

**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 Văn Trung

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

ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU KHÔNG CHỖI THAN
BLDC SỬ DỤNG LÀM ĐỘNG CƠ THỰC HIỆN

KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY
NGÀNH: ĐIỆN TỰ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

Sinh viên :Trần Văn Trung

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 Văn Trung - Mã SV: 1612102020

Lớp : DC2001

Ngành : Điện tự động công nghiệp

Tên đề tài: Động cơ một chiều không chổi than BLDC sử dụng làm động cơ thực hiện

HẢI PHÒNG - 2020

CÁC CÁN BỘ HƯỚNG DẪN ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Người hướng dẫn thứ nhất:

Họ và tên : Thân Ngọc Hoàn
Học hàm học vị : Giáo Sư – Tiến Sĩ Khoa Học
Nội dung hướng dẫn : Toàn Bộ Đề Tài

Đề tài tốt nghiệp được giao : ngày 30 tháng 3 năm 2020

Yêu cầu phải hoàn thành trước : ngày 20 tháng 6 năm 2020

Đã nhận nhiệm vụ Đ.T.T.N
Sinh viên

Trần Văn Trung

Đã giao nhiệm vụ Đ.T.T.N
Giảng viên hướng dẫn

GS . TSKH Thân Ngọc Hoàn

Hải Phòng , ngày 30 tháng 3 năm 2020

HIỆU TRƯỞNG

CHƯƠNG 1 CÁC LOẠI ĐỘNG CƠ SỬ DỤNG TRONG CHUYỂN ĐỘNG ĐIỆN

1.1 động cơ một chiều

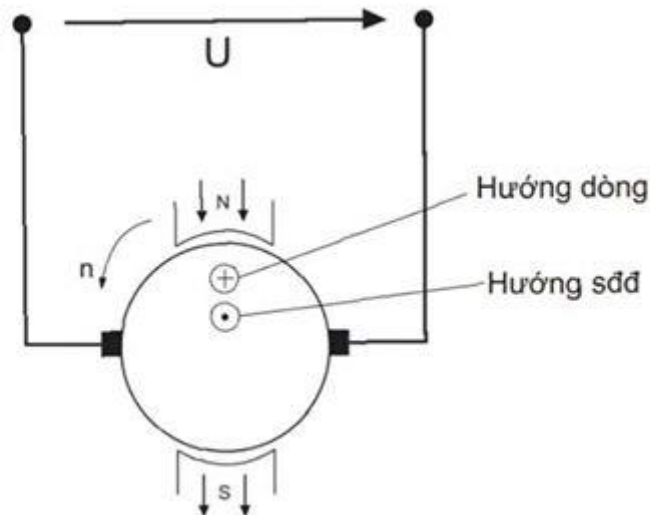
1.1.1 phân loại động cơ một chiều

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

1.1.2 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 trong cuộn phần ứng sẽ chạy một dòng điện dòng điện này sẽ tác động với từ trường sinh ra lực , chiều của nó được xác định theo quy tắc bàn tay trái , và tạo ra mô men điện từ làm cho rotor quay với tốc độ n . Trong cuộn dây sẽ xuất hiện sđđ cảm ứng $E_u = C_e \Phi n$, ở chế độ quá độ ta có phương trình sau :



Hình 1.1 giải thích nguyên lý động cơ điện một chiều

$$U + (-e_u) + (-L_a) = i_r R_t \quad (1.1)$$

Hoặc
$$U = e_u + L_a \frac{di_r}{dt} = i_r R_t \quad (1.2)$$

ở chế độ ổn định ($n = \text{const}$, $I_r = \text{const}$) ta có :

$$U = E_r + I_r R_t \quad (1.3)$$

Kết hợp với công thức máy phát ta viết .

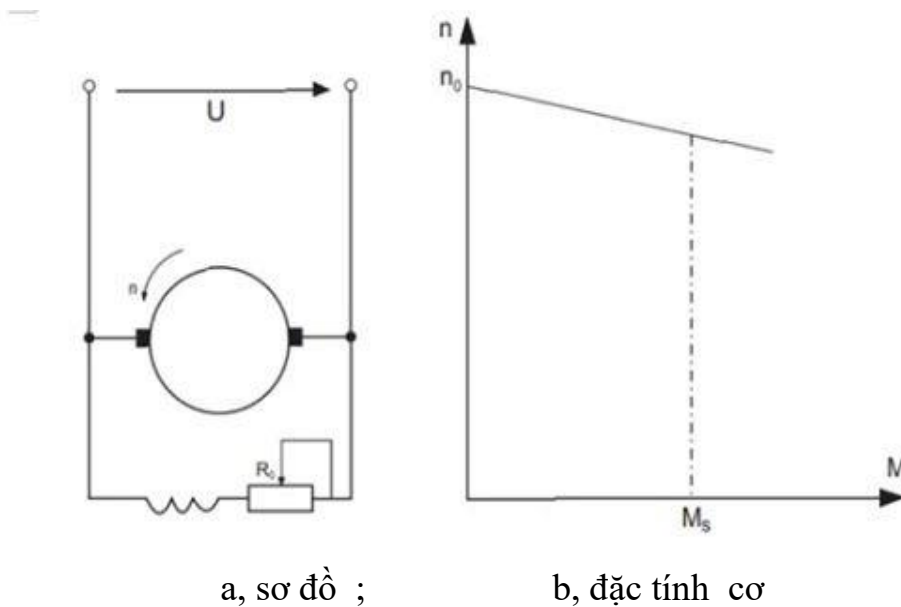
$$U = E_r \pm I_r R_t \quad (1.4)$$

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

1.1.3 đặc tính cơ của động cơ một chiều

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 và mô men điện từ $n = f(M)$ khi $I_{kt} = \text{const}$.



Hình 1.2 Động cơ điện một chiều kích từ song song

Để tìm mối quan hệ này ta dựa vào hình 1.2 và các phương trình dòng kích từ được xác định bằng .

$$I_{kt} = \frac{U_{kt}}{R_{kt}} ; \text{ và } \Phi = k_1 i_{kt}$$

Ta có n là :

$$n = \frac{U}{C_e \Phi} - \frac{I_r R_t}{C_e \Phi} \quad (1.5)$$

Rút I_r từ biểu thức mô men điện từ thay vào ta có .

$$N = \frac{U}{C_e \Phi} - \frac{MR_t}{C_e C_m \Phi^2} \quad (1.6)$$

Do $I_{kt} = \text{const}$ nên $\Phi = \text{const}$ ta được phương trình .

$$n = n_0 - BM \quad (1.7)$$

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 phản 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 phản ứng thì giá trị của hằng số như sau :

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

2 đặc tính cơ của động cơ tích từ nối tiếp

Đó là mối quan hệ $n = f(M)$ với $U = U_{dm}$, $R_{dc} = \text{const}$. sơ đồ động cơ kích từ nối tiếp biểu diễn trên hình .

Ta có công thức sau :

$$N = \frac{U - I_u (R_t + R_{dc})}{C_e \Phi} = \frac{U}{C_e \Phi} - \frac{M(R_t + R_{dc})}{C_e \Phi} \quad (1.8)$$

Trong máy kích từ nối tiếp $I_u = C_m \sqrt{M}$

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

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

Thay vào biểu thức ta có :

$$n = \frac{U - C_m \sqrt{M} (R_t + R_{dc})}{C_e KI_u} = \frac{U}{C_e K C_m \sqrt{M}} - \frac{C_m \sqrt{M} (R_t + R_{dc})}{C_e K C_m \sqrt{M}}$$

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 : $A = \frac{U}{C_e K C_m}$; $B = \frac{R_t + R_{DC}}{C_e K}$

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

b, khi $I_u > I_{dm}$: 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 :

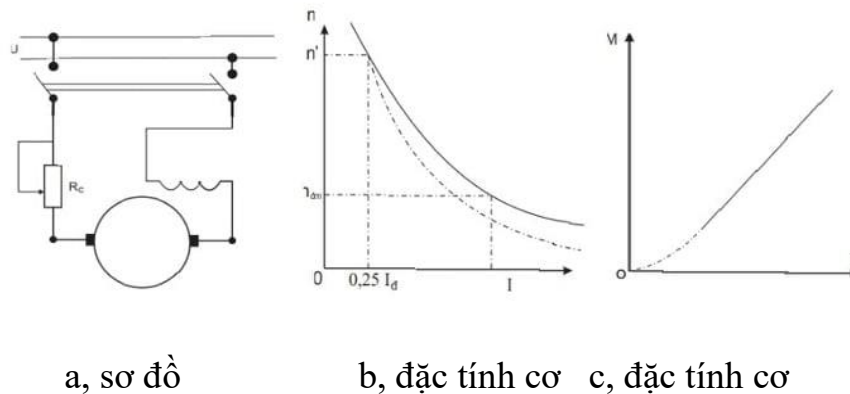
$$\Delta N_{dm} = \frac{N' - n_{dm}}{n_{dm}} 100\%$$

Trong đó N' 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, k trong thực tế không được cho động cơ nối tiếp chạy bằng dây cu-roa

Hình 1.3 động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp a, sơ đồ b, đặc tính cơ

❖ Đặc tính cơ của động cơ kích từ hỗn hợp :



Hình 1.4 Động cơ điện một chiều kích từ hỗn 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 cuộn kích từ nào giữ vai trò quyết định . Ở động cơ nối thuận , sđđ của hai cuộn dây cùng chiều nhưng giữ vai trò chủ yếu là cuộn song song . So sánh đặc tính cơ của động cơ kích từ hỗn hợp với nối tiếp ta thấy ở động cơ kích từ hỗn 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 cuộn nối tiếp tác động , đặc tính mang tính chất động cơ nối tiếp . Biểu diễn 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 để so sánh . Còn hình 1.4 c là đặc tính cơ của động cơ kích từ hỗn hợp .

1.1.4 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 :

a, 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 :

$$I_{kd} = \frac{U_{dm}}{R_t} \quad (1.9)$$

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

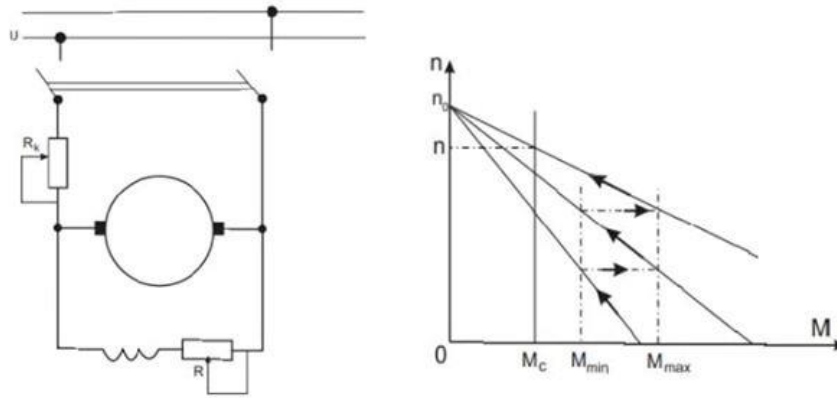
b, khởi động dùng điện trở khởi động.

Người ta đưa vào rotor một điện trở có khả năng điều chỉnh và gọi là điện trở khởi động (hình 1.5 a) dòng khởi động bây giờ có giá trị :

$$I_{kd} = \frac{U_{dm}}{(R_t + R_{kd})} \quad (1.10)$$

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 quá nhỏ . Việc lựa chọn số nấc điện trở được trình bày ở các cách về chuyển 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 (1.5b) biểu diễn 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

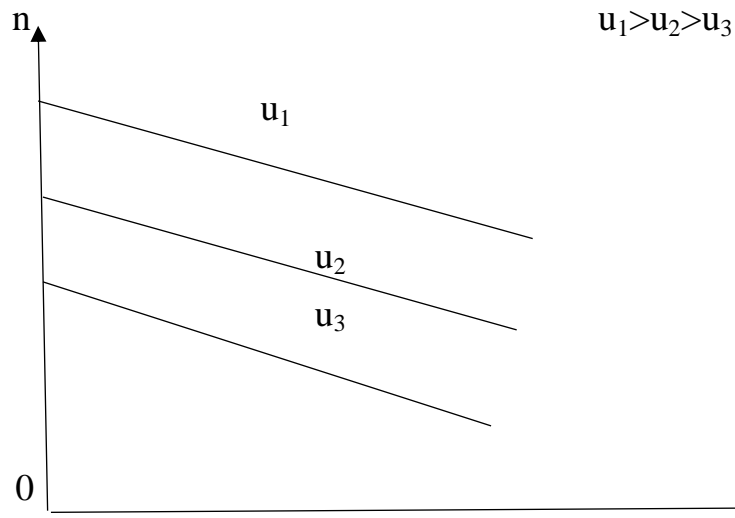
Hình 1.5 Động cơ điện một chiều kích từ song song

1.1.5 điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều

a, ta có các phương pháp điều chỉnh tốc độ sau :

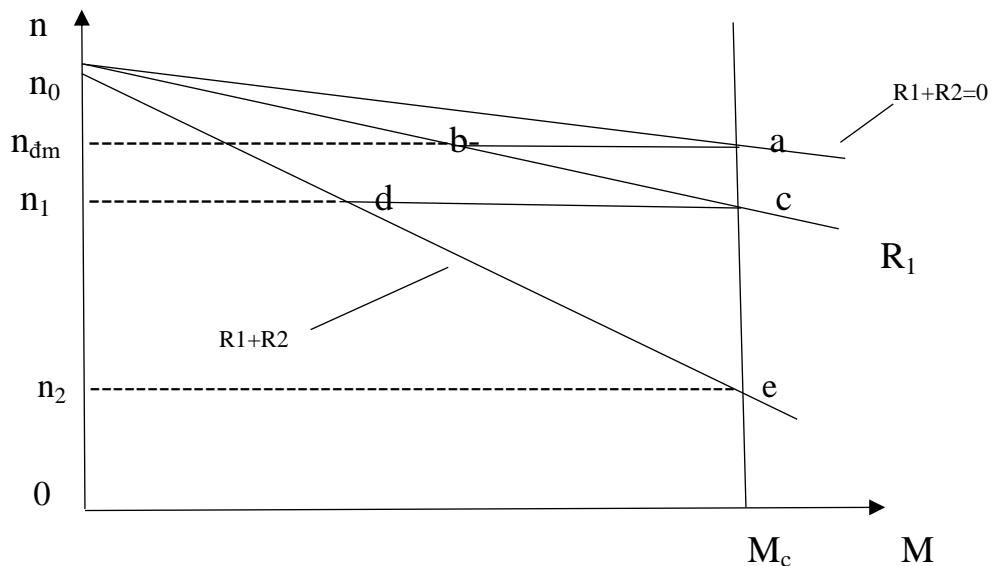
- thay đổi điện áp nguồn cấp
- thay đổi điện mạch roto
- thay đổi từ thông
- điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện áp nguồn nạp .

