

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**

---

**PHẠM VĂN TUYÊN**

**NGHIÊN CỨU HỆ ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ CHO  
THANG MÁY SỬ DỤNG PLC KẾT NỐI BIẾN TẦN**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa**

**THÁI NGUYÊN, 2014**

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

---

**PHẠM VĂN TUYÊN**

**NGHIÊN CỨU HỆ ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ CHO  
THANG MÁY SỬ DỤNG PLC KẾT NỐI BIẾN TẦN**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa**

**Mã số: 60520216**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC**

**TS. NGUYỄN HIỀN TRUNG**

**THÁI NGUYÊN, 2015**

## **LỜI CAM ĐOAN**

Tên tôi là: Phạm Văn Tuyên

Sinh ngày: 14 tháng 10 năm 1974

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

Hiện đang công tác tại: Trường Cao đẳng nghề Việt – Đức Vĩnh phúc

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.

**HỌC VIÊN**

**Phạm Văn Tuyên**

## 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 và đồng nghiệp.

Tác giả xin bày tỏ lời cảm ơn chân thành nhất đến TS. Nguyễn Hiền Trung, 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 giáo ở Trung tâm Thí nghiệm, phòng thí nghiệm Khoa 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 Việt – Đức Vĩnh phúc đã tạo điều kiện giúp đỡ tôi trong quá trình làm luận văn.

Mặc dù đã rất cố gắng, song do trình độ và kinh nghiệm còn hạn chế nên có thể luận văn còn 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**

**Phạm Văn Tuyên**

## MỤC LỤC

|  |     |
|--|-----|
| LỜI CAM ĐOAN .....   | i   |
| LỜI CẢM ƠN .....   | ii  |
| MỤC LỤC .....  | iii |
| DANH MỤC HÌNH VẼ.....  | v   |
| MỞ ĐẦU .....   | 1   |
| 1. Lý do chọn đề tài .....   | 1   |
| 2. Mục đích nghiên cứu .....   | 1   |
| 3. Đối tượng nghiên cứu .....  | 1   |
| 4. Ý nghĩa khoa học, ý nghĩa thực tiễn của đề tài.....   | 2   |
| CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ 3 PHA VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ..... | 3   |
| 1.1. Tổng quan về động cơ KĐB 3 pha.....   | 3   |
| 1.1.1. Khái niệm chung về động cơ KĐB .....  | 3   |
| 1.1.2. Cấu tạo động cơ KĐB .....   | 5   |
| 1.1.3. Nguyên lý làm việc của động cơ KĐB 3 pha.....   | 7   |
| 1.2. Các phương pháp điều khiển tốc độ động cơ KĐB.....  | 9   |
| 1.2.1 Thay đổi tần số nguồn điện cung cấp $f_1$ .....  | 10  |
| 1.2.2 Thay đổi số đôi cực .....  | 12  |
| 1.2.3 Thay đổi điện áp nguồn cung cấp .....  | 14  |
| 1.2.4 Thay đổi điện trở mạch rôto.....   | 14  |
| 1.2.5 Thay đổi điện áp mạch rôto.....  | 15  |
| 1.3. Điều khiển véc tơ động cơ KĐB .....   | 17  |
| 1.4. Lựa chọn phương pháp điều khiển động cơ KĐB cho hệ truyền động thang máy .....                  | 19  |
| 1.5. Kết luận chương 1 .....   | 19  |
| CHƯƠNG 2: NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH TOÁN HỌC VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN VÉCTƠ ĐỘNG CƠ KĐB 3 PHA .....        | 21  |
| 2.1. Mô tả toán học động cơ KĐB ba pha .....   | 21  |
| 2.2. Phép biến đổi tuyến tính không gian véc tơ .....  | 23  |
| 2.3. Hệ phương trình cơ bản của động cơ trong không gian véc tơ .....                                | 25  |
| 2.3.1. Phương trình trạng thái tĩnh trên hệ tọa độ cố định $\alpha\beta$ .....                       | 26  |
| 2.3.2. Phương trình trạng thái trên hệ tọa độ tựa theo từ thông rôto $dq$ :.....                     | 30  |
| 2.4. Cấu trúc hệ thống điều khiển véc tơ động cơ KĐB.....  | 34  |
| 2.5. Các phương pháp điều khiển véc tơ .....   | 36  |
| 2.5.1. Điều khiển véc tơ gián tiếp .....   | 36  |
| 2.5.2. Điều khiển véc tơ trực tiếp theo từ thông rôto .....  | 37  |
| 2.6. Tổng hợp các bộ điều chỉnh .....  | 43  |
| 2.6.1. Tổng hợp hệ theo hàm chuẩn .....  | 43  |
| 2.6.2. Tuyến tính hoá mô hình động cơ .....  | 45  |

