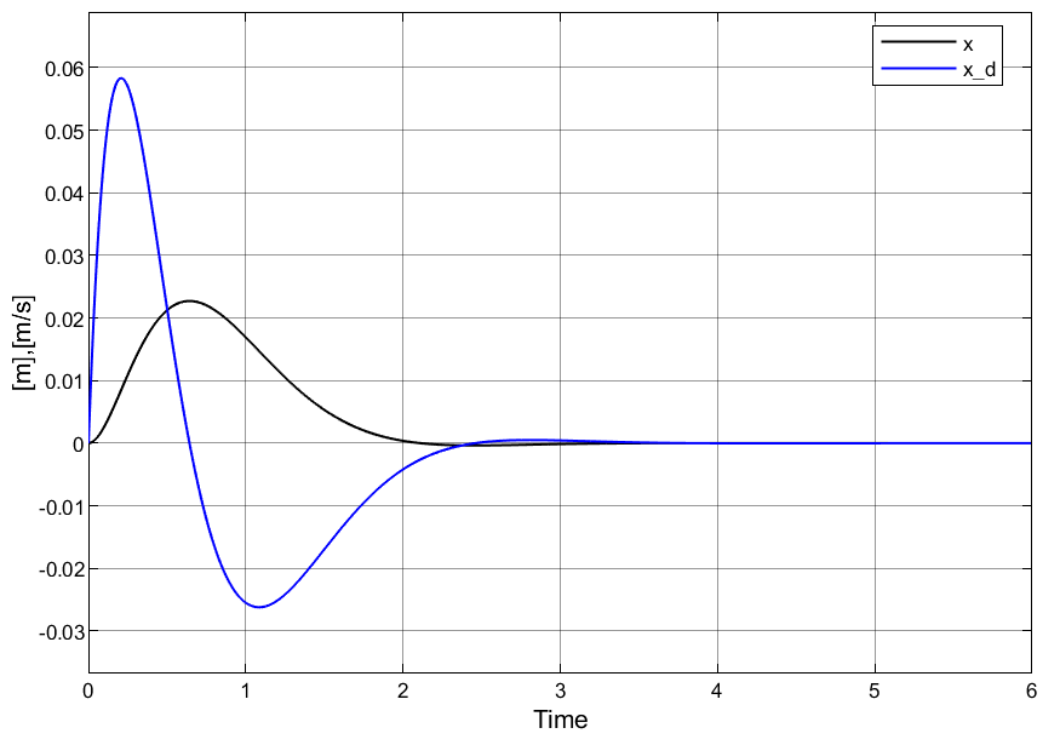
Tiến hành biên dịch chương trình trên ta tìm được nghiệm của Ricatti liên tục:

$$P = \begin{bmatrix} 769.1196 & 243.9052 & 221.0906 & 173.7696 \\ 243.9052 & 77.5354 & 70.5670 & 55.4263 \\ 221.0906 & 70.5670 & 110.5142 & 60.5670 \\ 173.7696 & 55.4263 & 60.5670 & 44.3749 \end{bmatrix} \quad (1.31)$$

