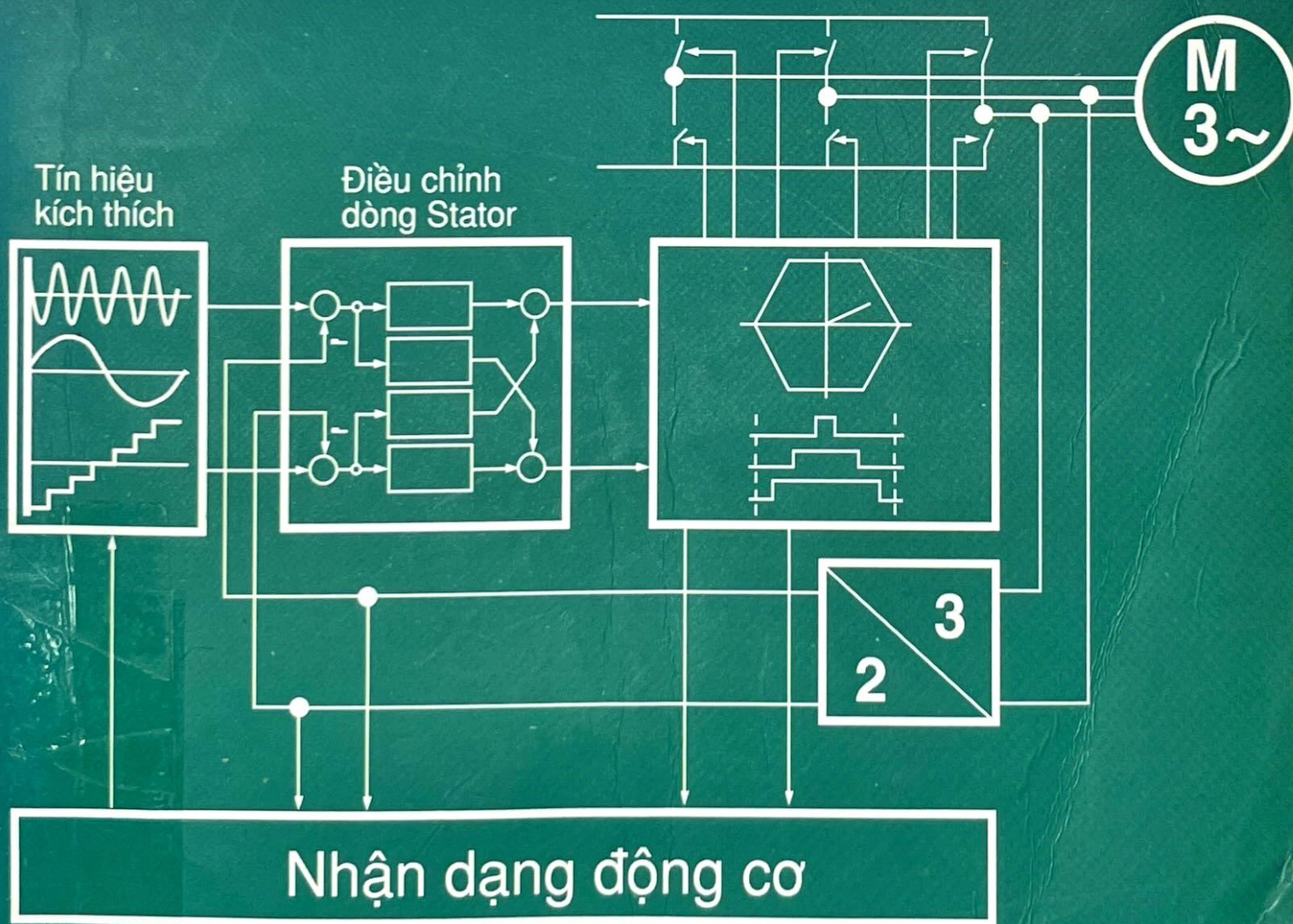


Nguyễn Phùng Quang - Andreas Ditttrich

Truyền động điện thông minh

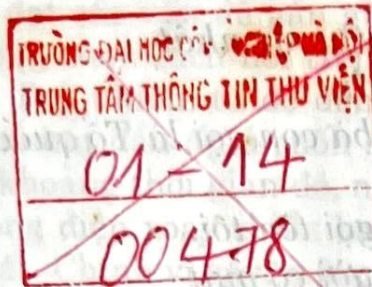
- * Điều khiển vector
- * Nhận dạng, thích nghi tham số
- * Tối ưu trạng thái
- * Vi điều khiển, vi xử lý tín hiệu

Intelligent Electric Drives: the State of the Art



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

Nguyễn Phùng Quang - Andreas Dittrich



Truyền động điện thông minh

In lần thứ ba có sửa chữa



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2006

Lời nói đầu

Cuốn sách đầu tiên của tác giả cũng về chủ đề này xuất bản năm 1996 với nội dung chủ yếu về các chức năng cơ bản của hệ thống truyền động. Nhờ cách diễn đạt các vấn đề gần gũi với thực tiễn, dễ tiếp thu đối với người ứng dụng, cuốn sách nói trên đã được bạn đọc đón nhận một cách trân trọng. Tuy nhiên, từ đó đến nay đã sáu năm, nếu tính chính xác từ thời điểm bắt đầu áp dụng cuốn sách vào năm 1993, đã chín năm trôi qua. Trong khoảng thời gian đó, nhờ các nỗ lực nghiên cứu và phát triển, truyền động điện xoay chiều ba pha đã đạt tới mức độ gần như hoàn thiện về chất. Chính vì vậy, một cuốn sách mới cần phải phản ánh được thực tế đó.

Do các vòng điều chỉnh cấp trên (chủ yếu là điều chỉnh mômen, tốc độ quay và vị trí) có nhiệm vụ chế ngự hệ thống cơ vô cùng đa dạng, cuốn sách này sẽ chỉ tập trung vào các vấn đề chế ngự động cơ. Khi thiết kế các hệ thống cơ phức hợp, cũng như khi tính toán tối ưu các vòng điều chỉnh của chúng, kỹ sư thường xuất phát từ các đặc điểm lý tưởng của cơ chế chấp hành "Truyền động xoay chiều ba pha", là những đặc điểm chỉ do các chức năng gần động cơ quyết định.

Các chức năng gần động cơ là cơ sở của một hệ truyền động và có thể được chia thành hai nhóm như sau:

1. *Nhóm các thuật toán cơ sở* như điều chỉnh dòng stator, điều chế vector điện áp và quan sát từ thông.
2. *Nhóm các thuật toán nâng cao* như nhận dạng và thích nghi tham số, điều khiển tối ưu trạng thái của động cơ.

Thực tế cho thấy, một hệ thống thông thường chỉ cài đặt nhóm thứ nhất đã có thể hoạt động khá tốt mà không cần đến nhóm thứ hai. Mặt khác, nếu một hệ thống đã có khả năng hoạt động khá tốt được tích hợp thêm nhóm các thuật toán nâng cao, chất lượng của hệ đó sẽ được nâng lên một cách rõ rệt. Vì vậy có thể nói, một hệ thống hoàn hảo phải có cả hai nhóm chức năng, và mức thỏa mãn đòi hỏi này sẽ thể hiện tính thông minh của hệ thống đó.

Sau khi giới thiệu vắn tắt về cấu trúc của một hệ truyền động điện xoay chiều ba pha (điều khiển theo phương pháp tựa theo từ thông rotor) ở chương 1, trong chương 2 trình bày kỹ lưỡng các vấn đề về điều chế điện áp ba pha trên không gian vector. Chương 2 có nhiều ví dụ thực tiễn minh họa, giúp bạn đọc dễ dàng áp dụng lý thuyết, đồng thời giới thiệu cả một số phương thức điều chế đặc biệt. Xuất phát từ các phương trình cơ sở, chương 3 dẫn dắt các mô hình liên tục và gián đoạn của động cơ dị bộ rotor lồng sóc và của động cơ đồng bộ kích thích vĩnh cửu. Chương 4 trả lời các câu hỏi về đo đặc giá trị thực và tựa hướng từ thông. Trong đó, cả vấn đề thu thập giá trị tốc độ quay không cần đo (Speed Sensorless Control) cũng được đề cập tới. Chương 5 giới thiệu chi tiết phương pháp thiết kế khâu điều chỉnh vector dòng với động học và độ chính xác cao, xuất phát từ các mô hình gián đoạn của đối tượng động cơ. Các thiết kế đó đã xét tới các điều kiện biên của hệ thống như