|   |   |           |
|---|---|-----------|
| 2.6.3.  | Tổng hợp $R_{i_{sq}}$ và $R_{\omega}$ .....   | 46        |
| 2.6.4.  | Tổng hợp $R_{i_{sd}}$ .....   | 49        |
| 2.7.  | Bộ quan sát từ thông.....   | 50        |
| 2.8.  | Kết luận chương 2 .....   | 57        |
| <b>CHƯƠNG 3: XÂY DỰNG CẤU TRÚC HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN VECTƠ ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ KHÔNG DÙNG CẢM BIẾN TỐC ĐỘ - MÔ PHỎNG TRÊN MATLAB/SIMULINK .....</b> |   | <b>58</b> |
| 3.1.  | Sơ đồ hệ thống điều khiển véc tơ không dùng cảm biến tốc độ.....                    | 58        |
| 3.2.  | Đánh giá ổn định của khâu tính toán tốc độ .....                                    | 61        |
| 3.3.  | Mô phỏng bộ điều khiển véc tơ trên Matlab/Simulink.....                             | 63        |
| 3.3.1.  | Tính toán các thông số động cơ .....  | 63        |
| 3.3.2.  | Thử nghiệm với bộ điều chỉnh dòng $R_{i_{sd}}$ .....                                | 65        |
| 3.3.3.  | Thử nghiệm với bộ điều chỉnh dòng $R_{i_{sq}}$ .....                                | 66        |
| 3.3.4.  | Thử nghiệm với bộ điều chỉnh tốc độ .....   | 67        |
| 3.3.5.  | Mô phỏng mô hình hệ thống trên tọa độ $dq$ .....                                    | 69        |
| 3.3.6.  | Mô hình toàn bộ hệ thống không dùng cảm biến tốc độ.....                            | 71        |
| 3.4.  | Kết luận chương 3 .....   | 80        |
| <b>CHƯƠNG 4: THỰC NGHIỆM ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ TRÊN MÔ HÌNH THANG MÁY SỬ DỤNG PLC KẾT NỐI BIẾN TẦN.....</b>                                     |   | <b>81</b> |
| 4.1.  | Cấu tạo mô hình thang máy sử dụng PLC kết nối biến tần điều khiển động cơ KĐB ..... | 81        |
| 4.2.  | Sơ đồ cấu trúc hệ điều khiển.....   | 82        |
| 4.3.  | Kết quả thực nghiệm.....  | 83        |
| 4.4.  | Kết luận chương 4.....  | 84        |
| <b>KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN ĐỀ TÀI.....</b>   |   | <b>85</b> |
| 1.  | Kết luận.....   | 85        |
| 2.  | Hướng phát triển.....   | 85        |
| <b>TÀI LIỆU THAM KHẢO.....</b>  |   | <b>86</b> |
| <b>PHỤ LỤC.....</b>   |   | <b>87</b> |

