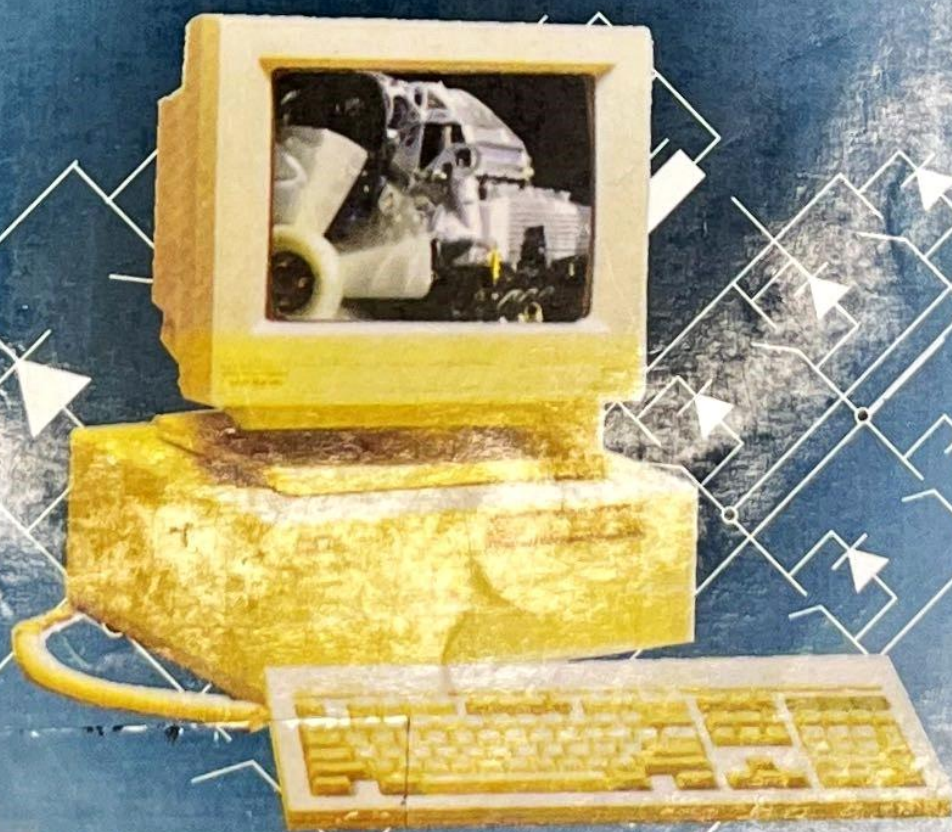
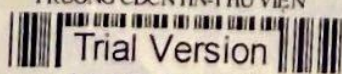


LÊ VĂN DOANH
NGUYỄN THẾ CÔNG
NGUYỄN TRUNG SƠN
CAO VĂN THÀNH

ĐIỀU KHIỂN SỐ MÁY ĐIỆN



TRƯỜNG CĐCN HN-THƯ VIỆN



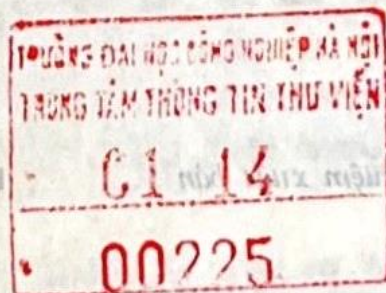
Trial Version

Mã sách: *01DT1298*



NHÀ XUẤT BẢN
KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

LÊ VĂN DOANH, NGUYỄN THẾ CÔNG
NGUYỄN TRUNG SƠN, CAO VĂN THÀNH



ĐIỀU KHIỂN SỐ MÁY ĐIỆN

(Dùng cho sinh viên các trường kỹ thuật)



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 1999

LỜI NÓI ĐẦU

Trong những năm gần đây điều khiển máy điện có bước phát triển nhảy vọt. Đó là kết quả của việc tăng công suất và các tính năng của linh kiện điện tử công suất và việc phát triển và hoàn thiện các cơ cấu điều khiển số có lập trình, của các bộ vi xử lý, vi điều khiển. Truyền động điện thông minh dựa trên kỹ thuật điều khiển số cho phép tạo nên hệ thống truyền động điện công nghiệp chắc chắn, tin cậy, hiệu suất cao, dải điều khiển rộng, đảm bảo các chức năng bảo vệ... Ví dụ, IPM (Intelligent Power Module) của Mitsubishi Electric dải công suất từ 10 A/600 V đến 1200 A/3300 V, ASC 600 của ABB, ALTIVAR của Télémécanique... là các bộ điều khiển động cơ xoay chiều với các tính năng chất lượng như hệ truyền động một chiều.