Ta thấy khi cho $U = \text{var}$ thì $n_0 = \frac{U}{C_e \Phi} = \text{var}$, nếu $M_c = \text{const}$ thì tốc độ $n = \text{var}$ 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 được theo chiều giảm tốc độ (vì mỗi cuộn dây đã được thiết kế với U_{dm} , không thể tăng điện áp đặt lên cuộn dây) . song độ lág điều chỉnh lớn , còn phạm vi điều chỉnh hẹp . ở hình 1.6 ta biểu diễn đặc tính cơ của động cơ khi $U = \text{var}$



Hình 1.6 Đặc tính cơ khi thay đổi điện áp nguồn cung cấp .

- điều chỉnh bằng thay đổi điện trở mạch rô to từ (hình 1.9) ta ký hiệu $\Delta n = M(R_t + R_{dc})$ thì khi $M = \text{const}$ mà thay đổi R_{dc} thì thay đổi được Δn (độ giảm tốc độ) , tức là thay đổi được tốc độ động cơ . trên hình 1.7 biểu diễn đặc tính cơ của phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện trở roto



Hình 1.7 Điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều bằng phương pháp thay đổi điện trở mạch rô to

Phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện trở mạch phân ứng có những ưu khuyết điểm sau :

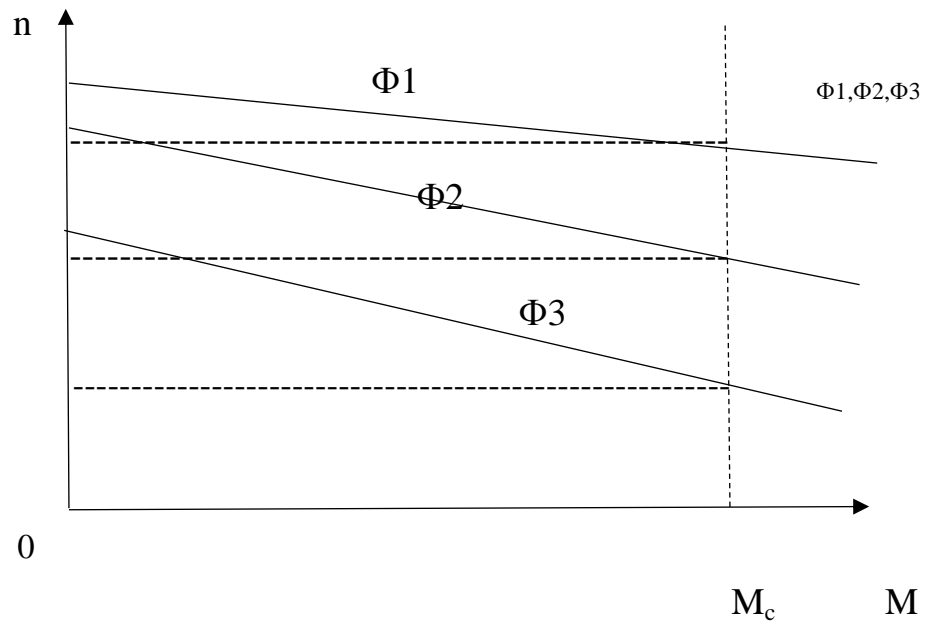
Ưu điểm : dễ thực hiện , vốn đầu tư ít , điều chỉnh tương đối lúng túng tuy nhiều điều chỉnh phạm vi hẹp và phụ thuộc vào tải (tải càng lớn phạm vi điều chỉnh càng rộng) , không thực hiện được ở vùng gần tốc độ không tải . điều chỉnh có tổn hao lớn . người ta đã chứng minh rằng để giảm 50% tốc độ định mức thì tổn hao trên điện trở điều chỉnh chiếm 50% công suất 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 .

- điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi từ thông
từ biểu thức :

$$n = \frac{U - I_U R_t}{C_e \Phi}$$

Khi $M, U = \text{const}$, $\Phi = \text{var}$ (thay đổi dòng điện từ) thì n tăng lên . Thấy vậy , khi giảm Φ dòng điện trở rotor tăng nhưng không làm cho từ số biểu thức thay đổi nhiều vì độ giảm điện áp ở R_t chỉ 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 phạm vi khi từ thông giảm tốc độ còn tăng . Hình 1.8 biểu diễn đặc tính cơ khi $\Phi = \text{var}$. Phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi từ thông có những ưu khuyết điểm sau :

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



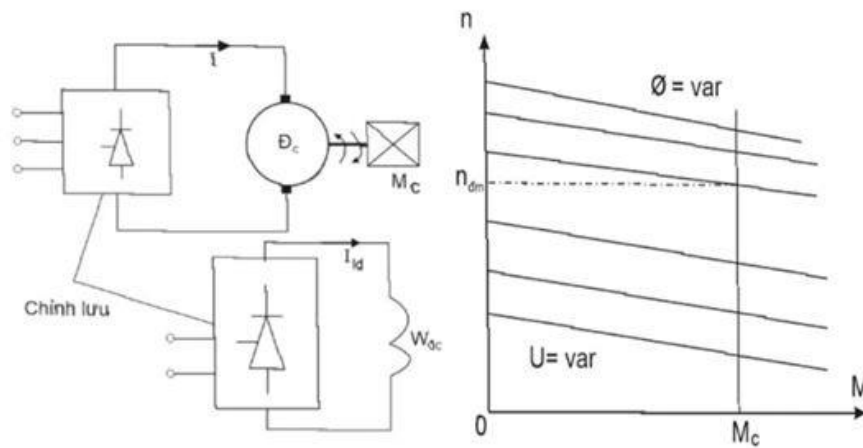
Hình 1.8 Đặc tính cơ của động cơ một chiều kích từ độc lập

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 .

b, hệ thống bộ biến đổi động cơ

Ngày nay do công nghệ điện tử công suất phát triển , người ta đã sản xuất ra những bộ chỉnh lưu công suất có công suất lớn đảm bảo cung cấp cho động cơ dòng một chiều công suất lớn đồng thời có khả năng điều chỉnh điện áp một chiều ở lõi 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 suất . Chính vì thế đã xuất hiện các hệ thống chuyển động điện dòng một chiều được cấp điện từ dòng chỉnh lưu điện tử công suất và được gọi là hệ thống động cơ – bộ biến đổi hình 1.9 . lúc này bộ biến đổi giữ vai trò là máy phát điện một chiều cho phép ta điều chỉnh điện áp một chiều cấp cho động cơ , 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 1.9 Hệ thống chuyển 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 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 lớn .

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

1.1.6 hãm động cơ một chiều

Hãm chúng ta nói tới đây là mã bằng điện . Trong một hệ thống chuyển động điện nếu chiều của mô men của động cơ là cùng 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

1, hãm động năng .

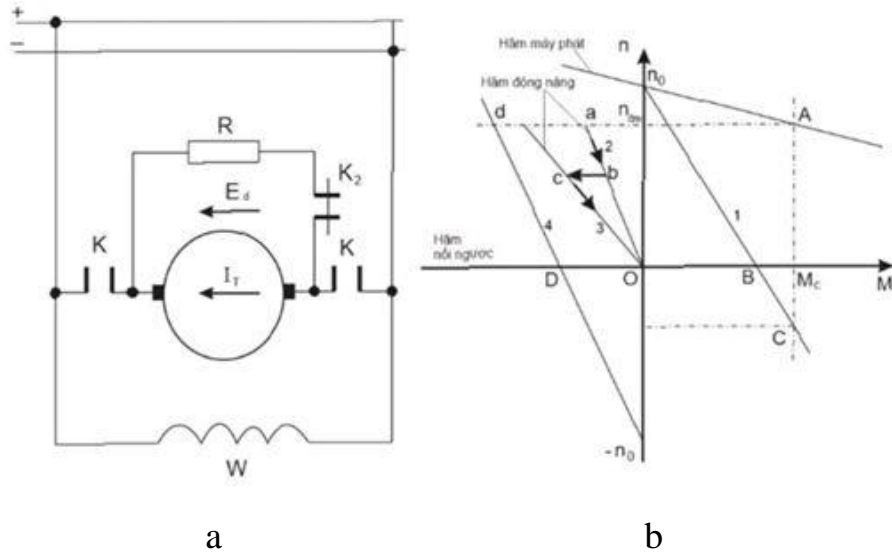
Để thực hiện hãm động năng , phần ứng động cơ được ngắt khỏi lưới (tiếp điểm K mở rộng , tiếp điểm K₂ đóng lại) và nối qua điện trở hãm (hình 10.0) điện áp bây giờ U= 0 do có động năng , động cơ vẫn quay theo hướng cũ , dòng phản ứng được xác định .

$$I_u = \frac{U - E_{ur}}{R_t} = - \frac{E_{ur}}{R_t}$$

như vậy dòng điện đổi chiều, mô men tạo ra do dòng động cơ cũng đổi chiều, còn tốc độ vẫn 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 10.0 b) 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.



Hình 10.0 Hãm điện ở động cơ điện một chiều

a, sơ đồ hãm động năng b, đặc tính cơ của động cơ một chiều ở các chế độ hãm

2, 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 trục động cơ không đổi lúc này động cơ giảm cho tới điểm B đặt 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 10.0 b) tới điểm e tốc độ rơi hàng có giá trị không đổi.
- Đổi chiều điện áp nguồn cung cấp.

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

$$I_r = \frac{-U - E_r}{R_t + R_{dc}} = - \frac{U + E_r}{R_t + R_{dc}}$$

Trong biểu thức này R_{dc} là điện trở thêm vào để hạn chế dòng hãm. Vì dòng I_r 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 10.0 b) biểu diễn đặc tính cơ khi hãm nối ngược (đường 4, đoạn df) tới điểm D khi tốc độ động cơ $n=0$, muốn dừng 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.

3, hãm trả năng lượng về nguồn

Do một nguyên nhân nào đó tốc độ rotor lớn hơn tốc độ không tải, lúc này $E_r > U$ nên: $I_a = \frac{U - E_r}{R_t} < 0$, dòng đổi hướng, mô men 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.

4, tổn hao và hiệu suất máy điện một chiều.

Trong máy điện một chiều có hai loại tổn hao.

- Tổn hao chính
- Tổn hao phụ

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, tổn hao ở răng do sóng bậc cao...) tổn hao đồng trong cuộn rotor và stator, trong cuộn phụ cuộn khử, trong mạch kích từ, tổn hao ở điện trở tiếp xúc của chổi than hay vành khuyên. Tổn hao phụ: xuất hiện trong lõi thép và trong đồng, nó gồm tổn hao dòng xoay chiều (dòng fuco), tổn hao nối cân bằng, tổn hao do phân bố từ trường không đều, do mật độ ở dòng chổi không đều.

1.2 động cơ dị bộ một pha

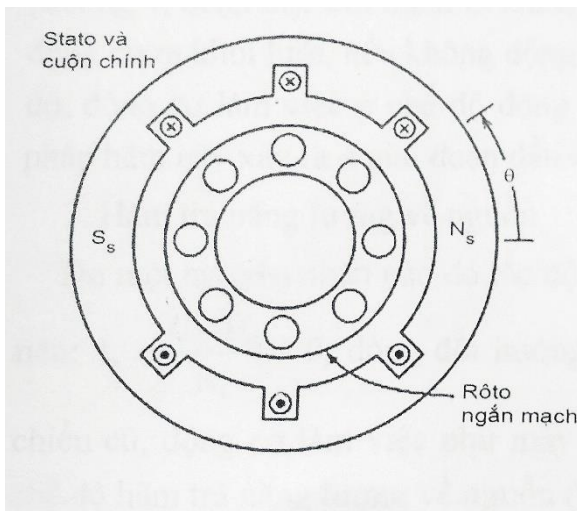
1.2.1 mạch từ của máy điện dị bộ một pha

Động cơ dị bộ một pha được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp , trong tự động hóa , trong gia đình , có thể nói động cơ dị bộ một pha dùng ở nơi chỉ có một pha nguồn điện cung cấp .

Giống như động cơ dị bộ 3 pha , động cơ dị bộ một pha cũng có phần tĩnh (stato) và phần quay (rotor) .

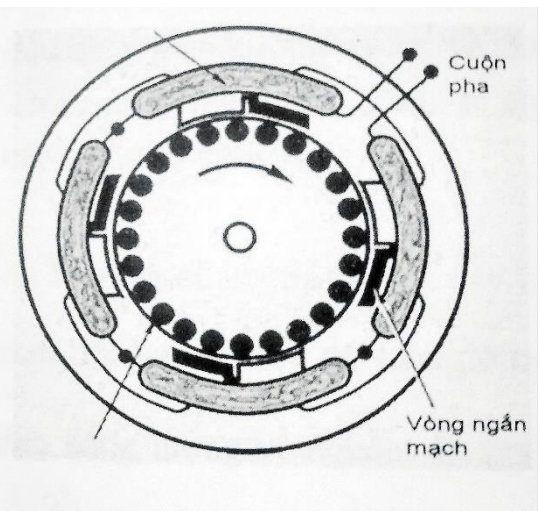
a, cấu tạo stato

Cấu tạo mạch từ của stato máy điện một pha phụ thuộc vào phương pháp khởi động . Nếu khởi động bằng trụ điện thì động cơ có dạng như hình 2.1 stato gồm các lá thép hình vành khăn mặt trong đúc rãnh để chứa dây stato.



Hình 2.1 Mặt cắt của động cơ một pha

Khởi động dùng từ điện



hình 2.2 Động cơ một pha có

vòng ngắn mạch ở stato

Ở stato đặt hai cuộn dây : cuộn chính và cuộn khởi động , đặt vuông góc với nhau trong không gian trên chu vi stato .

Nếu khởi động bằng vòng ngắn mạch , thì cấu tạo stato có dạng như hình 2.2 mạch từ có các cực từ , trên các cực từ đặt cuộn dây . Trên mặt cực từ người ta xẻ rãnh và đặt vào đó một vòng ngắn mạch bằng đồng hình 2.2.

b, rotor cả hai loại khởi động đều là rotor ngắn mạch như động cơ dị bộ 3 pha mạch từ gồm các lá thép có đục rãnh ghép lại với nhau thành mạch từ . Trong các rãnh người ta đổ nhôm vào làm cuộn dây máy điện .

1.2.2 nguyên lý hoạt động

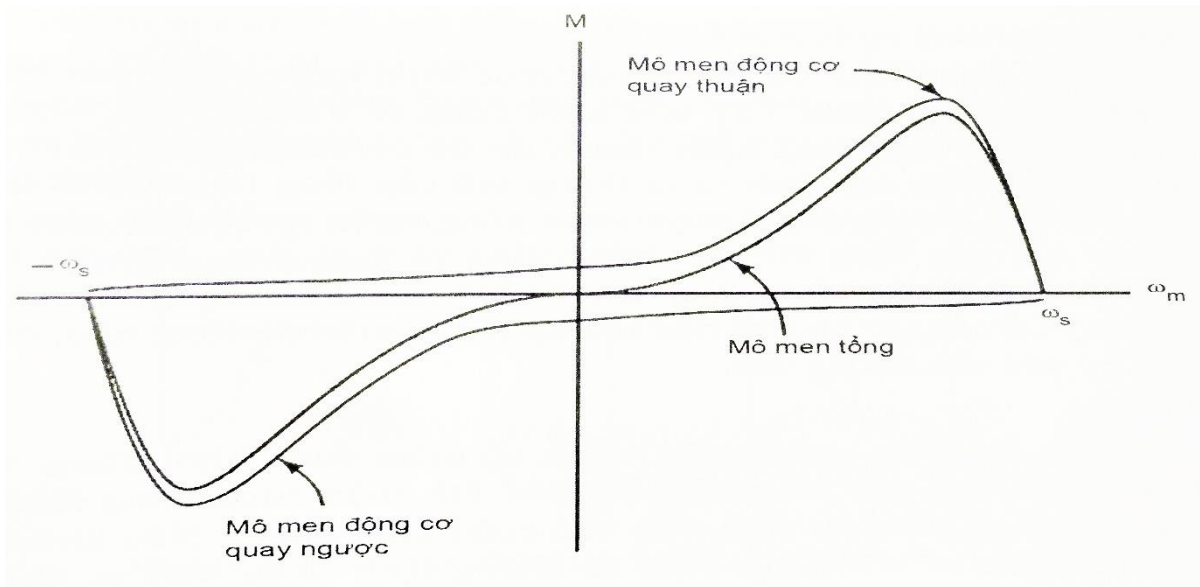
Khi cấp dòng điện xoay chiều một pha vào cuộn dây stato , sẽ sinh ra một từ trường biến đổi (đập mạch) . với một từ trường đập mạch , có thể phân tích

thành 2 từ trường quay cùng tốc độ ($n = 60f/p$) nhưng ngược chiều nhau, có biên độ bằng nhau và bằng nửa biên độ từ trường đập mạch.

Như vậy, có thể coi động cơ một pha gồm 2 động cơ 3 dị bộ pha rotor ngắn mạch có chung trục nhưng quay với 2 chiều khác nhau. Hai động cơ này tạo ra 2 mô men quay M_1 và M_2 có chiều ngược nhau.

Giả thiết rằng động cơ có chiều quay theo chiều kim đồng hồ (quay thuận) tạo ra mô men M_1 có độ trượt tính như sau:

$$S_1 = \frac{N_{TT} - N}{N_{TT}}$$



Hình 2.3 Đặc tính của động cơ dị bộ một pha

Còn động cơ có chiều quay ngược lại với độ trượt tính theo biểu thức.

$$S_2 = \frac{N_{TT} - N}{N_{TT}} = \frac{N_{TT} + N + N_{TT} - N_{TT}}{N_{TT}} = \frac{2N_{TT}}{N_{TT}} - \frac{N_{TT} - N}{N_{TT}} = 2 - S_1$$

Do 2 động cơ hoạt động trên cùng một trục nên mô men tổng có giá trị.

$$M = M_1 + M_2$$

Đặc tính $M = f(\omega_m)$ biểu diễn trên hình 2.3. Từ đặc tính này ta thấy động cơ dị bộ một pha không có mô men khởi động ($\omega_m = 0$, thì $M = 0$).

1.2.3 khởi động động cơ dị bộ một pha

Nếu như đã nói động cơ dị bộ một pha không có mô men khởi động, tại thời điểm mới đóng vào lưới, ta tác động lên trục động cơ một mô men theo

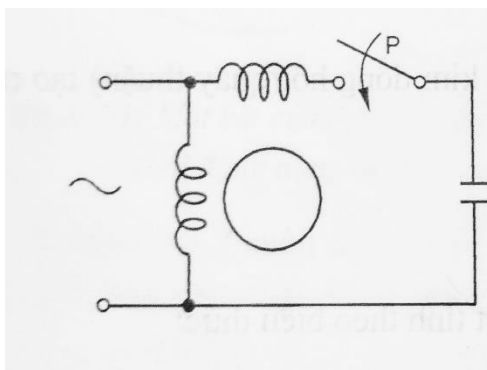
hướng đó . Để xác định chiều quay cho động cơ ta phải tạo ra mô men khởi động .

1, khởi động dùng vòng ngắn mạch

Ta xẻ mặt cực từ thành rãnh và đặt vào đó một vòng ngắn mạch làm bằng đồng bao lấy một phần mặt cực (hình 2.2) . Khi động cơ từ trường cuộn dây chính có một bộ phận nhỏ xuyên qua vòng ngắn mạch , do đó có dòng cảm ứng trong vòng dây ngắn mạch , dòng điện này sinh ra từ thông thứ cấp tổng hợp với từ thông ban đầu xuyên qua nó làm cho từ thông xuyên qua vòng ngắn mạch lệch pha so với từ thông chính một góc gần bằng 90° về không gian và thời gian . Vì vậy từ trường tổng trong máy sẽ là một từ trường quay nên có mô men khởi động như động cơ dị bộ 3 pha . Loại này có cấu tạo nhẹ , rẻ tiền như mô men khởi động nhỏ chỉ dùng ở động cơ có yếu tố không cao.

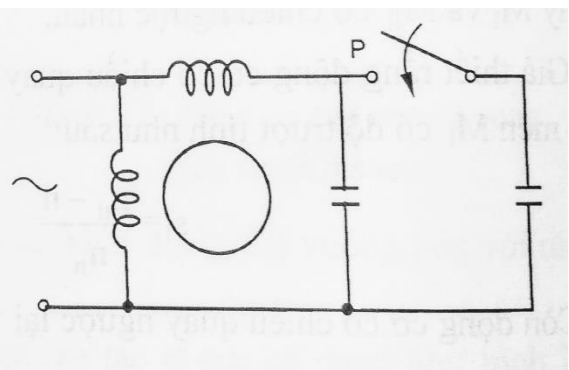
2, dùng tụ điện

Lúc này động cơ một pha ngoài cuộn chính có thêm cuộn khởi động . Cuộn dây khởi động được đặt vuông góc với cuộn công tác . Để nhận được dòng điện lệch pha 90° về thời gian , ta dùng thêm tụ điện mắc vào cuộn khởi động . Nếu không dùng tụ điện mà dùng cuộn kháng thì dòng điện sẽ không lệch nhau 90° , ta không có từ trường quay trong do đó mô men khởi động không lớn . Với mục đích tiết kiệm , cuộn khởi động chỉ được nối khi khởi động , khởi động xong lại cắt ra bằng cầu dao P tuy nhiên trong thực tế điều này ít dùng vì cái lợi ít hơn cái không lợi . Trong nhiều trường hợp người ta dùng 2 tụ điện mắc như hình 2.4 .



Hình 2.4 Chách mắc cuộn khởi động

Động của động cơ một pha



hình 2.5 Dùng hai tụ điện khởi

dị bộ một pha

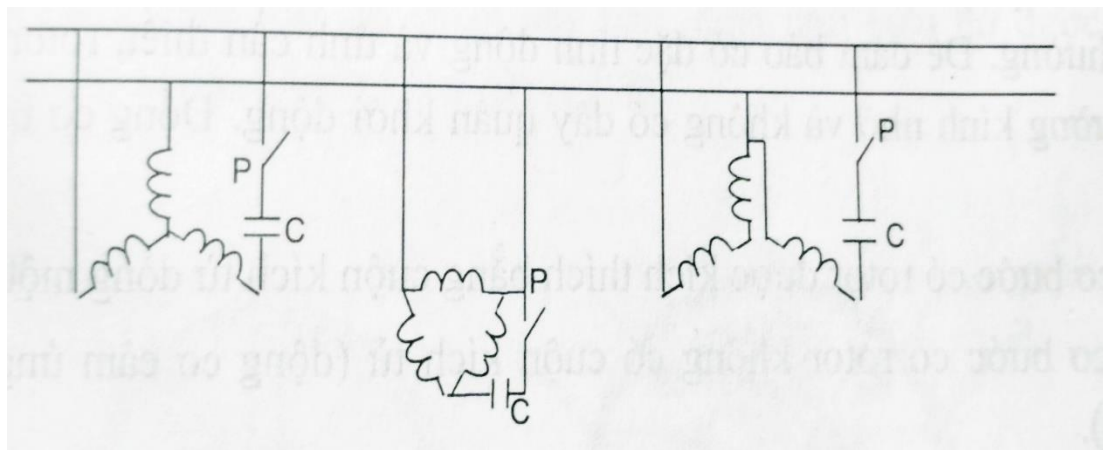
Khi khởi động , hai tụ điện mắc song song để có giá trị lớn (tăng mô men khởi động) tụ điện có giá trị nhỏ được mắc thường trực để cải thiện đặc tính hoạt động của động cơ .

1.2.4 động cơ dị bộ 3 pha ở chế độ 1 pha

Động cơ dị bộ 3 pha khi mất một pha sẽ là động cơ dị bộ 1 pha . Tuy nhiên khi động cơ 3 pha mất một pha sẽ xảy ra hai tình huống sau :

- mất một pha trước khi đóng vào lưới điện , thì khi đóng vào lưới động cơ không quay vì không có mô men khởi động , lúc này ta sẽ thấy tiếng kêu ì ì của từ trường
- mất một pha khi động cơ đang quay , lúc này động cơ sẽ tiếp tục quay nhưng dòng làm việc sẽ lớn vì mô men cản trên động cơ không đổi , trong khi đó công suất cấp vào động cơ bị mất một pha , nên dòng phải tăng để đảm bảo mô men quay không đổi . người ta đã tính để đảm bảo công suất khi mất một pha bằng công suất khi làm việc với 3 pha thì dòng tăng lên $\sqrt{3}$ lần . Nếu động cơ có bảo vệ mất pha , động cơ sẽ tự ngắt khỏi lưới .

Trong một số trường hợp người ta có thể biến động cơ 3 pha thành 1 pha với những sơ đồ nối mạch sau đây (hình 2.6).



Hình 2.6 Cách nối động cơ 3 pha để được động cơ một pha

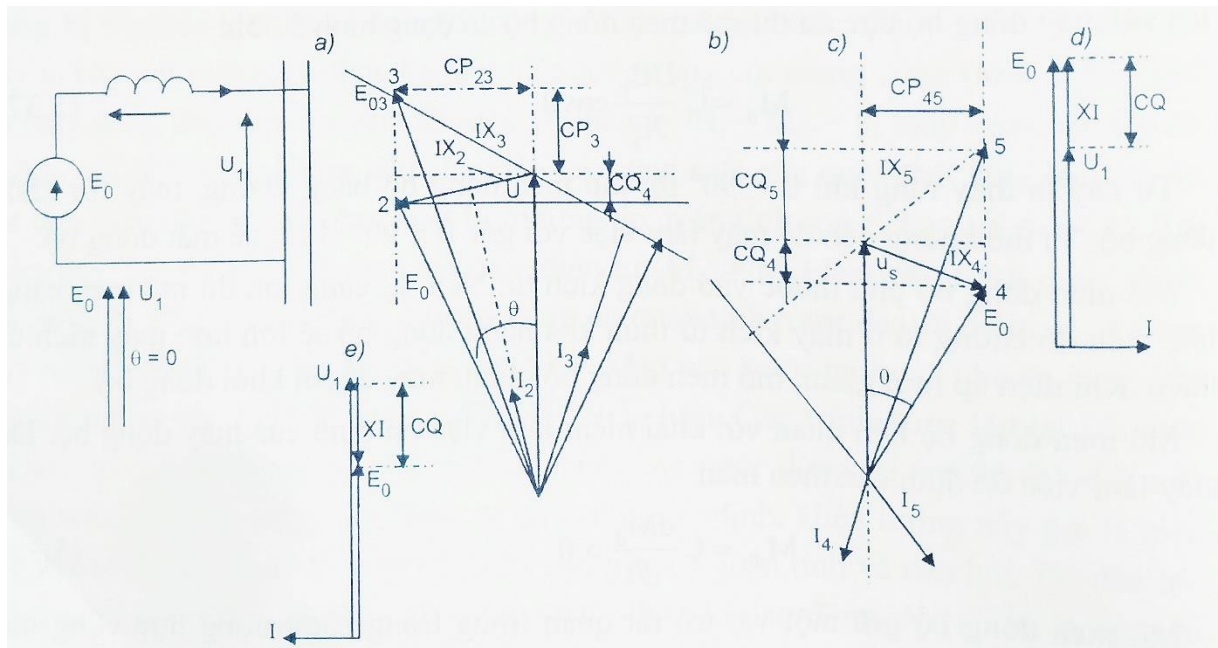
Dùng một pha của động cơ 3 pha làm cuộn khởi động . Sau khi khởi động xong dùng công tắc P để ngắt bộ phận làm lệch pha ra . Công suất của động cơ ba pha bây giờ còn một nửa so với khi làm việc 3 pha .

Nếu chế độ động cơ không nặng lắm , thì tụ điện có thể xác định bằng đồ thị đường tròn , xong cần nhớ rằng khi sử dụng động cơ 3 pha làm động cơ một pha dùng tụ điện mắc liên tục thì công suất có thể đạt 70%- 80% .

1.3 động cơ đồng bộ

1.3.1 tính chất động của động cơ đồng bộ

Một máy điện đồng bộ được nối với lưới điện sau khi hòa đồng bộ có thể làm việc như máy phát hoặc như động cơ phụ thuộc vào tải. Để giải thích điều này chúng ta sử dụng sơ đồ véc tơ máy đồng bộ cực âm. Giả thiết rằng hòa đồng bộ chính xác $E_p = U_{lưới}$ (hình 3.1). Lúc này máy chạy không tải ($\theta = 0$) không nhận vào cũng không phát ra một công suất nào, tổn hao trong máy điện được bù đắp bởi máy lại. Nếu tại thời điểm này ta tăng công suất máy lại mà không thay đổi dòng kích từ thì rotor sẽ tăng tốc làm góc công suất $\theta > 0$ (hình 3.1 b). Ở một giá trị θ_2 nào đó có sự cân bằng công suất và công suất phát, máy đồng bộ làm việc ổn định (điểm 2). Từ vị trí dòng điện trên sơ đồ thì véc tơ ta thấy máy điện làm việc như máy phát, phát ra công suất tác dụng p_2 và công suất dung kháng Q_2 . Vì máy phát ra công suất dung kháng không tốt làm cho nên ta phải tăng dòng kích từ để dòng tải có tính cảm kháng, máy phát ra công suất tác dụng và công suất cảm kháng (điểm 3).



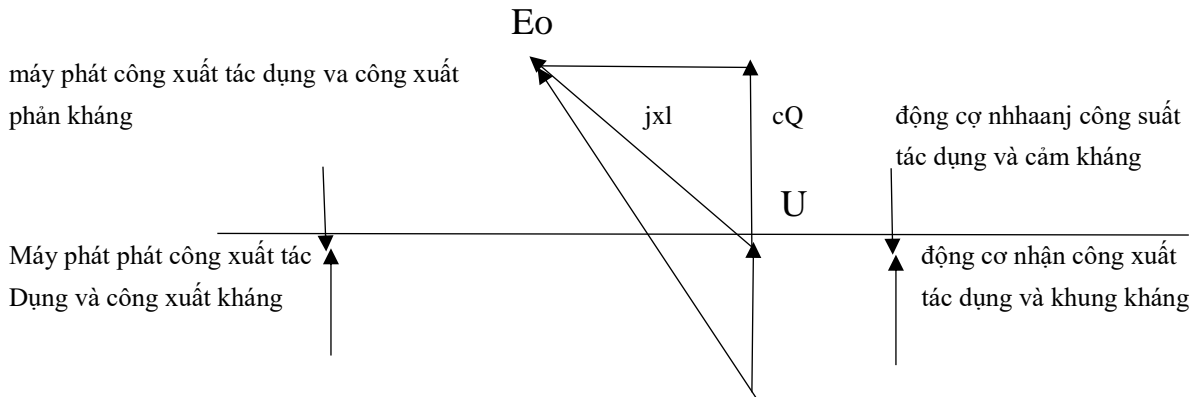
Hình 3.1 Khả năng làm việc của máy điện đồng bộ

- a, chạy không tải b, làm việc như máy phát
c, làm việc như động cơ, d, làm việc như máy bù

Nhưng cũng tại thời điểm xuất phát nếu ta ngắt máy lại, sau đó tải nó bằng mô men cơ học thì tốc độ rotor chậm dần lại vị trí ổn định (4) ứng góc công suất θ_4 . Lúc này máy làm việc như động cơ đồng bộ nhận từ lưới công suất P_4 và Q_4

(cảm kháng) . Do nhận từ lưới công suất cảm kháng Q_4 không phù hợp nên ta phải tăng dòng kích từ để máy có thể có $\cos\varphi= 1$ hoặc nhận công suất dung kháng Q_5 và công suất P_5 tác dụng ứng với điểm 5 .

Để hình dung được ảnh hưởng của kích từ ta xét ở chế độ không tải . Tại chế độ này nếu ta chỉ tăng dòng kích từ (quá kích) thì máy sẽ phát dòng cảm kháng (hình 3.1b) , nếu giảm dòng kích từ máy sẽ phát dòng dung kháng (hình 3.1e) . Các chế độ có thể làm việc của máy đồng bộ biểu diễn ở hình 3.2 .

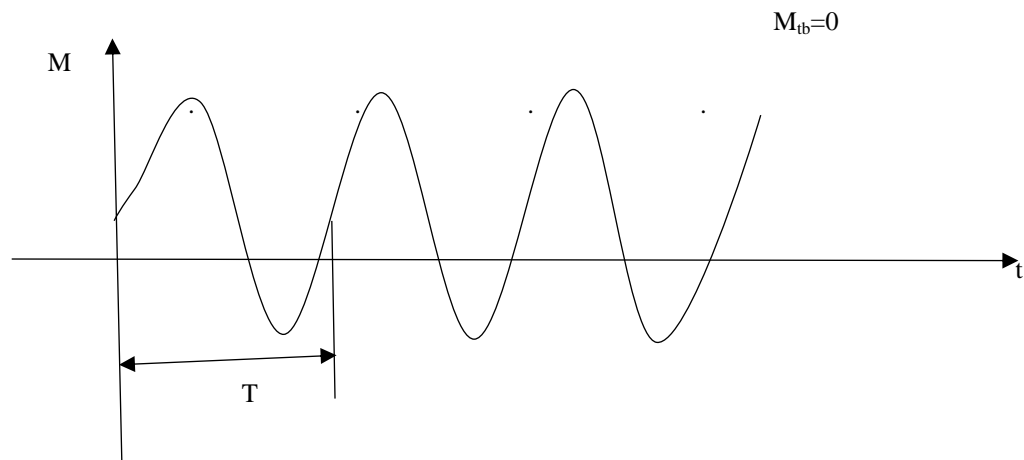


Hình 3.2 Các khả năng làm việc của máy điện đồng bộ

bộ

1.3.2 khởi động động cơ đồng bộ

Trước hết ta hãy xét một máy điện đồng bộ không có một thiết bị phụ đặc biệt nào . Cuộn kích từ được nối với nguồn 1 chiều , còn cuộn phần ứng được nối vào lưới điện 3 pha tạo ra từ trường quay với tốc độ $n_{tt} = \frac{60f}{p}$ trong điều kiện này ở trong máy đồng bộ xuất hiện mô men biến đổi hình 3.3 .



Hình 3.3 Mô men máy đồng bộ khi rotor không quay

Chu kỳ biến đổi của mô men xác định :

$$T_M = \frac{1}{F_m} = \frac{60}{p(n_{tt} \pm N)} = \frac{1}{\frac{f(n_{tt} \mp N)}{n_{tt}}} \quad (1.11)$$

Trong đó : n- tốc độ tức thời của roto , dấu “ - “ khi nó quay thuận chiều quay , còn dấu “ + “ khi quay ngược chiều quay . khi $n=0$ thì $f_m = f_1 = 50\text{Hz}$. Một mô men biến đổi với tần số như vậy thì do rotor có quán tính lớn sẽ không chuyển động . Có thể nói gọn lại là máy điện đồng bộ không có mô men khởi động ($M_{tb} = 0$) do đó ta phải tìm cách khởi động động cơ đồng bộ .

a, khởi động bằng máy ngoài.

Thực chất của quá trình này là đồng bộ hóa hay tự đồng bộ . Ta dùng một máy loại ngoài (động cơ dị bộ , hoặc động một chiều ...) quay rotor động cơ đồng bộ với tốc độ cần thiết để hoà với lưới . Phương pháp này có nhược điểm là cần dùng một động cơ ngoài lên tốn kém vì vậy ít được dùng .

b, phương pháp khởi động dị bộ

Đây là phương pháp giống như khởi động động cơ dị bộ . Để thực hiện được phương pháp này người ta đặt ở mặt cực một cuộn dây ngắn mạch làm bằng các thanh đồng (đồng thường hay đồng đỏ) giống như động cơ của máy điện không đồng bộ rotor mặt ngắn . Nếu bỏ qua cuộn kích từ thì khi nối cuộn dây 3 pha vào lưới sẽ có dòng 3 pha chạy vào và tạo ra từ trường quay làm rotor quay như máy điện dị bộ . Khi đã đạt được tốc độ nhất định nếu ta cấp dòng kích từ cho cuộn kích từ thì giữa từ trường một chiều và từ trường quay sẽ tác động lên nhau và tạo ra mô men có biên độ tăng dần . Chu kỳ T_m của mô men này thì độ trượt nhỏ có giá trị lớn , nếu mô men trong máy sinh ra trong máy đồng bộ có thể giúp cho rotor tăng tốc để bước vào đồng bộ . Cuộn dây khởi động của máy có thể là bản thân các lá thép cực từ với kích thước nhất định , khi từ trường biến thiên trong nó sẽ xuất hiện dòng xoáy và tạo ra mô men đủ lớn để khởi động máy . Để giảm dòng khởi động người ta sử dụng các phương pháp như ở máy dị bộ .

Cho tới lúc này chúng ta đã bỏ qua cuộn kích từ . Nếu cuộn kích từ hở mạch thì ở thời kỳ đầu của quá trình khởi động , từ trường quay do rotor tạo ra sẽ quay so với rotor một tốc độ rất lớn ($n_{tt} - n = s_{ntt}$) sẽ cảm ứng tổng cuộn kích từ hở một sđđ có giá trị rất lớn gây nguy hiểm cách điện cuộn kích từ và cho người vận hành . Để tránh hiện tượng quá điện áp ta nối cuộn dây qua một điện trở

thích hợp . Việc nối điện trở này lại tạo ra một hiện tượng khác gọi là hiện tượng Gorgesa. Bản chất hiện tượng này như sau :

Từ trường quay của rotor làm xuất hiện dòng xoay chiều ở mạch kích từ có tần số :

$$f_2 = \frac{p(n_{tt}-n)}{60} = f_1 s \quad (1. 12)$$

Dòng biến đổi này tạo ra một từ trường biến đổi mà theo nguyên tắc ta có thể tách ta làm 2 từ trường quay bằng nhau có cùng tốc độ nhưng chiều quay ngược nhau . Một từ trường quay có chiều quay cùng chiều rotor còn từ trường kia ngược chiều (xem động cơ di bộ một pha) . Tốc độ 2 từ trường đó so với rotor như sau;

Từ trường cùng chiều quay rotor .

$$n_{2q} = \frac{60f_2}{p} \quad (1. 13)$$

Từ trường ngược :

$$n'_{2p} = - \frac{60f_2}{p} \quad (1. 14)$$

Và so với stato

từ trường quay thuận :

$$n_{ps} = n + n_{2q} = n_{tt} \quad (1. 15)$$

Từ trường quay ngược :

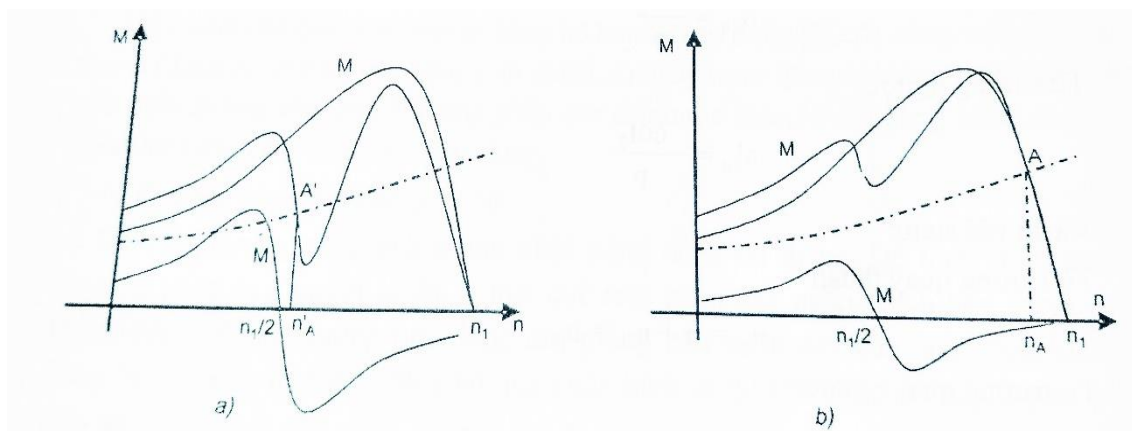
$$n'_{ps} = n + n'_{2p} = n - n_{tt} + n = 2n - n_{tt} \quad (1. 6)$$

Ta thấy từ trường thuận có tốc độ so với stato không đổi , vậy nó tạo ra mô men dị bộ tác động lên rotor theo chiều của mô men do cuộn khởi động tạo ra .

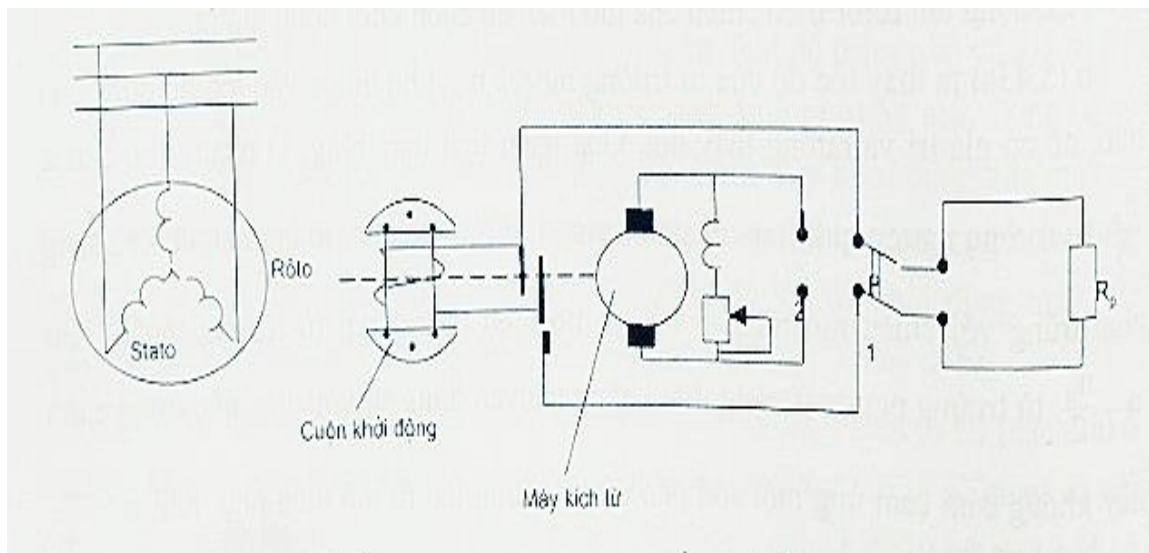
Từ (5.43a) ta thấy tốc độ của từ trường ngược n'_{qs} phụ thuộc vào tốc độ quay của rotor , nó có giá trị và hướng thay đổi . Qua phân tích thấy rằng : ở phạm vi $0 \leq n \leq \frac{N_{tt}}{2}$ từ trường ngược quay so với stato sang trái mô men do nó tạo ra một chiều sáng phải trùng với chiều mô men dị bộ và mô men tạo ra bởi từ trường thuận . Khi $n = \frac{N_{tt}}{2}$ từ trường ngược có trạng thái không chuyển động so với stato nếu trong cuộn dây không cảm ứng một sđđ nào cả và không tạo ra mô men

phụ . Khi $n > \frac{Ntt}{2}$ hướng quay của từ trường ngược so với stato sẽ ngược với trường hợp $n < \frac{Ntt}{2}$ nên mô men do nó sinh ra sẽ ngược với chiều của mô men tạo ra do cuộn khởi động và từ trường thuận . Trên hình 3.4 biểu diễn đặc tính cơ của các loại từ trường tạo ra . Đặc tính mô men do từ trường ngược tạo ra ta có : khi $n = \frac{Ntt}{2}$ thì $M_{q's} = 0$ khi $n < \frac{Ntt}{2}$ thì $M_{as} > 0$ và khi $n > \frac{Ntt}{2}$ thì $M_{q's} < 0$.

Đặc tính khởi động sẽ là tổng mô men đẩy . Từ đồ thị ta thấy đặc tính cơ khởi động có vùng yên ngựa (hiện tượng Gorgesa) . Nếu vùng yên ngựa lớn (do dòng xoay chiều cuộn kích từ lớn) thì có thể xảy ra trường hợp mô men khởi động nhỏ hơn mô men cnar hình 3.4 a , khởi động không thành công . Để giảm sự tác động của từ trường ngược , ta dựa vào cuộn kích từ một điện trở phụ có giá trị khoảng 10 lần giá trị điện trở mạch kích từ : $R_p \approx 10 R_{kt}$ (hình 3.5) nếu chọn R_p lớn quá sẽ xuyên thủng cách điện , còn nếu chọn R_p nhỏ quá thì không giảm được hiện tượng Gorges, gây dung máy không khởi động được .



Hình 3.4 Đặc tính mô men khi khởi động động cơ đồng bộ bằng phương pháp dị bộ a, mạch kích từ bị nối tắt b, mạch kích từ nối qua một điện trở .



Hình 3.5 Sơ đồ nối dây khởi động động cơ đồng bộ bằng phương pháp dị bộ

Nắm được tính chất này của máy đồng bộ sẽ có lợi cho trường hợp động cơ dị bộ 3 pha dây quấn bị đứt một pha ở rôto . Khi động cơ dị bộ 3 pha dây quấn đứt 1 pha ở rotor có hiện tượng giống như trường hợp vừa nghiên cứu .

c, khởi động bằng phương pháp tần số

Nếu ta cấp cho stato một nguồn điện có khả năng điều chỉnh tần số , khi tăng dần tần số nguồn điện cung cấp từ 0 đến tần số đồng bộ , nếu mạch kích từ của động cơ cũng tăng m đến khi đạt tốc độ đồng bộ ta nối động cơ vào lưới và ngắt nguồn cung cấp có tần số ra khỏi động cơ .

