BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG

ISO 9001:2015

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

NGÀNH : ĐIỆN TỰ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

Sinh viên : Trần Đình Phong

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

ĐIỀU KHIỂN KHÔNG CẢM BIẾN ĐỘNG CƠ PMSM CHO TRUYỀN ĐỘNG KÉO Ô TÔ

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY

NGÀNH: ĐIỆN TỰ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

Sinh viên : Trần Đình Phong

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

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Sinh viên: Trần Đình Phong **Mã SV**: 1512102024

Lớp: DC2001

Ngành: Điện tự động công nghiệp

Tên đề tài: Điều khiển không cảm biến động cơ PMSM cho truyền động kéo ô tô.

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: Giáo sư Tiến sĩ khoa học

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

Nội dung hướng dẫn: Toàn bộ đề tài

Đề tài tốt nghiệp được giao ngày 20 tháng 03 năm 2020.

Yêu cầu phải hoàn thành xong trước ngày 30 tháng 06 năm 2020.

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

Hải Phòng, ngày ..... tháng ..... năm 2020

HIỆU TRƯỞNG

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: Thân Ngọc Hoàn

Đơn vị công tác: Trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hải Phòng

Họ và tên sinh viên: Trần Đình Phong

Chuyên ngành: Điện tự động công nghiệp

Đề tài tốt nghiệp: Điều khiển không cảm biến động cơ PMSM cho truyền động kéo ô tô.

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

Có tinh thần học tập trong qúa trình làm đồ án 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…).

Nội dung đồ án là tìm hiểu phương pháp điều khiển không cảm biến động cơ PMSM dùng cho ô tô điện. Nội dung đồ án dáp ứng một đồ án tốt nghiệp đại học. Đây có thể là tài liệu cho những ai muốn tham khảo về phương pháp điều khiển động cơ PMSM dùng cho ô tô điện, là loại ô tô cho tương lai.

3. Ý kiến của giảng viên hướng dẫn tốt nghiệp.

Được bảo vệ [x] *Không được bảo vệ* [ ] *Điểm hướng dẫn* [ ]

Hải Phòng, ngày ..... tháng ..... năm 2020.

Giảng viên hướng dẫn

GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn

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: Trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hải Phòng

Họ và tên sinh viên: Trần Đình Phong

Chuyên ngành: Điện tự động công nghiệp

Đề tài tốt nghiệp: Điều khiển không cảm biến động cơ PMSM cho truyền động kéo ô tô.

1. Phần nhận xét của giáo 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 2020

Giảng viên chấm phản biện

(Ký và ghi rõ họ tên)

MỤC LỤC

LỜI MỞ ĐẦU……...1

CHƯƠNG1…….…...2

GIỚI THIỆU VỀ Ô TÔ ĐIỆN…….....2

1.1. GIỚI THIỆU VỀ NGÀNH CÔNG NGHIỆP Ô TÔ ĐIỆN…….……2

1.2. CÁC LOẠI Ô TÔ ĐIỆN…….……4

1.3.PHÂN LOẠI XE Ô TÔ ĐIỆN…….……5

1.4. NHỮNG ĐỘT PHÁ TRONG SẢN XUẤT Ô TÔ ĐIỆN…….……..8

1.5. KẾT LUẬN CHƯƠNG. …….……..12

CHƯƠNG 2……...…….……13

CÁC LOẠI ĐỘNG CƠ DUNG CHO TRUYỀN ĐỘNG Ô TÔ " MỘT CHIỀU,PLDC,SRM"……...…….……13

2.1. ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU…….……13

2.1.1. Phân loại động cơ một chiều…….……13

2.1.2. Phương trinh cân bằng sđđ của động cơ…….…..13

2.1.3. Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều…….…..14

2.1.3.1 .Đặc tính cơ của động cơ kích từ độc lập và song song…….…..14

2.1.3.2. Đặc tính cơ của động cơ kích từ nối tiếp…….……15

2.1.3.3. Đặc tính cơ động cơ kích từ hỗn hợp…….…16

2.1.4. Khởi động động cơ một chiều…….……..17

2.1.4.1. Khởi động trực tiếp…….……17

2.1.4.2.Khởi động dung điện trở khởi động…….……17

2.1.5. Điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều…….……...18

2.1.5.1. Các phương pháp điều chỉnh tốc độ…….……18

2.1.5.2. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện áp nguồn nạp…….……..19

2.1.5.3. Điều chỉnh bằng thay đổi điện trở mach rô to…….……19
2.1.5.4. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi từ thông…….……..20
2.1.5.5. Hệ thống bộ biến đổi động cơ……..……..21
2.1.5.6. Hãm động cơ một chiều…….…….22
2.1.5.7. Tổn hao và hiệu suất máy điện một chiều…….……..25
2.2. ĐỘNG CƠ PLDC " ĐỘNG CƠ KHÔNG CHỔI THAN DÒNG MỘT CHIỀU "……..……25
2.2.1. Giới thiệu động cơ PLDC…….…….25
2.2.2. Cấu tạo động cơBLDC…….……..27
2.2.2.1. Cấu tạo stator của động cơ PLDC…….……..29
2.2.2.2. Cấu tạo rotor của động cơ PLDC…….……..31
2.2.2.3. Cảm biến vị trí rotor…….……..32
2.2.2.4. Bộ phận chuyển mạch điện tử (Electroniccommutator…….……..36
2.2.2.5. Sức phản điện động…….……36
2.2.3. Nguyên lý hoạt động của động cơ BLDC…….…….37
2.2.3.1. Nguyên lý hoạt động…….……..37
2.2.3.2. Đặc tính cơ và đặc tính làm việc của động cơ BLDC…….……39
2.2.4. Mô hình toán ,phương trình sđđ và mô men của động cơ BLDC…….…40
2.2.5. Phương trình sđđ và mô men…….……...44
2.2.6. Các phương pháp điều khiển chuyển động động cơ PLDC…….…..48
2.2.6.1. Điều khiển quay chậm…….…..48
2.2.6.2. Điều khiển động cơ quay theo chiều ngược…….……52
2.2.7. Điều khiển động cơ PLDC…….……55
2.3. ĐỘNG CƠ TỪ TRỞ (ĐỘNG CƠ ĐÓNG NGẮT TRỞ KHÁNG SR……..56
2.3.1. Giới thiệu về động cơ từ trở…….…..56
2.3.2. Nguyên lý hoạt động…….…….57

2.3.3. Nguyên lý điều khiển…….……59
2.3.4. Ưu và nhược điểm của động cơ SRM…….……...60
2.4. KẾT LUẬN CHƯƠNG 2…….…….60
CHƯƠNG 3……...…….…….61
ĐIỀU KHIỂN KHÔNG CẢM BIẾN ĐỘNG CƠ PMSM CHO TRUYỀN ĐỘNG KÉO Ô TÔ…….…….61
3.1. CHUYỂN MẠCH ĐỘNG CÓ PM KHÔNG CHỔI THA…….……61
3.1.1. Các loại động cơ không chổi than…….…….61
3.1.2. Dạng sóng dòng điện và mô-men …….……62
3.2. MÔ HÌNH TOÁN HỌC CỦA ĐỘNG CƠ…….…..…63
3.3. ƯỚC TÍNH VỊ TRÍ VÀ TỐC ĐỘ…….…...…64
3.3.1. Ước tính vị trí rô to sử dụng tín hiệu Hall-Effect……...…..65
3.3.2. Bộ ước tính vị trí rô to dựa trên Back-EMF…….…..……67
3.3.3.Tính toán tốc độ rô to……...…..68
3.3.4. Sửa sai số vị……..……..69
3.4. CÀI ĐẶT VÀ KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM…….……..……70
3.5. KẾT LUẬN CHƯƠNG 3…….…….……77
KẾT LUẬN …….78
TÀI LIỆU THAM KHẢO……79

LỜI MỞ ĐẦU

Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu là thiết bị điện sử dụng rộng rãi trong công nghiệp và có rất nhiều ưu điểm so với các loại động cơ khác đang sử dụng cho truyền động điện xoay chiều. Hơn thế nữa, để vận hành tốt các loại máy điện đòi hỏi phải có đội ngũ kỹ sư có trình độ chuyên môn cao. Là sinh viên ngành điện tự động công nghiệp, em hiểu được vai trò quan trọng của máy điện trong thời kì công nghiệp hóa – hiện đại hóa như ngày nay. Trong đợt tốt nghiệp này em được thầy giáo GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn hướng dẫn đồ án tốt nghiệp với đề tài: **"Điều khiển không cảm biến động cơ PMSM cho truyền động kéo ô tô".** Đề tài gồm 3 chương:

Chương 1: Giới thiệu về ô tô điện

Chương 2: Các loại động cơ dùng cho truyền động ô tô "Một chiều, BLDC,SRM "

Chương 3: Điều khiển không cảm biến động cơ PMSM cho truyền động kéo ôtô.

CHƯƠNG 1.

GIỚI THIỆU VỀ Ô TÔ ĐIỆN

1.1. GIỚI THIỆU VỀ NGÀNH CÔNG NGHIỆP Ô TÔ ĐIỆN.

Hình 1.1:Hình ảnh chiếc xe điện đầu tiên được ra đời.

Ô tô điện không phải là một khái niệm mới lạ. Từ đầu thếkỷ XIX, xe chạy bằng năng lượng điện đã có vị thế cạnh tranhtương đương với xe chạy bằng động cơ hơi nước. Vào khoảngnhững năm 1832-1839, Robert Anderson, người Scotland đã phát minh ra loại xe điện chuyên chở đầu tiên. Năm 1842, hainhà phát minh người Mỹ là Thomas Davenport và SotsmenRobert Davidson đã trở thành những người đầu tiên đưa pinvào sử dụng cho ô tô điện. Năm 1865, các nhà bác học Anh vàPháp đã thành công trong việc nâng cao khả năng lưu trữ điệntrong Pin, giúp cho xe điện có thể di chuyển trong khoảngđường dài. Anh và Pháp là hai quốc gia đầu

tiên đưa ô tô điệnvào phát triển trong hệ thống giaothông vận tải vào cuối thếkỷ XVIII. Đến đầu thế kỷ XX, xe ô tô điện trở nên yếu thế sovới ô tô sử dụng động cơ đốt trong, chạy bằng xăng dầu. Vàothời điểm này, người ta đã tìm ra những mỏ dầu lớn, dẫn đếnviệc hạ giá thành dầu và các sản phẩm của dầu trên toàn thếgiới. Mặt khác, về mặt kỹ thuật, công nghệ chế tạo động cơ đốttrong có những tiến bộ vượt bậc, khiến cho xe chạy động cơđốt trong chạy bằng xăng dầu có giá thành hạ. Kết quả, đếnnăm 1935, ô tô điện gần như biến mất.

Bắt đầu từ thập niên 60-70 của thế kỷtrước, thế giới đã thực sự đối mặt với hai vấnđề lớn mang tính toàn cầu: vấn đề năng lượnghóa thạch (dầu mỏ, than đá) đang nhanh chóngcạn kiệt, không có khả năng tái tạo và vấn đềô nhiễm môi trường. Trong khi đó, nhânloạiđã nhìn thấy rõ điện năng là loại năng lượngrất linh hoạt, có thể được chuyển hóa từ nhiềunguồn năng lượng hầu như vô tận, như nănglượng hạt nhân, năng lượng gió, năng lượngmặt trời, năng lượng sóng biển… Về ô nhiễmmôi trường, nguyên nhân chính làkhí thải từcác phương tiện giao thông vận tải chạy bằngxăng dầu, nhất là ô tô. Như vậy, ô tô điện làgiải pháp tối ưu để giải quyết cả hai vấn đềtrên. Đó là lý do khiến ô tô điện trở thành mốiquan tâm đặc biệt của ngành sản xuất ô tô vàcủa các nhà khoa học trên toàn thế giới từ giữathế kỷ XX trở lại đây.

Không chỉ góp phần chống biến đổi khíhậu, cứu Trái đất thoát khỏi những thảm họamôi trường, ô tô điện còn đem lại lợi ích bảovệ sức khỏe cho con người, trong bối cảnh ảnhhưởng của khí thải độc hại từ các phương tiệngiao thông vận tải đang ở mức báo động.Nghiên cứu của Phòng thí nghiệm hàng khôngvà môi trường của Viện Công nghệMasachusetts (Mỹ) công bố vàotháng 8/2013,chỉ riêng ở Mỹ, mỗi năm có 200.000 ngườichết do ô nhiễm không khí, trong đó 53.000người chết vì bệnh ung thư từ khí thải của cácphương tiện giao thông trên đường bộ xả ra.Trên quy mô toàn cầu, Tổ chức Y tế Thế giới(WTO) ước tính, mỗi năm có 3,2 triệu ngườichết do ô nhiễm không khí, trong đó 2,1 triệuca tử vong vì ung thư ở châu Á, nơi có thịtrường ô tô bùng nổ hơn thập kỷ qua. Mộtnghiên cứu của Hiệp hội Phổi ở

Mỹ cho biết,nếu ¾ số xe ô tô ở California chuyển sang ôtô điện vào năm 2025 thì có thể giảm 70% sốca mắc bệnh ung thư phổi của người dân ởbang này…

Có một điều chắc chắn rằng, khi các hang sản xuất ô tô điện thành công sử dụng 100%điện năng sạch, như điện hạt nhân, điện gió,điện mặt trời, điện từ sóng biển…, thì việc cứuhàng triệu con người, cứu Trái đất khỏi ônhiễm không khí, biến đổi khí hậu… sẽ khôngphải là chuyện viển vông. Ngày nay, thế giớiđã khẳng định, ô tô điện là xu thế tất yếu củathời đại.

1.2. CÁC LOẠI Ô TÔ ĐIỆN.

Để giảm thiểu sự phụ thuộc vào nguồn nhiên liệu dầu mỏ và ô nhiễm môi trường do khí thải từ động cơ ô tô những năm gần đây nhiều hãng xe ưu tiên phát triển các dòng xe chạy bằng điện:

- **Xe truyền thống**: Sử dụng động cơ đốt trong giúp chuyển đổi năng lượng sinh ra từ quá trình đốt cháy xăng, dầu bên trong xi lanh thành năng lượng cơ học để xe có thể chuyển động được.
  - + Tiêu thụ: Nhiên liệu
  - + Cơ chế vận hành: Động cơ đốt trong.
  - + Ưu điểm: Dễ bổ sung nhiên liệu đi được quãng đường dài với tốc độ cao.
- **Xe lai điện(Hybrid)**: Ở xe kết hợp giữa động điện hiện đại và động cơ đốt trong truyền thống. Khi xe di chuyển chậm động cơ điện sẽ hoạt động, xe hoàn toàn không sử dụng nhiên liệu. Khi xe cần tăng tốc nhanh động cơ điện sẽ đóng vai trò hỗ trợ động cơ truyền thống. Cụm pin được xạc thông qua động cơ đốt trong.
  - + Tiêu thụ chủ yếu là nhiên liệu.
  - + Cơ chế vận hành: Động cơ đốt trong là chính, động cơ điện là phụ.
  - + Ưu điểm:Dễ bổ sung nhiên liệu, tiêu hao ít nhiên liệu, giảm khí thải khi vận hành. Tuy nhiên xe có nhược điểmnặng, chạy yếu hơn.
- **Xe lai điện xạc ngoài**: Ở xe này Cụm pin tự xạc(xạc trong) hoặc xạc ngoài.
  - + Cơ chế vận hành: Chạy bằng động cơ điện trước khi sử dụng động cơ đốt trong.

+ Ưu điểm:Dễ bổ sung nhiên liệu, tiêu hao ít nhiên liệu, giảm khí thải khi vận hành. Tuy nhiên xe có nhược điểmnặng hơn, giá thành cao khó cải tiến mẫu mã.

- **Xe thuần điện**: Chỉ chạy bằng động cơ điện, không có động cơ đốt trong có ắc qui lớn và có ổ cắm xạc ngoài.

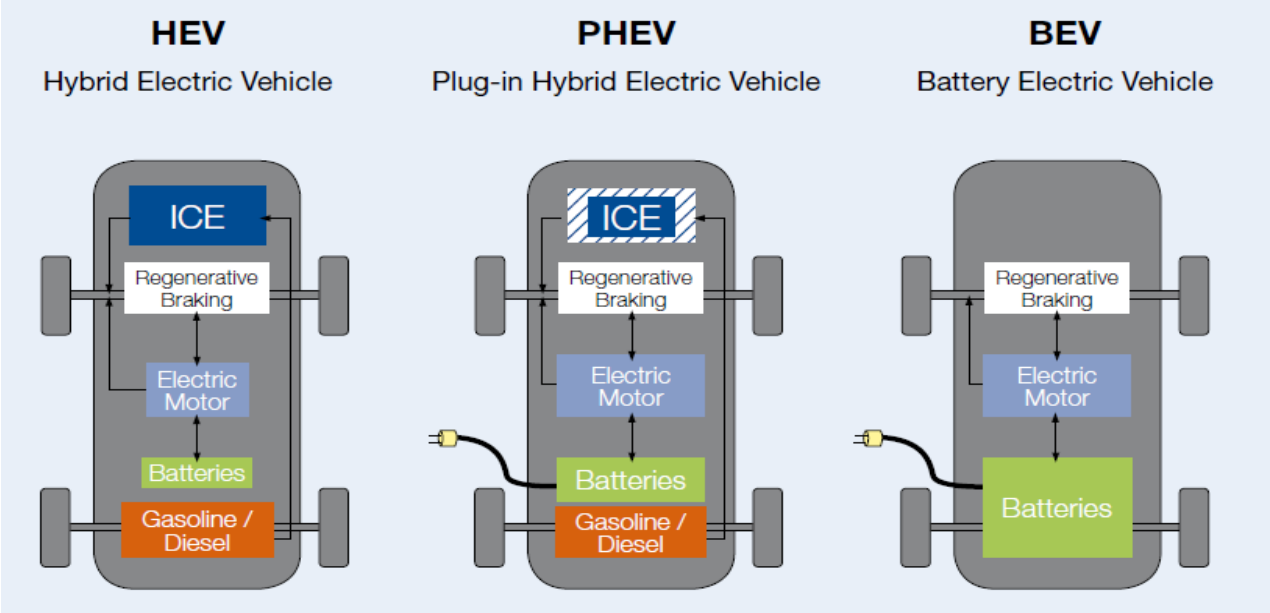
+ Tiêu thụ chủ yếu là điện năng.

+ Cơ chế vận hành: Do động cơ điện.

+ Ưu điểm: Thân thiện với môi trường, ít phải bảo trì, bảo dưỡng. Nhược điểm ít các trạm xạc cố định, xe nặng hơn đi được quãng đường ngắn với tốc độ thấp.

1.3. PHÂN LOẠI XE Ô TÔ ĐIỆN.

Xe điện đang ngày càng phát triển bùng nổ và những loại xe điện khác nhau dần xuất hiện để đáp ứng từng điều kiện cụ thể là điều dễ hiểu. Phân loại xe ô tô điện (Electric Vehicle-EV) hiện nay gồm: BEV (Battery Electric Vehicle), PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) và HEV (Hybrid Electric Vehicle).



Hình 1.2:Mô hình phân loại ô tô điện.

❖ **Battery Electric Vehicle (BEV)**

Battery Electric Vehicle (BEV) thường được gọi với cái tên EV (Electric Vehicle) là loại xe sử dụng hoàn toàn động cơ điện với bộ pin có thể nạp lại được và không dùng động cơ xăng. Xe BEV tích điện trong các bộ pin có dung lượng lớn và được dùng để chạy motor điện hay các bộ phận sử dụng điện khác. Xe BEV không thải ra khí gây ô nhiễm môi trường như động cơ truyền thống. Xe BEV được nạp điện bằng các nguồn bên ngoài. Bộ nạp này được phân loại dựa trên tốc độ nạp đầy pin trên mỗi xe BEV.

Có những mức phân loại bộ nạp sau đây: Level 1, Level 2, Level 3 (Nạp nhanh DC). Bộ nạp Level 1 sử dụng nguồn điện có đầu ra tiêu chuẩn của hộ gia đình là 120V và mất hơn 8 giờ để nạp cho quãng đường xấp xỉ 75-80 dặm. Bộ nạp Level 1 có thể nạp được ở nhà hoặc chỗ làm và gần như tất cả xe EV trên thị trường hiện nay đều có thể sử dụng bộ nạp này.

Hình 1.3:Hình ảnh ô tô đang nạp điện tại trạm.

Bộ nạp Level 2 yêu cầu những trạm đặc biệt có thể cung cấp nguồn điện 240V. Bộ nạp 240V được lắp đặt ở các công sở hoặc các trạm nạp công cộng và mất hơn 4 giờ để nạp cho quãng đường khoảng 75-80 dặm.

Bộ nạp Level 3 hay bộ nạp nhanh DC là giải pháp tối ưu nhất cho tốc độ nạp của xe EV trên thị trường hiện nay. Bộ nạp này được trang bị ở các trạm chuyên biệt và có thể nạp cho quãng đường 90 dặm chỉ trong 30 phút.

Một số xe BEV có thể nạp bằng bộ nạp DC: Tesla Model 3, BMW i3

❖ **Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV).**

Plug-in Hybrid Electric Vehicle hay PHEV có thể nạp lại pin bằng phanh tái sinh hoặc bằng cách cắm vào nguồn điện bên ngoài. Trong khi các xe hybrid bình thường có thể di chuyển 2-4 dặm trước khi động cơ xăng được sử dụng thì xe PHEV có thể đi quãng đường 10-40 dặm trước khi có sự hỗ trợ của động cơ xăng.

***Hình 1.4**:* Mẫu xe thương mại của loại PHEV.

❖ **Hybrid Electric Vehicle (HEV)**

Xe HEV được vận hành bởi cả động cơ điện và động cơ xăng truyền thống. Nguồn năng lượng điện được sản sinh ra bởi chính hệ thống phanh của xe để nạp lại pin. Hệ thống phanh này được gọi là phanh tái sinh,1 quá trình mà trong đó motor điện giúp giảm tốc độ xe và chuyển 1 phần năng lượng thành nhiệt bằng hệ thống phanh.

Xe HEV sử dụng motor điện để khởi động sau đó động cơ xăng sẽ ngắt khi tải trọng hoặc tốc độ tăng. Cả 2 motor được điều khiển bởi máy tính trên xe để đảm bảo xe sẽ tiết kiệm nhiên liệu nhất trong từng điều kiện.

Hình 1.5: Mẫu xe thương mại của loại HEV.

1.4. NHỮNG ĐỘT PHÁ TRONG SẢN XUẤT Ô TÔ ĐIỆN

Ô tô điện là phương tiện giao thông vận tải xanh- bền vững đã được thế giới khẳng định.Những nămđầu của thế kỷ XXI, ngành sản xuất ô tô đã có mộtđột phá vô cùng to lớn.Đó là những "Chiến mã chạyđiện Tesla Model 3 của Tesla" của Mỹ ra đời. Gầnđây, ở Mỹ, ngành sản xuất ô tô điện chứng kiến mộthiện tượng chưa

từng thấy, khi hàng dàingười xếphàng để đăng ký mua mẫu xe ô tô điện Model 3 móira của Tesla Model 3 thực sự là một "siêu phẩmthông minh của công nghệ ô tô" của Mỹ. Model 3sẽ bán tại Mỹvào cuối năm 2017 với mức giá35.000 USD. Thông số kỹ thuật đặc biệt của TeslaModel 3 là: khi mới ra đời, phiên bản thứ 3, phiênbản chậm nhất của Model 3 đạt tốc độ 92km/h từ vịtrí xuất phát, chưa đầy 6 giây. Quãng đường chạykhi đầy pin là 346km. Đầu năm2017, chiếc xe điệntối tân nhất Tesla Model 3 S P85D đã lập kỷ lục mới,đi được 729km với một lần sạc pin. Hệ thống sạcđiện sử dụng cho Model 3 vào cuối năm 2017 vàokhoảng 720 trạm. Ngay khi Tesla thông báo ra mắtModel 3, trong 24 giờ đầu tiên đã có 115.000 đơnđặt hàng. Trong 3 ngày đầu đã có 276.000 đơn đặthàng mua mẫu xe này. Nếu số xe đã đặt hàng trướcđược bán hết, Tesla có thể thu về khoản tiền 10 tỷUSD trong vài năm tới. Không ngạc nhiên, khinhiều người ví "Model 3 như điện thoại thông minhIphone" của ngành công nghiệp ô tô Mỹ. Giống nhưcách Iphone đã làm thay đổi điệnthoại di động, sựra đời của Tesla Model 3 có thể là khoảnh khắc lịchsử, giúp ô tô điện bùng nổ trên toàn thế giới. Đồngthời, "ngành công nghiệp vua" (dầu mỏ) lâu nay chiphối kinh tế thế giới, cũng phải gánh chịu sức côngphá vô cùng lớn của "quả bom tấn" Tesla Model 3,báo hiệu sự thoái trào của ô tô chạy xăng dầu truyềnthống một ngày không xa.

Thế giới ô tô điện đang chuyển động, phát triểnnhanh chóng. Cuộc chạy đua ô tô điệnlàm chủ côngnghệ giao thông thế kỷ XXI ngày càng quyết liệt.Phát minh Tesla Model 3 của Mỹ đã tạo ra phản ứngdây chuyền. Các đại gia khác trong ngành ô tô đãvà sẽ không ngồi im nhìn Tesla làm mưa, làm giótrên thị trường. General Mo, Chevrolet, Nissan…đều đã có kế hoạch bán ô tô điện ra thị trường, vớigiá 30.000 USD trong vài năm tới… Điều này lạicàng thúc đẩy mạnh mẽ sự bùng nổ ô tô điện trêntoàn cầu.Sự bùng nổ ô tô điện đã trở thành làn sóng mạnhmẽ trên toàn thế giới, từ các nước tiến bộ đến cácnước chậm tiến. Làn sóng phát triển ô tô điện khôngchỉ do sự phấn đấu của ngành giao thông vận tải màcó sự phối hợp giữa các cơ quan chức năng,các trường đại học, các viện khoa học, nhấtlà có sự quan tâm hỗ

trợ của nhà nước. Ngaytại nước Mỹ, nơi phát triển ô tô điện mạnhmẽ nhất, nhà nước Liên bang Mỹ cũng đã đặt vấn đề hết sức quan trọng trong viêc pháttriển ô tô điện. Trong thông điệp đầu năm2011, Tổng thống Mỹ Obama đã kêu gọinước này đầu tư mạnh mẽ nghiên cứu, pháttriển ô tô điện nhằm đạt mục tiêu giảm sựphụ thuộc vào các nguồn cung nhiên liệuhóa thạch (dầu mỏ) gây ô nhiễm môi trường,hiệu ứng nhà kính, để bảo vệ Trái đất và sứckhỏe con người. Hiện nay, nước Mỹ chi 2,4tỷ USD/mỗi năm cho việc nghiên cứu, pháttriển ô tô điện.

Hình 1.6: Hình ảnh ô tô đang nạp điện trên đường.

Các quốc gia tiến bộ khác cũng đều nhìn nhận phát tiển ô tô điện là xu thế tất yếu. ỞNa Uy, ô tô chạy bằng xăng, dầu diezen sẽchính thức bị cấm từ năm 2025. Hà Lan đãđề xuất cấm bán xe chạy động cơ đốt trongtừ năm 2025. Đức quy định tới năm 2030,toàn bộ xe ô tô đăng ký mới phải là xekhông khí thải. Ở Pháp, nhất là Pari, ô tôđiện hầu như đã phổ biến. Khó khăn, hạnchế của ô tô điện hiện nay là khâu nănglượng điện của pin chưa cao. Pháp đãthànhcông trong lĩnh vực này, đó là

công nghệ“Viên gạch” lưu tích năng lượng mặt trời,với loại ăc quy LMP - siêu công nghệ lưutích điện từ năng lượng mặt trời. Ăc quyLMP giúp ô tô điện chạy trên một quãngđường dài, cả về ban đêm, khi không có ánhmặt trời. Ở Anh, ô tô điện đang là xu hướngcực “hot”. Thành công mới nhất cho ô tôđiện là Cục Quản lý đường cao tốc của Anhđã hoàn thành nghiên cứu về tính khả thi củaviệc “gắn một hệ thống sạc điện ngay bêndưới mặt đường”. Xe ô tô điện ở Anh sẽ cólàn đường riêng, vừa đi, vừa sạc điện. Vớicông nghệ này sẽ khắc phục được hiệntượng hết pin khi xe chạy trên đườngtrường. Chính phủ Anh bỏ ra 500 triệu BảngAnh để thúc đẩy ứng dụng công nghệ này.

Ở châu Á, nước Nhật, từ năm 1966 đã ấp ủ nghiêncứu sản xuất ô tô điện 100% (ZEV).Trung Quốc đượccoi là có tiềm năng phát triển ô tô điện mạnh mẽ nhất.Trung Quốc hiện đã có khoảng hàng chục mô hình xe ôtô chạy 100% điện, tốc độ thấp nhất là90km/h, cao nhấtlà 160km/h và đã được sản xuất đại trà. Xe ô tô điện ởTrung Quốc đãtràn ngập khắp nơi, có loại giá chỉ 30triệu đồng. Ô tô điện Trung Quốc giá 70 triệu đồng đãlăn bánh ở Hà Nội. Ôtô điện Trung Quốc giá 500 triệuđồng, tốc độ tối đa 100km/h, có thể chạy được 150kmmỗi lần sạc pin, đã đến Việt Nam. Tập đoàn Lestee củaTrung Quốcđã giới thiệu ở Bắc Kinh chiếc xe ô tô điệntự lái tương tự xe Tesla Model 3 của Mỹ. Ở khu vựcĐông Nam Á, Indonesia, Thái lan, Campuchia cũng đềutích cực đi theo xu thế ô tô điện của thế giới. Được biết,Indonesia đã triển khai dự án chương trình ô tô điệnquốc gia năm 2012. Dự kiến Indonesia sẽ sản xuất ô tôđiện hàng loạt vào năm 2018. Thái Lan còn nuôi thamvọng lớn hơn. Dựa vào ưu thế sẵn có ngành công nghệô tô,người Tháikhông chỉ muốn sản xuất ô tô điện phụcvụ nhu cầu trong nước mà còn mong muốn trở thànhmột trung tâm sản xuất ô tô điện hàng đầu thế giới. Hiệnnay, đã có mẫu xe điện thương hiệu Thái Lan, có thểchạy quãng đường 168km, tốc độ tối đa 105km/h, mứcgiá 28.200 USD. Campuchia mới đây đã chế tạo đượcmột chiếc xe ô tô điện - ZEV (chiếc Angkor EV 2014)có thể điều khiển bằng Smart phone (điện thoại thông minh) mà giá cả chỉ bằng 1 chiếc xe máy SH-Italia.

Theo tính toán của các nhà khoa học, nếu tốc độtăng trưởng 60% mỗi năm được duy trì thì sớm nhấtđến năm 2023, ô tô điện có thể giảm nhu cầu sử dụngnhiên liệu dầu mỏ 2 triệu thùng mỗi ngày. Điều này sẽgây tình trạng thừa cung, đẩy giá dầu xuống đáy vựcmộtlần nữa, hiện tượng đã châm ngòi cho cuộc khủnghoảng dầu mỏ năm 2014. Ở Việt Nam, xe ô tô điện đã xuất hiện ở một số thành phố lớn. Ở thành phố Hồ ChíMinh, đã chính thức cho chạy thử nhiệm ô tô điện ở khuvực Đô thị mới Phú Mỹ Hưng, Quận 7. Ở Hải Phòng,trong những ngày Tết Đinh Dậu, đã có 20 xe điện chínhthức khởi hành trong nội thành…Tuy vậy, vẫn chưa có dấuhiệu nghiên cứu phát triển ô tô điện. Hiện tại, Bộ Côngthương vẫn đang thể hiện quan điểm tập trung vào việc"tính toán phát triển các dòng xe nhỏ thân thiện môitrường"…./.

1.5. KẾT LUẬN CHƯƠNG 1.

Chương này chủ yếu tập trung giới thiệu về ngành công nghiệp ô tô điện. giúp ta hiểu rõ hơn về sự ra đời và phát triển cùng những thành tựu to lớn trong công cuộc sản xuất ô tô điện.Đồng thời là tiền để cho việc nghiên cứu các loại động cơ trong lĩnh vực điều khiển ô tô điện .

CHƯƠNG 2.

CÁC LOẠI ĐỘNG CƠ DÙNG CHO TRUYỀN ĐỘNG Ô TÔ

2.1. ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU.

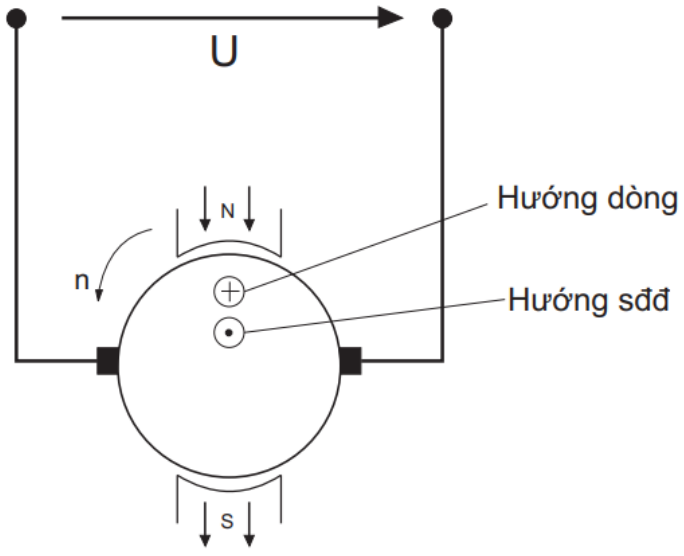
2.1.1. Phân loại động cơ một chiều.

Động cơ điện một chiều được phân loại theo kích từ thành những loại sau:

- Kích từ độc lập
- Kích từ song song
- Kích từ nối tiếp
- Kích từ hỗn hợp

2.1.2. Phương trình cân bằng sđđ của động cơ.

Khi đưa một máy điện một chiều đã kích từ vào lưới điện Hình 1.1 thì trongcuộn phần ứng sẽ chạy một dòng điện dòng điện này sẽ tác động với từ trườngsinh ra lực, chiều của nó được xác đinh theo quy tắc bàn tay trái, và tạo ra mômen điện từ làm cho rotor quay với tốc độ n.Trong cuộn dây sẽ xuất hiện sđđcảm ứng $E_u = C_e \Phi n$, ở chế độ quá độ ta có phương trình sau:



Hình 2.1:Giải thích nguyên lý động cơ điện một chiều.

$$U+ (- e_{ư}) + (- L_a\frac{di_{ư}}{dt})= i_{ư} R_t \quad (2.1)$$

Hoặc: $$U=e_{ư} + L_a\frac{di_{ư}}{dt} = i_{ư} R_t \quad (2.2)$$

Ở chế độ ổn định (n = const, $I_{ư}$= const) ta có: $U = E_{ư} +I_{ư} R_t$ (2.3)

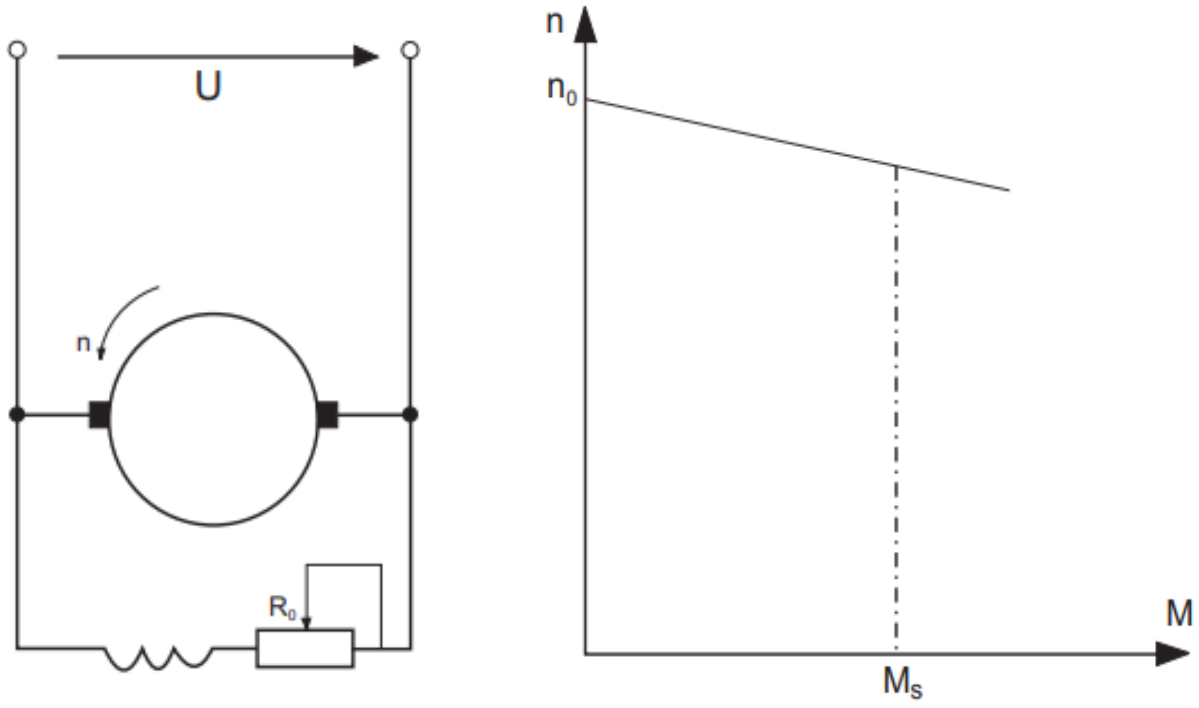
Kết hợp cới công thức máy phát ta viết: $U= E_{ư}\pm I_{ư}R_t$

(2.4)Trong dấu (-) cho máy phát, dấu (+) cho động cơ.

2.1.3. Đặc tính cơ của động cơ một chiều.

2.1.3.1.Đặc tính cơ của của động cơ kích từ độc lập và song song .

Đặc tính cơ là mối quan hệ hàm giữa tốc độ va mô men điện từ n = f(M) khi I_{kt}= const.



a) Sơ đồ *b) Đặc tính cơ*

Hình2.2:Động cơ điện một chiều kích từ song song.

Để tìm mối quan hệ này ta dựa vào Hình 2.2 và các phương trình dòng kích từ được xác đinh bằng $I_{kt}=\frac{U_{kt}}{R_{kt}}$; và $\Phi= k_l\ i_{kt}$

Ta có : $$n = \frac{U}{C_e \varphi} - \frac{I_u R_t}{C_e \varphi} \quad (2.5)$$

Rút I_u từ biểu thức mô men điện từ thay vào ta có

$$n = \frac{U}{C_e \Phi} - \frac{M R_t}{C_e C_m \Phi^2} \quad (2.6)$$

Do I_{kt}= const nên Φ = const ta được phương trình: $n = n_0 - BM$ (2.7)

Trong đó : $n_0 = \frac{U}{C_e \Phi}$ gọi là tốc độ không tải, còn $B = \frac{R_t}{C_e C_m \Phi^2}$

Về mặt toán học đây là một đường thẳng, song song máy điện chỉ phối tính chất của máy còn do các hiện tượng vật lý, khi tải tăng do phản ứng phần ứng làm cho từ thông chính của máy giảm đặc tính cơ hơi biến dạng. Nếu động cơ có điện trở điều chỉnh ở mạch phần ứng thì giá trị của hằng số như sau:

$$B = (R_t + R_{đc}) / C_e C_m \Phi^2$$

2.1.3.2.Đặc tính cơ của động cơ tích từ nối tiếp.

Đó là mối quan hệ n = f (M) với $U = U_{đm}$, $R_{đc}$ = const. Sơ đồ động cơ kích từ nối tiếp biểu diễn trên Hình 2.3.

Từ công thức (2.6)ta có:

$$N = \frac{U - I_u (R_t + R_{dc})}{C_e \Phi} = \frac{U}{C_e \Phi} - \frac{M(R_t + R_{dk})}{C_e \Phi} \quad (2.8)$$

Trong máy kích từ nối tiếp $I_u = I_{kt}$

a. Khi $0 < I_u < I_{đm}$máy chưa bão hòa, trong trường hợp này ta có $\Phi = KI_u$

Vậy: $M = C_m K I_u I_u = C_m I_u^2$ do đó $I_u = C_m \sqrt{M}$

Thay vào biểu thức ta có $n = \frac{U - C_m \sqrt{M}(R_t + R_{dc})}{C_e K I_u} = \frac{U}{C_e K C_m \sqrt{M}} \frac{-C_m \sqrt{M}(R_t + R_{dc})}{C_E K C_m \sqrt{M}}$

Hoặc: $$n = \frac{U}{C_e K C_m \sqrt{M}} - \frac{R_t + R_{dc}}{C_e K} = \frac{A}{\sqrt{M}} - B$$

Trong đó: $$A = \frac{U}{C_e K C_m'}; \quad B = \frac{R_t + R_{dc}}{C_e K}$$

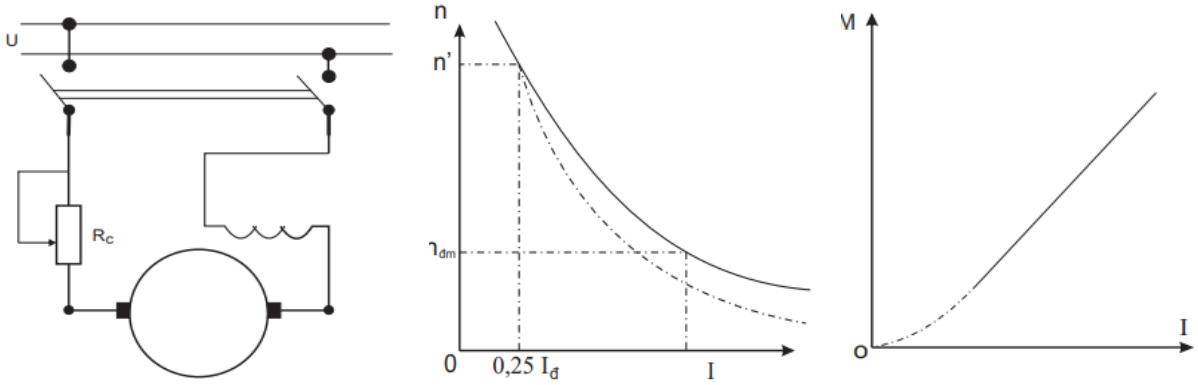
Như vậy, trong phạm vi dòng tải nhỏ hơn hoặc bằng dòng định mức, đặc tính có dạng hypebol.

b. Khi $I_u > I_{đm}$: máy bão hòa, đặc tính cơ không trùng với đường hypebol nữa. Sự thay đổi tốc độ bình thường đối với động cơ nối tiếp xác định theo biểu thức:

$$\Delta n_{đm} = \frac{n' - n_{dm}}{n_{dm}} 100\%$$

Trong đón' là tốc độ quay của động cơ khi tải thay đổi từ định mức tới 25%.

Qua phân tích trên đây ta thấy đặc tính cơ của động cơ kích từ nối tiếp không có tốc độ tải. Khi tải giảm qua mức, tốc độ động cơ tăng đột ngột vì vậy không được để động cơ mắc nối tiếp làm việc không tải, trong thực tế không được cho động cơ nối tiếp chạy bằng giây cu-roa.



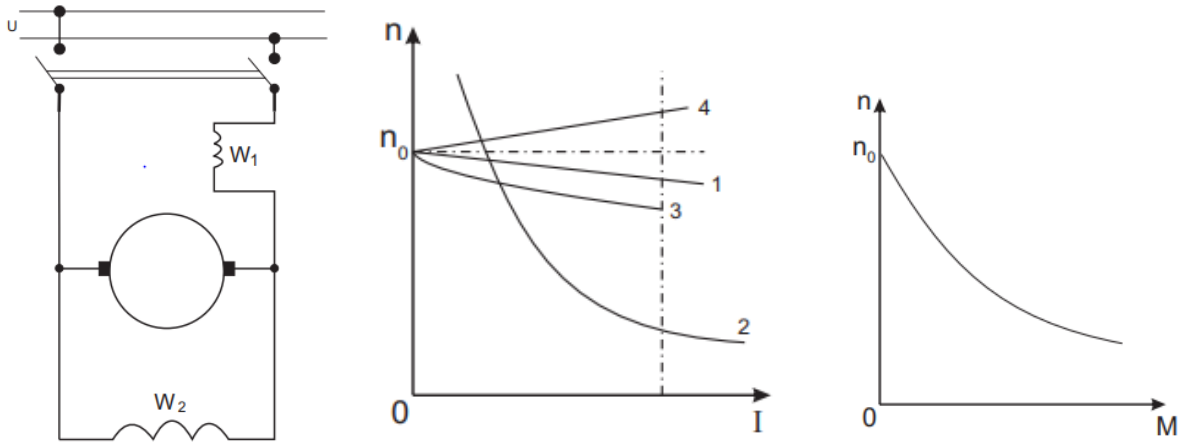
a) Sơ đồ b) Đặc tính cơ c)Đặc tính cơ

Hình2.3:Động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp.

2.1.3.3.Đặc tính cơ của động cơ kích từ hốn hợp.

Động cơ gồm hai cuộn kích từ: cuộn nối tiếp và cuộn song song. Đặc tính cơ của động cơ giống như đặc tính cơ của động cơ kích từ nối tiếp hoặc song song phụ thuộc vào cuộnkích từ nào giứ vai trò quyết định. Ở động cơ nối thuận, sđđ của hai cuộn giây cùng chiều nhưng giữ vai trò chủ yếu là cuộn song song. So sánh đặc tính cơ của động cơ kích từ hốn hợp với nối tiếp ta thấy ở động cơ kích từ hốn hợp có tốc độ không tải (không tải từ thông nối tiếp bằng không những từ thông kích từ song song khác không lên có tốc độ không tải) khi dòng tải tăng lên, từ thông cuôn nối tiếp tác động, đặc tính mang tính chất động cơ nối tiếp. Biểu diến đặc tính cơ

n= f(I) của động cơ kích từ song song (đường 1), của động cơ kích từ nối tiếp (đường 2), của động cơ kích từ hỗn hợp nối thuận (đường 3) và đặc tính cơ của động cơ kích từ nối tiếp nối ngược (đường 4) để chúng ta dế so sánh. Còn Hình 2.4c là đặc tính cơ của động cơ kích từ hỗn hợp.



a) Sơ đồ b) Đặc tính cơ c)Đặc tính cơ

Hình2.4:Động cơ điện một chiều kích từ hỗn hợp.

2.1.4. Khởi động động cơ một chiều.

Khởi động động cơ là quá trình đưa động cơ từ quá trình nghỉ (n=0) tới động cơ làm việc. Chúng ta có các phương pháp khởi động sau:

2.1.4.1.Khởi động trực tiếp.

Đây là phương pháp đóng động cơ trực tiếp vào lưới điện , không qua một thiết bị phụ nào. Dòng khởi động được xác định bằng công thức:

$$I_{kd}=\frac{U_{dm}}{R_t} \qquad (2.9)$$

Vì R_t nhỏ lên I_{kd} có giá trị lớn (10÷30) $I_{đm}$. Sự tăng dòng đột ngột là xuất hiện tia lửa ở cổ góp, xuất hiện xung cơ học va làm sụt điện áp lưới. Phương pháp này hầu như không được sử dụng.

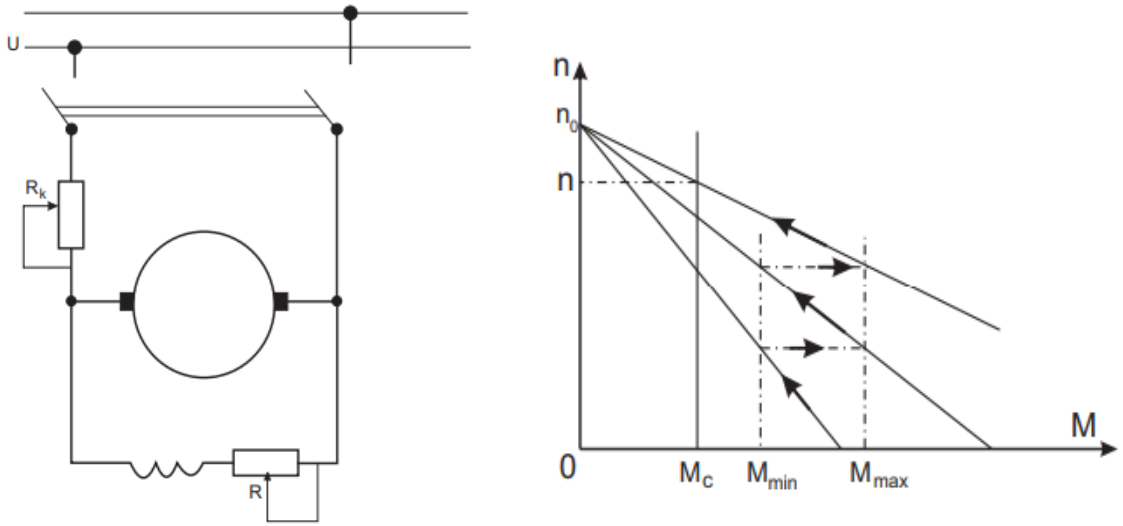
2.1.4.2.Khởi động dung điện trở khởi động.

Người ta đưa vào rotor một điện trở có khả năng điều chỉnh và gọi là điện trở khởi động (Hình2.5a) dòng khởi động bây giờ có giá trị:

$$I_{kd} = \frac{U_{dm}}{(R_t + R_{kd})} \qquad (2.10)$$

Điện trở khởi động phải được ngắt dần ra theo sự tăng của tốc độ. Nấc khởi động nhất phải chọn sao cho dòng phần ứng không lớn quá và mô men khởi động không qua nhỏ. Việc lựa chọn số nấp điện trở được trình bày ở các sách về chuyền động điện. Khi có cùng dòng phần ứng thì động cơ kích từ nối tiếp có mô men khởi động lớn hơn động cơ kích từ song song .

Lưu ý:Với các động cơ kích từ song song thì dòng điện trở khởi động phải nối sao cho cuộn kích từ trong mọi thời gian đều được cấp điện áp định mức, để đảm bảo Φ lớn nhất. Nếu trong mạch kích từ có điện trở điện tích thì phải khởi động, để điện trở này ngắt mạch. Trên Hình (2.5b) biểu diến đặc tính cơ của động cơ 1 chiều khởi động dùng điện trở khởi động (khi chuyển từ nấc điện trở này sang nấc điện trở khác tốc độ động cơ không đổi).



a) Sơ đồ b) Đặc tính cơ

Hình2.5:Động cơ điện một chiều kích từ song song.

2.1.5. Điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều.

2.1.5.1.Ta có các phương pháp điều chỉnh tốc độ sau.

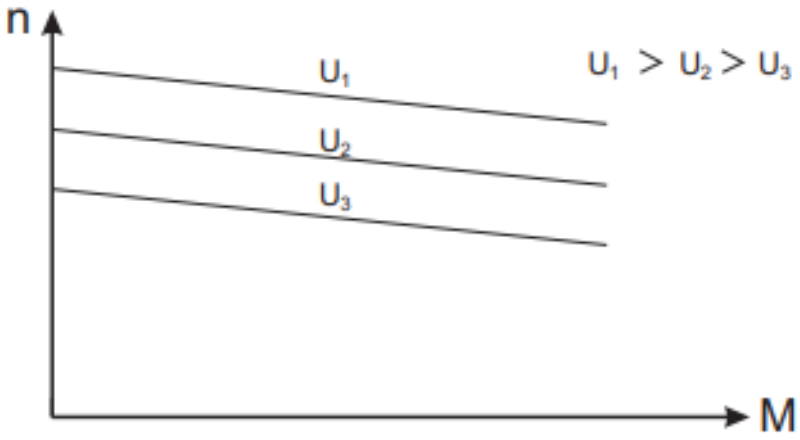
a. Thay đổi điện áp nguồn cấp

b. Thay đổi điện mạch roto

c. Thay đổi từ thông

2.1.5.2. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện áp nguồn nạp.

Ta thấy khi cho U= var thì $n_0 = \frac{U}{C_e \Phi}$ = var , nếu M_c= const thì tốc độ n=var ta điều chỉnh được tốc độ động cơ. Khi điện áp nguồn cung cấp thay đổi, các đặc tính cơ song song với nhau. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện áp nguồn cấp chỉ điều chỉnh đước theo chiều giảm tốc độ (vì mối cuộn dây đã được thiết kế với $U_{đm}$, không thể tăng điện áp đặt lên cuộn dây). Song độ láng điều chỉnh lớn, còn phạm viđiều chỉnh hẹp. Ở Hình 2.6 ta biểu diến đặc tính cơ của động cơ khi U=var.



Hình 2.6:Đặc tính cơ khi thay đổi điện áp nguồn cung cấp.

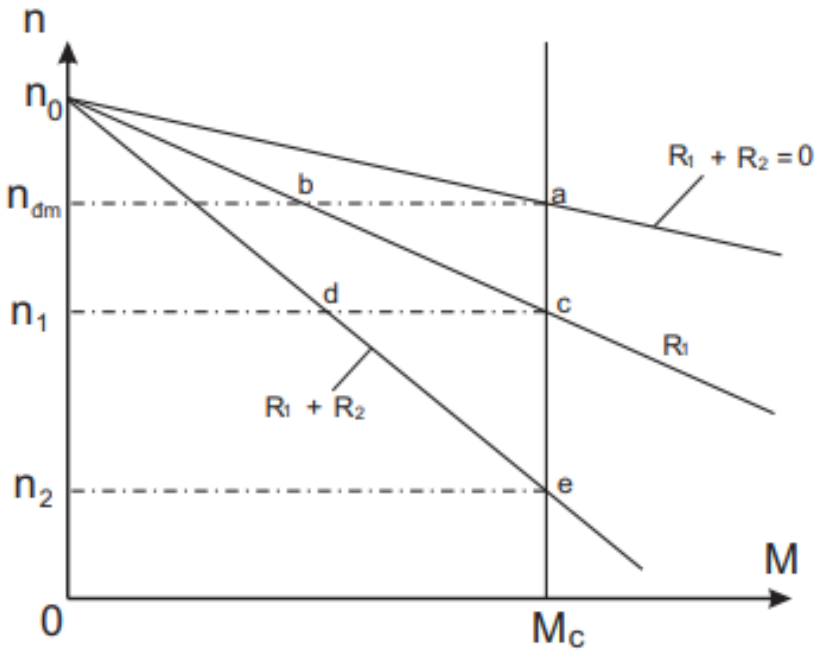
2.1.5.3.Điều chỉnh bằng thay đổi điện trở mạch rô to.

Ta ký hiệu Δn = M(Rt +Rđc) thì khi M = const mà thay đổi Rđc thì thay đổi được Δn (độ giảm tốc độ), tức là thay đổi được tốc độ động cơ. Trên Hình2.7 biểu diến đặc tính cơ của phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện trở rôto.

Phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện trở mạch phần ứng có những ưu/nhược điểm sau:

- Ưu điểm: Dễ thực hiện, vốn đầu tư ít, điều chỉnh tương đối láng.
- Nhược điểm: Tuy nhiều điều chỉnh phạm vi hẹp và phụ thuộc vào tải (tải càng lớn phạm vi điều chỉnh càng rộng), không thực hiện được ở vùng gần tộc độ không tải. Điều chỉnh có tổn hao lớn. Người ta đã chứng minh rằng để giảm 50% tốc độ

định mức thì tổn hao trên điện trở điều chỉnh chiếm 50% công xuất đưa vào. Điện trở điều chỉnh tốc độ có chế độ làm việc lâu dài lên không dùng điện trở khởi động (làm việc ở chế độ ngắn hạn) để làm điện trở điều chỉnh tốc độ.



Hình 2.7. Điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều bằng phương pháp thay đổi điện trở machi rô to.

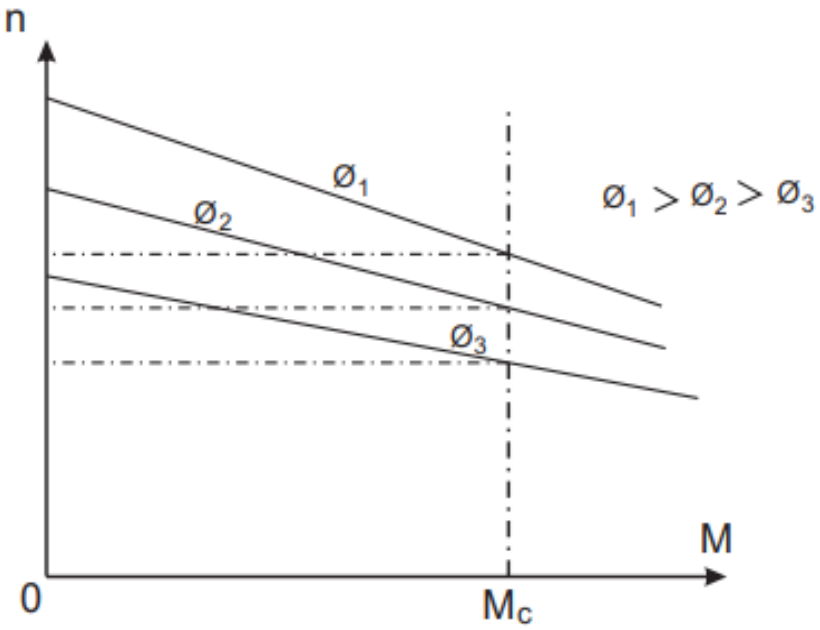
2.1.5.4.Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi từ thông.

Từ biểu thức:

$$N = \frac{U - I_u R_t}{C_e \Phi} \qquad (2.11)$$

Khi M,U= const , Φ = var (thay đổi dòng điện từ) thì n tăng lên.Khi giảm từ thong Φdòng điện ở rotor tăng nhưng không làm cho từ số biểu thức thay đổi nhiều vì độ giảm điện áp ở Rtchỉ chiếm vài % của điện áp U nếu khi từ thông Φ giảm thì độ sáng tăng. Xong lếu ta cứ tiếp tục giảm dòng kích từ thì tới một lúc nào đó tốc độ không được tăng được nữa. Sở dĩ như vậy vì mô men điện từ của động cơ cũng giảm. Phương pháp này chỉ dùng trong phạmvi khi từ thông giảm tốc độ còn tăng, Hình2.8 biểu diến đặc tính cơ khi Φ= var. Phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi từ thông có những ưu/nhược điểm sau:

- Ưu điểm: điều chỉnh tốc độ theo chiều tăng (từ tốc độ định mức) rất láng, phạm vi điều chỉnh rộng,tổn hao điều chỉnh nhỏ, dễ thực hiện và kinh tế.
- Nhược điểm: Do những ưu điểm trên phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi từ thông thường được áp dụng hợp với nhứng phương pháp khác nhằm tăng thêm phạm vi điều chỉnh.



Hình2.8:Đặc tính cơ của động cơ một chiều kích từ độc lập.

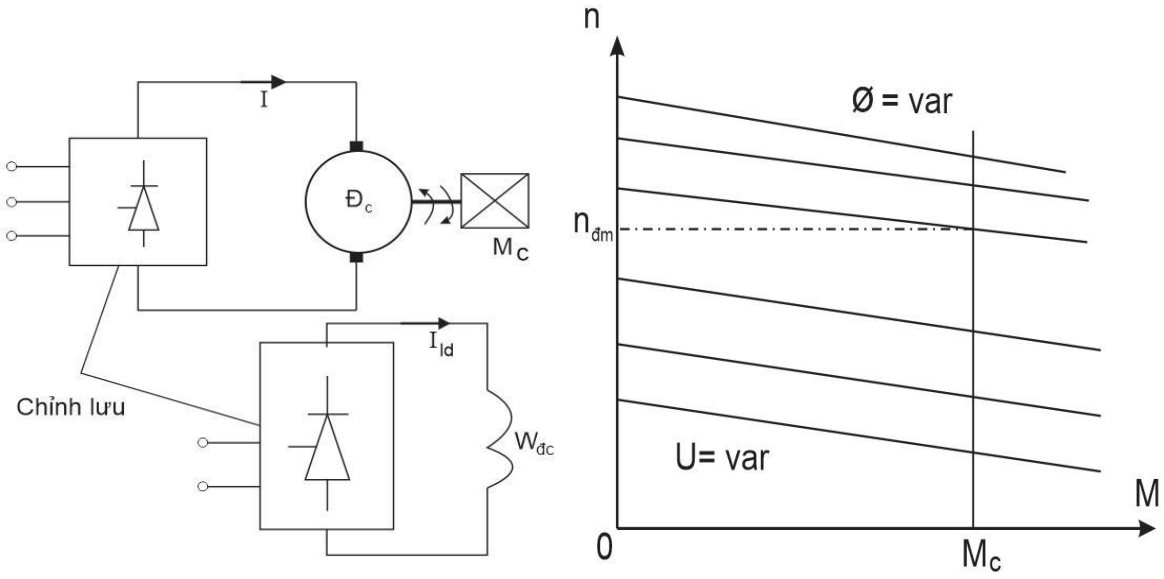
Chú ý: không được giảm dòng kích từ tới giá trị 0, vì lúc này máy chỉ còn từ dư, tốc độ tăng quá lớn gây nguy hiểm cho các cấu trúc cơ khí của động cơ. Thường người ta thiết kế bộ điện trở điều chỉnh chế độ không khí nào mạch từ bị hở.

2.1.5.5.Hệ thống bộ biến đổi động cơ.

Ngày nay do công nghệ điện từ công xuất phát triển, người ta đã sản xuất ra những bộ chỉnh lưu công xuất có công xuất lớnđảm bảo cung cấp cho động cơ dòng một chiều công suất lớn đồng thời có khả năng điều chỉnh điện áp một chiều ở lối ra.

Mặt khác máy phát điện một chiều có nhược điểm khi làm việc có tia lửa, nên ngày nay việc tạo năng lượng dòng một chiều không dùng máy phát điện một chiều

mà nó được biến đổi từ dòng năng lượng xoay chiều sáng bằng các bộ chỉnh lưu điện tử công xuất. Chính vì thế đã xuất hiện các hệ thống chuyền động điện dòng một chiều được cấp điện từ dòng chỉnh lưu điện tử công xuất và được gọi là hệ thống động cơ – bộ biến đổi Hình 2.9. Lúc này bộ biến đổi dữ vai trò là máy phát điện một chiều cho phép ta điều chỉnh điện áp một chiều cấp cho độngcơ, hệ thống này đã thay thế hệ thống máy phát – động cơ cổ điển.



a) Sơ đồ b) Đặc tính cơ khi thay đổi tốc độ

Hình 2.9:Hệ thống chuyền động điện bộ biến đổi – động cơ.

Để thay đổi tốc độ, trong hệ thống bộ biến đổi – động cơ có thể áp dụng phương pháp điều chỉnh điện áp nguồn nạp (thay đổi kích từ máy phát) thay đổi điện điện trở mạch rotor động cơ và thay đổi từ thông kích từ động cơ. Hệ thống cho ta phạm vi điều chỉnh tốc độ rộng, điều chỉnh được cả hai chiều tăng và giảm, có độ điều chỉnh rất láng.

Hệ thống này có tính chất giống hệ thống máy phát động cơ nhưng rẻvà độ tin cậy cao hơn.

2.1.5.6.Hãm động cơ một chiều.

Hãm chúng ta nói tới đây là mã bằng điện. Trong một hệ thống chuyền động điệnnếu chiều của mô men của động cơ là chùng với chiều của tốc độ quay ta có

chế độ động cơ, còn nếu chiều của mô men và chiều tốc độ ngược ta có chế độ hãm.Có 3 chế độ hãm:

- Hãm động năng
- Hãm dòng điện ngược
- Hãm trả năng lượng về nguồn

a. Hãm động năng.

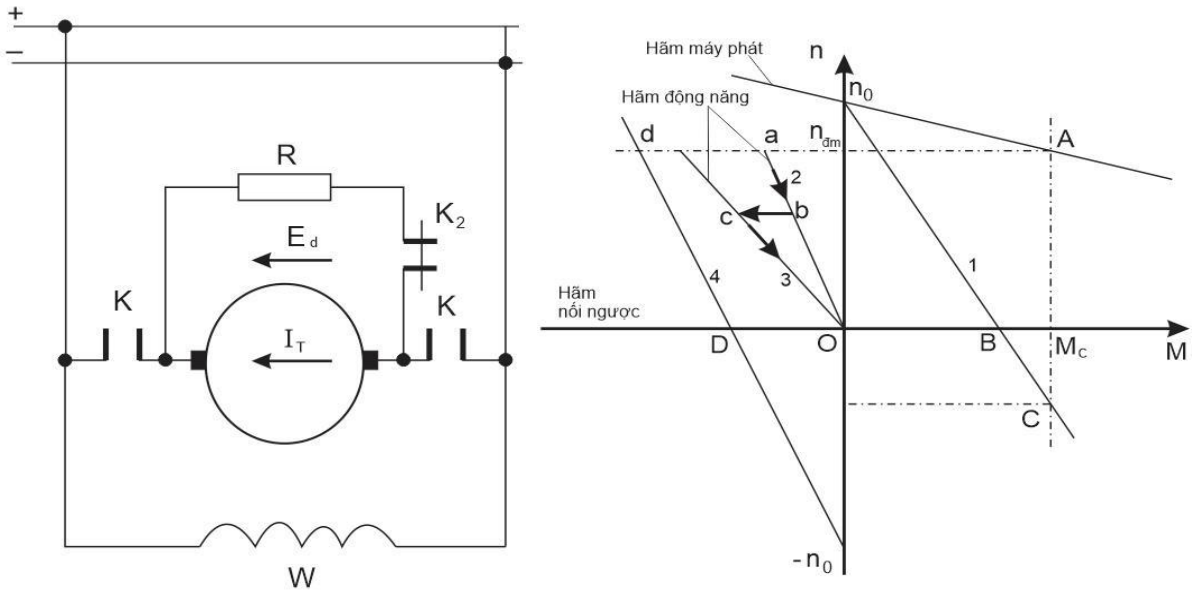
Để thực hiện hãm động năng, phần ứng động cơ được ngắt khỏi lưới (tiếp điểm K mở rộng, tiếp điểm K_2 đóng lại) và nối qua điện trở hãm Hình 2.10a.Điện áp bây giờ U= 0 do có động năng,động cơ vẫn quay theo hướng cũ,đòng phản ứng được xác định.

$$I_u = \frac{U - E_U}{R_t} = -\frac{E_u}{R_t}$$

Như vậy dòng điện đổi chiều, mô men tạo ra do dòng động cơ cũng đổi chiều, còn tốc độ vãn theo chiều cũ, động cơ làm việc ở chế độ hãm. Phương trình tốc độ có dạng.

$$n = \frac{M(R_t R_h)}{C_e C_m \Phi 2}$$

Trên Hình 2.10b đường 2 và 3 biểu diễn hãm ở chế độ động năng. Phương pháp hãm động năng thường được sử dụng để hãm động năng tới dừng máy.



a) Sơ đồ hãm động năngb)Đặc tính cơ của động cơ một chiều ở các chế độ hãm

Hình 2.10:Hãm điện ở động cơ điện một chiều.

b. Hãm dòng điện ngược.

- Đưa điện trở hãm lớn vào mạch rotor khi trên trục động cơ có một mô men thế năng.

Khi đưa điện trở lớn vào mạch rotor dòng phần ứng giảm, mô men trên trung động cơ không đổi lúc này động cơ giảm cho tới điểm B đạt tốc độ bằng không. Dưới tác động của trọng lượng (hàng hóa) động cơ quay ngược, dòng không đổi chiều, mô men không đổi chiều ngược tốc độ đổi hướng trên động cơ làm việc ở chế độ hãm (đoạn BC đặc tính 1 trên Hình 2.10b)

- Đổi chiều điện áp nguồn cung cấp

Có phương pháp thú hai thực hiện bằng đổi chiều điện áp nguồn cung cấp, dòng rotor bây giờ có dạng:

$$I_{ư}=\frac{(-U-E_{ư})}{R_t+R_{dc}} = -\frac{(U+E_{ư})}{R_t+R_{dc}}$$

Trong biểu thức này $R_{đc}$là điện trở thêm vào để hạn chế dòng hãm. Vì dòng $I_{ư}$ đổi chiều, mô men động cơ đổi chiều nhưng tốc độ chưa đổi chiều, động cơ làm việc ở chế độ hãm nối ngược. Trên Hình 2.10b biểu diễn đặc tính cơ khi hãm nối ngược (đường 4 , đoạn df) tới điểm D khi tốc độ độngcơ n= 0, muốn dùng máy phải ngắt động cơ ra khỏi lưới, nếu không động cơ bắt đầu quay theo hướng ngược và tăng tốc độ, động cơ làm việc ở chế độ động cơ với việc quay ngược lại. Thực tế phương pháp hãm này xảy ra ở giai đoạn đầu tiên khi đổi chiều tốc độ động cơ.

c. Hãm trả năng lượng về nguồn.

Do một nguyên nhân nào đó tốc độ rotor lớn hơn tốc độ không tải, lúc này $E_{ư}$>U nên: $I_a=\frac{U-E_{ư}}{R_t}$< 0,dòng đổihướng, môмen đổi hướng, tốc độ vẫn giữ nguyên

chiều cũ, động cơ làm việc như máy phát, đưa năng lượng về nguồn. Ta gọi đó là chế độ hãm trả năng lượng về nguồn.

Chế độ hãm này rất kinh tế nhưng không hãm tới dừng máy được, chỉ hãm được tới tốc độ không tải thôi.

2.1.5.7.Tổn hao và hiệu suất máy điện một chiều.

Trong máy điện một chiều có hai loại tổn hao: Tổn hao chính và tổn hao phụ.

a. *Tổn hao chính gồm*: tổn hao cơ (tổn hao ổ bi, ma sát ở cổ góp, ma sát với không khí ...) tổn hao sắt từ (tổn hao do từ trễ, tổ hao ở răng do sóng bậc cao...) tổn hao đồng trong cuộn rotor và stator, trong cuộn phụ cuộn khử, trong mạch kích từ, tổ hao ở điện trở tiếp xúc của chổi than hay vành khuyên.

b. *Tổn hao phụ*: xuất hiện trong lõi thép và trong đồng, nó gồm tổn hao dòng xoay chiều (dòng fucco), tổn hao nối cân bằng, tổn hao do phân bổ từ trường không đều, do mất độ ở dòng chổi không đều.

Hiệu suất của máy tính như sau:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1 - \sum \Delta_p}$$

Trong đó:

$\sum \Delta_p$ Tổng các loại tổn hao của máy

P_1 Công suất vào

P_2 Công suất ra

2.2. ĐỘNG CƠ PLDC.

2.2.1. Giới thiệu về động cơ PLDC.

Hình 2.11: Động cơ một chiều nam châm vĩnh cửu không chổi than.

Động cơ một chiều nam châm vĩnh cửu không chổi than BLDC 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.

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 qui, 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 3 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 nhờ các động cơ một chiều thông thường sử dụng chổi than-cổ góp thì động cơ BLDC sử dụng chuyển mạch điện từ. Do đó các cuộn dây phần ứng đặt trên stator nên dễ dàng dẫn nhiệt từ các cuộn dây ra ngoài vỏ, cũng nhờ 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 nhờ transitor, 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:*

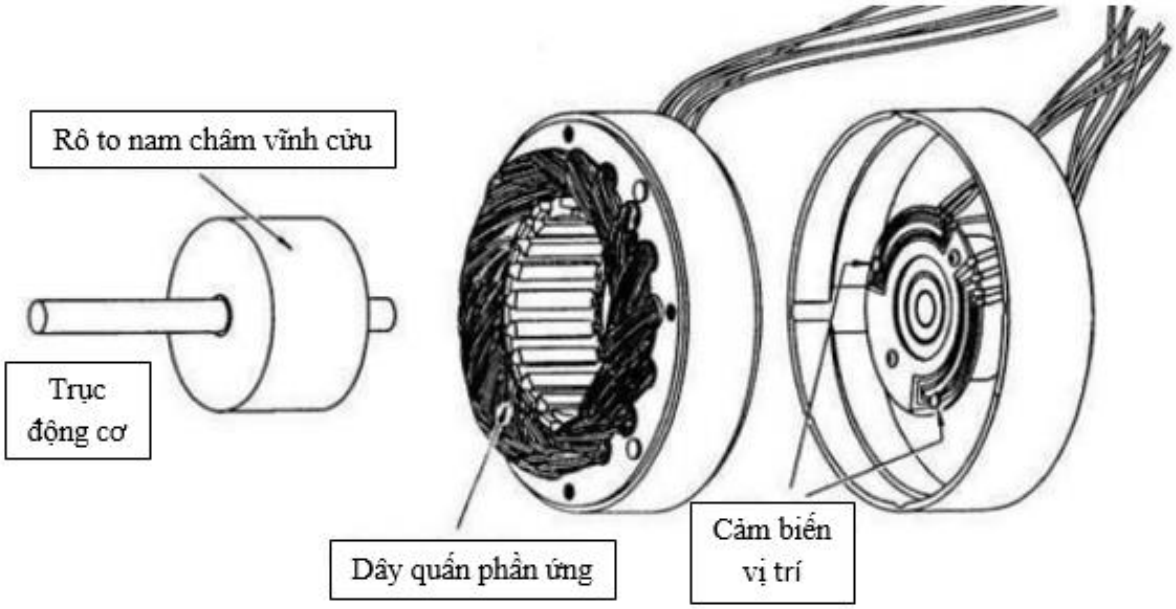
- Do động cơ được kích từ bằng nam châm vĩnh cửu nên khi chế tạo có giá thành cao.
- Nếu dùng các loại nam châm sắt từ thì dễ bị từ hóa, khả năng tích từ không cao, dễ bị khử từ và đặc tính từ của nam châm bị giảm khi tăng nhiệt độ.

2.2.2. Cấu tạo của 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 phần 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 co 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 2.12 minh họa cấu tạo của đông cơ BLDC ba pha điển hình.



Hình 2.12: Các thành phần cơ bản của động cơ PLDC.

Dây quấn stator tương tự nhờ 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 từ. 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 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) 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.

2.2.2.1.Cấu tạo stator của động cơ PLDC.

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 2.13).

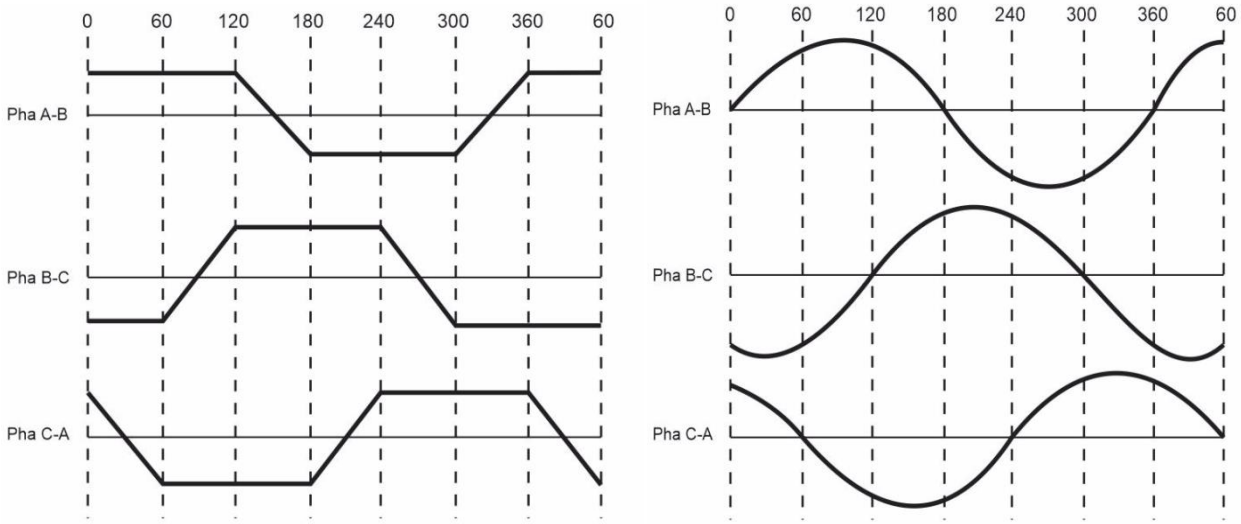
Dây quấn ba pha có hai sơ đồ nối dây, đó là nối theo hình sao Y hoặc hình tam giác Δ.

a) Cuộn dây đặt trong rãnh statorb) Rãnh của stator

Hình 2.13: Stator của động cơ PLDC.

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 vật 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 bối 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 bối dây nối liên 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 2.14: Các dạng sức điện động của động cơ PLDC.

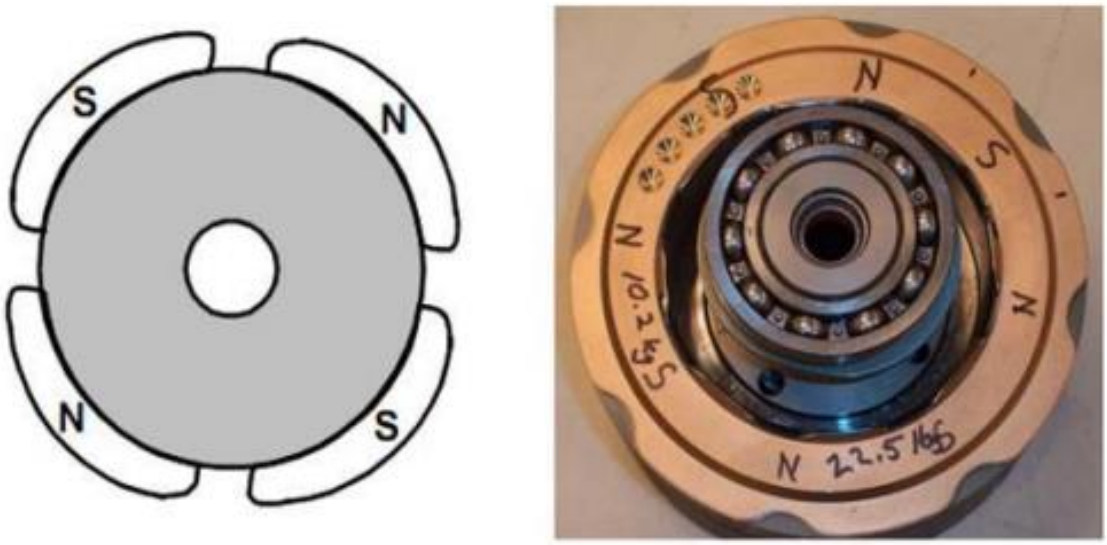
Phụ thuộc vào khả năng cấp công suất điều khiển, có thể chọn động cơ theo tỷ lệ điện áp. Động cơ nhỏ hơn hoặc bằng 48V được dùng trong máy tự động, robot, các chuyển động nhỏ. Các động cơ trên 100V được dùng trong các thiết bị công nghiệp, tự động hóa và các ứng dụng công nghiệp.

2.2.2.2.Cấu tạo rotor của động cơ PLDC.

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. Về cơ bản có hai phương pháp gắn các nam châm vĩnh cửu trên lõi của rotor.

a. Rotor có nam châm gắn trên bề mặt lõi.

Các nam châm vĩnh cửu được gắn trên bề mặt lõi rotor. 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.

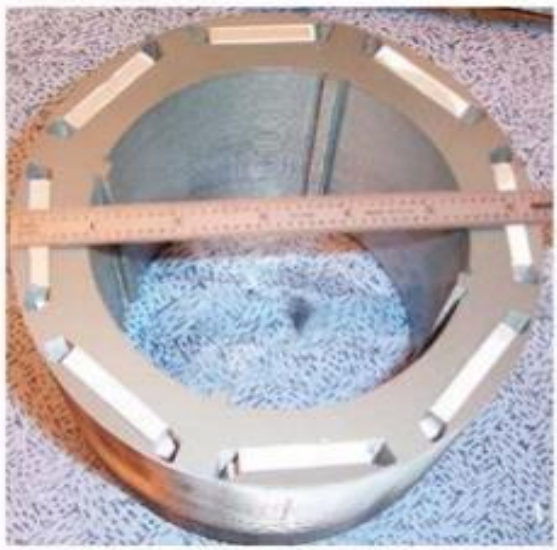


Hình 2.15: Rotor có nam châm gắn trên bề mặt.

b. 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. 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.

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.



Hình 2.16:Rotor có nam châm đặt ẩn bên trong lõi.

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 hiếm có giá thành cao và thường chỉ được sử dụng trong các ứng dụng công nghệ cao.

2.2.2.3.Cảm biến vị trí rotor.

Không giống như những động cơ một chiều thông thường dùng cơ cấu cổ góp-chổi than, chuyển mạch 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 (magnetoresistor 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.

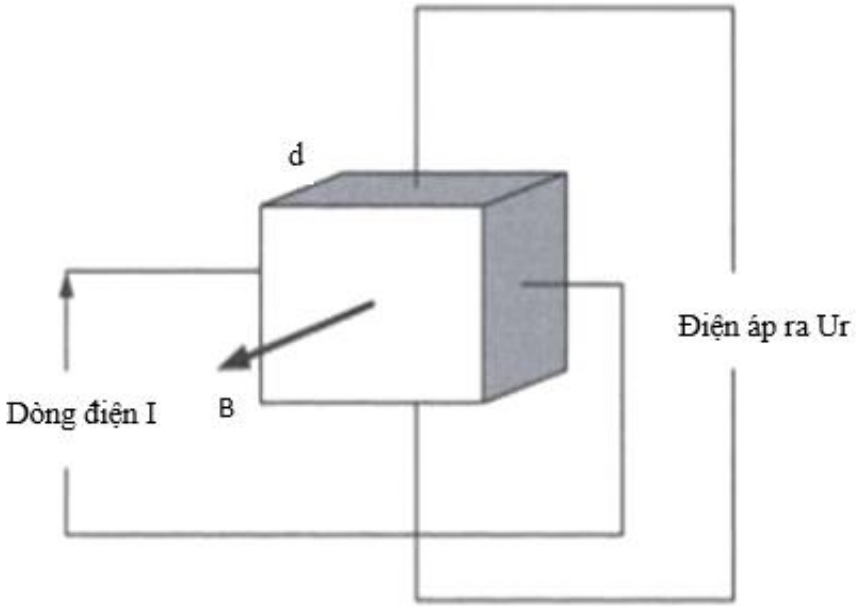
a. Cảm biến Hall.

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 .

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 thêm 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.



Hình 2.17:Mô hình phần tử cảm biến Hall.

$$U_r = (K_h.I.B)/d \quad (2.12)$$

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 đượcdùng. 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.

b. 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 thànhphần 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:

$$R = U/(m.v) \quad (2.13)$$

Trong đó:

R là điện trở thay đổi

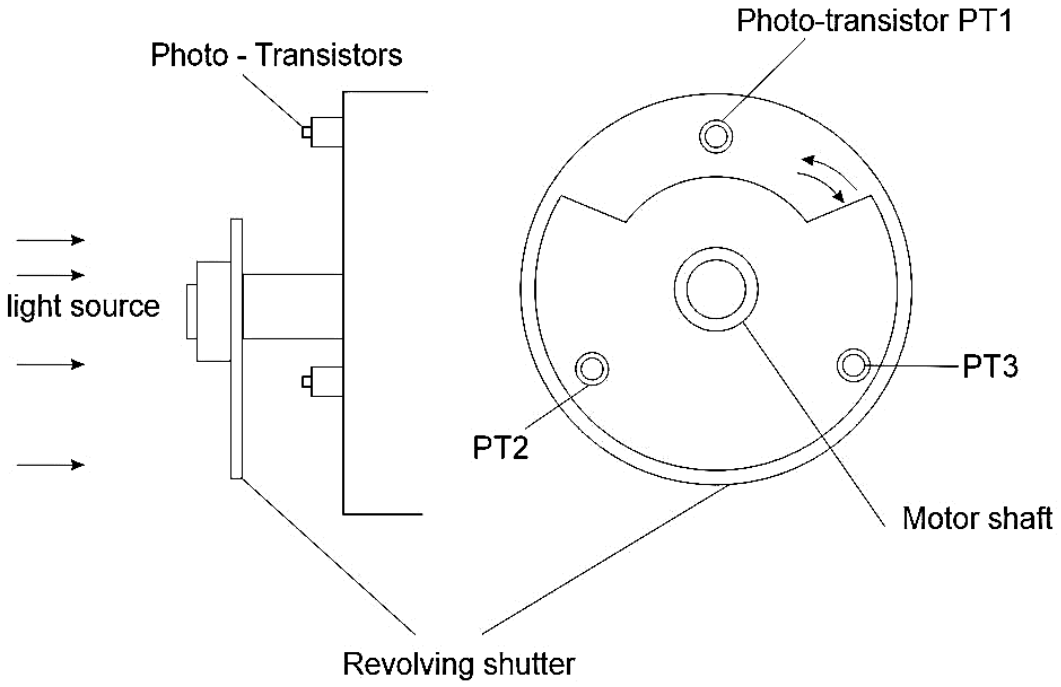
m là mật độ hạt mang điện

v là vận tốc hạt mang điện

c. Dùng đèn LED transistor quang và màn chắn.

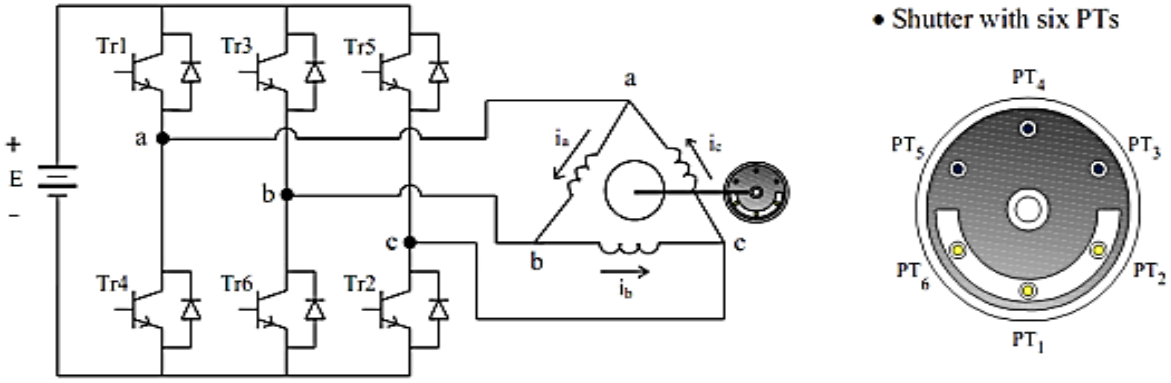
Trên Hình 2.18 là hệ thống xác định vị trí từ thông rotor dung transistor quang hay màn chắn.

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



Hình 2.18:Thiết bị cảm biến vị trí rotor dung transistor quang.

Mạch điện tử công suất gồm 6 transistor (Hình 2.19) được mắc thànhcầu đối xứng. Ba cuộn dây stator được nối tam giác. Trên rotor gắn mạchtạo tín hiệu điều khiểnđộng cơ.



Hình 2.19. Sơ đồ nguyên lý động cơ PLDC được điều khiển bằng transistor quang

2.2.2.4. Bộ phận chuyển mạch điện tử (Electroniccommutator).

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.

2.2.2.5. 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 cuộng dây trên stator.

$$EMF = E \approx NlrB\omega$$

Trong đó:

N Số vòng dây trên một pha l là chiều dài rotor

R Bán kính trong của rotor

B Mật độ từ trường rotor

Ω Vận tốc góc của động cơ

Trong động cơ BLDC từ trường rotor và số vòng dây stator là hằngsố 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.

2.2.3. Nguyên lý hoạt động của động cơ BLDC.

2.2.3.1. Nguyên lý hoạt động.

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.

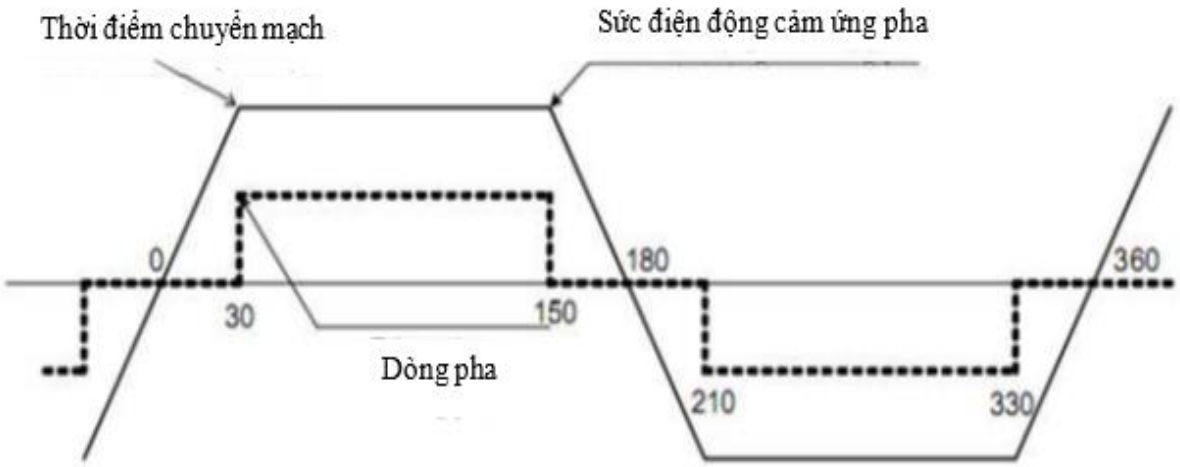
Như chúng ta đã biết, động cơ BLDC hoạt động dựa trên quá trình chuyển mạch dòng điện. Động cơ BLDC có ba cảm biến Hall đặt trên stator. Khi các cực của nam châm trên rotor chuyển động đến vị trí cảm biến Hall thì đầu ra của cảm biến có mức logic cao hoặc thấp, tùy thuộc vào cực N hay S. Dựa vào tổ hợp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

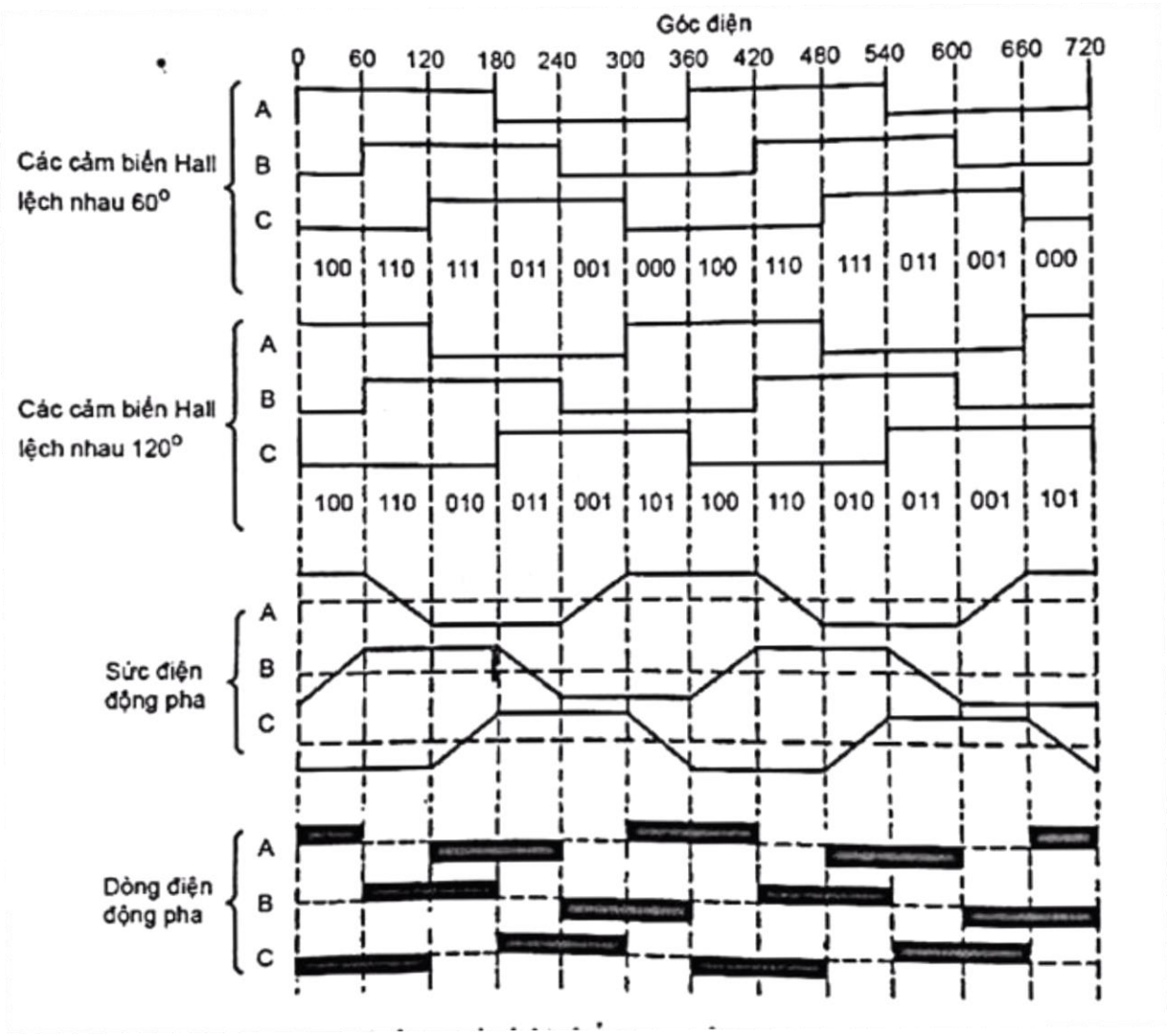
Để đạt được yêu cầu trên, ta mong muốn cấp điện cho cuộn dây vào thời điểm sao cho dòng điện trùng pha với sức điện động cảm ứng và dòng điện cũng được điều chỉnh để đạt biên độ không đổi trong khoảng có độ rộng 120° điện. Nếu không trùng pha với sức điện động thì dòng điện cũng sẽ có giá trị lớn vào gây thêm tổn hao trên stator làm giảm hiệu suất của động cơ.



Hình 2.20: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 2.21 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 2.21:Trình tự và thời điểm chuyển mạch dòng điện.

2.2.3.2. 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.

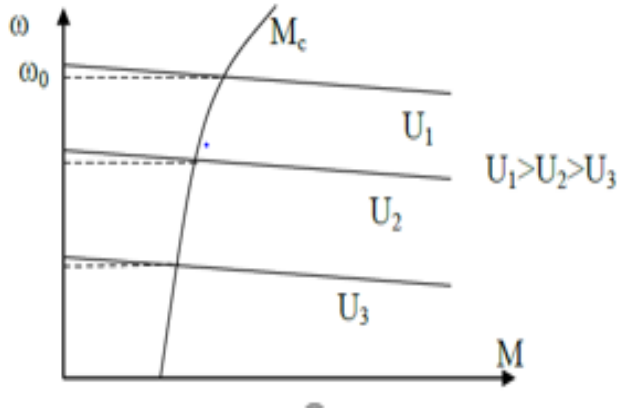
Xuất phát từ biểu thức: $U = RI + L\frac{dI}{dt} + E \approx E + RI$

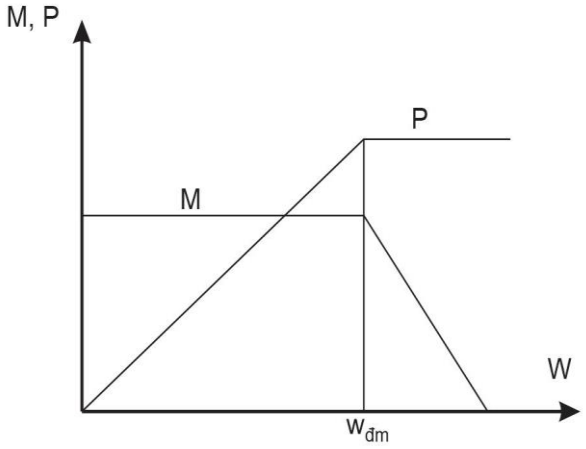
Ta có dòng điện: $$I = \frac{U-E}{R} = \frac{U-K\emptyset\omega}{R}$$

Thay thế vào biểu thức mô men ta rút ra ω:

$$\omega = \frac{U}{K\emptyset} - \frac{R}{(K\emptyset)2} M_e$$

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





Hình 2.22:Đặc tính cơ của động cơ BLDC ***Hình 2.23:***Đặc tính làm việc của động cơ BLDC

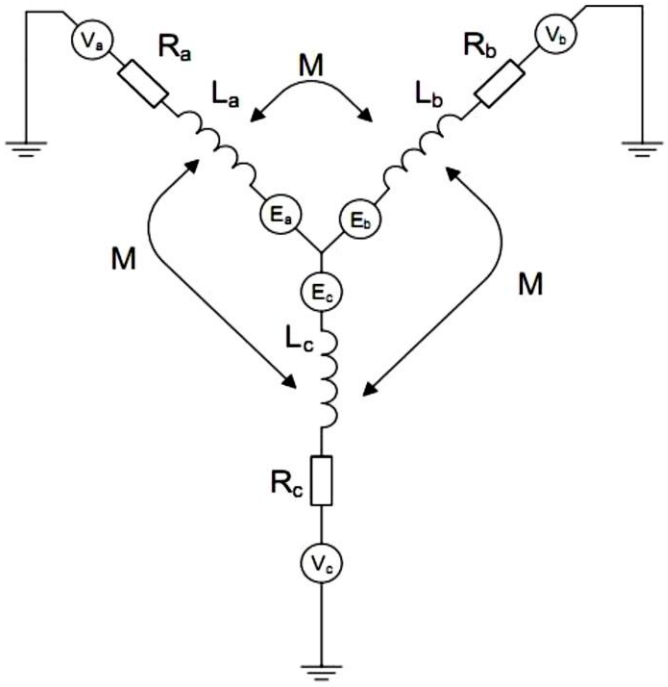
2.2.4. Mô hình toán,phương trình sđđ và mô men của động cơ BLDC.

- Mô hình toán của 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 thì cần phải đưa động cơ BLDC về các thành phần điện tử cơ bản. Hình 2.24 là mô hình mạch điện trong động cơ gồm có ba cuộn dây stator được ước lượng bởi điện trở Ra và điện cảm La. Vì ba cuộn dây của stator được đặt cạnh nhau nên tất nhiên sẽ xảy ra hiện tượng hỗ cảm giữa ba cuộn dây này với nhau. Sự hỗ 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 ea, eb, ec 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 2.24:Mô hình mạch điện của động cơ BLDC.

Ba cuộn dây trên stator có điện trở lần lượt là Ra, Rb, Rc, La, Lb, Lc lần lượt là điện cảm của các cuộn dây, L_{ab}, L_{bc}, L_{ca} là hỗ cảm giữa các cuộn dây tương ứng.

Phương trình vi phân điện áp ba pha của động cơ BLDC ở dạng ma trận:

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

Nhưng do các pha đối xứng nhay nên các giá trị điện trở, điện cảm, hỗ cảm của ba cuộn dây bằng nhau

$$L_a = L_b = L_c = L;\ L_{ab} = L_{bc} = L_{ca} = M$$

Ta nhận được mới ở dạng ma trận:

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

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

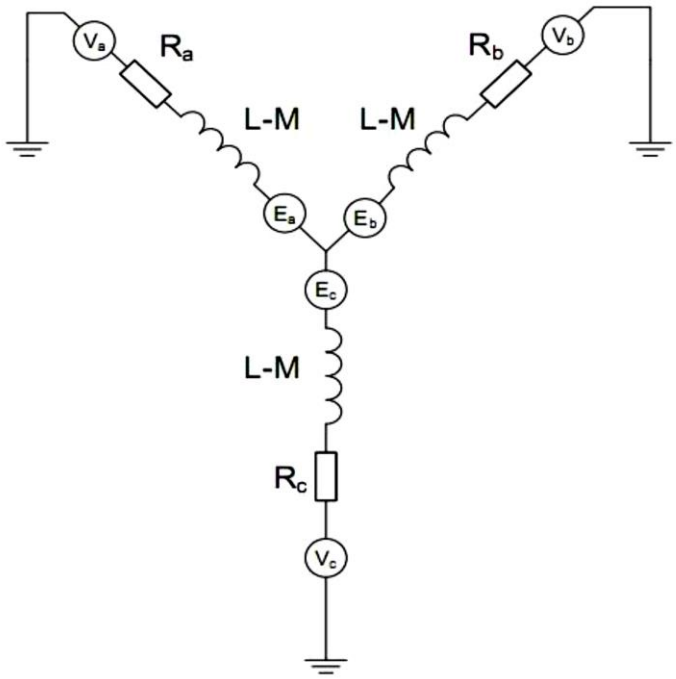
Suy ra: $Mi_a + Mi_b = -Mi_c$

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

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

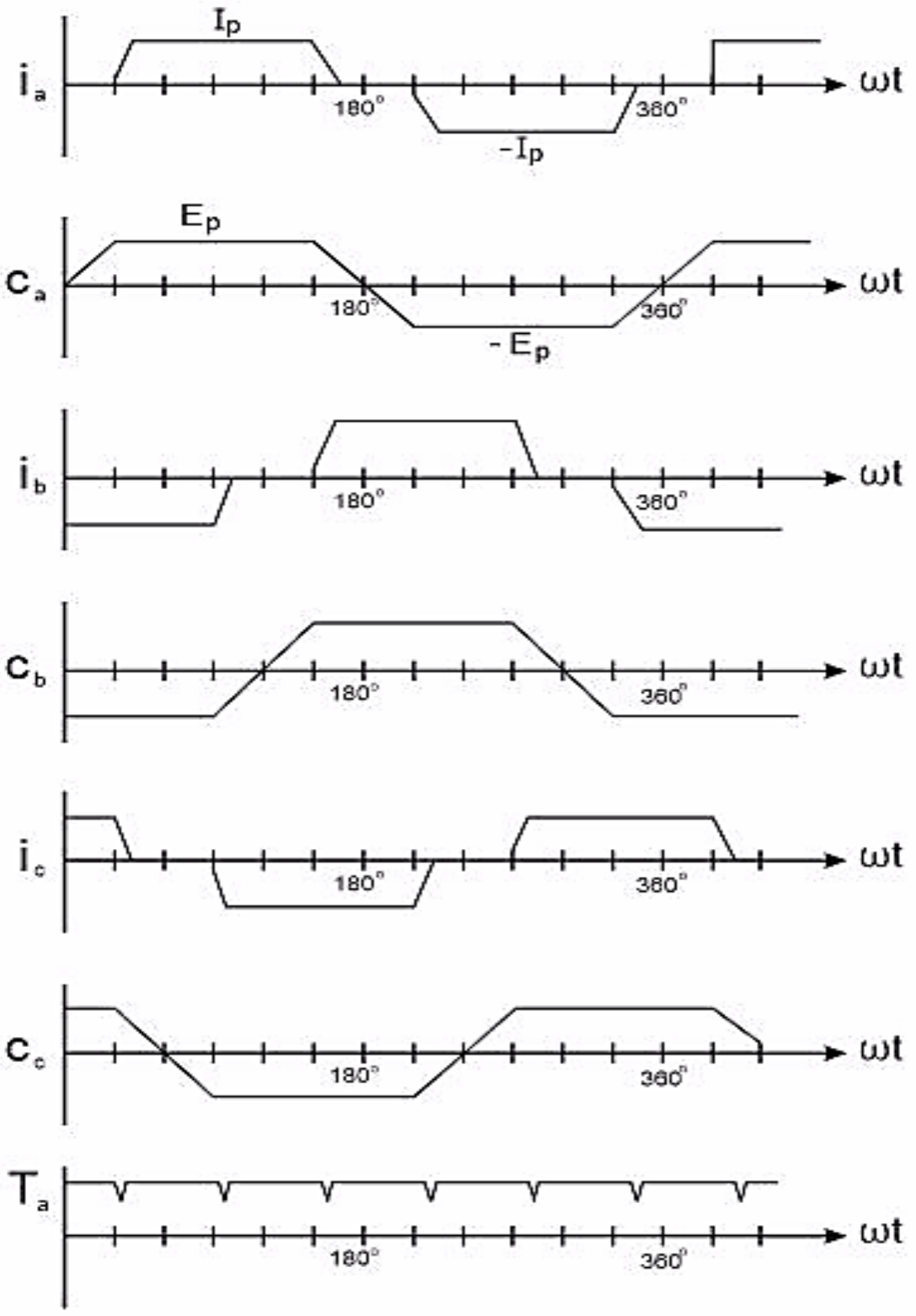
$$\begin{aligned} V_a &= Ri_a + (L - M)\, pi_a + e_a \\ V_b &= Ri_b + (L - M)\, pi_b + e_b \\ V_c &= Ri_c + (L - M)\, pi_c + e_c \end{aligned} \qquad (2.14)$$

Ta có mô hình thu gọn của động cơ BLDC



Hình 2.25:Mô hình thu gọn của động cơ BLDC.

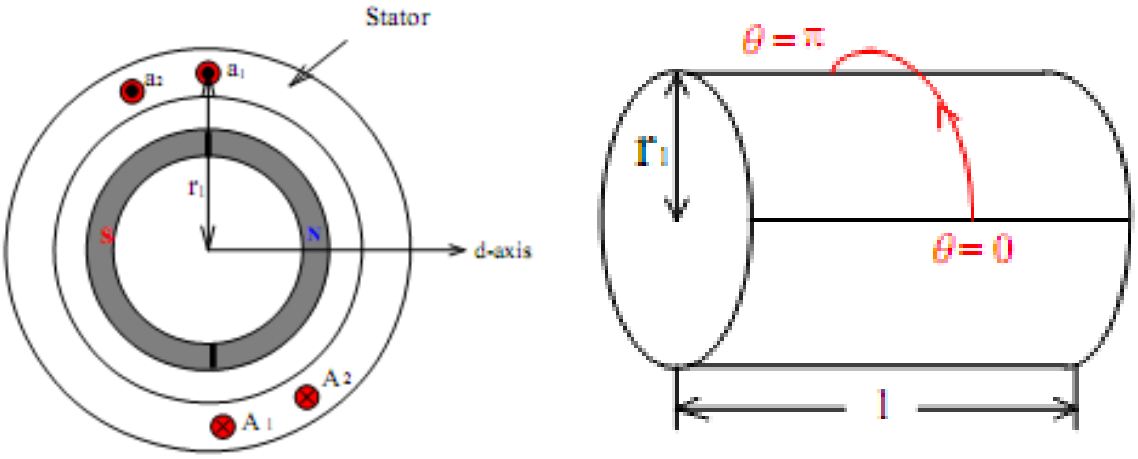
Ta đã đưa ra được mô hình toán của động cơ BLDC nhưng không chú ý tới ảnh hưởng của độ tự cảm lên dạng dòng điện. Sự tồn tại của cảm ứng cuộn dây đã làm dạng dòng điện bớt thẳng đứng hơn mà có dạng như sau:



Hình 2.26:Dạng dòng điện và SĐĐ của các pha động cơ BLDC khi chú ý tới tựcảm cuộn dây.

2.2.5. Phương trình sđđ và mô men.

Xét một động cơ có hai cực hình cung tròng 180^o, nam châm vĩnh cửu, từ thông do nó sinh ra là không đổi. Trục d đi qua trung tâm của cực N có θ=0, số lượng vòng quay của cuộn dây a1-A1 là W1 (Hình 2.27)



Hình 2.27: Mô tả sự tạo mô men động cơ BLDC.

Từ thông móc vòng của cuộn dây a1-A1 với số vòng dây W1 được xác định như sau:

$$\Psi_{1max} = W_1 \int_0^{\pi} B(\theta) r_1 l d\theta \qquad (2.15)$$

Sau khi tích phân: $$\Psi_{1max} = W_1 B_g \pi l r_1 \qquad (2.16)$$

Trong đó:

B_g là biên độ cảm ứng từ trường có giá trị không đổi.

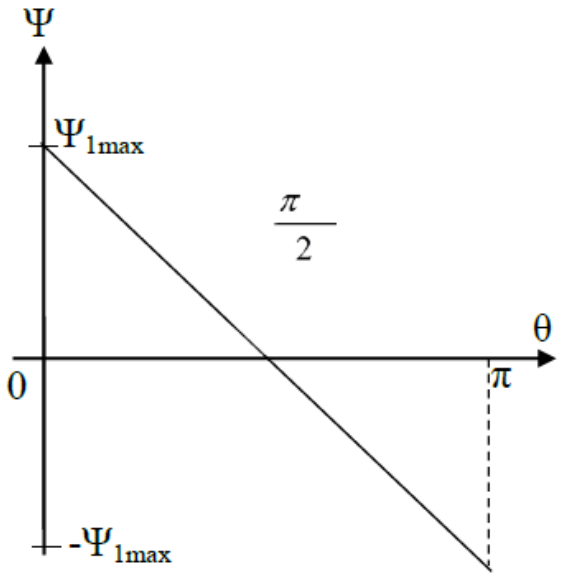
$$B_g = \text{const}$$

Nhận thấy rằng tại tại θ=0 tổng từ thông móc vòng ψ1=ψmax , khi góc quay θ tăng lên từthông ψ1 giảm xuông, tới θ =π/2, thì ψ1=0, khi θ>π/2, từ thông ψ1 đổi dấu và khi θ=π thì ψ1=-ψmax.

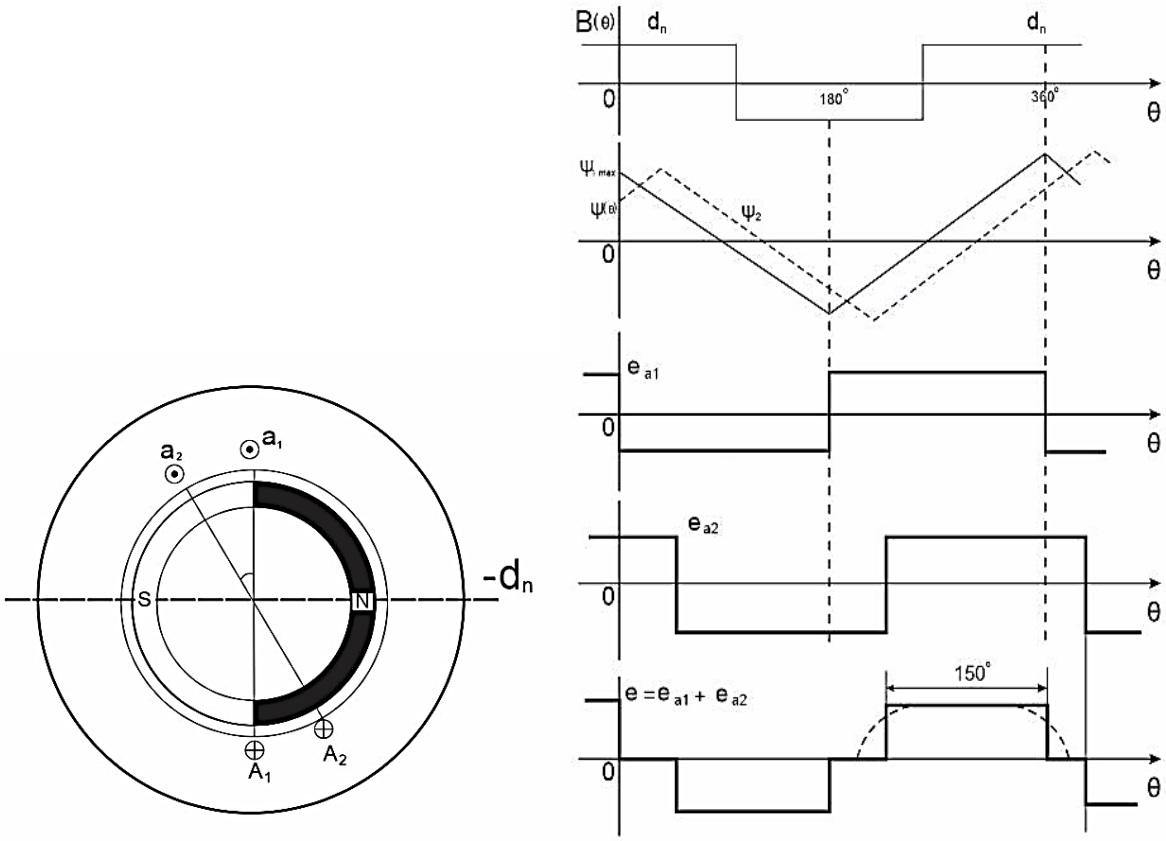
Phương trình tổng từ thông có dạng :

$$\psi 1(\theta) = [1 - \frac{\theta}{\pi/2}]\psi_{1max} \text{ với } (0<\theta\leq\pi) \qquad (2.17)$$

Đặc tính $\psi_1 = f(\theta)$ biểu diễn trên Hình 2.28



Hình 2.28:Đặc tính từ thông theo góc quay rô to.



Hình 2.29:Mật độ từ thông tổng từ thôngcủa cuộn dây a1-A1, a2-A2, sđđ cả hai cuộn dây và tổng sđđ.

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

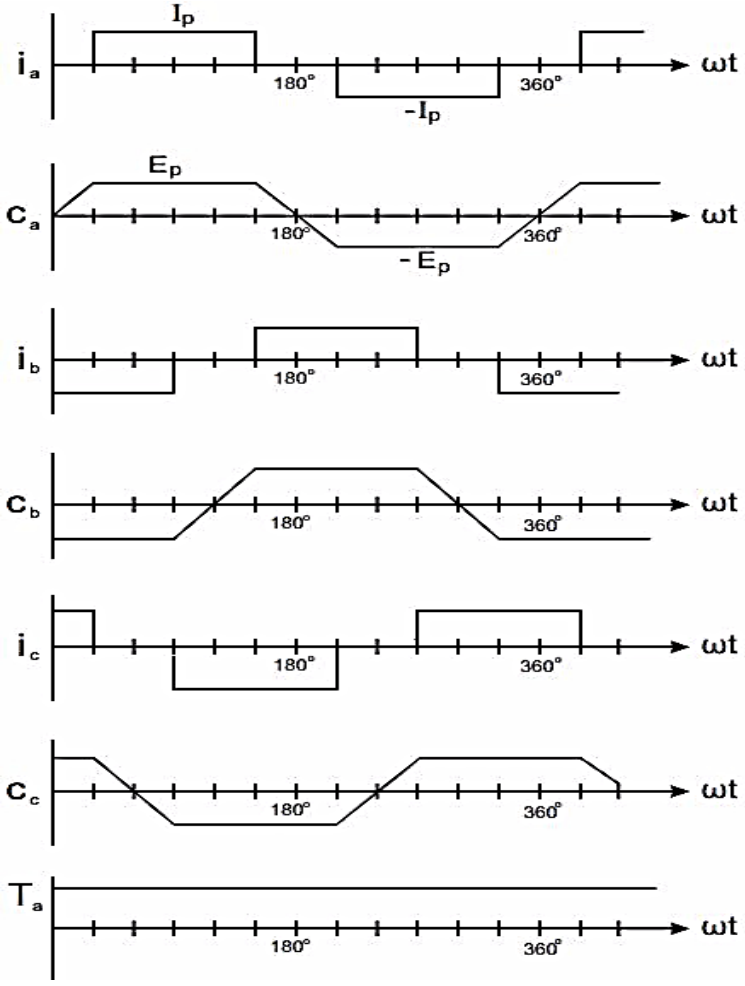
$$e_1 = \frac{d\psi_1}{dt} = \frac{d\psi_1}{d\theta}\frac{d\theta}{dt} = \omega_e \frac{d\psi_1}{d\theta}$$

Thay giá trị ψ1, tính đạo hàm nhận được:

$$e_1 = -2w_1 B g l r_1 w_e \qquad (2.18)$$

Mật độ từ thông , tổng từ thông của dây a1-A1, a2-A2, sđ đ cả 2 cuộn dây cho ở hình 2.29. Nhận thấy rằng sđđ có dạng hình thang, đỉnh phẳng tức thời 120^o do từ trường không hình sin.

Trên hình 2.30 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 là 120^o, sức điện động ba pha lý tưởng có dạng hình thang, đỉnh phẳng là 120^o nửa chu kì và trùng pha với dòng điện.



Hình 2.30:Biểu diễn dòng điện 3 pha, sđđ và mô men.

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

$$e = 2W_{ph}B_g l r_1.\omega_e \quad (2.19)$$

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

$$e = \frac{2}{\pi} W_{ph} B_g l \pi_1 . \omega_e \quad (2.20)$$

Trong đó: Diện tích $S=\pi l r_l$, từ thông $\Phi=S.=\pi l\, r_l B_g$ do 2 pha mắc nối tiếp nên sđđ hiệu dụng pha: $E=2e$ (2.21)

Thay vào được: $E= \frac{4}{\pi} N_{ph}B_g l \pi r_1 \omega_e = K\Phi\omega_e$

Trong đó: $K= \frac{4}{\pi} N_{ph}$ (2.22)

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:

$$P_e = e_a i_a + e_b i_b + e_c i_c \quad (2.23)$$

Vậy mô men tức thời được tính theo biểu thức:

$$m_e = \frac{P_e}{\omega_e} = \frac{e_a i_a + e_b i_b + e_c i_c}{\omega_e} \quad (2.24)$$

Như chúng ta đã thấy ở hình 2.30, 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 ωt = ($30° \le \omega t \le 90°$) dòng điện và sức điện động các pha có giá trị:

$$I_a=I_p,\ i_b=-I_p, i_c=0, e_a=E_p, e_b=-E_p, e_c=0 \quad (2.25)$$

Mô men biểu diến bằng công thức:

$$m_e=\frac{P_e}{\omega_e} = \frac{e_a i_a + e_b i_b + e_c i_c}{\omega_e} = \frac{E_p I_p + 0 + (-E_p)(-I_p)}{\omega_e} = \frac{2E_p I_p}{\omega_e} \quad (2.26)$$

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

$$I_a=0,\ i_b=I_p,\ i_c=-I_p,\ e_a=0,\ e_b=E_p,\ e_c=-E_p \quad (2.26a)$$

Mô men tức thời khi đó được tính bằng công thức

$$m_e=\frac{P_e}{\omega_e}=\frac{e_a i_a+e_b i_b+e_c i_c}{\omega_e}=\frac{0+E_p I_p+(-E_p)(-I_p)}{\omega_e}=\frac{2E_p I_p}{\omega_e} \quad (2.26b)$$

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:

$$P=M_e\omega_e=2eI=2\frac{2}{\pi}N_{ph}B_g l\pi r_1.\omega e.I=\frac{4}{\pi}N_{ph}B_g l\pi r_1\omega_e.I \quad (2.27)$$

Do đó :

$$M_e=\frac{P}{\omega_e}=\frac{4}{\pi}N_{ph}B_g l\pi r_1.\omega_e.I=K\Phi I \quad (2.27a)$$

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

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

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

2.2.6. Các phương pháp điều khiển chuyển động động cơ BLDC.

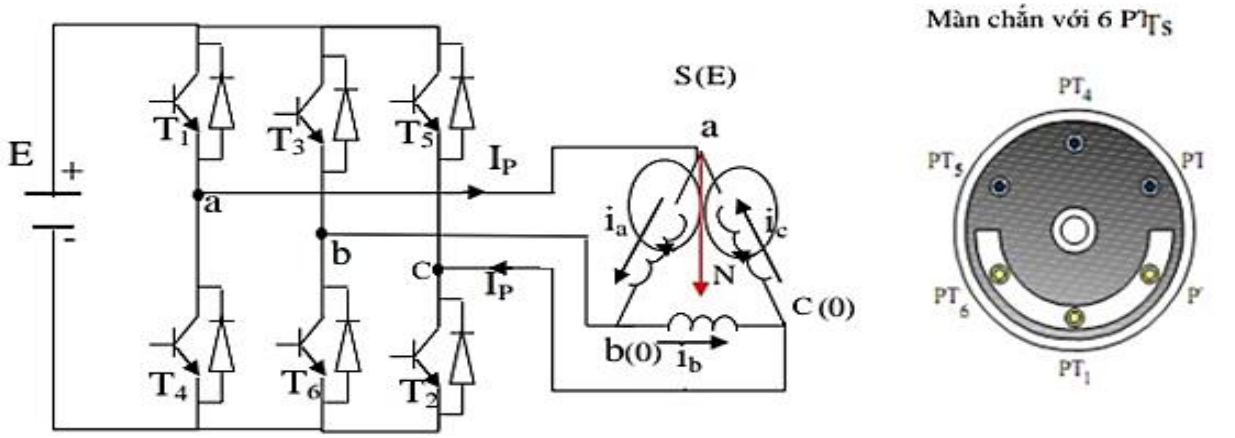
Như ta đã biết, quá trình điều khiển động cơ BLDC chính là quá trình điều khiển sao cho dòng điện chạy qua các cuộn dây đặt trên stator một cách hợp lí.

Có hai phương pháp chính để điều khiển động cơ BLDC: phuơng 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.

2.2.6.1. Điều khiển quay chậm.

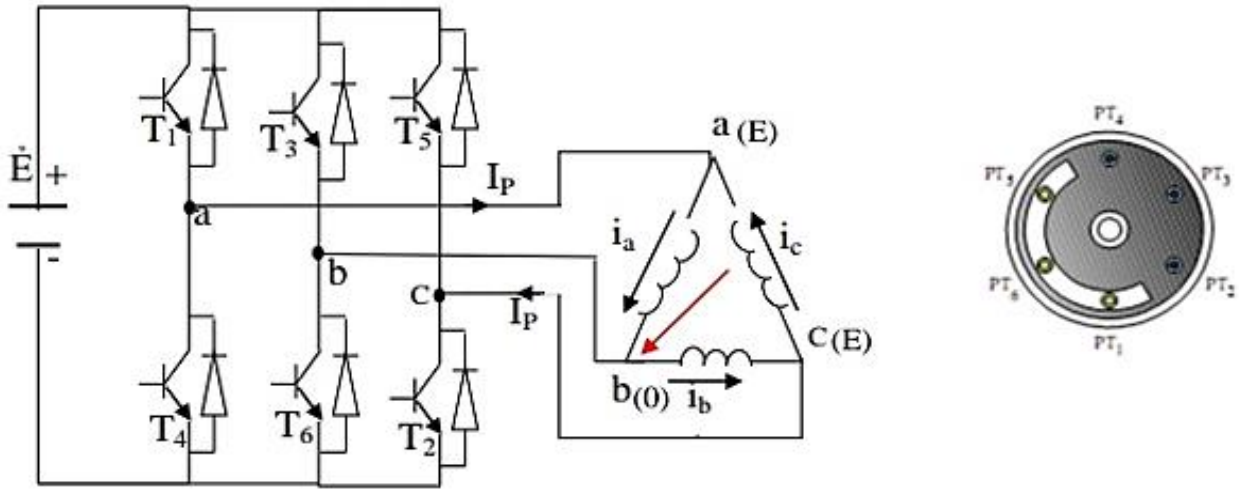
Ở vị trí này PT_6, PT_1, PT_2 được chiếu sáng ứng với nó là các transistor T_6, T_1, T_2 dẫn điện. Khi T_1 dẫn thì điểm a và điểm +E sẽ được nối với nhau, T_6 dẫn thì điểm b và điểm –E sẽ được nối với nhau, T_2 đẫn thì điểm c cũng sẽ được nối với điểm 0.

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).



Hình 2.31:Hoạt động tại sector 1 của BLDC dùng phần tử quang.

Sector 2 (Hình 2.32): 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 dẫn lần lượt nối điểm a và điểm c với +E, T_6 dẫn nối điểm b với điểm 0.

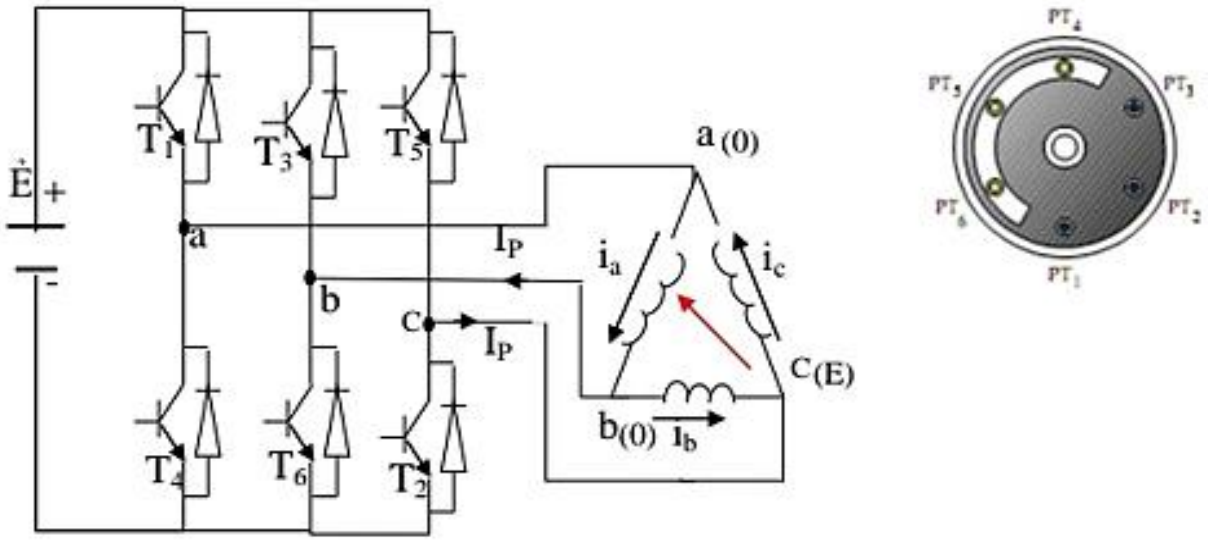


Hình 2.32:Hoạt động tại sector 2 của BLDC dùng phần tử quang.

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 2.33):Lúc này các đèn LED PT_6, PT_5, PT_4 sáng đồng nghĩa với việc lần lượt các transistor T_6, T_5, T_4 thông. Điểm a và b nối với điểm–E còn điểmc

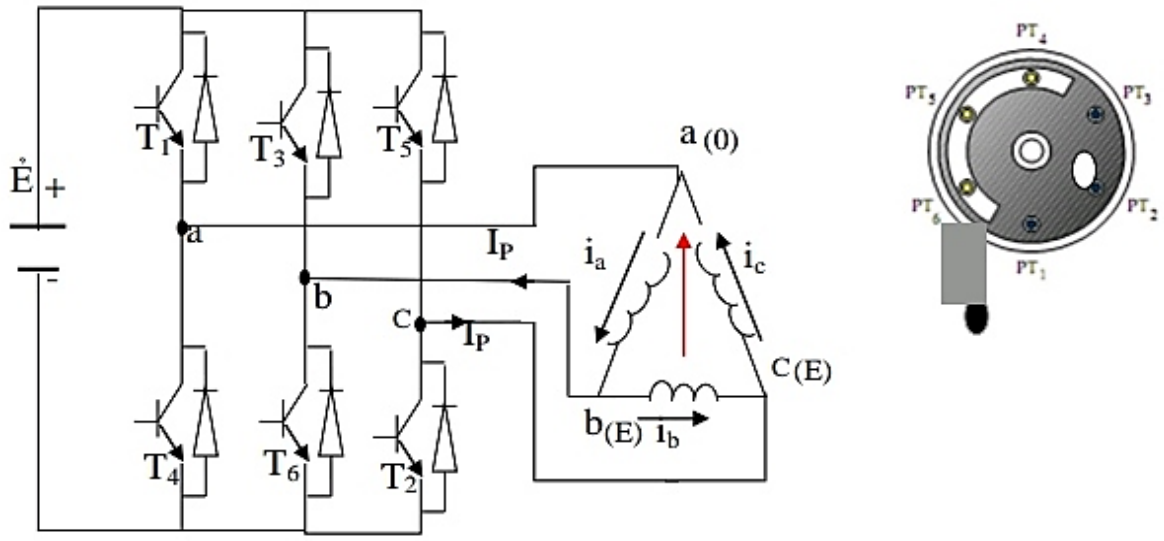
được nối với +E.



Hình 2.33:Hoạt động tại sector 3 của BLDC dùng phần tử quang.

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

Sector 4 (Hình 2.34):Các đèn LED PT_5, PT_4, PT_3 sáng , các transistor T_5, T_4, T_3 thông, do đó điểm a nối với –E, b và c được nối với +E.

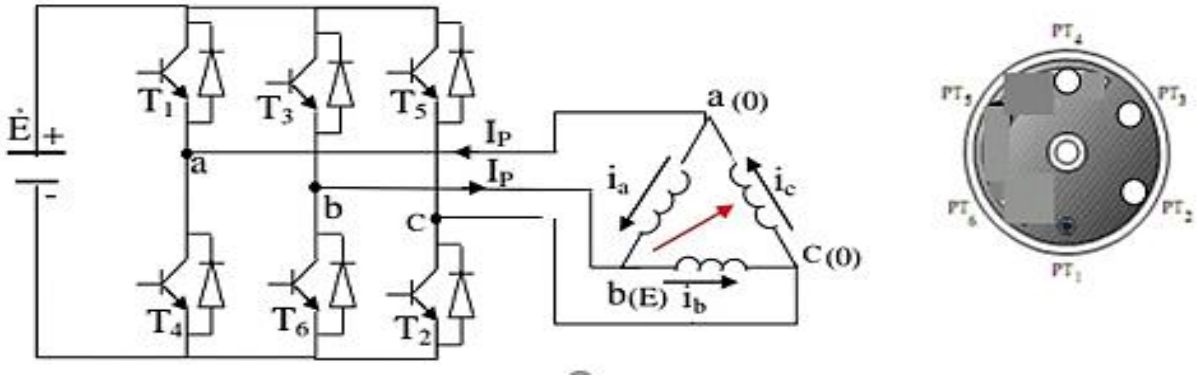


Hình 2.34:Hoạt động tại sector 4 của BLDC dùng phần tử quang.

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 2.35):Các đèn LED PT_4, PT_3, PT_2 sáng ứng với các transistor T_4, T_3, T_2 thông. Khi T_4 thông thì điểm a nối với –E, T_3 và T_2 thông, lần lượt điểm b và

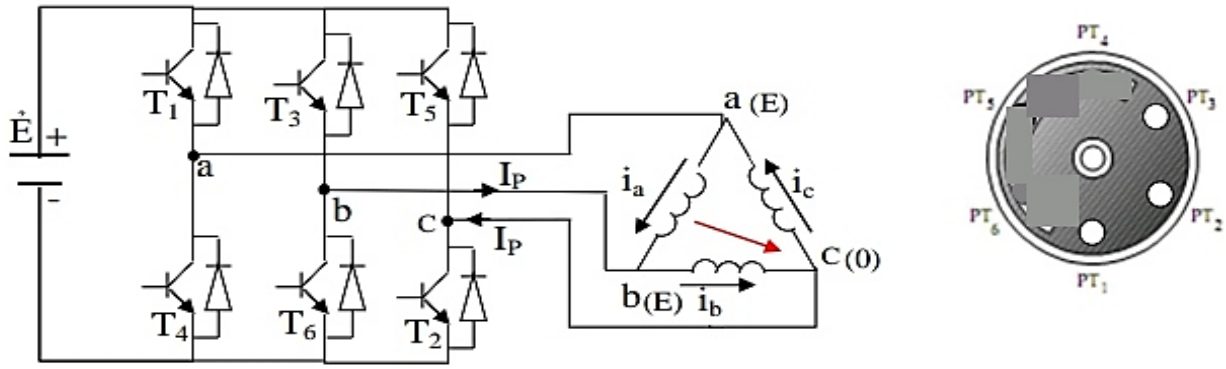
điểm c nối với +E.



Hình 2.35:Hoạt động tại sector 5của BLDC dùng phần tử quang.

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

Sector 6 (Hình 2.36): Các đèn LED PT_3, PT_2, PT_1 sáng tương ứng các transistor T_3, T_2, T_1 thông dẫn điện.



Hình 2.36:Hoạt động tại sector 6của BLDC dùng phần tử quang.

Khi T_3 và T_1 thông, điểm b và a nối với +E, T_2 thông thì điểm c nối với –E. Như vậy: $i_a = 0$ vì a và b cùng điện thế, $i_b = i_p$, $i_c = -i_p$.

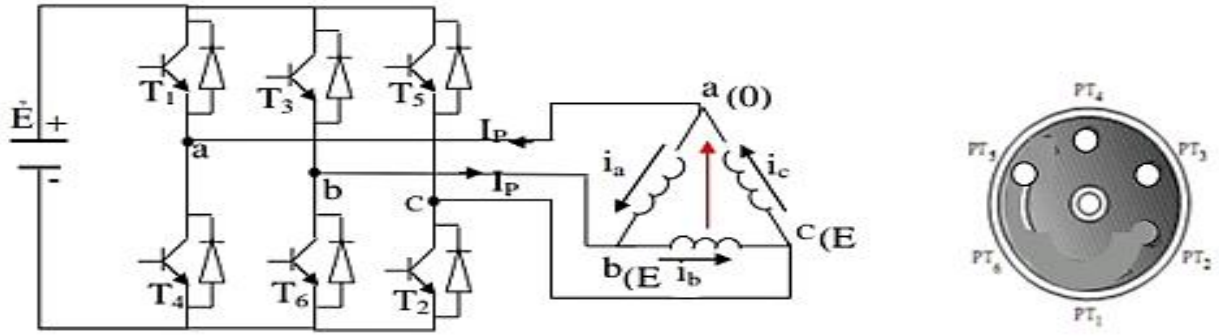
Bảng 1: Bảng đóng mở các transistor chiều quay thuận.

Van điện tử / Secto	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

2.2.6.2. Điều khiển động cơ quay theo chiều ngược

Lưu ý: ở phần này ở phần tử transistor quang sang thì transistor nối tương ứng lại không dấn , các transistor nối với các phần tử không sang lạ dần.

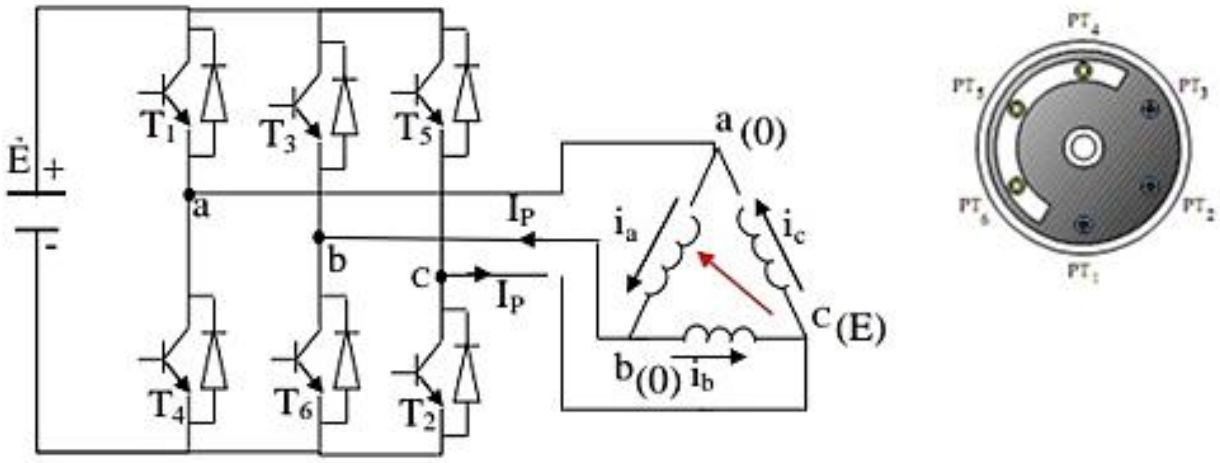
Sector 1' (Hình 2.37): Các phần tử quang PT_1, PT_2, PT_6 thông, các transistor T_1, T_2, T_6 tắc, T_4, T_5, T_3 thông.



Hình 2.37:Hoạt động tại sector 1.

Lúc này điểm a nối với –E, điểm b và c nối với +E. Do đó, ib = 0 vì b và c cùng điện thế, ia = -ip, ic = ip.

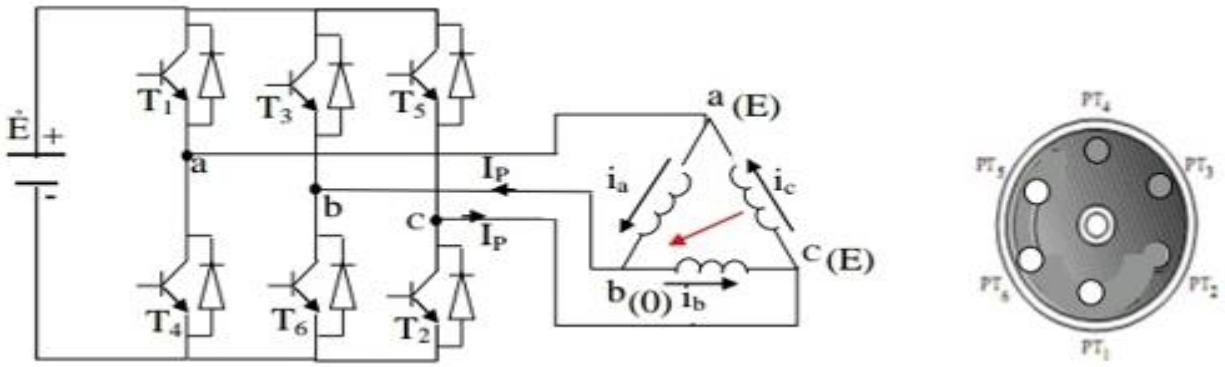
Sector 2' (hình 2.38): Transistor quang PT_1, PT_2, PT_3 thông, các transistor T_1, T_2, T_3 không dẫn điện, transistor T_4, T_5, T_6 dẫn điện.



Hình 2.38:Hoạt động tại sector 2.

Lúc này điểm a và b nối với –E, c nối với +E. Vì vậy dòng ia = 0 vì a và b cùng diện thế, ib = -ip, ic = ip.

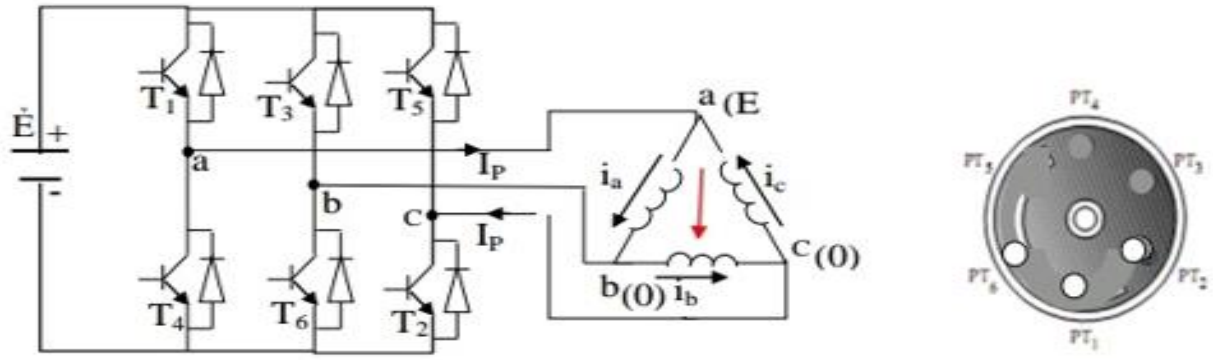
Sector 3’ (Hình 2.39): Phần tử quang PT_4, PT_2, PT_3 mở nhưng không dẫn điện, các transistor T_1, T_5, T_6 dẫn điện.



Hình 2.39:Hoạt động tại sector 3.

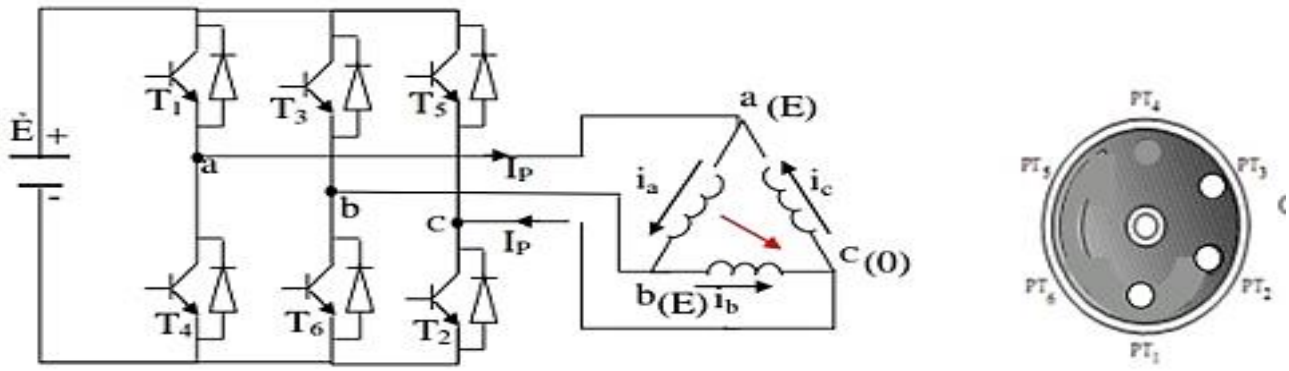
Lúc này điểm a và c nối với +E, b nối với –E. Dòng ic = 0 vì a và c cùng điện thế, ia = ip, còn ic = -ip.

Sector 4’ (Hình 2.40): Phần tử quang PT_4, PT_5, PT_3 làm cho các T_4, T_5, T_3 không dẫn điện, các transistor T_1, T_2, T_6 dẫn điện. Lúc này điểm a nối với +E, điểm b và c nối với –E, dòng ib = 0 vì b và c chung điện thế, ia = ip, còn ic = -ip



Hình 2.40: Hoạt động tại sector 4'.

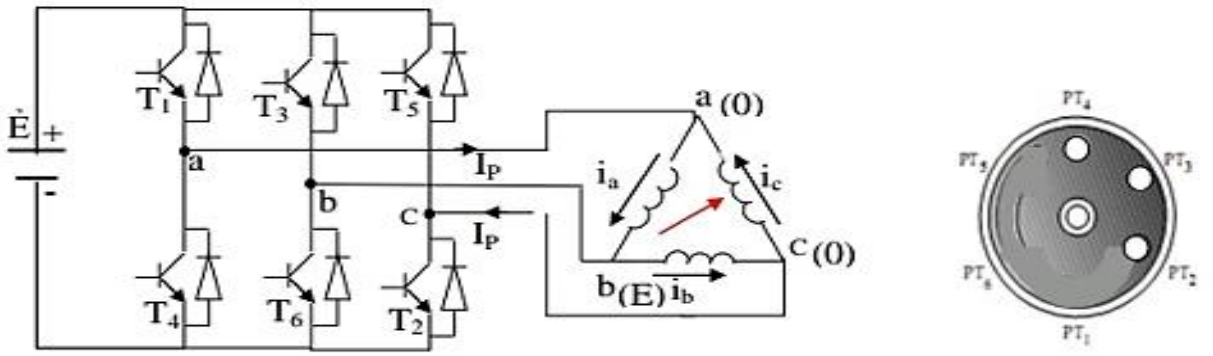
Sector 5' (Hình 2.41): Phần tử quang PT_4, PT_5, PT_6 được chiếu sáng, các transistor T_1, T_2, T_3 dẫn.



Hình 2.41:Hoạt động tại sector 5'.

Lúc này điểm a và b nối với +E, điểm c nối với –E. Dòng ia = 0 vì a và b cùng điện thế, ib = ip, ic = -ip.

Sector 6' (Hình 2.42): Các phần tử quang PT_1, PT_5, PT_6 mở nhưng các transistor T_1, T_5, T_6 không dẫn điện mà các transistor T_4, T_2, T_3 lại dẫn điện.



Hình 2.42:Hoạt động tại sector 6'.

Lúc này, điểm a và c được nối với –E, còn điểm b nối với +E. Dòng ic = 0 do a và c cùng điện thế, ib = ip, ia = -ip.

Bảng 2:Trạng thái đóng mở các transistor khi điều khiển 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

2.2.7. Điều khiển tốc độ động cơ PLDC.

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:

$$I^* = (K_p + \frac{K_1}{S})(\omega *_r - \omega_r) \quad (2.28)$$

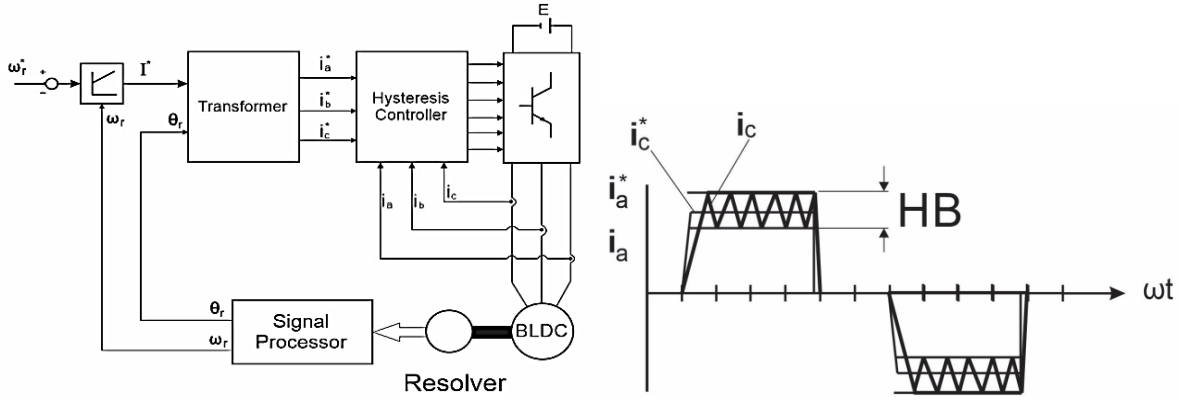
Trong đó:

K_p và K_1 là hệ số khuếch đại bộ điều chỉnh

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.



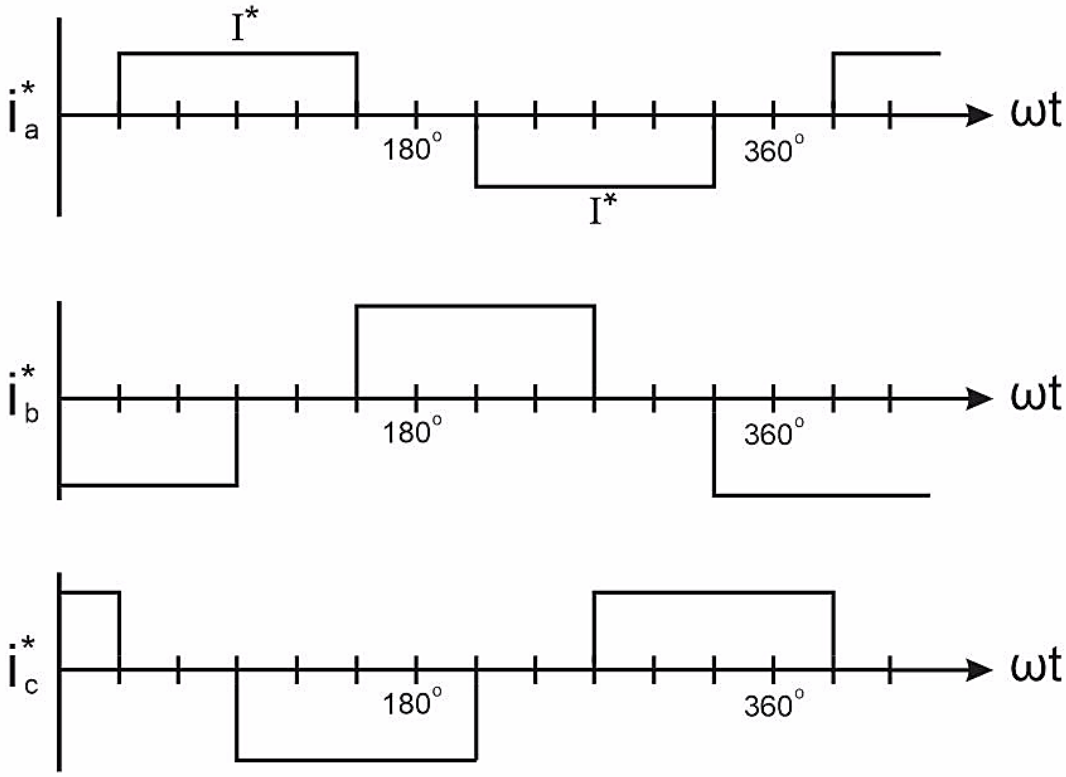
a) b)

Hình 2.43:Sơ đồ nguyên lý vòng điều khiển dải trễ (a)

và 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 trí, được đưa vào khâu xử lý. Tính 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 θr, tính hiệu ra của biến áp là các dòng so sánh i^*_a, i^*_b, i^*_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.

Hiệu $\Delta = i^*_a - i_a$ 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 2.44. Bộ điều khiển dải trễ hiện đang được nghiên cứu và áp dụng rộng rãi.



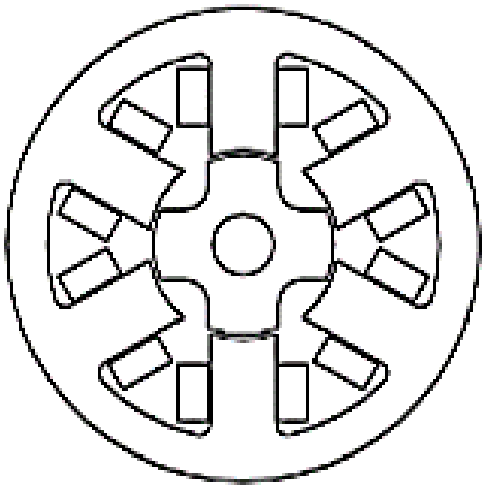
Hình 2.44:Dạng 3 dòng so sánh đưa vào bộ điều chỉnh dải trễ.

2.3. ĐỘNG CƠ TỪ TRỞ (ĐỘNG CƠ ĐÓNG NGẮT TRỞ KHÁNG SRM).

2.3.1. Giới thiệu về động cơ từ trở.

Động cơ từ trở thay đổi (SRM) là động cơ biết đến từ những năm 90 của thế kỷ XIX, tuy nhiên nó không phát triển và được áp dụng vì có những nhược điểm như độ nhấp nhô của mô men, gây ra tiếng ồn khi công tác, khó thực hiện việc điều khiển. Tuy nhiên những năm gần đây do sự phát triển của công nghệ bán dẫn và vi điều khiển, người ta bắt đầu quan tâm tới động cơ này.Hiện nay SRM đang được quan tâm nghiên cứu và đưa vào sử dụng.

Khác với động cơ đồng bộ thông thường, cả rô to và stator của động cơ từ trở (Switched-reluctance motor) đều có cực lồi như Hình 2.45. Cấu tạo lồi thép thế này rất có lợi trong việc chuyển đổi năng lượng điện từ. Trên mỗi cực của stator đề có một cuộn dây, các cuộn dây trên các cực đối nhau được nối tiếp với nhau. Tám cuộn dây trong hình được nhóm lại với nhau thành 4 góc pha khi có một sự chuyển đổi cấp điện độc lập cho 4 pha, rotor gồm nhiều lớp ép lại với nhau mà không có cuộn dây hoặc nam châm vì vậy mà giá thành sản xuất rẻ hơn. Động cơ trên hình 2.45, stator có 8 cực và rotor 6 cực. Đây là cấu tạo được sử dụng rộng rãi. Tuy nhiên vẫn có động cơ cấu tạo với số cực stator và rotor khác.



Hình 2.45: Cấu tạo động cơ SRM.

2.3.2. Nguyên lý hoạt động.

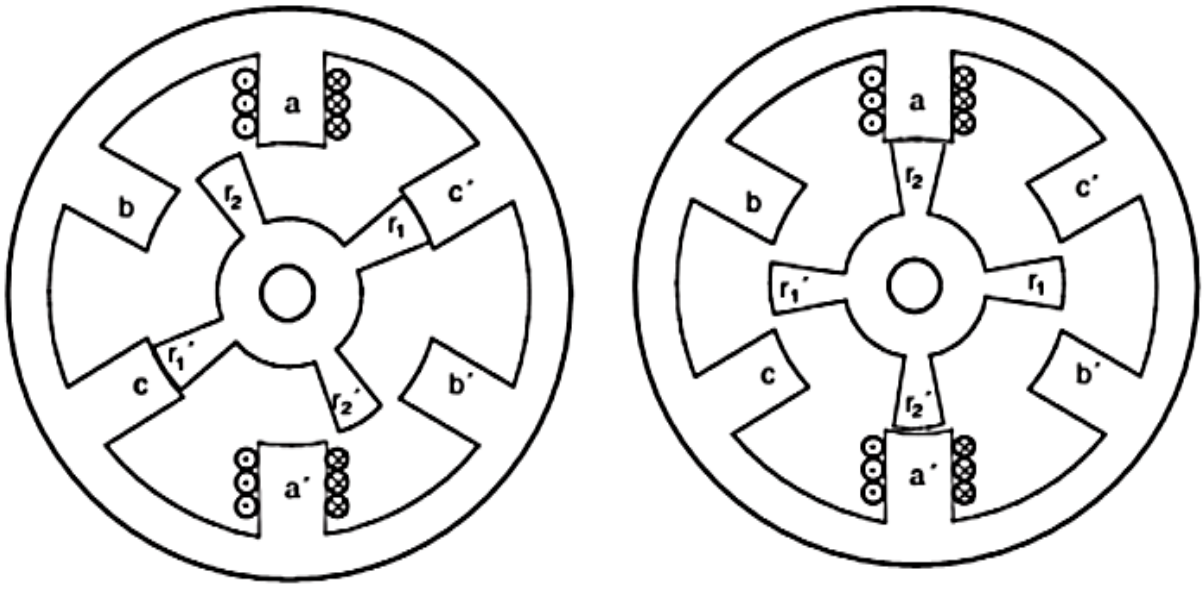
Ta xét 2 khái niệm quan trọng của động cơ từ trở thay đổi.

- Vị trí đồng trục (Aligned position)

- Vị trí lệch trục (Unaligned position)

Như vậy ở Hình 2.45 ta thấy khi 2 cực lồi của stator và rotor nằm ở vị trí mà trục của chúng trùng nhau người ta gọi là vị trí đồng trục, đó là vị trí từ trở giữa các cực từ stator và răng của rotor là nhỏ nhất, khi hai cực stator và rotor lệch nhau hoàn toàn và không có phần thiết diện nào chồng lên nhau đó là vị trí lệch trục, vị trí này là vị trí giữa cực stator và rotor là lớn nhất.

Để xét hoạt động của loại động cơ này ta nấy ví dụ loại động cơ có số cực giữa stator và rotor là 6/4 (Hình 2.46).Gỉa sử các cực $r_1$và r_1' của rotor là cực c,c' của stator ở vị trí đồng trục như Hình 2.46a. Bây giờ đưa dong điện kích thích vào cuộn dây A dòng điện này sinh ra từ thông móc vòng qua các cực a,a'stator và các cực r_2-r_2'của rotor một cách tương ứng. Do rotor luôn có xu hướng quay về phía có độ từ cảm lớn nhất tức là từ trở nhỏ nhất nên rotor lúc này sẽ quay hướng đến vị trí đồng trục a-a' và r_2-r_2'.



a) b)

Hình 2.46: Nguyên lý hoạt động của SRM.

Khi chúng ta ở vị trí này thì dòng điện kích pha A bị ngắt và vị trí các cực như thấy ở Hình 2.46b

Bây giờ đưa dòng kích từ vào cuộn dây pha B dòng này lại sinh ra từ thông móc vòng qua các cực b-b’ và r1-r1’ một cách tương ứng, rotor lại được kéo quay theo chiều kim đông hồ đưa r1-r1’ hướng về vị trí cân bằng với b-b’.

Tiếp tục cấp dòng điện cho cuận dây pha C thì r2-r2’ lại quay theo chiều kim đông hồ hướng về c-c’.

Cứ như vậy bằng cách cấp điện lần lượt cho các cuộn dây theo thứ tự A,B,C động cơ sẽ lien tục quay theo chiều kim đông hồ.Muốn đảo chiều quay của động cơ chỉ cần đổi thứ tự 2 trong 3 pha.

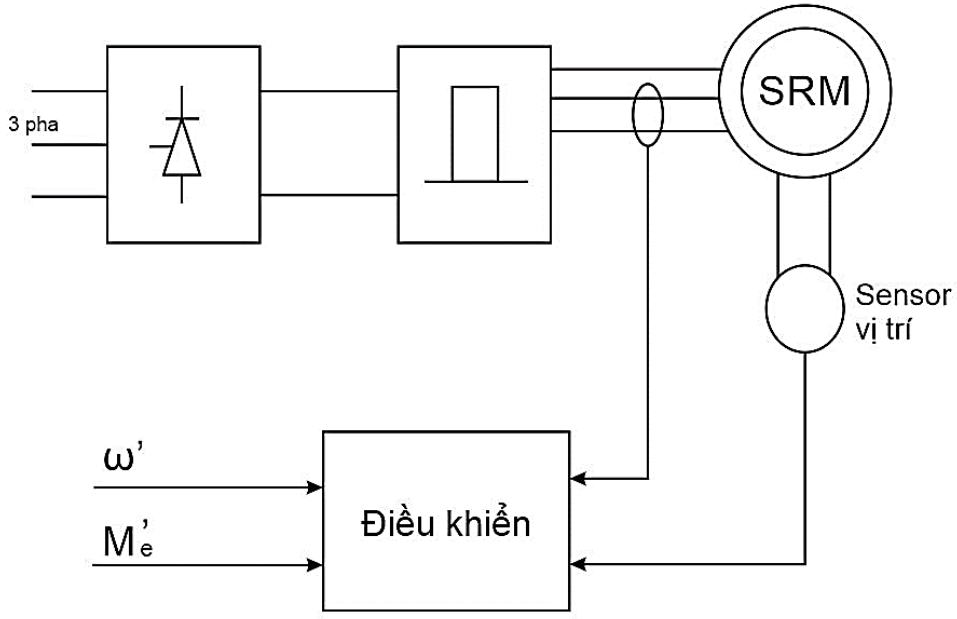
2.3.3. Nguyên lý điều khiển.

Do chiều quay của động cơ phù thuộc vào thư tự phát xung, do đó chế độ làm việc của động cơ sẽ quyết định bởi dấu của mô men. Gỉa sử động cơ là tuyến tính, lúc đó có phương trình của mô men.

$$M_e = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL}{d\theta} \qquad (2.29)$$

Từ phương trình này ta thấy dấu của mô men phụ thộc vào đại lượng $\frac{\mathrm{dL}}{\mathrm{d}\theta}$.Căn cứ vào đặc tính biến thiên từ cảm theo góc quay ta phải đưa xung điều khiển vào vùng từ cảm tăng thì mô men sẽ mang dấu dương. Gía trị trung bình của mô men có thể thay đổi bằng cách thay đổi độ lớn dong điện chạy trong cuộn dây stator hoặc thay đổi góc dẫn θ.

Thông thường để đơn giản người ta thực hiện thay đổi dòng điện mà không thay đổi góc dẫn. Điều này yêu cầu bộ điều khiển phải bám theo tín hiệu đặt một cách nhanh chóng tránh rơi vào vung mô men âm.



Hình 2.47:Mạch vòng điều khiển.

Điều khiển vòng kín là cần thiết để tối ưu hóa góc chuyển mạch của điện áp đặt vào cuộn dây. Các pha stator được chuyển đổi bằng tín hiệu tao ra từ một trục định vị rotor như các thiết bị có sử dụng cảm biến Hall hoặc cảm biến quang như Hình 2.47. Điều này làm động cơ hoạt động của động cơ SRM giống như động cơ DC.

2.3.4. Ưu và nhược điểm của động cơ SRM.

❖ <u>Ưu điểm:</u>

- Hiệu suất cao hơn.
- Cùng một thể tích và khối lượng nhưng mạnh hơn.
- Rất bền vững vì rotor không có cuộn dây dây vành trượt.
- Có thể chạy với tốc độ rất cao(30.000v/p) trong điều kiện bất lợi.
- Đa năng, đặc tính chuyền động linh hoạt
- Có thể hoạt động ở cả 4 góc của hệ tọa độ đề các.

❖ <u>Nhược điểm</u>

- Khi làm việc gây tiếng ồn
- Mô men không được mịn

SRM được sử dụng trong công nghiệp, làm động cơ kéo , trong thiết bị gia dụng chế biến thực phẩm, máy hút bụi, máy giặt.

2.4. KẾT LUẬN CHƯƠNG 2.

Nội dung chương 2 giúp chúng ta hiểu hơn về động cơ một chiều, động cơ không chổi than (PLDC) và động cơ từ trở (SRM) .

Các loại động cơ này cũng có những ưu điểm và nhược điểm nhất định , đặc biệt động cơ không chổi than (PLDC) rất có ích trong việc điều khiển và chuyển động kéo của ô tô điện .

Động cơ một chiều dễ dàng sự dụng và có độ bề cao.

Xong động cơ từ trở (SRM) được sử dụng rồng rãi trong đời sống xong nhược điểm gây ra tiếng ồn lớn khi hoạt động.

CHƯƠNG 3.

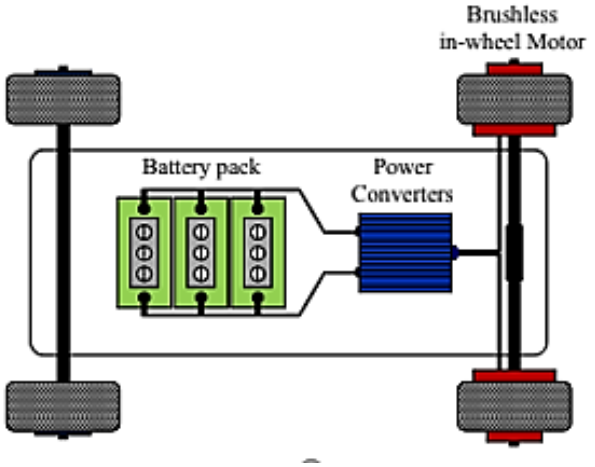
ĐIỀU KHIỂN KHÔNG CẢM BIẾN ĐỘNG CƠ PMSM CHO TRUYỀN ĐỘNG KÉO ÔTÔ

3.1. CHUYỂN MẠCH ĐỘNG CÓ PM KHÔNG CHỔI THAN.

3.1.1. Các loại động cơ không chổi than.

Có hai loại động cơ không chổi than chính. Một được gọi là Động cơ DC không chổi than (BLDCM), được đặc trưng bởi mật độ từ thông không đổi trong khe hở không khí xung quanh các mặt cực. Các cuộn dây động cơ được cung cấp với dòng điện dưới dạng xung hình chữ nhật.

Các động cơ lý tưởng khác có từ thông hình sin và phân phối hình sin của cuộn dây của nó. Nó được cung cấp với dòng điện hình sin và được gọi là Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu (PMSM).



Hình3.1: Sơ đồ của một chiếc xe điện với động cơ trong bánh xe.

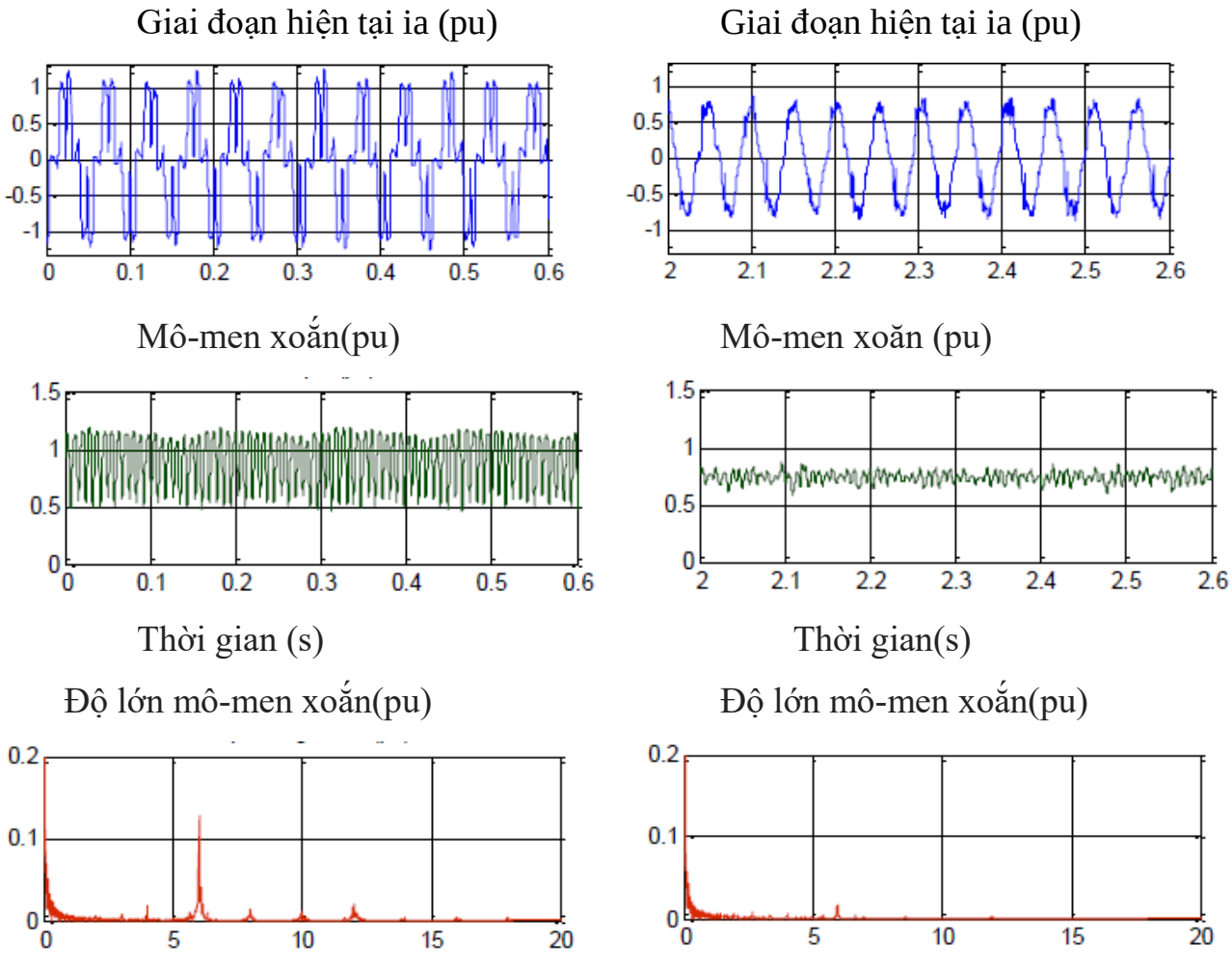
Quá trình chuyển mạch phải đảm bảo rằng hành động chuyển hướng dòng điện được đồng bộ với chuyển động của từ thông trong khe hở không khí, và do đó động cơ phải có cảm biến để đo vị trí của từ thông so với cuộn dây của stato .

Các cảm biến hiệu ứng Hall đơn giản được sử dụng với BLDCM để quản lý chuỗi chuyển mạch và hình thành dạng sóng dòng điện phù hợp. Mặt khác, bộ mã

hóa hoặc bộ giải mã độ phân giải cao là cần thiết cho chế độ điều khiển PMSM để tạo ra dòng điện hình sin.

3.1.2. Dạng sóng dòng điện và mô-men.

Hình3.2 cho thấy các dòng và mô-men thử nghiệm cho cùng một động cơ được sử dụng trong BLDCM (chuyển đổi 120°) và chế độ điều khiển PMSM trong cùng điều kiện vận hành. Bằng cách điều khiển động cơ với sự chuyển mạch dòng điện hình chữ nhật, có nhiều tần số sóng hài hơn trong dạng sóng hiện tại như trong hình 3.2-a. Điều đó được phản ánh, ở mức của mô-men được tạo ra, như một gợn tương đối dữ dội ở mức 6 lần tần số cơ bản và chiếm 13% mô-men định mức. Do đó, quá trình lão hóa của động cơ được tăng tốc.



Hình3.2: Pha dòng điện dây, mô-men và phổ mô-men tại *50 vòng/phút.*

Trong chế độ điều khiển PMSM (Hình 3.2-b), những vấn đề này thực tế biến mất và một mô-men lớn hơn được tạo ra cho cùng một dòng hiệu dụng (RMS). Do đó, giảm tổn thất điện năng ngay lập tức. Động cơ điều khiển hình sin tăng 7,5% mức tiêu thụ năng lượng so với chế độ BLDC. Mặc dù tỷ lệ này có thể là lớn trong các ứng dụng truyền động thông thường, nhưng nó có giá trị trong trường hợp EV trong đó pin là nguồn năng lượng duy nhất.

Độ mượt của mô-men đầu ra PMSM chỉ bị ảnh hưởng bởi gợn ở đỉnh phẳng gây ra bởi rãnh của stato và các hiệu ứng viền. Tuy nhiên, trong BLDCM, sự bất thường hơn nữa ở mô-men đầu ra của rôto phát sinh từ các dạng sóng dòng stato không bao giờ là hình chữ nhật hoàn hảo trong thực tế.

Hầu hết các động cơ không chổi than chuyên dụng EV đều đi kèm với cảm biến hiệu ứng Hall cho đầu điều khiển BLDC. Thật không may, chế độ điều khiển PMSM yêu cầu đo góc chính xác hơn. Do đó, các công cụ ước tính vị trí và tốc độ sẽ là một giải pháp hiệu quả để thực hiện điều khiển PMSM và hưởng lợi từ các lợi thế của nó, mà không sử dụng các cảm biến cơ học cồng kềnh.

3.2. MÔ HÌNH TOÁN HỌC CỦA ĐỘNG CƠ

Trong phần này, một mô tả ngắn gọn về mô hình PMSM được trình bày do phương pháp ước lượng được nghiên cứu tra cần phải giải các phương trình của máy. Mô hình của PMSM trong khung đứng yên (α-β) là:

$$v_\alpha = Ri_\alpha + e_\alpha$$

$$v_\beta = Ri_\beta + e_\beta \quad (3.1)$$

$$e_\alpha = \frac{d\psi_\alpha}{dt}$$

$$e_\beta = \frac{d\psi_\beta}{dt} \quad (3.2)$$

Trong đó:$e_{\alpha\beta}$,, $\psi_{\alpha\beta}$, $v_{\alpha\beta}$ và $i_{\alpha\beta}$ tương ứng là sđ đ cảm ứng, từ thông móc vòng, điện áp ở cực đấu dây, và dòng pha trong khung và R điện trở cuộn dây.
Các từ thông móc vòng được tạo theo vị trí như:

$$\Psi_\alpha = L_\alpha i_\alpha + \psi_m \cos\theta$$

$$\Psi_\beta = L_\beta i_\beta + \psi_m \sin\theta \qquad (3.3)$$

θ là góc rôto thực tế.

Ψm là từ thông móc vòng tối đa của nam châm vĩnh cửu.

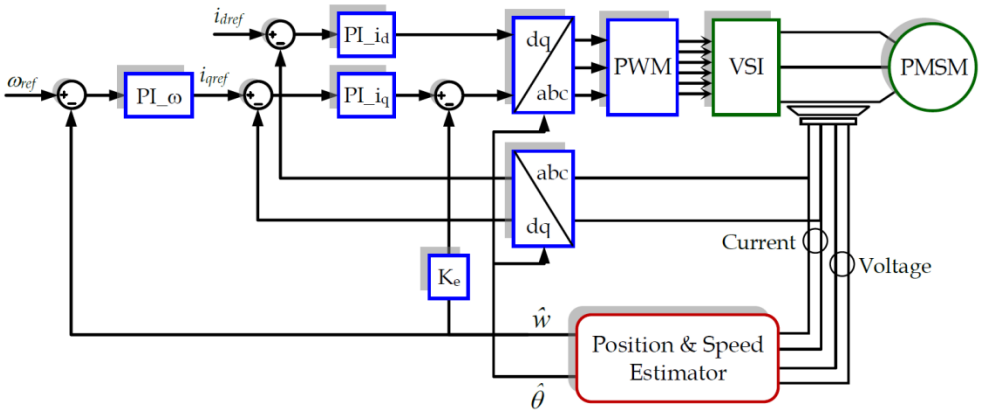
L_α , L_β là các cuộn cảm trong khung (αβ).

Động cơ Brushless đã sử dụng là một cỗ máy không nổi bật với Back-EMF hình sin. Vậy các cuộn cảm trong mô hình bằng nhau tức là $L_\alpha = L_\beta = L$.Các phương trình điện và từ ở trên là cơ sở cho việc trích xuất vị trí và tốc độ từ giá tri đo điện áp và dòng điện.

3.3. ƯỚC TÍNH VỊ TRÍ VÀ TỐC ĐỘ.

Trong chế độ vận hành PMSM, để tạo ra mô-men trơn tru và do đó giảm tổn thất điện năng, độ rung và tiếng ồn, dạng sóng dòng điện phải phù hợp với hình dạng của động cơ có sđđ hình sin. Do đó, phản hồi vị trí rô to độ phân giải cao là rất quan trọng. Mặt khác, phản hồi tốc độ là cần thiết để theo dõi chính xác vận tốc.

Do đó, trong trường hợp không có bộ mã hóa quang, các chiến lược phù hợp phải được phát triển để xác định các tham số này. Hình 3.3 minh họa sơ đồ điều khiển vectơ phổ biến với công cụ ước tính vị trí và tốc độ thay vì bộ mã hóa.



Hình 3.3: Điều khiển véc tơ cảm biến PMSM với công cụ ước tính vị trí và tốc độ.

3.3.1. Ước tính vị trí rô to sử dụng tín hiệu Hall-Effect.

Ước tính vị trí rôto đơn giản có thể thu được thông qua xử lý tín hiệu số trực tiếp của đầu ra cảm biến hiệu ứng Hall. Vị trí góc điện thường được đưa ra bởi:

$$\theta(t) = \int_{t_k}^{t} w(t)dt + \theta k \qquad (3.4)$$

w (t): là tốc độ góc điện tức thời và θk là góc ban đầu của sector được đo từ một trục tham chiếu cố định.

tk: là thời điểm khi trục từ tính đi vào sector k (k = 1, 2,… , 6).

Thuật toán ước tính vị trí thứ tự zero có được bằng cách dùng biểu thức zero của triển khai xấp xỉ triển chuỗi Taylor.

Các cảm biến hiệu ứng Hall phát hiện khi trục từ của rôto đi vào khu vực 60°. Sau đó, tốc độ có thể được biểu thị dưới dạng xấp xỉ:

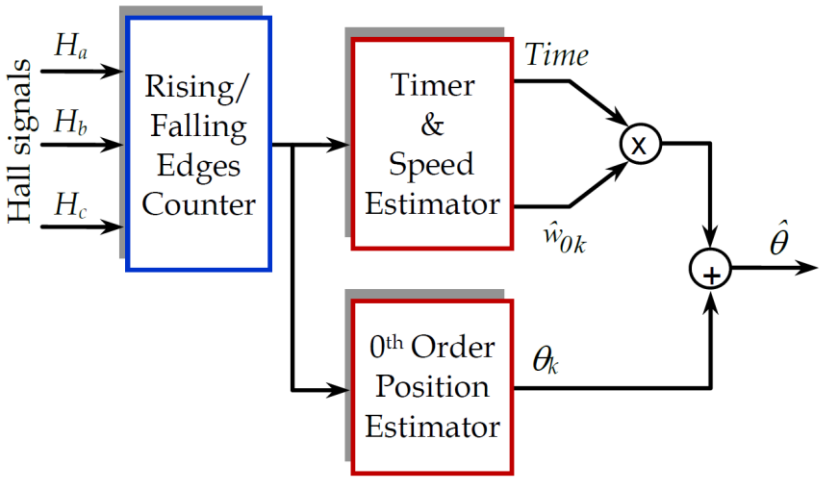
$$W(t) \approx \widehat{w_{ok}} = \frac{\pi/3}{\Delta t_{k-1}} \qquad (3.5)$$

Δt k-1là khoảng thời gian được thực hiện bởi trục từ tính của rôto để vượt qua khu vực trước đó k-1. Vị trí góc điện có thể đạt được bằng cách tích hợp số (4), áp dụng ràng buộc rằng giá trị vị trí góc kết quả phải nằm trong giới hạn của secto k.

Do đó, vị trí góc được tính như sau:

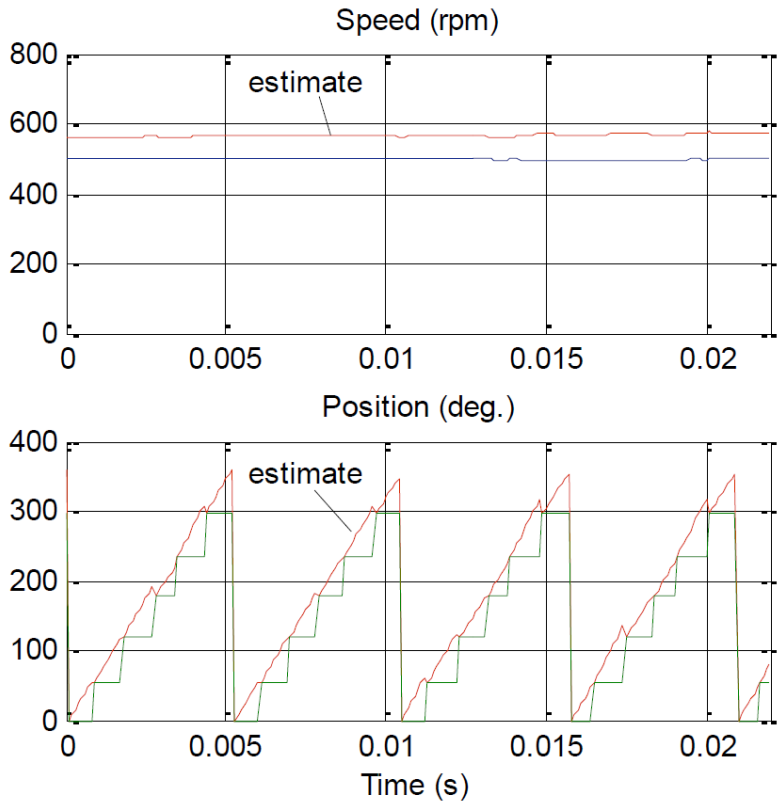
$$\hat{\theta}(t) = \theta k + \hat{w} ok \times (t\text{-}tk) \qquad (3.6)$$

$$\text{Với } \theta k \le \hat{\theta}(t) \le \theta k + \pi/3$$



Hình 3.4: Sơ đồ khối của bộ ước tính séc tơ dựa trên cảm biến hiệu ứng Hall.

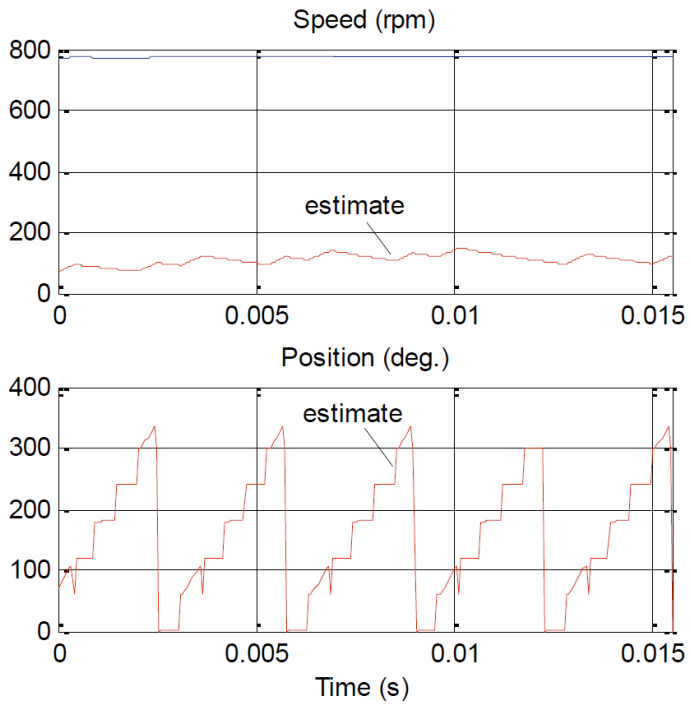
Ước tính vị trí cũng có thể được lấy từ thuật toán bậc hai bằng cách tính đến các số hạng có bậc cao hơn của chuỗi Taylor.Sơ đồ khối của kỹ thuật ước tính này được hiển thị trong Hình3.4.



Hình 3.5: Sai số Tốc độ và vị trí bậc 1 ước tính trong quá trình tăng tốc động cơ khoảng 500 vòng / phút.

Điểm yếu ước tính trong phương pháp này tăng cường trong quá trình chuyển đổi vận tốc, như trong Hình3.5. Khi động cơ tăng tốc, vị trí ước tính lệch khỏi vị trí thực giữa các tín hiệu hiệu ứng Hall. Điều này là do lỗi giữa tốc độ thực tế và tốc độ ước tính dựa trên thời gian từ các cảm biến Hall. Lỗi vị trí như vậy ảnh hưởng đến điều chỉnh dòng điện và làm giảm sản xuất mô-men.

Ước tính ở đây phụ thuộc hoàn toàn vào tốc độ động cơ và thời gian lấy mẫu. Vì vậy, cần chú ý nhiều hơn đến thời gian lấy mẫu đặc biệt trong hoạt động tốc độ cao. Đối với động cơ thử nghiệm, tần số của tín hiệu Hall vượt quá 1,4 kHz ở tốc độ định mức; do đó thời gian lấy mẫu tương đối nhanh nên được sử dụng để ước tính (100 s).



Hình3.6: Sự suy giảm của bộ ước tính ở 780 vòng / phút.

Hơn nữa, sai số ước tính vị trí tỷ lệ thuận với tốc độ rô to. Do đó, khả năng ước tính hoàn toàn có thể suy giảm khi tốc độ trở nên tương đối cao như trong Hình3.6.

3.3.2. Bộ ước tính vị trí rô to dựa trên Back-EMF.

Từ thông có thể được sử dụng để ước tính vị trí góc của rôto. Đặc biệt ở trạng thái ổn định, vectơ từ thông thực tế được đồng bộ hóa với rôto và vị trí vectơ từ thông là vị trí rôto thực sự.

Tuy nhiên, do sự không hoàn hảo của phép đo phải được sửa chữa bằng bộ lọc sai số xảy ra ở góc pha và cường độ của ước lượng từ thông. Độ không đảm bảo này phụ thuộc vào tốc độ và nó tăng lên khi động cơ hoạt động ở tần số thấp hơn tần số cắt của bộ lọc. Một thói quen điều chỉnh được thiết lập vì lý do này.

Thông thường, các phép đo trực tiếp của dòng điện và điện áp pha cho phép ước tính từ thông móc vòng thông qua tích hợp nổi tiếng:

$$\Psi\alpha = \int e_\alpha dt = \int (v_\alpha - Ri_\alpha)dt \qquad (3.7)$$

$$\Psi\beta = \int e_\beta dt = \int (v_\beta - Ri_\beta)dt$$

Từ ước lượng của ψα và ψβ, ước tính góc rôto có thể được xác định là:

$$\text{tg } \theta = \frac{sin\theta}{cos\theta} = \frac{\psi_\alpha - Li_\alpha}{\psi_\beta - Li_\beta} \quad (3.8)$$

$$\hat{\theta} = \text{arctg } \frac{\psi_\alpha - Li_\alpha}{\psi_\beta - Li_\beta} \quad (3.9)$$

Ở giai đoạn này, hàm arctan bốn góc được sử dụng.

Tích phân phương trình(3.7) bởi tích phân thuần túy liên quan đến các vấn đề trôi dạt và bão hòa. Vì tích phân tại thời điểm t = 0 giây yêu cầu điều kiện ban đầu, rôto phải được đưa đến một vị trí đã biết. Tuy nhiên, cài đặt trước này là không thể trong bối cảnh EV.

Để tránh tích phân thuần túy và giải quyết các vấn đề, người ta có thể hưởng lợi từ thực tế là từ thông α và tương ứng là hàm cosin và sin của vị trí. Chúng có thể được lấy ngay lập tức từ sđđ eα và eβ bằng cách sử dụng phép tính đại số sau:

$$\Psi_\alpha = \frac{e_\alpha}{\omega} \quad (3.10)$$

$$\Psi_\beta = -\frac{e_\beta}{\omega} \quad (3.11)$$

Theo cách này, không cần các giá trị ban đầu của từ thông móc vòng.

Trong thực tế, phép đo sđd, được sử dụng để đánh giá ước lượng từ thông, chứa phần bù gây ra sai số vị trí bổ sung. Giải pháp bao gồm phát hiện phần bù này với Bộ lọc LP tần số cắt rất thấp và trừ nó khỏi tín hiệu gốc.

3.3.3. Tính toán tốc độ rô to.

Rõ ràng từ phương trình 3.10 rằng tốc độ rôto được yêu cầu trước tiên để thực hiện ước tính vị trí rôto. Phương trình 3.11có thể được sử dụng để trích xuất tốc độ, vì cường độ sđđ đã chứa đại lượng này:

$$e_\alpha^2 + e_\beta^2 = \text{L2}\left(\frac{di_\alpha^2}{dt} + \frac{di_\beta^2}{dt}\right) - 2LEm\left(\frac{di_\alpha}{dt} sin\theta - \frac{di_\beta}{dt} cos\theta\right) + E_M^2 \quad (3.12)$$

$$\text{Em} = \omega^2 \psi_m^2 \quad (3.13)$$

Cho đến khi hoạt động tốc độ định mức, biểu thúc đầu tiên bên tay phải của phương trình 3.12ở dưới 5% cường độ tổng thể vì độ tự cảm của động cơ rất nhỏ. Tuy nhiên, số hạng thứ hai đạt 45% gần tốc độ này và không thể bỏ qua.

Do đó, khi động cơ hoạt động tương đối xa các điều kiện định mức, phép tính gần đúng sau là hợp lệ:

$$e_\alpha^2 + e_\beta^2 \approx \omega^2 \psi_m^2 \tag{3.14}$$

Điều này dẫn đến một cách đơn giản để ước tính cường độ tốc độ:

$$|\widehat{\omega}| \approx \frac{\sqrt{e_\alpha^2 + e_\beta^2}}{\delta \psi_m} \tag{3.15}$$

Ở đây,δ là một hệ số điều chỉnh được đưa ra để bù cho số hạng bị bỏ qua trong biểu thức 3.11. Hướng ước tính tốc độ tại khoảng thời gian lấy mẫu kTe sau đó được lấy từ quá trình tiến hóa góc sđđ cảm ứng, như sau:

$$\varphi(k) = arctg\left(-\frac{e_\alpha(k)}{e_\beta(k)}\right) \tag{3.16}$$

$$\widehat{\omega}(k) = sgn(\varphi(k) - \varphi(k-1)|\widehat{\omega}(k)| \tag{3.17}$$

Điểm mạnh của phương pháp này là khả năng xác định tốc độ, ngay cả ở tốc độ thấp. Điểm yếu là sự phụ thuộc của nó vào các thông số động cơ.

Công cụ ước tính tốc độ dựa trên mô hình trên có thể không phải là một giải pháp tốt khi tốc độ tăng và đạt giá trị định mức. Một cách đơn giản hơn để ước tính cường độ tốc độ, ở phạm vi tốc độ này, là đạo hàm của ước tính vị trí:

$$\widehat{\omega} = \frac{d\widehat{\theta}}{dt} \tag{3.18}$$

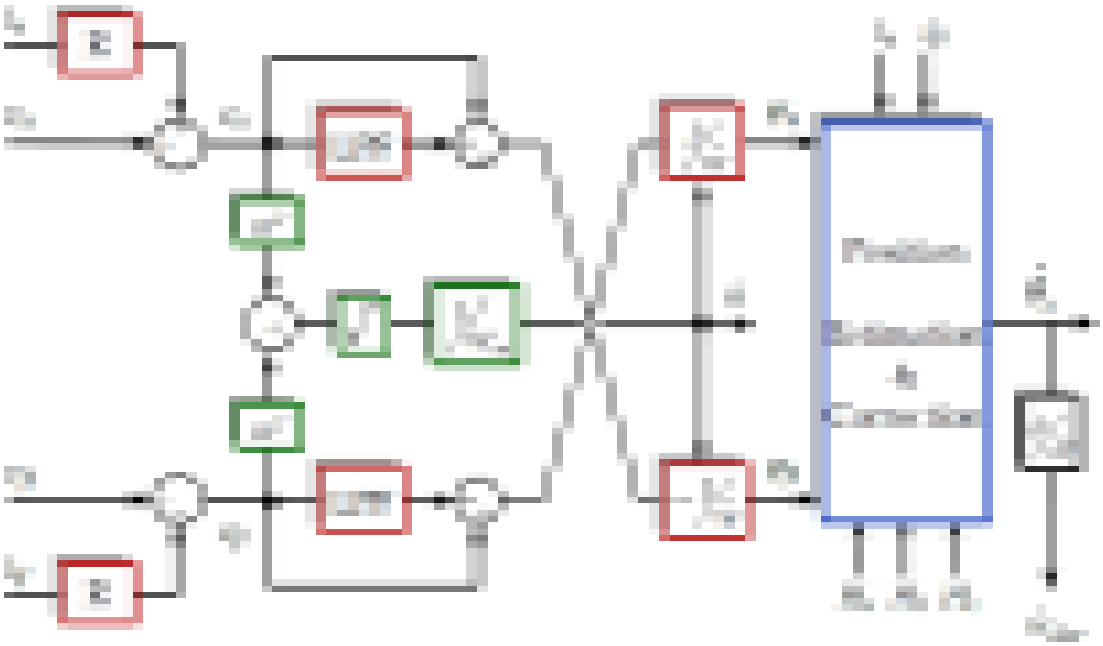
Rõ ràng, tốc độ kết quả cần phải được lọc bởi dải thông thấp.

3.3.4. Sửa sai số vị.

Cấu trúc vòng hở của công cụ ước tính vị trí sử dụng điện áp stator và đo dòng điện cũng như phân chia tốc độ, dẫn đến tích lũy sai số ước tính vị trí. Ngoài ra, việc sử dụng các bộ lọc LP trong dòng ước tính gây ra sự dịch pha và do đó, một sai số bổ sung. Các sai số vị trí ảnh hưởng đến điều chỉnh dòng điện và làm giảm sản xuất mô-men.

Dựa trên những cân nhắc ở trên, một quy trình điều chỉnh vị trí sử dụng tín hiệu hiệu ứng Hall, được thực hiện để bù tất cả các nguồn của sai số ước tính vị trí.

Điều quan trọng cần lưu ý là ước tính vị trí không thể đạt được gần tốc độ 0 khi các phép đo điện yếu và phân chia dựa trên tốc độ không ổn định. Vì lý do này, động cơ được khởi động như một động cơ BLDC sử dụng tín hiệu hiệu ứng Hall cho đến khi tốc độ rô to đạt đến mức thuận tiện để ước tính góc.Cấu trúc hoàn chỉnh của vị trí ước tính và tốc độ ước tính được trình bày trong Hình3.7.



Hình3.7:Sơ đồ khối của bộ ước tính tốc độ và vị trí dựa trên hiệu ứng Back-EMF/Hall

Phương pháp ước tính này phụ thuộc chủ yếu vào hai tham số máy, tức là điện trở cuộn dây R và độ tự cảm L. Ưu điểm thứ hai của phương pháp này là khả năng ước lượng của nó ngay cả ở dải tốc độ thấp và tốc độ tải cao. Ngoài ra, nhờ chế độ khởi động BLDC sử dụng cảm biến hiệu ứng Hall, mô-men cao có thể xảy ra tại bất kỳ thời điểm ban đầu nào.

3.4. CÀI ĐẶT VÀ KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM.

Một thiết lập thử nghiệm đã được chế tạo trong phòng thí nghiệm bằng cách sử dụng động cơ không chổi than không bánh răng 48V/2kW, được cung cấp bởi một biến tần cầu đối xứng ba pha được chế tạo bằng Mô-đun điện thông minh nhỏ gọn (IPM) (Hình3.8). Hệ thống này được cung cấp bởi bộ pin 48V/75AH. Đối với

các nhiệm vụ ước tính và điều khiển, một bảng eZdsp2812 đã được sử dụng. Để theo dõi chế độ điều khiển của động cơ, các dòng khung Park (dq) được đo.

Hình 3.8: Thiết lập thử nghiệm để kiểm tra động cơ truyền động không chổi than trong bánh xe và mạch nguồn dựa trên IPM.

Trong các ứng dụng EV, các phép đo dòng điện và điện áp thường được yêu cầu để thực hiện các chiến lược điều khiển động cơ tiên tiến, để ước tính vị trí và tốc độ của máy hoặc thực hiện quản lý năng lượng trực tuyến. Trong ứng dụng hiện tại, dòng pha được cung cấp bởi các bộ biến đổi LEM được sử dụng để thực hiện điều khiển vectơ động cơ. Mặt khác, phép đo điện áp gián tiếp sử dụng chu kỳ công tác PWM và điện áp cáp DC để ước tính điện áp đầu ra biến tần được sử dụng để giảm số cảm biến truyền động. Do đó, đối với mỗi pha, các điện áp được tái tạo sau mỗi giai đoạn mẫu bằng phương pháp sau:

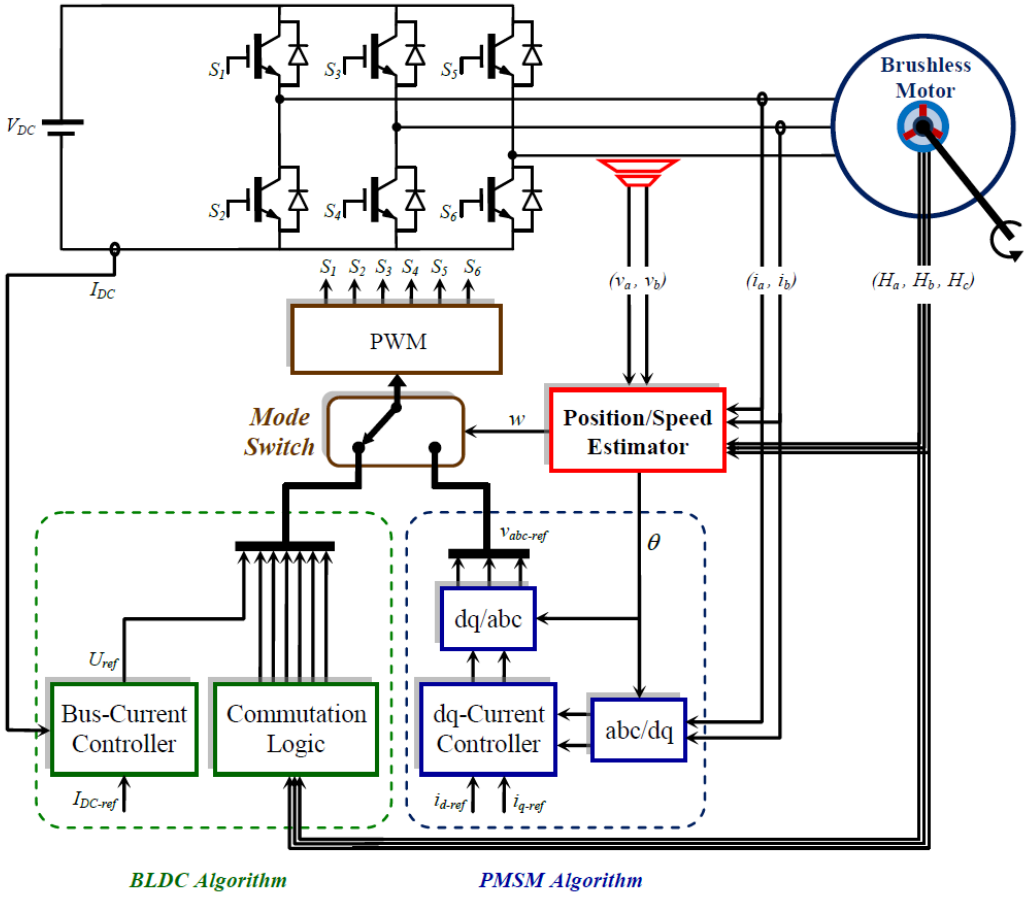
$$\text{v} = \text{D}\, V_{dc} - v_{comp} \qquad (3.19)$$

Vdc - Là điện áp DC Link được đo thông qua cảm biến LEM đã tồn tại cho mục đích quản lý năng lượng pin và là chu kỳ nhiệm vụ của PWM.

Thời hạn bù có liên quan đến tổn thất thiết bị biến tần và được xác định từ các

bảng phi tuyến tính liên quan đến sụt áp điện áp của thiết bị biến tần đến dòng pha.

Sơ đồ khối của sơ đồ điều khiển đã phát triển được hiển thị trong Hình3.9.Đầu vào vị trí ước tính là dòng điện stator động cơ và điện áp cũng như tín hiệu cảm biến Hall. Đầu ra là một ước tính độ phân giải cao của vị trí cánh quạt và ước tính tốc độ.

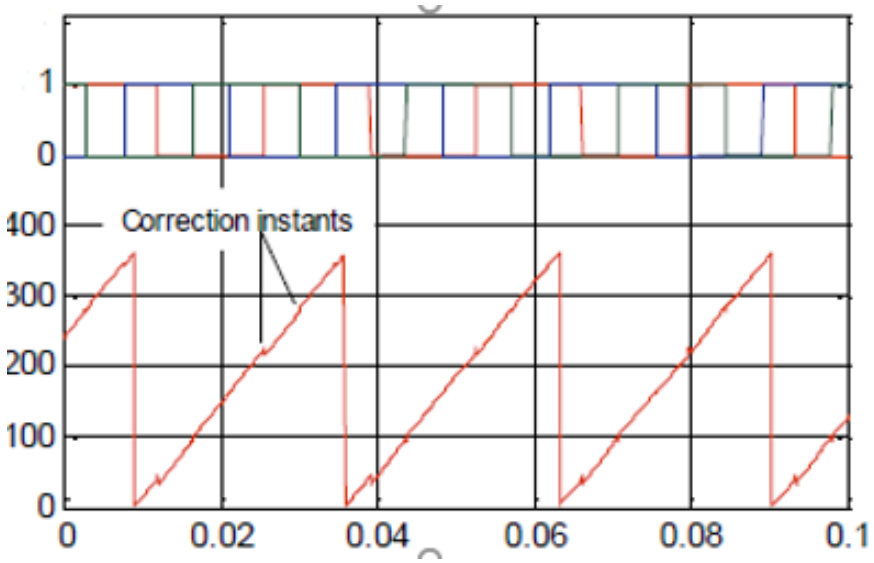


Hình3.9:Sơ đồ tổng thể chiến lược điều khiển PMSM BLDCM/Sensless kết hợp.

Ba cảm biến hiệu ứng Hall được đặt trong stato máy để cung cấp 60 deg điện. độ phân giải trong cảm biến vị trí rô to. Do đó, sai số ước tính vị trí rôto được đặt lại mỗi khi trục từ của rôto đi vào 60 ° mới. khu vực được xác định một cách đơn nhất bằng ba chỉ số cảm biến hiệu ứng Hall như trong Hình3.10. Lỗi vị trí được coi là sự khác biệt về góc tại các vật liệu đặc biệt này vì không sử dụng bộ mã hóa trong ổ đĩa.

Để đáp ứng nhu cầu tốc độ thấp / mô-men xoắn cao, điều rất quan trọng đối với các hệ thống lực kéo EV hiệu quả, ba cảm biến hiệu ứng Hall được sử dụng để khởi động động cơ ở chế độ BLDC. Cho đến khi động cơ vượt qua quán tính của xe và tốc độ đủ cao để có thể ước tính chính xác các đại lượng cơ học bằng phương pháp ước tính cảm biến sđđ cảm ứng Hall, thuật toán vận hành được chuyển sang chế độ điều khiển véc tơ PMSM.

Tín hiệu hội trường và ước tính vị trí (độ)

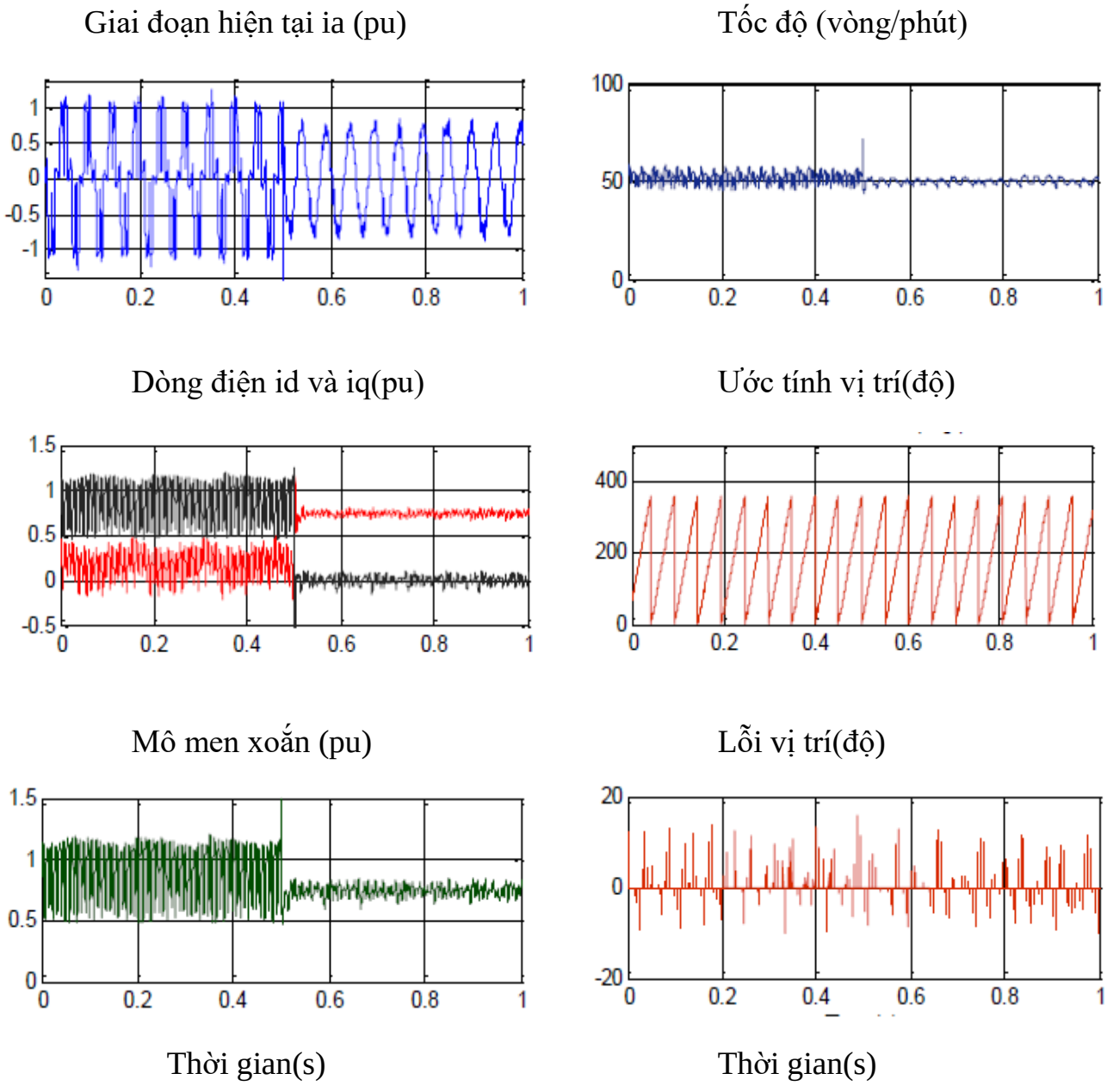


Thời gian(s)

Hình 3.10: Tín hiệu hiệu ứng Hall và vị trí ước tính.

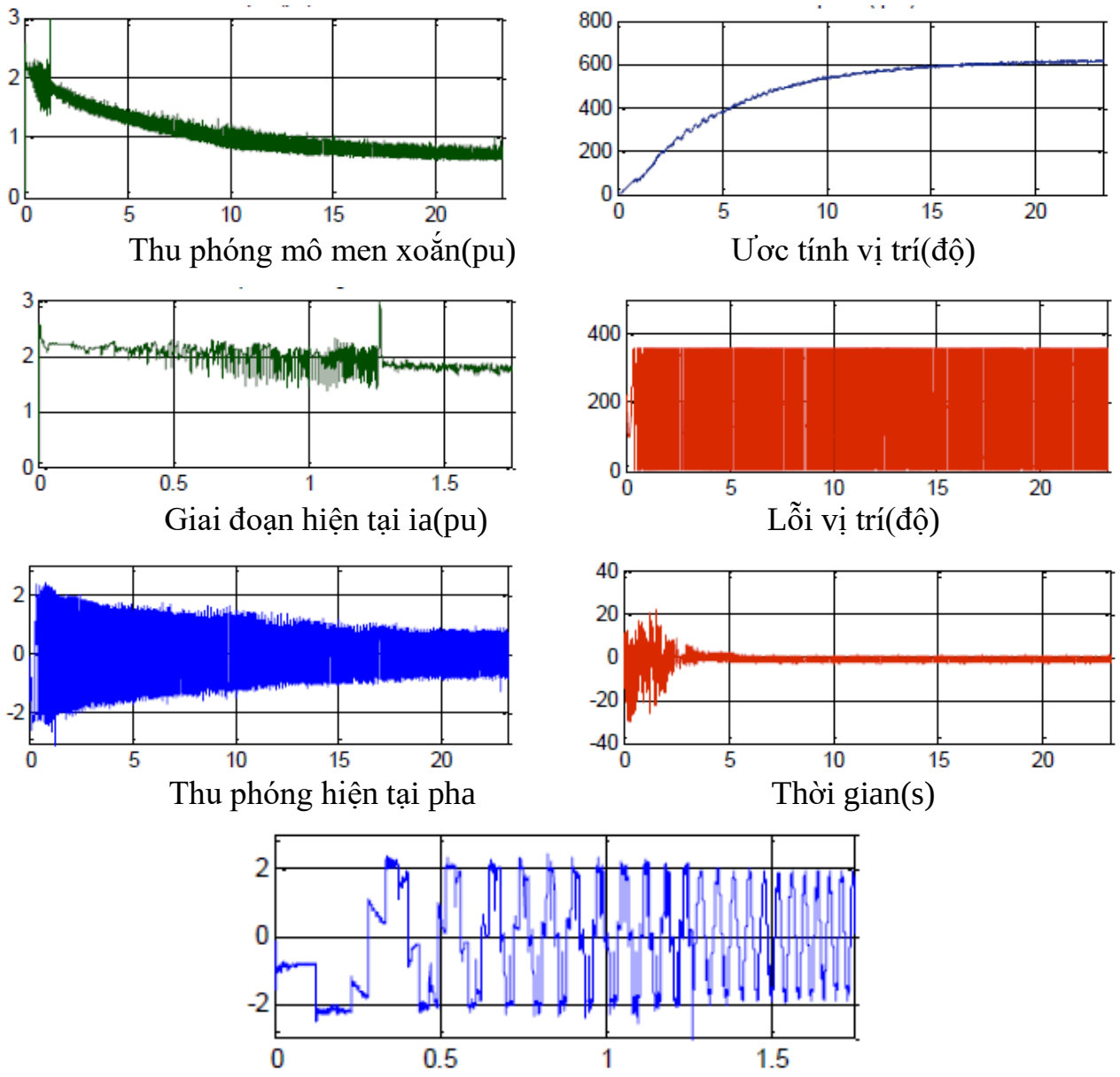
Hình3.11 cho thấy các đường cong của pha, dòng dq và mô-men cũng như sai số tốc độ và vị trí tại thời điểm chuyển từ chế độ vận hành BLDC sang PMSM. Động cơ chạy ở tốc độ 50 vòng / phút dưới 75% tải định mức trong thử nghiệm này. Dạng sóng dòng điện một pha phản ánh chế độ kích thích sáu bước, chỉ sử dụng dữ liệu hiệu ứng Hall và động cơ hình sin không cảm biến. Việc hủy dòng một chiều id (đường màu đen) phản ánh sự thay đổi đối với điều khiển véc tơ với chiến lược mô-men cực đại. Rõ ràng, mô-men và dòng điện được tạo ra mượt mà hơn nhiều trong vùng điều khiển PMSM tức là sau 0,5 giây. Điều đó biện minh cho hiệu quả của kỹ thuật trong việc giảm tổn thất điện năng, tiếng ồn và rung động cơ học.

Sai số ước tính vị trí được phân định bởi dải ± 10 ° nhưng trung bình là nhỏ. Ước tính tốc độ vẫn không bị ảnh hưởng bởi quá trình chuyển mạch. Hơn nữa, có thể nhận thấy đặc biệt là trong chế độ BLDC, các đỉnh sai số vị trí xuất hiện sáu lần trong mỗi chu kỳ điện. Chúng phát sinh từ vị trí làm mới ở các cạnh cảm biến hiệu ứng Hall.



Hình 3.11: Chuyển mạch từ chế độ BLDCM sang PMSM ở tốc độ 50 vòng / phút.

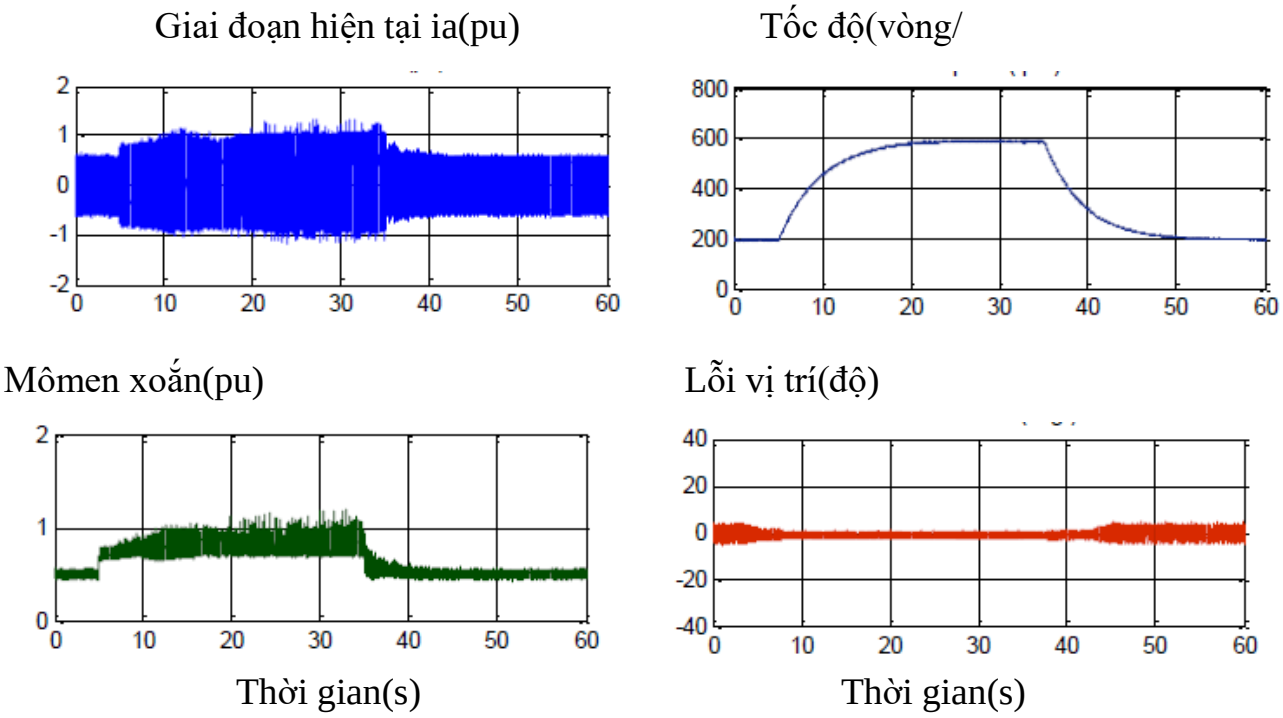
Mô men xoắn(pu) Tốc độ(vòng/phút)



Hình3.12: Bắt đầu với chiến lược điều khiển PMSM BLDCM/Sensless hoàn chỉnh.

Các kết quả được đưa ra trong Hình 3.12 cho thấy thành công khi bắt đầu từ bế tắc đến 600 vòng / phút. Chuyển đổi tức thời từ chế độ điều khiển BLDC sang PMSM được quyết định bởi tốc độ khi đạt tới 50 vòng / phút (4 km / h). Ngưỡng tốc độ được chọn để không chỉ ước tính chính xác mà còn hoạt động đúng với tải trọng đáng kể. Giá trị tốc độ này phải thấp và được xác định bằng các thử nghiệm. Đặc tính quá độ của truyền động được làm nổi bật bởi zoom dòng điện và mô-men.

Kỹ thuật này cung cấp một đặcc tính quá độ tuyệt vời và điều khiển không cảm biến với ước tính vị trí tốt (1°). Nhờ chế độ BLDC, động cơ có thể khởi động với mô-men rất cao vượt quá 200% mô-men định mức. Tại thời điểm quá độ, sai số vị trí rôto tối đa là khoảng 15 ° có thể tạo ra 3,4% tổn thất mô-men. Với giá trị tổn thất này, động cơ PMSM không cảm biến giữ hoàn hảo khả năng phát triển mô-men lớn cần thiết để khởi động và duy trì chuyển động. Dòng điện và mô-men của động cơ, trong hình, thể hiện hiệu suất và hiệu suất cao của điều khiển vectơ PMSM, ngoại trừ khoảng thời gian ngắn đầu tiên.



Hình 3.13. Hành vi động của ổ đĩa trong chế độ điều khiển PMSM không cảm biến.

Các hiệu suất động của động cơ truyền động trong bánh xe được thử nghiệm trong cấu hình tốc độ tăng tốc / giảm tốc từ 200 vòng / phút đến 600 vòng / phút (Hình 3.13). Mô-men liên tục tối đa là khoảng 80% tải định mức. Dự toán vị trí đề xuất hoạt động rất đáng tin cậy trong điều kiện tương đối khắc nghiệt như vậy. Trung bình sai số vị trí luôn rất nhỏ (1°). Các gợn còn lại thường không phải là một vấn đề bởi vì nó sẽ được lọc ra theo quán tính của xe.Sai số vị trí phát sinh từ

khiếm khuyết căn chỉnh cảm biến Hall, vẫn không đổi. Vì vậy, nó có thể dễ dàng bị loại khỏi dự toán vị trí.

3.5. KẾT LUÂN CHƯƠNG 3.

Kỹ thuật ước tính vị trí và tốc độ được trình bày dựa trên các cảm biến hiệu ứng Hall và dành riêng cho các ứng dụng xe điện. Vấn đề khởi động thường gặp trong một lĩnh vực như vậy, hoàn toàn được khắc phục bằng cách sử dụng các xung hiệu ứng Hall để khởi động máy dưới dạng BLDC Motor. Tiếp theo, công cụ ước tính dựa trên sức phản điện động(Back-EMF) kết hợp với cảm biến hiệu ứng Hall được sử dụng để đạt được ước tính rất chính xác về vị trí và tốc độ rôto để điều khiển véc tơ không cảm biến của động cơ ở chế độ PMSM. Điều đó có nghĩa là động cơ không cần kỹ thuật phát hiện vị trí ban đầu đặc biệt hoặc kỹ thuật khởi động

Các kết quả thử nghiệm cho thấy thuật toán ước lượng không cảm biến được trình bày cung cấp vị trí và tốc độ rôto có độ chính xác cao. Có ba ưu điểm chính liên quan đến phương pháp được đề xuất:

Độ nhạy nhỏ với các thông số động cơ và khiếm khuyết đo điện. Việc làm mới ước tính vị trí ở mọi cạnh tín hiệu Hall, loại bỏ mọi sai số vị trí bất kỳ nguồn gốc nào gây ra nó.

Khả năng khởi động thêm tải, vì các cảm biến hiệu ứng Hall cung cấp đủ thông tin cho hoạt động BLDC thích hợp.

Yêu cầu thời gian tính toán thấp và độ tin cậy cao; thuật toán có thể được thực hiện dễ dàng bởi vi điều khiển hoặc DSP.

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 và bạn bè cùng lớp, đến nay em đã hoàn thành khá tốt đề tài tốt nghiệp của mình. Trong đề tài tốt nghiệp, em đã thực hiện được những yêu cầu sau:

- Tìm hiểu về sự ra đời của ô tô điện cũng như phân loại và thành tựu của ngành cộng nghiệp sản xuất ô tô điện.
- Tìm hiểu về động cơ một chiều.
- Tìm hiểu về động cơ BLDC, đưa ra được cấu tạo cũng như các yếu tố về cơ và điện của loại động cơ này.
- Tìm hiểu, trình bày được nguyên lý hoạt động, các đường đặc tính của động cơ.
- Đưa ra mô hình toán, các phương trình của động cơ BLDC và động cơ RSM.
- Tìm hiểu các phương pháp điều khiển không cảm biến động cơ PMSM cho truyền động kéo ô tô.
- Giúp em hiểu biết thêm về các loại động cơ dùng trong truyền động ô tô và bổ sung kiến thức sau này trong công cuộc phát triển ngành điện công nghiệp.

Tuy nhiên, do thời gian có hạn cũng như trình độ của bản thân còn có nhiều hạn chế, thiếu sót nên em vẫn chưa hoàn thành đề tài một cách tốt nhất. Em rất mong muốn nhận được sự chỉ bảo, sửa chữa, đóng góp ý kiến của các thầy cô, bạn bè trong lớp để em có thể hoàn thành đề tài tốt hơn, 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, bạn bè trong lớp đã giúp đỡ em rất nhiều.

Em xin chân thành cảm ơn!

Hải Phòng, ngày .....tháng .....năm 2020.

Sinh viên thực hiện

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Thân Ngọc Hoàn, Nguyễn Trọng Thắng (2016). ***Nguyên lý hoạt động của máy điện***. Nhà xuất bản Xây dựng.

2. Nguyễn Trọng Thắng (2006). ***Máy điện đặc biệt***. Nhà xuất bản TP Hồ Chí Minh.

3. Thân Ngọc Hoàn, Nguyễn Tiến Ban (2007). ***Điều khiển tự động các hệ thống truyền động điện***. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.