## DANH MỤC HÌNH VẼ

|  |    |
|--|----|
| Hình 1-1. Động cơ KĐB 3 pha.....   | 3  |
| Hình 1-2. Cấu tạo động cơ KĐB 3 pha .....  | 5  |
| Hình 1-3. Lá thép stato và rôto: 1- Lá thép stato, 2- Rãnh, 3- Răng, 4- Lá thép rôto .....   | 6  |
| Hình 1-4. Điều chỉnh tốc độ động cơ KĐB a) Khi mô men cản không đổi, b) Khi mô men cản thay đổi .....  | 9  |
| Hình 1-5. Đặc tính cơ khi điều chỉnh tần số theo nguyên lý: $f_1 > f_2 > f_3$ .....  | 12 |
| Hình 1-6. Cách nối nối cuộn dây: a) Mắc nối tiếp, số đôi cực là p. b) Mắc song song, số đôi cực là p/2, c) Đặc tính cơ của động cơ khi thay đổi số đôi cực ..... | 12 |
| Hình 1-7. Đổi nối cuộn dây a) $Y \rightarrow YY$ , b) $\Delta \rightarrow YY$ .....  | 13 |
| Hình 1-8. Đặc tính cơ của động cơ KĐB dây quấn khi thay đổi điện trở rôto.....   | 15 |
| Hình 1-9. Sơ đồ tương đương mạch rôto khi đưa thêm sđđ vào: a) mạch thực, b) c) mạch tương đương đưa về tần số $f_1$ .....                                       | 17 |
| Hình 1-10. Sự tương tự giữa điều khiển động cơ một chiều và điều khiển véc tơ.....   | 18 |
| Hình 1-11. Điều khiển độc lập hai thành phần dòng điện: mô men và kích từ.....   | 18 |
| Hình 1-12. Các đường cong biểu diễn sự phụ thuộc của quãng đường S, tốc độ v, gia tốc a và độ giật p theo thời gian.....   | 19 |
| Hình 2-1. Tương quan giữa hệ tọa độ $\alpha\beta$ và tọa độ ba pha $a,b,c$ .....   | 23 |
| Hình 2-2. Cuộn dây 3 pha nhìn trên $\alpha\beta$ .....   | 24 |
| Hình 2-3. Chuyển sang hệ tọa độ quay bất kỳ.....   | 24 |
| Hình 2-4. Các đại lượng $i_s$ , $\psi_r$ của động cơ trên các hệ tọa độ .....  | 24 |
| Hình 2-5. Mô hình động cơ trên hệ tọa độ cố định $\alpha\beta$ .....   | 28 |
| Hình 2-6. Mô hình động cơ dạng ma trận .....   | 30 |
| Hình 2-7. Mô hình động cơ dạng các phần tử ma trận.....  | 30 |
| Hình 2-8. Mô hình động cơ trên hệ tọa độ quay $dq$ .....   | 32 |
| Hình 2-9. Mô hình động cơ KĐB trên tọa độ $dq$ theo dạng véc tơ .....  | 34 |
| Hình 2-10. Mô hình điều khiển động cơ một chiều. ....  | 34 |
| Hình 2-11. Tư tưởng điều khiển động cơ KĐB.....  | 34 |
| Hình 2-12. Sơ đồ hệ thống điều chỉnh dòng điện và tốc độ của động cơ trên $dq$ .....   | 35 |
| Hình 2-13. Đồ thị góc pha của phương pháp điều khiển véc tơ gián tiếp.....   | 36 |
| Hình 2-14. Sơ đồ tính toán góc quay từ trường theo phương pháp gián tiếp.....  | 37 |
| Hình 2-15. Sơ đồ khối của hệ thống điều khiển véc tơ trực tiếp sử dụng cảm biến Hall đo $\psi_r$ .....   | 38 |
| Hình 2-16. Hệ thống điều khiển sử dụng cảm biến Hall đo từ thông rôto .....  | 40 |
| Hình 2-17. Sơ đồ khối tính toán .....  | 40 |

|   |    |
|---|----|
| Hình 2-18. Tính toán từ thông rôto theo mô hình động cơ trên $\alpha\beta$ .....                    | 41 |
| Hình 2-19. Tính toán $\psi_r$ theo mô hình quan sát.....  | 42 |
| Hình 2-20. Mô hình điều khiển véc tơ kiểu trực tiếp lấy $\theta_s$ từ bộ quan sát .....             | 43 |
| Hình 2-21. Cấu trúc tổng quát một hệ điều chỉnh .....   | 43 |
| Hình 2-22. Đặc tính quá độ của hệ thống.....  | 44 |
| Hình 2-23. Đặc tính tần của hàm truyền kín tối ưu.....  | 44 |
| Hình 2-24. Sơ đồ mô tả động cơ trên hệ tọa độ $dq$ đã tuyến tính hoá quanh điểm làm việc .....      | 46 |
| Hình 2-25. Sơ đồ cấu trúc khi $\psi_r = \text{const}$ .....   | 47 |
| Hình 2-26. Mô hình sau khi đã biến đổi.....   | 47 |
| Hình 2-27. Tổng hợp các mạch vòng dòng điện và tốc độ.....  | 48 |
| Hình 2-28. Nhánh kích từ của mô hình động cơ trên hệ tọa độ $dq$ .....                              | 50 |
| Hình 2-29. Biến đổi nhánh kích từ .....   | 50 |
| Hình 2-30. Mô hình tổng quát bộ quan sát từ thông rôto .....  | 53 |
| Hình 2-31. Mô hình dòng điện stato và từ thông rôto trong bộ quan sát .....                         | 53 |
| Hình 3-1. Hệ thống điều khiển không sử dụng cảm biến tốc độ.....                                    | 58 |
| Hình 3-2. Mô hình hệ thống không dùng cảm biến tốc độ ở dạng véc tơ.....                            | 61 |
| Hình 3-3. Cấu trúc khối tính tốc độ.....  | 61 |
| Hình 3-4. Sơ đồ mô phỏng trong Simulink kiểm nghiệm bộ điều chỉnh dòng $Ri_{sd}$ .....              | 65 |
| Hình 3-5. Đồ thị dòng $i_{sd}$ với giá trị cuối của hàm Step là 5 .....                             | 66 |
| Hình 3-6. Kiểm nghiệm bộ điều chỉnh $Ri_{sq}$ .....   | 66 |
| Hình 3-7. Đồ thị dòng $i_{sq}$ với giá trị cuối của hàm step là 10.....                             | 67 |
| Hình 3-8. Mô hình Simulink kiểm tra bộ điều chỉnh tốc độ $R\omega$ .....                            | 67 |
| Hình 3-9. Dòng $i_{sq}$ và tốc độ $\omega$ khi không tải.....                                       | 68 |
| Hình 3-10. Dòng $i_{sq}$ và tốc độ $\omega$ khi có tải.....   | 68 |
| Hình 3-11. Kiểm nghiệm các bộ điều chỉnh trên mô hình động cơ .....                                 | 69 |
| Hình 3-12. Mô hình động cơ trên tọa độ $dq$ .....   | 69 |
| Hình 3-13. Đồ thị các dòng điện và tốc độ của động cơ với bộ điều chỉnh đã chọn khi không tải ..... | 70 |
| Hình 3-14. Đồ thị khi có tải.....   | 70 |
| Hình 3-15. Hệ thống điều khiển động cơ không dùng cảm biến tốc độ.....                              | 71 |
| Hình 3-16. Sơ đồ tổng quát khối tính các thông số $i_s, \psi_r$ và $\omega$ .....                   | 72 |
| Hình 3-17. Sơ đồ khối của khâu quan sát.....  | 72 |
| Hình 3-18. Cách lập khối tính tích ma trận AX .....   | 73 |
| Hình 3-19. Khối tính tích $A_{12}\psi_r$ .....  | 74 |



|   |    |
|---|----|
| Hình 3-20. Khối tính tích $A_{22}\psi_r$ .....  | 74 |
| Hình 3-21. Khối tính tích $G_{is}$ .....  | 75 |
| Hình 3-22. Tính các phần tử của ma trận $G$ .....   | 75 |
| Hình 3-23. Sơ đồ cấu trúc khối tính tốc độ .....  | 76 |
| Hình 3-24. Sơ đồ khối tính từ thông rôto .....  | 76 |
| Hình 3-25. Mạch chuyển đổi $\alpha\beta \rightarrow dq$ và $dq \rightarrow \alpha\beta$ .....               | 77 |
| Hình 3-26. Đồ thị so sánh tốc độ thực tế và tính toán khi không tải .....                                   | 78 |
| Hình 3-27. Đồ thị so sánh tốc độ thực tế và tính toán khi có tải .....                                      | 78 |
| Hình 3-28. Sai lệch dòng $i_{s\alpha}$ .....  | 79 |
| Hình 3-29. Sai lệch dòng $i_{s\beta}$ .....   | 79 |
| Hình 4-1. Mô hình thang máy thực nghiệm .....   | 81 |
| Hình 4-2. Sơ đồ cấu trúc hệ điều khiển thang máy sử dụng PLC - Biến tần điều khiển động cơ<br>nâng hạ ..... | 82 |

## MỞ ĐẦU

### 1. Lý do chọn đề tài

Trong sản xuất công nghiệp hiện đại, để nâng cao năng suất, hiệu suất sử dụng của máy, nâng cao chất lượng sản phẩm và các phương pháp tự động hóa dây chuyền sản xuất thì hệ thống truyền động điện có điều chỉnh tốc độ là không thể thiếu. Trong đó động cơ điện không đồng bộ (KĐB) chiếm tỉ lệ lớn trong công nghiệp, do nó có nhiều ưu điểm nổi bật như: giá thành thấp, dễ sử dụng, bảo quản đơn giản, chi phí vận hành thấp...

Mặt khác, những năm gần đây do tốc độ đô thị hóa diễn ra nhanh chóng, đặc biệt là tại các thành phố lớn với sự xuất hiện ngày càng nhiều các tòa nhà cao tầng để phục vụ chỗ ở và chỗ làm việc của con người khiến nhu cầu sử dụng thang máy ngày càng trở nên bức thiết, vì nó mang lại sự tiện lợi và vẻ sang trọng cho các tòa nhà cao tầng. Điều đó cũng đặt ra cho các kỹ sư và nhà sản xuất thang máy ngày nay càng phải nâng cao, cải tiến chất lượng hệ thống truyền động thang máy.

Với sự phát triển của lý thuyết điều khiển tự động cho phép xây dựng các bộ điều khiển tốc độ động cơ với chất lượng cao. Các bộ điều khiển này có thể được thiết kế và lập trình trên các bộ điều khiển như PLC kết nối biến tần điều khiển tốc độ động cơ.

Trên đây là lý do tác giả chọn đề tài: "Nghiên cứu hệ điều khiển tốc độ động cơ cho thang máy sử dụng PLC kết nối biến tần".

### 2. Mục đích nghiên cứu

Đề tài có mục đích nghiên cứu là: Thiết kế bộ điều khiển véc tơ để điều khiển tốc độ động cơ KĐB 3 pha ứng dụng vào hệ thống thang máy sử dụng PLC kết nối biến tần.

### 3. Đối tượng nghiên cứu

- Động cơ KĐB 3 pha.
- Nghiên cứu các phương pháp điều khiển động cơ KĐB 3 pha.
- Nghiên cứu điều khiển véc tơ không cảm biến tốc độ động cơ KĐB 3 pha.
- Thực hiện mô phỏng bộ điều khiển véc tơ không cảm biến tốc độ động cơ KĐB 3 pha trên phần mềm Matlab/Simulink.
- Thực nghiệm trên mô hình thang máy tại phòng thí nghiệm trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp.