

PHENIKAA UNIVERSITY
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING AND
MECHATRONICS
PROJECT OF MECHATRONICS SYSTEMS DESIGN



"DESIGN AND CALCULATIONS FOR INDUSTRIAL ROBOTIC ARM."

STUDENTS:

STUDENTS 1: 19010184 NGUYỄN VĂN KHÁNH CHIẾN

STUDENTS 2: 19010194 BÙI NHẬT MINH

STUDENTS 3: 19010200 PHAN XUÂN TÀN

ADVISOR: KHÔNG MINH

THÁNG 6 NĂM 2023

PROJECT OF MECHATRONICS SYSTEM DESIGN REPORT

Team

Nguyễn Văn Khánh Chiến - 19010184

Bùi Nhật Minh - 19010194

Phan Xuân Tân – 19010200

Advisor

Không Minh



PHENIKAA
UNIVERSITY

Tóm tắt nội dung

Thời đại 4.0 hiện nay, công nghệ robot đã phát triển và tạo ra những thay đổi lớn trong cuộc sống của con người. Trong lĩnh vực đóng gói sản phẩm công nghiệp, máy tự động đã và đang được sử dụng để thay thế sức con người trong các công việc đơn giản và lặp đi lặp lại. Việc sử dụng robot trong các công việc nhàm chán không chỉ có lợi ích trong lĩnh vực kinh tế mà còn mang lại nhiều lợi ích về sức khỏe và an toàn lao động cho con người.

Với sự phát triển của tay máy robot, chúng ta có thể sử dụng những thiết bị này trong các công việc nhàm chán như lau chùi, quét dọn, vệ sinh và thậm chí là trồng cây. Các tay máy robot có khả năng thực hiện các nhiệm vụ chính xác và hiệu quả hơn con người, giúp tiết kiệm thời gian và năng lượng. Nó cũng giúp giảm thiểu nguy cơ chấn thương lao động cho con người trong quá trình thực hiện các công việc nhàm chán. Đặc biệt, việc sử dụng robot trong các công việc nhàm chán còn giúp cho con người có thể tập trung vào những công việc phức tạp và yêu cầu nhiều trí óc hơn.

Tuy nhiên, việc áp dụng robot trong các công việc nhàm chán cũng gặp phải một số thách thức nhất định. Đó là việc phải thiết kế và lập trình các tay máy robot sao cho phù hợp với từng công việc cụ thể và đảm bảo tính an toàn cho con người. Đồng thời, việc giảm thiểu chi phí đầu tư và vận hành của robot cũng là một vấn đề cần được giải quyết.

Nhận thấy những thiếu sót trên nhóm đã quyết định lấy ý tưởng về tay máy robot công nghiệp để làm đề tài cho môn học này. Cụ thể là tính toán và thiết kế mô phỏng lực trên cánh tay robot dành cho công việc gắp hoa quả vào thùng đóng gói.

PHENIKAA
UNIVERSITY

Abstract

"In the current era of Industry 4.0, robotic technology has advanced and brought about significant changes in human life. In the field of industrial product packaging, automated machines have been and are being used to replace human labor in simple and repetitive tasks. The use of robots in monotonous jobs not only brings economic benefits but also provides numerous advantages in terms of human health and safety.

With the development of robotic arms, we can employ these devices in mundane tasks such as cleaning, sweeping, sanitation, and even gardening. Robotic arms possess the capability to execute tasks with greater accuracy and efficiency than humans, saving time and energy. They also help minimize the risk of occupational injuries for humans during the process of performing monotonous tasks. Moreover, utilizing robots in monotonous jobs allows humans to focus on complex tasks that require greater mental engagement.

However, the application of robots in monotonous jobs also encounters certain challenges. It involves designing and programming robotic arms to suit specific tasks while ensuring safety for humans. Simultaneously, reducing the investment and operational costs of robots is another issue that needs to be addressed.

Realizing the shortcomings, our team has decided to choose the idea of an industrial robot arm as the topic for this course project. Specifically, it involves the computation and design simulation of the force on the robot arm for the task of picking fruits and placing them into packaging boxes.

PHENIKAA
UNIVERSITY

Mục lục

TÓM TẮT NỘI DUNG	3
ABSTRACT	4
MỤC LỤC	5
DANH SÁCH HÌNH ẢNH	7
DANH SÁCH BẢNG.....	8
1. ĐẶT VẤN ĐỀ VÀ XÁC ĐỊNH VẤN ĐỀ.....	9
1.1 ĐẶT VẤN ĐỀ.....	9
1.2 XÁC ĐỊNH VẤN ĐỀ.....	10
2. KHẢO SÁT THÔNG TIN	11
2.1 GIẢI PHÁP/SẢN PHẨM ĐANG CÓ TRÊN THỊ TRƯỜNG	11
2.2 TƯ LIỆU KHOA HỌC	11
3. MỤC TIÊU	12
3.1 MỤC TIÊU TỔNG QUÁT	12
3.2 MỤC TIÊU CHI TIẾT	12
4. GIẢI PHÁP ĐỀ XUẤT	13
4.1 MÔ TẢ GIẢI PHÁP/THIẾT KẾ	13
4.1.1 Sơ đồ khối.....	13
4.1.2 Mô tả chức năng	15
4.1.3 Cụm chi tiết và thiết bị	15
4.2 GIỚI HẠN CỦA GIẢI PHÁP/SẢN PHẨM	17
4.3 PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN VÀ PHƯƠNG THỨC TRIỂN KHAI	17
5. PHÂN TÍCH CÁC TÁC ĐỘNG/ẢNH HƯỞNG.....	18
5.1 TÍNH KHẢ THI VỀ CÔNG NGHỆ	18
5.2 TÍNH KHẢ THI VỀ KINH TẾ	18
5.3 TÁC ĐỘNG XÃ HỘI	18
5.4 TÁC ĐỘNG VỀ HOẠT ĐỘNG	19
5.5 TÁC ĐỘNG VỀ MÔI TRƯỜNG.....	19
5.6 TIÊU CHUẨN ĐẠO ĐỨC	19
6. KẾ HOẠCH THỰC HIỆN HÀNG TUẦN	20
6.1 THÀNH VIÊN	20
6.2 KẾ HOẠCH VÀ TIẾN TRÌNH	21
7. TIẾN TRÌNH DỰ ÁN	22

Faculty of Mechanical Engineering and Mechatronics

7.1 LỊCH SỬ HÌNH THÀNH VÀ PHÁT TRIỂN ROBOT	22
7.1.1 Bậc tự do của Robot.....	24
7.1.2 Cấu trúc cơ bản của Robot công nghiệp	26
7.1.3 Kết cấu của tay máy.....	27
7.1.4 Phân loại Robot công nghiệp	27
7.1.5 Các ứng dụng của Robot.....	28
7.2 ĐỘNG HỌC THUẬN, ĐỘNG HỌC NGƯỢC	29
7.2.1 Phương trình động học thuận	29
7.3 TÍNH TOÁN/PHÂN TÍCH/THIẾT KẾ.....	43
7.3.1 Sơ đồ lực tác dụng lên các trục.....	50
7.3.2 Sơ đồ lực tác dụng lên từng trục.....	51
7.3.3 Giá trị lực từ các chi tiết, bộ truyền tác dụng lên trục	51
7.4. THIẾT KẾ SƠ BỘ TRỤC	52
7.4.1 Chọn vật liệu chế tạo trục	52
7.4.2 Tính sơ bộ đường kính trục I và II.....	52
7.5 CHỈ TIÊU TÍNH TOÁN TRỤC	53
7.6. TÍNH VÀ CHỌN ĐƯỜNG KÍNH CÁC ĐOẠN TRỤC TRÊN CÁC TRỤC	54
7.6.1 Tính thiết kế trục I	54
7.6.2 Tính thiết kế trục II.....	61
7.7 TẠI THIẾT DIỆN LẤP PULI:.....	68
7.8. QUYẾT ĐỊNH LẠI LẦN CUỐI CÁC TIẾT DIỆN TRỤC VÀ VẼ KẾT CẤU TRỤC	69
7.8.1 Đối với trục I	69
7.8.2 Đối với trục II	69
7.9 TÍNH CHỌN Ô LĂN	70
7.9.1 CHỈ TIÊU TÍNH TOÁN Ô LĂN	70
7.9.2 CHỌN LOẠI Ô LĂN CHO TRỤC I VÀ II	70
8. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN.....	98
9. PHÂN TÍCH RỦI RO.....	101
10. BÁO CÁO VỀ TÀI CHÍNH VÀ KINH TẾ.....	105
11. KẾT LUẬN	105
12. TIÊU CHUẨN	105
13. TÀI LIỆU THAM KHẢO	105
14. PHỤ LỤC	106

Danh sách hình ảnh

<i>Hình 1: Sơ đồ khối thành phần cánh tay robot</i>	<i>13</i>
<i>Hình 2: Hệ thống xếp quả.....</i>	<i>14</i>
<i>Hình 3: Cụm chi tiết</i>	<i>15</i>
<i>Hình 4: Động cơ bước</i>	<i>16</i>
<i>Hình 5: Ổ bi.....</i>	<i>16</i>
<i>Hình 6: Đai răng</i>	<i>16</i>
<i>Hình 7: Vòng phanh</i>	<i>16</i>
<i>Hình 8: Xilanh</i>	<i>16</i>
<i>Hình 9: Gripper.....</i>	<i>16</i>
<i>Hình 10: Hệ tọa độ tay máy</i>	<i>25</i>
<i>Hình 11: Quy tắc bàn tay phải</i>	<i>25</i>
<i>Hình 12: Biểu diễn thao tác của robot</i>	<i>26</i>
<i>Hình 13: Cấu trúc cơ bản của robot công nghiệp.....</i>	<i>27</i>
<i>Hình 14: Xây dựng hệ tọa độ thanh nối</i>	<i>29</i>
<i>Hình 15: Hệ trục tọa độ.....</i>	<i>32</i>
<i>Hình 16: Động học ngược tay máy Scara</i>	<i>34</i>
<i>Hình 17: Hình 3D trục I và trục II</i>	<i>50</i>
<i>Hình 18: Biểu diễn lực trên trục I và trục II</i>	<i>50</i>
<i>Hình 19: Biểu diễn lực trên trục I</i>	<i>51</i>
<i>Hình 20: Biểu diễn lực trên trục II.....</i>	<i>51</i>
<i>Hình 21: Tính thiết kế trục I.....</i>	<i>54</i>
<i>Hình 22: Biểu đồ Momen và kết cấu trục I</i>	<i>55</i>
<i>Hình 23: Tính thiết kế trục II.....</i>	<i>62</i>
<i>Hình 24: Biểu đồ Momen và kết cấu trục II</i>	<i>63</i>
<i>Hình 25: Dạng ổ lăn.....</i>	<i>70</i>
<i>Hình 26: Quỹ đạo chuyển động của điểm cuối</i>	<i>75</i>
<i>Hình 27: Đồ thị vận tốc điểm cuối</i>	<i>76</i>
<i>Hình 28: Đồ thị gia tốc điểm cuối</i>	<i>77</i>
<i>Hình 29: Quy luật chuyển động của khâu tác động cuối</i>	<i>78</i>
<i>Hình 30: Quy luật chuyển động của các khâu</i>	<i>79</i>

Danh sách bảng

Bảng 1: Thông tin thành viên	20
Bảng 2: Kế hoạch và tiến trình thực hiện	21
Bảng 3: Bảng số liệu số lượng robot ở một vài nước công nghiệp phát triển.....	23
Bảng 4: Bảng thông số DH.....	32
Bảng 5: Các điểm cho trước và kết quả của bài toán động học ngược	35
Bảng 6: Cấp chính xác ổ lăn.....	70
Bảng 7: Thông số ổ lăn trục I	71



PHENIKAA
UNIVERSITY

1. Đặt vấn đề và xác định vấn đề

1.1 Đặt vấn đề

Từ thời xa xưa tổ tiên ông cha ta luôn luôn muốn các công việc trở nên đơn giản và hạn chế can thiệp bởi tác động của con người. Chính vì thế các cuộc cách mạng khoa học công nghệ đã nổ ra rất sớm từ cuối thế kỉ XVIII với sản phẩm đầu tiên là đầu máy hơi nước. Tiếp đó các cuộc cách mạng 2.0 3.0 4.0 lần lượt nổ ra điển hình là các sản phẩm máy in, động cơ đốt trong, kĩ thuật số và cuối cùng là sản xuất thông minh. Hiện nay thời công nghệ 4.0 đang phát triển rầm rộ, cùng với đó robot cũng không kém cạnh xâm lấn ngày càng nhiều và đặc biệt trong các ngành công nghiệp hiện đại.

Trong các nhà máy và xưởng sản xuất thực phẩm, việc xếp hoa quả trên băng chuyền vào thùng là một trong những công việc đơn giản và phải lặp lại trong suốt quá trình làm việc quá trình làm việc. Để thực hiện công việc này, nhân viên phải đứng ở một vị trí cố định và liên tục xếp các loại hoa quả vào từng thùng. Công việc này đòi hỏi sự tập trung cao và sự chính xác, vì việc đưa những loại hoa quả sai vào thùng sẽ ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm.

Tuy nhiên, công việc này cũng có những hạn chế và nhược điểm. Trong một số trường hợp, việc xếp hoa quả này có thể gây mệt mỏi và căng thẳng cho nhân viên. Đặc biệt là khi công việc được thực hiện trong môi trường ồn ào và nhiều bụi bẩn, có thể gây hại cho sức khỏe của nhân viên trong thời gian dài. Cộng với việc lặp lại cùng một động tác nhiều lần, công việc này có thể gây ra các vấn đề về cơ xương khớp cho nhân viên.

Hơn nữa, việc làm việc với các băng chuyền cũng có nguy cơ tai nạn lao động. Nếu không có quy trình an toàn và các biện pháp bảo vệ tốt, nhân viên có thể bị thương tật hoặc thậm chí là tử vong. Các vật thể cứng, sắc nhọn có thể rơi vào tay hoặc chân của nhân viên trong khi họ đang làm việc, gây ra chấn thương hoặc thương tích.

Đặt vấn đề: Thiết kế tay máy robot để gấp tảo và đưa đến vị trí quy định.

Mô tả vấn đề: Trong quy trình sản xuất và đóng gói tảo, việc gấp và đưa tảo đến vị trí quy định là một công đoạn quan trọng. Quá trình này đòi hỏi tay máy robot phải có khả năng chính xác và nhẹ nhàng để gấp và vận chuyển tảo một cách an toàn và hiệu quả. Đồng thời, tay máy robot cần có khả năng định vị và đưa tảo đến vị trí quy định trong quy trình đóng gói.

Vấn đề cần giải quyết: Vấn đề cần giải quyết là thiết kế một tay máy robot đáng tin cậy để gấp tảo và đưa chúng đến vị trí quy định trong quy trình đóng gói. Cần tìm ra một cấu trúc và hệ thống điều khiển cho tay máy robot sao cho nó có thể:

1. **Gấp tảo:** Tay máy robot cần có khả năng gấp tảo một cách chính xác và nhẹ nhàng để tránh làm hỏng sản phẩm. Có thể sử dụng các công nghệ cảm biến hình dạng và lực để xác định vị trí và độ bám chắc chắn khi gấp tảo.

Faculty of Mechanical Engineering and Mechatronics

2. Vận chuyển tảo: Tay máy robot cần có khả năng vận chuyển tảo từ nguồn cung cấp đến vị trí quy định một cách chính xác và nhẹ nhàng để tránh tổn hại tảo. Điều này có thể đòi hỏi sử dụng các hệ thống truyền động và cảm biến vận tốc để điều khiển tốc độ và độ chính xác của việc vận chuyển.

3. Định vị và đưa đến vị trí quy định: Tay máy robot cần có khả năng định vị và đưa tảo đến vị trí quy định trong quy trình đóng gói. Có thể sử dụng hệ thống định vị và điều khiển chính xác để đảm bảo tảo được đặt đúng vị trí trong hộp hoặc băng chuyền.

4. Đảm bảo an toàn: Tay máy robot cần được thiết kế với các biện pháp an toàn như cảm biến va chạm để tránh va chạm với con người hoặc các vật thể khác trong quá trình làm việc.

5. Dễ dàng tích hợp và vận hành: Tay máy robot cần được thiết kế để dễ dàng tích hợp vào hệ thống sản xuất hiện có và có thể được điều khiển và vận hành một cách dễ dàng.

Vấn đề này có thể được giải quyết bằng cách nghiên cứu và áp dụng các công nghệ tiên tiến như học máy, thị giác máy tính, hệ thống điều khiển linh hoạt và kỹ thuật định vị. Cần đảm bảo rằng tay máy robot có độ nhạy cảm và độ chính xác cao để đáp ứng yêu cầu đặt tảo vào vị trí quy định một cách chính xác và nhất quán.

1.2 Xác định vấn đề

Đối với một công việc như xếp hoa quả trên băng chuyền, việc thực hiện công việc này liên tục trong một khoảng thời gian dài có thể gây ra sự mệt mỏi và nhàm chán đối với nhân viên. Ngoài ra, việc làm việc liên tục trong một môi trường đầy nguy hiểm có thể dẫn đến các tai nạn lao động nghiêm trọng. Vì vậy, việc tìm giải pháp cho các công việc nhàm chán và nguy hiểm như vậy là vô cùng quan trọng. Vấn đề quan trọng nhất là phải tạo ra các hệ thống máy móc để thay thế hoàn toàn con người.

2. Khảo sát thông tin

2.1 Giải pháp/sản phẩm đang có trên thị trường

Để giải quyết những vấn đề này, nhiều nhà sản xuất và kỹ sư đã nghiên cứu và phát triển các giải pháp tự động hóa để thay thế con người trong công việc xếp hoa quả trên băng chuyền. Thay vì phải có nhân viên đứng và làm việc trong một thời gian dài, các thiết bị tự động hóa có thể thực hiện công việc này một cách nhanh chóng và chính xác hơn. Các máy móc này có thể được lắp đặt trên băng chuyền để giúp xếp hoa quả vào thùng một cách chính xác và nhanh hơn. Điều này không chỉ giảm bớt sự nhàm chán và mệt mỏi cho nhân viên, mà còn tăng hiệu suất sản xuất và đảm bảo chất lượng sản phẩm.

Bên cạnh đó, việc sử dụng các thiết bị tự động hóa còn giảm thiểu nguy cơ tai nạn lao động. Với các cảm biến và hệ thống an toàn được tích hợp trong thiết bị, các tai nạn có thể được tránh được hoặc giảm thiểu đáng kể. Điều này cũng giúp tăng cường sự an toàn và bảo vệ cho nhân viên trong quá trình sản xuất.

Tuy nhiên, việc áp dụng các cơ cấu tự động đòi hỏi một số chi phí đầu tư ban đầu để mua thiết bị và đào tạo nhân viên sử dụng. Ngoài ra, cần có sự nghiên cứu và thiết kế kỹ lưỡng để đảm bảo thiết bị hoạt động tốt và đáp ứng được yêu cầu của công việc. Đồng thời, việc thay thế con người bằng máy móc cũng có thể gây tác động đến việc tạo ra việc làm cho người lao động, đặc biệt là đối với những người làm công việc xếp hoa quả trên băng chuyền.

2.2 Tư liệu khoa học

Theo thống kê, năm 2022 trên cả nước có hơn 7700 vụ tai nạn lao động liên quan đến sản xuất [1].

Con số này bao gồm cả khu vực có quan hệ lao động và khu vực người lao động làm việc không theo hợp đồng lao động. Cụ thể, số vụ tai nạn lao động chết người là 720 vụ, giảm 29 vụ tương ứng 3,87% so năm 2021. Số người chết vì tai nạn lao động là 754 người, giảm 32 người. Tuy nhiên, số người bị thương nặng do tai nạn lao động lại tăng 162 người, lên tới 1.647 người, tăng 10,9% so năm 2021.

Thiệt hại do tai nạn lao động gây ra là 14000 tỉ đồng [2]

Theo Tổ chức Lao động Quốc tế (ILO), mỗi năm trên toàn thế giới có khoảng 2,78 triệu người chết hoặc bị thương tích nặng do tai nạn lao động. Trong số đó, khoảng 340 triệu trường hợp tai nạn lao động dẫn đến nghỉ làm việc ít nhất 4 ngày hoặc nhiều hơn.[3]

Tính đến năm 2020, ILO cho biết chi phí tai nạn lao động trên toàn thế giới đạt khoảng 3,94% GDP thế giới, tương đương với 7,5 nghìn tỷ USD. Số tiền này bao gồm các chi phí liên quan đến chi phí y tế, bảo hiểm, phục hồi và thất thu năng suất của người lao động.[4]

3. Mục tiêu

3.1 Mục tiêu tổng quát

Phân tích điều kiện làm việc của robot.

Nghiên cứu các bài toán cơ học và điều khiển robot.

Nghiên cứu hệ thống điều khiển (giới hạn driver động cơ, encoder).

Thiết kế giao diện điều khiển trên matlab.

Viết chương trình điều khiển robot và xây dựng giao diện điều khiển trên matlab.

Chế tạo và tích hợp hệ thống (dành cho đồ án tốt nghiệp).

3.2 Mục tiêu chi tiết

- Tính toán và thiết kế tay máy robot SCARA trong hệ thống Picking - Packing cho dây chuyền xếp hoa quả.
- Áp dụng kiến thức đã được học vào môn học đồ án thiết kế hệ thống cơ điện tử.
- Thiết kế và mô phỏng hoạt động robot SCARA 3 bậc tự do.
- Áp dụng kiến thức khoa học kỹ thuật cơ bản để phân tích, thiết kế hệ thống cơ điện tử.
- Thực hiện được quy trình tính toán, thiết kế, mô phỏng và điều khiển các hệ cơ điện tử.
- Áp dụng kiến thức khoa học kỹ thuật cơ bản để thiết lập, phân tích và tính toán hệ thống cơ điện tử.
- Vận dụng kiến thức cơ sở ngành để xây dựng hệ điều khiển và cơ khí cho hệ thống cơ điện tử.
- Phân tích kết quả tính toán, mô phỏng, điều khiển và đo lường hệ thống cơ điện tử
- Thực hiện được quy trình thiết lập bài toán thiết kế hệ thống cơ điện tử
- Tham gia tích cực vào hoạt động của nhóm thực hiện đồ án và thể hiện đóng góp của cá nhân trong quá trình thực hiện đồ án môn học
- Xây dựng quy trình triển khai thiết kế, chế tạo hệ thống cơ điện tử phù hợp với yêu cầu đồ án

4. Giải pháp đề xuất

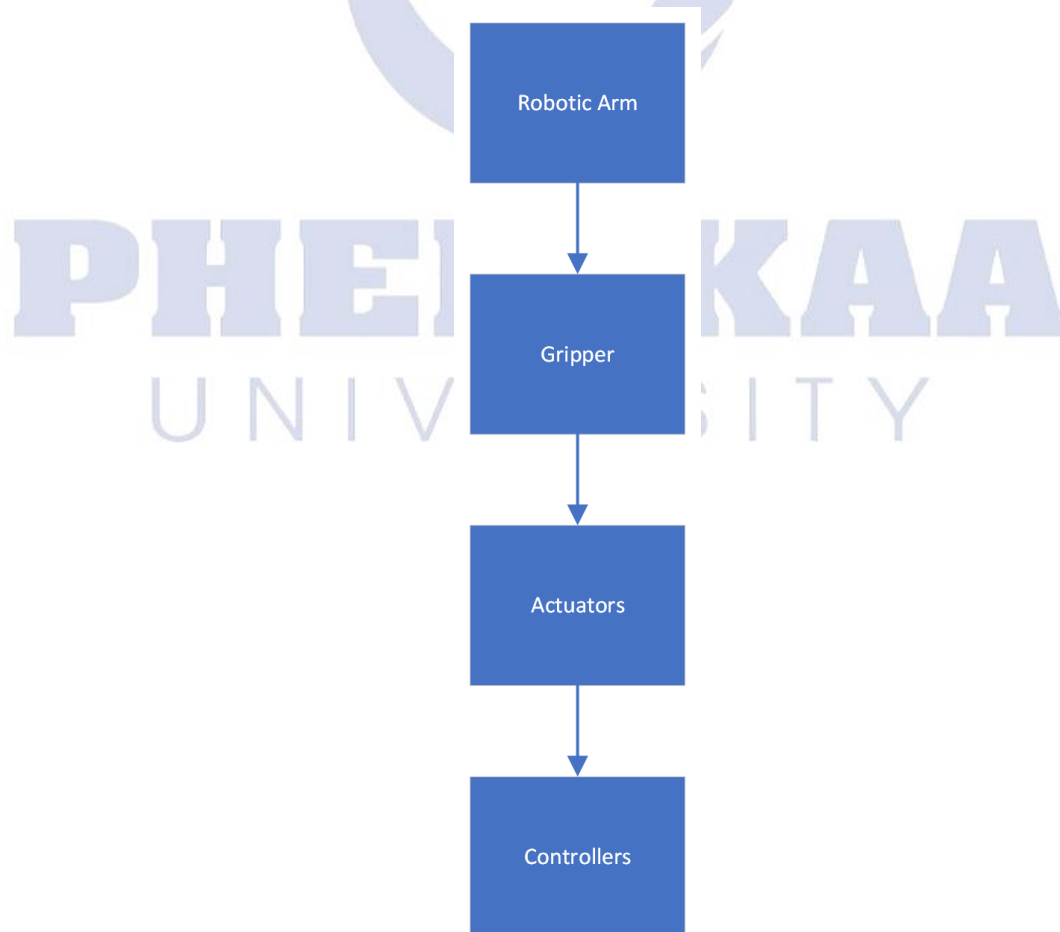
4.1 Mô tả giải pháp/thiết kế

Sử dụng tay máy thay thế con người là một giải pháp tiên tiến để giảm thiểu tình trạng sử dụng lao động trong môi trường độc hại. Một giải pháp được nhóm đưa ra là sử dụng tay máy robot kết hợp với các hệ thống băng chuyền tạo thành một hệ thống sắp xếp tự động từ đó giải quyết công việc mà không cần sự can thiệp của con người.

Giải pháp được nhóm đưa ra là thiết kế một hệ thống gồm 2 băng chuyền kết hợp với một tay máy robot scara .Nhiệm vụ của băng chuyền 1 là vận chuyển sản phẩm từ thùng chứa đến tay máy theo một hàng được sắp xếp ,nhiệm vụ băng chuyền 2 là vận chuyển hộp đóng gói đến vị trí đặt và đưa đến máy đóng gói ,Nhiệm vụ của tay máy Scara là khi có tín hiệu có sản phẩm và hộp thì thực hiện gắp sản phẩm từ băng chuyền 1 và sắp xếp vào 6 vị trí của hộp.

4.1.1 Sơ đồ khối

Dưới đây là sơ đồ khối đơn giản mô tả các thành phần cơ bản của một cánh tay robot 3 bậc tự do hỗ trợ gắp tảo vào đúng vị trí quy định:



Hình 1: Sơ đồ khối thành phần cánh tay robot

Giải thích sơ đồ khối:

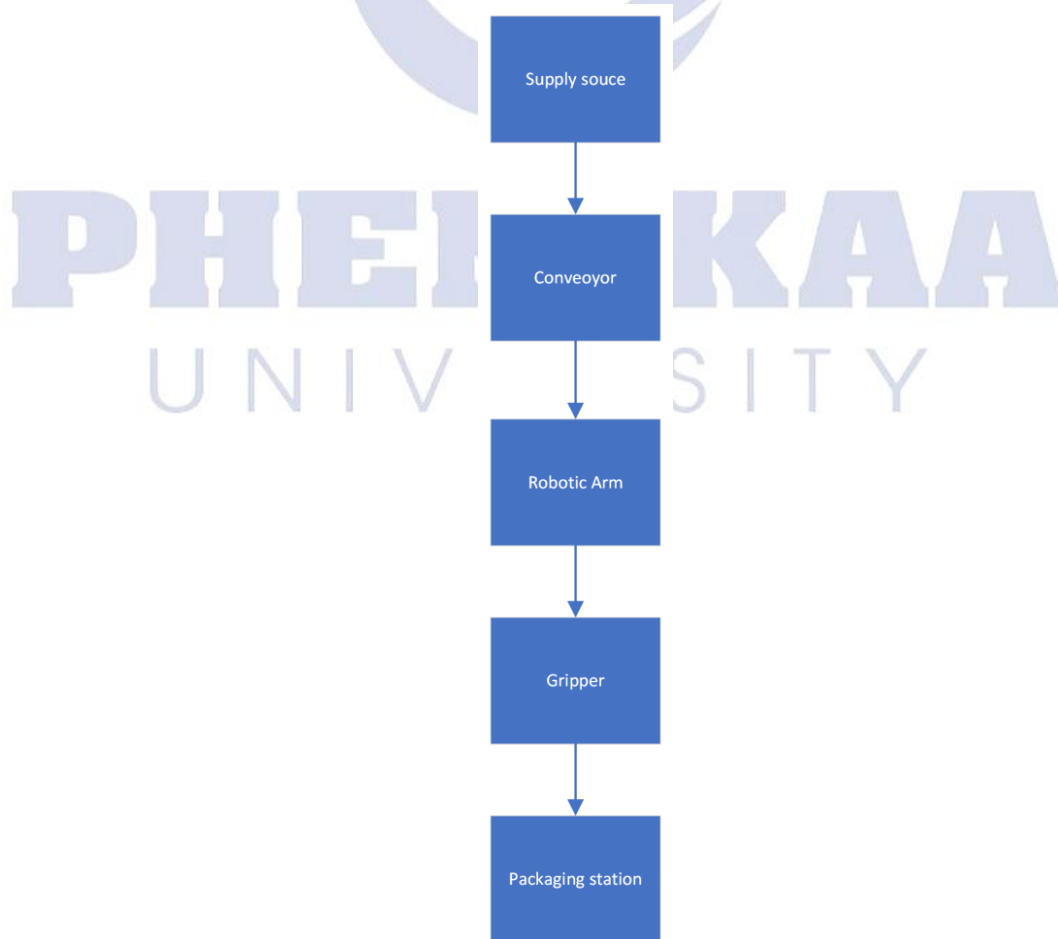
- Robotic Arm: Đây là phần chính của cánh tay robot, bao gồm các khớp và liên kết giữa chúng để tạo ra 3 bậc tự do. Nó điều khiển chuyển động của cánh tay và định vị vị trí của nó trong không gian 3D.