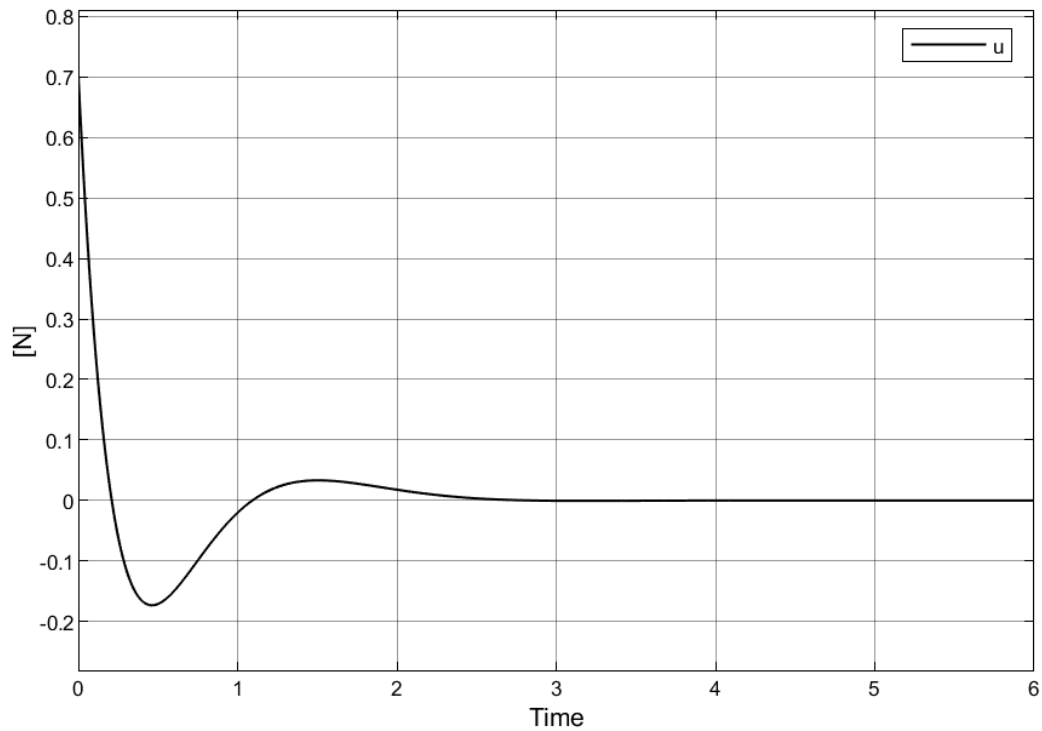
$$K = [-70.1356 \quad -22.1091 \quad -10.0000 \quad -11.0514]$$



Hình 2.6: Biểu đồ góc quay vận tốc góc hệ thống trong trường hợp 2



Hình 2.7: Đồ thị vị trí và vận tốc của hệ thống trong trường hợp 2

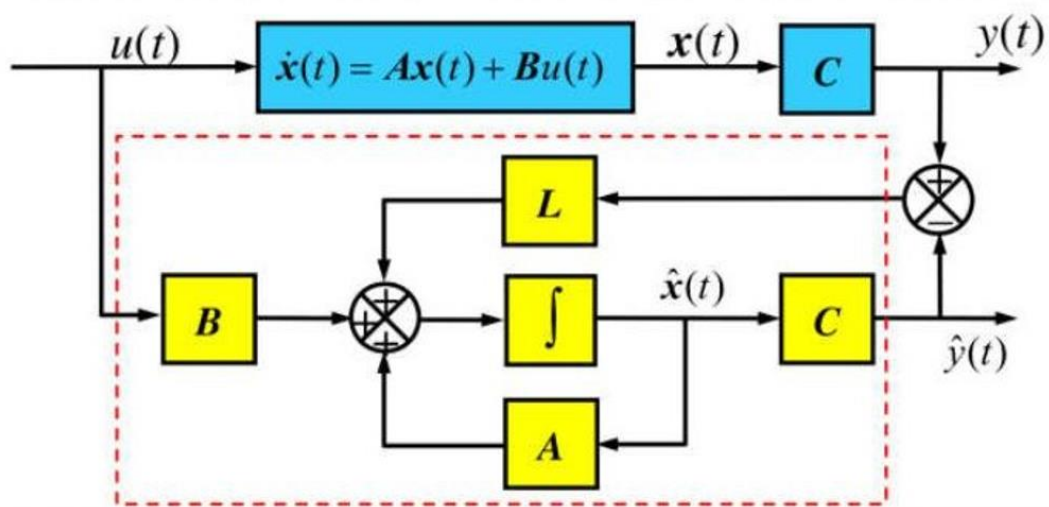


Hình 2.8: Đồ thị lực tác dụng vào hệ thống trong trường hợp 2

2.2 THIẾT KẾ BỘ LỌC KALMAN

2.2.1 Cơ sở lý thuyết

Bộ lọc Kalman thực hiện phương pháp truy hồi đối với chuỗi các giá trị đầu vào bị nhiễu, nhằm tối ưu hóa giá trị ước đoán trạng thái của hệ thống. Bộ lọc Kalman được ứng dụng rộng rãi trong kỹ thuật, phổ biến trong các ứng dụng định hướng, định vị và điều khiển các phương tiện di chuyển.