Những hạn chế của kỹ thuật tương tự như sự trôi thông số, sự làm việc ổn định dài hạn, những khó khăn của việc thực hiện các chức năng điều khiển phức tạp đã thúc đẩy việc chuyển nhanh sang công nghệ số trong những năm 70. Sự xuất hiện và hoàn thiện của các bộ vi xử lý mạnh những năm 80 cho phép thực hiện điều khiển vectơ, tạo nên hệ truyền động xoay chiều có chất lượng cao. Kỹ thuật số cũng cho phép tạo nên các thuật toán điều khiển phức tạp mà kỹ thuật tương tự không cho phép.

Ngoài ra điều khiển số còn có ưu thế quyết định về mặt công nghệ. Cùng một cơ cấu điều khiển số có thể đóng vai trò giao diện với người vận hành, thực hiện các chức năng chạy, dừng, đổi chiều, dự báo, tư vấn... Mọi chức năng phức tạp của truyền động điện đều có thể giải quyết được bằng các cơ cấu điều khiển số. Điều khiển số còn cho phép tiết kiệm linh kiện phân cứng, cho phép tiêu chuẩn hóa: với cùng một bộ vi xử lý, một cấu trúc phần cứng có thể dùng cho mọi ứng dụng, chỉ cần thay đổi nội dung bộ nhớ. Cuối cùng nhờ tiến bộ trong công nghệ mạch tổ hợp cho phép thực hiện các chức năng phức tạp với kích thước nhỏ, độ tin cậy cao, làm việc chắc chắn.

Tuy nhiên điều khiển số máy điện cũng đặt ra những đòi hỏi khắt khe. Việc thành lập các thuật toán điều khiển cần biết rõ các đặc tính của đối tượng điều khiển, mô hình của chúng ở chế độ liên tục cũng như ở chế độ rời rạc. Điều khiển số là điều khiển thời gian thực của quá trình phức tạp, diễn biến nhanh chóng, đòi hỏi kỹ thuật lập trình hệ thống ở mức cao.

Điều khiển số máy điện là nơi hội tụ của nhiều ngành khoa học và công nghệ thuộc lĩnh vực kỹ thuật điện, điện tử công suất, điều khiển tự động, kỹ thuật vi xử lý... đây là lĩnh vực rất mới, chưa được giới thiệu đầy đủ với độc giả Việt Nam. Các tác giả mong muốn trình bày những cơ sở tối thiểu thuộc lĩnh vực điều khiển số máy điện nhằm giúp cho độc giả bước đầu tiếp cận với lĩnh vực này.

Quyển sách "Điều khiển số máy điện" gồm 9 chương.

Chương 1. Đại cương về điều khiển số máy điện, trình bày khái quát những vấn đề cơ bản của điều khiển máy điện, so sánh kỹ thuật điều khiển tương tự và điều khiển số. Sơ đồ khối tổng quát của điều khiển số máy điện.

Chương 2. Cơ sở xử lý tín hiệu số là chương có tính chất chuẩn bị, trình bày khái quát cơ sở biến đổi Laplace rời rạc và biến đổi Fourier rời rạc.

Chương 3. Mô hình máy điện và bộ biến đổi, trình bày lý thuyết máy điện tổng quát, mô hình liên tục và mô hình rời rạc của máy điện và bộ biến đổi theo quan điểm điều khiển.

Chương 4. Hệ thống điều khiển số, trình bày phương pháp phân tích hệ điều khiển số, đặc tính các bộ điều khiển số, phương pháp tính các yếu tố chất lượng của hệ điều khiển số.

