

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO**  
**ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

**BÙI XUÂN DIỆU**

**PHÂN TÍCH VÀ TỔNG HỢP CÁC HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN**  
**TRONG KHÔNG GIAN TRẠNG THÁI BẰNG MATLAB**

**Chuyên ngành:** Tự động hoá

**Mã số:** 60.52.60

**TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

Đà Nẵng - Năm 2011

Công trình được hoàn thành tại  
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

Người hướng dẫn khoa học: TS. Trần Đình Khôi Quốc

Phản biện 1: TS. Võ Bình

Phản biện 2 : PGS.TS. Đoàn Quang Vinh

Luận văn được bảo vệ trước Hội đồng chấm Luận văn tốt nghiệp  
thạc sĩ kỹ thuật họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 07 tháng 05 năm  
2011

*\* Có thể tìm hiểu luận văn tại:*

- Trung tâm Thông tin - Học liệu, Đại học Đà Nẵng
- Trung tâm Học liệu, Đại học Đà Nẵng.

## MỞ ĐẦU

### 1. Lý do chọn đề tài

- Lợi ích của việc biểu diễn không gian trạng thái: người ta cần một hệ phương trình phản ánh không những các mối quan hệ giữa các tín hiệu vào và ra mà còn cả các quan hệ ràng buộc giữa các trạng thái bên trong của đối tượng nữa.

- Bộ điều khiển được sử dụng chủ yếu trong thiết kế hệ thống điều khiển hiện đại là bộ điều khiển hồi tiếp trạng thái.

- Tạo thuận lợi cho người sử dụng để phân tích và tổng hợp trên không gian trạng thái.

### 2. Mục đích nghiên cứu

- Phân tích được những tính chất của hệ thống trong không gian trạng thái.

- Tổng hợp các hệ thống điều khiển trong không gian trạng thái bằng Matlab: Chọn bộ điều khiển bằng phương pháp gán điểm cực, điều khiển tách kênh và khâu quan sát trạng thái, tạo giao diện đồ họa GUI để thuận lợi cho người dùng phân tích, tổng hợp. Áp dụng cho mô hình cụ thể, đối tượng là động cơ một chiều kích từ độc lập.

### 3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu là các đối tượng có mô hình được biểu diễn trong không gian trạng thái hệ SISO và MIMO. Ứng dụng cho động cơ một chiều kích từ độc lập.

- Phạm vi nghiên cứu là áp dụng các phương pháp điều khiển phản hồi trạng thái gán cực và tách kênh để phân tích, tổng hợp các hệ thống điều khiển tuyến tính.

### 4. Phương pháp nghiên cứu

- Nghiên cứu lý thuyết.

- Xây dựng các mô hình điều khiển trong không gian trạng thái để phân tích và tổng hợp nhờ tạo giao diện GUI trên phần mềm Matlab .

- Trên cơ sở các kết quả thu được trên các mô hình để rút ra các kết luận.

## **5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài**

Đề tài đã xây dựng được giao diện nhờ công cụ GUI của Matlab để hỗ trợ phân tích và thiết kế các hệ thống điều khiển hữu hiệu trong không gian trạng thái. Từ đó, người dùng có thể áp dụng bộ điều khiển phản hồi trạng thái gián tiếp và tách kênh hệ MIMO để xây dựng bộ điều khiển tốt nhất cho đối tượng ứng dụng trong thực tiễn.

## **6. Cấu trúc luận văn**

Chương 1: Mô tả hệ thống trong không gian trạng thái.

Chương 2: Phân tích hệ thống trong không gian trạng thái.

Chương 3: Xây dựng bộ điều khiển phản hồi trạng thái bằng phương pháp gián tiếp và tách kênh

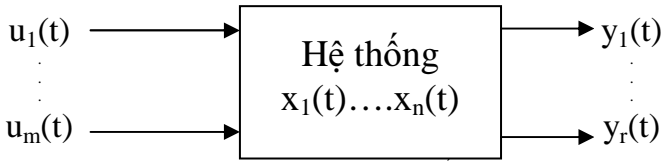
Chương 4: Ứng dụng matlab trong phân tích và tổng hợp trong không gian trạng thái.

## CHƯƠNG 1

### MÔ TẢ HỆ THỐNG TRONG KHÔNG GIAN TRẠNG THÁI

#### 1.1. Cấu trúc chung của phương trình trạng thái

##### 1.1.1. Phương trình trạng thái hệ liên tục



Hình 1.1. Mô tả hệ thống

$$\Rightarrow \begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx + Du \end{cases} \quad (1.1)$$

##### 1.1.2. Phương trình trạng thái hệ gián đoạn

$$\begin{cases} x_{k+1} = \tilde{A}x_k + \tilde{B}u_k \\ y_k = \tilde{C}x_k + \tilde{D}u_k \end{cases} \text{ Với } \tilde{A} = e^{AT_a} \text{ và } \tilde{B} = \int_0^{T_a} e^{At} B dt \quad (1.11)$$

##### 1.1.3. Phương trình trạng thái phi tuyến

#### 1.2. Quan hệ giữa mô hình trạng thái và hàm truyền đạt

##### 1.2.1. Xét quan hệ trong hệ liên tục trong miền thời gian

###### 1.2.1.1. Xác định hàm truyền đạt từ mô hình trạng thái

$$G(s) = c^T (sI - A)^{-1} b + d$$

###### 1.2.1.2. Xác định mô hình trạng thái chuẩn điều khiển từ hàm truyền đạt

###### 1.2.1.3. Xác định bậc tương đối của hàm truyền đạt từ mô hình trạng thái

- Xét hệ SISO có hàm truyền đạt

$$G(s) = \frac{B(s)}{A(s)} = \frac{b_0 + b_1s + \dots + b_ms^m}{a_0 + a_1s + \dots + a_ns^n} \quad (m < n)$$

$$\Rightarrow c^T A^k b = \begin{cases} = 0 & \text{khi } 0 \leq k \leq r-2 \\ \neq 0 & \text{khi } k = r-1 \end{cases} \quad (1.16)$$

### 1.2.2. Xét quan hệ trong hệ gián đoạn

1.2.2.1. Xác định hàm truyền đạt từ phương trình trạng thái

$$\Rightarrow G(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \tilde{c}^T (zI - \tilde{A})^{-1} \tilde{b} + \tilde{d}$$

1.2.2.2. Xác định phương trình trạng thái từ hàm truyền đạt

### 1.3. Chuyển đổi giữa các dạng phương trình trạng thái

$$\Rightarrow c^T A^k b = \begin{cases} = 0 & \text{khi } 0 \leq k \leq r-2 \\ \neq 0 & \text{khi } k = r-1 \end{cases}$$

Để chuyển đổi giữa các dạng PTTT, ta thực hiện phép biến đổi:

$$\begin{aligned} z &= Tx. \\ \Rightarrow \begin{cases} \dot{z} = TAT^{-1}z + TBu \\ y = CT^{-1}z + Du \end{cases} \end{aligned} \quad (1.22)$$

### 1.4. Biến đổi sang hệ gián đoạn

**Kết luận**: Trong chương này ta đã trình bày được: - Cấu trúc của PTTT của hệ tuyến tính liên tục và gián đoạn.

- Phân tích được mối quan hệ giữa hàm truyền đạt và mô hình trạng thái

- Phương pháp chuyển đổi giữa các PTTT.

- Chuyển đổi từ PTTT hệ liên tục sang hệ gián đoạn.

## CHƯƠNG 2 : PHÂN TÍCH HỆ THỐNG TRONG KHÔNG GIAN TRẠNG THÁI

### 2.1. Hệ liên tục

#### 2.1.1. Tính ổn định

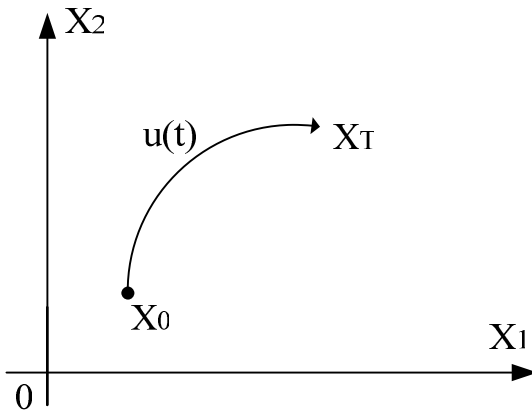
##### 2.1.1.1. Phân tích ổn định BIBO

$\Rightarrow p(s) = \det(sI - A)$  là đa thức Hurwitz.

##### 2.1.1.2. Tiêu chuẩn ổn định Lyapunov – hàm Lyapunov

#### 2.1.2 Tính điều khiển được, quan sát được của hệ thống

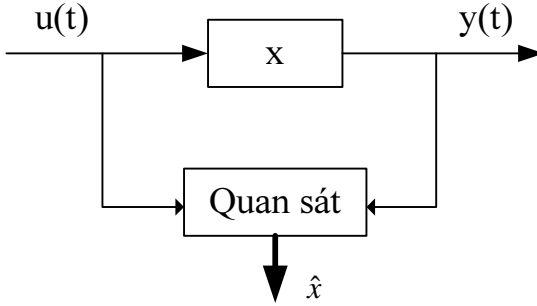
##### 2.1.2.1. Phân tích tính điều khiển được



Hình 2.4. Mô tả định nghĩa điều khiển được

Tiêu chuẩn Hautus:  $\text{Rank}(sI - A, B) = n$  (2.7)

### 2.1.2.2. Phân tích tính quan sát được



Hình 2.5. Mô tả quan sát trạng thái  $x$

Tiêu chuẩn Hautus: với hệ (2.9) thì hệ quan sát được khi:

$$\text{Rank} \begin{pmatrix} sI - A \\ C \end{pmatrix} = n \quad (2.11)$$

Tiêu chuẩn Kalman:

$$\text{Rank} \begin{pmatrix} C \\ CA \\ \vdots \\ CA^{n-1} \end{pmatrix} = \text{Rank} \begin{pmatrix} C^T & A^T C^T & \dots & (A^{n-1})^T C^T \end{pmatrix} = n \quad (2.12)$$

### 2.1.2.3. Dạng phương trình chuẩn tắc điều khiển được

$$\bar{A} = T^{-1}AT = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & 1 \\ -a_0 & -a_1 & -a_2 & \dots & \dots & -a_{n-1} \end{pmatrix}$$



Với ma trận tính điều khiển được

$$T = [B \quad AB \quad A^2B \quad \dots \quad A^{n-1}B]$$

2.1.2.4. Dạng phương trình chuẩn tắc quan sát được

$$\bar{A} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & -a_0 \\ 1 & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & -a_1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & -a_{n-2} \\ 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & 1 & -a_{n-1} \end{pmatrix} = T^{-1}AT$$

2.1.2.5. Phương trình chuẩn tắc dạng đường chéo

$$\bar{A} = T^{-1}AT = \begin{pmatrix} \lambda_1 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \dots & \lambda_n \end{pmatrix}$$

Trong đó:  $\lambda_i, i = 1, 2, 3, \dots, n$  là các giá trị riêng của ma trận hệ thống A.

## 2.2. Hệ không liên tục

### 2.2.1. Tính ổn định [1]

### 2.2.2. Tính điều khiển được và quan sát được của hệ thống [1]

#### 2.2.2.1. Tính điều khiển được

#### 2.2.2.2. Tính quan sát được

### 2.3. Khảo sát đặc tính thời gian

Phương trình trạng thái mô tả động học của hệ thống có dạng :

$$\begin{cases} \dot{x} = A(t)x + B(t)u \\ y = C(t)x + D(t)u \end{cases}$$

$$\Rightarrow x(t) = \Phi(t)x(0) + \int_0^t \Phi(t-\tau)Bu(\tau)d\tau \quad (2.23)$$

$$\Rightarrow y(t) = C\Phi(t)x(0) + C \int_0^t \Phi(t-\tau)Bu(\tau)d\tau$$

Với ma trận  $\Phi(t)=e^{At}$  là ma trận cơ sở hệ thống, có tính chất

### 2.4. Ảnh hưởng của vị trí điểm cực đến chất lượng hệ thống

$$G(s) = \frac{B(s)}{A(s)} = k \frac{(s-p_1)(s-p_2)\dots(s-p_m)}{(s-q_1)(s-q_2)\dots(s-q_n)} \quad (2.24)$$

Nghiệm của phương trình  $A(s) = 0$  được gọi là điểm cực hữu hạn.

Nghiệm của phương trình  $B(s) = 0$  được gọi là điểm không hữu hạn.

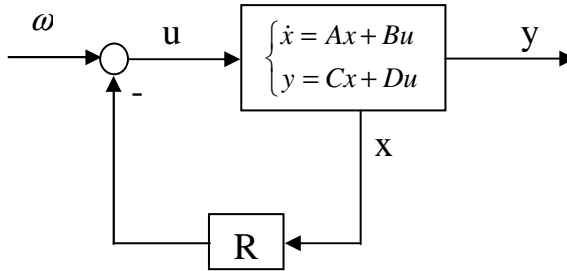
### 2.5. Kết luận về ưu nhược điểm của mô tả toán học trên không gian trạng thái

**Kết luận:** Chương này đã phân tích được: tính ổn định, tính điều khiển được và quan sát được, khảo sát đặc tính thời gian, ảnh hưởng của vị trí điểm cực. Phân tích này nhằm để chuẩn bị cho việc thiết kế điều khiển hồi tiếp trạng thái trong hệ thống điều khiển liên tục.

## CHƯƠNG 3: XÂY DỰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN PHẢN HỒI TRẠNG THÁI BẰNG PHƯƠNG PHÁP GÁN ĐIỂM CỰC VÀ TÁCH KÊNH

### 3.1. Xây dựng bộ điều khiển bằng phương pháp gán điểm cực

#### 3.1.1. Phương pháp



Hình 3.1. Thiết kế bằng phản hồi trạng thái

Với R, hệ kín sẽ có mô hình:

$$\frac{dx}{dt} = Ax + Bu = Ax + B(\omega - Rx) = (A - BR)x + B\omega$$

$$u = \omega - Rx$$

Chọn  $s_1, \dots, s_n$ , cân bằng n hệ số của phương trình trên ta tìm  $R = [r_1 \ r_2 \ \dots \ r_n]$ .

#### 3.1.2. Thiết kế bộ điều khiển trong không gian trạng thái gán điểm cực

##### 3.1.2.1. Phương pháp Ackermann cho hệ SISO

- Xét đối tượng có một đầu vào  $u$  mô tả bởi mô hình trạng thái dạng chuẩn điều khiển:

+ Tính các hệ số  $\tilde{a}_i, i = 0, 1, \dots, n-1$  theo:

$$(s - s_1)(s - s_2) \dots (s - s_n) = \tilde{a}_0 + \tilde{a}_1 s + \dots + \tilde{a}_{n-1} s^{n-1} + s^n$$

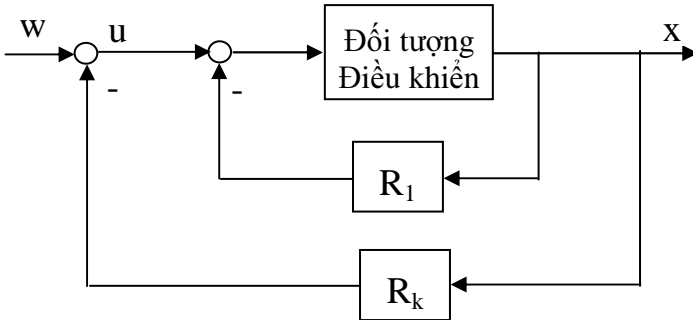
+ Tính  $R = [r_1, \dots, r_n]$  theo:  $r_i = \tilde{a}_{i-1} - a_{i-1}, i = 1, 2, \dots, n$

- Xét đối tượng cho ban đầu có mô hình không ở dạng chuẩn điều khiển:

→ chuyển về dạng chuẩn điều khiển  $z = Sx$

$$S = \begin{pmatrix} s^T & s^T A & \dots & s^T A^{n-1} \end{pmatrix}^T$$

3.1.2.2. Phương pháp modal phản hồi trạng thái cho hệ MIMO



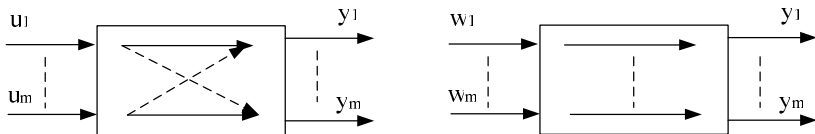
Hình 3.9. Nguyên tắc tổng hợp bộ điều khiển cascade nhờ phương pháp modal

Tính  $R$ :- Xác định  $r$  vector riêng bên trái  $b_1, \dots, b_r$  của  $A$  theo công thức (3.17)

- Tính  $M_r^{-1}$  và  $T_r$  theo (3.16)
- Xác định  $S_r, G_r$  từ  $g_i, s_i, i=1,2,\dots,n$  theo (3.15)
- Tính  $R$  theo (3.14)

3.2. Xây dựng bộ điều khiển tách kênh hệ tuyến tính bằng phản hồi đầu ra theo nguyên lý tách

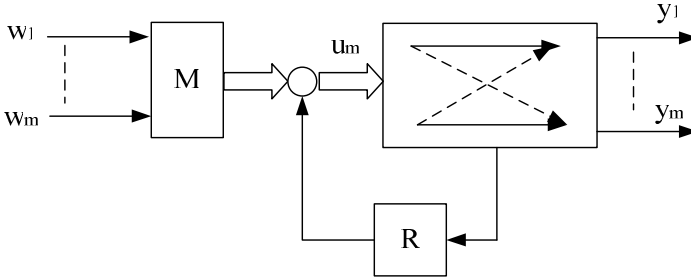
3.2.1. Nội dung bài toán điều khiển tách kênh



Hình 3.10 a. Sơ đồ khối hệ MIMO b. Hệ MIMO đã được tách kênh

### 3.2.2. Bộ điều khiển phản hồi trạng thái tách kênh Falb-Wolovich

#### 3.2.2.1. Phương pháp



Hình 3.11. Sơ đồ khối bộ điều khiển tách kênh

#### 3.2.2.2. Thuật toán điều khiển [1]

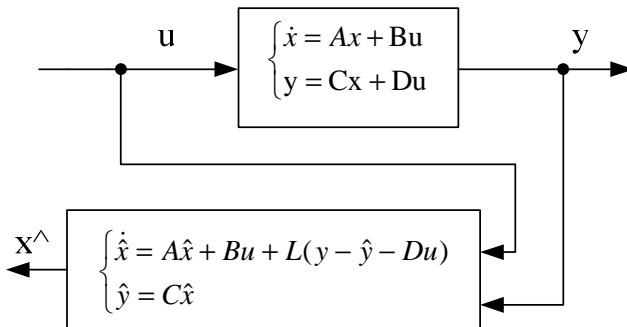
Tóm lại, ta tìm thuật toán tìm bộ điều khiển  $R$  và  $M$  cho bài toán tách kênh theo phương pháp Modal mục 3.1.2.2 .

### 3.3. Thiết kế các bộ quan sát trạng thái

#### 3.3.1. Khâu quan sát Luenberger

##### 3.3.1.1. Phương pháp

Thiết kế bộ quan sát trạng thái Luenberger:



Hình 3.13. Bộ quan sát trạng thái của Luenberger

### 3.3.1.2. *Thiết kế bộ quan sát*

- Tính  $L^T$  phản hồi trạng thái gán điểm cực  $s_1, \dots, s_n$  cho đối tượng bằng phương pháp Ackerman.

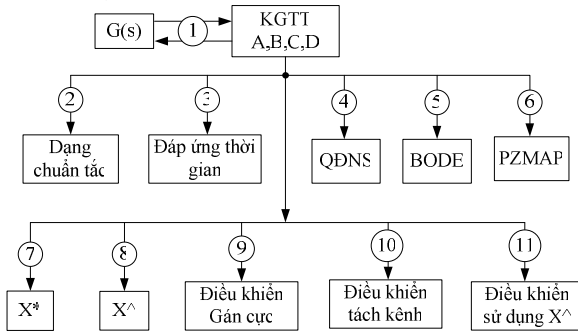
### 3.3.2. *Thiết kế hệ thống điều khiển sử dụng khâu quan sát*

Kết luận: Trong chương này, ta đi xây dựng phương pháp và thuật toán cho bộ điều khiển phản hồi trạng thái bằng phương pháp gán cực cho hệ SISO và phương pháp tách kênh cho hệ MIMO. Xây dựng bộ quan sát Luenberger quan sát các biến trạng thái kết hợp với bộ điều khiển sử dụng phản hồi biến trạng thái quan sát được.

## CHƯƠNG 4 : ỨNG DỤNG MATLAB TRONG PHÂN TÍCH VÀ TỔNG HỢP TRONG KHÔNG GIAN TRẠNG THÁI

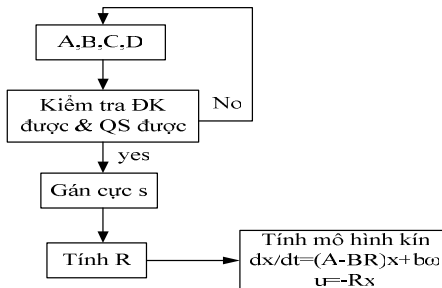
### 4.1. Sử dụng control system toolbox

#### 4.1.1. Phân tích hệ thống



Hình 4.1. Sơ đồ phân tích hệ thống

#### 4.1.2. Thiết kế hệ thống bằng gán điểm cực

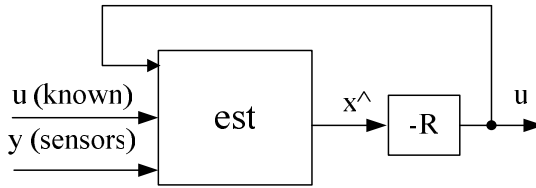


Hình 4.5. Sơ đồ khối thực hiện thiết kế gán cực

- Thiết kế hệ thống điều khiển sử dụng khâu quan sát [4] :

$$rsys = reg(sys,R,L)$$

$$rsys = reg(sys,R,L,sensors,known,control)$$



Hình 4.6. Hệ thống điều khiển rsys sử dụng khâu quan sát trạng thái

## 4.2. Xây dựng giao diện qua công cụ GUI

### 4.3. Ứng dụng bài toán

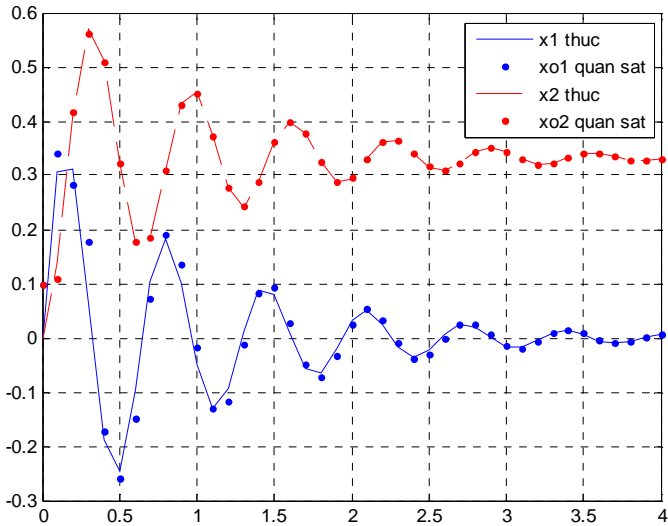
#### 4.3.1. Các ví dụ

##### 4.3.1.1. Ví dụ cho hệ SISO

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = \begin{pmatrix} -2 & -12 \\ 8 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix} \\ y = (0 \quad 3)x \end{cases}$$

- Quan sát biến trạng thái : Chọn điểm cực quan sát 10 lần điểm cực hệ thống.

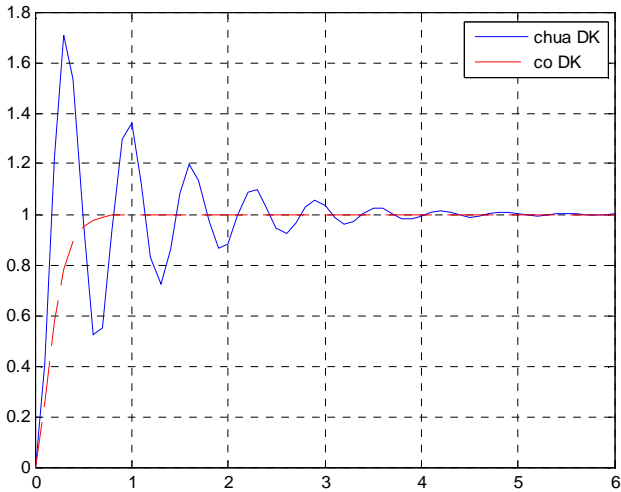




Hình 4.9. Quan sát biến trạng thái ví dụ hệ SISO

Nhận xét: ta thấy trạng thái quan sát được sau thời gian 0.4s thì bám sát trạng thái thực  $x_1$ , 0.2s thì bám sát trạng thái thực  $x_2$ . Điều này thể hiện bộ quan sát lựa chọn là phù hợp.

- Khảo sát thiết kế gán điểm cực :
- Chọn điểm cực  $p = [-12, -8]$



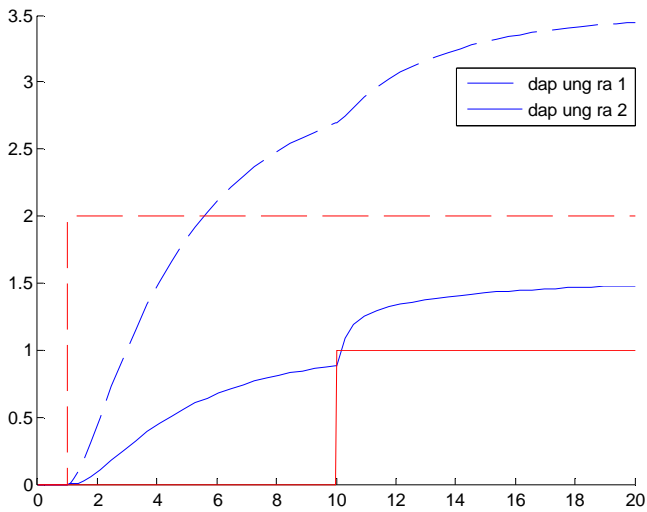
Hình 4.10. a. Khảo sát thiết kế điều khiển gián cực ví dụ hệ SISO

Nhận xét : Tín hiệu ra sau khi điều khiển không có quá trình quá điều chỉnh và nhanh tiến về 1 ở thời gian 0.7s.

#### 4.3.1.2. Ví dụ cho hệ MIMO

$$\begin{cases} \dot{x} = \begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 1 & -2 & 1 \\ 0 & 1 & -3 \end{pmatrix} x + \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} u \\ y = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} x \end{cases}$$

- Đáp ứng đầu ra khi chưa có khâu điều khiển tách kênh:

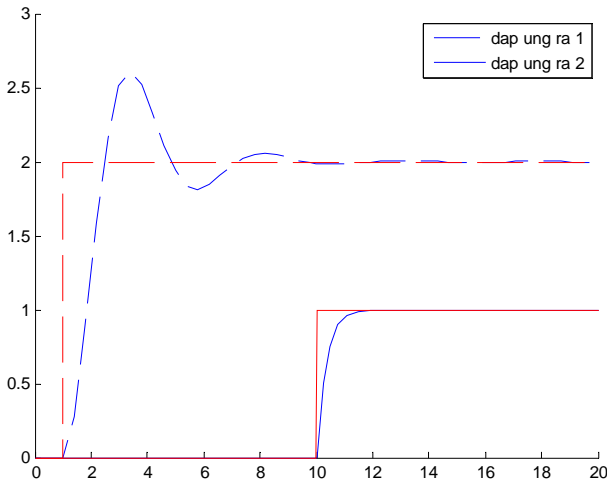


Hình 4.13.a. Đáp ứng của hệ khi chưa có bộ điều khiển tách kênh  
hệ MIMO

- Đáp ứng khi có bộ điều khiển tác kênh:

Ở ví dụ 3.9 ta đã tính được ma trận R và M:

Ta có kết quả :



Hình 4.14.a. Đáp ứng của hệ khi có bộ điều khiển tách kênh hệ MIMO

Nhận xét : Sau khi có bộ điều khiển tách kênh với hai ma trận M và R làm cho đáp ứng đầu ra của hệ bám theo giá trị đầu vào.

#### 4.3.2. Bài toán ứng dụng:

##### 4.3.2.1. Mô hình động cơ điện một chiều kích từ độc lập (ĐCMC)

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a \\ n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_a}{L_a} & -\frac{K\Phi \cdot 2\pi}{L_a} \\ \frac{K\Phi}{2\pi \cdot J} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_a} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{2\pi \cdot J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_a \\ M_c \end{bmatrix} \\ Y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ n \end{bmatrix} \end{cases} \quad (4.5)$$

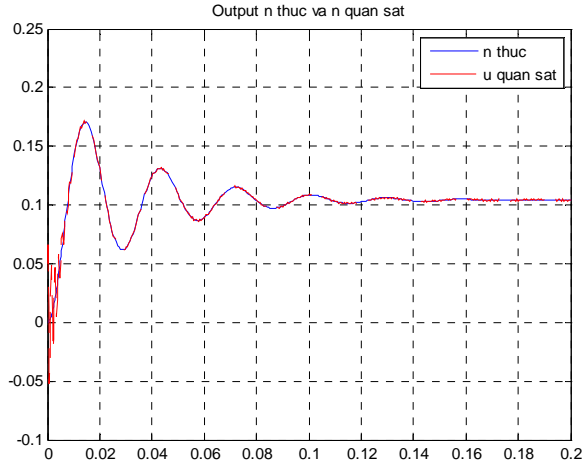
##### 4.3.2.2. Phân tích hệ thống

- Khảo sát quan sát trạng thái  $\hat{x}$  dùng bộ quan sát Luenberger khi  $M_c = 0$ .

Ta tính  $L = place(A', B', p_{qs})$

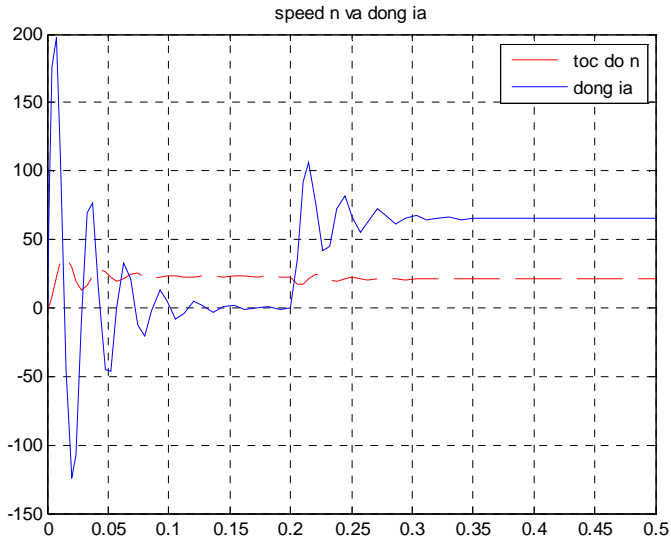
Với  $p_{qs} = 10 \times$  (điểm cực hệ thống)- để đảm bảo quá trình động học của khâu quan sát nhanh hơn.

Kết quả mô phỏng :



Hình 4.19. Khâu quan sát Luenberger giá trị đầu ra tốc độ  $n$  của ĐCMC

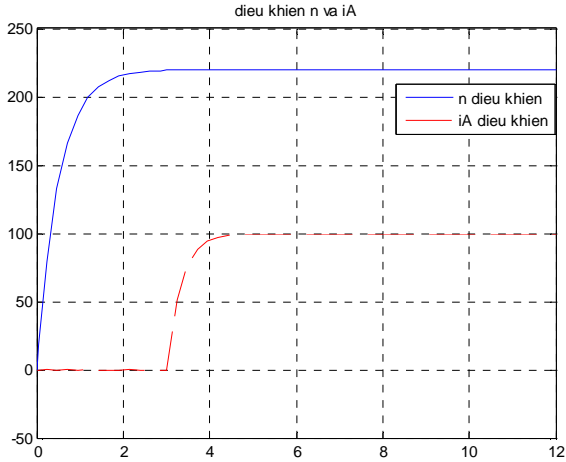
+ Khi chưa điều khiển tách kênh : đặt tải  $M_c = 50$  ở thời gian 0.2s, ta có kết quả :



Hình 4.23. Đáp ứng tốc độ và dòng điện khi chưa có điều khiển của ĐCMC

Nhận xét : Khi có tải vào ở thời điểm 0.2s thì tốc độ n giảm xuống và không trở về vị trí đặt ban đầu, và dòng điện iA tăng.

+ Với bộ điều khiển tách kênh M và R đã tính được, ta mô phỏng kết quả như sau :



Hình 4.24. Đáp ứng tốc độ và dòng điện khi có bộ điều khiển tách kênh ĐCMC

Nhận xét: Khi có bộ điều khiển tách kênh, tín hiệu tốc độ  $n$  bám rất tốt theo giá trị đặt  $u_a$  dù có đưa tải vào ở thời gian 3s, dòng tăng lên tại thời điểm đưa tải vào.

Kết luận: Trong chương này, chúng ta xây dựng giao diện nhờ công cụ GUI trong Matlab để phân tích và tổng hợp được:

- Từ mô hình trạng thái, ta chuyển về các dạng chuẩn tắc trong không gian trạng thái để đánh giá tính điều khiển được và quan sát được.

- Khảo sát đặc tính thời gian của hệ thống.

- Thiết kế được bộ điều khiển gián cực cho hệ SISO và tách kênh cho hệ MIMO, đánh giá được việc chọn bộ điều khiển trên là hợp lí, đảm bảo thời gian quá độ và độ quá điều chỉnh, bám nhanh theo tín hiệu vào mong muốn.

- Xây dựng bộ quan sát trạng thái đáp ứng nhu cầu thiết kế thông qua phản hồi tín hiệu đầu ra đo được.

## KẾT LUẬN

### 1. Kết luận

- Xuất phát từ ưu điểm của mô hình không gian trạng thái là mô tả được đặc tính động học bên trong hệ thống (các biến trạng thái) và có thể dễ dàng áp dụng cho hệ MIMO mà không phải thay đổi cấu trúc. Cũng như ứng dụng Control System Toolbox để thực hiện các bước cần thiết để khảo sát - thiết kế hệ thống, đặc biệt là các hệ thống điều khiển mô tả các hệ tuyến tính - dừng (hệ có tham số hằng) dưới dạng liên tục hay gián đoạn trong không gian trạng thái bằng phương pháp gán cực và tách kênh.

- Đề tài đã xây dựng giao diện để hỗ trợ việc phân tích và thiết kế nhờ công cụ GUI của MATLAB. Từ giao diện đã thiết kế, chúng ta đã giải quyết những bài toán trong không gian trạng thái như: phân tích được tính ổn định, tính điều khiển được, quan sát được của hệ thống, khảo sát được đáp ứng thời gian của hệ thống. Tổng hợp các bộ điều khiển phản hồi trạng thái bằng phương pháp gán cực cho hệ SISO và phương pháp tách kênh cho hệ MIMO, xây dựng được bộ quan sát trạng thái để tính toán gián tiếp biến trạng thái thông qua phản hồi tín hiệu đầu ra đo được.

- Ứng dụng phân tích và tổng hợp hệ thống điều khiển cho đối tượng là động cơ một chiều kích từ độc lập, làm cơ sở để người dùng phân tích các đặc tính động học, đánh giá chất lượng từ đó đưa ra bộ điều khiển tốt nhất ứng dụng điều khiển động cơ một chiều trong thực tiễn.

### 2. Kiến nghị và hướng phát triển

- Đề tài đã giải quyết được cơ bản những bước phân tích, tổng hợp hệ thống điều khiển phản hồi trạng thái bằng phương pháp gán cực và tách kênh trên cơ sở lý thuyết và thử nghiệm bằng giao diện



đã xây dựng, do vậy để áp dụng trong thực tiễn chắc chắn sẽ còn nhiều vấn đề phải quan tâm.

- Để hoàn thiện hơn cho đề tài, chúng ta tiếp tục hoàn thiện phương pháp phản hồi trạng thái (điều khiển phản hồi trạng thái tối ưu, ...) để biến giao diện thiết kế là công cụ hữu hiệu để phân tích và thiết kế hệ thống trong không gian trạng thái.

- Từ cơ sở phân tích và tổng hợp các hệ thống điều khiển tuyến tính, chúng ta có thể xây dựng giao diện để phân tích và thiết kế cho hệ thống điều khiển phi tuyến trong không gian trạng thái.