Hình 2.9: Sơ đồ khối bộ lọc Kalman

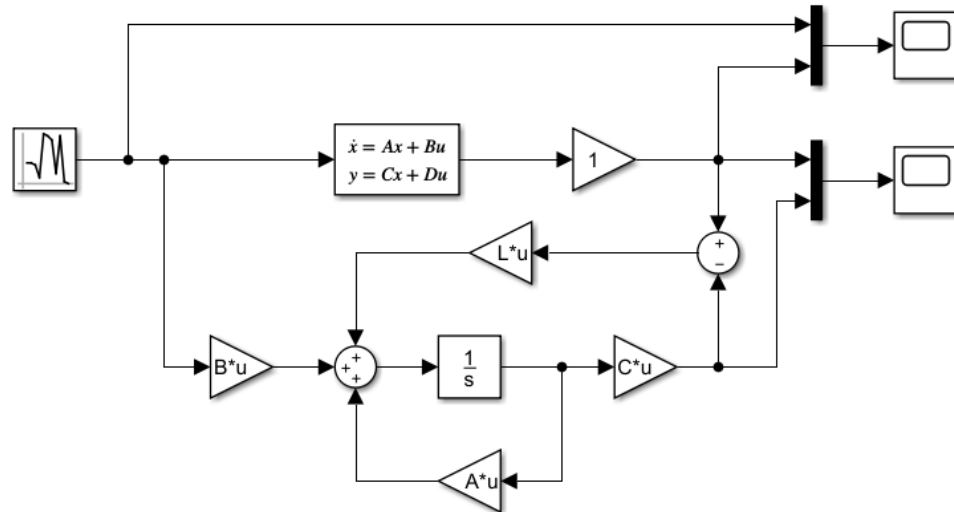
Trong đó các giá trị được thể hiện như sau

$$\begin{cases} \dot{\hat{x}} = A\hat{x}(t) + Bu(t) + L(y(t) - \hat{y}(t)) \\ \hat{y}(t) = C\hat{x}(t) \end{cases} \quad (1.32)$$

Với

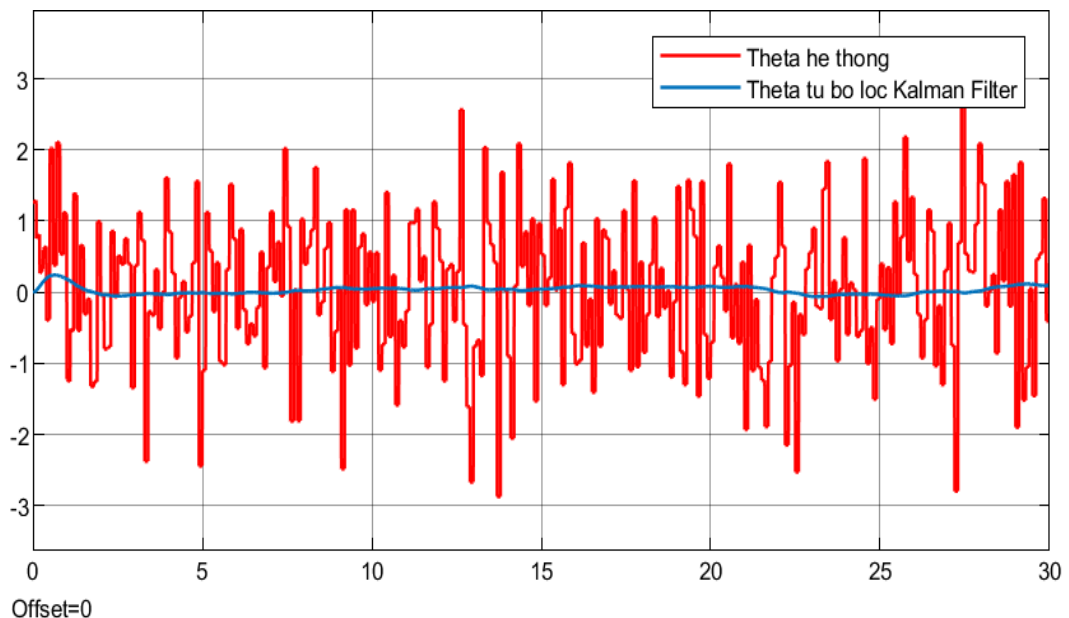
$$\begin{aligned} L &= \prod C^T R_N^{-1} \\ A \prod + \prod A^T - \prod C^T R_N^{-1} C \prod + Q_N &= 0 \end{aligned} \quad (1.33)$$

2.2.2 Xây dựng bộ lọc Kalman

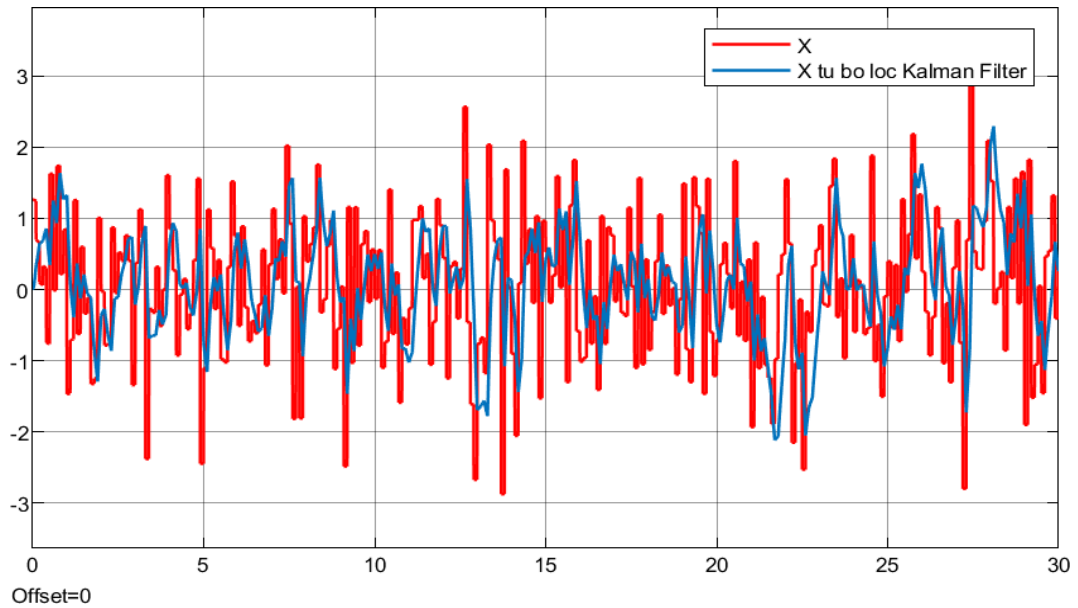


Hình 2.10: Xây dựng bộ lọc Kalman trên Simulink

Kết quả thu được khi sử dụng bộ lọc Kalman



Hình 2.11: Biểu đồ góc quay hệ thống ngẫu nhiên khi có bộ lọc



Hình 2.12: Biểu đồ vị trí hệ thống ngẫu nhiên khi có bộ lọc

2.3 THIẾT KẾ BỘ LQG

2.3.1 Cơ sở lý thuyết

Bộ điều khiển LQG là sự kết hợp của một bộ lọc Kalman, tức là hàm ước lượng tuyến tính bậc hai (LQE), với một bộ điều chỉnh tuyến tính bậc hai (LQR). Nguyên tắc tách biệt đảm bảo rằng chúng có thể được thiết kế và tính toán độc lập. Điều khiển LQG áp dụng cho cả các hệ thống tuyến tính thời gian bất biến và các hệ thống tuyến tính thời gian biến đổi. Việc áp dụng vào các hệ thống tuyến tính biến đổi theo thời gian là nổi tiếng. Việc áp dụng đối với các hệ thống tuyến tính thời gian biến đổi cho phép thiết kế các bộ điều khiển phản hồi tuyến tính cho các hệ thống phi tuyến không ổn định.

Bài toán LQG đặt ra là tìm tín hiệu điều khiển $u_{(t)}$ điều chỉnh hệ thống từ trạng thái đầu $x(t_0) = x_0$ bất kỳ về trạng thái cuối $x(t_f) = 0$ sao cho chỉ tiêu hàm chất lượng là tối thiểu.