CHƯƠNG 2 ĐỘNG CƠ BLDC

2.1 giới thiệu chung

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

Mặc dù được gọi là động cơ một chiều nhưng thực chất động cơ BLDC thuộc loại động cơ xoay chiều đồng bộ sử dụng nam châm vĩnh cửu, Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu là nhóm động cơ xoay chiều đồng bộ (tức là rotor quay cùng tốc độ với từ trường quay) có phần cảm là nam châm vĩnh cửu. Động cơ BLDC là loại động cơ sóng hình thang. Chính sức phản điện động có dạng hình thang này mới là yếu tố quyết định để xác định một động cơ BLDC. Thay cho sự chuyển mạch dòng phần ứng nhờ các động cơ một chiều thông thường sử dụng chổi than-chổi than thì động cơ BLDC sử dụng chuyển mạch điện tử. Do đó các cuộn dây phần ứng đặt trên stator nên dễ dàng dẫn nhiệt từ các cuộn dây ra ngoài vỏ, cũng như sử dụng các phương pháp làm mát cưỡng bức khác nếu cần. Vì vậy động cơ BLDC có mật độ công suất lớn hơn động cơ một chiều truyền thống. Mặc dù người ta nói rằng đặc tính tĩnh của động cơ BLDC và động cơ một chiều thông thường là hoàn toàn giống nhau, nhưng thực tế chúng có những khác biệt đáng kể ở một vài khía cạnh. Khi nói về chức năng của động cơ điện, không được bỏ qua ý nghĩa của dây quấn và sự đổi chiều. Đổi chiều là quá trình biến đổi dòng một chiều ở đầu và thành dòng xoay chiều và phân bố một cách

chính xác dòng điện xoay chiều này tới mỗi dây quấn ở phần ứng của động cơ. Ở động cơ BLDC, người ta sử dụng các thiết bị bán dẫn như transistor, MOSFET, IGBT... để thực hiện đổi chiều khác với động cơ một chiều thông thường sử dụng cổ góp-chổi than.

Ưu điểm của động cơ BLDC:

- Đặc tính tốc độ/mô men tuyến tính.
- Đáp ứng động nhanh do quán tính nhỏ.
- Hiệu suất cao do sử dụng rotor nam châm vĩnh cửu nên không có tổn hao trên rotor.
- Tuổi thọ cao do không có chuyển mạch cơ khí.
- Không gây nhiễu khi hoạt động.
- Dải tốc độ rộng.
- Mật độ công suất lớn.
- Vận hành nhẹ nhàng (dao động mô men nhỏ) thậm chí ở tốc độ thấp (để đạt được điều khiển vị trí một cách chính xác).
- Mô men điều khiển được ở vị trí bằng không.
- Kết cấu gọn.
- Có thể tăng tốc và giảm tốc trong thời gian ngắn.

Nhược điểm của động cơ BLDC:

- Do động cơ được kích từ bằng nam châm vĩnh cửu nên khi chế tạo có giá thành cao.
- Nếu dùng các loại nam châm sắt từ thì dễ bị từ hóa, khả năng tích từ không cao, dễ bị khử từ và đặc tính từ của nam châm bị giảm khi tăng nhiệt độ. Động cơ BLDC có những ưu điểm vượt trội so với các động cơ một chiều thông thường. Khi so sánh hai loại động cơ này về mặt công nghệ hiện tại, ta thường đề cập tới sự khác nhau hơn là sự giống nhau giữa chúng.

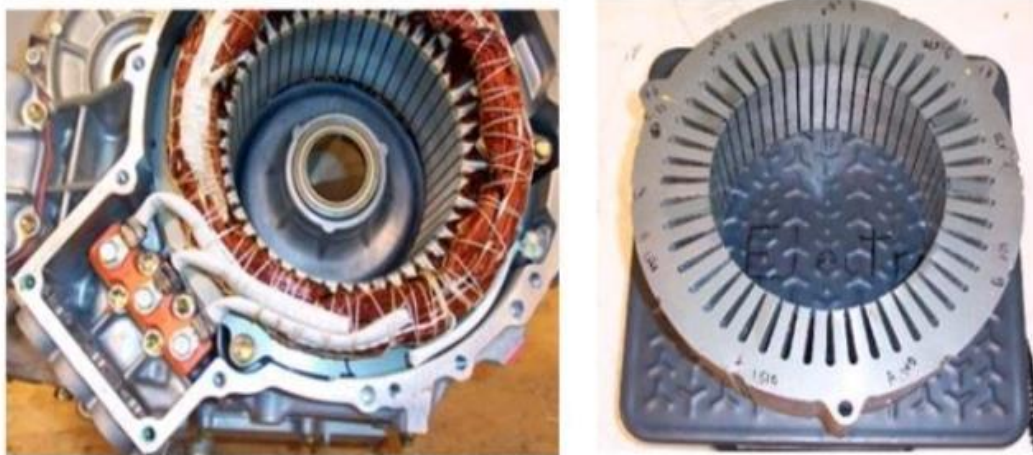
2.2 cấu tạo của động cơ BLDC

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.

2.2.1 cấu tạo stator của động cơ BLDC

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 phản 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. Trên hình 2.1 là hình ảnh cấu tạo stator đồng bộ BLDC.



Hình 2.1 Hình ảnh cấu tạo stator máy BLDC

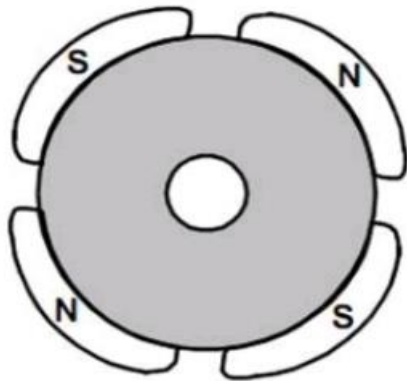
a, cuộn dây đặt trong rãnh stator , b, rãnh của stator

2.2.2 cấu tạo rotor của động cơ BLDC.

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

1. Rotor có nam châm gắn trên bề mặt lõi

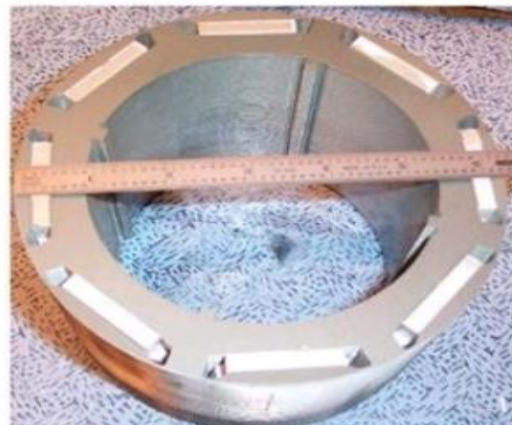
Các nam châm vĩnh cửu được gắn trên bề mặt lõi rotor. Kết cấu này đơn giản trong chế tạo nhưng không chắc chắn nên thường được sử dụng trong phạm vi tốc độ trung bình và thấp.



Hình 2.2 Rotor có nam châm gắn trên bề mặt

2. 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.



Hình 2.3 Rotor có nam châm ẩn bên trong lõi

Ở động cơ BLDC, các nam châm vĩnh cửu trên rotor tạo ra từ trường hướng tâm và phân bố đều dọc theo khe hở không khí giữa stator và rotor. Dựa vào yêu cầu về mật độ từ trường trong rotor,

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

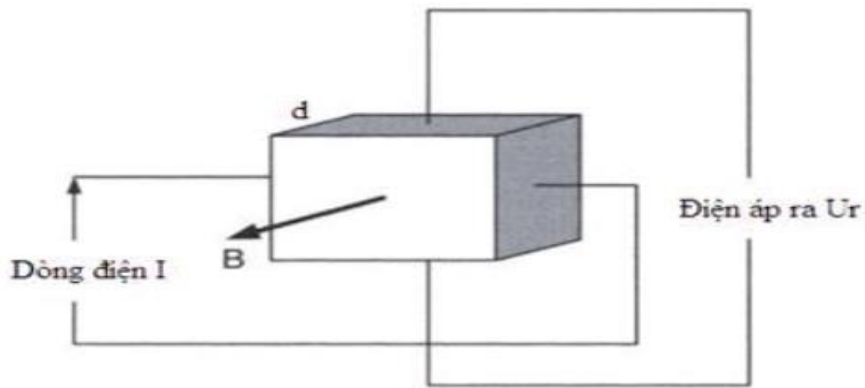
2.3 Cảm biến vị trí rotor

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.

2.3.1. 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.



Hình 2.4 Mô hình phần tử cảm biến hall

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 .

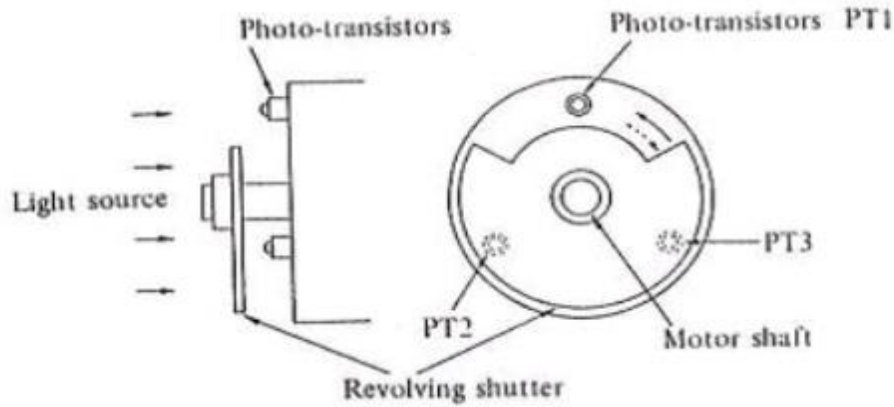
Việc gắn cảm biến Hall trên stator là một quá trình phức tạp và yêu cầu độ chính xác cao. Việc lắp cảm biến Hall trên stator không chính xác sẽ dẫn đến những sai số khi xác định vị trí của rotor. Để khắc phục điều này, một số động cơ có thể được đặt thêm các nam châm phụ trên rotor để phục vụ cho việc 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.

2.3.2 Bộ cảm biến từ trở MR

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

2.3.3 Dùng đèn LED transistor quang và màn chắn

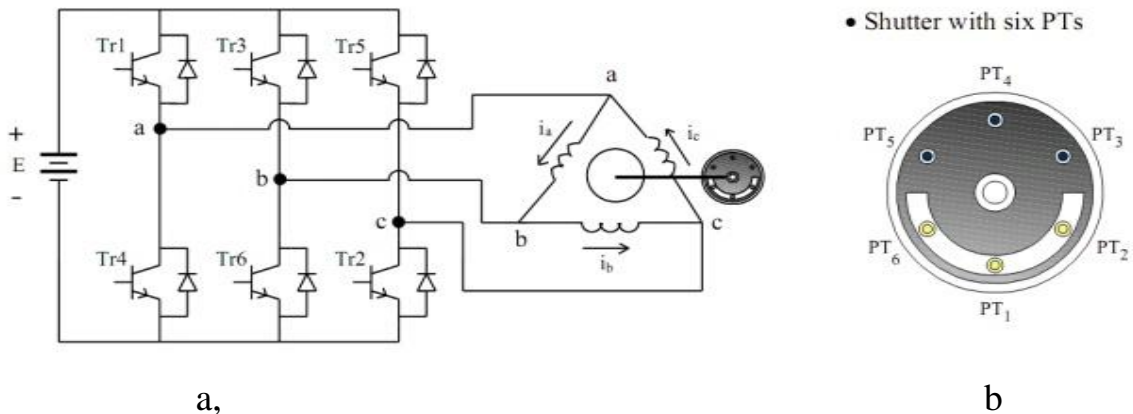
Trên hình 2.5 là hệ thống xác định vị trí từ thông dùng đèn transistor quang hay màn chắn.



Hình 2.5 Thiết bị cảm biến vị trí rotor dung quang

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

Mạch điện tử công suất gồm 6 transistor (hình 2.5) được mắc thành cầu đối xứng. Ba cuộn dây stator được nối tam giác. Trên rotor gắn mạch tạo tín hiệu điều khiển động cơ.



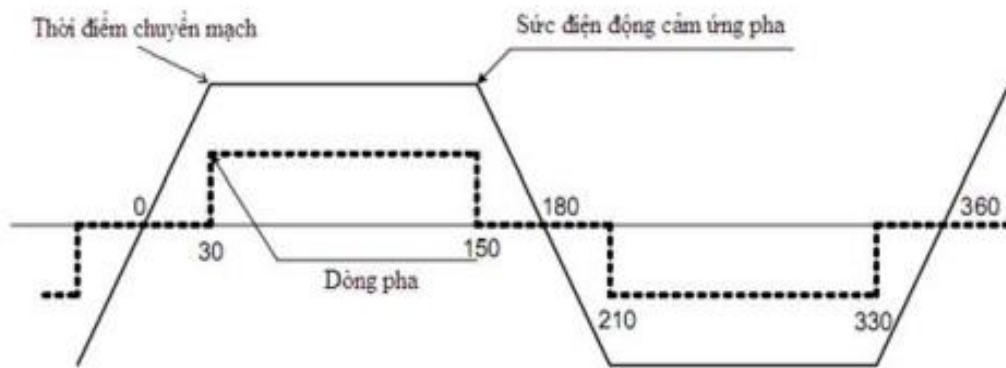
hình 2.6 a, sơ đồ nguyên lý b, cách tạo màn chắn và gắn các phân tử quang

