

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG



ISO 9001:2015

HỆ THỐNG HÃM MÁY PHÁT CỦA XE ĐIỆN TRUYỀN ĐỘNG BẰNG ĐỘNG CƠ BLDC

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY
NGÀNH ĐIỆN TỬ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

HẢI PHÒNG - 2018

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG



ISO 9001:2008

HỆ THỐNG HÃM MÁY PHÁT CỦA XE ĐIỆN TRUYỀN ĐỘNG BẰNG ĐỘNG CƠ BLDC

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY

NGÀNH ĐIỆN TỬ ĐỘNG CƠ CÔNG NGHIỆP

Sinh viên: Phạm Văn Cường

Người hướng dẫn: GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn

HẢI PHÒNG - 2018

Cộng hoà xã hội chủ nghĩa Việt Nam

Độc lập – Tự Do – Hạnh Phúc

-----o0o-----

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Sinh viên : Phạm Văn Cường– MSV : 1412102007

Lớp : ĐC1802- Ngành Điện Tự Động Công Nghiệp

Tên đề tài : **Hệ thống hãm máy phát của xe điện truyền động
bằng động cơ BLDC**

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI

1. Nội dung và các yêu cầu cần giải quyết trong nhiệm vụ đề tài tốt nghiệp (về lý luận, thực tiễn, các số liệu cần tính toán và các bản vẽ).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Các số liệu cần thiết để thiết kế, tính toán

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Địa điểm thực tập tốt nghiệp.....:

CÁC CÁN BỘ HƯỚNG DẪN ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Người hướng dẫn thứ nhất:

Họ và tên : Thân Ngọc Hoàn
Học hàm, học vị : GS.TSKH
Cơ quan công tác : Trường Đại học dân lập Hải Phòng
Nội dung hướng dẫn : Toàn bộ đề tài

Người hướng dẫn thứ hai:

Họ và tên :
Học hàm, học vị :
Cơ quan công tác :
Nội dung hướng dẫn :

Đề tài tốt nghiệp được giao ngày tháng năm 2018.

Yêu cầu phải hoàn thành xong trước ngày.....tháng.....năm 2018

Đã nhận nhiệm vụ Đ.T.T.N
Sinh viên

Đã giao nhiệm vụ Đ.T.T.N
Cán bộ hướng dẫn Đ.T.T.N

Phạm Văn Cường

GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn

Hải Phòng, ngày.....tháng.....năm 2018

HIỆU TRƯỞNG

GS.TS.NGUYỄN TRẦN HỮU NGHỊ

PHÂN NHẬN XÉT TÓM TẮT CỦA CÁN BỘ HƯỚNG DẪN

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

.....
.....
.....
.....
.....

2. Đánh giá chất lượng của Đ.T.T.N (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 giá trị sử dụng, chất lượng các bản vẽ..)

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Cho điểm của cán bộ hướng dẫn
(*Điểm ghi bằng số và chữ*)

Ngày.....tháng.....năm 2018
Cán bộ hướng dẫn chính
(*Ký và ghi rõ họ tên*)

**NHẬN XÉT ĐÁNH GIÁ CỦA NGƯỜI CHĂM PHẢN BIỆN
ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP**

1. Đánh giá chất lượng đề tài tốt nghiệp về các mặt thu thập và phân tích số liệu ban đầu, cơ sở lý luận chọn phương án tối ưu, cách tính toán chất lượng thuyết minh và bản vẽ, giá trị lý luận và thực tiễn đề tài.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Cho điểm của cán bộ chấm phản biện
(*Điểm ghi bằng số và chữ*)

Ngày.....tháng.....năm 2018
Người chấm phản biện
(*Ký và ghi rõ họ tên*)

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1. ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU NAM CHÂM VĨNH CỬU KHÔNG CHỖI THAN (BLDC)	2
1.1. GIỚI THIỆU VỀ ĐỘNG CƠ BLDC.	2
Ưu điểm của động cơ BLDC:	3
Nhược điểm của động cơ BLDC:	4
1.2. CẤU TẠO ĐỘNG CƠ BLDC.	6
1.2.1. Cấu tạo stator của động cơ BLDC.	8
1.2.2. Cấu tạo rotor của động cơ BLDC.	10
1.2.3. Cảm biến vị trí rotor.	12
1.2.4. Bộ phận chuyển mạch điện tử (Electroniccommutator).	15
1.2.5. Sức phản điện động.	15
CHƯƠNG 2. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ BLDC	17
2.1. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ BLDC.	17
2.1.1. Nguyên lý hoạt động của động cơ BLDC.	17
2.1.2. Đặc tính cơ và đặc tính làm việc của động cơ BLDC.	19
2.2. MÔ HÌNH TOÁN, PHƯƠNG TRÌNH SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ MÔ MEN CỦA ĐỘNG CƠ BLDC.	21
2.2.1. Phương trình sức điện động và mô men.	21
2.2.2. Phương trình động học của động cơ BLDC.....	28
2.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ BLDC.....	28
2.3.1. Phương pháp điều khiển động cơ BLDC sử dụng cảm biến vị trí.	29
2.3.2. Điều khiển động cơ BLDC không sử dụng cảm biến (sensorless control).	42
2.4. ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ BLDC.....	43
2.4.1. Điều khiển tốc độ động cơ BLDC bằng vòng khép kín.....	43
2.4.2. Điều khiển tốc độ động cơ BLDC bằng phương pháp PWM.	45
CHƯƠNG 3: HÃM MÁY PHÁT CỦA XE ĐIỆN TRUYỀN ĐỘNG BẰNG ĐỘNG CƠ BLDC	47
3.1. HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN	47
3.1.1. Tồn thất ma sát khí động học.....	48

3.1.2. Tồn thất ma sát lăn	49
3.1.3. Lực đẩy lên dốc	49
3.2. HỆ THỐNG PHANH CHIẾN LƯỢC	49
3.2.1. Sự phân bố của lực phanh.....	50
3.2.2. Điều khiển mờ	52
3.2.3. Điều khiển tỷ số-tích phân-Derivative (PID).....	54
3.3. HỆ THỐNG ẮC QUY.....	54
3.4. TỐI ƯU TÍNH CHẤT HÃM VÀ HIỆU XUẤT CỦA MÁY PHÁT HÃM	56
3.5. TÍNH CHẤT ĐỘNG VÀ SỰ PHÂN BỐ LỰC Ở CÁC ĐẦU VÀO PHANH HÃM KHÁC NHAU	58
3.6. MÔ PHỎNG HỆ THỐNG HÃM MÁY PHÁT ĐỘNG CƠ BLDC.....	59
3.6.1. Mô hình toán hệ thống máy phát động cơ BLDC	61
3.6.2. Mô phỏng đường đặc tính tốc độ EV.....	64
3.6.3. Kết quả phân bố lực hãm	65
3.6.4. Hiệu suất thu hồi năng lượng.....	66
3.6.5. Đường đặc tính của cáp dòng điện DC của động cơ BLDC	66
3.7. NẠP ẮC QUY (SOC).....	67
3.8. ỨNG DỤNG	67
KẾT LUẬN	71
TÀI LIỆU THAM KHẢO	72

MỞ ĐẦU

Ngày nay, khoa học công nghệ ngày càng phát triển mạnh mẽ đáp ứng yêu cầu đặt ra trong tất cả các lĩnh vực. Trong công cuộc công nghiệp hóa đất nước, yêu cầu tự động hóa trong sản xuất ngày càng cao, điều khiển linh hoạt, gọn nhẹ và hiệu suất sản xuất cao. Trong những năm gần đây, xe điện (EVs) đã nhận được nhiều sự chú ý như là một phương tiện thay thế cho động cơ đốt trong (ICE) truyền thống. Sự tập trung chưa từng có này chủ yếu là do các vấn đề môi trường và kinh tế liên quan đến việc tiêu thụ dầu dựa trên hóa thạch được sử dụng làm nhiên liệu đốt trong cho các phương tiện chạy bằng ICE. Ngày nay, với sự tiến bộ của ắc quy và công nghệ động cơ BLDC, EVs trở thành giải pháp thay thế hứa hẹn nhất cho các loại xe ICE. Phanh tái sinh có thể được sử dụng trong EV như một quá trình tái chế năng lượng phanh, điều không thể thực hiện được trong các phương tiện đốt trong thông thường. Phanh tái sinh là quá trình nạp năng lượng từ động cơ truyền động vào ắc quy trong quá trình phanh, khi quán tính của xe lớn thì động cơ làm việc như một máy phát

Trong thời gian học tập tại trường Đại Học Dân Lập Hải Phòng, với sự giúp đỡ, chỉ bảo của nhà trường và các thầy cô trong khoa Điện-Điện tử, em đã được nhận đề tài tốt nghiệp là **“Hệ thống hãm máy phát của xe điện truyền động bằng động cơ BLDC”**. dưới sự hướng dẫn của GS. TSKH Thân Ngọc Hoàn

Đề án gồm có các nội dung sau:

Chương 1: Tổng quan về động cơ BLDC.

Chương 2: Nguyên lý hoạt động và các phương pháp điều khiển động cơ BLDC.

Chương 3: Hệ thống hãm máy phát của xe điện truyền động bằng động cơ BLDC

CHƯƠNG 1.

ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU NAM CHÂM VĨNH CỬU KHÔNG CHỐI THAN (BLDC)

1.1. GIỚI THIỆU VỀ ĐỘNG CƠ BLDC.

Động cơ một chiều nam châm vĩnh cửu không chổi than BLDC (H.1.1) từ lâu đã được sử dụng rộng rãi trong các hệ truyền động công suất nhỏ (vài W đến vài chục W) như trong các ổ đĩa quang, quạt làm mát trong máy tính các nhân, thiết bị văn phòng (máy in , scan...). Trong các ứng dụng đó mạch điều khiển được chế tạo đơn giản và có độ tin cậy cao.



Hình 1.1: Động cơ một chiều nam châm vĩnh cửu không chổi than

Cùng với sự phát triển của công nghệ điện tử, công nghệ chế tạo vật liệu làm nam châm vĩnh cửu cũng có những bước tiến lớn, đã làm cho những ưu điểm của các hệ thống truyền động điện sử dụng động cơ BLDC so với động cơ một chiều có cổ góp-chổi than hay động cơ dị bộ trở lên rõ rệt hơn, đặc biệt là ở các hệ thống truyền động di động sử dụng nguồn điện một chiều độc lập từ ắc quy, pin hay năng lượng mặt trời. Trong đó không thể không nhắc đến là các hệ truyền động xe kéo trên xe điện với công suất

từ vài chục đến 100kW. Trong công nghiệp, chúng còn được sử dụng rộng rãi trong các hệ điều khiển servo có công suất dưới 10kW.

Mặc dù được gọi là động cơ một chiều nhưng thực chất động cơ BLDC thuộc loại động cơ xoay chiều đồng bộ sử dụng nam châm vĩnh cửu, Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu là nhóm động cơ xoay chiều đồng bộ (tức là rotor quay cùng tốc độ với từ trường quay) có phần cảm là nam châm vĩnh cửu.

Động cơ BLDC là loại động cơ sóng hình thang. Chính sức phản điện động có dạng hình thang này mới là yếu tố quyết định để xác định một động cơ BLDC. Thay cho sự chuyển mạch dòng phần ứng như các động cơ một chiều thông thường sử dụng chổi than-cổ góp thì động cơ BLDC sử dụng chuyển mạch điện tử. Do đó các cuộn dây phần ứng đặt trên stator nên dễ dàng dẫn nhiệt từ các cuộn dây ra ngoài vỏ, cũng như sử dụng các phương pháp làm mát cưỡng bức khác nếu cần. Vì vậy động cơ BLDC có mật độ công suất lớn hơn động cơ một chiều truyền thống.

Mặc dù người ta nói rằng đặc tính tĩnh của động cơ BLDC và động cơ một chiều thông thường là hoàn toàn giống nhau, nhưng thực tế chúng có những khác biệt đáng kể ở một vài khía cạnh. Khi nói về chức năng của động cơ điện, không được bỏ qua ý nghĩa của dây quấn và sự đổi chiều. Đổi chiều là quá trình biến đổi dòng một chiều ở đầu và thành dòng xoay chiều và phân bố một cách chính xác dòng điện xoay chiều này tới mỗi dây quấn ở phần ứng của động cơ. Ở động cơ BLDC, người ta sử dụng các thiết bị bán dẫn như transistor, MOSFET, IGBT.... để thực hiện đổi chiều khác với động cơ một chiều thông thường sử dụng cổ góp-chổi than.

Ưu điểm của động cơ BLDC:

- Đặc tính tốc độ/mô men tuyến tính.
- Đáp ứng động nhanh do quán tính nhỏ.
- Hiệu suất cao do sử dụng rotor nam châm vĩnh cửu nên không có tổn

hao trên rotor.

- Tuổi thọ cao do không có chuyển mạch cơ khí.
- Không gây nhiễu khi hoạt động.
- Dải tốc độ rộng.
- Mật độ công suất lớn.
- Vận hành nhẹ nhàng (dao động mô men nhỏ) thậm chí ở tốc độ thấp (để đạt được điều khiển vị trí một cách chính xác).
- Mô men điều khiển được ở vị trí bằng không.
- Kết cấu gọn.
- Có thể tăng tốc và giảm tốc trong thời gian ngắn.

Nhược điểm của động cơ BLDC:

- Do động cơ được kích từ bằng nam châm vĩnh cửu nên khi chế tạo có giá thành cao.
- Nếu dùng các loại nam châm sắt từ thì dễ bị từ hóa, khả năng tích từ không cao, dễ bị khử từ và đặc tính từ của nam châm bị giảm khi tăng nhiệt độ.

Động cơ BLDC có những ưu điểm vượt trội so với các động cơ một chiều thông thường. 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 chúng. Bảng 1.1 so sánh hai loại động cơ này để thấy được sự giống và khác nhau giữa hai động cơ từ đó có thể khẳng định chắc chắn hơn những ưu điểm nổi trội hơn của động cơ một chiều nam châm vĩnh cửu không chổi than.

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

Các thông số so sánh	Động cơ một chiều không chổi than	Động cơ một chiều thông thường	Ưu điểm của BLDC so với động cơ một chiều thông thường
Bộ chuyển mạch	Đảo chiều bằng điện tử dựa trên thông tin từ cảm biến vị	Đảo chiều dòng kiểu cơ khí bằng chổi	BLDC sử dụng chuyển mạch điện tử thay thế cho chuyển mạch cơ
Hiệu suất	Cao	Trung bình	Điện áp rơi trên các linh kiện điện tử nhỏ hơn điện áp rơi trên chổi than
Bảo trì	Rất ít hoặc không cần bảo		Không phải bảo trì chổi than, cổ góp
Khả năng tản nhiệt	Tốt hơn	Kém	Với BLDC, chỉ có các cuộn dây phần ứng phát sinh nhiệt khi làm việc. Ngoài ra, các cuộn dây phần ứng được bố trí ở stator cho phép tản nhiệt tốt hơn qua vỏ động cơ. Với động cơ một chiều thông thường, tổn hao nhiệt xuất hiện ở cả dây quấn stator và rotor. Ngoài ra việc tỏa nhiệt của dây quấn rotor là khó khăn hơn.

Tỷ số công suất ra / kích cỡ (Output)	Cao	Trung bình hoặc thấp	BLDC sử dụng các nam châm vĩnh cửu bằng vật liệu tiên tiến, không có tổn hao trên rotor
Đặc tính tốc độ / moment	Bằng phẳng	Tương đối bằng phẳng	BLDC không có ma sát ở chổi than làm giảm moment
Đáp ứng động	Nhanh	Chậm	Moment quán tính của rotor BLDC thường nhỏ hơn so với moment quán tính của rotor động cơ một chiều thông thường
Dải điều chỉnh tốc độ	Cao	Thấp	BLDC không bị giới hạn tốc độ về mặt cơ khí do chổi than và cổ góp
Nhiều điện	Thấp	Cao	BLDC không có tia lửa điện khi vận hành do không có chổi than cổ góp, vì vậy ít gây nhiễu hơn
Tuổi thọ	Cao	Thấp	Do BLDC không có chổi than, cổ góp

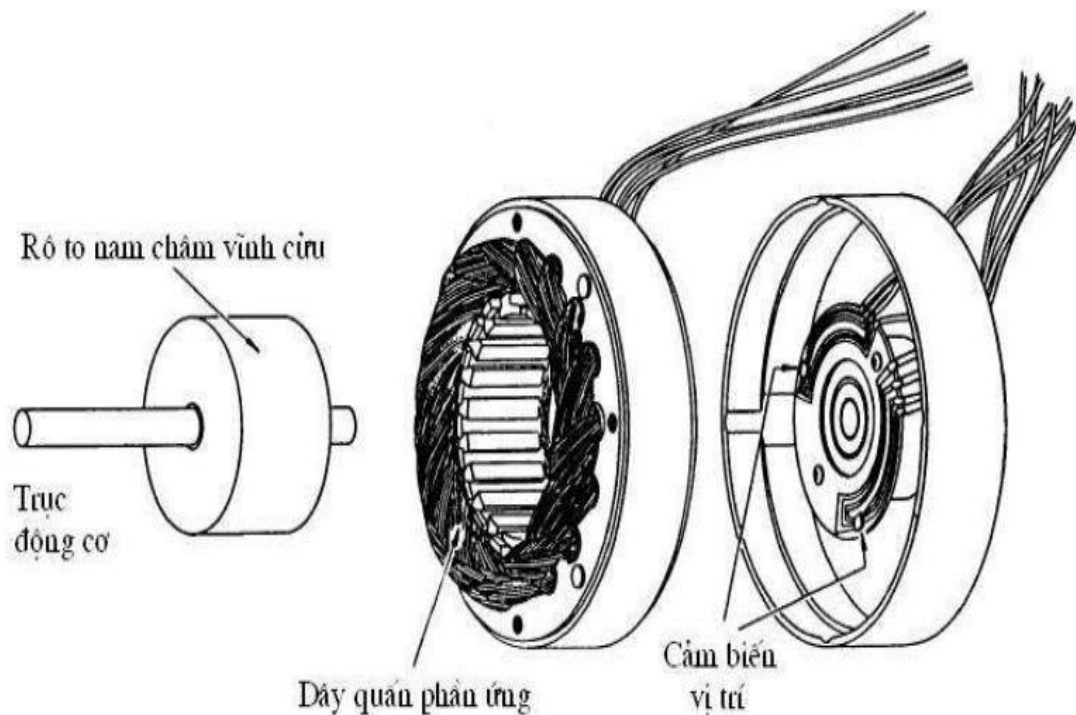
1.2. CẤU TẠO ĐỘNG CƠ BLDC.

Khác với động cơ một chiều truyền thống, động cơ BLDC sử dụng chuyển mạch điện tử thay cho kết cấu cổ góp-chổi than để chuyển mạch dòng điện cấp cho các cuộn dây phản ứng. Có thể gọi đó là cơ cấu chuyển mạch tĩnh. Để làm được điều đó phần ứng cũng phải tĩnh. Như vậy, về mặt kết cấu có thể thấy rằng động cơ BLDC và động cơ một chiều truyền thống

có sự hoán đổi vị trí giữa phần cảm và phần ứng: phần cảm trên rotor và phần ứng trên stator.

Cũng chính vì cấu tạo không có cơ cấu cổ góp-chổi than nên động cơ BLDC mới có nhiều ưu điểm hơn so với các động cơ một chiều thông thường như ta đã kể ra ở phần trên.

Cấu tạo của động cơ BLDC rất giống một loại động cơ xoay chiều đó là động cơ xoay chiều đồng bộ kích thích bằng nam châm vĩnh cửu, Hình 1.2 minh họa cấu tạo của động cơ BLDC ba pha điển hình.



Hình 1.2: Các thành phần cơ bản của động cơ BLDC

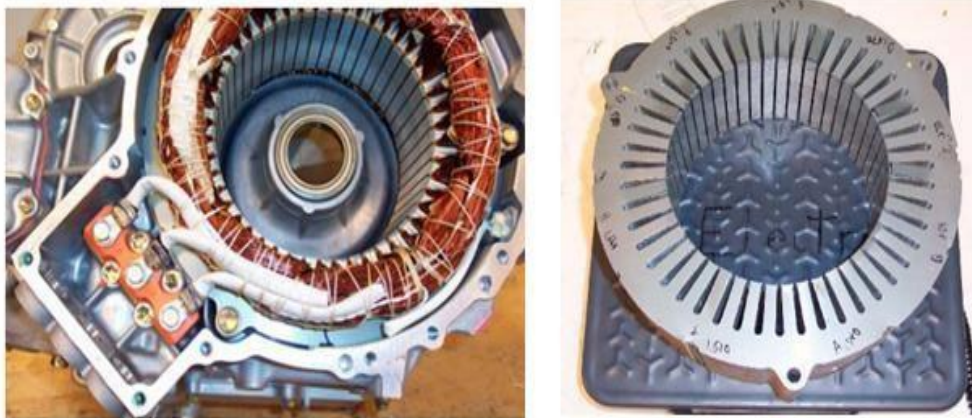
Dây quấn stator tương tự như dây quấn stator của động cơ xoay chiều nhiều pha và rotor bao gồm một hay nhiều nam châm vĩnh cửu. Điểm khác biệt cơ bản của động cơ một chiều nam châm vĩnh cửu không chổi than so với động cơ xoay chiều đồng bộ là nó kết hợp một vài phương tiện để xác định vị trí của rotor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

từ chuyên 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) dùng cảm biến Hall, 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, tuy nhiên động cơ BLDC hai pha cũng được sử dụng khá phổ biến vì cấu tạo và mạch truyền động đơn giản.

1.2.1. Cấu tạo stator của động cơ BLDC.

Khác với động cơ một chiều truyền thống, stator của động cơ một chiều nam châm vĩnh cửu 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 1.2). Dây quấn ba pha có hai sơ đồ nối dây, đó là nối theo hình sao Y hoặc hình tam giác Δ .



