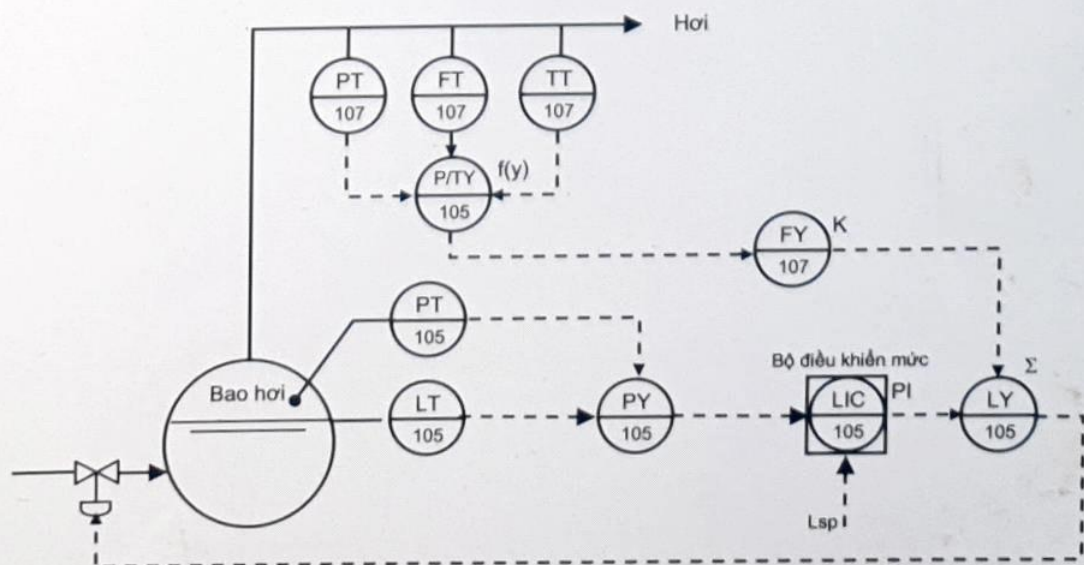
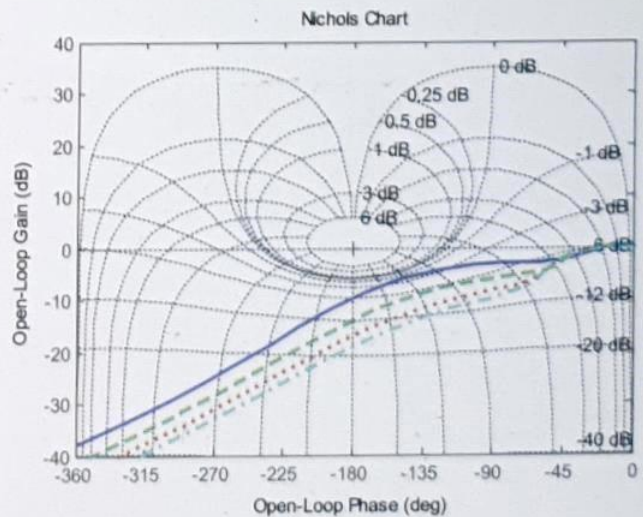
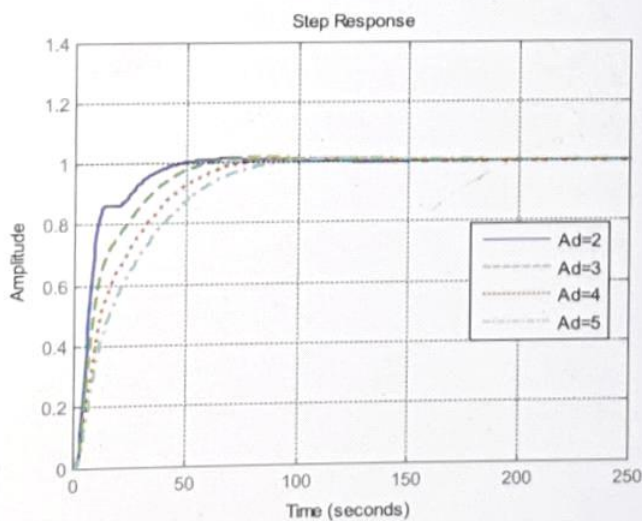


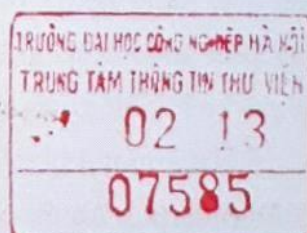
Giáo trình ĐIỀU KHIỂN CÁC QUÁ TRÌNH CÔNG NGHỆ



NGUYỄN VĂN CHÍ

GIÁO TRÌNH
ĐIỀU KHIỂN CÁC QUÁ TRÌNH CÔNG NGHỆ

(Dùng cho chuyên ngành Kỹ thuật điều khiển)



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

LỜI NÓI ĐẦU

Điều khiển quá trình công nghệ là lĩnh vực ứng dụng lý thuyết và kỹ thuật điều khiển cho các bài toán của quá trình công nghệ, điển hình đó là các công nghệ chế biến, trong đó liên quan đến các vấn đề biến đổi tính chất hóa lý của nguyên nhiên liệu để tạo ra sản phẩm. Điều khiển quá trình công nghệ là bài toán kiểm soát sự biến đổi khối lượng, năng lượng và thành phần của nguyên nhiên liệu để tạo thành sản phẩm. Ngày nay điều khiển các quá trình công nghệ sản xuất đóng một vai trò cực kỳ quan trọng trong việc nâng cao năng suất, chất lượng và giảm thiểu sử dụng nhân công lao động, bất cứ một nhà máy sản xuất công nghiệp nào cũng sẽ không thể hoạt động được nếu thiếu hệ thống điều khiển bên trong nó.

Để giúp cho sinh viên ngành Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa nắm được các kiến thức quan trọng của một bài toán điều khiển quá trình, giáo trình này đề cập đến các vấn đề quan trọng như: Các phần tử cơ bản, sơ đồ chức năng, lưu đồ công nghệ của hệ thống điều khiển quá trình công nghệ; Các mô hình của một số quá trình cơ bản được xây dựng trên các định luật bảo toàn khối lượng, năng lượng và thành phần; Cách xây dựng mô hình tuyến tính tại điểm làm việc của một quá trình phục vụ cho bài toán thiết kế hệ thống điều khiển. Từ đó đi đến áp dụng các sách lược điều khiển cần thiết cho hệ thống như: điều khiển phản hồi, điều khiển truyền thẳng, điều khiển tỷ lệ, điều khiển tăng, điều khiển lẩn át và lựa chọn cũng như và cách thiết kế các bộ điều khiển phục vụ cho các sách lược điều khiển đó. Để dễ dàng tiếp cận hơn, giáo trình giới thiệu điều khiển quá trình cho một số bài toán điển hình như: điều khiển quá trình nổi hơi, điều khiển quá trình sản xuất giấy, điều khiển quá trình gia công đầu mỏ và điều khiển quá trình sản xuất xi măng. Đối với mỗi một quá trình, giáo trình lựa chọn một số bài toán điều khiển tiêu biểu để áp dụng, từ xây dựng mô hình phi tuyến dựa trên các định luật bảo toàn, tuyến tính hóa mô hình tại điểm làm việc cân bằng và sau đó là lựa chọn sách lược điều khiển và thiết kế các bộ điều khiển. Các bài toán thiết kế trên được minh họa bằng rất nhiều ví dụ, các ví dụ được thực hiện mô phỏng bằng Matlab/Simulink bằng các đoạn code, sinh viên có thể tự thực hiện lại được khi làm các bài tập cuối mỗi chương và khi tự học, các công cụ thiết kế có sẵn trong Matlab cũng được giới thiệu giúp sinh viên thuận tiện hơn trong quá trình thiết kế và mô phỏng. Với các nội dung như trên giáo trình bố cục gồm 07 chương đó là:

Chương 1 trình bày khái niệm về điều khiển tự động quá trình công nghệ, về mô tả chức năng hệ thống bằng lưu đồ công nghệ, lưu đồ P&ID và sơ đồ chức năng của hệ thống.

Chương 2 có nội dung về xây dựng mô hình của quá trình từ thiết lập mô hình dựa trên các định luật vật lý, các định luật bảo toàn. Cách tuyến tính hóa mô hình tại điểm làm việc để nhận được mô hình tuyến tính của quá trình nhằm phục vụ cho bài toán thiết kế sách lược điều khiển và bộ điều khiển (đây là vấn đề sinh viên khá lúng túng khi thực hiện). Cuối chương là một số mô hình cơ bản bao gồm mô hình của quá trình bồn chứa, mô hình truyền nhiệt, mô hình khuấy trộn v.v. Các mô

hình này đều được xây dựng từ mô hình vi phân đến mô hình tuyến tính thông qua các ví dụ và các kết quả thực hiện bằng cách viết code trên Matlab và Simulink.

Chương 3 nói về một số sách lược điều khiển cơ bản như điều khiển phản hồi, điều khiển truyền thẳng, điều khiển tỷ lệ, điều khiển tăng, điều khiển phân vùng, điều khiển lẩn át và lựa chọn. Mỗi sách lược điều khiển đều có ví dụ minh họa.

Chương 4 trình bày về điều khiển quá trình nôi hơi, từ xây dựng mô hình đến các bài toán điều khiển tiêu biểu như điều khiển áp suất lò, điều khiển áp suất và mức trong bao hơi, điều khiển lưu lượng nhiên liệu và không khí.

Nội dung chương 5 là về điều khiển quá trình sản xuất giấy trong đó bài toán tiêu biểu là điều khiển độ ẩm của giấy thông qua các bài toán điều khiển áp suất hơi trong lô sấy và điều khiển lưu lượng khí thổi vào buồng sấy.

Chương 6 có nội dung tập trung về các bài toán xây dựng mô hình và điều khiển cho tháp chưng cất bao gồm: điều khiển áp suất trong tháp, điều khiển mức trong tháp và điều khiển cho dòng nạp nguyên liệu vào tháp. Sách lược điều khiển hệ MIMO được áp dụng thông qua bài toán điều khiển tách kênh cho mô hình tháp chưng cất.

Chương 7 trình bày về một số bài toán điều khiển điển hình trong quá trình sản xuất xi măng đó là bài toán điều khiển tỷ lệ phối liệu và tổng liệu, điều khiển quá trình nghiền nguyên liệu và điều khiển lò nung Clinker.

Trong quá trình biên soạn giáo trình tác giả nhận được nhiều sự đóng góp và giúp đỡ từ phía Bộ môn Đo lường Điều khiển, Khoa Điện tử, Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên và gia đình, tác giả xin gửi tới họ lời cảm ơn chân thành. Giáo trình vẫn sẽ có những hạn chế nhất định về mặt nội dung cũng như hình thức trong lần xuất bản này, tác giả mong muốn nhận được sự góp ý của các bạn đồng nghiệp và sinh viên để tiếp tục bổ sung và hoàn thiện. Mọi góp ý xin được gửi tới:

TS. Nguyễn Văn Chí

Bộ môn Đo lường Điều khiển, Khoa Điện tử

Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên

Email: ngchi@tnut.edu.vn

Thái Nguyên, tháng 10 năm 2016

MỤC LỤC

1 Khái niệm về điều khiển tự động quá trình công nghệ	
1.1 Khái niệm về hệ thống điều khiển tự động quá trình công nghệ	1
1.2 Một số ví dụ về quá trình công nghệ	5
1.3 Sự cần thiết của điều khiển tự động quá trình trong công nghiệp	6
1.3.1 Chức năng của hệ thống điều khiển tự động quá trình công nghệ	7
1.3.2 Cấu trúc hệ thống điều khiển tự động và quản lý quá trình công nghệ	8
1.3.3 Khái niệm hệ thống điều khiển quản lý sản xuất	9
1.4 Các phần tử cơ bản trong hệ thống quá trình	9
1.5 Mô tả chức năng hệ thống	15
1.5.1 Lưu đồ công nghệ	16
1.5.2 Ký hiệu của các phần tử trong hệ thống	17
1.5.3 Lưu đồ P&ID	22
1.5.4 Sơ đồ chức năng	24
1.5.5 Các bản vẽ thi công	26
1.6 Nguồn cung cấp năng lượng cho hệ thống thiết bị điều khiển	27
1.6.1 Nguồn cung cấp điện	27
1.6.2 Nguồn cung cấp khí nén	28
1.7 Câu hỏi và bài tập	30
2 Mô hình của một số quá trình cơ bản	
2.1 Bậc tự do của hệ thống	35
2.2 Mô hình toán học của quá trình	39
2.2.1 Các cách tiếp cận mô hình	39
2.2.2 Các biến trạng thái và các phương trình trạng thái	40
2.2.3 Các quan hệ trung gian của các mô hình toán học	45
2.2.4 Thời gian trễ	45
2.3 Mô hình hàm truyền của quá trình	46
2.4 Quá trình kiểu trở	53
2.5 Quá trình kiểu dung	54
2.6 Quá trình tổ hợp của quá trình kiểu trở và dung	55
2.6.1 Quá trình thời gian hằng	56
2.6.2 Quá trình nhiều hằng số thời gian hằng	57
2.6.3 Quá trình bậc nhất	58
2.6.4 Quá trình bậc hai	61
2.7 Quá trình có thời gian chết hoặc trễ vận chuyển	62
2.8 Tuyến tính hóa mô hình phi tuyến	63
2.8.1 Phương pháp	63
2.8.2 Sử dụng hàm linmod	65
2.9 Mô hình của một số quá trình cơ bản	69
2.9.1 Mô hình quá trình khuấy trộn chất lỏng đẳng nhiệt	69
2.9.2 Mô hình của quá trình khuấy trộn không đẳng nhiệt	73
2.9.3 Mô hình của quá trình gia nhiệt có khuấy trộn	76
2.9.4 Mô hình của bồn phản ứng khuấy trộn liên tục	83

2.9.5	Mô hình của hệ thống mức chất lỏng	86
2.9.6	Mô hình bộ trao đổi nhiệt chất lỏng	88
2.9.7	Mô hình bộ trao đổi nhiệt bằng hơi	92
2.9.8	Mô hình bộ trao đổi nhiệt có trễ	97
2.9.9	Mô hình của quá trình phản ứng hai pha	101
2.9.10	Mô hình của hệ thống khí nén	103
2.9.11	Mô hình của hệ thống thủy lực	105
2.10	Câu hỏi ôn tập và bài tập	106
3	Một số sách lược điều khiển cơ bản	111
3.1	Sách lược điều khiển phản hồi	113
3.1.1	Điều khiển ON-OFF	119
3.1.2	Điều khiển ba thành phần - điều khiển PID	122
3.1.2.1	Các cấu trúc các bộ điều khiển PI	125
3.1.2.2	Các cấu trúc các bộ điều khiển PID	132
3.1.2.3	Chuyển đổi giữa các cấu trúc của bộ điều khiển PID	134
3.1.2.4	Hiện tượng bão hòa tích phân và cách khắc phục - Anti windup	137
3.1.2.5	Thực thi bộ điều khiển PID analog	141
3.1.2.6	Thực thi bộ điều khiển PID số	142
3.1.2.7	Bộ điều khiển PID khí nén	146
3.1.2.8	Chỉnh định tham số bộ điều khiển PID	175
3.1.2.9	Điều khiển PID cho các quá trình có trễ lớn	181
3.1.2.10	Thiết kế bộ điều khiển mờ dựa trên tham số của bộ điều khiển PID	182
3.1.3	Các ưu điểm và nhược điểm của điều khiển phản hồi	183
3.2	Sách lược điều khiển truyền thẳng	183
3.2.1	Khái niệm về điều khiển truyền thẳng	186
3.2.2	Vai trò của điều khiển truyền thẳng	188
3.2.3	Kết hợp điều khiển truyền thẳng và điều khiển phản hồi	192
3.3	Sách lược điều khiển tỷ lệ	192
3.3.1	Điều khiển tỷ lệ dựa trên sai lệch so với tỷ lệ đặt	193
3.3.2	Điều khiển tỷ lệ dựa trên sai lệch của dòng kiểm soát	193
3.3.3	So sánh giữa hai cấu hình điều khiển tỷ lệ	194
3.3.4	Những khó khăn của điều khiển tỷ lệ	197
3.3.5	Điều khiển tỷ lệ kết hợp điều khiển phản hồi	198
3.4	Điều khiển tăng	198
3.4.1	Khái niệm về điều khiển tăng	200
3.4.2	Ưu nhược điểm của điều khiển tăng	203
3.5	Sách lược điều khiển lấn át và điều khiển lựa chọn	203
3.5.1	Điều khiển lấn át	205
3.5.2	Điều khiển lựa chọn	205
3.6	Điều khiển phân vùng	208
3.7	Câu hỏi ôn tập và bài tập	211
4	Điều khiển quá trình nổi hơi	215
4.1	Khái niệm về nổi hơi	
4.2	Các thành phần cơ bản của nổi hơi	

4.3	Mô hình quá trình nổi hơi	217
4.3.1	Các phương trình cơ bản của quá trình nổi hơi	219
4.3.1.1	Các phương trình cân bằng	220
4.3.1.2	Phân bố của hơi trong bao hơi và các ống lên	222
4.3.2	Mô hình quá trình nổi hơi	223
4.3.2.1	Lựa chọn các biến trạng thái	223
4.3.2.2	Động học của nước và áp suất trong nổi hơi	223
4.3.2.3	Động học của các ống lên	223
4.3.2.4	Động học của bao hơi	223
4.3.2.5	Mô hình dùng để điều khiển	224
4.4	Các hệ thống điều khiển cho nổi hơi	234
4.4.1	Hệ thống điều khiển áp suất lò	234
4.4.2	Hệ thống điều khiển áp suất trong bao hơi	238
4.4.3	Điều khiển mức nước trong bao hơi	239
4.4.4	Điều khiển lượng nhiên liệu và không khí	244
4.4.5	Điều khiển hơi đầu ra	250
4.5	Câu hỏi ôn tập và bài tập	251
5	Điều khiển quá trình sản xuất giấy	
5.1	Tổng quan về quá trình sản xuất giấy	253
5.2	Cấu hình của các lò sấy trong công đoạn sấy khô	257
5.3	Hệ thống hơi và nước ngưng	257
5.4	Mạch vòng điều khiển độ ẩm	259
5.5	Mô hình áp suất hơi trong lò sấy	263
5.5.1	Mô hình vật lý của một lò sấy	263
5.5.2	Nhận dạng mô hình áp suất hơi	269
5.6	Điều khiển áp suất hơi trong hệ thống sấy	271
5.6.1	Thiết kế bộ điều khiển PID cho mạch vòng điều chỉnh áp suất hơi cho một nhóm sấy	271
5.6.2	Ổn định điều chỉnh áp suất trong điều khiển ổn định độ ẩm của giấy kết hợp điều khiển Feedback và Feedforward	278
5.6.3	Điều khiển áp suất hơi trong lò sấy sử dụng sách lược phản hồi trạng thái	281
5.7	Điều khiển độ ẩm trong quá trình sấy	283
5.7.1	Mô hình của quá trình sấy	284
5.7.2	Mô hình của quá trình thổi khí	286
5.7.3	Phương pháp điều khiển độ ẩm thông qua điều khiển áp suất trong lò sấy dùng mô hình nội	287
5.7.4	Phương pháp điều khiển độ ẩm dùng sách lược điều khiển dải giữa - Mid-Ranging	290
5.7.4.1	Sách lược điều khiển dải giữa - Mid-Ranging	290
5.7.4.2	Điều khiển ổn định độ ẩm của giấy sử dụng phương pháp Mid-Ranging	292
5.8	Câu hỏi ôn tập và bài tập	296
6	Điều khiển quá trình gia công dầu mỏ	
6.1	Tổng quan về quá trình gia công dầu mỏ	299
6.1.1	Chung cất đơn giản	302
6.1.2	Chung cất phức tạp	303

6.2	Mô hình quá trình chung cất	305
6.2.1	Mô hình bậc 3 đơn giản	308
6.2.2	Mô hình nhiều bậc lý tưởng	314
6.3	Các cấu hình điều khiển tháp chưng cất	317
6.3.1	Điều khiển thành phần sản phẩm đỉnh và sản phẩm đáy	317
6.3.2	Điều khiển áp suất trong tháp chưng cất	319
6.3.2.1	Điều khiển lưu lượng nước làm mát	319
6.3.2.2	Điều khiển nhiệt độ làm lạnh	320
6.3.2.3	Giảm nhiệt độ ngưng tụ	321
6.3.2.4	Sử dụng hai bộ điều khiển áp suất	321
6.3.2.5	Sử dụng bộ điều khiển mid ranging	322
6.3.3	Điều khiển mức trong tháp	323
6.3.4	Điều khiển Feedforward cho dòng nạp nguyên liệu vào tháp	328
6.4	Thiết kế bộ điều khiển cho tháp chưng cất	329
6.4.1	Mô hình hóa các mối tương tác trong hệ MIMO	329
6.4.2	Xác định cặp đôi biến điều khiển và biến được điều khiển	336
6.4.2.1	Phương pháp dùng ma trận hệ số khuếch đại tương đối	336
6.4.2.2	Phương pháp phân tích giá trị suy biến	339
6.4.3	Chỉnh định điều khiển PID cho tháp chưng cất	341
6.4.4	Điều khiển tách kênh cho tháp chưng cất	345
6.5	Câu hỏi ôn tập và bài tập	349
7	Điều khiển quá trình sản xuất xi măng	
7.1	Tổng quan chung về quá trình sản xuất xi măng	351
7.2	Hệ thống điều khiển tự động trong sản xuất xi măng	354
7.2.1	Hệ thống tủ điều khiển	355
7.2.2	Các thiết bị đo và điều khiển	356
7.2.3	Máy tính điều khiển	357
7.2.4	Các bài toán điều khiển quan trọng trong nhà máy xi măng	357
7.3	Điều khiển tỷ lệ phối liệu và tổng liệu	358
7.3.1	Điều khiển định lượng bằng cân băng	358
7.3.2	Điều khiển định lượng bằng cân rotor	362
7.3.3	Điều khiển phối hợp nhiều thành phần	366
7.4	Điều khiển quá trình nghiền nguyên liệu	368
7.4.1	Mô hình quá trình nghiền	370
7.4.2	Nhận dạng các tham số của mô hình nghiền	373
7.4.3	Thiết kế bộ điều khiển PID bền vững cho quá trình nghiền	373
7.5	Điều khiển lò nung clinke	378
7.5.1	Lò nung clinke	378
7.5.2	Các hệ thống điều khiển của lò nung clinke	379
7.5.3	Mô hình quá trình truyền nhiệt trong lò nung clinke	381
7.5.4	Điều khiển nhiệt độ lò nung clinke	385
7.6	Câu hỏi ôn tập và bài tập	386
	Tài liệu tham khảo	387