2.4 Chuyển mạch dòng điện

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

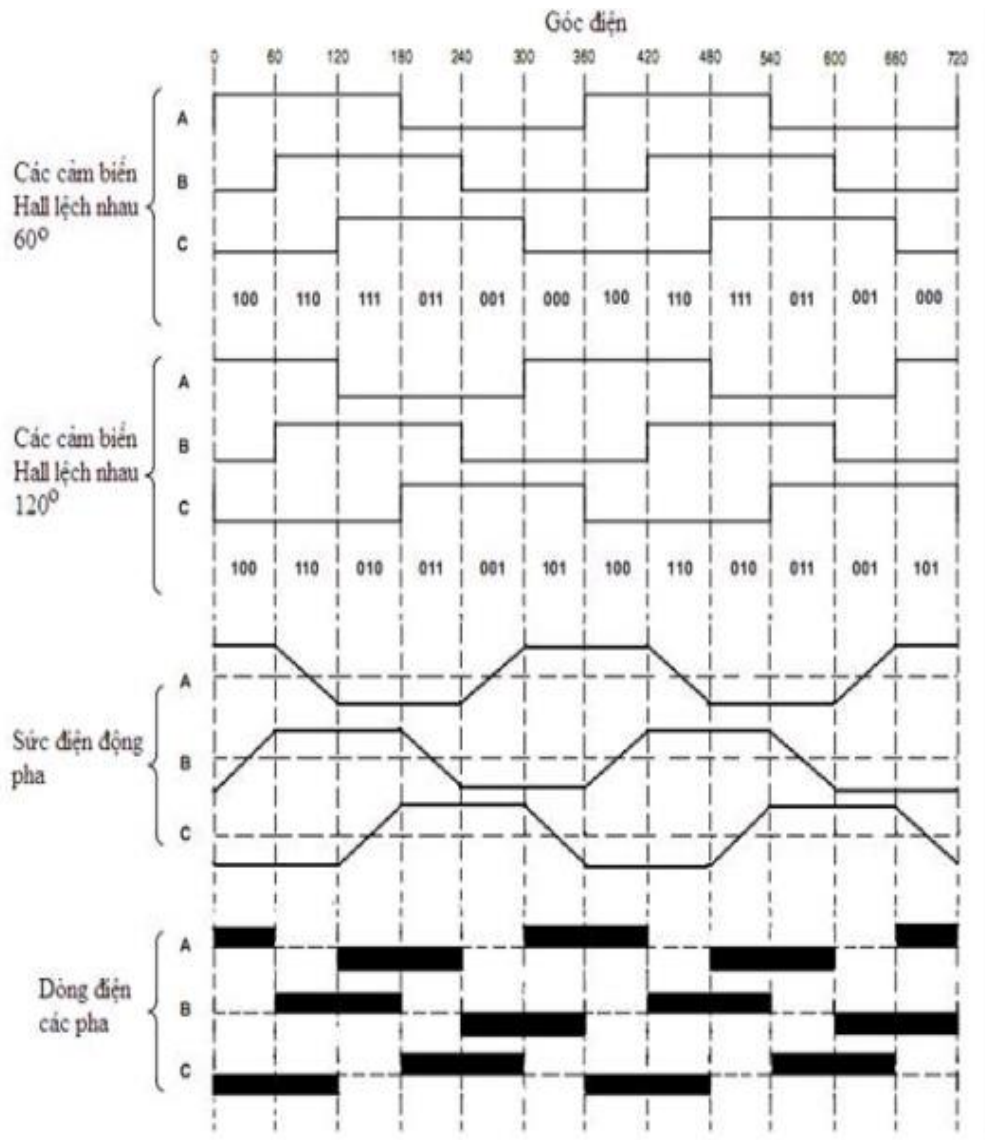
điện cũng được điều chỉnh để đạt biên độ không đổi trong khoảng có độ rộng 120° điện. Nếu không trùng pha với sức điện động thì dòng điện cũng sẽ có giá trị lớn vào gây thêm tổn hao trên stator làm giảm hiệu suất của động cơ.



Hình 2.7 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 2.8 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.



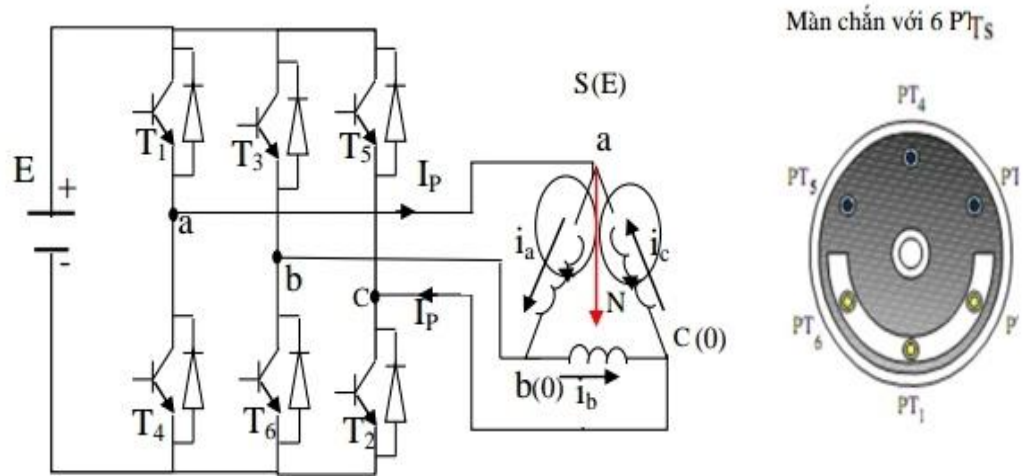
Hình 2.8 Trình tự và thời điểm chuyển mạch dòng điện

2.5 Nguyên lý hoạt động (điều khiển chuyển động động cơ BLDC

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

2.5.1 Điều khiển quay thuận

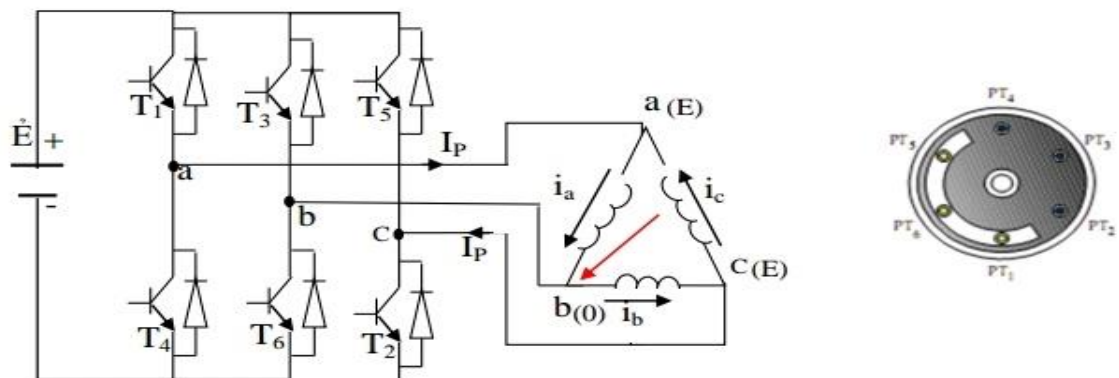
Sector 1 (hình 2.9)



Hình 2.9 Hoạt động tại sector 1 của BLDC dùng phần tử quang

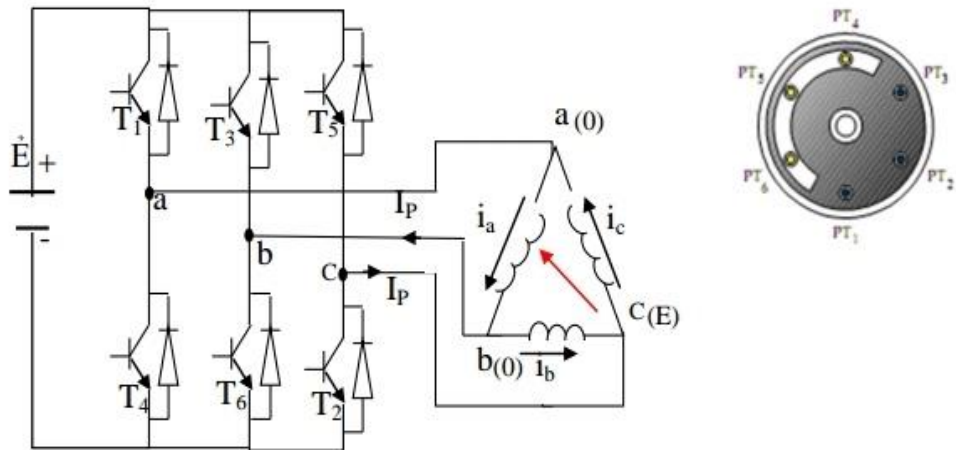
Ở vị trí này PT6, PT1, PT2 được chiếu sáng ứng với nó là các transistor T6, T1, T2 dẫn điện. Khi T1 dẫn thì điểm a và điểm +E sẽ được nối với nhau, T6 dẫn thì điểm b và điểm -E sẽ được nối với nhau, T2 dẫn thì điểm c cũng sẽ được nối với -E. Từ hình vẽ thấy: $i_b = 0$ (điểm b và điểm c cùng điện thế vì cùng nối với -E), $i_a = i_p$, $i_c = -i_p$ (i_p là dòng trong dây dẫn, coi dòng chạy đến cuộn dây là dương, dòng từ cuộn dây chạy về nguồn là âm).

Sector 2 (hình 2.10): Do vậy: lúc này $i_b = 0$ do điểm b và c có cùng điện thế, $i_c = i_p$, $i_a = -i_p$. Lúc này dòng $i_c = 0$ do điểm a và c có cùng điện áp, $i_a = i_p$, $i_b = -i_p$.



Hình 2.10 Hoạt động tại sector 2 của BLDC dùng phần tử quang

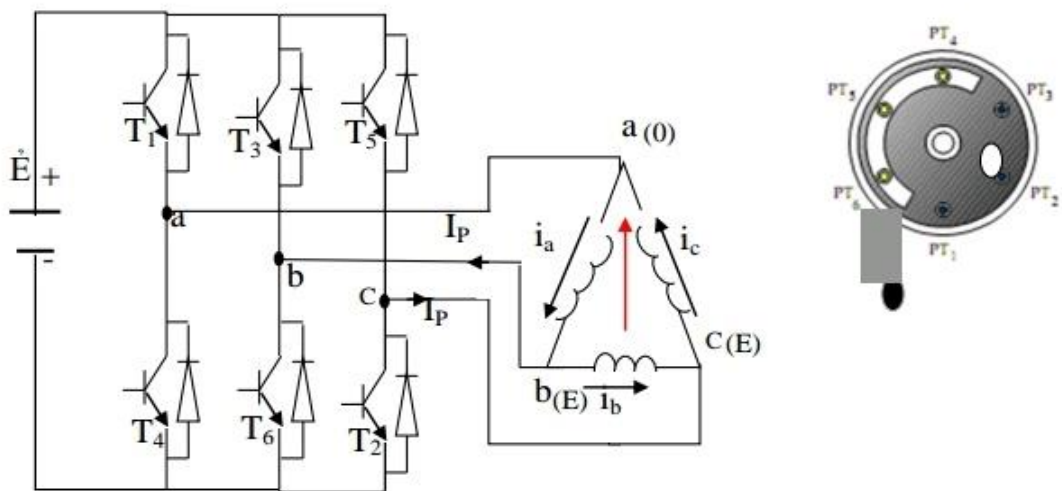
Lúc này dòng $i_c = 0$ do điểm a và c có cùng điện áp, $i_a = i_p$, $i_b = -i_p$.
Sector 3 (hình 2.11): Lúc này các đèn LED PT6, PT5, PT4 sáng đồng nghĩa với việc lần lượt các transistor T6, T5, T4 thông. Điểm a và b nối với điểm $-E$ còn điểm c được nối với $+E$.



Hình 2.11 Hoạt động tại sector 3 của BLDC dùng phần tử quang

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

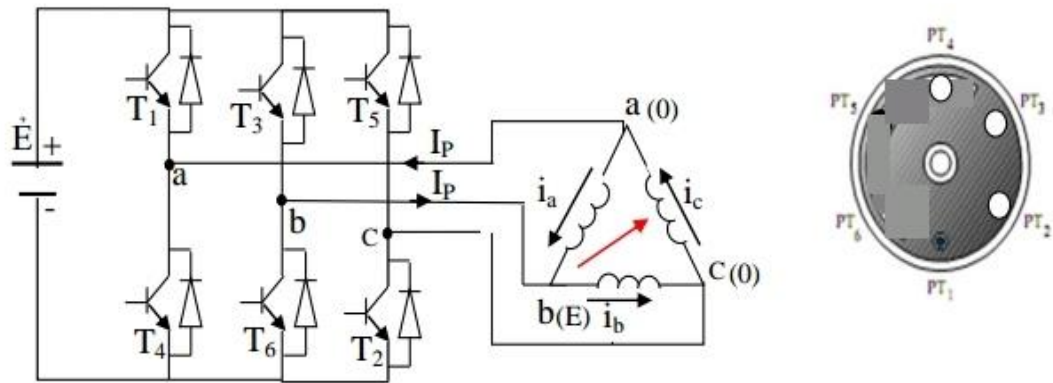
Sector 4 (hình 2.12): Các đèn LED PT5, PT4, PT3 sáng, các transistor T5, T4, T3 thông, do đó điểm a nối với $-E$, b và c được nối với $+E$.



Hình 2.12 Hoạt động tại sector 4 của BLDC dùng phần tử quang

Do vậy: lúc này $i_b = 0$ do điểm b và c có cùng điện thế, $i_c = i_p$, $i_a = -i_p$

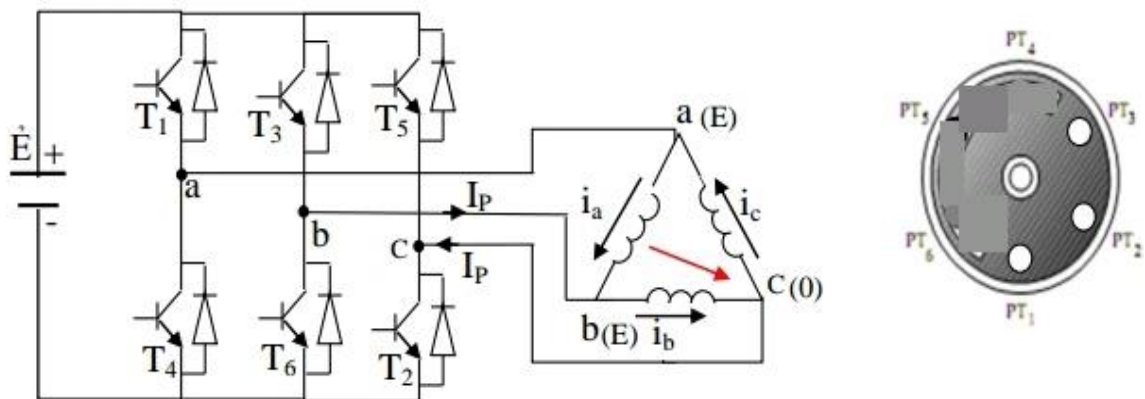
Sector 5 (hình 2.13): Các đèn LED PT4, PT3, PT2 sáng ứng với các transistor T4, T3, T2 thông. Khi T4 thông thì điểm a nối với $-E$, T3 và T2 thông, lần lượt điểm b và điểm c nối với $+E$.



Hình 2.13 Hoạt động tại sector 5 của BLDC dùng phân 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 2.14): Các đèn LED PT3, PT2, PT1 sáng tương ứng các transistor T3, T2, T1 thông dẫn điện.



Hình 2.14 Hoạt động tại sector 6 của BLDC dùng phân tử quang

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

Bảng 1 bảng đóng mở các transistor chiều quay thuận.

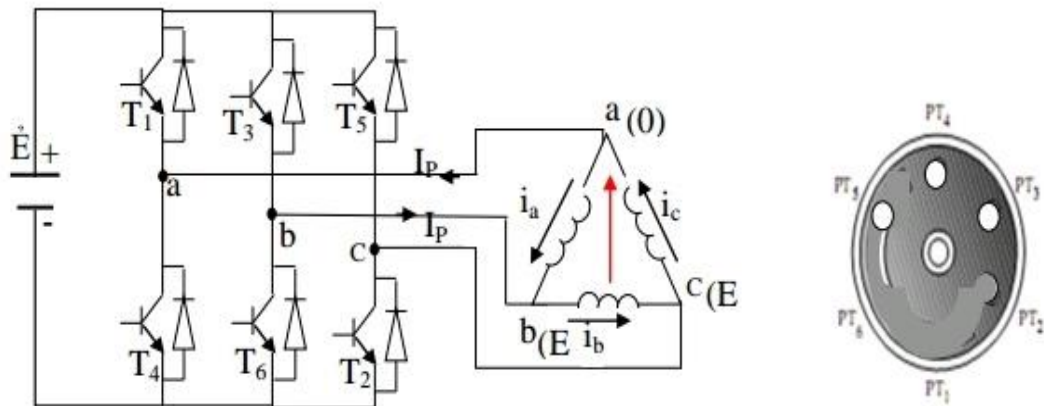
Van điện tử sector	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	1	1	0	0	0	1
2	1	0	0	0	1	1
3	0	0	0	1	1	1
4	0	0	1	1	1	0
5	0	1	1	1	0	0

6	1	1	1	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---

2.5.2, 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 dẫn , các transistor nối với các phần tử không sang lạ dẫn.

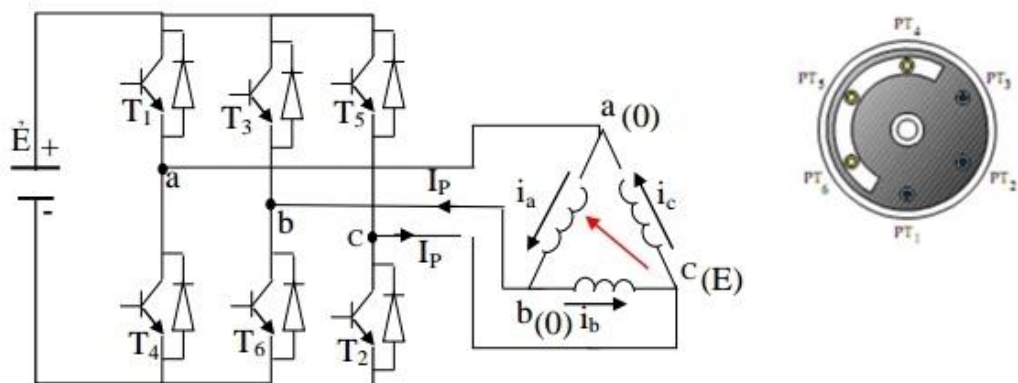
Sector 1' (hình 2.15): Các phần tử quang PT1, PT2, PT6 thông, các transistor T1, T2, T6 tắt, T4, T5, T3 thông.



Hình 2.15 Hoạt động tại secto1

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

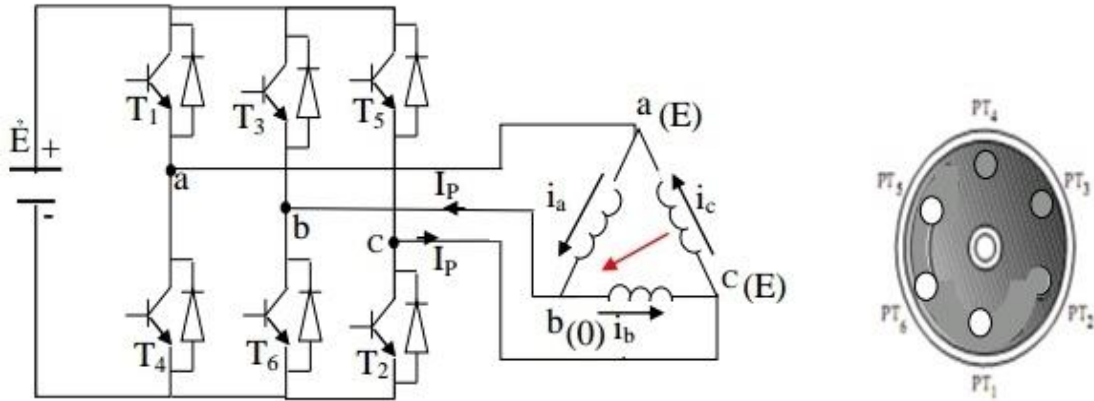
Sector 2' (hình 2.16): Transistor quang PT1, PT2, PT3 thông, các transistor T1, T2, T3 không dẫn điện, transistor T4, T5, T6 dẫn điện.



Hình 2.16: Hoạt động tại sector 2'

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

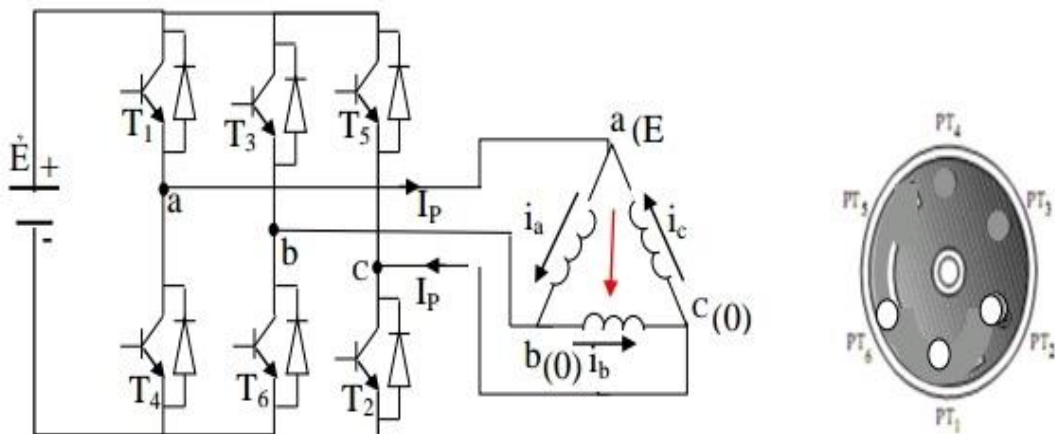
Sector 3' (hình 2.17): Phần tử quang PT4, PT2, PT3 mở nhưng không dẫn điện, các transistor T1, T5, T6 dẫn điện.



Hình 2.17: Hoạt động tại sector 3'

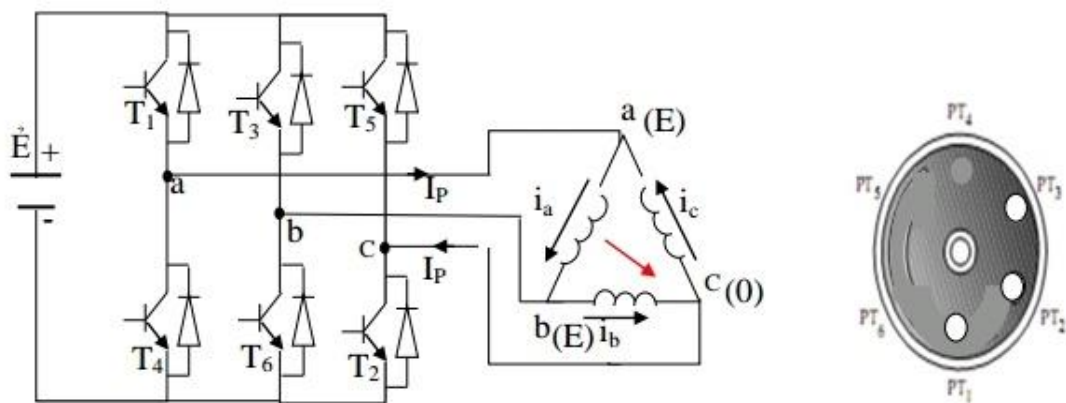
Lúc này điểm a và c nối với $+E$, b nối với $-E$. Dòng $i_c = 0$ vì a và c cùng điện thế, $i_a = i_p$, còn $i_b = -i_p$.

Sector 4' (hình 2.18): Phần tử quang PT4, PT5, PT3 làm cho các T4, T5, T3 không dẫn điện, các transistor T1, T2, T6 dẫn điện. Lúc này điểm a nối với $+E$, điểm b và c nối với $-E$, dòng $i_b = 0$ vì b và c chung điện thế, $i_a = i_p$, còn $i_c = -i_p$.



Hình 2.18: Hoạt động tại sector 4'

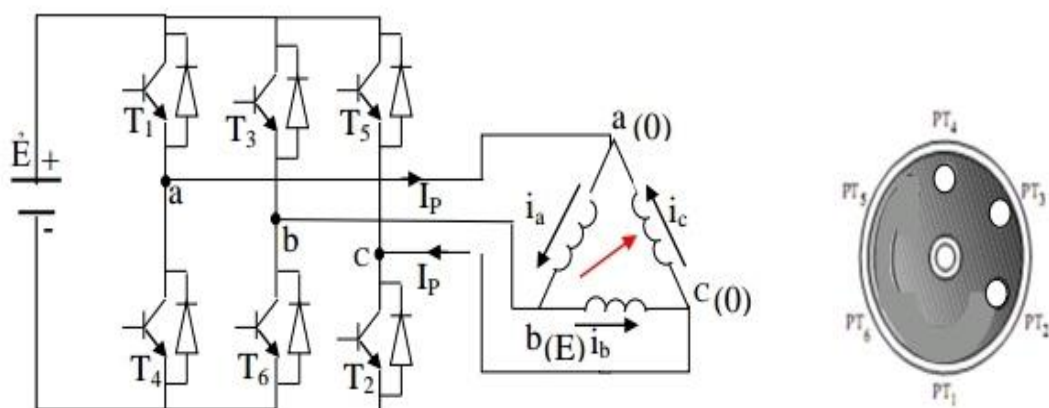
Sector 5' (hình 2.19): Phần tử quang PT4, PT5, PT6 được chiếu sáng, các transistor T1, T2, T3 dẫn.



Hình 2.19: Hoạt động tại sector 5'

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

Sector 6' (hình 2.20): Các phần tử quang PT1, PT5, PT6 mở nhưng các transistor T1, T5, T6 không dẫn điện mà các transistor T4, T2, T3 lại dẫn điện.



Hình 2.20: Hoạt động tại sector 6'

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

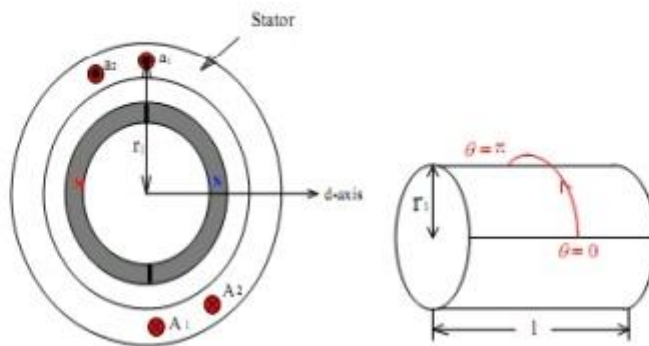
Bảng 2 là trạng thái đóng mở các transistor khi điều khiển quay ngược:

Van điện tử sector	T1	T2	T3	T4	T5	T6
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

2.6 Phương trình sđđ và mô men

Bây giờ chúng ta tìm hiểu biểu thức mô men và sđđ cho động cơ BLDC . Để làm việc này , Xét một động cơ có hai cực hình cung tròn 180° , nam châm vĩnh cửu, từ thông do nó sinh ra là không đổi.

Trục d đi qua trung tâm của cực N có $\theta=0$, số lượng vòng quay của cuộn dây a1-A1 là W_1 (hình 2.21)



Hình 2.21: Mô tả sự tạo mô men động cơ BLDC

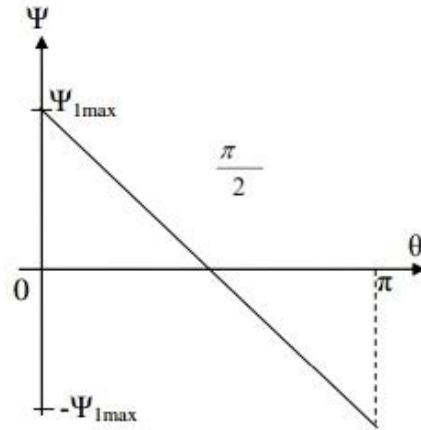
Từ thông móc vòng của cuộn dây a1-A1 với số vòng dây W_1 được xác định như sau:

$$\Psi_{1\max} = W_1 \int_0^\pi B(\theta) r_1 l d\theta \quad (2.1)$$

Sau khi tích phân:

$$\Psi_{1\max} = W_1 B_g \pi l r_1 \quad (2.2 a)$$

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

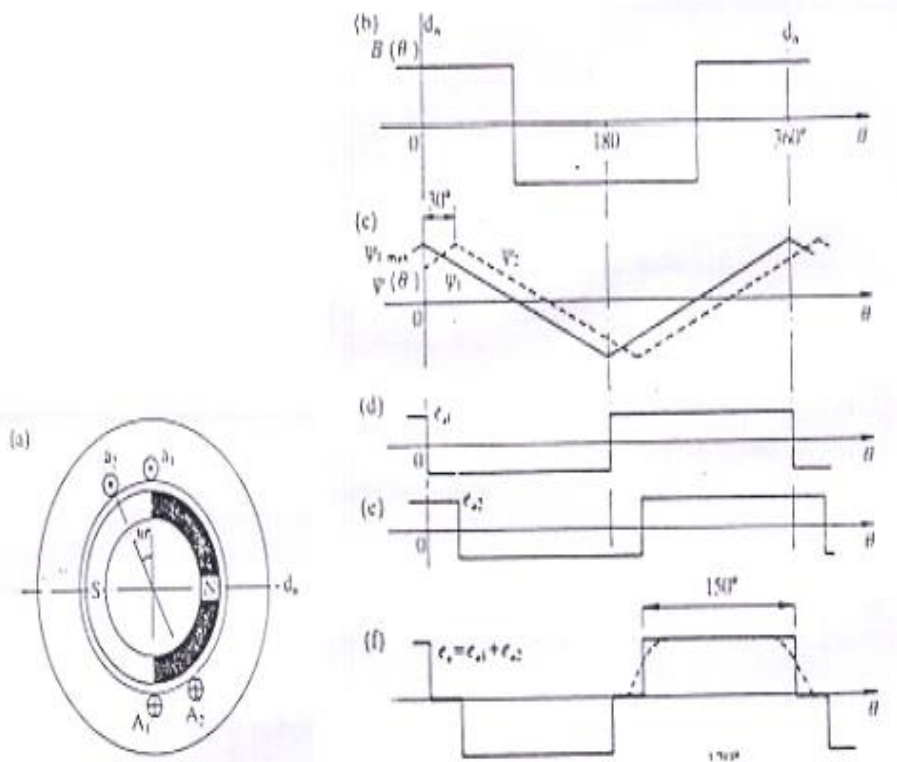


Hình 2.22 Đặc tính từ thông theo góc quay rô to

Phương trình tổng từ thông có dạng :

$$\psi_1(\theta) = \left[1 - \frac{\theta}{\pi/2}\right] \psi_{1max} \quad \text{với } (0 < \theta \leq \pi) \quad (2.2)$$

đặc tính $\psi_1 = f(\theta)$ biểu diễn trên hình 2.23



Hình 2.23 Mật độ từ thông tổng từ thông

Của cuộn dây a1-A1, a2-A2, sđđ cả hai cuộn dây và tổng sđđ.

