

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

NGUYỄN QUỐC CHIẾN

**NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ
ĐỘNG CƠ MỘT CHIẾU KHÔNG CHỖI THAN**

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

TS. NGUYỄN VĂN CHÍ

THÁI NGUYÊN, 2015

LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là: **Nguyễn Quốc Chiến**

Sinh ngày 12 tháng 03 năm 1974

Học viên lớp cao học khoá 15 CH.TĐH 02 - Trường đại học kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên.

Hiện đang công tác tại: Trường cao đẳng nghề Công nghệ và Nông lâm Phú Thọ

Tôi xin cam đoan luận văn “**Nghiên cứu phương pháp điều khiển tốc độ động cơ một chiều không chổi than**” do thầy giáo **TS Nguyễn Văn Chí** hướng dẫn là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Tất cả các tài liệu tham khảo đều có nguồn gốc, xuất xứ rõ ràng.

Tôi xin cam đoan tất cả những nội dung trong luận văn đúng như nội dung trong đề cương và yêu cầu của thầy giáo hướng dẫn. Nếu có vấn đề gì trong nội dung của luận văn, tôi xin hoàn toàn chịu trách nhiệm với lời cam đoan của mình.

Thái Nguyên, ngày 30 tháng 10 năm 2014

Học viên

Nguyễn Quốc Chiến

LỜI CẢM ƠN

Sau thời gian nghiên cứu, làm việc khẩn trương và được sự hướng dẫn tận tình giúp đỡ của thầy giáo *TS Nguyễn Văn Chí*, luận văn với đề tài “ **Nghiên cứu phương pháp điều khiển tốc độ động cơ một chiều không chổi than** ” đã được hoàn thành.

Tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới:

Thầy giáo hướng dẫn *TS Nguyễn Văn Chí* đã tận tình chỉ dẫn, giúp đỡ tác giả hoàn thành luận văn. Các thầy cô giáo Trường Đại học kỹ thuật công nghiệp Thái Nguyên và một số đồng nghiệp, đã quan tâm động viên, giúp đỡ tác giả trong suốt quá trình học tập để hoàn thành luận văn này.

Mặc dù đã cố gắng hết sức, tuy nhiên do điều kiện thời gian và kinh nghiệm thực tế của bản thân còn ít, cho nên đề tài không thể tránh khỏi thiếu sót. Vì vậy, tác giả mong nhận được sự đóng góp ý kiến của các thầy giáo, cô giáo và các bạn bè đồng nghiệp cho luận văn của tôi được hoàn thiện hơn.

Tôi xin chân thành cảm ơn!

Thái Nguyên, ngày 30 tháng 10.năm 2014

Tác giả

Nguyễn Quốc Chiến

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT	v
LỜI NÓI ĐẦU	1

Chương 1 GIỚI THIỆU TỔNG QUAN VỀ ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU KHÔNG CHỖI THAN

1.1	Tổng quan về động cơ BLDC.....	5
1.2	Cấu trúc của động cơ BLDC.....	6
1.2.1	Cấu tạo stato của động cơ BLDC	6
1.2.2	Cấu tạo của Rotor của động cơ BLDC	7
1.2.3	Cảm biến xác định vị trí rôto	8
1.2.4	Nguyên lý hoạt động của động cơ BLDC.....	8
1.3	Ưu điểm, nhược điểm của động cơ BLDC	10
1.3.1	Ưu điểm	10
1.3.2	Nhược điểm.....	10
1.4	Một số phương pháp điều khiển động cơ BLDC.....	11
1.4.1	Phương pháp điều khiển sử dụng cảm biến	11
1.4.2	Điều khiển vị trí và tốc độ của động cơ BLDC không sử dụng cảm biến.	16

Chương 2 MÔ HÌNH CỦA BLDC VÀ BỘ BIẾN ĐỔI ĐIỆN ÁP

2.1	Mô hình động cơ BLDC	24
2.2	Mô hình của bộ biến đổi điện áp cấp cho BLDC	29
2.3	Kết luận chương 2.....	31

Chương 3 ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ CHO BLDC KHÔNG DÙNG CẢM BIẾN

3.1	Cấu trúc điều khiển BLDC không dùng cảm biến.....	32
3.2	Khối ước lượng vị trí rotor và tính toán tốc độ quay.....	34
3.2.1	Ước lượng back - EMF dây sử dụng bộ quan sát	34

