

NGUYỄN MẠNH TIẾN

PHÂN TÍCH VÀ ĐIỀU KHIỂN ROBOT CÔNG NGHIỆP



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

NGUYỄN MẠNH TIẾN

PHÂN TÍCH VÀ ĐIỀU KHIỂN ROBOT CÔNG NGHIỆP



**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI**

Chịu trách nhiệm xuất bản: ĐỒNG KHẮC SÙNG

Biên tập: TS. NGUYỄN HUY TIẾN

Trình bày bìa: XUÂN DŨNG

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

70 Trần Hưng Đạo - Hà Nội

In 300 bản khổ 16 x 24cm, tại Xí nghiệp In NXB Văn hóa Dân tộc.

Số đăng ký kế hoạch XB: 235 – 2012/CXB/327 - 13/KHKT, ngày 06/3/2012.

Quyết định XB số: 46/QĐXB – NXBKHKT.

In xong và nộp lưu chiểu Quý I năm 2013.

Lời nói đầu

Thuật ngữ robot xuất hiện lần đầu tiên năm 1920 để chỉ một nhân vật “viễn tưởng” có khả năng làm việc mềm dẻo nhưng khỏe gấp nhiều lần con người. “Nhân vật đó” đó đã là hiện thực vào năm 1960 và năm 1961 Robot công nghiệp đã được ứng dụng trong công nghiệp. Trong dây chuyền sản xuất với mức độ tự động hóa cao, robot công nghiệp đóng vai trò rất quan trọng trong việc giảm cường độ lao động cho người lao động, tăng năng suất và độ chính xác gia công, góp phần tăng chất lượng và số lượng và giảm giá thành sản phẩm.

Cuốn sách **“Phân tích và điều khiển Robot công nghiệp”** có nội dung là phân tích, tính toán cơ cấu cơ khí robot, cơ cấu chấp hành của robot công nghiệp làm cơ sở cho phân tích, thiết kế hệ thống điều khiển cho robot theo nhiệm vụ của nó trong công nghiệp.

Cuốn sách được biên soạn theo đề cương môn học Robot của chuyên ngành Tự động hóa – Trường Đại học Bách khoa Hà Nội đã được Hội đồng Khoa học Trường thông qua.

Với mục đích biên soạn cho giảng dạy môn học Robot Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội và các trường đại học, cao đẳng khác, sách gồm 9 chương được sắp xếp theo trình tự hợp lý, có nội dung cơ bản và chuyên sâu trong lĩnh vực kỹ thuật robot công nghiệp. Trong mỗi chương có các ví dụ minh họa và bài tập tự giải.

Chương 1 - Tổng quan về robot công nghiệp: Trình bày một cách tổng quan về lịch sử phát triển, các đặc tính robot công nghiệp và các khâu của một robot công nghiệp với mô tả chi tiết về cấu tạo cơ cấu chuyển động.

Chương hai - Động học vị trí robot: Trình bày cơ sở quan trọng của động học vị trí là phép biến đổi, mối quan hệ vị trí giữa các bộ phận trong robot thể hiện bằng hai bài toán động học thuận và động học ngược.

Chương 3 - Động học vị trí vi sai: Đề cập những vấn đề về chuyển động vi sai của robot, quan hệ dịch chuyển vi sai giữa các bộ phận robot và ma trận Jacobien trong robot.

Chương 4 - Động lực học robot: Phân tích và xây dựng phương trình động lực học của robot đơn giản và robot n thanh nối. Xây dựng các dạng mô hình toán học của hệ thống robot và quan hệ mômen và lực tĩnh trong robot.

Chương 5 – Thiết kế quỹ đạo chuyển động: Phân tích cơ sở và các phương pháp xây dựng quỹ đạo chuyển động robot ở không gian khớp và không gian tay với một số dạng quỹ đạo thông dụng.

Chương 6 – Điều khiển chuyển động robot: Phân tích cấu trúc và phương pháp tổng hợp các hệ thống điều khiển chuyển động trong không gian khớp: Hệ thống điều khiển độc lập, hệ thống điều khiển tập trung, hệ thống điều khiển thích nghi và hệ thống điều khiển không gian tay sử dụng ma trận Jacobien chuyển vị và nghịch đảo. Đánh giá chất lượng hệ thống điều khiển thông qua các kết quả mô phỏng.

Chương 7 – Hệ thống điều khiển lực: Trình bày về các phương pháp điều khiển lực kinh điển: Điều khiển trở kháng và điều khiển hỗn hợp với một số kết quả mô phỏng.

Chương 8 – Cơ cấu chấp hành và cấu trúc hệ thống điều khiển: Phân tích các đặc điểm và cấu trúc của các hệ thống truyền động sử dụng trong robot công nghiệp: hệ thống thủy lực, khí nén và hệ thống truyền động điện. Mô tả cấu trúc chung của hệ thống điều khiển của robot.

Chương 9 – Cảm biến trong robot: Mô tả về cấu tạo, nguyên lý làm việc, đặc tính và ứng dụng của các cảm biến sử dụng trong robot gồm các cảm biến bên trong và cảm biến bên ngoài.

Sách được dùng làm giáo trình chính cho chuyên ngành Tự động hóa, cũng có thể làm tài liệu học tập cho sinh viên một số ngành trong ngành Điện và một số ngành liên quan, làm tài liệu tham khảo cho học viên cao học, nghiên cứu sinh chuyên ngành Tự động hóa-Điều khiển tự động, cho các cán bộ kỹ thuật trong vận hành, thiết kế và bảo dưỡng các hệ thống điều khiển robot trong công nghiệp.

Tác giả bày tỏ lòng biết ơn về những định hướng của cố Giáo sư Nguyễn Công Hiến cho cuốn sách này. Tác giả cảm ơn các đồng nghiệp ở Bộ môn Tự động hóa xí nghiệp công nghiệp- Trường Đại học Bách khoa Hà Nội đã khuyến khích động viên tác giả và có đóng góp cho nội dung của cuốn sách. Tác giả đặc biệt cảm ơn vợ và gia đình đã dành cho tác giả mọi thời gian tự do và khuyến khích động viên giúp đỡ trong thời gian viết cuốn sách này.

Tuy đã dành nhiều thời gian suy nghĩ và biên soạn, song với sự biên soạn lần đầu, cuốn sách không thể tránh khỏi các thiếu sót, tác giả xin chân thành cảm ơn và mong nhận được sự đóng góp ý kiến của bạn đọc.

Các ý kiến đóng góp xin gửi về Bộ môn Tự động hóa xí nghiệp công nghiệp- Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, hoặc Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật - 70 Trần Hưng Đạo Hà Nội.

Tác giả

MỤC LỤC

<i>Lời nói đầu</i>	3
Chương 1. Tổng quan về robot công nghiệp	7
1.1. Tự động hóa và robot công nghiệp.....	7
1.2. Lịch sử phát triển của robot.....	9
1.3. Các đặc tính của robot công nghiệp	12
1.4. Hệ thống chuyển động robot	14
1.5. Hệ thống điều khiển robot	22
1.6. Ứng dụng của robot	23
Chương 2. Động học vị trí robot	28
2.1. Biểu diễn ma trận	28
2.2. Phép biến đổi	33
2.3. Nghịch đảo của ma trận phép biến đổi	41
2.4. Khung tọa độ trong không gian làm việc của robot	43
2.5. Động học thuận và ngược của các cấu hình robot điển hình	45
2.6. Thiết kế khung tọa độ thanh nối	54
2.7. Động học ngược robot	59
<i>Bài tập.</i>	64
<i>Phụ lục.</i>	66
Chương 3. Động học vị trí vi sai	76
3.1. Dịch chuyển vi sai của một khung tọa độ	76
3.2. Quan hệ dịch chuyển vi sai của các khung tọa độ	80
3.3. Quan hệ dịch chuyển vi sai của robot trong không gian làm việc	82
3.4. Ma trận Jacobien	85
3.5. Quan hệ ma trận Jacobien và toán tử vi sai	92
3.6. Ma trận Jacobien nghịch đảo	93
<i>Bài tập.</i>	98
Chương 4. Động lực học robot.	100
4.1. Bài toán động lực học	100
4.2. Phương trình Lagrange	101
4.3. Phương trình động lực học của cơ cấu robot 2 thanh nối	102
4.4. Phương trình động lực học của robot n thanh nối	108
4.5. Hệ phương trình trạng thái động lực học của robot n	

thanh nối	117
4.6. Động lực học của robot với cơ cấu chấp hành	118
4.7. Lực và mômen tĩnh	122
<i>Bài tập</i>	125
Chương 5. Thiết kế quỹ đạo chuyển động	127
5.1. Khái niệm	127
5.2. Cơ sở thiết kế quỹ đạo robot	129
5.3. Thiết kế quỹ đạo trong không gian khớp	132
5.4. Thiết kế quỹ đạo cho tay robot trong hệ tọa độ Decac	141
<i>Bài tập</i>	149
Chương 6. Điều khiển chuyển động robot	150
6.1. Bài toán điều khiển chuyển động	150
6.2. Hệ thống điều khiển độc lập các khớp	151
6.3. Hệ thống điều khiển tập trung	157
6.4. Hệ thống điều khiển thích nghi	169
6.5. Hệ thống điều khiển trong không gian làm việc	179
<i>Bài tập</i>	183
<i>Phụ lục</i>	184
Chương 7. Điều khiển lực	188
7.1. Điều khiển trở kháng	198
7.2. Điều khiển hỗn hợp	197
<i>Phụ lục</i>	208
Chương 8. Cơ cấu chấp hành và cấu trúc hệ thống điều khiển	212
8.1. Các đặc tính của hệ thống cơ cấu chấp hành	212
8.2. Cơ cấu chấp hành thủy lực	215
8.3. Cơ cấu chấp hành khí nén	220
8.4. Động cơ điện	221
8.5. Cấu hình phân cứng hệ thống điều khiển	235
Chương 9. Cảm biến trong robot	238
9.1. Các đặc tính của cảm biến	238
9.2. Cảm biến vị trí	240
9.3. Cảm biến đo lực và mômen	245
9.4. Cảm biến khoảng cách	248
9.5. Cảm biến lân cận	250
9.6. Cảm biến tiếp xúc	253
<i>Phụ lục</i>	255
<i>Tài liệu tham khảo</i>	268

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN VỀ ROBOT CÔNG NGHIỆP

1.1. Tự động hoá và robot công nghiệp

Thuật ngữ robot có nguồn gốc từ khoa học viễn tưởng. Từ "Robota" lần đầu tiên xuất hiện năm 1920 trong một vở kịch của nhà viết kịch người Tiệp Karel Capek, trong đó ông đã mô tả một "nhân vật" có thể ứng xử như con người, có khả năng làm việc khoẻ gấp đôi con người, nhưng không có cảm tính, cảm giác như con người. Sự phát triển của lĩnh vực Robot bắt đầu từ 40 năm sau đó.

Robot được định nghĩa dưới dạng các khía cạnh khác nhau. Robot được coi là một tay máy có một vài bậc tự do, có thể được điều khiển bằng máy tính. Một định nghĩa khác về robot công nghiệp hiện nay được chấp nhận là: robot công nghiệp là một cơ cấu cơ khí có thể lập trình được và có thể thực hiện những công việc có ích một cách tự động không cần sự giúp đỡ trực tiếp của con người. Hiệp hội những nhà chế tạo - nhà sử dụng đưa ra định nghĩa robot như sau: Robot là một thiết bị có thể thực hiện được các chức năng bình thường như con người và có thể hợp tác nhau một cách thông minh để có được trí tuệ như con người. Trong Bách khoa toàn thư mới (phiên bản 7.0 1995) viết: "Robot có thể định nghĩa là một thiết bị tự điều khiển hoàn toàn bao gồm các bộ phận điện tử, điện và cơ khí,...."

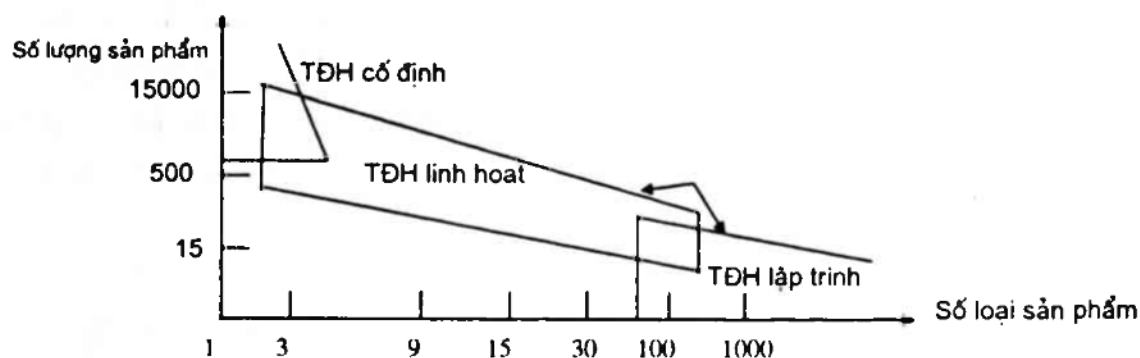
Tự động hoá (Automation) và kỹ thuật Robot (Robotics) là hai lĩnh vực có liên quan mật thiết với nhau. Về phương diện công nghiệp, tự động hoá là một công nghệ liên kết với sử dụng các hệ thống cơ khí, điện tử và hệ thống máy tính trong vận hành và điều khiển quá trình sản xuất. Ví dụ, dây chuyền vận chuyển, các máy lắp ráp cơ khí, các hệ thống điều khiển phản hồi, các máy công cụ điều khiển chương trình số và robot. Như vậy, có thể coi robot là một dạng của thiết bị tự động hoá công nghiệp.

Có ba loại hệ thống tự động hoá công nghiệp: Tự động hoá cố định, tự động hoá lập trình và tự động hoá linh hoạt. Tự động hoá cố định được sử dụng

ở những dây chuyền sản xuất với số lượng sản phẩm lớn, do đó cần thiết kế các thiết bị đặc biệt để sản xuất các sản phẩm với số lượng lớn và hiệu suất rất cao. Công nghiệp sản xuất ô tô có thể coi là một ví dụ điển hình. Tính kinh tế của tự động hoá cố định khá cao do giá thành thiết bị chuyên dụng được chia đều cho số lượng lớn các đơn vị sản phẩm, dẫn đến giá thành trên một đơn vị sản phẩm thấp hơn so với các phương pháp sản xuất khác. Tuy nhiên vốn đầu tư của hệ thống tự động hoá cố định cao, do đó nếu số lượng sản phẩm nhỏ hơn thiết kế, giá thành sản phẩm sẽ rất cao. Mặt khác, các thiết bị chuyên dùng được thiết kế cho sản xuất một loại sản phẩm, sau khi chu kỳ sản phẩm kết thúc, các thiết bị chuyên dụng đó sẽ trở thành lạc hậu.

Tự động hoá lập trình được sử dụng ở quá trình sản xuất với sản phẩm đa dạng và số lượng sản phẩm tương đối thấp. Trong hệ thống tự động hoá này, các trang thiết bị sản xuất được thiết kế để thích nghi với các dạng sản phẩm khác nhau. Chương trình sẽ được lập trình và được đọc vào các thiết bị sản xuất ứng với các loại sản phẩm cụ thể. Về khía cạnh kinh tế, giá thành trang thiết bị lập trình có thể phân bổ cho số lượng lớn sản phẩm, ngay cả với các loại sản phẩm khác nhau.

Tự động hoá linh hoạt hoặc hệ thống sản xuất linh hoạt (FMS), hệ thống sản xuất tích hợp máy tính (hình 1.1). Ý tưởng của dạng tự động hoá linh hoạt mới được pháp triển và áp dụng vào thực tế quãng 20-25 năm cho thấy phạm vi ứng dụng thích hợp nhất đối với quá trình sản xuất có số lượng sản phẩm trung bình. Dạng tự động hoá linh hoạt sẽ bao gồm các đặc điểm của hai dạng tự động hoá cố định và lập trình. Nó cần được lập trình cho các loại sản phẩm khác nhau, nhưng số dạng sản phẩm khác nhau sẽ hạn chế hơn loại tự động hoá lập trình. Hệ thống sản xuất bao gồm nhiều trạm làm việc đặt nối tiếp nhau trong một dây chuyền. Máy tính trung tâm và hệ thống điều khiển trung tâm sẽ điều khiển đồng thời các trạm hoạt động.



Hình 1.1. Quan hệ số loại và số lượng sản phẩm ứng với các dạng tự động hoá