Cách giải bài toán điều khiển LQG

Nguyên lý tách rời: Bài toán tối ưu LQG có thể giải bằng cách giải riêng bài toán điều khiển tối ưu tiền định và bài toán ước lượng trạng thái tối ưu:

$$LQG = LQR + Kalman \quad (1.34)$$

Giả thiết bài toán thiết kế bộ điều khiển LQG cho hệ con lắc ngược:

- Hệ thống hoạt động trong miền tuyến tính.
- Giả sử chỉ đo được góc lệch con lắc và vị trí xe.
- Có nhiễu tác động vào hệ thống. Nhiễu đo vị trí xe có phương sai là 0.01, nhiễu đo góc lệch con lắc có phương sai 0.001.

Dùng bộ lọc Kalman để ước lượng trạng thái và lọc nhiễu.

Ta có Bộ lọc Kalman:

$$a \begin{cases} \dot{\hat{x}} = A\hat{x}(t) + Bu(t) + L(y(t) - \hat{y}(t)) \\ \hat{y}(t) = C\hat{x}(t) \end{cases} \quad (1.35)$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Độ lợi ước lượng

$$L = \prod C^T R_N^{-T} \quad (1.36)$$

Phương trình Ricatti

$$A\Pi + \Pi A^T - \Pi C^T R_N^{-1} C \Pi + Q_N = 0 \quad (1.37)$$

Dựa vào điều kiện đưa ra ở phần giả thuyết, ta chọn được các thông số a

$$Q_N = 0.000001 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1.38)$$

$$R_N = \begin{bmatrix} 0.01 & 0 \\ 0 & 0.01 \end{bmatrix}$$

Code Matlab:

Tiến hành biên dịch ta thu được các thông số của phương trình Ricatti như sau:

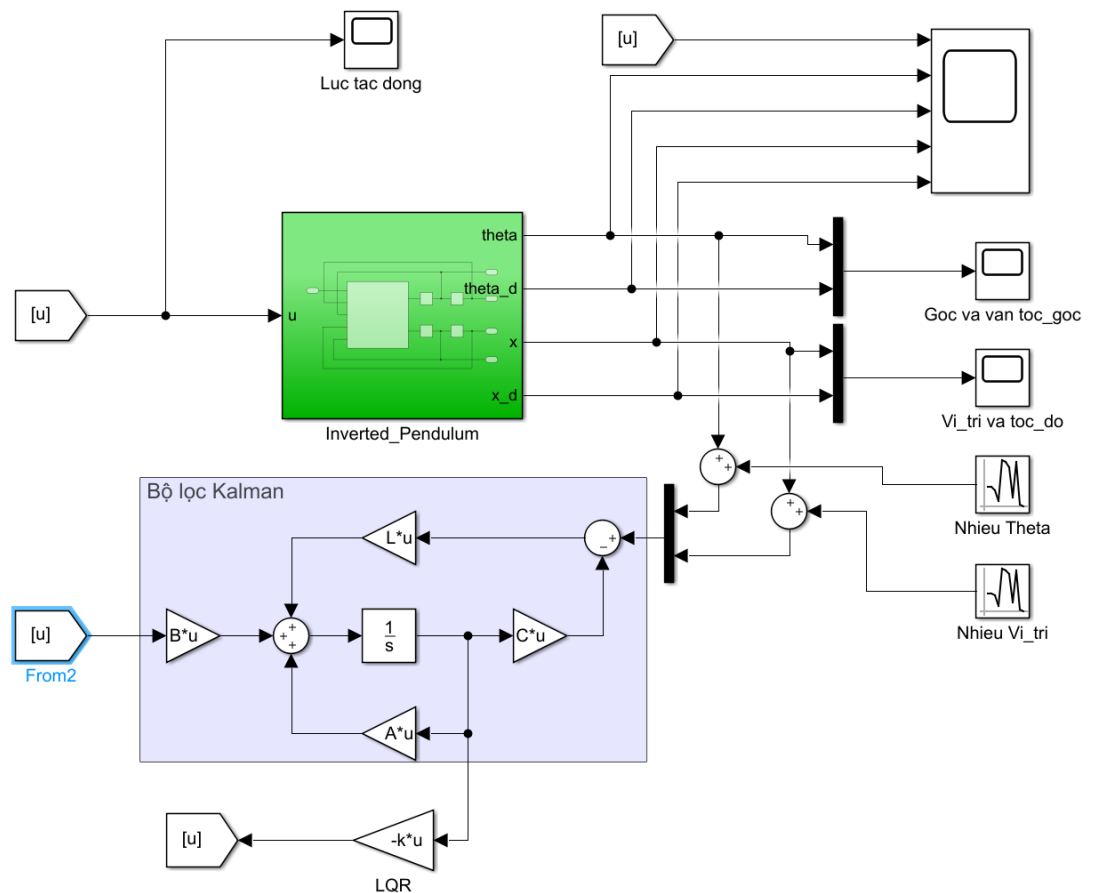
$$\Pi = \begin{bmatrix} 0.0066 & 0.0215 & -0.0006 & -0.0020 \\ 0.0215 & 0.0707 & -0.0019 & -0.0064 \\ -0.0006 & -0.0019 & 0.0015 & 0.0013 \\ -0.0020 & -0.0064 & 0.0003 & 0.0006 \end{bmatrix} \quad (1.39)$$

$$L = \begin{bmatrix} 6.5617 & -0.0517 \\ 21.5437 & -0.1876 \\ -0.5713 & 0.1470 \\ -1.9568 & 0.0271 \end{bmatrix} \quad (1.40)$$

$$P = \begin{bmatrix} 769.1196 & 243.9052 & 221.0906 & 173.7696 \\ 243.9052 & 77.5354 & 70.5670 & 55.4263 \\ 221.0906 & 70.5670 & 110.5142 & 60.5670 \\ 173.7696 & 55.4263 & 60.5670 & 44.3749 \end{bmatrix} \quad (1.41)$$

$$K = \begin{bmatrix} -70.1356 & -22.1091 & -10.0000 & -11.0514 \end{bmatrix}$$

2.3.2 Xây dựng bộ LQG



Hình 2.13: Bộ điều khiển LQG cho hệ con lắc ngược

Thông số nhiễu θ

Block Parameters: Nhieu Theta ✕

Random Number
Output a normally (Gaussian) distributed random signal. Output is repeatable for a given seed.

Parameters

Mean:

Variance:

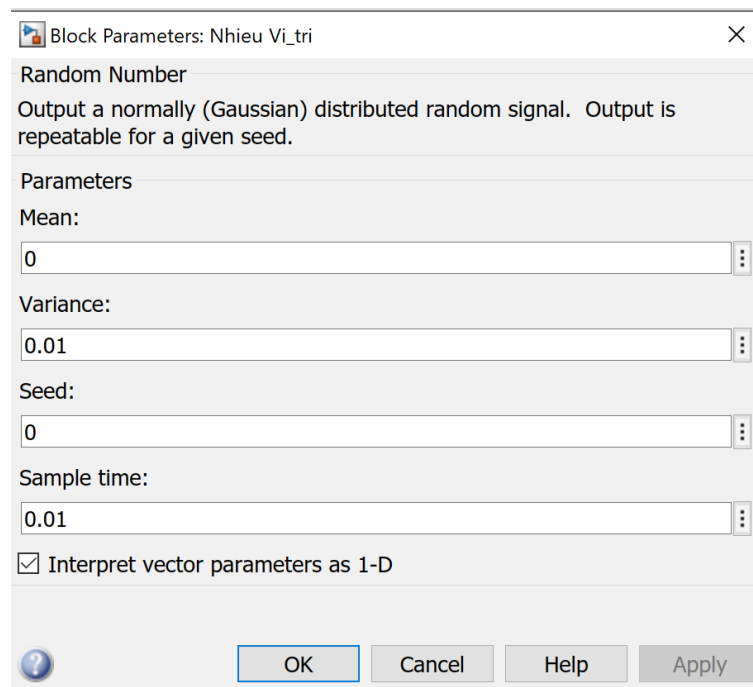
Seed:

Sample time:

☒ Interpret vector parameters as 1-D

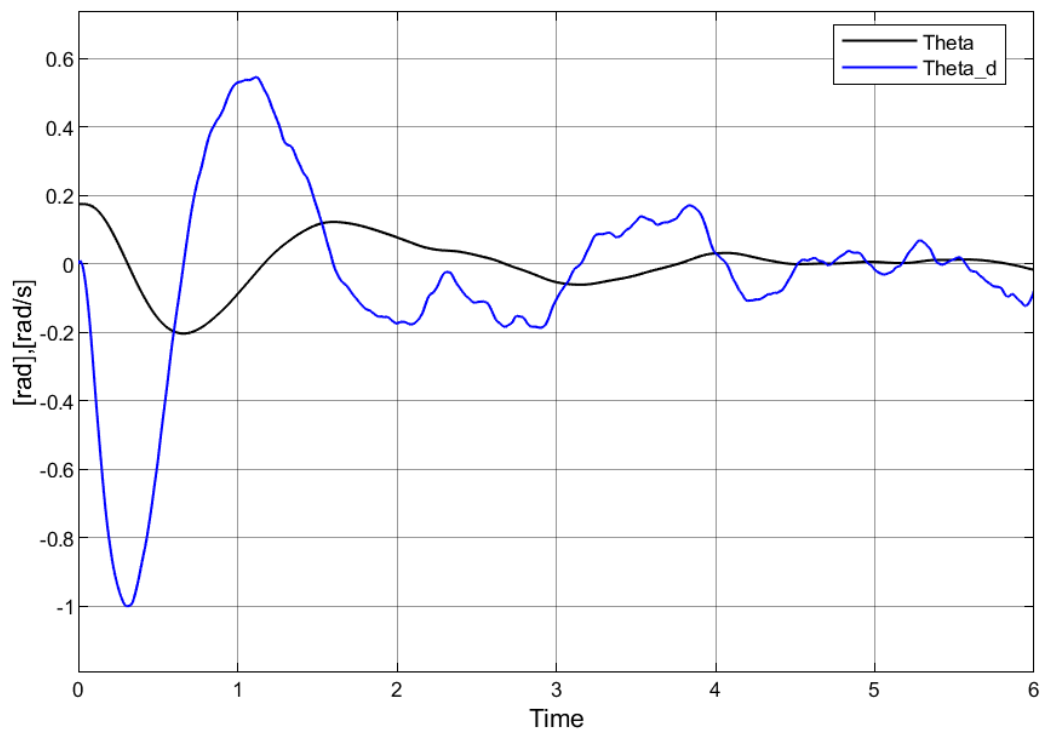
Hình 2.14: Thông số của khối nhiễu góc quay

Thông số nhiễu x

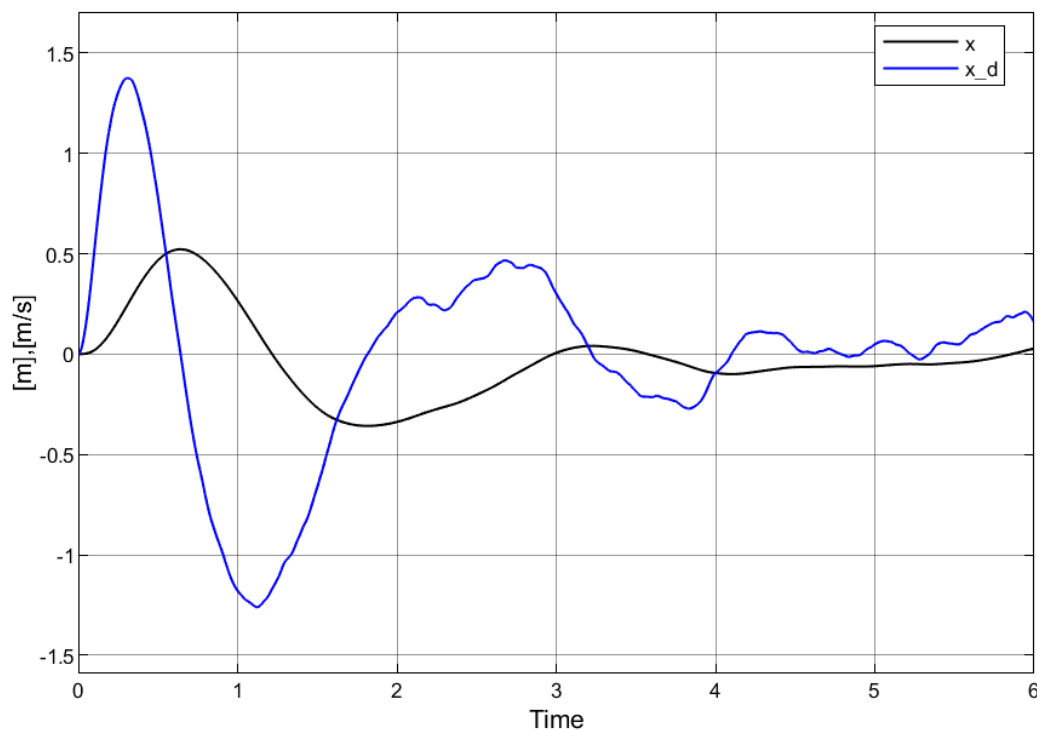


Hình 2.15: Thông số của khối nhiễu vị trí

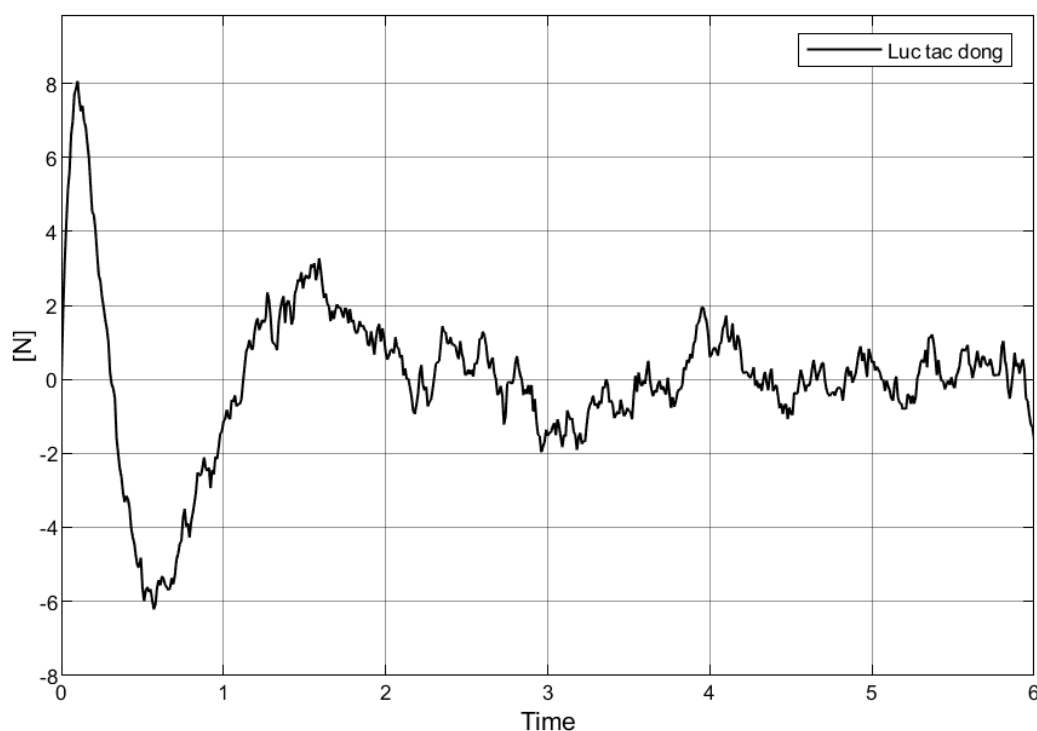
Kết quả mô phỏng:



Hình 2.16: Biểu đồ góc quay và vận tốc góc của hệ con lắc ngược sử dụng bộ điều khiển LQG trường hợp có nhiễu



Hình 2.17: Biểu đồ vị trí và vận tốc của hệ con lắc ngược sử dụng bộ điều khiển LQG trường hợp có nhiễu



Hình 2.18: Biểu đồ lực tác động của hệ con lắc ngược sử dụng bộ điều khiển LQG trường hợp có nhiễu

Chương 3. NHẬN XÉT

Nhờ bộ lọc Kalman ước lượng trạng thái và lọc nhiễu, nên đáp ứng của hệ thống điều khiển LQG cho ra tín hiệu tốt hơn

- Khi các tín hiệu vị trí và góc lệch gửi đến bộ xử lý mà có các thành phần nhiễu không mong muốn thì lúc đó bộ điều khiển LQR không đáp ứng được ngõ ra từ đó ta phải thành lập bộ điều khiển LQG gồm LQR+ bộ lọc Kalman để lọc nhiễu..

TÀI LIỆU THAM KHẢO

TÀI LIỆU THAM KHẢO