Shape, square

Description automatically generated**ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP.HỒ CHÍ MINH**

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA

KHOA ĐIỆN – ĐIỆN TỬ

**BỘ MÔN TỰ ĐỘNG**

---------------o0o---------------

****

**BÁO CÁO BÀI TẬP LỚN**

**ĐỘNG LỰC HỌC VÀ ĐIỀU KHIỂN ROBOT**

**GVHD: TS. Nguyễn Hoàng Giáp**

**SVTH: Cao Thanh Vĩnh Hòa**

**MSSV: 1812311**

**TP. HỒ CHÍ MINH, THÁNG 12 NĂM 2021**

**MỤC LỤC**

[**CHƯƠNG I: GIỚI THIỆU** 2](#_Toc91320694)

[**1.1.** **Ngành công nghiệp Robot** 2](#_Toc91320695)

[**1.2.** **Mô hình robot** 3](#_Toc91320696)

[**CHƯƠNG II: ĐỘNG HỌC ROBOT** 4](#_Toc91320697)

[**2.1.** **Động học thuận** 4](#_Toc91320698)

[**2.2.** **Động học ngược** 5](#_Toc91320699)

[**CHƯƠNG III: ĐỘNG HỌC VẬN TỐC** 6](#_Toc91320700)

[**3.1.** **Ma trận Jacobian** 6](#_Toc91320701)

[**3.2.** **Động học vận tốc ngược** 6](#_Toc91320702)

[**3.3.** **Điểm kì dị** 7](#_Toc91320703)

[**CHƯƠNG IV: QUY HOẠCH QUỸ ĐẠO** 9](#_Toc91320704)

[**4.1.** **Quỹ đạo vận tốc hình thang** 9](#_Toc91320705)

[**4.2.** **Quỹ đạo S curve** 9](#_Toc91320706)

[**4.3.** **Kết quả mô phỏng** 10](#_Toc91320707)

[**CHƯƠNG V: QUY HOẠCH QUỸ ĐẠO** 11](#_Toc91320708)

[**5.1.** **Đường thẳng** 11](#_Toc91320709)

[**5.2.** **Nội suy đường tròn** 11](#_Toc91320710)

# **CHƯƠNG I: GIỚI THIỆU**

* 1. **Ngành công nghiệp Robot**

Robot là một loại máy có thể thực hiện công việc một cách tự động bằng sự điều khiển của máy tính hoặc các vi mạch điện tử được lập trình. Robot công nghiệp được lập trình sẵn theo một trình tự nhất định và sử dụng mục đích phục vụ công việc lắp ráp, sản xuất hoặc chế biến sản phẩm. Robot hỗ trợ rất nhiều cho con người. Đặc biệt là trong những môi trường khắc nghiệt, độc hại và nguy hiểm. Robot công nghiệp có tính chính xác cao và hiệu quả vượt trội so với sản xuất thủ công.

Ngoài định nghĩa trên thì Robot công nghiệp có thể được định nghĩa theo một số tiêu chuẩn sau:

* **Theo tiêu chuẩn RIA của Mỹ (Robot institute of America):** Robot là một tay máy vạn năng có thể lặp lại các chương trình, được thiết kế để di chuyển vật liệu, chi tiết, dụng cụ, hoặc các thiết bị chuyên dùng thông qua các chương trình chuyển động có thể thay đổi để hoàn thành các nhiệm vụ khác nhau.
* **Theo tiêu chuẩn AFNOR của Pháp:** Robot công nghiệp là một cơ cấu chuyển động tự động có thể lập trình, lặp lại các chương trình, tổng hợp các chương trình đặt ra trên các trục tọa độ, có khả năng định vị, định hướng, di chuyển các đối tượng vật chất như chi tiết, đạo cụ, gá lắp theo những hành trình thay đổi đã được chương trình hóa nhằm thực hiện các nhiệm vụ công nghệ khác nhau
* **Theo tiêu chuẩn TOCT 25686-85 của Nga:** Robot công nghiệp là tay máy có một số bậc tư do hoạt động và thiết bị điều khiển theo chương trình, có thể tái lập trình để hoàn thành các chức năng vận động và điều khiển trong quá trình sản xuất.

Robot công nghiệp có thể làm nhiều công việc khác nhau như gắp và đặt, sơn, hàn, gia công cơ khí, lắp ráp,… Hệ thống điều khiển robot thường bao gồm máy tính, vi xử lý, các bộ điều khiển động cơ servo, giao tiếp với thiết bị bên ngoài như bộ lập trình cầm tay, camera xử lý ảnh, liên kết với CNC, các bộ PLC… thông qua các cổng truyền thông nối tiếp RS232/485, USB, Ethenet,…

Trong Cách mạng công nghiệp 4.0 việc ứng dụng tự động hóa, trí tuệ nhân tạo vào sản xuất, kinh doanh là một xu hướng tất yếu nhằm tạo ra năng suất lao động cao. Trên thế giới đã có nhiều nhà máy sử dụng toàn bộ hệ thống dây chuyền sản xuất tự động hóa, đưa rô-bốt vào thay thế sức lao động của con người, tạo ra các sản phẩm tốt, độ chính xác cao

Hiện nay trên thế giới, do nhu cầu sử dụng robot ngày càng nhiều trong các quá trình sản xuất phức tạp với mục đích góp phần nâng cao năng suất dây chuyền công nghệ, giảm giá thành, nâng cao chất lượng, và nâng cao khả năng cạnh tranh của sản phẩm đồng thời cải thiện điều kiện lao động, nên robot công nghiệp cần có những khả năng thích ứng tốt và thông minh hơn với những cấu trúc đơn giản và linh hoạt.

* 1. **Mô hình robot**

Đề tài tập trung tìm hiểu về robot SCARA (hay còn được gọi là SCARA Robot). Robot SCARA là một robot rất phổ biến trong ứng dụng sắp xếp hàng hoá. Robot SCARA ra đời vào năm 1979 tại trường đại học Yamanaski (Nhật Bản) dùng trong việc lắp ráp. SCARA gồm hai khớp quay và một khớp tịnh tiến, nhưng cả ba khớp đều có trục song song với nhau. Kết cấu này làm cho tay máy cứng vững hơn theo phương thẳng đứng nhưng kém cứng vững hơn theo phương ngang. Loại này chuyên dùng trong công việc lắp ráp với tải trọng nhỏ theo phương thẳng đứng. Từ SCARA là viết tắt của chữ “Selective Compliance Articulated Robot Actuato”. Robot SCARA luôn là chủ đề được quan tâm nhiều trong lĩnh vực tự động hóa bởi tính ứng dụng thực tiễn của nó trong xã hội hiện nay nói chung và trong ngành công nghiệp nói riêng.

Trong khuôn khổ đề tài sẽ sử dụng Roboto SCARA MYS850L của Yaskawa. Đây là Robot gồm 4 bậc tự do với 3 khớp xoay và 1 khớp tịnh tiến (RRPR)

Graphical user interface, application, table

Description automatically generated

Bảng thông số kỹ thuật YASKAWA MYS850L

# **CHƯƠNG II: ĐỘNG HỌC ROBOT**

* 1. **Động học thuận**

Động học thuận là bài toán đi tìm vị trí và hướng xoay của các hệ tọa độ được đặt trên các khớp của robot, và quan trọng nhất là trên đầu công tác, khi biết trước giá trị của các biến khớp.

Bất kì một robot nào cũng có thể xem là tập hợp các khâu gắn liền với các khớp. Nếu đặt cho mỗi khâu một hệ trục tọa độ, hai khâu liên tiếp được thể hiện qua một ma trận biến đổi thuần nhất T từ đó có thể mô tả vị trí và hướng tương đối giữa các hệ tọa độ.

Để xây dựng được phương trình động học Robot, ta sử dụng quy tắc Denavit- Hartenberg (DH). Qui tắc bao gồm 4 thông số chính cần được xác định sau khi đã gán cho mỗi khớp một hệ trục tọa độ. Các thông số gồm:

* ai : được gọi là độ dài pháp tuyến chung giữa 2 trục zi và zi+1.
* αi: góc xoay quanh trục xi sao cho biến trục zi cùng phương và hướng với zi+1.
* di: khoảng cách giữa 2 mặt phẳng tọa độ i và i + 1.
* θi: góc xoay quanh trục zi sao cho biến trục xi cùng phương và hướng với xi+1.

Từ các thông số đã xác định ta thành lập ma trận DH cho từng khớp. Từ bảng ma trận này ta sẽ tìm được các ma trận biến đổi hệ trục tọa độ như sau:

Table

Description automatically generated with medium confidence

Khi đã có các ma trận biến đổi rồi, ta sẽ ma trận biến đổi thuần nhất T để biến đổi hệ trục tọa độ của phần công tác (End\_effector) về phần đế (base) của cánh tay robot:



* 1. **Động học ngược**

Khi cho trước các ma trận biến đổi hệ tọa độ và vị trí cũng như góc quay của End\_effector, ta có thể tính được vị trí hiện tại của các khớp thông qua động học ngược. Có nhiều phương pháp giải bài toán động học nghịch, trong khuôn khổ đề tài này thì phương pháp hình học được sử dụng:

Giả sử biết được vị trí trong không gian của End\_effector lần lượt là px, py và pz và góc yaw. Từ các ma trận biến đổi ta tìm được các phương trình sau:

* Px = a1\*cos(θ1) + a2\*cos(θ1+θ2) (1)
* Py = a1\*sin(θ1) + a2\*sin(θ1+θ2) (2)
* Pz = d1 + d2 - d3 + d4 (3)
* Yaw = θ4 + θ1 + θ2 (4)

(3) 🡪 d3 = d1 + d2 + d4 – pz

(1)2 + (2)2 🡪 cos(θ2) =

Hoặc có thể tính chính xác hơn góc θ2 như sau:

Text, letter

Description automatically generated

Khi đó ta được 2 nghiệm; Việc chọn nghiệm sẽ tùy thuộc vào vị trí hiện tại và vị trí của điểm chúng ta cần hướng robot đến cũng như để tránh các vật cản cho các khớp trong vùng làm việc.

Để tìm θ1 ta sẽ tiếp tục dựa vào các phương trình (1) và (2):

Tan(θ1) =

(4) 🡪 θ4 = yaw - θ1 - θ2

Trong đó các θ2 là kết quả góc mới vừa tìm được ở phía trên.

# **CHƯƠNG III: ĐỘNG HỌC VẬN TỐC**

Bài toán giúp tìm ra các mối liên hệ giữa vận tốc của các khớp so với vận tốc của End\_effector khi nó di chuyển theo quỹ đạo thẳng hoặc quỹ đạo cong. Dựa trên mối liên hệ này có thể giúp ta giải được các bài toán động học ngược, động lực học,…

* 1. **Ma trận Jacobian**

Ma trận Jacobian chính là ma trận thể hiện cho mối liên hệ vận tốc giữa các khớp và vận tốc của End\_effector, nó phụ thuộc vào cấu trúc cơ khí của cánh tay robot. Ma trận Jacobian này rất hữu ích trong việc:

* Tìm ra điểm singularities (điểm kì dị)
* Giải quyết được bài toán về khớp thừa mà với bài toán động học ngược không thể giải được
* Tính toán giải quyết các bài toán động học ngược. Mô tả mối quan hệ giữa lực tác động lên End\_effector với resulting torques của các khớp. Các công thức này bắt nguồn từ các phương trình động lực học cũng như thiết kế về sự chuyển động của End\_effector
* Giải quyết được các khái niệm về kineto-statics (tĩnh- động lực)
  1. **Động học vận tốc ngược**

Ma trận Jacobi có 6 hàng n cột, nếu n = 6 và det(J) khác 0 ta có thể tính động học vận tốc theo biểu thức:

A picture containing text, clock, gauge

Description automatically generated

Trong đó ma trận Jacobi có dạng:

Diagram, schematic

Description automatically generated

Ngoài ra chúng ta có thể tính ma trận Jacobi theo phương pháp phân tích bằng cách tính đạo hàm của hàm động học thuận theo các biến khớp, từ đó ta có:

Text

Description automatically generated with medium confidence

Tuy nhiên điều kiện khả nghịch của J không phải lúc nào cũng được thỏa mãn. Hạng của ma trận J là số hàng r của ma trận độc lập tuyến tính nghĩa là số hàng khác 0. Khi robot có số bậc tự do n lớn hơn hạng r của J, ta có thể dùng ma trận giả nghịch đảo (pseudo inverse)

Text

Description automatically generated

* 1. **Điểm kì dị**

Là vị trí mà tại với sự thay đổi nhỏ vận tốc của End\_effector sẽ làm thay đổi rất lớn về vận tốc của các khớp. Lúc này hạng của ma trận Jacobian rút gọn sẽ bị mất, tính linh động của robot giảm đi và phương trình động học ngược sẽ bị vô số nghiệm. Hiện tượng xảy ra đó là cánh tay robot sẽ có tiếng động khá lớn khi di chuyển qua điểm này.

Cụ thể ở đây là trường hợp đi qua điểm làm việc nằm ở biên giới workspace (2 cánh tay thẳng hàng, góc θ2 = 0), định thức ma trận Jacobian bằng 0, ta không tính nghịch đảo được, lúc này robot rơi vào điểm kỳ dị. Ở điểm kỳ dị đạo hàm biến khớp tăng vô hạn.

Diagram, engineering drawing

Description automatically generated

# **CHƯƠNG IV: QUY HOẠCH QUỸ ĐẠO**

Quy hoạch quỹ đạo là tạo sẵn các vị trí tham chiếu cho bộ điều khiển để robot di chuyển theo quỹ đạo mà mình mong muốn.

* 1. **Quỹ đạo vận tốc hình thang**

Quỹ đạo vận tốc hình thang gồm 2 đoạn parabol ở 2 đầu và đoạn tuyến tính ở giữa, việc tính toán đơn giản hơn quỹ đạo đa thức. Vận tốc gồm 2 đoạn dốc ở đầu và cuối, vận tốc đầu cuối là 0 và ở giữa là hằng số.

Text, letter

Description automatically generated

* 1. **Quỹ đạo S curve**

Vận tốc hình thang vẫn chưa đạt được độ mượt mong muốn trong chuyển động, vì vậy S curve đưa vào thông số Jerk để tăng tính liên tục khi điều khiển vận tốc.

Text, letter

Description automatically generated Text, letter

Description automatically generated

Text, letter

Description automatically generated

* 1. **Kết quả mô phỏng**

Chart, line chart

Description automatically generated Chart, line chart

Description automatically generated

Vận tốc hình thang (LSBP) S curve

# **CHƯƠNG V: QUY HOẠCH QUỸ ĐẠO**

* 1. **Đường thẳng**

Graphical user interface

Description automatically generated with medium confidence

Graphical user interface, chart

Description automatically generated

* 1. **Nội suy đường tròn**

Diagram

Description automatically generated

Giả sử quỹ đạo là vòng tròn tâm O’ bán kính r, ta cần ít nhất 3 điểm để có thể vẽ được quỹ đạo của robot trong không gian 3 chiều. Với P1 và P3 là 2 điểm đầu cuối, ta có thể thêm 1 điểm P2 để xác định phương trình đường tròn cũng như chiều quay.

Chart, radar chart

Description automatically generated

Chart, line chart

Description automatically generated