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

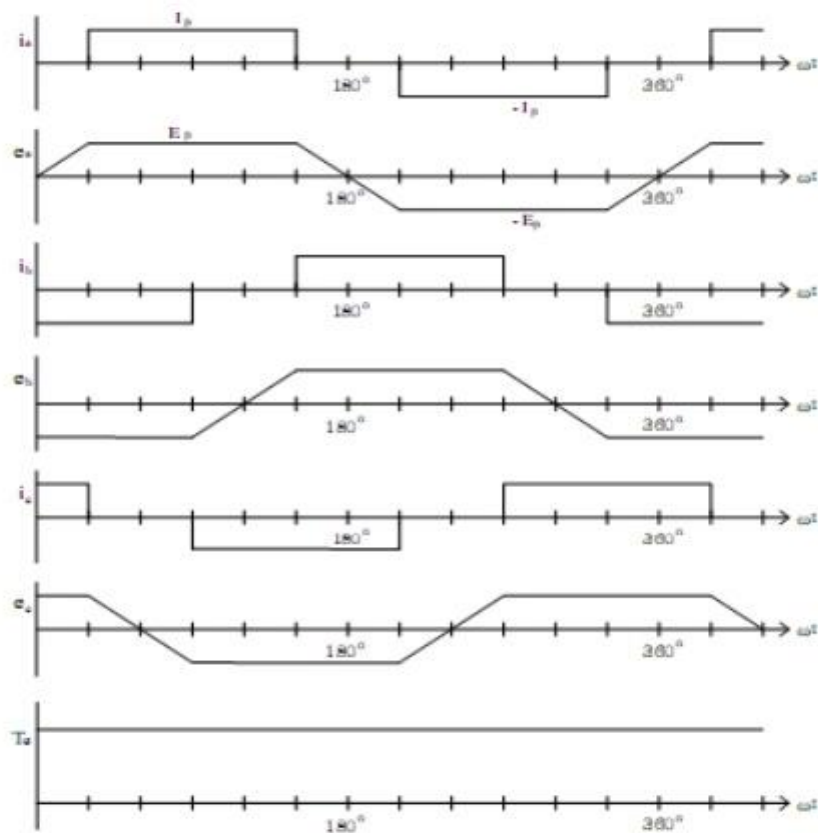
$$e_1 = \frac{d\psi_1}{dt} = \frac{d\psi_1}{d\theta} \frac{d\theta}{dt} = \omega_e \frac{d\psi_1}{d\theta}$$

Thay giá trị ψ_1 , tínhhs đạo hàm nhận được:

$$e_1 = -2w_1 B g l r_1 w_e \quad (2.3)$$

Mật độ từ thông , tổng từ thông của dây a1-A1, a2-A2, sđ đ cả 2 cuộn dây cho ở hình 2.23 . Nhận thấy rằng sđđ có dạng hình thang , đỉnh phẳng tức thời 102° do từ trường không hình sin.

Trên hình 2.24 biểu diễn dòng điện, sức điện động và mô men của động cơ ba pha. Dòng phản ứng lý tưởng dạng chữ nhật, đỉnh phẳng có góc là 120° , sức điện động ba pha lý tưởng có dạng hình thang, đỉnh phẳng là 120° nửa chu kì và trùng pha với dòng điện.



Hình 2.24 Biểu diễn dòng điện 3 pha , sđđ và mô men

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

$$e = 2W_{ph} B g l r_1 \omega_e \quad (2.4)$$

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

$$e = \frac{2}{\pi} W_{ph} B_g l \pi r l \omega_e \quad (2.5)$$

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

$$E = 2e \quad (2.6)$$

Thay vào được :

$$E = \frac{4}{\pi} N_{ph} B_g l \pi r l \omega_e = K \Phi \omega_e$$

Trong đó :

$$K = \frac{4}{\pi} N_{ph} \quad (2.7)$$

Tiếp theo 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:

$$P_e = e_a i_a + e_b i_b + e_c i_c \quad (2.8)$$

Vậy mô men tức thời được tính theo biểu thức:

$$m_e = \frac{P_e}{\omega_e} = \frac{e_a i_a + e_b i_b + e_c i_c}{\omega_e} \quad (2.9)$$

Như chúng ta đã thấy ở hình 2.24, đỉnh phẳng dòng điện pha trùng pha với đỉnh phẳng sức điện động của pha đó ở mỗi 60° , ta có như sau:

+ Ở giai đoạn 1 khi $\omega t = (300 - 900)$ dòng điện và sức điện động các pha có giá trị:

$$I_a = I_p, i_b = -I_p, i_c = 0, e_a = E_p, e_b = -E_p, e_c = 0 \quad (2.10)$$

- Mô men biểu diễn bằng công thức:

$$M_e = \frac{P_e}{\omega_e} = \frac{e_a i_a + e_b i_b + e_c i_c}{\omega_e} = \frac{E_p I_p + 0 + (-E_p)(-I_p)}{\omega_e} = p \frac{2E_p I_p}{\omega_e} \quad (2.11)$$

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

$$I_a = 0, i_b = I_p, i_c = -I_p, e_a = 0, e_b = E_p, e_c = -E_p \quad (2.12)$$

Mô men tức thời khi đó được tính bằng công thức

$$M_e = \frac{p_e}{\omega_e} = \frac{e_a i_a + e_b i_b + e_c i_c}{\omega_e} = \frac{E_p I_p + 0 + (-E_p)(-I_p)}{\omega_E} = \frac{2P_e I_p}{\omega_e} \quad (2.13)$$

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:

$$P = M_e \omega_e = 2E_i = 2 \frac{2}{\pi} N_{ph} B_g l \pi r_1 \cdot \omega_e \cdot I = \frac{4}{\pi} N_{ph} B_g l \pi r_1 \cdot \omega_e \cdot I \quad (2.14)$$

Do đó :

$$M_e = \frac{p}{\omega_e} = \frac{4}{\pi} N_{ph} B_g l \pi r_1 \cdot \omega_e \cdot I = K\Phi I \quad (2.15)$$

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

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

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

2.7 Đặc tính cơ của động cơ

Xuất phát từ biểu thức :

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

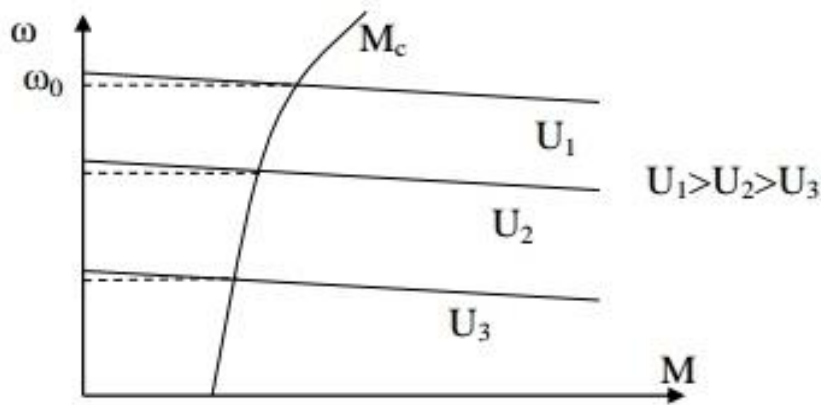
Ta có dòng điện:

$$I = \frac{U - E}{R} = \frac{U - K\Phi\omega}{R}$$

Thay thế vào biểu thức mô men ta rút ra :

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

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



Hình 2.25 Đặc tính cơ động cơ BLDC

2.8 Mô hình toán của máy điện BLDC

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

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

Lưu ý rằng độ cảm ứng các pha và hồ cảm các pha như sau :

$L_a = L_b = L_c = L$ và $L_{ab} = L_{bc} = L_{ca} = M$ nhận được

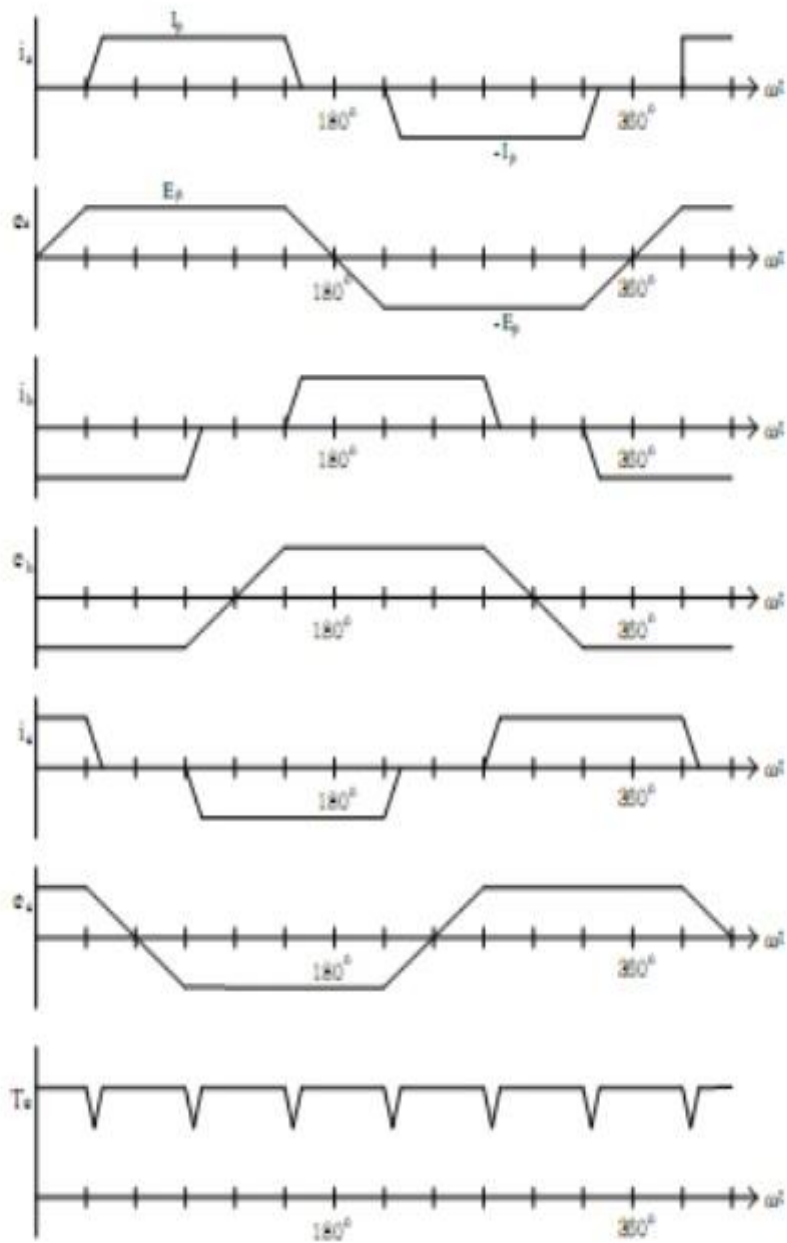
$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & 0 & 0 \\ 0 & R & 0 \\ 0 & 0 & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + p \begin{bmatrix} L & M & M \\ M & L & M \\ M & M & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix}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

Vì $i_a + i_b + i_c = 0$

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

Triển khai ra có phương trình vi phân điện áp 3 pha statorr máy BLDC như sau :

$$\begin{aligned} V_a &= R i_a + (L - M) p i_a + e_a \\ V_b &= R i_b + (L - M) p i_b + e_b \\ V_c &= R i_c + (L - M) p i_c + e_c \end{aligned} \quad (2.16)$$



Hình 2.26 Dạng dòng điện và sđđ của các pha máy BLDC khi chú ý tới độ tự cảm cuộn dây .

+ ảnh hưởng của độ cảm ứng

Phần trên đã trình bày 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 bởi sự thẳng đứng hơn mà có dạng như hình 2.26 .

2.9 Điều khiển tốc độ động cơ BLDC

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:

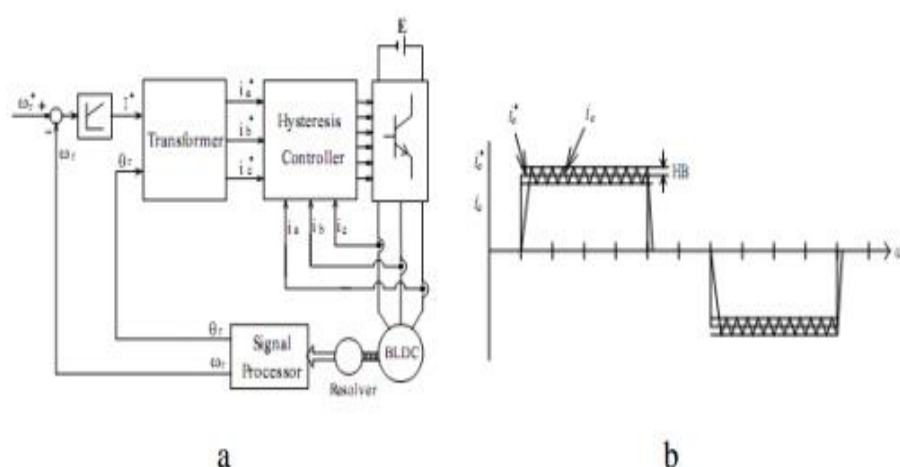
$$I^* = \left(K_p + \frac{KI}{s} \right) (\omega^*_{r} - \omega_r) \quad (2.17)$$

Trong đó:

Hệ số khuếch đại bộ điều chỉnh K_p và KI ;

ω^*_r là tốc độ đặt của rotor ; ω_r là tốc độ thực đo được trên trục động cơ

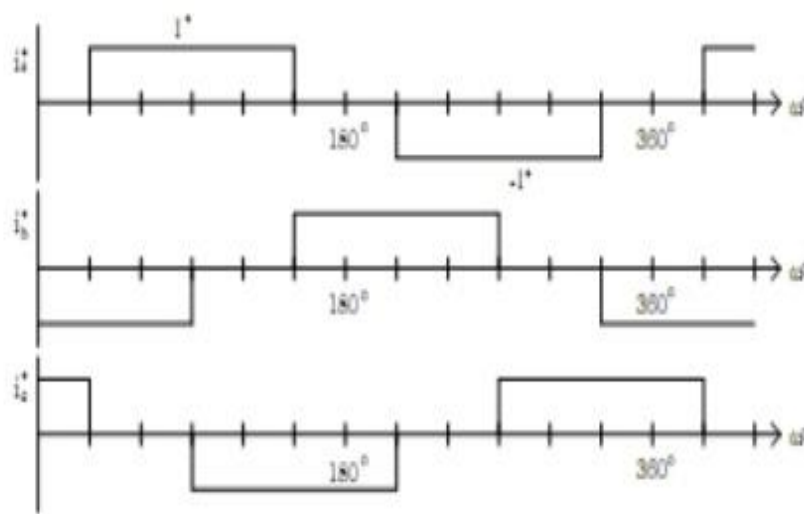
- Dùng bộ điều chỉnh dải trễ.



Trên hình 2.27 Là sơ đồ nguyên lý vòng điều khiển dải trễ và đặc tính bộ điều chