**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**

**-----------------⸙∆⸙-----------------**



**BÁO CÁO CUỐI KỲ**

**MÔ HÌNH HÓA VÀ NHẬN DẠNG CÁNH TAY ROBOT 2 BẬC TỰ DO BẰNG PHƯƠNG PHÁP BÌNH PHƯƠNG TỐI THIỂU TUYẾN TÍNH CÓ TRỌNG SỐ ĐỆ QUY**

**GVHD:**  TS. Trần Đức Thiện

**SVTH:**

Phan Văn Hoàng Anh

Lê Nguyễn Ngọc Như Thùy

**MSSV:** 21151070

21151169

**Tp. Hồ Chí Minh tháng 05 năm 2024**

# Mục lục

[Mục lục i](#_Toc167141330)

[Danh sách hình ảnh ii](#_Toc167141331)

[Chương 1. TỔNG QUAN 1](#_Toc167141332)

[1.1 ĐẶT VẤN ĐỀ 1](#_Toc167141333)

[1.2 MỤC TIÊU 1](#_Toc167141334)

[1.3 NỘI DUNG THỰC HIỆN 1](#_Toc167141335)

[Chương 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT 2](#_Toc167141336)

[2.1 Mô hình hóa hệ thống 2](#_Toc167141337)

[2.1.1 Mô hình hóa 2](#_Toc167141338)

[2.1.2 Các bước mô hình hóa hệ thống 2](#_Toc167141339)

[2.1.3 Mô hình hóa hệ cơ điện 4](#_Toc167141340)

[2.1.4 Mô hình tuyến tính hóa hệ phi tuyến 6](#_Toc167141341)

[2.2 Nhận dạng hệ thống 6](#_Toc167141342)

[2.2.1 Bài toán nhận dạng mô hình có tham số 6](#_Toc167141343)

[2.2.2 Ước lượng tham số - Phương pháp bình phương tối thiểu 7](#_Toc167141344)

[2.2.3 Thuật toán đệ quy ước lượng tham số 8](#_Toc167141345)

[2.2.4 Thuật toán bình phương tối thiểu tuyến tính có trọng số đệ qui 8](#_Toc167141346)

[Chương 3. NỘI DUNG 10](#_Toc167141347)

[3.1 Mô hình hóa cánh tay robot 2 bậc tự do xét cơ và điện 10](#_Toc167141348)

[3.1.1 Phân tích chức năng 10](#_Toc167141349)

[3.1.2 Cô lập hệ thống 10](#_Toc167141350)

[3.2 Tính toán phương trình vi phân của cánh tay robot 2 bậc tự do 11](#_Toc167141351)

[3.3 THIẾT KẾ HỆ THỐNG 15](#_Toc167141352)

[3.3.1 Xây dựng hệ cánh tay robot 2 bậc tự do bằng Matlab Function 15](#_Toc167141353)

[3.3.2 Thiết kế bộ nhận dạng 16](#_Toc167141354)

[3.3.3 Nhận dạng bất thường 24](#_Toc167141355)

[Chương 4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG & NHẬN XÉT 28](#_Toc167141356)

[4.1 Kết quả thực hiện 28](#_Toc167141357)

[4.1.1 Kết quả thiết kế mô hình cánh tay robot 2 bậc tự do hệ cơ điện 28](#_Toc167141358)

[4.1.1 Kết quả nhận dạng 29](#_Toc167141359)

[4.2 Nhận xét 37](#_Toc167141360)

[TÀI LIỆU THAM KHẢO 39](#_Toc167141361)

# Danh sách hình ảnh

[Hình 1 Hệ động cơ không tải 4](#_Toc167141718)

[Hình 2 Hệ động cơ phức tạp có tải 5](#_Toc167141719)

[Hình 3 Mô hình nhận dạng hệ thống 6](#_Toc167141720)

[Hình 4 Mô hình hệ thống có dự báo sai số 7](#_Toc167141721)

[Hình 5 Mô hình mô tả thuật toán 8](#_Toc167141722)

[Hình 6 Cánh tay robot 2 bậc tự do với các khớp được điều khiển bởi các động cơ DC 10](#_Toc167141723)

[Hình 7 Cô lập hệ cánh tay robot 2 bậc tự do kết hợp động cơ DC 10](#_Toc167141724)

[Hình 8 Các liên kết trong chi tiết đến các hệ thống con của hệ 11](#_Toc167141725)

[Hình 9 Các liên kết trong chi tiết đến các bộ phận trong hệ 11](#_Toc167141726)

[Hình 10 Mô hình động cơ DC có tải 12](#_Toc167141727)

[Hình 11 Mô hình robot 2 bậc tự do kết hợp động cơ DC 13](#_Toc167141728)

[Hình 12 Hệ cánh tay Robot 2 bậc tự do với các khớp là động cơ DC 15](#_Toc167141729)

[Hình 13 Cài đặt thời gian lấy mẫu 19](#_Toc167141730)

[Hình 14 Cài đặt thông số khối Random Number 20](#_Toc167141731)

[Hình 15 Bộ nhận dạng thông số hệ thống sử dụng phương pháp bình phương cực tiểu đệ qui 20](#_Toc167141732)

[Hình 16 Cài đặt thông số cho ma trận R 21](#_Toc167141733)

[Hình 17 Cài đặt thông số cho ma trận theta 21](#_Toc167141734)

