BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

NGÀNH ĐIỆN TỰ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

Sinh viên: Trần Ngọc Khánh

Giảng viên hướng dẫn: GS. TSKH Thân Ngọc Hoàn

HẢI PHÒNG – 2020

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG

ĐỀ TÀI:

TÌM HIỂU PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN VÉC TƠ KHÔNG CẢM BIẾN CHO ĐỘNG CƠ BLDC DÙNG BỘ LỌC KALMAN

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY

NGÀNH ĐIỆN TỰ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

Sinh viên : Trần Ngọc Khánh

Giảng viên hướng dẫn: GS. TSKH Thân Ngọc Hoàn

HẢI PHÒNG – 2020

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự Do - Hạnh Phúc

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Sinh viên : Trần Ngọc Khánh - MSV : 1512102001

Lớp : DC 1901- Ngành: Điện - Điện tử

Tên đề tài : Tìm hiểu phương pháp điều khiển véc tơ không cảm biến cho động cơ BLDC dùng bộ Kalman

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI

1. Nội dung và các yêu cầu cần giải quyết trong nhiệm vụ đề tài tốt nghiệp

…….....

…….....

…….....

…….....

…….....

…….....

…….....

2. Các tài liệu, số liệu cần thiết

…….....

…….....

…….....

…….....

…….....

…….....

…….....

…….....

3. Địa điểm thực tập tốt nghiệp

…….....

CÁN BỘ HƯỚNG DẪN ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Họ và tên : Thân Ngọc Hoàn

Học hàm, học vị : GS-TSKH

Cơ quan công tác : Trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hải Phòng

Nội dung hướng dẫn: Tìm hiểu phương pháp điều khiển véc tơ không cảm biến cho động cơ BLDC dùng bộ Kalman.

…….....

…….....

…….....

Đề tài tốt nghiệp được giao ngày 12 tháng 10 năm 2020

Yêu cầu phải hoàn thành xong trước ngày 31 tháng 12 năm 2020

Đã nhận nhiệm vụ ĐTTN	Đã giao nhiệm vụ ĐTTN
Sinh viên	*Giảng viên hướng dẫn*
Trần Ngọc Khánh	GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn

Hải Phòng, ngày tháng năm

TRƯỞNG KHOA

Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN TỐT NGHIỆP

Họ và tên giảng viên **:** GS - TSKH Thân Ngọc Hoàn

Đơn vị công tác **:** Đại học quản lý và công nghệ

Họ và tên sinh viên **:** Trần Ngọc Khánh

Chuyên ngành **:** Điện - Điện tử

Nội dung hướng dẫn **:**Tìm hiểu phương pháp điều khiển véc tơ không cảm biến cho động cơ BLDC dùng bộ Kalman.

1. Tinh thần thái độ của sinh viên trong quá trình làm đề tài tốt nghiệp

.....

.....

.....

.....

2. Đánh giá chất lượng của đồ án/khóa luận (so với nội dung yêu cầu đã đề ra trong nhiệm vụ Đ.T.T.N, trên các mặt lý luận, thực tiễn, tính toán số liệu...)

.....

.....

.....

3. Ý kiến của giảng viên hướng dẫn tốt nghiệp

Được bảo vệ ☐ Không được bảo vệ ☐ Điểm hướng dẫn ☐

Hải Phòng, ngày.....tháng.....năm .....

Giảng viên hướng dẫn

Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam

Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIẢNG VIÊN CHẤM PHẢN BIỆN

Họ và tên giảng viên:.....

Đơn vị công tác:.....

Họ và tên sinh viên: .....**Chuyên ngành:**.....

Đề tài tốt nghiệp: .....

.....

1. Phần nhận xét của giảng viên chấm phản biện

.....

.....

.....

.....

2. Những mặt còn hạn chế

.....

.....

.....

.....

3. Ý kiến của giảng viên chấm phản biện

Được bảo vệ ☐ Không được bảo vệ ☐ Điểm hướng dẫn ☐

Hải Phòng, ngày.....tháng.....năm .....

Giảng viên chấm phản biện

MỤC LỤC

LỜI MỞ ĐẦU 13
CHƯƠNG I. 15
TỔNG QUAN VỀ ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU KHÔNG 15
CHỔI THAN (BLDC) 15
1.1. GIỚI THIỆU VỀ ĐỘNG CƠ BLDC 15
1.2. CẤU TẠO ĐỘNG CƠ BLDC. 17
1.2.1. Stato. 18
1.2.2. Roto 20
1.2.3. Cảm biến vị trí Hall sensor. 21
1.2.4. Bộ phận chuyển mạch điện tử (Electronic commutator) 23
1.3. NGUYÊN LÍ HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ BLDC 23
1.4. CÁC HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN DÙNG ĐỘNG CƠ BLDC 24
1.4.1. Truyền động không đảo chiều (truyền động một cực tính) 24
1.4.2. Truyền động có đảo chiều (truyền động hai cực tính) 25
1.5. MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM VỀ ĐIỆN CỦA ĐỘNG CƠ BLDC. 26
1.5.1. Momen điện từ 26
1.5.2. Đăc tính cơ và đặc tính làm việc của động cơ BLDC 27
1.5.3. Sức phản điện động 27
CHƯƠNG II. 29
Điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều không chổi than BLDC[1][2] 29
2.1. Điều khiển dùng cảm biến. 30
2.2. Điều khiển không cảm biến dùng sđđ cảm ứng của động cơ BLDC[9] 32
2.2.1. Định nghĩa sức phản điện động (sđđ cảm ứng) 32
2.2.2. Phát hiện sđđ của động cơ BLDC không dùng cảm biến[9]. 33
2.2.3. Điều chỉnh dòng điện 41
2.2.4. Điều chỉnh tốc độ động cơ BLDC[10] 42
2.3. Kết luận: 45
CHƯƠNG III: ĐIỀU KHIỂN VECTOR KHÔNG CẢM BIẾN ĐỘNG CƠ BLDC DÙNG BỘ LỌC KALMAN 47

I. Giới thiệu 47
II. SƠ ĐỒ KHỐI ĐỂ ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ CỦA BLDC ĐỘNG CƠ..... 47
III MÔ HÌNH TOÁN HỌC CỦA ĐỘNG CƠ BLDC 49
IV. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ 52
V. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ THẢO LUẬN 59
VI. PHẦN KẾT LUẬN 64
KẾT LUẬN 65
TÀI LIỆU THAM KHẢO 66

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1: Các thành phần cơ bản của động cơ BLDC 16
Hình 1.2: Sơ đồ khối động cơ BLDC 18
Hình 1.3: Stato của động cơ BLDC 19
Hình 1.4. Các dạng sức điện động của động cơ BLDC 20
Hình 1.5: Roto của động cơ BLDC 13
Hình 1.6: Các dạng Rotor của động cơ một chiêu không chôi than 21
Hình 1.7: Hiệu ứng Hall 22
Hình 1.8: Động cơ BLDC cấu trúc nằm ngang 22
Hình 1.9: Sơ đồ cấp điện cho các cuộn dây stato 23
Hình 1.10: Minh họa nguyên lí làm việc của BLDC truyên động một cực 24
Hình 1.11: Thứ tự chuyển mạch và chiều quay của từ trường stator 25
Hình 1.12: Chuyển mạch hai cực tính của động cơ BLDC 26
Hình 1.13: Đường đặc tính cơ và đặc tính làm việc của động cơ BLDC 27
Hình 2.1. Sử dụng cảm biến hall để điều khiển động cơ BLDC[2] 31
Hình.2.2. Sơ đồ khối điều chỉnh tốc độ động cơ BLDC có cảm biến 31
Hình 2.3. Khoảng dẫn của từng cuộn dây động cơ BLDC 3 pha 34
Hình 2.4. Dòng điện trùng pha với sđđ cảm vứng ở động cơ BLDC 34
Hình.2.5. Sơ đồ phát hiện điểm vượt zero của sđđ với điểm zero của động cơ (a) 35
và với điểm zero ảo (b) 35
Hình.2.6. Sử dụng không cảm biến bằng đo sđđ của động cơ với điểm zero ảo. 35
Hình.2.7.(a) Sơ đồ phát hiện sđđ của động cơ không dùng điểm trung tính của điện áp ; (b) Biểu đồ cấp xung PWM. 37
Hình.2.8.Mô hình mạch điện xác định sđđ khi ngắt tín hiệu PWM 37
Hình.2.9. Sóng bậc 1 và bậc 3 của sđđ của động cơ A 39
Hình.2.10. Sóng bậc 1 và bậc 3 của sđđ của động cơ B 39
Hình.2.11. Hệ thống TĐĐ động cơ BLDC không cảm biến 41
Hình 2.12: Sơ đồ nguyên lý vòng điều khiển dải trễ (a), đặc tính bộ điều chỉnh

dải trễ (b) 42
Hình 2.13: Dạng 3 dòng so sánh đưa vào bộ điều chỉnh dải trễ 42
Hình 2.14. Vòng điều khiển tốc độ động cơ BLDC dùng bộ điều khiển PI 43
Hình 2.15. Kết quả mô phỏng khi điều khiển động cơ bằng mờ 44
Hình 2.16. kết quả mô phỏng khi điều khiển bằng PID 45
Hình 3.1. Sơ đồ khối biểu thị điều khiển tốc độ của động cơ BLDC 48
Hình 3.3. Sơ đồ khối của bộ điều khiển PID cơ bản 52
Hình 3.4. Mô hình Simulink của bộ điều khiển PID 53
Hình 3.5. Mô hình mô phỏng tổng thể điều khiển tốc độ vòng kín của động cơ BLDC sử dụng bộ điều khiển PID-Fuzzy 54
Hình 3.6. Minh họa về khử mờ kiểu Mamdani 54
Hình 3.7. Hệ thống con của bộ điều khiển PID-Fuzzy 55
Hình 3.8. Hàm thành viên cho đầu vào e (t) 57
Hình 3.9. Hàm thành viên cho đầu vào Δe (t) 58
Hình 3.10. Chức năng thành viên cho đầu ra K_p 58
Hình 3.11. Chức năng thành viên cho đầu ra K_D 58
Hình 3.12. Chức năng thành viên cho đầu ra α 59
Hình 3.13. Dạng sóng EMF trở lại cho ba giai đoạn 60
Hình 3.14. Dòng điện stato cho ba pha 60
Hình 3.15. Đáp ứng tốc độ sử dụng PID ở 1000 vòng / phút, 3N-m 61
Hình 3.16. Đáp ứng tốc độ sử dụng PID-Fuzzy ở 1000 vòng / phút, 3N-m 61
Hình 3.17. Đáp ứng tốc độ sử dụng PID ở 1500 vòng / phút, 3N-m 61
Hình 3.18. Đáp ứng tốc độ sử dụng PID-Fuzzy ở 1500 vòng / phút, 3N-m 62
Hình 3.19. Đáp ứng tốc độ sử dụng PID ở 1000 vòng / phút, 5N-m 62
Hình 3.20. Đáp ứng tốc độ sử dụng PID-Mờ ở 1000 vòng / phút, 5N-m 63
Hình 3.21. Đáp ứng tốc độ sử dụng PID ở 1500 vòng / phút, 5N-m 63
Hình 3.22. Đáp ứng tốc độ sử dụng PID-Fuzzy ở 1500 vòng / phút, 5N-m 63

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1: So sánh động cơ BLDC và ĐCMC thông thường 17
Bảng 2.1. các thông số kỹ thuật của động cơ 44
Bảng 2.2. Kết quả so sánh tĩnh chất điều khiển của bộ điều chỉnh PID và Mờ .. 45
BẢNG I PHÁT HIỆN ĐIỂM KHÔNG CHÉO TRỞ LẠI EMF 49
BẢNG II YÊU CẦU CÔNG TẮC INVERTER 49
BẢNG III THÔNG SỐ KỸ THUẬT CỦA ĐỘNG CƠ BLDC 52
BẢNG IV QUY TẮC FUZZY CHO KP 55
BẢNG V QUY TẮC FUZZY CHO KD 55
BẢNG VI CÁC QUY TẮC FUZZY CHO α 57

LỜI MỞ ĐẦU

Ngày nay, thế giới đang chứng kiến sự thay đổi to lớn của nền sản xuất công nghiệp do việc áp dụng những thành tựu của cuộc cách mạng khoa học công nghệ. Cùng với sự thay đổi của nền sản xuất công nghiệp, ngành khoa học công nghệ về tự động hoá cũng có những bước phát triển vượt bậc và trở thành ngành mũi nhọn của thế giới.

Các hệ thống tự động hoá sử dụng động cơ điện truyền thống thuờng được thiết kế với những phần tử tương tự tương đối rẻ tiền. Điểm yếu của các hệ thống tương tự là chứng nhạy cảm với sự thay đổi của nhiệt độ và tuổi thọ của các thành phần. Một nhược điểm nữa của các hệ thống này là khó mở rộng và nâng cấp. Các cấu trúc điều khiển số khắc phục được tất cả những nhược điểm của các cấu trúc truyền động tương tự và bằng cách sử dụng các bộ xử lý có thể lập trình được việc nâng cấp trở nên rất dễ dàng do được thực hiện bằng phần mềm. Các bộ xử lý tín hiệu số tốc độ cao cho phép chứng ta thực hiện được những bài toán điều khiển số yêu cầu độ phân giải cao, tốc độ và khối lượng tính toán lớn chẳng hạn như các bài toán điều khiển thời gian thực. Ngoài ra, chứng còn cho phép tối thiểu hoá các thời gian trễ trong mạch vòng điều khiển. Những điều khiển hiệu suất cao này còn cho phép giảm được dao động momen, giảm đáng kể tổn thất công suất như tổn thất công suất do các điều hoà bậc cao gây ra trong rotor. Các dạng sóng liên tục cho phép tối ưu hoá các phần tử công suất và các bộ lọc đầu vào.

Những tiến bộ gần đây trong ngành Vật liệu từ (Nam châm vĩnh cửu), ngành điện tử công suất, trong chế tạo các bộ xử lý tín hiệu số tốc độ cao, kỹ thuật điều khiển hiện đại đã ảnh hưởng đáng kể đến việc mở rộng ứng dụng của các hệ truyền động động cơ một chiều không chổi than kích thích vĩnh cửu nhằm đáp ứng nhu cầu về sản xuất hàng hoá, thiết bị, các bộ xử lý của thị trường cạnh tranh khắp thế giới.

Động cơ một chiều không chổi than là loại động cơ có rất nhiều ưu điểm nên gần đây đã được chú ý nghiên cứu và đưa vào sử dụng rộng rãi nhất là trong các hệ thống tự động có yêu cầu cao về độ tin cậy trong các điều kiện làm việc

đặc biệt: môi trường chân không, nhiệt độ thay đổi, va đập mạnh, dễ cháy nổ,... Do không có bộ phận đổi chiều cơ khí sử dụng vành góp, chổi than nên động cơ này khắc phục được hầu hết các nhược điểm của động cơ một chiều thông thường. Hiệu suất cao do giảm được tổn thất công suất, không cần bảo dưỡng và quán tính rotor nhỏ của động cơ một chiều không chổi than đã làm tăng nhu cầu sử dụng động cơ này trong những ứng dụng rô bốt và servo công suất lớn. Việc phát minh ra các thiết bị công suất hiện đại như MOSFET, IGBT, GTO và nam châm vĩnh cửu đất hiếm năng lượng cao đã tăng cường các ứng dụng của động cơ này trong các truyền động có yêu cầu điều chỉnh tốc độ.

Trong quá trình học tập tại trường Đại học quản lý và công nghệ Hải Phòng. Với sự giúp đỡ của nhà trường để em đã được nhận đề tài tốt nghiệp là "**Tìm hiểu động cơ điện một chiều không chồi than".**

Đồ án gồm các nội dung sau:

Em xin chân thành cảm ơn sự hướng dẫn tận tình của thầy giáo Thầy giáo GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn, cùng với các thầy cô giáo trong khoa đã giúp đỡ em hoàn thành đồ án này.

Em mong nhận được sự đóng góp ý kiến của các thầy cô giáo và các bạn.

Hải Phòng, ngày... tháng ... năm 2020

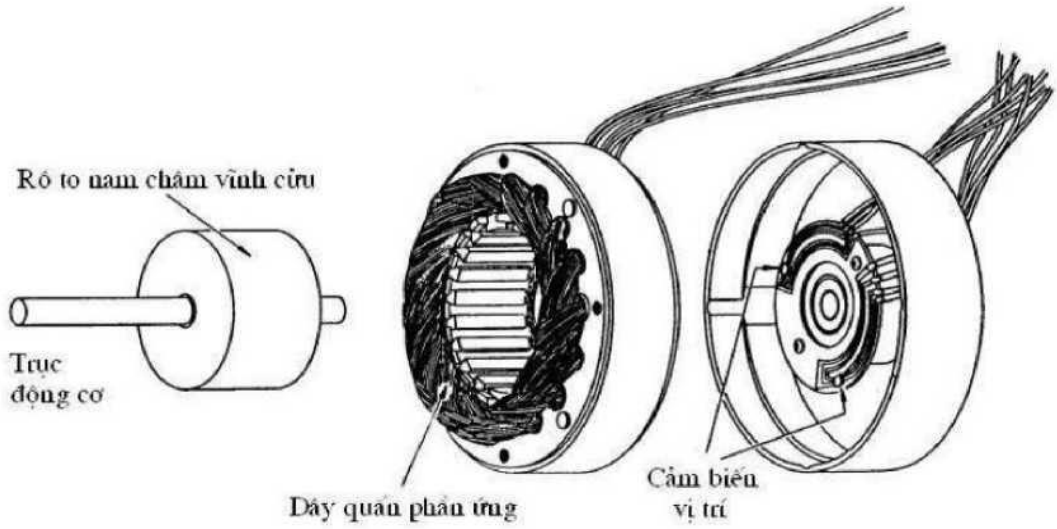
Sinh viên

CHƯƠNG I.
TỔNG QUAN VỀ ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU KHÔNG CHỔI THAN (BLDC)

1.1. GIỚI THIỆU VỀ ĐỘNG CƠ BLDC

Động cơ một chiều (ĐCMC) thông thường có hiệu suất cao và các đặc tính của chứng thích hợp với các truyền động servo. Tuy nhiên, hạn chế duy nhất là trong cấu tạo của chứng cần có cổ góp và chổi than, những thứ dễ bị mòn và yêu cầu bảo trì, bảo dưỡng thường xuyên. Để khắc phục nhược điểm này người ta chế tạo loại động cơ không cần bảo dưỡng bằng cách thay thế chức năng của cổ góp và chổi than bởi cách chuyển mạch sử dụng thiết bị bán dẫn (chẳng hạn như biến tần sử dụng transitor công suất chuyển mạch theo vị trí rotor). Những động cơ này được biết đến như là động cơ đồng bộ kích thích bằng nam châm vĩnh cửu hay còn gọi là động cơ một chiều không chổi than BLDC (Brushless DC Motor). Do không có cổ góp và chổi than nên động cơ này khắc phục được hầu hết các nhược điểm của động cơ một chiều có vành góp thông thường.

So sánh BLDC với động cơ một chiều thông thường



Hình 1.1: Các thành phần cơ bản của động cơ BLDC

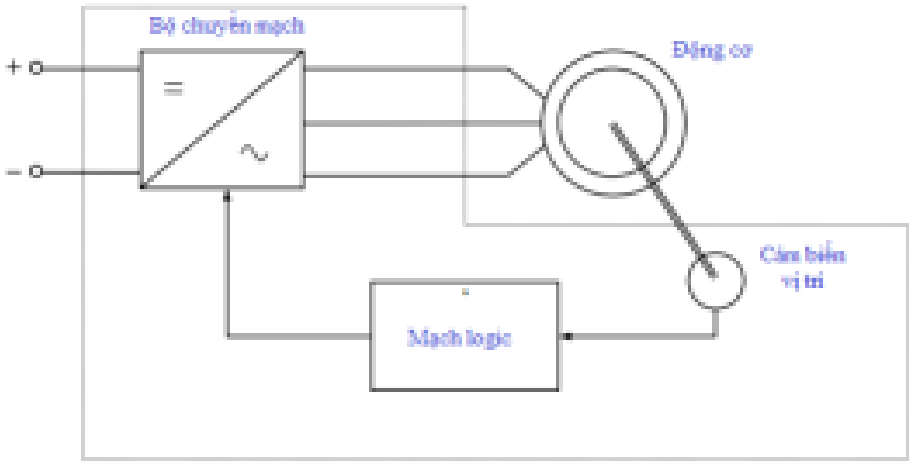
Mặc dù người ta nói rằng đặc tính tĩnh của động cơ BLDC và ĐCMC thông thường hoàn toàn giống nhau, thực tế chứng có những khác biệt đáng kể ở một vài khía cạnh. Khi so sánh hai loại động cơ này về mặt công nghệ hiện tại, ta thường đề cập tới sự khác nhau hơn là sự giống nhau giữa chứng. Bảng 1.1 so sánh ưu nhược điểm của hai loại động cơ này. Khi nói về chức năng của động cơ điện, không được quên ý nghĩa của dây quấn và sự đổi chiều. Đổi chiều là quá trình biến đổi dòng điện một chiều ở đầu vào thành dòng xoay chiều và phân bố một cách chính xác dòng điện này tới mỗi dây quấn ở phần ứng động cơ. Ở động cơ một chiều thông thường, sự đổi chiều được thực hiện bởi cổ góp và chổi than. Ngược lại, ở động cơ một chiều không chổi than, đổi chiều được thực hiện bằng cách sử dụng các thiết bị bán dẫn như transitor, MOSFET, GTO, IGBT.

Bảng 1.1: So sánh động cơ BLDC và ĐCMC thông thường

Nội dung	ĐCMC thông thường	ĐCMC không chổi than
Cấu trúc cơ khí	Mạch kích từ nằm trên stato	Mạch khích từ nằm trên roto
Tính năng đặc biệt	Đáp ứng nhanh và dễ điều khiển	Đáp ứng chậm hơn. Dễ bảo dưỡng (thường không yêu cầu bảo dưỡng)
Sơ đồ nối dây	Nối vòng tròn. Đơn giản nhất là nối A	Cao áp :Ba pha nối Y hoặc A .Bình thường :Dây cuốn 3 pha nối Y có điểm trung tính nối đất hoặc 4 pha. Đơn giản nhất: nối 2 pha
Phương pháp đổi chiều	Tiếp xúc cơ khí giữa chổi than và cổ góp	Chuyên mạch điện tử sử dụng thiết bị bán dẫn như trasitor,IGBT...
Phương pháp xác định vị trí roto	Tự động xác định bằng chổi than	Sử dụng cảm biến vị trí :phần tử Hall, cảm biến quang học (otical encoder)
Phương pháp đảo chiều	Đảo chiều điện áp nguồn (cấp cho phần ứng hoặc mạch kích từ)	Sắp xếp lại thứ tự của các tín hiệu logic

1.2. CẤU TẠO ĐỘNG CƠ BLDC.

Cấu tạo của động cơ một chiều không chổi than rất giống một loại động cơ xoay chiều đó là động cơ xoay chiều đồng bộ kích thích bằng nam châm vĩnh cửu. HÌnh 1.1 minh họa cấu tạo của động cơ một chiều không chổi than ba pha điển hình:



Hình 1.2: Sơ đồ khối động cơ BLDC

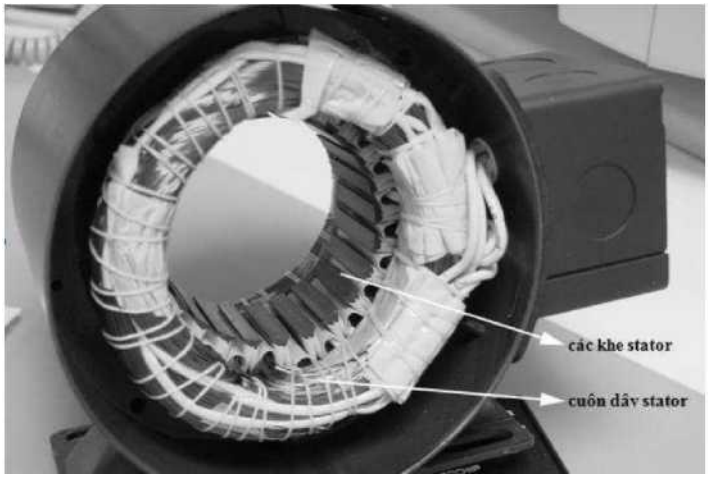
Dây quấn stator tương tự như dây quấn stator của động cơ xoay chiều nhiều pha và rotor bao gồm một hay nhiều nam châm vĩnh cửu. Điểm khác biệt cơ bản của động cơ một chiều không chổi than so với động cơ xoay chiều đồng bộ là nó kết hợp một vài phương tiện để xác định vị trí của rotor (hay vị trí của cực từ) nhằm tạo ra các tín hiệu điều khiển bộ chuyển mạch điện tử nhu biểu diễn trên hình 1.2. Từ hình 1.2 ta thấy rằng động cơ một chiều không chổi than chính là sự kết hợp của động cơ xoay chiều đồng bộ kích thích vĩnh cửu và bộ đổi chiều điện tử chuyển mạch theo vị trí rotor.

Việc xác định vị trí rotor được thực hiện thông qua cảm biến vị trí, hầu hết các cảm biến vị trí rotor (cực từ) là phần tử Hall, tuy nhiên cũng có một số động cơ sử dụng cảm biến quang học. Mặc dù hầu hết các động cơ chính thống và có năng suất cao đều là động cơ ba pha, động cơ một chiều không chổi than hai pha cũng được sử dụng khá phổ biến vì cấu tạo và mạch truyền động đơn giản.

1.2.1. Stato.

Khác với động cơ một chiều thông thường, stator của động cơ một chiều không chổi than chứa dây quấn phần ứng. Dây quấn phần ứng có thể là hai pha, ba pha hay nhiều pha nhưng thường là dây quấn ba pha (hình 1.3).

Dây quấn ba pha có hai sơ đồ nối dây, đó là nối theo hình sao Y hoặc hình tam giác Δ.



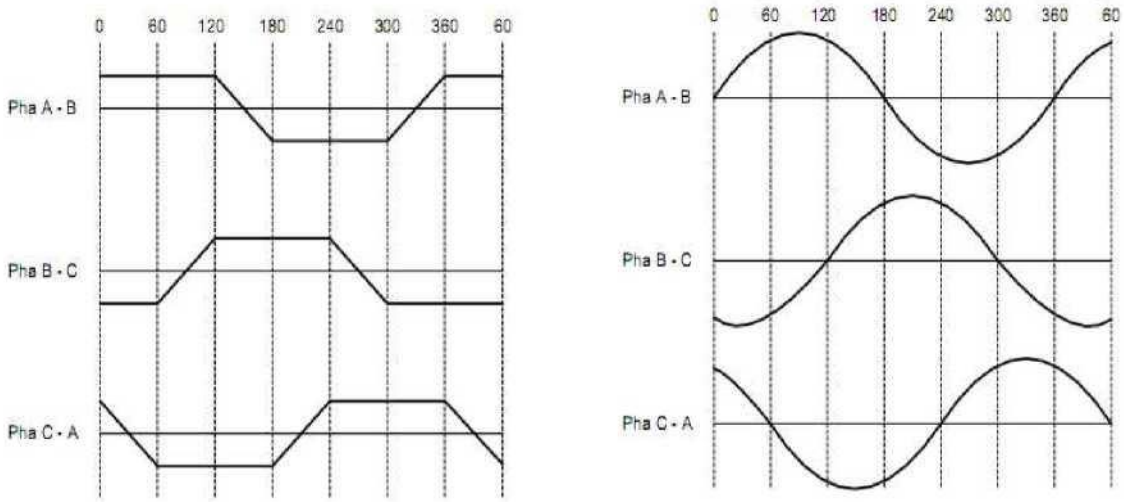
Hình 1.3: Stato của động cơ BLDC

Stator của động cơ BLDC được cấu tạo từ các lá thép kỹ thuật điện với các cuộn dây được đặt trong các khe cắt xung quanh chu vi phía trong của stator. Theo truyền thống cấu tạo stator của động cơ BLDC cũng giống như cấu tạo của các động cơ cảm ứng khác. Tuy nhiên, các bối dây được phân bố theo cách khác. Hầu hết tất cả các động cơ một chiều không chổi than có 3 cuộn dây đấu với nhau theo hình sao hoặc hình tam giác. Mỗi một cuộn dây được cấu tạo bởi một số lượng các bối dây nối liền với nhau. Các bối dây này được đặt trong các khe và chứng được nối liền nhau để tạo nên một cuộn dây. Mỗi một trong các cuộn dây được phân bố trên chu vi của stator theo trình tự thích hợp để tạo nên một số chẵn các cực. Cách bố trí và số rãnh của stator của động cơ khác nhau thì cho chứng ta số cực của động cơ khác nhau.

Sự khác nhau trong cách nối liền các bối dây trong cuộn dây stator tạo nên sự khác nhau của hình dáng sức phản điện động. Động cơ BLDC có 2 dạng sức phản điện động là dạng hình sin và dạng hình thang. Cũng chính vì sự khác nhau này mà tên gọi của động cơ cũng khác nhau, đó là động cơ BLDC hình sin và động cơ BLDC hình thang. Dòng điện pha của động cơ tương ứng cũng có dạng hình sin và hình thang. Điều này làm cho momen của động cơ hình sin phẳng hơn nhưng đắt hơn vì phải có thêm các bối dây mắc liên tục. Còn động cơ hình thang thì rẻ hơn nhưng đặc tính momen lại nhấp nhô do sự thay đổi điện áp của sức phản điện động là lớn hơn.

Động cơ một chiều không chổi than thường có các cấu hình 1 pha, 2 pha

và 3 pha. Tương ứng với các loại đó thì stator có số cuộn dây là 1, 2 và 3. Phụ thuộc vào khả năng cấp công suất điều khiển, có thể chọn động cơ theo tỷ lệ điện áp. Động cơ nhỏ hơn hoặc bằng 48V được dùng trong máy tự động, robot, các chuyển động nhỏ...Các động cơ trên 100V được dùng trong các thiết bị công nghiệp, tự động hóa và các ứng dụng công nghiệp.



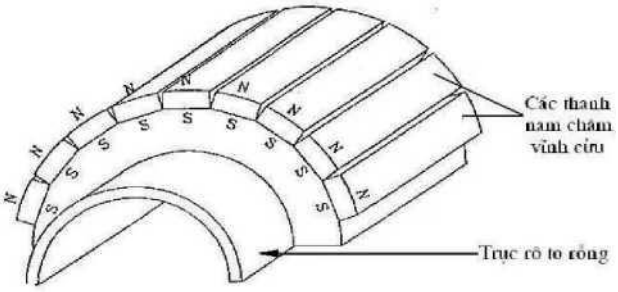
a) Sức điện động hình thang *b) sức điện động nam châm vĩnh cửu*

Hình 1.4. Các dạng sức điện động của động cơ BLDC

1.2.2. Roto.

Được gắn vào trục động cơ và trên bề mặt rotor có dán các thanh nam châm vĩnh cửu. Ở các động cơ yêu cầu quán tính của rotor nhỏ, người ta thường chế tạo trục của động cơ có dạng hình trụ rỗng.

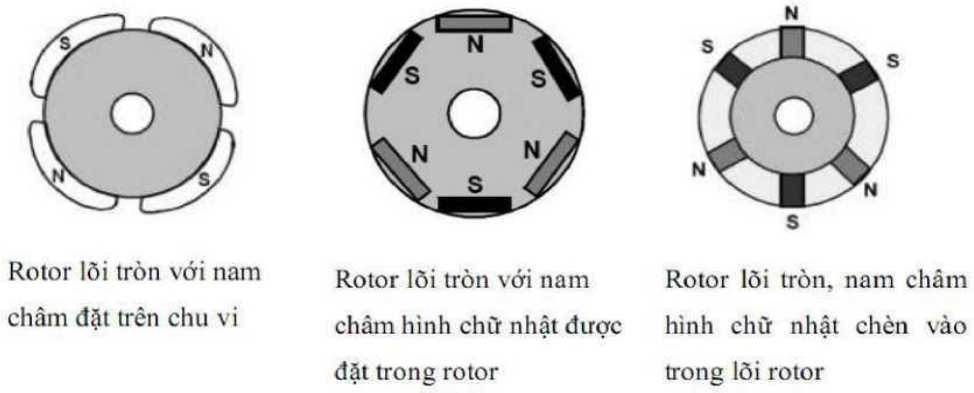
Rotor được cấu tạo từ các nam châm vĩnh cửu. số lượng đôi cực dao động từ 2 đến 8 với các cực Nam (S) và Bắc (N) xếp xen kẽ nhau.



Hình 1.5: Roto của động cơ BLDC

Dựa vào yêu cầu về mật độ từ trường trong rotor, chất liệu nam châm thích hợp được chọn tương ứng. Nam châm Ferrite thường được sử dụng. Khi công nghệ phát triển, nam châm làm từ hợp kim ngày càng phổ biến. Nam châm Ferrite rẻ hơn nhưng mật độ thông lượng trên đơn vị thể tích lại thấp. Trong khi

đó, vật liệu hợp kim có mật độ từ trên đơn vị thể tích cao và cho phép thu nhỏ kích thước của rotor nhưng vẫn đạt được momen tương tự. Do đó, với cùng thể tích, momen của rotor có nam châm hợp kim luôn lớn hơn rotor nam châm Ferrite.



Rotor lõi tròn với nam châm đặt trên chu vi

Rotor lõi tròn với nam châm hình chữ nhật được đặt trong rotor

Rotor lõi tròn, nam châm hình chữ nhật chèn vào trong lõi rotor

Hình 1.6: Các dạng Rotor của động cơ một chiêu không chôi than

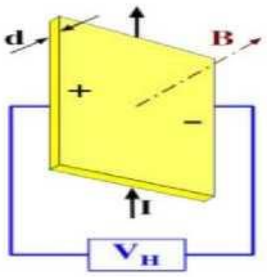
1.2.3. Cảm biến vị trí Hall sensor.

Không giống như động cơ một chiều dùng chổi than, chuyển của động cơ một chiều không chổi than được điều khiển bằng điện tử. Tức là các cuộn dây của stator sẽ được cấp điện nhờ sự chuyển mạch của các van bán dẫn công suất. Để động cơ làm việc, cuộn dây của stator được cấp điện theo thứ tự. Tức là tại một thời điểm thì không ngẫu nhiên cấp điện cho cuộn dây nào cả mà phụ thuộc vào vị trí của rotor động cơ ở đâu để cấp điện cho đứng. Vì vậy điều quan trọng là cần phải biết vị trí của roto để tiến tới biết được cuộn dây stator tiếp theo nào sẽ được cấp điện theo thứ tự cấp điện. Vị trí của rotor được đo bằng các cảm biến sử dụng hiệu ứng Hall được đặt ẩn trong stator.

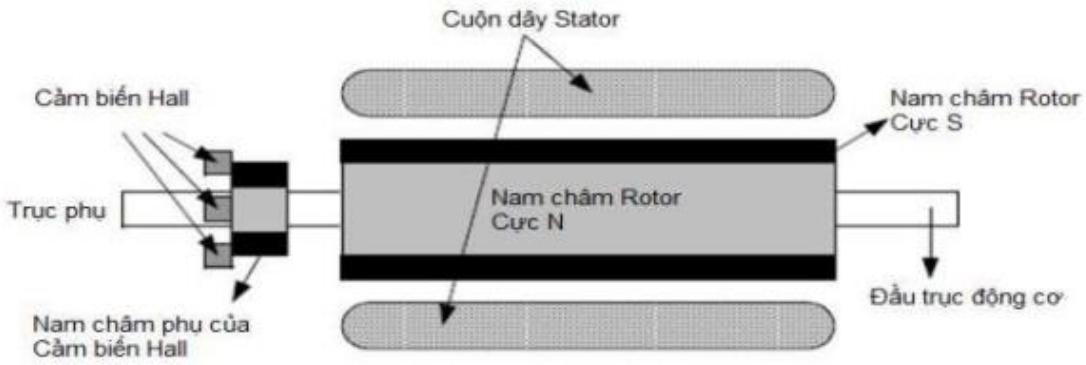
Hầu hết tất cả các độn cơ một chiều không chổi than đều có cảm biến Hall dặt ẩn bên trong stato,ở phần đuôi trục (trục phụ) của động cơ.

Mỗi khi các cực nam châm của rotor đi qua khu vực gần các cảm biến Hall,các cảm biến sẽ gửi ra tín hiệu cao hoặc thấp ứng với khi cực Bắc hoặc cực Nam đi qua cảm biến. Dựa vào tổ hợp của các tín hiệu từ 3 cảm biến Hall, thứ tự chuyển mạch chính xác được xác định .Tín hiệu mà các cảm biến Hall nhận được sẽ dựa trên hiệu ứng Hall. Đó là khi có một dòng điện chạy trong một vật dẫn được đặt trong một từ trường, từ trường sẽ tạo ra một lực nằm ngang lên các

điện tích di chuyển trong vật dẫn theo hướng đẩy chứng về một phía của vật dẫn. số lượng các điện tích bị đẩy về một phía sẽ cân bằng với mức độ ảnh hưởng của từ trường. Điều này dẫn đến xuất hiện một hiệu điện thế giữa 2 mặt của vật dẫn. Sự xuất hiện của hiệu điện thế có khả năng đo được này được gọi là hiệu ứng Hall, lấy tên người tìm ra nó vào năm 1879.



Hình 1.7: Hiệu ứng Hall



Hình 1.8: Động cơ BLDC cấu trúc nằm ngang

Trên hình 1.8 là mặt cắt ngang của động cơ một chiều không chổi than với rotor có các nam châm vĩnh cửu. Cảm biến Hall được đặt trong phần đứng yên của động cơ.Việc đặt cảm biến Hall trong stator là quá trình phức tạp vì bất cứ một sự mất cân đối sẽ dẫn đến việc tạo ra một sai số trong việc xác định vị trí rotor. Để đơn giản quá trình gắn cảm biến lên stator, một vài động cơ có các nam châm phụ của cảm biến Hall được gắn trên rotor, thêm vào so với nam châm chính của rotor. Đây là phiên bản thu nhỏ của nam châm trên rotor. Do đó, mỗi khi rotor quay, các nam châm cảm biến rotor đem lại hiệu ứng tương tự như của nam châm chính. Các cảm biến Hall thông thường được gắn trên mạch in và cố định trên nắp đậy động cơ. Điều này cho phép người dùng có thể điều chỉnh hoàn toàn việc lắp ráp các cảm biến Hall để căn chỉnh với nam châm rotor, đem lại khả năng hoạt động tối đa.

Dựa trên vị trí vật lý của cảm biến Hall, có 2 cách đặt cảm biến .Các cảm biến Hall có thể được đặt dịch pha nhau các góc 60° hoặc 120° tùy thuộc vào số đôi cực. Dựa vào điều này, các nhà sản xuất động cơ định nghĩa các chu trình chuyển mạch mà cần phải thực hiện trong quá trình điều khiển động cơ.

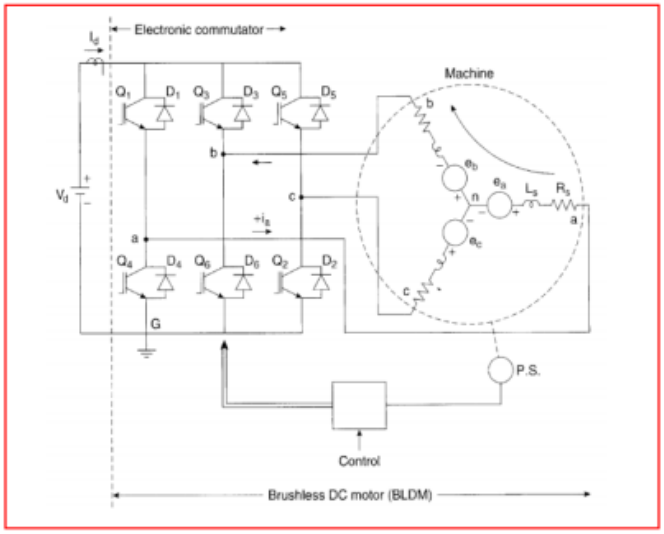
Các cảm biến Hall cần được cấp nguồn .Điện áp cấp có thể từ 4 đến 24V Yêu cầu dòng từ 5 đến 15mA .Khi thiết kế bộ điều khiển, cần để ý đến đặc điểm kỹ thuật tương ứng của từng loại động cơ để biết được chính xác điện áp và dòng điện của các cảm biến Hall được dùng. Đầu ra của các cảm biến Hall thường là loại open-collector, vì thế ,cần ó điện trở treo ở phía bô điều khiển nếu không có điện trở treo thì tín hiệu mà chứng ta có được không phải là tín hiệu xung vuông mà la tín hiệu nhiễu.

1.2.4. Bộ phận chuyển mạch điện tử (Electronic commutator)

Ở động cơ một chiều không chổi than vì dây quấn phần ứng được bố trí trên stator đứng yên nên bộ phận đổi chiều dễ dàng được thay thế bởi bộ đổi chiều điện tử sử dụng transitor công suất chuyển mạch theo vị trí roto.

Do trong cấu trúc của động cơ một chiều không chổi than cần có cảm biến vị trí rotor. Khi đó bộ đổi chiều điện tử có thể đảm bảo sự thay đổi chiều của dòng điện trong dây quấn phần ứng khi rotor quay giống như vành góp và chổi than của động cơ một chiều thông thường.

1.3. NGUYÊN LÍ HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ BLDC

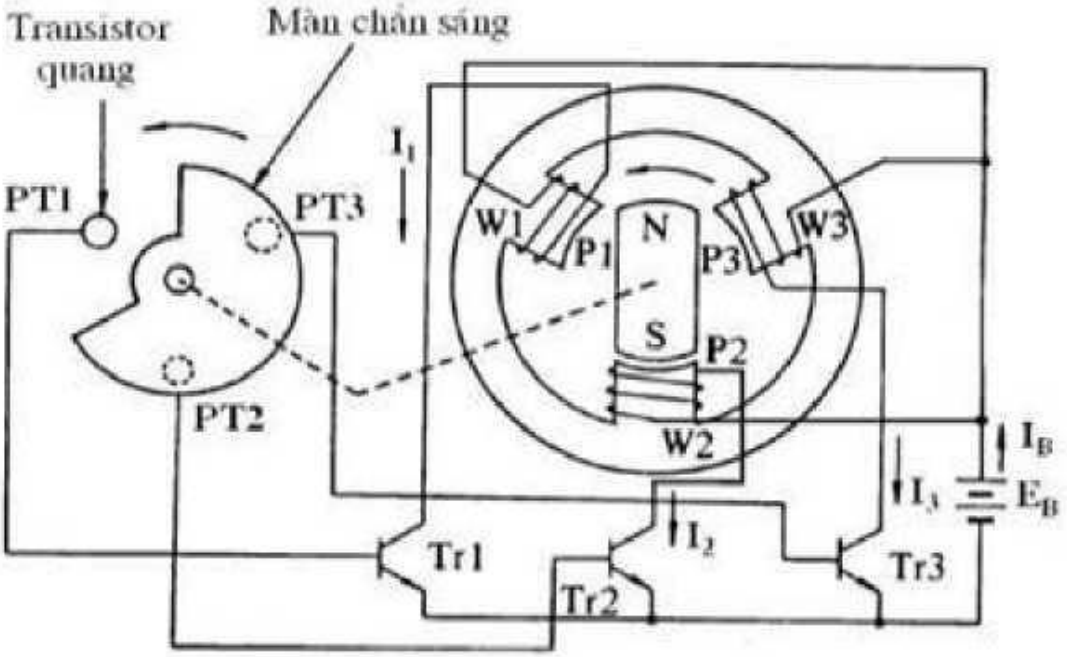


Hình 1.9: Sơ đồ cấp điện cho các cuộn dây stato

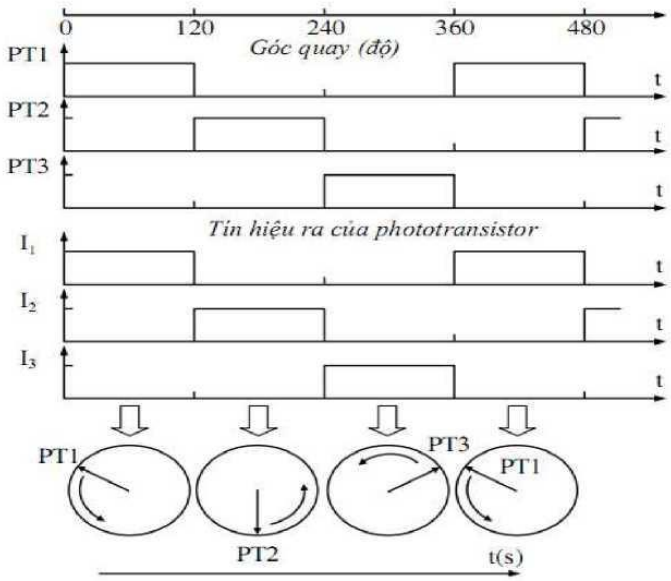
Để động cơ BLDC hoạt động thì cần biết được vị trí chính xác của roto để điều khiển quá trình đóng ngắt các khóa bán dẫn, cấp nguồn cho các cuộn dây stato theo trình tự hợp lí. Mỗi trạng thái chuyển mạch có một trong các cuộn dây (như pha A) được cấp điện dương (dòng đi vao trong cuộn dây pha A), cuộn dây thứ 2 (pha B) được cấp điện âm (dòng từ cuộn dây đi ra pha B) và cuộn thứ 3 (pha C) không cấp điện. Momen được sinh ra do tương tác giữa từ trường tạo ra bởi những cuộn dây của stato với nam châm vĩnh cửu. Một cách lí tưởng, momen lớn nhất xảy ra khi 2 từ trường lệch nhao 90° và giảm xuống khi chứng di chuyển. Để giữ động cơ quay, từ trường tạo ra bởi những cuộn dây stato phải quay "đồng bộ" với từ trường của roto một góc α.

1.4. CÁC HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN DÙNG ĐỘNG CƠ BLDC

1.4.1. Truyền động không đảo chiều (truyền động một cực tính)



Hình 1.10: Minh họa nguyên lí làm việc của BLDC truyên động một cực



Hình 1.11: Thứ tự chuyển mạch và chiều quay của từ trường stator

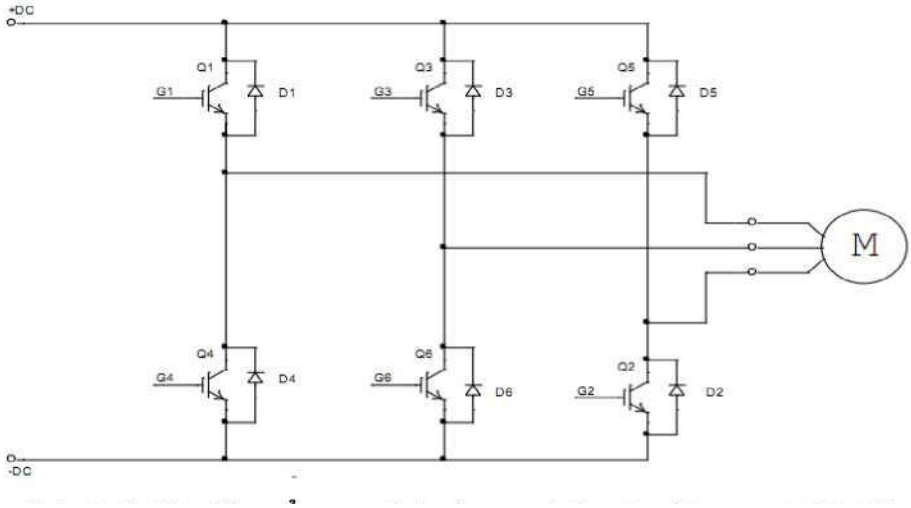
Hình 1.10 minh hoạ một động cơ BLDC ba pha đơn giản, động cơ này sử dụng cảm biến quang học làm bộ phận xác định vị trí rotor. Như biểu diễn trên hình 1.11, cực Bắc của rotor đang ở vị trí đối diện với cực lồi P2 của stator, phototransistor PT1 được chiếu sáng, do đó có tín hiệu đưa đến cực gốc (Base) của transistor Trl làm cho Trl mở. Ở trạng thái này, cực Nam được tạo thành ở cực lồi P1 bởi dòng điện li chảy qua cuộn dây W1 đã hút cực Bắc của rotor làm cho rotor chuyển động theo hướng mũi tên.

Khi cực Bắc của rotor di chuyển đến vị trí đối diện với cực lồi P1 của stator, lúc này màn chắn gắn trên trục động cơ sẽ che PT1 và PT2 được chiếu sáng, Tr2 mở, dòng 12 chảy qua Tr2. Khi dòng điện này chảy qua dây quấn W2 và tạo ra cực Nam trên cực lồi P2 thì cực Bắc của rotor sẽ quay theo chiều mũi tên đến vị trí đối diện với cực lồi P2. Ở thời điểm này, màn chắn sẽ che PT2 và phototransistor PT3 được chiếu sáng. Lúc này chiều của dòng điện có chiều từ W2 sang W3. Vì vậy, cực lồi P2 bị khử kích thích trong khi đó cực lồi P3 lại được kích hoạt và tạo thành cực lồi. Do đó, cực Bắc của rotor di chuyển từ P2 sang P3 mà không dừng lại. Bằng cách lặp lại các chuyển mạch như vậy theo thứ tự cho ở hình 1.11, rotor nam châm vĩnh cửu của động cơ sẽ quay theo chiều xác định một cách liên tục.

1.4.2. Truyền động có đảo chiều (truyền động hai cực tính)

Ở động cơ một chiều không chổi than, dây quấn phần ứng được quấn trên

stator là phần đứng yên nên có thể dễ dàng thay thế bộ chuyển mạch cơ khí (trong động cơ điện một chiều thông thường dùng chổi than) bằng bộ chuyển mạch điện tử dùng các bóng transistor công suất được điều khiển theo vị trí tương ứng của rotor.



***Hình 1.12*:** Chuyển mạch hai cực tính của động cơ BLDC

Về bản chất chuyển mạch hai cực tính là bộ nghịch lưu độc lập cới 6 van chuyển mạch được bố trí trên hình 1.12. Trong đó 6 chuyển mạch là các van công suất, đối với các loại động cơ công suất bé thì các van chuyển mạch có thể dùng van MOSFET còn các loại động cơ công suất lớn thì van chuyển mạch thường dùng van IGBT. Đe thực hiện dẫn dòng trong những khoảng mà van không dẫn thì các diode được mắc song song với các van. Để điều khiển các van bán dẫn của chuyển mạch điện tử, bộ điều khiển cần nhận tín hiệu từ cảm biến vị trí rôt để đảm bảo sự thay đổi chiều dòng điện trong dây quấn phần ứng khi rotor quay giống như vành góp chổi than của động cơ một chiều thông thường.

1.5. MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM VỀ ĐIỆN CỦA ĐỘNG CƠ BLDC.

1.5.1. Momen điện từ

Momen điện từ của động cơ BLDC được xác định giống như của động cơ DC có chổi than:

$$T_d = C_{Tdc}\ {}_f I_a = K_{Tcd} I_a \qquad (1\text{-}1)$$

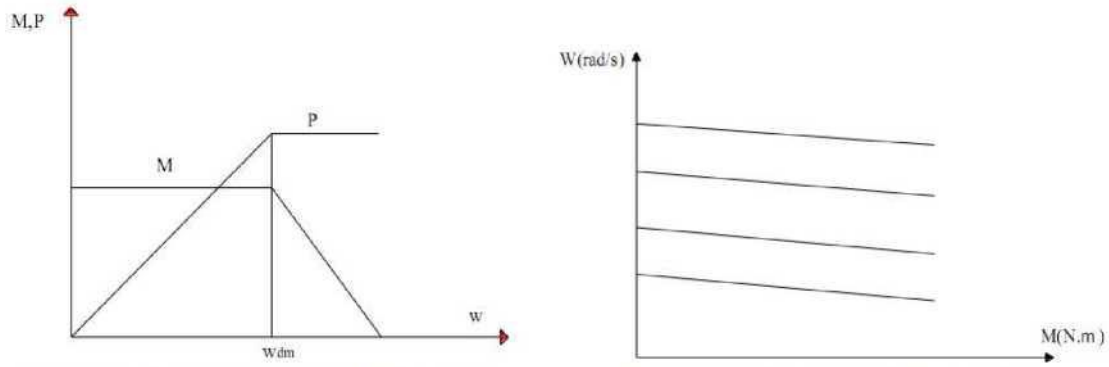
Trong đó :

C_{Tdc} Hằng số momen được xác định theo công thức:

$$C_{Tdc} = \frac{C(E_{dc})}{2\pi} \quad (1\text{-}2)$$

1.5.2. Đặc tính cơ và đặc tính làm việc của động cơ BLDC

Đặc tính cơ của động cơ BLDC giống đặc tính cơ của động cơ điện một chiều thông thường. Tức là mối quan hệ giữa momen và tốc độ là các đường tuyến tính nên rất thuận tiện trong quá trình điều khiển động cơ để truyền động cho các cơ cấu khác. Động cơ BLDC không dùng chổi than nên tốc độ có thể tăng lên do không có sự hạn chế đánh lửa. Vì vậy vùng điều chỉnh của động cơ BLDC có thể được mở rộng hơn.



a) Đặc tính làm việc của ĐCMCKCT *b) Đặc tính cơ của ĐCMCKCT*

Hình 1.13: Đường đặc tính cơ và đặc tính làm việc của động cơ BLDC

1.5.3. Sức phản điện động

Khi động cơ một chiều không chổi than quay, mỗi một cuộn dây tạo ra một điện áp gọi là sức phản điện động chống lại điện áp nguồn cấp cho cuộn dây đó theo luật Lenz. Chiều của sức phản điện động này ngược chiều với điện áp cấp. Sức phản điện động phụ thuộc chủ yếu vào 3 yếu tố: Vận tốc góc của rotor, từ trường sinh ra bởi nam châm vĩnh cửu của rotor và số vòng trong mỗi cuộn dây của stator.

$$EMF = E \approx nlrB.\ \omega \quad (1\text{-}3)$$

Trong đó: N là số vòng dây trên mỗi pha

l là chiều dài rotor

r là bán kính trong của rotor

B là mật độ từ trường rotor

ω là vận tốc góc của động cơ

Trong động cơ BLDC từ trường rotor và số vòng dây trên mỗi pha là chiều dài rotor là bán kính trong của rotor là mật độ từ trường rotor là vận tốc góc của động cơ Trong động cơ BLDC từ trường rotor và số vòng dây stator là các thông số không đổi. Chỉ có duy nhất một thông số ảnh hưởng đến sức phản điện động là vận tốc góc hay vận tốc của rotor và khi vận tốc tăng, sức phản điện động cũng tăng. Trong các tài liệu kỹ thuật của động cơ có đưa ra một thông số gọi là hằng số sức phản điện động có thể được sử dụng để ước lượng sức phản điện động ứng với tốc độ nhất định.

CHƯƠNG II.

Điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều không chổi than BLDC[1][2]

Hiện nay động cơ một chiều không chổi than (BLDC) được sử dụng khá rộng rãi trong công nghiệp cũng như trong đời sống. Động cơ không chổi than công suất nhỏ được dùng ở ổ cứng máy tính, đầu đĩa CD/DVD, quạt làm mát trong thiết bị điện tử, trong các công cụ điện không dây do hiệu suất của động cơ cao thời gian sử dụng pin dài hơn. Động cơ không chổi than công suất cao được dùng trong phương tiện giao thông và xe hybrid. Trong công nghiệp BLDC dùng cho kỹ thuật sản xuất hoặc thiết kế tự động công nghiệp được sử dụng cho điều khiển chuyển động, định vị hoặc hệ thống động cơ thực hiện, truyền động bơm, quạt và trục chính trong các ứng dụng điều chỉnh hoặc tốc độ thay đổi .

Một động cơ không chổi than điển hình có một nam châm vĩnh cửu quay xung quanh một phần ứng cố định, loại bỏ các vấn đề liên quan đến nối dòng điện với phần ứng quay. Hệ thống chổi than cổ góp được thay thế bằng bộ đảo chiều điện tử, cung cấp chuyển pha liên tục các cuộn dây để giữ cho động cơ quay. Việc phân phối năng lượng theo theo thời gian được thực hiện bởi một bộ điều khiển sử dụng mạch cứng. Ưu điểm của động cơ không chổi than là tỷ lệ mô-men trên trọng lượng lớn hơn động cơ một chiều cổ điển, độ tin cậy lớn, giảm tiếng ồn, tuổi thọ dài hơn, không có tia lửa, không ion hóa từ cổ góp, giảm tổng thể nhiễu điện từ. Vì không có cuộn dây trên rôto, chúng không phải chịu lực ly tâm và vì các cuộn dây được gắn vào stato chúng có thể được làm mát bằng cách dẫn, không cần luồng không khí bên trong động cơ để làm mát, do đó các bộ phận bên trong máy có thể được bao kín hoàn toàn để bảo vệ khỏi bụi bẩn, nước hoặc các vấn đề ngoài khác. Trong quá trình chuyển đổi điện thành công suất cơ học, động cơ không chổi than hiệu quả hơn động cơ có chổi than. Sự cải thiện này là do tốc độ của động cơ không chổi than được xác định bởi tần số tại đó dòng điện được chuyển mạch, không phải điện áp. Do không có chổi than, giảm tổn hao cơ học do ma sát

Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của động cơ BLDC đã trình bày ở chương 1, phần này trình bày về điều chỉnh tốc độ động cơ BLDC..

Để điều chỉnh tốc độ động cơ BLDC có những phương pháp sau:

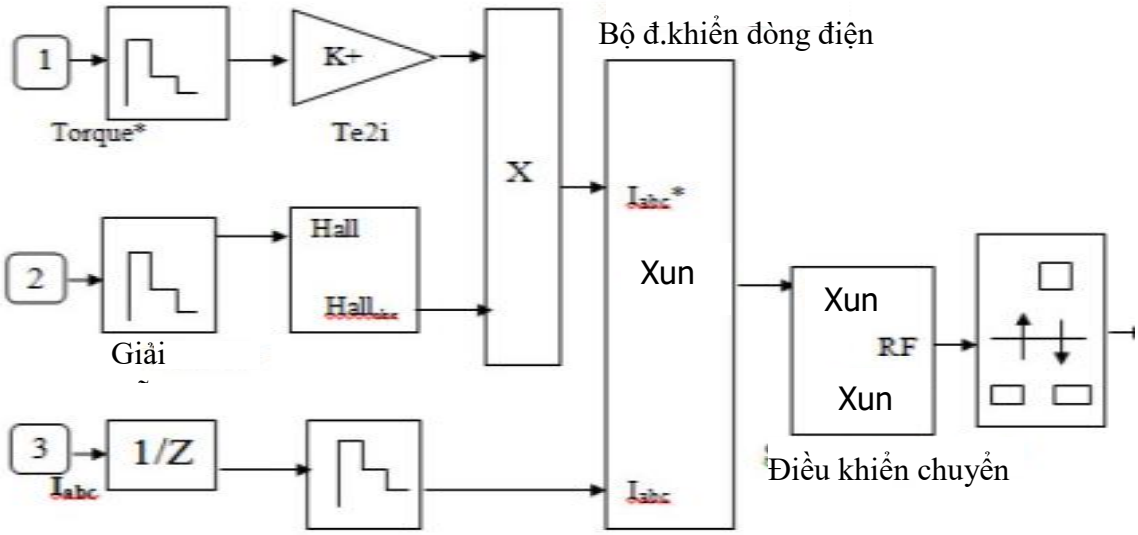
1. Phương pháp điều khiển có cảm biến
2. Phương pháp điều khiển không cảm biến
3. Phương pháp điều khiển số
4. Điều khiển tỷ lệ di chuyền.

2.1. Điều khiển dùng cảm biến.

Theo nguyên lý hoạt động của động cơ BLDC, để động cơ quay, các cuộn dây stato phải được cấp điện theo thứ tự. Thông tin về vị trí của ro to rất quan trọng để biết cuộn dây nào sẽ được kích từ. Để cung cấp vị trí rô to người ta dùng các cảm biến đó là:

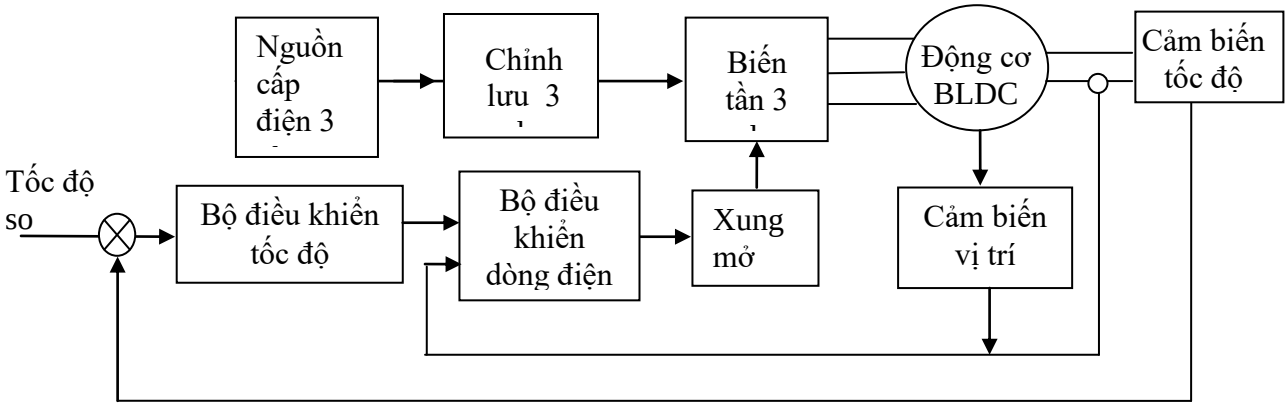
1. Cảm biến hiệu ứng Hall.
2. Cảm biến biến trở (VR)
3. Các cảm biến quang
4. Gia tốc kế đã được áp dụng rộng rãi để đo vị trí động cơ và tốc độ.

Trong các loại cảm biến trên, cảm biến Hall có giá rẻ được sử dụng thường xuyên. Các cảm biến này được nhúng vào stato. Nguyên tắc nối giữa động cơ không chổi than và các cảm biến cho ta hình dung một bộ giải mã góc điện từ mini dựa trên 3 cảm biến Hall. Một nam châm vĩnh cửu cố định ở cuối trục quay, cảm biến từ đặt bên dưới và nam châm tạo ra từ trường song song với bề mặt cảm biến. Bề mặt này tương ứng với hướng nhạy của cảm biến từ. Động cơ ba pha không chổi than cần ba tín hiệu với độ lệch pha 120 ° cho điều khiển, ba tín hiệu này nhận được từ 3 cảm biến H.2.1.



Hình 2.1. Sử dụng cảm biến hall để điều khiển động cơ BLDC[2]

Trên H.2.2 là sơ đồ khối hệ thống điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều không chổi than



Hình.2.2. Sơ đồ khối điều chỉnh tốc độ động cơ BLDC có

có cảm biến. Nguồn điện xoay chiều 3 pha qua cầu chỉnh lưu chuyển sang một chiều cấp

điện cho bộ biến tần.. Bộ biến tần cấp điện cho động cơ BLDC. Điều chỉnh tốc độ được

thực hiện bởi 2 vòng, vòng trong cùng là vòng điều chỉnh dòng điện, còn vòng ngoài cùng là vòng điều chỉnh tốc độ.Tốc độ thực được đo qua encoder đưa về so sánh với tốc độ đặt, nếu có sai số bộ điều tốc hoạt động điều khiển bộ điều chỉnh dòng điện . Lối vào bộ cảm biến vị trí có tín hiệu cảm biến vị trí và cả tín

hiệu tốc đô thực, tín hiệu ra của bộ điều chỉnh dòng điện dược đưa tới bộ tạo xung mở các van.

Tuy nhiên, việc sử dụng điều chỉnh tốc độ với cảm biến có nhiều nhược điểm. Cụ thể dùng cảm biến làm tăng chi phí của động cơ, cần dành chỗ ở cấu trúc cơ khí để gắn các cảm biến. Mặt khác, cảm biến Hall rất nhạy cảm với nhiệt độ và do đó hạn chế hoạt động của động cơ. Chúng có thể làm giảm độ tin cậy của hệ thống bởi vì các thành phần phụ và hệ thống dây điện nên phương pháp điều khiển có cảm biến không phải là lựa chọn cho các hệ thống truyền động điện có điều chỉnh tốc độ động cơ BLDC. Phương pháp đáng tin cậy được sử dụng trong môi trường khắc nghiệt, trong điều kiện giới hạn về không gian ,về thể tích và trọng lượng, đó là phương pháp điều chiển không cảm biến.

2.2. Điều khiển không cảm biến dùng sđđ cảm ứng của động cơ BLDC[9]

Điều khiển động cơ một chiều BLDC không cảm biến thường xuyên được sử dụng trong các hệ truyền động với động cơ này. Có nhiều chiến lược điều khiển không cảm biến, nhưng phổ biến nhất là điều khiển dựa vào sức phản động động của động cơ. Về nguyên tắc có ba cách sử dụng sđđ:

1) Phát hiện điểm cắt zero của sđđ;

2) Tích hợp sđđ từ giao điểm 0 của nó rồi so sánh kết quả tích hợp với một điện áp tham chiếu;

3) Tích hợp sđđ và sử dụng vòng lặp khóa pha (PLL) để duy trì kết quả tích hợp bằng không.

Ngoài 3 phương pháp chính trên người ta còn sử dụng pha của sđđ hoặc sóng hài bậc 3 của sđđ để điều khiển không cảm biến, trong khi pha sđđ thường được trích từ điện áp ở cực nối dây của cuộn dây pha không tải (để hở).

Dưới đây trình bày phương pháp sử dụng sđđ cảm ứng của động cơ để điều khiển không cảm biến động cơ BLDC..

2.2.1. Định nghĩa sức phản điện động (sđđ cảm ứng)

Khi động cơ BLDC quay, mỗi cuộn dây tạo cảm ứng một sđđ gọi là sức phản điện động, chống lại điện áp cung cấp cho các cuộn dây theo định luật Lenz. Cực tính của Sđđ này có chiều chống lại điện áp cấp cho cuộn dây. Giá trị

của nó phụ thuộc vào từ trường của máy, của tốc độ rô to và số vòng dây của mỗi cuộn dây có thể biểu diễn bởi:

$$E=NlrB\omega \quad (4.17)$$

Trong đó N-số vòng dây trên trên một pha, l=độ dài rô to, r-đường kính trong rô to, B-độ cảm ứng từ, ω –tốc đô góc của động cơ.

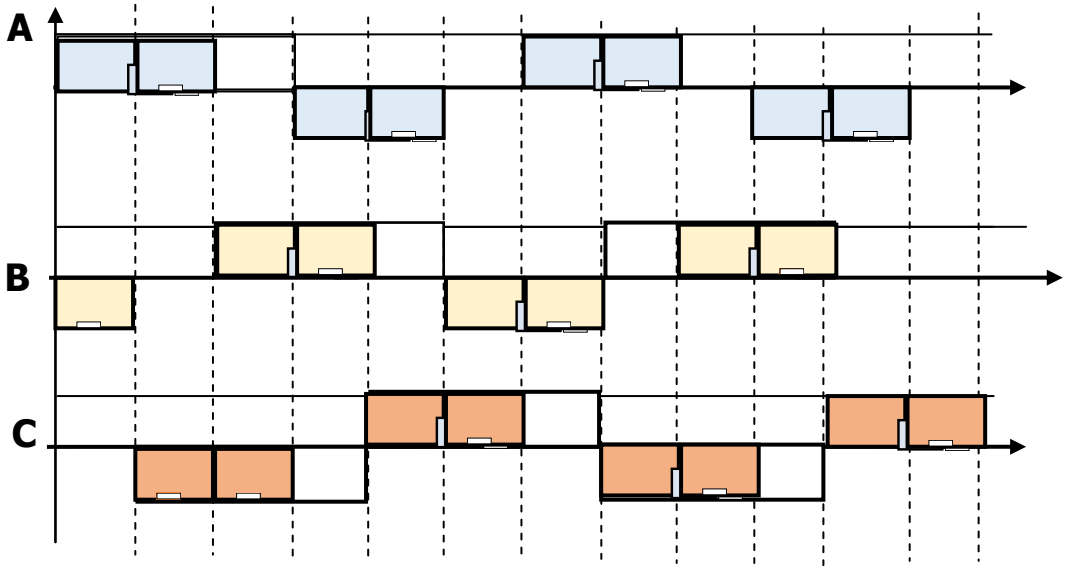
Khi động cơ được thiết kế, từ trường rôto và số lượng cuộn dây stato không đổi. Yếu tố duy nhất chi phối sđđ là tốc độ của rôto khi tốc độ thay đổi. Điện áp trên cực đấu dây của máy xác định bằng hiệu của điện áp cung cấp và sđđ này

Các động cơ được thiết kế với hằng số sđđ để sao cho khi động cơ đang chạy ở tốc độ định mức, thì hiệu sđđ và điện áp cung cấp sẽ đủ để động cơ chạy dòng điện định mức và cung cấp mô-men định mức. Nếu tốc độ động cơ lớn vượt ra ngoài tốc độ định mức, sđđ tăng đáng kể, do đó làm giảm hiệu số giữa điện áp cung cấp và sđđ cảm ứng, làm giảm dòng điện làm giảm mô-men. Điểm cuối cùng trên đường cong tốc độ là khi điện áp cung cấp bằng tổng sđđ, tổn hao ở động cơ bỏ qua trên trục động cơ không có mô men cản(tốc độ không tải).

2.2.2. Phát hiện sđđ của động cơ BLDC không dùng cảm biến[9].

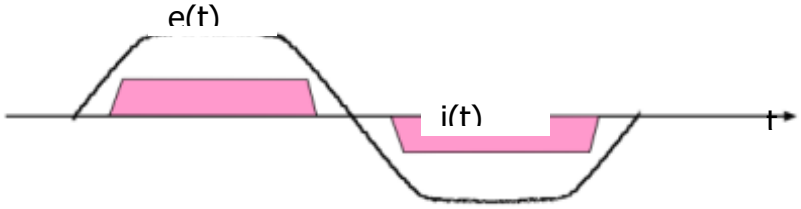
a). Phương pháp cổ điển

Đối với động cơ 3 pha BLDC thông thường người ta thực hiện điều khiển với chế độ dẫn 120^0 được chia thành 6 khoảng. Ở bất kỳ thời điểm nào cũng chỉ có 2 pha được cấp điện, Ví dụ khi pha A và B dẫn điện thì pha C để hở không được cung cấp điện. Khoảng dẫn 60^0 điện được gọi là một bước, sự chuyển từ bước này sang bước khác gọi là chuyển mạch, như vậy có 6 bước trong một chu kỳ. trên H.2.3 biểu diễn khoảng dẫn của từng pha của động cơ 3 pha BLDC. Từ hình vẽ thấy bước thứ nhất là AB, sau đó là đến AC đến BC đến AB và sau đó nó lặp lại quá trình này.



Hình 2.3. Khoảng dẫn của từng cuộn dây động cơ BLDC 3 pha

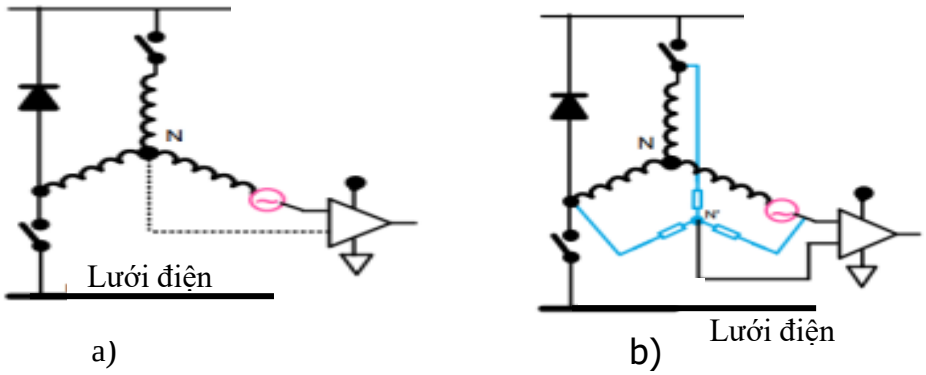
Dòng điện được chuyên mạch theo phương pháp này sẽ trùng pha với sđđ để nhận được điều khiển tối ưu mô men hoặc dòng điện cực đại. Thời gian chuyển mạch được xác định bởi vị trí rô to. Vì dạng của sđđ chỉ ra vị trí rô to nên có thể phát hiện thời gian chuyển mạch nếu ta biết được sđđ do dòng điên pha trùng pha với sđđ (H.2.4).



Hình 2.4. Dòng điện trùng pha với sđđ cảm vứng ở động cơ BLDC

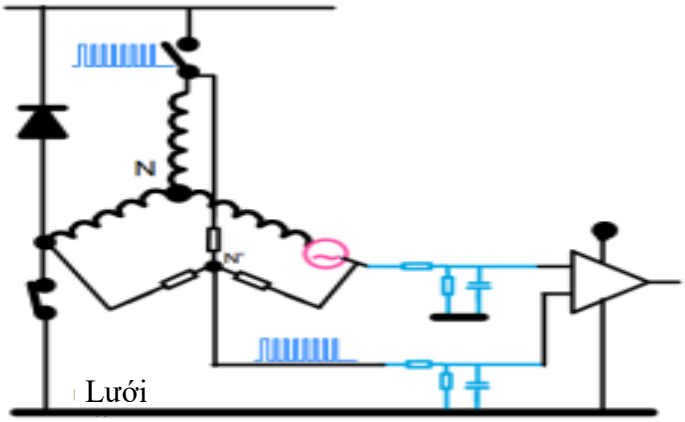
Nếu như điểm zero của sđđ có thể đo được ta sẽ biết khi nào phải đảo chiều dòng điện. Vì tại một thời điểm nhất định chỉ có 2 pha dẫn dòng điện còn pha thứ 3 hở, điều này mở ra cửa sổ để xác định điểm zero của sđđ trong pha không dẫn điện. Sơ đồ phát hiện điểm zero của sđđ cho ở hình 2.5, với sơ đồ này đo được điện áp trên cực đấu dây của cuộn hở và cần phải có điểm zero của động cơ. Đem so sánh điện áp trên cực máy với điểm zero cuả động cơ ta sẽ nhận được điểm vượt zero của sđđ. Nếu các cuộn dây của động cơ không nối

sao, ta không có được điểm không của điện áp, lúc này phải tạo điểm zero ảo. Điểm zero ảo được xây dựng bằng các điện trở như hình 2.5 (b). Tuy nhiên sơ đồ này có nhược điểm.



Hình.2.5. Sơ đo phát hiện điểm vượt zero của sđđ với điểm zero của động cơ (a) và với điểm zero ảo (b)

Do động cơ được cấp điện bằng điện áp điều biên theo kỹ thuật PWM, điểm trung tính không phải là điểm dừng. Điện thế của điểm này nhảy lên nhảy xuống. Nó tạo ra điện áp rất cao ở chế độ chung và nhiễu tần số cao. Vì vậy, cần bộ chia điện áp và bộ lọc thông thấp để giảm điện áp chế độ chung và giảm nhiễu tần số cao, giải pháp cho ở h.2.6. Ví dụ, nếu điện áp một chiều là 300 V, điện thế của điểm trung tính có thể thay đổi từ 0 đến 300 V mà điện áp của bộ so sánh thường khoảng 5V do đó ta phải dùng bộ chia điện áp để giảm điện áp chế độ chung cấp cho bộ so sánh.



Hình.2.6. Sử dụng không cảm biến bằng đo sđđ của động cơ với điểm zero

Do sử dụng bộ chia điện áp sẽ làm giảm độ nhạy tín hiệu ở tốc độ thấp, đặc biệt là khi khởi động. Mặt khác, sử dụng bộ lọc thông thấp sẽ gây ra độ trễ cố định phụ thuộc vào tốc độ rôto. Khi tốc độ rô to tăng, sẽ làm tổng độ trễ tăng. Sự chậm trễ này sẽ xáo trộn sự liên kết dòng điện với sđđ, sẽ gây ra vấn đề nghiêm trọng cho việc đảo chiều dòng điện ở tốc độ cao. Vì thế phương pháp này thường chỉ làm việc ở phạm vi tốc độ hẹp. Đã có một số mạch được tích hợp, cho phép động cơ BLDC hoạt động không cảm biến dựa trên sơ đồ được mô tả ở trên.

Vị trí rô to còn có thể xác định dựa trên thành phần sóng bậc 3 của điện áp. Tuy nhiên pbương pháp có nhược điểm vì biên độ sóng bậc 3 khi tốc độ nhỏ tương đối thấp. ngoài các phương pháp kể trên vị trí rô to cũng có thể xác định căn cứ vào dòng chảy qua diod tự do ở pha không kích từ, nhưng phương pháp này hoạt động thiếu chính xác ở tốc độ thấp

b. Phương pháp mới phát hiện trực tiếp sđđ của động cơ

Như đã mô tả ở trên nhiễu điểm trung tính của động cơ gây ra những vấn đề khi sử dụng điều chỉnh động cơ BLDC không dùng cảm biến. Vì thế những phương pháp điều khiển không cảm biến của động cơ BLDC sử dụng sđđ cố gắng tránh sử dụng điểm trung tính điện áp . Nếu kỹ thuật điều biên được lựa chọn phù hợp, sđđ được so sánh với đất có thể triết xuất trực tiếp từ điện áp ở cực đấu dây của động cơ.

Khi động cơ BLDC hoạt động tại bất kỳ thời gian nào cũng chỉ có 2 pha được cấp điện. Tín hiệu điều khiển PWM có thể được bố trí cấp theo 3 cách sau:

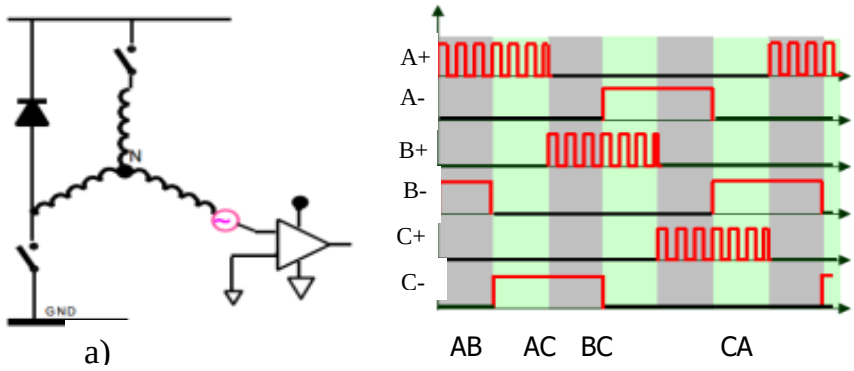
-Tín hiệu PWM chỉ cấp cho các van nằm ở nửa trên của cầu bộ biến đổi, các van ở phía dưới mở trong cả bước.

-Tín hiệu PWM chỉ cấp cho các van nằm ở nửa dưới của cầu bộ biến đổi, các van ở nửa trên dẫn trong cả bước.

-Ở cả phía trên và phía dưới các van dược đóng ngắt cùng nhau.

Trên hình 2.7a là sơ đồ phát hiện sđđ của động cơ còn hình 2.7b là sơ đồ phát xung cho các pha. Từ sơ đồ 2.7b nhận thấy tín hiệu PWM chỉ được cấp cho van phía trên và tín hiệu sđđ được nhận dạng khi PWM được ngắt. Sự khác

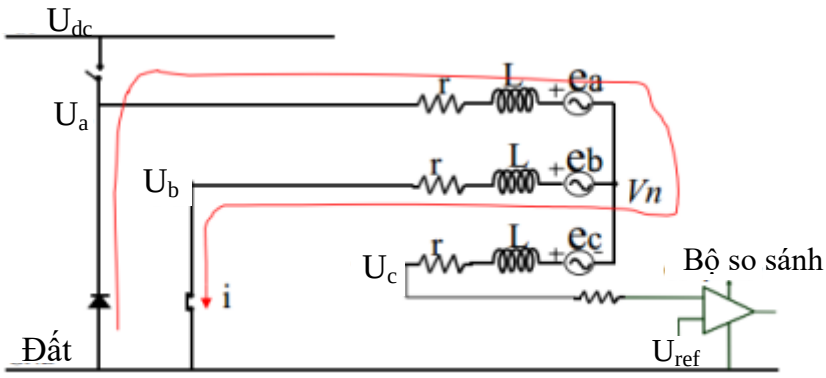
nhau giữa H.2.7a và H.2.5a là điện áp trung tính của động cơ không liên quan đến tín hiệu xử lý ở hình.2.7. Trên hình vẽ là trường hợp khi giả thiết ở bước này pha A và pha B dẫn điện pha C hở.



a)

Hình.2.7.(a) Sơ đồ phát hiện sđđ của động cơ không dùng điểm trung tính của điện áp ; (b) Biểu đồ cấp xung PWM.

Các van ở nửa trên của pha A được điều khiển bởi PWM còn các van ở nửa dưới của pha B được mở trong toàn bộ bước (không được điều khiển bởi PWM).



Hình.2.8.Mô hình mạch điện xác định sđđ khi ngắt tín hiệu

Khi các van ở phía trên của pha A được mở, dòng điện chạy qua các van tới cuộn dây A và B. Còn khi các van nửa trên của cầu ngắt dòng, điện tự do chạy qua các diod mắc song song các van ở nửa dưới của pha A. Trong chu kỳ các diod tự do dẫn điện điện áp U_C chính là sđđ của pha C vì nó hở không có dòng điện chạy. Lúc này có $U_C=E_C+U_n$ trong đó U_c-điện áp trên cực đấu dây pha C, E_C là sđđ còn U_n là điện áp trung tính của động cơ.

Khi bỏ qua độ sụt áp trên các van khi dẫn điện, theo định luật Kiêc xốp 2 ta có phương trình sau đây cho pha A:

$$U_n = 0 - ri - L\frac{di}{dt} - e_a \quad (4.18)$$

Cò ở pha B có phương trình sau:

$$U_n = ri + L\frac{di}{dt} - e_b \quad (4.19)$$

Cộng (4.18) với và (4.19) nhận được:

$$U_n = -\frac{e_a+e_b}{2} \quad (4.20)$$

Giả thiết rằng hệ thống 3 pha cân bằng và nếu bỏ qua sóng bậc 3 nhận được:

$$e_a + e_b + e_c = 0 \quad (4.21)$$

Còn nếu không bỏ qua sóng bậc 3 ta có:

$$e_a + e_b + e_c = e_3 \quad (4.22)$$

Ở đây e_3 là sóng bậc 3

Ta xem xét trường hợp bỏ qu sóng hài bậc 3 từ (4.20) và (4.21) có:

$$U_n = \frac{e_c}{2} \quad (4.23)$$

Vậy điện áp trên cực đấu dây của cuộn C (U_c) sẽ là:

$$U_c = e_c + U_n = \frac{3}{2}e_c \quad (4.24)$$

Từ các biểu thức trên thấy rằng khi ngắt PWM trong thời gian đó dòng điện chạy qua diod tự do hay gọi là chu kỳ diod tự do, điện áp của pha hở tỷ lệ trực tiếp tới sđđ, điện áp không chứa một nhiễu đóng ngắt nào. Một điều quan trọng nữa nhận thấy rằng điện áp trên cực đấu dây được so với đất thay vì so với điểm zero trôi nổi. Như vậy thông tin điện áp vượt qua điểm zero sẽ không còn cần thiết để phát hiện sđđ vượt qua điểm zero và chúng ta cũng không còn lo lắng về điện áp chế độ chung. Vì rằng giá trị thực của sđđ được trích xuất từ điện áp cực đấu dây của động cơ thì điểm vượt qua không của sđđ có thể nhận được rất chính xác.Nếu chúng ta có chú ý tới sóng hài bậc 3 thì từ (4.20) và (4.22) ta có:

$$U_n = \frac{e_c}{2} - \frac{e_3}{2} \quad (4.29)$$

Vậy điện áp đầu cực Uc sẽ là:

$$U_c = e_c + v_n = 3\frac{e_c}{2} - \frac{e_3}{2} \quad (4.30)$$

Vì vậy điện áp ở cực nối dây chứa sóng hài bậc 3.Tuy nhiên vì điểm

vượt qua không của sóng cơ bản trùng pha với điểm zero của sóng bậc 3 do đó ta không lo điểm zero của sóng bậc 3 sẽ tác động lên điểm zero của sóng bậc 1.

Người ta đã thực hiện một thí nghiệm để chỉ ra mối quan hệ giữa sóng cơ bản và sóng bậc 3 cho 2 động cơ A và động cơ B.Trên hình 4.33 là dạng sóng bậc 1 và bậc 3 của độngcơ A còn H.4.34 của động cơ B. Có sự khác nhau về hình dạng của 2 động cơ này. Tuy nhiên điểm vượt không của sóng bậc 3 và bậc 1 của 2 động cơ này là giống nhau điều đó có nghĩa là sóng bậc 3 không tác động lên điểm vượt không của sóng bậc một. Đối với động cơ B có xảy ra sự mất cân bằng tí chút. Ngay cả với điều kiện đó điểm vượt zero của sóng cơ bản và sóng bậc ba vần trùng nhau rất tốt.

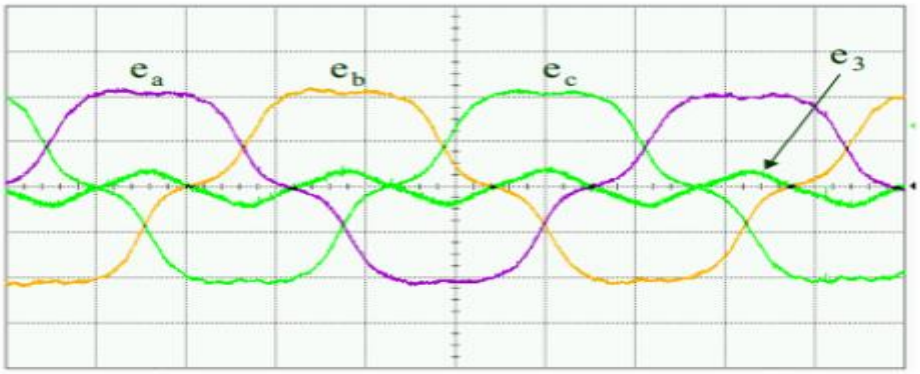
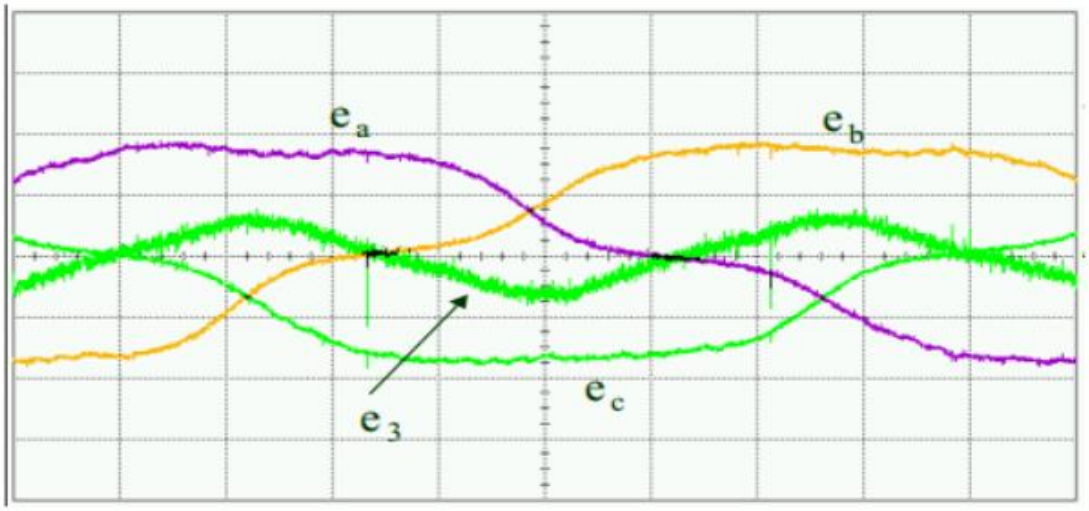


Fig. 3.7 Fu ***Hình.2.9***. Sóng bậc 1 và bậc 3 của sđđ của động cơ or motor A



Hình.2.10. Sóng bậc 1 và bậc 3 của sđđ của động cơ

Những ưu điểm của phương pháp mới phát hiện sđđ của động cơ so với các phương pháp cổ điển như sau:

-Có độ nhạy cao, vì không dùng bộ chia điện áp, điều này không gây sụt giảm điện áp,

-Kết quả rất tốt ở tốc độ thấp

-Nhiễu chuyển mạch tần số cao không xuất hiện vì sđđ được trích mẫu trong thời gian ngắt PWM

-Việc lấy mẫu đồng bộ dễ dàng nhận được khi bỏ qua nhiễu chuyển mạch

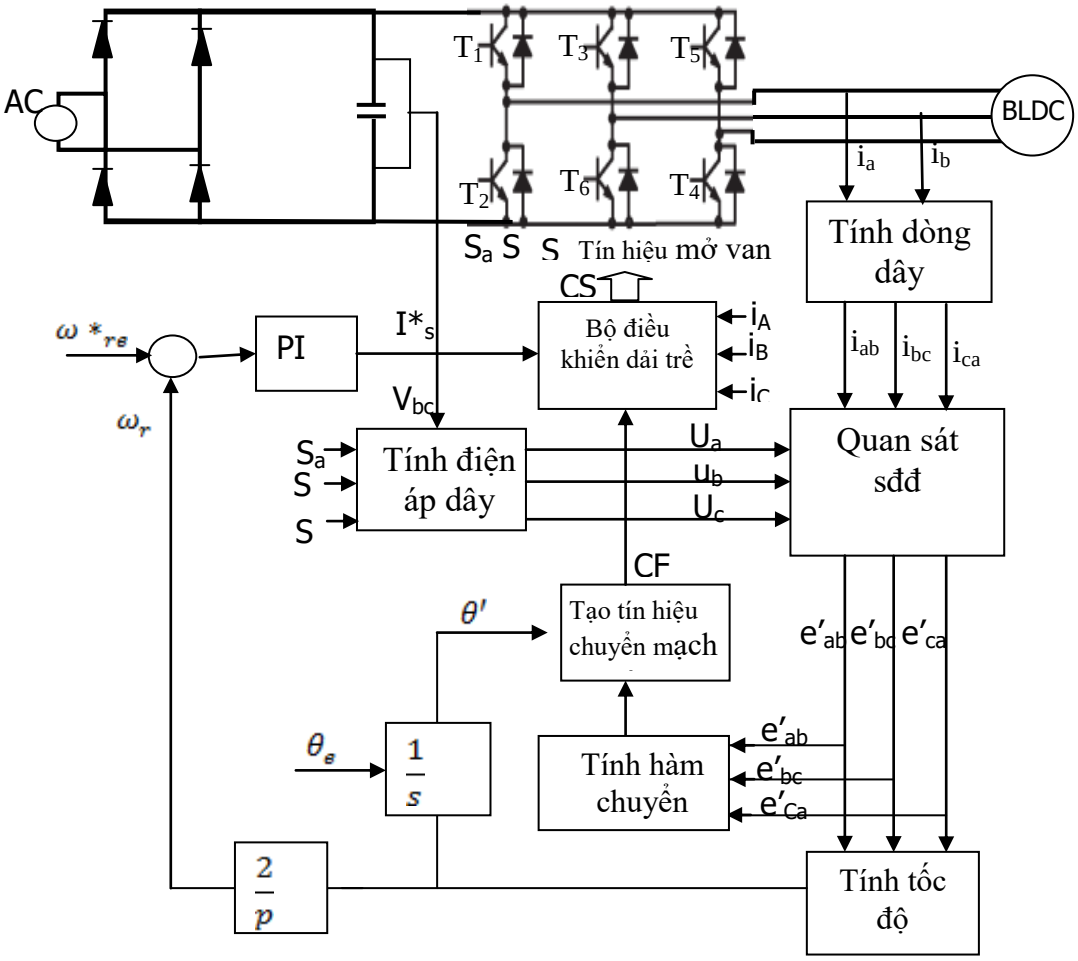
-Do Sđđ được so sánh với đất nên điện áp ở chế độ chung có giá trị rất nhỏ

-Vì kết quả đo là giá trị tức thời, không cần lọc trong mạch, nên hệ thống hoạt động tốt ở tốc độ cao.

-Kỹ thuật cảm biến này có thể dễ dàng sử dụng cho hệ thống điện áp cao hoặc điện áp thấp không cần phải chia điện áp

-Có khả năng khởi dộng nhanh động cơ vì việc phát hiện điểm vượt zero của sđđ không có sự suy giảm nào.

Trên hình 2.11 biểu diễn sơ đồ khối của hệ thống truyền động động cơ BLDC điều chỉnh tốc độ không dùng cảm biến Hall, dùng phương pháp nhận dạng sđđ. Trong hệ thống có 2 vòng điều khiển, vòng trong cùng là vòng điều khiển dòng điện, vòng ngoài là vòng điều khiển tốc độ. Các khối chính được thể hiện trên sơ đồ.



Hình.2.11. Hệ thống TĐĐ động cơ BLDC không cảm

Điều chỉnh dòng điện dùng bộ điều chỉnh dải trễ, còn điều chỉnh tốc độ dùng bộ điều chỉnh PI.

2.2.3. Điều chỉnh dòng điện .

Việc điều chỉnh dòng điện trong hệ thống điều chỉnh tốc độ động cơ BLDC có thể sử dụng bộ điều khiển PI hoặc điều khiển dải trễ.

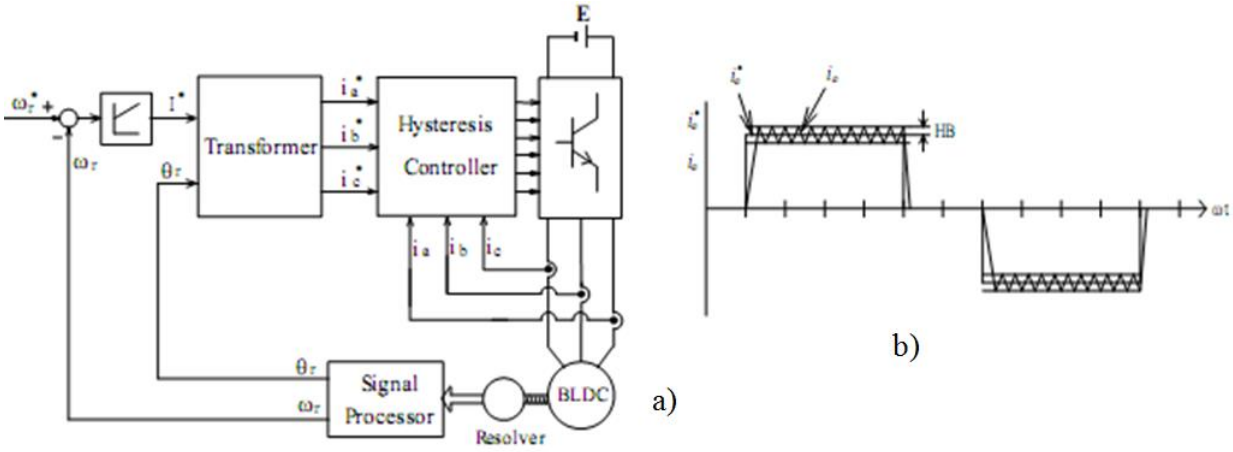
a).Sử dụng bộ điều khiển PI. Dòng I so sánh tính theo biểu thức:

$$I^* = (K_P + \frac{K_I}{s})(\omega_r^* - \omega_r) = K_p(1 + \frac{1}{T_i s})(\omega_r^* - \omega_r) \qquad (4.31)$$

Trong đó K_p và K_I là hệ số khuyếch đại bộ điều chỉnh, ω^*_r là tốc độ đặt của rô to còn ω_r là tốc độ thực đo được trên trục động cơ. Căn cứ vào động cơ trong hệ thống áp dụng phương pháp Nichol-Zigles ta có thể chọn các thông số của bộ điều chỉnh (K_p,T_i..)

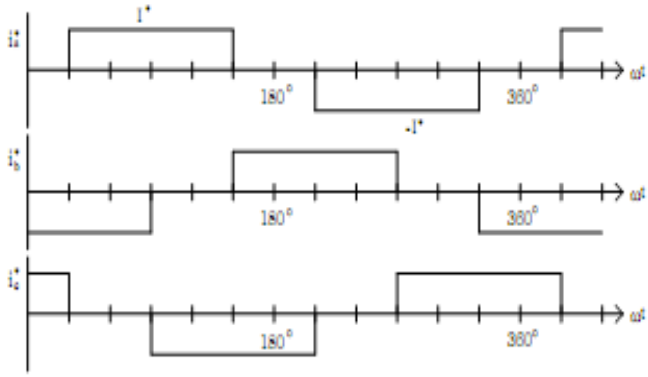
b) Dùng bộ điều chỉnh dải trễ.

Trên hình 2.12 là hệ thống truyền động dùng động cơ BLDC trong đó có 2 vòng điều khiển, vòng trong là vòng điều khiển dòng điện dùng bộ điều chỉnh dải trễ, vòng điều chỉnh tốc độ dùng bộ điều chỉnh PID.



Hình 2.12: Sơ đồ nguyên lý vòng điều khiển dải trễ (a), đặc tính bộ điều chỉnh dải trễ (b)

Hoạt động của hệ thống như sau: Tốc độ động cơ được đo bằng cảm biến tốc độ hoặc vị, được đưa vào khâu xử lý. Tín hiệu ra của khâu xử lý gồm tốc độ và góc quay rô to. Tốc độ quay rô to được đưa về so sánh với tốc độ đặt, còn vị trí góc đưa vào biến áp. Sai số của tốc độ đặt và tốc độ thực được xử lý ở bộ điều khiển PI, tín hiệu ra của PI đưa vào biến áp cùng góc quay θ_r, tín hiệu ra của biến áp là các dòng so sánh i_a*, i_b* và i_c*. Ba tín hiệu này đưa vào bộ điều chỉnh dải trễ cùng với 3 dòng đo được từ các pha của động cơ. Hiệu $\Delta=i^*_a-i_a$ phải được điều khiển nằm trong phạm vi dải trễ BH cho trước. Dòng điều khiển phải nằm trong dải này. Dạng 3 dòng đặt i^*_a, i^*_b, và i^*_c cho ở hình 4.37.



Hình 2.13: Dạng 3 dòng so sánh đưa vào bộ điều chỉnh dải trễ

2.2.5. Điều chỉnh tốc độ động cơ BLDC[10]

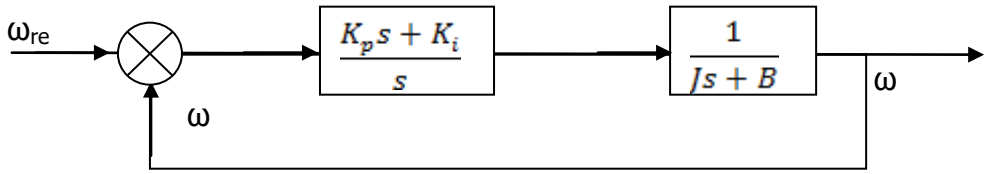
a) Dùng bộ điều khiển PI..

Hàm truyền của bộ điều chỉnh Pi có dạng:

$G_R(s)= K_p+K_i/s$ (4.32)

Trong đó G(s) là hàm truyền của bộ điều chỉnh, K_p là hệ số khuyếchs đại, K_i-hệ số tích phân, việc lựa chọn các hệ só này dựa vào phương pháp Nichols-Zigles

Thông thường với các hệ thống truyền động điện cụ thể cho trước yêu cầu về độ quá điều chỉnh và thời gian thực hiện. Các tham số PI được chọn sao cho để các cực nằm ở vị trí mong muốn trên mặt phẳng pha. Trong điều kiện không tải, hàm truyền vòng kín hệ thống được đưa ra bởi công thức sau:



Hình 2.14. Vòng điều khiển tốc độ động cơ BLDC dùng bộ điều khiển

$G_z(s) =(K_ps+K_i)/J/s^2+(B+K_p/J)s+K_i/J$

Ở đây $G_z(s)$ là hàm truyền của hệ kín và K_p . K_i -là tham số bộ điều chỉnh PI, J-mô men quán tính còn B-hệ số ma sát.

Việc chọn Kp-, Ki dựa vào các tiêu chuẩn của lý thuyết điều khiển hoặc theo phương pháp Nichol-Zigler.

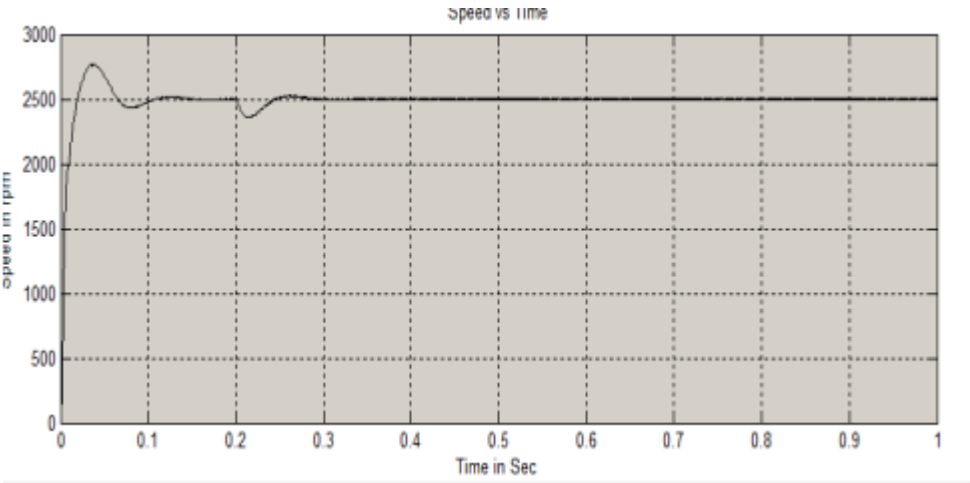
b) Sử dụng lo gic mờ

Bộ điều khiển lo gic mờ có 3 bộ phận: mờ hóa, luật và suy luận mờ, giải mờ. Tín hiệu đầu vào là sai số tốc độ (e) và sai số gia tốc e'. Sai số tốc độ là hiệu tốc độ đặt (ω_{ref}) với tốc độ thực tế (ω). Hàm liên thuộc của e và e' được chọn dạng tam giác do đơn giản cho tính toán và hiệu quả cao. Hàm liên thuộc cho tín hiệu ra chọn hàm singlinton như mục 4.3.2, dựa vào ký hiệu ở mục này, cũng có 49 luật như bảng 4.3 . thông số động cơ mô phỏng cho ở bảng 4.5

Bảng 2.1. các thông số kỹ thuật của động cơ

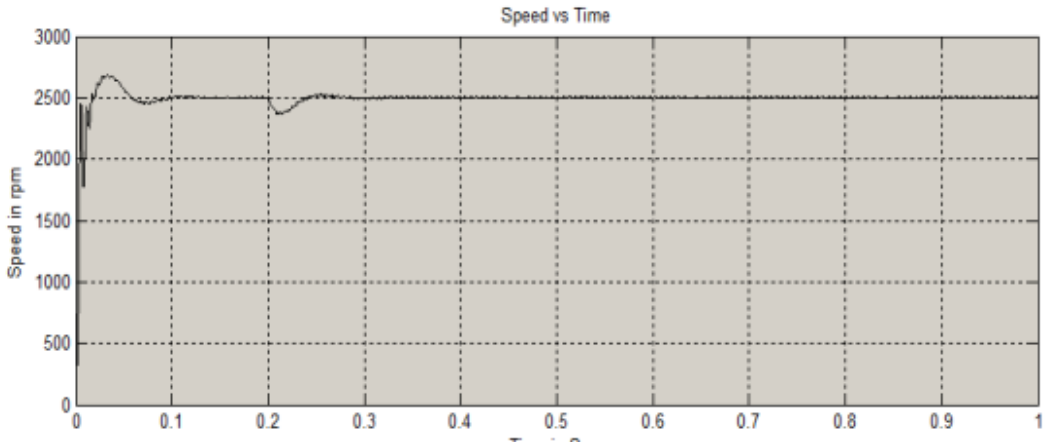
Các tham số của động cơ	Chỉ số kỹ thuật
Số đôi cực p	4
Điện áp cung cấp V_{dc}	12V
Điện trở cuộn dây phần ứng R	1Ω
Độ tự cảm L	20mH
Quán tính động cơ	0,005kgm^2
Hệ số sđđ K_e	0,763[V/rad]
Hệ số mô men K_t	

Thực hiện mô phỏng trên Matlab, kết quả cho ở Hình 2.15



Hình 2.15. Kết quả mô phỏng khi điều khiển động cơ bằng mờ

Nhằm so sánh kết quả sử dụng bộ điều chỉnh mờ, thực hiện mô phỏng thêm trường hợp hệ thống điều khiển bằng bộ PID, kết qủa cho ở hình 2.16.



Hình 2.16. kết quả mô phỏng khi điều khiển bằng PID

Từ hai kết quả trên thực hiện so sánh với các tiêu chí sau: Tăng Thời gian (tt), độ quá điều chỉnh (Mp), Thời gian đặt (ts), sai số ổn định (ess) và ổn định.

Két quả so sánh cho ở bảng 4.6.

Thời gian tăng PID chậm hơn mờ, Thời gian thực hiện PID lớn hơn Mờ, độ quá điều chỉnh PID là 8,4% còn mờ 6,1%, trạng thái sai số ổn định PID là 5% còn mờ 4%, ổn định PID ổn định, còn nờ ổn dịnh vừa phải.

Như vậy hệ thống điều khiển sử dụng bộ điều khiển mờ vượt trội hơn bộ điều khiển PID thông thường..

Bảng 2.2. Kết quả so sánh tĩnh chất điều khiển của bộ điều chỉnh PID và Mờ

Tham số kiểm tra	Bộ điều khiển PID	Bộ điều khiển mờ
Thời gian tawng9tr)	1,8ms	1,1ms
Thời gian thực hiện t_s	1,4s	0.9s
Quá điều chỉnh (M_p)	8,4%	6,1%
Sai sô trạng thái ổn định	5%	
Ổn định	Tốt hơn	Chấp nhận được

2.3. Kết luận:

Trong chương đã trình bầy về điều khiển động cơ một chiều có cổ góp và động cơ một chiều khiien có cổ góp.

Động cơ một chiều có cổ góp do nhược điểm ví có tia lửa , cấu tạo phức tạp, chế tạo đắt tiền, thường xuyên phải bảo dưỡng, hiệu suất không cao nên càng ngày càng bị loại khỏi sử dụng ở các hệ truyền động có yêu cầu cao. Ngày nay động cơ BLDC do không có cổ góp, chuyển mạch bằng điện tử đã loại bỏ được những nhược điểm của động cơ một chiều có cổ

góp ngày nay đang được nghiên cứu áp dụng vào nhiều lĩnh vực mà trước hết trong ô tô điện. Trong điều khiển động cơ BLDC có điều khiển với cảm biến và điều khiển không cảm biến. những kiến thức cung cấp trong chương mang tính khái quát, đặc trưng, nếu đọc giả muốn đi sâu cần tìm hiểu thêm trong các tài liệu tham khảo về động cơ BLDC.

CHƯƠNG III: ĐIỀU KHIỂN VECTOR KHÔNG CẢM BIẾN ĐỘNG CƠ BLDC DÙNG BỘ LỌC KALMAN

I. Giới thiệu

Trong những xu hướng gần đây động cơ nam châm vĩnh cửu được sử dụng rộng rãi trong xe điện (EV), đặc biệt động cơ BLDC là động cơ được sử dụng nhiều nhất do nhiều yếu tố có lợi của nó. Động cơ BLDC cũng có ứng dụng trong Robot, hàng không vũ trụ, công nghiệp, ô tô và nhiều ứng dụng khác. Do dễ kiểm soát tốc độ và có dải tốc độ rộng, động cơ DC thông thường được sử dụng trong xe điện nhưng có vấn đề với chổi than như xói mòn điện và ma sát. Do đó, có một tùy chọn để chuyển sang động cơ DC không chổi than ít bảo trì, chuyển mạch điện tử, dải tốc độ rộng, mô-men xoắn cao và hiệu suất cao, v.v.

Bộ điều khiển PID thông thường cung cấp phương pháp thông thường để điều khiển tốc độ của động cơ BLDC có đặc tính phi tuyến tính. Chúng ta có thể triển khai bộ điều khiển PID với các thuật toán đơn giản và nó mạnh mẽ và có thể được sử dụng khi chúng ta yêu cầu điều khiển về độ ổn định. Cần phải có kiến thức chuyên môn để điều chỉnh lợi ích của bộ điều khiển PID cho việc điều khiển hệ thống nhằm đạt được hiệu suất tốt hơn. Mặt khác, việc mô hình hóa động cơ BLDC và lựa chọn kỹ thuật điều khiển là rất khó khăn và đóng vai trò quan trọng trong quá trình điều khiển tốc độ.

Mô hình toán học chính xác của hệ thống không cần thiết để thực hiện logic mờ và độ lợi bộ điều khiển PID có thể được điều chỉnh theo yêu cầu.

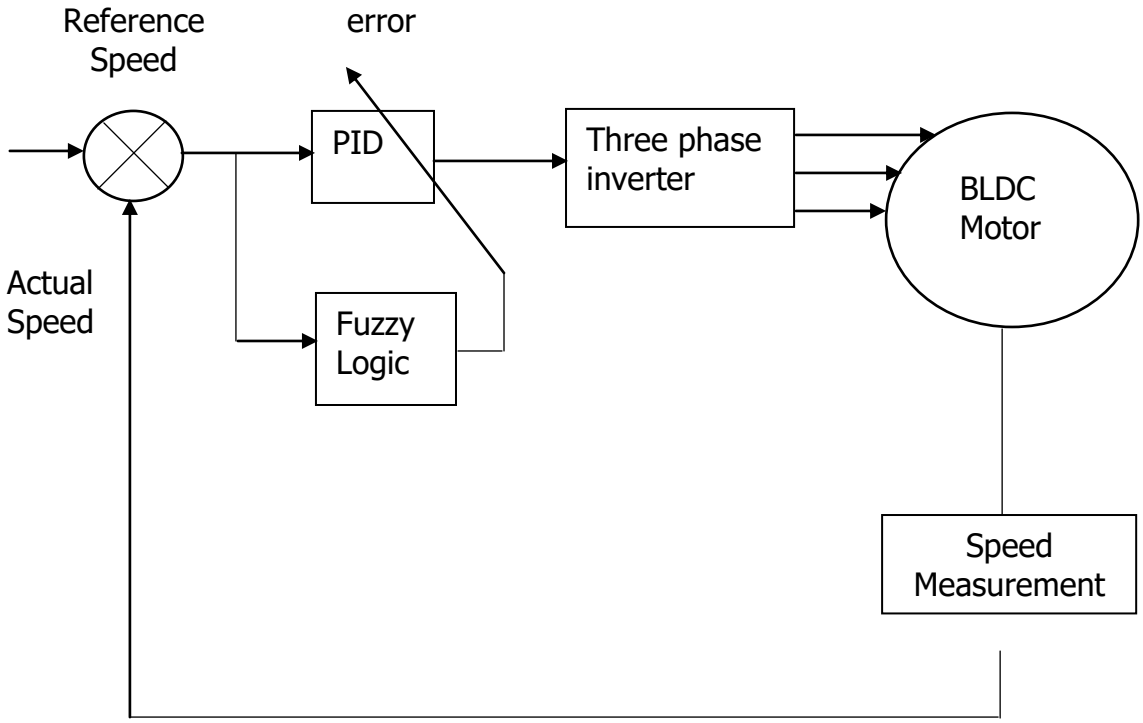
Bằng cách sử dụng bộ điều khiển PID, chúng tôi có thể kiểm soát hệ thống chỉ sau khi xảy ra lỗi chứ không phải ngay lập tức. Trong các hệ thống ít cảm biến, việc điều khiển trở nên rất phức tạp và khó khăn, cũng có phản ứng thoáng qua kém và phạm vi tốc độ rất hẹp. Mặc dù chi phí của hệ thống là rất ít đối với cảm biến ít kiểm soát hơn, nó không được ưa thích trong nhiều hệ thống do những nhược điểm của nó. Do đó, ba pha của động cơ BLDC được kích thích bởi biến tần dựa trên vị trí rotor được cảm biến bởi cảm biến hiệu ứng Hall có sẵn trên stator của động cơ BLDC.

Bộ điều khiển PID có thể được thay thế bằng bộ điều khiển logic mờ (FLC) do tính đơn giản của nó và nó mang lại hiệu quả tốt hơn, nhưng nó cũng có những điểm kém như thiếu chiều và mạnh mẽ của hệ thống. Với sự kết hợp của PID và bộ điều khiển logic mờ, cả hai giá trị có thể được kết hợp như lỗi tốc độ có thể được sửa chữa, có thể tránh can thiệp bằng tay, độ mạnh của hệ thống, v.v. Đối với một phạm vi tốc độ cụ thể sử dụng bộ điều khiển PID thông thường, chúng ta có thể có điều khiển tốc độ bằng các giá trị cố định của KP, KD và KI. Đối với dải tốc độ rộng, không thể sửa các giá trị khuếch đại này. Do đó cần phải điều chỉnh mức tăng dựa trên sự thay đổi tốc độ động cơ để có được hiệu suất tốt hơn. Điều này có thể đạt được bằng cách cấy bộ điều khiển PID-Fuzzy vào hệ thống. Giờ đây, không có bất kỳ sự can thiệp thủ công nào, độ lợi của điều khiển KP, KD và KI có thể được cập nhật bằng cách sử dụng bộ điều khiển PID-Fuzzy để nhận và tối ưu hóa phản ứng.

II. SƠ ĐỒ KHỐI ĐỂ ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ CỦA BLDC ĐỘNG CƠ

Sơ đồ khối dưới đây cho thấy rằng nó có hai vòng lặp, vòng lặp bên ngoài và vòng lặp

bên trong. Vòng bên ngoài được sử dụng để điều khiển tốc độ và vòng bên trong được sử dụng để cung cấp giao tiếp cảm biến hội trường với mạch biến tần. Bằng cách thay đổi đầu ra biến tần, đầu vào động cơ có thể thay đổi và tốc độ có thể được kiểm soát. Sơ đồ khối cho quá trình điều khiển tốc độ được thể hiện trong Hình 1.



Hình 3.1. Sơ đồ khối biểu thị điều khiển tốc độ của động cơ BLDC

Vị trí và tốc độ của rôto được cảm nhận bởi các cảm biến Hall có sẵn trên stato của động cơ BLDC. Vị trí rôto được cảm nhận và thông tin này được sử dụng để cung cấp trình tự BẬT và TẮT công tắc biến tần và nguồn cung cấp biến tần cho động cơ BLDC. Rôto bắt đầu quay khi các cuộn dây trên stato được cung cấp năng lượng bởi nguồn cung cấp bởi bộ biến tần cho động cơ tạo ra từ trường yêu cầu. Sai số tốc độ có thể thu được bằng cách so sánh tốc độ động cơ từ cảm biến Hall với tốc độ tham chiếu.

Trong quá trình điều khiển tốc độ này, biến tần được điều khiển bằng phương pháp phát hiện giao cắt không Back EMF. Ở đây, các cảm biến hội trường nằm cách nhau 120 độ trên stato cung cấp vị trí rôto. Bằng cách kết hợp dòng điện tham chiếu từ bộ tạo dòng và thông tin vị trí rôto, các tín hiệu EMF được tạo ra bởi khối giải mã. Bảng I cho thấy logic tiếp theo là các điểm giao nhau không Back EMF. Sau khi phát hiện các điểm giao nhau không EMF, các tín hiệu này lại được truyền qua một mạch logic khác để tạo ra các xung. Các xung này được cấp cho sáu thiết bị chuyển mạch của biến tần để điều khiển đầu ra của biến tần. Bảng II cho thấy sự tạo ra các xung.

BẢNG I PHÁT HIỆN ĐIỂM KHÔNG CHÉO TRỞ LẠI EMF

Chuyển đổi trạng thái của sáu công tắc					
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0
0	1	1	0	0	0
0	1	0	0	1	0
1	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	0

BẢNG II YÊU CẦU CÔNG TẮC INVERTER

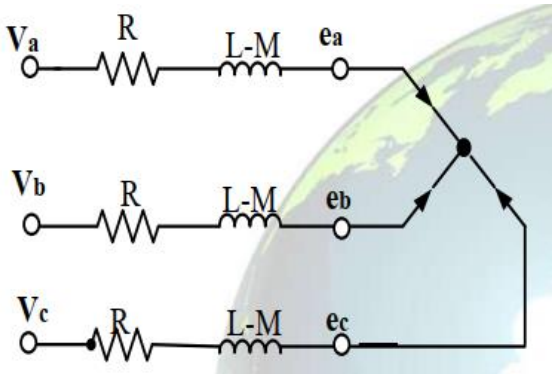
STT	Tín hiệu Hall tại điểm giao cắt không Back-EMF điểm					
	Tín hiệu Hall			Back-emf		
	Ha	Hb	Hc	Ea	Eb	Ec
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	-1	+1
3	0	1	0	-1	+1	0
4	0	1	1	-1	0	+1
5	1	0	0	+1	0	-1
6	1	0	1	+1	-1	0
7	1	1	0	0	+1	-1
8	1	1	1	0	0	0

III MÔ HÌNH TOÁN HỌC CỦA ĐỘNG CƠ BLDC

Động cơ có rôto nam châm vĩnh cửu có dạng sóng EMF hình thang phía trên phẳng được gọi là động cơ DC không chổi than. Động cơ BLDC được cung cấp bởi bộ biến tần có

sáu công tắc. Biến tần cung cấp cho bất kỳ hai pha nào của động cơ tại một thời điểm trong khi để pha thứ ba không hoạt động. Các cảm biến hội trường được cung cấp trên stato cung cấp vị trí rôto để cung cấp thông tin cho mạch biến tần về trình tự chuyển đổi của các bóng bán dẫn. Các cảm biến hội trường được đặt cách nhau 120 độ trên stato của động cơ BLDC.

Các giả định sau được thực hiện trong khi mô hình hóa động cơ BLDC. Coi bộ chuyển mạch nghịch lưu là lý tưởng, stato được nối Y, điện cảm và điện trở của tất cả các pha bằng nhau và không xét đến tổn thất trễ và tổn hao lõi [6]. Mạch điện tương đương của động cơ BLDC được hiển thị trong Hình 2.



Hình 3.2. Mạch điện tương đương của động cơ BLDC

Biểu diễn của hệ thống điện và cơ dưới dạng phương trình được hiển thị dưới đây:

$$V_a = Ri_a + (L - M)\frac{di_a}{dt} + e_a \quad (1)$$

$$V_b = Ri_b + (L - M)\frac{di_b}{dt} + e_b \quad (2)$$

$$V_c = Ri_c + (L - M)\frac{di_c}{dt} + e_c \quad (3)$$

Các phương trình EMF cho từng giai đoạn được đưa ra dưới đây

$$e_a = K_e\omega_m F(\theta_e) \quad (4)$$

$$e_b = K_e\omega_m F(\theta_e - 2\pi/3) \quad (5)$$

$$e_c = K_e\omega_m F(\theta_e + 2\pi/3) \quad (6)$$

Mômen điện từ do ba pha cho là

$$T_a = K_t i_a F(\theta_e) \quad (7)$$

$$T_b = K_t i_b F(\theta_e - 2\pi/3) \quad (8)$$

$$T_c = K_t i_c F(\theta_e + 2\pi/3) \quad (9)$$

Tổng mômen hiệu dụng được cho là

$$T_e = T_a + T_b + T_c \quad (10)$$

Hệ thống cơ điện hoàn chỉnh với biểu diễn dưới dạng phương trình được đưa ra như

$$T_e - T_l = J\frac{d^2\theta_m}{dt^2} + \beta\frac{d\theta_m}{dt} \quad (11)$$

$$\theta_e = p/2\theta_m \quad (12)$$

$$\omega_m = \frac{d\theta_m}{dt} \quad (13)$$

Từ các phương trình (1), (2), (3) và (7)

$$V_{ab} = R(i_a - i_b) + (L - M)\frac{d(i_a - i_b)}{dt} + e_{ab} \quad (14)$$

$$V_{bc} = R(i_b - i_c) + (L - M)\frac{d(i_b - i_c)}{dt} + e_{bc} \quad (15)$$

Bỏ qua các điện cảm lẫn nhau và, ia + ib + ic = 0, các phương trình trên có thể được viết lại thành,

$$\frac{di_a}{dt} = -\frac{R}{L}i_a + \frac{2}{3L}(V_{ab} - e_{ab}) + \frac{1}{3L}(V_{bc} - e_{bc}) \quad (16)$$

$$\frac{di_b}{dt} = -\frac{R}{L}i_a + \frac{1}{3L}(V_{ab} - e_{ab}) + \frac{1}{3L}(V_{bc} - e_{bc}) \quad (17)$$

Trong đó K = a, b, c

V_k = Điện áp của pha thứ K của động cơ BLDC

i_k = Dòng điện của pha thứ K của động cơ BLDC

e_k = Back Emf của pha thứ K

T_k = Mômen sinh ra bởi pha thứ K

R = Điện trở mỗi pha của động cơ BLDC

L = Điện cảm trên mỗi pha của động cơ BLDC

M = Điện cảm lẫn nhau giữa các pha

T_e = Mômen điện từ do động cơ tạo ra

K_e = Hằng số Emf

K_t = Hằng số mômen

ω_m = Tốc độ góc của rôto

θ_m = Góc cơ học của rôto

θ_e = Góc điện của rôto

J = Mômen quán tính của hệ cơ

β = Hệ số giảm chấn

BẢNG III chỉ ra các thông số kỹ thuật của động cơ BLDC được sử dụng trong thí nghiệm này.

BẢNG III THÔNG SỐ KỸ THUẬT CỦA ĐỘNG CƠ BLDC

Mô hình động cơ BLDC	23F-2
Công suất	60W
Điện áp DC	24V
Tốc độ	1500RPM
Điện trở pha Stator	2.875Ohm
Điện cảm pha Stator	8.5Mh
Mômen không đổi	1.4 N-M/A
Quán tính Rotor	$0.8*10^{-3}$Kg-m^2
Hằng số ma sát	$1*10^{-3}$

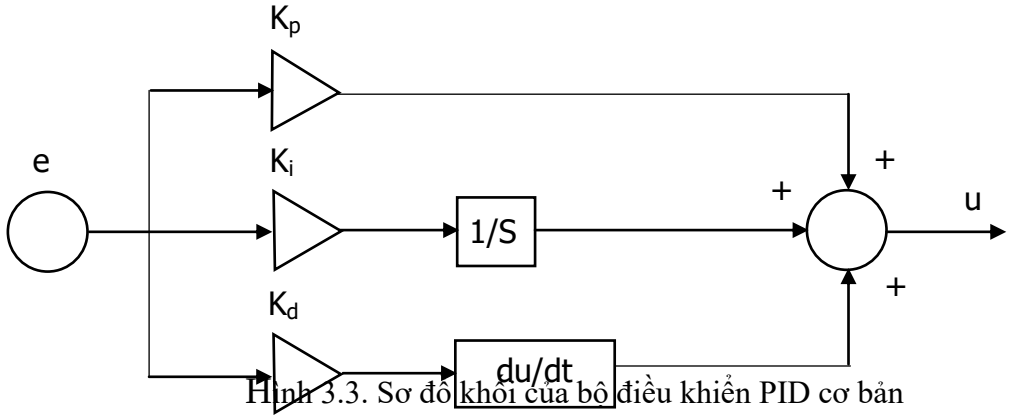
IV. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ

Bộ điều khiển trả về tốc độ thực tế của động cơ về tốc độ tham chiếu, mặc dù tốc độ tham chiếu đang thay đổi liên tục. Phần này của bài báo đề cập đến thiết kế của PID và bộ điều khiển PID-Fuzzy.

A. Bộ điều khiển tỷ lệ-Tích phân-Đạo hàm

Để đáp ứng hiệu suất yêu cầu của hệ thống, PID bộ điều khiển được tạo ra với sự kết hợp khác nhau của Bộ điều khiển tỷ lệ, tích phân và đạo hàm. Họ có thể được sử dụng với số lượng đơn hoặc nhiều. Ở đây song song tích hợp các bộ điều khiển P, I, D riêng lẻ được xem xét.

Các đặc điểm của Tỷ lệ, Tích phân và Bộ điều khiển phái sinh có thể áp dụng cho Hình 3. PID bộ điều khiển có chức năng chuyển giao c (các), được đưa ra dưới đây



Hình 3.3. Sơ đồ khối của bộ điều khiển PID cơ bản

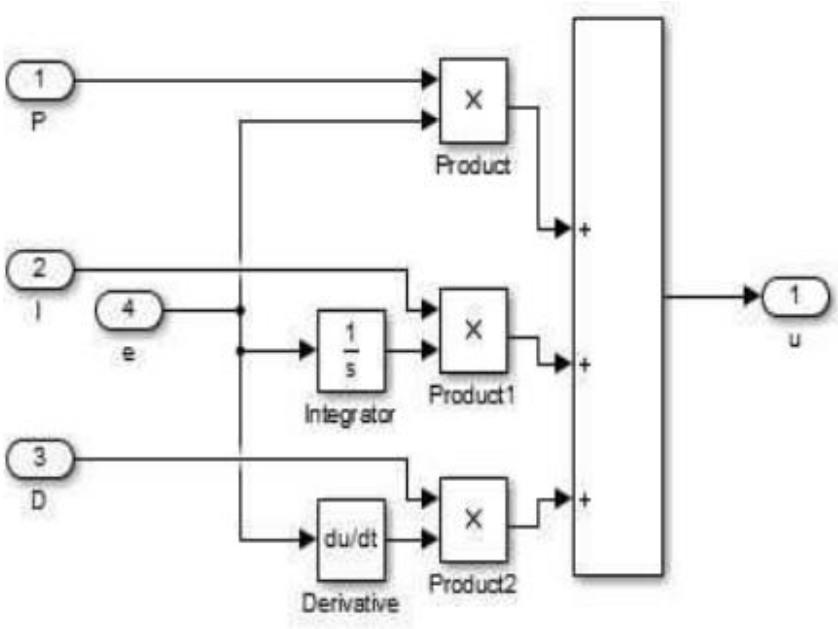
$$C(s) = K_p + \frac{K_i}{S} + K_D s$$

$$C(s) = \frac{K_D S^2 + K_p s + K_i}{s}$$

Ở đây KP, KD và KI lần lượt được gọi là các hằng số khuếch đại tỷ lệ, tích phân và đạo hàm, u được gọi là tín hiệu điều khiển.

Tín hiệu điều khiển có thể được đưa ra dưới dạng tổng thời gian KP của lỗi, thời gian KD của đạo hàm của lỗi và thời gian KI của tích phân của sai số. Bộ điều khiển PID được sử dụng khi yêu cầu tính đơn giản của bộ điều khiển. KP, KD và KI được tính bằng phương pháp Zigler-Nicholos.

K_p	K_i	K_d
2.35	666.7	0.0015



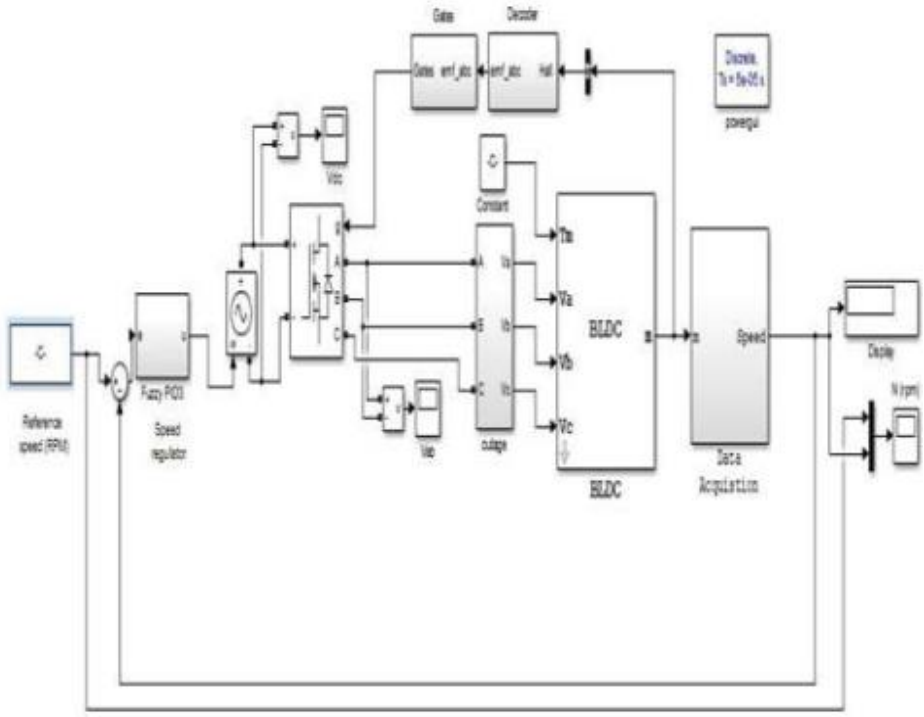
Hình 3.4. Mô hình Simulink của bộ điều khiển PID

B. Bộ điều khiển logic mờ

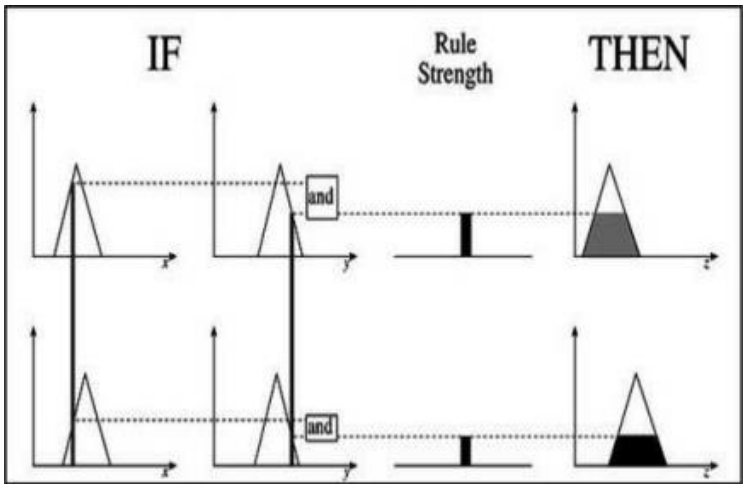
Khi điểm đặt hệ thống và tải là động, bộ điều khiển logic mờ giúp cung cấp đầu ra tối ưu hóa bằng bộ điều khiển PID. Dựa trên tốc độ tham chiếu thay đổi, logic mờ cập nhật các giá trị KP, KD và KI để có được đầu ra hiệu quả, do đó giá trị khuếch đại được xác định bởi bộ điều khiển logic mờ. Có hai đầu vào cho bộ điều khiển Fuzzy-PID là lỗi và lỗi thay đổi và có ba đầu ra thay đổi KP, KD và α, trong đó KI được cho bởi α. Lợi ích KP, KD được chuẩn hóa từ 0 đến 1 và α có phạm vi từ 1 đến 5. Mô hình mô phỏng tổng thể của đóng (18) điều khiển tốc độ vòng lặp của động cơ BLDC được thể hiện trong Hình 5.

Trong bài báo này, hệ thống suy luận mờ Mamdani là (19) được xem xét. Khi một tập hợp các quy tắc mờ được xác định, hai đầu vào được làm mờ bằng cách sử dụng các hàm liên

thuộc ở phía đầu vào, thiết lập độ mạnh của quy tắc bằng cách trộn các quy tắc mờ đã tạo với đầu vào mờ, độ mạnh của quy tắc và các hàm thuộc đầu ra được kết hợp với nhau để có được hệ quả , sau khi nhận được tất cả các hậu quả, phân phối đầu ra được xác định và ở đó bằng cách xác định phân phối đầu ra. Hình 6 cho thấy quá trình liên quan đến hệ thống suy luận mờ Mamdani. Giá trị đầu ra của kiểu Mamdani được cho trong phương trình (20).



Hình 3.5. Mô hình mô phỏng tổng thể điều khiển tốc độ vòng kín của động cơ BLDC sử dụng bộ điều khiển PID-Fuzzy

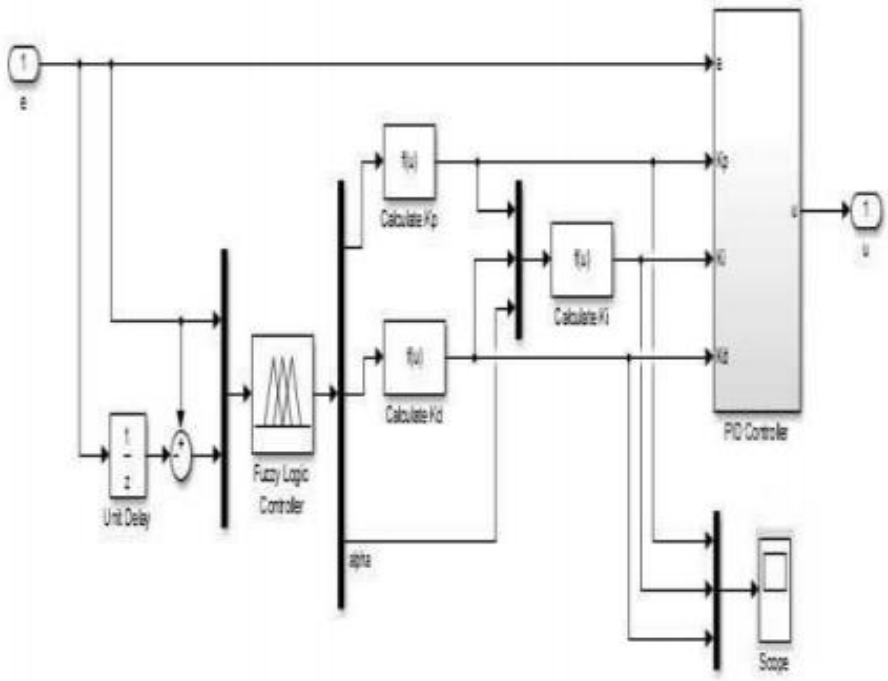


Hình 3.6. Minh họa về khử mờ kiểu Mamdani

$$y = \frac{\int u_Y(y).ydy}{\int u_Y(y)dy}$$

Như đã thảo luận, kiểu mờ Mamdani có hai đầu vào. Các biến ngôn ngữ khác nhau của tập logic mờ là PB, PM, PS, Z NB, NM, NS i, e Tích cực Lớn, Tích cực Trung bình, Tích

cực Nhỏ, Không, Âm Lớn, Phủ định Trung bình, Phủ định Nhỏ được sử dụng trong các hàm thành viên đầu vào được thể hiện trong Bảng IV, Bảng V và S, B i, e Nhỏ và Lớn được sử dụng trong các hàm thành viên đầu ra.



Hình 3.7. Hệ thống con của bộ điều khiển PID-Fuzzy

BẢNG IV QUY TẮC FUZZY CHO KP

		Δe(k)						
		NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
e(k)	NB	B	B	B	B	B	B	B
	NM	S	B	B	B	B	B	S
	NS	S	S	B	B	B	S	S
	ZO	S	S	S	B	S	S	S
	PS	S	S	B	B	B	S	S
	PM	S	B	B	B	B	B	S
	PB	B	B	B	B	B	B	B

BẢNG V QUY TẮC FUZZY CHO KD

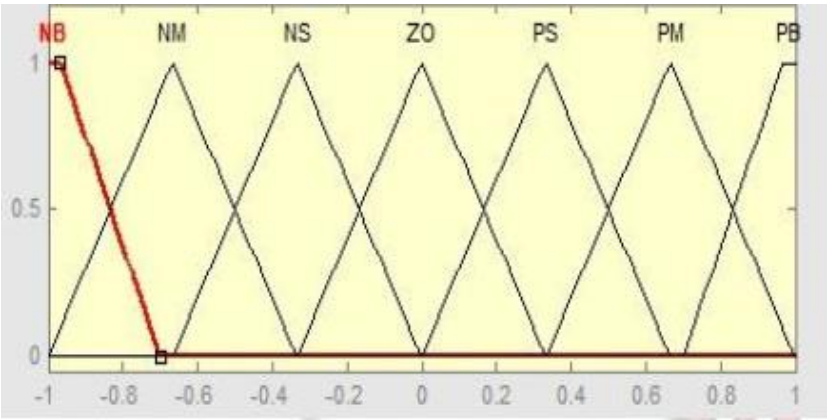
Δe(k)

		NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
e(k)	NB	S	S	S	S	S	S	S
	NM	B	B	S	S	S	B	B
	NS	B	B	B	S	B	B	B
	ZO	B	B	B	B	B	B	B
	PS	B	B	B	S	B	B	B
	PM	B	B	S	S	S	B	B
	PB	S	S	S	S	S	S	S

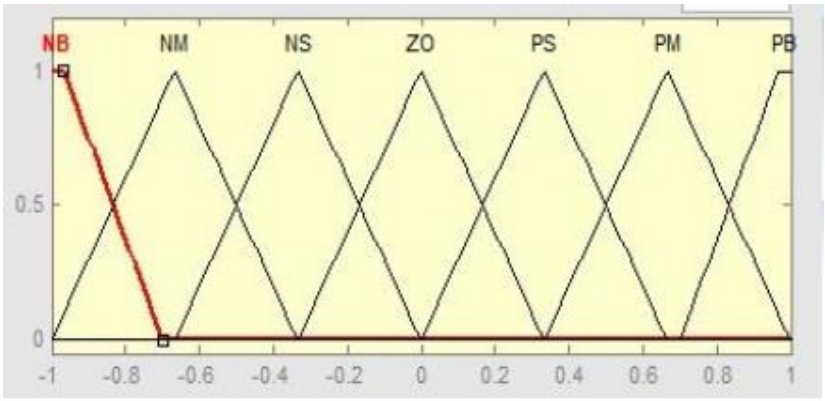
BẢNG VI CÁC QUY TẮC FUZZY CHO α

Δe(k)								
e(k)		NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
	NB	2	2	2	2	2	2	2
	NM	3	3	2	2	2	3	3
	NS	4	3	3	2	3	3	4
	ZO	5	4	3	3	3	4	5
	PS	4	3	3	2	3	3	4
	PM	3	3	2	2	2	3	3
	PB	2	2	2	2	2	2	2

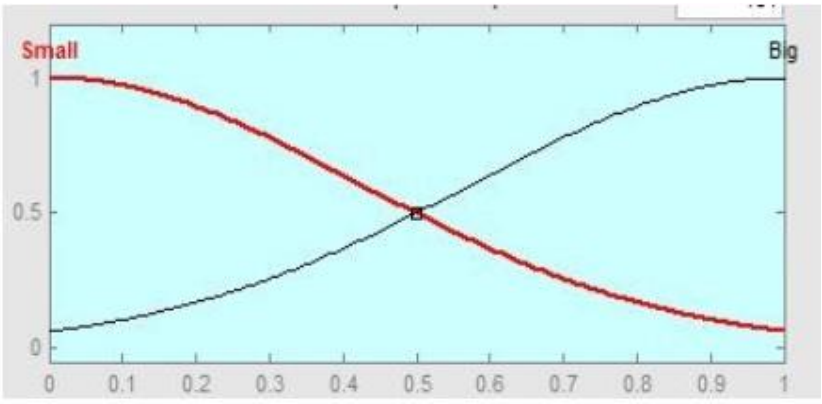
Các hàm thành viên đầu ra cho KP, KD và α được thể hiện trong Hình 10, Hình 11, Hình 12. Mức tăng KP, KD và KI có thể nhận được bằng cách điều chỉnh hệ thống dựa trên phương pháp Ziegler Nichols như đầu ra của bộ điều khiển mờ. Các hàm liên thuộc đầu vào được thể hiện trong Hình 8 và Hình 9.



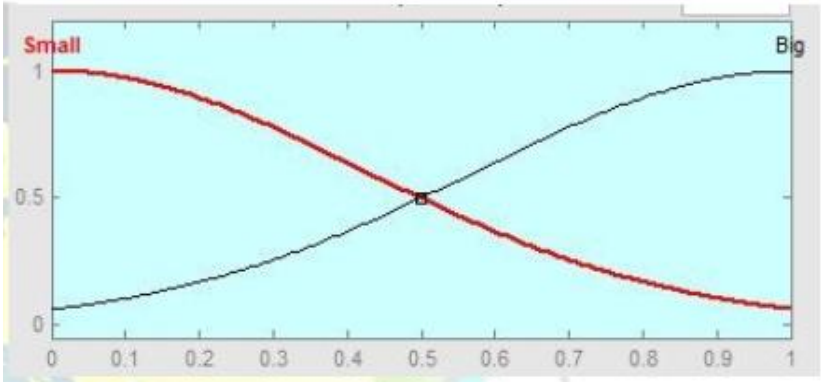
Hình 3.8. Hàm thành viên cho đầu vào e (t)



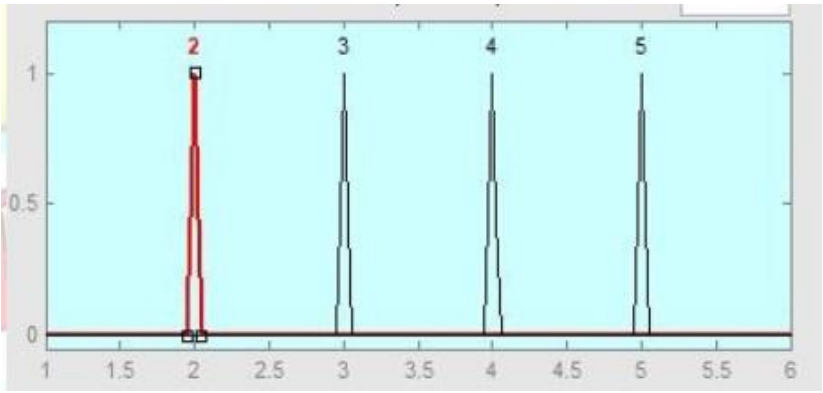
Hình 3.9. Hàm thành viên cho đầu vào Δe (t)



Hình 3.10. Chức năng thành viên cho đầu ra K_p



Hình 3.11. Chức năng thành viên cho đầu ra K_D



Hình 3.12. Chức năng thành viên cho đầu ra α

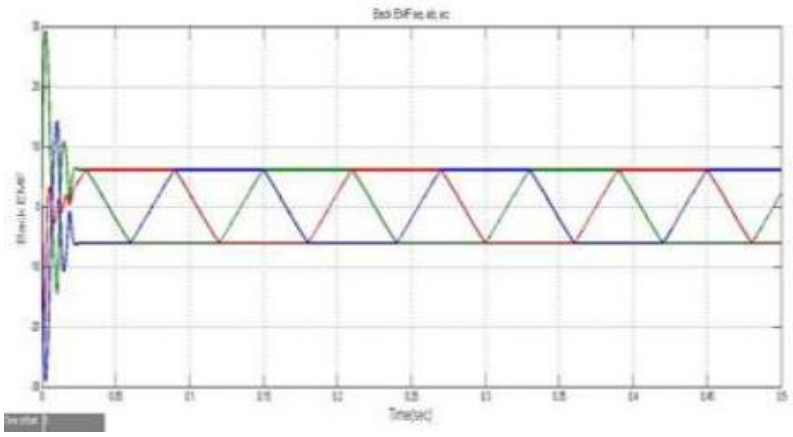
V. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ THẢO LUẬN

Một tập hợp các phép đo được thực hiện để tiến hành phân tích hiệu suất trên hệ thống. So sánh giữa bộ điều khiển PID thông thường và bộ điều khiển PID-Fuzzy để điều khiển tốc độ của động cơ BLDC được đánh giá và phân tích hiệu suất, thể hiện trong Bảng VII. Thời gian tăng (tr), thời gian lắng (ts) và độ vọt lố (Mp) là các tham số đặc trưng khác nhau được xem xét.

controller	Load(N-m)	Ref-speed	T_s(msec)	T_r(msec)	M_p
PID	3	1000	154	15	2.8
	3	1500	158	20	2.9
	5	1000	230	28	2.8
	5	1500	220	33	3.2
PID-Fuzzy	3	1000	38	21	4.7
	3	1500	59	31	3.2
	5	1000	48	30	4.4
	5	1500	90	41	3.6

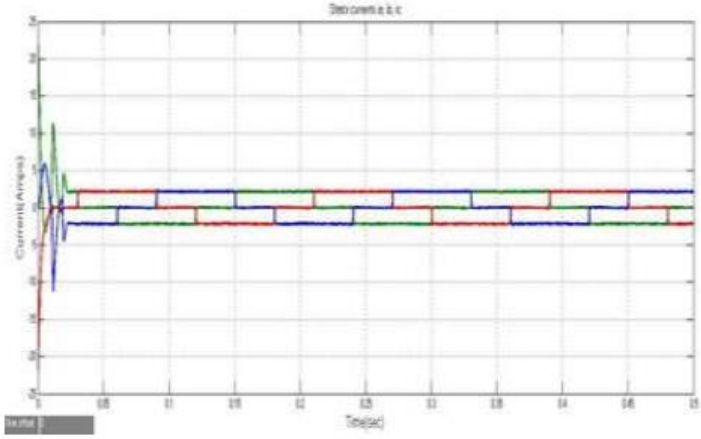
BẢNG VII PHÂN TÍCH HIỆU SUẤT

Một động cơ BLDC 3-Ph, 24V, 60W với tốc độ định mức 1500 vòng / phút được xem xét và tiến hành mô phỏng. Kết quả được so sánh giữa bộ điều khiển PID và PID-Fuzzy để điều khiển tốc độ của động cơ BLDC trong các điều kiện như tốc độ tham chiếu khác nhau và thay đổi tải. Dạng sóng Back EMF và dòng điện stato cho ba pha được thể hiện trong Hình 3.13 và Hình 3.14, khi động cơ đang chạy ở 3N-m với tốc độ 1000 vòng / phút.

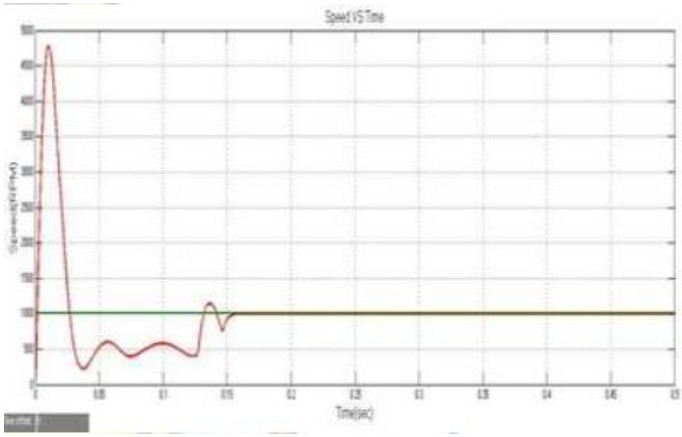


Hình 3.13. Dạng sóng EMF trở lại cho ba giai đoạn

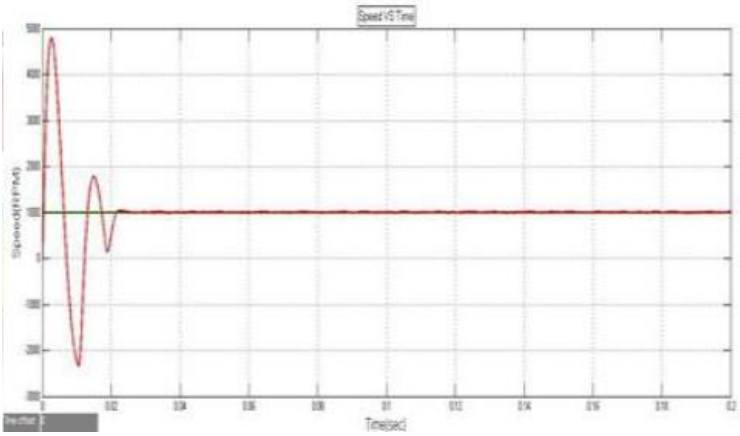
Trong điều kiện tải từ Hình 3.15, Hình 3.16, đáp ứng tốc độ sử dụng bộ điều khiển PID có thời gian tăng là 15msec và thời gian giải quyết là 154msec ở 1000 vòng/phút và 3N-m. Mặt khác, đáp ứng tốc độ sử dụng bộ điều khiển PID-Fuzzy có thời gian tăng là 21msec và thời gian lắng là 38msec ở 1000 vòng / phút và tải 3N-m, cho thấy hiệu suất tốt hơn bộ điều khiển PID thông thường.



Hình 3.14. Dòng điện stato cho ba pha

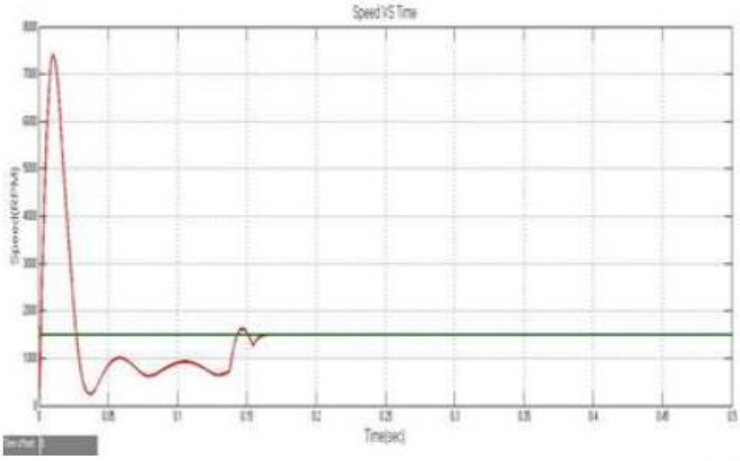


Hình 3.15. Đáp ứng tốc độ sử dụng PID ở 1000 vòng / phút, 3N-m

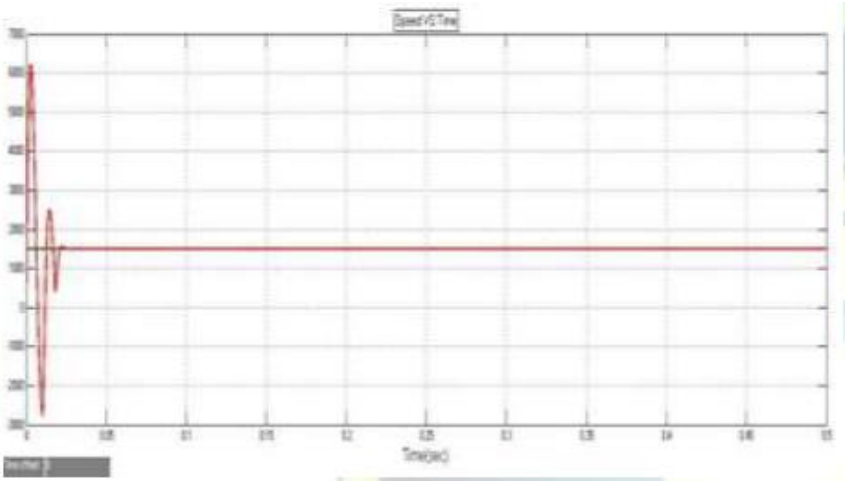


Hình 3.16. Đáp ứng tốc độ sử dụng PID-Fuzzy ở 1000 vòng / phút, 3N-m

Bây giờ tốc độ tham chiếu được thay đổi thành 1500 vòng / phút và tải ở 3N-m, phản hồi tốc độ sử dụng bộ điều khiển PID có thời gian tăng 20msec và thời gian giải quyết là 158msec. Mặt khác, đáp ứng tốc độ sử dụng bộ điều khiển PID-Fuzzy có thời gian tăng là 31msec và thời gian giải quyết là 59msec, đáp ứng được thể hiện trong Hình 17 và Hình 18.

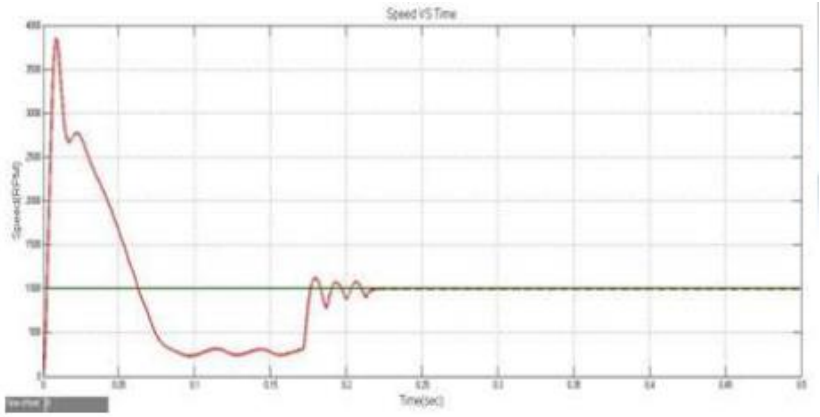


Hình 3.17. Đáp ứng tốc độ sử dụng PID ở 1500 vòng / phút, 3N-m

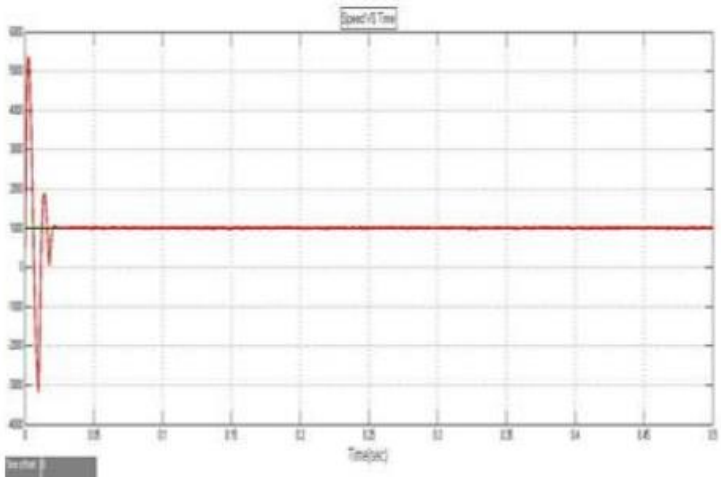


Hình 3.18. Đáp ứng tốc độ sử dụng PID-Fuzzy ở 1500 vòng / phút, 3N-m

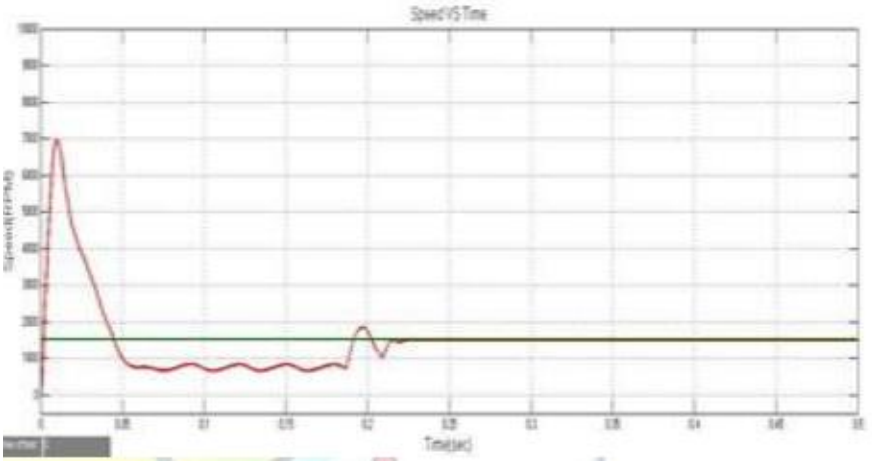
Ở đây tốc độ tham chiếu một lần nữa được thay đổi thành 1000 vòng / phút và tải thành 5N-m, phản hồi tốc độ sử dụng bộ điều khiển PID có thời gian tăng là 28msec và thời gian giải quyết là 230msec và phản hồi tốc độ sử dụng bộ điều khiển PID-Fuzzy có thời gian tăng là 30msec và thời gian giải quyết là 48msec, phản hồi được hiển thị trong Hình 19 và Hình 20.



Hình 3.19. Đáp ứng tốc độ sử dụng PID ở 1000 vòng / phút, 5N-m

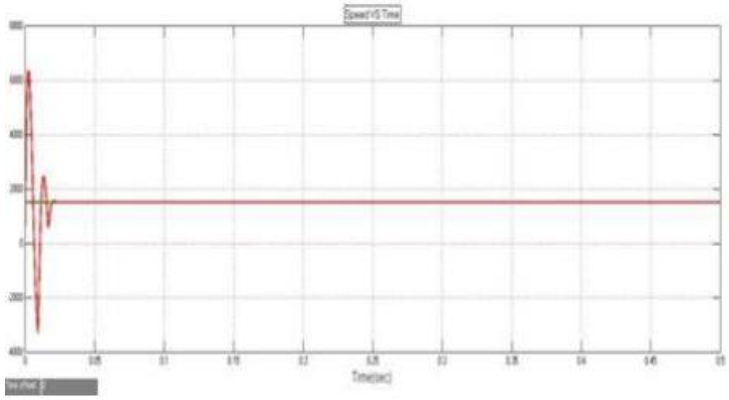


Hình 3.20. Đáp ứng tốc độ sử dụng PID-Mờ ở 1000 vòng / phút, 5N-m



Hình 3.21. Đáp ứng tốc độ sử dụng PID ở 1500 vòng / phút, 5N-m

Bây giờ tốc độ tham chiếu thay đổi thành 1500 vòng / phút và tải ở 5N-m, phản hồi tốc độ sử dụng bộ điều khiển PID có thời gian tăng là 33msec và thời gian giải quyết là 220msec và phản hồi tốc độ sử dụng bộ điều khiển PID-Fuzzy có thời gian tăng là 41msec và thời gian giải quyết là 90msec , phản ứng được hiển thị trong Hình 3.21 và Hình 3.22.



Hình 3.22. Đáp ứng tốc độ sử dụng PID-Fuzzy ở 1500 vòng / phút, 5N-m

Điều này cho thấy rằng phản ứng tốc độ của bộ điều khiển PID-Fuzzy vượt trội hơn so với phản hồi của bộ điều khiển PID thông thường và trạng thái ổn định có thể đạt được nhanh chóng bằng cách sử dụng bộ điều khiển PID điều chỉnh Fuzzy

VI. PHẦN KẾT LUẬN

Bài báo này là kết quả của việc mô phỏng điều khiển tốc độ vòng kín của động cơ BLDC sử dụng bộ điều khiển PID và PID-Fuzzy. Trong điều kiện điểm đặt và tải động khác nhau, tốc độ của động cơ BLDC được điều khiển bởi bộ điều khiển PID có mức tăng liên tục được cập nhật bởi bộ điều khiển Fuzzy để cải thiện hiệu suất. Bằng cách so sánh kết quả mô phỏng của điều khiển tốc độ sử dụng bộ điều khiển PID thông thường và bộ điều khiển PID điều chỉnh Fuzzy, có thể nhận thấy rằng phản ứng có thể đạt trạng thái ổn định nhanh hơn và hệ thống có ít thời gian lắng hơn bằng cách sử dụng bộ điều khiển PID-Fuzzy.

KẾT LUẬN

Sau một khoảng thời gian ngắn thực hiện đề tài tốt nghiệp, cùng với nỗ lực cố gắng của bản thân và sự giúp đỡ tận tình của các thầy cô giáo, bạn bè cùng lớp, đến nay em đã hoàn thành đề tài tốt nghiệp của mình. Trong đề tài của mình em đã tìm hiểu và thực hiện được các yêu cầu sau:

- Tìm hiểu tổng quan về động cơ một chiều không chổi than.
- Đưa ra mô hình toán và phương pháp điều khiển động cơ một chiều không chổi than.
- Tìm hiểu về cấu trúc của động cơ một chiều không chổi than.
- Tìm hiểu phương pháp xây dựng cấu trúc hệ truyền động điện và mô phỏng hệ truyền động động cơ một chiều không chổi than.

Tuy nhiên do thời gian có hạn và cũng nhờ trình độ của bản thân còn nhiều hạn chế nên đề tài thực hiện còn nhiều sơ sót như: chỉ có thể điềukhiển động cơ qua 2 trong 3 pha, nghĩa là điều khiển 2 pha còn 1 pha phải không đổi. Còn chế độ điều khiển cả 3 pha thi ta vẫn chưa xét đến được.....

Em rất mong nhận được sự chỉ bảo, sửa chữa đóng góp ý kiến của các thầy cô giáo, các bạn trong lớp để em có thể thực hiện và hoàn thành đề tài được tốt hơn.

Một làn nữa em xin chân thành cảm ơn sự chỉ bảo ,hướng dẫn tận tình của GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn, các thầy cô trong khoa, các bạn bè trong lớp đã giúp đỡ em trong quá trình thực hiện đề tài.

Hải Phòng, ngày....tháng.....năm 2020

Sinh viên thực hiện

Trần Ngọc Khánh

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Vinod KR Singh Patel, A.K.Pandey "Modeling and Performance Analysis of PID Controlled BLDC Motor and Different Schemes of PWM Controlled BLDC Motor"International Journal of Scientific and Research Publications, Volume.

[2]. Atef Saleh Othman Al-Mashakbeh,(2009) " Proportional Integral and Derivative Control of Brushless DC Motor", European Journal of Scientific Research,(ISSN 1450-216X Vol.35 No.2, pp.198-203).

[3]. ChuenChien Lee, "Fuzzy Logic in Control Systems:Fuzzy Logic controller–Part1"1990 IEEE. 4. huenChien Lee, "Fuzzy Logic in Control Systems : Fuzzy Logic controller Part 2" 1990 IEEE

[4]. A.Kiruthika, A.Albert Rajan, P.Rajalakshmi "Mathematical modelling and Speed control of a Sensored Brushless DC motor using Intelligent controller" 2013 IEEE International Conference on Emerging Trends in Computing, Communication and Nanotechnology (ICECCN2013)

[5]. Zhen-Yu Zhao, Masayoshi Tomizuka, and Satoru Isaka, " Fuzzy Gain Scheduling of PID Controllers" IEEE TRANSACTIONS On Systems, Man and Cybernetics. Vol. 23, No. 5. September/october 1993.

[6]. R. Krishnan, "Electric Motor Drives : Modeling, Analysis, and Control," Prentice Hall, 2001, pp. 577-580.

[7]. T.Saarulatha,V.Yaknapriya,T.Muthukumar3,S.Saravanan, "Proportional Integral &Derivative Controller For BLDC Motor" (IJAER) 2014, Vol. No. 8, Issue No. V, November.

[8]. Vikas Maske, Mithlesh Kumar Yadav, Abhay Halmare, "Mathematical Modeling and Simulation of BLDC motor for Performance Analysis Using MATLAB/SIMULINK" (IJEREEE) Vol 4, Issue 3, March 2018.