

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

TRẦN MINH HƯNG

NGHIÊN CỨU ĐIỀU KHIỂN LƯU LƯỢNG BẰNG BỘ BIẾN
ĐỔI TẦN SỐ - ĐỘNG CƠ XOAY CHIỀU BA PHA CHO HỆ
THỐNG ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH

Chuyên ngành: Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa

Mã số: 60 52 02 16

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC

PGS.TS. Nguyễn Như Hiên

THÁI NGUYÊN - 2015

LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là: Trần Minh Hưng

Sinh ngày: 17 tháng 9 năm 1976

Học viên lớp cao học khóa K15 - Tự động hóa - Trường Đại Học Kỹ Thuật Công Nghiệp - Đại Học Thái Nguyên.

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu nêu trong luận văn là trung thực. Những kết luận khoa học của luận văn chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào. Mọi thông tin trích dẫn trong luận văn đều chỉ rõ nguồn gốc.

Tác giả luận văn

Trần Minh Hưng

LỜI CẢM ƠN

Trong thời gian thực hiện luận văn, tác giả đã nhận được sự quan tâm rất lớn của nhà trường, các khoa, phòng ban chức năng, các thầy cô giáo, gia đình và đồng nghiệp.

Tác giả xin bày tỏ lời cảm ơn chân thành nhất đến PGS.TS. Nguyễn Như Hiên, trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp đã tận tình hướng dẫn trong quá trình thực hiện luận văn.

Tác giả xin chân thành cảm ơn đến các thầy cô ở Khoa Điện. Trung tâm thí nghiệm, phòng thí nghiệm Khoa Điện - Điện tử – Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp đã giúp đỡ và tạo điều kiện để tác giả hoàn thành thí nghiệm trong điều kiện tốt nhất.

Tác giả cũng xin chân thành cảm ơn Ban lãnh đạo Trường Cao đẳng nghề Phú Thọ đã tạo điều kiện giúp đỡ tôi trong quá trình làm luận văn.

Mặc dù đã rất cố gắng, song do điều kiện về thời gian và kinh nghiệm nghiên cứu của bản thân còn hạn chế nên luận văn không tránh khỏi những thiếu sót. Tác giả rất mong nhận được những ý kiến đóng góp từ các thầy cô giáo và các bạn đồng nghiệp để luận văn được hoàn thiện và có ý nghĩa hơn trong thực tế.

HỌC VIÊN

Trần Minh Hưng

MỤC LỤC

| | |
|---|-----------|
| Lời cam đoan | i |
| Lời cảm ơn | ii |
| Mục lục | iii |
| Danh mục các hình vẽ..... | iv |
| Danh mục các chữ viết tắt | v |
| Mở đầu | 1 |
| 1. Lý do chọn đề tài | 1 |
| 2. Mục tiêu nghiên cứu | 2 |
| 3. Ý nghĩa khoa học, ý nghĩa thực tiễn của đề tài | 2 |
| 4. Cấu trúc của luận văn | 2 |
| Chương I: Đối tượng nghiên cứu và định hướng điều khiển lưu lượng bằng hệ thống biên tần – Động cơ không đồng bộ | 3 |
| 1.1. Đối tượng nghiên cứu | 3 |
| 1.2. Giới thiệu về điều khiển tần số động cơ xoay chiều ba pha..... | 3 |
| 1.3. Điều khiển định hướng theo từ trường (<i>FOC</i>) | 11 |
| 1.3.1. <i>Vectơ không gian và hệ tọa độ từ thông</i> | 12 |
| 1.3.2. <i>Cấu trúc của hệ điều khiển tựa theo từ thông rotor</i> | 15 |
| 1.4. Kết luận chương 1..... | 21 |
| Chương II: Mô hình toán học của động cơ không đồng bộ ba pha | 22 |
| 2.1. Đặc điểm của mô hình toán học trạng thái động của động cơ KĐB..... | 22 |
| 2.2. Mô hình toán học nhiều biến của động cơ không đồng bộ ba pha..... | 23 |
| 2.2.1. <i>Phương trình điện áp</i> | 24 |
| 2.2.2. <i>Phương trình từ thông</i> | 25 |
| 2.2.3. <i>Phương trình chuyển động</i> | 28 |
| 2.2.4. <i>Phương trình mô men</i> | 29 |
| 2.2.5. <i>Mô hình toán học động cơ không đồng bộ ba pha</i> | 30 |
| 2.3. Mô hình toán học động cơ không đồng bộ trong hệ tọa độ quay dq định hướng theo từ trường..... | 30 |
| 2.3.1. <i>Khái niệm cơ bản và nguyên tắc của phép biến đổi tọa độ</i> | 30 |
| 2.3.2. <i>Ma trận chuyển đổi tọa độ trong điều kiện công suất bất biến</i> | 34 |