kỹ thuật thu thập giá trị thực, hay module của vector điện áp stator bị hạn chế. Việc tự tham số hóa hệ thống, tự thích nghi tham số cũng như khả năng tự đưa vào vận hành đều phải dựa trên các tham số thu được: Hoặc từ nhãn máy hoặc từ phép nhận dạng Off-line, với sự hỗ trợ của sơ đồ thay thế động cơ. Chương 6 xử lý toàn bộ mảng vấn đề đó. Chương 7 giải quyết vấn đề nhận dạng và thích nghi trực tuyến (On-line) hằng số thời gian rotor, là tham số phụ thuộc nhiều vào trạng thái vận hành của động cơ (bão hòa từ, nhiệt độ công tác), nhưng lại giữ vai trò quyết định đối với độ chính xác của góc tựa và chất lượng của hệ thống. Cuối cùng, phải nhấn mạnh rằng: Đối với một hệ chất lượng cao, việc nâng hiệu quả tiết kiệm năng lượng khi sử dụng tổ hợp "Biến tần/Động cơ" cũng có vai trò không kém phần quan trọng đối với nền kinh tế quốc dân. Khả năng tận dụng tối đa dòng/áp mà biến tần có thể cung cấp cũng như khả năng tận dụng động cơ tối ưu về mômen quay hay tối ưu về hiệu suất, được thực hiện bằng cách điều khiển có mục tiêu từ thông rotor, tức là điều khiển trạng thái động cơ (chương 8). Các phụ lục tập hợp ở chương 9 sẽ giúp bạn đọc bổ sung một số vấn đề cần thiết khi thực hành hệ thống.

Khi viết, tác giả đã cố gắng trình bày các vấn đề một cách sáng sủa, gần với thực tiễn. Tác giả luôn chú trọng khả năng ứng dụng của các giải pháp. Vì vậy, trình tự thiết kế đã được mô tả kỹ lưỡng và minh họa dễ hiểu bằng các công thức, hình ảnh, đồ thị và phụ lục.

Cuốn sách bắt nguồn từ kết quả nghiên cứu và phát triển của hai tác giả trong hơn một thập kỷ. Hầu hết các kết quả đó đã được áp dụng trong công nghiệp, một phần được cấp bằng phát minh. Hy vọng cuốn sách sẽ đem lại cho bạn đọc không chỉ những gợi ý, mà cả những giải pháp thực sự cho hệ thống mà bạn đọc có ý định xây dựng.

Tác giả cảm ơn TSKH. Dittrich (Thụy Sĩ) đã đồng ý để tác giả đưa vào sách này các nội dung của cuốn sách chung [1.6], xuất bản năm 1999 tại CHLB Đức. Xin cảm ơn vợ tôi, TS. Trần Thị Thu Hương, người đã không chỉ luôn nhẫn nại chịu đựng sự trẻ nãi gia đình của tác giả trong quá trình viết, mà còn tìm mọi cách hỗ trợ động viên tác giả hoàn thành sách. Cảm ơn chị Nguyễn Thị Ngọc Khuê, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, đã kiên trì chờ đợi khi người viết liên tục lỡ hạn giao sách, đã hỗ trợ và tạo điều kiện để sách nhanh ra mắt bạn đọc.

Dù đã được viết khá cẩn thận, cuốn sách khó tránh khỏi còn những sai sót. Mọi lời góp ý, nhận xét, xin bạn đọc gửi về Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, hay về Khoa Điện – Trường đại học Bách khoa Hà Nội, xin chân thành cảm ơn.

Hà Nội, xuân Nhâm Ngọ 2002

Tác giả

Tái bản lần thứ nhất

Sau khi đã hiệu đính một số lỗi chế bản nhỏ, cuốn "Truyền động điện thông minh" được tái bản và không có thay đổi gì về nội dung. Xin chân thành cảm ơn bạn đọc đã sử dụng sách.

Mục lục

		Trang
	Lời nói đầu	4
1	Khái quát cấu trúc của hệ truyền động điện xoay chiều ba pha điều khiển tựa theo từ thông rotor	1
1.1	Vector không gian và hệ tọa độ từ thông	1
1.2	Cấu trúc của hệ điều khiển tựa theo từ thông rotor	5
1.3	Tài liệu tra cứu	9
2	Điều khiển nghịch lưu theo phương pháp điều chế vector không gian	11
2.1	Nguyên lý điều chế	13
2.2	Cách tính và xuất thời gian đóng ngắt ra van	18
2.3	Các hạn chế của thuật toán	20
2.3.1	Vùng có ích và vùng cấm của mặt phẳng vector	20
2.3.2	Tính đồng bộ giữa điều chế điện áp và xử lý số liệu	22
2.3.3	Ảnh hưởng của thời gian an toàn và phương pháp bù	23
2.4	Ví dụ ứng dụng	25
2.4.1	Điều chế bằng vi điều khiển SAB 80C166	27
2.4.2	Điều chế bằng vi xử lý tín hiệu TMS320C20/C25	30
2.4.3	Điều chế với một cấu hình hai vi xử lý	36
2.5	Các dạng điều chế đặc biệt	40
2.5.1	Điều chế hai nhánh van	40
2.5.2	Điều chế đồng bộ	42
2.6	Tài liệu tra cứu	43
3	Mô hình động cơ phức vụ thiết kế các khâu điều chỉnh và khâu quan sát	45
3.1	Khái quát về phương thức mô tả trên không gian trạng thái	45
3.1.1	Mô hình trạng thái trên miền thời gian	45
3.1.2	Mô hình trạng thái gián đoạn	47
3.2	Động cơ dị bộ rotor lồng sóc (ĐCDB)	53
3.2.1	Mô hình trạng thái liên tục của ĐCDB trên hệ tọa độ stator cố định và hệ tọa độ đồng bộ từ thông	54

3.2.2	Mô hình trạng thái gián đoạn của ĐCDB	62
3.3	Động cơ đồng bộ kích thích vĩnh cửu	69
3.3.1	Mô hình trạng thái liên tục của ĐCDB trên hệ tọa độ đồng bộ từ thông	69
3.3.2	Mô hình trạng thái gián đoạn của ĐCDB	72
3.4	Quy ước chung cho mô hình dòng của cả hai loại động cơ	74
3.5	Tài liệu tra cứu	76
4	Các vấn đề đo giá trị thực và tựa hướng theo từ thông rotor	77
4.1	Đo dòng điện stator	78
4.2	Đo tốc độ quay	80
4.3	Các khả năng tính tốc độ quay không cần đo	86
4.3.1	Ví dụ truyền động dùng ĐCDB không đo tốc độ quay	89
4.3.2	Ví dụ truyền động dùng ĐCDB không đo tốc độ quay	95
4.4	Tựa theo từ thông và các vấn đề nảy sinh	97
4.4.1	Nguyên tắc tính từ thông rotor của truyền động sử dụng ĐCDB	98
4.4.2	Xác định giá trị chủ đạo cho khâu ĐC dòng stator	104
4.4.3	Các vấn đề nảy sinh do chế độ làm việc gián đoạn của hệ thống điều chỉnh	105
4.5	Tài liệu tra cứu	109
5	Áp đặt nhanh mômen quay trên cơ sở điều chỉnh dòng stator	113
5.1	Khái quát về các phương pháp điều chỉnh dòng đã được sử dụng	114
5.2	Điều kiện biên hệ thống, hàm truyền đạt mục tiêu và hàm đặt của khâu điều chỉnh	125
5.3	Thiết kế khâu ĐC vector dòng stator có tốc độ đáp ứng hữu hạn	129
5.3.1	Thiết kế khâu ĐC có tốc độ đáp ứng tức thời (Dead-Beat Response) khi đo tức thời giá trị thực dòng stator	130
5.3.2	Thiết kế khâu ĐC có tốc độ đáp ứng tức thời (Dead-Beat Response) khi đo tích phân giá trị thực dòng stator	134
5.3.3	Thiết kế khâu ĐC có tốc độ đáp ứng hữu hạn (Finite Response Time)	136
5.4	Thiết kế khâu ĐC trạng thái vector dòng stator có tốc độ đáp ứng hữu hạn	137
5.4.1	Ma trận hồi tiếp trạng thái K	138
5.4.2	Ma trận lọc đầu vào V	140
5.5	Xử lý khi điện áp stator đi vào giới hạn	142

5.5.1	Sách lược quy đổi giới hạn module của vector điện áp sang các thành phần	145
5.5.2	Sách lược hiệu chỉnh ngược khi đã giới hạn điện áp	151
5.6	Tài liệu tra cứu	153
6	Sơ đồ thay thế và các phương pháp thu thập tham số hệ thống	157
6.1	Sơ đồ thay thế với tham số hằng	158
6.1.1	Sơ đồ thay thế của máy điện dị bộ rotor lồng sóc	158
6.1.1.1	Sơ đồ thay thế dạng chữ T	158
6.1.1.2	Sơ đồ thay thế dạng chữ H đảo	160
6.1.1.3	Sơ đồ thay thế dạng chữ H	161
6.1.2	Sơ đồ thay thế của máy điện đồng bộ	162
6.2	Mô hình hóa các phần tử phi tuyến của máy điện dị bộ rotor lồng sóc	162
6.2.1	Tổn hao sắt từ	163
6.2.2	Hiệu ứng dẫn dòng và dẫn từ thông	166
6.2.3	Hiện tượng bão hòa sắt từ	170
6.2.4	Các tham số quá độ	175
6.3	Tính toán tham số từ nhãn động cơ	176
6.3.1	Tính tham số khi biết $\cos\phi$ đối với ĐCDB	177
6.3.2	Tính tham số khi không biết $\cos\phi$ đối với ĐCDB	180
6.3.3	Tính tham số đối với ĐCDB	181
6.4	Nhận dạng tham số ĐCDB khi động cơ đứng im	182
6.4.1	Mở đầu	182
6.4.2	Đặc tính dòng - áp của nghịch lưu, điện trở stator và điện cảm tản quá độ	184
6.4.3	Nhận dạng điện cảm và điện trở rotor bằng phương pháp đặc tính tần số	186
6.4.3.1	Cơ sở lý thuyết và ứng dụng để nhận dạng điện trở rotor, điện cảm tản	186
6.4.3.2	Chọn tối ưu tần số kích thích trên cơ sở phương pháp hàm nhậ	189
6.4.3.3	Đặc điểm của nhận dạng điện cảm chính (hỗ cảm) và đường đặc tính từ hóa	191
6.4.4	Nhận dạng điện cảm stator bằng dòng một chiều	193
6.5	Tài liệu tra cứu	194
7	Thích nghi trực tuyến hằng số thời gian rotor của động cơ dị bộ	197
7.1	Đặt vấn đề	197
7.2	Hệ thống hóa các phương pháp thích nghi	203
7.3	Thích nghi điện trở rotor theo phương pháp mô hình	207
7.3.1	Khâu quan sát và động học hệ thống	208
7.3.2	Mô hình sai số	211

7.3.2.1	Mô hình điện áp stator	211
7.3.2.2	Mô hình công suất	214
7.3.3	Độ nhạy tham số	216
7.3.4	Ảnh hưởng của tổn hao sắt từ	220
7.3.5	Thích nghi ở chế độ xác lập và chế độ động	222
7.4	Tài liệu tra cứu	226
8	Điều khiển tối ưu trạng thái của hệ thống truyền động điện dị bộ	229
8.1	Đặt vấn đề	229
8.2	Sách lược điều khiển tối ưu hiệu suất (tối ưu tổn hao)	230
8.3	Sách lược điều khiển tối ưu mômen quay	233
8.3.1	Dải tốc độ danh định	233
8.3.2	Dải tốc độ có suy giảm từ thông phía cao	237
8.3.3	Dải tốc độ có suy giảm từ thông phía thấp	241
8.3.4	Luật điều khiển chung cho chế độ cận xác lập	244
8.3.5	Động học mômen khi nghịch lưu mở hoàn toàn	247
8.4	So sánh các sách lược tối ưu	251
8.5	Điều chỉnh từ thông rotor	254
8.6	Tài liệu tra cứu	257
9	Phụ lục	259
9.1	Chuẩn hóa – Bước chuẩn bị lập trình quan trọng	259
9.2	Ví dụ minh họa gián đoạn hóa mô hình ở mục 3.1.2	262
9.3	Về vấn đề ứng dụng phương pháp bình phương sai phân bé nhất	264
9.4	Đôi lời kết thúc	267
9.5	Tài liệu tra cứu	273
10	Ký hiệu và chữ viết tắt	275
10.1	Ký hiệu	275
10.2	Các chữ viết tắt	277
	Danh mục từ tra cứu	277