Chương 5. Tổng hợp hệ điều khiển số, trình bày phương pháp tổng hợp hệ điều khiển số trong miền z , tổng hợp hệ điều khiển số trong không gian trạng thái.

Chương 6. Cấu trúc phần cứng và yêu cầu phần mềm với điều khiển số, trình bày yêu cầu đối với bộ vi xử lý và các giao diện, đặc điểm lập trình phần mềm cho điều khiển số.

Chương 7. Điều khiển số máy điện một chiều, trình bày các vấn đề phân tích và tổng hợp hệ điều khiển số máy điện một chiều.

Chương 8. Điều khiển số máy điện xoay chiều ở chế độ xác lập, trình bày phương pháp phân tích và tổng hợp điều khiển số máy không đồng bộ và đồng bộ, chú trọng phương pháp điều khiển tua từ thông rôto là phương pháp đang thông dụng.

Chương 9. Điều khiển số máy điện xoay chiều ở chế độ quá độ, trình bày phương pháp phân tích hệ điều khiển số máy điện ở chế độ chuyển mạch và quá độ.

Quyển sách này do các cán bộ nhóm Điều khiển máy điện, Bộ môn

Thiết bị điện, Trường Đại học Bách khoa viết. PGS. PTS. Lê Văn Doanh chủ biên.

Có thể coi quyển sách "Điều khiển số máy điện" là phần bổ sung cho giáo trình "Điều khiển tự động truyền động điện". Quyển sách này dùng cho sinh viên các ngành Thiết bị điện, Tự động hóa xí nghiệp, Điều khiển tự động, Kỹ thuật đo và tin học công nghiệp. Quyển sách này cũng được dùng làm tài liệu tham khảo cho các kỹ sư điện đang công tác trong các cơ quan nghiên cứu, sản xuất và các lớp sau đại học.

Vì trình độ và thời gian có hạn, sách không tránh khỏi sai sót. Chúng tôi mong nhận được các góp ý, nhận xét của đông đảo bạn đọc. Mọi thư từ, góp ý xin gửi về Bộ môn Thiết bị điện, Khoa Năng lượng, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, ĐT. 8692511. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn.

1.1 CẤU TRÚC HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

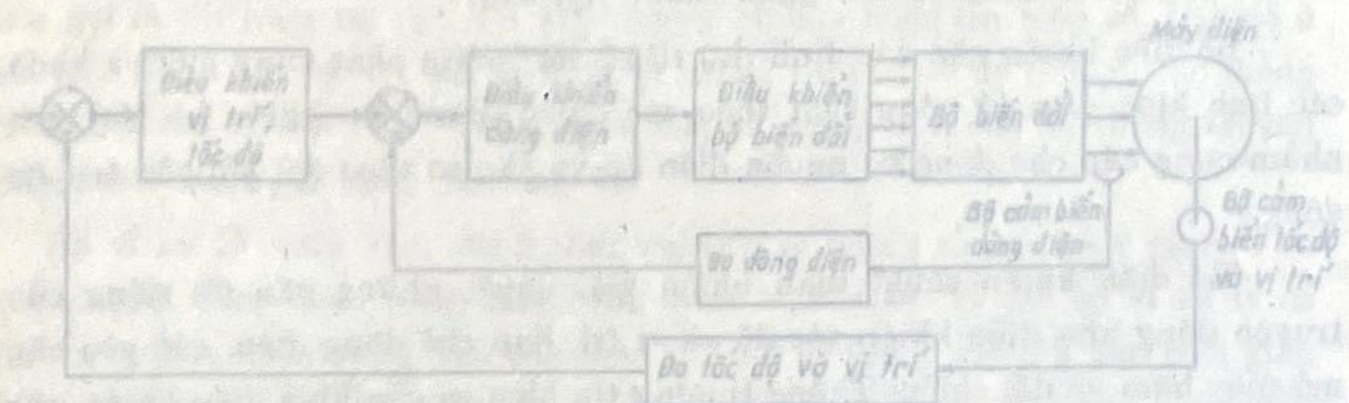
Các tác giả

1.1.1 Sơ đồ khối tổng quát của hệ thống truyền động điện

Trên hình 1.1 là sơ đồ khối tổng quát của hệ thống truyền động điện gồm nhiều khối chia thành hai mạch chính:

- Mạch động lực gồm bộ biến đổi và động cơ truyền động. Bộ biến đổi đóng vai trò biến đổi điện áp nguồn cung cấp về điện áp, dòng điện, tần số phù hợp với yêu cầu của các động cơ truyền động.

Bộ biến đổi cơ thể là bộ biến đổi máy điện: máy phát điện một chiều, xoay chiều; bộ biến đổi điện tử: khóa chập đại từ, điện kháng bão hòa; bộ biến đổi điện tử công suất. Bộ biến đổi điện tử công suất thực chất là các bộ chuyển



Hình 1.1 Sơ đồ khối tổng quát của hệ thống truyền động điện

MỤC LỤC

Lời nói đầu	3
Chương 1. ĐẠI CƯƠNG VỀ ĐIỀU KHIỂN SỐ MÁY ĐIỆN	
1.1 Cấu trúc hệ thống truyền động điện	7
1.1.1 Sơ đồ khối tổng quát của hệ thống truyền động điện	7
1.1.2 Điều khiển tương tự và điều khiển số	9
1.2 So sánh điều khiển số và điều khiển tương tự	10
1.2.1 Các hạn chế của điều khiển tương tự và ưu điểm của điều khiển số	10
1.2.2 Ưu điểm của thiết bị tương tự và nhược điểm của thiết bị số	11
1.2.3 Các ưu điểm có tính chất quyết định của điều khiển số	15
1.3 Xu hướng phối hợp điều khiển số và điều khiển tương tự	16
1.4 Phối hợp điều khiển tương tự và điều khiển số trong điều khiển động cơ không đồng bộ	17
1.5 Vấn đề tần số trong điều khiển số máy điện	18
1.6 Bài toán đặt ra đối với điều khiển số máy điện	19
1.6.1 Xây dựng mô hình điều khiển	19
1.6.2 Xây dựng mô hình toán cho hệ truyền động điện	20
1.6.3 Xây dựng thông số của các mạch vòng tương tự	20
1.6.4 Xác định thông số của mạch vòng điều khiển số	20
Chương 2. XỬ LÝ TÍN HIỆU SỐ	
2.1 Tín hiệu và hệ thống rời rạc	25
2.1.1 Tín hiệu tương tự	25
2.1.2 Tín hiệu lượng tử hóa	25
2.1.3 Tín hiệu rời rạc	26
2.1.4 Tín hiệu số	26
2.2 Các hệ thống xử lý tín hiệu	26
2.3 Biểu diễn tín hiệu rời rạc	27
2.4 Hệ thống tuyến tính	28
2.4.1 Hệ thống xử lý số	28
2.4.2 Đáp ứng xung của hệ thống tuyến tính	28

2.5 Đáp ứng xung và hàm truyền đạt	29
2.6 Biểu diễn hệ thống và tín hiệu rời rạc trong miền Z	29
2.6.1 Biểu diễn z thuận	29
2.6.2 Biến đổi z	30
2.6.3 Cực và zêrô	31
2.6.4 Biến đổi z ngược	33
2.6.5 Các tính chất cơ bản của biến đổi z	33
2.7 Biểu diễn các hệ thống rời rạc trong miền z	36
2.7.1 Hàm truyền đạt của hệ thống rời rạc	36
2.7.2 Biểu diễn hàm truyền đạt theo các cực và zêrô	37
2.7.3 Phân tích hệ thống trong miền z	37
2.7.4 Phân tích hệ thống rời rạc	39
2.8 Biểu diễn hệ thống và tín hiệu rời rạc trong miền tần số	39
2.8.1 Biến đổi Fourier rời rạc DFT	39
2.8.2 Biến đổi Fourier nhanh FFT	41
2.9 Bộ lọc số	43
2.9.1 Nguyên lý lọc tín hiệu	43
2.9.2 Bộ xử lý tín hiệu số DSP	44
2.10 Lấy mẫu và lưu giữ tín hiệu số	45
Chương 3. MÔ HÌNH MÁY ĐIỆN VÀ THIẾT BỊ BIẾN DỔI	
3.1 Các giả thiết đơn giản hóa	50
3.2 Tóm tắt những vấn đề cơ bản về sức điện động và mô men điện từ của hệ thống dây quấn cơ dòng điện chạy qua	51
3.3 Mô hình của máy điện một chiều	52
3.3.1 Sơ đồ và phương trình tổng quát của máy điện một chiều	52
3.3.2 Máy điện một chiều tổng quát	54
3.3.3 Ảnh hưởng của dây quấn bù	56
3.3.4 Điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều bằng tác động lên điện áp phản ứng	57
3.4 Mô hình toán học của máy điện xoay chiều	59
3.4.1 Sơ đồ máy điện xoay chiều	59
3.4.2 Biến đổi Park	61
3.4.3 Phương trình Park	62
3.4.4 Công suất và mômen	62
3.4.5 Khái niệm về máy điện tổng quát	63

3.5	Máy điện đồng bộ	63
3.5.1	Lập phương trình máy điện đồng bộ sử dụng biến đổi Park	63
3.5.2	Ví dụ ứng dụng	66
3.5.3	Nghiên cứu ngắn mạch ba pha khi không tải	68
3.5.4	Đặc điện kháng và hằng số thời gian theo thí nghiệm ngắn mạch ba pha	71
3.5.5	Sơ đồ tương đương	72
3.5.6	Xét ảnh hưởng của bão hòa	75
3.6	Mô hình máy điện không đồng bộ	76
3.6.1	Phương trình của máy điện không đồng bộ	76
3.6.2	Chọn hệ tọa độ	78
3.6.3	Mô hình động cơ không đồng bộ theo quan điểm điều khiển	80
3.6.4	Mô hình gián đoạn của động cơ không đồng bộ	80
3.7	Mô hình toán học của bộ biến đổi cung cấp cho máy điện	84
3.7.1	Mô hình liên tục	84
3.7.2	Cấu trúc điều khiển số và mô hình rời rạc	86
Chương 4. HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN SỐ		
4.1	Các sơ đồ tổng quát của hệ điều khiển số	91
4.2	Hàm truyền của vòng hiệu chỉnh số	93
4.3	Tích phân, đạo hàm số	95
4.3.1	Tích phân số: phép tổng	95
4.3.2	Đạo hàm số: vi phân	96
4.3.3	Đạo hàm số có lọc	96
4.4	PID số	98
4.4.1	Hàm truyền theo z	98
4.4.2	Lập trình bộ điều chỉnh PID số	98
4.4.3	Các phương án khác của PID số	100
4.5	Trễ thuần, bậc của hệ thống	101
4.5.1	Bậc của hệ thống	101
4.5.2	Trễ thuần	101
4.6	Dạng chuẩn của hàm truyền	103
4.7	Cực, zêrô, sự ổn định của hệ điều chỉnh	104
4.7.1	Cực	104
4.7.2	Zêrô	104

4.8	Mô hình số bậc nhất	105
4.9	Mô hình số bậc hai	107
4.9.1	Hàm truyền của mô hình số bậc hai	107
4.9.2	Biểu đồ xác định thông số	108
4.10	Đáp ứng tần của hệ rời rạc	113
4.11	Ổn định của hệ thống số kín	113
4.11.1	Tiêu chuẩn Jury	114
4.11.2	Tiêu chuẩn ổn định hệ kín	116
4.12	Độ chính xác	117
Chương 5. TỔNG HỢP BỘ ĐIỀU CHỈNH SỐ		
5.1	Dại cương	118
5.2	Tìm quy luật điều khiển	118
5.3	Đối tượng điều khiển	120
5.4	Tổng hợp bộ điều chỉnh cho đối tượng P_1	120
5.4.1	Tín hiệu đặt là bước nhảy đơn vị	120
5.4.2	Tín hiệu đặt là răng cưa đơn vị	122
5.5	Phương pháp phân bố các cực	124
5.6	Phương pháp mô hình	125
5.7	Nhận xét về đặc tính của đối tượng	127
5.7.1	Điều khiển đối tượng biểu diễn bằng phương trình bậc nhất	127
5.7.2	Nghiên cứu đáp ứng bằng phẳng ngay lập tức	128
5.7.3	Tính bộ điều chỉnh	129
5.7.4	Trường hợp bậc $G(z)$ lớn hơn 1	130
5.7.5	Kết luận	131
5.8	Điều chỉnh đối tượng loại P_2	131
5.9	Điều chỉnh đối tượng loại P_3	132
5.9.1	Các tính chất của đối tượng $G(z)$	132
5.9.2	Chọn mô hình $H[m](z)$	133
5.9.3	Các tính chất của các đa thức R, S, T	133
5.9.4	Các bước tổng hợp bộ điều chỉnh	135
5.9.5	Bám sát và điều chỉnh đối tượng độc lập	135
5.10	Phương pháp biến trạng thái	138
5.10.1	Biến trạng thái của hệ điều khiển	138
5.10.2	Tổng hợp bộ hiệu chỉnh trạng thái	141

Chương 6. ĐẠI CƯƠNG VỀ CẤU TRÚC PHẦN CỨNG VÀ CHƯƠNG TRÌNH PHẦN MỀM DÙNG CHO ĐIỀU KHIỂN SỐ MÁY ĐIỆN	
6.1 Đại cương về cấu trúc phần cứng dùng cho điều khiển máy điện	145
6.1.1 Tiêu chuẩn lựa chọn	145
6.1.2 Các họ bộ vi xử lý thông dụng	146
6.1.3 Các họ bộ vi điều khiển thông dụng	148
6.1.4 Các bộ xử lý tín hiệu số	149
6.2 Ghép nối bộ vi xử lý, bộ vi điều khiển và bộ xử lý tín hiệu số	151
6.3 Đo tốc độ quay động cơ	152
6.3.1 Sử dụng bộ cảm biến quang tốc độ với đĩa mã hóa	152
6.3.2 Sử dụng máy đo góc tuyệt đối	156
6.3.3 Phương pháp không sử dụng bộ cảm biến tốc độ	158
6.4 Một số đặc điểm chương trình phần mềm trong điều khiển số máy điện	158
Chương 7. ĐIỀU KHIỂN SỐ ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU	
7.1 Điều khiển liên tục mạch vòng dòng điện	163
7.1.1 Mô hình	163
7.1.2 Cấu trúc hệ thống điều khiển	165
7.1.3 Hệ thống bù cực	165
7.1.4 Đáp ứng tối ưu	166
7.1.5 Sắp xếp các cực	168
7.2 Điều khiển rời rạc mạch vòng dòng điện	171
7.3 Chuyển từ điều khiển tương tự sang điều khiển số trực tiếp	174
7.3.1 Đại cương	174
7.3.2 Tóm tắt về điều khiển tương tự	178
7.3.3 Điều khiển số được biến đổi từ điều khiển tương tự hoặc điều khiển lai	181
7.3.4 Điều khiển số trực tiếp	183
7.3.5 Mô hình rời rạc	186
7.3.6 So sánh tính năng điều khiển số	187
7.4 Chọn chiến lược điều khiển trong trường hợp bộ chỉnh lưu tiristo	190
7.4.1 Cấu trúc và tuân tự điều khiển	190
7.4.2 Mô hình rời rạc	192
7.4.3 Chọn bộ điều chỉnh	193

7.4.4	Điều chỉnh theo giá trị trung bình	193
7.5	Điều chỉnh tốc độ	196
7.5.1	Vấn đề tần số lấy mẫu	197
7.5.2	Bộ đổi tốc độ hai lần tần số lấy mẫu	198
7.5.2.1	hình và tổng hợp mạch vòng dòng điện	199
7.5.2.2	hình và tổng hợp mạch vòng tốc độ	201
7.5.2.3	đến đổi tương đương sơ đồ rời rạc	202
7.5.2.4	hình điều chỉnh hai lần tần số lấy mẫu	204
7.5.3	Điều chỉnh tốc độ một lần tần số lấy mẫu	207
7.5.3.1	Điều chỉnh trạng thái không có khó khăn về thời gian tính toán	207
7.5.3.2	Điều chỉnh trạng thái có vấn đề về thời gian tính toán	210
7.5.3.3	Điều chỉnh bằng sắp xếp các cực	211
Chương 8: ĐIỀU KHIỂN SỐ ĐỘNG CƠ BA PHA: CHẾ ĐỘ XÁC LẬP		
8.1	Công nghệ ma trận trong hệ thống điều khiển truyền động điện xoay cù ba pha	215
8.1.1	a) Ma trận Clarke	215
8.1.2	a) Ma trận Concordia	216
8.1.3	a) Ma trận quay	217
8.1.4	Điều chỉnh Concordia và biến đổi Park	217
8.2	Cấu trúc và mô hình hóa các bộ nghịch lưu áp	220
8.2.1	Giới thiệu chung	220
8.2.2	Mô hình và biến đổi Concordia điện áp	221
8.2.3	Giá trị điện áp và dòng điện	222
8.2.4	Mô hình đối với dòng điện	223
8.2.5	Công suất truyền tải	224
8.3	Sơ đồ chức năng	225
8.4	Các chiến lược điều khiển bộ nghịch lưu	226
8.5	Điều khiển toàn sóng bộ nghịch lưu áp	226
8.5.1	Dạng sóng	226
8.5.2	Quy luật điều khiển	228
8.5.3	Mô hình hóa theo giá trị tức thời	228
8.5.4	Lý thuyết điều hòa bậc nhất	230
8.6	Điều khiển với các điều kiện xác định trước	230
8.6.1	Nguyên lý	230
8.6.2	Sơ đồ chức năng	236
8.6.3	Các vấn đề ứng dụng	237

8.4.4 Ví dụ ứng dụng trong công nghiệp	238
8.4.5 Truyền động không đồng bộ công suất lớn	240
8.4.6 Sơ đồ tương đương điều khiển PWM lập trình trước	242
8.5 Điều khiển số động cơ đồng bộ rôto nam châm vĩnh cửu	242
8.5.1 Mô hình động cơ đồng bộ rôto nam châm vĩnh cửu	243
8.5.2 Sơ đồ truyền động động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu dùng bộ xử lý tín hiệu số	244
Chương 9. ĐIỀU KHIỂN SỐ ĐỘNG CƠ ĐIỆN XOAY CHIỀU BA PHA: CHẾ ĐỘ QUÁ ĐỘ	
9.1 Điều khiển theo phương pháp điều biến độ rộng xung kèm theo sóng mang	247
9.1.1 Nguyên lý	247
9.1.2 Biến đổi Concordia và Park áp dụng cho bộ nghịch lưu áp điều biến PWM	250
9.1.3 Chọn u_o	252
9.2 Điều khiển bằng điều biến kép	254
9.2.1 Cải thiện các điều hòa bậc cao với điều khiển toàn sóng	254
9.2.2 Điều chỉnh thành phần cơ bản bằng cách xếp chồng một điều biến độ rộng xung PWM	254
9.3 Điều chỉnh dòng điện bộ nghịch lưu áp	256
9.4 PWM hình sin. Số hóa	257
9.5 Số hóa các điều khiển PWM có sóng mang	261
9.5.1 Điều biến tương tự tự nhiên không trễ	261
9.5.2 Điều biến số đều	263
9.5.3 Điều biến số đối xứng	269
9.5.4 Điều biến số không đối xứng	271
9.5.5 Thực hiện điều biến ba pha. Cải thiện các tính năng	273
9.6 Điều biến vectơ	277
9.7 Thực hiện hệ thống điều khiển động cơ xoay chiều ba pha trên cơ sở sử dụng bộ xử lý tín hiệu số kiểu TMS 320 C20/25	282
9.7.1 Sơ lược về phần cứng	282
9.7.2 Chuẩn bị viết chương trình	286
Bảng tóm tắt các đặc tính chủ yếu của hệ truyền động tự động	287
Tài liệu tham khảo	289
Mục lục	290