| | |
|---|-----------|
| 2.3.3. Phép chuyển đổi từ hệ tọa độ cố định 3 pha bất kỳ sang hệ tọa độ quay 2 pha (phép chuyển đổi $3s/2r$) | 35 |
| 2.4. Mô hình toán học động cơ KĐB trên hệ tọa độ quay 2 pha bất kỳ | 37 |
| 2.4.1. Phương trình điện áp trên hệ tọa độ $dq0$ | 37 |
| 2.4.2. Phương trình từ thông trên hệ tọa độ $dq0$ | 38 |
| 2.4.3. Phương trình mô men và phương trình chuyển động trên hệ tọa độ $dq0$ | 42 |
| 2.4.4. Sơ đồ cấu trúc trạng thái động và mạch điện tương đương trạng thái động của động cơ điện không đồng bộ trên hệ tọa độ dq | 43 |
| 2.4.5. Mô hình toán học của động cơ không đồng bộ theo định hướng từ trường trên hệ tọa độ quay đồng bộ 2 pha | 46 |
| 2.5. Kết luận..... | 47 |
| Chương III: Đánh giá chất lượng hệ thống bằng mô phỏng và thực nghiệm..... | 49 |
| 3.1. Đặt vấn đề | 49 |
| 3.2. Sơ đồ hệ thống truyền động BĐTS- ĐCKĐB | 50 |
| 3.3. Xây dựng mô hình mô phỏng trên Simulink. | 51 |
| 3.3.1. Sơ đồ mô phỏng..... | 51 |
| 3.3.1.1. Sơ đồ mô phỏng toàn hệ thống | 51 |
| 3.3.1.2. Khối động cơ không đồng bộ..... | 52 |
| 3.3.1.3. Khối điều khiển vectơ (vector control)..... | 52 |
| 3.3.1.4. Khối điều khiển tốc độ (Speed control)..... | 53 |
| 3.3.2. Kết quả mô phỏng | 53 |
| 3.3.2.1. Động cơ làm việc không tải ở tần số khác nhau | 53 |
| 3.3.2.2. Động cơ làm việc có tải..... | 56 |
| 3.3.3. Nhận xét | 59 |
| 3.4. Đánh giá bằng kết quả thực nghiệm | 60 |
| 3.4.1. Cấu hình thực nghiệm về điều khiển tại trung tâm thí nghiệm . | 60 |
| 3.4.2. Giới thiệu về các thiết bị của mô hình thực nghiệm..... | 63 |
| 3.4.3. Kết quả thí nghiệm | 66 |
| 3.4.3.1. Kết quả 01 | 66 |
| 3.4.3.2. Kết quả 02 | 67 |
| 3.4.4. Nhận xét | 67 |
| 3.5. Kết luận chương 3..... | 67 |

| | |
|----------------------------|----|
| Kết luận và kiến nghị..... | 68 |
| Tài liệu tham khảo | 69 |

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

| | | |
|-----------|--|----|
| Hình 1.1: | Giản đồ công nghệ thiết bị trộn quá trình | 3 |
| Hình 1.2 | Sơ đồ tổng quát hệ thống truyền động Biến tần - động cơ..... | 4 |
| Hình 1.3 | Cấu trúc điều khiển vô hướng hệ truyền động biến tần- động cơ không đồng bộ | 7 |
| Hình 1.4 | Ý tưởng điều khiển vectơ động cơ KĐB rotor lồng sóc | 10 |
| Hình 1.5 | Xây dựng vector dòng stator từ ba dòng pha..... | 12 |
| Hình 1.6 | Vetor dòng stator trên hệ tọa độ cố định $\alpha\beta$ và hệ tọa độ quay dq | 14 |
| Hình 1.7 | Thu thập giá trị thực của các thành phần dòng i_{sd}, i_{sq} | 15 |
| Hình 1.8 | Cấu trúc kinh điển của hệ TĐĐXCBP điều khiển kiểu T^4R | 16 |
| Hình 1.9a | Sơ đồ khối cấu trúc của hệ TĐĐXCBP điều khiển kiểu T^4R trên hệ tọa độ dq | 18 |
| Hình 1.9b | Sơ đồ khối cấu trúc của hệ TĐĐXCBP điều khiển kiểu T^4R trên hệ tọa độ $\alpha\beta$ | 19 |
| Hình 1.10 | Sơ đồ khối cấu trúc của hệ TĐĐXCBP điều khiển kiểu T^4R trên hệ tọa độ dq sử dụng động cơ đồng bộ..... | 20 |
| Hình 1.11 | Vectơ dòng stator khi động cơ đồng bộ làm việc: a) trong dải tốc độ quay danh định và b) lớn hơn tốc độ quay danh định (giảm từ thông cực bằng cách đặt $i_{sd} < 0$ | 21 |
| Hình 2.1 | Mô hình vật lý động cơ không đồng bộ 3 pha..... | 24 |
| | Mô hình vật lý động cơ điện một chiều hai cực | 31 |
| Hình 2.2 | F- cuộn dây kích từ, A - cuộn dây rotor C- cuộn dây bù | |
| Hình 2.3 | Mô hình vật lý các cuộn dây động cơ điện xoay chiều, mô hình tương đương và mô hình động cơ điện một chiều..... | 33 |
| | a) Mô hình các cuộn dây xoay chiều ba pha | |
| | b) Mô hình tương đương xoay chiều hai pha | |
| | c) Mô hình cuộn dây động cơ một chiều quay tròn | |

| | | |
|-----------|---|----|
| Hình 2.4 | Mô hình vật lý của động cơ không đồng bộ chuyển đổi sang trục dq..... | 41 |
| Hình 2.5: | Sơ đồ cấu trúc trạng thái động nhiều biến số của động cơ không đồng bộ..... | 45 |
| Hình 2.6 | Sơ đồ thay thế trạng thái động của động cơ không đồng bộ trên hệ tọa độ dq..... | 45 |
| | a) Sơ đồ thay thế trục d; b) Sơ đồ thay thế trục q | |
| Hình 3.1 | Sơ đồ hệ thống - ĐCKĐB | 50 |
| Hình 3.2 | Cấu trúc mô phỏng hệ thống Biến tần – Động cơ xoay chiều ba pha | 51 |
| Hình 3.3 | Khối động cơ xoay chiều ba pha | 52 |
| Hình 3.4 | Cấu trúc khối điều khiển vector (vector control)..... | 52 |
| Hình 3.5 | Cấu trúc khối điều khiển tốc độ (speed control)..... | 53 |
| Hình 3.6 | Điện áp tức thời của biến tần ở tần số 50HZ | 53 |
| Hình 3.7 | Tốc độ động cơ ở tần số 50HZ | 54 |
| Hình 3.8 | Mô men điện từ ở tần số 50HZ..... | 54 |
| Hình 3.9 | Điện áp ra của biến tần không tải ở tần số 30HZ | 55 |
| Hình 3.10 | Tốc độ động cơ ở tần số 30HZ | 55 |
| Hình 3.11 | Mômen điện từ của động cơ ở tần số 30HZ | 56 |
| Hình 3.12 | Điện áp đặt vào động cơ ở tần số 50HZ có tải | 56 |
| Hình 3.13 | Tốc độ của động cơ ở tần số 50HZ có tải | 57 |
| Hình 3.14 | Mômen tải của động cơ ở tần số 50HZ | 57 |
| Hình 3.15 | Điện áp đặt vào động cơ ở tần số 30HZ có tải | 58 |
| Hình 3.16 | Tốc độ của động cơ ở tần số 30HZ có tải | 58 |
| Hình 3.17 | Mô men của động cơ ở tần số 30HZ..... | 59 |
| Hình 3.18 | Cấu trúc mô hình thí nghiệm điều khiển | 60 |
| Hình 3.19 | Kết cấu cơ khí phần tải của bài thí nghiệm..... | 61 |
| Hình 3.20 | Giao diện trong thí nghiệm điều khiển | 62 |
| Hình 3.21 | Giao diện kết quả thí nghiệm điều khiển | 62 |
| Hình 3.22 | Kết quả thí nghiệm thí nghiệm tần số 25Hz | 66 |
| Hình 3.23 | Kết quả thí nghiệm $K_p = 2$; $K_I = 3$; $K_D = 0,1$ | 67 |

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

| Từ viết tắt | Tên tiếng anh | Tên tiếng việt |
|--------------------|-------------------------|--|
| ASM | Asynchronous Machine | Động cơ không đồng bộ |
| AC | Alternating Current | Dòng điện xoay chiều |
| DC | Direct Current | Dòng điện một chiều |
| SFC | Scalar Frequency Cotrol | Điều khiển vô hướng |
| FOC | Field Oriented Control | Điều khiển định hướng theo từ trường |
| DTC | Direct Toque Control | Điều khiển trực tiếp mô men |
| AD | Analog to digital | Bộ biến đổi tương tự - số |
| THĐ | | Tín hiệu đặt |
| ĐCXCBP | | Động cơ xoay chiều bap ha |
| ĐCMC | | Động cơ một chiều |
| ĐCĐB | | Động cơ đồng bộ |
| ĐCKĐB | | Động cơ không đồng bộ |
| TĐĐXCBP | | Truyền động điện xoay chiều ba pha |
| ĐCVTKG | | Điều chỉnh vecto không gian |
| ĐTĐK | | Đối tượng điều chỉnh |
| ĐTS | | Đặt tần số |
| ĐCA | | Điều chỉnh biên độ điện áp ra nghịch lưu |
| ĐC | | Điều chỉnh |

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài:

Trong công nghiệp: Các ngành chế biến thực phẩm hoặc hóa chất,... sản phẩm thường là dạng dung dịch lỏng cần được vận chuyển qua các đường ống để đưa đến các bình chứa. Điều khiển lưu lượng để duy trì mức dung dịch trong bình hóa chất hoặc thực phẩm, bằng điều khiển tốc độ động cơ xoay chiều ba pha thay đổi tần số là bài toán cần giải quyết trong thực tiễn.

Ngày nay, điều chỉnh tốc độ động cơ điện xoay chiều không còn là lĩnh vực mới mẻ trong lý thuyết điều khiển tự động, nhưng ứng dụng của nó trong thiết kế các hệ thống điều chỉnh thì lúc nào cũng mới và đầy tiềm năng. Do các ưu điểm như: Bộ điều khiển truyền động cho phép dễ dàng thay đổi cấu trúc của động cơ, có thể đưa ra độ tin cậy cao dựa trên hệ truyền động của nó. Các bộ điều khiển động cơ còn được kết nối với các bộ phận khác bởi một bộ điều khiển trung tâm để xây dựng lên những hệ thống điều khiển lớn, phức tạp, nó thực hiện vai trò điều khiển truyền động hệ thống và cung cấp cho người sử dụng,...

Trong lĩnh vực điều khiển tốc độ động cơ điện xoay chiều roto lồng sóc, điều khiển tốc độ động cơ ứng dụng các phương pháp điều khiển truyền thống, vì theo yêu cầu ngày càng cao về chất lượng sản phẩm cũng như độ chính xác, dễ dàng thiết kế của hệ thống điều khiển. Việc nghiên cứu thiết kế hệ thống điều khiển tốc độ động cơ điện xoay chiều roto lồng sóc là một công việc cần thiết, để nhằm khai thác có hiệu quả các trang thiết bị hiện có tại Trung tâm Thí nghiệm, hướng tới thực hiện chương trình triển khai ứng dụng khoa học công nghệ này vào thực tiễn.

Với những lý do nêu trên, tác giả đã mạnh dạn tìm hiểu nghiên cứu đề tài “*Nghiên cứu điều khiển lưu lượng bằng bộ biến đổi tần số cho hệ thống điều khiển quá trình*” với hy vọng sẽ được ứng dụng rộng rãi trong thực tế.

- Việc ứng dụng các thuật toán điều khiển hiện đại sẽ nâng cao được chất lượng và số lượng sản phẩm, đưa lại hiệu quả kinh tế rõ rệt cho công nghiệp nước ta.

2. Mục tiêu của nghiên cứu:

- Thiết kế điều khiển lưu lượng chảy qua đường ống cấp cho bình trộn dung dịch có hai thành phần chất có nhiệt độ khác nhau, nhằm duy trì mức bình trộn bằng bộ điều khiển tần số thông qua bộ biến tần động cơ xoay chiều ba pha.

- Học đi đôi với hành, gắn liền lý thuyết thực tế.

- Mục tiêu trực tiếp là góp phần nâng cao chất lượng cho hệ thống thiết bị sản xuất, đồng thời đóng góp phần nâng cao chất lượng của luận văn khoa học ngành TĐH.

- Điều khiển tự động phải có ứng dụng hiệu quả cho sản xuất, định hướng đề tài là: dùng lý thuyết chuyển hệ trục tọa độ để thiết kế hệ điều khiển động cơ xoay chiều ba pha là đối tượng phi tuyến, nhằm nâng cao chất lượng và năng suất. Chính đó cũng là mục tiêu học thuật của Luận văn.

3. Ý nghĩa khoa học, ý nghĩa thực tiễn của đề tài

Ý nghĩa khoa học: Đề tài “*Nghiên cứu điều khiển lưu lượng bằng bộ biến đổi tần số cho hệ thống điều khiển quá trình*”. Mô phỏng trên Matlab/Simulink và kiểm chứng trên mô hình thực.

Ý nghĩa thực tiễn: Ứng dụng vào hệ thống điều khiển điều khiển quá trình nhằm nâng cao chất lượng cho hệ thống thiết bị sản xuất.

4. Cấu trúc của luận văn:

Luận văn bao gồm các phần chính như sau:

Chương I: Đối tượng nghiên cứu và định hướng điều khiển lưu lượng.

Chương II: Mô hình toán học của động cơ không đồng bộ ba pha.

Chương 3: Đánh giá chất lượng hệ thống bằng mô phỏng và thực nghiệm.