

TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI

KHOA CƠ KHÍ



ĐỒ ÁN

HỆ THỐNG CƠ ĐIỆN TỬ

**Đề bài: Tính toán thiết kế robot hàn 3 bậc tự do
RRR**

Giáo viên hướng dẫn: Th.S Nguyễn Tiến Thịnh

Sinh viên : Trần Khoa Điềm

Lớp : 62CĐT04

MSV : 2051204304

Hà Nội, năm 2024

TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI

Khoa Cơ khí

Bộ môn: Kỹ thuật cơ điện tử

Học kỳ: 1

Giai đoạn: 1

Năm học: 2023-2024

ĐỀ BÀI TIỂU LUẬN: ĐỒ ÁN HỆ THỐNG CƠ ĐIỆN TỬ

Ngày...../...../.....

Trưởng bộ môn

(Ký, ghi rõ họ tên)

Người ra đề

(Ký, ghi rõ họ tên)

Mã đề:

TS. Nguyễn Huy Thế

Th.S Nguyễn Tiến Thịnh

Nhóm:.....

Lớp:.....

Sinh viên nhận đề:

Trần Khoa Điền

Chữ ký:

Tên đề tài: TÍNH TOÁN THIẾT KẾ ROBOT HÀN - RRR

Yêu cầu:

- ✓ Mỗi hàn có dạng đường: Tròn
- ✓ Không gian vùng làm việc $500m \times 500m \times 500m$
- ✓ Dạng robot: RRR
- ✓ Quỹ đạo làm việc: $x_E = 250 + 90.\cos(t/750);$
 $y_E = 150 + 90.\sin(t/750);$
 $z_E = 0;$
- ✓ Quỹ luật biến khớp (sử dụng trong bài toán động học thuận):
 $q_1 = 0,8.\cos(0,1t);$
 $q_2 = 0,5.\cos(0,05t);$
 $q_3 = 0,5.\cos(0,05t);$
- ✓ Yêu cầu vật liệu cho robot: Alloy Steel (SS)
- ✓ Yêu cầu về hệ thống dẫn động (Khâu 1): sử dụng hộp giảm tốc

Nội dung:

1. Phân tích lựa chọn cấu trúc
 - 1.1 Số bậc tự do cần thiết
 - 1.2 Phân tích một số cấu trúc thỏa mãn và lựa chọn phương án thiết kế
2. Bài toán động học
 - 2.1 Chọn một quỹ đạo mỗi hàn tùy ý
 - 2.2 Tính toán vận tốc, vẽ quỹ đạo chuyển động điểm thao tác

- 2.3 Xác định quy luật chuyển động của các khâu
- 3. Thiết kế 3D
 - 3.1 Tạo bản vẽ lắp tổng thể của robot
 - 3.2 Tạo bản vẽ chi tiết một số khâu của robot
 - 3.3 Mô phỏng lắp ráp và chuyển động của robot
- 4. Bài toán động lực học
 - 4.1 Xác định các tham số động lực học
 - 4.2 Thiết lập phương trình vi phân chuyển động của robot
 - 4.3 Giải bài toán động lực học
- 5. Thiết kế hệ thống dẫn động
 - 5.1 Lựa chọn động cơ
 - 5.2 Phân tích lựa chọn hệ thống dẫn động cho khâu dẫn
- 6. Thiết kế hệ thống điều khiển
 - 6.1 Chọn luật điều khiển phù hợp
 - 6.2 Mô phỏng trên Matlab

Lời mở đầu

Có thể nói rằng Robot mang tới cho cuộc sống con người một cuộc sống mới, một cách trải nghiệm cuộc sống và đôi khi còn là người bạn. Những hãng Robot(RB) từ các nước nổi tiếng trên thế giới từ Đức, Nhật bản, Nga, Mỹ ngày một khẳng định sự hiện diện của RB là phần không thiếu trong cuộc sống hiện nay và tương lai của phía trước. Nó xuất hiện ở tất cả các lĩnh vực từ khoa học vĩ mô cho tới vi mô và ngày một đa dạng.

Trong khuôn khổ môn học Tính toán thiết kế Robot với đề tài tài thiết kế Robot hàn đường cong trên mặt phẳng với kích thước cho trước, nhóm tin tưởng rằng với những kết quả có được từ việc tìm hiểu và tính toán trong bài tiểu luận này sẽ là bước đệm quan trọng cho việc phát triển nhiều hơn nữa những ý tưởng trong tương lai về tính toán và thiết kế các loại Robot công nghiệp.

Với bố cục gồm hai phần chính :

1. Tổng quan về Robot

Phần này sẽ là cái nhìn sơ qua về Robot bao gồm lịch sử phát triển, phân loại và ứng dụng hiện nay giúp chúng ta hình dung tính quan trọng cũng như sự hữu dụng của nó tới cuộc sống.

2. Tính toán thiết kế Robot hàn

Bao gồm các bước thiết kế cho đến việc mô phỏng để kiểm chứng tính đúng đắn của quá trình thiết kế sẽ cung cấp các quá trình cơ bản để có thể xác định cách có thể một sản phẩm Robot được đưa vào ứng dụng trong cuộc sống.

Em xin gửi lời cảm ơn tới **Th.S Nguyễn Tiến Thịnh**, cảm ơn Thầy vì những đóng góp qua những bài giảng và những hướng dẫn trong quá trình trao đổi ở các buổi học. Những góp ý, sửa chữa của thầy sẽ phần nào giúp em tự tin hơn trong cách thức tiếp cận với nền công nghiệp hiện nay bởi mặc dù đã có những sự chuẩn bị của em hoặc cũng có thể kiến thức em mang đến trong bài tiểu luận này còn sai sót và chưa đúng. Em rất mong có được sự bổ sung, sửa chữa đó, em chân thành cảm ơn và chúc Thầy sức khỏe!

LỜI CAM ĐOAN

Em xin cam đoan rằng Đồ án hệ thống cơ điện tử với đề tài “ Thiết kế Robot Hàn kiểu R-R-R” là nghiên cứu độc lập của em với sự hỗ trợ từ giảng viên hướng dẫn Ths.Nguyễn Tiến Thịnh.

Em xin cam đoan toàn bộ số liệu là kết quả nghiên cứu,tính toán hoàn toàn trung thực, không sao chép từ bất kì một công trình nghiên cứu khác nào. Những tài liệu trích dẫn đều đã được ghi rõ nguồn gốc.

Em xin chịu hoàn toàn trách nhiệm nếu có bất kỳ sự sao chép, gian dối kết quả này trong bản báo cáo đồ án này.

LỜI CẢM ƠN

Em xin gửi lời cảm ơn tới GV Nguyễn Tiến Thịnh và thầy cô trong bộ môn Cơ điện tử, cảm ơn thầy cô vì những đóng góp qua những bài giảng và những hướng dẫn trong quá trình trao đổi ở các buổi học. Những góp ý, sửa chữa của thầy cô sẽ phần nào giúp em tự tin hơn trong cách thức tiếp cận với nền công nghiệp hiện nay bởi mặc dù đã có những sự chuẩn bị của em hoặc cũng có thể kiến thức em mang đến trong bài tiểu luận này còn sai sót và chưa đúng. Em rất mong có được sự bổ sung, sửa chữa đó, chúng em chân thành

cảm ơn và chúc thầy sức khỏe!

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1: TỔNG QUÁT VỀ ROBOT	1
1.1. Lịch sử hình thành và phát triển Robot.....	1
1.2. Một số định nghĩa và phân loại Robot công nghiệp	3
1.3. Robot Hàn mục đích ra đời và ứng dụng	7
1.4. Lựa chọn phương án thiết kế	8
CHƯƠNG 2: BÀI TOÁN ĐỘNG HỌC ROBOT.....	17
2.1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT.....	17
2.2. BÀI TOÁN ĐỘNG HỌC THUẬN ROBOT.....	21
2.3. BÀI TOÁN ĐỘNG HỌC NGHỊCH ROBOT	30
CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ ROBOT	38
3.1. Giới thiệu phần mềm thiết kế 3D.....	38
3.2. Thiết kế các chi tiết và mô hình robot.....	39
3.3. Bản vẽ robot 2D	44
CHƯƠNG 4: BÀI TOÁN ĐỘNG LỰC HỌC	45
4.1. Xác định các tham số động lực học	45
4.2. Thiết lập phương trình vi phân chuyển động của robot.....	47
CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ HỆ THỐNG DẪN ĐỘNG.....	57
5.1. Tính toán chọn động cơ.....	57
5.2. Phân tích hệ thống dẫn động cho 1 khâu	59
KẾT LUẬN	62
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	64

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1.1: Một số mẫu robot hàn trong công nghiệp	8
Hình 1.2: Robot có khớp nối	11
Hình 1.3: Robot SCARA	12
Hình 1.4: Robot Delta	13
Hình 1.5: Dạng cơ cấu robot thứ 1	14
Hình 1.6: Dạng cơ cấu robot thứ 2	14
Hình 1.7: Dạng cơ cấu robot thứ 3	15
Hình 1.8: Dạng cơ cấu robot thứ 4	15
Hình 1.9: Cấu trúc và thiết lập hệ tọa độ gắn lên robot	16
Hình 2.1: Hệ tọa độ suy rộng của robot.....	18
Hình 2.2: quy tắc bàn tay phải	18
Hình 2.3: Dạng robot chọn và cách đặt biến khớp	21
Hình 2.4: Đồ thị quỹ đạo của điểm E trong 1 chu kì.....	23
Hình 2.5: Đồ thị vận tốc của điểm E	24
Hình 2.6: Đồ thị vận tốc góc của khâu 1	26
Hình 2.7: Đồ thị vận tốc góc của khâu 2	26
Hình 2.8: Đồ thị vận tốc góc của khâu 3	27
Hình 2.9: Đồ thị gia tốc điểm thao tác E.....	28
Hình 2.10: Đồ thị các tọa độ suy rộng	32
Hình 2.11: Đồ thị các vận tốc suy rộng.....	33
Hình 2.12: Đồ thị các gia tốc suy rộng	34
Hình 2.10: Đồ thị tọa độ suy rộng q_1	34
Hình 2.11: Đồ thị tọa độ suy rộng q_2	35
Hình 2.12: Đồ thị tọa độ suy rộng q_3	35
Hình 2.13: Cấu hình robot	36
Hình 3.1: Mô hình robot.....	39
Hình 4.1: Bảng thông số khâu 1	45
Hình 4.2: Bảng thông số khâu 2	46
Hình 4.3: Bảng thông số khâu 3	46
Hình 4.4: Đồ thị momen dẫn động	56
Hình 5.1: Động Cơ DC Giảm Tốc 5840-31ZY High Torque Self-Lock DC Geared Motor.....	57
Hình 5.2: Động Cơ NEMA 17 MT-1705HS200A	58

CHƯƠNG 1: TỔNG QUÁT VỀ ROBOT

1.1. Lịch sử hình thành và phát triển Robot

Thuật ngữ “Robot” xuất phát từ tiếng CH Séc (Czech) “Robota” có nghĩa là công việc tạp dịch trong vở kịch Rossum’s Universal Robots của Karel Capek, vào năm 1921. Trong vở kịch này, Rossum và con trai của ông ta đã chế tạo ra những chiếc máy gần giống với con người để phục vụ con người. Có lẽ đó là một gợi ý ban đầu cho các nhà sáng chế kỹ thuật về những cơ cấu, máy móc bắt chước các hoạt động cơ bắp của con người.

Đầu thập kỷ 60, công ty Mỹ AMF (American Machine and Foundry Company) quảng cáo một loại máy tự động vận năng và gọi là “Người máy công nghiệp” (Industrial Robot). Ngày nay người ta đặt tên người máy công nghiệp (hay robot công nghiệp) cho những loại thiết bị có dáng dấp và một vài chức năng như tay người được điều khiển tự động để thực hiện một số thao tác sản xuất.

Về mặt kỹ thuật, những robot công nghiệp ngày nay, có nguồn gốc từ hai lĩnh vực kỹ thuật ra đời sớm hơn đó là các cơ cấu điều khiển từ xa (Teleoperators) và các máy công cụ điều khiển số (NC - Numerically Controlled machine tool).

Các cơ cấu điều khiển từ xa (hay các thiết bị kiểu chủ-tớ) đã phát triển mạnh trong chiến tranh thế giới lần thứ hai nhằm nghiên cứu các vật liệu phóng xạ. Người thao tác được tách biệt khỏi khu vực phóng xạ bởi một bức tường có một hoặc vài cửa quan sát để có thể nhìn thấy được công việc bên trong. Các cơ cấu điều khiển từ xa thay thế cho cánh tay của người thao tác; nó gồm có một bộ kẹp ở bên trong (tớ) và hai tay cầm ở bên ngoài (chủ). Cả hai, tay cầm và bộ kẹp, được nối với nhau bằng một cơ cấu sáu bậc tự do để tạo ra các vị trí và hướng tùy ý của Tay cầm và bộ kẹp. Cơ cấu dùng để điều khiển bộ kẹp theo chuyển động của tay cầm.

Vào khoảng năm 1949, các máy công cụ điều khiển số ra đời, nhằm đáp ứng yêu cầu gia công các chi tiết trong ngành chế tạo máy bay. Những robot đầu tiên thực chất là sự nối kết giữa các khâu cơ khí của cơ cấu điều khiển từ xa với khả năng lập trình của máy công cụ điều khiển số.

Dưới đây chúng ta sẽ đi qua một số thời điểm lịch sử phát triển của người máy công nghiệp. Một trong những robot công nghiệp đầu tiên được chế tạo là robot Versatran của công ty AMF, Mỹ. Cũng vào khoảng thời gian này ở Mỹ xuất hiện loại robot Unimate ur1900 được dùng đầu tiên trong kỹ nghệ ô tô.

Tiếp theo Mỹ, các nước khác bắt đầu sản xuất robot công nghiệp: Anh 1967, Thụy Điển và Nhật 1968 theo bản quyền của Mỹ; CHLB Đức -1971; Pháp - 1972; ở Ý - 1973. . .

Tính năng làm việc của robot ngày càng được nâng cao, nhất là khả năng nhận biết và xử lý. Năm 1967 ở trường Đại học tổng hợp Stanford (Mỹ) đã chế tạo ra mẫu robot hoạt động theo mô hình “mắt-tay”, có khả năng nhận biết và định hướng bàn kẹp theo vị trí vật kẹp nhờ các cảm biến. Năm 1974 Công ty Mỹ Cincinnati đưa ra loại robot được điều khiển bằng máy vi tính, gọi là robot T3 (The Tomorrow Tool: Công cụ của tương lai). Robot này có thể nâng được vật có khối lượng đến 40 KG.

Có thể nói, Robot là sự tổ hợp khả năng hoạt động linh hoạt của các cơ cấu điều khiển từ xa với mức độ “tri thức” ngày càng phong phú của hệ thống điều khiển theo chương trình số cũng như kỹ thuật chế tạo các bộ cảm biến, công nghệ lập trình và các phát triển của trí khôn nhân tạo, hệ chuyên gia...

Trong những năm sau này, việc nâng cao tính năng hoạt động của robot không ngừng phát triển. Các robot được trang bị thêm các loại cảm biến khác nhau để nhận biết môi trường chung quanh, cùng với những thành tựu to lớn trong lĩnh vực Tin học - Điện tử đã tạo ra các thế hệ robot với nhiều tính năng đặc biệt, số

lượng robot ngày càng gia tăng, giá thành ngày càng giảm. Nhờ vậy, robot công nghiệp đã có vị trí quan trọng trong các dây chuyền sản xuất hiện đại.

Một vài số liệu về số lượng robot được sản xuất ở một vài nước công nghiệp phát triển như sau:

Nước SX	Năm 1990	Năm 1994	Năm 1998
Nhật	66118	29756	67000
Mỹ	4237	7634	11000
Đức	5845	5125	8600
Ý	2500	2408	4000
Pháp	1448	1197	2000
Anh	510	1086	1500
Hàn Quốc	1000	1200	

Mỹ là nước đầu tiên phát minh ra Robot nhưng nước phát triển cao nhất trong lĩnh vực nghiên cứu chế tạo sử dụng lại là Nhật Bản.

1.2. Một số định nghĩa và phân loại Robot công nghiệp

1.2.1. Định nghĩa Robot công nghiệp

Định nghĩa theo tiêu chuẩn AFNOR (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: chi tiết, dao cụ, gá lắp . . . theo những hành trình thay đổi đã chương trình hoá nhằm thực hiện các nhiệm vụ công nghệ khác nhau.

Định nghĩa theo RIA (Robot institute of America): Robot là một tay máy vạn năng có thể lập 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.

Định nghĩa theo GOCT 25686-85 (Nga): Robot công nghiệp là một máy tự động, được đặt cố định hoặc di động được, liên kết giữa một tay máy và một hệ thống điều khiển theo chương trình, có thể lập trình lại để hoàn thành các chức năng vận động và điều khiển trong quá trình sản xuất.

Có thể nói Robot công nghiệp là một máy tự động linh hoạt thay thế từng phần hoặc toàn bộ các hoạt động cơ bắp và hoạt động trí tuệ của con người trong nhiều khả năng thích nghi khác nhau.

Robot công nghiệp có khả năng chương trình hoá linh hoạt trên nhiều trục chuyển động, biểu thị cho số bậc tự do của chúng. Robot công nghiệp được trang bị những bàn tay máy hoặc các cơ cấu chấp hành, giải quyết những nhiệm vụ xác định trong các quá trình công nghệ : hoặc trực tiếp tham gia thực hiện các nguyên công (sơn, hàn, phun phủ, rót kim loại vào khuôn đúc, lắp ráp máy . . .) hoặc phục vụ các quá trình công nghệ (tháo lắp chi tiết gia công, dao cụ, đồ gá . . .) với những thao tác cầm nắm, vận chuyển và trao đổi các đối tượng với các trạm công nghệ, trong một hệ thống máy tự động linh hoạt, được gọi là “Hệ thống tự động linh hoạt robot hoá” cho phép thích ứng nhanh và thao tác đơn giản khi nhiệm vụ sản xuất thay đổi.

1.2.2. Các thành phần chính của Robot công nghiệp

Một robot công nghiệp thường bao gồm các thành phần chính như : cánh tay robot, nguồn động lực, dụng cụ gắn lên khâu chấp hành cuối, các cảm biến, bộ điều khiển, thiết bị dạy học, máy tính ... các phần mềm lập trình cũng nên được coi là một thành phần của hệ thống robot.

Cánh tay robot (tay máy) là kết cấu cơ khí gồm các khâu liên kết với nhau bằng các khớp động để có thể tạo nên những chuyển động cơ bản của robot.

Nguồn động lực là các động cơ điện (một chiều hoặc động cơ bước), các hệ thống xy lanh khí nén, thủy lực để tạo động lực cho tay máy hoạt động.

Dụng cụ thao tác được gắn trên khâu cuối của robot, dụng cụ của robot có thể có nhiều kiểu khác nhau như: dạng bàn tay để nắm bắt đối tượng hoặc các công cụ làm việc như mỏ hàn, đá mài, đầu phun sơn...

Thiết bị dạy-học (Teach-Pendant) dùng để dạy cho robot các thao tác cần thiết theo yêu cầu của quá trình làm việc, sau đó robot tự lặp lại các động tác đã được dạy để làm việc (phương pháp lập trình kiểu dạy học).

Các phần mềm để lập trình và các chương trình điều khiển robot được cài đặt trên máy tính, dùng điều khiển robot thông qua bộ điều khiển (Controller). Bộ điều khiển còn được gọi là Modul điều khiển (hay Unit, Driver), nó thường được kết nối với máy tính. Một modul điều khiển có thể còn có các cổng Vào - Ra (I/O port) để làm việc với nhiều thiết bị khác nhau như các cảm biến giúp robot nhận biết trạng thái của bản thân, xác định vị trí của đối tượng làm việc hoặc các dò tìm khác; điều khiển các băng tải hoặc cơ cấu cấp phôi hoạt động phối hợp với robot...

1.2.3. Kết cấu của tay máy

Như đã nói trên, tay máy là thành phần quan trọng, nó quyết định khả năng làm việc của robot. Các kết cấu của nhiều tay máy được phỏng theo cấu tạo và chức năng của tay người; tuy nhiên ngày nay, tay máy được thiết kế rất đa dạng, nhiều cánh tay robot có hình dáng rất khác xa cánh tay người. Trong thiết kế và sử dụng tay máy, chúng ta cần quan tâm đến các thông số hình - động học, là những thông số liên quan đến khả năng làm việc của robot như: tầm với (hay trường công tác), số bậc tự do (thể hiện sự khéo léo linh hoạt của robot), độ cứng vững, tải trọng vật nâng, lực kẹp . . .

Các khâu của robot thường thực hiện hai chuyển động cơ bản:

- Chuyển động tịnh tiến theo hướng x, y, z trong không gian.
- Chuyển động xoay theo các trục x, y, z trong không gian.

1.2.4. Phân loại Robot công nghiệp

Robot công nghiệp rất phong phú đa dạng, có thể được phân loại theo các cách sau:

1.2.4.1. Phân loại theo kết cấu

Theo kết cấu của tay máy người ta phân thành robot kiểu tọa độ Đề các, Kiểu tọa độ trụ, kiểu tọa độ cầu, kiểu tọa độ góc, robot kiểu SCARA như đã trình bày ở trên.

1.2.4.2. Phân loại theo hệ thống truyền động

Có các dạng truyền động phổ biến là:

- Hệ truyền động điện: Thường dùng các động cơ điện 1 chiều (DC: Direct Current) hoặc các động cơ bước (step motor). Loại truyền động này dễ điều khiển, kết cấu gọn.
- Hệ truyền động thủy lực: có thể đạt được công suất cao, đáp ứng những điều kiện làm việc nặng. Tuy nhiên hệ thống thủy lực thường có kết cấu cồng kềnh, tồn tại độ phi tuyến lớn khó xử lý khi điều khiển.
- Hệ truyền động khí nén: có kết cấu gọn nhẹ hơn do không cần dẫn ngược nhưng lại phải gắn liền với trung tâm tạo ra khí nén. Hệ này làm việc với công suất trung bình và nhỏ, kém chính xác, thường chỉ thích hợp với các robot hoạt động theo chương trình định sẵn với các thao tác đơn giản “nhấc lên - đặt xuống” (Pick and Place or PTP: Point To Point).

1.2.4.3. Phân loại theo ứng dụng

Dựa vào ứng dụng của robot trong sản xuất có Robot sơn, robot hàn, robot lắp ráp, robot chuyển phôi .v.v...

1.2.4.4. Phân loại theo cách thức và đặc trưng của phương pháp điều khiển

Robot điều khiển kín (hay điều khiển servo): sử dụng cảm biến, mạch phản hồi để tăng độ chính xác và mức độ linh hoạt khi điều khiển.

1.3. Robot Hàn mục đích ra đời và ứng dụng

Trên toàn thế giới hiện nay, sự phát triển và ứng dụng của robot hàn đang trở thành một xu hướng quan trọng trong ngành công nghiệp sản xuất và xây dựng. Robot hàn không chỉ giúp nâng cao chất lượng sản phẩm mà còn tăng cường hiệu suất làm việc và giảm rủi ro cho người lao động.

Một trong những lợi ích lớn nhất của robot hàn là khả năng làm việc liên tục mà không mệt mỏi, giúp tăng cường năng suất và giảm thời gian sản xuất. Nhờ vào công nghệ hiện đại, robot hàn cũng có khả năng hàn các sản phẩm có độ phức tạp cao, từ các chi tiết nhỏ đến cấu trúc lớn và phức tạp. Điều này giúp nâng cao độ chính xác và đồng đều của quá trình hàn, đồng thời giảm thiểu sai số và waste.

Sự phổ biến của robot hàn không chỉ giới hạn trong các nhà máy sản xuất, mà còn mở rộng đến nhiều lĩnh vực khác nhau như xây dựng cầu và tòa nhà, sản xuất ô tô, đóng tàu, và nhiều ngành công nghiệp khác. Các doanh nghiệp đang nhận ra rằng việc tích hợp robot hàn vào quy trình sản xuất của họ không chỉ mang lại lợi ích kinh tế mà còn là bước quan trọng để nâng cao chất lượng sản phẩm và duy trì sự cạnh tranh trên thị trường toàn cầu.

Tính linh hoạt và dễ điều khiển của robot hàn cũng đang được cải tiến, giúp chúng dễ dàng thích ứng với các quy trình sản xuất linh hoạt và đa dạng. Điều này đồng nghĩa với việc ngành công nghiệp có thể áp dụng robot hàn trong các ứng dụng và môi trường làm việc khác nhau một cách hiệu quả.

Tóm lại, sự phát triển và ứng dụng ngày càng phổ biến của robot hàn đánh dấu một bước tiến quan trọng trong ngành công nghiệp, góp phần làm thay đổi cách chúng ta sản xuất và xây dựng, đồng thời mở ra những triển vọng mới về tương lai của công nghiệp và sự phát triển bền vững.



Hình 1.1: Một số mẫu robot hàn trong công nghiệp

1.4. Lựa chọn phương án thiết kế

1.4.1. Nội dung nghiên cứu cơ khí

Phân tích không gian, sơ bộ thao tác làm việc của robot:

+ Không gian làm việc: 500x500x500

+ Sơ bộ hướng thao tác: RRR

Đề bài yêu cầu tính toán thiết kế Robot hàn đảm bảo thực hiện thao tác theo quỹ đạo là đường tròn với 3 bậc tự do cho mô hình thiết kế

- Tính toán, thiết kế robot có kết cấu, hình dạng phù hợp với yêu cầu linh hoạt về công việc đặt ra;

- Hệ thống cơ khí, truyền động chính xác, gia công phải đảm bảo độ chuẩn theo yêu cầu kích thước bản vẽ. Đảm bảo cho robot chạy ổn định, đúng yêu cầu kỹ thuật;

- Các khâu đảm bảo không gian làm việc ổn định, tự do, không va chạm, đảm bảo gấp phôi được ở vị trí mong muốn.

1.4.2. Phân tích và lựa chọn cấu trúc robot

1.4.2.1. Số bậc tự do cần thiết

Đề bài yêu cầu tính toán thiết kế Robot hàn đảm bảo thực hiện mỗi hàn có dạng quỹ đạo đường tròn với không gian hoạt động trong khoảng: 500x500x500 mm và kiểu robot là RRR thì ta sẽ cần ít nhất robot phải có **3 bậc tự do** cho mô hình thiết kế

1.4.2.2. Phân tích cấu trúc

Robot kiểu RRR (còn được gọi là robot 3 bậc tự do RRR) là một loại robot công nghiệp hoặc robot cầm tay có cấu trúc đặc thù với ba bậc tự do (degrees of freedom - DOF) hoặc ba joint. Mỗi bậc tự do cho phép robot thực hiện một phép xoay hoặc gấp cơ bản ở một gelenk hoặc joint nhất định.

Cấu trúc cơ bản của robot RRR:

- **Base:** Đây là phần cố định của robot, thường đặt trên bàn làm việc hoặc một nền tảng cố định khác.
- **Bậc tự do thứ nhất (Joint 1 - R1):** Đây là khớp đầu tiên của robot, thường là một khớp xoay hoặc một khớp xoay trục chéo, cho phép robot thực hiện một phép xoay quanh trục. Góc quay tại khớp này thường được ký hiệu là θ_1 .
- **Bậc tự do thứ hai (Joint 2 - R2):** Đây là khớp thứ hai của robot, thường là một khớp xoay hoặc một khớp xoay trục chéo, cho phép robot thực hiện một phép xoay quanh trục khác. Góc quay tại khớp này thường được ký hiệu là θ_2 .
- **Bậc tự do thứ ba (Joint 3 - R3):** Đây là khớp thứ ba của robot, thường là một khớp xoay hoặc một khớp xoay trục chéo, cho phép robot thực hiện một phép xoay cuối cùng quanh trục khác nữa. Góc quay tại khớp này thường được ký hiệu là θ_3 .

- **End-Effector (tác nhân cuối cùng):** Đây là phần của robot được gắn vào khớp thứ ba (Joint 3) và thường chứa công cụ hoặc tác nhân được sử dụng để thực hiện các nhiệm vụ cụ thể. Tại vị trí này ta dùng để lắp công cụ hàn.
- **Tay điều khiển:** Để điều khiển robot kiểu RRR, người dùng thường sử dụng một tay điều khiển hoặc giao diện máy tính để cài đặt các góc quay của các joint (θ_1 , θ_2 , θ_3) để đưa robot đến vị trí và hướng mong muốn.

Cấu trúc này cho phép robot kiểu RRR di chuyển và thực hiện các tác vụ trong không gian ba chiều bằng cách điều khiển ba bậc tự do.

Ưu điểm của robot RRR so với các robot khác là:

- Dễ dàng thực hiện với nhiều đối tượng bề mặt
- Xây dựng hệ thống điều khiển các khớp dễ dàng thuận tiện và gần như có thể độc lập
- Kết cấu đơn giản đảm bảo tính linh hoạt
- Khả năng làm việc trong không gian hạn chế

1.4.3. Một số mẫu thiết kế robot trên thị trường

1.4.3.1. Robot có khớp nối



Hình 1.2: Robot có khớp nối

Cánh tay Robot có khớp nối là loại robot vô cùng phổ biến. Và mỗi khi nhắc đến Robot chúng ta sẽ lập tức nghĩ ngay đến chúng. Giống như các nhà máy CNC, Robot khớp nối được phân loại theo số điểm quay hoặc số trục mà chúng có. Phổ biến nhất là robot khớp 3 trục. Ngoài ra còn có các loại robot 6 trục và 7 trục cũng rất phổ biến trên thị trường.

Tính linh hoạt, khéo léo và khả năng tiếp cận khiến Robot có khớp nối là sự lựa chọn phù hợp lý tưởng cho các nhiệm vụ thực hiện trên các mặt phẳng không song song, chẳng hạn như chỉnh sửa máy móc.

Robot có khớp nối cũng có thể dễ dàng tiếp cận khoang máy công cụ và dưới các vật cản để tiếp cận phôi. Hoặc thậm chí xung quanh vật cản, trong trường hợp này là robot 7 trục.

Ưu điểm:

- Các khớp nối kín và ống bảo vệ cho phép Robot có khớp nối hoạt động tốt trong môi trường sạch cũng như môi trường bẩn. Khả năng nâng lắp cánh tay Robot 3 bậc tự do này trên bất kỳ bề mặt nào (ví dụ: trần nhà, đường ray trượt). Điều này cho phép doanh nghiệp có nhiều sự lựa chọn khi làm việc.

- Tuy nhiên, sự tinh tế và hiện đại của robot có khớp nối này sẽ đi kèm với giá thành cao. Do đó, robot này cao hơn so với các loại robot có trọng tải tương tự trên thị trường.

Khuyết điểm:

Và khuyết điểm của dòng Robot này là: Chúng sẽ không phù hợp với các ứng dụng tốc độ rất cao. Do chúng có hệ thống chuyển động học phức tạp với nhiều chi tiết bộ phận.

1.4.3.2. Robot SCARA

Cánh tay robot khớp nối tuân thủ có chọn lọc (SCARA) là một lựa chọn tốt. Và hiệu quả về chi phí cho doanh nghiệp.



Hình 1.3: Robot SCARA

Robot SCARA này sẽ phù hợp với việc thực hiện các hoạt động giữa hai mặt phẳng song song (ví dụ: chuyển các bộ phận từ khay sang băng tải). Robot SCARA có tính vượt trội trong các nhiệm vụ lắp ráp theo chiều dọc như chèn các chốt mà không cần ràng buộc do độ cứng dọc của chúng.

Robot SCARA có trọng lượng nhẹ và có dấu chân nhỏ. Điều này là sự lựa chọn lý tưởng cho các công việc mà thực hiện trong không gian đông đúc. Chúng cũng có chu kỳ làm việc rất nhanh.

Do thiết kế cánh tay xoay cố định, vốn là một lợi thế trong một số ứng dụng nhất định. Nhưng Robot SCARA phải đối mặt với những hạn chế khi thực hiện các nhiệm vụ yêu cầu tiếp cận các vật thể bên trong sản phẩm và làm việc như là: đồ đạc, đồ gá hoặc máy công cụ trong ô làm việc.

1.4.3.3. Robot Delta

Robot Delta, còn được gọi là “robot nhện”. Robot này sử dụng ba động cơ gắn trên để kích hoạt các cánh tay điều khiển định vị cổ tay. Robot delta cơ bản là các đơn vị 3 trục. Nhưng các mô hình 4 trục và 6 trục của nó cũng phổ biến không kém.



Hình 1.4: Robot Delta

Bằng cách gắn các thiết bị truyền động vào hoặc rất gần để cố định thay vì ở mỗi khớp (như trong trường hợp Robot có khớp nối). Cánh tay của rô bốt delta có thể rất nhẹ. Điều này cho phép di chuyển nhanh chóng. Và làm cho Robot delta trở thành Robot lý tưởng các hoạt động yêu cầu tốc độ rất cao.

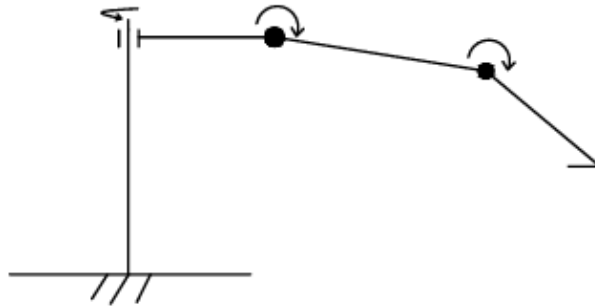
Một điều quan trọng cần lưu ý khi bạn so sánh Robot Delta với các loại rô bốt khác:

Phạm vi tiếp cận đối với Robot Delta thường được xác định bằng đường kính của phạm vi làm việc. Trái ngược với bán kính từ chân đế, như trong trường hợp đơn vị SCARA và khớp nối. Ví dụ: một Robot Delta có phạm vi tiếp cận 40” sẽ

chỉ bằng một nửa phạm vi tiếp cận (20” trên bán kính) của đơn vị SCARA hoặc có khớp nối 40 ”.

Ngoài ra, em còn tìm hiểu một số dạng cơ cấu robot dưới đây:

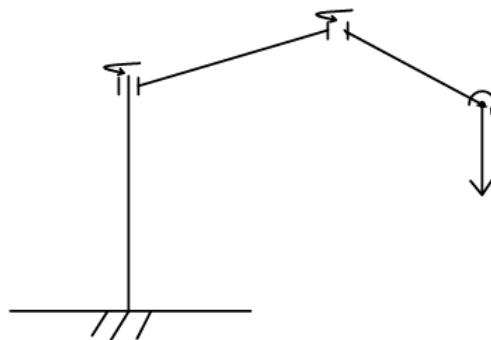
- Phương án 1:



Hình 1.5: Dạng cơ cấu robot thứ 1

Phương án này có 3 bậc tự do, trong đó khâu 1, khâu 2 và khâu 3 chuyển động quay. Phương án này đã thỏa mãn với yêu cầu nhưng các khâu của robot sẽ không được chắc khỏe do khớp 1 phải chịu lực lớn

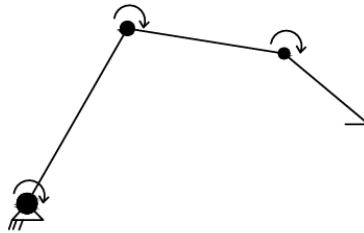
- Phương án 2:



Hình 1.6: Dạng cơ cấu robot thứ 2

Phương án này có 3 bậc tự do, trong đó khâu 1, khâu 2 và khâu 3 chuyển động quay. Phương án này đã thỏa mãn với yêu cầu nhưng bị hạn chế giống phương án 1

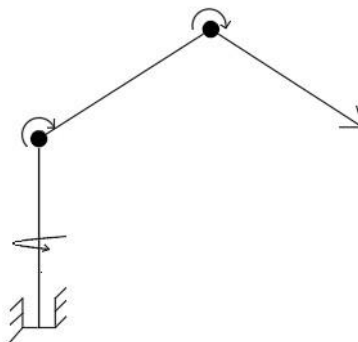
- Phương án 3:



Hình 1.7: Dạng cơ cấu robot thứ 3

Phương án này có 3 bậc tự do, trong đó khâu 1, khâu 2 và khâu 3 chuyển động quay. Phương án này bị hạn chế không gian làm việc.

- Phương án 4:

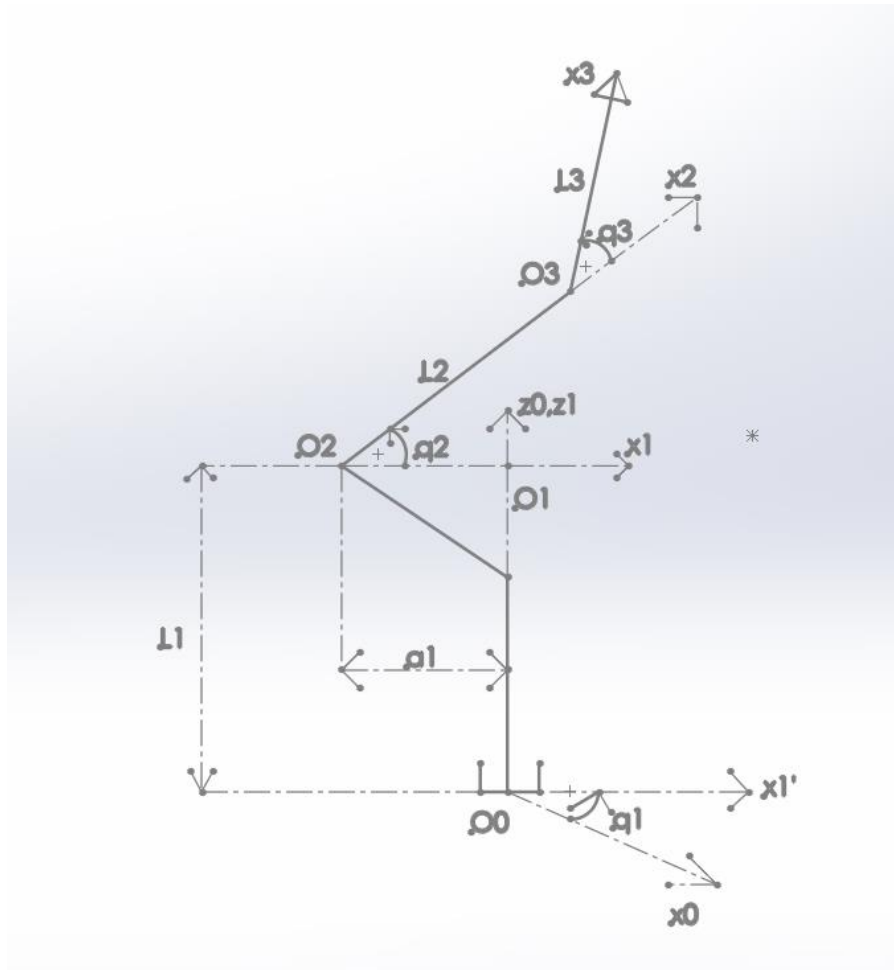


Hình 1.8: Dạng cơ cấu robot thứ 4

Phương án này có 3 bậc tự do, trong đó khâu 1, khâu 2 và khâu 3 chuyển động quay. Phương án này đã thỏa mãn yêu cầu chế tạo đơn giản hơn các phương án trên

Dựa vào những đặc điểm của 3 loại robot thông dụng trên nói chung và của loại robot khớp nối 3 bậc tự do nói riêng, yêu cầu về kỹ thuật của đề bài được giao và giá thành phù hợp với sinh viên, ***em lựa chọn sử dụng dạng robot theo phương án số 4***

1.4.4. Phương án thiết kế robot



Hình 1.9: Cấu trúc và thiết lập hệ tọa độ gắn lên robot

Hệ trục: $X_0Y_0Z_0$: là hệ trục ban đầu

$X_1Y_1Z_1$: là hệ trục của khâu 1 theo q_1

$X_2Y_2Z_2$: là hệ trục của khâu 2 theo q_2

$X_3Y_3Z_3$: là hệ trục của khâu 3 theo q_3

CHƯƠNG 2: BÀI TOÁN ĐỘNG HỌC ROBOT

Với không gian làm việc là 500x500x500(mm) . Chọn:

- $l_1 = 250 \text{ mm} = 0,25 \text{ m}$
- $l_2 = 194 \text{ mm} = 0,194 \text{ m}$
- $l_3 = 265 \text{ mm} = 0,265 \text{ m}$
- $a_1 = 30 \text{ mm} = 0,03 \text{ m}$

2.1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1.1. *Bậc tự do của Robot*

Bậc tự do là số khả năng chuyển động của một cơ cấu (chuyển động quay hoặc tịnh tiến). Để dịch chuyển được một vật thể trong không gian, cơ cấu chấp hành của robot phải đạt được một số bậc tự do. Nói chung cơ hệ của robot là một cơ cấu hở, do đó bậc tự do của nó có thể tính theo công thức:

$$w = 6n - \sum_{i=1}^5 i p_i = 6.3 - 5.3 = 3 \text{ (bậc tự do)} \quad (2.1)$$

Ở đây:

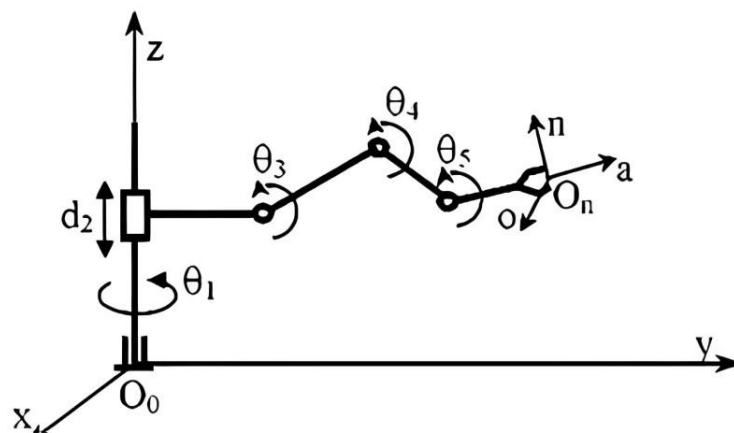
n - Số khâu động;

p_i - Số khớp loại i ($i = 1, 2, \dots, 5$: Số bậc tự do bị hạn chế). Đối với các cơ cấu có các khâu được nối với nhau bằng khớp quay hoặc tịnh tiến (khớp động loại 5) thì số bậc tự do bằng với số khâu động... Đối với cơ cấu hở, số bậc tự do bằng tổng số bậc tự do của các khớp động.

Để định vị và định hướng khâu chấp hành cuối một cách tùy ý trong không gian 3 chiều robot cần có 6 bậc tự do, trong đó 3 bậc tự do để định vị và 3 bậc tự do để định hướng. Một số công việc đơn giản nâng hạ, sắp xếp... có thể yêu cầu số bậc tự do ít hơn. Các robot hàn, sơn... thường yêu cầu 6 bậc tự do. Trong một số trường hợp cần sự khéo léo, linh hoạt hoặc khi cần phải tối ưu hoá quỹ đạo... người ta dùng robot với số bậc tự do lớn hơn 6.

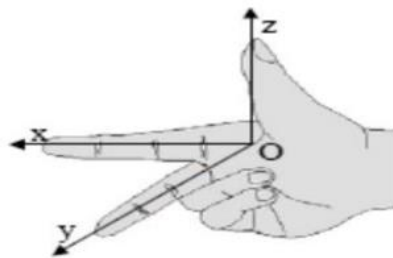
2.1.2. Hệ tọa độ (Coordinate frames)

Mỗi robot thường bao gồm nhiều khâu (links) liên kết với nhau qua các khớp (joints), tạo thành một xích động học xuất phát từ một khâu cơ bản (base) đứng yên. Hệ tọa độ gắn với khâu cơ bản gọi là hệ tọa độ cơ bản (hay hệ tọa độ chuẩn). Các hệ tọa độ trung gian khác gắn với các khâu động gọi là hệ tọa độ suy rộng. Trong từng thời điểm hoạt động, các tọa độ suy rộng xác định cấu hình của robot bằng các chuyển dịch dài hoặc các chuyển dịch góc của các khớp tịnh tiến hoặc khớp quay. Các tọa độ suy rộng còn được gọi là biến khớp.



Hình 2.1: Hệ tọa độ suy rộng của robot

Các hệ tọa độ gắn trên các khâu của robot phải tuân theo quy tắc bàn tay phải: Dùng tay phải, nắm hai ngón tay út và áp út vào lòng bàn tay, xòe 3 ngón : cái, trỏ và giữa theo 3 phương vuông góc nhau, nếu chọn ngón cái là phương và chiều của trục z, thì ngón trỏ chỉ phương, chiều của trục x và ngón giữa sẽ biểu thị phương, chiều của trục y.



Hình 2.2: quy tắc bàn tay phải

Trong robot ta thường dùng chữ O và chỉ số n để chỉ hệ tọa độ gắn trên khâu thứ n. Như vậy hệ tọa độ cơ bản (Hệ tọa độ gắn với khâu cố định) sẽ được ký hiệu là O0; hệ tọa độ gắn trên các khâu trung gian tương ứng sẽ là O1, O2,..., On-1, Hệ tọa độ gắn trên khâu chấp hành cuối ký hiệu là On.

2.1.3. Cách xây dựng hệ tọa độ và cách xác định các tham số trong phương pháp D-H-C

Cách xây dựng hệ tọa độ D-H-C:

- Trục z_i được chọn dọc theo trục của khớp thứ (i).
- Trục x_i được xác định theo đường vuông góc chung giữa trục z_i và z_{i+1} , hướng từ z_i tới z_{i+1}
- Góc O_i là giao điểm của x_i và z_i
- Trục y_i được xác định theo quy tắc bàn tay phải.

Các tham số trong pp D-H-C:

Vị trí của hệ tọa độ khớp $(Oxyz)_i$ đối với hệ tọa độ khớp $(Oxyz)_{i-1}$ được xác định bởi 4 tham số, α_{i-1} , a_{i-1} , θ_i , d_i như sau:

- α_{i-1} : Góc quay quanh trục x_i sao cho trục z'_{i-1} ($z'_{i-1} // z_{i-1}$) trùng với trục z_i .
- a_{i-1} : Dịch chuyển dọc trục x_i để điểm O'_i chuyển đến điểm O_i .
- θ_i : Góc quay quanh trục z_{i-1} để trục x_{i-1} trùng với trục x'_i ($x_i // x'_i$)
- d_i : Dịch chuyển tịnh tiến dọc trục z_{i-1} để gốc tọa độ O_{i-1} chuyển đến O'_i là giao điểm của trục x_i và trục z_{i-1}

Từ quy tắc trên ta xây dựng các tọa độ khảo sát (Hình 1.5):

- Hệ tọa độ $O_0x_0y_0z_0$:

Gốc tọa độ đặt tại tâm của khớp động thứ nhất

Trục O_0z_0 dọc theo hướng của trục khớp động thứ nhất

Trục O_0x_0 có phương vuông góc với z_0

Trục O_0y_0 xác định theo quy tắc bàn tay phải

• Hệ tọa độ $O_1x_1y_1z_1$:

Gốc tọa độ đặt tại vị trí như trên hình dọc phương của khâu 1

Trục O_1z_1 có phương trùng với O_0z_0 như hình vẽ.

Trục O_1x_1 có phương nằm trên đường vuông góc chung của trục O_1z_1 và O_2z_2 .

Trục O_1y_1 xác định theo quy tắc bàn tay phải.

• Hệ tọa độ $O_2x_2y_2z_2$:

Gốc tọa độ đặt tại tâm của khớp động thứ 2.

Trục O_2z_2 có phương dọc theo trục khớp động xoay thứ 2 của khớp xoay.

Trục O_2x_2 có phương nằm trên đường vuông góc chung của trục O_2z_2 và O_3z_3 .

Trục O_2y_2 xác định theo quy tắc bàn tay phải.

• Hệ tọa độ $O_3x_3y_3z_3$:

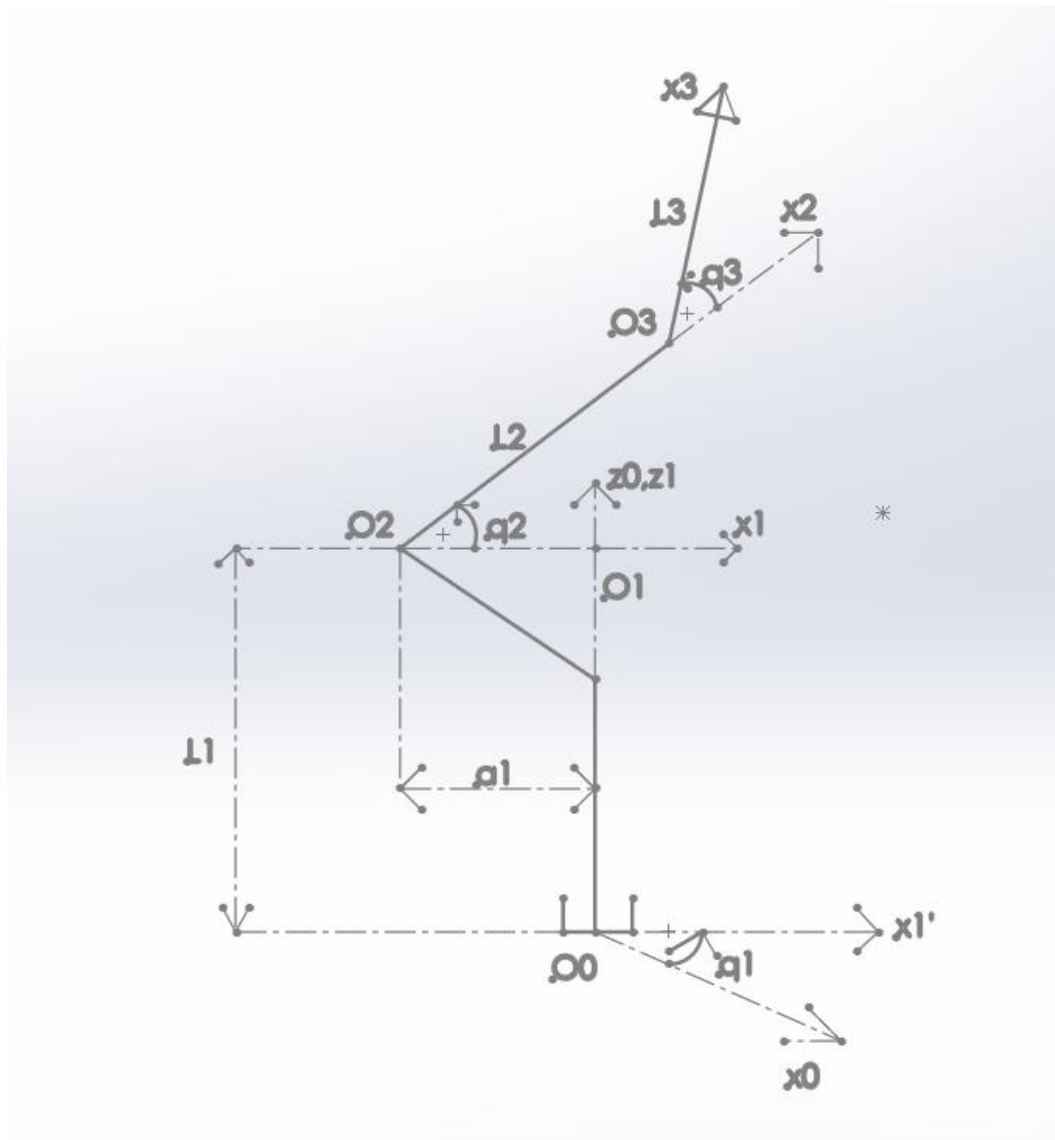
Gốc tọa độ đặt tại tâm của khớp động thứ 3.

Trục O_3z_3 có phương dọc theo trục khớp động xoay thứ 3 của khớp xoay.

Trục O_3x_3 có phương nằm dọc khâu 3.

Trục O_3y_3 xác định theo quy tắc bàn tay phải.

Cuối cùng ta có hệ tọa độ như sau:



Hình 2.3: Dạng robot chọn và cách đặt biến khớp

2.2. BÀI TOÁN ĐỘNG HỌC THUẬN ROBOT

2.2.1. Bảng tham số động học và tính toán các ma trận truyền Denavit – Hartenberg – Craig

- Đề bài cho quy luật chuyển động của các khâu:

$$\begin{aligned} q_1 &= 0.8 * \cos(0.1t) \\ q_2 &= 0.5 * \cos(0.05t) \\ q_3 &= 0.5 * \cos(0.05t) \end{aligned} \quad (2.2)$$

Dựa trên thông số hình 2.2 ta lập bảng tham số động học

Khâu	α_{i-1}	a_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	l_1	q_1
2	$\pi/2$	$-a_1$	0	q_2
3	0	l_2	0	q_3

Trong đó : q_1, q_2, q_3 là các biến khớp ; l_1, l_2, l_3, a_1 là chiều dài khâu 1,2,3

Các ma trận Craig địa phương

$$K_1 = \begin{bmatrix} \cos q_1 & -\sin q_1 & 0 & 0 \\ \sin q_1 & \cos q_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad K_2 = \begin{bmatrix} \cos q_2 & -\sin q_2 & 0 & -a_1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ \sin q_2 & \cos q_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$K_3 = \begin{bmatrix} \cos q_3 & -\sin q_3 & 0 & l_2 \\ \sin q_3 & \cos q_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Các ma trận Craig toàn thể:

$$C_2 = K_1 K_2 = \begin{bmatrix} \cos q_1 \cos q_2 & -\cos q_1 \sin q_2 & \sin q_1 & -a_1 \cos q_1 \\ \sin q_1 \cos q_2 & -\sin q_1 \sin q_2 & -\cos q_1 & -a_1 \sin q_1 \\ \sin q_2 & \cos q_2 & 0 & l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$C_3 = K_1 K_2 K_3 =$$

$$\begin{bmatrix} \cos q_1 \cos(q_2 + q_3) & -\cos q_1 \sin(q_2 + q_3) & \sin q_1 & -\cos q_1 (a_1 - l_2 \cos q_2) \\ \sin q_1 \cos(q_2 + q_3) & -\sin q_1 \sin(q_2 + q_3) & -\cos q_1 & -\sin q_1 (a_1 - l_2 \cos q_2) \\ \sin(q_2 + q_3) & \cos(q_2 + q_3) & 0 & l_1 + l_2 \sin q_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

2.2.2. Tính tọa độ điểm thao tác

Từ các ma trận Craig, ta tính tọa độ điểm thao tác E trong hệ quy chiếu cố định:

$$u_E^{(3)} = [l_3 \quad 0 \quad 0 \quad 1]^T$$

Tọa độ vị trí điểm thao tác E:

$$\begin{bmatrix} x_E^0 \\ y_E^0 \\ z_E^0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_E^0 \\ y_E^0 \\ z_E^0 \\ 1 \end{bmatrix} = C3. \begin{bmatrix} l3 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l3 \cos q1 \cos(q2 + q3) - \cos q1 (a1 - l2 \cos q2) \\ l3 \sin q1 \cos(q2 + q3) - \sin q1 (a1 - l2 \cos q2) \\ l1 + l2 \sin q2 + l3 \sin(q2 + q3) \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x_E^0 = l3 \cos q1 \cos(q2 + q3) - \cos q1 (a1 - l2 \cos q2) \\ y_E^0 = l3 \sin q1 \cos(q2 + q3) - \sin q1 (a1 - l2 \cos q2) \\ z_E^0 = l1 + l2 \sin q2 + l3 \sin(q2 + q3) \end{cases} \quad (2.3)$$

*Vẽ đồ thị quỹ đạo:

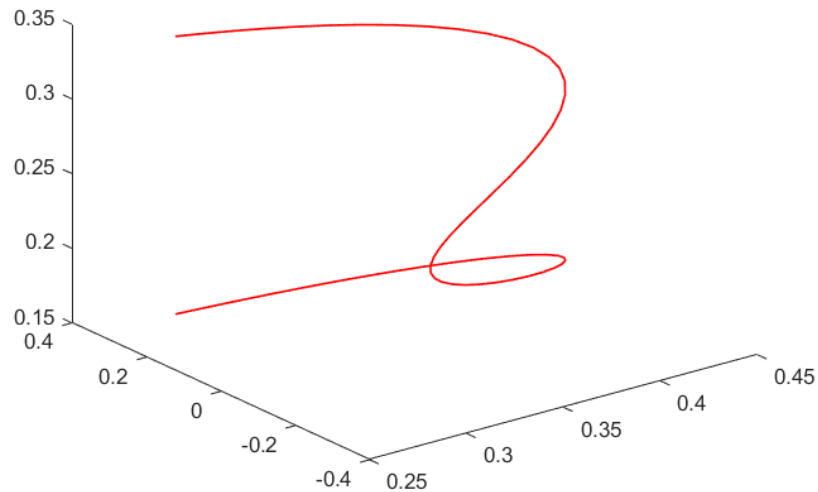
- Thay $q1, q2, q3$ từ (2.2) vào tọa độ điểm E theo biến t:

$$x_E^0 = l3 * \cos(\cos(0.05 * t)) * \cos(0.8 * \cos(0.1 * t)) - \cos(0.8 * \cos(0.1 * t)) * (a1 - l2 * \cos(0.5 * \cos(0.05 * t)))$$

$$y_E^0 = l3 * \cos(\cos(0.05 * t)) * \sin(0.8 * \cos(0.1 * t)) - \sin(0.8 * \cos(0.1 * t)) * (a1 - l2 * \cos(0.5 * \cos(0.05 * t)))$$

$$z_E^0 = l1 + l3 * \sin(\cos(0.05 * t)) + l2 * \sin(0.5 * \cos(0.05 * t))$$

Đồ thị quỹ đạo điểm E



Hình 2.4: Đồ thị quỹ đạo của điểm E trong 1 chu kỳ

2.2.3. Vận tốc điểm tác động cuối E và vận tốc góc của các khâu

2.2.3.1. Vận tốc của điểm tác động cuối E

Đạo hàm theo thời gian t toạ độ điểm E trong hệ quy chiếu cố định ta được vận tốc điểm thao tác E

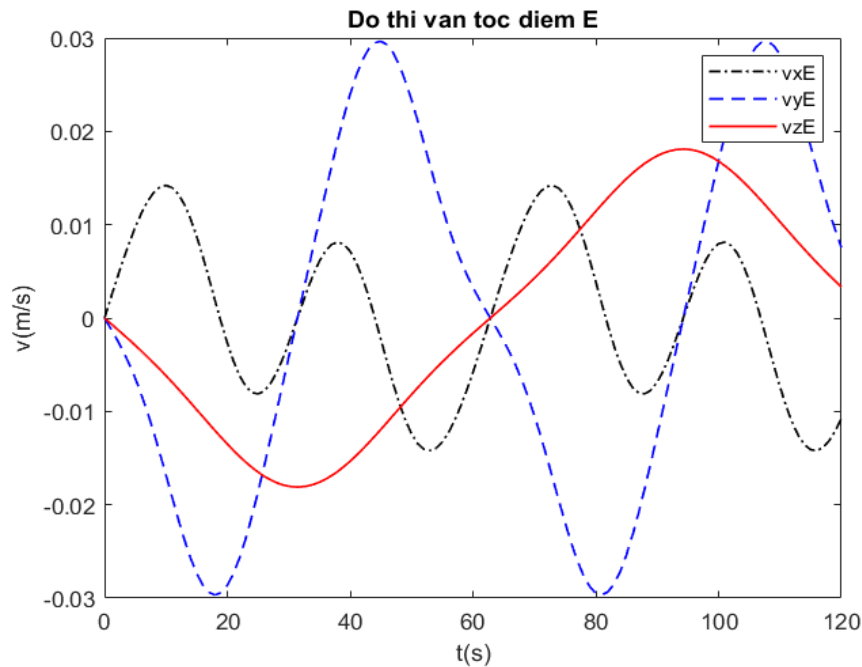
$$v_E = [\dot{x}_E \quad \dot{y}_E \quad \dot{z}_E]^T$$

Thay q1, q2, q3 từ (2.2) vào ta có:

$$V_{Ex} = 0.2e-1*12*\sin(0.5*\cos(0.5e-1*t))*\sin(0.5e-1*t)*\cos(0.8*\cos(0.1*t)) - 0.8e-1*\sin(0.8*\cos(0.1*t))*\sin(0.1*t)*(a1-12*\cos(0.5*\cos(0.5e-1*t)))+ 0.8e-1*13*\sin(0.8*\cos(0.1*t))*\sin(0.1*t)*\cos(\cos(0.5e-1*t))+0.5e-1*13*\sin(0.5e-1*t)*\sin(\cos(0.5e-1*t))*\cos(0.8*\cos(0.1*t))$$

$$V_{Ey} = 0.8e-1*\sin(0.1*t)*\cos(0.8*\cos(0.1*t))*(a1-12*\cos(0.5*\cos(0.5e-1*t)))+0.2e-1*12*\sin(0.8*\cos(0.1*t))*\sin(0.5*\cos(0.5e-1*t))*\sin(0.5e-1*t)-0.8e-1*13*\sin(0.1*t)*\cos(\cos(0.5e-1*t))*\cos(0.8*\cos(0.1*t))+0.5e-1*13*\sin(0.8*\cos(0.1*t))*\sin(0.5e-1*t)*\sin(\cos(0.5e-1*t))$$

$$V_{Ez} = -0.2e-1*12*\sin(0.5e-1*t)*\cos(0.5*\cos(0.5e-1*t))-0.5e-1*13*\sin(0.5e-1*t)*(2*\cos(0.5*\cos(0.5e-1*t))^2-1)$$



Hình 2.5: Đồ thị vận tốc của điểm E

2.2.3.2. Vận tốc góc của các khâu

Tính ma trận sóng của các khâu theo công thức:

$$\tilde{\omega}_i = \dot{A}_i A_i^T$$

Với A_i là ma trận cosin chỉ hướng của khâu thao tác cuối A_1, A_2, A_3

$$A_1 = \begin{bmatrix} \cos q_1 & -\sin q_1 & 0 \\ \sin q_1 & \cos q_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} \cos q_1 \cos q_2 & -\cos q_1 \sin q_2 & \sin q_1 \\ \sin q_1 \cos q_2 & -\sin q_1 \sin q_2 & -\cos q_1 \\ \sin q_2 & \cos q_2 & 0 \end{bmatrix}$$

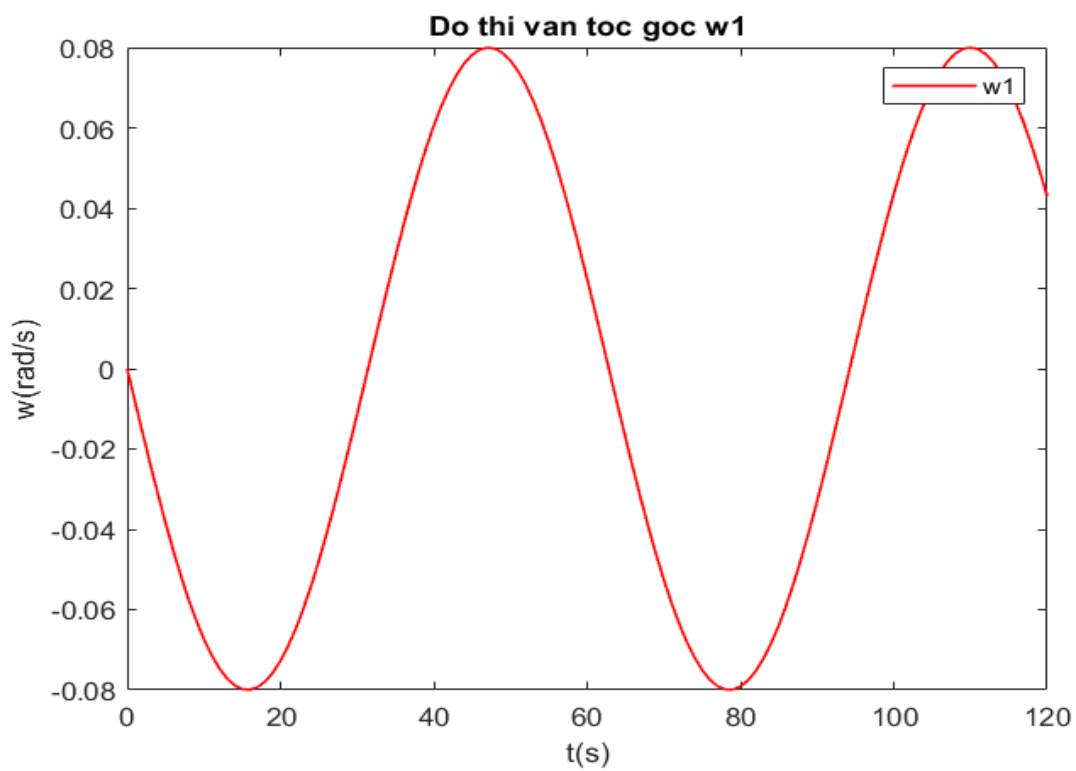
$$A_3 = \begin{bmatrix} \cos q_1 \cos(q_2 + q_3) & -\cos q_1 \sin(q_2 + q_3) & \sin q_1 \\ \sin q_1 \cos(q_2 + q_3) & -\sin q_1 \sin(q_2 + q_3) & -\cos q_1 \\ \sin(q_2 + q_3) & \cos(q_2 + q_3) & 0 \end{bmatrix}$$

Vận tốc góc các khâu:

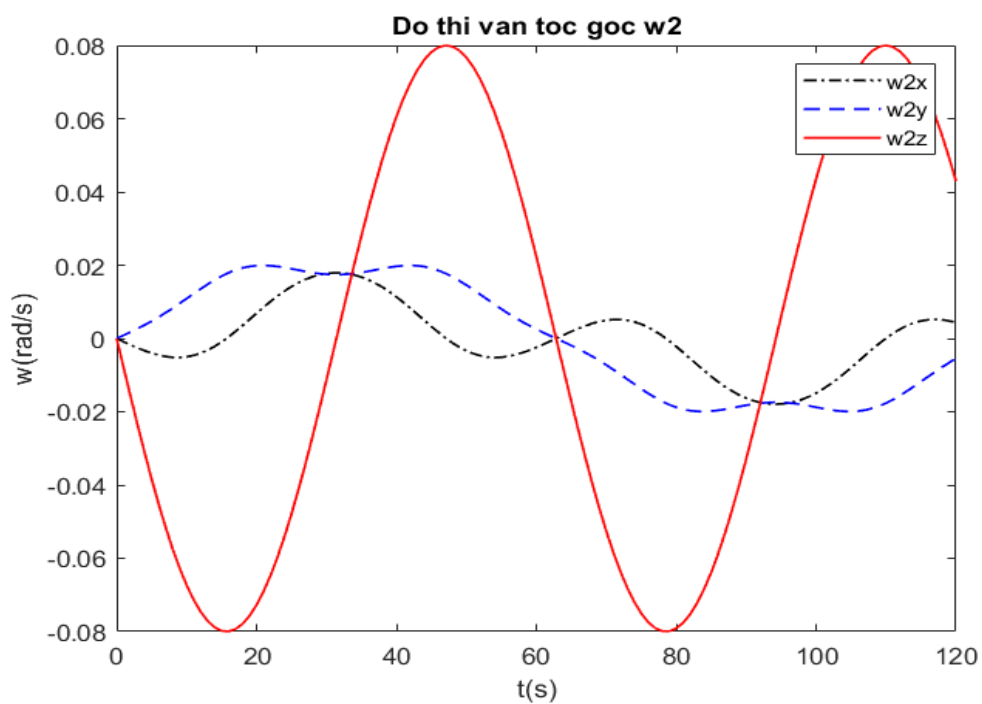
$$\omega_1^{(0)} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{q}_1 \end{bmatrix}$$

$$\omega_2^{(0)} = \begin{bmatrix} \dot{q}_2 \cdot \sin q_1 \\ -\dot{q}_2 \cdot \cos q_1 \\ \dot{q}_1 \end{bmatrix}$$

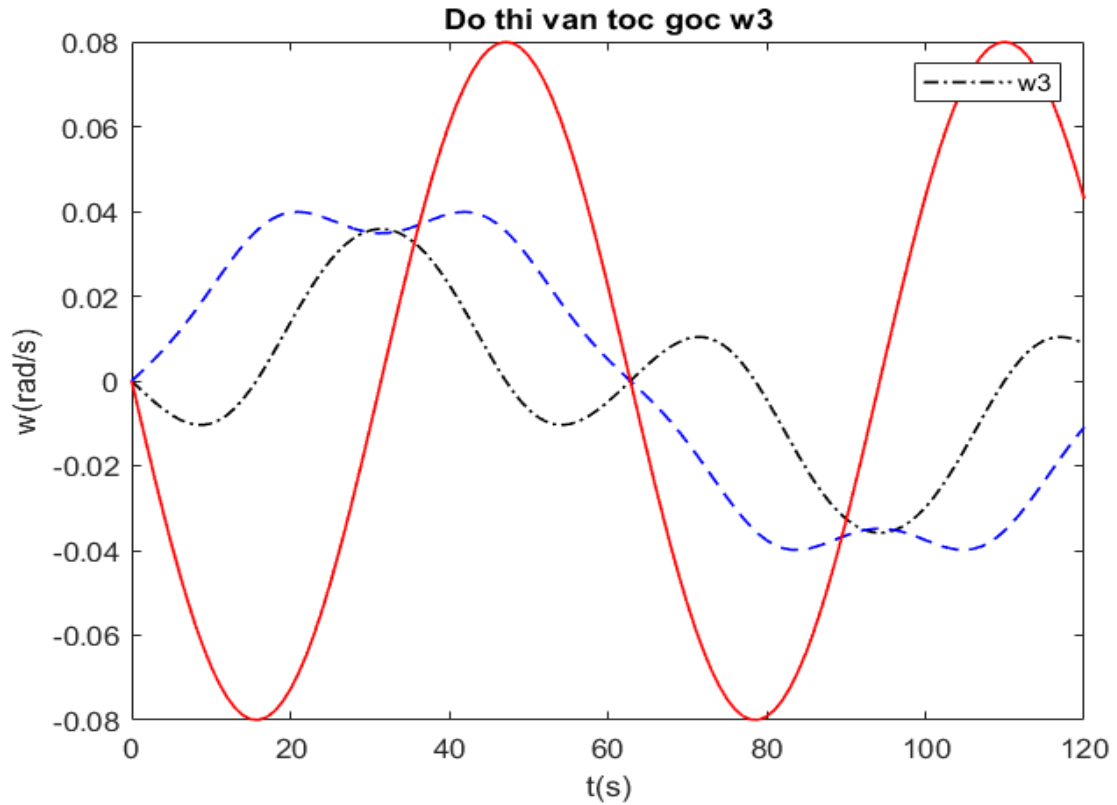
$$\omega_3^{(0)} = \begin{bmatrix} (\dot{q}_2 + \dot{q}_3) \cdot \sin q_1 \\ -(\dot{q}_2 + \dot{q}_3) \cdot \cos q_1 \\ \dot{q}_1 \end{bmatrix}$$



Hình 2.6: Đồ thị vận tốc góc của khâu 1



Hình 2.7: Đồ thị vận tốc góc của khâu 2



Hình 2.8: Đồ thị vận tốc góc của khâu 3

2.2.4. Gia tốc điểm tác động cuối E

Gia tốc của khâu thao tác chính là đạo hàm vận tốc khâu thao tác theo thời gian:

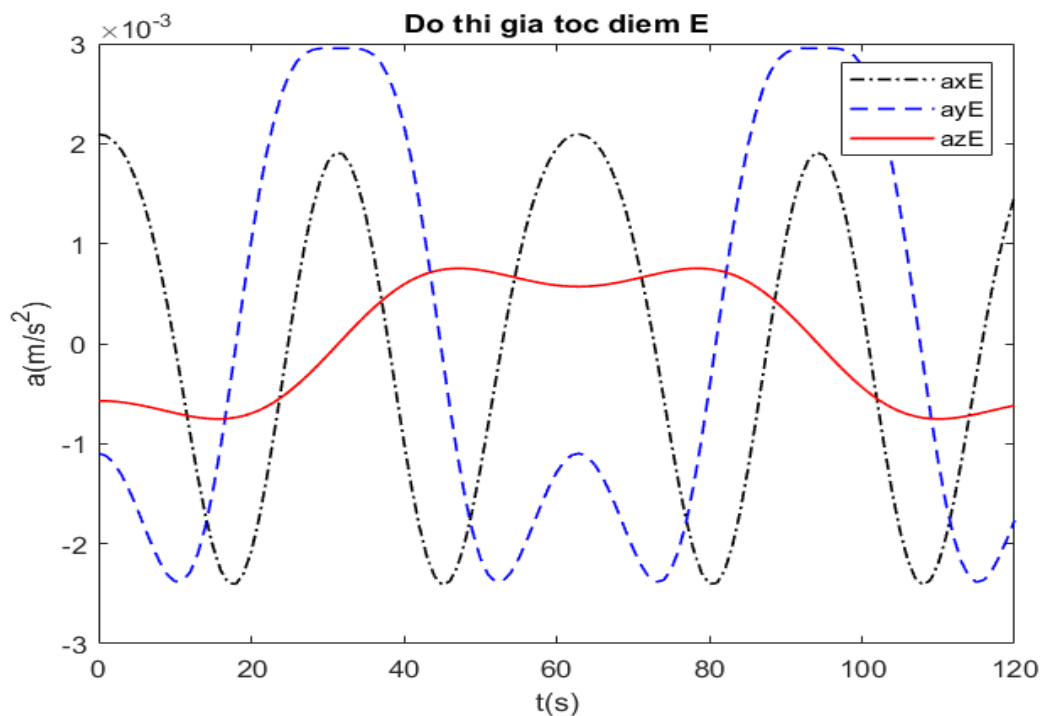
$$a_E = [\dot{v}_{Ex} \quad \dot{v}_{Ey} \quad \dot{v}_{Ez}]^T$$

Thay q1, q2, q3 từ (2.2) vào ta có:

$$\begin{aligned} a_{Ex} = & 0.6e-2 \sin^2(0.1*t) * \cos(0.8*\cos(0.1*t)) * (a1 + l3 - 2*l3*\cos^2(0.5*\cos(0.5e-1*t)) - \\ & l2*\cos(0.5*\cos(0.5e-1*t))) - 0.8e-2 \sin(0.8*\cos(0.1*t)) * \cos(0.1*t) * (a1 + l3 - \\ & 2*l3*\cos^2(0.5*\cos(0.5e-1*t)) - l2*\cos(0.5*\cos(0.5e-1*t))) + 0.1e-2 \sin(0.5*\cos(0.5e- \\ & 1*t)) * \cos(0.5e-1*t) * \cos(0.8*\cos(0.1*t)) * (l2 + 4*l3*\cos(0.5*\cos(0.5e-1*t))) - 0.6e- \\ & 3 \sin^2(0.5e-1*t) * \cos(0.8*\cos(0.1*t)) * \cos(0.5*\cos(0.5e- \\ & 1*t)) * (l2 + 4*l3*\cos(0.5*\cos(0.5e-1*t))) - 0.2e-2 * l3 \sin^2(0.5e-1*t) \\ & * \cos(0.8*\cos(0.1*t)) * (0.5*\cos(\cos(0.5e-1*t)) - 0.5) + 0.4e- \\ & 2 \sin(0.8*\cos(0.1*t)) * \sin(0.5*\cos(0.5e-1*t)) * \sin(0.1*t) * \sin(0.5e- \\ & 1*t) * (l2 + 4*l3*\cos(0.5*\cos(0.5e-1*t))) \end{aligned}$$

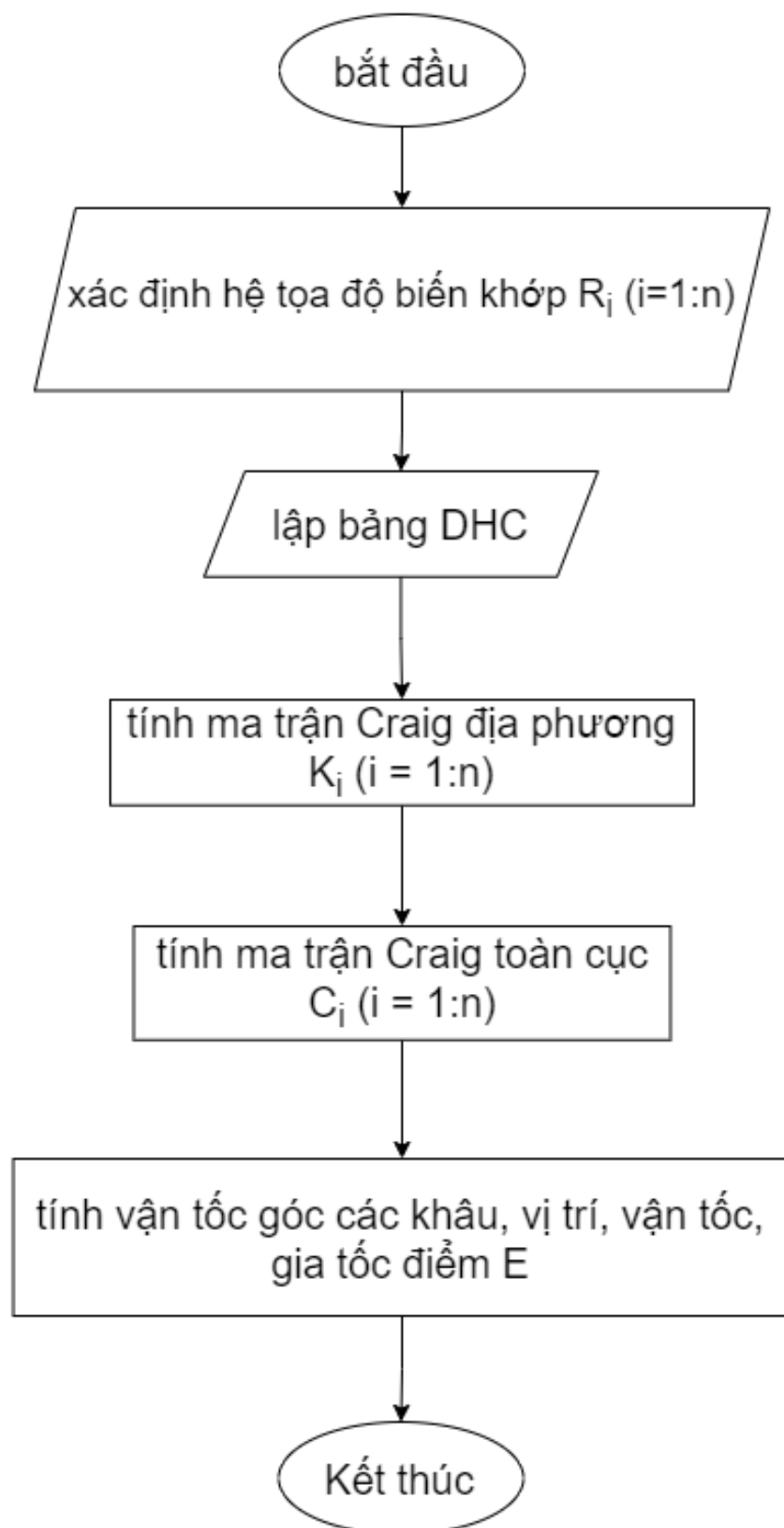
$$\begin{aligned}
 a_{Ey} = & 0.6e-2*\sin(0.8*\cos(0.1*t))*\sin^2(0.1*t) *(a_1+13-2*13*\cos(0.5*\cos^2(0.5e- \\
 & 1*t)) - 12*\cos(0.5*\cos(0.5e-1*t))) + 0.8e- \\
 & 2*\cos(0.1*t)*\cos(0.8*\cos(0.1*t))*(a_1+13-2*13*\cos(0.5*\cos^2(0.5e-1*t)) - \\
 & 12*\cos(0.5*\cos(0.5e-1*t)))+0.1e-2*\sin(0.8*\cos(0.1*t))*\sin(0.5*\cos(0.5e- \\
 & 1*t))*\cos(0.5e-1*t)*(12+4*13*\cos(0.5*\cos(0.5e-1*t))) - 0.6e- \\
 & 3*\sin(0.8*\cos(0.1*t))*\sin^2(0.5e-1*t) * \cos(0.5*\cos(0.5e- \\
 & 1*t))*(12+4*13*\cos(0.5*\cos(0.5e-1*t))) - 0.2e- \\
 & 2*13*\sin(0.8*\cos(0.1*t))*\sin^2(0.5e-1*t) * (0.5*\cos(\cos(0.5e-1*t))-0.5) - 0.4e- \\
 & 2*\sin(0.5*\cos(0.5e-1*t))*\sin(0.1*t)*\sin(0.5e- \\
 & 1*t)*\cos(0.8*\cos(0.1*t))*(12+4*13*\cos(0.5*\cos(0.5e-1*t)))
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a_{Ez} = & -0.2e-2*13*\cos(0.5e-1*t)*(2*\cos^2(0.5*\cos(0.5e-1*t))-1) - 0.6e- \\
 & 3*12*\sin(0.5*\cos(0.5e-1*t))*\sin^2(0.5e-1*t) - 0.1e-2*12*\cos(0.5e- \\
 & 1*t)*\cos(0.5*\cos(0.5e-1*t)) - 0.5e-2*13*\sin(0.5*\cos(0.5e-1*t))*\sin^2(0.5e-1*t) \\
 & *\cos(0.5*\cos(0.5e-1*t))
 \end{aligned}$$



Hình 2.9: Đồ thị gia tốc điểm thao tác E

Các bước để vẽ giải và vẽ được đồ thị:



- **Kết luận:** từ các hình từ 2.2 đến hình 2.7 thì các đồ thị là tuyến tính không có đoạn nào có điểm kỳ dị

2.3. BÀI TOÁN ĐỘNG HỌC NGHỊCH ROBOT

Theo đề bài ta có phương trình chuyển động của điểm thao tác như sau:

$$\begin{cases} x_E = 250 + 90 \cdot \cos\left(\frac{t}{750}\right) \\ y_E = 150 + 90 \cdot \sin\left(\frac{t}{750}\right) \\ z_E = 0 \end{cases} \quad (mm)$$

Đổi sang m:

$$\begin{cases} x_E = 0,250 + 0,090 \cdot \cos\left(\frac{t}{0,750}\right) \\ y_E = 0,150 + 0,090 \cdot \sin\left(\frac{t}{0,750}\right) \\ z_E = 0 \end{cases} \quad (m)$$

- Tìm t_0 :

Từ phương trình trên ta tìm được tọa độ tâm O của đường tròn $O_E(0,25; 0,15; 0)(m)$ $R = 0.09$ m.

Không gian làm việc $500 \times 500 \times 500$ mm và ta đặt gốc O cánh tại tâm hình vuông nằm trên mặt phẳng Oxy \Rightarrow Ta tìm được 2 điểm cắt $A(0,25; 0,24; 0)$ và $B(0,25; 0,06; 0)$.

$$t_0 = \begin{cases} 0,25 = 0,250 + 0,090 \cdot \cos\left(\frac{t}{0,750}\right) \\ 0,24 = 0,150 + 0,090 \cdot \sin\left(\frac{t}{0,750}\right) \\ 0 = 0 \end{cases}$$

$$t_0 = 1.1780972450 (s)$$

- Phương trình xác định vị trí

Áp dụng công thức:
$$\begin{cases} x(q) = x_E \\ y(q) = y_E \\ z(q) = z_E \end{cases}$$

$$\begin{cases} l_3 \cos q_1 \cos(q_2 + q_3) - \cos q_1 (a_1 - l_2 \cos q_2) = 0,250 + 0,090 \cdot \cos\left(\frac{t}{0,750}\right) \\ l_3 \sin q_1 \cos(q_2 + q_3) - \sin q_1 (a_1 - l_2 \cos q_2) = 0,150 + 0,090 \cdot \sin\left(\frac{t}{0,750}\right) \\ l_1 + l_2 \sin q_2 + l_3 \sin(q_2 + q_3) = 0 \end{cases} \quad (2.4)$$

- Tính nghiệm đầu

Tại vị trí điểm thao tác A(0,25; 0,24; 0) thay vào (2.4)

$$\begin{cases} l_3 \cos q_1 \cos(q_2 + q_3) - \cos q_1 (a_1 - l_2 \cos q_2) = 0,25 \\ l_3 \sin q_1 \cos(q_2 + q_3) - \sin q_1 (a_1 - l_2 \cos q_2) = 0,24 \\ l_1 + l_2 \sin q_2 + l_3 \sin(q_2 + q_3) = 0 \end{cases}$$

Ta tìm được các q_1, q_2, q_3 ban đầu:

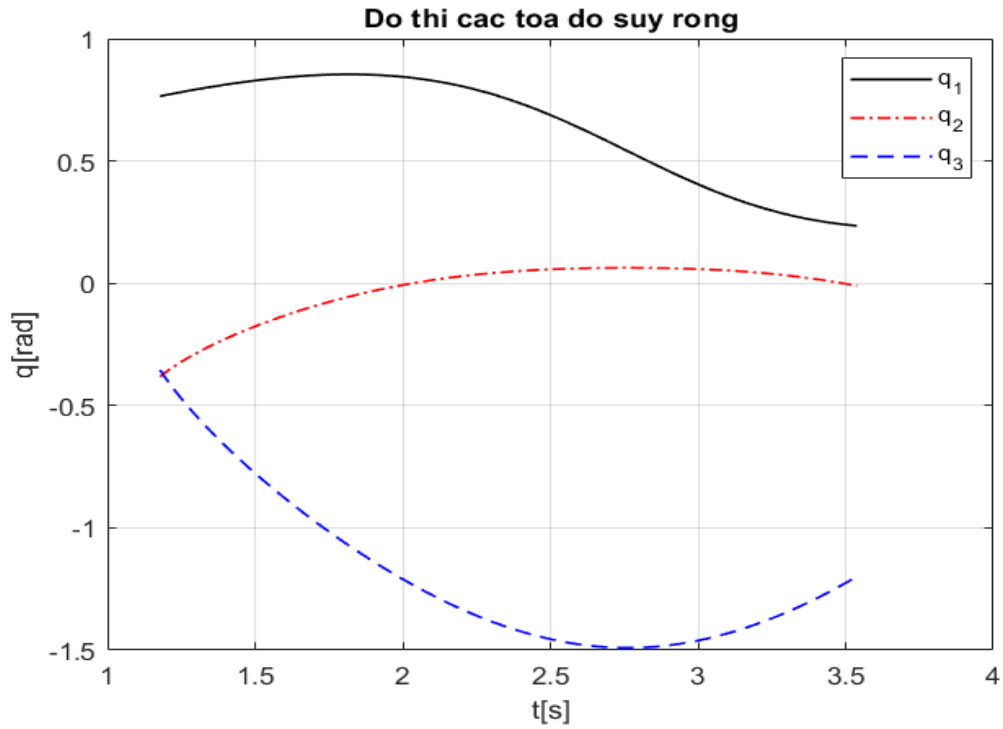
$$\{q_1 = 0,7649928327, q_2 = -0,7909553817, q_3 = -0,3543431040\},$$

$$\{q_1 = 0,7649928327, q_2 = -0,3812343942, q_3 = -0,3543431040\},$$

$$\{q_1 = -2,376599821, q_2 = -1,883929333, q_3 = 1,008163518\},$$

$$\{q_1 = -2,376599821, q_2 = -3,062332427, q_3 = -1,008163518\}$$

Trong các tập nghiệm trên thì $\{q_1 = 0,7649928327, q_2 = -0,3812343942, q_3 = -0,3543431040\}$ là nghiệm là cho robot có tư thế tay hợp lý.



Hình 2.10: Đồ thị các tọa độ suy rộng

Mối quan hệ điểm thao tác E trong không gian khớp và không gian thao tác

$$\mathbf{f} = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_3 \cos q_1 \cos(q_2 + q_3) - \cos q_1 (a_1 - l_2 \cos q_2) \\ l_3 \sin q_1 \cos(q_2 + q_3) - \sin q_1 (a_1 - l_2 \cos q_2) \\ l_1 + l_2 \sin q_2 + l_3 \sin(q_2 + q_3) \end{bmatrix}; \quad (2.5)$$

$$\mathbf{q} = \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{x}(t) = \begin{bmatrix} x_E(t) \\ y_E(t) \\ z_E(t) \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

$$\frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{q}} \dot{\mathbf{q}} = \dot{\mathbf{x}}(t) \Leftrightarrow \mathbf{J}_q \dot{\mathbf{q}} = \dot{\mathbf{x}}(t); \mathbf{J}_q = \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{q}} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial q_1} & \frac{\partial f_1}{\partial q_2} & \frac{\partial f_1}{\partial q_3} \\ \frac{\partial f_2}{\partial q_1} & \frac{\partial f_2}{\partial q_2} & \frac{\partial f_2}{\partial q_3} \\ \frac{\partial f_3}{\partial q_1} & \frac{\partial f_3}{\partial q_2} & \frac{\partial f_3}{\partial q_3} \end{bmatrix}$$

$$\frac{\partial f_1}{\partial q_1} = \sin(q_1)(a_1 - l_2 \cos(q_2)) - l_3 \cos(q_2 + q_3) \sin(q_1)$$

$$\frac{\partial f_1}{\partial q_2} = -l_2 \cos(q_1) \sin(q_2) - l_3 \sin(q_2 + q_3) \cos(q_1)$$

$$\frac{\partial f_1}{\partial q_3} = -l_3 \sin(q_2 + q_3) \cos(q_1)$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial q_1} = l_3 \cos(q_2 + q_3) \cos(q_1) - \cos(q_1)(a_1 - l_2 \cos(q_2))$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial q_2} = -l_2 \sin(q_1) \sin(q_2) - l_3 \sin(q_2 + q_3) \sin(q_1)$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial q_3} = -l_3 \sin(q_2 + q_3) \sin(q_1)$$

$$\frac{\partial f_3}{\partial q_1} = 0$$

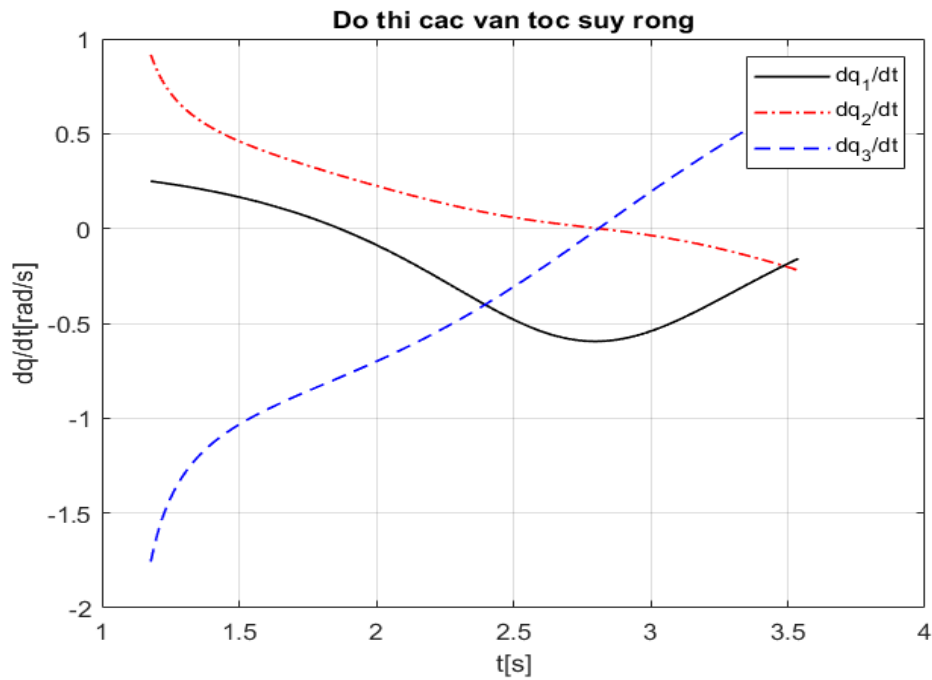
$$\frac{\partial f_3}{\partial q_2} = l_2 \cos(q_2) + l_3 \cos(q_2 + q_3)$$

$$\frac{\partial f_3}{\partial q_3} = -l_3 \cos(q_2 + q_3)$$

Ta có biểu thức xác định vecto vận tốc suy rộng

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \begin{bmatrix} -0,12 \cdot \sin(1,3t) \\ 0,12 \cdot \cos(1,3t) \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{J}_q \cdot \dot{\mathbf{q}} = \dot{\mathbf{x}}(t) \Leftrightarrow \dot{\mathbf{q}} = \mathbf{J}_q^{-1} \cdot \dot{\mathbf{x}}(t)$$

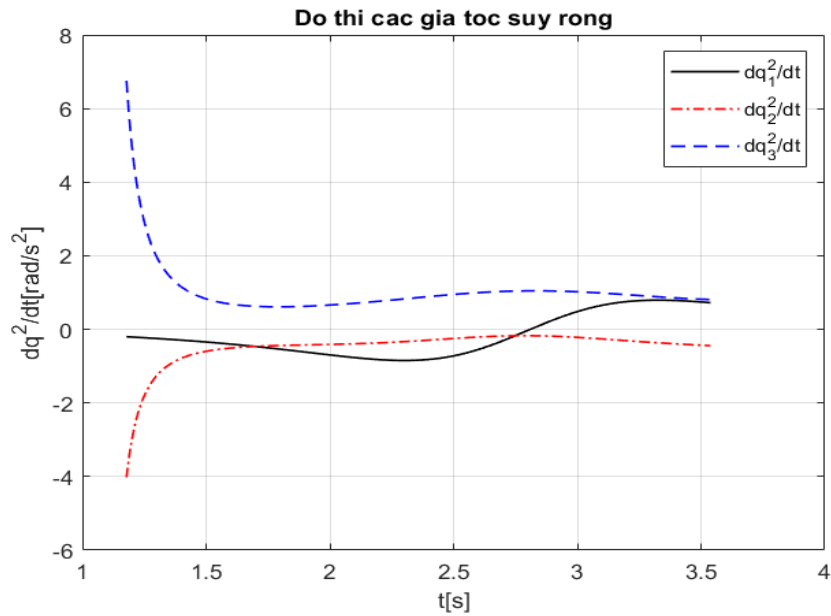


Hình 2.11: Đồ thị các vận tốc suy rộng

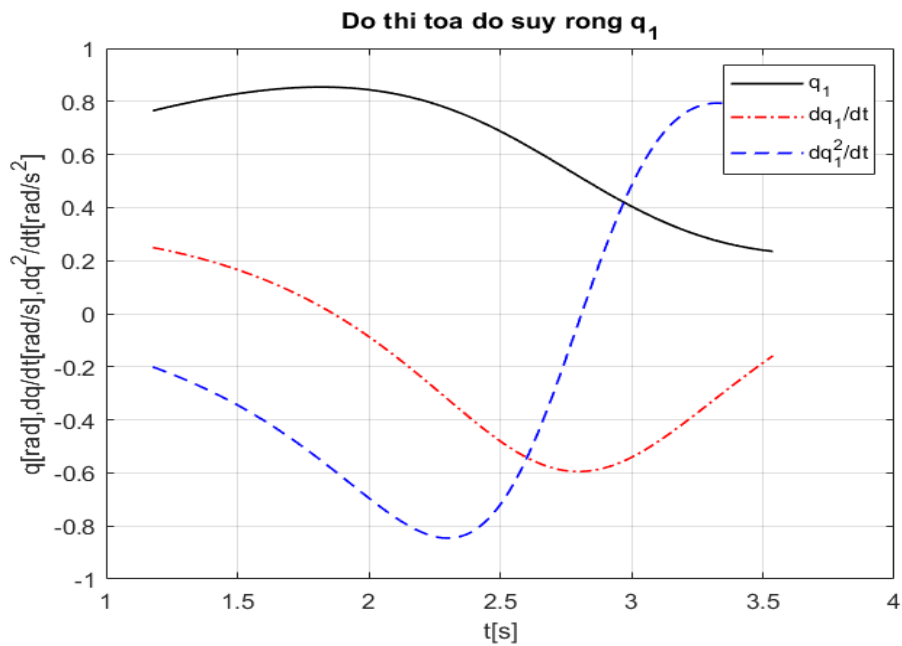
Ta có biểu thức xác định vecto gia tốc suy rộng

$$\ddot{\mathbf{x}}(t) = \begin{bmatrix} -0,16 \cdot \cos(1,3t) \\ -0,16 \sin(1,3t) \\ 0 \end{bmatrix}$$

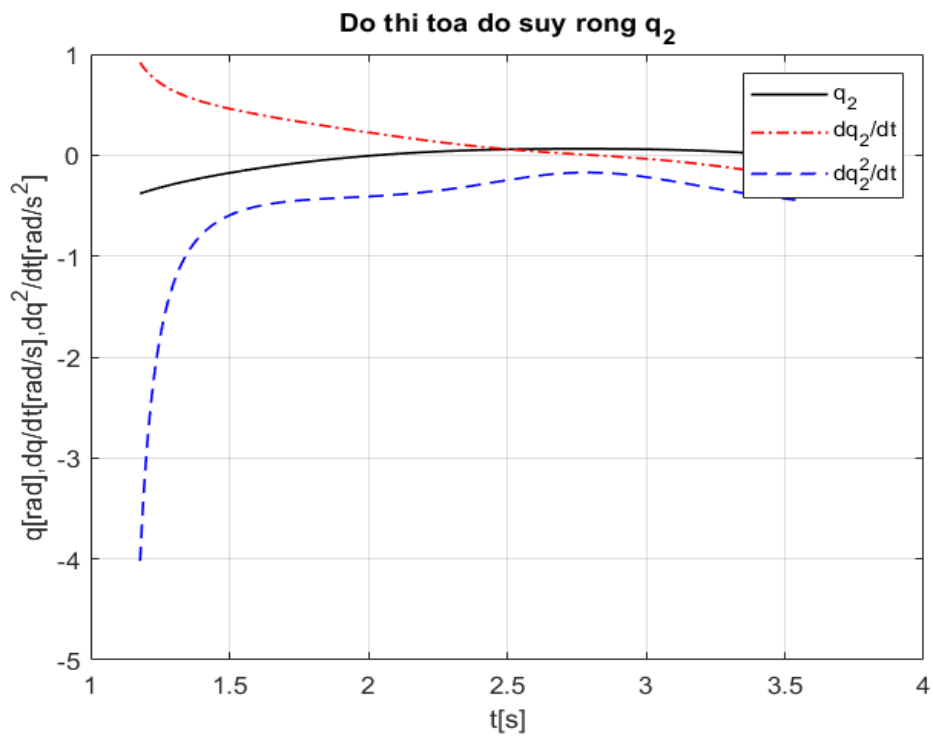
$$\mathbf{J}_q \cdot \ddot{\mathbf{q}} = \ddot{\mathbf{x}}(t) - \dot{\mathbf{J}}_q \cdot \dot{\mathbf{q}} \Leftrightarrow \ddot{\mathbf{q}} = \mathbf{J}_q^{-1} \cdot (\ddot{\mathbf{x}}(t) - \dot{\mathbf{J}}_q \cdot \dot{\mathbf{q}})$$



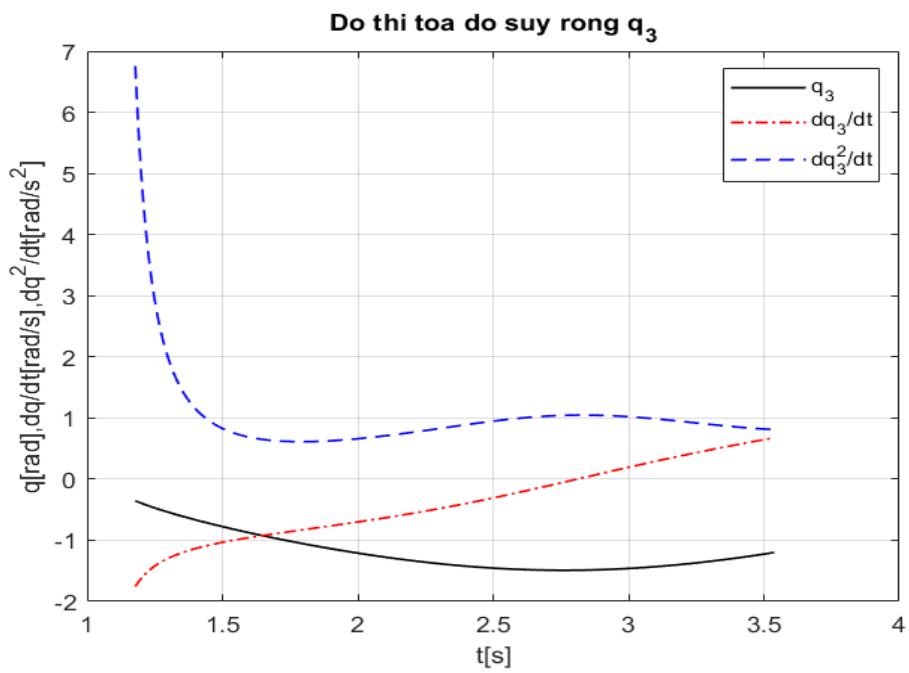
Hình 2.12: Đồ thị các gia tốc suy rộng



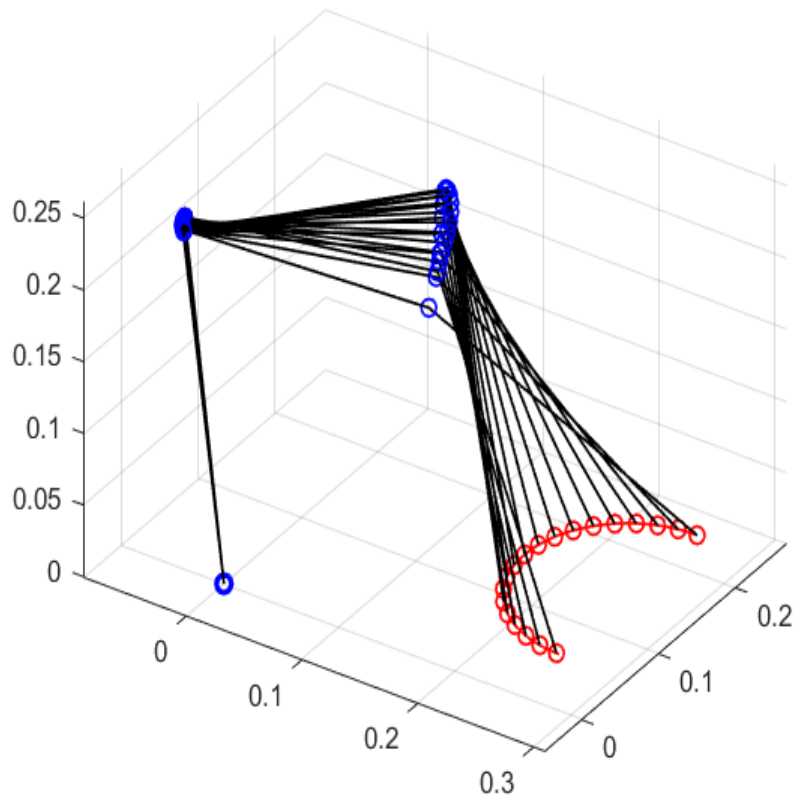
Hình 2.10: Đồ thị tọa độ suy rộng q_1



Hình 2.11: Đồ thị tọa độ suy rộng q_2



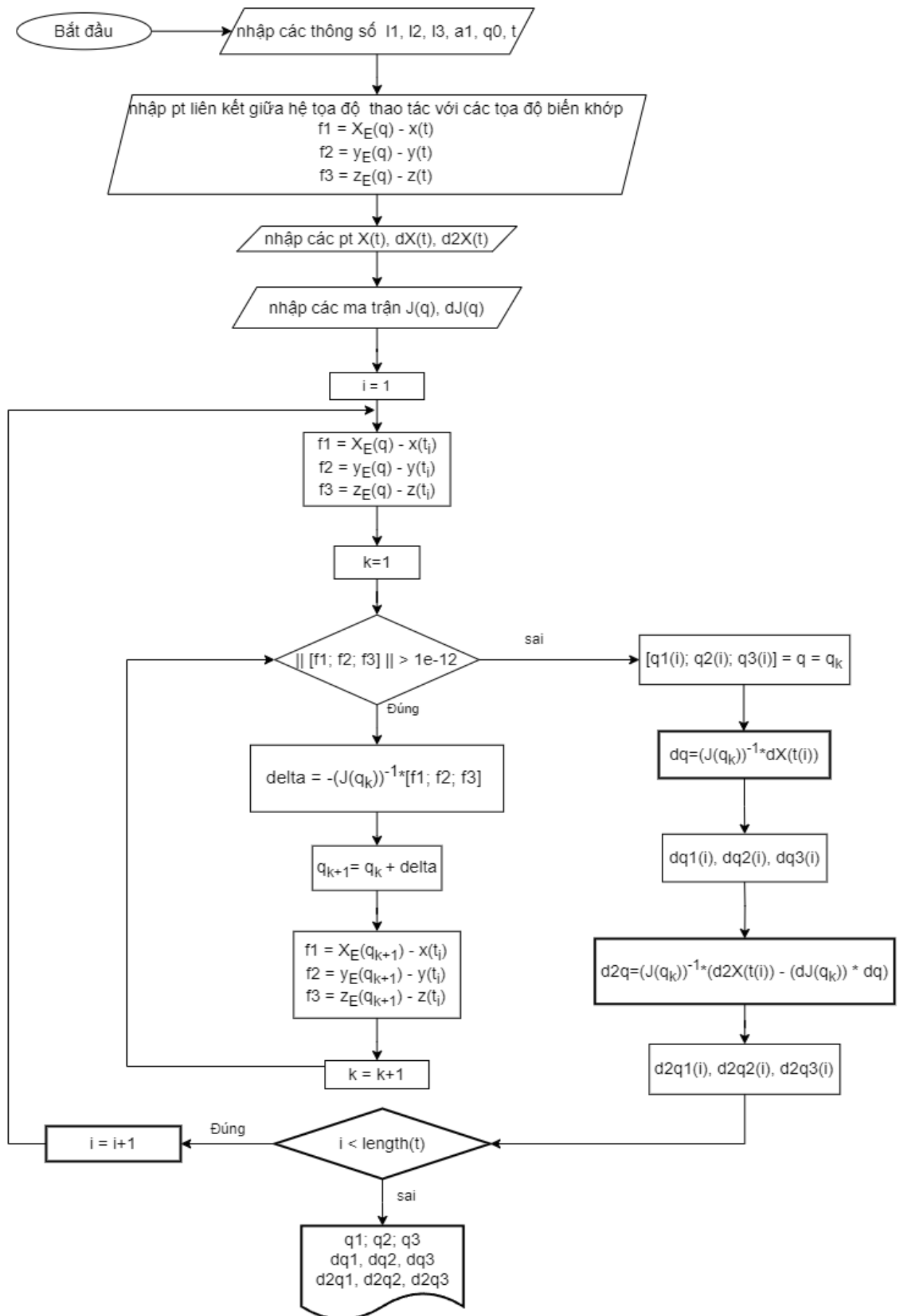
Hình 2.12: Đồ thị tọa độ suy rộng q_3



Hình 2.13: Cấu hình robot

- **Kết luận:** các đồ thị tại mục 2.3 là tuyến tính và trong khoảng thời gian từ $t_A = 1,18s$ đến $t_B = 3.54s$ thì biên dạng quỹ đạo làm việc nằm trong không gian làm việc không gian làm việc ở hình 2.13
- **Tổng kết chương:** ta đã đặt được hệ trục và từ đó lập được bảng thông số động học qua đó ta tính được các bài toán liên quan đến robot như bài toán động học thuận và bài toán động học nghịch và vẽ được các đồ thị biểu diễn được các thông số đã tính toán trên.

Lưu đồ thuật toán động học nghịch:



CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ ROBOT

3.1. Giới thiệu phần mềm thiết kế 3D

Hiện nay, có rất nhiều phần mềm thiết kế 3D chuyên nghiệp. Tùy vào từng ngành nghề khác nhau mà có những lựa chọn sao cho phù hợp. Trong đó có một vài phần mềm phổ biến hiện nay như: AutoCAD, Revit, Inventor, Sketchup, Solidworks,... Trong môn đồ án này em dùng phần mềm Solidworks để vẽ 3D.

3.1.1. Tổng quan và tính năng về phần mềm

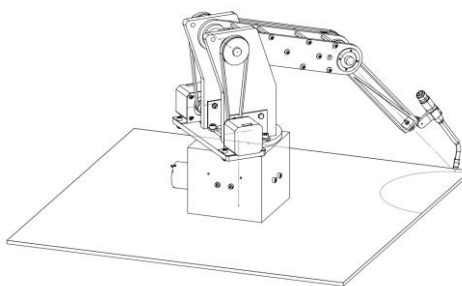
Để mô phỏng robot 3 bậc tự do, em chọn sử dụng phần mềm Solidworks. Phần mềm Solidworks cung cấp cho người dùng những tính năng tuyệt vời nhất về:

- Thiết kế các chi tiết các khối 3D, lắp ráp các chi tiết đó để hình thành nên nhưng bộ phận của máy móc; xuất bản vẽ 2D các chi tiết đó là những tính năng rất phổ biến của phần mềm Solidworks; ngoài ra còn có những tính năng khác nữa như: phân tích động học, phân tích động lực học; bên cạnh đó phần mềm còn tích hợp modul Solidcam để phục vụ cho việc gia công trên CNC nhờ có phay Solidcam và tiện Solidcam; hơn nữa, cũng có thể gia công nhiều trục trên Solidcam, modul 3Dquickmold phục vụ cho việc thiết kế khuôn;
- Phân tích động lực học: Solidworks Simulation cung cấp các công cụ mô phỏng để kiểm tra và cải thiện chất lượng bản thiết kế của bạn. Các thuộc tính vật liệu, mối ghép, quan hệ hình học được định nghĩa trong suốt quá trình thiết kế được cập nhật đầy đủ trong mô phỏng;
- Tính năng gia công: giải pháp gia công CAD CAM kết hợp, giải pháp có tên Solidworks CAM. Giải pháp này khá đơn giản và dễ dùng. Các modul đơn giản thân thiện;

- Thiết kế mô hình 3D: trong phần mềm Solidworks thì đây được coi là tính năng nổi bật với việc thiết kế các các biên dạng 2D bạn sẽ dựng được các khối 3D theo yêu cầu;
- Lắp ráp các chi tiết: các chi tiết 3D sau khi được thiết kế xong bởi tính năng thiết kế có thể lắp ráp lại với nhau tạo thành một bộ phận máy hoặc một máy hoàn chỉnh.
- Xuất bản vẽ dễ dàng: phần mềm Solidworks cho phép ta tạo các hình chiếu vuông góc các chi tiết hoặc các bản lắp với tỉ lệ và vị trí do người sử dụng quy định mà không ảnh hưởng đến kích thước. Công cụ tạo kích thước tự động và kích thước theo quy định của người sử dụng. Sau đó nhanh chóng tạo ra các chú thích cho các lỗ một cách nhanh chóng. Chức năng ghi độ nhám bề mặt, dung sai kích thước và hình học được sử dụng dễ dàng;
- Các tiện ích cải tiến khác: Online Licensing giúp cho việc sử dụng các license trên nhiều máy tính tiện lợi hơn trước rất nhiều. Solidworks Login sẽ chuyển các nội dung và cài đặt các tùy chọn đến bất kỳ máy tính nào được cài Solidworks, trong khi Admin Portal cho phép quản lý các sản phẩm và dịch vụ của Solidworks dễ dàng hơn.

3.2. Thiết kế các chi tiết và mô hình robot

3.2.1. Mô hình robot



Hình 3.1: Mô hình robot

3.2.2. Khâu đế

12	Vỏ khâu đế	Alloy Steel (SS)	1
11	Ổ đĩa côn SKF 32004X	Alloy Steel (SS)	1
10	Động cơ	Alloy Steel (SS)	1
9	Đai ổ M4	Alloy Steel (SS)	12
8	Tấm thép chữ L	Alloy Steel (SS)	3
7	Tấm thép	Alloy Steel (SS)	1
6	Bu lông M4	Alloy Steel (SS)	12
5	Vít M4	Alloy Steel (SS)	4
4	Gối đỡ ở dưới	Alloy Steel (SS)	1
3	Gối đỡ ở trên	Alloy Steel (SS)	1
2	Vít M3	Alloy Steel (SS)	8
1	Trục	Alloy Steel (SS)	1
STT	Tên chi tiết	Vật liệu	S.lg

ĐỒ ÁN MÔN HỌC: HỆ THỐNG CƠ ĐIỆN TỬ

CÁNH TAY ROBOT HÀN 3 BẬC TỰ ĐỘNG RRR

Tr.Nhiệm	Họ tên	Ký	Ngày	Tỉ lệ: 1:3	Khối lượng:
Th.kế	Trần Khoa Điện		31/12	Tờ 1	Số tờ: 1
H. dẫn	Th.S Nguyễn Tiến Thành		31/12	TRƯỜNG ĐẠI HỌC: THUYẾT LỢI	
Duyệt				Khoa: Cơ khí	
				Lớp: 62CDT4	

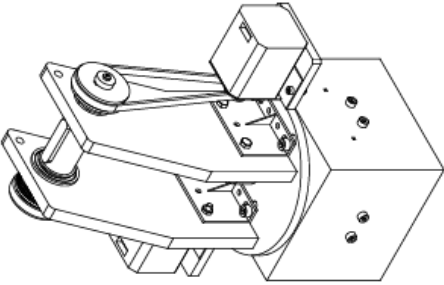
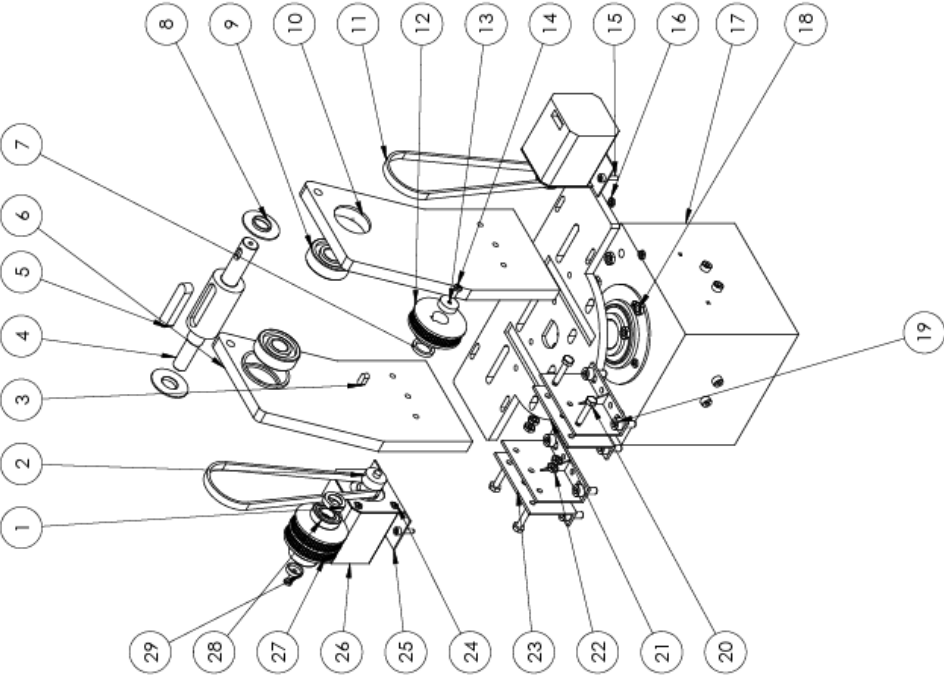
BẢN VẼ LẮP

KHẤU ĐẾ

Vật liệu: Alloy Steel (SS)

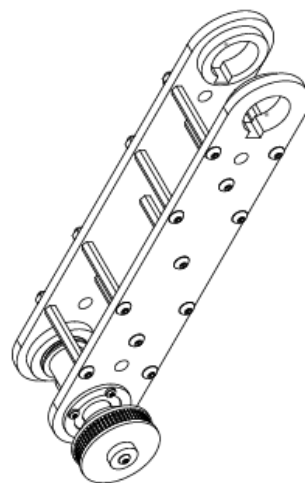
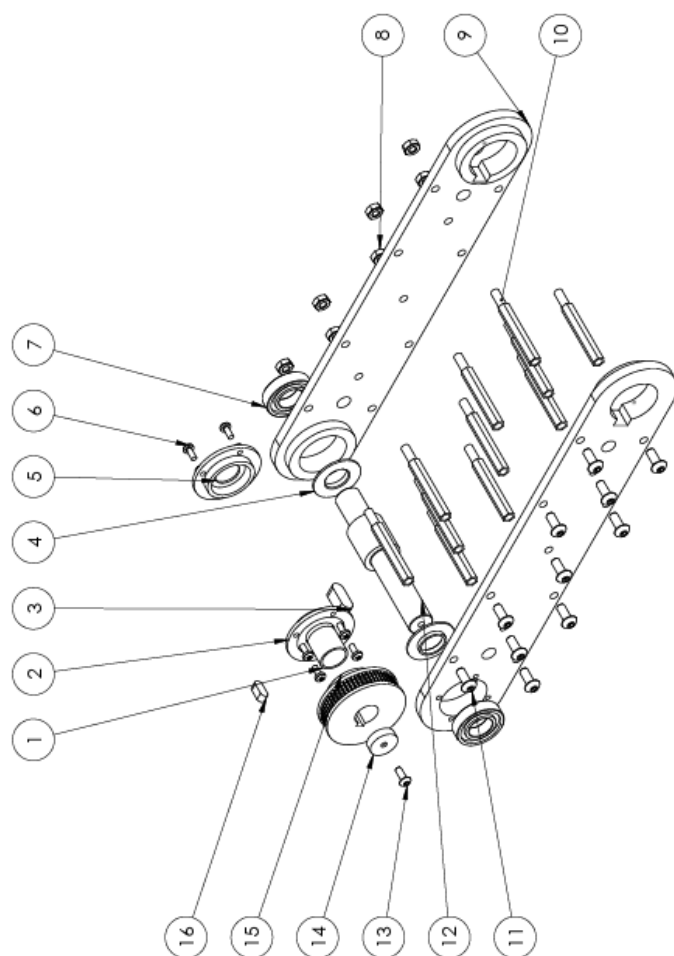
3.2.3. Khâu 1

29	Lắp châu mặt đầu bên trái	Alloy Steel (SS)	1
28	Ố lăn SKF 61900	Alloy Steel (SS)	2
27	Pulley đôi lắp trục	Nhôm	1
26	NEMA 17	Alloy Steel (SS)	2
25	Tấm gá đồng cơ	Alloy Steel (SS)	2
24	Vít M2.5	Alloy Steel (SS)	8
23	Tấm thép chữ L	Alloy Steel (SS)	4
22	Đai ốc M4	Alloy Steel (SS)	4
21	Tấm đế	Alloy Steel (SS)	1
20	Bu lông M4	Alloy Steel (SS)	4
19	Bu lông M5	Alloy Steel (SS)	8
18	Đai ốc M5	Alloy Steel (SS)	8
17	Khâu đế	Alloy Steel (SS)	1
16	Đai ốc M3	Alloy Steel (SS)	4
15	Bu lông M3	Alloy Steel (SS)	4
14	Vít M3	Alloy Steel (SS)	2
13	Lắp chân mặt đầu bên phải	Alloy Steel (SS)	1
12	Pulley lắp trục	Nhôm	1
11	Dây đai	Cao su	2
10	Tấm bên phải	Alloy Steel (SS)	1
9	Ố lăn SKF 6201	Alloy Steel (SS)	2
8	Bạc chân trục	Alloy Steel (SS)	2
7	Bạc chân	Alloy Steel (SS)	1
6	Tấm bên trái	Alloy Steel (SS)	1
5	Then lắp khâu 2	Alloy Steel (SS)	1
4	Trục	Alloy Steel (SS)	1
3	Then lắp pulley	Alloy Steel (SS)	1
2	Pulley lắp đồng cơ	Nhôm	2
1	Bạc chặn	Alloy Steel (SS)	1
STT	Tên chi tiết	Vật liệu	Slg



ĐỒ ÁN MÔN HỌC: HỆ THỐNG CƠ ĐIỆN TỬ				
CÁNH TAY ROBOT HÀN 3 BẬC TỰ DO RRR				
TR.Nhiệm	Họ tên	Ký	Ngày	Tỉ lệ: 1:3
Th.kế	Trần Khoa Điểm		31/12	Tờ: 1
H. dẫn	Th.s Nguyễn Tiến Thịnh		31/12	TRƯỜNG ĐẠI HỌC: THUYẾT LỢI
Duyệt:				Khoa: Cơ khí Lớp: 62CBT4

3.2.4. Khâu 2



16	Then nhỏ	Alloy Steel (SS)	1
15	Pully lắp trục	Nhóm	1
14	Bạc chặn pully	Alloy Steel (SS)	1
13	Vít M3	Alloy Steel (SS)	1
12	Trục	Alloy Steel (SS)	1
11	Vít M4	Alloy Steel (SS)	11
10	Trục vít lục giác M4	Alloy Steel (SS)	11
9	Tấm khâu 2	Alloy Steel (SS)	2
8	Đai ốc M4	Alloy Steel (SS)	11
7	Ó lạt SKF 4032	Alloy Steel (SS)	2
6	Vít M2.5	Alloy Steel (SS)	8
5	Lắp ổ bên phải	Alloy Steel (SS)	1
4	Bạc chặn trục	Alloy Steel (SS)	2
3	Then lớn	Alloy Steel (SS)	1
2	Lắp ổ bên trái	Alloy Steel (SS)	1
1	Bạc chặn	Alloy Steel (SS)	1
STT	Tên chi tiết	Vật liệu	S.lg

TR.Nhiệm	Họ tên	Ký	Ngày	BẢN VẼ LẬP KHẤU 2		Tỉ lệ: 1:2	Khối lượng: 0.96Tg
Th.đề	Trần Khoa Điền		31/12			Tỷ: 1	Số tờ: 1
H.đạo	Th.S Nguyễn Tiến Thịnh		31/12	TRƯỜNG ĐẠI HỌC. THUY LỢI			
Duyệt				Vật liệu: Alloy Steel (SS)		Lưu: 6/CBT	

3.2.5. Khâu 3

Exploded view diagram of a robotic arm assembly. The diagram shows the following components labeled with numbers: 1. Main body of the arm, 2. Motor, 3. Gear, 4. Pin, 5. Spring, 6. End effector, 7. Wrist assembly.

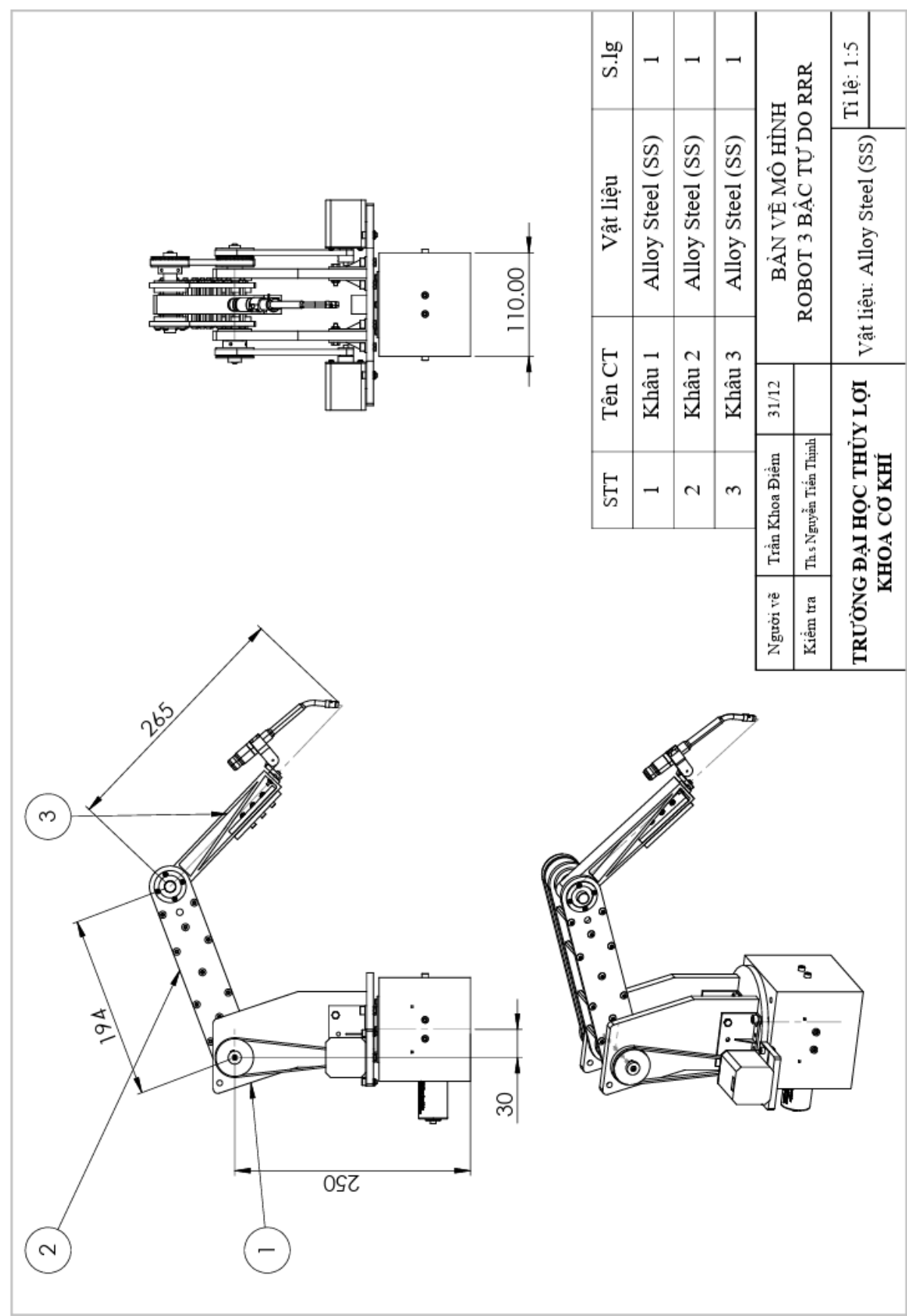
7	Mô hàn	Alloy Steel (SS)	1
6	Bu lông M2.5	Alloy Steel (SS)	1
5	Bu lông M3	Alloy Steel (SS)	3
4	Đai ốc M2.5	Alloy Steel (SS)	1
3	Tấm gá dây hàn	Alloy Steel (SS)	2
2	Khâu 3	Alloy Steel (SS)	1
1	Đai ốc M3	Alloy Steel (SS)	3
STT	Tên chi tiết	Vật liệu	S.lg

ĐỒ ÁN MÔN HỌC: HỆ THỐNG CƠ ĐIỆN TỬ

CÁNH TAY ROBOT HÀN 3 BẬC TỰ DO RRR

TR. Nhiệm vụ	Họ tên	Ký	Ngày	Tỉ lệ: 1:2	Khối lượng: 0,46Kg
Th. kế	Trần Khoa Điện		31/12	Tờ: 1	Số tờ: 1
H. dẫn	Th. S. Nguyễn Tiến Thịnh		31/12	TRƯỜNG ĐẠI HỌC: THUY LỢI	
Duyệt				Khoa: Cơ khí	
				Lớp: 63CĐT4	

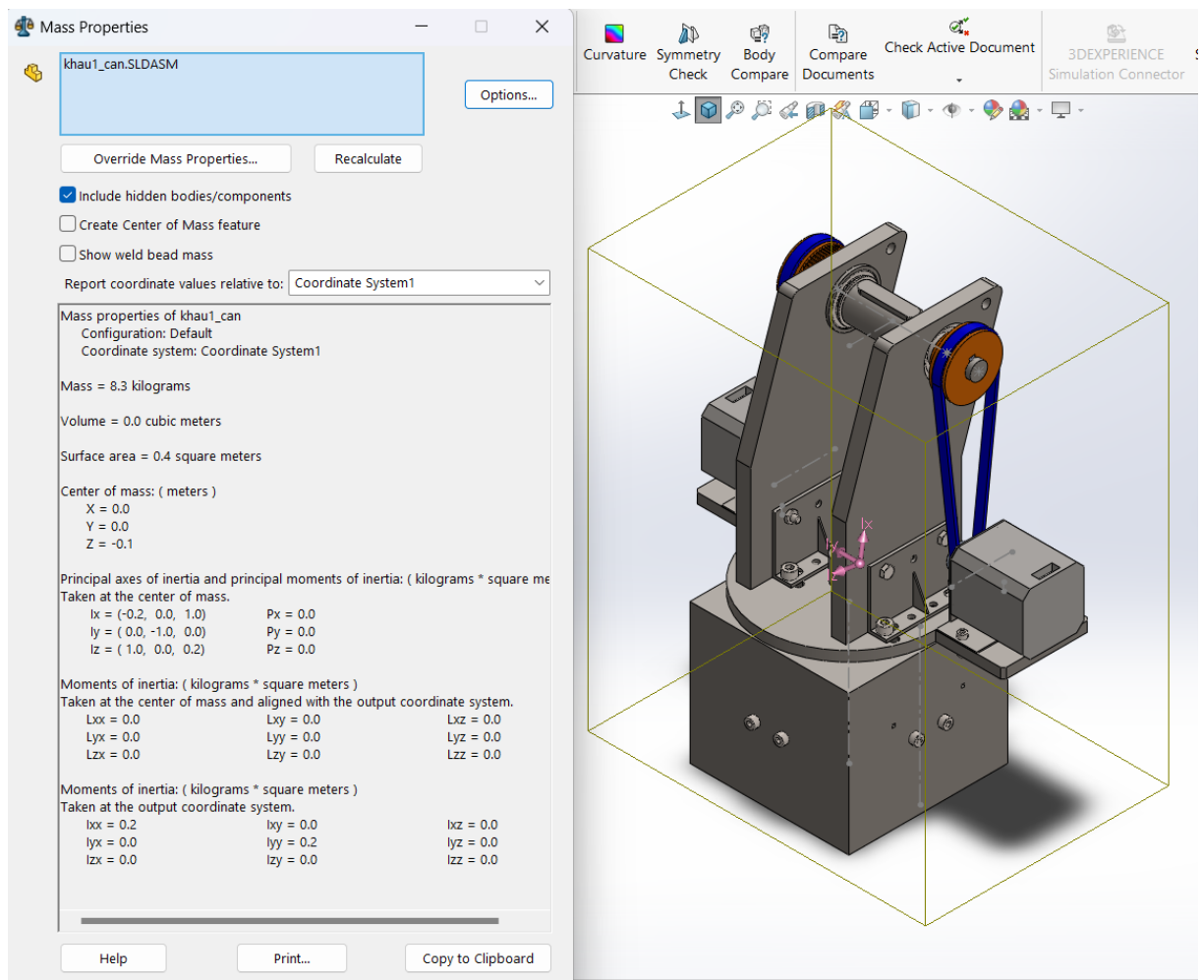
3.3. Bản vẽ robot 2D



CHƯƠNG 4: BÀI TOÁN ĐỘNG LỰC HỌC

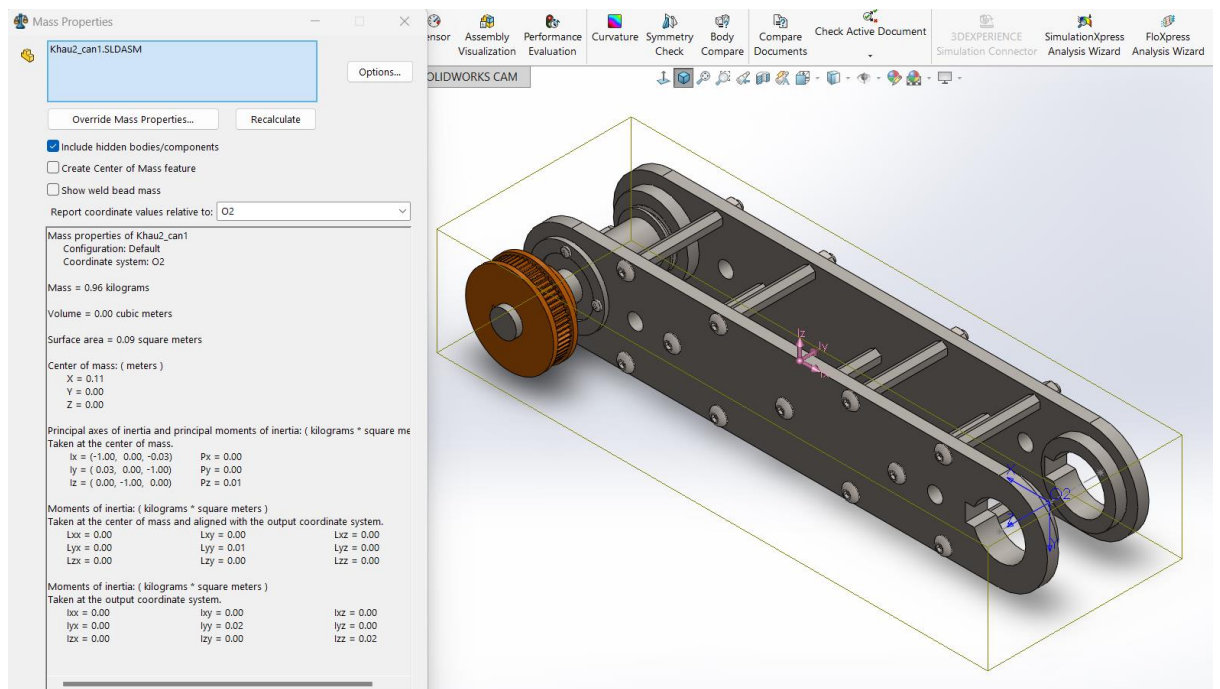
4.1. Xác định các tham số động lực học

- Sử dụng phần mềm Solidworks ta tìm được vị trí **trọng tâm** của khâu và **ma trận mô men quán tính** của khâu:
- Khâu 1:



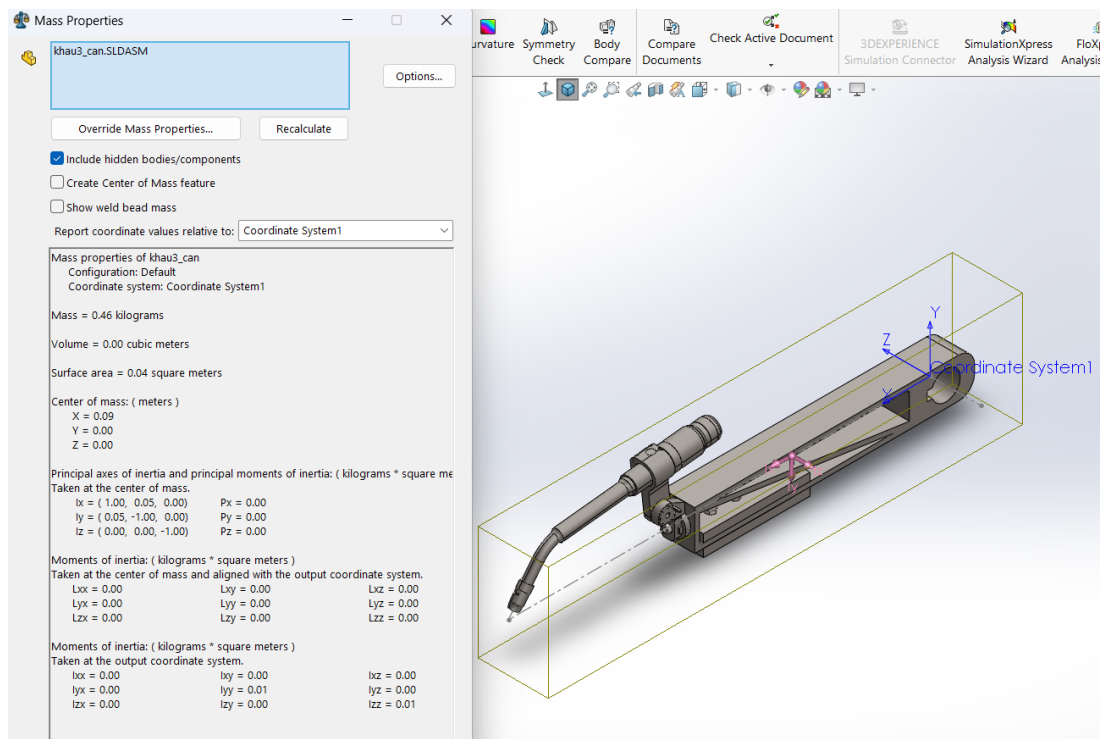
Hình 4.1: Bảng thông số khâu 1

- Khâu 2:



Hình 4.2: Bảng thông số khâu 2

- Khâu 3:



Hình 4.3: Bảng thông số khâu 3

- Từ các thông số trên ta xây dựng bảng tham số động học:

Khâu	Vị trí trọng tâm (M)			Khối Lượng (KG)	Ma trận momen quán tính					
	x_c	y_c	z_c		I_{xx}	I_{yy}	I_{zz}	I_{xy}	I_{yz}	I_{zx}
1	0	0	-0,1	$m_1 = 8,3$	0,2	0,2	0	0	0	0
2	0,11	0	0	$m_2 = 0,96$	0	0,02	0,02	0	0	0
3	0,09	0	0	$m_3 = 0,46$	0	0,01	0,01	0	0	0

4.2. Thiết lập phương trình vi phân chuyển động của robot

Với:

$$\sin(q_1) = S_1, \sin(q_2) = S_2, \sin(q_3) = S_3, \sin(q_2+q_3) = S_{23},$$

$$\cos(q_1) = C_1, \cos(q_2) = C_2, \cos(q_3) = C_3, \cos(q_2+q_3) = C_{23},$$

$$\dot{q}_1 = dq_1, \quad \dot{q}_2 = dq_2, \quad \dot{q}_3 = dq_3$$

$$\ddot{q}_1 = d^2q_1, \quad \ddot{q}_2 = d^2q_2, \quad \ddot{q}_3 = d^2q_3$$

Chọn các tọa độ suy rộng là $\mathbf{q} = \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \end{bmatrix}$

Các ma trận Craig địa phương

$$K_1 = \begin{bmatrix} \cos q_1 & -\sin q_1 & 0 & 0 \\ \sin q_1 & \cos q_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad K_2 = \begin{bmatrix} \cos q_2 & -\sin q_2 & 0 & -a_1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ \sin q_2 & \cos q_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$K_3 = \begin{bmatrix} \cos q_3 & -\sin q_3 & 0 & l_2 \\ \sin q_3 & \cos q_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Các ma trận Craig toàn thể:

$$C2 = K_1 K_2 = \begin{bmatrix} \cos q_1 \cos q_2 & -\cos q_1 \sin q_2 & \sin q_1 & -a_1 \cos q_1 \\ \sin q_1 \cos q_2 & -\sin q_1 \sin q_2 & -\cos q_1 & -a_1 \sin q_1 \\ \sin q_2 & \cos q_2 & 0 & l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$C3 = K_1 K_2 K_3 =$$

$$\begin{bmatrix} \cos q_1 \cos(q_2 + q_3) & -\cos q_1 \sin(q_2 + q_3) & \sin q_1 & -\cos q_1(a_1 - l_2 \cos q_2) \\ \sin q_1 \cos(q_2 + q_3) & -\sin q_1 \sin(q_2 + q_3) & -\cos q_1 & -\sin q_1(a_1 - l_2 \cos q_2) \\ \sin(q_2 + q_3) & \cos(q_2 + q_3) & 0 & l_1 + l_2 \sin q_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Tọa độ khối tâm các khâu trong hệ quy chiếu gắn liền với khâu có dạng

$$u_{C1}^{(1)} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -0,1 \\ 1 \end{bmatrix} ; \quad u_{C2}^{(2)} = \begin{bmatrix} 0,11 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} ; \quad u_{C3}^{(3)} = \begin{bmatrix} 0,09 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Từ đó ta có tọa độ khối tâm các khâu so với hệ quy chiếu cố định R_0 , ${}^{R_0}\mathbf{r}_{C_i} = \mathbf{C}_i \mathbf{u}_{C_i}^{(i)}$

$$\Rightarrow r_{C1} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0,15 \end{bmatrix} ; \quad r_{C2} = \begin{bmatrix} 0,11.C_1 C_2 - 0,03.C_1 \\ 0,11.S_1 C_2 - 0,03.S_1 \\ 0,25 + 0,11.S_2 \end{bmatrix} ;$$

$$r_{C3} = \begin{bmatrix} 0,09.C_1 C_{23} - (0,03 - 0,194.C_2)C_1 \\ 0,09.S_1 C_{23} - (0,03 - 0,194.C_2)S_1 \\ 0,09.S_{23} + 0,25 + 0,194S_2 \end{bmatrix}$$

Các ma trận Jacobi tịnh tiến của các khâu

$$J_{T1} = \frac{\partial r_{C1}}{\partial q} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} ;$$

$$J_{T2} = \frac{\partial r_{C2}}{\partial q} = \begin{bmatrix} -0,11.S_1 C_2 + 0,03S_1 & -0,11.C_1 S_2 & 0 \\ 0,11.C_1 C_2 - 0,03C_1 & -0,11.S_1 S_2 & 0 \\ 0 & 0,11.C_2 & 0 \end{bmatrix} ;$$

$$J_{T3} = \frac{\partial r_{C3}}{\partial q} = \begin{bmatrix} j_{11} & j_{12} & j_{13} \\ j_{21} & j_{22} & j_{23} \\ j_{31} & j_{32} & j_{33} \end{bmatrix}$$

$$j_{11} = -0,09.S_1 C_{23} + S_1(0,03 - 0,194C_2)$$

$$j_{12} = -0,09.S_{23}S_1 - 0,194.C_1S_2$$

$$j_{13} = -0,09.S_{23}C_1$$

$$j_{21} = 0,09.C_1 C_{23} - C_1(0,03 - 0,194C_2)$$

$$j_{22} = -0,09.S_{23}S_1 - 0,194.S_1S_2$$

$$j_{23} = -0,09.S_{23}S_1$$

$$j_{31} = 0$$

$$j_{32} = 0,09.C_{23} - 0,194.C_2$$

$$j_{33} = 0,09.C_{23}$$

Từ các ma trận Craig ta có các ma trận cô sin chỉ hướng của các khâu so với hệ quy chiếu cố định

$$\mathbf{A}_1 = \begin{bmatrix} C_1 & -S_1 & 0 \\ S_1 & C_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} ; \quad \mathbf{A}_2 = \begin{bmatrix} C_1 C_2 & -C_1 S_2 & S_1 \\ S_1 C_2 & -S_1 S_2 & -C_1 \\ S_2 & C_2 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{A}_3 = \begin{bmatrix} C_1 C_{23} & -C_1 S_{23} & S_1 \\ S_1 C_{23} & -S_1 S_{23} & -C_1 \\ S_{23} & C_{23} & 0 \end{bmatrix}$$

Vận tốc góc các khâu:

$$\omega_1^{(0)} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{q}_1 \end{bmatrix}$$

$$\omega_2^{(0)} = \begin{bmatrix} \dot{q}_2 \cdot \sin q_1 \\ -\dot{q}_2 \cdot \cos q_1 \\ \dot{q}_1 \end{bmatrix}$$

$$\omega_3^{(0)} = \begin{bmatrix} (\dot{q}_2 + \dot{q}_3) \cdot \sin q_1 \\ -(\dot{q}_2 + \dot{q}_3) \cdot \cos q_1 \\ \dot{q}_1 \end{bmatrix}$$

Từ vận tốc góc các khâu ta tính được các ma trận Jacobi quay:

$$J_{R1} = \frac{\partial \omega_1}{\partial \dot{q}} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}; J_{R2} = \frac{\partial \omega_2}{\partial \dot{q}} = \begin{bmatrix} 0 & S_1 & 0 \\ 0 & -C_1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}; J_{R3} = \frac{\partial \omega_3}{\partial \dot{q}} = \begin{bmatrix} 0 & S_1 & S_1 \\ 0 & -C_1 & -C_1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Thay các ma trận Jacobi tịnh tiến và Jacobi quay vào biểu thức

$$\mathbf{M} = \sum_{i=1}^3 \left(m_i \mathbf{J}_{Ti}^T \mathbf{J}_{Ti} + \mathbf{J}_{Ri}^T \mathbf{A}_i \mathbf{I}_i \mathbf{A}_i^T \mathbf{J}_{Ri} \right)$$

Ta nhận được ma trận khối lượng suy rộng của robot

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix}$$

Trong đó

$$m_{11} = 0,00147 + 0,05C_2^2 - 0,0135C_2 + 0,01C_{23}^2 - 0,003C_{23} + 0,02C_{23}C_2$$

$$m_{12} = 0$$

$$m_{13} = 0$$

$$m_{21} = 0$$

$$m_{22} = 0,02S_2S_{23} + 0,062 + 0,02C_2C_{23}$$

$$m_{23} = 0,009S_2S_{23} + 0,01 + 0,009C_2C_{23} - 0,004C_1^2$$

$$m_{31}=0$$

$$m_{32}=0,008S_2S_{23} + 0,01 + 0,008C_2C_{23} - 0,004C_1^2$$

$$m_{33}=0,01 - 0,004C_1^2$$

Thế năng của robot có dạng

$$\Pi = - \sum_{i=1}^3 m_i g_0^T r_{Ci}$$

$$\Pi = 12 + 1,92.S_2 - 0,4S_{23}$$

Từ biểu thức thế năng ta có

$$g = \left(\frac{\partial \Pi}{\partial q} \right)^T = \begin{bmatrix} 0 \\ 1,9C_2 + 0,41C_{23} \\ 0,41C_{23} \end{bmatrix}$$

Tính đạo hàm riêng ma trận khối lượng theo biến vecto **q**

$$\frac{\partial M(q)}{\partial q} = \begin{bmatrix} \frac{\partial M_{11}}{\partial q_1} & \frac{\partial M_{11}}{\partial q_2} & \frac{\partial M_{11}}{\partial q_3} & \frac{\partial M_{12}}{\partial q_1} & \frac{\partial M_{12}}{\partial q_2} & \frac{\partial M_{12}}{\partial q_3} & \frac{\partial M_{13}}{\partial q_1} & \frac{\partial M_{13}}{\partial q_2} & \frac{\partial M_{13}}{\partial q_3} \\ \frac{\partial M_{21}}{\partial q_1} & \frac{\partial M_{21}}{\partial q_2} & \frac{\partial M_{21}}{\partial q_3} & \frac{\partial M_{22}}{\partial q_1} & \frac{\partial M_{22}}{\partial q_2} & \frac{\partial M_{22}}{\partial q_3} & \frac{\partial M_{23}}{\partial q_1} & \frac{\partial M_{23}}{\partial q_2} & \frac{\partial M_{23}}{\partial q_3} \\ \frac{\partial M_{31}}{\partial q_1} & \frac{\partial M_{31}}{\partial q_2} & \frac{\partial M_{31}}{\partial q_3} & \frac{\partial M_{32}}{\partial q_1} & \frac{\partial M_{32}}{\partial q_2} & \frac{\partial M_{32}}{\partial q_3} & \frac{\partial M_{33}}{\partial q_1} & \frac{\partial M_{33}}{\partial q_2} & \frac{\partial M_{33}}{\partial q_3} \end{bmatrix}$$

Trong đó:

$$\frac{\partial M_{11}}{\partial q_1} = 0$$

$$\frac{\partial M_{11}}{\partial q_2} = -0,1C_2S_2 + 0,0135S_2 - 0,02S_{23}C_{23} + 0,003S_{23} - 0,02C_2S_{23} - 0,02S_2C_{23}$$

$$\frac{\partial M_{11}}{\partial q_3} = -0,02S_{23} .(C_{23} - 0,15 + C_2)$$

$$\frac{\partial M_{12}}{\partial q_1} = 0$$

$$\frac{\partial M_{12}}{\partial q_2} = 0$$

$$\frac{\partial M_{12}}{\partial q_3} = 0$$

$$\frac{\partial M_{13}}{\partial q_1} = 0$$

$$\frac{\partial M_{13}}{\partial q_2} = 0$$

$$\frac{\partial M_{13}}{\partial q_3} = 0$$

$$\frac{\partial M_{21}}{\partial q_1} = 0$$

$$\frac{\partial M_{21}}{\partial q_2} = 0$$

$$\frac{\partial M_{21}}{\partial q_3} = 0$$

$$\frac{\partial M_{22}}{\partial q_1} = 0$$

$$\frac{\partial M_{22}}{\partial q_2} = 0$$

$$\frac{\partial M_{22}}{\partial q_3} = 0,02S_2C_{23} - 0,02C_2S_{23}$$

$$\frac{\partial M_{23}}{\partial q_1} = 0,008 C_1S_1$$

$$\frac{\partial M_{23}}{\partial q_2} = 0$$

$$\frac{\partial M_{23}}{\partial q_3} = 0,009.S_2C_{23} - 0,009.C_2S_{23}$$

$$\frac{\partial M_{31}}{\partial q_1} = 0$$

$$\frac{\partial M_{31}}{\partial q_2} = 0$$

$$\frac{\partial M_{31}}{\partial q_3} = 0$$

$$\frac{\partial M_{32}}{\partial q_1} = 0,008 C_1S_1$$

$$\frac{\partial M_{32}}{\partial q_2} = 0$$

$$\frac{\partial M_{32}}{\partial q_3} = 0,008.S_2C_{23} - 0,008.C_2S_{23}$$

$$\frac{\partial M_{33}}{\partial q_1} = 0,008 C_1S_1$$

$$\frac{\partial M_{33}}{\partial q_2} = 0$$

$$\frac{\partial M_{33}}{\partial q_3} = 0$$

Ma trận ly tâm và Coriolis được xác định theo công thức

$$C(q, \dot{q}) = \frac{\partial M(q)}{\partial q} (I_3 \otimes \dot{q}) - \frac{1}{2} \left(\frac{\partial M(q)}{\partial q} (\dot{q} \otimes I_3) \right)^T$$

Sử dụng phần mềm Maple ta tính được

$$C(q, \dot{q}) = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix}$$

Trong đó:

$$\mathbf{c}_{11} = (-0,1S_2C_2 + 0,01S_2 - 0,02S_{23}C_{23} + 0,003S_{23} - 0,02S_{23}C_2 - 0,02S_{23}S_2)\dot{q}_2 - 0,02S_{23}(C_{23} - 0,2C_2).\dot{q}_3$$

$$\mathbf{c}_{12} = -0,004S_1C_1.\dot{q}_3$$

$$\mathbf{c}_{13} = -0,004S_1C_1.\dot{q}_3 - 0,004S_1C_1.\dot{q}_2$$

$$\mathbf{c}_{21} = -0,5.(-0,1S_2C_2 + 0,01S_2 - 0,02S_{23}C_{23} + 0,003S_{23} - 0,02S_{23}C_2 - 0,02C_{23}S_2).\dot{q}_1$$

$$\mathbf{c}_{22} = (0,02S_2C_{23} - 0,02S_{23}C_2).\dot{q}_3$$

$$\mathbf{c}_{23} = 0,008S_1C_1.\dot{q}_1 + (0,009C_{23}S_2 - 0,009S_{23}C_2).\dot{q}_3$$

$$\mathbf{c}_{31} = 0,01S_{23}.(C_{23} - 0,2 + C_2).\dot{q}_1$$

$$\mathbf{c}_{32} = 0,008S_1C_1.\dot{q}_1 + (0,008C_{23}S_2 - 0,008S_{23}C_2).\dot{q}_3 - 0,5.(0,02S_{23}S_2 - 0,02S_{23}C_2).\dot{q}_2 - 0,5.(0,009C_{23}S_2 - 0,009S_{23}C_2).\dot{q}_3$$

$$\mathbf{c}_{33} = 0,008S_1C_1.\dot{q}_1 - 0,5.(0,008C_{23}S_2 - 0,008S_{23}C_2).\dot{q}_2$$

Áp dụng những thông số trên ta sử dụng phương trình Lagrange loại II ta thiết lập được phương trình vi phân chuyển động của robot

$$\mathbf{M}(\mathbf{q})\ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{C}(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}})\dot{\mathbf{q}} + \mathbf{g}(\mathbf{q}) = \boldsymbol{\tau}$$

Trong đó: $\boldsymbol{\tau} = \begin{bmatrix} \tau_1 \\ \tau_2 \\ \tau_3 \end{bmatrix}$

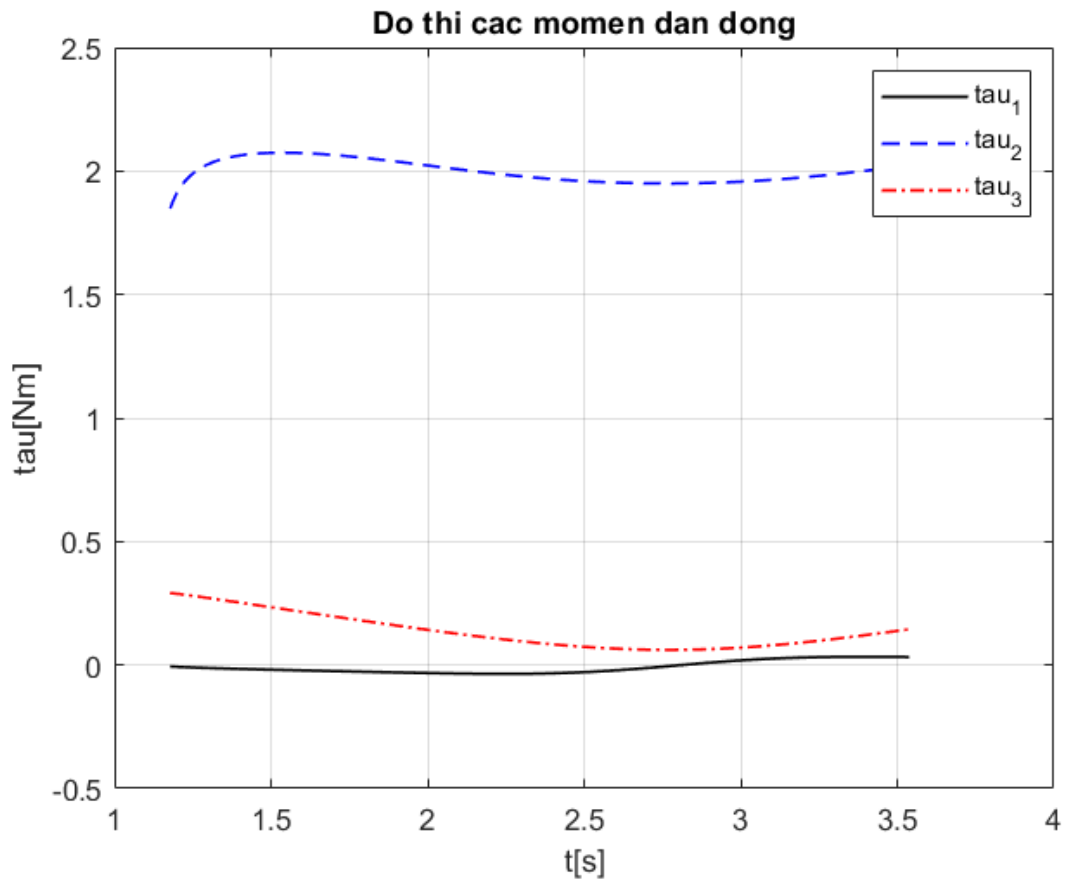
$$\begin{aligned} \tau_1 = & 0.1e-2*d2q1+0.5e-1*d2q1*cos(q2)^2 - 0.1e-1*d2q1*cos(q2)+0.1e- \\ & 1*d2q1*cos(q2+q3)^2 - 0.3e-2*d2q1*cos(q2+q3)+0.2e-1*d2q1*cos(q2+q3)*cos(q2)- \\ & 0.1*dq1*dq2*cos(q2)*sin(q2)+0.1e-1*dq1*dq2*sin(q2)-0.2e- \\ & 1*dq1*dq2*cos(q2+q3)*sin(q2+q3)+0.3e-2*dq1*dq2*sin(q2+q3)-0.2e- \\ & 1*dq1*dq2*sin(q2+q3)*cos(q2)-0.2e-1*dq1*dq2*cos(q2+q3)*sin(q2)-0.2e- \\ & 1*dq1*sin(q2+q3)*dq3*cos(q2+q3)+0.3e-2*dq1*sin(q2+q3)*dq3-0.2e- \end{aligned}$$

$$1 * dq1 * \sin(q2+q3) * dq3 * \cos(q2) - 0.8e-2 * \cos(q1) * \sin(q1) * dq3 * dq2 - 0.4e-2 * \cos(q1) * \sin(q1) * (dq3)^2;$$

$$\begin{aligned} \tau_2 = & 0.6e-1 * d^2q2 + 0.2e-1 * d^2q2 * \sin(q2+q3) * \sin(q2) + 0.2e-1 * d^2q2 * \cos(q2+q3) * \cos(q2) + 0.1e-1 * d^2q3 - 0.4e-2 * d^2q3 * \cos(q1)^2 + 0.9e-2 * d^2q3 * \sin(q2+q3) * \sin(q2) + 0.9e-2 * d^2q3 * \cos(q2+q3) * \cos(q2) + 0.5e-1 * (dq1)^2 * \cos(q2) * \sin(q2) - 0.7e-2 * (dq1)^2 * \sin(q2) + 0.1e-1 * \sin(q2+q3) * (dq1)^2 * \cos(q2+q3) - 0.2e-2 * \sin(q2+q3) * (dq1)^2 + 0.1e-1 * \sin(q2+q3) * (dq1)^2 * \cos(q2) + 0.1e-1 * (dq1)^2 * \cos(q2+q3) * \sin(q2) + 0.2e-1 * dq2 * dq3 * \cos(q2+q3) * \sin(q2) - 0.2e-1 * dq2 * \sin(q2+q3) * dq3 * \cos(q2) + 0.8e-2 * dq3 * \cos(q1) * \sin(q1) * dq1 + 0.9e-2 * (dq3)^2 * \cos(q2+q3) * \sin(q2) - 0.9e-2 * \sin(q2+q3) * (dq3)^2 * \cos(q2) + 2 * \cos(q2) + 0.4 * \cos(q2+q3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_3 = & 0.1e-1 * d^2q2 - 0.4e-2 * d^2q2 * \cos^2(q1) + 0.8e-2 * d^2q2 * \sin(q2+q3) * \sin(q2) + 0.8e-2 * d^2q2 * \cos(q2+q3) * \cos(q2) + 0.1e-1 * d^2q3 - 0.4e-2 * d^2q3 * \cos^2(q1) + 0.1e-1 * \sin(q2+q3) * (dq1)^2 * \cos(q2+q3) - 0.2e-2 * \sin(q2+q3) * (dq1)^2 + 0.1e-1 * \sin(q2+q3) * (dq1)^2 * \cos(q2) + 0.8e-2 * dq2 * \cos(q1) * \sin(q1) * dq1 - 0.5e-3 * dq2 * dq3 * \cos(q2+q3) * \sin(q2) + 0.5e-3 * dq2 * \sin(q2+q3) * dq3 * \cos(q2) - 0.1e-1 * (dq2)^2 * \cos(q2+q3) * \sin(q2) + 0.1e-1 * (dq2)^2 * \sin(q2+q3) * \cos(q2) + 0.8e-2 * dq3 * \cos(q1) * \sin(q1) * dq1 + 0.4 * \cos(q2+q3) \end{aligned}$$

Ta nhận được hệ phương trình vi phân chuyển động của robot ba khâu không gian



Hình 4.4: Đồ thị momen dẫn động

- **Kết luận:** Sau khi tính toán xong chương 4 thì ta tính được momen dẫn động của động cơ và căn cứ vào những thông số ấy chọn được động cơ điều khiển phù hợp với từng khâu.

CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ HỆ THỐNG DẪN ĐỘNG

5.1. Tính toán chọn động cơ

Dựa vào phần tính toán ở chương 4 ta tìm được các momen dẫn động lớn nhất của từng khâu:

$$\tau_{1max} = 0,0336Nm, \quad \tau_{2max} = 2,07Nm, \quad \tau_{3max} = 0,3Nm$$

Từ các số liệu trên ta chọn được động cơ phù hợp với các khâu

- Khâu 1: $\tau_{1max} = 0,0336Nm$

Ta chọn được: Động Cơ DC Giảm Tốc 5840-31ZY High Torque Self-Lock DC Geared Motor



Hình 5.1: Động Cơ DC Giảm Tốc 5840-31ZY High Torque Self-Lock DC Geared Motor

Tỉ số truyền 31:1 (động cơ quay 31 vòng trực chính hộp giảm tốc quay 1 vòng).

Dòng không tải: 350mA

Dòng chịu đựng tối đa khi có tải: 6.5A

Tốc độ không tải: 260RPM (260 vòng 1 phút)

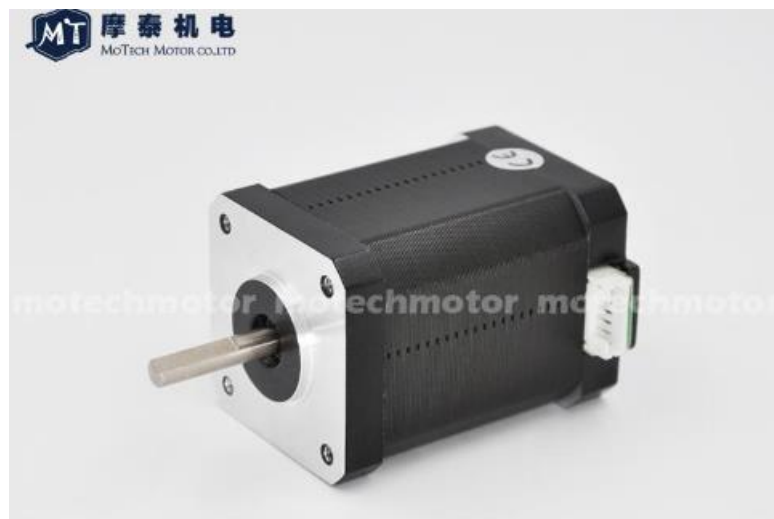
Tốc độ chịu đựng tối đa khi có tải: 200RPM (160 vòng 1 phút)

Lực kéo Moment định mức: 5KG.CM

Lực kéo Moment tối đa: 8KG.CM

- Khâu 2 và khâu 3: $\tau_{2max} = 2,07Nm$, $\tau_{3max} = 0,3Nm$

Ta chọn được: Động Cơ NEMA 17 MT-1705HS200A



Hình 5.2: Động Cơ NEMA 17 MT-1705HS200A

Mô-men định mức: 8.2kg.cm (0,82Nm)

Dòng / Pha: 2.00A

Kích thước: 42*42*60mm

Kết hợp với pully tỉ số truyền 1:3 làm tăng mô-men của động cơ lên 3 lần:

$M_2 = M_{ĐC} \cdot i = 0,82 \cdot 3 = 2,46Nm > 2,07Nm$ (Thỏa mãn điều kiện cần)

5.2. Phân tích hệ thống dẫn động cho 1 khâu

Vận tốc góc mong muốn của khâu 2: $n_2 = 50$ (vòng/phút).

Với: n_d – Hiệu suất bộ truyền đai răng, $n_d = 0,97$;

n_{ol} – Hiệu suất 1 cặp ổ lăn, $n_{ol} = 0,99$;

Do để đảm bảo momen điều kiện momen dẫn động em lựa chọn động cơ NEMA17 và bộ truyền đai răng bánh răng với tỷ số truyền 1:3 để thực hiện nhiệm vụ đặt ra.

Tốc độ trên động cơ: $n_{dc} = n_2 \cdot 3 = 150$ (vòng/phút)

5.2.1. Tính chọn pully răng

Sử dụng pully răng mua kèm với động cơ ta có thông số:

$Z_1 = 20$ răng , $Z_2 = u \cdot Z_1 = 60$ răng

$p = 2$ mm

từ thông số cho ta có:

- modun: $m = p/Z = 0,6$ (chọn $p = 0,6$ theo tiêu chuẩn)
- Đường kính vòng chia:
 $d_1 = m \cdot Z_1 = 12$ mm
 $d_2 = m \cdot Z_2 = 36$ mm
- Đường kính đỉnh răng:
 $d_{a1} = d_1 + 2m = 13,2$ mm
 $d_{a2} = d_2 + 2m = 37,2$ mm
- Đường kính chân răng:
 $d_{f1} = d_1 - 2(m+c) = 10,4$ mm
 $d_{f2} = d_2 - 2(m+c) = 34,4$ mm
- Khoảng hở đỉnh răng:
 $c = (0,1 \div 0,3)m = 0,2$ mm

5.2.2. Tính chọn đai răng

Từ thông số tính trong mục 5.2.1 ta có được mô-dun của pully bằng với mô-dun của đai răng: $m_d = 0,6 \text{ mm}$

Chiều rộng đai răng: CT 4.29 [4]-trang 69

$$b = (6 \div 9) \cdot m = 5,4 \text{ mm}$$

Chọn $b = 6 \text{ mm}$

Vậy độ rộng pully: $B = b + m = 6,6 \text{ mm}$

Khoảng cách trục a:

$$a_{\min} = 0,5m(Z_1 + Z_2) + 2m = 26 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 2m(Z_1 + Z_2) = 96 \text{ mm}$$

$$a_{\min} \leq a \leq a_{\max}$$

chọn $a = 95 \text{ mm}$

Số răng đai z_d : CT 4.30 [4]-trang 69

$$z_d = \frac{2a}{p} + \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{(Z_2 - Z_1)^2 p}{40a} = 137,5$$

Chọn $z_d = 138$

Chiều dài đai:

$$l_d = \pi \cdot m \cdot z_d = 260 \text{ (mm)}$$

Tính lại khoảng cách trục a: CT 4.6 [4]-trang 54

$$a = \frac{\lambda - \sqrt{\lambda^2 - 8\Delta^2}}{4} = 89,2 \text{ mm (chọn } a = 90 \text{ mm)}$$

Trong đó:

$$\lambda = l_d - \frac{p(z_1 + z_2)}{2} = 180$$

$$\Delta = \frac{m(z_2 - z_1)}{2} = 12$$

Góc ôm đai: CT 4.32 [8]-trang 71

$$\alpha_1 = 180^\circ - \left[\frac{m(z_2 - z_1)}{a} \right] \cdot 57,3^\circ = 164,72^\circ$$

Số răng đồng thời ăn khớp trên bánh đai nhỏ: CT 4.31 [4]-trang 71

$$z_{02} = \frac{z_1 \alpha_1}{360} = 9,1 \text{ (răng)}$$

Vận tốc đai:

$$v = \frac{\pi d_1 n_{dc}}{60000} = 0,1 \text{ m/s}$$

Lực căng ban đầu: $F_0 = (1,1 \div 1,3) q_m b v^2 = 0,02 \text{ N}$

Chi tiết	Kí hiệu	Thông số	
pulley	Modun ăn khớp, mm	$m = 0,6 \text{ mm}$	
	Số răng	$Z_1 = 20$	$Z_2 = 60$
	Đường kính đỉnh răng, mm	$d_{a1} = 13,2 \text{ mm}$	$d_{a2} = 37,2 \text{ mm}$
	Đường kính đáy răng, mm	$d_{f1} = 10,4 \text{ mm}$	$d_{f2} = 34,4 \text{ mm}$
	Đường kính vòng chia, mm	$d_1 = 12 \text{ mm}$	$d_2 = 36 \text{ mm}$
	Chiều dài răng, mm	$B = 7 \text{ mm}$	$B = 7 \text{ mm}$
Đai răng	Chiều rộng đai răng, mm	$b = 6 \text{ mm}$	
	Chiều dài đai, mm	$l_d = 260 \text{ mm}$	

KẾT LUẬN

Robot công nghiệp là một bộ phận rất quan trọng trong nền sản xuất hiện đại. Nó góp phần thay thế sức lao động của con người, tăng năng suất lao động và tạo ra những sản phẩm ngày càng phức tạp và đáp ứng nhu cầu ngày càng cao của con người.

Đồ án đã hoàn thành các nội dung:

- Xây dựng cấu trúc, thiết lập hệ phương trình động học của Robot
- Giải bài toán động học
- Tính toán động lực học
- Thiết kế và mô phỏng

Các hạn chế của đồ án:

- Việc tính toán thiết kế các thông số cần thiết của các chi tiết trong thiết bị.
- Khó khăn trong việc tìm các tài liệu liên quan, linh kiện phù hợp với thực tế
- Thiết kế cơ khí và lập trình điều khiển chưa đồng bộ tốt gây tốn thời gian để điều chỉnh, chỉnh sửa không cần thiết.
- Chưa mô phỏng chuyển động được trên MATLAB

Hướng phát triển

- Cải tiến mô hình hoạt động với tốc độ hợp lý hơn, tải trọng vật nâng lớn hơn và đảm bảo không gian hoạt động linh hoạt có thể di chuyển mọi góc ngách
- Xây dựng giải thuật hoàn chỉnh hơn
- Đảm bảo khả năng sang các hướng ổn định và giảm bớt tiếng ồn
- Đưa vào những thiết bị có độ chính xác cao, phân loại phôi bằng nhiều phương pháp: xử lý ảnh, màu,....

Qua đề tài trên em đã biết cách vận dụng những kiến thức chuyên môn được đào tạo ở trường Đại học Thủy Lợi trong thời gian qua vào với thực tế cuộc sống nhất

là với công nghiệp. Không chỉ vậy qua đồ án này em cũng học được rất nhiều như kỹ năng làm việc, giải quyết vấn đề, tìm tài liệu, viết báo cáo... rất có ích cho sau này.

Một lần nữa em xin chân thành cảm ơn sự hướng dẫn của thầy Nguyễn Tiến Thịnh cùng các thầy cô và các bạn sinh viên trong bộ môn đã giúp em hoàn thành bài tiểu luận này.

Em rất mong nhận được ý kiến đóng góp của các quý thầy cô và các bạn để đề tài được hoàn thiện hơn nữa.

Em xin chân thành cảm ơn!

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] GS.TSKH. Nguyễn Văn Khang (2023). "Cơ sở Robot công nghiệp". NXB Giáo dục Việt Nam, Hà Nội
- [2] TS. Nguyễn Quang Hoàng (2019). "Cơ sở Matlab và Simulink". NXB bách khoa Hà Nội, Hà Nội
- [3] Trịnh Trát – Lê Văn Uyển (2006). "Tính toán thiết kế dẫn động cơ khí tập 1". NXB Giáo dục
- [4] Trịnh Trát – Lê Văn Uyển (2006). "Tính toán thiết kế dẫn động cơ khí tập 2". NXB Giáo dục
- [5] Ninh Đức Tồn (2000). “Dung sai và lắp ghép”. NXB Khoa học và kỹ thuật
- [6] Các website, forum trực tuyến như www.mathworks.com, www.dientuvietnam.net, <http://codientu.org>