- Gripper: Đây là phần chịu trách nhiệm gắp táo. Nó có thể là một cơ cấu kẹp hoặc công cụ đặc biệt được thiết kế để nắm chặt táo một cách an toàn và đồng thời duy trì độ nhạy cảm.

- Actuators: Đây là các bộ truyền động hoặc động cơ điều khiển chuyển động của cánh tay robot. Chúng cung cấp sức mạnh và động lực cho cánh tay robot di chuyển và thực hiện các hành động như gắp và đặt.

- Controllers: Đây là các bộ điều khiển và vi xử lý màu sắc hướng dẫn hoạt động của cánh tay robot. Chúng có thể bao gồm các vi xử lý nhúng hoặc máy tính để điều khiển chính xác chuyển động và hành vi của cánh tay robot dựa trên các tín hiệu từ cảm biến và lệnh điều khiển.

Mô hình phác thảo hệ thống xếp hoa quả



Hình 2: Hệ thống xếp quả

4.1.2 Mô tả chức năng

Giải thích mô hình hệ thống:

- Supply Source: Đây là nguồn cung cấp hoa quả, có thể là một hệ thống chuyên tải hoặc một vị trí cố định chứa các loại hoa quả cần xếp gói.

- Conveyor: Đây là băng chuyền để vận chuyển hoa quả từ nguồn cung cấp đến vị trí xếp gói. Nó có thể được thiết kế để di chuyển liên tục hoặc dừng lại tại một số vị trí cụ thể.

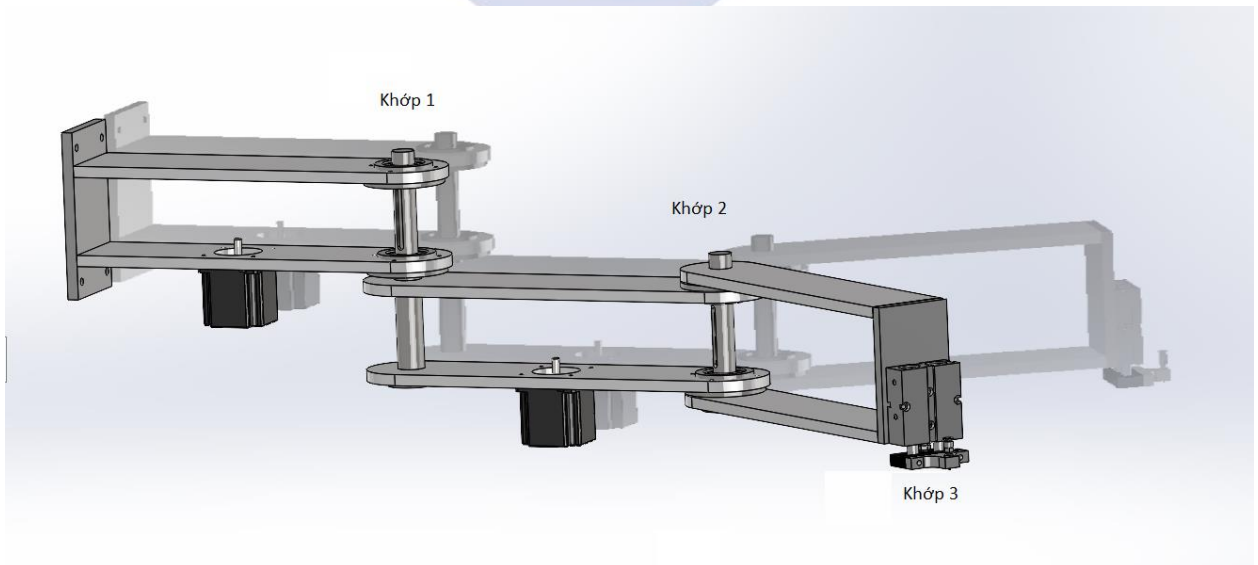
- Robotic Arm: Đây là cánh tay robot 3 bậc tự do được sử dụng để gắp hoa quả từ băng chuyền và đặt chúng vào vị trí xếp gói.

- Gripper: Đây là phần cuối cùng của cánh tay robot, có chức năng gắp và giữ hoa quả một cách an toàn trong quá trình xếp gói.

- Packaging Station: Đây là vị trí nơi hoa quả được xếp gói vào các hộp hoặc bao bì khác. Có thể có các thiết bị và công cụ hỗ trợ để thực hiện quá trình xếp gói.

Chức năng của hệ thống xếp hoa quả là thay thế 1 công nhân đảm nhiệm chức năng xếp hoa quả vào thùng.

4.1.3 Cụm chi tiết và thiết bị



Hình 3: Cụm chi tiết



Hình 4: Động cơ bước



Hình 7: Vòng phanh



Hình 5: Ổ bi



Hình 8: Xilanh



Hình 6: Đai răng



Hình 9: Gripper

4.2 Giới hạn của giải pháp/sản phẩm

Có các giới hạn sau:

- 1, Không gấp được sản phẩm quá lớn hoặc quá bé.
- 2, Giới hạn không gian làm việc
- 3, Không sắp xếp được đều về các mặt của sản phẩm.
- 4, Độ chính xác của tay máy ảnh hưởng đến quá trình gấp quả

4.3 Phương pháp tiếp cận và phương thức triển khai

// Mô tả **sơ bộ** về cách thức thiết kế và phương pháp tiếp cận. VD:

Giai đoạn 1: Thực hiện tạo nhóm là lên ý tưởng của bài toán tìm giảng viên hướng dẫn.

Giai đoạn 2: Liên hệ giảng viên phù hợp với ý tưởng chọn ban đầu

Giai đoạn 3: Phân tích các nhiệm vụ và thiết, phân chia nhiệm vụ

Giai đoạn 4: Nghiên cứu các bài toán liên quan đến đề tài

Giai đoạn 5: Thực hiện báo cáo và tham khảo thêm ý kiến giảng viên hướng dẫn

Giai đoạn 6: Tổng hợp các báo cáo thành viên trong nhóm và viết báo cáo lớn

5. Phân tích các tác động/ảnh hưởng

5.1 Tính khả thi về công nghệ

Giảng viên hướng dẫn đã và đang dạy một số môn và cũng có hướng dẫn đề tài có liên qua

Các thành viên đã từng học qua một số môn liên quan đến sản phẩm như Kỹ thuật robot công nghiệp, Lập trình mô phỏng robot và các hệ cơ điện tử...

5.2 Tính khả thi về kinh tế

- Chi phí vật liệu: Chọn vật liệu phù hợp cho các thành phần cơ khí của tay máy robot có thể ảnh hưởng đến chi phí. Vật liệu có sẵn và phổ biến như thép, nhôm, có thể có chi phí thấp hơn so với các vật liệu đặc biệt.

- Chi phí linh kiện và động cơ: Có sự lựa chọn từ các nhà sản xuất và nhà cung cấp khác nhau, với mức giá và hiệu suất khác nhau.

- Chi phí gia công: Đối với một số thành phần phức tạp, cần phải sử dụng các quy trình gia công đặc biệt hoặc dịch vụ gia công từ bên thứ ba, điều này có thể tăng chi phí sản xuất.

- Chi phí điều khiển và điện tử: Các bộ vi xử lý, bo mạch, bộ điều khiển và các linh kiện điện tử khác có thể có giá thành khác nhau.

- Chi phí phần mềm: Nếu có yêu cầu phần mềm phức tạp để điều khiển tay máy robot, chi phí phát triển và triển khai phần mềm cũng cần được xem xét.

- Chi phí bảo trì và sửa chữa: Đảm bảo rằng tay máy robot dễ bảo trì và có sẵn các linh kiện thay thế có thể giúp giảm chi phí sau này.

- Chi phí vận hành: Năng lượng tiêu thụ và lao động, cũng là một yếu tố chi phí quan trọng cần xem xét. Cải thiện hiệu suất năng lượng và đơn giản hoá qua trình vận hành có thể giúp giảm chi phí vận hành.

5.3 Tác động xã hội

Thiết kế cánh tay robot có ảnh hưởng lớn đến xã hội từ nhiều khía cạnh khác nhau:

1. Tạo việc làm: Thiết kế và sử dụng cánh tay robot trong các ngành công nghiệp có thể tạo ra cơ hội việc làm mới trong lĩnh vực này. Đồng thời, cánh tay robot có thể giúp nâng cao hiệu suất và năng suất làm việc, giảm sự phụ thuộc vào lao động người và mở ra cơ hội cho các công việc khác phù hợp với khả năng và kỹ năng của con người.

2. Nâng cao hiệu suất và chất lượng: Cánh tay robot có khả năng thực hiện các tác vụ một cách chính xác, liên tục và không mệt mỏi. Điều này giúp tăng cường hiệu suất và chất lượng sản xuất trong các ngành công nghiệp, từ đó tạo ra sản phẩm tốt hơn và đáp ứng nhu cầu của xã hội.

Faculty of Mechanical Engineering and Mechatronics

3. Giảm nguy cơ làm việc nguy hiểm: Trong các môi trường công nghiệp nguy hiểm, việc sử dụng cánh tay robot có thể giảm nguy cơ làm việc cho con người. Cánh tay robot có thể thực hiện các tác vụ nguy hiểm, như làm việc với chất độc, vật nặng, nhiệt độ cao hay các tác vụ mà có thể gây nguy hiểm đến sức khỏe và an toàn của con người.

4. Tiết kiệm tài nguyên: Cánh tay robot có thể được thiết kế để làm việc hiệu quả hơn và tiết kiệm tài nguyên như năng lượng, nguyên liệu và không gian làm việc. Điều này đóng góp vào bảo vệ môi trường và tài nguyên thiên nhiên, giúp xã hội tiến bộ hướng đến sự phát triển bền vững.

5. Thay đổi trong công việc: Sự phổ biến của cánh tay robot có thể tạo ra những thay đổi trong công việc và yêu cầu của lao động. Một số công việc truyền thống có thể bị thay thế hoặc thay đổi để phù hợp với sự tự động hóa, trong khi những công việc mới xuất hiện trong lĩnh vực robot hỗ trợ.

5.4 Tác động về hoạt động

Cánh tay robot có vai trò quan trọng trong quy trình đóng gói thực phẩm nói chung và hoa quả nói riêng. Nó vừa làm tăng năng suất vừa làm tăng độ chính xác của dây chuyền đóng gói thực phẩm

5.5 Tác động về môi trường

- Tiêu thụ năng lượng: Tay máy robot cần tiêu thụ năng lượng để hoạt động. Năng lượng tiêu thụ có thể góp phần vào tiêu thụ tài nguyên và khí thải nhà kính. Thiết kế tay máy robot hiệu quả về năng lượng và sử dụng các công nghệ tiết kiệm năng lượng có thể giảm tác động tiêu cực lên môi trường.

- Tác động đến việc làm: Sự tự động hóa và sử dụng tay máy robot có thể ảnh hưởng đến việc làm và công việc của con người. Một phần công nhân có thể bị thay thế bởi tay máy robot, dẫn đến mất việc làm.

- Tác động xã hội: Sự phát triển và sử dụng tay máy robot có thể tạo ra các tác động xã hội, bao gồm thay đổi trong phân phối công việc, phân tầng xã hội và kinh tế, cũng như tác động đến an ninh việc làm và tình hình kinh tế.

- Tương tác con người-robot: Sử dụng tay máy robot có thể tác động đến tương tác giữa con người và robot trong môi trường lao động và xã hội.

5.6 Tiêu chuẩn đạo đức

Đạo đức kỹ thuật là một phần quan trọng trong giáo dục kỹ thuật và cũng như trong các hoạt động nghề chuyên nghiệp khác. Để trở thành kỹ sư Cơ điện tử với kiến thức chuyên môn cũng như thỏa mãn tiêu chuẩn nghề nghiệp về đạo đức, nhóm đề tài đã tham khảo các tiêu chuẩn đạo đức theo Hiệp hội Kỹ sư Cơ khí Hoa Kỳ (The American Society of Mechanical Engineers).

6. Kế hoạch thực hiện hàng tuần

6.1 Thành viên

// Vai trò của các thành viên trong việc THỰC HIỆN và VIẾT báo cáo.

Bảng 1: Thông tin thành viên

	Task	Target	Assignment
1	Họp lần nhóm hàng tuần	Họp hàng tuần vào chiều thứ 6 Địa điểm : Tầng 1 tòa B4 ,phòng Robotics công ty PhenikaaX Nội dung: giải đáp thắc mắc, báo cáo nội dung tuần ,nhiệm vụ tuần mới	Cả nhóm
2	Lên ý tưởng đồ án	Mỗi thành viên đề xuất 5 ý tưởng đồ án ,Lựa chọn phác thảo tưởng sơ bộ	cán nhóm
3	Chốt phương án	Chọn ra phương án cuối cùng để thực hiện phù hợp với nhóm	Chiến
4	Tìm hiểu cấu trúc ,phân chia công việc	Các bước thực hiện dự án ,chia công việc phù hợp	Chiến
5	Thiết kế mô hình sơ bộ	ngghiên cứu tiết kế mô hình sơ bộ	Minh
6	Thiết kế giao diện matlab gui	Nghiên cứu và báo cáo hàng tuần	Tần
7	Giải bài toán động học thuận và ngược	Nghiên cứu báo cáo hàng tuần	Tần
8	Tìm hiểu các sản phẩm đã có trên thị trường	báo cáo thị trường	Tần
9	Thiết kế cơ khí chi tiết		Chiến
10	Tính toán bộ truyền	Tính toán chọn bộ truyền phù hợp	Chiến
11	giải bài toán động lực học	Tim ra mô men lớn nhất	Chiến
12	Tính công suất và vận tốc trên bộ truyền	Mục đích tính chọn động cơ	Chiến
13	tính toán thiết kế động cơ	Chọn động cơ phù hợp	Chiến
14	Tính toán thiết kế và kiểm nghiệm trục	Đảm bảo độ an toàn của trục	Chiến
15	Tính toán thiết kế và kiểm nghiệm ổ lăn	đảm bảo độ an toàn của ổ lăn	Chiến
16	Sửa lại thiết kế chi tiết theo tính toán	sửa lại phù hợp với tính toán	Chiến
17	Kiểm nghiệm bền bằng Inventor	kiểm nghiệm độ bền và độ an toàn	Chiến
18	Lựa chọn xilanh và giắc hút	lựa chọn phù hợp nâng	Minh
19	Lựa chọn băng tải	chọn băng tải phù hợp	Minh
20	Viết báo cáo từng phần của cá nhân		Cả nhóm
21	Ghép báo cáo và chỉnh sửa báo cáo,làm sline		Minh

7. Tiến trình dự án

7.1 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 gôn 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 vạn 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 chỏ 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 sáubạc 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 điếm 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

Faculty of Mechanical Engineering and Mechatronics

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.

Bảng 3: Bảng số liệu số lượng robot ở một vài nước công nghiệp phát triển

Nước SX	Năm 1990	Năm 1994	Năm 1998
Nhật	66.118	29.756	67000
Mỹ	4.237	7.634	11000
Đức	5.845	5.125	8.600
Ý	2.500	2.408	4000
Pháp	1.448	1.197	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

Một số định nghĩa và phân loại Robot công nghiệp

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 vận 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.

7.1.1 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:

$$w = 6n - \sum_{i=1}^5 ip_i$$

Ở đây: n - Số khâu động;

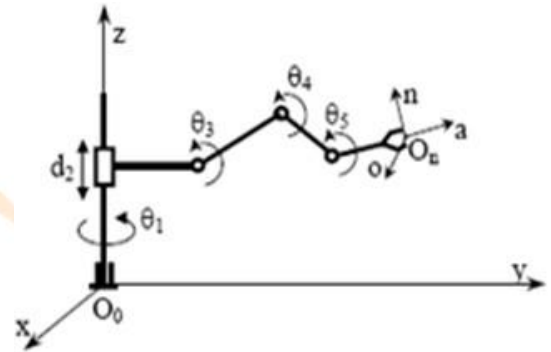
p_i - Số khớp loại i ($i = 1, 2, \dots, 5$: Số bậc tự do bị hạn chế).

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.

Đề 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.

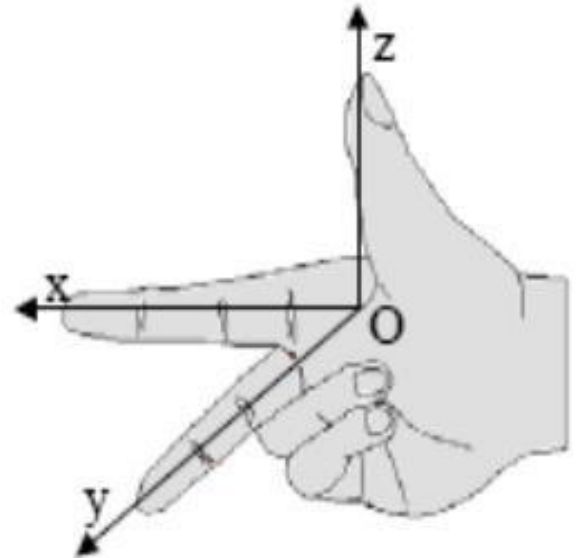
Hệ tọa độ (Coordinate frames)

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 10: Hệ tọa độ tay máy

Các hệ tọa độ gắn trên các khâu của robot phải tuân theo qui tắc bàn tay phải: Dùng tay phải, nắm hai ngón tay út và áp út vào lòng bàn tay, xoè 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.

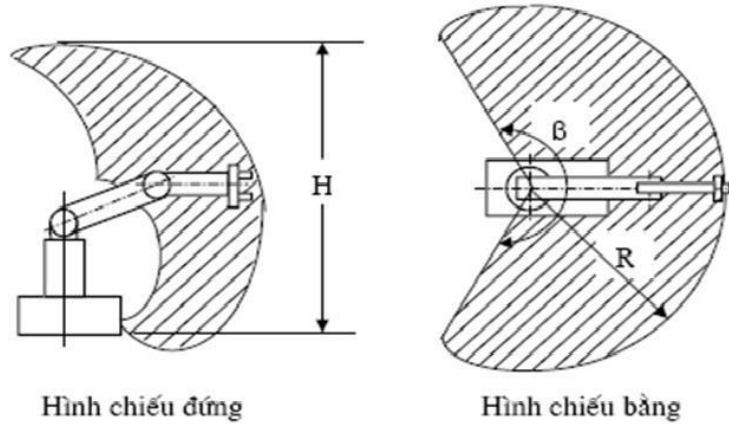


Hình 11: Quy tắc bàn tay phải

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.

Trường công tác của robot (Workspace or Range of motion)

Trường công tác (hay vùng làm việc, không gian công tác) của robot là toàn bộ thể tích được quét bởi khâu chấp hành cuối khi robot thực hiện tất cả các chuyển động có thể. Trường công tác bị ràng buộc bởi các thông số hình học của robot cũng như các ràng buộc cơ học của các khớp; ví dụ, một khớp quay có chuyển động nhỏ hơn một góc 360° . Người ta thường dùng hai hình chiếu để mô tả trường công tác của một robot (hình 1.3).



Hình 12: Biểu diễn thao tác của robot

7.1.2 Cấu trúc cơ bản của Robot công nghiệp

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.

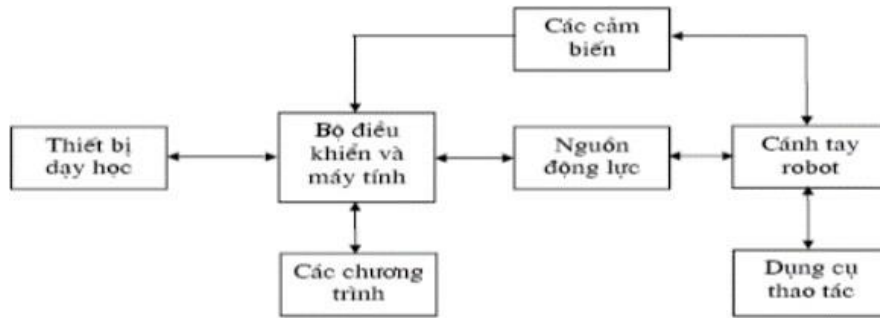
Cánh tay robot (tay máy) là kết cấu cơ khí gồm các khâu liên kết với nhau bằng các khớp động để có thể tạo nên những chuyển động cơ bản của robot.

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 phối hoạt động phối hợp với robot...



Hình 13: Cấu trúc cơ bản của robot công nghiệp

7.1.3 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 Descartes, thông thường tạo nên các hình khối

Chuyển động xoay theo các trục x, y, z trong không gian.

Các chuyển động này thường ký hiệu là T (Translation) hoặc P (Prismatic).

7.1.4 Phân loại Robot công nghiệp

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

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.

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 thuỷ lực: có thể đạt được công suất cao, đáp ứng những điều kiện làm việc nặng. Tuy nhiên hệ thống thuỷ 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).

Phân loại theo ứng dụng

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

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.

7.1.5 Các ứng dụng của Robot

Từ khi mới ra đời robot công nghiệp được áp dụng trong nhiều lĩnh vực dưới góc độ thay thế sức người. Nhờ vậy các dây chuyền sản xuất được tổ chức lại, năng suất và hiệu quả sản xuất tăng lên rõ rệt.

Mục tiêu ứng dụng robot công nghiệp nhằm góp phần nâng cao năng suất dây chuyền công nghệ, giảm giá thành, nâng cao chất lượng và khả năng cạnh tranh của sản phẩm đồng thời cải thiện điều kiện lao động. Đạt được các mục tiêu trên là nhờ vào những khả năng to lớn của robot như: làm việc không biết mệt mỏi, rất dễ dàng chuyển nghề một cách thành thạo, chịu được phóng xạ và các môi trường làm việc độc hại, nhiệt độ cao, “cảm thấy” được cả từ trường và “nghe” được cả siêu âm ... Robot được dùng thay thế con người trong các trường hợp trên hoặc thực hiện các công việc tuy không nặng nhọc nhưng đơn điệu, dễ gây mệt mỏi, nhàm chán.

Trong ngành cơ khí, robot được sử dụng nhiều trong công nghệ đúc, công nghệ hàn, cắt kim loại, sơn, phun phủ kim loại, tháo lắp vận chuyển phôi, lắp ráp sản phẩm ..

Ngày nay đã xuất hiện nhiều dây chuyền sản xuất tự động gồm các máy CNC với Robot công nghiệp, các dây chuyền đó đạt mức tự động hoá cao, mức độ linh hoạt cao. . ở đây các máy và robot được điều khiển bằng cùng một hệ thống chương trình.

Ngoài các phân xưởng, nhà máy, kỹ thuật robot cũng được sử dụng trong việc khai thác thềm lục địa và đại dương, trong y học, sử dụng trong quốc phòng, trong chinh phục vũ trụ, trong công nghiệp nguyên tử, trong các lĩnh vực xã hội . . .

Rõ ràng là khả năng làm việc của robot trong một số điều kiện vượt hơn khả năng của con người; do đó nó là phương tiện hữu hiệu để tự động hoá, nâng cao năng suất lao động, giảm nhẹ cho con người những công việc nặng nhọc và độc hại. Nhược điểm lớn nhất của robot là chưa linh hoạt như con người, trong dây chuyền tự động, nếu có một robot bị hỏng có thể làm ngừng hoạt động của cả dây chuyền, cho nên robot vẫn luôn hoạt động dưới sự giám sát của con người

7.2 Động học thuận, động học ngược

7.2.1 Phương trình động học thuận

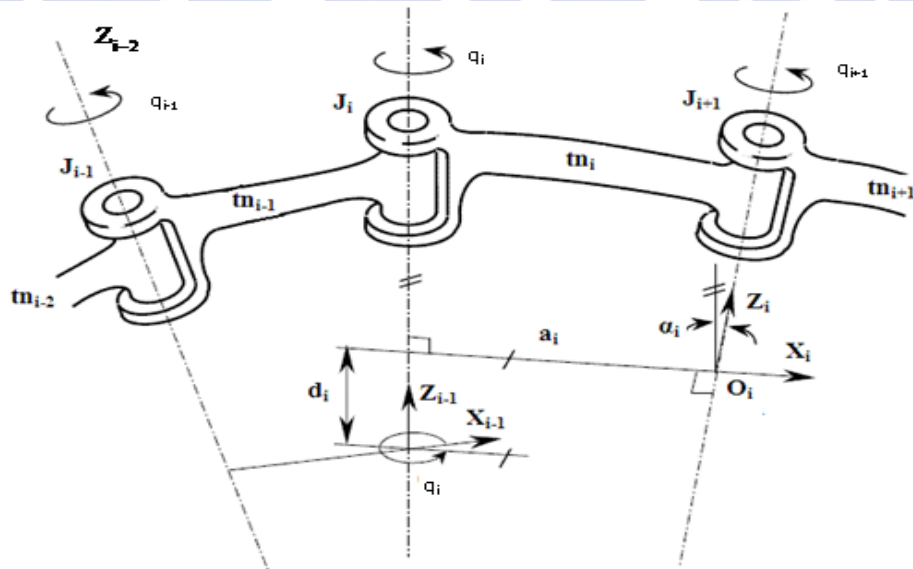
Động học robot là bài toán nghiên cứu chuyển động của robot mà không quan tâm đến tính chất về lực tương tác cũng như về khối lượng mà chỉ xét đến cấu trúc hình học của robot. Mục đích của bài toán động học thuận là xác định vị trí của khâu tác động cuối của Robot khi biết các biến khớp của Robot.

Các bước thực hiện bài toán động học thuận cho tay máy:

Bước 1: Xác định số khớp và số thanh nối

Bước 2: Gắn lên các thanh nối từ 0 đến n các hệ trục tọa độ

Ví dụ: Thanh nối i ($i = 0 \div n$) gắn hệ trục O_i, X_i, Y_i, Z_i



Hình 14: Xây dựng hệ tọa độ thanh nối

q_i : là góc quay của thanh nối thứ i ,

d_i : là độ lệch khâu,

a_i : là độ dài đường vuông góc chung giữa Z_{i-1} và Z_i ,

α_i : là góc vặn của thanh nối.

Cách xác định trục Z_i : là trục mà xung quanh nó khớp thứ $i+1$ quay hoặc dọc theo nó khớp ($i = 1 \div n-1$) tịnh tiến.

Z_0 : trục mà xung quanh nó khớp 1 quay,

O_0 : tâm hệ trục tọa độ quy chiếu, chọn một điểm cố định trên đế Robot,

Z_1 : trục mà xung quanh nó khớp 2 quay hoặc khớp tịnh tiến,

Z_{n-1} : trục mà xung quanh nó khớp n quay,

Z_n : trùng phương với Z_{n-1}

Cách xác định trục X_i : Trục X thường được đặt dọc theo pháp tuyến chung và hướng từ khớp i đến $i+1$. Trong trường hợp các trục khớp cắt nhau thì trục X chọn theo tích vectơ $Z_{i-1} \times Z_i$.

Cách xác định trục Y_i :

Xác định theo quy tắc bàn tay phải.

Bước 3: Xác định các biến khớp

Khớp quay tương ứng với biến khớp quay q ,

Khớp tịnh tiến tương ứng với biến khớp tịnh tiến d .

Bước 4: Xác định quan hệ giữa hai khung tọa độ i và $i-1$

Hệ trục tọa độ i và hệ trục tọa độ $i-1$ giữa hai khâu nối tiếp nhau có quan hệ với nhau bằng phép biến đổi đồng nhất, theo trình tự sau:

- Quay xung quanh trục Z_{i-1} một góc θ_i sao cho trục X_{i-1} trùng với phương của trục X_i ,
- Tịnh tiến dọc theo trục Z_{i-1} một đoạn d_i để gốc khung tọa độ mới trùng chân pháp tuyến chung trục $i-1$ và i , ($X_{i-1} \equiv X_i$),
- Tịnh tiến dọc theo trục X_{i-1} một đoạn a_i , ($O_{i-1} \equiv O_i$),
- Quay xung quanh trục X_{i-1} một góc α_i sao cho trục Z_{i-1} trùng với trục Z_i .

Các phép biến đổi trên được thực hiện so với khung tọa độ hiện tại, do đó phép biến đổi tổng hợp được xác định như sau :

$$\mathbf{A}_i = \text{Rot}_z(q)\text{Trans}_z(d)\text{Trans}_x(a)\text{Rot}_x(\alpha) \quad (2.14)$$

$${}^{i-1}\mathbf{A}_i = \text{Rot}_z(\theta)\text{Trans}_z(d)\text{Trans}_x(a)\text{Rot}_x(\alpha)$$

$$= \begin{bmatrix} c\theta_i & -s\theta_i & 0 & 0 \\ s\theta_i & c\theta_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a_i \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & c\alpha_i & -s\alpha_i & 0 \\ 0 & s\alpha_i & c\alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta\cos\alpha & \sin\theta\sin\alpha & a\cos\theta \\ \sin\theta & \cos\theta\cos\alpha & -\cos\theta\sin\alpha & a\sin\theta \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha & d \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

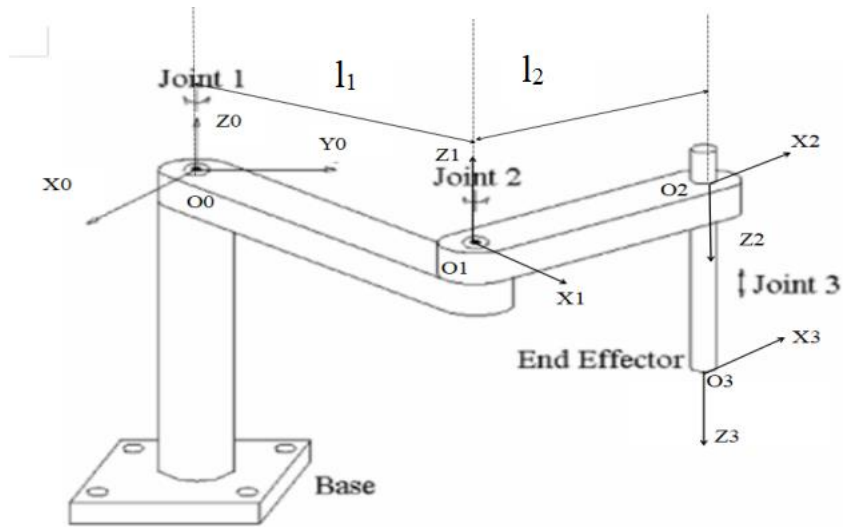
Denavit J.& Hartenberg R.S đã gọi biến đổi đồng nhất là ma trận A, mô tả bởi phép quay và phép tịnh tiến tương đối giữa hệ tọa độ của hai khâu liên tiếp. Denavit J.& Hartenberg R.S đề xuất dùng ma trận thuần nhất 4x4 để mô tả quan hệ giữa 2 khâu liên tiếp trong cơ cấu không gian. Pieper D.L đã dùng ma trận thuần nhất 4x4 trong nghiên cứu Robot. Trong bài toán động học Robot định luật Denavit Hartenber đóng vai trò rất quan trọng. Định luật này cho chúng ta cách xác định các hệ trục tọa độ đặt lên các khớp và từ đó xác định được vị trí của các thanh nối và khâu tác động cuối trong các hệ trục tọa độ.

Bước 5: Xác định phương trình động học thuận cho tay máy

Ma trận đồng nhất mô tả hướng và vị trí của Robot trong hệ tọa độ {O}

$${}^0\mathbf{T}_n = {}^0\mathbf{A}_1 \cdot {}^1\mathbf{A}_2 \cdot {}^2\mathbf{A}_3 \dots {}^{n-1}\mathbf{A}_n = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Đề giải bài toán:



Hình 15: Hệ trục tọa độ

Gọi các Joint 1, Joint 2, Joint 3 lần lượt là các biến tọa độ suy rộng q_1, q_2, q_3 .

Bảng 4: Bảng thông số DH

Khâu	a_i	α_i	θ_i	d_i
1	l_1	0	q_1	0
2	l_2	π	q_2	0
3	0	0	0	q_3

$$H_i^{i-1} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_i) & -\sin(\theta_i) * \cos(\alpha_i) & \sin \theta_i * \sin \alpha_i & a_i * \cos \theta_i \\ \sin(\theta_i) & \cos \theta_i * \cos \alpha_i & -\cos \theta_i * \sin \alpha_i & a_i * \sin \theta_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Thay các tham số động học vào ma trận tổng quát H_i^{i-1} ta được các ma trận biến đổi thuần nhất giữa các hệ tọa độ:

$$H_1^0 = \begin{bmatrix} \cos(q_1) & -\sin(q_1) & 0 & l_1 * \cos q_1 \\ \sin(q_1) & \cos q_1 & 0 & l_1 * \sin q_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$H_2^1 = \begin{bmatrix} \cos(q_2) & \sin(q_2) & 0 & l_2 * \cos q_2 \\ \sin(q_2) & -\cos(q_2) & 0 & l_2 * \sin q_2 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$H_3^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & q_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Từ các ma trận trên ta có:

$$D_3^0 = H_1^0 * H_2^1 * H_3^2$$

$$D_3^0 = \begin{bmatrix} \cos(q_1 + q_2) & \sin(q_1 + q_2) & 0 & l_1 * \cos q_1 + l_2 * \cos(q_1 + q_2) \\ \sin(q_1 + q_2) & -\cos(q_1 + q_2) & 0 & l_1 * \sin q_1 + l_2 * \sin(q_1 + q_2) \\ 0 & 0 & -1 & -q_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Các phương trình xác định điểm P là:

$$\begin{cases} x_{-P} = l_1 * \cos q_1 + l_2 * \cos(q_1 + q_2) \\ y_{-P} = l_1 * \sin q_1 + l_2 * \sin(q_1 + q_2) \\ z_{-P} = -q_3 \end{cases}$$

7.2.2 Bài toán động học ngược

Theo bài toán động học thuận ta có:

$$\begin{cases} x_{-P} = l_1 * \cos q_1 + l_2 * \cos(q_1 + q_2) \\ y_{-P} = l_1 * \sin q_1 + l_2 * \sin(q_1 + q_2) \\ z_{-P} = -q_3 \end{cases}$$

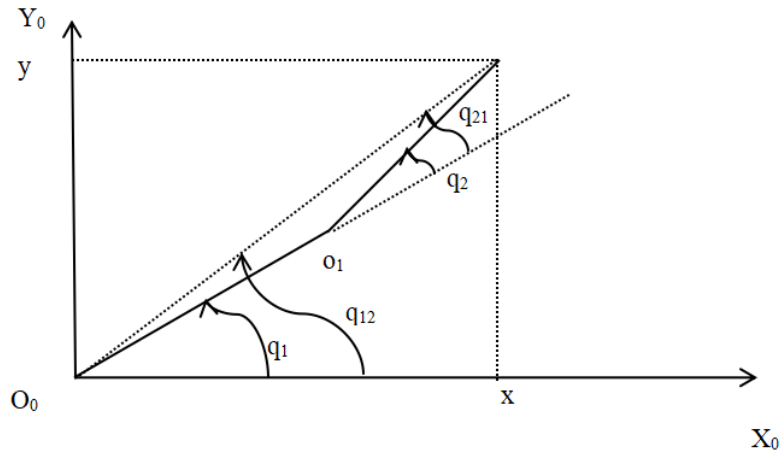
$$\Rightarrow x_{-P}^2 = (l_1 * \cos q_1)^2 + [l_2 * \cos(q_1 + q_2)]^2 + 2 * l_1 * \cos q_1 * l_2 * \cos(q_1 + q_2)$$

$$\Rightarrow y_{-P}^2 = (l_1 * \sin q_1)^2 + [l_2 * \sin(q_1 + q_2)]^2 + 2 * l_1 * \sin q_1 * l_2 * \sin(q_1 + q_2)$$

$$\Rightarrow x_{-P}^2 + y_{-P}^2 = l_1^2 + l_2^2 + 2 * l_1 * l_2 * \cos q_2$$

$$\Rightarrow q_2 = \cos^{-1} \left(\frac{x_{-P}^2 + y_{-P}^2 - l_1^2 - l_2^2}{2 * l_1 * l_2} \right)$$

Xét trên mặt phẳng x_0y_0 như hình 1 ta có:



Hình 16: Động học ngược tay máy Scara

Theo hình 1 ta có:

$$q_1 = q_{12} - q_{21} = \tan^{-1}\left(\frac{y_P}{x_P}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{l_2 * \sin q_2}{l_1 + l_2 * \cos q_2}\right)$$

Như vậy ta có hệ phương trình:

$$q_1 = \tan^{-1}\left(\frac{y_P}{x_P}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{l_2 * \sin q_2}{l_1 + l_2 * \cos q_2}\right)$$

$$q_2 = \cos^{-1}\left(\frac{x_P^2 + y_P^2 - l_1^2 - l_2^2}{2 * l_1 * l_2}\right)$$

$$q_3 = -z_P$$

Để tìm nghiệm thì phải cho các khớp nằm trong phạm vi làm việc :

Với biến khớp q_1 : $-120^\circ \leq q_1 \leq 120^\circ$

Biến khớp q_2 : $-145^\circ \leq q_2 \leq 145^\circ$

Biến khớp q_3 ; $0(\text{mm}) \leq q_3 \leq 400(\text{mm})$

Bảng 5: Các điểm cho trước và kết quả của bài toán động học ngược

Điểm	Giá trị các biến khớp			Giá trị tọa độ các điểm		
	q_1	q_2	q_3	x	y	z
A	1.3027(rad)	0.5361(rad)	-35(mm)	0	675	35
B	-2.1546(rad)	1.4896(rad)	-35(mm)	82.5	-508	35
C	-1.9797(rad)	1.0948 (rad)	-35(mm)	82.5	-592	35
D	-2.3295(rad)	1.5174 (rad)	-35(mm)	0	-508	35
E	-2.1337(rad)	1.1258 (rad)	-35(mm)	0	-592	35
F	-2.4766(rad)	1.4896 (rad)	-35(mm)	-82.5	-508	35
G	-2.2567(rad)	1.0948 (rad)	-35(mm)	-82.5	-592	35

Bài toán quỹ đạo:

+ Khớp q_1

Tại vị trí xuất phát của tay máy:

$$q = q_{1s} \text{ (rad) , } \dot{q} = \dot{q}_{1s} \text{ (rad/s)}$$

Tại vị trí kết thúc của tay máy:

$$q = q_{1f} \text{ (rad) , } \dot{q} = \dot{q}_{1f} \text{ (rad/s)}$$

Thời gian dịch chuyển của tay máy từ vị trí xuất phát đến vị trí kết thúc là t (s).

Bài Làm

Chọn quy luật chuyển động của khớp q_1 có dạng đa thức bậc 3 theo thời gian:

$$\begin{cases} q(t) = a_3 * t^3 + a_2 * t^2 + a_1 * t + a_0 \\ \dot{q}(t) = 3 * a_3 * t^2 + 2 * a_2 * t + a_1 \end{cases}$$

Tại thời điểm xuất phát ($t = 0$) ta có:

$$\begin{cases} q(t = 0) = a_3 * 0 + a_2 * 0 + a_1 * 0 + a_0 = q_{1s} \\ \dot{q}(t = 0) = 3 * a_3 * 0 + 2 * a_2 * 0 + a_1 = \dot{q}_{1s} \end{cases}$$

Tại thời điểm xuất phát ($t = t$) ta có:

$$\begin{cases} q(t) = a_3 * t^3 + a_2 * t^2 + a_1 * t + a_0 = q_{1f} \\ \dot{q}(t) = 3 * a_3 * t^2 + 2 * a_2 * t + a_1 = \dot{q}_{1f} \end{cases}$$

Ta có 4 hệ phương trình bốn ẩn $a_3; a_2; a_1; a_0$

$$\begin{cases} a_3 * 0 + a_2 * 0 + a_1 * 0 + a_0 * 1 = q_{1s} \\ 3 * a_3 * 0 + 2 * a_2 * 0 + a_1 * 1 + a_0 * 0 = \dot{q}_{1s} \\ a_3 * t^3 + a_2 * t^2 + a_1 * t + a_0 * 1 = q_{1f} \\ 3 * a_3 * t^2 + 2 * a_2 * t + a_1 * 1 + a_0 * 0 = \dot{q}_{1f} \end{cases}$$

Tương ứng:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ t^3 & t^2 & t & 1 \\ 3 * t^2 & 2 * t & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_{1s} \\ \dot{q}_{1s} \\ q_{1f} \\ \dot{q}_{1f} \end{bmatrix}$$

Đặt:

$$T_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ t^3 & t^2 & t & 1 \\ 3 * t^2 & 2 * t & 1 & 0 \end{bmatrix}; A_1 = \begin{bmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{bmatrix}; Q_1 = \begin{bmatrix} q_{1s} \\ \dot{q}_{1s} \\ q_{1f} \\ \dot{q}_{1f} \end{bmatrix}$$

Ta có:

$$T_1 * A_1 = Q_1 \text{ hay } A_1 = T_1^{-1} * Q_1$$

+ Khớp q_2

Tại vị trí xuất phát của tay máy:

$$q = q_{2s} \text{ (rad)}, \dot{q} = \dot{q}_{2s} \text{ (rad/s)}$$

Tại vị trí kết thúc của tay máy:

$$q = q_{2f} \text{ (rad)}, \dot{q} = \dot{q}_{2f} \text{ (rad/s)}$$

Thời gian dịch chuyển của tay máy từ vị trí xuất phát đến vị trí kết thúc là t (s).

Bài Làm

Chọn quy luật chuyển động của khớp q_1 có dạng đa thức bậc 3 theo thời gian:

$$\begin{cases} q(t) = a_3 * t^3 + a_2 * t^2 + a_1 * t + a_0 \\ \dot{q}(t) = 3 * a_3 * t^2 + 2 * a_2 * t + a_1 \end{cases}$$

Tại thời điểm xuất phát ($t = 0$) ta có:

$$\begin{cases} q(t = 0) = a_3 * 0 + a_2 * 0 + a_1 * 0 + a_0 = q_{2s} \\ \dot{q}(t = 0) = 3 * a_3 * 0 + 2 * a_2 * 0 + a_1 = \dot{q}_{2s} \end{cases}$$

Tại thời điểm xuất phát ($t = t$) ta có:

$$\begin{cases} q(t) = a_3 * t^3 + a_2 * t^2 + a_1 * t + a_0 = q_{2f} \\ \dot{q}(t) = 3 * a_3 * t^2 + 2 * a_2 * t + a_1 = \dot{q}_{2f} \end{cases}$$

Ta có 4 hệ phương trình bốn ẩn $a_3; a_2; a_1; a_0$

$$\begin{cases} a_3 * 0 + a_2 * 0 + a_1 * 0 + a_0 * 1 = q_{2s} \\ 3 * a_3 * 0 + 2 * a_2 * 0 + a_1 * 1 + a_0 * 0 = \dot{q}_{2s} \\ a_3 * t^3 + a_2 * t^2 + a_1 * t + a_0 * 1 = q_{2f} \\ 3 * a_3 * t^2 + 2 * a_2 * t + a_1 * 1 + a_0 * 0 = \dot{q}_{2f} \end{cases}$$

Tương ứng :

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ t^3 & t^2 & t & 1 \\ 3 * t^2 & 2 * t & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_{2s} \\ \dot{q}_{2s} \\ q_{2f} \\ \dot{q}_{2f} \end{bmatrix}$$

Đặt :

$$T_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ t^3 & t^2 & t & 1 \\ 3 * t^2 & 2 * t & 1 & 0 \end{bmatrix}; A_2 = \begin{bmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{bmatrix}; Q_2 = \begin{bmatrix} q_{2s} \\ \dot{q}_{2s} \\ q_{2f} \\ \dot{q}_{2f} \end{bmatrix}$$

Ta có :

$$T_2 * A_2 = Q_2 \text{ hay } A_2 = T_2^{-1} * Q_2$$

+ Khớp q3

Tại vị trí xuất phát của tay máy:

$$q = q_{3s} \text{ (rad) , } \dot{q} = \dot{q}_{3s} \text{ (rad/s)}$$

Tại vị trí kết thúc của tay máy:

$$q = q_{3f} \text{ (rad) , } \dot{q} = \dot{q}_{3f} \text{ (rad/s)}$$

Thời gian dịch chuyển của tay máy từ vị trí xuất phát đến vị trí kết thúc là t (s).

Bài Làm

Chọn quy luật chuyển động của khớp q1 có dạng đa thức bậc 3 theo thời gian:

$$\begin{cases} q(t) = a_3 * t^3 + a_2 * t^2 + a_1 * t + a_0 \\ \dot{q}(t) = 3 * a_3 * t^2 + 2 * a_2 * t + a_1 \end{cases}$$

Tại thời điểm xuất phát (t = 0) ta có:

$$\begin{cases} q(t = 0) = a_3 * 0 + a_2 * 0 + a_1 * 0 + a_0 = q_{3s} \\ \dot{q}(t = 0) = 3 * a_3 * 0 + 2 * a_2 * 0 + a_1 = \dot{q}_{3s} \end{cases}$$

Tại thời điểm xuất phát (t = t) ta có:

$$\begin{cases} q(t) = a_3 * t^3 + a_2 * t^2 + a_1 * t + a_0 = q_{3f} \\ \dot{q}(t) = 3 * a_3 * t^2 + 2 * a_2 * t + a_1 = \dot{q}_{3f} \end{cases}$$

Ta có 4 hệ phương trình bốn ẩn a3; a2;a1;a0

$$\begin{cases} a_3 * 0 + a_2 * 0 + a_1 * 0 + a_0 * 1 = q_{3s} \\ 3 * a_3 * 0 + 2 * a_2 * 0 + a_1 * 1 + a_0 * 0 = \dot{q}_{3s} \\ a_3 * t^3 + a_2 * t^2 + a_1 * t + a_0 * 1 = q_{3f} \\ 3 * a_3 * t^2 + 2 * a_2 * t + a_1 * 1 + a_0 * 0 = \dot{q}_{3f} \end{cases}$$

Tương ứng :

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ t^3 & t^2 & t & 1 \\ 3 * t^2 & 2 * t & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_{3s} \\ \dot{q}_{3s} \\ q_{3f} \\ \dot{q}_{3f} \end{bmatrix}$$

Đặt :

Đặt :

$$T_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ t^3 & t^2 & t & 1 \\ 3 * t^2 & 2 * t & 1 & 0 \end{bmatrix}; A_3 = \begin{bmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{bmatrix}; Q_3 = \begin{bmatrix} q_{3s} \\ \dot{q}_{3s} \\ q_{3f} \\ \dot{q}_{3f} \end{bmatrix}$$

Ta có :

$$T_3 * A_3 = Q_3 \text{ hay } A_3 = T_3^{-1} * Q_3$$

Cho tay máy robot scara. Tay máy di chuyển từ A đến B trong khoảng thời gian $t=5s$; tại A, B robot đứng yên. Tại A: $q_1 = -2.1546 (rad)$, $q_2 = 1.4896 (rad)$, $q_3 = -35 (mm)$ tại B $q_1 = 1.3027(rad)$, $q_2 = 0.5861 (rad)$, $q_3 = -35 (mm)$.

Tìm quy luật chuyển động của các khớp q_1, q_2, q_3 ?

Giải

Xét khớp q_1 :

Tại vị trí xuất phát của tay máy:

$$q_{1s} = -2.1546 (rad), \dot{q}_{1s} = 0 (rad/s)$$

Tại vị trí kết thúc của tay máy:

$$q_{1f} = 1.3027 (rad), \dot{q}_{1f} = 0 (rad/s)$$

Chọn quy luật chuyển động của khớp q_1 có dạng đa thức bậc 3 theo thời gian:

$$\begin{cases} q(t) = a_3 * t^3 + a_2 * t^2 + a_1 * t + a_0 \\ \dot{q}(t) = 3 * a_3 * t^2 + 2 * a_2 * t + a_1 \end{cases}$$

Tại thời điểm xuất phát (t = 0) ta có:

$$\begin{cases} q(t = 0) = a_3 * 0 + a_2 * 0 + a_1 * 0 + a_0 = -2.1546 \\ \dot{q}(t = 0) = 3 * a_3 * 0 + 2 * a_2 * 0 + a_1 = 0 \end{cases}$$

Tại thời điểm xuất phát (t = 5) ta có:

$$\begin{cases} q(t) = a_3 * t^3 + a_2 * t^2 + a_1 * t + a_0 = 1.3027 \\ \dot{q}(t) = 3 * a_3 * t^2 + 2 * a_2 * t + a_1 = 0 \end{cases}$$

Ta có 4 hệ phương trình bốn ẩn $a_3; a_2; a_1; a_0$

$$\begin{cases} a_3 * 0 + a_2 * 0 + a_1 * 0 + a_0 * 1 = -2.1546 \\ 3 * a_3 * 0 + 2 * a_2 * 0 + a_1 * 1 + a_0 * 0 = 0 \\ a_3 * t^3 + a_2 * t^2 + a_1 * t + a_0 * 1 = 1.3027 \\ 3 * a_3 * t^2 + 2 * a_2 * t + a_1 * 1 + a_0 * 0 = 0 \end{cases}$$

Tương ứng :

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ t^3 & t^2 & t & 1 \\ 3 * t^2 & 2 * t & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2.1546 \\ 0 \\ 1.3027 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Đặt :

$$A_1 = \begin{bmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.0553 \\ 0.4149 \\ 0 \\ -2.1546 \end{bmatrix}$$

Suy ra được quy luật chuyển động khớp q_1 :

$$\begin{cases} q_1(t) = -0.0553 * t^3 + 0.4149 * t^2 - 2.1546 \text{ (rad)} \\ \dot{q}_1(t) = 3 * -0.0553 * t^2 + 2 * 0.4149 * t \text{ (rad/s)} \end{cases}$$

Xét khớp q_2 :

Tại vị trí xuất phát của tay máy:

$$q_{2s} = 1.4896 \text{ (rad)} , \dot{q}_{2s} = 0 \text{ (rad/s)}$$

Tại vị trí kết thúc của tay máy:

$$q_{2f} = 0.5361 \text{ (rad)} , \dot{q}_{2f} = 0 \text{ (rad/s)}$$

Chọn quy luật chuyển động của khớp q_2 có dạng đa thức bậc 3 theo thời gian:

$$\begin{cases} q(t) = a_3 * t^3 + a_2 * t^2 + a_1 * t + a_0 \\ \dot{q}(t) = 3 * a_3 * t^2 + 2 * a_2 * t + a_1 \end{cases}$$

Tại thời điểm xuất phát (t = 0) ta có:

$$\begin{cases} q(t = 0) = a_3 * 0 + a_2 * 0 + a_1 * 0 + a_0 = 1.4896 \\ \dot{q}(t = 0) = 3 * a_3 * 0 + 2 * a_2 * 0 + a_1 = 0 \end{cases}$$

Tại thời điểm xuất phát (t = 5) ta có:

$$\begin{cases} q(t) = a_3 * t^3 + a_2 * t^2 + a_1 * t + a_0 = 0.5361 \\ \dot{q}(t) = 3 * a_3 * t^2 + 2 * a_2 * t + a_1 = 0 \end{cases}$$

Ta có 4 hệ phương trình bốn ẩn $a_3; a_2; a_1; a_0$

$$\begin{cases} a_3 * 0 + a_2 * 0 + a_1 * 0 + a_0 * 1 = 1.4896 \\ 3 * a_3 * 0 + 2 * a_2 * 0 + a_1 * 1 + a_0 * 0 = 0 \\ a_3 * (5)^3 + a_2 * (5)^2 + a_1 * 5 + a_0 * 1 = 0.5361 \\ 3 * a_3 * 5^2 + 2 * a_2 * 5 + a_1 * 1 + a_0 * 0 = 0 \end{cases}$$

Tương ứng :

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ t^3 & t^2 & t & 1 \\ 3 * t^2 & 2 * t & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.4896 \\ 0 \\ 0.5361 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Đặt :

$$A_2 = \begin{bmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.0153 \\ -0.1144 \\ 0 \\ 1.4896 \end{bmatrix}$$

Suy ra được quy luật chuyển động khớp q_2 :

$$\begin{cases} q_2(t) = 0.0153 * t^3 - 0.1144 * t^2 + 1.4896 \text{ (rad)} \\ \dot{q}_2(t) = 3 * 0.0153 * t^2 + 2 * -0.1144 * t \text{ (rad/s)} \end{cases}$$

Xét khớp q_3 :

Tại vị trí xuất phát của tay máy:

$$q_{3s} = -35(\text{mm}), \dot{q}_{3s} = 0 \text{ (mm/s)}$$

Tại vị trí kết thúc của tay máy:

$$q_{3f} = -35 \text{ (mm)}, \dot{q}_{3f} = 0 \text{ (mm/s)}$$

Chọn quy luật chuyển động của khớp q_3 có dạng đa thức bậc 3 theo thời gian:

$$\begin{cases} q(t) = a_3 * t^3 + a_2 * t^2 + a_1 * t + a_0 \\ \dot{q}(t) = 3 * a_3 * t^2 + 2 * a_2 * t + a_1 \end{cases}$$

Tại thời điểm xuất phát (t = 0) ta có:

$$\begin{cases} q(t = 0) = a_3 * 0 + a_2 * 0 + a_1 * 0 + a_0 = -35 \\ \dot{q}(t = 0) = 3 * a_3 * 0 + 2 * a_2 * 0 + a_1 = 0 \end{cases}$$

Tại thời điểm xuất phát (t = 5) ta có:

$$\begin{cases} q(t) = a_3 * t^3 + a_2 * t^2 + a_1 * t + a_0 = -35 \\ \dot{q}(t) = 3 * a_3 * t^2 + 2 * a_2 * t + a_1 = 0 \end{cases}$$

Ta có 4 hệ phương trình bốn ẩn $a_3; a_2; a_1; a_0$

$$\begin{cases} a_3 * 0 + a_2 * 0 + a_1 * 0 + a_0 * 1 = -35 \\ 3 * a_3 * 0 + 2 * a_2 * 0 + a_1 * 1 + a_0 * 0 = 0 \\ a_3 * (5)^3 + a_2 * (5)^2 + a_1 * 5 + a_0 * 1 = -35 \\ 3 * a_3 * 5^2 + 2 * a_2 * 5 + a_1 * 1 + a_0 * 0 = 0 \end{cases}$$

Tương ứng :

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ t^3 & t^2 & t & 1 \\ 3 * t^2 & 2 * t & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -35 \\ 0 \\ -35 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Đặt :

$$A_3 = \begin{bmatrix} a_3 \\ a_2 \\ a_1 \\ a_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -35 \end{bmatrix}$$

Suy ra được quy luật chuyển động khớp q_3 :

$$\begin{cases} q_3(t) = -35(mm) \\ \dot{q}_3(t) = 0 (mm/s) \end{cases}$$

7.3 Tính toán/phân tích/thiết kế

Thiết kế hệ dẫn động Robot

Giới thiệu một số hệ dẫn động hay dùng trong robot công nghiệp

Có rất nhiều loại hộp giảm tốc được sử dụng trong thiết kế robot công nghiệp, phụ thuộc vào yêu cầu kỹ thuật, mục đích ứng dụng của robot ta có thể chọn được một hộp giảm tốc phù hợp. dưới đây là các hộp giảm tốc thông dụng trong thiết kế robot và đặc điểm ứng dụng cơ bản của chúng

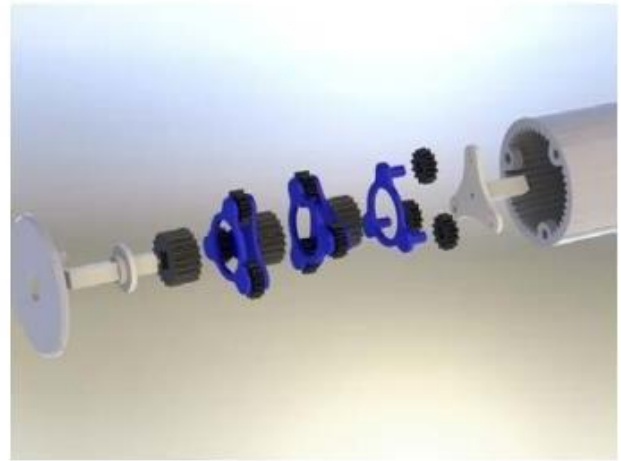
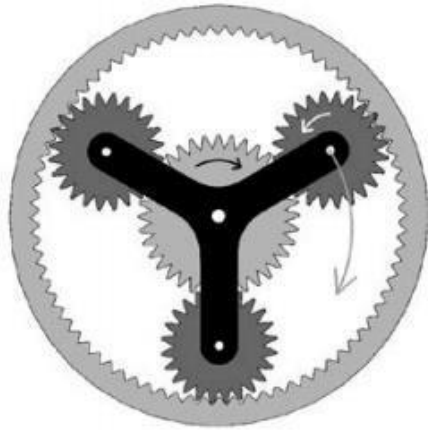
Hộp giảm tốc bánh răng trụ



Hình 2.6 Bộ truyền bánh răng trụ

Hộp giảm tốc bánh răng trụ có hiệu suất truyền không cao, có tỉ số kích thước trên tỉ số truyền lớn, độ chính xác không cao, tỉ số truyền thấp, trong các robot có yêu cầu kết cấu nhỏ, độ chính xác cao thường không sử dụng. Tuy nhiên với ưu điểm kết cấu cơ khí đơn giản, giá thành rẻ và phổ biến trên thị trường có khả năng làm việc với phạm vi vận tốc và tải trọng rộng nên bộ truyền bánh răng trụ vẫn được dùng phổ biến cho các tay máy công nghiệp.