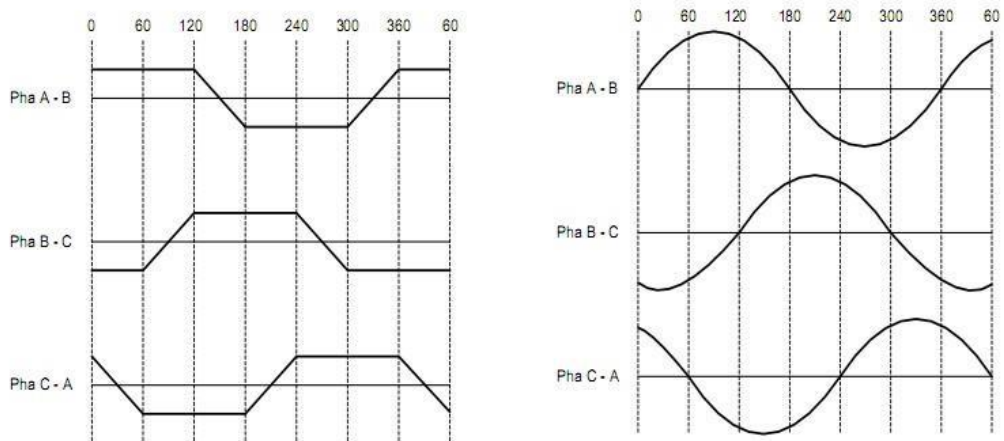
Hình 1.3: Stator của động cơ BLDC

a) Cuộn dây đặt trong rãnh stator

b) Rãnh của stator

Stator của động cơ BLDC gồm các lá thép kỹ thuật điện mỏng xếp chặt cùng với các cuộn dây được đặt trong các khe dọc theo mặt bên trong của stator. Kết cấu như vậy trông giống như trong động cơ không đồng bộ. Theo truyền thống cấu tạo stator của động cơ BLDC cũng giống như cấu tạo của các động cơ cảm ứng khác. Tuy nhiên, khác với động cơ không đồng bộ, các cuộn dây trên stator của động cơ BLDC được phân bố với mật độ

đều nhau dọc theo mặt trong của stator. Sự khác biệt này tạo nên sức phản điện động dạng hình thang. Tùy thuộc vào số cuộn dây trên stator ta có các loại động cơ BLDC một pha, hai pha, ba pha tương ứng có một cuộn dây, hai cuộn dây, ba cuộn dây trên stator. Trong đó loại động cơ ba pha ba cuộn dây được sử dụng phổ biến hơn cả. Trong động cơ một chiều truyền thống, thời điểm chuyển mạch dòng điện giữa các cuộn dây phần ứng được xác định một cách tự nhiên do kết cấu và sự bố trí phù hợp giữa các cặp cực trên stator và cơ cấu cổ góp-chổi than. Động cơ BLDC không có cơ cấu cổ góp-chổi than nên cần phải có các phần tử và phương pháp để xác định được vị trí của rotor nhằm đưa ra các tín hiệu điều khiển trình tự cấp điện cho các cuộn dây pha trên stator cho phù hợp. Cũng chính vì sự khác biệt trong cách nối liền các bó dây trong cuộn dây trên stator 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 mô men của động cơ hình sin phẳng hơn nhưng giá thành lại đắt hơn do phải có thêm các bó dây nối liền tục, còn động cơ hình thang lại rẻ hơn nhưng đặc tính mô men lại có sự nhấp nhô vì sự thay đổi điện áp của sức phản điện động là lớn hơn.



a) Sức điện động hình thang

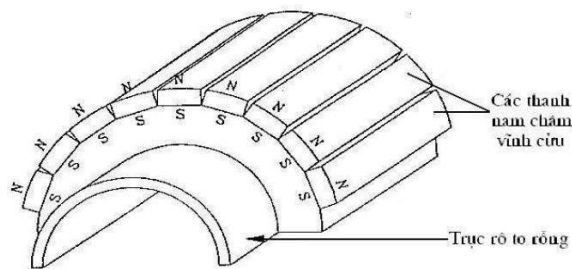
b) Sức điện động hình sin

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

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 chuyên động nhỏ. Các động cơ trên 100V được dùng trong các thiết bị công nghiệp, tự động hóa và các ứng dụng công nghiệp.

1.2.2. Cấu tạo rotor của động cơ BLDC.

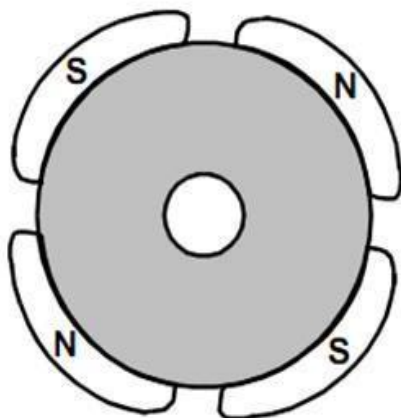
Rotor của động cơ BLDC gồm có phần lõi bằng thép và các nam châm vĩnh cửu được gắn trên đó theo các cách khác nhau được biểu diễn ở Hình 1.5. Về cơ bản có hai phương pháp gắn các nam châm vĩnh cửu trên lõi của rotor .



Hình 1.5: Rotor của động cơ BLDC

Rotor có nam châm gắn trên bề mặt lõi

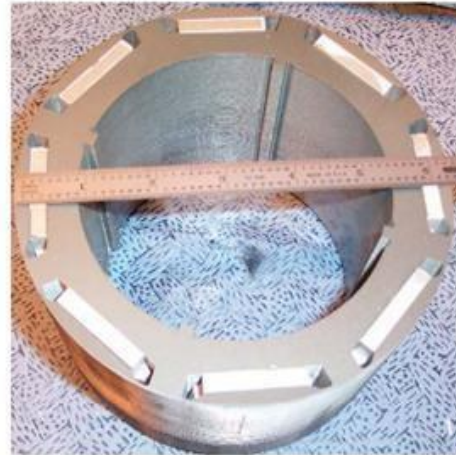
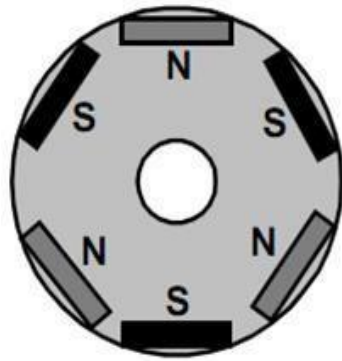
Các nam châm vĩnh cửu được gắn trên bề mặt lõi rotor Hình 1.6. Kết cấu này đơn giản trong chế tạo nhưng không chắc chắn nên thường được sử dụng trong phạm vi tốc độ trung bình và thấp.



Hình 1.6: Rotor có nam châm gắn trên bề mặt lõi

Rotor có nam châm ẩn bên trong lõi

Trong lõi rotor có các khe dọc trục và các thanh nam châm vĩnh cửu được chèn vào các khe này (Hình 1.7). Kết cấu này khó khăn trong việc chế tạo và lắp ráp, đặc biệt là với công suất lớn, nhưng lại rất chắc chắn và được sử dụng trong các ứng dụng tốc độ cao.



Hình 1.7: Rotor có nam châm đặt ẩn bên trong lõi

Ở động cơ BLDC, các nam châm vĩnh cửu trên rotor tạo ra từ trường hướng tâm và phân bố đều dọc theo khe hở không khí giữa stator và rotor.

Dựa vào yêu cầu về mật độ từ trường trong rotor, chất liệu làm nam châm thích hợp được chọn tương ứng. Nam châm Ferrite thường được sử dụng, tuy giá thành rẻ nhưng mật độ từ trường thấp. Khi công nghệ phát triển, nam châm làm từ hợp kim ngày càng phổ biến. Trong khi đó các loại nam châm được sản xuất từ các hợp kim đất hiếm. Vật liệu hợp kim đất hiếm có mật độ từ trường trên đơn vị thể tích cao và cho phép thu nhỏ kích thước của rotor nhưng vẫn đạt được mô men tương ứng. Do đó, với cùng thể tích, mô men của rotor có nam châm làm từ vật liệu hợp kim luôn lớn hơn nam châm làm từ Ferrite. Điều này đặc biệt có ích đối với các động cơ công suất lớn. Nam châm được sản xuất từ vật liệu hợp kim đất hiếm có giá thành cao và thường chỉ được sử dụng trong các ứng dụng công nghệ cao.

1.2.3. Cảm biến vị trí rotor.

Không giống như những động cơ một chiều thông thường dùng cơ cấu cổ góp- chổi than, chổi than của động cơ một chiều nam châm vĩnh cửu 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 sẽ được cấp điện theo thứ tự. Như chúng ta đã biết, đổi chiều dòng điện căn cứ vào vị trí của từ thông rotor. Do đó vấn đề xác định được vị trí từ thông rotor là rất quan trọng để ta biết được cuộn dây trên stator tiếp theo nào sẽ được cấp điện theo thứ tự cấp điện. Để xác định vị trí từ thông rotor, ta dùng các thiết bị cảm biến sau:

- Cảm biến Hall.
- Cảm biến từ trở MR (magneto-resistor sensor).
- Đèn LED hoặc transistor quang.

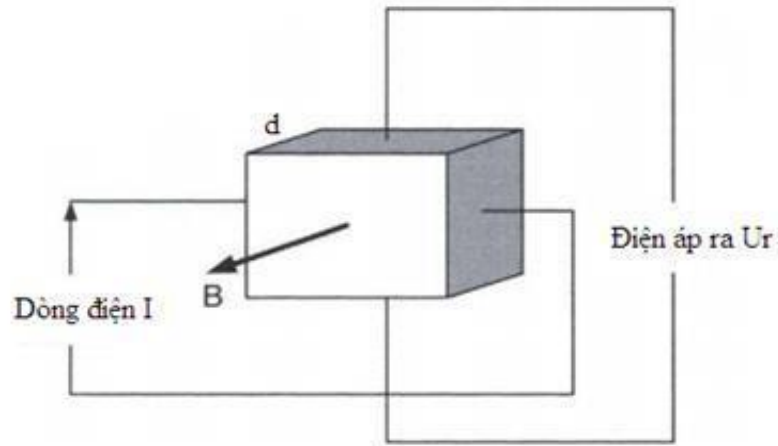
Hầu hết các động cơ một chiều không chổi than đều có cảm biến đặt ẩn bên trong stator, ở phần đuôi trục (trục phụ) của động cơ.

Mỗi khi các cực nam châm của rotor đi qua khu vực gần các cảm biến, các cảm biến sẽ hoạt động, gửi các tín hiệu cao hoặc thấp tương ứng với khi cực Bắc (N) hoặc cực Nam (S) đi qua cảm biến.

1.2.3.1 Cảm biến Hall

Trên hình 1.8 là sơ đồ biểu diễn một phần tử cảm biến Hall. Trong động cơ BLDC sử dụng cảm biến vị trí hiệu ứng Hall. Hiệu ứng Hall được E.H.Hall tìm ra năm 1879 và được mô tả như sau: Khi một dây dẫn đặt trong một từ trường, từ trường sẽ tác động một lực lên các điện tích đang di chuyển trong dây dẫn điện và có khuynh hướng đẩy chúng sang một bên của dây dẫn. Điều này rất dễ hình dung khi dây dẫn có dạng tấm mỏng. Sự tích tụ các điện tích ở một bên dây dẫn sẽ làm xuất hiện điện áp giữa hai mặt của dây dẫn. Điện áp này có độ lớn tỉ lệ với cường độ từ trường và cường độ dòng điện qua dây dẫn.

Cảm biến vị trí rotor có nhiệm vụ cung cấp thông tin về vị trí của rotor cho mạch điều khiển cấp điện cho các cuộn dây stator. Cần chú ý là cảm biến Hall sẽ được gắn trên stator của BLDC chứ không phải đặt trên rotor .



Hình 1.8: Mô hình phần tử cảm biến Hall $U_r = (K_h \cdot I \cdot B) / d$

Việc gắn cảm biến Hall trên stator là một quá trình phức tạp và yêu cầu độ chính xác cao. Việc lắp cảm biến Hall trên stator không chính xác sẽ dẫn đến những sai số khi xác định vị trí của rotor. Để khắc phục điều này, một số động cơ có thể được đặt 13ung các nam châm phụ trên rotor để phục vụ cho việc xác định vị trí rotor. Các nam châm phụ này được gắn như các nam châm chính nhưng nó nhỏ hơn và thường được gắn trên phần trục rotor nằm ngoài các cuộn dây stator để tiện cho việc hiệu chỉnh sau này. Kết cấu như vậy giống như cơ cấu cổ góp-chổi than trong động cơ một chiều truyền thống.

Dựa trên vị trí vật lý của cảm biến Hall, có hai cách đặt cảm biến này trên stator. 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 để hoạt động. Điện áp cấp có thể dao động từ 4V đến 24V. Yêu cầu dòng từ 5mA đến 15mA. Khi thiết

kế bộ điều khiển, cần chú ý đến đặc điểm kỹ thuật tương ứng của từng loại động cơ để biết chính xác điện áp và dòng điện của các cảm biến Hall được 14ung. Đầu ra của cảm biến Hall thường là loại open-collector, vì thế cần có điện trở treo ở phía bộ điều khiển. Nếu không có điện trở treo thì tín hiệu mà chúng ta có được không phải là tín hiệu xung vuông mà là tín hiệu nhiễu.

1.2.3.2 Bộ cảm biến từ trở MR

Từ thông sẽ làm thay đổi điện trở mạch, với phương pháp này ta có thể phát hiện chính xác vị trí của từ thông. Khi nam châm đến gần thành phần cảm biến từ trở, điện trở của thành phần này sẽ bị thay đổi. Sự thay đổi là lớn nhất khi nam châm đi qua tâm của nó. Sau đó mức độ thay đổi sẽ giảm dần tới khi nam châm hoàn toàn vượt qua thành phần này. Điện trở thay đổi được tính theo công thức:

$$R = U/(m.v) \quad (1.2)$$

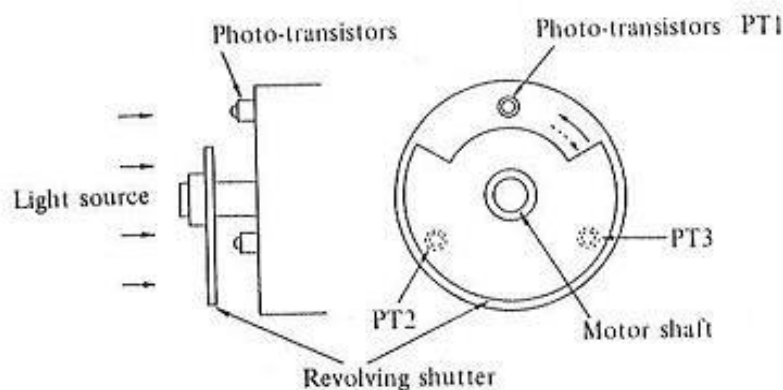
Trong đó: R là điện trở thay đổi, m là mật độ hạt mang điện

v là vận tốc hạt mang điện

1.2.3.3 Dùng đèn LED transistor quang và màn chắn

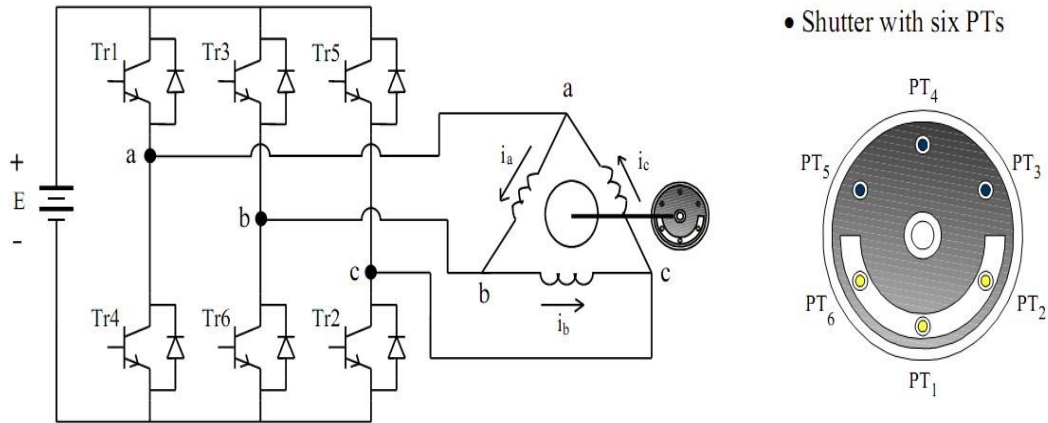
Trên hình 1.9 là hệ thống xác định vị trí từ thông rotor dùng transistor quang hay màn chắn.

Nguyên lý hoạt động: Một transistor PT1 ở trạng thái dẫn thì hai transistor còn lại là PT2 và PT3 ở trạng thái tắt.



Hình 1.9: Thiết bị cảm biến vị trí rotor dùng transistor quang

Mạch điện tử công suất gồm 6 transistor (hình 1.9) được mắc thành cầu đối xứng. Ba cuộn dây stator được nối tam giác. Trên rotor gắn mạch tạo tín hiệu điều khiển động cơ.



Hình 1.10: Sơ đồ nguyên lý động cơ BLDC được điều khiển bằng transistor quang

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

Điều khiển động cơ BLDC bằng cách chuyển mạch dòng điện giữa các cuộn dây pha theo thứ tự và vào những thời điểm nhất định. Quá trình này gọi là quá trình chuyển mạch dòng điện.

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 thay thế bởi bộ chuyển đổi chiều điện tử sử dụng transistor công suất chuyển mạch theo vị trí rotor.

Do cấu trúc của động cơ một chiều nam châm vĩnh cửu 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 cổ góp-chổi than của động cơ một chiều thông thường.

1.2.5. Sức phản điện động.

Khi động cơ một chiều nam châm vĩnh cửu không chổi than quay, mỗi 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 ba yếu tố: Vận tốc góc của rotor, từ trường sinh ra bởi nam châm vĩnh cửu và số vòng trong mỗi cuộn dây trên stator.

$$EMF = E \approx NlrB\omega \quad (1.3)$$

Trong đó: N là số vòng dây trong 1 pha

l là chiều dài roto

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 stator là hằng số luôn không đổi. Chỉ có duy nhất vận tốc của rotor là làm thay đổi sức phản điện động. Khi vận tốc của rotor tăng thì sức phản điện động cũng tăng theo. Trong các tài liệu kỹ thuật của động cơ có đưa ra hằng số sức phản điện động có thể sử dụng để ước lượng sức phản điện động tương ứng với một tốc độ nhất định.

Ở chương 1 này cho em cái nhìn tổng quát về động cơ BLDC (ưu nhược điểm, về cấu tạo động cơ,..). Động cơ BLDC do có thể tạo ra công suất lớn ,dễ dàng điều chỉnh tốc độ ,.... nên ngày nay động cơ BLDC được ứng dụng rộng rãi trong các ngành nghề công nghiệp và dân dụng.

CHƯƠNG 2.

NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ BLDC

2.1. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ BLDC.

2.1.1. Nguyên lý hoạt động của động cơ BLDC.

Có rất nhiều cách để giải thích hoạt động của động cơ BLDC. Quá trình điều khiển động cơ BLDC cũng chính là quá trình điều khiển cho dòng điện chạy qua các cuộn dây một cách thích hợp.

Như chúng ta đã biết, động cơ BLDC hoạt động dựa trên quá trình chuyển mạch dòng điện. Động cơ BLDC có ba cảm biến Hall đặt trên stator. Khi các cực của nam châm trên rotor chuyển động đến vị trí cảm biến Hall thì đầu ra của cảm biến có mức logic cao hoặc thấp, tùy thuộc vào cực N hay S. Dựa vào tổ hợp các tín hiệu logic của ba cảm biến để xác định trình tự và thời điểm chuyển mạch dòng điện giữa các cuộn dây pha trên stator.

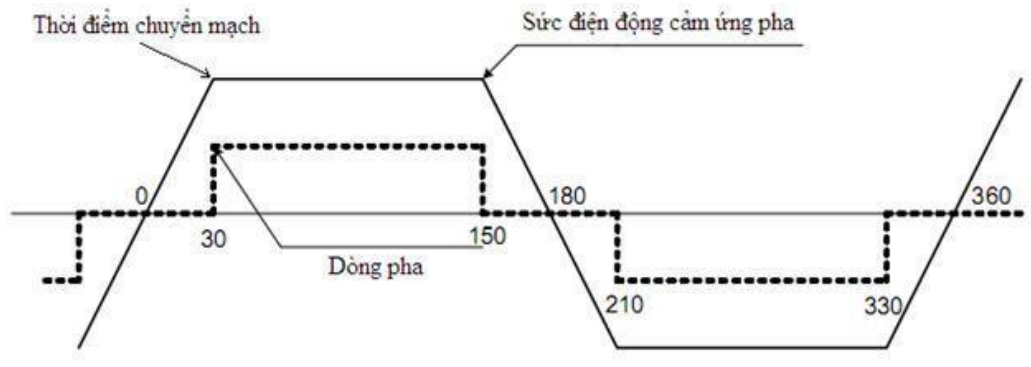
Trong quá trình hoạt động, tại thời điểm chỉ có hai cuộn dây pha được cấp điện, cuộn dây thứ ba không được cấp điện và việc chuyển mạch dòng điện từ cuộn dây này sang cuộn dây khác sẽ tạo ra từ trường quay và làm cho rotor quay theo.

Như vậy, thứ tự chuyển mạch dòng điện giữa các cuộn dây pha phải căn cứ vào chiều quay của rotor.

Thời điểm chuyển mạch dòng điện từ pha này sang pha khác được xác định sao cho mô men đạt giá trị lớn nhất và đập mạch mô men do quá trình chuyển mạch dòng điện là nhỏ nhất.

Để đạt được yêu cầu trên, ta mong muốn cấp điện cho cuộn dây vào thời điểm sao cho dòng điện trùng pha với sức điện động cảm ứng và dòng điện cũng được điều chỉnh để đạt biên độ không đổi trong khoảng có độ rộng 120°

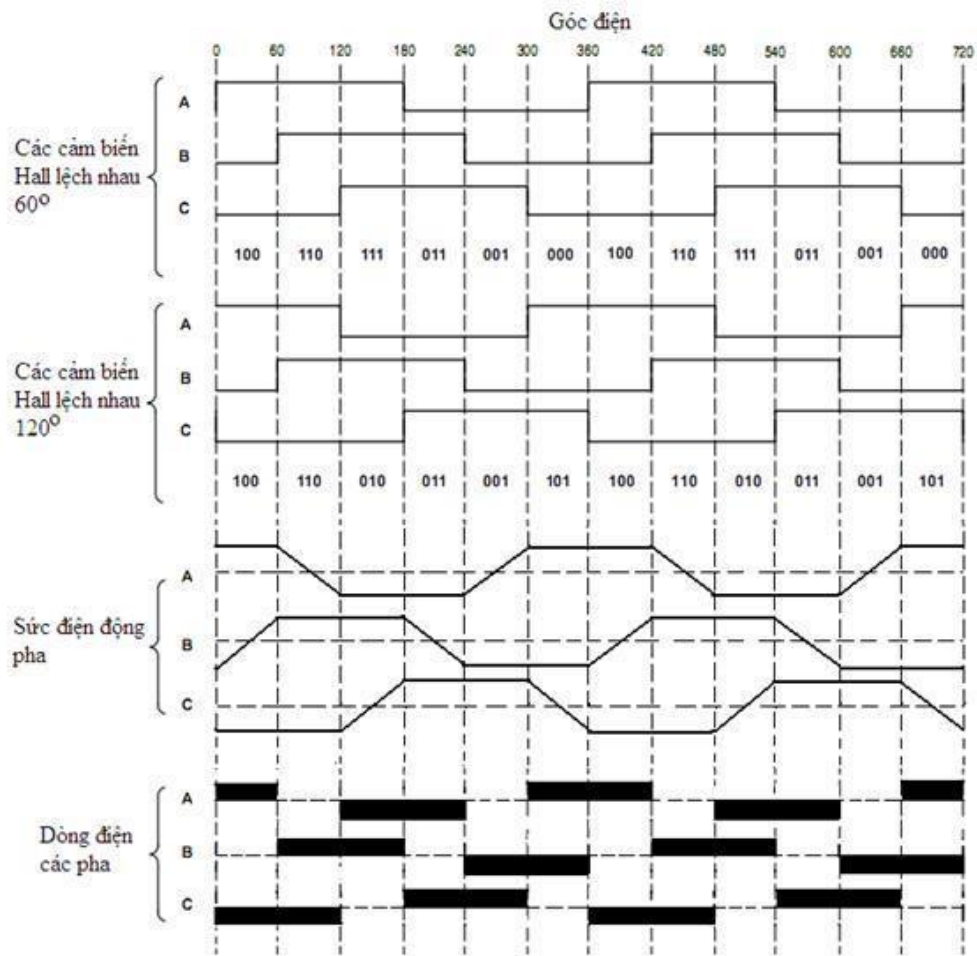
điện. Nếu không trùng pha với sức điện động thì dòng điện cũng sẽ có giá trị lớn vào gây thêm tổn hao trên stator làm giảm hiệu suất của động cơ. Hình 2.1 biểu diễn sự trùng giữa sức điện động cảm ứng và dòng điện



Hình 2.1: Sự trùng pha giữa sức điện động cảm ứng và dòng điện

Do có mối liên hệ giữa sức điện động cảm ứng pha và vị trí của rotor nên việc xác định thời điểm cấp điện cho các cuộn dây pha trên stator còn có thể thực hiện được bằng việc xác định vị trí của rotor nhờ các cảm biến vị trí.

Trên hình 2.2 biểu diễn trình tự và thời điểm chuyển mạch dòng điện của động cơ BLDC. Thời điểm chuyển mạch dòng điện là thời điểm mà một trong ba tín hiệu cảm biến Hall thay đổi mức logic. Trong một chu kì điện có sáu sự chuyển mức logic của ba cảm biến Hall. Do đó trình tự chuyển mạch này gọi là trình tự chuyển mạch sáu bước của động cơ BLDC.



Hình 2.2: Trình tự và thời điểm chuyển mạch dòng điện

2.1.2. 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 truyền thống. Tức là mối quan hệ giữa mô men và tốc độ là các đường tuyến tính nên rất thuận tiện trong quá trình điều khiển động cơ để truyền động cho nhiều cơ cấu khác. Động cơ BLDC không dùng cơ cấu cổ góp-chổi than nên ta có thể tăng tốc độ do không có sự đánh lửa gây mài mòn. Vì vậy mở rộng vùng điều chỉnh của động cơ BLDC là việc không hề khó khăn.

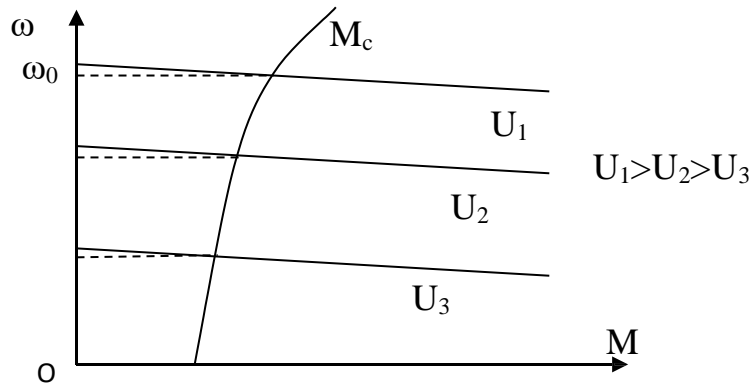
$$\text{Xuất phát từ biểu thức: } U = RI + L \frac{di}{dt} + E \approx E + RI \quad (2.1)$$

Ta có dòng điện:
$$I = (U - E) / R = \frac{U - k\Phi\omega}{R} \quad (2.2)$$

Thay thế vào biểu thức mô men ta rút ra :

$$\omega = \frac{U}{k\Phi} - R \cdot \frac{Me}{k\Phi^2} \quad (2.3)$$

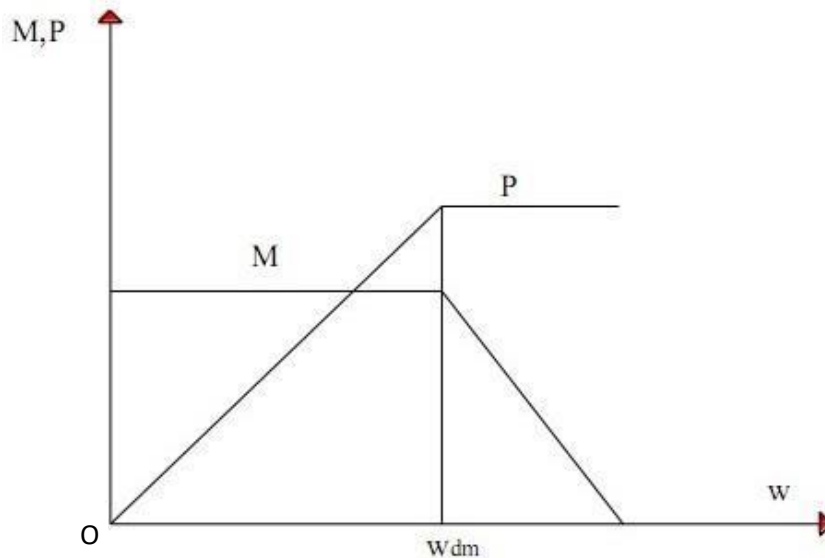
Đây là phương trình đặc tính cơ của động cơ BLDC và được vẽ như sau:



Hình 2.3: Đặc tính cơ của động cơ BLDC

Khi thay đổi điện áp dẫn đến tốc độ thay đổi, suy ra dải điều chỉnh có thể mở rộng được.

Nhận thấy đặc tính cơ của động cơ BLDC giống với đặc tính cơ của động cơ điện một chiều.



Hình 2.4: Đặc tính làm việc của động cơ BLDC

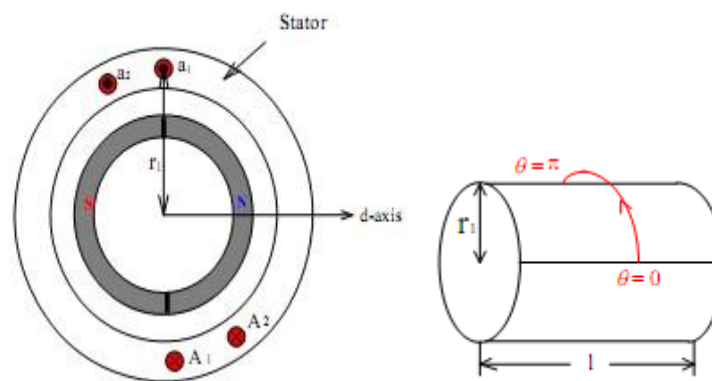
Động cơ làm việc ở hai vùng, khi momen không đổi thì công suất thay đổi, khi công suất không đổi thì momen thay đổi.

2.2. MÔ HÌNH TOÁN, PHƯƠNG TRÌNH SỨC ĐIỆN ĐỘNG VÀ MÔ MEN CỦA ĐỘNG CƠ BLDC.

2.2.1. Phương trình sức điện động và mô men.

Xét một động cơ có hai cực hình cung tròn 180° , nam châm vĩnh cửu, từ thông do nó sinh ra là không đổi.

Trục d đi qua trung tâm của cực N có $\theta=0$, số lượng vòng quay của cuộn dây a1-A1 là W_1 (hình 2.5)



Hình 2.5: Mô tả sự tạo mô men động cơ BLDC

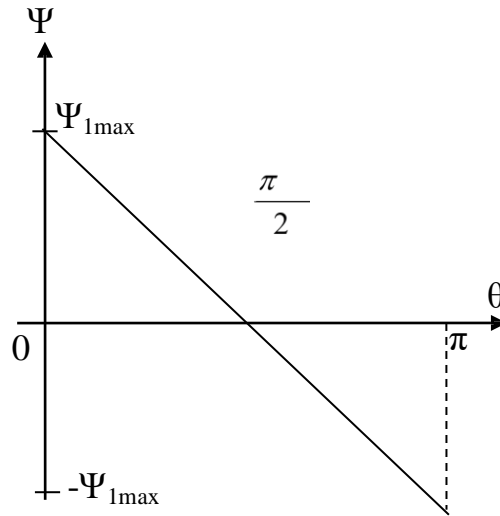
Từ thông móc vòng của cuộn dây a1-A1 với số vòng dây W_1 được xác định như sau:

$$\psi_{1max} = W_1 \int_0^\pi B(\theta) r_1 l d\theta$$

Sau khi tích phân ta được

$$\psi_{1max} = W_1 B_g \pi l r_1$$

Trong đó: B_g là biên độ cảm ứng từ trường có giá trị không đổi. Nhận thấy rằng tại $\theta=0$ tổng từ thông móc vòng $\psi_1 = \psi_{max}$, khi góc quay θ tăng lên từ thông ψ_1 giảm xuống, tới $\theta = \pi/2$, thì $\psi_1 = 0$, khi $\theta > \pi/2$, từ thông ψ_1 đổi dấu và khi $\theta = \pi$ thì $\psi_1 = -\psi_{max}$.



Hình 2.6: Đặc tính từ thông theo góc quay roto

Phương trình tổng từ thông có dạng:

$$\psi_1(\theta) = \left[1 - \frac{2\theta}{\pi}\right] \psi_{1\max} \quad \text{với } (0 < \theta \leq \pi) \quad (2.4)$$

Đặc tính $\psi_1 = f(\theta)$

Bây giờ xác định biểu thức sđđ.

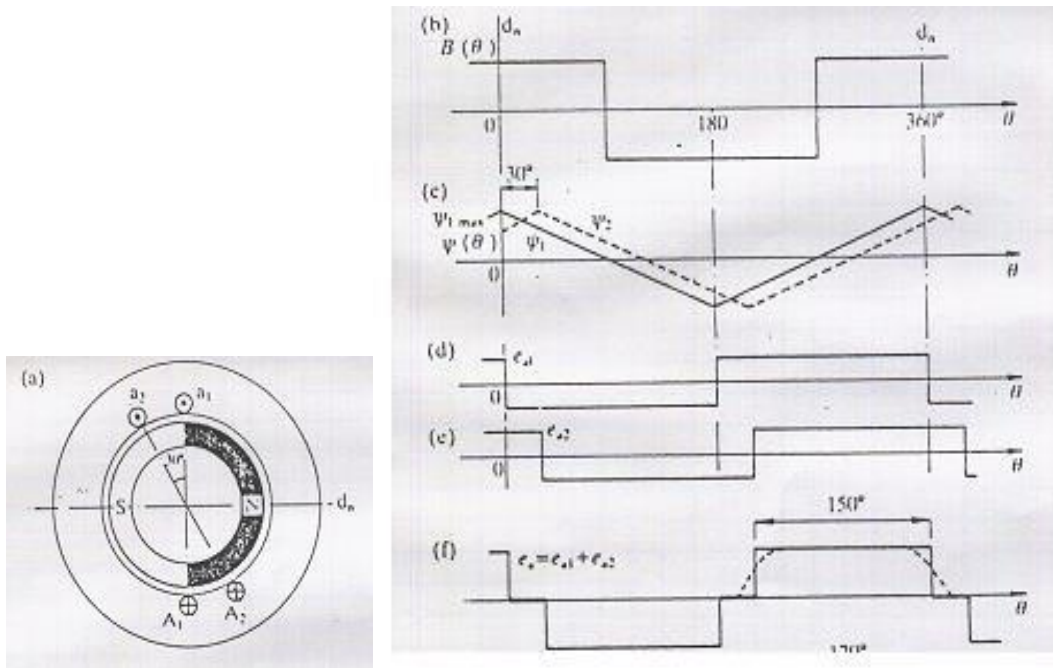
Sđđ của cuộn dây a1-A1 xác định như sau:

$$e_1 = \frac{d\psi_1}{dt} = \frac{d\psi_1 d\theta}{d\theta dt} = \frac{\omega_e d\psi_1}{d\theta} \quad (2.5)$$

Thay giá trị ψ_1 , tính đạo hàm nhận được:

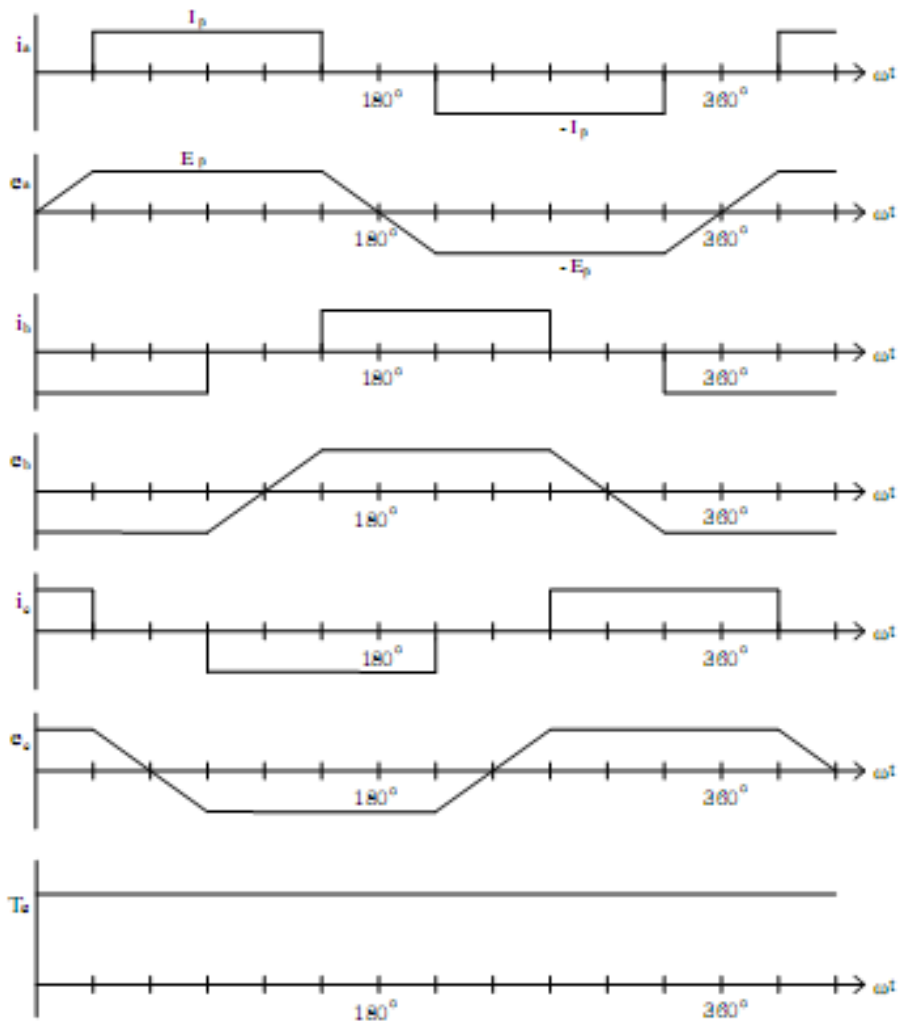
$$e_1 = -2W_1 B_{glr1} \omega_e \quad (2.6)$$

Mật độ từ thông, tổng từ thông của cuộn dây a1-A1, a2-A2, sđđ cả 2 cuộn dây cho ở hình 2.7. Nhận thấy rằng sđđ có dạng hình thang, đỉnh phẳng tức thời: 120° do từ trường không hình sin.



Hình 2.7: Mật độ từ thông, tổng từ thông của cuộn dây a1-A1, a2-A2, sđđ cả hai cuộn dây và tổng sđđ

Trên hình 2.8 biểu diễn dòng điện, sức điện động và mô men của động cơ ba pha. Dòng phần ứng lý tưởng dạng chữ nhật, đỉnh phẳng có góc 120° , sức điện động ba pha lý tưởng có dạng hình thang, đỉnh phẳng là 120° nửa chu kì và trùng pha với dòng điện.



Hình 2.8: Biểu diễn dòng điện ba pha, sđđ và mô men

Biên độ sđđ ở đỉnh phẳng của một cuộn dây xác định như sau:

$$e = 2W_{ph}B_g l r_1 \omega_e \quad (2.7)$$

Trong đó W_{ph} là số vòng dây, biến đổi đi chút ít nhận được:

$$e = \frac{2}{\pi} W_{ph} B_g l \pi r_1 \omega_e$$

Trong đó: diện tích $S = \pi l r_1$, từ thông $\Phi = S \cdot B_g = \pi l r_1 B_g$ do 2 pha mắc nối tiếp nên sđđ hiệu dụng pha: $E = 2e$

Thay vào ta được

$$E = \frac{4}{\pi} N_{ph} B_g l \pi r_1 \omega_e = k \phi \omega_e$$

Trong đó: $K = \frac{4}{\pi} N_{ph}$

Tiếp theo ta sẽ xác định phương trình mô men của động cơ BLDC. Để xác định mô men của động cơ BLDC, trước hết xác định công suất của động cơ.

Công suất điện ra tức thời:

$$P_e = e_a i_a + e_b i_b + e_c i_c$$

Vậy mô men tức thời được tính theo biểu thức:

$$M_e = \frac{P_e}{\omega_e} = (e_a i_a + e_b i_b + e_c i_c) / \omega_e$$

Như chúng ta đã thấy ở hình 2.4, đỉnh phẳng dòng điện pha trùng pha với đỉnh phẳng sức điện động của pha đó ở mỗi 60° , ta có như sau:

+ Ở giai đoạn 1 khi $\omega t = (30^\circ - 90^\circ)$ dòng điện và sức điện động các pha có giá trị:

$$i_a = I_p, i_b = -I_p, i_c = 0 \quad e_a = E_p, e_b = -E_p, e_c = 0$$

Mô men được biểu diễn bằng công thức:

$$M_e = \frac{P_e}{\omega_e} = (e_a i_a + e_b i_b + e_c i_c) / \omega_e = [E_p I_p + 0 + (-E_p)(-I_p)] / \omega_e = 2E_p I_p / \omega_e$$

+ Ở giai đoạn 2 khi $\omega t = (150^\circ - 210^\circ)$ dòng điện và sức điện động các pha có giá trị:

$$i_a = 0, i_b = I_p, i_c = -I_p \quad e_a = 0, e_b = E_p, e_c = -E_p$$

Mô men tức thời khi đó được tính bằng công thức:

$$M_e = \frac{P_e}{\omega_e} = (e_a i_a + e_b i_b + e_c i_c) / \omega_e = [0 + E_p I_p + (-E_p)(-I_p)] / \omega_e = 2E_p I_p / \omega_e$$

Rõ ràng rằng mô men có giá trị không thay đổi trong cả chu kỳ.

Công suất ra có thể được tính bằng công thức:

$$P = M_e \cdot \omega_e = 2eI = 2 \frac{2}{\pi} W_{ph} B_g l \pi r_1 \omega_e = \frac{4}{\pi} N_{ph} B_g l \pi r_1 \omega_e$$

Do đó:

$$M_e = \frac{P}{\omega_e} = \frac{4}{\pi} N_{ph} B_g l \pi r_1 \omega_e \cdot I = K \Phi I$$

Mô men và sức điện động của động cơ điện một chiều có dạng:

$$E=K\Phi\omega, \text{ còn } \quad M_e=K\Phi I_r$$

Như vậy biểu thức mô men của động cơ BLDC và động cơ điện một chiều bình thường là hoàn toàn giống nhau.

2.2.2. Phương trình động học của động cơ BLDC.

Mô men quán tính: J_m Mô men má sát: M_f

Ma sát thường tỷ lệ với tốc độ và được biểu diễn thông qua hệ số nhớt D theo biểu thức:

$$M_f = D \cdot \omega_m \quad (2.8)$$

Mô men tải của động cơ: M_c Mô men quán tính của tải: J_c

Như vậy, phương trình động học tổng quát của động cơ BLDC có dạng như sau:

$$M=(J_m+J_c \frac{d\omega}{dt} + D \cdot \omega + M_c) \quad (2.9)$$

Đặt $J = J_m + J_c$, biến đổi phương trình trên ta được:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{M-D \cdot \omega - M_c}{j} \quad (2.10)$$

$$\text{Viết dưới dạng toán tử Laplace: } s\omega=(M-D \cdot \omega - M_c)/j \quad (2.11)$$

2.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ BLDC.

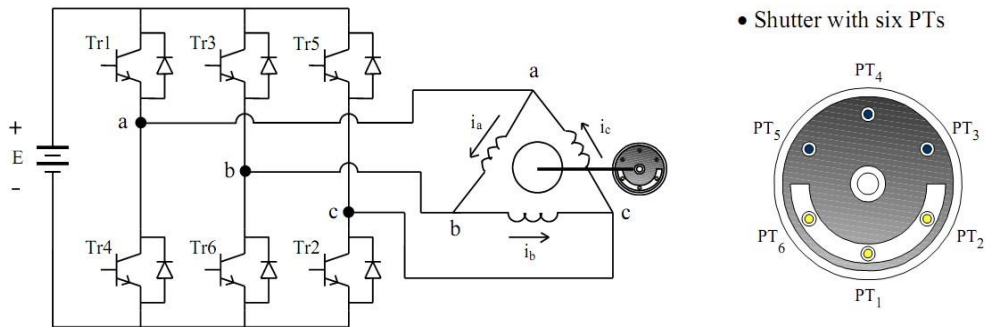
Như ta đã biết, quá trình điều khiển động cơ BLDC chính là quá trình điều khiển sao cho dòng điện chạy qua các cuộn dây đặt trên stator một cách hợp lí.

Có hai phương pháp chính để điều khiển động cơ BLDC: phương pháp dùng cảm biến vị trí Hall (hoặc Encoded) và phương pháp không cảm biến (sensorless control). Trong đó ta có hai phương pháp điều chế điện áp ra từ bộ điều khiển đó là điện áp dạng sóng hình thang và dạng sóng hình sin. Cả hai điện áp hình thang và hình sin đều có thể sử dụng cho điều khiển có sử dụng cảm biến và không sử dụng cảm biến, trong khi đó phương pháp không cảm biến chỉ dùng cho điện áp dạng sóng hình thang.

2.3.1. Phương pháp điều khiển động cơ BLDC sử dụng cảm biến vị trí.

Ở phần trên ta đã trình bày sơ đồ nguyên lý sử dụng phần tử quang để phát hiện vị trí rotor, ở đây ta bàn đến việc sử dụng loại cảm biến này để điều khiển động cơ BLDC.

Hình 2.9 là sơ đồ động cơ BLDC gồm ba cuộn dây nối tam giác và được nối với nguồn một chiều qua bộ chuyển mạch điện tử

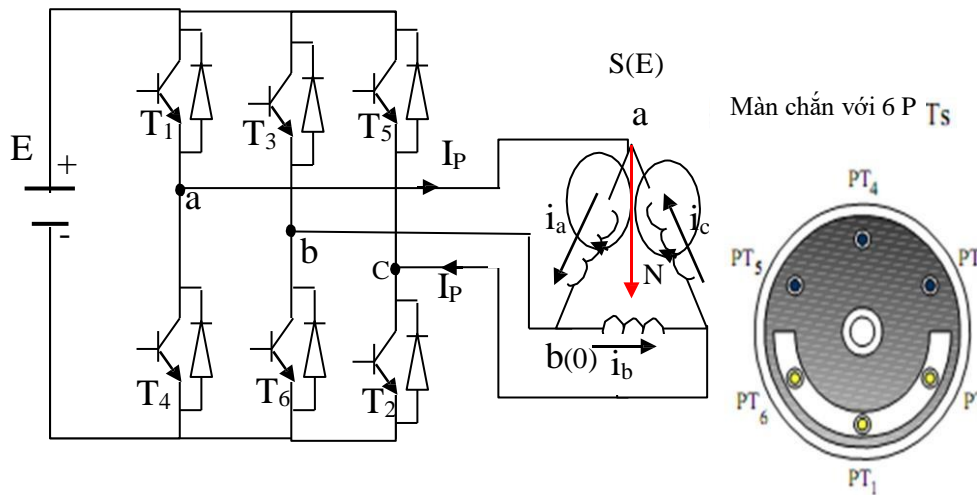


Hình 2.9: Sơ đồ nguyên lý điều khiển động cơ BLDC sử dụng phần tử quang để cảm biến vị trí rotor

Mạch điện tử gồm có sáu transistor quang nối với sáu đèn LED tương ứng đặt ở một màn chắn, trong đó diện tích che phủ của màn chắn là 180° , như vậy tại một thời điểm luôn chỉ có ba phần tử quang được chiếu sáng và ứng với chúng là ba transistor dẫn điện, ba đèn LED còn lại của mạch điện không được chiếu sáng và đương nhiên ba transistor nối với chúng sẽ không dẫn điện. Màn chắn sẽ được gắn vào rotor, khi rotor quay, màn chắn quay theo làm thay đổi trạng thái sáng tối của đèn LED. Hoạt động của bộ chuyển mạch này gồm có sáu sector.

2.3.1.1 Điều khiển quay thuận

Sector 1 (hình 2.10):

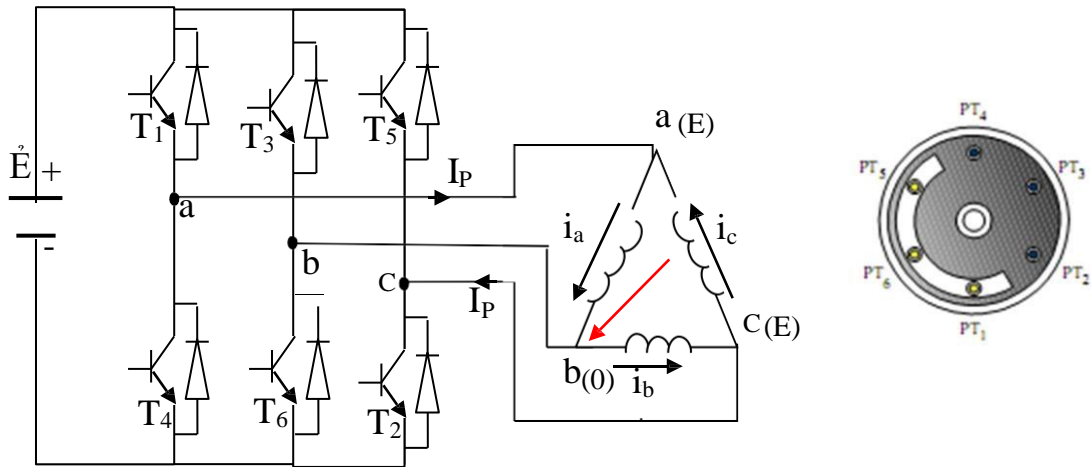


Hình 2.10: Hoạt động tại sector 1

Ở vị trí này PT_6 , PT_1 , PT_2 được chiếu sáng ứng với nó là các transistor T_6 , T_1 , T_2 dẫn điện. Khi T_1 dẫn thì điểm a và điểm $+E$ sẽ được nối với nhau, T_6 dẫn thì điểm b và điểm $-E$ sẽ được nối với nhau, T_2 dẫn thì điểm c cũng sẽ được nối với $-E$.

Từ hình vẽ thấy: $i_b = 0$ (điểm b và điểm c cùng điện thế vì cùng nối với $-E$), $i_a = i_p$, $i_c = -i_p$ (i_p là dòng trong dây dẫn, coi dòng chạy đến cuộn dây là dương, dòng từ cuộn dây chạy về nguồn là âm).

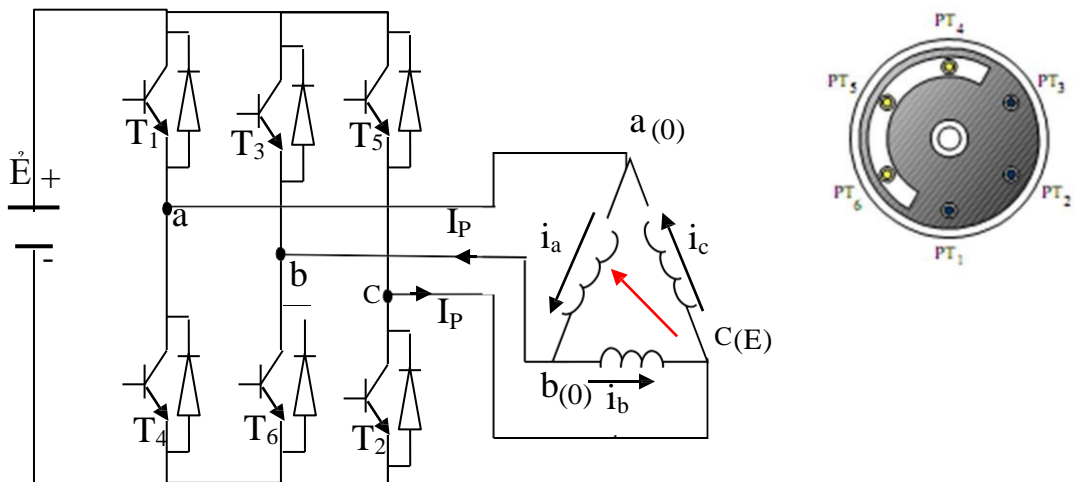
Sector 2 (hình 2.11): Ở vị trí này PT_1 , PT_6 , PT_5 sáng ứng với các transistor T_1 , T_6 , T_5 dẫn điện. T_1 , T_5 dẫn lần lượt nối điểm a và điểm c với $+E$, T_6 dẫn nối điểm b với $-E$.



Hình 2.11: Hoạt động tại sector 2

Lúc này dòng $i_c = 0$ do điểm a và c có cùng điện áp, $i_a = i_p$, $i_b = -i_p$.

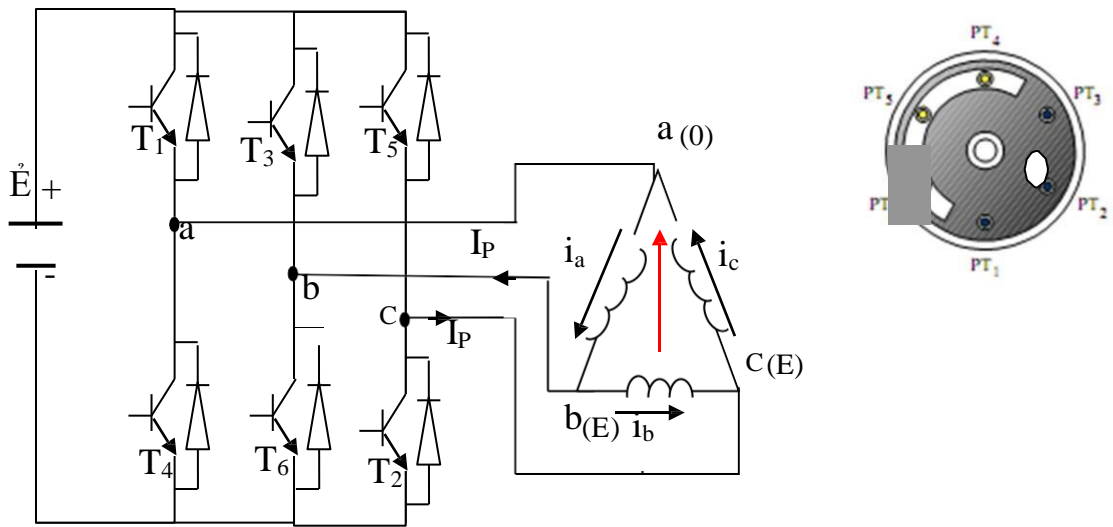
Sector 3 (hình 2.12): Lúc này các đèn LED PT6, PT5, PT4 sáng đồng nghĩa với việc lần lượt các transistor T6, T5, T4 thông. Điểm a và b nối với điểm $-E$ còn điểm c được nối với $+E$.



Hình 2.12: Hoạt động tại sector 3

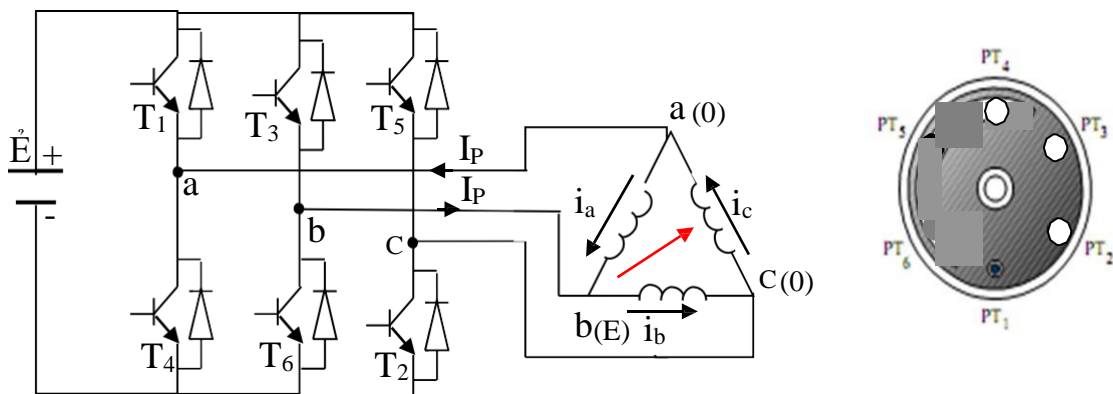
$i_a = 0$ do điểm a và b cùng điện thế, $i_c = i_p$, $i_b = -i_p$.

Sector 4 (hình 2.13): Các đèn LED PT5, PT4, PT3 sáng, các transistor T5, T4, T3 thông, do đó điểm a nối với $-E$, b và c được nối với $+E$.



Hình 2.12: Hoạt động tại sector 4

Do vậy: lúc này $i_b = 0$ do điểm b và c có cùng điện thế, $i_c = i_p$, $i_a = -i_p$.
Sector 5 (hình 2.13):

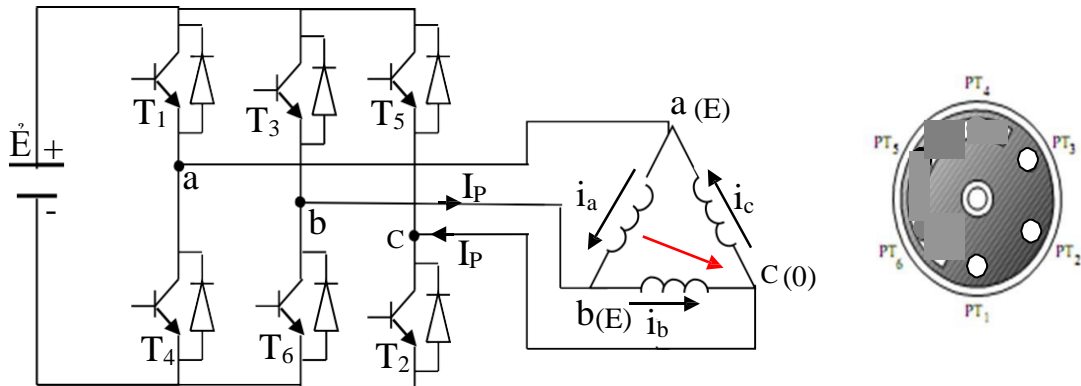


Hình 2.13: Hoạt động của sector 5

Các đèn LED PT4, PT3, PT2 sáng ứng với các transistor T4, T3, T2 thông. Khi T4 thông thì điểm a nối với $-E$, T3 và T2 thông, lần lượt điểm b và điểm c nối với $+E$.

Lúc này $i_c = 0$ do a và c cùng điện thế, $i_b = i_p$, $i_a = -i_p$.

Sector 6 (hình 2.14): Các đèn LED PT3, PT2, PT1 sáng tương ứng các transistor T3, T2, T1 thông dẫn điện.



Hình 2.14: Hoạt động tại sector 6

Khi T3 và T1 thông, điểm b và a nối với +E, T2 thông thì điểm c nối với -E. Như vậy: $i_a = 0$ vì a và b cùng điện thế, $i_b = i_p$, $i_c = -i_p$.

Ở bảng 2.1 là trạng thái đóng mở các transistor khi ta điều khiển theo chiều quay thuận.

Bảng 2.1: Bảng đóng mở các transistor chiều quay thuận

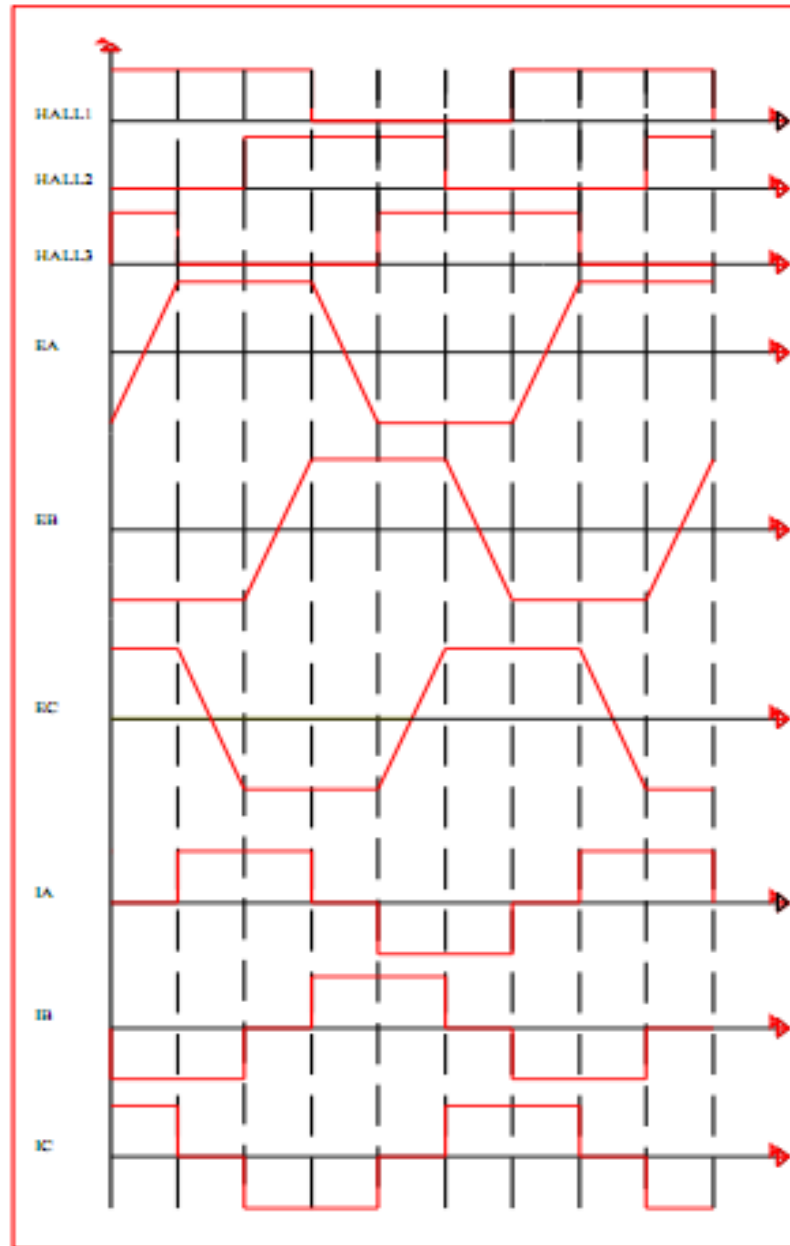
secto \ Van điện tử	Van điện tử					
	Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5	Tr6
1	1	1	0	0	0	1
2	1	0	0	0	1	1
3	0	0	0	1	1	1
4	0	0	1	1	1	0
5	0	1	1	1	0	0
6	1	1	1	0	0	0

Điều khiển quay thuận động cơ BLDC có cuộn dây nối sao cũng giống như điều khiển quay thuận với cuộn dây nối tam giác.

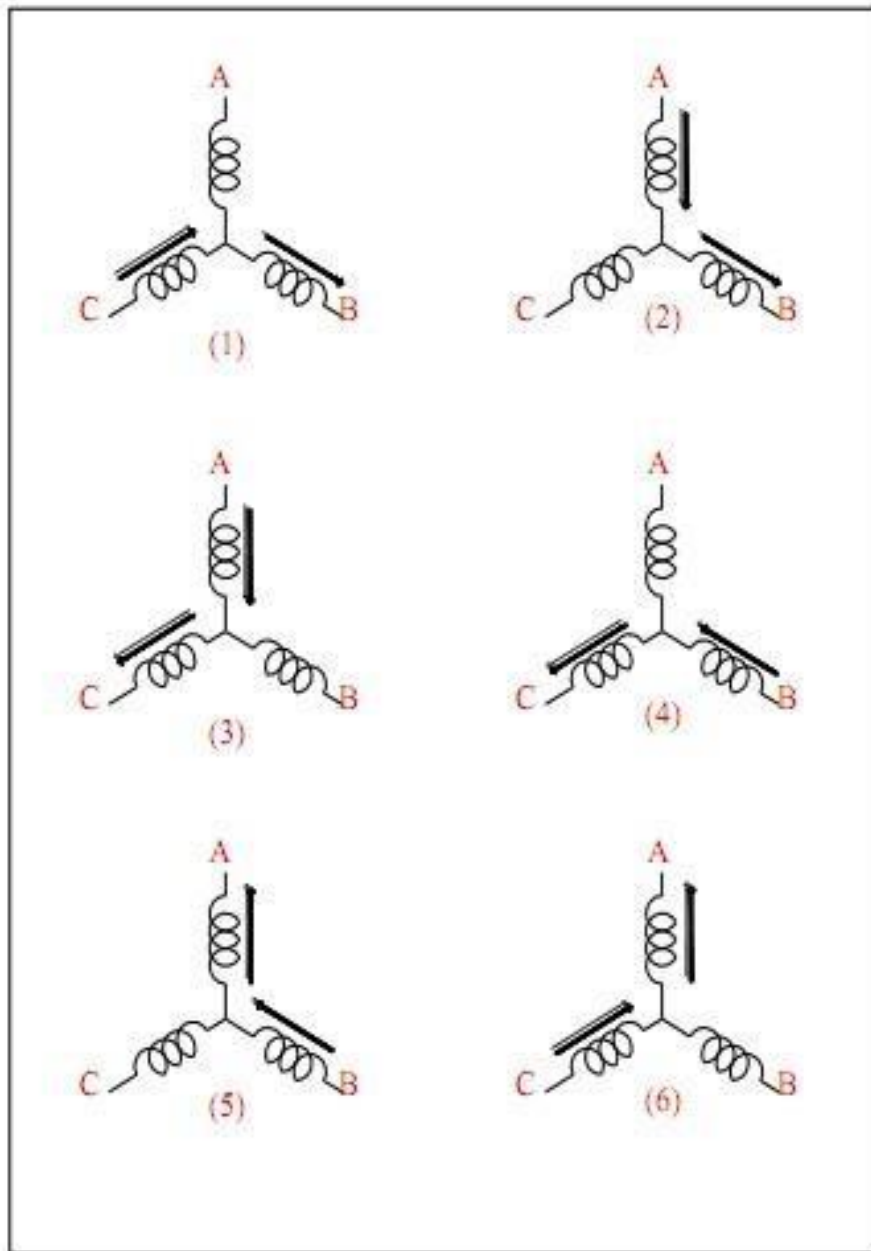
Cứ khi quay được 60° điện, một cảm biến Hall lại thay đổi trạng thái.

Như vậy, có thể thấy nó cần sáu sector để hoàn thành một chu kỳ điện. Một chu kỳ điện tương ứng với một vòng quay cơ khí của rotor. Số lượng

chu kỳ điện cần lặp lại để hoàn thành một vòng quay của động cơ được xác định bởi số cặp cực của rotor. Do đó số lượng chu kỳ điện trên một chu kỳ cơ bằng số cặp cực của rotor.



Hình 2.14: Tín hiệu cảm biến Hall, sức phản điện động và dòng điện ở chế độ quay thuận

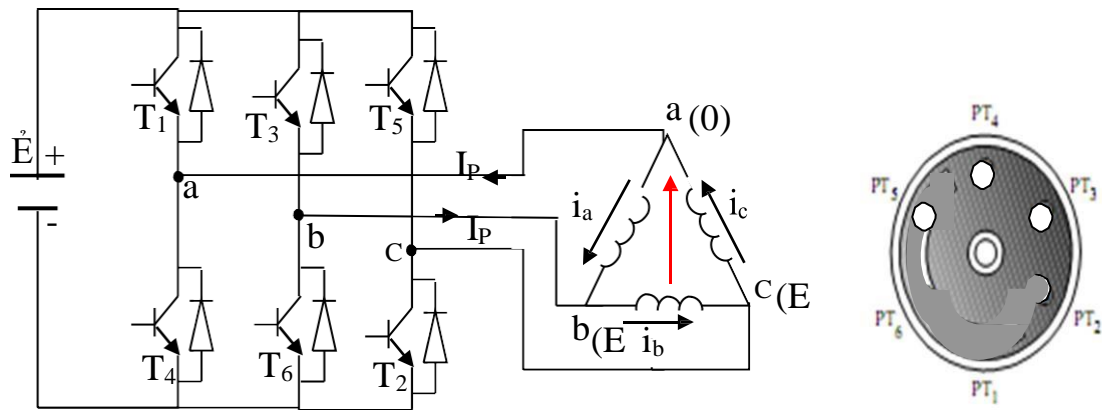


Hình 2.15: Thứ tự cấp điện cho các cuộn dây tương ứng với các cảm biến Hall ở chế độ quay thuận

2.3.1.2 Điều khiển quay ngược

Khi điều khiển động cơ BLDC theo chiều ngược chiều kim đồng hồ, phần tử transistor quang sáng thì transistor nối tương ứng sẽ không dẫn, các transistor nối với các phần tử không sáng lại dẫn.

Sector 1' (hình 2.16): Các phần tử quang PT1, PT2, PT6 thông, các transistor T1, T2, T6 tắt, T4, T5, T3 thông.

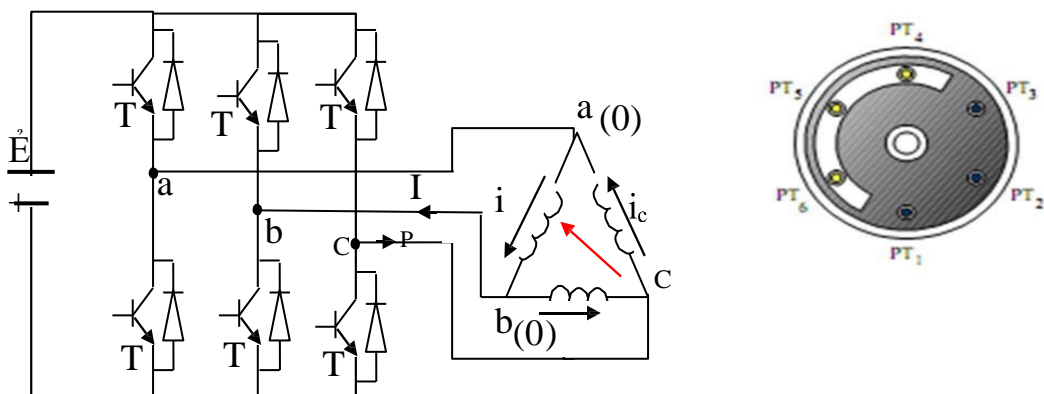


Hình 2.16: Hoạt động tại sector 1'

Lúc này điểm a nối với $-E$, điểm b và c nối với $+E$. Do đó, $i_b = 0$ vì b và c cùng điện thế, $i_a = -i_p$, $i_c = i_p$.

Sector 2' (hình 2.17):

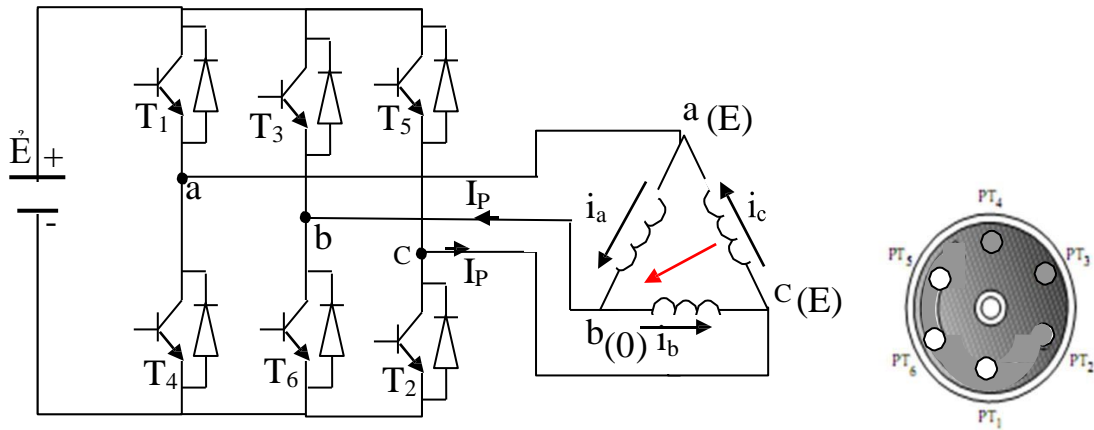
Transistor quang PT1, PT2, PT3 thông, các transistor T1, T2, T3 không dẫn điện, transistor T4, T5, T6 dẫn điện.



Hình 2.17: Hoạt động tại sector 2'

Lúc này điểm a và b nối với $-E$, c nối với $+E$. Vì vậy dòng $i_a = 0$ vì a và b cùng điện thế, $i_b = -i_p$, $i_c = i_p$.

Sector 3' (hình 2.18): Phần tử quang PT4, PT2, PT3 mở nhưng không dẫn điện, các transistor T1, T5, T6 dẫn điện.



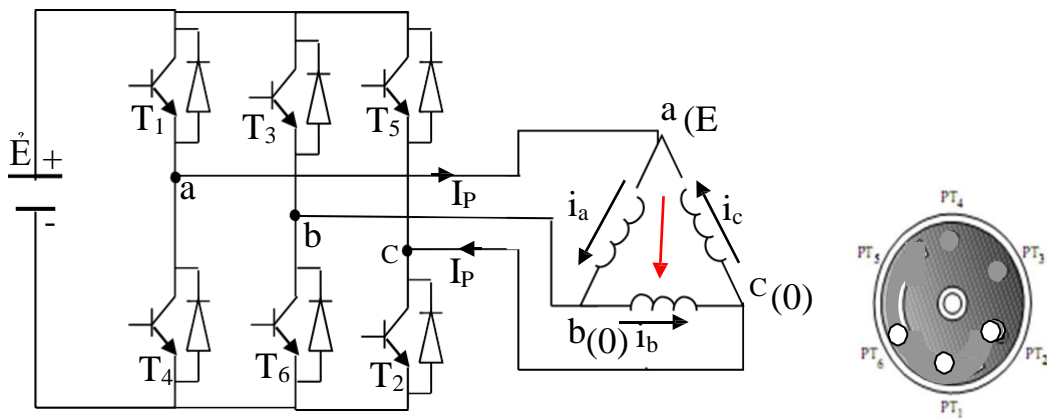
Hình 2.18: Hoạt động tại sector 3'

Lúc này điểm a và c nối với +E, b nối với -E. Dòng $i_c = 0$ vì a và c cùng điện thế, $i_a = i_p$, còn $i_c = -i_p$.

Sector 4' (hình 2.18):

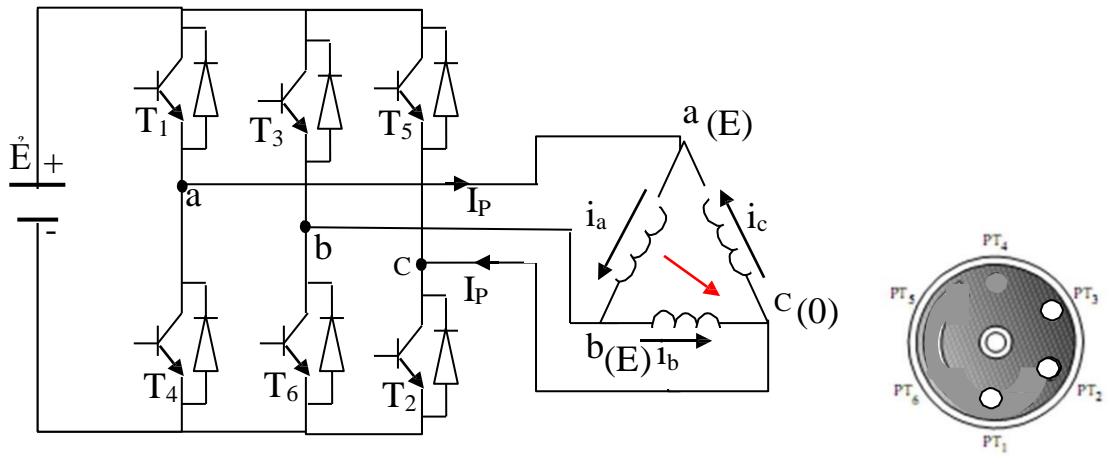
Phần tử quang PT4, PT5, PT3 làm cho các T4, T5, T3 không dẫn điện, các transistor T1, T2, T6 dẫn điện.

Lúc này điểm a nối với +E, điểm b và c nối với -E, dòng $i_b = 0$ vì b và c chung điện thế, $i_a = i_p$, còn $i_c = -i_p$.



Hình 2.19: Hoạt động tại sector 4' Sector 5' (hình 2.19):

Phần tử quang PT4, PT5, PT6 được chiếu sáng, các transistor T1, T2, T3 dẫn.

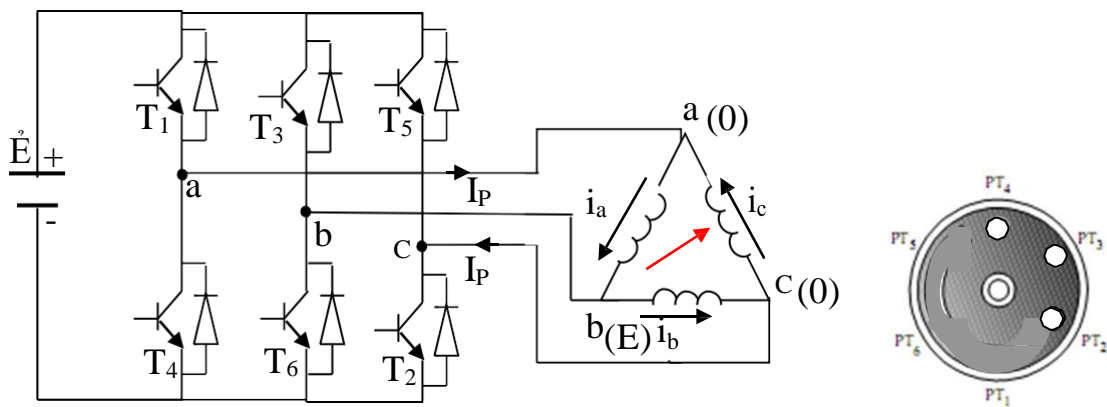


Hình 2.20: Hoạt động tại sector 5'

Lúc này điểm a và b nối với +E, điểm c nối với -E. Dòng $i_a = 0$ vì a và b cùng điện thế, $i_b = i_p$, $i_c = -i_p$.

Sector 6' (hình 2.20):

Các phần tử quang PT1, PT5, PT6 mở nhưng các transistor T1, T5, T6 không dẫn điện mà các transistor T4, T2, T3 lại dẫn điện.



Hình 2.21: Hoạt động tại sector 6'

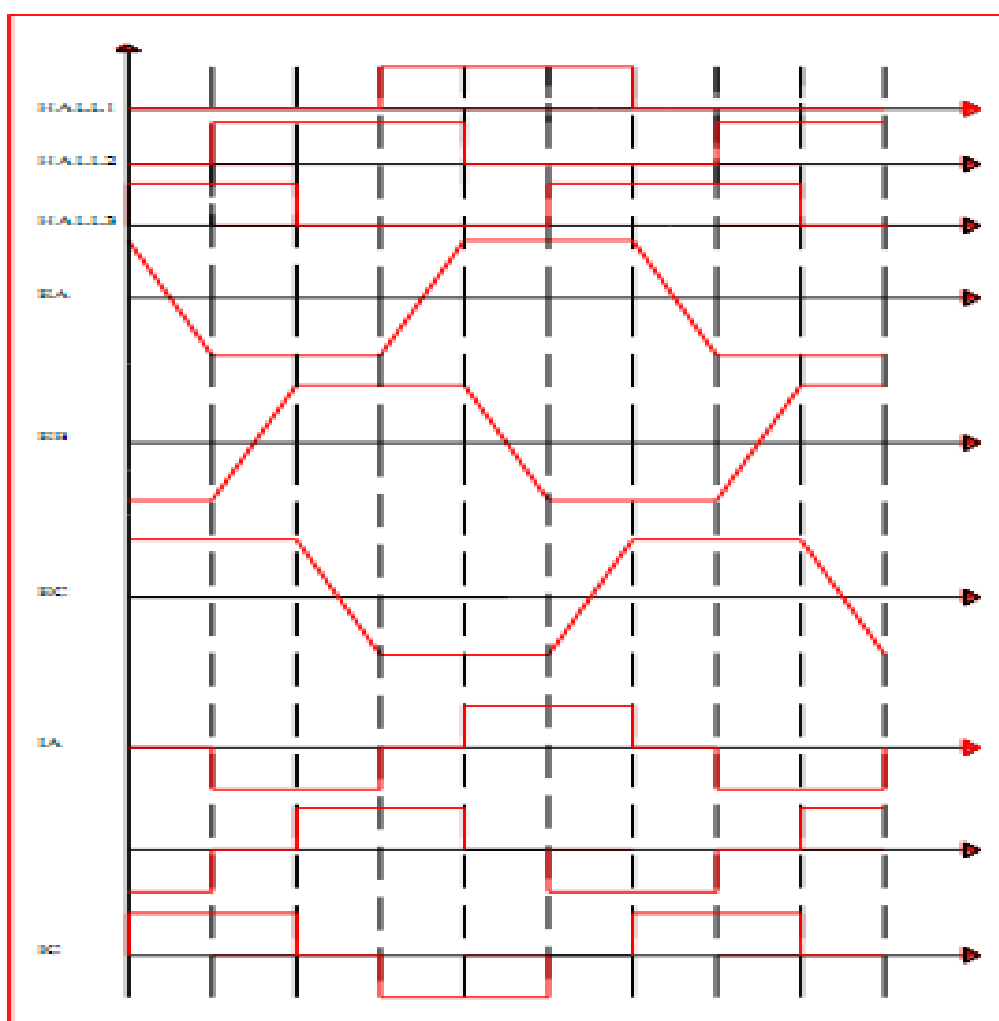
Lúc này, điểm a và c được nối với -E, còn điểm b nối với +E. Dòng $i_c = 0$ do a và c cùng điện thế, $i_b = i_p$, $i_a = -i_p$.

Bảng 2.2 là trạng thái đóng mở các transistor khi điều khiển quay ngược:

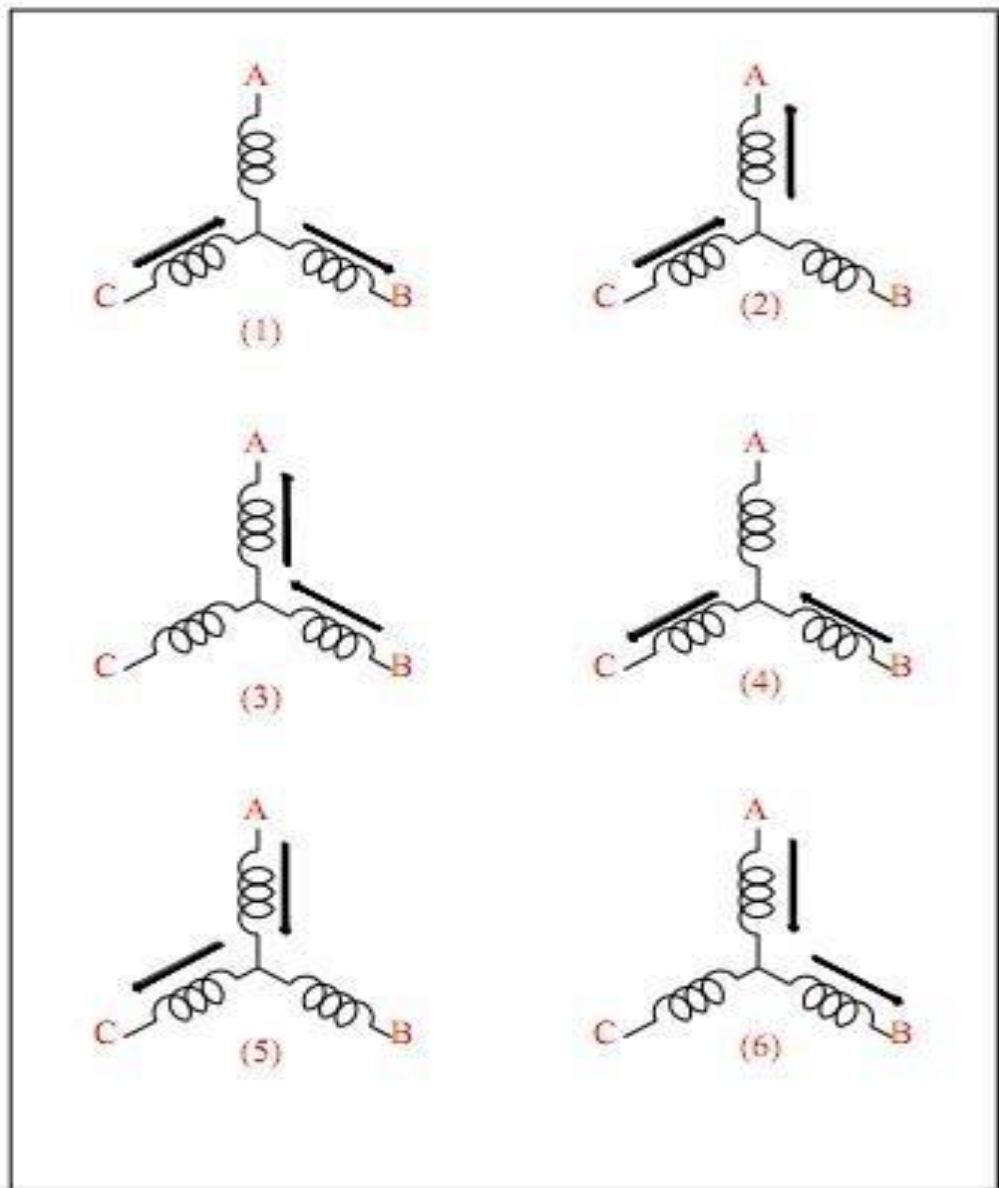
Bảng 2.2: Bảng đóng mở các transistor chiều quay ngược

Van điện tử secto	Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5	Tr6
1	0	0	1	1	1	0
2	0	1	1	1	0	0
3	1	1	1	0	0	0
4	1	1	0	0	0	1
5	1	0	0	0	1	1
6	0	0	0	1	1	1

Điều khiển động cơ BLDC có cuộn dây nối sao theo chiều quay ngược:



Hình 2.22: Tín hiệu cảm biến Hall, sức phản điện động và dòng điện pha ở chế độ quay ngược



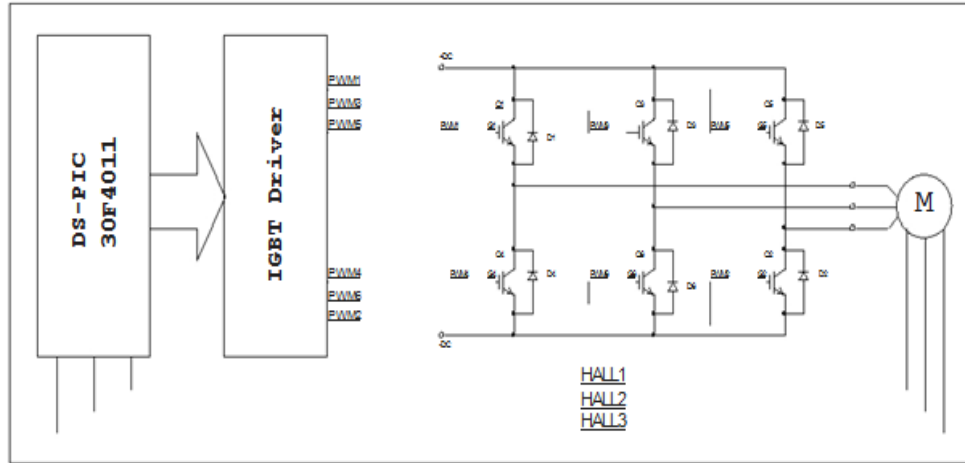
Hình 2.23: Thứ tự cấp điện các cuộn dây tương ứng ở chế độ quay ngược

Từ trường trong mỗi sector khi điều khiển động cơ theo chiều thuận sẽ ngược với từ trường của sector tương ứng khi ta điều khiển theo chiều ngược lại.

Lưu ý rằng phần trên máy điện có số đôi cực là một. Trong một chu kỳ làm việc có sáu sector tương ứng với sáu vector chuẩn.

Hình 2.24 là sơ đồ khối của hệ điều khiển động cơ một chiều nam châm vĩnh cửu không chổi than. Hệ thống điều khiển có sử dụng vi điều khiển làm bộ điều khiển chính, phát xung PWM cho bộ đệm PWM – IGBT

driver. Để phát xung PWM cho bộ đệm thì vi điều khiển phải thực hiện công việc lấy tín hiệu từ cảm biến Hall về và căn cứ vào bảng cảm biến Hall để phát xung mở van đúng theo thứ tự cấp điện.



Hình 2.24: Hệ điều khiển động cơ BLDC

Bảng 2.3 và 2.4 là thứ tự chuyển mạch của các van dựa trên các đầu vào từ các cảm biến Hall ứng với chiều quay động cơ. Các cảm biến này đặt lệch nhau 60° .

Bảng 2.3: Thứ tự chuyển mạch khi điều khiển động cơ theo chiều thuận

Thứ tự	Đầu vào từ cảm biến Hall			Các tín hiệu PWM		Dòng điện pha		
	A	B	C			A	B	C
1	1	0	1	PWM5(Q5)	PWM6(Q6)	-	-DC	+DC
2	1	0	0	PWM1(Q1)	PWM6(Q6)	+DC	-DC	-
3	1	1	0	PWM1(Q1)	PWM2(Q2)	+DC	-	-DC
4	0	1	0	PWM3(Q3)	PWM2(Q2)	-	+DC	-DC
5	0	1	1	PWM3(Q3)	PWM4(Q4)	-DC	+DC	-
6	0	0	1	PWM5(Q5)	PWM4(Q4)	-DC	-	+DC

Bảng 2.4: Thứ tự chuyển mạch khi điều khiển động cơ theo chiều ngược

Thứ tự	Đầu vào từ cảm biến Hall			Các tín hiệu PWM		Dòng điện pha		
	A	B	C			A	B	C
1	1	0	1	PWM5(Q	PWM6(Q6)	-	-DC	+D
2	1	0	0	PWM1(Q	PWM6(Q6)	+D	-DC	-
3	1	1	0	PWM1(Q	PWM2(Q2)	+D	-	-DC
4	0	1	0	PWM3(Q	PWM2(Q2)	-	+D	-DC
5	0	1	1	PWM3(Q	PWM4(Q4)	-	+D	-
6	0	0	1	PWM5(Q	PWM4(Q4)	-	-	+D

2.3.2. Điều khiển động cơ BLDC không sử dụng cảm biến (sensorless control).

Đây là phương pháp sử dụng các ước lượng từ thông rotor để điều khiển các khóa đóng cắt thay cho các cảm biến Hall. Cơ sở chính của điều khiển không cảm biến đối với động cơ BLDC là dựa vào thời điểm qua rezo của sức điện động cảm ứng trên các pha của động cơ. Tuy nhiên phương pháp này chỉ áp dụng với điện áp hình thang.

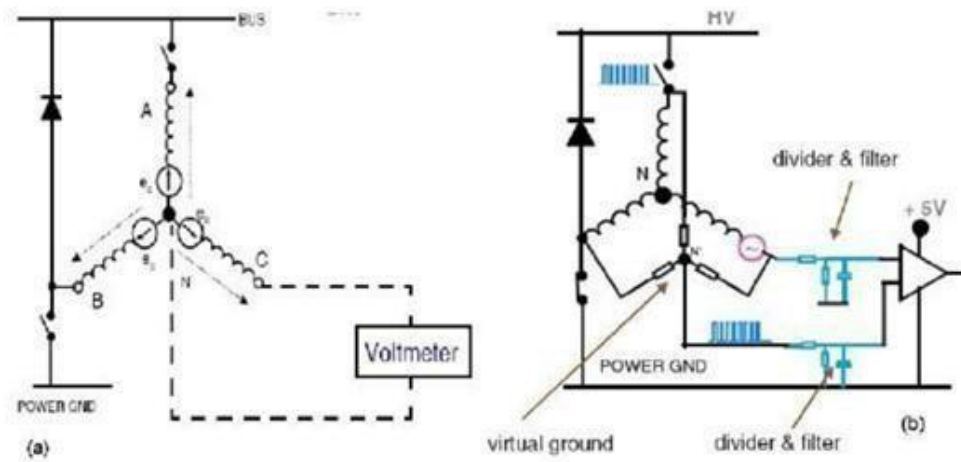
Về cơ bản có hai kỹ thuật điều khiển không cảm biến:

- Một là xác định vị trí rotor dựa vào sức điện động của động cơ, phương pháp này đơn giản, dễ 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 tính toán phức tạp, khó điều khiển, giá thành lại cao.

Phương pháp ước lượng vị trí rotor dựa vào thời điểm qua rezo của sức điện động đòi hỏi chúng ta phải thiết lập ra một điểm trung tính để có thể đo đặc, tính toán và bắt điểm này qua rezo của sức điện động. Điểm trung tính này 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 cuộn dây đấu hình sao. Tuy nhiên điểm trung tính không phải là điểm cố

định. Điện áp của điểm trung tính có thể thay đổi được từ giá trị 0 đến gần giá trị điện áp một chiều của nguồn được trình bày dưới hình 2.25



Hình 2.25: Điện áp cảm ứng bằng điểm trung tính

- a) Điểm trung tính thật; b) Điểm trung tính ảo

2.4. ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ BLDC.

2.4.1. Điều khiển tốc độ động cơ BLDC bằng vòng khép kín.

Điều khiển động cơ BLDC được thực hiện bằng vòng khép kín theo nguyên tắc như sau:

- Sử dụng bộ điều khiển PI. Dòng I so sánh tính theo công thức:

$$I^* = (K_p + \frac{K_i}{s})(\omega_r^* - \omega_r)$$

Trong đó: Hệ số khuếch đại bộ điều chỉnh K_p và K_i ; ω_r^* là tốc độ đặc của rotor ;

ω_r là tốc độ thực đo được trên trục động cơ

- Dùng bộ điều chỉnh dải trễ.

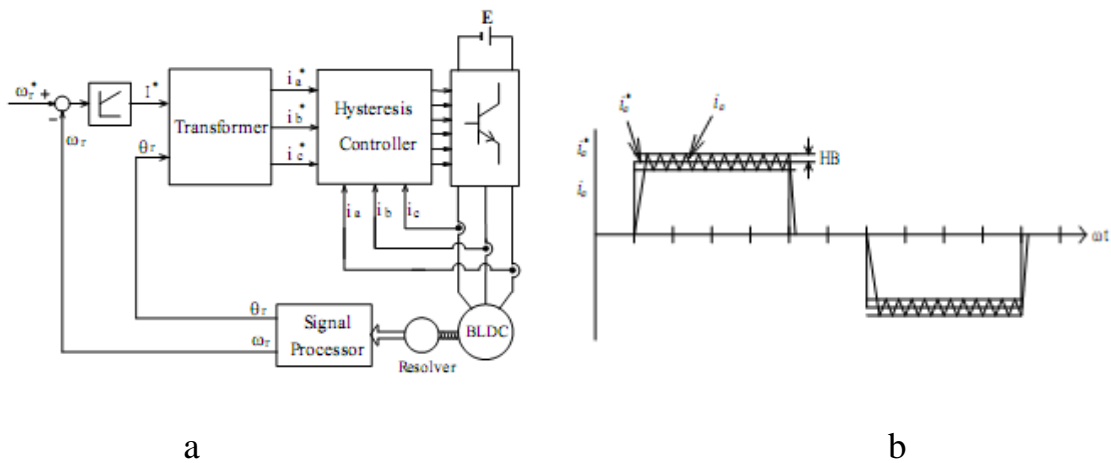
Trên hình 2.26 là sơ đồ nguyên lý vòng điều khiển dải trễ và đặc tính bộ điều chỉnh dải trễ.

Hoạt động của hệ thống như sau: Tốc độ động cơ được đo bằng cảm biến tốc độ hoặc vị trí, được đưa vào khâu xử lý. Tín hiệu ra của khâu xử lý gồm tốc độ và góc quay rotor. Tốc độ quay rotor 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 được đưa vào biến áp cùng góc quay θ_r , tín hiệu ra của biến áp là các dòng so sánh i_a^* , i_b^* , i_c^* .

a b c

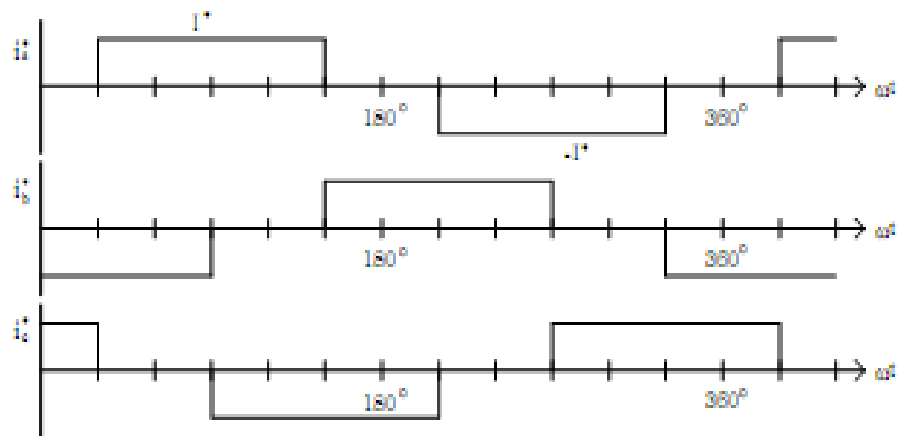
Ba tín hiệu này được đưa vào bộ điều chỉnh dải trễ cùng với ba dòng đo được từ các pha của động cơ.



Hình 2.24: Sơ đồ nguyên lý vòng điều khiển dải trễ (a) và đặc tính bộ điều chỉnh dải trễ (b)

Hiệu $\Delta = i^*$

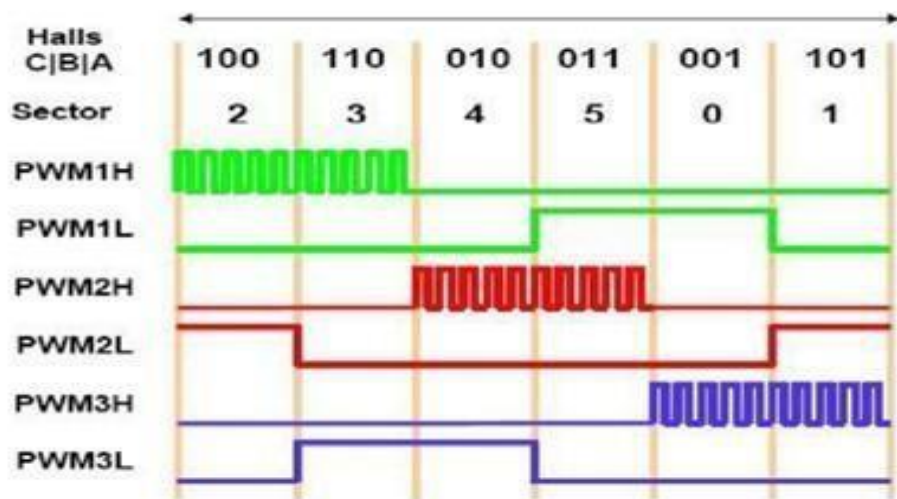
- i_a phải được điều khiển sao cho nằm trong phạm vi dải trễ BH cho trước. Dòng điều khiển phải nằm trong dải này. Dạng ba dòng đặt i_a^* , i_b^* , i_c^* cho ở hình 2.26. Bộ điều khiển dải trễ hiện đang được nghiên cứu và áp dụng rộng rãi.



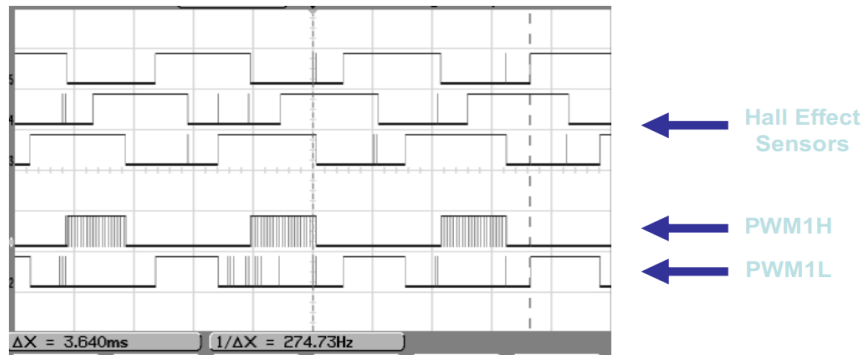
Hình 2.26: Dạng ba dòng so sánh đưa vào bộ điều chỉnh dài trễ

2.4.2. Điều khiển tốc độ động cơ BLDC bằng phương pháp PWM.

Trên cơ sở điều khiển tốc độ động cơ BLDC bằng phương pháp điều chỉnh điện áp vào, ta có thể áp dụng kỹ thuật PWM để điều khiển tốc độ động cơ. Đây cũng là phương pháp sử dụng rộng rãi trong điều khiển điện áp hiện nay. Với phương pháp này điện áp cung cấp cho bộ khóa công suất không đổi, tuy nhiên điện áp ra khỏi bộ khóa đến động cơ thay đổi theo thuật toán điều khiển. Phương pháp PWM có thể dùng cho khóa trên, khóa dưới hay đồng thời cả hai khóa cùng lúc. Dưới hình 2.27 biểu diễn giản đồ xung điều khiển PWM trên BLDC và hình 2.28 động cơ BLDC có điều chế PWM



Hình 2.27: Giản đồ xung điều khiển PWM kênh trên động cơ BLDC có điều chế PWM [3]



Hình 2.28: Động cơ BLDC có điều chế PWM

Ở chương 2 em đã được tìm hiểu về nguyên lý hoạt động và các đường đặc tính làm việc của động cơ BLDC. Em nhận thấy đường đặc tính cơ của động cơ BLDC rất giống với đường đặc tính cơ của động cơ điện một chiều.

Ngoài ra, em cũng được tìm hiểu về các phương pháp điều khiển cũng như điều chỉnh tốc độ của động cơ BLDC.

Động cơ BLDC có thể mở rộng dải điều chỉnh và dễ dàng điều chỉnh tốc độ. Vì vậy, nên động cơ này được sử dụng rộng rãi ở những năm gần đây nhất là trong ngành công nghiệp ô tô.

CHƯƠNG 3:

HÃM MÁY PHÁT CỦA XE ĐIỆN TRUYỀN ĐỘNG BẰNG ĐỘNG CƠ BLDC

Trong những năm gần đây, xe điện (EVs) đã nhận được nhiều sự chú ý như là một phương tiện thay thế cho động cơ đốt trong (ICE) truyền thống. Sự tập trung chưa từng có này chủ yếu là do các vấn đề môi trường và kinh tế liên quan đến việc tiêu thụ dầu dựa trên hóa thạch được sử dụng làm nhiên liệu đốt trong cho các phương tiện chạy bằng ICE. Ngày nay, với sự tiến bộ của ắc quy và công nghệ động cơ BLDC, EVs trở thành giải pháp thay thế hứa hẹn nhất cho các loại xe ICE. Phanh tái sinh có thể được sử dụng trong EV như một quá trình tái chế năng lượng phanh, điều không thể thực hiện được trong các phương tiện đốt trong thông thường. Phanh tái sinh là quá trình nạp năng lượng từ động cơ truyền động vào ắc quy trong quá trình phanh, khi quán tính của xe lớn thì động cơ làm việc như một máy phát

Trong chế độ này, ắc quy được coi là tải, do đó cung cấp lực phanh cho EVs [2]. Nó cho thấy rằng việc sử dụng phanh tái sinh của EV có thể tăng phạm vi lái xe lên đến 15% đối với EVs mà không có hệ thống phanh tái sinh (RBS).

Tuy nhiên, phanh tái sinh không hoạt động mọi lúc, ví dụ, khi ắc quy được sạc đầy, thì phanh cần được thực hiện bằng cách tiêu tan năng lượng trong tải điện trở. Do đó, phanh cơ khí trong EV vẫn cần thiết.

3.1. HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

Khởi điều khiển cung cấp mô men truyền động yêu cầu và mômen hãm yêu cầu thông qua tác động của bộ gia tốc và bàn đạp phanh. Nếu người lái xe muốn tăng tốc độ xe, thì phải đạp lên bộ tăng tốc. Tùy thuộc vào mức độ đạp lên bàn đạp ga mà mô-men yêu cầu tương ứng được gửi tới xe thông qua các hệ thống truyền động khác nhau như ắc quy và mô hình động cơ. Quá trình hãm máy phát chỉ bắt đầu khi đạp phanh. Khi phanh hãm bị đạp, phù

hợp với vị trí của bàn đạp phanh, một tỷ lệ tương ứng của mô men phanh được áp dụng. Lúc này mômen hãm do chiến lược điều khiển hãm tái sinh(máy phát) được chia thành mô men hãm tái sinh và hãm ma sát .Lượng năng lượng cơ học được sử dụng bởi ô tô khi lái xe mô hình chủ yếu phụ thuộc vào ba yếu tố: tổn thất ma sát khí động học, tổn thất ma sát quay và năng lượng tiêu hao trong phanh. Phương trình cơ bản mô tả động năng dọc của một chiếc xe đường bộ có dạng sau:

$$M_v = d_v(t)/d(t) = F_t(t) - F_a(t) - F_r(t) - F_g(t) \quad (3.1)$$

Trong đó:

m là khối lượng xe (kilôgam)

v là tốc độ chiếc xe (mét vuông/giây)

F_a là khí động học ma sát (newton)

F_r là ma sát lăn (newtons)

F_g là lực gây ra bởi lực hấp dẫn khi lái xe trên đường(newton)

Lực kéo F_t là lực được tạo ra bởi các phần tử chuyển động sơ cấp

trừ đi lực được sử dụng để đẩy nhanh tốc độ quay các bộ phận bên trong xe và sau đó trừ tất cả các tổn thất ma sát trong hệ thống truyền động.

3.1.1. Tổn thất ma sát khí động học

Thông thường, lực cản khí động học F_a xấp xỉ bằng cách tính là coi xe như một hình lăng trụ có diện tích mặt trước A_f . Lực gây ra bởi áp lực đình trệ được nhân lên bằng một lực kéo khí động học hệ số C_d để mô phỏng các điều kiện dòng chảy thực tế

$$F_a(v) = 1/2 \rho_a A_f C_d v^2 \quad (3.2)$$

Ở đây, v là tốc độ xe (mét / giây vuông), và ρ_a là mật độ không khí xung quanh (tính bằng kilôgam trên mét khối). Tham số C_d là hệ số kéo của ước tính bằng cách sử dụng các phép tính toán động cơ tính toán trong các đường hầm trong lòng đất. Để ước tính năng lượng cơ, cần phải lái một chu kỳ kiểm tra điển hình, và tham số này có thể được coi là không đổi.

3.1.2. Tổn thất ma sát lăn

$$F_r = C_r m_v g \cos(\alpha) \quad (3.3)$$

Trong đó:

m_v là khối lượng xe (tính bằng kilôgam)

g là gia tốc trọng lực (mét vuông / giây)

C_r là hệ số ma sát lăn

α là góc dốc (theo độ)

Hệ số ma sát C_r phụ thuộc vào nhiều biến số. Số lượng ảnh hưởng quan trọng nhất là tốc độ xe v , áp suất lốp p , và điều kiện bề mặt đường. Cho nhiều ứng dụng, đặc biệt khi tốc độ xe vẫn còn vừa, có thể giả sử hệ số ma sát lăn C_r không đổi.

3.1.3. Lực đẩy lên dốc

Các lực gây ra bởi lực hấp dẫn khi lái xe trên một con đường thì sẽ có ảnh hưởng đáng kể đến hành vi của xe. Nó sẽ được mô phỏng theo công thức:

$$F_g = m_v g \sin(\alpha) \quad (3.4)$$

Trong đó:

m_v là khối lượng xe (tính bằng kilôgam)

g là gia tốc trọng trường (mét vuông/ giây)

α là góc dốc (theo độ)

3.2. HỆ THỐNG PHANH CHIẾN LƯỢC

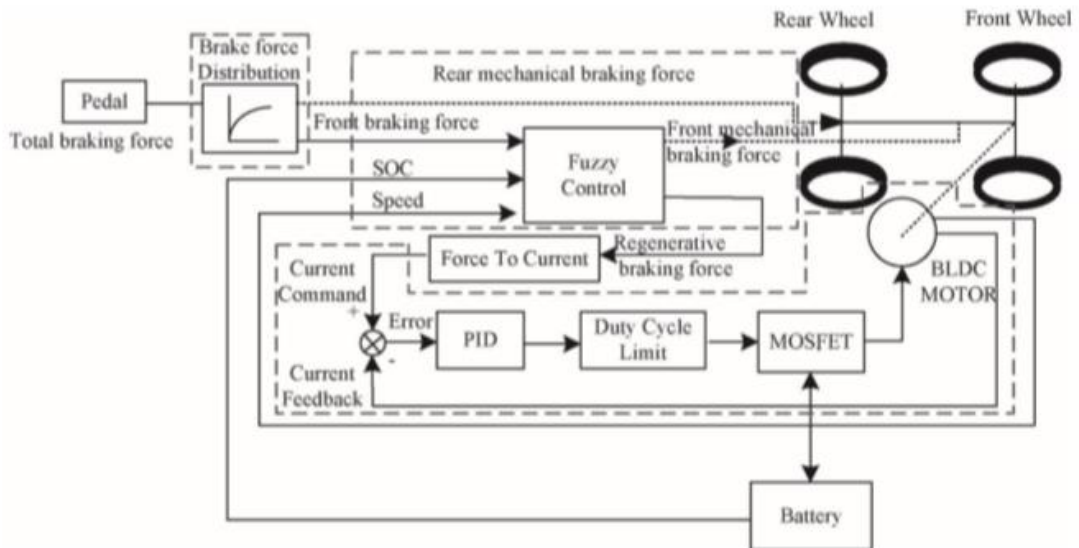
Cấu trúc của hệ thống chiến lược kiểm soát được thể hiện trong Hình 3.1. Thông qua bộ cảm biến bàn đạp, chúng ta có thể thu được lực phanh cần thiết của người lái. Theo các quy định phân phối lực phanh giữa bánh trước và bánh sau, có thể tính được lực phanh phía trước và lực phanh phía sau. Theo bộ điều khiển logic mờ, chúng ta có thể có được giá trị của lực phanh tái sinh. Sau đó, lực phanh cơ học phía trước, lực phanh tái sinh, và lực phanh sau có thể tính được

Cuối cùng phanh tái sinh được chuyển thành phanh sử dụng thông qua

công thức

$$I_{com} = k_1 \cdot F_{reg} \quad (3.5)$$

Trong đó : I_{com} lực phanh hãm hiện tại tỷ lệ với lực phanh tái sinh F_{reg} và k_1 là hệ số tỉ lệ



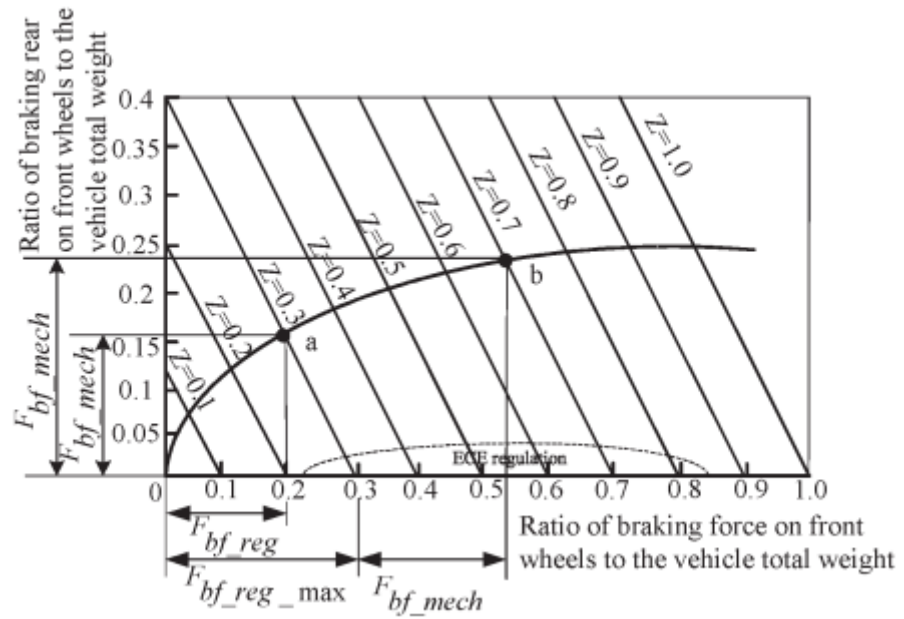
Hình 3.1 : Cơ cấu của hệ thống chiến lược kiểm soát.

3.2.1. Sự phân bố của lực phanh

Trong RBS của EVs, lực phanh chủ yếu là lực phanh bánh F_{front} và lực phanh phía sau F_{rear} . Đối với EVs bánh trước, lực phanh bánh trước bao gồm hai phần: lực phanh ma sát front-wheel và lực hãm tái sinh. Do đó, so với lực hãm tổng được gắn ở bánh trước và bánh sau và lực hãm tái sinh được phân bố trong xe

$$F_{rear} = \frac{1}{2} \left[\frac{mg}{h_g} \sqrt{b^2 + \frac{4h_g L}{mg} F_{front}} - \left(\frac{mgb}{h_g} + 2F_{front} \right) \right] \quad (3.6)$$

Trong công thức (3.6), m là khối lượng của EV, b là trọng tâm của EV đến khoảng cách của bánh sau (tính bằng mét), h_g là chiều cao của trọng tâm của EV, và L là khoảng cách giữa trục trước và trục sau của EV (tính bằng mét)



Hình 3.2 : Phân chia lực trước và sau EV.

Trong hình 3.2, z là độ bền của phanh, được xác định là $z = dv / dt / g$, trong đó v là tốc độ EVs và g là gia tốc trọng lực. Chiến lược động cơ trước và động cơ của EVVSisas sau đây: Khi $z < 0,1$, ΣF được sinh ra bởi bánh chuyển động và bánh trước không tham gia vào việc hãm xe. Khi $0,1 < z < 0,7$, lực hãm sinh ra bởi lực điện cơ. Theo (3.6), bánh xe trước và sau được hãm thì lực hãm lí tưởng được thể hiện trong hình 3.2. Ở đây cho hệ số bám dính của đường với bánh trước và bánh sau thì ngay lập tức khóa điều khiển này như sau:

$$F_{front} + F_{rear} = \varphi mg \quad (3.7)$$

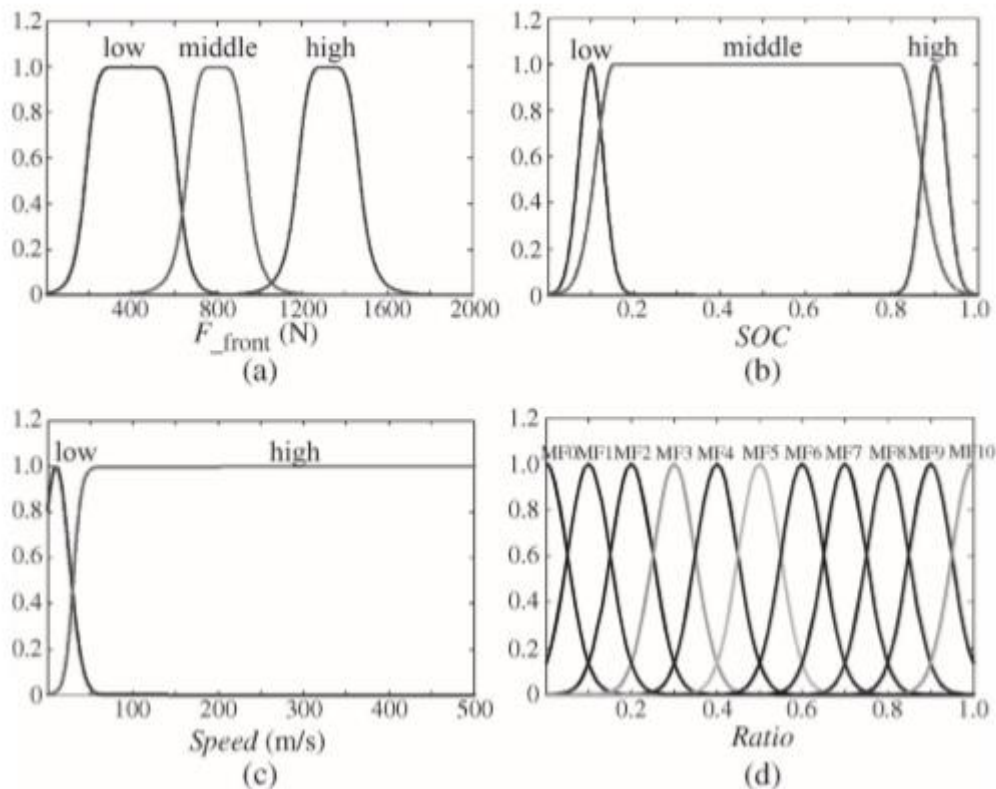
$$\frac{F_{front}}{F_{rear}} = \frac{b + \varphi h_g}{a + \varphi h_g}$$

Trong (3.7) φ là hệ số bám dính của đường và bánh xe. A là khoảng cách từ trọng tâm tới trục bánh trước (tính bằng mét).

Qua cảm biến hãm thì chúng ta nhận được lực điều khiển hãm cần thiết.

3.2.2. Điều khiển mờ

Phân bố lực phanh trong EV với quá trình hãm tái sinh bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố, và nhiều tham số không ngừng thay đổi, do đó chiến lược hãm tái sinh rất khó để thực hiện, chiến thuật điều khiển logic mờ đối với phân bố lực hãm EV có thể dễ dàng biểu diễn bởi các ảnh hưởng của nhiều yếu tố khác nhau. Do đó, lý thuyết điều khiển mờ được áp dụng cho sự phân bố lực hãm EV. Chiến lược điều khiển mờ của cấu trúc phân phối lực phanh EV được thể hiện trong Hình 3.1; ba đầu vào là lực phanh bánh trước EV, tốc độ và trạng thái sạc ác quy [trạng thái nạp điện (SOC)]. Trong hệ thống điều khiển mờ, các biến đầu vào bao gồm lực phanh phía trước, SOC, và tốc độ EV. Biến đầu ra là tỷ lệ với lực hãm tái sinh nhận được ở lực hãm phía trước. Lực hãm phía trước: Yêu cầu phanh của lái xe liên quan đến sự an toàn khi lái xe. Giá trị của lực hãm đại diện cho khoảng cách và thời gian hãm của người lái xe yêu cầu. Ta thích tốc độ thấp, trung bình và cao, thông thường là chuyển đi từ [0, 2000]. Dưới đây là các hàm liên thuộc được biểu diễn dưới hình 3.3



Hình 3.3 Hàm liên thuộc

Hàm liên thuộc của điều khiển mờ(a) Hàm liên thuộc của lực phanh phía trước(b) Nạp điện của SOC(c) Hàm liên thuộc của tốc độ(d). Hàm liên thuộc của tỷ lệ thể hiện trong hình 3.3a.

SOC: khi SOC của ác quy nhỏ hơn 10%, điện trở trong của ác quy cao, không phù hợp với trường hợp này; lực hãm tái sinh nên là một tỷ lệ nhỏ. Khi SOC là từ 10% đến 90%, pin có thể sạc với dòng điện lớn; tỷ lệ của lực hãm tái sinh sẽ tăng lên tương ứng. Khi SOC lớn hơn 90%, dòng điện sạc phải được giảm để ngăn việc sạc quá mức pin; giá trị của lực phanh tái tạo nên thấp hơn. Chúng ta thích bộ SOC thấp, trung bình và cao, thông thường thì trao đổi ở $[0, 1]$. Hàm liên thuộc được thể hiện trong hình 3.3 b. Tốc độ: Tốc độ xe hơi đóng một vai trò quan trọng trong việc đảm bảo an toàn hãm. Để đảm bảo an toàn phanh và tuân thủ các quy định có liên quan, lực phanh tái tạo nên có tỷ lệ thấp khi tốc độ thấp. Lực phanh tái tạo có thể tăng lên một mức thích hợp khi tốc độ trung bình. Khi tốc độ cao, chúng ta có thể tăng tỷ số của lực phanh tái tạo lên đến giá trị lớn nhất. Chúng ta thích bộ tốc độ thấp và cao, thông thường là từ $[0, 500]$. Các hàm liên thuộc có thể được nhìn thấy trong hình 3.3c. Các biến đầu ra: kiểu của bộ điều khiển logic mờ là Mamdani. Tỷ lệ = $\{MF0, MF1, MF2, MF3, MF4, MF5, MF6, MF7, MF8, MF9, MF10\} = (0,0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1.0)$. Các hàm liên thuộc có thể được nhìn thấy trong hình 3.3d. Quy tắc điều khiển mờ: lực hãm bánh trước là L, M, và H; SOC là L, M, và H; và tốc độ là L và H. Chúng ta nêu các quy tắc được trình bày trong Bảng I dưới đây.

Speed	SOC	F _{front}	MF	Speed	SOC	F _{front}	MF
L	L	L	2	H	L	L	5
L	L	K	1	H	M	M	5
L	L	H	0	H	H	H	4
L	M	L	4	H	L	L	10
L	M	M	2	H	M	M	9
L	M	H	3	H	H	H	8
L	H	L	3	H	L	L	5
L	H	M	1	H	H	M	3
L	H	H	2	H	M	H	1

3.2.3. Điều khiển tỷ số-tích phân-Derivative (PID)

Với điều khiển PID sử dụng đầu tiên để đảm bảo mô men hãm không đổi, nó khác với giá trị lực hãm mà sẽ cho bởi PWM khác nhau. Người ta cho rằng điều khiển PID có thể nhanh chóng điều chỉnh PWM mong muốn để duy trì mô men hãm không đổi. Momen hãm điện không đổi nó có thể đạt được trong quá trình điều khiển mờ. Khi điều khiển mờ chậm hơn điều khiển PID momen hãm có thể đạt được bằng PID thời gian thực.

3.3. HỆ THỐNG ÁC QUY

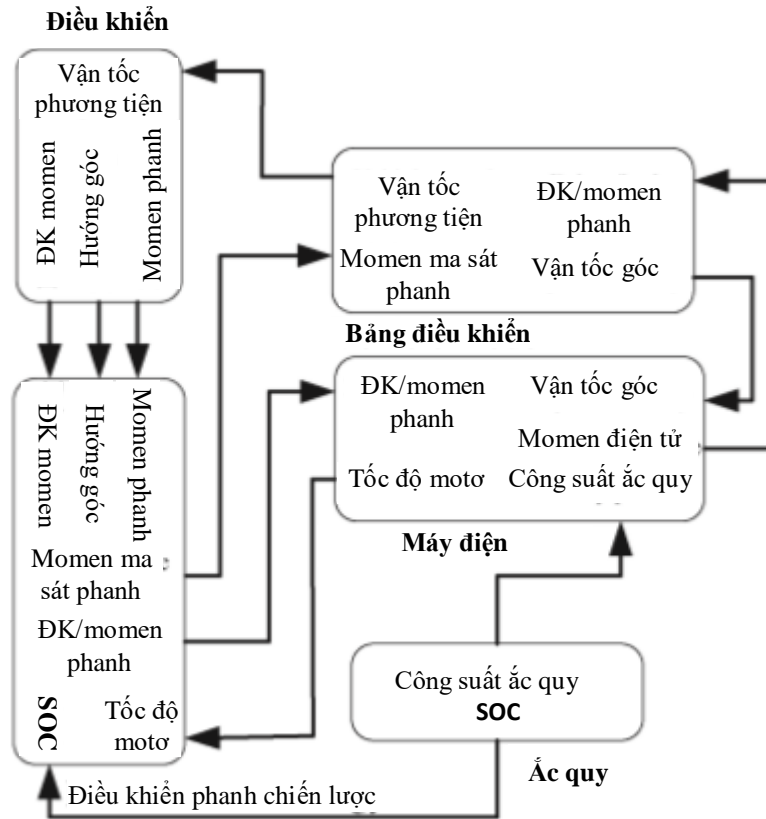
Công suất yêu cầu từ khối điều khiển sau khi chuyển qua hệ thống điều khiển thì sẽ truyền tới hệ thống ác quy. Ở đây, công suất dương là phóng ác quy công suất âm là nạp ác quy. Ác quy được mô hình như là một bảng tra cứu với các đặc tính pin của ác quy lithium-ion (ESS_Li7) từ ADVISOR 3.0. đánh giá nhanh hiệu năng và tiết kiệm nhiên liệu của xe điện bình thường, xe điện, xe điện lai và ác quy nhiên liệu. Người sử dụng có thể lấy ở bảng dữ liệu, thực hiện các thay đổi cho các chi tiết của xe và các thành phần, và chạy chúng trên các điều kiện thử nghiệm khác nhau. Ác quy được đặt bằng SOC ban đầu là 90%. Khi công suất dương được nạp vào, nó có khả năng phóng.

Trong khối phóng điện phụ thuộc vào mức SOC, chúng ta nhận được điện áp mô đun cực đại có thể được cung cấp từ đồ thị SOC so với điện áp của module ác quy. Mô đun điện áp này sau đó được nhân với một số ô nối tiếp để lấy 1 tập điện áp ác quy. Sau đó, từ nhu cầu điện năng và điện áp cực đại có thể tính dòng điện và cung cấp cho động cơ. Dòng này bị giới hạn bởi lượng dòng điện tối đa mà động cơ có thể xử lý được. Khi một điện áp âm được đưa vào, khối nạp sẽ được kích hoạt. Ở khối nạp phụ thuộc vào mức SOC và như đã giải thích trước đây, chúng ta tính toán dòng điện và điện áp ác quy tối đa có thể đưa vào ác quy. Dòng điện này lại bị giới hạn bởi công suất cực đại của máy phát. Khi công suất yêu cầu là bằng không, tức là, xe dừng hoặc khi lực hãm của chúng ta nhỏ để tạo ra dòng cần thiết thì khối ác quy sẽ được kích hoạt.

Hệ thống xe

Mômen điện cơ được sản xuất bởi động cơ được đưa vào hệ thống con xe để đẩy chiếc xe. Mô hình xe sử dụng là mô hình cơ học của TNO Delft. Mô hình này có một hệ thống con trung tâm và bốn hệ thống con lớp. Các hệ thống con lớp được thiết kế dựa trên công thức nổi tiếng của Prof.Pacekja để mô tả lớp xe. Lớp xe có kích thước 205/60 R15. Mặt đường là nhựa đường khô, và hệ số ma sát cung cấp bởi bề mặt là 1. Mô hình lớp Delft đã giúp giữ một chiếc đồng hồ trên sự thay đổi của trượt dọc, do đó đảm bảo rằng, tại thời điểm nào trong quá trình mô phỏng, bánh xe có thể khóa xảy ra. Khóa bánh xe là không mong muốn bởi vì nó sẽ ngăn cản sự phục hồi và làm mất ổn định của bánh xe.

3.4. TỐI ƯU TÍNH CHẤT HÃM VÀ HIỆU XUẤT CỦA MÁY PHÁT HÃM



Hình 3.4 : Phân phối lực phanh

Trong những năm gần đây, nhiều hơn và nhiều hơn thế nữa có những hệ thống hãm tốt phát triển, cho phép chúng ta điều khiển lực hãm trên từng bánh xe một cách độc lập. Hệ thống hãm lai có khả năng kiểm soát hoàn toàn, hệ thống này có thể điều khiển để áp dụng lực hãm trên bánh trước và bánh sau bởi đường cong phân bố lực hãm lí tưởng (Hình 3.4). Chiến lược điều khiển này có thể nhận được tính hãm tối ưu. Hình 3.4 trình bày nguyên lý của chiến thuật điều khiển này cho xe mà ở đây có hãm tái sinh cho bánh trước và kiểm soát ô nhiễm chiến lược sẽ chỉ có trên các bánh xe trước. Khi lực hãm tổng yêu cầu trên bánh xe phía trước nhỏ hơn so với động cơ điện sinh ra, động cơ điện sẽ tạo ra tổng lực hãm, và không có một lực hãm cơ khí nào được áp dụng. Tuy nhiên, phanh cơ học tạo ra tổng lực phanh cho bánh sau

theo I- đường cong, như được chỉ ra bởi điểm a trên hình 3.2. Khi lực hãm cần thiết trên bánh xe phía trước lớn hơn lực hãm sinh ra động cơ điện, thì cả lực hãm điện và cơ được áp dụng. Để có thể thu hồi năng lượng hãm, động cơ điện nên được điều khiển để tạo ra lực hãm tối đa bị hạn chế bởi động cơ điện hoặc bộ lưu trữ năng lượng. Như được chỉ ra bởi điểm b trong hình 3.2, phần còn lại được áp dụng bởi phanh cơ học. Cần lưu ý rằng, ở tốc độ bánh trước thấp gây lên bởi tốc độ xe hiện tại thấp hoặc bánh xe bị khóa chặt thì rất là khó cho động cơ tạo momen hãm do sức điện động sinh ra ở cuộn stato thấp. Do đó, trong trường hợp lực hãm cơ sinh ra lực hãm tổng theo yêu cầu. Như đã thấy trong hình 3.2, một lượng năng lượng phanh đáng kể được tiêu hao bởi phanh sau, đặc biệt đối với phanh yếu (giảm tốc độ nhỏ). Ví dụ, tại $z = 0, 3$, khoảng 33% tổng năng lượng phanh được tiêu thụ bởi phanh sau; ở $z = 0, 1$, tỷ lệ này đạt 37,8%. Ấc qui nên quan tâm đến mối quan hệ giữa SOC và các đặc tính nạp của ắc qui. Trong bài báo này, công suất đầu vào / đầu ra và SOC của ắc qui được tính bằng mô hình điện trở nội của ắc qui. Điện trở nội của ắc qui nhận được qua các thí nghiệm trên SOC của ắc qui. Các phương trình sau đây mô tả SOC của ắc qui xả và sạc.

$$SOC_{dis} = SOC - Q_m^{-1} \int_{t_i}^{t_i+T} \eta_A(i_{a,t})^{-1} i_a(t) dt \quad (3.8)$$

Lúc sạc:

$$SOC_{chg} = SOC + Q_m^{-1} \int_{t_i}^{t_i+T} i_a(t) dt \quad (3.9)$$

Trong đó SOC_{dis} là lượng điện xả ở chế độ phóng điện, SOC_{chg} là lượng điện tích của ắc qui, Q_m là dung lượng ac quy, và $\eta_A(i_a, \tau)$ là hiệu suất của ac quy. Trong quá trình phanh trên đường phẳng, động năng của xe và năng lượng điện tái sinh được tính toán bằng với động năng:

$$\varepsilon = \frac{\sum E_{bat}}{\sum E_{kin}}$$

$$E_{kin} = \sum \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2) \quad (3.10)$$

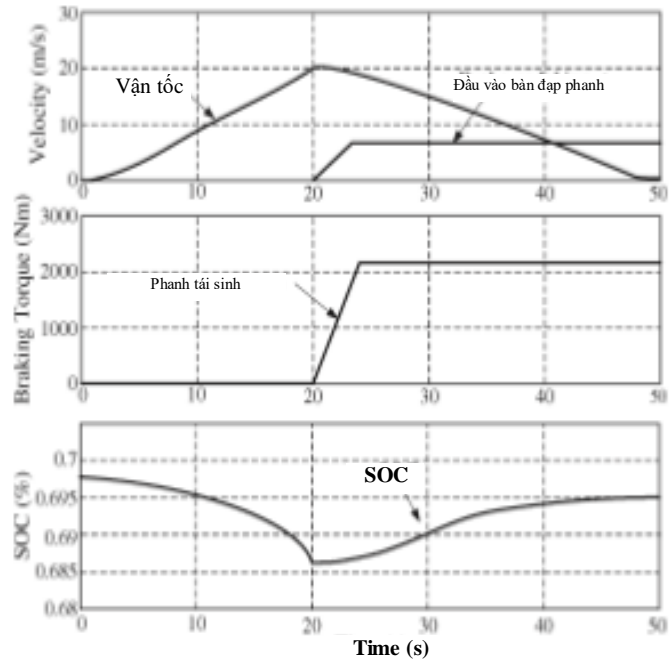
Và năng lượng điện:

$$E_{bat} = \int_{t=0}^{t=end} (E_k = I_t R_t I_i) dt \quad (3.11)$$

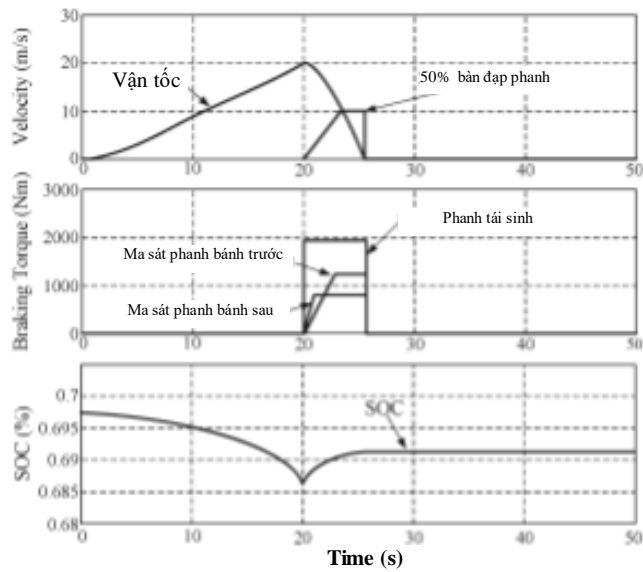
Trong đó điện áp ắc qui, $I(t)$, dòng điện ắc qui $R(t)$ là điện trở nạp, $V1$ là tốc độ ban đầu, và $V2$ là tốc độ cuối.

3.5. TÍNH CHẤT ĐỘNG VÀ SỰ PHÂN BỐ LỰC Ở CÁC ĐẦU VÀO PHANH HÃM KHÁC NHAU

Ở các kịch bản hãm khác nhau, chúng ta đã thực hiện mô phỏng hiệu năng động của xe và phân bố lực đặt vào tại các pedal hãm khác nhau. Mô phỏng được chạy trong khoảng thời gian 50 giây. Chiếc xe đạt tốc độ tối đa 20 m / s, và sau đó, bắt đầu phanh. Hãm tái sinh chỉ xảy ra ở phía trước bởi vì chiếc xe được truyền động ở phía trước. Trong một trường hợp, lực đặt vào pedal hãm nhỏ được áp dụng. Sự giảm tốc đạt được là rất nhỏ, mô tả kịch bản tình huống giao thông tắc nghẽn của thành phố. Trong hình 3.5, ta thấy rõ ràng từ đường cong là, khi pedal phanh được đạp, xe bắt đầu giảm tốc ở một tỷ lệ nhỏ. Mômen hãm tương ứng với lực đặt vào pedal hãm nhỏ, do đó toàn bộ mô men hãm có thể được cung cấp bởi máy phát điện. Do đó, chúng ta quan sát ở sơ đồ dưới thứ hai thấy rằng hãm là hãm tái tạo hoàn toàn, do đó, SOC tăng và quan sát thấy trong sơ đồ dưới thứ ba



Hình 3.5: Mô phỏng đường đặc tính tốc độ

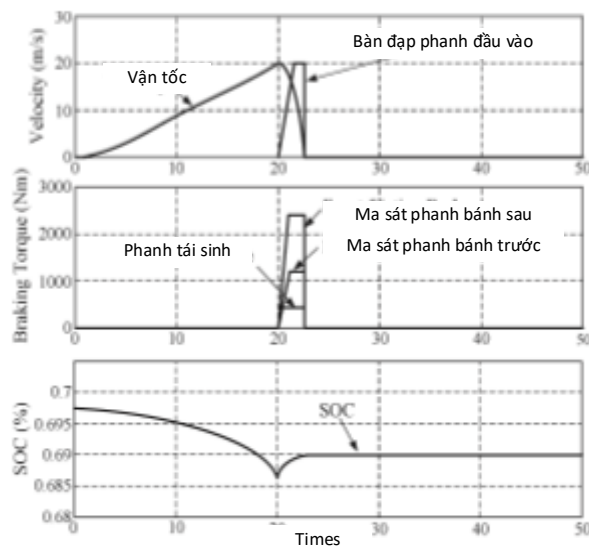


Hình 3.6: Mô phỏng đường đặc tính tốc độ

Hình 3.6 và 3.7 cho thấy các kết quả mô phỏng của ấn 50% lực lên pedal hãm và 100% lực đạp lên pedan hãm tương ứng. Các phương trình sau đây được sử dụng để tính toán lượng mô men cần thiết để dừng xe ở khoảng cách dừng được quy định bởi chu kỳ lái xe. Trong mô phỏng MATLAB/

Simulink, các thông số động cơ được thực hiện như sau: công suất $P_e = 40\text{kW}$, dòng điện tối đa $I_{\max} = 600\text{ A}$, điện áp tối thiểu $V_{\min} = 60\text{V}$, mô men tối đa $T_m = 520.88\text{NM}$, và momen hãm tái sinh tối đa $T_{\text{reg}} = 322,7\text{ NM}$. Các đặc tính của xe như sau: khối lượng của xe $M_v = 1325\text{ kg}$, diện tích mặt trước $A_f = 2.57\text{ m}^2$, hệ số kéo $C_w = 0.30$, mật độ không khí $\rho = 1.2\text{ kg/m}^3$, bán kính bánh xe $R_w = 0.3\text{ m}$, và hệ số ma sát lăn $C_{\text{roll}} = 0.008$. Yêu cầu lực phanh:

$$F_x = M_v a + \frac{1}{2} \rho C_w A_f V^2 + C_{\text{roll}} m g \quad (3.12)$$



Hình 3.7: Mô phỏng đường đặc tính tốc độ EV

Vì vậy chúng ta có thể nhận phương trình:

$$F_x = 1325a + 0.40009v^2 + 104$$

Thông qua cách này, chúng ta có thể tính toán lượng mô men cần thiết để dừng xe ở khoảng cách dừng theo quy định của chu kỳ lái. Ví dụ, nếu chúng ta phải dừng xe ở tốc độ 25 m/s , với $a = -3\text{ m/s}^2$, lực hãm là:

$$F_x = 1325 \times (-3) + 0.40009 \times 25^2 + 104 = -3620.43\text{N}$$

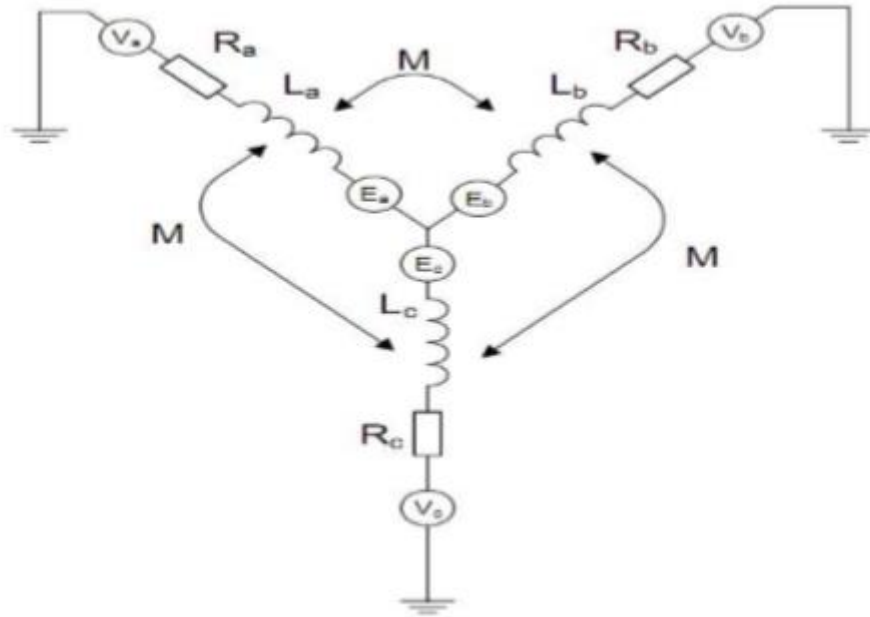
Đồng thời, lượng mômen hãm là:

$$T_b = F_x R_w = -3620.43 \times 0.3 = 1080.7\text{N.m}$$

3.6. MÔ PHỎNG HỆ THỐNG HÃM MÁY PHÁT ĐỘNG CƠ ĐIỆN BLDC

3.6.1. Mô hình toán hệ thống máy phát động cơ BLDC

Mô hình toán của đối tượng là các mối quan hệ toán học nhằm mục đích mô tả lại đối tượng thực tế đó nhưng dưới dạng các biểu thức toán học để thuận lợi cho quá trình phân tích, khảo sát, thiết kế. Đối với một động cơ, mô hình toán học đóng vai trò quan trọng vì mọi khảo sát và tính toán bằng lý thuyết đều dựa trên mô hình toán. Vì vậy mô hình toán là chìa khóa để mở ra mọi vấn đề trong quá trình tính toán thiết kế cho động cơ. Để thực hiện xây dựng mô hình toán cần phải đưa động cơ BLDC về các thành phần điện tử cơ bản. Hình 3.8 là mô hình mạch điện trong động cơ gồm có ba cuộn dây stator được quy ước bởi điện trở R_a và điện cảm L_a . Vì ba cuộn dây của stator được đặt cạnh nhau nên tất nhiên sẽ xảy ra hiện tượng hổ cảm giữa ba cuộn dây này với nhau. Sự hổ cảm giữa các cuộn dây stator được thể hiện qua đại lượng M . Mặt khác do rotor của BLDC làm bằng nam châm vĩnh cửu nên khi rotor này quay sẽ quét qua các cuộn dây của stator, hai từ trường này sẽ tương tác với nhau. Vì vậy các đại lượng e_a, e_b, e_c thể hiện sự tương tác giữa từ trường của rotor và từ trường của các cuộn dây trên stator, biên độ của các sức phản điện động này là bằng nhau có giá trị là E . Do các nam châm đều làm bằng vật liệu có suất điện trở cao nên có thể bỏ qua dòng cảm ứng rotor.



Hình 3.8 : Mô hình mạch điện của động cơ BLDC

Ba cuộn dây trên stator có điện trở lần lượt là R_a, R_b, R_c , L_a, L_b, L_c lần lượt là điện cảm của các cuộn dây, L_{ab}, L_{bc}, L_{ca} là hồ cảm giữa các cuộn dây tương ứng. Phương trình vi phân điện áp ba pha của động cơ BLDC ở dạng ma trận:

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & 0 & 0 \\ 0 & R & 0 \\ 0 & 0 & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + p \begin{bmatrix} L_a & L_{ab} & L_{ca} \\ L_{ba} & L_b & L_{cb} \\ L_{ca} & L_{cb} & L_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix}$$

Nhưng do các pha đối xứng nhau nên các giá trị điện trở, điện cảm, hồ cảm của ba cuộn dây bằng nhau $R_a = R_b = R_c = R$; $L_a = L_b = L_c = L$; $L_{ab} = L_{bc} = L_{ca} = M$

Ta nhận được mới ở dạng ma trận:

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & 0 & 0 \\ 0 & R & 0 \\ 0 & 0 & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + p \begin{bmatrix} L & M & M \\ M & L & M \\ M & M & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix}$$

Do ba cuộn dây trên stator đấu sao nên: $i_a + i_b + i_c = 0$ Suy ra:

$$M \cdot i_a + M \cdot i_b = -M \cdot i_c$$

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & 0 & 0 \\ 0 & R & 0 \\ 0 & 0 & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + p \begin{bmatrix} L - M & 0 & 0 \\ 0 & L - M & 0 \\ 0 & 0 & L - M \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix}$$

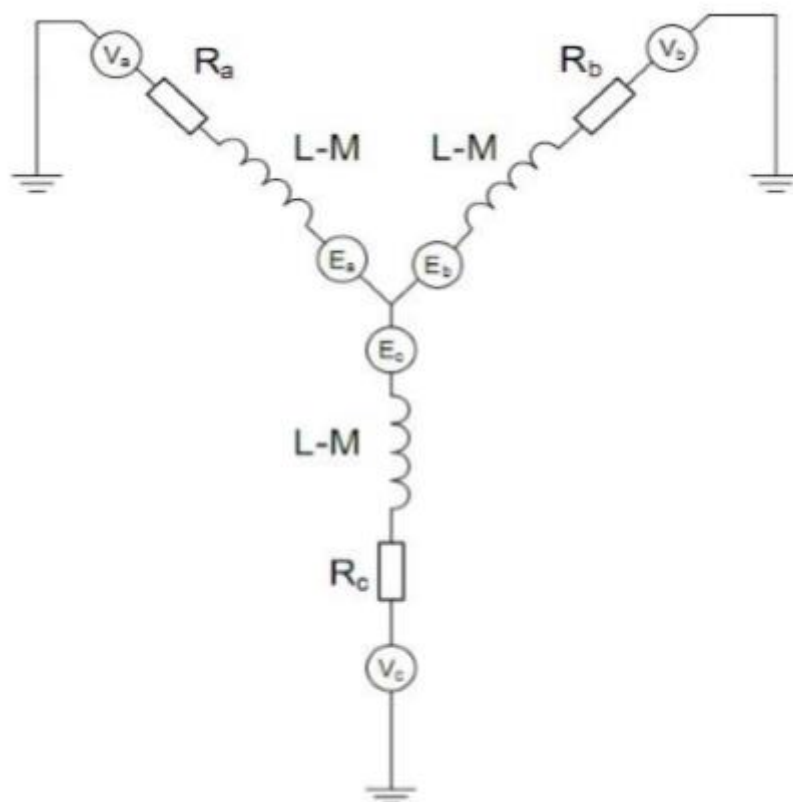
Triển khai ra, ta có phương trình vi phân điện áp ba pha stator động cơ BLDC như sau:

$$V_a = Ri_a + (L - M)pi_a + e_a$$

$$V_b = Ri_b + (L - M)pi_b + e_b$$

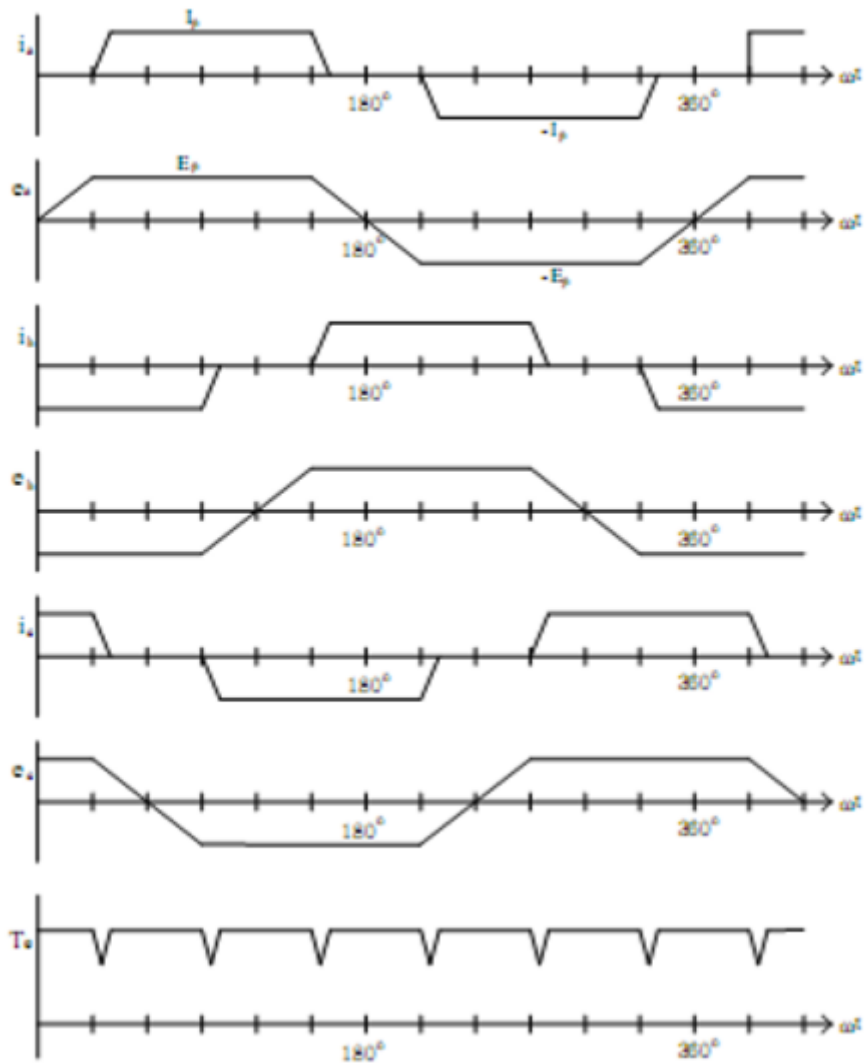
$$V_c = Ri_c + (L - M)pi_c + e_c$$

Ta có mô hình thu gọn của động cơ BLDC:



Hình 3.9: Mô hình thu gọn của động cơ BLDC

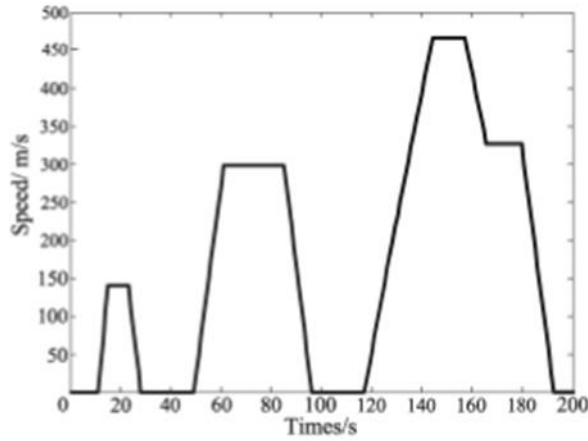
Ta đã đưa ra được mô hình toán của động cơ BLDC nhưng không chú ý tới ảnh hưởng của độ tự cảm lên dạng dòng điện. Sự tồn tại của cảm ứng cuộn dây đã làm dạng dòng điện bớt thẳng đứng hơn mà có dạng như sau:



Hình 3.10: Dạng dòng điện và SĐĐ của các pha động cơ BLDC khi chú ý tới tự cảm cuộn dây

3.6.2. Mô phỏng đường đặc tính tốc độ EV

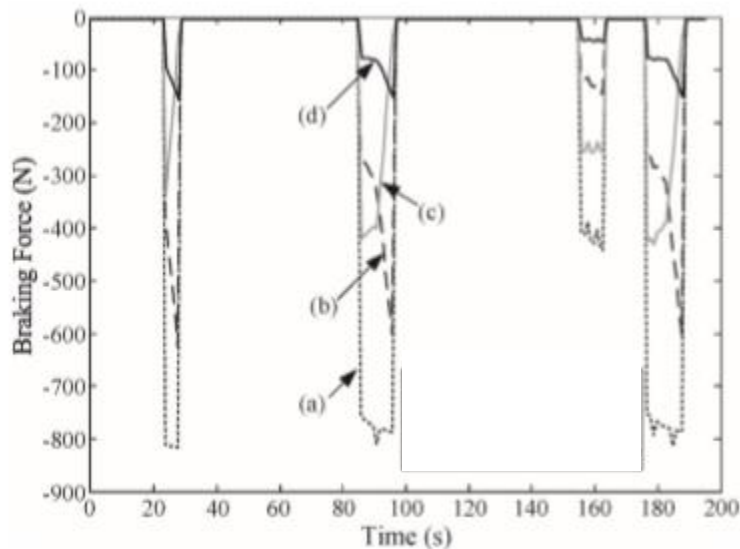
Như chỉ ra từ hình 3.11, đặc tính tốc độ của EV gồm ba giai đoạn tăng tốc, bốn giai đoạn chạy ở tốc độ không đổi, bốn giai đoạn giảm tốc, và hai giai đoạn thả lỏng, được xác định trong tiêu chuẩn của GT / T18386-2005.



Hình 3.11 Mô phỏng đường đặc tính tốc độ EV

3.6.3. Kết quả phân bố lực hãm

Hình 3.12 cho thấy sự phân bố của lực hãm. Đường cong (a) thể hiện lực hãm tổng cần thiết; Đường cong (b), đường cong (c), và (d) biểu diễn lực hãm ma sát phía sau, lực hãm phía trước và lực hãm tái sinh. Từ Hình 3.12, chúng ta có thể kết luận rằng lực hãm ma sát của bánh xe phía trước nhỏ hơn lực hãm tái sinh, và lực hãm bánh trước được cung cấp chủ yếu bởi phanh điện trong thời gian giảm tốc của EV. Tốc độ càng cao thì tỷ lệ phanh điện càng lớn, điều đó chứng tỏ rằng tốc độ cao phù hợp hơn cho hãm tái sinh.



Hình 3.12: Phân phối lực phanh

a- tổng lực phanh

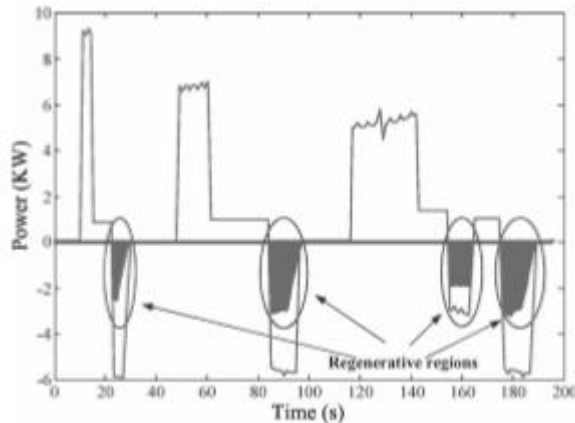
c- lực ma sát bánh sau

b- lực phanh phía trước

d- lực phanh tái sinh

3.6.4. Hiệu suất thu hồi năng lượng

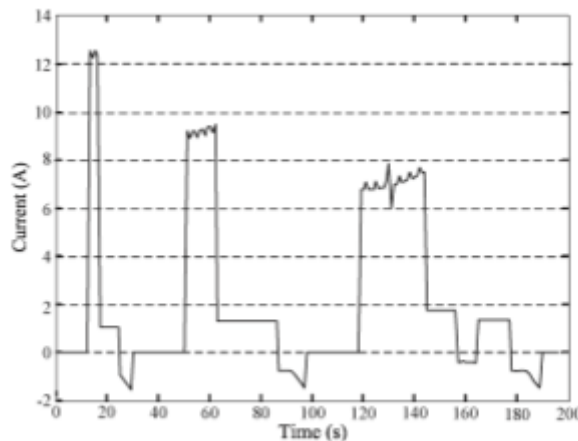
Trong toàn bộ chu kỳ lái xe đô thị, có bốn giai đoạn giảm tốc, trong đó ắc qui có thể phục hồi một phần năng lượng động học EV. Như hình 3.13 , phần bóng tối là năng lượng thu hồi có tỷ lệ khoảng 50%. Tuy nhiên, tỷ lệ này liên quan chặt chẽ đến tốc độ EV, thông tin về giao thông, về SOC, và thói quen của người lái xe.



Hình 3.13: Thu hồi năng lượng

3.6.5. Đường đặc tính của cáp dòng điện DC của động cơ BLDC

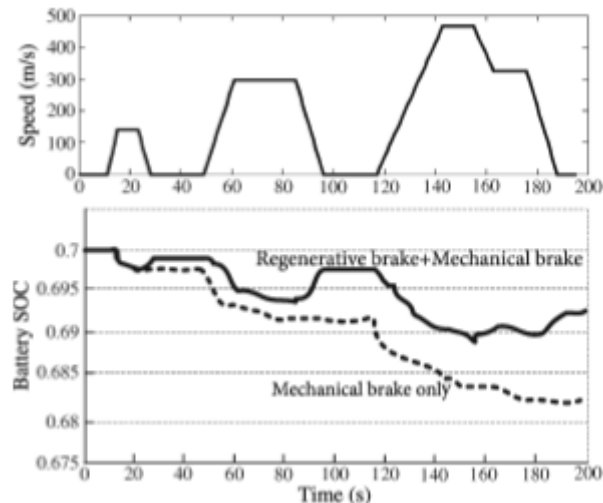
Như thể hiện trong hình 3.14, dòng điện ở cáp dòng DC của BLDC có liên quan đến tốc độ. Khi hãm EV, RBS có thể điều khiển dòng điện của động cơ BLDC để đảm bảo mô men không đổi bằng bộ điều khiển PID. Bộ điều khiển PID điều chỉnh tỷ lệ PWM để thực hiện điều khiển động cơ BLDC



Hình 3.14: Đường đặc tính hiện tại trên xe buýt DC dc BLDC với điều khiển PID

3.7. NẠP ẮC QUI (SOC)

SOC Ắc qui có thể chứng minh một cách trực quan mức tiêu thụ năng lượng EV. Như thể hiện trong hình 3.15, trong toàn bộ chu kỳ lái xe đô thị, quá trình gia tốc EV tiêu thụ năng lượng nhiều hơn các quá trình khác, và SOC tương ứng giảm nhanh hơn. Trong các giai đoạn giảm tốc, đường cong SOC tăng nhẹ, cho thấy hãm tái sinh đang hoạt động



Hình 3.15: Nạp ắc qui(SOC)

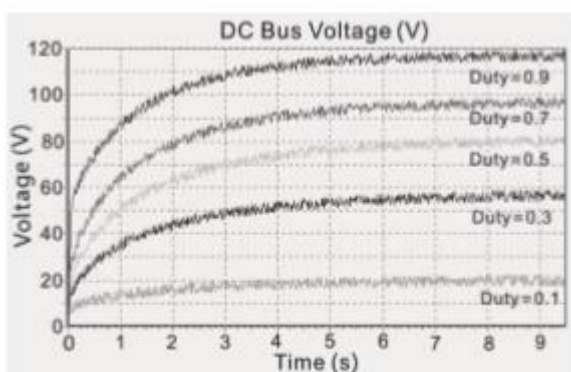
3.8. ỨNG DỤNG

RBS như mô tả trước đây đã được thử nghiệm thành công. Trong hệ thống thí nghiệm thực tế thể hiện trong hình 3.16, chúng ta đã sử dụng TMS320F2812 làm chip điều khiển

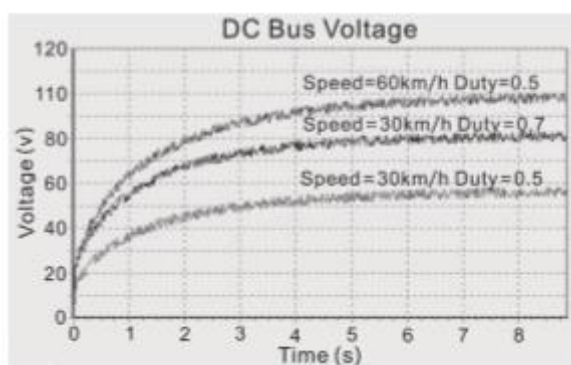


Hình 3.16: Thực hiện thực tế thông số motor

Như thể hiện trong hình 3.17, chúng ta có thể có được điện áp khác nhau cho các dạng PWM khác nhau với cùng một tốc độ. Do đó, ở các tốc độ khác nhau, chúng ta có thể điều chỉnh PWM để có được điện áp khác nhau. Trong Hình 3.17, chúng ta đã thực hiện tốc độ 60 km/h. Thông qua điều chỉnh các dạng PWM, điện áp cắpt dc có thể đạt được và thậm chí là trên điện áp danh định. Đồng thời, khi tốc độ là 30 km / h, 50% công suất PWM có thể làm cho điện áp cắpt dc đạt đến điện áp định mức, vì vậy chúng ta có thể điều chỉnh PWM đến 70% và điện áp tăng như thể hiện trong hình 3.18.



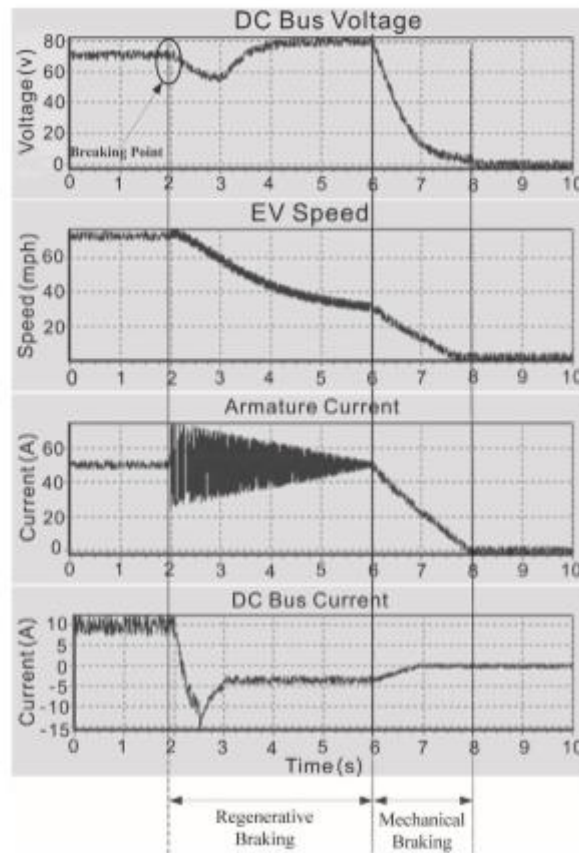
Hình 3.17: Điện áp cắpt DC của các dạng PWM khác nhau nhưng ở cùng tốc độ



Hình 3.18: Điện áp cắpt DC với cùng tốc độ

Hình 3.19 cho thấy các dạng điện áp, dòng điện và tốc độ ở trạng thái hãm. Khi tốc độ EV giảm từ 70 km / h đến khoảng 30 km / h, điện áp cắpt dc giữ giá trị cao ở khu vực tái sinh. EV sẽ chuyển sang hãm cơ học nếu tốc độ

quá thấp. Đồng thời, dòng điện DC sẽ giảm xuống 0 khi EV dừng lại.



Hình 3.19: Các dạng sóng điện áp, dòng điện và tốc độ ở trạng thái phanh.

Trong chương 3 này đã trình bày RBS của EVs được điều khiển bởi động cơ BLDC. Việc thực hiện hệ thống phanh tái sinh của EVs đã được thực hiện bởi kế hoạch kiểm soát và đã được thực hiện cả trong mô phỏng cũng như trong các thí nghiệm. Bằng cách kết hợp kiểm soát mờ và các phương pháp điều khiển PID là cả hai phương pháp phức tạp, RBS có thể phân phối lực phanh cơ học và lực phanh điện tự động. Kiểm soát PID là một phương pháp rất phổ biến trong kiểm soát xe điện, nhưng nó là khó khăn để có được một phanh điện áp chính xác. Lực phanh bị ảnh hưởng bởi :SOC, tốc độ, độ bền phanh. Trong đề án, chúng tôi đã lựa chọn ba yếu tố quan trọng nhất: SOC, tốc độ và độ bền phanh và các biến đầu vào điều khiển mờ. Chúng tôi đã phát hiện ra rằng RBS có thể có được dòng phanh thích hợp, được sử dụng

để tạo ra mô men xoắn. Đồng thời thông qua điều khiển PID để điều chỉnh PWM động cơ BLDC để có được mô men liên tục. Kiểm soát PID nhanh hơn kiểm soát mờ, vì vậy hai phương pháp kết hợp với nhau có thể nhận ra sự chuyển đổi trơn tru. Kết quả tương tự thu được từ các nghiên cứu thực nghiệm. Vì vậy, có thể kết luận rằng RBS này có khả năng thu hồi năng lượng và đảm bảo sự an toàn của phanh trong các tình huống khác nhau.

KẾT LUẬN

Sau khoảng thời gian quy định để thực hiện đề tài tốt nghiệp, với sự nỗ lực, cố gắng tìm hiểu của bản thân cũng như sự chỉ bảo giúp đỡ tận tình của các giảng viên trong khoa, đến nay em đã hoàn thành đề tài tốt nghiệp của mình. Trong đề tài tốt nghiệp, em đã thực hiện được những nội dung sau:

- Tìm hiểu về cấu tạo và nguyên lý hoạt động động cơ một chiều nam châm vĩnh cửu không chổi than BLDC;
- Các phương pháp điều khiển động cơ BLDC;
- Tìm hiểu về hãm máy phát của xe điện truyền động bằng động cơ BLDC.

Tuy nhiên do thời gian có hạn cũng như trình độ của bản thân còn có nhiều hạn chế, việc hoàn thành đồ án còn nhiều thiếu sót.

Em rất mong muốn nhận được sự chỉ bảo, sửa chữa, đóng góp ý kiến của thầy cô, bạn bè trong lớp để em có thể thực hiện, hoàn thành đề tài tốt hơn cũng như củng cố thêm kiến thức cho bản thân.

Một lần 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 Điện - Điện Tử, bạn bè trong lớp đã giúp đỡ em rất nhiều.

Em xin chân thành cảm ơn!

Hải Phòng, ngày ... tháng năm 2018

Sinh viên thực hiện

Phạm Văn Cường

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Xiaohong Nian, Fei Peng and Hang Zhang (2017), *Regenerative Braking System of Electric vehicle*
- [2] F. Wang, X. Yin, H. Luo, và Y. Huang (2012) , *A series regenerative braking control strategy based on hybrid-power* , Proc. Int. Conf. CDCIEM.
- [3] N. Mutoh và Y. Nakano (3/2012), *Dynamics of front-and-rear-wheel independent-drive-type electric vehicles at the time of failure*, IEEE Trans. Ind Electron
- [4] K. Yoong, Y. H. Gan, G. D. Gan, C.K. Leong, Z. Y. Phuan, B. K. Cheah, và K.W. Chew (20/11/2010), *Studies of regenerative braking in electric vehicle*" trong Proc. IEEE Conf
- [5] J. M. J. Yang, H. L. Zhou, B. Y. Ma, K. K. Shyu (6/2009), *A cost-effective method of electric brake with energy regeneration for electric vehicles*", IEEE Trans. Ind Electron
- [6] N. Mutoh (10/2012), *Driving and braking torque distribution methods for front and rear-wheel-independent drive-type electric vehicles on road with low friction coefficient*" IEEE Trans. Ind. Electron
- [7] C.-H. Huang, W.-J. Wang, và C.-H. Chiu (7/2011), *Design and implementation of fuzzy control on a two-wheel inverted pendulum*" IEEE Trans. Ind Electron.