[Hình 18 Mô hình sử dụng các thông số nhận dạng được 23](#_Toc167141735)

[Hình 19 Khối so sánh ngõ ra của hệ gốc và hệ ước lượng được 24](#_Toc167141736)

[Hình 20 Giả lập sự thay đổi giá trị của điện trở Ra2, và khối lượng m2 25](#_Toc167141737)

[Hình 21 Cài đặt giá trị cho khối Step giả lập sự thay đổi giá trị của Ra2 26](#_Toc167141738)

[Hình 22 Cài đặt giá trị cho khối Step giả lập sự thay đổi giá trị của khối lượng m2 27](#_Toc167141739)

[Hình 23 Ngõ vào điện áp cung cấp cho hệ cánh tay robot 28](#_Toc167141740)

[Hình 24 Đáp ứng ngõ ra của hệ 28](#_Toc167141741)

[Hình 25 Ngõ ra ma trận Theta chứa các thông số ước lượng được trong quá trình hoạt động của hệ 29](#_Toc167141742)

[Hình 26 Hệ số thực của hệ thống 29](#_Toc167141743)

[Hình 27 Hệ số ước lượng được bằng phương pháp bình phương cực tiểu đệ qui 30](#_Toc167141744)

[Hình 28 Đáp ứng ngõ ra của hệ cánh tay robot 2 bậc tự do khi có tác dụng của nhiễu đo lường 30](#_Toc167141745)

[Hình 29 Ma trận theta chứa các thông số được ước lượng 31](#_Toc167141746)

[Hình 30 Đáp ứng ngõ ra của hệ cánh tay máy có tác động của nhiễu (màu đỏ) và hệ ước lượng được (màu đen) 31](#_Toc167141747)

[Hình 31 Hệ số thực của hệ thống 32](#_Toc167141748)

[Hình 32 Hệ số ước lượng được bằng phương pháp bình phương cực tiểu đệ qui 32](#_Toc167141749)

[Hình 33 Sự thay đổi của giá trị điện trở Ra2 trong quá trình hệ thống hoạt động 32](#_Toc167141750)

[Hình 34 Ma trận theta chứa các thông số nhận dạng được của hệ, có xuất hiện bất thường trong các thông số của hệ thống trong quá trình hoạt động 33](#_Toc167141751)

[Hình 35 Hệ số ước lượng được từ hệ thống thực 33](#_Toc167141752)

[Hình 36 Hệ số ước lượng được bằng phương pháp bình phương cực tiểu đệ qui khi hệ có sự thay đổi của giá trị điện trở Ra2 34](#_Toc167141753)

[Hình 37 Ma trận sai số của hệ số ban đầu và hệ số bất thường 34](#_Toc167141754)

[Hình 38 Thông số bất thường trong hệ thống 35](#_Toc167141755)

[Hình 39 giả lập sự thay đổi giá trị m2 35](#_Toc167141756)

[Hình 40 Ma trận theta chứa các thông số nhận dạng được của hệ, có xuất hiện bất thường trong các thông số của hệ thống trong quá trình hoạt động 35](#_Toc167141757)

[Hình 41 Hệ số ước lượng được từ hệ thống thực 36](#_Toc167141758)

[Hình 42 Hệ số ước lượng được bằng phương pháp bình phương cực tiểu đệ qui khi hệ có sự thay đổi của giá trị khối lượng m2 36](#_Toc167141759)

[Hình 43 Ma trận sai số của hệ số ban đầu và hệ số bất thường 37](#_Toc167141760)

[Hình 44 Thông số bất thường trong hệ thống 37](#_Toc167141761)

# TỔNG QUAN

## ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong cuộc sống ngày nay, Robot ngày càng phát triển và được ứng dụng trong hầu hết các ngành công nghiệp hiện đại vì độ chính xác, tiện lợi và đã trở thành một thiết bị tất yếu trong các dây chuyền sản xuất tự động hóa.

Vì thế, nâng cấp tính năng, sự linh hoạt của Robot là một trong những yêu cầu cấp thiết hiện nay.

Tuy nhiên, để thực hiện được việc này trước hết cần phải thiết kế được bộ điều khiển tối ưu, nhưng các bộ điều khiển đều phụ thuộc vào các thông số động lực học của Robot và có nhiều thông số không thể đo đạc trực tiếp. Vì vậy, ta cần tìm các phương pháp để nhận dạng thông số. Nhóm sinh viên thực hiện báo cáo đã chọn nhận dạng thông số hệ thống bằng thuật toán ước lượng đệ quy nhằm thiết kế hệ thống điều khiển thích nghi, đảm bảo chất lượng điều khiển khi thông số mô hình thay đổi.

## MỤC TIÊU

* Mô hình hóa cánh tay robot 2 bậc tự do xét hệ cơ điện.
* Xác định thông số của cánh tay robot 2 bậc tự do so với giá trị thông số xây dựng ban đầu bằng phương pháp bình thương tối thiểu tuyến tính có trọng số đệ quy
* Xác định các yếu tố bất thường bằng nhận dạng hệ thống.
* Đưa ra kết luận.

## NỘI DUNG THỰC HIỆN

Các nội dung được thực hiện trong bài báo cáo cuối kỳ gồm:

Chương 1: Tổng quan

Chương 2: Cơ sở lý thuyết

Chương 3: Nội dung

Chương 4: Kết quả mô phỏng và Nhận xét

# CƠ SỞ LÝ THUYẾT

## Mô hình hóa hệ thống

### Mô hình hóa

Mô hình hóa là phương pháp xây dựng mô hình toán của hệ thống bằng cách dựa vào các quy luật vật lý chi phối hoạt động của hệ thống.

Phương pháp mô hình hóa chỉ có thể áp dụng khi ta đã biết rõ cấu trúc của hệ thống và các quy luật vật lý chi phối hoạt động của hệ thống.

Các định luật vật lý

* Điện
* Cơ học
* Nhiệt
* Lưu chất lỏn
* Lưu chất khí

### Các bước mô hình hóa hệ thống

#### Phân tích chức năng

**Phân tích chức năng:** phân tích hệ thống thành các khối chức năng, trong đó mô hình toán của các khối chức năng đã biết hoặc có thể rút ra được dựa vào các quy luật vật lý.

Khi phân tích chức năng cần lưu ý đến liên kết vật lý và quan hệ nhân quả.

Ba bước phân tích chức năng:

* Cô lập hệ thống:
* Xác định giới hạn của hệ thống cần mô hình hóa
* Cắt các kết nối giữa hệ thống khảo sát với môi trường ngoài
* Mối kết nối bị cắt được thay thế bằng một cổng để mô tả sự tương tác giữa hệ thống và môi trường
* Phân tích hệ thống con
* Phân tích hệ thống sau khi cô lập thành các hệ thống con.
* Sau đó tiếp tục phân tích các hệ thống con chi tiết đến các bộ phận, tha thế các liên kết giữa các bộ phần bằng các cổng.
* Xác định các quan hệ nhân quả - xác định các biến của hệ thống: vì cổng là đầu cuối mà qua đó công suất (năng lượng/ đơn vị thời gian) truyền vào ra hệ thống nên quan hệ nhân quả của cổng được xác định bởi các biến định nghĩa công suất tại cổng.

#### Phân tích vật lý

**Phân tích vật lý:** rút ra mô hình toán của các khối chức năng dựa vào các quy luật vật lý.

Một hệ thống phức tạp có thể gồm nhiều hệ thống con thuộc 4 loại hệ thống vật lý (điện, cơ, nhiệt, lưu chất).

Các phần tử cơ bản gốm: trở, dung, cảm hay quán tính.

Các biến cơ bản: lượng, thế, thời gian.

* Cường độ dòng là biến thiên lượng trong một đơn vị thời gian (hay cường độ dòng là tốc độ biến thiên lượng)

Cường độ dòng(lượng)

Công suất = thế x cường độ dòng

Quan hệ giữa các đại lượng cơ bản:

* Định nghĩa phần tử trở
* Trở là đại lượng đặc trưng cho khả năng chống lại sự dịch chuyển cơ học hay dòng vật chất, năng lượng.
* Trở được đo bằng thế cần thiết để chuyển một đơn vị lượng trong một đơn vị thời gian (giây).
* Định nghĩa phần tử dung
* Dung biểu diễn mối quan hệ giữa lượng và thế.
* Dung được đo bằng lượng cần thiết là cho thế biến thiên trên một đơn vị.
* Định nghĩa phần tử cảm
* Cảm hay quán tính là đại lượng đặc trưng cho khả năng chống lại sự thay đổi trạng thái chuyển động cơ học của dòng vật chất, năng lượng.
* Cảm được đo bằng thế cần thiết để làm tốc độ biến thiên của lượng thay đổi một đơn vị.

**Các phương pháp cân bằng**

* Các định luật bảo toàn khối lượng, năng lượng và xung lượng là các định luật cơ bản được sử dụng khi mô hình hóa.
* Phương trình cân bằng cơ bản có dạng tổng quát như sau:

Dòng tích lũy = Dòng vào – Dòng ra

* Nếu hệ thống không có các phần tử tích trữ khối lượng, năng lượng và xung lượng thì phương trình trở thành:

Dòng vào – Dòng ra = 0

* Nếu hệ thống có phần tử tích trữ khối lượng, năng lượng hay xung lượng thì sự tích trữ này làm thay đổi trạng thái của hệ thống:

**Lý tưởng hóa các phần tử vật lý**

* Nguyên tắc thuần hóa: nhận ra ảnh hưởng vật lý cơ bản chi phối hoạt động của đối tượng và dùng các phần tử thuần để biểu diễn.
* Nguyên tắc tập trung hóa: các ảnh hưởng vật lý thực luôn phân bố trong một miền hay không gian nhất định (dù nhỏ. Các ảnh hưởng phân bố này có thể lý tưởng hóa bằng cách mô hình hóa tập trung.
* Nguyên tắc tuyến tính hóa: tất cả các hệ thống thực đều là hệ phi tuyến => lý tưởng hóa bằng cách tuyến tính hóa.

**Phân tích vật lý hệ thống**

* Các loại nguồn: nguồn áp lý tưởng, nguồn dòng lý tưởng.
* Phương trình cân bằng điện: định luật Kirchoff về dòng, định luật Kirchoff về áp.
* Phương trình giải tích mạch điện: phương pháp thế đỉnh, phương pháp dòng vòng.

#### Phân tích toán học

**Phân tích toán học:** các khối chức năng được kết nối toán học để được mô hình của hệ thống.

* Kết hợp tất cả các hệ phương trình mô tả đặc tính động của các bộ phận chức năng để được hệ phương trình mô tả hệ thống.
* Tuyến tính hóa quan hệ phi tuyến để được mô tả toán học tuyến tính.
* Đại số sơ đồ khối – phương pháp sơ đồ dòng tín hiệu và công thức Mason để tìm hàm truyền tương đương của hệ tuyến tính.
* Đánh giá sự phù hợp của mô hình.
* Dùng mô hình để dự báo đáp ứng của hệ thống đối với tín hiệu vào cho trước.

### Mô hình hóa hệ cơ điện

A diagram of a circuit

Description automatically generated

Hình 1 Hệ động cơ không tải

Moment tạo ra từ động cơ điện tỉ lệ với dòng điện được cung cấp



Trong đó: T là moment của động cơ, kt là hằng số moment, i là dòng điện của động cơ.

Điện áp cảm ứng của động cơ tỉ lệ thuận với tốc độ của động cơ:



Ta áp dụng định luật Kirchoff về áp ta có phương trình:



Giả sử không có tải liên kết với động cơ, công thức moment động cơ:



Hay



Ta có:



Thay công thức Kirchoff ta có



Đối với các động cơ có giá trị điện cảm nhỏ, mô hình được trình bày như sau



A diagram of a motor

Description automatically generated

Hình 2 Hệ động cơ phức tạp có tải

Đối với các mô hình động cơ phức tạp mang tải, áp dụng định luật Kirchoff về điện áp ta có:



Công thức có thể được viết lại



Công thức moment



Hay



Phương trình trạng thái



### Mô hình tuyến tính hóa hệ phi tuyến

* Xét hệ phi tuyến bậc n có p ngõ vào, q ngõ ra mô tả bởi PTTT phi tuyến:



* Điểm trạng thái được gọi là điểm dừng của hệ phi tuyến nếu như hệ đang ở trạng thái và với tác động điều khiển cố định, không đổi cho trước thì hệ sẽ nằm nguyên tại trạng thái đó



* Điểm dừng còn được gọi là điểm làm việc tĩnh của hệ phi tuyến.

## Nhận dạng hệ thống

### Bài toán nhận dạng mô hình có tham số

Tín hiệu ngẫu nhiên. Tập hợp N mẫu dữ liệu vào – ra của hệ thống



A diagram of a yellow rectangular with black arrows and a black x

Description automatically generated

Hình 3 Mô hình nhận dạng hệ thống

Sai số dự báo



A diagram of a block diagram

Description automatically generated

Hình 4 Mô hình hệ thống có dự báo sai số

### Ước lượng tham số - Phương pháp bình phương tối thiểu

Tiêu chuẩn ước lượng tham số:



Vector tham số ước lượng:



Tìm Tìm nghiệm phương trình











### Thuật toán đệ quy ước lượng tham số

Thuật toán ước lượng đệ quy được sử dụng trong các hệ thống điều khiển thích nghi, nhằm đảm bảo chất lượng điều khiển khi thông số mô hình thay đổi.

A diagram of a number of different colored rectangular objects

Description automatically generated with medium confidence

Hình 5 Mô hình mô tả thuật toán

Việc tính toán tham số mô hình trực tuyến phải được thực hiện sao cho việc xử lý dữ liệu đo tại mỗi thời điểm lấy mẫy phải chắc chắn hoàn tất trong khoảng thời gian nhỏ hơn chu kỳ lấy mẫu.

Giả sử thu thập được k mẫy dữ liệu, tham số mô hình ước lượng bằng phương pháp bình phương tối thiểu tueyens tính có trọng số là









**Khuyết điểm:**

* Không sử dụng được giá trị tham số đã tính ở thời điểm trước đó.
* Khi số mẫu tăng lên đến vô cùng không đủ bộ nhớ để lưu trữ dữ liệu.
* Thời gian tính toán tăng lên khi k tăng.

### Thuật toán bình phương tối thiểu tuyến tính có trọng số đệ qui

Chọn chuỗi có trọng số thỏa mãn tính chất:



Với 



Từ và ta có;



Thuật toán ước lượng đệ qui:







Chú ý:

* Nếu , thì 
* là hệ số quên (Forget factor).
* Thông thường  được chọn trong 

# NỘI DUNG

## Mô hình hóa cánh tay robot 2 bậc tự do xét cơ và điện

### Phân tích chức năng

Diagram of a robot arm

Description automatically generated

Hình 6 Cánh tay robot 2 bậc tự do với các khớp được điều khiển bởi các động cơ DC

### Cô lập hệ thống

A diagram of a robot arm system

Description automatically generated

Hình 7 Cô lập hệ cánh tay robot 2 bậc tự do kết hợp động cơ DC

***Các liên kết trong chi tiết đến các hệ thống con***

A diagram of a motor

Description automatically generated

Hình 8 Các liên kết trong chi tiết đến các hệ thống con của hệ

***Các liên kết trong chi tiết đến các bộ phận trong hệ***

A diagram of a motor

Description automatically generated

Hình 9 Các liên kết trong chi tiết đến các bộ phận trong hệ

## Tính toán phương trình vi phân của cánh tay robot 2 bậc tự do

**Phân tích hệ thống điện (phần động cơ)**

**A diagram of a motor

Description automatically generated**

Hình 10 Mô hình động cơ DC có tải

Áp dụng định luật Kirchoff về áp cho 2 động cơ DC trong hệ cánh tay robot:



Trong đó:





Thay , vào và ta được:





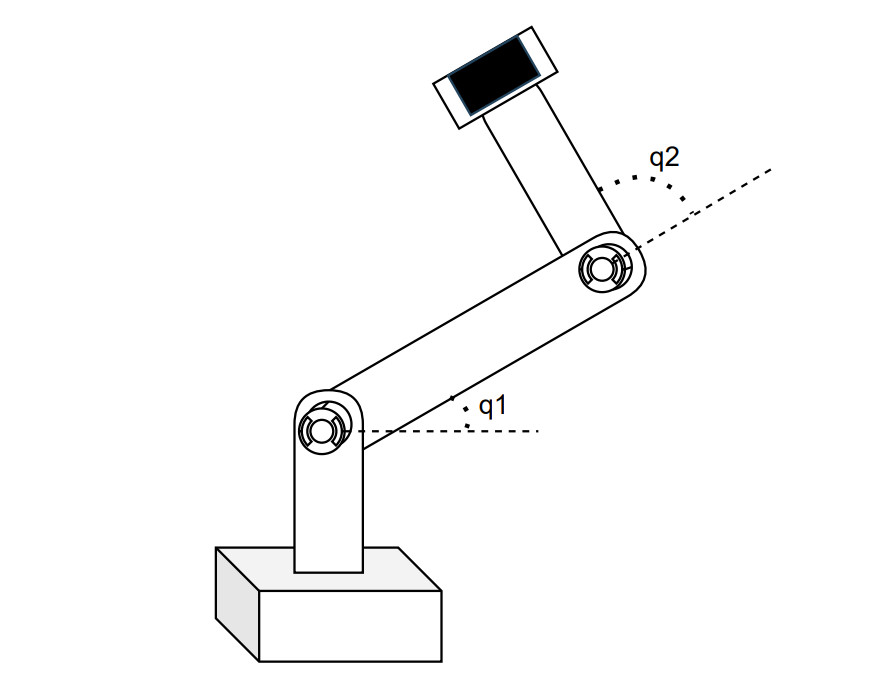
Xem điện áp rơi trên cuộn cảm là không đáng kể, ta suy ra được dòng điện có phương trình:



**Phân tích hệ thống cơ**

Áp dụng phương pháp Lagrance để xác định phương trình vi phân của hệ cánh tay robot hai bậc tự do:

* Trọng tâm của robot được đặt ở cuối các khâu.
* Thành phần moment quán tính là bằng 0.



Hình 11 Mô hình robot 2 bậc tự do kết hợp động cơ DC

Vị trí của m1:



Vận tốc của m1:



Vị trí của m2:



Vận tốc của m2:



Năng lượng động năng





Năng lượng thế năng





Tính toán hàm Lagrance



Ta có:



Thay các thành phần năng lượng động năng, thế năng ở các công thức từ đến vào ta được:



Phương trình vi phân







Công thức mômen đối với hệ cơ điện phức tạp:



Do moment tạo ra từ động cơ tỉ lệ với dòng điện được cung cấp nên:



Từ và ta viết lại được:



Thay vào ta được phương trình moment tổng quát:



Phương trình mô tả chuyển động của cánh tay robot có dạng như sau:



Với:













## THIẾT KẾ HỆ THỐNG

### Xây dựng hệ cánh tay robot 2 bậc tự do bằng Matlab Function

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Hình 12 Hệ cánh tay Robot 2 bậc tự do với các khớp là động cơ DC

**Chương trình của hệ cánh tay Robot 2 bậc tự do được xây dựng dựa trên phương trình vi phân đã tính toán**

function [dd\_theta1, dd\_theta2] = RobotArm (dtheta1, theta1, Ra2, Va1, Va2, theta2, dtheta2)

m1 = 0.6;

m2 = 0.6;

L1 = 1.4;

L2 = 1.4;

I1 = 1;

I2 = 1;

kt1 = 0.02;

kt2 = 0.02;

kb1 = 0.02;

kb2 = 0.02;

B1 = 4;

B2 = 2;

Ra1 = 5;

g = 9.8;

M = [m1\*L1^2 + m2\*(L1^2 + 2\*L1\*L2\*cos(theta2) + L2^2) + I1, m2\*(L1\*L2\*cos(theta2) + L2^2);...

m2\*(L1\*L2\*cos(theta2) + L2^2) , m2\*L2^2 + I2 ];

V = [-m2\*L1\*L2\*sin(theta2)\*(2\*dtheta1\*dtheta2 + dtheta2^2) + (kt1\*kb1/Ra1 + B1)\*dtheta1;

m2\*L1\*L2\*sin(theta2)\*dtheta1^2 + (kt2\*kb2/Ra2 + B2)\*dtheta2 ];

G = [(m1 + m2)\*L1\*g\*cos(theta1) + m2\*g\*L2\*cos(theta1 + theta2) ;

m2\*g\*L2\*cos(theta1 + theta2) ];

A = [ kt1/Ra1, 0 ;

0 , kt2/Ra2 ];

Va = [Va1;

Va2];

dd\_theta = inv(M)\*(A\*Va - V - G);

dd\_theta1 = dd\_theta(1);

dd\_theta2 = dd\_theta(2);

end

### Thiết kế bộ nhận dạng

#### Thực hiện biến đổi phương trình vi phân

Từ phương trình và ta viết lại phương trình như sau:





Phân tích phương trình và ta thu được các ma trận sau:









Ước lượng các thông số bằng thuật toán ước lượng đệ qui







**Chú ý:**

* Nếu , thì 
* là hệ số quên (Forget factor).
* Thông thường  được chọn trong 

Các thông số của mô hình được xác định như sau:



Heso = 

#### Xây dựng bộ nhận dạng thông số bằng Matlab Function

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Hình 13 Cài đặt thời gian lấy mẫu

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Hình 14 Cài đặt thông số khối Random Number

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Hình 15 Bộ nhận dạng thông số hệ thống sử dụng phương pháp bình phương cực tiểu đệ qui

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Hình 16 Cài đặt thông số cho ma trận R

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Hình 17 Cài đặt thông số cho ma trận theta

**Chương trình nhận dạng thông số bằng phương pháp bình phương cực tiểu đệ quy dựa trên phương trình vi phân tính toán được**

function [R, heso, err, theta] = RLS (R\_p, dd\_theta1, dtheta1, theta1, dd\_theta2, dtheta2, theta2, Va1, Va2, theta\_p)

lamda=0.98;

g = 9.8;

kt1 = 0.02;

kt2 = 0.02;

kb1 = 0.02;

kb2 = 0.02;

B1 = 4;

B2 = 2;

Va = [Va1;

Va2];

y = Va;

phi = [dd\_theta1, (dd\_theta1 + dd\_theta2), (2\*cos(theta2)\*dd\_theta1 + cos(theta2)\*dd\_theta2 - sin(theta2)\*(2\*dtheta1\*dtheta2 + dtheta2^2)), cos(theta1), cos(theta1 + theta2), dtheta1, 0, 0, 0, 0, 0 ;

0, 0, 0, 0, 0, 0 , dd\_theta2, (dd\_theta1 + dd\_theta2), cos(theta2)\*dd\_theta1 + dtheta1^2\*sin(theta2), cos(theta1 + theta2), dtheta2 ];

%teta = [m1\*L1^2 + m2\*L1^2 + I1;

% m2\*L2^2;

% m2\*L1\*L2;

% (m1 + m2)\*L1\*g;

% m2\*g\*L2;

% (kt1\*kb1/Ra1 + B1);

%

% I2

% m2\*L2^2;

% m2\*L1\*L2;

% cos(theta1 + theta2)

% (kt2\*kb2/Ra2 + B2)

esi1 = y - phi \* theta\_p;

theta = (theta\_p + (inv(R\_p)\*phi'\*esi1));

R = lamda\*R\_p + phi'\*phi;

L2 = theta(2)/theta(5)\*g;

L1 = theta(3)/theta(5)\*g;

Ra1 = theta(6)\*(kt1/B1) - kb1;

Ra2 = theta(11)\*(kt2/B2) - kb2;

m2 = theta(2)\*(kt1/Ra1)/L2^2;

m1 = theta(4)\*(kt1/Ra1)/(L1\*g) - m2;

I1 = theta(1)\*(kt1/Ra1) - (m1\*L1^2 + m2\*L1^2);

I2 = theta(7)\*kt2/Ra2;

heso\_chuan = [1.4000, 1.4000;

0.6024, 0.6024;

4.9801, 4.9802;

1.0040, 1.0040];

heso = [ L1, L2 ;

m1, m2 ;

Ra1, Ra2;

I1, I2 ]

err = (heso\_chuan-heso)

end

Ta nhận dạng được các thông số sau:

L2 = theta(2)/theta(5)\*g;

L1 = theta(3)/theta(5)\*g;

Ra1 = theta(6)\*(kt1/B1) - kb1;

Ra2 = theta(11)\*(kt2/B2) - kb2;

m2 = theta(2)\*(kt1/Ra1)/L2^2;

m1 = theta(4)\*(kt1/Ra1)/(L1\*g) - m2;

I1 = theta(1)\*(kt1/Ra1) - (m1\*L1^2 + m2\*L1^2);

I2 = theta(7)\*kt2/Ra2;

heso = [ L1, L2 ;

m1, m2 ;

Ra1, Ra2;

I1, I2 ]

#### Mô hình cánh tay robot 2 bậc sử dụng các thông số nhận dạng được

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Hình 18 Mô hình sử dụng các thông số nhận dạng được

Chương trình của hệ cánh tay sử dụng các thông số đã nhận dạng

function [dd\_theta1, dd\_theta2] = RobotArm(dtheta1, theta1, Va1, Va2, theta2, dtheta2)

heso = [1.4000, 1.4000;

0.6024, 0.6024;

4.9801, 4.9802;

1.0040, 1.0040];

L1 = heso(1,1)

L2 = heso(1,2)

m1 = heso(2,1)

m2 = heso(2,2)

Ra1 = heso(3,1)

Ra2 = heso(3,2)

I1 = heso(4,1)

I2 = heso(4,2)

% heso = [ L1, L2 ;

% m1, m2 ;

% Ra1, Ra2;

% I1, I2 ]

kt1 = 0.02;

kt2 = 0.02;

kb1 = 0.02;

kb2 = 0.02;

B1 = 4;

B2 = 2;

g = 9.8;

M = [m1\*L1^2 + m2\*(L1^2 + 2\*L1\*L2\*cos(theta2) + L2^2) + I1, m2\*(L1\*L2\*cos(theta2) + L2^2);...

m2\*(L1\*L2\*cos(theta2) + L2^2) , m2\*L2^2 + I2 ];

V = [-m2\*L1\*L2\*sin(theta2)\*(2\*dtheta1\*dtheta2 + dtheta2^2) + (kt1\*kb1/Ra1 + B1)\*dtheta1;

m2\*L1\*L2\*sin(theta2)\*dtheta1^2 + (kt2\*kb2/Ra2 + B2)\*dtheta2 ];

G = [(m1 + m2)\*L1\*g\*cos(theta1) + m2\*g\*L2\*cos(theta1 + theta2) ;

m2\*g\*L2\*cos(theta1 + theta2) ];

A = [ kt1/Ra1, 0 ;

0 , kt2/Ra2 ];

Va = [Va1;

Va2];

dd\_theta = inv(M)\*(A\*Va - V - G);

dd\_theta1 = dd\_theta(1);

dd\_theta2 = dd\_theta(2);

end

A diagram of a algorithm

Description automatically generated

Hình 19 Khối so sánh ngõ ra của hệ gốc và hệ ước lượng được

### Nhận dạng bất thường

Giả thuyết 1: là giá trị Ra2 sẽ bị thay đổi trong quá trình hệ cánh tay robot hoạt động, và tác dụng của bộ nhận dạng là phát hiện ra điểm bất thường đó.

Giả thuyết 2: xác định được khối lượng vật mà cánh tay robot gắp lên được dựa vào sự bất thường ở thông số m2.

A computer screen shot of a computer

Description automatically generated

Hình 20 Giả lập sự thay đổi giá trị của điện trở Ra2, và khối lượng m2

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Hình 21 Cài đặt giá trị cho khối Step giả lập sự thay đổi giá trị của Ra2

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Hình 22 Cài đặt giá trị cho khối Step giả lập sự thay đổi giá trị của khối lượng m2

# KẾT QUẢ MÔ PHỎNG & NHẬN XÉT

## Kết quả thực hiện

### **Kết quả thiết kế mô hình cánh tay robot 2 bậc tự do hệ cơ điện**

A red and blue sound waves

Description automatically generated

Hình 23 Ngõ vào điện áp cung cấp cho hệ cánh tay robot

A graph of a graph

Description automatically generated with medium confidence

Hình 24 Đáp ứng ngõ ra của hệ

### Kết quả nhận dạng

#### Kết quả nhận dạng hệ cánh tay robot 2 bậc

A graph of different colored lines

Description automatically generated

Hình 25 Ngõ ra ma trận Theta chứa các thông số ước lượng được trong quá trình hoạt động của hệ

**Các hệ số của hệ cánh tay robot 2 bậc tự do**

*Ma trận chứa hệ số được mô tả như sau:*

Heso = 

*Hệ số thực của hệ thống:*

*A number of numbers and a mathematical equation

Description automatically generated with medium confidence*

Hình 26 Hệ số thực của hệ thống

*Hệ số ước lượng bằng phương pháp bình phương cực tiểu đệ qui:*

A screenshot of a math equation

Description automatically generated with medium confidence

Hình 27 Hệ số ước lượng được bằng phương pháp bình phương cực tiểu đệ qui

#### Kết quả nhận dạng hệ cánh tay robot 2 bậc với tác động của nhiễu đo lường

A graph of a graph of a graph

Description automatically generated with medium confidence

Hình 28 Đáp ứng ngõ ra của hệ cánh tay robot 2 bậc tự do khi có tác dụng của nhiễu đo lường

A graph with different colored lines

Description automatically generated

Hình 29 Ma trận theta chứa các thông số được ước lượng

A graph of a graph

Description automatically generated with medium confidence

Hình 30 Đáp ứng ngõ ra của hệ cánh tay máy có tác động của nhiễu (màu đỏ) và hệ ước lượng được (màu đen)

**Các hệ số của hệ cánh tay robot 2 bậc tự do**

*Ma trận chứa hệ số được mô tả như sau:*

Heso = 

*Hệ số thực của hệ thống:*

*A number of numbers and a mathematical equation

Description automatically generated with medium confidence*

Hình 31 Hệ số thực của hệ thống

*Hệ số ước lượng bằng phương pháp bình phương cực tiểu đệ quy khi hệ có tác động của nhiễu:*

A screenshot of a math equation

Description automatically generated with medium confidence

Hình 32 Hệ số ước lượng được bằng phương pháp bình phương cực tiểu đệ qui

#### Kết quả nhận dạng bất thường trong hệ thống

*Khi thay đổi giá trị Ra2*

A graph with a blue line

Description automatically generated

Hình 33 Sự thay đổi của giá trị điện trở Ra2 trong quá trình hệ thống hoạt động

A graph of a graph

Description automatically generated

Hình 34 Ma trận theta chứa các thông số nhận dạng được của hệ, có xuất hiện bất thường trong các thông số của hệ thống trong quá trình hoạt động

**Các hệ số của hệ cánh tay robot 2 bậc tự do**

*Ma trận chứa hệ số được mô tả như sau:*

Heso = 

*Hệ số thực của hệ thống:*

A number and a mathematical equation

Description automatically generated with medium confidence

Hình 35 Hệ số ước lượng được từ hệ thống thực

*Hệ số ước lượng bằng phương pháp bình phương cực tiểu đệ quy khi hệ có sự thay đổi của điện trở Ra2:*

A number and a number on a white background

Description automatically generated with medium confidence

Hình 36 Hệ số ước lượng được bằng phương pháp bình phương cực tiểu đệ qui khi hệ có sự thay đổi của giá trị điện trở Ra2

*Tính toán sai số dựa trên hệ số nhận dạng ban đầu của hệ và hệ số nhận dạng được khi hệ có bất thường:*

Sai số = Hệ số ban đầu – Hệ số bất thường

heso\_chuan = [1.4000, 1.4000;

0.6024, 0.6024;

4.9801, 4.9802;

1.0040, 1.0040];

heso = [ L1, L2 ;

m1, m2 ;

Ra1, Ra2;

I1, I2 ]

err = (heso\_chuan-heso)

A screenshot of a math test

Description automatically generated

Hình 37 Ma trận sai số của hệ số ban đầu và hệ số bất thường

*Tìm vị trí thông số bất thường dựa trên ma trận sai số:*

if sum(abs(err),"all") > 0.5

[X, ind] = max(abs(err), [], 'all', 'linear');

index = ind

heso\_ = {'L1', 'L2'; 'm1', 'm2'; 'Ra1', 'Ra2'; 'I1', 'I2'};

thongso\_batthuong = heso\_{index}

end

*A black text on a white background

Description automatically generated*

Hình 38 Thông số bất thường trong hệ thống

*Khi thay đổi giá trị m2*

A graph with a blue line

Description automatically generated

Hình 39 giả lập sự thay đổi giá trị m2

A graph with a line graph

Description automatically generated

Hình 40 Ma trận theta chứa các thông số nhận dạng được của hệ, có xuất hiện bất thường trong các thông số của hệ thống trong quá trình hoạt động

**Các hệ số của hệ cánh tay robot 2 bậc tự do**

*Ma trận chứa hệ số được mô tả như sau:*

Heso = 

*Hệ số thực của hệ thống:*

A number and a mathematical equation

Description automatically generated with medium confidence

Hình 41 Hệ số ước lượng được từ hệ thống thực

*Hệ số ước lượng bằng phương pháp bình phương cực tiểu đệ quy khi hệ có sự thay đổi của khối lượng m2:*

A number with numbers and a few digits

Description automatically generated with medium confidence

Hình 42 Hệ số ước lượng được bằng phương pháp bình phương cực tiểu đệ qui khi hệ có sự thay đổi của giá trị khối lượng m2

*Tính toán sai số dựa trên hệ số nhận dạng ban đầu của hệ và hệ số nhận dạng được khi hệ có bất thường:*

Sai số = Hệ số ban đầu – Hệ số bất thường

heso\_chuan = [1.4000, 1.4000;

0.6024, 0.6024;

4.9801, 4.9802;

1.0040, 1.0040];

heso = [ L1, L2 ;

m1, m2 ;

Ra1, Ra2;

I1, I2 ]

err = (heso\_chuan-heso)

A screenshot of a number

Description automatically generated

Hình 43 Ma trận sai số của hệ số ban đầu và hệ số bất thường

*Tìm vị trí thông số bất thường dựa trên ma trận sai số:*

if sum(abs(err),"all") > 0.5

[X, ind] = max(abs(err), [], 'all', 'linear');

index = ind

heso\_ = {'L1', 'L2'; 'm1', 'm2'; 'Ra1', 'Ra2'; 'I1', 'I2'};

thongso\_batthuong = heso\_{index}

end

A black and white text

Description automatically generated

Hình 44 Thông số bất thường trong hệ thống

## Nhận xét

Dựa vào các qui luật vật lý, xác định được cấu trúc, nguyên lý hoạt động của cánh tay robot 2 bậc tự do. Tiến hành phân tích các chức năng, mô hình toán của hệ. Nhóm đã thực hiện mô hình hóa hệ cánh tay robot thành công với các phương trình mô tả hệ thống đã trình bày.

Dựa vào mô hình cánh tay robot 2 bậc tự do đã xây dựng, tiến xây dựng bộ nhận dạng thông số của hệ bằng phương pháp bình phương cực tiểu đệ quy. Kết quả nhận dạng các thông số của hệ cánh tay robot 2 bậc tự do bằng phương này tương đối chính xác, sai số rất nhỏ so với các thông số ban đầu.

Phương pháp bình phương cực tiểu đệ quy cũng được sử dụng cho việc xác định bất thường của hệ thống, bằng cách so sánh kết quả ước lượng được so với kết quả ước lượng ban đầu.

# TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Bài giảng “Mô hình hóa và nhận dạng hệ thống – Chương 2”, TS. Trần Đức Thiện.

[2] Bài giảng “Mô hình hóa và nhận dạng hệ thống”, PGS. TS. Huỳnh Thái Hoàng, ĐHQG TPHCM

[3] D. L. Smith, Introduction to Dynamic Systems Modeling for Design, Prentice-Hall, 1994.