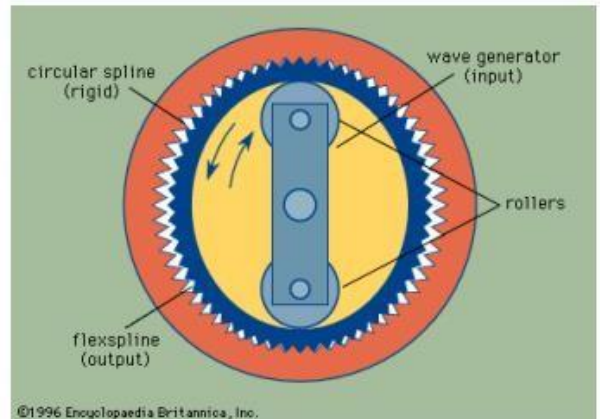
Hộp giảm tốc bánh răng hành tinh



Hình 2.7. Bộ truyền hành tinh

Bộ truyền hành tinh bao gồm các bánh răng trung tâm, cần mang trục, các bánh vệ tinh. Bộ truyền hành tinh có nhiều ưu điểm như kết cấu đơn giản, nhỏ gọn, độ chính xác cao, hiệu suất cao, quán tính nhỏ, tùy vào kết cấu mà có dải tỷ số truyền từ một tới hàng trăm lần

Bộ truyền bánh răng song



Hình 2.8. Bộ truyền bánh răng song

Bộ truyền bánh răng song có nhiều ưu điểm như độ chính xác cơ khí lắp lại cao, momen xoắn truyền lớn, hệ số giảm tốc cao từ 50 : 1 cho tới 320 : 1, kết cấu đồng trục. Loại bộ truyền này có kết cấu phức tạp, khó chế tạo nên giá thành cao tuy nhiên vẫn được ứng dụng rộng rãi cho robot.

Tính toán hệ dẫn động

Trong bài tập lớn này chúng em lựa chọn loại truyền động đai răng 2 cấp cho tất cả các khớp.

Hệ dẫn động thiết kế gồm 1 động cơ step nối với bộ truyền đai rang 2 cấp qua 1 puli răng nối với trục của khớp.

Ở tất cả các hệ dẫn động của các khớp ta đều chọn tỉ số truyền là 4 ta có

$$u_{sb} = u_{br} = 16$$

Hiệu suất của hệ dẫn động là:

$$\eta = \eta_{br} \cdot \eta_{kn} \cdot \eta_{ol}^2$$

trong đó:

hiệu suất bộ truyền bánh răng trụ răng thẳng 1 cấp là $\eta_{br} = 0,95$ hiệu suất ổ lăn :
 $\eta_{ol} = 0,99$

Tra từ bảng 2.3 tr 19 sách trịnh chất tập 1

$$\eta = \eta_{br} \cdot \eta_{kn} \cdot \eta_{ol}^2 = 0,95 \cdot 0,99^2 \cdot 1 = 0,93$$

2.5.1.1 Tính chọn động cơ cho khớp 1

Công suất làm việc

Từ phương trình mômen theo thời gian đã xác lập phân tích học ta tìm được mômen lớn nhất $M1 = 1,1$ lấy làm tròn

$$P_{lv1} = \frac{M_1 \cdot \omega_1}{1000} = \frac{M_1 \cdot \omega_1 \cdot n_1}{1000 \cdot 60} = \frac{78,4 \cdot 30 \cdot 2\pi}{60 \cdot 1000} = 3,46 \cdot 10^3 \text{ (Kw)}$$

Công suất cần thiết trên trục động cơ

$$P_{yc1} = \frac{P_{lv1}}{\eta} = \frac{0,25}{0,93} / 4 = 3,72 \cdot 10^{-3} \text{ kw}$$

Số vòng quay trên trục công tác

Chọn số vòng quay lớn nhất của khớp 1 là 30 ^{vòng / phút}

Số vòng quay trên trục động cơ

$$n_{sb1} = n_{lv1} \cdot u_{sb1} = 30 \cdot 16 = 480 \text{ vòng / phút}$$

Chọn động cơ :

Chọn động cơ phải thỏa mãn điều kiện:

$$n_{đc} \sim n_{sb1} = 480 \text{ vòng / phút}$$

$$P_{dc1} \geq P_{ct1} = 3,72 \cdot 10^{-3} \text{ kw}$$

Tính chọn động cơ cho khớp 2

Công suất làm việc

Từ phương trình mômen theo thời gian đã xác lập phần tĩnh học ta tìm được mômen lớn nhất

$$M_2 = 0.0714$$

$$N = 30$$

$$P_{lv2} = \frac{M_2 \cdot \omega_2}{1000} = \frac{M_2 \cdot \omega_2 \cdot n_2}{1000 \cdot 60} = \frac{7,21 \cdot 30 \cdot 2\pi}{60 \cdot 1000} = 3,24 \cdot 10^{-4} \text{ (Kw)}$$

Công suất cần thiết trên trục động cơ

$$P_{yc2} = \frac{P_{lv2}}{\eta} = \frac{0.023}{0,93} = 3,41 \cdot 10^{-4} \text{ (Kw)}$$

Vòng quay trên trục công tác

Chọn số vòng quay lớn nhất của khớp 2 là 30 *vòng / phút*

Số vòng quay trên trục động cơ

$$n_{sb2} = n_{lv2} \cdot n_{sb2} = 30 \cdot 16 = 480 \text{ (v / ph)}$$

Chọn động cơ

Chọn động cơ phải thỏa mãn điều kiện:

$$n_{dc2} \sim n_{sb2} = 480 \text{ vòng / phút}$$

$$P_{dc2} \geq P_{ct2} = 3,41 \cdot 10^{-4} \text{ kw}$$

Chọn động cơ

Theo catalog của hãng Stepperonline ta chọn được loại động cơ cần thiết:

nema-23 với một số thông số cơ bản sau:

Đặc điểm kỹ thuật điện

Mã sản phẩm của nhà sản xuất: 23HE22-2804S

Số pha: 2

Góc bước: 1,8 độ

Mô-men xoắn giữ: 1,26 Nm(178,4oz.in)

Faculty of Mechanical Engineering and Mechatronics

Dòng định mức/pha: 2,8 A

Điện trở pha: 0,9 ohms \pm 10%

Điện cảm: 2,5 mH \pm 20%(1KHz)

Đặc điểm kỹ thuật vật lý

Kích thước khung hình: 57 x 57 mm

Chiều dài cơ thể: 56 mm

Đường kính trục: Φ 6,35 mm

Chiều dài trục: 21 mm

Chiều dài cắt chữ D: 15 mm

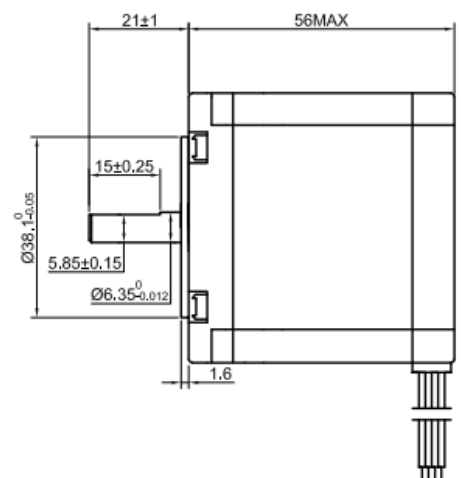
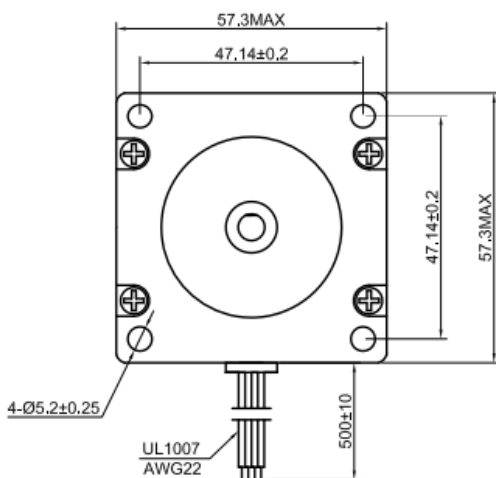
Số lượng khách hàng tiềm năng: 4

Chiều dài chì: 300 mm


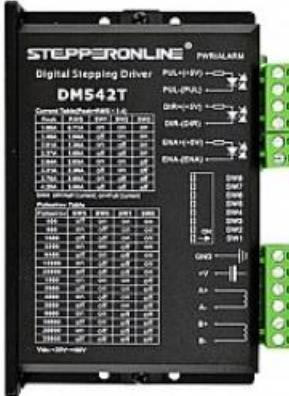
Cân nặng: 0,7kg

Sự liên quan

A+	MỘT-	B+	B-
BLK	GRN	MÀU ĐỎ	BLU



Thông số kích thước

STEPPER DRIVER		
Model	DM542T(V4.0)	DM542T(V2.3)
PIC		
Control Signal Voltage	5 / 24V selector on the top of driver, factory setting is 24V	5V, need to connect 2KΩ resistances if using 24V (PLC)
Digital Output	Alarm output	None
Connector	Input Signals: 6pin@3.81mm Output Signals: 2pin@3.81mm Power & Motor: 6pin@5mm	Input Signals: 4+2 pin@5mm Power & Motor: 6pin@5mm
Output Current Setting	DIP switches SW1-SW3, Max 4.5A	DIP switches SW1-SW3, Max 4.2A

Thông số chi tiết được giới thiệu ở phần điện

Thiết kế bộ truyền đai răng cho khớp 1

Công suất trên các trục

Công suất trên trục công tác $P_{ra} = 3,72 \cdot 10^{-3}$ (kw)

$$P_{II} = \frac{P_{ra}}{\eta_{ol}} = \frac{0,023}{0,99} = 0,0232 \text{ (kw)}$$

Công suất trên trục trung gian 1

$$P_I = \frac{P_{II}}{\eta_{br}} = \frac{0,0232}{0,95} = 0,0244 \text{ (kw)}$$

trục I = $\eta_{ol} \cdot \eta_{br} = 0,99 \cdot 0,95 = 0,9405$ $P_I = 4 \cdot 10^{-3}$ (kw)

Tốc độ quay trên các trục

Tốc độ quay trên trục động cơ $ndc = 480$ (vg / ph)

Tốc độ quay trên trục trung gian I $n_1 = n_{dc} = 120$ (vg / ph) Tốc độ quay trên trục công tác $n_{II} = \frac{n_1}{u} = 30$ (vg / ph)

Momen trên các trục:

Momen xoắn trên trục động cơ:

$$T_{dc} = 9,55 \times 10^6 \times \frac{P_{dc}}{n_{dc}} = 9,55 \times 10^6 \times \frac{4,953}{960} = 49272,03 (Nmm)$$

Momen xoắn trên trục I

$$T_1 = 9,55 \times 10^6 \times \frac{P_1}{n_1} = 9,55 \times 10^6 \times \frac{4,855}{960} = 48297,13542 (Nmm)$$

Momen xoắn trên trục II

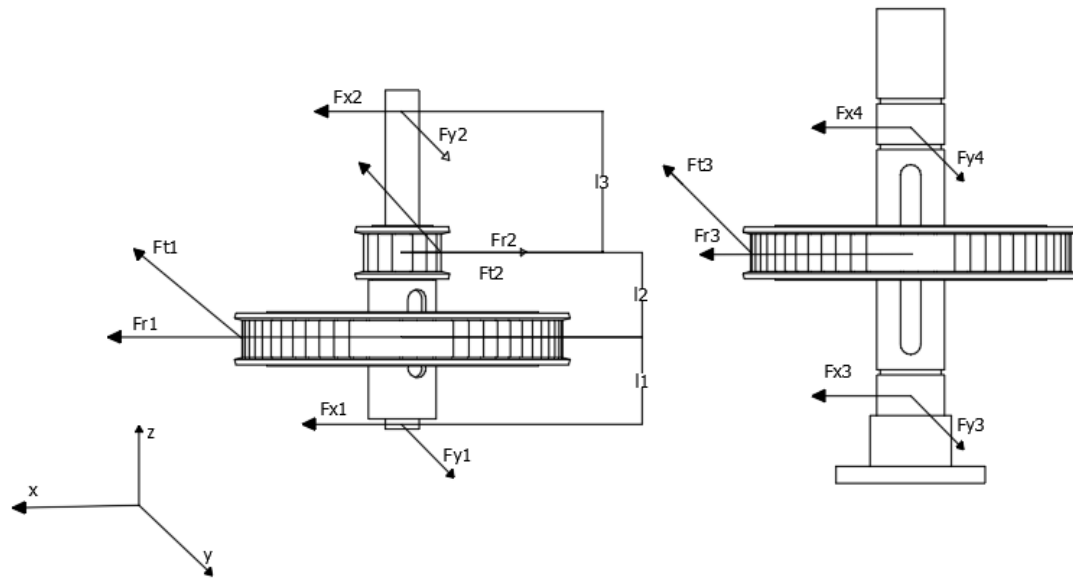
$$T_2 = 9,55 \times 10^6 \times \frac{P_2}{n_2} = 9,55 \times 10^6 \times \frac{4,614}{240} = 183598,75 (Nmm)$$

	Động cơ	Trục I	Trục II	Công tác
Tỷ số truyền	ukn = 1		ubr = 4	uct = 1
Công suất (KW)	0,3	0,025	0,0232	0,023
Số vòng quay (v/ph)	480	120	30	30
Momen xoắn (Nmm)	23875	1990	7385	7322

7.3.1 Sơ đồ lực tác dụng lên các trục

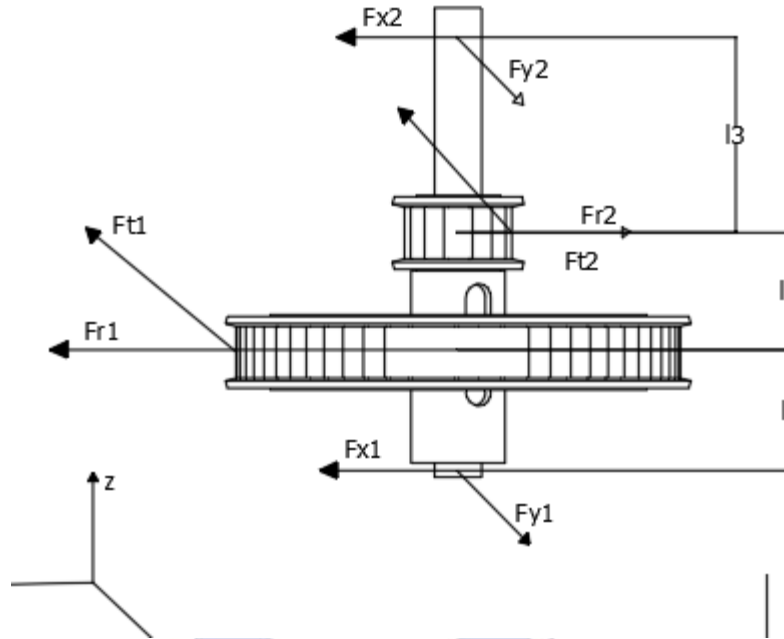


Hình 17: Hình 3D trục I và trục II

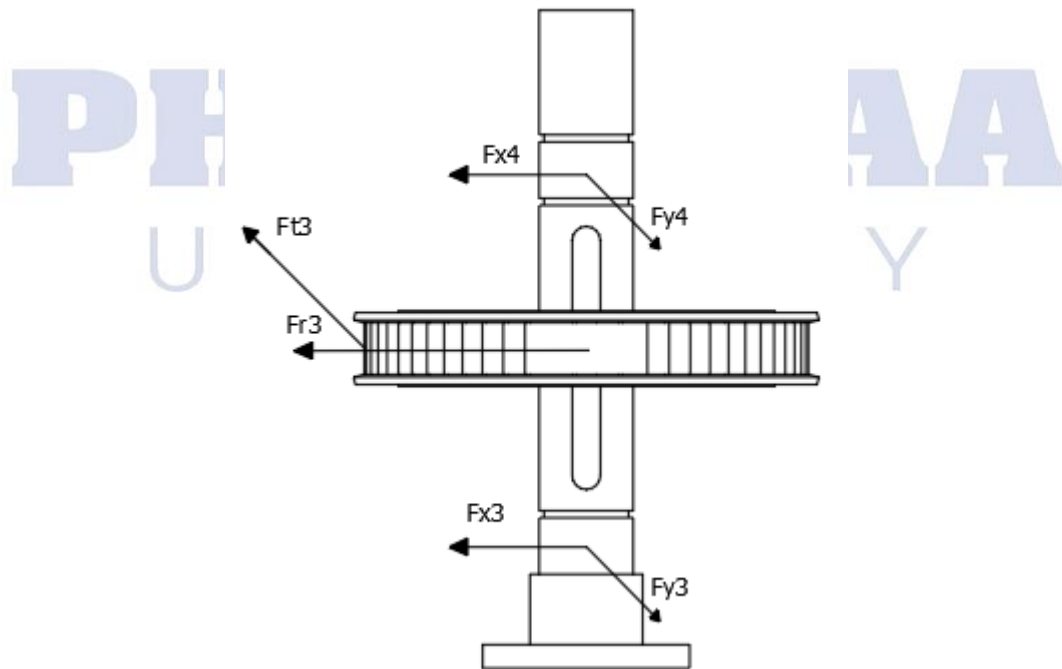


Hình 18: Biểu diễn lực trên trục I và trục II

7.3.2 Sơ đồ lực tác dụng lên từng trục



Hình 19: Biểu diễn lực trên trục I



Hình 20: Biểu diễn lực trên trục II

7.3.3 Giá trị lực từ các chi tiết, bộ truyền tác dụng lên trục
Trên mỗi bánh răng có 2 thành phần lực:

- Lực vòng

- Lực hướng tâm

Các lực vòng, lực hướng tâm của bộ truyền đai răng trong hộp:

Lực hướng tâm luôn hướng theo bánh còn lại.

Áp dụng công thức 10.1, T184, [1], ta có:

- Lực vòng: $F_{t1} = \frac{2T_1}{d_{w1}} = \frac{2 \times 298,4}{47} = 12,7 \text{ N}$

$$F_{t2} = \frac{2T_1}{d_{w2}} = \frac{2 \times 298,4}{12} = 49,7 \text{ N}$$

$$F_{t3} = \frac{2T_2}{d_{w3}} = \frac{2 \times 1184,2}{47} = 50,4 \text{ N}$$

- Lực hướng tâm:

$$F_{r1} = 1 \cdot F_{t1} = 12,7 \text{ N}$$

$$F_{r2} = 1 \cdot F_{t2} = 49,7 \text{ N}$$

$$F_{r3} = 1 \cdot F_{t3} = 50,4 \text{ N}$$

7.4. Thiết kế sơ bộ trục

7.4.1 Chọn vật liệu chế tạo trục

Ở các chi tiết quan trọng, hộp giảm tốc, hộp tốc độ...khi chịu tải trọng trung bình, thường dùng thép 45 đem đi thường hóa hoặc tôi cải thiện, hoặc thép 40X để chế tạo trục.

Ta chọn thép C45 tôi cải thiện có: $\sigma_b = 750 \text{ Mpa}$, $\sigma_{ch} = 450 \text{ Mpa}$ và ứng suất xoắn cho phép: $[\tau] = 15 \dots 30 \text{ Mpa}$

7.4.2 Tính sơ bộ đường kính trục I và II

Trục I:

Với: $P_1 = 3,75 \cdot 10^{-3} \text{ kW}$, $n_1 = 120 \text{ vg/ph}$, $T_1 = 298,4 \text{ Nmm}$.

Dùng công thức 10.9, T188, [1]: Ta có:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{T_1}{0,2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{298,4}{0,2 \times (15 \dots 30)}} = 3,6 \dots 4,6$$

\Rightarrow Chọn $d_1 = 5 \text{ mm} \Rightarrow b_{01} = 12 \text{ mm}$ (Chiều rộng ổ lăn, B10.2, T189, [1]).

Trục II:

Với: $P_2 = 3,72 \cdot 10^{-3} \text{ kW}$, $n_2 = 30 \text{ vg/ph}$, $T_2 = 1184,2 \text{ Nmm}$.

Dùng công thức 10.9, T188, [1]: Ta có:

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{T_2}{0.2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{1184,2}{0.2 \times (15 \dots 30)}} = 5,8 \dots 7,4$$

=> Chọn $d_2 = 20 \text{ mm}$ => $b_{02} = 12 \text{ mm}$ (Chiều rộng ổ lăn, B10.2, T189, [1]).

7.5 Chỉ tiêu tính toán trục

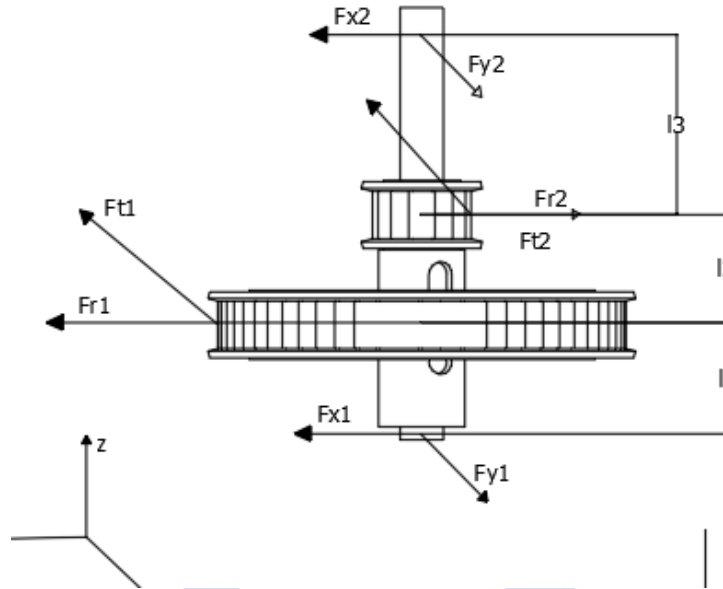
Ứng suất uốn σ_u do các lực F_x / F_y hay M_x / M_y gây ra

Ứng suất xoắn τ do momen xoắn T gây ra



7.6. Tính và chọn đường kính các đoạn trục trên các trục

7.6.1 Tính thiết kế trục I



Hình 21: Tính thiết kế trục I

a) Tính phản lực

Giả sử phương chiều lực tác dụng như hình vẽ

$l_1 = 25 \text{ mm}$, $l_2 = 25 \text{ mm}$, $l_3 = 40 \text{ mm}$

Lực từ chi tiết quay tác dụng lên trục:

– Theo phương xOz:

$$\sum F_x = 0 \Leftrightarrow F_{x1} + F_{r1} - F_{r2} + F_{x2} = 0 \quad (1)$$

$$\sum M_{y1} = 0 \Leftrightarrow F_{x2} \cdot 90 - F_{r2} \cdot 50 + F_{r1} \times 25 = 0$$

$$\Leftrightarrow F_{x2} = -24 \text{ N}$$

Thay vào (1) ta được

$$\Leftrightarrow F_{x1} = -F_{x2} = 24 \text{ N}$$

Vậy F_{x1} , cùng chiều với chiều chọn ban đầu

Vậy F_{x2} , ngược chiều với chiều chọn ban đầu

– Theo phương yOz:

$$\sum F_y = 0 \Leftrightarrow F_{y1} - F_{t1} - F_{t2} + F_{y2} = 0 \quad (2)$$

$$\sum M_x = 0 \Leftrightarrow F_{t1} \cdot 25 + F_{t2} \cdot 50 - F_{y2} \cdot 90 = 0$$

$$\Leftrightarrow F_{y2} = 17,25 \text{ N}$$

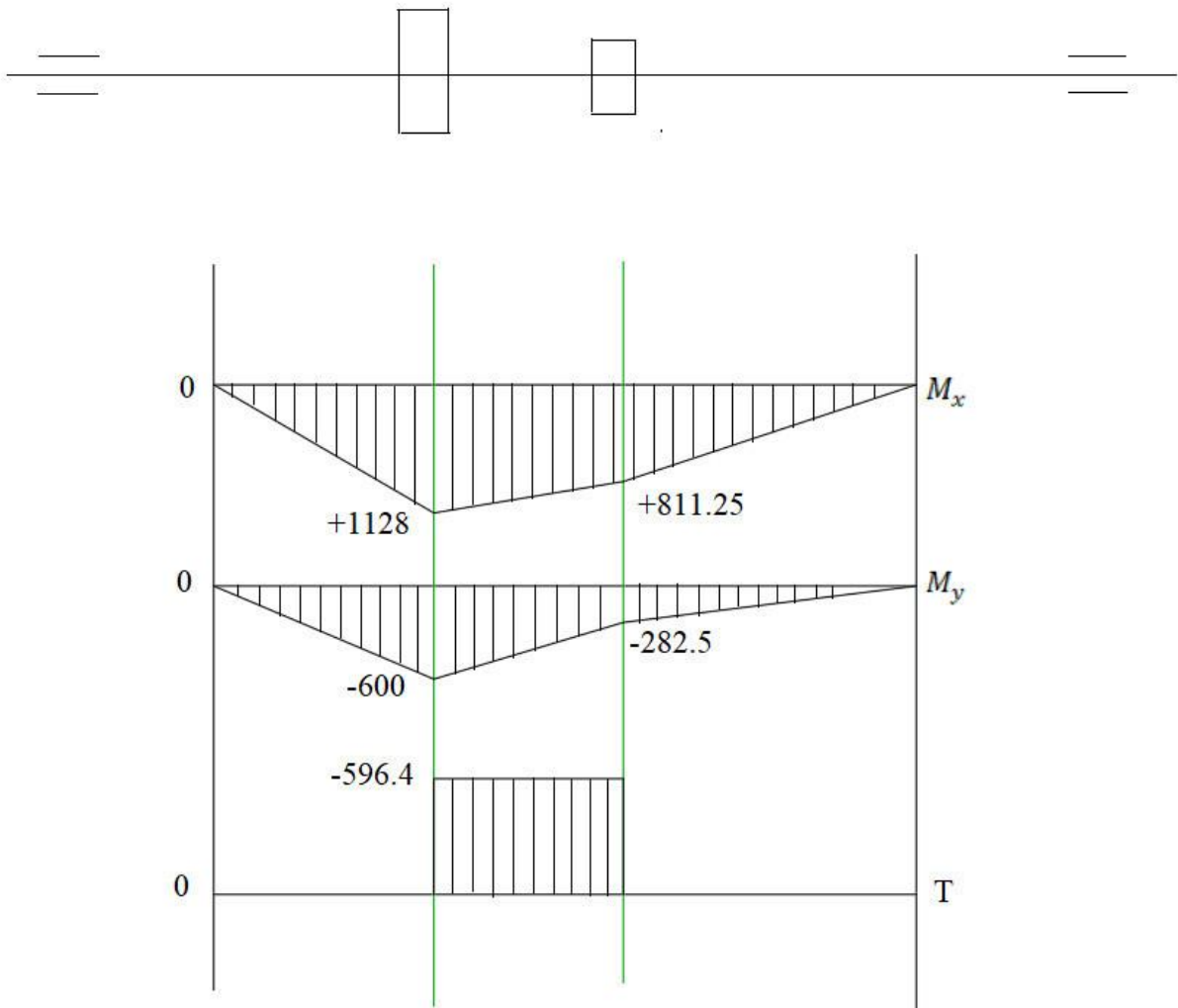
Thay vào (2) ta được

$$\Leftrightarrow F_{y1} = -45,15 \text{ N}$$

Vậy F_{y1} , cùng chiều với chiều chọn ban đầu

Vậy F_{y2} , ngược chiều với chiều chọn ban đầu

b) Vẽ biểu đồ momen



Hình 22: Biểu đồ Momen và kết cấu trục I

c) Tính momen uốn, momen tương đương và đường kính các đoạn trục

Mômem uốn tổng M_j và mômem tương đương M_{tdj} ứng với các tiết diện j được tính theo công thức:

$$M_j = \sqrt{M_{xj}^2 + M_{yj}^2}$$

$$M_{tdj} = \sqrt{M_j^2 + 0,75 \cdot T_j^2}$$

$$d_j = \sqrt[3]{\frac{M_{tdj}}{0,1 \cdot [\sigma]}} \text{ (mm)}$$

Trong đó:

M_j, M_{tdj}, d_j - lần lượt là mômen uốn tổng, mômen tương đương, đường kính trục tại các tiết diện j trên chiều dài trục.

M_{yj}, M_{xj} - mômen uốn trong mặt phẳng yOx và xOz tại các tiết diện thứ j .

$[\sigma]$ - mômen uốn cho phép chế tạo trục, tra bảng 10.5, [1] có $[\sigma] = 63$ (MPa)

- Tại tiết diện ở lăn 1-0 :

$$+ M_{y10} = 0 \text{ (N.mm)}$$

$$+ M_{x10} = 0 \text{ (N.mm)}$$

$$+ T_1 = 0 \text{ (N.mm)}$$

$$M_{10} = 0 \text{ (N.mm)}$$

$$M_{td10} = 0$$

$$d_{10} = \sqrt[3]{\frac{M_{td10}}{0,1 \times [\sigma]}} = 0 \text{ (mm)}$$

- Tiết diện tại puli răng 1-3 :

$$+ M_{y13} = -600 \text{ (N.mm)}$$

$$+ M_{x13} = 1128 \text{ (N.mm)}$$

$$+ M_{13} = \sqrt{M_{x13}^2 + M_{y13}^2} = \sqrt{-600^2 + 1128^2}$$

$$= 1277,6 \text{ (N.mm)}$$

$$+ M_{td13} = \sqrt{M_{13}^2 + 0,75 \times T_1^2} = \sqrt{1277,6^2 + 0,75 \times 298,4^2}$$

$$= 1303,5 \text{ (N.mm)}$$

$$+ d_{13} = \sqrt[3]{\frac{M_{td13}}{0,1 \times [\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{1303,5}{0,1 \times 63}} = 5,9 \text{ (mm)}$$

- Tiết diện tại puli răng 1-4 :

$$+M_{y14} = -282,5 \text{ (N.mm)}$$

$$+M_{x14} = 811,25 \text{ (N.mm)}$$

$$+M_{13} = \sqrt{M_{x13}^2 + M_{y13}^2} = \sqrt{-282,5^2 + 811,25^2} = 859 \text{ (N.mm)}$$

$$+M_{td13} = \sqrt{M_{13}^2 + 0.75 \times T_1^2} = \sqrt{859^2 + 0.75 \times 298,4^2} \\ = 897 \text{ (N.mm)}$$

$$+d_{13} = \sqrt[3]{\frac{M_{td13}}{0.1 \times [\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{1303,5}{0.1 \times 63}} = 5,2 \text{ (mm)}$$

Ta chọn đường kính trục theo tiêu chuẩn để đảm bảo điều kiện lắp ghép, vậy ta chọn được:

$$d_{10} = 10 \text{ mm}$$

$$d_{13} = 20 \text{ mm}$$

$$d_{14} = 10 \text{ mm}$$

d) Tính chọn then

Với đường kính chỗ lắp then tiết diện puli 1-3 $d = 20 \text{ (mm)}$ tra Bảng 9.1a (trang 173) [1] ta được:

– Kích thước tiết diện then: $b = 6, h = 6$

– Chiều sâu rãnh then: $t_1 = 3,5, t_2 = 2,8$

Với đường kính chỗ lắp then tiết diện puli 1-4 $d = 10$ tra Bảng 9.1a (trang 173) [1] ta được:

– Kích thước tiết diện then: $b = 3, h = 3$

– Chiều sâu rãnh then: $t_1 = 1,8, t_2 = 1,4$

➤ Chiều dài then theo tiết diện chứa Puli 1-3:

$$l_{t1} = (0.8 \dots 0.9) \cdot l_{m13} = (0.8 \dots 0.9) \times 25 = 20 \dots 22,5$$

$$\Rightarrow \text{chọn } l_{t1} = 20 \text{ mm}$$

Chiều dài then theo tiết diện chứa Puli 1-4:

$$l_{t2} = (0.8 \dots 0.9) \cdot l_{m14} = (0.8 \dots 0.9) \times 25 = 20 \dots 22,5$$

$$\Rightarrow \text{chọn } l_{t2} = 20 \text{ mm}$$

➤ Kiểm tra độ bền của then: theo công thức 9.1 và 9.2 trang 173 [1]

Điều kiện kiểm nghiệm: $\begin{cases} \sigma_d = \frac{2T}{d.l_t.(h-t_1)} \leq [\sigma_d] \\ \tau_c = \frac{2.T}{d.l_t.b} \leq [\tau_c] \end{cases}$, trong đó:

σ_d $[\sigma_d]$ - Ứng suất dập và ứng suất dập cho phép: $[\sigma_d] = 100$ (MPa)

τ_c $[\tau_c]$ - Ứng suất cắt và ứng suất cắt cho phép: $[\tau_c] = 40...60$ (MPa)

-Kiểm tra độ bền dập trên mặt tiếp xúc giữa trục và then của bánh răng nhỏ. Thay số vào 2 công thức trên ta được :

$$\begin{cases} \sigma_d = \frac{2.T}{d.l_{t1}.(h-t_1)} = \frac{2 \times 298,4}{20 \times 20 \times (6 - 3,5)} = 0,59 \text{ (MPa)} \leq [\sigma_d] = 100 \text{ (MPa)} \\ \tau_c = \frac{2.T}{d.l_{t1}.b} = \frac{2 \times 298,4}{20 \times 20 \times 6} = 0,25 \text{ (MPa)} \leq [\tau_c] = 40...60 \text{ (MPa)} \end{cases}$$

=> Thỏa mãn điều kiện dập và điều kiện cắt trên mặt tiếp xúc giữa then với mayo và trục. Vậy chọn then đảm bảo yêu cầu

-Kiểm tra độ bền dập trên mặt tiếp xúc giữa trục và then của Puli 1-4. Thay số vào 2 công thức trên ta được :

$$\begin{cases} \sigma_d = \frac{2.T}{d.l_{t2}.(h-t_1)} = \frac{2 \times 298,4}{10 \times 20 \times (3 - 1,8)} = 2,4 \text{ (MPa)} \leq [\sigma_d] = 100 \text{ (MPa)} \\ \tau_c = \frac{2.T}{d.l_{t2}.b} = \frac{2 \times 25060.28}{10 \times 20 \times 3} = 1 \text{ (MPa)} \leq [\tau_c] = 40...60 \text{ (MPa)} \end{cases}$$

=> Thỏa mãn điều kiện dập và điều kiện cắt trên mặt tiếp xúc giữa then với mayo và trục. Vậy chọn then đảm bảo yêu cầu

e) Tính kiểm nghiệm độ bền

Kiểm nghiệm trục

Với thép 45 có: $\sigma_b = 750$ (MPa)

$$\sigma_{-1} = 0.436 . \sigma_b = 0.436 \times 750 = 327 \text{ (MPa)}$$

$$\tau_{-1} = 0.58 . \sigma_{-1} = 0.58 \times 327 = 186.66 \text{ (MPa)}$$

Với σ_{-1} và τ_{-1} là giới hạn mỏi uốn và xoắn ứng với chu kỳ đối xứng và theo bảng 10.7 tr.197 [1] ta có : $\Psi_\sigma = 0,1$ (MPa), $\Psi_\tau = 0,05$ (MPa)

Các trục trong hộp giảm tốc đều quay, ứng suất thay đổi theo chu kì đối xứng, ta có:

$$\tau_{aj} = \tau_{\max j} = \frac{M_j}{W_j} \text{ và } \sigma_{mj} = 0; \text{ với } W_j = \frac{\pi.d_j^3}{32} - \frac{b.t_1.(d_j - t_1)^2}{2.d_j} \text{ (trục có một rãnh then)}$$

Nên: $\sigma_{aj} = \sigma_{maxj} = \frac{M_j}{W_j} = \frac{M_j}{\frac{\pi \cdot d_j^3}{32} - \frac{b \cdot t_1 \cdot (d_j - t_1)^2}{2 \cdot d_j}}$

Trục quay một chiều nên ứng suất xoắn thay đổi theo chu kỳ mạch động, ta có:

$$\tau_{mj} = \tau_{aj} = \frac{\tau_{maxj}}{2} = \frac{T_j}{2 \cdot W_{0j}}; \text{ với } W_{0j} = \frac{\pi \cdot d_j^3}{16} - \frac{b \cdot t_1 \cdot (d_j - t_1)^2}{2 \cdot d_j}$$

$$\rightarrow \tau_{mj} = \tau_{aj} = \frac{\tau_{maxj}}{2} = \frac{T_j}{2 \cdot W_{0j}} = \frac{T_j}{2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_j^3}{16} - \frac{b \cdot t_1 \cdot (d_j - t_1)^2}{2 \cdot d_j} \right)}$$

Với W_{0j} và w_j là mô men cản xoắn và cản uốn tại tiết diện thứ j của trục

Xác định hệ số an toàn tại các tiết diện nguy hiểm của trục:

Dựa vào biểu đồ mômen uốn và mômen xoắn trên trục I ta thấy các tiết diện nguy hiểm là tiết diện lắp bánh răng 3 và tiết diện lắp ổ lăn 1. Kết cấu trục vừa thiết kế đảm bảo độ bền mỏi nếu hệ số an toàn tại các tiết diện nguy hiểm đó thỏa mãn điều kiện sau:

$$s = \frac{s_\sigma \cdot s_\tau}{\sqrt{s_\sigma^2 + s_\tau^2}} \geq [s]$$

Trong đó:

$[s]$ là hệ số an toàn cho phép, $[s] = 1,5 \dots 2,5$

s_σ, s_τ là hệ số an toàn chỉ xét riêng cho trường hợp ứng suất pháp hoặc ứng suất tiếp, được tính theo công thức sau:

Hệ số an toàn tính riêng về ứng suất uốn là: $s_{\sigma j} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma dj} \cdot \sigma_{aj} + \psi_\sigma \cdot \sigma_{mj}}$

Hệ số an toàn tính riêng về ứng suất xoắn là: $s_{\tau j} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau dj} \cdot \tau_{aj} + \psi_\tau \cdot \tau_{mj}}$

Trong đó:

σ_{-1}, τ_{-1} là giới hạn mỏi uốn và xoắn với chu kỳ đối xứng

σ_{aj}, τ_{aj} và δ_{mj}, τ_{mj} là biên độ và trị số trung bình của ứng suất pháp và ứng suất tiếp tại tiết diện xét

Chọn sơ bộ kiểu lắp H6 theo bảng 10.11 tr.198 [1] ta có:

$$\frac{K_\sigma}{\varepsilon_\sigma} = 2,54 \quad ; \quad \frac{K_\tau}{\varepsilon_\tau} = 1,92$$

Ứng suất uốn biên: $\sigma_a = \frac{M}{W_u}$; Ứng suất xoắn biên: $\tau_a = \frac{M_0}{2 \cdot W_x}$

$\beta = 1$ - hệ số bề mặt

$\begin{cases} \psi_\sigma = 0,1 \\ \psi_\tau = 0,05 \end{cases}$ tra bảng 10.7, trang 197 [1] với $\sigma_b = 750(MPa)$

$K_{\sigma dj}, K_{\tau dj}$ là các hệ số được xác định theo công thức:

$$K_{\sigma dj} = \left(\frac{K_\sigma}{\varepsilon_\sigma} + K_x - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_x}$$

$$K_{\tau dj} = \left(\frac{K_\tau}{\varepsilon_\tau} + K_x - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_y}$$

Trong đó:

K_x, K_y lần lượt là hệ số tập trung ứng suất do trạng thái bề mặt về hệ số tăng bền bề mặt. Tra bảng 10.8, trang 197 [1] ta được: $K_x = 1,1 ; K_y = 1$

Tại thiết diện lắp ổ lăn 1-0:

Các thông số như sau:

Đường kính thiết diện: 10 mm

b x h: 0

$t_1: 0$

$$\Rightarrow W_{10} = \frac{\pi d_{1-0}^3}{32} - \frac{b_{1-0} t_1 (d_{1-0} - t_1)^2}{2 \cdot d_{1-0}} = \frac{\pi \times 10^3}{32} - \frac{3 \times 1,8 \times (10 - 1,8)}{2 \times 10} = 95,9(mm^3)$$

$$\Rightarrow W_{010} = \frac{\pi d_{1-0}^3}{16} - \frac{b_{1-0} t_1 (d_{1-0} - t_1)^2}{2 \cdot d_{1-0}} = \frac{\pi \cdot 10^3}{16} - \frac{0,3 \times 1,8 \times (10 - 1,8)}{2 \times 10} = 194(mm^3)$$

$$\Rightarrow \sigma_{a10} = \frac{M t d_{10}}{W_{10}} = \frac{0}{95,9} = 0 (MPa)$$

$$\Rightarrow \tau_{a10} = \frac{T_{10}}{2W_{010}} = \frac{298,4}{2 \times 194} = 0,78 (MPa)$$

Kiểm nghiệm hệ số an toàn s:

$$\Rightarrow K_{\sigma d10} = \left(\frac{K_\sigma}{\varepsilon_\sigma} + K_x - 1 \right) \frac{1}{K_y} = (2,54 + 1,1 - 1) \times 1 = 2,64$$

$$\Rightarrow K_{\tau d10} = \left(\frac{K_\tau}{\varepsilon_\tau} + K_x - 1 \right) \frac{1}{K_y} = (1,92 + 1,1 - 1) \times 1 = 2,02$$

$$\Rightarrow S_{\sigma 10} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma d10} \cdot \sigma_{a10} + \psi_\sigma \cdot \sigma_{m10}} = \frac{327}{2,64 \times 29,29 + 0,1 \times 0} = 4,23$$

$$\Rightarrow S_{\tau 10} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau d10} \cdot \tau_{a10} + \psi_\tau \cdot \tau_{m10}} = \frac{186,66}{2,02 \times 7,98 + 0,05 \cdot 4,19} = 11,43$$

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} = \frac{4,23 \times 11,43}{\sqrt{4,23^2 + 11,43^2}} = 3,98 \geq [S]$$

Thỏa mãn điều kiện về hệ số an toàn

Tại thiết diện lắp bánh răng 1-3:

Ta có các thông số sau:

Đường kính thiết diện: 20 mm

Kích thước then b x h: 6 x 6 mm

Chiều sâu rãnh then trên trục t_1 : 3,5 mm

Ta tính được các kết quả tính toán sau:

$$\Rightarrow W_{13} = \frac{\pi d_{13}^3}{32} - \frac{b_{13} t_1 (d_{13} - t_1)^2}{2 \cdot d_{13}} = \frac{\pi \cdot 25^3}{32} - \frac{8 \cdot 4 \cdot (20 - 4)^2}{2 \cdot 20} = 1251.74 (\text{mm}^3)$$

$$\Rightarrow W_{013} = \frac{\pi d_{13}^3}{16} - \frac{b_{13} t_1 (d_{c-B} - t_1)^2}{2 \cdot d_{13}} = \frac{\pi \times 25^3}{16} - \frac{8 \times 4 \times (25 - 4)^2}{2 \times 20} = 2785.72 (\text{mm}^3)$$

$$\Rightarrow \sigma_{a13} = \frac{M t d_{13}}{W_{13}} = \frac{33255.59}{1251.74} = 26.57 (\text{MPa})$$

$$\Rightarrow \tau_{a13} = \frac{T_{13}}{2 W_{013}} = \frac{25060.28}{2 \times 2785.72} = 9 (\text{MPa})$$

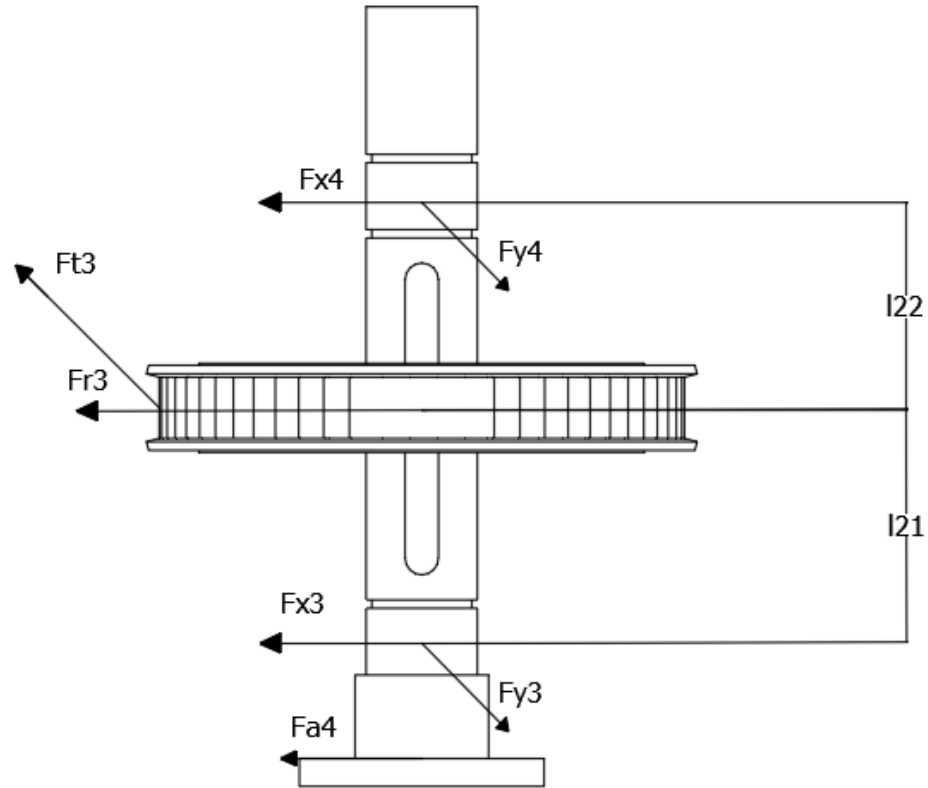
$$\Rightarrow S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} = \frac{26.57 \times 9}{\sqrt{26.57^2 + 9^2}} = 8.52 \geq [S]$$

Vậy thỏa mãn điều kiện về hệ số an toàn.

7.6.2 Tính thiết kế trục II

a) Tính phản lực

Giả sử phương chiều lực tác dụng như hình vẽ



Hình 23: Tính thiết kế trục II

- Theo phương yoz:

$$L_{21} = 42, l_{22} = 38.$$

$$\sum F_y = F_{y3} + F_{y4} - F_{t3} = 0$$

$$\sum M_x = -F_{y4} \cdot 80 - F_{t3} \cdot 42 = 0$$

$$\Rightarrow F_{y4} = -26,46 \text{ N}$$

$$F_{y3} = 76,86 \text{ N}$$

$\Rightarrow F_{y3}$ cùng chiều với chiều chọn ban đầu.

- Theo phương xoz:

$$\sum F_x = F_{x3} + F_{r3} + F_{x4} + F_{a4} = 0 \quad (4)$$

$$\sum M_y = F_{r3} \cdot 42 + F_{x4} \cdot 80 - F_{a4} \cdot 13,5 = 0$$

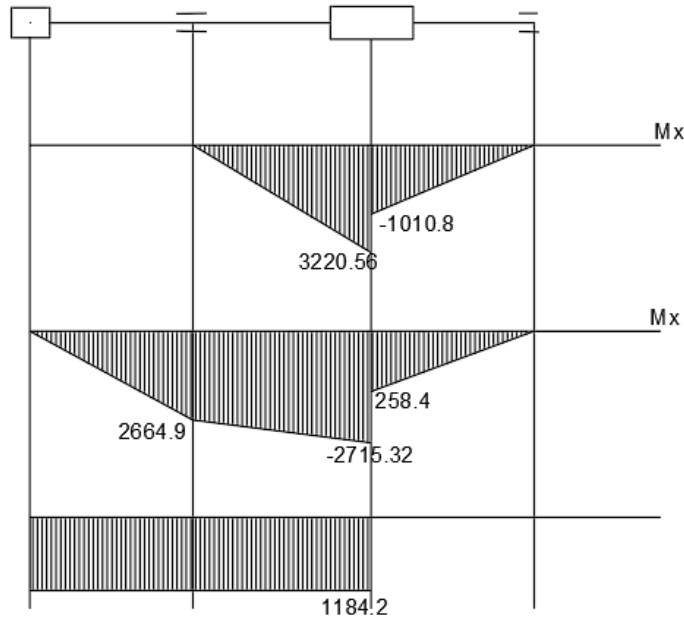
$$\Rightarrow F_{x4} = -6,8 \text{ N}$$

Thay vào (4) ta được:

$$F_{x3} = -153,5N$$

=> F_{x3} cùng chiều với chiều chọn ban đầu.

b) Vẽ biểu đồ momen



Hình 24: Biểu đồ Momen và kết cấu trục II

c) Tính momen uốn, momen tương đương và đường kính trục

Mômen uốn tổng M_j và mômen tương đương M_{tdj} ứng với các tiết diện j được tính theo công thức:

$$M_j = \sqrt{M_{xj}^2 + M_{yj}^2}$$

$$M_{tdj} = \sqrt{M_j^2 + 0,75 \cdot T_j^2}$$

$$d_j = \sqrt[3]{\frac{M_{tdj}}{0,1 \cdot [\sigma]}} \text{ (mm)}$$

Trong đó:

M_j, M_{tdj}, d_j - lần lượt là mômen uốn tổng, mômen tương đương, đường kính trục tại các tiết diện j trên chiều dài trục.

M_{yj}, M_{xj} - mômen uốn trong mặt phẳng yOx và xOz tại các tiết diện thứ j .

$[\sigma]$ - mômen uốn cho phép chế tạo trục, tra bảng 10.5, [1] có $[\sigma] = 63$ (MPa)

- Tại tiết diện công tác :

$$T'_2 = 1184,2 \text{ N.mm}$$

$$+ M_{22} = \sqrt{M_{x22}^2 + M_{y22}^2} = \sqrt{0^2 + 0^2} = 0(\text{N.mm})$$

$$+ M_{td22} = \sqrt{M_{22}^2 + 0,75 \times T_2'^2} = \sqrt{0^2 + 0,75 \times 1184,2^2} \\ = 1025,5(\text{N.mm})$$

$$+ d_{22} = \sqrt[3]{\frac{M_{td22}}{0,1 \times [\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{1025,5}{0,1 \times 63}} = 5,4(\text{mm})$$

- Tại tiết diện ổ lăn 1 :

$$+ M_{x20} = 0 \text{ (N.mm)}$$

$$+ M_{y20} = -2664,9(\text{N.mm})$$

$$+ T'_2 = 1184,2 \text{ (N.mm)}$$

$$M_{20} = \sqrt{M_{x20}^2 + M_{y20}^2} = \sqrt{0^2 + (-2664,9)^2} = 2664,9(\text{N.mm})$$

$$M_{td20} = \sqrt{M_{20}^2 + 0,75 \times T_2'^2} = \sqrt{2664,9^2 + 0,75 \times 1184,2^2} \\ = 1954,8(\text{N.mm})$$

$$d_{20} = \sqrt[3]{\frac{M_{td20}}{0,1 \times [\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{1954,8}{0,1 \times 63}} = 6,7(\text{mm})$$

- Tiết diện puli :

$$+ M_{x23} = 3220,56(\text{N.mm})$$

$$+ M_{y23} = -2715,32(\text{N.mm})$$

$$+ M_{23} = \sqrt{M_{x23}^2 + M_{y23}^2} = \sqrt{3220,56^2 + (-2715,32)^2} \\ = 4212,48(\text{N.mm})$$

$$+ M_{td23} = \sqrt{M_{23}^2 + 0,75 \times T_2'^2} = \sqrt{4212,48^2 + 0,75 \times 1184,2^2} \\ = 4335,5(\text{N.mm})$$

$$+ d_{23} = \sqrt[3]{\frac{M_{td23}}{0,1 \times [\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{4335,5}{0,1 \times 63}} = 8,8(\text{mm})$$

Ta chọn đường kính trục theo tiêu chuẩn để đảm bảo điều kiện lắp ghép, vậy ta chọn được:

$$\begin{cases} d_{ct} = 22mm \\ d_{puli} = 20mm \\ d_{20} = d_{21} = 20mm \end{cases}$$

d) Tính chọn then

Với đường kính chỗ lắp then tiết diện đĩa xích $d = 20$ (mm) tra Bảng 9.1a (trang 173) [1] ta được:

- Kích thước tiết diện then: $b = 6$, $h = 6$
- Chiều sâu rãnh then: $t_1 = 3.5$, $t_2 = 2.8$

➤ Chiều dài then theo tiết diện chứa puli:

$$l_{t1} = (0.8 \dots 0.9) \cdot l_{m23} = (0.8 \dots 0.9) \times 25 = 20 \dots 22,2$$

$$\Rightarrow \text{chọn } l_{t1} = 20mm$$

➤ Kiểm tra độ bền của then: theo công thức 9.1 và 9.2 trang 173 [1]

Điều kiện kiểm nghiệm: $\begin{cases} \sigma_d = \frac{2T'_2}{d \cdot l_t \cdot (h - t_1)} \leq [\sigma_d] \\ \tau_c = \frac{2 \cdot T'_2}{d \cdot l_t \cdot b} \leq [\tau_c] \end{cases}$, trong đó:

σ_d $[\sigma_d]$ - Ứng suất dập và ứng suất dập cho phép ; $[\sigma_d] = 100$ (MPa)

τ_c $[\tau_c]$ - Ứng suất cắt và ứng suất cắt cho phép ; $[\tau_c] = 40 \dots 60$ (MPa)

- Kiểm tra độ bền dập trên mặt tiếp xúc giữa trục và then của bánh răng lớn. Thay số vào 2 công thức trên ta được :

$$\begin{cases} \sigma_d = \frac{2 \cdot T'_2}{d \cdot l_{t1} \cdot (h - t_1)} = \frac{2 \times 48649.461}{28 \times 28 \times (7 - 4)} = 41.37 \text{ (MPa)} \leq [\sigma_d] = 100 \text{ (MPa)} \\ \tau_c = \frac{2 \cdot T'_2}{d \cdot l_{t1} \cdot b} = \frac{28 \times 48649.461}{28 \times 28 \times 8} = 15.51 \text{ (MPa)} \leq [\tau_c] = 40 \dots 60 \text{ (MPa)} \end{cases}$$

\Rightarrow Thỏa mãn điều kiện dập và điều kiện cắt trên mặt tiếp xúc giữa then với mayơ và trục. Vậy chọn then đảm bảo yêu cầu

- Kiểm tra độ bền dập trên mặt tiếp xúc giữa trục và then của đĩa xích. Thay số vào 2 công thức trên ta được :

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_d = \frac{2 \cdot T'_2}{d \cdot l_{t2} \cdot (h - t_1)} = \frac{2 \times 1184,2}{20 \times 20 \times (6 - 3.5)} = 2,4(\text{MPa}) \leq [\sigma_d] = 100(\text{MPa}) \\ \tau_c = \frac{2 \cdot T'_2}{d \cdot l_{t2} \cdot b} = \frac{2 \times 1184,2}{20 \times 20 \times 6} = 1(\text{MPa}) \leq [\tau_c] = 40 \dots 60(\text{MPa}) \end{array} \right.$$

=> Thỏa mãn điều kiện dập và điều kiện cắt trên mặt tiếp xúc giữa then với mayo và trục. Vậy chọn then đảm bảo yêu cầu.

e) Tính kiểm nghiệm độ bền

Với thép 45 có:

$$\sigma_b = 750(\text{MPa})$$

$$\sigma_{-1} = 0.436 \cdot \sigma_b = 0.436 \times 750 = 327(\text{MPa})$$

$$\tau_{-1} = 0.58 \cdot \sigma_{-1} = 0.58 \times 327 = 186.66(\text{MPa})$$

Với σ_{-1} và τ_{-1} là giới hạn mỏi uốn và xoắn ứng với chu kỳ đối xứng. Các trục trong hộp giảm tốc đều quay, ứng suất thay đổi theo chu kỳ xứng, ta có:

$$\tau_{aj} = \tau_{\max j} = \frac{M_j}{W_j} \text{ và } \sigma_{mj} = 0 ; \text{ với } W_j = \frac{\pi \cdot d_j^3}{32} - \frac{b \cdot t_1 \cdot (d_j - t_1)^2}{2 \cdot d_j} \text{ (trục có một rãnh then)}$$

$$\text{Nên: } \sigma_{aj} = \sigma_{\max j} = \frac{M_j}{W_j} = \frac{M_j}{\frac{\pi \cdot d_j^3}{32} - \frac{b \cdot t_1 \cdot (d_j - t_1)^2}{2 \cdot d_j}}$$

Trục quay một chiều nên ứng suất xoắn thay đổi theo chu kỳ mạch động, ta có:

$$\tau_{mj} = \tau_{aj} = \frac{\tau_{\max j}}{2} = \frac{T_j}{2 \cdot W_{0j}} ; \text{ với } W_{0j} = \frac{\pi \cdot d_j^3}{16} - \frac{b \cdot t_1 \cdot (d_j - t_1)^2}{2 \cdot d_j}$$

$$\Rightarrow \tau_{mj} = \tau_{aj} = \frac{\tau_{\max j}}{2} = \frac{T_j}{2 \cdot W_{0j}} = \frac{T_j}{2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_j^3}{16} - \frac{b \cdot t_1 \cdot (d_j - t_1)^2}{2 \cdot d_j} \right)}$$

Với W_{0j} , W_j là mômen cản xoắn và cản uốn tại tiết diện thứ j của trục

Xác định hệ số an toàn tại các tiết diện nguy hiểm của trục:

Dựa vào biểu đồ mômen uốn và mômen xoắn trên trục II ta thấy các tiết diện nguy hiểm là tiết diện lắp bánh răng B và tiết diện lắp ổ lăn A. Kết cấu trục vừa thiết kế đảm bảo độ bền mỏi nếu hệ số an toàn tại các tiết diện nguy hiểm đó thỏa mãn điều kiện sau:

$$s = \frac{s_\sigma \cdot s_\tau}{\sqrt{s_\sigma^2 + s_\tau^2}} \geq [s]$$

Trong đó:

$[s]$ - hệ số an toàn cho, $[s] = 1,5 \dots 2,5$

s_σ, s_τ - hệ số an toàn chỉ xét riêng cho trường hợp ứng suất pháp hoặc ứng suất tiếp, được tính theo công thức sau:

Hệ số an toàn tính riêng về ứng suất uốn là: $s_{\sigma_j} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma dj} \cdot \sigma_{aj} + \psi_\sigma \cdot \sigma_{mj}}$;

Hệ số an toàn tính riêng về ứng suất xoắn là: $s_{\tau_j} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau dj} \cdot \tau_{aj} + \psi_\tau \cdot \tau_{mj}}$

Trong đó:

σ_{-1}, τ_{-1} - giới hạn mỏi uốn và xoắn ứng với chu kỳ đối xứng.

σ_{aj}, τ_{aj} và σ_{mj}, τ_{mj} - biên độ và trị số trung bình của ứng suất pháp và ứng suất tiếp tại tiết diện xét.

Chọn sơ bộ kiểu lắp h6 theo bảng 10.11 (trang 198) [1] ta có:

$$\frac{K_\sigma}{\varepsilon_\sigma} = 2,54 \quad \frac{K_\tau}{\varepsilon_\tau} = 1,92$$

Ứng suất uốn biên: $\sigma_a = \frac{M}{W_u}$; Ứng suất xoắn biên: $\tau_a = \frac{M_0}{2.W_x}$

$\beta = 1$ - hệ số bề mặt

$$\begin{cases} \psi_\sigma = 0,1 \\ \psi_\tau = 0,05 \end{cases} \text{ tra bảng 10.7 (trang 197) [1] với } \sigma_b = 750(MPa)$$

$K_{\sigma dj}, K_{\tau dj}$ là các hệ số được xác định theo công thức:

$$K_{\sigma dj} = \left(\frac{K_\sigma}{\varepsilon_\sigma} + K_x - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_x}$$

$$K_{\tau dj} = \left(\frac{K_\tau}{\varepsilon_\tau} + K_x - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_y}$$

Trong đó:

K_x, K_y lần lượt là hệ số tập trung ứng suất do trạng thái bề mặt về hệ số tăng bền bề mặt.
Tra bảng 10.8 (trang 197) [1] ta được: $K_x = 1,1 ; K_y = 1$

Tại thiết diện lắp ổ lăn 2-0:

Ta có các thông số như sau:

Đường kính thiết diện : 20mm

b x h : 0 x 0 mm

t_1 : 0

$$\Rightarrow W_{20} = \frac{\pi d_{20}^3}{32} - \frac{b_{20} - t_1 (d_{20} - t_1)^2}{2 \cdot d_{20}} = \frac{\pi \cdot 25^3}{32} = 1533.98 (mm^3)$$

$$\Rightarrow W_{020} = \frac{\pi d_{20}^3}{16} - \frac{b_{20} t_1 (d_{20} - t_1)^2}{2 \cdot d_{20}} = \frac{\pi \cdot 25^3}{16} = 3067.96 (mm^3)$$

$$\Rightarrow \sigma_{a20} = \frac{M_{td20}}{W_{20}} = \frac{49539.21718}{1533.98} = 32.29 (MPa)$$

$$\Rightarrow \tau_{a20} = \frac{T_{20}}{2W_{020}} = \frac{48649.461}{2 \times 3067.96} = 7.93 (MPa)$$

Kiểm nghiệm hệ số an toàn s:

$$\Rightarrow K_{\sigma d20} = \left(\frac{K_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma}} + K_x - 1 \right) \frac{1}{K_y} = (2.54 + 1.1 - 1) \times 1 = 2.64$$

$$\Rightarrow K_{\tau d20} = \left(\frac{K_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} + K_x - 1 \right) \frac{1}{K_y} = (1.92 + 1.1 - 1) \times 1 = 2.02$$

$$\Rightarrow S_{\sigma 20} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma d20} \cdot \sigma_{a20} + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_{m20}} = \frac{327}{2.64 \times 32.29 + 0.1 \times 0} = 3.8$$

$$\Rightarrow S_{\tau 20} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau d20} \cdot \tau_{a20} + \psi_{\tau} \cdot \tau_{m20}} = \frac{186.66}{2.02 \times 7.93 + 0.05 \times 4.19} = 11.5$$

$$S = \frac{S_{\sigma} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} = \frac{11.5 \times 3.8}{\sqrt{3.8^2 + 11.5^2}} = 3.6 \geq [S]$$

Thỏa mãn điều kiện về hệ số an toàn

7.7 Tại thiết diện lắp puli:

Đường kính trục: 20

b x h : 6 x 6

t_1 : 3,5

$$W_j = \frac{\pi d_j^3}{32} - \frac{b t_1 (d_j - t_1)^2}{2 \cdot d_j}$$

$$W_{23} = \frac{\pi d_{23}^3}{32} - \frac{b_{23} t_1 (d_{23} - t_1)^2}{2 \cdot d_{23}} = \frac{\pi \times 28^3}{32} - \frac{8 \times 4 \times (28 - 4)^2}{2 \times 28} = 1826(\text{mm}^3)$$

$$W_j = \frac{\pi d_j^3}{16} - \frac{b t_1 (d_j - t_1)^2}{2 \cdot d_j}$$

$$W_{023} = \frac{\pi d_{23}^3}{16} - \frac{b_{23} t_1 (d_{23} - t_1)^2}{2 \cdot d_{23}} = \frac{\pi \times 28^3}{16} - \frac{8 \times 4 \times (28 - 4)^2}{2 \cdot 28} = 3981.12(\text{mm}^3)$$

$$\sigma_{a23} = \frac{M_{td23}}{W_{23}} = \frac{58602.4155}{1862} = 31.47(\text{MPa})$$

$$\tau_{a23} = \frac{T_{23}}{2W_{023}} = \frac{48649.461}{2 \times 3981.12} = 6.11(\text{MPa})$$

Kiểm nghiệm hệ số an toàn s:

$$\Rightarrow K_{\sigma d23} = \left(\frac{K_\sigma}{\varepsilon_\sigma} + K_x - 1 \right) \frac{1}{K_y} = (2.54 + 1.1 - 1) \times 1 = 2.64$$

$$\Rightarrow K_{\tau d23} = \left(\frac{K_\tau}{\varepsilon_\tau} + K_x - 1 \right) \frac{1}{K_y} = (1.92 + 1.1 - 1) \times 1 = 2.02$$

$$\Rightarrow S_{\sigma 23} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma d23} \cdot \sigma_{a23} + \psi_\sigma \cdot \sigma_{m23}} = \frac{327}{2.64 \times 31.47 + 0.1 \times 0} = 3.93$$

$$\Rightarrow S_{\tau 23} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau d23} \cdot \tau_{a23} + \psi_\tau \cdot \tau_{m23}} = \frac{186.66}{2.02 \times 6.11 + 0.05 \times 4.19} = 14.87$$

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} = \frac{3.93 \times 14.87}{\sqrt{3.93^2 + 14.87^2}} = 3.8 \geq [S]$$

Vậy thỏa mãn điều kiện và hệ số an toàn

7.8. Quyết định lại lần cuối các tiết diện trục và vẽ kết cấu trục

7.8.1 Đối với trục I

– Đường kính trục tại các tiết diện:

$$\begin{cases} d_{\text{puli lớn}} = 20\text{mm} \\ d_{\text{puli nhỏ}} = 10\text{mm} \\ d_{10} = 20\text{mm} \\ d_{ct} = 20\text{mm} \\ d_{11} = 10\text{mm} \end{cases}$$

7.8.2 Đối với trục II

– Đường kính trục tại các tiết diện:

$$\begin{cases} d_{\text{puli}} = 20\text{mm} \\ d_{\text{ct}} = 22\text{mm} \\ d_{20} = d_{21} = 20\text{mm} \end{cases}$$

7.9 Tính chọn ổ lăn

7.9.1 Chỉ tiêu tính toán ổ lăn

Đối với các ổ vòng quay chậm $n < 1$ (v/ph) được tính theo chỉ tiêu tải tĩnh: $C_0 < [C_0]$

Đối với các ổ có số vòng quay lớn $n > 1$ (v/ph) được tính theo chỉ tiêu mỏi : $C < [C]$

Trong đó:

C_0 là hệ số tải trọng tĩnh của ổ

$[C_0]$ là hệ số tải trọng tĩnh cho phép của ổ hay hệ số khả năng tải tĩnh của ổ

C là hệ số tải trọng động của ổ

$[C]$ là hệ số tải trọng động cho phép của ổ hay hệ số khả năng tải động của ổ



Hình 25: Dạng ổ lăn

7.9.2 Chọn loại ổ lăn cho trục I và II

Chọn cấp chính xác của ổ

Chọn cấp chính xác của ổ lăn là tùy thuộc vào yêu cầu đặt ra khi thiết kế máy, chẳng hạn theo tiêu chuẩn về độ đảo hướng tâm và độ đảo dọc trục của trục, tiêu chuẩn về dao động,....

Đối với hộp giảm tốc, hộp tốc độ và những kết cấu khác trong ngành chế tạo máy chúng ta thường dùng ổ lăn cấp chính xác 0.

Bảng 6: Cấp chính xác ổ lăn

Cấp chính xác	Độ đảo hướng tâm (μm)	Giá thành tương đối
0	20	1

Chọn sơ bộ cỡ ổ

Với tải trọng nhỏ và chỉ có lực hướng tâm, dùng ổ bi đỡ một dãy cho các gối đỡ 0 và 1.

Dựa vào kết cấu trục trên và đường kính ngõng trục $d_0 = d_1 = 20$, từ bảng P2.7 (Trang 255) [1] ta chọn ổ bi đỡ một dãy cỡ nhẹ:

Bảng 7: Thông số ổ lăn trục I

Kí hiệu ổ	d m	D m	B m	r m	Đường kính bi mm	C, kN	C ₀ , kN
204	20	47	14	1,5	7,94	10	6.3

Tính kiểm nghiệm khả năng tải động

Khả năng tải động:

Khả năng tải động:

$$C_d = Q \cdot \sqrt[m]{L}$$

- Bậc của đường cong mỗi khi thử về ổ lăn, đối với ổ bi: $m = 3$.

- Tuổi thọ của ổ lăn: L (triệu vòng)

$$L = L_h \times n_1 \times 60 \times 10^{-6} = 12500 \times 705 \times 60 \times 10^{-6} = 528.75 \text{ (triệu vòng)}$$

(với máy làm việc 1 ca, không sử dụng hết tải, động cơ điện tiêu chuẩn, hộp giảm tốc, động cơ máy bay thì: $L_h = (10 \dots 25) \times 10^3$ giờ)

- Tải trọng động quy ước: Q (kN)

$$Q = (X \cdot V \cdot F_R + Y \cdot F_a) \cdot k_t \cdot k_d \text{ (công thức 11.3, trang (214) [1,])}$$

Vì không có tải trọng dọc trục nên $F_a = Y = 0$, vậy công thức được viết lại như sau:

$$Q = X \cdot V \cdot F_r \cdot k_t \cdot k_d$$

Trong đó:

Hệ số tải trọng hướng tâm và hệ số tải trọng dọc trục: $X = 1, Y = 0$

Hệ số kể đến vòng quay: $V = 1$

Hệ số kể đến ảnh hưởng của nhiệt độ: $k_t = 1 (t \leq 100^\circ\text{C})$

Hệ số kê đến đặc tính tải trọng. Theo bảng 11.3 ta có $k_d = 1$ (tải trọng va đập nhẹ)

- Tải trọng hướng tâm và tải trọng dọc trục: $F_r, F_a = 0$

Ta có:

$$F_{\Sigma 0} = \sqrt{F_{x1}^2 + F_{y1}^2} = \sqrt{-24^2 + -45,15^2} = 51,1N$$

$$F_{\Sigma 1} = \sqrt{F_{x2}^2 + F_{y2}^2} = \sqrt{-24^2 + 17,25^2} = 30N$$

Kiểm nghiệm ở ổ chịu tải lớn hơn nên ta chọn $F_r = F_{\Sigma 1} = 51,1N$

$$\Rightarrow Q = X.V.F_r.k_t.k_d = 1 \times 1 \times 51,1 \times 1 \times 1 = 51,1 * 10^{-3}(kN)$$

$$\Rightarrow C_d = Q.m\sqrt{L} = 51,1 \times \sqrt[3]{528.75} = 0,42(kN) < C = 10(kN)$$

\Rightarrow Loại ổ lăn đã chọn được đảm bảo khả năng tải động

Tính kiểm nghiệm khả năng tải tĩnh

Theo công thức 11.19 ,Trang 221, [1], $F_a = 0$, ta có tải trọng tính toán:

$$Q_0 = X_0 \times F_r$$

Với ổ bi đỡ 1 dãy ta chọn $X_0 = 0.6$ (tra bảng 11.6, trang 221, [1])

$$\Rightarrow Q_0 = X_0 \times F_r = 0.6 \times 50,4 \times 10^{-3} = 0.03(kN)$$

Theo công thức 11.20 (trang 221) [1]

$$Q_1 = F_r = 50,4(N) = 0,00504(kN)$$

Chọn $Q = Q_1$ để kiểm tra vì $Q_1 > Q_0$,

$$Q_1 = 0.00504(kN) < C_0 = 6.3(kN)$$

\Rightarrow Loại ổ lăn này thỏa mãn khả năng tải tĩnh

Kết quả

Vị trí:

$$r_p^0 = \begin{bmatrix} l_2 * \cos(q_1 + q_2) + l_1 * \cos(q_1) \\ l_2 * \sin(q_1 + q_2) + l_1 * \sin(q_1) \\ -q_3 \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

Vậy (2.9) là tọa độ điểm thao tác của robot.

Gọi vận tốc điểm thao tác cuối là:

$$v_P = \dot{r}_P = \begin{bmatrix} \dot{x}_P \\ \dot{y}_P \\ \dot{z}_P \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} (-l_2 * \sin(q_1 + q_2) - l_1 * \sin(q_1)) * \dot{q}_1 + (-l_2 * \sin(q_1 + q_2)) * \dot{q}_2 \\ (l_2 * \cos(q_1 + q_2) + l_1 * \cos(q_1)) * \dot{q}_1 + (l_2 * \cos(q_1 + q_2)) * \dot{q}_2 \\ -\dot{q}_3 \end{bmatrix}$$

Gọi gia tốc của điểm thao tác cuối là a_P .

Ta có $a_P = \dot{v}_P = \ddot{r}_P$.

a_P

$$= \begin{bmatrix} -l_1 * \cos(q_1) * \dot{q}_1^2 - l_1 * \sin(q_1) * \ddot{q}_1 - l_2 * \cos(\dot{q}_1 + \dot{q}_2)^2 - l_2 * \sin(\ddot{q}_1 + \ddot{q}_2) \\ -l_1 * \sin(q_1) * \dot{q}_1^2 + l_1 * \cos(q_1) * \ddot{q}_1 - l_2 * \sin(\dot{q}_1 + \dot{q}_2)^2 + l_2 * \cos(\ddot{q}_1 + \ddot{q}_2) \\ -\ddot{q}_3 \end{bmatrix}$$

Vận tốc góc và gia tốc góc:

-Xét khâu 3:

$$D_3^0 = \begin{bmatrix} \cos(q_1 + q_2) & \sin(q_1 + q_2) & 0 & l_1 * \cos q_1 + l_2 * \cos(q_1 + q_2) \\ \sin(q_1 + q_2) & -\cos(q_1 + q_2) & 0 & l_1 * \sin q_1 + l_2 * \cos(q_1 + q_2) \\ 0 & 0 & -1 & -q_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Từ đó rút trận cosin chỉ hướng của điểm tác động cuối:

$$R_3^0 = \begin{bmatrix} \cos(q_1 + q_2) & \sin(q_1 + q_2) & 0 \\ \sin(q_1 + q_2) & -\cos(q_1 + q_2) & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Ta có $\tilde{\omega}_3 = \dot{R}_3^0 * R_3^{0T}$

$$= \begin{bmatrix} 0 & -(\dot{q}_1 + \dot{q}_2) & 0 \\ \dot{q}_1 + \dot{q}_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow \omega_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{q}_1 + \dot{q}_2 \end{bmatrix}$$

-Xét khâu 2:

$$D_2^0 = \begin{bmatrix} \cos(q_1 + q_2) & \sin(q_1 + q_2) & 0 & l_1 * \cos q_1 + l_2 * \cos(q_1 + q_2) \\ \sin(q_1 + q_2) & -\cos(q_1 + q_2) & 0 & l_1 * \sin q_1 + l_2 * \cos(q_1 + q_2) \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Từ ta có trận cosin chỉ hướng của điểm tác động cuối:

$$R_2^0 = \begin{bmatrix} \cos(q_1 + q_2) & \sin(q_1 + q_2) & 0 \\ \sin(q_1 + q_2) & -\cos(q_1 + q_2) & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \text{Ta có } \tilde{\omega}_2 &= \dot{R}_2^0 * R_2^{0T} \\ &= \begin{bmatrix} 0 & -(\dot{q}_1 + \dot{q}_2) & 0 \\ \dot{q}_1 + \dot{q}_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \omega_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{q}_1 + \dot{q}_2 \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow \varepsilon_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \ddot{q}_1 + \ddot{q}_2 \end{bmatrix}$$

- Xét khâu 1:

$$D_1^0 = \begin{bmatrix} \cos(q_1) & -\sin(q_1) & 0 & l_1 * \cos q_1 \\ \sin(q_1) & \cos(q_1) & 0 & l_1 * \sin q_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Từ ta có trận cosin chỉ hướng của điểm tác động cuối:

$$R_2^0 = \begin{bmatrix} \cos(q_1) & -\sin(q_1) & 0 \\ \sin(q_1) & \cos(q_1) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \text{Ta có } \tilde{\omega}_2 &= \dot{R}_2^0 * R_2^{0T} \\ &= \begin{bmatrix} 0 & -\dot{q}_1 & 0 \\ \dot{q}_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \omega_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{q}_1 \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow \varepsilon_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \ddot{q}_1 \end{bmatrix}$$

Quy luật chuyển động của các khâu:

$$q_1 = \frac{1 * \pi * t}{2}$$

$$q_2 = \frac{1 * \pi * t}{4}$$

$$q_1 = t$$

Tọa độ điểm P

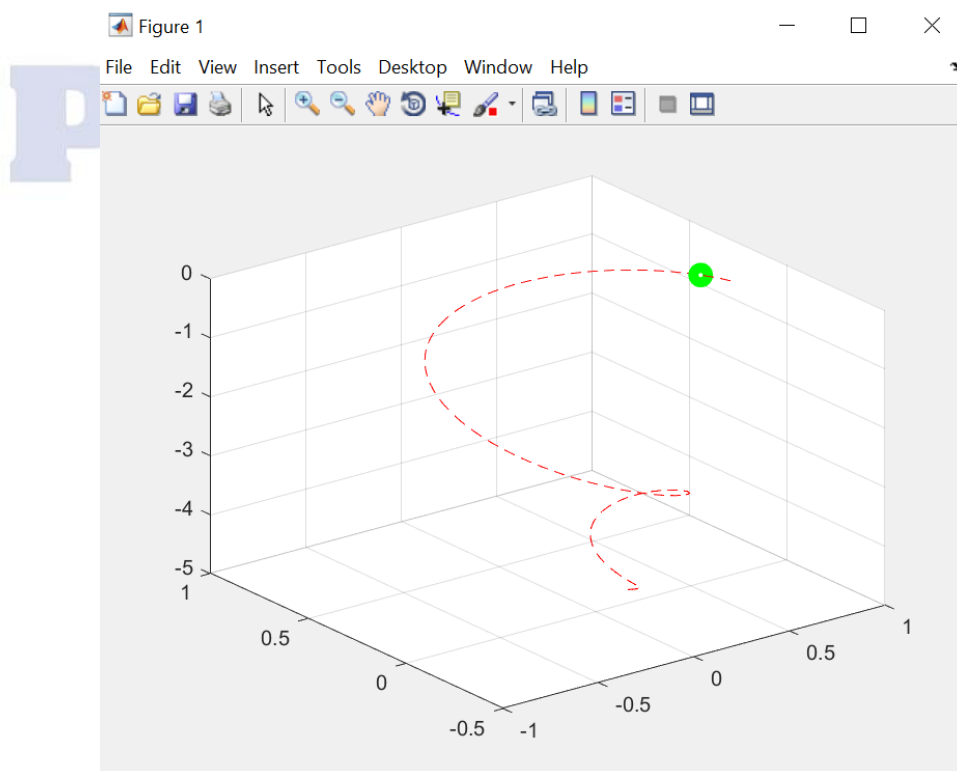
$$r_p = \begin{bmatrix} 0.35 * \cos\left(\frac{\pi * t}{2}\right) + 0.35 * \cos\left(\frac{3\pi * t}{4}\right) \\ 0.35 * \sin\left(\frac{\pi * t}{2}\right) + 0.35 * \sin\left(\frac{3 * \pi * t}{4}\right) \\ -t \end{bmatrix}$$

Vận tốc điểm cuối P:

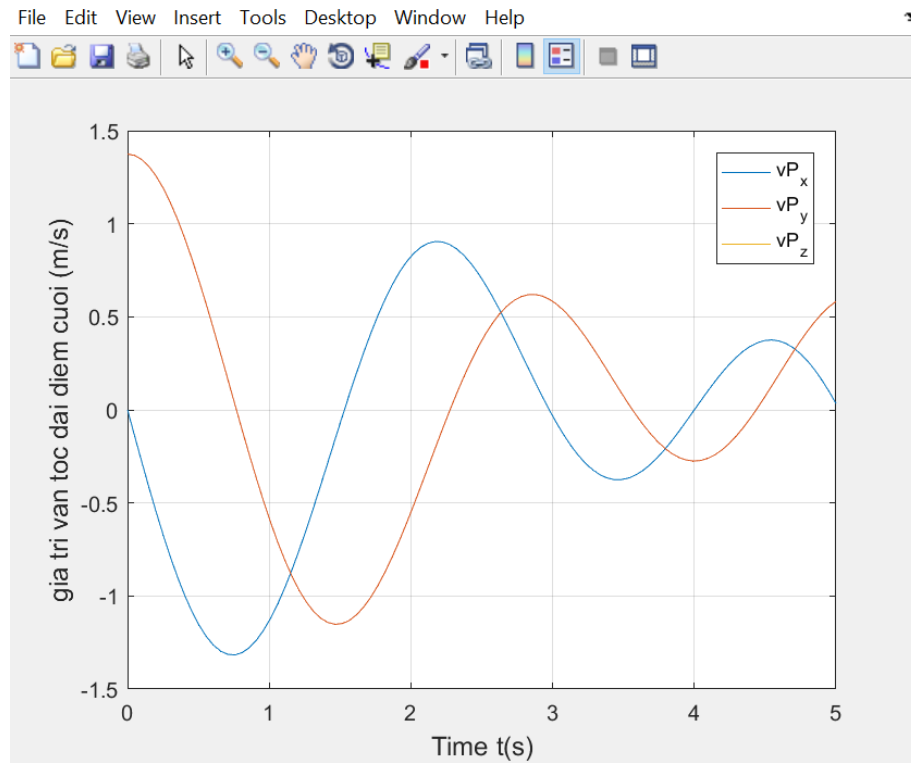
$$v_p = \dot{r}_p = \begin{bmatrix} -(7 * \pi * \sin((\pi * t)/2))/40 - (21 * \pi * \sin((3 * \pi * t)/4))/80 \\ (7 * \pi * \cos((\pi * t)/2))/40 + (21 * \pi * \cos((3 * \pi * t)/4))/80 \\ -1 \end{bmatrix}$$

Gia tốc tác động điểm cuối:

$$a_E = \ddot{r}_E = \begin{bmatrix} -(7 * \pi^2 * \cos((\pi * t)/2))/80 - (63 * \pi^2 * \cos((3 * \pi * t)/4))/320 \\ -(7 * \pi^2 * \sin((\pi * t)/2))/80 - (63 * \pi^2 * \sin((3 * \pi * t)/4))/320 \\ 0 \end{bmatrix}$$

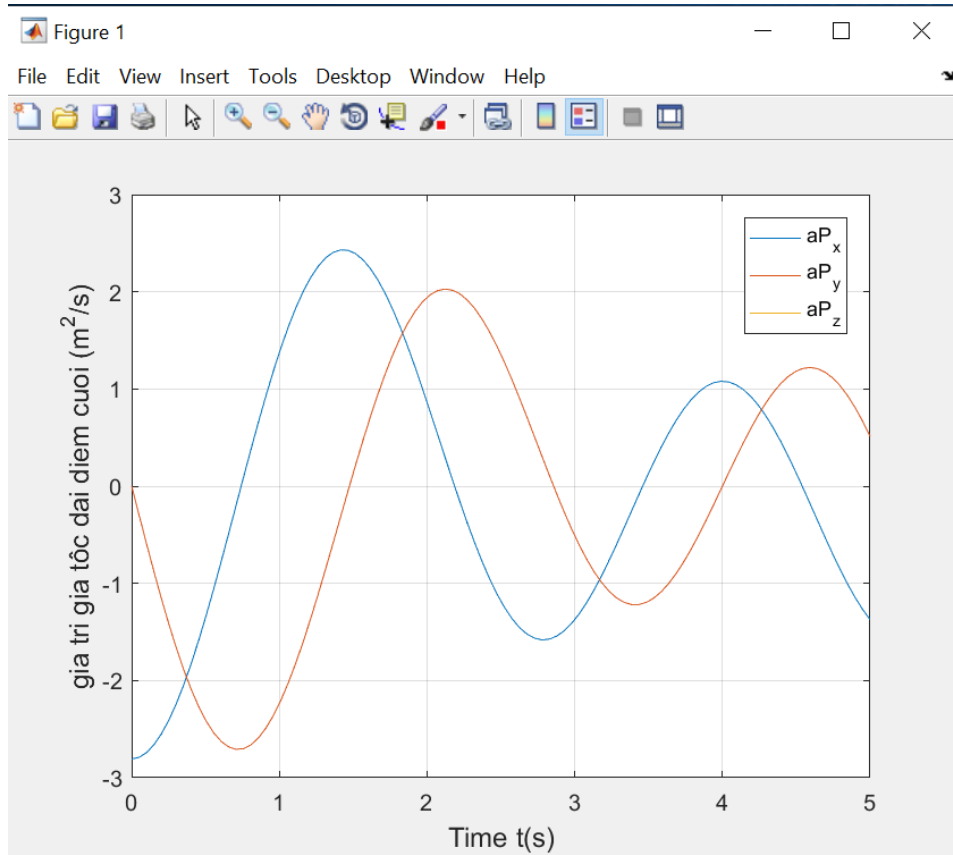


Hình 26: Quỹ đạo chuyển động của điểm cuối



Hình 27: Đồ thị vận tốc điểm cuối

PHENIKAA
UNIVERSITY

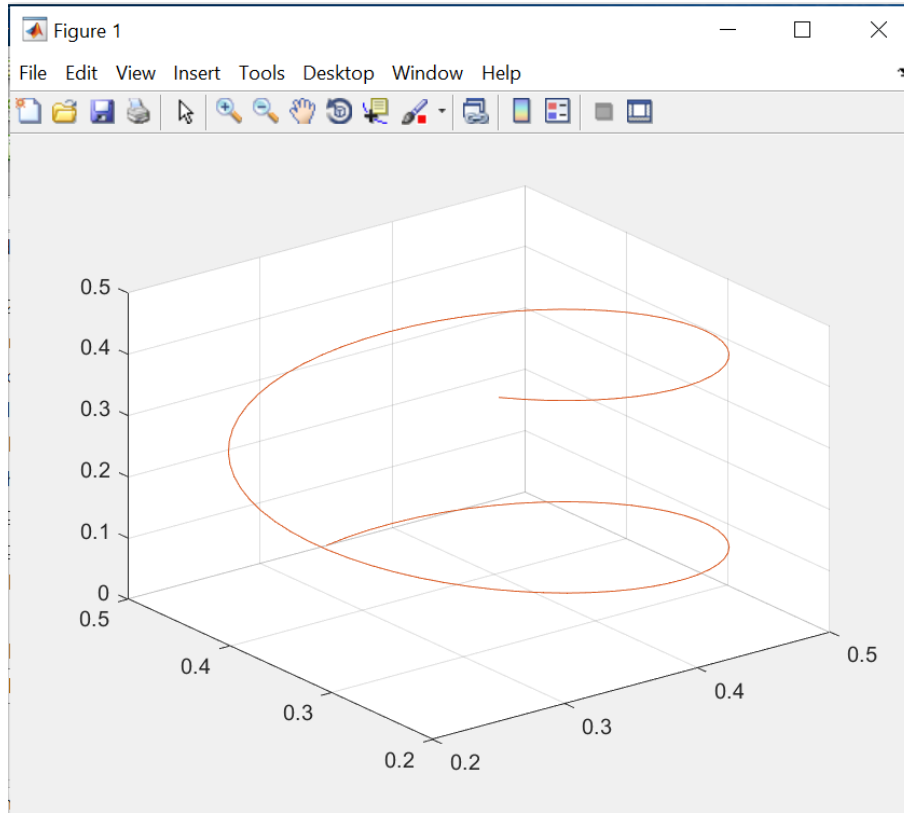


Hình 28: Đồ thị gia tốc điểm cuối

Cho quy luật chuyển động của điểm tác động cuối

Cho Robot thực hiện vẽ đường xoắn ốc:

$$r_p = \begin{bmatrix} 0.35 + 0.15 * \sin(2t) \\ 0.35 + 0.15 * \sin(2t) \\ 0.1 * t \end{bmatrix}$$

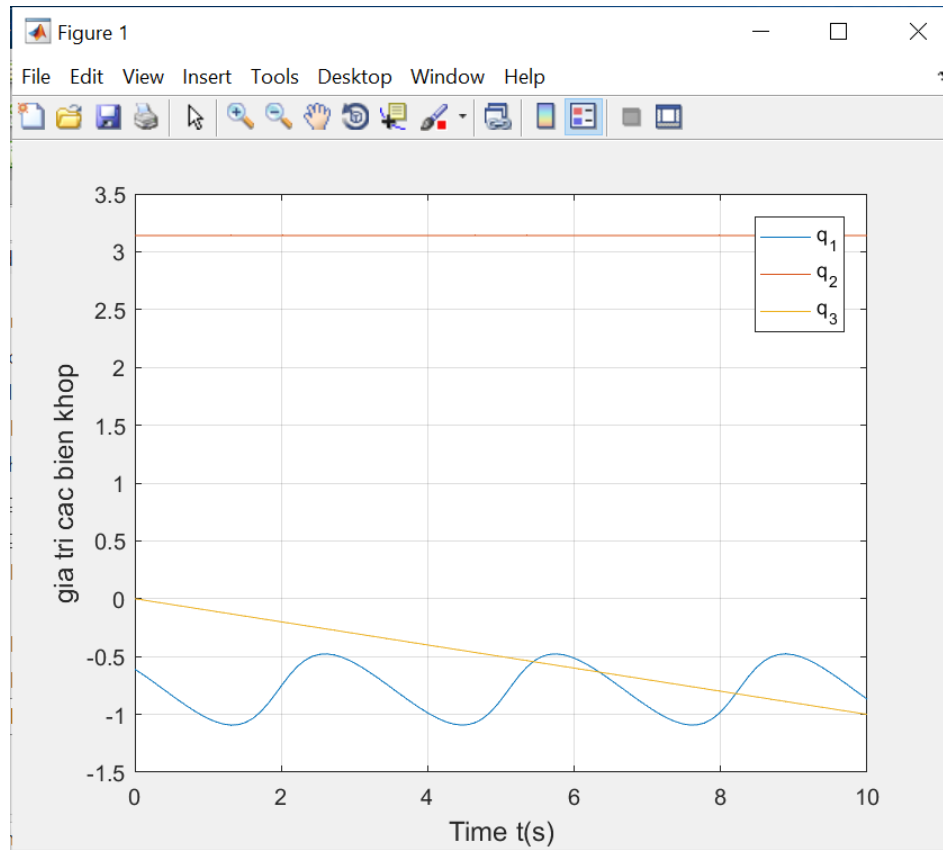


Hình 29: Quy luật chuyển động của khâu tác động cuối

Phương trình xác định vị trí:

$$\begin{cases} x(q) = x_p \\ y(q) = y_p \\ z(q) = z_p \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0.35 * \cos(q_1) + 0.35 * \cos(q_1 + q_2) - 0.35 - 0.15 * \sin(2t) = 0 \\ 0.35 * \cos(q_1) + 0.35 * \cos(q_1 + q_2) - 0.35 - 0.15 * \sin(2t) = 0 \\ -q_3 - 0.1 * t = 0 \end{cases}$$

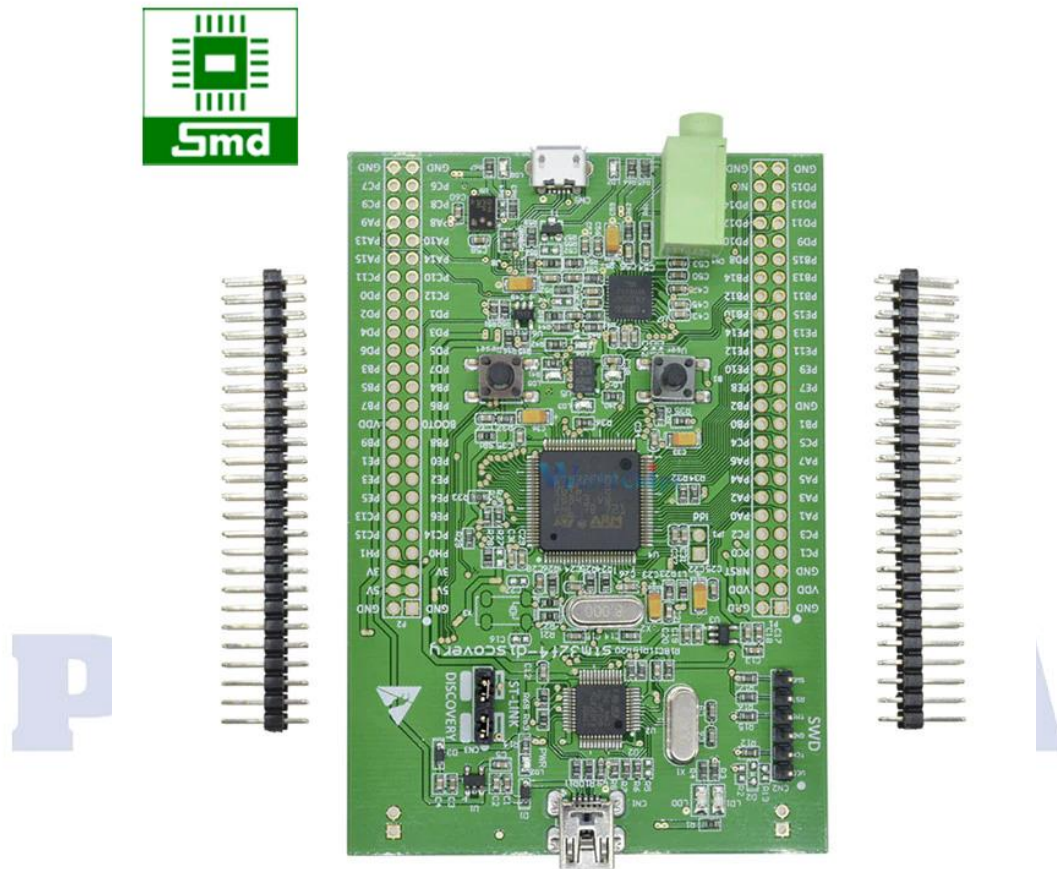


Hình 30: Quy luật chuyển động của các khâu

7.10 Mạch STM32

7.10.1 Giới thiệu về mạch STM32.

Kit STM32F407 Discovery với vi điều khiển hiệu suất cao STM32F407VGT6, cho phép người dùng dễ dàng phát triển các ứng dụng xử lý tín hiệu số (hình ảnh, video...). Nó bao gồm một công cụ ST-LINK tích hợp sẵn trên bảng mạch giúp nạp chương trình, gỡ lỗi nhanh chóng.



Hình 31: Mạch STM32

7.10.2 Thông số kỹ thuật.

Kit STM32F411E DISCOVERY

Sử dụng vi điều khiển STM32F411VET6 có :

Bộ nhớ : 512 KB Flash, 128 KB RAM

Kiểu chân: LQFP100

Tích hợp mạch nạp và gỡ lỗi ST-LINK / V2.

Điện áp cung cấp : thông qua cổng USB hoặc từ nguồn điện 5 V bên ngoài

L3GD20: cảm biến chuyển động ST MEMS có con quay hồi chuyển đầu ra kỹ thuật số 3 trục.

LSM303DLHC: Hệ thống ST MEMS-in-package có bộ cảm biến gia tốc tuyến tính số 3D và cảm biến từ tính kỹ thuật số 3D

MP45DT02: Cảm biến âm thanh ST MEMS, microphone kỹ thuật số đa hướng
CS43L22, DAC âm thanh với trình điều khiển loa tích hợp lớp D

8 đèn LED:

LD1 (đỏ) cho nguồn điện 3,3 V

LD2 (đỏ / lục) cho giao tiếp USB

Hai đèn led USB OTG.

Hai nút nhấn (reset và lập trình)

Các chân header mở rộng cho tất cả các I / O LQFP100 để kết nối với các cảm biến, các thiết bị ngoại vi khác.

Hỗ trợ đầy đủ thư viện và các chương trình mẫu giúp các bạn dễ dàng sử dụng.

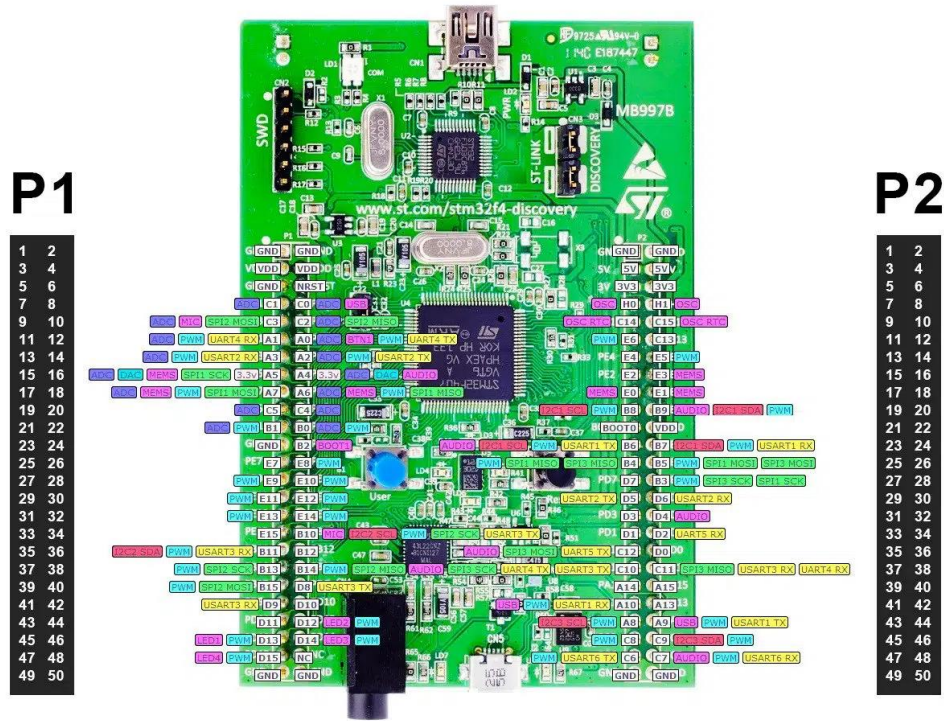
7.10.3 Bộ nhớ

- Flash Memory: STM32 Discovery thường được trang bị bộ nhớ Flash để lưu trữ mã chương trình. Bộ nhớ Flash trong STM32 Discovery có thể có dung lượng từ vài KB đến vài MB, tùy thuộc vào loại vi điều khiển cụ thể.

- SRAM (Static Random Access Memory): Bộ nhớ SRAM được sử dụng để lưu trữ dữ liệu trong quá trình thực thi chương trình. STM32 Discovery có một khối SRAM tích hợp trên chip với dung lượng từ vài KB đến vài trăm KB.

- Các phân vùng bộ nhớ khác: Ngoài Flash và SRAM, STM32 Discovery cũng có thể có các phân vùng bộ nhớ khác như EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) hoặc bộ nhớ hỗ trợ để lưu trữ dữ liệu không thể bị mất khi nguồn điện tắt.

7.10.4 Các chân đầu vào và đầu ra
Sơ đồ chân STM32F4



Hình 32: Sơ đồ chân STM32F4

STM32F4 có hai header “đực” P1 và P2, cả hai header đều được kết nối với cổng A, C, D, E & H, được sử dụng cho các chức năng khác.

Chân cấp nguồn

Bo mạch có các chân nguồn trên bo mạch để cấp nguồn cho các cảm biến hoặc mạch bên ngoài.

Đầu vào nguồn cấp: STM32F4 có nhiều chân cấp nguồn, tất cả các chân đều có thể được sử dụng nguồn điện 5V để cấp nguồn cho thiết bị. Sử dụng các chân cấp nguồn cho toàn bộ thiết bị, nhưng đầu vào cấp nguồn qua USB sẽ không thể kích hoạt tất cả các module của thiết bị. Tất cả chân đầu vào cấp nguồn được cung cấp bên dưới:

Trong header P1:

VDD – Chân 3, chân 4

Trong header P2:

5V – Chân 3, chân 4

VDD – Chân 22

Đầu ra cấp nguồn: Các mức điện áp khác nhau luôn là yêu cầu hoạt động đối với mọi thiết bị và để đáp ứng yêu cầu này, cần có bộ điều chỉnh điện áp bên trong STM32F4.

Nó có hai chân nguồn một là 5V và chân thứ hai là 3V3. Chân 5V được kết nối trực tiếp với đầu vào nguồn và 3V3 được kết nối thông qua bộ điều chỉnh điện áp. Cả hai chân đều nằm trong tiêu đề P2:

5V – Chân 3, chân 4

3V3 – Chân 5, chân 6, GPIO15, GPIO16

Mass: Trong trường hợp có nhiều thiết bị bên ngoài, chân nối đất (mass) là yêu cầu cơ bản đối với mỗi thiết bị để làm điểm mass chung. Bảng mạch có nhiều chân nối đất ở cả hai header có thể được sử dụng riêng lẻ. Tất cả chúng đều được kết nối bên trong và được liệt kê bên dưới:

Trong header P1:

GND – Chân 1, Chân 2, Chân 5, Chân 23, Chân 49, Chân 50

Trong header P2:

GND – Chân 1, Chân 2, Chân 49, Chân 50

Chân dao động STM32F4

Bảng mạch không có bộ giao động thạch anh bên trong tạo xung clock. Nhưng nó có bốn chân cấp xung clock từ bên ngoài, hai chân được sử dụng cho bộ thạch anh 32KHz và hai chân còn lại được sử dụng cho thạch anh có tần số cao.

Bộ dao động thạch anh có thể được sử dụng lên đến 50MHz nhưng trên 25MHz, bảng mạch sẽ hoạt động khó khăn với tần số đó. Các chân kết nối thạch anh này có thể được sử dụng như GPIO, vì vậy nó phải được viết trong code về cách sử dụng bộ dao động. Cả hai bộ dao động không thể được sử dụng cùng một lúc và cả hai đều nằm ở header P2.

OSC (IN) – GPIO7

OSC (OUT) – GPIO

OSC RTC (IN) – GPIO9

OSC RTC (OUT) – GPIO10

Chân GPIO

Có sáu cổng (A, B, C, D, E, H) trong thiết bị và tất cả đều có một điện trở kéo bên trong và có thể được sử dụng cho chức năng I/O. Các chân này cũng hỗ trợ một số chức

năng khác và có thể được điều khiển bằng cách lập trình. Tất cả các chân I / O được cung cấp bên dưới:

Trong header P1:

GPIO7 – GPIO22

GPIO24 – GPIO47

Trong header P2:

GPIO7 – GPIO21

GPIO23 – GPIO48

Chân giao tiếp USART

Có nhiều giao thức nối tiếp trong STM32F4 và USART là một trong số đó do tính phổ biến và dễ dàng sử dụng. USART chỉ sử dụng hai dây và phần còn lại của giao thức phụ thuộc vào bộ điều khiển.

Trong STM32F4, tất cả các giao tiếp USART đều giống nhau nhưng mỗi giao tiếp phải được khởi tạo trong chương trình để tránh xung đột dữ liệu. Tất cả các chân USART của STM32F4 được cung cấp bên dưới:

Trong header P1:

USART2 TX – GPIO14

USART2 RX – GPIO13

USART3 TX – GPIO34, GPIO40

USART3 RX – GPIO37, GPIO42

USART4 TX – GPIO12

USART4 RX – GPIO11

Trong header P2:

USART1 TX – GPIO23, GPIO44

USART1 RX – GPIO24, GPIO41

USART2 TX – GPIO29

USART2 RX – GPIO30

USART3 TX – GPIO37

USART3 RX – GPIO38

USART4 TX – GPIO37

USART4 RX – GPIO38

USART5 TX – GPIO35

USART5 RX – GPIO34

USART6 TX – GPIO47

USART6 RX – GPIO48

Kênh giao tiếp SPI

Giao thức ngoại vi nối tiếp cũng đang trở nên phổ biến do nguyên làm việc của nó. Giao thức giao tiếp nhiều thiết bị SPI cùng loại một cách hiệu quả. Trong STM32F4 có nhiều chân GPIO có thể được sử dụng làm chân SPI thông qua lập trình. Tất cả các chân này được đưa ra bên dưới:

Trong header P1:

SPI2 MOSI – GPIO9

SPI2 MISO – GPIO10

SPI1 SCK – GPIO15

SPI1 MOSI – GPIO17

SPI1 MISO – GPIO18

SPI2 SCK – GPIO34

SPI2 SCK – GPIO37

SPI2 MISO – GPIO38

SPI2 MOSI – GPIO39

Trong header P2:

SPI1 MISO – GPIO25

SPI3 MISO – GPIO25

SPI1 MOSI – GPIO26

SPI3MOSI – GPIO26

SPI3 SCK – GPIO28

SPI1 SCK – GPIO28

SPI3 MOSI – GPIO35

SPI3 SCK – GPIO37

SPI3 MISO – GPIO38

Các chân I2C

Có nhiều module và động cơ chỉ có giao thức I 2 C và bảng mạch chỉ có thể giao tiếp với chúng bằng giao thức I 2 C với nhiều chân GPIO hỗ trợ giao thức này thông qua lập trình. Tất cả các chân này là:

Trong header P1:

I2C2 SCL – GPIO34

I2C2 SDA – GPIO35

Trong header P2:

I2C1 SCL – GPIO19

I2C1 SDA – GPIO20

I2C1 SCL – GPIO23

I2C1 SDA – GPIO24

I2C3 SCL – GPIO43

I2C3 SDA – GPIO46

Các kênh ADC

Có nhiều bộ chuyển đổi tín hiệu analog sang digital trong STM32F4. Tất cả các bộ chuyển đổi này có thể được sử dụng riêng với các thiết bị đầu ra chuẩn logic TTL hoặc ST để chuyển đổi dữ liệu analog sang digital. Và các kênh ADC có ở header P1.

GPIO7 – GPIO22

Chân DAC

Các chân chuyển đổi tín hiệu đầu vào digital thành mức điện áp analog tương ứng. Tất cả các chân DAC trong STM32F4 đều nằm ở header P1:

GPIO15

GPIO16

Chân kênh đầu vào âm thanh STM32F4

Giao tiếp âm thanh ngày càng phổ biến và STM32F4 hỗ trợ nhiều chân âm thanh. Trong các chân âm thanh này, một số trong số chúng có bộ điều khiển loa D bên trong.

Các chân âm thanh này để xuất âm thanh từ thiết bị và không thể được sử dụng làm đầu vào âm thanh. Tất cả các chân âm thanh được cung cấp bên dưới:

Trong header P1:

GPIO15

GPIO16

GPIO38

Trong header P2:

GPIO20

GPIO32

GPIO35

GPIO47

MIC: Để đưa tín hiệu âm thanh vào thiết bị, có thể sử dụng bằng cách giao tiếp micro với STM32F4. Chỉ có một chân micro:

GPIO9

Kênh PWM

Trong bảng mạch này, số lượng tín hiệu PWM lớn hơn nhiều so với các bảng mạch khác. Tất cả chân PWM có thể được sử dụng riêng lẻ xuất tín hiệu đầu ra và tất cả chúng đều được đưa ra dưới đây:

Trong header P1:

GPIO11 – GPIO18

GPIO21, GPIO22

GPIO26 – GPIO32

GPIO34-GPIO35

GPIO37 – GPIO39

GPIO44 – GPIO47

Trong header P2:

GPIO11

GPIO14

GPIO19

GPIO20

GPIO23 – GPIO26

GPIO28

GPIO41

GPIO43 – GPIO48

Kênh giao tiếp cảm biến MEMS

Bảng mạch hỗ trợ giao tiếp với các cảm biến cơ điện. Có thể sử dụng các chân MEMS để kết nối các cảm biến. Tất cả các chân đó được liệt kê bên dưới:

Trong header P1:

GPIO15

GPIO17

GPIO18

Trong header P2:

GPIO16

GPIO17

GPIO18

RESET: STM32F4 có một chân reset ở header P1 được sử dụng bên ngoài để đặt lại thiết bị bằng cách kích xung:

NRST – Chân 6

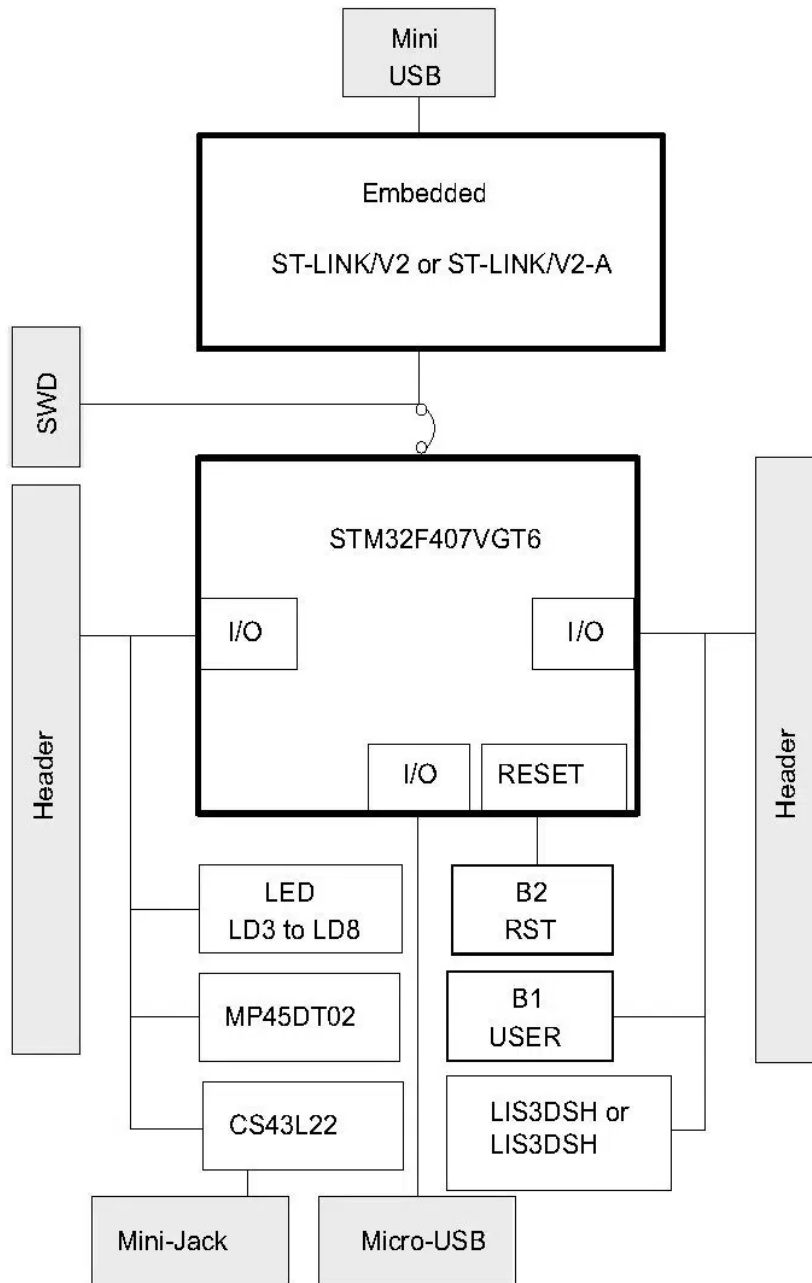
BOOT: Trong STM32F4 có hai chân boot khác nhau, Boot0 và Boot1. Cả hai chân đều được sử dụng để chọn bộ nhớ boot. Tất cả các chân này yêu cầu các kết hợp logic khác nhau để chọn các bộ nhớ khác nhau. Tất cả các chân này được đưa ra bên dưới

BOOT0 – GPIO21 (P2)	BOOT1 – GPIO24 (P1)	Bộ nhớ
x	0	Bộ nhớ Flash
0	1	Bộ nhớ hệ thống
1	1	SRAM

Tất cả các chân đã được thảo luận này thực hiện các giao thức được sử dụng phổ biến, nhưng trong STM32F4 có một loạt các chức năng khác có thể thực hiện ở các cổng

bằng cách sử dụng các chương trình code khác nhau. Với các chức năng thay thế này, bạn có thể tham khảo datasheet.

Sơ đồ khối bảng mạch discovery STM32F4



Hình 33: Sơ đồ mạch STM32F4

Các tính năng STM32f4

TÍNH NĂNG & THÔNG SỐ KỸ THUẬT	
CPU	ARM 32-bit Cortex @ 180MHz
RAM	192KB
FLASH	1MB
Dải điện áp hoạt động	5V
Cổng debug	Có
Cổng âm thanh	Có
OTG USB	Có
LAN	Không có
WIFI	Không có
Bluetooth	Không có
Khe cắm thẻ SD	Không có

Thiết bị ngoại vi STM32F4

STM32F4 có nhiều thiết bị ngoại vi bên trong được đưa ra dưới đây:

Cổng âm thanh: Trong STM32F4 có các chân âm thanh ở các chân GPIO nhưng cũng có một cổng âm thanh bên ngoài, có thể được sử dụng làm I/O âm thanh.

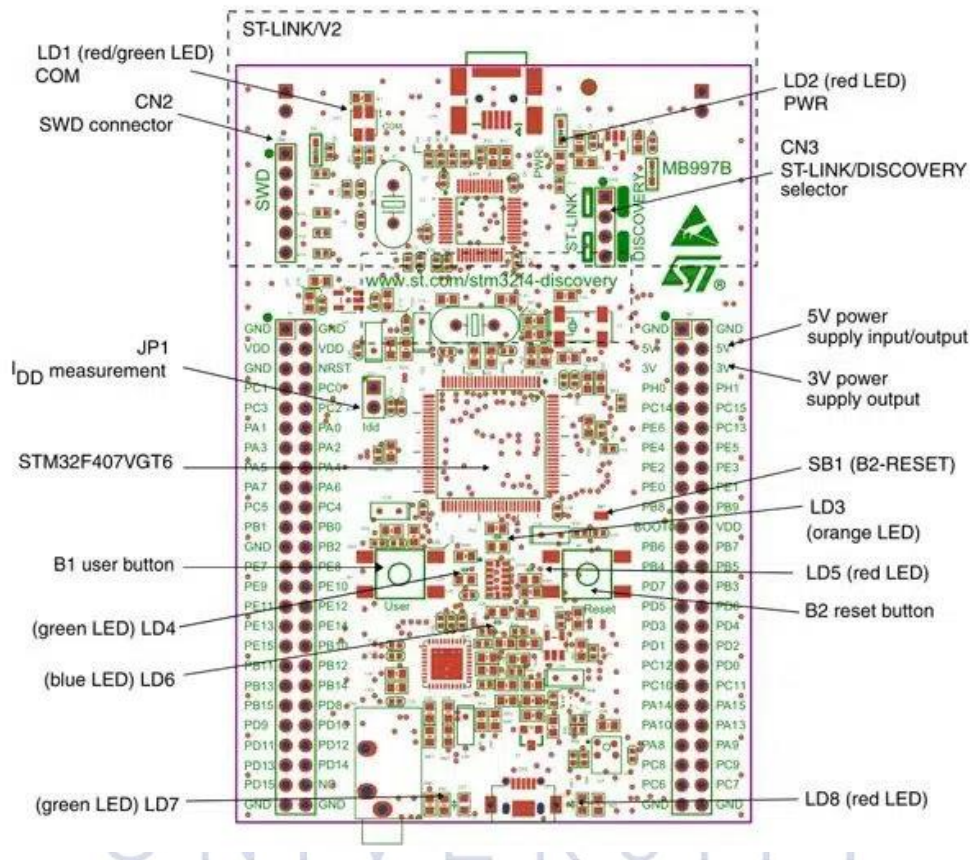
USB: Cổng USB trên bo mạch là loại USB OTG và chỉ được sử dụng để lập trình bộ điều khiển. Không có cách nào để bộ điều khiển có thể lấy điện áp từ USB, nhưng điện áp trên cổng USB không được vượt quá 5V nếu không có thể gây hại cho bo mạch.

Consumption: Có một chân consumption trên bảng mạch sử dụng một jumper kết nối, nhưng có thể tháo jumper ra để đo mức tiêu thụ dòng điện của bộ điều khiển bằng cách gắn vào một ampe kế.

Gia tốc kế: Gia tốc kế 3-line được gắn trên bảng có thể được sử dụng để đo gia tốc của bảng mạch. Cho phép sử dụng với robot hoặc các dự án có chuyển động khác. Nó không phụ thuộc vào bất kỳ thiết bị hoặc giao tiếp bên ngoài nào, chỉ cần lập trình bên trong để hoạt động.

Cổng debug: Có cổng JTAG-SWD trên thiết bị giúp nhà phát triển gỡ lỗi cho thiết bị. Các chân này có thể được sử dụng để lập trình trực tiếp bộ điều khiển bằng cách sử dụng các bộ điều khiển cụ thể khác.

Nút nhấn và báo trạng thái: STM32F4 với nhiều màu sắc đèn led cho biết nhiều chức năng, các nút nhấn có chức năng khác nhau trên bảng mạch. Tất cả chức năng của chúng có thể được thể hiện trong sơ đồ sau:



7.11 Động cơ bước 57 x 57

7.11.1 Giới thiệu về động cơ bước size 57mm

Động cơ bước kích thước 57 (hay còn được gọi là động cơ bước NEMA 23) là một loại động cơ bước có kích thước tiêu chuẩn. Kích thước 57 chỉ ra rằng kích thước của vỏ động cơ là 57 mm x 57 mm.

7.11.2 Thông số kỹ thuật

Thông số của động cơ

Đường kính trục động cơ	6.35mm, 08mm (1 đầu trục và 2 đầu trục)
Góc bước động cơ	1.8 độ
Số pha	2 pha
Số dây	4 dây
Dòng điện	3.0A
Điện áp động cơ	24VDC - 50VDC
Momen xoắn lớn nhất	1.8Nm, 3Nm
Khối lượng động cơ	0.95kg
Nhiệt độ môi trường	-20°C - 50°C
Nhiệt độ động cơ	80°C MAX
Driver cấp xung phù hợp	TB6600, DM542
Sai số góc bước	5%
Sai số trở kháng	10%
Sai số tự cảm	20%
Điện trở cách điện (vật liệu cách điện)	100MΩMin (500VDC)
Điện áp chịu được	500VAC (1 phút)

7.11.3 Sơ đồ đấu nối

Động cơ bước 2 phase bipolar 57HBP (tương đương chuẩn Nema 23) có ưu điểm:

- Được chế tạo theo công nghệ Nhật Bản với nam châm đất hiếm nên hoạt động rất bền, ít bị mất từ tính nên mô-men xoắn được kéo dài theo thời gian hoạt động.
- Dải mô-men xoắn từ 2 - 2.8Nm (tương đương lực kéo 20kg/cm-28kg/cm).
- Chạy êm, ổn định, chịu được dòng quá tải tới 30% dòng danh định.

- Mô-men xoắn lớn ngay ở dải tốc độ 800-1200 vòng/phút.
- Độ chính xác cao
- Động cơ được thiết kế, kiểm tra và thử nghiệm với chế độ nghiêm ngặt nhất trước khi xuất xưởng để đảm bảo chất lượng là cao nhất trước khi tới tay khách hàng.
- Chứng nhận chuẩn Châu Âu : CE và RoHS.
- Sản phẩm được bảo hành 1 năm - nếu lỗi do nhà sản xuất được đổi mới.

Màu sắc dây pha

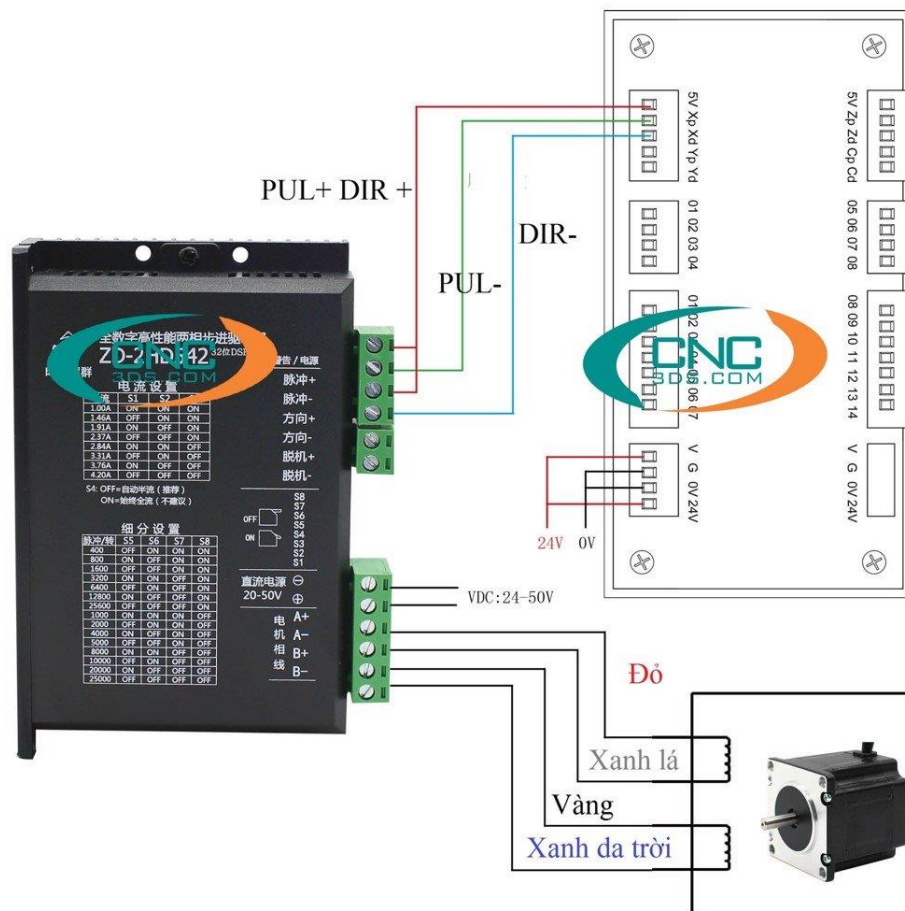
Đỏ = A +

Xanh lá = A-

Vàng = B +

Xanh da trời = B-

Minh họa sơ đồ kết nối với bộ điều khiển động cơ bước



Hình 34: Sơ đồ kết nối driver

Lý thuyết Encoder

6.4.1 Encoder là gì?

Encoder là thiết bị được sử dụng nhiều trong các lĩnh vực công nghiệp với mục đích cung cấp tín hiệu hồi tiếp (phản hồi). Trong hầu hết các điều kiện cơ bản của điện, một encoder sẽ đưa ra tín hiệu vị trí, hướng tốc độ hoặc bước.

Encoder sẽ sử dụng chuyển động, thông qua nhiều công nghệ và chuyển đổi nó thành tín hiệu. Tín hiệu sẽ được gửi đến các trung tâm điều khiển và diễn dịch nhằm đại diện cho giá trị được sử dụng bên trong chương trình.

Encoder là linh kiện được ứng dụng nhiều trong các thiết bị cần độ chính xác cao như máy CNC, Servo, biến tần, hệ thống truyền tải sản xuất,...

Có 2 loại encoder chính là: Encoder tương đối và Encoder tuyệt đối.



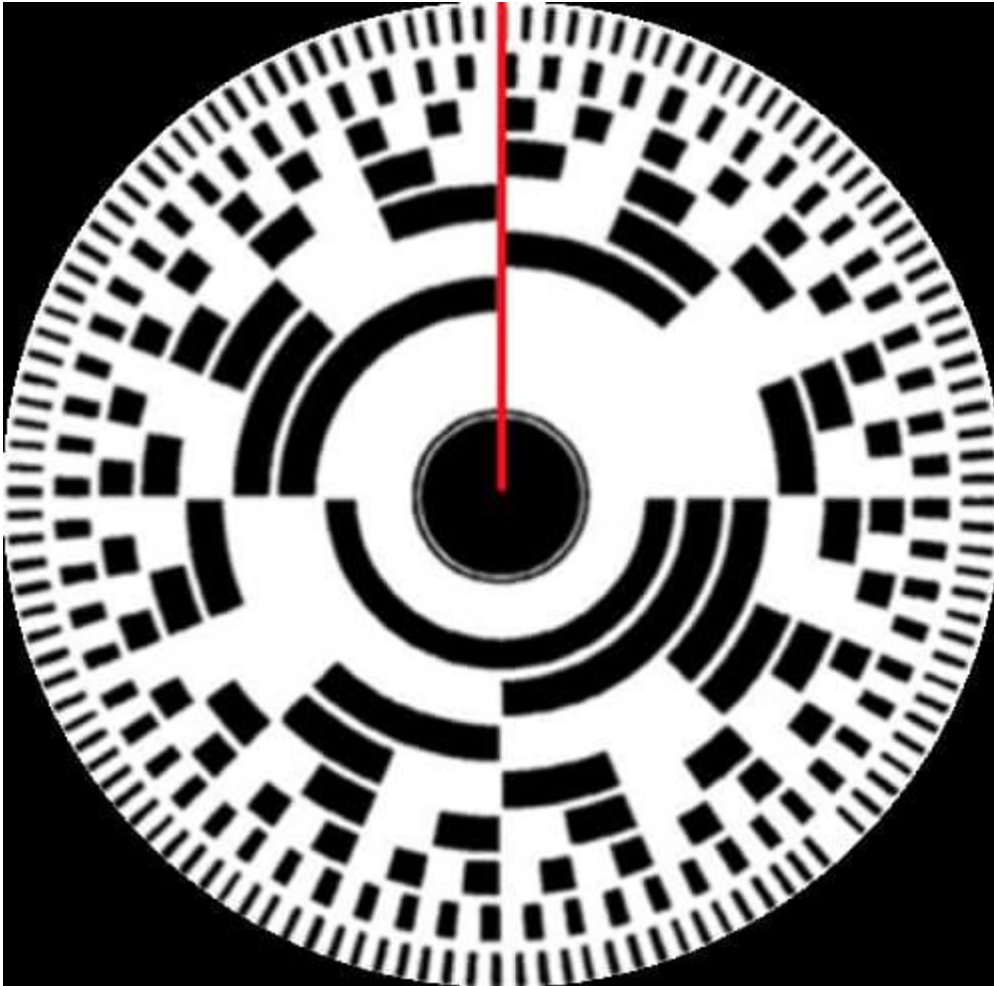
6.4.2 Encoder tuyệt đối

I. Encoder tuyệt đối là gì?

Encoder tuyệt đối là các thiết bị phản hồi cung cấp tốc độ, thông tin vị trí bằng cách xuất ra một từ hoặc bit kỹ thuật số liên quan đến chuyển động. Không giống như các encoder tương đối tạo ra một luồng xung có mặt khắp nơi, các encoder tuyệt đối này tạo ra các từ hoặc bit duy nhất cho mỗi vị trí.

Bằng cách xuất ra một từ hoặc bit kỹ thuật số thay vì một luồng xung, encoder quay tuyệt đối cung cấp một số lợi thế như sau:

- Độ phân giải tổng thể cao hơn so với encoder tương đối
- Hiệu suất khởi động tốt hơn vì thời gian homing thấp (hoặc vị trí ban đầu)
- Phát hiện chuyển động chính xác dọc theo nhiều trục
- Nhiều giao thức đầu ra để tích hợp điện tử tốt hơn
- Phục hồi tốt hơn từ sự cố hệ thống hoặc mất điện



II. Các loại encoder tuyệt đối.

Encoder tuyệt đối có thể được phân loại dựa trên loại công nghệ cảm biến (quang hoặc từ) hoặc đầu ra của chúng qua nhiều vòng của trục động cơ (một vòng hoặc nhiều vòng).

Loại [encoder](#) quang sử dụng đĩa mã hoá có dấu và đèn LED chiếu sáng qua chiếc đĩa đó. Khi đĩa quay với trục động cơ, có thể phát hiện thay đổi vị trí. Đối với encoder tuyệt đối từ tính, các điểm đánh dấu quang học được thay thế bằng các cực từ và đèn LED được thay thế bằng một mảng cảm biến từ

III. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động.

Cấu tạo của encoder tuyệt đối bao gồm:

- Một đĩa quay được mã hóa theo các rãnh đồng tâm.
- Đầu đọc gồm các tia sáng và tế bào quang điện.

Một encoder quay tuyệt đối xác định vị trí của nó bằng cách sử dụng điểm tham chiếu tĩnh. Phương pháp này hơi khác nhau tùy thuộc vào loại encoder đó là quang hay từ, nhưng nguyên tắc là như nhau.



Thiết bị này hoạt động bằng cách xuất ra một từ kỹ thuật số bit khi trục quay. Trong đó có hai đĩa, cả hai đều có vòng tròn đồng tâm với điểm đánh dấu bù. Một đĩa được cố định vào trục trung tâm, đĩa còn lại di chuyển tự do. Khi đĩa quay, các điểm đánh dấu dọc theo rãnh của encoder sẽ thay đổi vị trí trên đĩa cố định. Mỗi cấu hình dọc theo đĩa của encoder quay tuyệt đối đại diện cho một mã nhị phân duy nhất. Dựa vào mã nhị phân đó mà chúng ta xác định vị trí tuyệt đối của đối tượng. Đối với các encoder tuyệt đối quang, điểm đánh dấu là một lỗ mở cho phép ánh sáng. Còn đối với encoder từ tính, các điểm đánh dấu là một mảng cảm biến từ đi qua một nam châm và phát hiện vị trí của các cực từ.

IV. Các ưu điểm của encoder tuyệt đối.

Sản phẩm cung cấp các lợi thế độc đáo so với các encoder tương đối. Chúng có một mã duy nhất đối với từng vị trí trục, có nghĩa là chúng có thể cung cấp thông tin vị trí rất độc

Faculty of Mechanical Engineering and Mechatronics

đảo vì không có hai vị trí trên rãnh giống hệt nhau. Chúng đo vị trí thực tế bằng cách tạo ra một luồng mã kỹ thuật số duy nhất đại diện cho vị trí thực tế của encoder. Do đó, chúng không yêu cầu bảng chú dẫn hoặc điểm tham chiếu. Điều này cũng tạo cho encoder tuyệt đối một lợi thế trong các ứng dụng trở về vị trí nguồn có thể gây ra sự cố trong trường hợp mất điện.

Bên cạnh đó, nó còn cung cấp các tùy chọn có độ phân giải cao hơn so với encoder tương đối. Trong khi các encoder đó phải thêm nhiều gia số vào một rãnh trên đĩa mã hoá, từ đó bị giới hạn ở kích thước vật lý của đĩa và số lượng xung có thể được giải mã so với tốc độ quay của encoder (đáp ứng tần số), encoder tuyệt đối thêm các rãnh bổ sung để đạt được độ phân giải cao hơn và không liên tục tạo ra một luồng xung. Thay vào đó, chúng bị giới hạn bởi số lần encoder được thăm vấn trong một khoảng thời gian mẫu nhất định về tốc độ truyền.



8. Kết quả và thảo luận

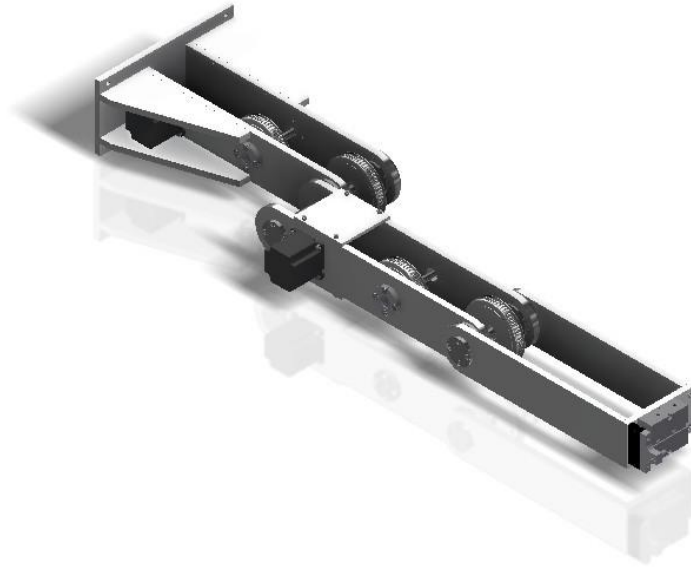
Kết quả

- Thực hiện thành công tính toán động học thuận; đưa ra các vị trí điểm cuối và tìm toán ra các góc quay của bài toán động học ngược

Điểm	Giá trị các biến khớp			Giá trị tọa độ các điểm		
	q_1	q_2	q_3	x	y	z
A	1.3027(rad)	0.5361(rad)	-35(mm)	0	675	35
B	-2.1546(rad)	1.4896(rad)	-35(mm)	82.5	-508	35
C	-1.9797(rad)	1.0948 (rad)	-35(mm)	82.5	-592	35
D	-2.3295(rad)	1.5174 (rad)	-35(mm)	0	-508	35
E	-2.1337(rad)	1.1258 (rad)	-35(mm)	0	-592	35
F	-2.4766(rad)	1.4896 (rad)	-35(mm)	-82.5	-508	35
G	-2.2567(rad)	1.0948 (rad)	-35(mm)	-82.5	-592	35

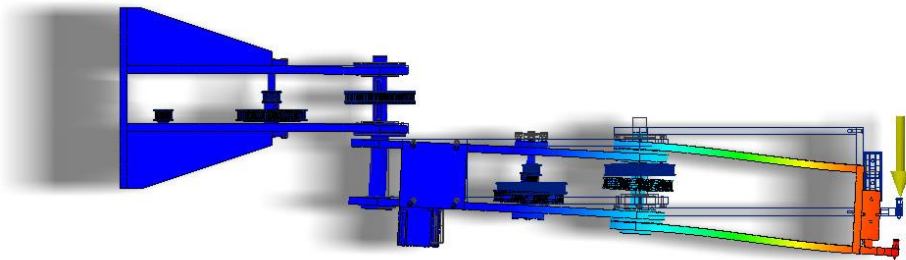
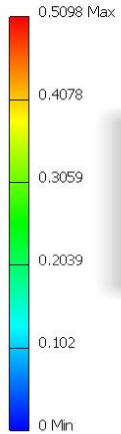
Faculty of Mechanical Engineering and Mechatronics

- Tính toán thiết kế tay máy robot 3 bậc tự do đưa ra kích thước các khâu các khớp, chọn được trục, ổ lăn, động cơ bước



- Mô phỏng ứng suất trên cánh tay robot

Type: Displacement
Unit: mm
6/15/2023, 4:55:22 PM



- Thiết lập được giao diện điều khiển tay máy trên Matlab GUI



Đánh giá

- Đã hoàn thành phần lớn những mục tiêu đề ra ban đầu.
- Và nhóm đang muốn hướng tới nâng cấp sản phẩm để chuẩn bị cho đồ án tốt nghiệp sắp tới

Thảo luận

Những vấn đề còn chưa thực hiện được:

- Hệ thống động cơ bước + driver điều khiển chưa chính xác, thường bị trượt bước khi điều khiển tốc độ cao
- Khâu tác động cuối chưa hút được các loại hoa quả có cùng biên dạng hoặc các quả có kích thước quá nhỏ hay quá to.
- Chỉ hoạt động được trên mặt phẳng.

9. Phân tích rủi ro

Các quy trình phân tích rủi ro thường được phân chia thành hai nhóm, phân tích định lượng và phân tích định tính. Có thể nhận thấy rằng phân tích định tính sẽ giúp đưa ra những thông tin cụ thể và chi tiết cho bài toán đặt ra. Tuy nhiên, việc sử dụng phương pháp này đòi hỏi có những hàm toán học và tối ưu phức tạp, cũng như các phần mềm tính toán chuyên dụng. Do đó, các phân tích định lượng là chưa phù hợp và không cần thiết trong trường hợp này.

Các phân tích rủi ro định tính có nhiều ưu điểm như tiện lợi, nhanh chóng và đưa ra những phân tích nhanh gọn, không cần những hàm toán học và những phần mềm phức tạp. Do đó, đây là kỹ thuật được lựa chọn để thực hiện các phân tích rủi ro trong bài toán này.

Quy trình phân tích rủi ro định tính bao gồm các bước sau (thể hiện trong Hình 9.1):

- Xác định các yếu tố rủi ro;
- Lựa chọn thang đo xác suất;
- Thiết lập ma trận tham chiếu rủi ro;
- Xác định điểm rủi ro và ma trận rủi ro;
- Xếp hạng rủi ro.

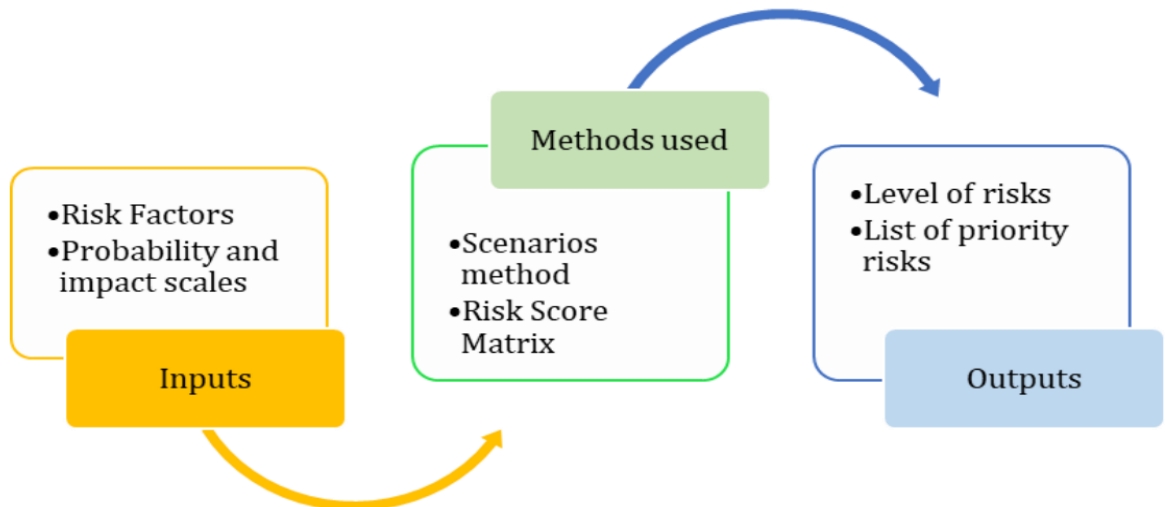


Fig. 1. Qualitative risk analysis process

Hình 9.1. Lưu đồ quy trình thực hiện phân tích rủi ro định tính cho “Thiết bị kiểm tra dây đai an toàn”.

Xác định các yếu tố rủi ro

Thực hiện các thao tác không chính xác

Quá tải khi làm việc

Đứt dây đai

Trượt răng

Bảng 9.1. Các yếu tố rủi ro cho “Thiết bị kiểm tra dây đai an toàn” được đánh số ký hiệu từ R1 tới R18.

Ri	Yếu tố rủi ro
R1	Sử dụng thiết bị không đúng cách
R2	Sử dụng thiết bị bởi người không được phép
R3	Thực hiện các bài kiểm tra không chính xác
R4	Không tuân theo hướng dẫn sử dụng thiết bị
R5	Quá tải thiết bị
R6	Mệt mỏi
R7	Vị trí làm việc không thuận tiện
R8	Sử dụng thiết bị chưa được hiệu chuẩn
R9	Tiếng ồn
R10	Mức độ tin cậy thấp
R11	Khó khai thác
R12	Nhiệt độ không phù hợp
R13	Độ ẩm cao
R14	Đặt thiết bị trong không gian quá nhỏ
R15	Đặt thiết bị trong không gian được chiếu sáng kém
R16	Phương pháp làm việc không hoàn chỉnh
R17	Không tuân thủ thứ tự hoạt động
R18	Tác dụng của không phù hợp lực lên vật liệu

Faculty of Mechanical Engineering and Mechatronics

Lựa chọn thang đo xác suất và thang đo tác động

Sau khi các yếu tố rủi ro được xác định, quy trình tiếp theo là lựa chọn thang đo xác suất và thang đo tác động. Thang đo xác suất được hiểu là Khả năng xảy ra rủi ro do yếu tố là một yếu tố rủi ro có khả năng

Thực hiện các thao tác không chính xác 6 tháng một lần

Quá tải khi làm việc một năm một lần

Đứt dây đai 6 tháng một lần

Trượt răng 3 tháng 1 lần

Bảng 9.2. Lựa chọn thang đo xác suất.

Đánh giá xác suất định tính	Đánh giá xác suất định lượng	Điểm xác suất
Rất cao (rất có thể xảy ra)	3 tháng một lần	5
Cao (có thể xảy ra)	6 tháng một lần	4
Vừa phải	Mỗi năm một lần	3
Thấp (không chắc)	3 năm một lần	2
Rất thấp (rất khó xảy ra)	Hơn 3 năm	1

PHENIKAA
UNIVERSITY

Faculty of Mechanical Engineering and Mechatronics

Bên cạnh đó, thang đo tác động cũng được lựa chọn. Thang đo tác động được miêu tả là tác động xảy ra đối với thiết bị khi yếu tố rủi ro xem xét xảy ra. Cần chú ý rằng một yếu tố rủi ro có khả năng xảy ra cao, nhưng chưa chắc đã có những tác động lớn tới thiết bị, và ngược lại. Bảng 9.3 thể hiện lựa chọn thang đo tác động trong trường hợp này.

Bảng 9.3. Lựa chọn thang đo tác động.

Đánh giá tác động định tính	Đánh giá tác động định lượng	Điểm tác động
Rất cao	Số lượng bài kiểm tra không hợp lệ lớn hơn 20%	20
Cao	Số lượng bài kiểm tra không hợp lệ từ 10 đến 20%	10
Vừa phải	Số lượng bài kiểm tra không hợp lệ từ 5 đến 10%	5
Thấp	Số lượng bài kiểm tra không hợp lệ từ 2 đến 5%	2
Rất thấp	Các thử nghiệm không hợp lệ thấp hơn 1%	1

PHENIKAA
UNIVERSITY

10. Báo cáo về tài chính và kinh tế

11. Kết luận

Trong bài toán thiết kế tay máy robot công nghiệp, việc đạt được một thiết kế tối ưu và hiệu quả là yếu tố quan trọng. Thiết kế cần đáp ứng các yêu cầu chức năng, hiệu suất, an toàn và khả năng tương tác với môi trường làm việc. Cần xem xét các yếu tố như độ chính xác, tải trọng, điều khiển, linh hoạt và tính kinh tế để đảm bảo sự thành công của hệ thống.

Đồng thời, cần xem xét tác động của thiết kế tay máy robot đến xã hội. Thiết kế cần đảm bảo tạo việc làm, nâng cao hiệu suất và chất lượng sản xuất, giảm nguy cơ làm việc nguy hiểm và tiết kiệm tài nguyên. Đồng thời, cần đảm bảo sự cân bằng giữa sự tự động hóa và vai trò của lao động con người trong xã hội.

Tổng hợp lại, việc thiết kế tay máy robot công nghiệp đòi hỏi sự cân nhắc và đánh giá toàn diện các yếu tố chức năng, hiệu suất, an toàn và tác động xã hội. Một thiết kế thành công sẽ tạo ra sự tối ưu trong công nghệ và xã hội, đồng thời đóng góp vào sự phát triển bền vững và tiến bộ của xã hội.

12. Tiêu chuẩn

Tiêu chuẩn ISO ASTM, ANSI, ASME, ASHRAE, TS-EN hoặc TCVN đều được.

TCVN 11078:2015 hoàn toàn tương đương với ISO 16625:2013: quy định về các nhóm puly

TCVN 12554:2019 hoàn toàn tương đương ISO 12044:2014: quy định về ổ lăn - ổ bi đỡ chặn một dãy – kích thước cạnh vát cho phía không chặn của vòng ngoài

TCVN 4241:1986 thay thế TCVN 2541:1978 và TCVN 1038:1971

Bu lông lục giác chìm đầu trụ Din 912

Bu lông lục giác chìm đầu cầu Din 7380

Bu lông lục giác chìm đầu bằng Din 7991

DIN EN ISO 4762

DIN 920

DIN N ISO 7046-2H

13. Tài liệu tham khảo

// Tài liệu tham khảo. Tham khảo // tác viết tài liệu tham khảo ở dưới

14. Phụ lục

// Phụ lục các công thức, định nghĩa cần giải thích bổ sung trong tài liệu



Hình 31. Thiết bị lặn tự hành phát triển bởi UK Natural Enviromental Council (NERC) model Autosub6000

Tables

Bảng 1: Phân loại ROV

Loại	Đặc điểm	Độ sâu lặn (m)
Micro	ROV chi phí thấp	< 100
Mini	Nhỏ gọn, mục đích quan sát	< 300
Phổ thông	Ứng dụng cho khảo sát cơ bản	< 200
Kiểm tra	Thu thập dữ liệu trắc địa	< 3000
AUV	Thiết bị lặn tự động	

– Quy tắc viết tài liệu tham khảo

[1] Kwon, O.K., and Pietcher, R.H., 1981, “Prediction of the Incompressible Flow Over a Rearward-Facing Step”, Technical Report HTL-26, CFD-4, Iowa State Univ., Ames, IA. [Technical Report]

[2] Lee, Y., Korpela, S.A., and Horne, R.N., 1982 “Structure of Multi-Cellular Natural Convection in a Tall Vertical Annulus”, Proceedings, 7th International Heat Transfer Conference, U. Grigul et al., ed., Hemisphere Publishing Corp., Washington, D.C., Vol. 2, pp. 221-226. [Conference Proceeding]

[3] Sparrow, E.M., 1980, “Fluid-to-Fluid Conjugate Heat Transfer for a Vertical Pipe – Internal Forced Convection and External Natural Convection”, ASME Journal of Heat Transfer, Vol. 102, pp. 402-407. [Scientific Journal]

[4] Tung, C.Y., 1982, “Evaporative Heat Transfer in the Contact Line of a Mixture”, Ph.D. Thesis, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY. [Thesis]

[5] K. Kimura and A. Lipeles, "Fuzzy Controller Component," U. S. Patent 14,860,040, December 14, 1996. [Patent]

[6] IEEE, “IEEE Standards Style Manual,
<http://standards.ieee.org/guides/style/2005Style.pdf>, Last Accessed May 21, 2006
[Standard]



PHENIKAA
UNIVERSITY