

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



ISO 9001:2015

SO SÁNH MÁY PMSM VÀ BLDC BÀN VỀ ĐIỀU KHIỂN TRỰC TIẾP MÔ MEN CÁC ĐỘNG CƠ NÀY

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

HẢI PHÒNG - 2018

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



ISO 9001:2015

SO SÁNH MÁY PMSM VÀ BLDC BÀN VỀ ĐIỀU KHIỂN TRỰC TIẾP MÔ MEN CÁC ĐỘNG CƠ NÀY

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

Sinh viên: Nguyễn Đăng Phương

Người hướng dẫn: GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn

HẢI PHÒNG - 2018

Cộng hoà xã hội chủ nghĩa Việt Nam

Độc lập – Tự Do – Hạnh Phúc

-----o0o-----

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Sinh viên : Nguyễn Đăng Phương – MSV : 1412101005

Lớp : ĐC1802- Ngành Điện Tự Động Công Nghiệp

Tên đề tài : So sánh máy PMSM và BLDC bàn về điều khiển trực tiếp mô men các động cơ này

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Địa điểm thực tập tốt nghiệp.....:

CÁC CÁN BỘ HƯỚNG DẪN ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Người hướng dẫn thứ nhất:

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

Người hướng dẫn thứ hai:

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

Đề tài tốt nghiệp được giao ngày tháng năm 2018.

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

Đã nhận nhiệm vụ Đ.T.T.N
Sinh viên

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

Nguyễn Đăng Phương

GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn

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

HIỆU TRƯỞNG

GS.TS. NGUYỄN TRẦN HỮU NGHỊ

PHẦN NHẬN XÉT TÓM TẮT CỦA CÁN BỘ HƯỚNG DẪN

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

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

2. Đánh giá chất lượng của Đ.T.T.N (so với nội dung yêu cầu đã đề ra trong nhiệm vụ Đ.T.T.N, trên các mặt lý luận thực tiễn, tính toán giá trị sử dụng, chất lượng các bản vẽ..)

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

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

Ngày.....tháng.....năm 2018

Cán bộ hướng dẫn chính

(Ký và ghi rõ họ tên)

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

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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

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

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU

..... 1

Chương 1. GIỚI THIỆU ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ NAM CHÂM VĨNH CỬU (PMSM)

..... 21

.1.Cấu tạo

..... 21

.2. Nguyên lý hoạt động của động cơ PMSM

..... 61

.3. Tính chất của động cơ PMSM

Điều khiển tốc độ động cơ PMSM

..... 10

1.5. Bộ điều chỉnh PWM

..... 13

Chương 2.GIỚI THIỆU ĐỘNG CƠ KHÔNG CHỔI THAN DÒNG 1 CHIỀU (BLDC)

..... 14

2.1. Giới thiệu về động cơ BLDC

..... 14

2.2. Cấu tạo động cơ BLDC

..... 16

2.3. Nguyên lí hoạt động của động cơ BLDC

..... 28

2.4. Các hệ truyền động điện dùng động cơ BLDC

..... 28

2.5. Một số đặc điểm về điện của động cơ BLDC

.....	30
2.6. Các phương pháp điều khiển động cơ BLDC	
.....	32
Chương 3. SO SÁNH MÁY PMSM VÀ BLDC BÀN VỀ ĐIỀU KHIỂN	
TRỰC TIẾP MÔ MEN CÁC ĐỘNG CƠ NÀY	
.....	41
3.1. Giới thiệu	
.....	41
3.2. So sánh PMSM và BLDCM	
.....	42
3.3. Công nghệ động cơ không chổi than DC	
.....	47
3.4. Điều khiển trực tiếp mô men động cơ PMSM	
.....	50
3.5. Đóng góp	
.....	52
3.6. Kết luận	
.....	53
KẾT LUẬN	
.....	54
TÀI LIỆU THAM KHẢO	55

LỜI NÓI ĐẦU

Ngày nay, nền kinh tế của nước ta đang trên đà phát triển mạnh mẽ, đời sống của người dân ngày càng nâng cao. Nhu cầu sử dụng điện năng trong đời sống sinh hoạt cũng như trong các ngành công nghiệp, nông nghiệp và dịch vụ là tăng không ngừng. Đây là cơ hội nhưng cũng là thách thức cho ngành điện với việc phát triển điện năng, phục vụ nhu cầu của xã hội. Sau thời gian học tập tại trường, được sự chỉ bảo hướng dẫn nhiệt tình của thầy cô giáo trong ngành Điện tự động công nghiệp trường Đại học Dân lập Hải Phòng, em đã kết thúc khoá học và đã tích lũy được vốn kiến thức nhất định. Được sự đồng ý của nhà trường và thầy cô giáo trong khoa em được giao đề tài tốt nghiệp: **“So sánh máy PMSM và BLDC bàn về điều khiển trực tiếp mô men các động cơ này”**. Đồ án tốt nghiệp của em gồm ba chương:

Chương 1: Giới thiệu động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu (PMSM).

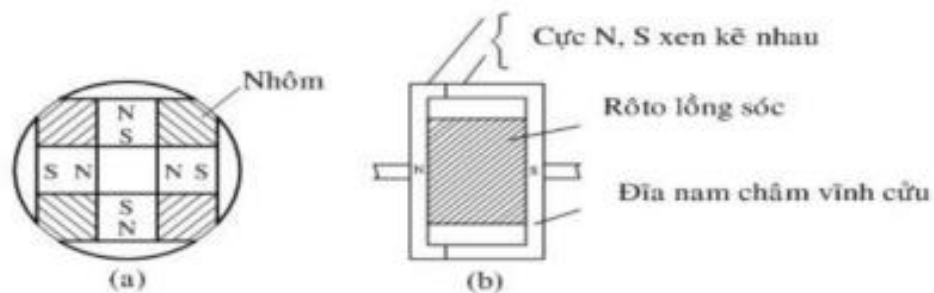
Chương 2: Giới thiệu động cơ không chổi than dòng 1 chiều (BLDC).

Chương 3: So sánh máy PMSM và BLDC bàn về điều khiển trực tiếp mô men các động cơ này.

CHƯƠNG 1.

GIỚI THIỆU ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ NAM CHÂM VĨNH CỬU (PMSM)

1.1. CẤU TẠO



Hình 1.1 Cấu tạo động cơ nam châm vĩnh cửu

Ở loại động cơ này cực từ tạo bởi nam châm vĩnh cửu bằng hợp kim đặc biệt có độ từ dư rất lớn ($0,5 \div 1,5 T$). Cực từ có dạng cực lõi và đặt ở rôto khoảng cách giữa các cực có đồ nhôm kín và toàn bộ rôto là một khối trụ. Nếu dùng làm động cơ điện thì cần đặt dây quấn mở máy kiểu lồng sóc. Vì khó gia công rãnh trên hợp kim nam châm nên thường chế tạo lồng sóc như động cơ không đồng bộ và đặt hai đĩa nam châm ở hai đầu. Với kết cấu như vậy sẽ tốn vật liệu hơn và thường chế tạo với công suất : $30 \div 40 W$. Trong trường hợp dùng như máy phát không có dây quấn mở máy, công suất có thể lên tới $5 \div 10 KW$ đôi khi đến $100KW$. Động cơ đồng bộ nói chung, động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu nói riêng là những máy điện xoay chiều có phần cảm đặt ở rôto và phần ứng là hệ dây quấn 3 pha đặt ở stator. Với động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu thì phần cảm được kích thích bằng những phiến nam châm bố trí trên bề mặt hoặc dưới bề mặt rôto. Các thanh nam châm thường được làm bằng đất hiếm

ví dụ như samariu - cobalt ($\text{SmCO 5} - \text{SmCO 17}$) hoặc Neodymium – ion – boron (NdFeb) là các nam châm có suất năng lượng cao và tránh được hiệu ứng khử từ thường được gắn trên bề mặt hoặc bên trong của lõi thép roto để đạt được độ bền cơ khí cao, nhất là khi tốc độ làm việc cao thì khe hở giữa các thanh nam châm có thể đắp bằng vật liệu dẫn từ sau đó bọc bằng vật liệu có độ bền cao, ví dụ như sợi thủy tinh hoặc bắt bulon lên các thanh nam châm. Ngoài ra còn có nam châm gốm có độ bền cao. Vì rotor không cần nguồn kích thích nên động cơ loại này có thể hoạt động mạnh mẽ và đáng tin cậy hơn. Những động cơ này có công suất từ 100w đến 100kw. Momen tối đa của máy được thiết kế không vượt quá 150% momen định mức. Nếu máy hoạt động quá momen max thì sẽ mất tính đồng bộ và sẽ hoạt động như một động cơ cảm ứng hoặc ngưng hoạt động. Những động cơ này đa số là khởi động trực tiếp. Công suất và hệ số công suất của mỗi động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu thường tốt hơn 5 đến 10 lần động cơ từ trở tương ứng.

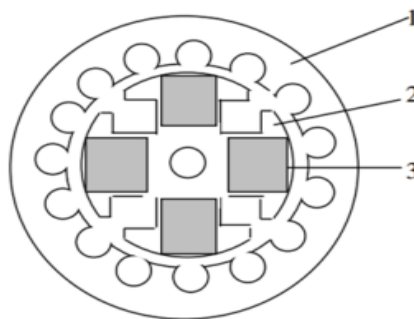
*** Ưu điểm** Động cơ không có chổi than hoặc vành trượt trên rotor thì không sinh ra tia lửa điện khi hoạt động, lúc này công việc bảo dưỡng chổi than được bãi trừ. Những động cơ này có thể kéo vào đồng bộ các tải có mức quán tính lớn hơn quán tính rotor của chúng nhiều lần. Theo kết cấu của động cơ ta có thể chia động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu thành 2 loại: Động cơ cực ẩn và động cơ cực lộ mà ta xét dưới đây có thể thấy rõ đặc điểm cấu tạo của từng loại máy này.

1.1.1. Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu cực lộ.

Cấu tạo gồm 2 phần chính là roto và stato: * Stato của máy điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu gồm hai bộ phận chính là lõi thép và dây quấn ngoài ra còn có vỏ máy và nắp máy. Lõi thép stato gồm các lá thép kỹ thuật điện (tôn silic dày 0,5mm) 2 mặt được phủ lớp sơn cách điện được dập rãnh bên trong sau đó được ghép lại với nhau tạo thành những hình trụ rỗng, bên mặt trong

tạo thành các rãnh theo hướng trục để đặt dây quấn . Dọc chiều dài của lõi thép stator cứ cách khoảng 3 -6 cm lại có một khoảng thông gió ngang trục rộng 10mm. Lõi thép stato được đặt cố định trong thân máy . Thân máy phải được thiết kế sao cho hình thành một hệ thống thông gió làm mát máy tốt nhất. Nắp máy thường được chế tạo bằng gang đúc, thép tấm hoặc nhôm đúc.

Dây quấn stator thường được chế tạo bằng đồng có tiết diện hình tròn hoặc chữ nhật, bề mặt được phủ một lớp cách điện, được quấn thành từng bó và lồng vào các rãnh của lõi thép stator, được đấu nối theo qui luật nhất định tạo thành sơ đồ hình sao hoặc tam giác. * Roto máy điện cực lõi thường có tốc độ quay thấp nên đường kính roto có thể lớn trong khi chiều dài lại nhỏ. Roto thường là đĩa nhôm hay nhựa trọng lượng nhẹ có độ bền cao. Các nam châm được gắn chìm trong đĩa này . Các loại máy này thường được gọi là máy từ trường hướng trục. Loại này thường được sử dụng trong kỹ thuật robot.



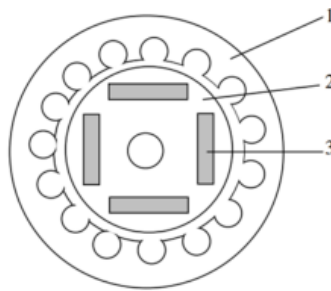
Hình 1.2. Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu cực lõi

1.1.2. Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu cực ẩn.

* Stator động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu cực ẩn tương tự như động cơ cực lõi

* Roto của máy điện cực ẩn thường làm bằng thép hợp kim chất lượng cao, được rèn bằng khối trụ sau đó gia công phay rãnh để đặt các thanh nam châm.

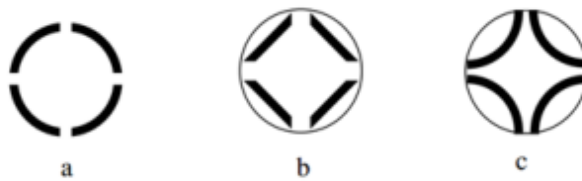
Khi các thanh nam châm ẩn trong rô-tô thì có thể đạt được cấu trúc cơ học bền vững hơn. Kiểu này thường được sử dụng trong các động cơ cao tốc. Tốc độ loại này thường cao nên để hạn chế lực ly tâm rô-tô thường có dạng hình tròn với tỷ số “chiều dài/ đường kính” lớn. Máy này được gọi là máy từ trường hướng kính, nó thường được sử dụng trong các máy công cụ. Tuy nhiên với cấu trúc nam châm vĩnh cửu chìm, máy không thể được gọi là khe hở không khí đều. Trong trường hợp này các thanh nam châm được lắp bên trong lõi thép rô-tô về mặt vật lý coi là không có sự thay đổi nào của hình học bề mặt nam châm. Mỗi nam châm được bọc bởi một mảnh cực thép nên nó làm mạch từ của máy thay đổi khá mạnh, vì do các mảnh cực thép này tạo ra các đường dẫn từ sao cho từ thông cắt ngang các cực này và cả không gian vuông góc với từ thông nam châm. Do đó hiệu ứng cực lõi là rõ ràng và nó làm thay đổi cơ chế sản sinh momen của máy điện.



Hình 1.3 Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu cực ẩn

Với yêu cầu của truyền động servo và truyền động phải êm, do đó cần phải hạn chế momen răng và momen đập mạch do các sóng hài không gian và thời gian sinh ra. Để đạt được điều này người ta thường tạo hình cho các nam châm, uốn nam châm lượn chéo theo trục rô-tô, uốn rãnh và dây quấn stator kết hợp với tính toán số răng và kích thước của nam châm. Kỹ thuật tạo ra các rô-tô xiên là khá đắt tiền và phức tạp. Trong điều kiện bình thường của truyền động servo, nếu momen điều hòa răng cỡ 2% momen định mức thì có thể coi là chấp nhận được. Tuy nhiên có thể hạn chế được đa số các momen

điều hòa rằng trong truyền động động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu cấp từ bộ biến đổi bằng cách sử dụng bộ biến đổi chất lượng cao và các bộ điều khiển có chứa các phần tử đo chính xác các thông số hoạt động như tốc độ, vị trí của động cơ. Trong các máy điện nam châm vĩnh cửu kinh điển, trên stator có các răng, ngày nay ta có thể chế tạo stato không răng. Trong trường hợp này dây quấn stato được chế tạo từ bên ngoài sau đó được lồng vào và định vị trong stato. Máy điện như vậy sẽ không đập mạch ở chế độ thấp và tổn thất sẽ giảm, tăng được không gian hơn cho dây quấn stato nên có thể sử dụng dây quấn tiết diện lớn hơn và tăng dòng định mức của máy điện do đó tăng được công suất của máy. Nhưng khe hở không khí lớn gây bất lợi cho từ thông khe hở nên phải chế tạo roto có đường kính lớn hơn và có bề mặt nam châm lớn hơn. Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu có nhiều kiểu roto khác nhau. Dưới đây là 3 kiểu thường gặp trong thực tế:



Hình 1.4 Các kiểu rotor máy điện đồng bộ cực ẩn

1.2. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ PMSM

PMSM là động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu do đó hoạt động của nó như sau: khi cấp 3 dòng điện hình sin vào 3 cuộn dây stator sẽ xuất hiện từ trường quay với tốc độ $n_{tt} = 60f/p$, trong đó f - tần số biến thiên của dòng điện, p - số đôi cực.

Do từ trường của nam châm vĩnh cửu là từ trường không đổi không quay, sự tác động giữa từ trường quay với từ trường không đổi tạo mô men dao động, giá trị trung bình của mô men này có giá trị 0. Để máy điện có thể làm việc được phải quay nam châm vĩnh cửu tới tốc độ bằng tốc độ từ

trường, lúc này mô men trung bình của động cơ sẽ khác 0.

Việc đưa nam châm vĩnh cửu tới tốc độ từ trường là phương pháp khởi động động cơ đồng bộ thường mà ta đã nghiên cứu trước đây. Do đó khởi động bằng máy lai ngoài, phương pháp này đắt tiền, công kênh nên rất ít khi sử dụng. Phương pháp hay dùng nhất đó là phương pháp khởi động dị bộ.

Lúc này mới đặt tải lên động cơ. Như vậy máy đồng bộ nam châm vĩnh cửu có nam châm quay đồng bộ với từ trường quay, hoặc quay với tốc độ đồng bộ.

1.3. TÍNH CHẤT CỦA ĐỘNG CƠ PMSM

1.3.1. Mô hình toán của PMSM.

Stator của động cơ đồng bộ có cuộn dây kích từ ở rotor giống nhau. Nam châm vĩnh cửu được sử dụng trong PMSM là biến thể của đất hiếm hiện đại với điện trở suất lớn nên dòng cảm ứng rotor có thể bỏ qua. Hơn nữa không có sự khác biệt sức phản điện động cảm ứng bởi nam châm vĩnh cửu và sức điện động cảm ứng bởi từ trường do dòng kích từ tạo ra. Vì vậy mô hình toán của PMSM giống như của loại động cơ đồng bộ thường có cuộn kích từ ở rotor. Để xây dựng máy động bộ nam châm vĩnh cửu ta giả thiết như sau:-

Bỏ qua bão hòa, nó có thể lưu ý đến khi tính sự thay đổi tham số - Sức

từ động là hình sin - Dòng phụ cơ và hiện tượng từ trễ bỏ qua - Không có

dòng kích từ động - Không có thanh dẫn dạng lồng sóc ở rô to Với các giả

thiết đó phương trình stator của hệ trục d,q gắn vào rotor của PMSM như

sau: $u_d = r i_d + p \Psi_d - \omega_s \Psi_q$ (1.4) $u_q = r i_q + p \Psi_q + \omega_s \Psi_d$ (1.5) $\Psi_d =$

$L_d i_d + \Psi_{af}$ (1.6) $\Psi_q = L_q i_q$ (1.7) Trong đó Ψ_d, Ψ_q là từ thông móc vòng

trục d, trục q; u_d và u_q là điện áp ở trục d và q; i_d, i_q là dòng stator ở trục d, q;

L_d, L_q là cảm ứng từ cuộn stator ở trục d, q; r và ω_s là điện trở cuộn dây và tần

số bộ biến tần; Ψ_{af} từ thông nam châm vĩnh cửu móc vòng với stator. Mô

men điện từ có dạng: $M_e = 3/2 [\Psi_{af} i_q (L_d - L_q) i_d i_q]$ (1.8) Và phương

trình động năng như sau: $M_e = M_L + B\omega_r Jp\omega_r$ (1.9) Ở đây :q – số đôi

cực, M_L – momen tải, B – hệ số ma sát, ω_r – tốc độ rotor, J – mô men quán

tính. Tần số bộ biến tần quan hệ với tốc độ rotor như sau: $\omega_s = q\omega_r$

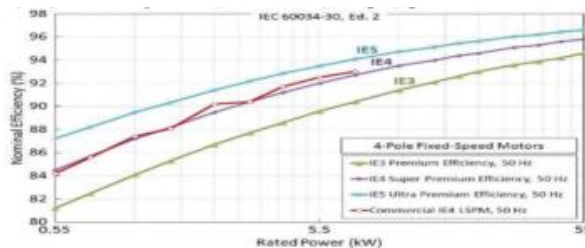
(1.10) Mô hình máy điện là phi tuyến vì nó chứa tích các biểu thức chứa tích các biến trạng thái ω_r, i_d, i_q . Tổng công suất vào cho máy điện biểu diễn

qua các biến a, b, c như sau:

$P = u_a i_a + u_b i_b + u_c i_c$ (1.11) Và biểu diễn qua biến d, q như sau: $P = (u_d$

$i_d + u_q i_q)$ (1.12)

1.3.2. So sánh giữa động cơ không đồng bộ và động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu.



Type equation here.

Hình 1.5 Mức hiệu suất của động cơ PMSM

Hiệu suất: Các tiêu chuẩn về hiệu suất cho thấy càng về sau hiệu suất của động cơ càng được nâng cao hơn rất nhiều, hiệu suất của động cơ trong thời gian tới đây có thể đạt mức IE5 việc này sẽ rất khó khăn cho vật liệu cũng như công nghệ chế tạo động cơ không đồng bộ(IM). Do đó để thực hiện được ở mức hiệu suất như trên đòi hỏi phải chuyển đổi sang một dạng công nghệ mới, ví dụ như động cơ PMSM. Động cơ điện hiệu suất cao có thể dẫn đến giảm đáng kể năng lượng tiêu thụ và đồng thời giảm tác động đến môi trường thúc đẩy các tiêu chuẩn quốc tế mới. Các tiêu chuẩn phân loại hiệu suất động cơ mới lên tới IE5 kể cả đối với động cơ khởi động trực tiếp với lưới điện và động cơ kết hợp với bộ biến đổi công suất. Động cơ PMSM đã chứng tỏ hiệu suất cao hơn đáng kể so với động cơ IM, đặc biệt ở dải công suất thấp. Ngoài

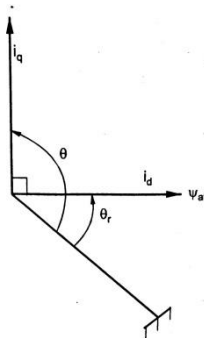
ra, hệ số công suất cũng cao hơn và nhiệt độ làm việc mát hơn. Động cơ PMSM là động cơ lai với dây quấn ba pha phân bố trong các rãnh stator tương tự với dây quấn động cơ IM, có rotor với lồng sóc nhôm và nam châm vĩnh cửu gắn bên trong. Tuy nhiên có thể khởi động và tăng tốc trực tiếp khi nối với lưới điện mà không cần đến bộ điều khiển. Động cơ PMSM có mômen cao, làm việc với tốc độ đồng bộ cố định và phù hợp với các phụ tải có mômen quán tính thấp. Do không có tổn thất nhiệt trên lồng sóc nhôm (trong khi đó thành phần này chiếm khoảng 20% tổng tổn thất của động cơ IM), ngoài ra tổn thất đồng trên dây quấn stator chiếm phần lượng lớn nhất trong tổng tổn thất của động cơ. Thành phần tổn thất này trong động cơ PMSM cũng được giảm đáng kể so với động cơ IM do giảm được dòng điện từ hóa của động cơ, giảm được dòng điện đầu vào của động cơ trên cơ sở nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$, nâng cao được hiệu suất so với động cơ IM có hiệu suất IE3 và có khả năng đạt đến hiệu suất IE5. Hệ số $\cos\varphi$: Hệ số $\cos\varphi$ của động cơ IM thấp dẫn đến giảm khả năng phân phối công suất của hệ thống điện. Điều này dẫn đến tăng các tổn thất trên đường dây truyền tải điện. Hệ số $\cos\varphi$ thấp cũng gây ra tổn thất phụ trong động cơ IM. Bên cạnh đó khách hàng phải trả thêm phụ phí để nâng cao hệ số $\cos\varphi$ nếu hệ số $\cos\varphi$ của họ thấp hơn tiêu chuẩn cho phép. Ngược lại động cơ PMSM có thể duy trì hệ số $\cos\varphi$ cao thậm chí xấp xỉ 1 với dải công suất làm việc rộng. Momen và tỉ lệ công suất trên đơn vị thể tích: Do động cơ PMSM có sử dụng nam châm, nên nói chung tỉ lệ công suất trên đơn vị thể tích và khả năng sinh mômen lớn hơn so với động cơ IM. Nhiệt độ động cơ: Nhiệt độ trong động cơ bị ảnh hưởng do tổn thất và tốc độ quay. Đối với động cơ PMSM do thành phần tổn thất trong rotor không có, nên nhiệt độ của động cơ PMSM thường thấp hơn khoảng 30% so với động cơ IM cùng công suất. Đây là lợi thế rất tốt để bảo vệ nam châm không bị khử từ do nhiệt độ.

1.4. ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ PMSM

PMSM thường được điều khiển véc tơ (FOC) hoặc điều khiển trực tiếp momen (DTC).

1.4.1. Điều khiển véc tơ máy PMSM

Phương trình (1.6), (1.7) được trình bày ở dạng đồ thị hình 1.6. Vì rằng từ thông móc vòng không đổi nên mô men tỉ lệ thuận với dòng ở trục q. Điều đó biểu thị như sau: $M_e = K_t i_q$ Trong đó $K_t = 3/2 p \Psi_{af}$

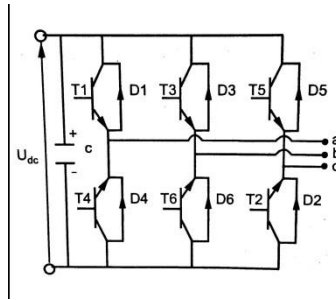


Hình 1.6. Sơ đồ vector của điều khiển vector

Phương trình mô men giống với động cơ một chiều kích từ độc lập và nó hoàn toàn cho phép chuyển PMSM về phương trình tương đương của động cơ một chiều kích từ độc lập. Tương tự có thể hiểu dòng i_d âm là hiện tượng làm yếu từ thông ở khe hở không khí biểu thức (1.6).

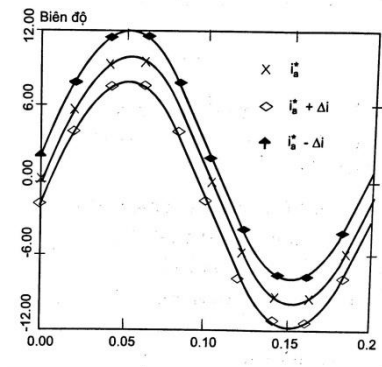
1.4.2. Bộ điều khiển dải trễ.

Trong các phương pháp điều khiển sử dụng ở PMSM cần các bộ điều khiển. Thông thường dùng bộ điều khiển dải trễ và bộ điều khiển PWM. Trước hết trình bày bộ điều khiển dải trễ ở PMSM.



Hình 1.7 Bộ biến tần của PMSM

Mạch công suất điều khiển động cơ PMSM ở hình 1.7. Giả thiết điện áp mạch dòng một chiều lọc tốt. Sáu van T 1 – T 6 được sử dụng điều khiển 3 dòng điện 3 pha stator. Điều khiển như sau: Giá trị tức thời của dòng điện i_a và i_b chạy trong động cơ được đo, từ đây dòng i_c được xác định, điều này loại bỏ sự cần thiết một sensor dòng điện. Giá trị tức thời và giá trị đặt được so sánh với nhau tạo sai số. Để so sánh 2 giá trị dòng điện này sử dụng sơ đồ hình 1.8.



Hình 1.8 Bộ điều khiển dải trễ dòng điện

Tại hình 1.8 biểu diễn giá trị dòng đặt i_a^* . Ngoài ra có 2 đường cong khác là đường cong $(i_a^* + \Delta i)$ và $(i_a^* - \Delta i)$. Δi xác định biên độ giải trễ. Tính chất trên cho phép giá trị tức thời i_a vượt qua hay nhỏ hơn giá trị so sánh một đại lượng Δi . Logic này cho ở bảng 1.1

Bảng 1.1 Logic của bộ điều khiển giải trễ

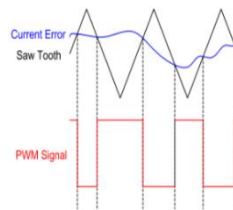
i_a^*	i_a	T_1	T_4	V_{dm}
≥ 0	$i_a \leq (i_a^* - \Delta i)$	On	Off	$+U_{dc}/2$
≥ 0	$i_a \geq (i_a^* + \Delta i)$	Off	Off	$+U_{dc}/2(D_4on)$
< 0	$i_a \geq (i_a^* + \Delta i)$	Off	On	$-U_{dc}/2$
< 0	$i_a \leq (i_a^* - \Delta i)$	Off	Off	$+U_{dc}/2(D_1on)$

Tương tự dùng cho 2 pha còn lại. Khi T_1 mở dòng i_a tăng theo chiều dương nên sẽ dùng pha B hoặc pha C là đường khép kín trở về. Ngay sau khi T_1 chuyển từ mở sang ngắt và khi dòng điện chạy qua máy không thể đạt giá trị zero ngay lập tức thì diot mắc song song với các transistor bổ xung của nó, trong trường hợp này T_4 bắt đầu dẫn dòng pha A, khi điều này xảy ra thì điện áp của pha A chuyển từ $U_{dc}/2$ tới $-U_{dc}/2$. Trường hợp ngược lại khi T_4 chuyển từ mở sang ngắt một quá trình tương tự xảy ra ở pha khác. Lý do để gọi là bộ điều khiển dải trễ là vì sự chuyển điện áp pha xảy ra đã giữ dòng điện trong giải trễ đó, do đó dòng điện pha có dạng gần hình sin. Khi giải trễ càng nhỏ thì dạng dòng điện càng giống hình sin, tuy nhiên giải trễ hẹp lại thì tần số đóng mở các van lớn, điều này bị hạn chế bởi tần số đóng mở các van điện tử công suất. Tần số đóng ngắt tăng làm tăng tổn hao ở bộ biến tần.

1.5. BỘ ĐIỀU CHỈNH PWM

Điều khiển PWM hiện nay được sử dụng rộng rãi. Tần suất chuyển đổi thường được giữ không thay đổi. Chúng dựa trên nguyên tắc so sánh một làn sóng hình tam giác của sự mong muốn tần số chuyển mạch và được so sánh với lỗi của tín hiệu điều khiển. Tín hiệu báo lỗi xuất phát từ tổng của tín hiệu tham chiếu được tạo ra trong bộ điều khiển và âm của dòng động cơ thực tế. So sánh sẽ dẫn đến một tín hiệu điều khiển điện áp đi vào cổng của bộ biến đổi nguồn điện áp để tạo ra đầu ra mong muốn. Sự kiểm soát của nó sẽ đáp ứng theo lỗi. Nếu lệnh lỗi lớn hơn dạng sóng tam giác, thì chân biến tần được

giữ chuyển sang cực dương (bật trên). Khi lỗi lệnh ít hơn các dạng sóng tam giác, biến tần chân được chuyển sang tiêu cực phân cực (chuyển đổi thấp hơn). Điều này sẽ tạo ra một tín hiệu PWM như trong hình 2.7. Biến tần chân bị buộc phải chuyển đổi ở tần số sóng tam giác và tạo ra điện áp đầu ra tỷ lệ thuận với lệnh lỗi hiện tại. Bản chất của dòng sản lượng có kiểm soát bao gồm một sao chép của tham chiếu hiện tại với tần số cao PWM gợn chồng lên nhau.



Hình 1.9 Bộ điều khiển dòng PWM

CHƯƠNG 2.

GIỚI THIỆU ĐỘNG CƠ KHÔNG CHỔI THAN DÒNG MỘT CHIỀU (BLDC)

2.1. GIỚI THIỆU VỀ ĐỘNG CƠ BLDC Động cơ một chiều 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 cá 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 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 hay động cơ dị bộ rõ rệt hơn, đặc biệt là ở các hệ thống truyền động di động sử dụng nguồn điện một chiều độc lập từ ắc quy, pin hay năng lượng mặt trời. Trong đó không thể không nhắc đến là trong các hệ truyền động kéo trên xe điện với công suất từ vài chục đến 100kW. Trong công nghiệp, chúng còn được sử dụng rộng rãi trong các hệ điều khiển servo có công suất dưới 10kW.

Mặc dù được gọi là động cơ một chiều nhưng thực chất động cơ BLDC thuộc loại động cơ xoay chiều đồng bộ sử dụng nam châm vĩnh cửu. Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu là nhóm động cơ xoay chiều đồng bộ (tức là rotor quay cùng tốc độ với từ trường quay) có phần cảm là nam châm vĩnh cửu. Dựa vào dạng sóng sức phản điện động stator của động cơ mà trong nhóm này ta có thể chia thành 2 loại:

- Động cơ (sóng) hình sin

- Động cơ (sóng) hình thang Động cơ BLDC là loại động cơ sóng hình thang, những động cơ còn lại là động cơ sóng hình sin (ta gọi chung với tên là

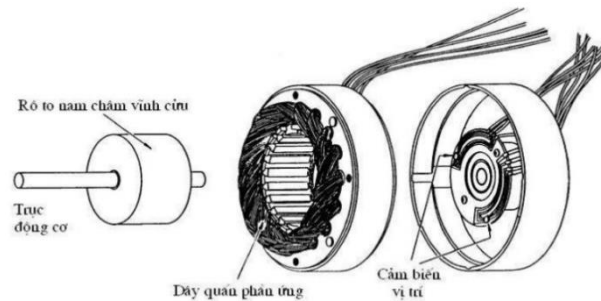
PM – Permanent magnet motor). Chính sức phản điện động có dạng hình thang này mới là yếu tố quyết định để xác định một động cơ BLDC chứ không phải các yếu tố khác như Hall sensor, bộ chuyển mạch điện tử (Electronic Commutator), ..v.v.. như nhiều người vẫn nghĩ. Thay cho sự chuyển mạch dòng phản ứng sử dụng chổi than và cổ góp thì động cơ BLDC sử dụng chuyển mạch điện tử. Điều này loại bỏ được các nhược điểm của cơ cấu chuyển mạch chổi than – cổ góp cơ khí, đó là hiện tượng đánh lửa và mài mòn. Do đó, động cơ BLDC hoạt động tin cậy hơn động cơ một chiều truyền thống và ít phải bảo dưỡng. Do có các cuộn dây phản ứng đặt trên stator nên dễ dàng dẫn nhiệt từ các cuộn dây ra ngoài vỏ, cũng như sử dụng các phương pháp làm mát cưỡng bức khác nếu cần. Vì vậy động cơ BLDC có mật độ công suất lớn hơn động cơ một chiều truyền thống. Động cơ BLDC có nhiều ưu điểm so với động cơ một chiều truyền thống và động cơ không đồng bộ, đó là:

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

2.2. CẤU TẠO ĐỘNG CƠ BLDC.

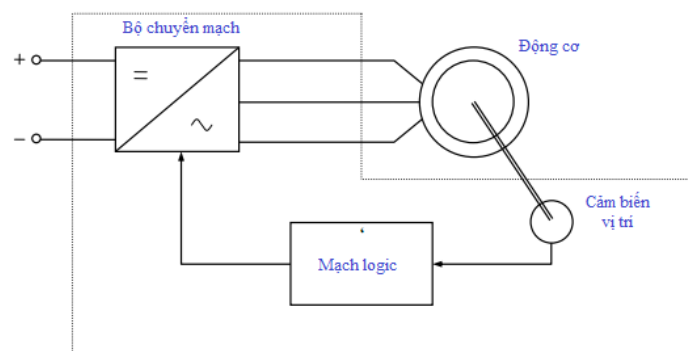
Cấu tạo của động cơ một chiều không chổi than rất giống một loại động cơ xoay chiều đó là động cơ xoay chiều đồng bộ kích thích bằng nam châm vĩnh

cử. Hình 2.1 minh họa cấu tạo của động cơ một chiều không chổi than ba pha điện hình:



Hình 2.1: Các thành phần cơ bản 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 chổi than và cổ góp để chuyển mạch dòng điện cấp cho các cuộn dây phản ứng. Có thể gọi đó là cơ cấu chuyển mạch tĩnh. Để làm được điều đó, phần ứng cũng phải tĩnh. Như vậy về mặt kết cấu có thể thấy rằng động cơ BLDC và động cơ một chiều truyền thống có sự hoán đổi vị trí giữa phần cảm và phần ứng: phần cảm trên roto và phần ứng trên stato.



Hình 2.2: Sơ đồ khối động cơ BLDC

Dây quấn stator tương tự như dây quấn stator của động cơ xoay chiều nhiều pha và rotor bao gồm một hay nhiều nam châm vĩnh cửu. Điểm khác biệt cơ bản của động cơ một chiều không chổi than so với động cơ xoay chiều đồng

bộ là nó kết hợp một vài phương tiện để xác định vị trí của rotor (hay vị trí của cực từ) nhằm tạo ra các tín hiệu điều khiển bộ chuyển mạch điện tử như biểu diễn trên hình 2.2. Từ hình 2.2 ta thấy rằng động cơ một chiều không chổi than chính là sự kết hợp của động cơ xoay chiều đồng bộ kích thích vĩnh cửu và bộ đổi chiều điện tử chuyển mạch theo vị trí rotor. Việc

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

2.2.1. Stator.

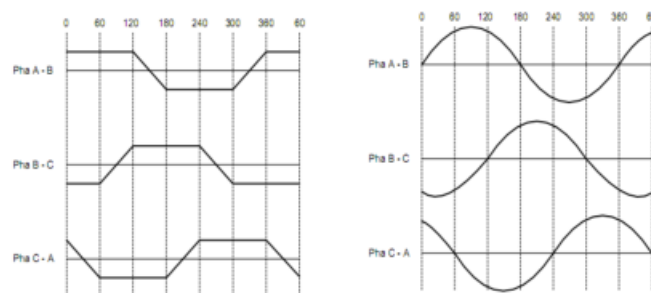
Khác với động cơ một chiều thông thường, stator của động cơ một chiều không chổi than chứa dây quấn phản ứng. Dây quấn phản ứng có thể là hai pha, ba pha hay nhiều pha nhưng thường là dây quấn ba pha (hình 2.3). Dây quấn ba pha có hai sơ đồ nối dây, đó là nối theo hình sao Y hoặc hình tam giác Δ .



Hình 2.3: Stator của động cơ BLDC

Stator của động cơ BLDC được cấu tạo từ các lá thép kỹ thuật điện với các cuộn dây được đặt trong các khe cắt xung quanh chu vi phía trong của stator. Theo truyền thống cấu tạo stator của động cơ BLDC cũng giống như cấu tạo

của các động cơ cảm ứng khác. Tuy nhiên, các bố dây được phân bố theo cách khác. Hầu hết tất cả các động cơ một chiều không chổi than có 3 cuộn dây đấu với nhau theo hình sao hoặc hình tam giác. Mỗi một cuộn dây được cấu tạo bởi một số lượng các bố dây nối liền với nhau. Các bố dây này được đặt trong các khe và chúng được nối liền nhau để tạo nên một cuộn dây. Mỗi một trong các cuộn dây được phân bố trên chu vi của stator theo trình tự thích hợp để tạo nên một số chẵn các cực. Cách bố trí và số rãnh của stator của động cơ khác nhau thì cho chúng ta số cực của động cơ khác nhau. Sự khác nhau trong cách nối liền các bố dây trong cuộn dây stator tạo nên sự khác nhau của hình dáng sức phản điện động. Động cơ BLDC có 2 dạng sức phản điện động là dạng hình sin và dạng hình thang. Cũng chính vì sự khác nhau này mà tên gọi của động cơ cũng khác nhau, đó là động cơ BLDC hình sin và động cơ BLDC hình thang. Dòng điện pha của động cơ tương ứng cũng có dạng hình sin và hình thang. Điều này làm cho momen của động cơ hình sin phẳng hơn nhưng đắt hơn vì phải có thêm các bố dây mắc liên tục. Còn động cơ hình thang thì rẻ hơn nhưng đặc tính momen lại nhấp nhô do sự thay đổi điện áp của sức phản điện động là lớn hơn.



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

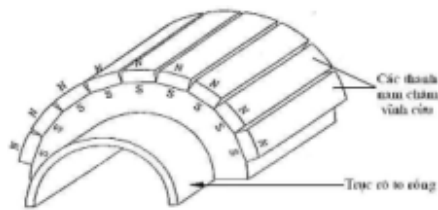
Hình 2.4: Các dạng sức điện động của động cơ BLDC

Động cơ một chiều không chổi than thường có các cấu hình 1 pha, 2 pha và 3 pha. Tương ứng với các loại đó thì stator có số cuộn dây là 1, 2 và 3. Phụ thuộc vào khả năng cấp công suất điều khiển, có thể chọn động cơ theo tỷ

lệ điện áp. Động cơ nhỏ hơn hoặc bằng 48V được dùng trong máy tự động, robot, các chuyển động nhỏ. Các động cơ trên 100V được dùng trong các thiết bị công nghiệp, tự động hóa và các ứng dụng công nghiệp.

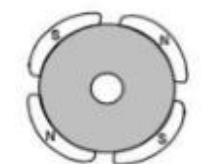
2.2.2. Roto.

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



Hình 2.5: Roto của động cơ BLDC

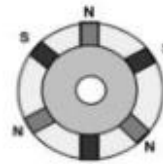
Rotor được cấu tạo từ các nam châm vĩnh cửu. Số lượng đôi cực dao động từ 2 đến 8 với các cực Nam (S) và Bắc (N) xếp xen kẽ nhau. Dựa vào yêu cầu về mật độ từ trường trong rotor, chất liệu nam châm thích hợp được chọn tương ứng. Nam châm Ferrite thường được sử dụng. Khi công nghệ phát triển, nam châm làm từ hợp kim ngày càng phổ biến. Nam châm Ferrite rẻ hơn nhưng mật độ từ thông trên đơn vị thể tích lại thấp. Trong khi đó, vật liệu hợp kim có mật độ từ trên đơn vị thể tích cao và cho phép thu nhỏ kích thước của rotor nhưng vẫn đạt được momen tương tự. Do đó, với cùng thể tích, momen của rotor có nam châm hợp kim luôn lớn hơn rotor nam châm Ferrite.



Rotor lõi tròn với nam châm đặt trên chu vi



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



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

Hình 2.6: Các dạng Rotor của động cơ một chiều không chổi than

Roto 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.

- Roto có nam châm gắn trên bề mặt lõi: các nam châm vĩnh cửu được gắn trên bề mặt lõi roto. 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.

- Roto có nam châm ẩn bên trong lõi: trong lõi roto có các khe dọc trục và các thanh nam châm vĩnh cửu được chèn vào các khe này. Kết cấu này khó khăn trong chế tạo và lắp ráp, đặc biệt là khi công suất lớn, nhưng chắc chắn và được sử dụng trong các ứng dụng tốc độ cao.

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

2.2.3. Cảm biến vị trí rotor.

Như chúng ta đã thấy đổi chiều dòng điện căn cứ vào vị trí của từ thông roto do đó vấn đề xác định vị trí từ thông roto là rất quan trọng. Để xác định vị trí từ thông roto ta dùng các thiết bị cảm biến. Có những thiết bị cảm biến sau:

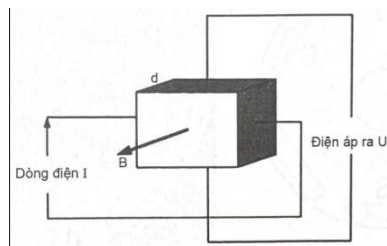
- Cảm biến Hall
- Cảm biến từ trở MR (magnetoresistor sensor)
- Đèn LED hoặc transito quang

2.2.3.1. Cảm biến Hall

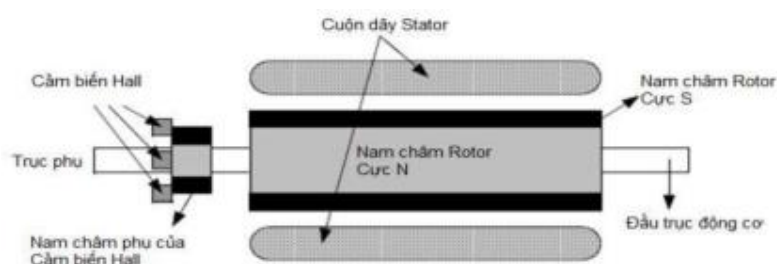
Không giống như động cơ một chiều dùng chổi than, chuyển của động cơ một chiều không chổi than được điều khiển bằng điện tử. Tức là các cuộn dây của stator sẽ được cấp điện nhờ sự chuyển mạch của các van bán dẫn công suất. Để động cơ làm việc, cuộn dây của stator được cấp điện theo thứ tự. Tức là tại một thời điểm thì không ngẫu nhiên cấp điện cho cuộn dây nào cả mà phụ

thuộc vào vị trí của rotor động cơ ở đâu để cấp điện cho đúng. Vì vậy điều quan trọng là cần phải biết vị trí của roto để tiến tới biết được cuộn dây stator tiếp theo nào sẽ được cấp điện theo thứ tự cấp điện. Vị trí của rotor được đo bằng các cảm biến sử dụng hiệu ứng Hall được đặt ẩn trong stator. Hầu hết tất cả các động cơ một chiều không chổi than đều có cảm biến Hall đặt ẩn bên trong stato, ở phần đuôi trục (trục phụ) của động cơ.

Mỗi khi các cực nam châm của rotor đi qua khu vực gần các cảm biến Hall, các cảm biến sẽ gửi ra tín hiệu cao hoặc thấp ứng với khi cực Bắc hoặc cực Nam đi qua cảm biến. Dựa vào tổ hợp của các tín hiệu từ 3 cảm biến Hall, thứ tự chuyển mạch chính xác được xác định. Tín hiệu mà các cảm biến Hall nhận được sẽ dựa trên hiệu ứng Hall. Đó là khi có một dòng điện chạy trong một vật dẫn được đặt trong một từ trường, từ trường sẽ tạo ra một lực nằm ngang lên các điện tích di chuyển trong vật dẫn theo hướng đẩy chúng về một phía của vật dẫn. Số lượng các điện tích bị đẩy về một phía sẽ cân bằng với mức độ ảnh hưởng của từ trường. Điều này dẫn đến xuất hiện một hiệu điện thế giữa 2 mặt của vật dẫn. Sự xuất hiện của hiệu điện thế có khả năng đo được này được gọi là hiệu ứng Hall, lấy tên người tìm ra nó vào năm 1879.



Hình 2.7: Mô hình phân tử cảm biến Hall



Hình 2.8: Động cơ BLDC cấu trúc nằm ngang

Trên hình 2.8 là mặt cắt ngang của động cơ một chiều không chổi than với rotor có các nam châm vĩnh cửu. Cảm biến Hall được đặt trong phần đứng yên của động cơ. Việc đặt cảm biến Hall trong stator là quá trình phức tạp vì bất cứ một sự mất cân đối sẽ dẫn đến việc tạo ra một sai số trong việc xác định vị trí rotor. Để đơn giản quá trình gắn cảm biến lên stator, một vài động cơ có các nam châm phụ của cảm biến Hall được gắn trên rotor, thêm vào so với nam châm chính của rotor. Đây là phiên bản thu nhỏ của nam châm trên rotor. Do đó, mỗi khi rotor quay, các nam châm cảm biến rotor đem lại hiệu ứng tương tự như của nam châm chính. Các cảm biến Hall thông thường được gắn trên mạch in và cố định trên nắp đáy động cơ. Điều này cho phép người dùng có thể điều chỉnh hoàn toàn việc lắp ráp các cảm biến Hall để căn chỉnh với nam châm rotor, đem lại khả năng hoạt động tối đa.

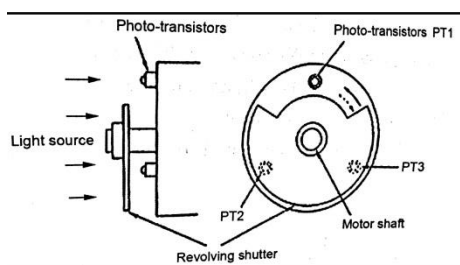
Dựa trên vị trí vật lý của cảm biến Hall, có 2 cách đặt cảm biến. Các cảm biến Hall có thể được đặt dịch pha nhau các góc 60^0 hoặc 120^0 tùy thuộc vào số đôi cực. Dựa vào điều này, các nhà sản xuất động cơ định nghĩa các chu trình chuyển mạch mà cần phải thực hiện trong quá trình điều khiển động cơ. Các cảm biến Hall cần được cấp nguồn. Điện áp cấp có thể từ 4 đến 24V. Yêu cầu dòng từ 5 đến 15mA. Khi thiết kế bộ điều khiển, cần để ý đến đặc điểm kỹ thuật tương ứng của từng loại động cơ để biết được chính xác điện áp và dòng điện của các cảm biến Hall được dùng. Đầu ra của các cảm biến Hall thường là loại open-collector, vì thế, cần 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.

2.2.3.2. Bộ cảm biến từ trở (MR)

Từ thông làm thay đổi điện trở mạch, với phương pháp này có thể phát hiện chính xác từ thông.

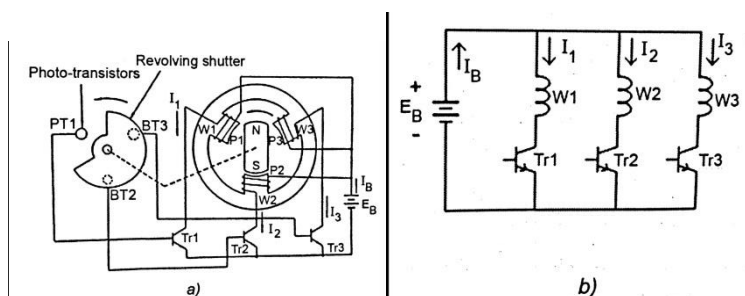
2.2.3.3. Dừng đèn LED transito quang và màn chắn (shutter)

Trên hình 2.9 biểu diễn hệ thống xác định vị trí từ thông dùng transito quang hay màn chắn.



Hình 2.9: Thiết bị cảm biến vị trí rotor dùng quang

Hoạt động của nó như sau, một transistor PT_1 ở trạng thái dẫn thì hai transistor còn lại ở trạng thái tắt (PT_2 và PT_3). Trên hình 2.10 trình bày hoạt động cụ thể của động cơ truyền động BLDC dùng transito quang để phát hiện vị trí từ thông. Trong đó hình 2.10a là sơ đồ nguyên lý, còn hình 2.10b là sơ đồ tương đương.

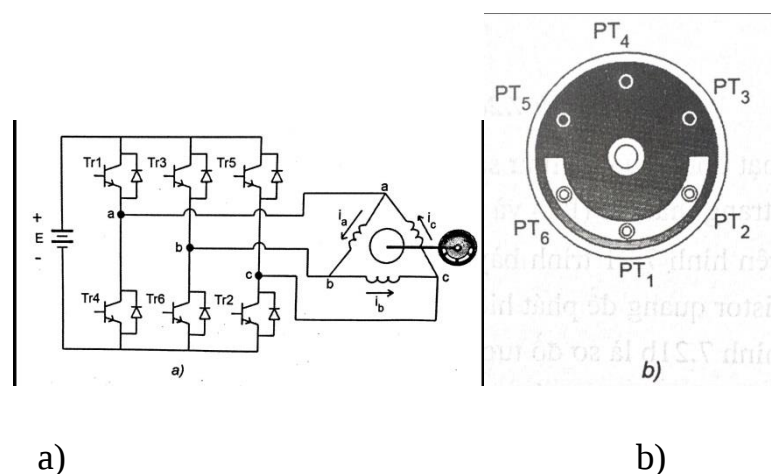


Hình 2.10: Hoạt động của động cơ truyền động BLDC dùng transito quang

Từ hình 2.10a ta thấy ba cuộn dây stato một đầu được nối với nguồn DC, đầu còn lại nối với một transito quang. Phần quang học (PT) của transito này được gắn trên một màn che trong đó diện tích che phủ của màn che chỉ là 240° như vậy tại một thời điểm luôn chỉ có một phân tử quang PT của một transito còn lại không được chiếu sáng. Transito được chiếu sáng sẽ dẫn, hai

transisto còn lại không được chiếu sáng sẽ không dẫn. Hoạt động hệ thống như sau:

- (1) PT_1 được chiếu sáng làm cho Tr_1 dẫn có dòng điện kích từ I_1 chạy qua cuộn W_1 tạo ra nam châm P_1 (cực S) làm roto quay.
- (2) Khi roto quay kéo theo màn chắn, PT_1 bị che, PT_2 được chiếu sáng, Tr_2 dẫn điện có dòng điện kích từ I_2 chạy qua cuộn W_2 tạo ra nam châm P_2 (cực S) làm roto quay.
- (3) Bây giờ PT_3 được chiếu sáng Tr_3 dẫn có dòng điện kích từ I_3 chạy qua cuộn dây W_3 tạo ra nam châm P_3 (cực S) làm roto quay. Chúng ta thấy rằng chu kỳ dẫn mỗi một transisto cũng đồng thời là mỗi cuộn dây là 120° .



Hình 2.11: Sơ đồ nguyên lý của động cơ BLDC điều khiển bằng transisto quang

Trên hình 2.11a là sơ đồ nguyên lý của động cơ BLDC được điều khiển bằng transisto quang. Mạch điện tử công suất gồm 6 transisto mắc thành cầu đối xứng. Ba cuộn dây stato được nối tam giác. Trên roto gắn mạch tạo tín hiệu điều khiển động cơ. Hình 2.11b cách tạo màn chắn và gắn các phân tử quang. Màn chắn có 6 lỗ, ở đó được gắn 6 phân tử quang như vậy mỗi phân tử quang cách nhau một góc 60° . Trạng thái 6 transisto quang tạo ra một bảng đóng ngắt 6 vị trí. Theo nguyên tắc sau: $PT_1 \rightarrow Tr_1$,

$\rightarrow PT_2 \rightarrow Tr_2, \rightarrow PT_3 \rightarrow Tr_3, \rightarrow PT_4 \rightarrow Tr_4, \rightarrow PT_5 \rightarrow Tr_5, \rightarrow PT_6 \rightarrow Tr_6$. Thiết bị đóng ngắt này chia thành 2 bảng đóng ngắt, mỗi bảng là 3 transisto quang theo thứ tự sau: Tr_1, Tr_3, Tr_5 , bảng thứ 2 gồm Tr_2, Tr_4, Tr_6 ứng với cách nối của sơ đồ cầu.

2.2.4. Chuyển mạch dòng điện

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

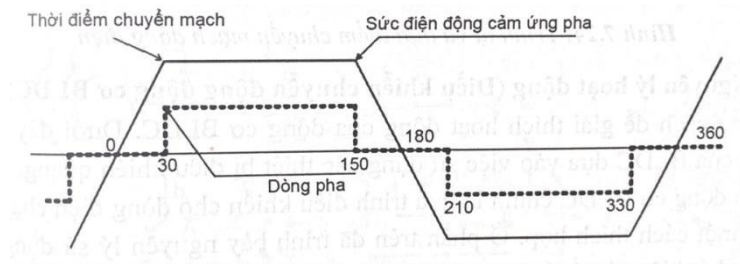
Động cơ BLDC có ba cảm biến Hall được đặt trên stato. Khi các cực của nam châm trên roto chuyển động đến vị trí cảm biến Hall thì đầu ra của cảm biến có mức logic cao hoặc thấp, tùy thuộc vào cực nam châm là N hay S. Dựa vào tổ hợp các tín hiệu logic của ba cảm biến để xác định trình tự và thời điểm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

Thông thường có hai cách bố trí ba cảm biến Hall trên stato là bố trí lệch nhau 60° hoặc 120° trong không gian. Mỗi cách bố trí đó sẽ tạo ra các tổ hợp tín hiệu logic khác nhau khi roto quay.

Trong quá trình hoạt động, tại một 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 roto quay theo.

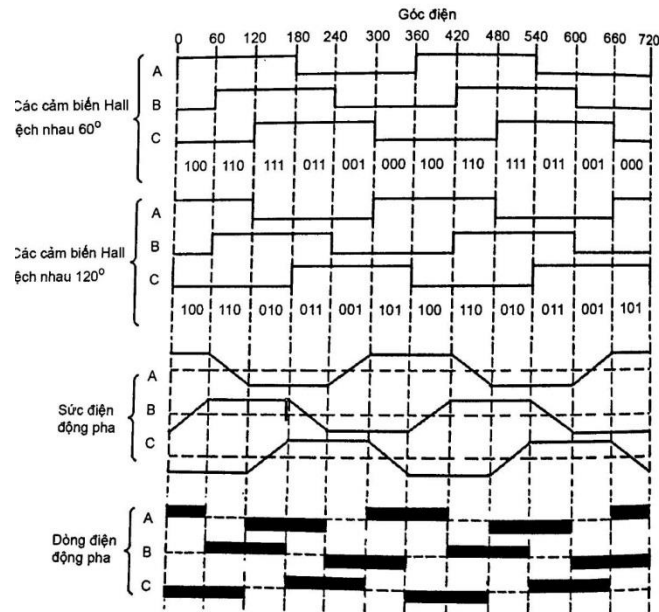
Như vậy, thứ tự chuyển mạch dòng điện giữa các cuộn dây pha phải căn cứ vào chiều quay của roto. Thời điểm chuyển mạch dòng điện từ pha này sang pha khác được xác định sao cho mô men đạt giá trị lớn nhất và đập mạch mô men do quá trình chuyển mạch dòng điện là nhỏ nhất.

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 có giá trị lớn và gây thêm tổn hao trên stato.



Hình 2.12: Sự trùng pha giữa sức điện động cảm ứng và dòng điện

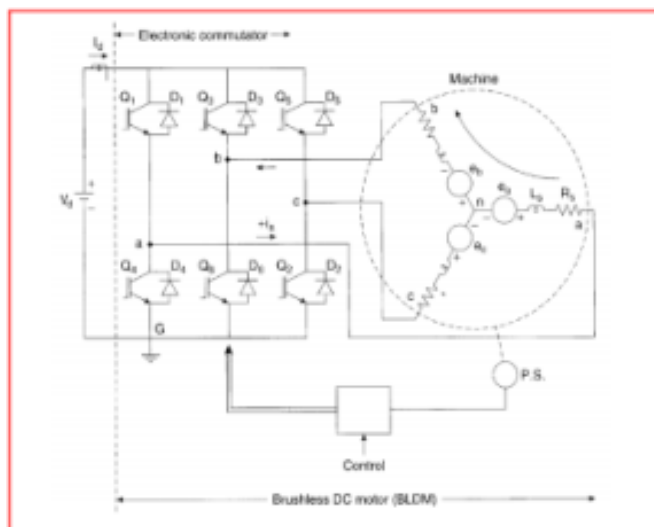
Do có mối liên hệ giữa sức điện động cảm ứng pha và vị trí của roto như mô tả ở phần trên nên việc xác định thời điểm cấp điện cho các cuộn dây còn có thể được thực hiện bằng việc xác định vị trí của roto nhờ các cảm biến vị trí. Trên hình 2.12 biểu diễn trình tự và thời điểm chuyển mạch dòng điện của động cơ BLDC. Quan sát hình trên ta thấy, thời điểm chuyển mạch dòng điện là thời điểm mà một trong ba tín hiệu cảm biến Hall thay đổi mức logic. Cũng từ hình trên thấy rằng trong một chu kỳ 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 động cơ BLDC.



Hình 2.13: Trình tự và thời điểm chuyển mạch dòng điện

2.3. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ BLDC

Có nhiều cách để giải thích hoạt động của động cơ BLDC. Dưới đây trình bày hoạt động của BLDC dựa vào việc sử dụng các thiết bị điều khiển quang. Quá trình điều khiển động cơ BLDC chính là quá trình điều khiển cho dòng điện chạy qua các cuộn dây một cách thích hợp. Ở phần trên đã trình bày nguyên lý sử dụng phân tử quang để phát hiện vị trí roto, ở đây chúng ta bàn đến việc sử dụng loại cảm biến này để điều khiển hoạt động của động cơ.

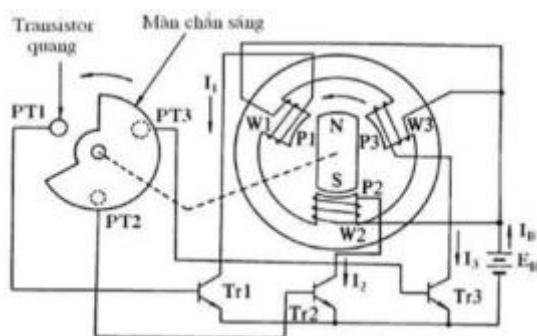


Hình 2.14: Sơ đồ cấp điện cho các cuộn dây stato

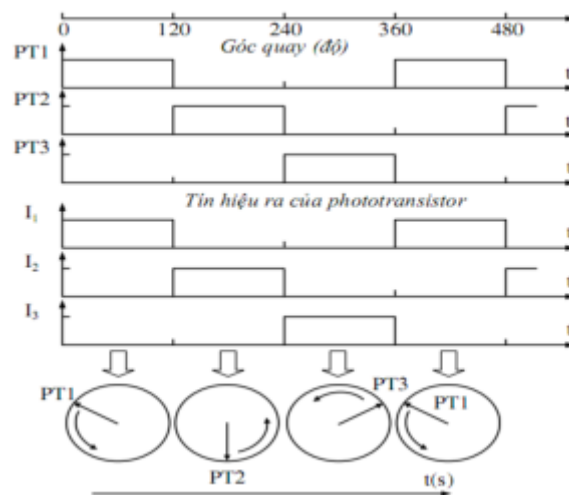
Để động cơ BLDC hoạt động thì cần biết được vị trí chính xác của roto để điều khiển quá trình đóng ngắt các khóa bán dẫn, cấp nguồn cho các cuộn dây stato theo trình tự hợp lý. Mỗi trạng thái chuyển mạch có một trong các cuộn dây (như pha A) được cấp điện dương (dòng đi vào cuộn dây pha A), cuộn dây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

2.4. CÁC HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN DÙNG ĐỘNG CƠ BLDC

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



Hình 2.15: Minh họa nguyên lí làm việc của BLDC truyền động một cực



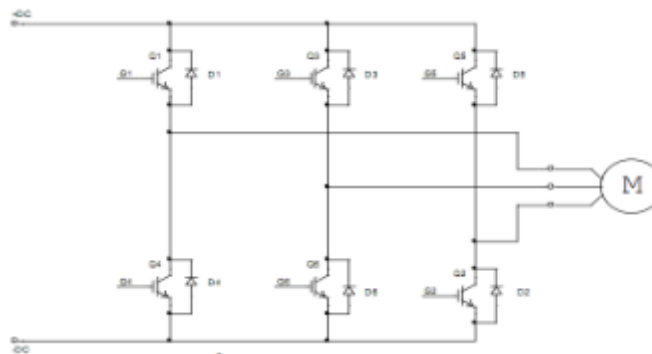
Hình 2.16: Thứ tự chuyển mạch và chiều quay của từ trường stator

Hình 2.10 minh họa một động cơ BLDC ba pha đơn giản, động cơ này sử dụng cảm biến quang học làm bộ phận xác định vị trí rotor. Như biểu diễn trên hình 2.11, cực Bắc của rotor đang ở vị trí đối diện với cực lõi P_2 của stator, phototransistor PT_1 được chiếu sáng, do đó có tín hiệu đưa đến cực gốc (Base) của transistor Tr_1 làm cho Tr_1 mở. Ở trạng thái này, cực Nam được tạo thành ở cực lõi P_1 bởi dòng điện I_1 chảy qua cuộn dây W_1 đã hút cực Bắc của rotor làm cho rotor chuyển động theo hướng mũi tên.

Khi cực Bắc của rotor di chuyển đến vị trí đối diện với cực lõi P_1 của stator, lúc này màn chắn gắn trên trục động cơ sẽ che PT_1 và PT_2 được chiếu sáng, Tr_2 mở, dòng I_2 chảy qua Tr_2 . Khi dòng điện này chảy qua dây quấn W_2 và tạo ra cực Nam trên cực lõi P_2 thì cực Bắc của rotor sẽ quay theo chiều mũi tên đến vị trí đối diện với cực lõi P_2 . Ở thời điểm này, màn chắn sẽ che PT_2 và phototransistor PT_3 được chiếu sáng. Lúc này chiều của dòng điện có chiều từ W_2 sang W_3 . Vì vậy, cực lõi P_2 bị khử kích thích trong khi đó cực lõi P_3 lại được kích hoạt và tạo thành cực lõi. Do đó, cực Bắc của rotor di chuyển từ P_2 sang P_3 mà không dừng lại. Bằng cách lặp lại các chuyển mạch như vậy theo thứ tự cho ở hình 2.16, rotor nam châm vĩnh cửu của động cơ sẽ quay theo chiều xác định một cách liên tục.

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

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



Hình 2.17: Chuyển mạch hai cực tính của động cơ BLDC

Về bản chất chuyển mạch hai cực tính là bộ nghịch lưu độc lập với 6 van chuyển mạch được bố trí trên hình 2.17. Trong đó 6 chuyển mạch là các van công suất, đối với các loại động cơ công suất bé thì các van chuyển mạch có thể dùng van MOSFET còn các loại động cơ công suất lớn thì van chuyển mạch thường dùng van IGBT. Để thực hiện dẫn dòng trong những khoảng mà van không dẫn thì các diode được mắc song song với các van. Để điều khiển các van bán dẫn của chuyển mạch điện tử, bộ điều khiển cần nhận tín hiệu từ cảm biến vị trí rôto để đảm bảo sự thay đổi chiều dòng điện trong dây quấn phần ứng khi rotor quay giống như vành góp chổi than của động cơ một chiều thông thường.

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

2.5.1. Momen điện từ

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

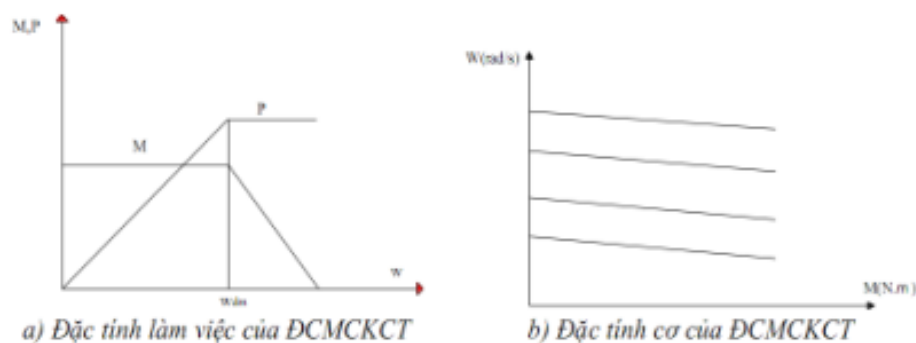
$$T_d = C_{Tdc} \Phi_f I_a = K_{Tdc} I_a \quad (1-1)$$

Trong đó : $C_{Tdc} \Phi_f = K_{Tdc}$ là hằng số momen

Hằng số momen được xác định theo công thức: $C_{Tdc} = C(E_{dc})/2\pi \quad (1-2)$

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

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



Hình 2.18: Đường đặc tính cơ và đặc tính làm việc của động cơ BLDC

Xuất phát từ biểu thức:

$$U = RI + L \frac{dI}{dt} + E \approx E + RI$$

Tính dòng từ biểu thức này được: $I = \frac{U-E}{R}$

$$\frac{U - K\phi\omega}{R}$$

Thay vào biểu thức mô men rồi rút ω ra nhận được: $\omega =$

$$\frac{U}{K\phi} - \frac{R}{(K\phi)^2} M_e$$

Đây là phương trình đặc tính cơ động cơ BLDC và được vẽ ở

hình dưới.

Còn có thể đi tới biểu thức mô men và sđđ của BLDC bằng cách khác như nhau:

Mô men đẩy nam châm thẳng hàng:

$$T_e = \frac{d(L_m)}{d\theta} i_s i_r = i_s \frac{d(L_m i_r)}{d\theta} = i_s \frac{d(\Psi_m)}{d\theta}$$
 Tổng từ thông xác định bằng biểu thức:

$$\Psi_m = [1 - \frac{\theta}{\pi/2}] \Psi_{1max} = (1 - \frac{2\theta}{\pi}) 2N_1 B_g l \pi r_1$$
 Thay vào phương trình mô men nhận

$$\text{được: } T_e = i_s \frac{d(\Psi_m)}{d\theta} = -4N_1 B_g l r_1 i_s = -K\Phi I$$
 Ở đây: i_s – dòng stato, i_r – dòng roto

2.5.3. Sức phản điện động

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

$$EMF = E \approx n l r B \cdot \omega \quad (1-3)$$
 Trong đó: N là số vòng dây trên mỗi pha

l là chiều dài rotor

r là bán kính trong của rotor

B là mật độ từ trường rotor

ω là vận tốc góc của động cơ

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

2.6. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ BLDC

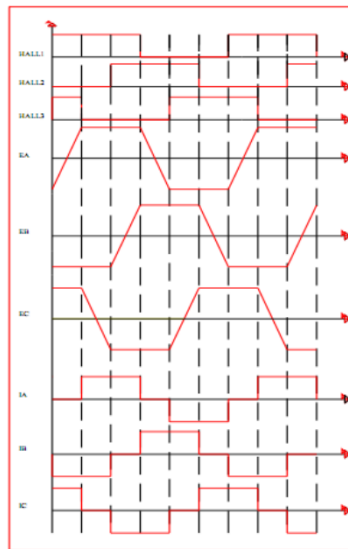
Để điều khiển động cơ BLDC có hai phương pháp chính: phương pháp dùng cảm biến vị trí Hall (hoặc Encoder) và phương pháp điều khiển không cảm biến (sensorless control). Trong đó ta có hai phương pháp điều chế điện áp ra từ bộ điều khiển đó là điện áp dạng sóng hình thang và dạng sóng hình sin. Cả hai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

2.6.1. Phương pháp điều khiển bằng tín hiệu cảm biến Hall-phương pháp 6 bước

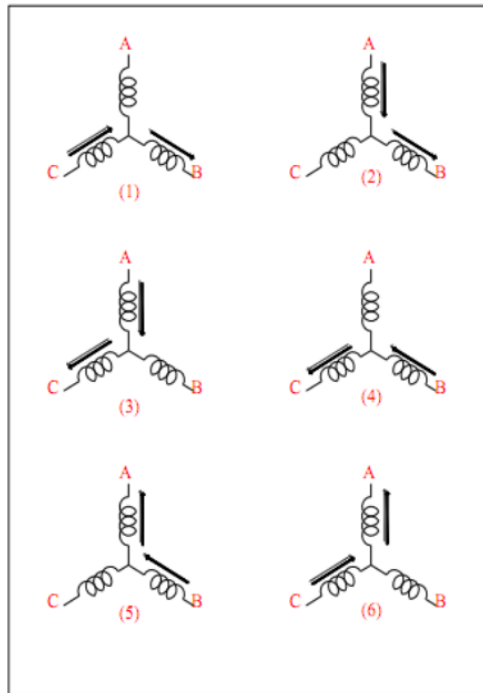
Hình 2.19 là một ví dụ về các tín hiệu của cảm biến Hall tương ứng với sức phản điện động của động cơ và dòng điện pha. Hình 2.20 chỉ ra thứ tự chuyển mạch tương ứng với các cảm biến Hall khi động cơ quay thuận chiều kim đồng hồ. Hình 2.21 là một ví dụ về các tín hiệu của cảm biến Hall tương ứng với sức 25 phản điện động của động cơ và dòng điện pha. Hình 2.22 chỉ ra thứ tự chuyển mạch tương ứng với các cảm biến Hall khi động cơ quay ngược chiều kim đồng hồ.

Cứ mỗi khi quay được 60° điện, một cảm biến Hall lại thay đổi trạng thái. Như vậy, có thể thấy, nó cần 6 bước để hoàn thành một chu kỳ điện. Đồng thời, cứ mỗi 60° điện, chuyển mạch dòng điện pha cần được cập nhật. Tuy nhiên, cũng chú ý là Một chu kỳ điện có thể không tương ứng với một vòng quay của roto về cơ khí. Số lượng chu kỳ điện cần lặp lại để hoàn thành một vòng quay của động cơ được xác định bởi số cặp cực của rotor. Một chu kỳ điện được xác định bởi một cặp cực rotor. Do đó số lượng chu kỳ điện trên một chu kỳ cơ bằng số cặp cực rotor. Không giống như các loại động cơ thông thường như động cơ một chiều và động cơ đồng bộ thì động cơ BLDC có đường sức phản điện động là hình thang còn dòng điện chảy trong các pha

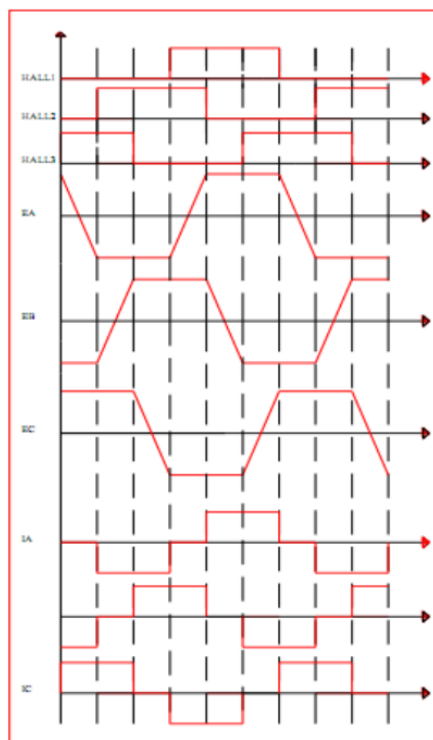
là dạng hình chữ nhật. Đặc tính sức phản điện động của ba cuộn dây lệch nhau $2\pi/3$ do các cuộn dây stator được đặt lệch nhau $2\pi/3$ và góc chuyển mạch của sức phản điện động là $\pi/3$ vì thế trong thời gian này thì không cấp dòng cho cuộn dây stator tương ứng. Căn cứ vào dạng dòng điện của 3 pha của động cơ theo vị trí của cảm biến Hall để xác định được sơ đồ mở van cho bộ nghịch lưu. Do một chu kỳ có 6 lần cảm biến Hall thay đổi vị trí nên sẽ có 6 trạng thái mở van.



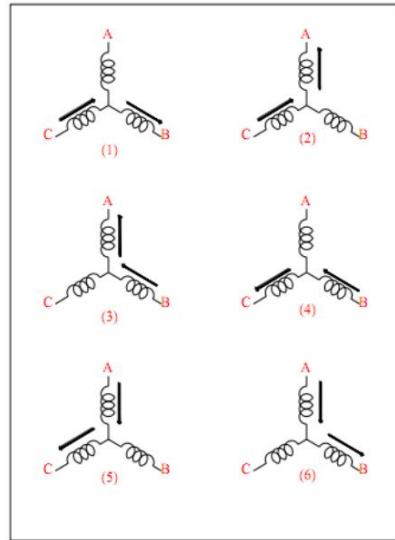
Hình 2.19: Tín hiệu cảm biến Hall, sức phản điện động và dòng điện pha trong chế độ quay thuận chiều kim đồng hồ



Hình 2.20: Thứ tự cấp điện cho các cuộn dây tương ứng với các cảm biến Hall trong chế độ quay thuận chiều kim đồng hồ

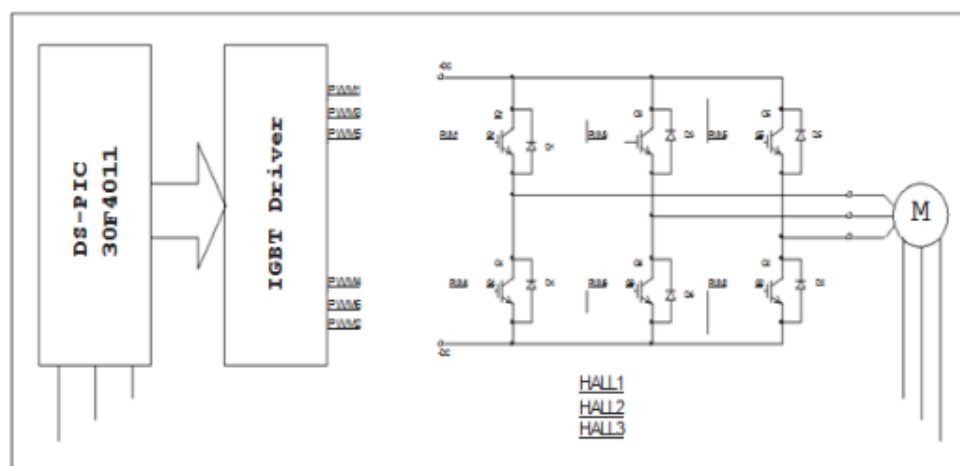


Hình 2.21: Tín hiệu cảm biến Hall, sức phản điện động và dòng điện pha trong chế độ quay ngược chiều kim đồng hồ



Hình 2.22: Thứ tự cấp điện cho các cuộn dây tương ứng với các cảm biến Hall trong chế độ quay ngược chiều kim đồng hồ

Hình 2.23 là sơ đồ khối của hệ điều khiển động cơ một chiều không chổi than. Hệ thống điều khiển có sử dụng vi điều khiển làm bộ điều khiển chính, phát xung PWM cho bộ đệm PWM - IGBT driver. Để phát xung PWM cho bộ đệm thì vi điều khiển phải thực hiện công việc lấy tín hiệu từ cảm biến Hall về và căn cứ vào bảng cảm biến Hall để phát xung mở van đúng theo thứ tự cấp điện.



Hình 2.23: Hệ điều khiển động cơ một chiều không chổi than

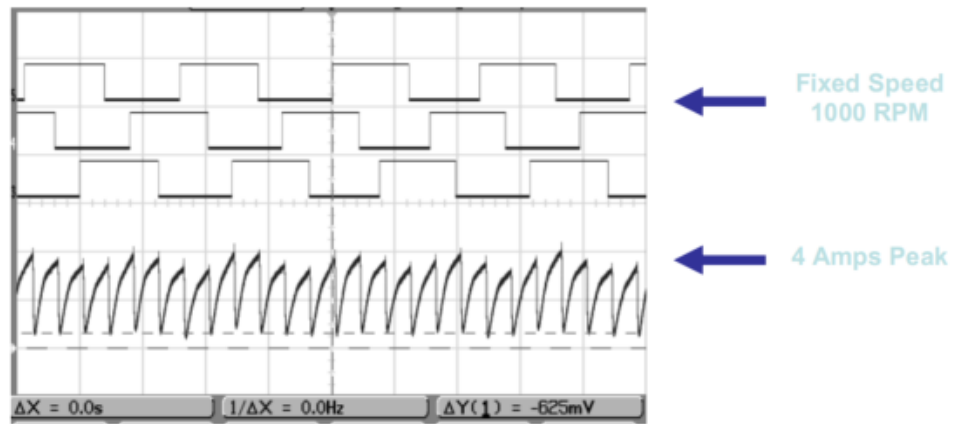
Bảng 2.2 và 2.3 là thứ tự chuyển mạch của các van dựa trên các đầu vào từ các cảm biến Hall A, B, C ứng với chiều quay của động cơ. Trong đó các cảm biến Hall đặt lệch nhau 60^0 .

Bảng 2.2: Thứ tự chuyển mạch khi động cơ quay theo chiều kim đồng hồ

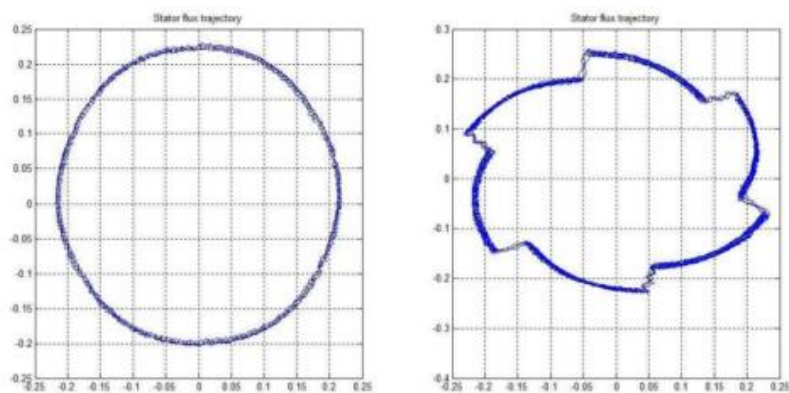
Thứ tự	Đầu vào từ cảm biến Hall			Các tín hiệu PWM		Dòng điện pha		
	A	B	C			A	B	C
1	1	0	1	PWM5(Q5)	PWM6(Q6)	-	-DC	+DC
2	1	0	0	PWM1(Q1)	PWM6(Q6)	+DC	-DC	-
3	1	1	0	PWM1(Q1)	PWM2(Q2)	+DC	-	-DC
4	0	1	0	PWM3(Q3)	PWM2(Q2)	-	+DC	-DC
5	0	1	1	PWM3(Q3)	PWM4(Q4)	-DC	+DC	-
6	0	0	1	PWM5(Q5)	PWM4(Q4)	-DC	-	+DC

Bảng 2.3: Thứ tự chuyển mạch khi động cơ quay ngược chiều kim đồng hồ

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



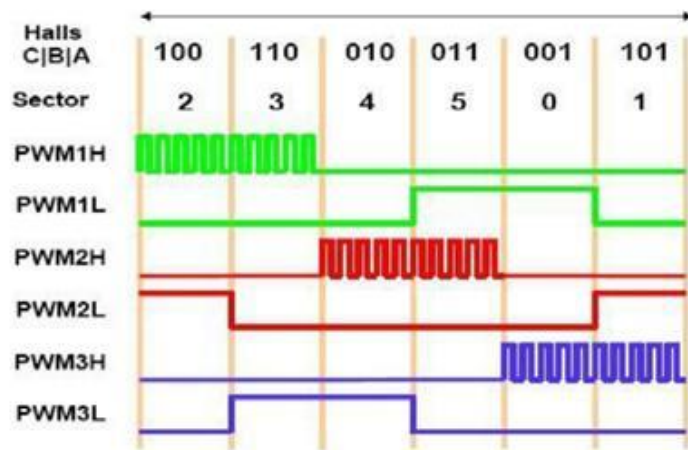
Hình 2.24: Giải đồ Hall sensor và dòng điện ngõ ra tổng



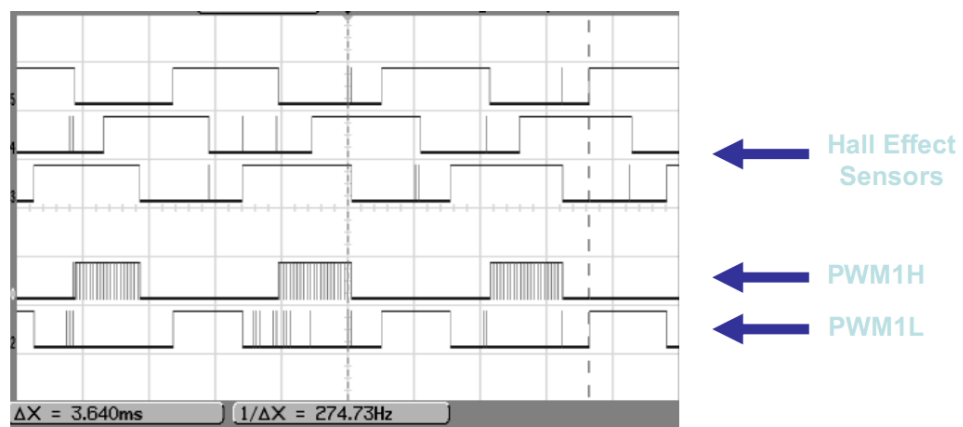
Hình 2.25: Quỹ đạo từ thông stato khi không tải và có tải

2.6.2. Điều khiển bằng phương pháp PWM

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



Hình 2.26:Giản đồ xung điều khiển PWM kênh trên



Hình 2.27: BLDC motor có điều chế PWM 2.6.3.

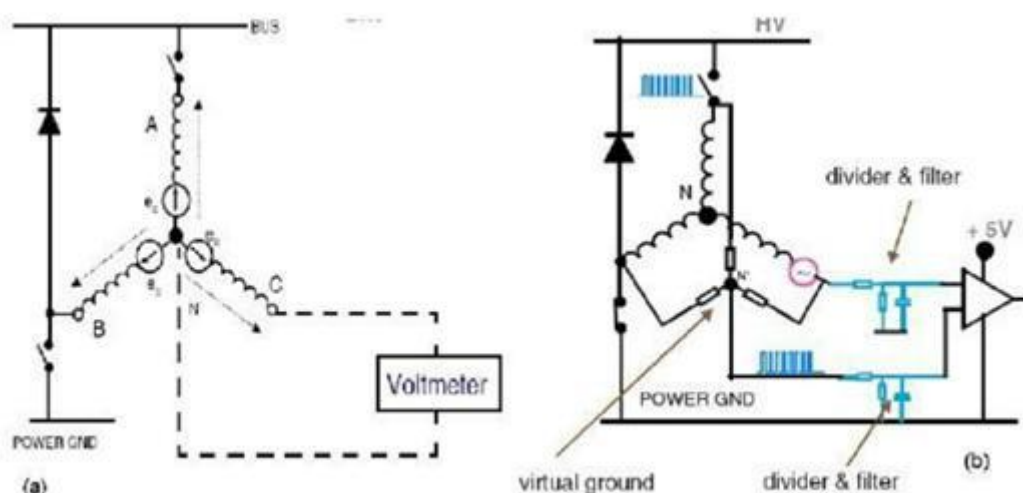
Điều khiển động cơ BLDC không sử dụng cảm biến (sensorless control)

Đây là phương pháp sử dụng các ước lượng từ thông roto để điều khiển các khóa đóng cắt thay cho cảm biến Hall truyền thống. Do đó phương pháp này được gọi là phương pháp điều khiển không cảm biến (sensorless control). Cơ sở chính của điều khiển không cảm biến đối với động cơ BLDC là dựa vào thời điểm qua zezo của sức điện động cảm ứng trên các pha của động cơ. Tuy nhiên phương pháp này chỉ áp dụng được phương pháp điện áp hình thang. Về cơ bản có hai kỹ thuật điều khiển không cảm biến:

- Một là xác định vị trí roto dựa vào sức điện động của động cơ, phương pháp này đơn giản, dễ dàng thực hiện và giá thành rẻ.
- Hai là ước lượng vị trí dùng các tổng số của động cơ, các giá trị điện áp và dòng điện trên động cơ. Phương pháp này tính toán phức tạp, khó điều khiển, giá thành cao.

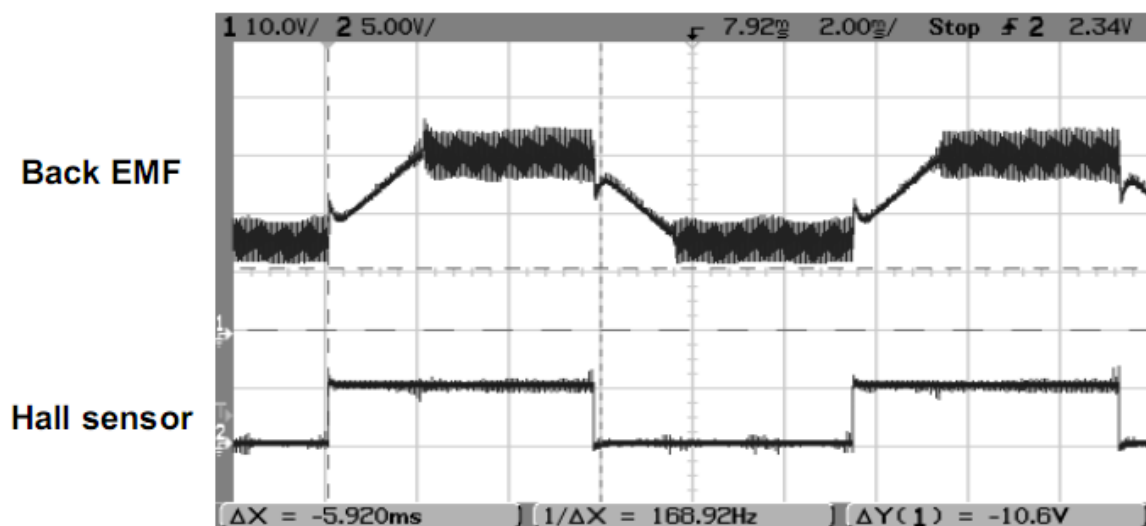
Phương pháp ước lượng vị trí roto dựa vào thời điểm qua zezo của sức điện động đòi chúng ta tạo ra một điểm trung tính để có thể đo và bắt điểm qua zezo của sức điện động. Điểm trung tính có thể là trung tính hoặc trung tính ảo.

Điểm trung tính ảo trên lý thuyết có cùng điện thế với trung tính thật của các cuộn dây đấu hình Y. Tuy nhiên điểm trung tính không phải là điểm cố định. Điện áp của điểm trung tính có thể thay đổi từ 0 đến gần điện áp DC của nguồn. Trong khi điều chế PWM, tín hiệu PWM chồng chất lên điện áp trung tính, gây ra nhiễu rất lớn trên tín hiệu cảm biến, điều này gây trở ngại không cần thiết cho tín hiệu cảm biến.



Hình 2.28: Đo điện áp cảm ứng bằng điểm trung tính

- Điểm trung tính thật
- Điểm trung tính ảo



Hình 2.29: EMF hồi tiếp v/s Hall sensors

CHƯƠNG 3.

SO SÁNH MÁY PMSM VÀ BLDC BÀN VỀ ĐIỀU KHIỂN TRỰC TIẾP MÔ MEN CÁC ĐỘNG CƠ NÀY

Tóm tắt: Lý thuyết điều khiển mô-men trực tiếp đã đạt được thành công lớn trong việc điều khiển động cơ BLDC và động cơ PMSM. Nhiều nghiên cứu đã được thực hiện để áp dụng ý tưởng về DTC của BLDCM thành PMSM kể từ năm 1990. DTC được áp dụng bằng cách chọn vector điện áp thích hợp dựa trên trạng thái chuyển đổi của biến tần được xác định bởi các tín hiệu lỗi của liên kết từ thông tham chiếu và mô-men với giá trị thực đo được của chúng bằng cách tính toán trong khung tham chiếu tĩnh bằng phương tiện đơn giản là phát hiện điện áp động cơ hoặc dòng điện. Nhắm vào DTC trong PMSM Drives, nghiên cứu này trình bày cơ sở lý thuyết của DTC cho PMSM trước hết. Sau đó, sự khác biệt giữa việc áp dụng DTC cho PMSM và BLDCM, mô hình của chúng trên rôto khung tham chiếu với phương trình động cơ tương ứng của chúng đã được giải thích và trình bày.

Từ khóa: Bldcmotor, DTC, biến tần, phương trình động cơ, Pmsmotor, liên kết từ thông tham chiếu, khung tham chiếu rôto, lý thuyết.

3.1. GIỚI THIỆU

Ngày nay hệ thống truyền động điện bao gồm; Nguồn DC, biến tần, bộ điều khiển và cảm biến analog / kỹ thuật số hoặc bộ thay đổi. Những cải tiến trong công suất bán dẫn linh kiện điện tử đã bật kiểm soát nâng cao kỹ thuật với khả năng kiểm soát cao, tần số chuyển đổi và hiệu quả cao. Nhiều loại thuật toán điều khiển có được áp dụng và đã được đơn giản hóa về trình điều khiển do sự phát triển trong công nghệ phần mềm. Động cơ đồng bộ mà trong đó dòng AC ở cuộn dây phản ứng và sự kích thích dòng DC đến cuộn dây tiêu thụ. Các

cuộn dây phản ứng gần như luôn luôn có trên stator và thường là một cuộn dây ba pha.

Tốc độ của máy đồng bộ trong điều kiện trạng thái ổn định tỷ lệ thuận với tần số của dòng điện trong phần ứng của nó. Từ trường được tạo bởi dòng điện quay quay với tốc độ tương tự như được tạo ra bởi dòng trường trên rotor (quay ở tốc độ đồng bộ). Do đó, một động cơ đồng bộ là một máy tốc độ không đổi luôn luôn quay bằng 0 ở tốc độ đồng bộ, phụ thuộc vào tần số và số cực như đã cho trước bởi EQ. $\omega_r = (2\pi/(P/2))/(1/f) = 2/P(2\pi f) = 2/P \omega \text{ rad/s}$, Một động cơ đồng bộ có thể được vận hành như một động cơ hoặc máy phát điện. Bằng cách thay đổi dòng điện trường, hệ số công suất có thể được kiểm soát. PMSM được sử dụng rộng rãi trong các động cơ công suất thấp và trung bình như thiết bị ngoại vi máy tính, robot, ổ đĩa tốc độ điều chỉnh và xe điện. Trong công việc này, chúng ta sẽ thấy rằng lược đồ DTC đã được thực hiện thành công trong PMSM thông qua khung tham chiếu rotor và phương trình động cơ của nó.

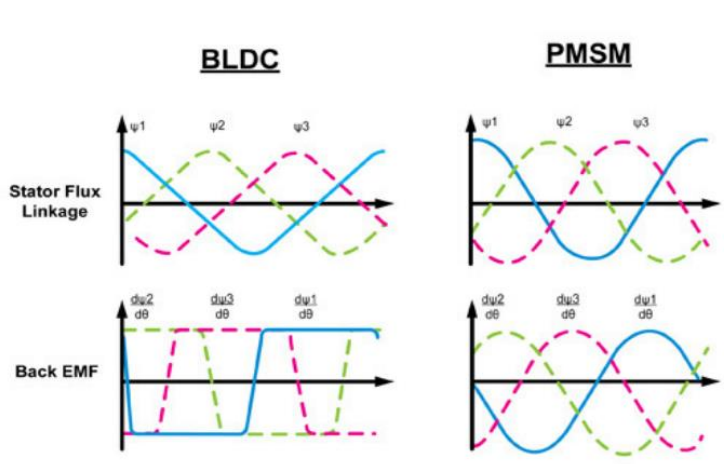
3.2. SO SÁNH PMSM VÀ BLDCM

Động cơ PMSM cũng được phân loại dựa trên sự phân bố mật độ từ thông và hình dạng của sự kích thích dòng điện. Chúng được liệt kê thành hai loại, một trong số đó là động cơ đồng bộ PM (PMSM) và động cơ không chổi than PM (BLDC). Động cơ PMSM còn được gọi là động cơ nam châm vĩnh cửu AC (PMAC), có mật độ từ thông hình sin, biến đổi EMF hiện tại và ngược lại trong khi BLDC có mật độ từ thông hình chữ nhật, biến đổi dòng và phản hồi EMF. Phân loại hai động cơ này được giải thích trong Bảng 3.1.

Bảng 3.1:

Phân loại động cơ nam châm vĩnh cửu dựa trên kích thích của chúng và dạng sóng phản hồi EMF, hình bên dưới cho thấy các dạng sóng EMF của cả PMSM và Động cơ BLDC.

Đặc tính	PMSM	BLDC
Giai đoạn kích thích hiện tại	Hình sin	Hình thang
Mật độ từ thông	Hình sin	Hình vuông
Pha ngược EMF	Hình sin	Hình thang
Năng lượng và mô men	Hằng số	Hằng số



Hình 3.1: Dạng sóng PBEMF của PMSM và BLDCM

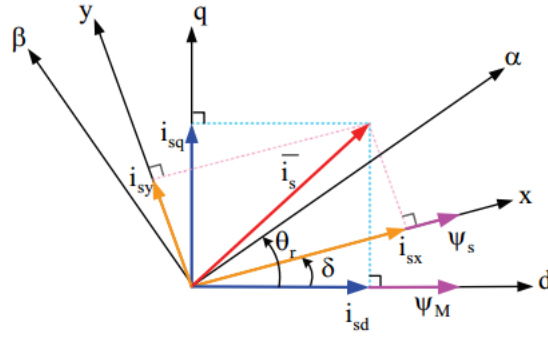
Động cơ PMSM khá giống với động cơ không chổi than DC (BLDCM), trong đó chúng có cùng cấu trúc và giống nhau các thành phần. Cả hai động cơ đều có nam châm vĩnh cửu trong rotor tương tác với từ trường được tạo ra bởi cuộn dây stato. Tuy nhiên, PMSM có một pha khác Back Electromotive Force (PBEMF), vì mối liên kết từ thông giữa stator và rotor không phải là hình thang. Trong PMSM, PBEMF là hình sin. Đây là một hiệu ứng cố ý được tạo ra bằng cách các cuộn dây trong stator được quấn (theo kiểu hình sin), trong khi trong BLDCM các cuộn dây stato được quấn như nhau.

3.2.1. Công nghệ động cơ nam châm vĩnh cửu

Như với hầu hết các động cơ, động cơ đồng bộ (SM) có hai phần chính. Phần tĩnh gọi là stator và phần động, thường ở bên trong stator, được gọi là rôto. Động cơ đồng bộ có thể được tạo ra theo các cấu trúc khác nhau: Từ động cơ ba pha stator là phổ biến nhất. Có hai cách để tạo ra một dòng rotor. Một là sử dụng cuộn rotor liên kết từ stator và cuộn khác được làm bằng nam châm vĩnh cửu và tạo ra một từ thông liên tục bởi chính nó. Để có được nguồn cung cấp hiện tại của nó và tạo ra dòng rotor, một động cơ được trang bị cuộn dây rotor cần có chổi. Các liên kết trong trường hợp này, được làm bằng các vòng và không có bất kỳ phân đoạn chuyển mạch nào; tuổi thọ của cả hai chổi và động cơ có thể giống nhau. Việc sử dụng nam châm cho phép sử dụng hiệu quả không gian xuyên tâm và thay thế cuộn dây rotor, do đó triệt tiêu tổn thất dòng rotor. Vật liệu nam châm cao cấp như $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ hoặc NdFeB cho phép giảm đáng kể kích thước động cơ trong khi duy trì mật độ năng lượng rất cao.

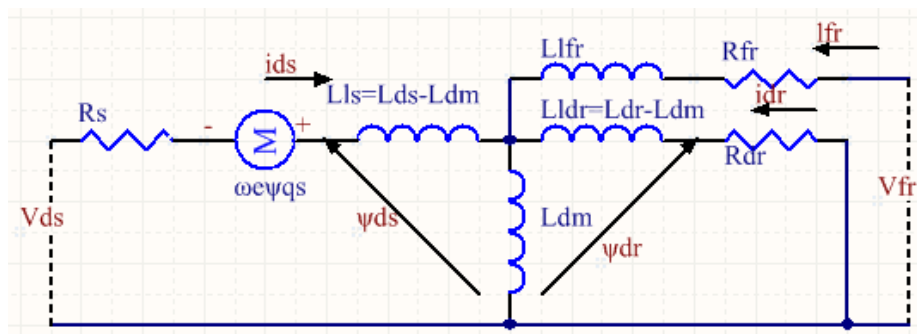
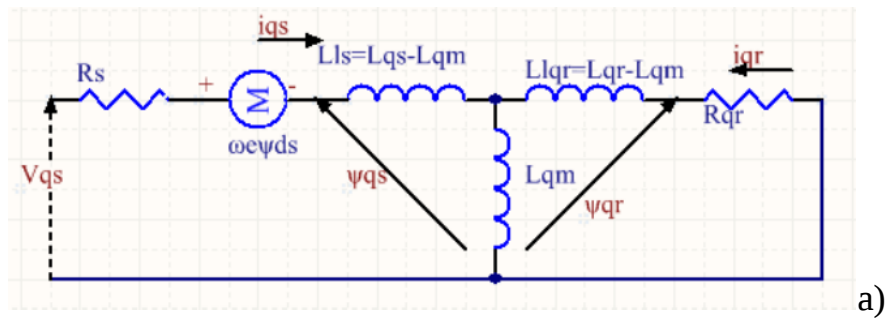
3.2.2. Mô hình PMSM trên khung tham chiếu rôto và phương trình động cơ

Đối với hệ động năng cao, dòng điều khiển được áp dụng trên hệ thống tham chiếu dòng rotor (dq) được xoay ở tốc độ đồng bộ. Stator vector từ thông ω_s và vector từ thông rotor ω_m có thể được biểu diễn trên dòng từ thông rotor (dq), hệ thống tham chiếu stator (x y) như trong hình 4. Góc giữa stator và rotor từ thông (δ), là góc tải liên tục cho một mômen tải nhất định. Trong trường hợp đó, cả hai stator và rotor fluxes quay ở tốc độ đồng bộ. Tuy nhiên theo tải trọng khác nhau, góc δ thay đổi. Ở đây, bằng cách kiểm soát biến thể dòng stator hoặc biến thiên góc δ , sự gia tăng của mômen có thể được điều khiển.



Hình 3.2: Stator và rotor từ thông trong các hệ thống tham chiếu khác nhau

PMSM đặc biệt có các đặc điểm sau: (1) máy móc mạnh mẽ hơn, cho phép tốc độ hoạt động cao hơn nhiều, (2) khoảng trống không khí hiệu quả trong d^s -axis rộng hơn so với trong q^s -axis, tạo ra máy với 1 cực lõi với $L_{dm} < L_{qm}$, và (3) với khoảng trống không khí hiệu quả thấp, phản ứng ứng phản ứng trở nên chủ yếu. Trạng thái ổn định của một máy PM hình sin với một mạch tương đương và sơ đồ phasor vẫn giống như một động cơ trường ngoại trừ trường dòng tương đương nếu được xem là hằng số, nghĩa là liên kết từ thông $\omega f = L_{dm} I_f = \text{constant}$. Mạch tương đương tức thời của khung quay đồng bộ, như trong hình 3.1.



b) **Hình 3.3:** $d^s - q^s$ mạch tương đương của các máy đồng bộ

(a) mạch $q^s - \text{axis}$, (b) mạch $d^s - \text{axis}$ Mô hình trạng thái ổn định của động cơ có thể được bắt nguồn bằng cách cân bằng tất cả các dẫn xuất thời gian hoặc các thuật ngữ liên quan đến S bằng không. Sau đây là các phương trình trạng thái ổn định:

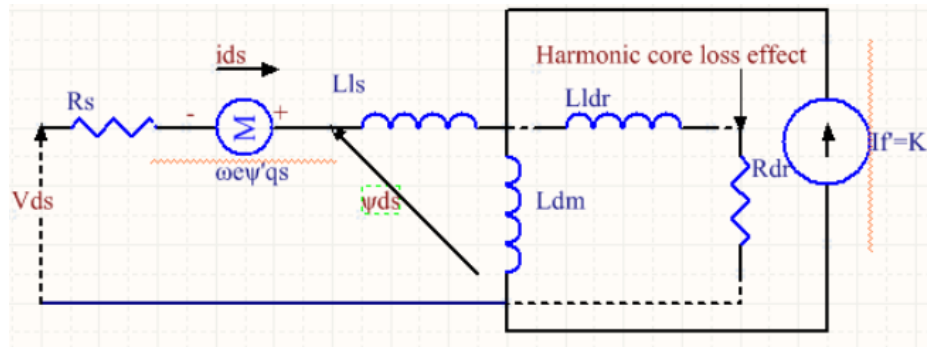
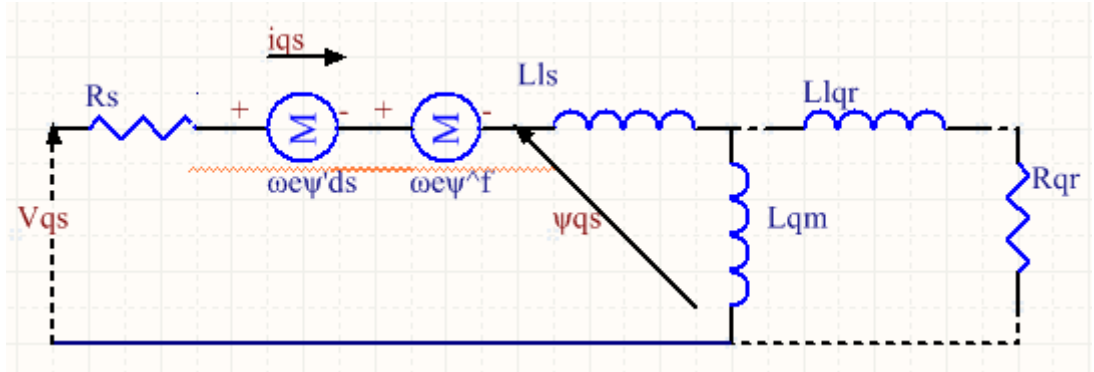
$$V_{qs} = R_s I_{qs} + \omega_e (\psi_f + L_{ds} I_{ds})$$

$$= R_s I_{qs} + V_f + X_{ds} I_{ds} \quad (1) \quad V_{ds} = R_s I_{ds} - X_{ds} I_{qs} \quad (2)$$

Ngoại trừ máy có thể không có bất kỳ cuộn biến đổi nào. Hình 3.2 cho thấy các mạch tương đương trong đó sự mất lõi hữu hạn được biểu diễn bằng các cuộn dây giảm chấn rải rác. Bỏ qua sự mất lõi, các phương trình cân bằng mạch có thể được viết như sau:

$$\psi_f = L_{dm} I'_f \quad (5) \quad \psi'_{ds} = i_{ds} (L_{ls} + L_{dm}) = i_{ds} L_{ds} \quad (6) \quad \psi_{ds} = \psi_f + \psi'_{ds} \quad (7)$$

$$\psi_{qs} = i_{qs} (L_{ls} + L_{qm}) = i_{qs} L_{qs} \quad (8) \quad T_e = \frac{3}{2} \left(\frac{P}{2} \right) (\psi_{ds} i_{qs} - \psi_{qs} i_{ds}) \quad (9)$$



Hình 3.4: Mạch tương đương xoay vòng ($d^s - q^s$) của động cơ IPM Phương trình thay thế (5) – (8) trong (3), (4) và (9) đơn giản hóa, chúng ta có thể viết:

$$\frac{di_{qs}}{dt} = \frac{\omega_b}{X_{qs}} [V_{qs} - R_s i_{qs} - \frac{\omega_e}{\omega_b} X_{ds} i_{ds} - \frac{\omega_e}{\omega_b} V_f] \quad (10)$$

$$\frac{di_{ds}}{dt} = \frac{\omega_b}{X_{ds}} [V_{ds} - R_s i_{ds} - \frac{\omega_e}{\omega_b} X_{qs} i_{qs}] \quad (11)$$

$$T_e = \frac{3P}{4\omega_b} [(F'_{ds} + V_f) i_{qs} - F_{qs} i_{ds}] \quad (12)$$

$$V_f = \omega_b \Psi_{f_s} X_{qs} = \omega_b L_{qs}$$

$$X_{ds} = \omega_b L_{ds}, F'_{ds} = \omega_e \Psi_{ds}, \quad F_{qs} = \omega_e \Psi_{qs}$$

Các phương trình này có giá trị cho IPM cũng như SMPM (ngoại trừ $L_{dm} = L_{qm}$), có thể được sử dụng cho nghiên cứu mô phỏng máy tính. Một lần nữa, để vận hành trạng thái ổn định của máy, phương trình thành phần phải sinh thời gian (3) và (4) bằng không, nghĩa là, chúng có thể được viết dưới dạng phương trình tương ứng (1) và (2).

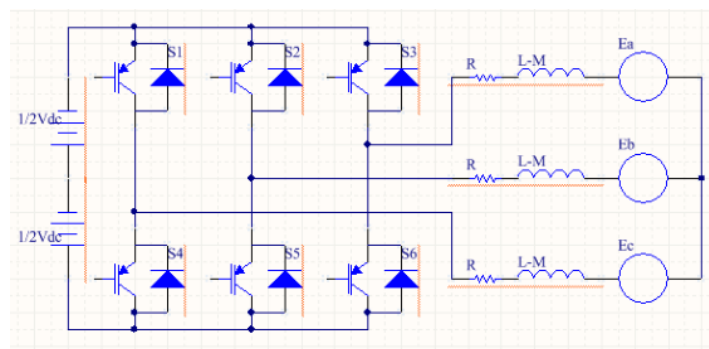
3.3. CÔNG NGHỆ ĐỘNG CƠ KHÔNG CHỔI THAN DC

Động cơ BDCM cũng được gọi là động cơ chuyển mạch điện tử và vì không có chổi trên rôto, chuyển mạch được thực hiện bằng điện tử tùy thuộc vào vị trí rôto. Cuộn dây stator được lắp vào các khe hoặc có thể được quấn như một cuộn dây trên cực từ. Trong động cơ DC Commutator, cực phân cực hiện tại được đảo ngược bởi bộ chuyển mạch và bàn chải, nhưng trong động cơ không chổi than DC, sự đảo chiều cực được thực hiện bởi các công tắc bán dẫn sẽ được chuyển đổi đồng bộ với vị trí rôto. Bên cạnh độ tin cậy cao hơn, thiếu bộ chỉnh lưu còn mang lại lợi thế khác. Bộ chỉnh lưu cũng là một yếu tố hạn chế ở tốc độ tối đa của động cơ DC. Do đó, động cơ BLDC có thể được sử dụng trong các ứng dụng đòi hỏi tốc độ cao. Sự thay thế một động cơ DC bằng động cơ BLDC đặt yêu cầu cao hơn về thuật toán điều khiển và mạch điều khiển. Thứ nhất, động cơ BLDC thường được coi là một hệ thống ba pha. Do đó, nó phải được cấp điện bằng nguồn điện ba pha. Tiếp theo, vị trí rôto phải

được biết ở các góc nhất định, để cân chỉnh điện áp được áp dụng với EMF ngược. Sự liên kết giữa EMF và các sự kiện chuyển mạch ngược lại là rất quan trọng. Trong tình trạng này, động cơ hoạt động như một động cơ DC và chạy ở điểm làm việc tốt nhất. Nhưng những hạn chế của động cơ BLDC gây ra bởi sự cần thiết của việc chuyển đổi năng lượng và đo vị trí rotor được cân bằng bởi hiệu suất và độ tin cậy tuyệt vời, và cũng bởi giá thành luôn giảm của các thành phần công suất và mạch điều khiển.

3.3.1. Mô hình BLDCM trên khung tham chiếu rôto và phương trình động cơ

Mô hình của một động cơ BLDC có thể được phát triển theo cách tương tự như một máy đồng bộ ba pha. Vì có một nam châm vĩnh cửu được gắn trên rotor, một số đặc tính động khác nhau. Liên kết từ thông từ rotor phụ thuộc vào vật liệu nam châm. Do đó, độ bão hòa của liên kết từ thông từ là điển hình cho loại động cơ này. Như bất kỳ động cơ ba pha điển hình nào, một cấu trúc của động cơ BLDC được cấp nguồn điện áp ba pha. Nguồn không nhất thiết phải là hình sin. Sóng vuông hoặc dạng sóng khác có thể được áp dụng miễn là điện áp đỉnh không vượt quá giới hạn điện áp tối đa của động cơ. Tương tự, mô hình cuộn dây ứng lực cho động cơ BLDC được thể hiện như sau:



Hình 3.5: Cấu trúc BLDC với biến tần.

$$V_a = Ri_a + L \frac{dia}{dt} + E_a$$

$$V_b = Ri_b + L \frac{dib}{dt} + E_b$$

$$V_c = Ri_c + L \frac{dic}{dt} + E_c$$

Trong đó: L – hệ số tự cảm phần ứng (H) R – điện trở phần ứng (Ω)
 V_a, V_b, V_c – điện áp các pha a, b, c (V) I_a, I_b, I_c – dòng đầu vào động cơ (A)
 E_a, E_b, E_c – điện áp phản hồi EMF (V) Trong động cơ BLDC 3 pha, EMF có liên quan đến chức năng của vị trí rôto và EMF sau của mỗi pha có chênh lệch góc pha 120 nên phương trình của từng pha như sau:

$$E_a = K_w f(\theta) \omega \quad (4)$$

$$E_b = K_w f(\theta - 2\pi/3) \omega \quad (5)$$

$$E_c = K_w f(\theta + 2\pi/3) \omega \quad (6) \quad \text{Trong đó:}$$

K_w - hằng số phản hồi EMF của một pha (V/rad.s⁻¹) ω – tốc độ của rotor (rad.s⁻¹) Góc rotor điện bằng góc rotor cơ học nhân với số đôi cực p:

$$\theta = \frac{P}{2} \theta_m \quad (7)$$

Trong đó: θ_m - góc rotor cơ khí (rad). Tổng sản lượng mô-men có thể được biểu diễn dưới dạng tổng kết của mỗi giai đoạn. Phương trình tiếp theo thể hiện tổng sản lượng mô-men:

$$T_e = \frac{E_a i_a + E_b i_b + E_c i_c}{\omega} \quad (8)$$

Trong đó:

T_e - tổng sản lượng mô-men (N.m)

Phương trình của phần cơ học được biểu diễn như sau:

$$T_e - T_l = J \frac{d\omega}{dt} + B\omega(9)$$

Trong đó:

T_l – mô men tải (N_m)

J - quán tính rotor và cặp trục (Kgm^2) B - hằng số ma sát ($Nms.rad^{-1}$)

Khối chuyển đổi được phát triển bằng cách sử dụng các phương trình bên dưới:

$$V_a = (S_1)V_d/2 - (S_4)V_d/2 \quad (10)$$

$$V_b = (S_3)V_d/2 - (S_6)V_d/2 \quad (11)$$

$$V_c = (S_5)V_d/2 - (S_2)V_d/2 \quad (12)$$

3.4. ĐIỀU KHIỂN TRỰC TIẾP MÔ MEN ĐỘNG CƠ PMSM

Có hai phương pháp điều khiển được sử dụng cho PMSM: trường hoặc điều khiển định hướng từ thông FOC và điều khiển mô men trực tiếp DTC. Các sự truyền động AC trong (FOC) được sử dụng điều khiển trường cho phép điều khiển từ thông. Vector không gian từ thông rotor được xác định và điều chỉnh bằng việc sử dụng vận tốc góc được hình thành từ phản hồi tốc độ và vector dòng stato. Hạn chế của việc kiểm soát vector từ thông là nó đòi hỏi một máy phát điện tachogenerator hoặc một bộ mã hóa cho độ chính xác tối ưu. Điều này hoàn toàn sẽ làm tăng chi phí của thiết bị. Phương pháp “DTC” này trực tiếp lựa chọn các vector điện áp stator theo các sai số giữa tham chiếu và các giá trị thực của mômen và stator. Mô-men và từ thông thu được và được điều khiển trực tiếp bằng phi tuyến biến đổi trên bộ điều khiển trễ, mà không thực hiện các phép biến đổi tọa độ. Bộ điều khiển đồng hồ trễ hai lớp được áp dụng cho điều khiển từ thông stator và bộ điều khiển dải trễ ba lớp được áp dụng cho điều khiển mô-men. DTC là phương pháp lựa chọn phù hợp hơn so với FOC vì các ứng dụng hiệu suất cao do lợi thế của việc giảm tính toán do các

bộ ước lượng mô-men và từ thông trong nhu cầu DTC và phụ thuộc vào việc xác định các thông số và độ chính xác của các ước lượng. cần thiết cho toàn bộ hiệu suất của hệ thống. Trong PWM và các vector điều khiển từ thông, điện áp và tần số được sử dụng như các biến điều khiển và được điều chế và sau đó được áp dụng cho mô tơ. Lớp điều biến này cần thêm thời gian xử lý tín hiệu và hạn chế mô-men và đáp ứng tốc độ. Ý tưởng đằng sau DTC là kết hợp trực tiếp vector từ thông stator bằng cách áp dụng vector điện áp thích hợp cho cuộn dây stato. Điều này được thực hiện bằng cách sử dụng bảng chuyển đổi được thiết kế sẵn để cập nhật trực tiếp biến tần chuyển đổi rời rạc bất cứ khi nào các biến được kiểm soát, mô-men điện từ và dòng stator, vượt quá giới hạn trễ xung quanh tham chiếu của chúng.

3.4.1. Công việc trước

Có một số nghiên cứu được thực hiện trong sự lựa chọn của DTC thay vì FOC, ví dụ một cuộc điều tra được thực hiện trên hành vi mô-men của một pha PMSM. Cũng phát triển về tính toán vector từ thông tham chiếu trong điều chế vector không gian cho DTC. Chúng trích xuất điện áp như một hàm lượng giác của chu kỳ và sử dụng các phép biến đổi khung, chúng tính toán các khoảng thời gian sử dụng của các vector không phụ thuộc vào tần số góc của dòng điện. Tuy nhiên, cấu trúc điều khiển phức tạp này đã được thực hiện trong các mô phỏng nhưng không được hoàn thành thí nghiệm. Trong biểu đồ mô-men, có khoảng thời gian trễ dài giữa giá trị thực tế và tính toán. Các vector không được sử dụng trong điều chế vector không gian cho DTC. Các vector 0 về mặt lý thuyết được sử dụng trong DTC của động cơ không đồng bộ. Họ đã cố gắng tăng thời lượng ứng dụng của các vector được sử dụng để mở rộng các góc mô-men trong hoạt động tốc độ thấp của các ứng dụng PMSM. Tuy nhiên, ở tốc độ thấp, việc sử dụng các vec tơ zero trong một khoảng thời gian dài làm cho các thay đổi nhanh chóng trong từ thông stator

và các giá trị giới hạn được thực thi. Hơn nữa, chuyển lỗi của việc thực hiện này sẽ cao hơn kể từ 8 vector được sử dụng thay vì 6. DTC được áp dụng mà không cần sử dụng cảm biến tốc độ nhưng chỉ sử dụng dòng điện và điện áp cảm biến để xác định vector điện áp stator. Trong kết quả của họ rằng họ sử dụng một bộ điều khiển vòng kín, họ chỉ ra rằng dữ liệu tốc độ tính toán dao động quá nhiều. DTC của PMSM được áp dụng bằng cách thực hiện một thuật toán điều khiển dự báo mô hình làm giảm tần số chuyển mạch và do đó tổn thất chuyển mạch. Đề xuất thuật toán có thể giảm 50% tổn thất chuyển mạch và THD giảm 25%. Phương pháp DTC được áp dụng bằng cách sử dụng bộ lọc LP để loại bỏ các sóng hài bằng cách chọn tần số cắt của nó trong đó các đầu ra của các bộ so sánh được áp dụng cho xác định vector điện áp thích hợp và vector không gian stator từ thông. Các kết quả mô phỏng cho thấy, hệ thống có thể chạy trơn tru và vẫn có các đặc tính động và tĩnh hoàn hảo với tốc độ 1500 vòng / phút và bộ điều khiển PID tự điều chỉnh mờ có ít thời gian điều chỉnh hơn và mạnh mẽ hơn so với bộ điều khiển PI truyền thống.

3.5. ĐÓNG GÓP

Rõ ràng là mô men điện từ tỷ lệ thuận với thành phần trục y của dòng stato. Phụ thuộc vào số lượng tham số ít hơn là lợi thế chính của điều khiển dòng stato. Có thể nói mũ trong một ứng dụng thực tế, kỹ thuật ước tính được thể hiện trong phương trình đòi hỏi kiến thức về tự cảm. Mô men điện từ tức thời được ước tính có thể dễ dàng so sánh với giá trị tham chiếu để đạt được điều khiển mô-men nhanh. Đồng thời, liên kết từ thông stator được so sánh với giá trị tham chiếu để đảm bảo đủ sự từ hóa của động cơ. Mô-men của PMSM được điều khiển bằng cách theo dõi và kiểm soát dòng điện từ khi mômen điện từ tỷ lệ thuận với dòng điện. Hơn nữa, DTC là thích hợp cho một điều khiển hiệu quả của mô-men và từ thông mà không thay đổi các thông số động

cơ và tải. Ngoài ra các từ thông và mô-men có thể được kiểm soát trực tiếp với vector điện áp biến tần trong DTC. Hai bộ điều khiển trễ độc lập sẽ được sử dụng để đáp ứng các giới hạn của từ thông và mô-men. Đây là các thông số stator và bộ điều khiển mô-men. Quá trình DTC của động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu được giải thích. Có thể kết luận rằng DTC có thể được áp dụng cho động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu và đáng tin cậy trong phạm vi tốc độ rộng hơn BLDCM. Đặc biệt trong các ứng dụng có hiệu suất động cao được yêu cầu DTC có lợi thế lớn so với các phương pháp điều khiển khác do tính chất phản ứng mô-men nhanh của nó.

3.6. KẾT LUẬN

Kể từ khi giới thiệu DTC rất nhiều nghiên cứu đã được thực hiện để cải thiện hiệu suất của các ổ đĩa DTC trong khi duy trì các tính chất tốt như độ phức tạp thấp, phản ứng động tốt và độ bền cao. Luận án này giải thích các phương trình toán học liên quan đến việc áp dụng DTC trong PMSM. Các phương trình cho thấy sự thay đổi của mô-men có thể được kiểm soát bằng cách giữ biên độ của hằng số liên kết từ thông stator và tăng tốc độ quay của liên kết từ thông stator càng nhanh càng tốt. Biên độ và tốc độ quay của liên kết từ thông stator có thể được kiểm soát bằng cách chọn các vectơ điện áp stator thích hợp. Công nghệ và mô hình của PMSM và BLDCM trên khung tham chiếu rôto với phương trình động cơ tương ứng của chúng được trình bày cũng có sự khác biệt về các nguyên tắc DTC được trình bày. Cuối cùng nó cho thấy từ việc xem xét trên các nguyên tắc DTC trong PMSM và BLDCM rằng DTC được thực hiện trong PMSM có mức mô-men thấp hơn và các gợn sóng từ thông và đồng thời duy trì phản ứng mô-men tốt.

KẾT LUẬN

Dưới sự hướng dẫn tận tình của GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn, các thầy cô trong khoa Điện- Điện tử trường Đại học Dân lập Hải Phòng, sự giúp đỡ của các bạn và sự nỗ lực của bản thân em đã hoàn thành xong đồ án tốt nghiệp của mình. Đồ án đã giải quyết những vấn đề sau:

- Giới thiệu về động cơ BLDC
- Giới thiệu về động cơ PMSM
- So sánh máy PMSM và BLDC bàn về điều khiển trực tiếp mô men các động cơ này.

Sau mười hai tuần làm đồ án, em đã hiểu thêm nhiều về cấu tạo và nguyên lý hoạt động của động cơ đồng bộ, Tuy nhiên do thời gian có hạn và cũng như trình độ của bản thân còn nhiều hạn chế nên đề tài thực hiện còn nhiều sai sót. Em rất mong nhận được sự chỉ bảo, sửa chữa đóng góp ý kiến của các thầy cô giáo, các bạn trong lớp để em có thể thực hiện và hoàn thành đề tài được tốt hơn. Một 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, các bạn bè trong lớp đã giúp đỡ em trong quá trình thực hiện đề tài. Em xin chân thành cảm ơn !

Hải Phòng, ngày 13 tháng 8 năm 2018

Sinh viên thực hiện

Nguyễn Đăng Phương

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt: 1. Thân Ngọc Hoàn, Nguyễn Trọng Thắng (2016). “*Nguyên lý hoạt động của máy điện*”. NXB xây dựng. 2. tailieu.hpu.edu.vn

3

lib.hpu.edu.vn/bitstream/handle/123456789/.../19_VuManhCuong_DC170.pdf4.

lib.hpu.edu.vn/bitstream/handle/123456789/20551/2_LeQuangTuyen_DC51.pdf

Tiếng Anh: 1. Abdulaziz Bello, Ibrahim Muhammad Kilishi, Muntaka Musa Bari, Usman Abubakar, “*Comparative Review Of PMSM And BLDCM Based On Direct Torque Control Method*”, INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH VOLUME 3, ISSUE 3, MARCH 2014 2. M.D. Singh, K.B. Khanchandani, “*Power Electronics*” second edition ISBN: 978-0-07-058389-7 pp.908 &959 3.

Swierczynski, D.; P. Wojcik, P.; Kazmierkowski, M. P. & Janaszek, M. (2008). “*Direct Torque Controlled PWM Inverter Fed PMSM Drive for Public Transport*”, Proceedings on IEEE International Workshop on Advanced Motion Control AMC, pp. 716-720 4. Popescu, M.; Miller, T.J.E.; McGilp, M. I.; Strappazzon, G.; Trivillin, N. & Santarossa, R”.

(2006), “*Torque Behavior of One-Phase Permanent-Magnet AC Motor*”. IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 21, No. 1, pp. 19-26, ISSN 0885-8969 5. Wang, L. & Gao, Y. (2007). “*A Novel Strategy of Direct Torque Control for PMSM Drive Reducing Ripple in Torque and Flux*”, Proceedings of IEEE International Electric Machines & Drives Conference IEMDC, pp. 403-4066. Li, Y.; Gerling, D. & Liu, W. (2008). “*A Novel Switching Table Using Zero Voltage Vectors for Direct Torque Control in Permanent Magnet Synchronous Motor*”. 18th International Conference on Electrical Machines ICEM, pp. 1-6

7. Sanchez, E.; Al-rifai, F.& Schofield, N. (2009).”*Direct Torque Control of*

Permanent Magnet Motors using a Single Current Sensor", Proceedings of the IEEE International Electric Machines and Drives Conference IEMDC, pp. 89-94, 8. Geyer, T.; Beccuti, G. A.; Papafotiou, G. & Morari, M. (2010).” ***Model Predictive Direct Torque Control of Permanent Magnet Synchronous Motors***", Proceedings of IEEE Energy Conversion Congress and Exposition ECCE, pp. 1-8, 9. Selin O. and Nur B. (2011),“***Direct Torque Control of Permanent Magnet Synchronous Motors Prof***". Moulay Tahar Lamchich (Ed.), ISBN: 978-953-307- 428-3,10. Zhong, L.; Rahman, M. F.; Hu, W. Y.; Lim, K. W. & Rahman, M. A. (1999).“***A Direct Torque Controller for Permanent Magnet Synchronous Motor Drives***". IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol.14, No.3 pp. 637-642, ISSN 0885-8969 11. Kiran B., Prof. Acy M K., N.P.Ananthamoorthy (2013). “***Simulation of PMSM Vector Control System with Fuzzy Self-Adjusting PID Controller Using MATLAB***". International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 3, pp. 3, ISSN 2250-3153.