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Tên tiếng Anh	Tên tiếng Việt
BLDC	Brushless DC Motor	Động cơ một chiều không chổi than
Back EMF	Back Electromotive Force	Sức phản điện động phần ứng
PID	Proportional- Intergral- Derivative	Tỷ lệ – Tích phân- Đạo hàm
PI	Proportional Integral	Bộ điều khiển tỷ lệ tích phân
PWM	Pulse-width modulation	Điều chế độ rộng xung
DSP	Digital signal processing	Xử lý tín hiệu số
ZCP	Zero Crossing Point	Các điểm chuyển tiếp qua giá trị 0
CP	Commutation point	Điểm chuyển mạch
LPFs	Low Pass Filter	Bộ lọc thông thấp
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning	Hệ thống gia nhiệt, thông gió và điều hòa không khí
IGBT	(Insulated Gate Bipolar Transistor	Transistor có cực điều khiển cách ly
MOSFEET	Metal-Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor	Transistor hiệu ứng trường Oxit Kim loại - Bán dẫn

LỜI NÓI ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Động cơ một chiều không chổi than (The Brushless DC motor -BLDC) nhanh chóng phổ biến với sự áp dụng trong nhiều ngành khác nhau như tự động hóa các trang thiết bị điện trong công nghiệp, trong hàng không, trong y học, trong dân dụng, trong các phương tiện vận tải v.v. Động cơ không chổi than dần dần sẽ thay thế động cơ một chiều sử dụng chổi than vì các ưu điểm sau [10][11][12]:

- Đặc tính tốc độ và mô men tốt hơn
- Đáp ứng động học nhanh do quán tính nhỏ
- Hiệu suất sử dụng cao do sử dụng nam châm vĩnh cửu nên không có tổn hao đồng trên rôto
- Tuổi thọ động cơ cao do không có chuyển mạch cơ khí
- Động cơ chạy êm, tiếng ồn nhỏ
- Không gây nhiễu khi hoạt động
- Có thể điều chỉnh dải tốc độ rộng

Để điều khiển động cơ BLDC có hai phương pháp chính: phương pháp dùng cảm biến vị trí và phương pháp điều khiển không sử dụng cảm biến (sensorless control).

a. Phương pháp sử dụng cảm biến

Cảm biến dùng để xác định vị trí của rotor để làm tín hiệu đóng ngắt dòng điện vào các cuộn dây tương ứng. Cảm biến xác định vị trí có thể sử dụng là cảm biến Hall, cảm biến tốc độ từ trở biến thiên, gia tốc kế. Tín hiệu điều khiển đưa tới các cuộn dây để điều khiển động cơ BLDC điện áp bằng cách [11] :

- + Điều chỉnh điện áp cấp cho các cuộn dây stator.
- + Điều khiển bằng phương pháp PWM.
- + Kỹ thuật điện áp hình thang.

b. Phương pháp không sử dụng cảm biến

Đây là phương pháp sử dụng các ước lượng từ thông rotor để điều khiển các khóa đóng cắt thay cho cảm biến Hall truyền thống. Do đó phương pháp này được

gọi là phương pháp điều khiển không cảm biến (sensorless control). Cơ sở chính của điều khiển không cảm biến đối với động cơ BLDC là dựa vào thời điểm qua zero của sức điện động cảm ứng trên các pha của động cơ. Tuy nhiên phương pháp này chỉ áp dụng được phương pháp điện áp hình thang.

Về cơ bản có hai kỹ thuật điều khiển không cảm biến:

Một là xác định vị trí rotor dựa vào sức điện động của động cơ, phương pháp này đơn giản, dễ dàng thực hiện và giá thành rẻ.

Hai là ước lượng vị trí dùng các thông số của động cơ, các giá trị điện áp và dòng điện trên động cơ. Phương pháp này đòi hỏi phải tính toán phức tạp để tính toán các thông số. Phương pháp này tính toán phức tạp, khó điều khiển, giá thành cao. Phương pháp ước lượng vị trí rotor dựa vào thời điểm qua zero của sức điện động đòi hỏi chúng ta phải tạo ra một điểm trung tính để có thể đo và bắt điểm qua zero của sức điện động. Điểm trung tính có thể là trung tính hoặc trung tính ảo. Điểm trung tính ảo trên lý thuyết có cùng điện thế với trung tính thật của các cuộn dây đầu hình Y. Tuy nhiên điểm trung tính không phải là điểm cố định. Điện áp của điểm trung tính có thể thay đổi từ 0 đến gần điện áp DC của nguồn. Đặc biệt là lúc động cơ khởi động tín hiệu nhận được rất nhỏ dẫn đến điều khiển không chính xác. Do vậy phương pháp này chỉ áp dụng trong phạm vi tốc độ hạn chế và có đặc tính khởi động nhỏ.

Trước đây đã có một số nghiên cứu công bố một số mô phỏng cho sự phân tích hoạt động của các động cơ BLDC không sử dụng bộ điều khiển, những đặc tính của chúng được so sánh với tín hiệu mẫu bộ điều khiển tỷ lệ - tích phân [9]. Trong các sức điện động phản hồi có hình dạng là các chuỗi xung hình thang EMF là một hàm của vị trí rô to và hàm chuyển đổi được thông qua tín hiệu điện áp ra của bộ nghịch lưu. Kết quả thu được là các thông số về điện áp và dòng điện của bộ nghịch lưu. Vì vậy, nếu ta sử dụng bộ xử lý tín hiệu số sẽ rút ngắn thời gian tính toán và có thể trở thành một công cụ thiết kế hữu ích đối với sự phát triển của động cơ một chiều không chổi than BLDC. Các kết quả nghiên cứu trong nước thể hiện ở trong các tài liệu [10],[11] mới chỉ dừng lại ở việc thiết kế bộ điều khiển PID, PI với

phương pháp có sử dụng cảm biến. Các phương pháp này mang lại chất lượng tốt trong dải tốc độ lớn cỡ 500 vòng/phút trở lên, tuy nhiên trong dải tốc độ chậm và rất chậm những phương pháp này không mang lại chất lượng tốt.

Với việc ứng dụng vi xử lý trong điều khiển BLDC cho phép chúng ta thực hiện giải pháp không dùng cảm biến nhằm giảm giá thành sản phẩm và khắc phục những khó khăn khi gắn cảm biến, đặc biệt là những động cơ BLDC nhỏ. Chính vì vậy việc nghiên cứu và thực hiện giải pháp điều khiển BLDC không sử dụng cảm biến mang tính cấp thiết.

2. Mục tiêu nghiên cứu

- Mục tiêu chung

Luận văn này tập trung vào mục tiêu chính là thiết kế và thực thi bộ điều khiển tốc độ động cơ một chiều không chổi than sử dụng phương pháp không dùng cảm biến. Phương pháp này sử dụng bộ quan sát để ước lượng tốc độ quay và vị trí của rotor nhằm cung cấp cho các bộ điều khiển dòng PWM và bộ điều khiển tốc độ, các bộ điều khiển này sử dụng vi xử lý (hoặc DSP- bộ xử lý tín hiệu số). Phương pháp cần phải khắc phục hiện tượng xác định điểm qua không ở dải tốc độ thấp nhằm ước lượng được vị trí của rotor một cách chính xác hơn, kết hợp thuật toán điều khiển tốc độ sử dụng luật điều khiển PI để điều chỉnh tốc độ với độ chính xác hơn trong cả dải tốc độ thấp và tốc độ cao.

- Mục tiêu cụ thể

- Nghiên cứu mô hình của BLDC và bộ biến đổi điện áp
- Thiết kế bộ quan sát để ước lượng tốc độ và vị trí của rotor
- Thiết kế bộ điều khiển dòng PWM
- Thiết kế bộ điều khiển tốc độ
- Mô phỏng bằng Matlab/Simulink
- Xây dựng thực nghiệm

- Các kết quả đạt được trong luận văn:
 - + Xây dựng được mô hình toán học của động cơ không chổi than.
 - + Thiết kế được bộ quan sát để ước lượng vị trí và tốc độ của động cơ thay cho cảm biến Hall, giải pháp ước lượng vị trí và tốc độ quay chính xác ở tốc độ thấp.
 - + Thiết kế được bộ điều khiển dòng PWM và bộ điều khiển tốc độ quay dùng luật điều khiển PI
 - + Xây dựng được mô hình thực nghiệm gồm động cơ một chiều không chổi than 2.5KW
 - + Chạy thực nghiệm

3. Nội dung của luận văn

Luận văn thực hiện các nội dung sau:

- a. Tìm hiểu về BLDC, nguyên lý làm việc và các phương pháp điều khiển tốc độ cho BLDC, phân tích các ưu nhược điểm của từng phương pháp
- b. Xây dựng mô hình toán của BLDC
- c. Thiết kế bộ quan sát để ước lượng vị trí và tốc độ của động cơ
- d. Thiết kế được bộ điều khiển dòng PWM và bộ điều khiển tốc độ quay dùng luật điều khiển PI
- e. Xây dựng được mô hình thực nghiệm gồm động cơ một chiều không chổi than 2.5KW

Từ nội dung luận văn nêu trên, luận văn gồm 04 chương với bố cục như sau:

Chương 1: Giới thiệu tổng quan về động cơ BLDC

Chương 2: Mô hình của BLDC và bộ biến đổi điện áp

Chương 3: Điều khiển tốc độ cho BLDC không dùng cảm biến

Chương 4: Xây dựng mô hình thực nghiệm điều khiển BLDC

Phần cuối là kết luận chung của đề tài.