

BÙI QUỐC KHÁNH - PHẠM QUANG ĐĂNG
NGUYỄN HUY PHƯƠNG - VŨ THỤY NGUYÊN

ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH

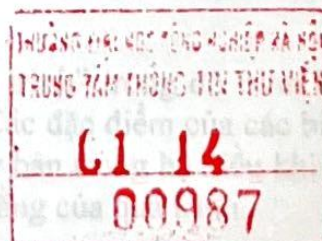
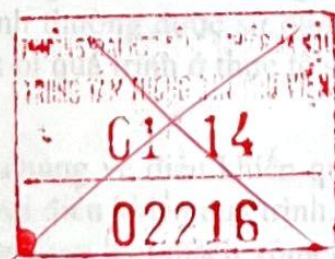


NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

BÙI QUỐC KHÁNH - PHẠM QUANG ĐĂNG
NGUYỄN HUY PHƯƠNG - VŨ THỤY NGUYÊN

ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH

(Sách chuyên khảo dùng cho kỹ sư, học viên cao học và sinh viên các ngành kỹ thuật)



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

Hà Nội - 2014

Lời nói đầu

Điều khiển quá trình là môn khoa học nghiên cứu về tĩnh và động học của sự biến đổi lý hóa trong các quá trình công nghệ của sản xuất công nghiệp, phục vụ cho việc thiết kế các thiết bị công nghệ và hệ điều khiển các quá trình công nghệ đó. Do vậy điều khiển quá trình là cốt lõi của hệ tự động hóa quá trình công nghệ. Nghiên cứu hệ điều khiển quá trình có hai hướng tiếp cận: Hướng thứ nhất thuộc về các nhà công nghệ nghiên cứu điều khiển quá trình phục vụ khâu thiết kế dây chuyền thiết bị công nghệ và đề xuất nhiệm vụ điều khiển quá trình công nghệ. Hướng thứ hai là các nhà nghiên cứu về điều khiển và tự động hóa nghiên cứu điều khiển quá trình để thiết kế, lắp đặt, chỉnh định và vận hành hệ điều khiển và tự động hóa quá trình công nghệ.

Sách “**Điều khiển quá trình**” được biên soạn với mục đích làm tài liệu tham khảo cho các kỹ sư thuộc lĩnh vực điều khiển và tự động hóa, đồng thời có thể làm tài liệu phục vụ học tập nghiên cứu cho học viên cao học và sinh viên trong các trường đại học kỹ thuật.

Nội dung tài liệu cung cấp cho người đọc phương pháp luận nghiên cứu điều khiển quá trình như biết cách xây dựng động lực học các quá trình trong công nghiệp, phân tích và xác định các biến cần điều khiển, biến tác động, các loại biến nhiễu từ đó thiết kế cấu trúc điều khiển từ đơn giản đến phức tạp, thiết kế chỉnh định các mạch vòng điều khiển cơ sở, đến thiết kế hệ điều khiển cho dây chuyền công nghệ. Đồng thời tài liệu cũng đề cập một cách cơ bản và đầy đủ các thiết bị đo lường, cơ cấu chấp hành thường được sử dụng trong công nghiệp, các ví dụ minh họa trong tài liệu bám sát các thiết bị quá trình ở thực tế sản xuất. Nội dung tài liệu được biên soạn trong sáu chương :

Chương 1 trình bày “Khái quát chung về điều khiển quá trình” trong đó trình bày các khái niệm, định nghĩa cũng như phân loại điều khiển quá trình. Các đặc điểm của các biến quá trình chính và các yêu cầu điều khiển của từng loại mạch vòng cơ bản trong hệ điều khiển quá trình. Trình bày các phương pháp xây dựng các phương trình cân bằng của quá trình.

Chương 2 nói về “Đặc tính thiết bị đo và cơ cấu chấp hành” trình bày khái quát các nguyên lý, đặc tính cơ bản của thiết bị đo và cơ cấu chấp hành trong các quá trình phục vụ cho việc ứng dụng vào hệ điều khiển trong công nghiệp.

Chương 3 mô tả “Động học các quá trình cơ bản”, tập trung nghiên cứu động học quá trình cơ bản như đường ống, mạch vòng điều khiển lưu lượng, các khâu tích lũy thể lỏng, thể khí, thể rắn, động lực học các thiết bị truyền nhiệt, điều khiển pha trộn, điều khiển pH, động lực học lò phản ứng hóa học, tháp chưng cất.

Chương 4 giới thiệu “Khái quát chung về điều khiển phản hồi” ứng dụng trong điều khiển quá trình. Chương này tóm lược lý thuyết về bộ điều khiển PID, các phương pháp thiết kế chỉnh định bộ điều khiển PID và phương pháp đánh giá hệ điều khiển.

Chương 5 nói về vấn đề “Điều khiển quá trình nhiều mạch vòng” trong đó tập trung vào nghiên cứu các phương pháp và cấu trúc điều khiển nhiều mạch vòng để nâng cao chất lượng điều khiển và đáp ứng yêu cầu riêng của công nghệ. Nội dung chỉ nghiên cứu các phương pháp và cấu trúc được áp dụng trong sản xuất công nghiệp như: Hệ điều khiển nối cấp (Cascade), hệ điều khiển vượt trước (Feedforward), hệ điều khiển nhiều đầu ra, hệ điều khiển tỷ lệ, hệ điều khiển lựa chọn, hệ điều khiển đa biến, hệ điều khiển suy luận và hệ điều khiển mờ. Chương 5

cũng trình bày khái niệm chung về điều khiển cấp trên như điều khiển tối ưu hóa và điều khiển giám sát.

Chương 6 trình bày vấn đề “Thiết kế hệ điều khiển quá trình”. Chương này đề cập tới quy trình thiết kế hệ điều khiển quá trình, hướng dẫn chi tiết các bước tiến hành trong quy trình. Phương pháp lựa chọn phần cứng bộ điều khiển cũng như cách xây dựng phần mềm.

Sách “Điều khiển quá trình” do cán bộ Trung tâm Công nghệ cao (nay là Viện kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa) kết hợp với cán bộ bộ môn Tự động hóa XNCN biên soạn. PGS.TS. Bùi Quốc Khánh chủ biên và biên soạn chương 1, 2, 3, 5. TS. Phạm Quang Đăng biên soạn chương 6 và tham gia biên soạn chương 1, 2. TS. Nguyễn Huy Phương biên soạn chương 4, tham gia biên soạn chương 5. Ths. Vũ Thụy Nguyên tham gia biên soạn chương 3 và cùng với Ths. Nguyễn Quang Huy thực hiện chế bản điện tử.

Trong quá trình biên soạn tập thể tác giả đã được sự quan tâm đóng góp của các thầy cô trong bộ môn Tự động hóa, các cán bộ Viện Kỹ thuật Điều khiển và Tự động hóa, đặc biệt được sự giúp đỡ của các cán bộ công nghệ và kỹ thuật ở các nhà máy xi măng, nhiệt điện, giấy, hóa chất, chế biến thực phẩm,...

Nội dung cuốn sách bao gồm nhiều vấn đề liên quan đến kiến thức công nghệ của nhiều ngành và chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót. Mong được sự góp ý để cuốn sách được hoàn thiện hơn.

Thư góp ý gửi về: Viện Kỹ thuật Điều khiển và Tự động hóa, Nhà công nghệ cao - Trường Đại học Bách khoa Hà Nội hoặc Bộ môn Tự động hóa XNCN - Trường Đại học Bách khoa Hà Nội hoặc Nhà xuất bản Khoa học & Kỹ thuật 70 Trần Hưng Đạo - Hà Nội.

Xin chân thành cảm ơn.

Các tác giả

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU.....	3
MỤC LỤC	5
CHƯƠNG 1. KHÁI QUÁT CHUNG VỀ ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH	9
1.1 KHÁI NIỆM CƠ BẢN.....	9
1.2 PHÂN LOẠI ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH	9
1.2.1 Phân loại theo công nghệ sản xuất	9
1.2.2 Phân loại theo tính chất sản xuất.....	9
1.2.3 Phân loại ĐKQT theo quan điểm điều khiển.....	10
1.3 ĐẶC ĐIỂM CỦA MẠCH VÒNG ĐIỀU KHIỂN CƠ SỞ	12
1.3.1 Cấu trúc của mạch vòng điều khiển cơ sở	12
1.3.2 Tính chất của các mạch vòng điều khiển cơ sở	13
1.4 CÁC PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG	15
1.4.1 Cân bằng khối lượng, cân bằng thành phần hóa học, cân bằng năng lượng	15
1.4.2 Khái quát chung về nhiệt động học.....	16
1.4.3 Xây dựng phương trình bảo toàn khối lượng.....	19
1.4.4 Xây dựng phương trình cân bằng năng lượng cho hệ có thể tích cố định	19
1.4.5 Phương trình cân bằng thành phần hóa học cho phản ứng.....	21
1.5 BẬC TỰ DO CỦA QUÁ TRÌNH	23
1.6 TÍNH TOÁN BẬC TỰ DO ĐIỀU KHIỂN ĐƯỢC.....	23
CHƯƠNG 2. ĐẶC TÍNH CƠ BẢN CỦA THIẾT BỊ ĐO VÀ CƠ CẤU CHẤP HÀNH TRONG HỆ ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH	25
2.1 CẤU TRÚC CƠ BẢN CỦA THIẾT BỊ ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG QUÁ TRÌNH TRONG CÔNG NGHIỆP	25
2.2 ĐẶC TÍNH VẬN HÀNH CỦA THIẾT BỊ ĐO	26
2.2.1 Phạm vi đo và dải đo.....	26
2.2.2 Độ phân giải của thiết bị đo	27
2.2.3 Dải chết và đặc tính trễ	27
2.2.4 Độ nhạy	27
2.2.5 Cấp chính xác và sai số.....	27
2.2.6 Các ảnh hưởng của môi trường và thời gian	28
2.3 CẢM BIẾN THÔNG MINH.....	29
2.3.1 Khái niệm về cảm biến thông minh	29
2.3.2 Các ưu điểm của cảm biến thông minh.....	30
2.3.3 Cấu trúc chung của một cảm biến thông minh.....	30
2.4 THIẾT BỊ ĐO NHIỆT ĐỘ.....	31
2.4.1 Giới thiệu chung	31
2.4.2 Các thiết bị đo nhiệt độ dùng trong công nghiệp.....	32
2.5 THIẾT BỊ ĐO ÁP SUẤT VÀ MỨC.....	40
2.5.1 Thiết bị đo áp suất.....	40
2.5.2 Thiết bị đo mức chất lỏng.....	46
2.6 THIẾT BỊ ĐO LƯU LƯỢNG	52
2.6.1 Giới thiệu chung	52
2.6.2 Các phương pháp đo lưu lượng chất lỏng và chất khí.....	52
2.6.3 Thiết bị đo lưu lượng chất rắn.....	66
2.7 VAN ĐIỀU KHIỂN	69

2.7.1	Phân loại van điều khiển	69
2.7.2	Các thông số cơ bản của van điều chỉnh	72
2.7.3	Xét ảnh hưởng sụt áp trên van lên đặc tính lưu lượng	76
2.7.4	Servo van	78
2.7.5	Khái quát chung về chọn van điều khiển	79
2.7.6	Hiện tượng stiction của van điều chỉnh	81
2.8	ĐẶC TÍNH CỦA THIẾT BỊ BƠM	87
2.8.1	Phân loại bơm	87
2.8.2	Các thông số cơ bản của bơm	87
2.8.3	Bơm ly tâm	88
2.9	ĐẶC TÍNH CỦA THIẾT BỊ QUẠT	90
2.9.1	Quạt ly tâm	90
2.9.2	Quạt hướng trục	92
2.9.3	Vấn đề điều khiển quạt và bơm	93
CHƯƠNG 3.	ĐỘNG HỌC CÁC QUÁ TRÌNH CƠ BẢN TRONG ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH	95
3.1	ĐỘNG HỌC KHÂU CÓ THỜI GIAN CHẾT	95
3.2	ĐỘNG HỌC CỦA MẠCH VÒNG ĐIỀU KHIỂN LƯU LƯỢNG	97
3.2.1	Động học đường ống dẫn môi chất	98
3.2.2	Điều khiển lưu lượng dung dịch qua van	109
3.2.3	Điều khiển lưu lượng chất khí qua van	117
3.2.4	Điều khiển lưu lượng bằng thay đổi tốc độ bơm	119
3.2.5	Động học mạch vòng lưu lượng	121
3.3	ĐỘNG HỌC CÁC QUÁ TRÌNH TÍCH LŨY	122
3.3.1	Động học khâu tích lũy chất lỏng trong bình không trao đổi nhiệt	122
3.3.2	Động học khâu tích lũy chất khí với nhiệt độ không đổi	123
3.3.3	Động học khâu tích lũy chất khí có trao đổi nhiệt	125
3.3.4	Khâu tích lũy chứa môi chất khí và lỏng có trao đổi nhiệt	126
3.3.5	Động học khâu tích lũy nước và hơi nước	128
3.3.6	Động học khâu tích lũy thể rắn	132
3.4	ĐỘNG HỌC QUÁ TRÌNH PHA TRỘN	134
3.4.1	Động học quá trình pha trộn hai chất	134
3.4.2	Động học quá trình điều khiển trung hòa pH	137
3.5	PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC QUÁ TRÌNH TRAO ĐỔI NHIỆT	141
3.5.1	Phân tích động học thiết bị trao đổi nhiệt có thông số không đổi	142
3.5.2	Phân tích động học truyền nhiệt qua vách ngăn(Lò phản ứng Jacket)	143
3.5.3	Phân tích động học trao đổi nhiệt thay đổi pha	144
3.5.4	Trao đổi nhiệt hai chất lỏng gián tiếp không thay đổi pha.	145
3.5.5	Trao đổi nhiệt có thông số dải	149
3.6	ĐỘNG HỌC CƠ BẢN PHẢN ỨNG HÓA HỌC	150
3.6.1	Các khái niệm cơ bản về phản ứng hóa học	151
3.6.2	Xây dựng động học cho lò phản ứng liên tục có khuấy trộn	155
3.6.3	Ổn định nhiệt độ cho lò phản ứng phát nhiệt	158
3.6.4	Điều khiển nhiệt độ lò phản ứng theo mẻ	160
3.7	ĐỘNG HỌC VÀ ĐIỀU KHIỂN THÁP CHƯNG CẤT	164
3.7.1	Giới thiệu chung	164
3.7.2	Các phương trình quan hệ tĩnh trong quá trình chưng cất	166
3.7.3	Động học tháp chưng cất hai thành phần	177
CHƯƠNG 4.	LÝ THUYẾT CHUNG VỀ CÁC BỘ ĐIỀU KHIỂN	183
4.1	BỘ ĐIỀU KHIỂN ON-OFF	183

4.2	ĐẶC TÍNH CƠ BẢN CỦA BỘ ĐIỀU KHIỂN PID	185
4.3	CÁC DẠNG BIẾN THỂ CỦA BỘ ĐIỀU KHIỂN PID	188
4.3.1	Bộ điều khiển PID có hạn chế độ giật	188
4.3.2	Bộ điều khiển PI có hạn chế tích phân (HCTP)	189
4.4	NHIỆM VỤ VÀ CÁC GIẢI PHÁP KHI THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN PID	190
4.5	KHÁI QUÁT CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐƠN GIẢN HÓA MÔ HÌNH QUÁ TRÌNH	191
4.6	PHƯƠNG PHÁP NHẬN DẠNG MÔ HÌNH THEO TÁC ĐỘNG HÀM NHẢY CẤP	193
4.7	THIẾT KẾ VÀ CHỈNH ĐỊNH BỘ ĐIỀU KHIỂN PID	195
4.7.1	Tổng hợp trực tiếp bộ điều khiển (DS-PID)	195
4.7.2	Cấu trúc điều khiển theo mô hình nội	199
4.7.3	Phương pháp thiết kế bộ điều khiển PID theo mô hình nội IMC-PID	200
4.7.4	Hoàn thiện phương pháp tổng hợp IMC-PID của Skogestad (SIMC-PID)	203
4.8	CHỈNH ĐỊNH PID THEO PHƯƠNG PHÁP NICHOLS-ZIGLER (N&Z-PID)	204
4.9	ĐÁNH GIÁ HỆ SAU KHI CHỈNH ĐỊNH	206
4.10	ĐÁNH GIÁ VÀ CHỈNH ĐỊNH CÁC VÒNG ĐIỀU CHỈNH PID TRONG CÔNG NGHIỆP	208
4.10.1	Tổng quan	208
4.10.2	Giải pháp khắc phục	210
4.10.3	Đánh giá các vòng điều chỉnh PID	211
CHƯƠNG 5.	ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH NHIỀU MẠCH VÒNG	221
5.1	ĐIỀU KHIỂN PHẢN HỒI NỐI TẦNG	221
5.2	ĐIỀU KHIỂN BÙ VƯỢT TRƯỚC (FEEDFORWARD)	222
5.3	PHÂN TÍCH ĐIỀU KHIỂN CASCADE VÀ FEEDFORWARD CHO MỨC NƯỚC BAO HƠI LÒ HƠI NHIỆT ĐIỆN	224
5.4	HỆ ĐIỀU KHIỂN PHẢN HỒI NHIỀU ĐẦU RA	229
5.5	ĐIỀU KHIỂN LỰA CHỌN	230
5.5.1	Điều khiển lựa chọn mạch vòng điều khiển	230
5.5.2	Điều khiển lựa chọn giá trị đại lượng cần điều khiển	231
5.5.3	Điều khiển lựa chọn cơ cấu chấp hành	231
5.6	HỆ ĐIỀU KHIỂN TỶ LỆ	233
5.6.1	Nguyên lý điều khiển tỷ lệ	233
5.7	ĐIỀU KHIỂN TỈ LỆ VÀ LỰA CHỌN CHO QUÁ TRÌNH CHÁY	234
5.8	HỆ ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH ĐA BIẾN	236
5.8.1	Lý thuyết chung	236
5.8.2	Xét ảnh hưởng của hệ số khuếch đại xen kênh đến sự tương tác	242
5.8.3	Chỉnh định lại bộ điều khiển khi hệ số khuếch đại tương tác nhỏ	242
5.8.4	Điều khiển phân ly hệ đa biến	243
5.8.5	Điều kiện điều khiển phân ly hệ đa biến	244
5.8.6	Khảo sát ảnh hưởng các tham số lên đáp ứng của hệ	245
5.9	ĐIỀU KHIỂN THEO PHƯƠNG PHÁP SUY LUẬN CHO LÒ SẤY HẠT LIỆU	255
5.9.1	Khái quát chung về đặc tính cơ bản quá trình sấy khô hạt liệu	255
5.9.2	Thiết kế điều khiển suy luận cho lò sấy tầng sôi hạt liệu	258
5.10	HỆ ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH THEO MẸ - BATCH CONTROL	259
5.10.1	Khái quát chung về quá trình sản xuất theo mẻ	259
5.10.2	Các chức năng hệ điều khiển theo mẻ	261
5.10.3	Điều khiển trình tự sản xuất mẻ và điều khiển logic	261
5.10.4	Điều khiển quá trình trong sản xuất mẻ	262
5.10.5	Điều khiển Run-To-Run (RtR controller)	263
5.10.6	Điều khiển quản lý và giám sát sản xuất mẻ	264
5.11	ĐIỀU KHIỂN TỐI ƯU HÓA	265
5.11.1	Những yêu cầu cơ bản của điều khiển tối ưu hóa	266
5.11.2	Cấu trúc và giải pháp xây dựng điều khiển tối ưu hóa	268

5.12	CÁC VẤN ĐỀ CƠ BẢN CỦA ĐIỀU KHIỂN GIÁM SÁT (PROCESS MONITORING - PM)	269
5.12.1	Kiểm soát giới hạn (Limit Checking)	269
5.12.2	Kiểm soát sai lệch vận hành	270
CHƯƠNG 6.	THIẾT KẾ HỆ ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH	271
6.1	KHÁI QUÁT CHUNG	271
6.1.1	Khái niệm thiết kế	271
6.1.2	Đặc điểm của thiết kế hệ điều khiển quá trình	272
6.2	XÁC ĐỊNH NHIỆM VỤ THIẾT KẾ HỆ ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH	274
6.2.1	Xác định vấn đề thiết kế	274
6.2.2	Nhiệm vụ thiết kế hệ điều khiển quá trình	274
6.3	CÁC QUYẾT ĐỊNH CẦN ĐƯA RA TRONG THIẾT KẾ ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH	275
6.3.1	Đo lường	275
6.3.2	Các phần tử chấp hành	277
6.3.3	Khả năng vận hành của quá trình	278
6.4	MỐI QUAN HỆ THIẾT KẾ THIẾT BỊ CÔNG NGHỆ VÀ HỆ ĐIỀU KHIỂN	279
6.5	TÓM TẮT CÁC BƯỚC THIẾT KẾ HỆ ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH	280
6.6	PHÂN TÍCH THIẾT KẾ CẤU TRÚC ĐIỀU KHIỂN THÁP CHUNG CẤT	282
6.6.1	Mục tiêu điều khiển	282
6.6.2	Xác định bậc tự do điều khiển	283
6.6.3	Xác định biến cần điều khiển	284
6.6.4	Xác định bậc tự do điều khiển	284
6.6.5	Xác định biến điều khiển	284
6.6.6	Xác định cặp đôi biến điều khiển-biến cần điều khiển	284
6.6.7	Thiết kế mạch vòng điều khiển cơ bản	286
6.6.8	Xác định tác động xen kênh	287
6.7	NHỮNG VẤN ĐỀ CƠ BẢN KHI THIẾT KẾ HỆ ĐIỀU KHIỂN LOGIC	288
6.7.1	Khái quát chung về điều khiển logic trong hệ điều khiển quá trình	288
6.7.2	Những vấn đề cơ bản của hệ điều khiển logic	289
6.7.3	Tổ chức hệ điều khiển logic	289
6.7.4	Các cảnh báo quá trình	290
PHỤ LỤC		297
TÀI LIỆU THAM KHẢO		321
Equation	Chapter	Section
	1	3