

HOÀNG MINH SƠN

CƠ SỞ HỆ THỐNG

ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH



NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA HÀ NỘI

- 2009 -

Mục lục

CHƯƠNG 1 MỞ ĐẦU	1
1.1 Điều khiển quá trình là gì?	2
1.1.1 Quá trình và các biến quá trình	2
1.1.2 Phân loại quá trình.....	5
1.1.3 Bài toán điều chỉnh và bài toán bám	6
1.1.4 Các vấn đề đặc thù của điều khiển quá trình	7
1.2 Mục đích và chức năng điều khiển quá trình	10
1.2.1 Vận hành ổn định.....	11
1.2.2 Năng suất và chất lượng sản phẩm	12
1.2.3 Vận hành an toàn.....	13
1.2.4 Bảo vệ môi trường.....	14
1.2.5 Hiệu quả kinh tế.....	15
1.3 Phân cấp chức năng điều khiển quá trình.....	16
1.3.1 Giao diện quá trình	17
1.3.2 Điều khiển cơ sở	17
1.3.3 Điều khiển vận hành và giám sát	19
1.3.4 Điều khiển cao cấp	20
1.4 Các thành phần cơ bản của hệ thống.....	20
1.4.1 Thiết bị đo.....	22
1.4.2 Thiết bị điều khiển	23
1.4.3 Thiết bị chấp hành.....	24
1.5 Các nhiệm vụ phát triển hệ thống	24
1.5.1 Phân tích chức năng hệ thống	24
1.5.2 Xây dựng mô hình quá trình.....	26
1.5.3 Thiết kế cấu trúc điều khiển.....	26
1.5.4 Thiết kế thuật toán điều khiển.....	27
1.5.5 Lựa chọn giải pháp hệ thống	27
1.5.6 Phát triển phần mềm ứng dụng.....	27
1.5.7 Chỉnh định và đưa vào vận hành	28
1.6 Mô tả chức năng hệ thống	28
1.6.1 Các tài liệu mô tả đồ họa	28
1.6.2 Lưu đồ P&ID.....	29
1.7 Ghi chú và tài liệu tham khảo	32

1.7.1	Bàn thêm về khái niệm điều khiển quá trình	333
1.7.2	Về tài liệu tham khảo	355
1.8	Câu hỏi và bài tập	399
CHƯƠNG 2 MÔ HÌNH QUÁ TRÌNH		411
2.1	Giới thiệu chung	412
2.1.1	Mô hình và mục đích mô hình hóa	412
2.1.2	Nguyên tắc chung của mô hình hóa quá trình	444
2.1.3	Các phương pháp xây dựng mô hình toán học	455
2.2	Tổng quan về quy trình mô hình hóa	477
2.2.1	Đặt bài toán mô hình hóa	477
2.2.2	Phân chia hệ thống	500
2.2.3	Xây dựng các mô hình thành phần	511
2.2.4	Kết hợp các mô hình thành phần	512
2.2.5	Phân tích và kiểm chứng mô hình	512
2.3	Phân loại mô hình toán học	513
2.3.1	Mô hình tuyến tính và mô hình phi tuyến	513
2.3.2	Mô hình đơn biến và mô hình đa biến	514
2.3.3	Mô hình tham số hằng và mô hình tham số biến thiên	515
2.3.4	Mô hình tham số tập trung và mô hình tham số rải	515
2.3.5	Mô hình liên tục và mô hình gián đoạn	516
2.4	Các dạng mô hình liên tục	517
2.4.1	Phương trình vi phân	517
2.4.2	Mô hình trạng thái	518
2.4.3	Mô hình đáp ứng quá độ	613
2.4.4	Mô hình hàm truyền đạt	636
2.4.5	Mô hình đáp ứng tần số	639
2.5	Các mô hình gián đoạn	770
2.5.1	Phương trình sai phân	770
2.5.2	Mô hình trạng thái	771
2.5.3	Mô hình đáp ứng quá độ	774
2.5.4	Các mô hình đa thức và hàm truyền đạt xung	776
2.5.5	Mô hình hàm truyền đạt gián đoạn	881
2.6	Ghi chú và tài liệu tham khảo	884
2.7	Câu hỏi và bài tập	885
CHƯƠNG 3 MÔ HÌNH HÓA LÝ THUYẾT		837
3.1	Tổng quan các bước tiến hành	887
3.2	Nhận biết các biến quá trình	888
3.2.1	Ví dụ bình chứa chất lỏng	891

3.2.2	Ví dụ thiết bị khuấy trộn liên tục	92
3.2.3	Ví dụ thiết bị gia nhiệt.....	93
3.2.4	Ví dụ tháp chưng luyện hai cấu tử.....	94
3.3	Xây dựng các phương trình mô hình.....	95
3.3.1	Phương trình cân bằng vật chất.....	96
3.3.2	Phương trình cân bằng năng lượng.....	101
3.3.3	Phương trình truyền nhiệt.....	105
3.3.4	Phương trình động học phản ứng hóa học.....	108
3.3.5	Phương trình cân bằng pha.....	109
3.4	Phân tích bậc tự do của mô hình.....	111
3.4.1	Bậc tự do của hệ thống	111
3.4.2	Ví dụ thiết bị khuấy trộn liên tục	112
3.4.3	Ví dụ thiết bị gia nhiệt.....	113
3.4.4	Ví dụ nồi hơi bão hòa	114
3.5	Tuyến tính hóa và mô hình hàm truyền đạt.....	115
3.5.1	Biến chênh lệch và mô hình hàm truyền đạt.....	115
3.5.2	Tuyến tính hóa xung quanh điểm làm việc	117
3.5.3	Độ phi tuyến của mô hình.....	124
3.5.4	Tuyến tính hóa với phép đổi biến vào-ra.....	126
3.6	Mô phỏng quá trình	128
3.6.1	Phân loại các phương pháp mô phỏng.....	129
3.6.2	Giải hệ phương trình vi phân (phi tuyến)	132
3.6.3	Giải hệ phương trình vi phân tuyến tính.....	134
3.6.4	Mô phỏng quá trình sử dụng MATLAB.....	134
3.7	Một số ví dụ quá trình tiêu biểu	142
3.7.1	Chuỗi ba thiết bị phản ứng liên tục đẳng nhiệt.....	142
3.7.2	Thiết bị phản ứng thu nhiệt sợi đốt	146
3.7.3	Thiết bị phản ứng liên tục tỏa nhiệt	149
3.7.4	Tháp chưng luyện hai cấu tử.....	153
3.8	Ghi chú và tài liệu tham khảo	163
3.9	Câu hỏi và bài tập	165

CHƯƠNG 4 NHẬN DẠNG QUÁ TRÌNH 171

4.1	Khái niệm và những nguyên tắc cơ bản.....	171
4.1.1	Các bước tiến hành.....	171
4.1.2	Phân loại phương pháp nhận dạng.....	172
4.1.3	Đánh giá và kiểm chứng mô hình.....	174
4.2	Các phương pháp dựa trên đáp ứng quá độ.....	175
4.2.1	Mô hình quán tính bậc nhất có trễ.....	177
4.2.2	Mô hình quán tính bậc hai có trễ.....	184

CHƯƠNG 7 PHÂN TÍCH HỆ ĐIỀU KHIỂN PHẢN HỒI	329
7.1 Bài toán chuẩn.....	329
7.1.1 Cấu hình chuẩn	329
7.1.2 Sơ đồ khối và mô hình hàm truyền đạt.....	332
7.1.3 Chuẩn hóa mô hình	337
7.1.4 Phát biểu bài toán chuẩn và các quan hệ cơ bản	341
7.2 Tính ổn định của hệ điều khiển phản hồi.....	344
7.2.1 Khái niệm tính ổn định	345
7.2.2 Tính ổn định nội của hệ điều khiển phản hồi	350
7.2.3 Tiêu chuẩn Nyquist	356
7.2.4 Tiêu chuẩn Bode	362
7.2.5 Độ dự trữ ổn định	363
7.2.6 Tính ổn định được	366
7.3 Chất lượng điều khiển phản hồi.....	367
7.3.1 Đánh giá chất lượng trên miền thời gian.....	367
7.3.2 Đánh giá chất lượng trên miền tần số	371
7.3.3 Phân tích chất lượng điều khiển tầng.....	380
7.4 Ghi chú và tài liệu tham khảo	384
7.5 Câu hỏi và bài tập	385
CHƯƠNG 8 CHỈNH ĐỊNH BỘ ĐIỀU KHIỂN PID	389
8.1 Cơ sở chung	390
8.1.1 Các dạng mô hình quá trình thông dụng.....	390
8.1.2 Xấp xỉ mô hình bậc cao – luật chia đôi.....	392
8.1.3 Các cấu hình điều khiển và kiểu bộ điều khiển	393
8.1.4 Đặc tính vòng điều khiển sử dụng bộ PID	394
8.1.5 Lựa chọn luật điều khiển	399
8.2 Các phương pháp dựa trên đặc tính đáp ứng.....	402
8.2.1 Phương pháp dựa trên đáp ứng bậc thang	402
8.2.2 Phương pháp dựa trên đặc tính dao động tới hạn.....	403
8.2.3 Phương pháp tự chỉnh phản hồi rơ-le.....	405
8.2.4 Phương pháp của Tyreus và Luyben	406
8.3 Các phương pháp dựa trên mô hình mẫu.....	410
8.3.1 Phương pháp Haalman	410
8.3.2 Phương pháp tổng hợp trực tiếp.....	411
8.3.3 Phương pháp tổng hợp trực tiếp ưu tiên kháng nhiễu	413
8.3.4 Phương pháp IMC	416
8.3.5 Phương pháp IMC cho quá trình không ổn định	421
8.3.6 Phương pháp xấp xỉ đặc tính tần	426
8.4 Các phương pháp nắn đặc tính tần.....	430

8.4.1	Phương pháp tối ưu đối xứng.....	430
8.4.2	Phương pháp 'kappa-tau'.....	432
8.4.3	Phương pháp dựa trên dự trữ biên-pha.....	433
8.5	Điều khiển PID kết hợp bù trễ.....	437
8.5.1	Bộ dự báo Smith.....	437
8.5.2	Bộ điều khiển PI dự báo.....	439
8.6	Ghi chú và tài liệu tham khảo.....	441
8.7	Câu hỏi và bài tập.....	445
CHƯƠNG 9 THIẾT KẾ CẤU TRÚC ĐIỀU KHIỂN CHO QUÁ TRÌNH ĐA BIẾN		447
9.1	Giới thiệu chung.....	447
9.1.1	Cấu trúc điều khiển là gì?.....	447
9.1.2	Cơ sở thiết kế cấu trúc điều khiển.....	452
9.2	Lựa chọn biến quá trình.....	453
9.2.1	Một số chỉ dẫn lựa chọn.....	454
9.2.2	Phân tích giá trị suy biến.....	457
9.3	Điều khiển đa biến/tập trung.....	460
9.4	Điều khiển đơn biến/phi tập trung.....	462
9.4.1	Cặp đôi các biến vào-ra.....	464
9.4.2	Tính ổn định của hệ điều khiển phi tập trung.....	466
9.5	Ghi chú và tài liệu tham khảo.....	467
PHỤ LỤC A		469
A.1	Tóm tắt chuẩn ANSI/ISA 5.1.....	469
A.2	Tóm tắt chuẩn ANSI/ISA 5.2.....	474
A.3	Tóm tắt chuẩn ANSI/ISA 5.3.....	477
PHỤ LỤC B		477
B.1	Chuẩn vector và chuẩn ma trận.....	477
B.2	Chuẩn tín hiệu và chuẩn hệ thống.....	480
B.3	Phép phân tích giá trị suy biến (SVD).....	483
B.4	Ma trận khuếch đại tương đối (RGA).....	486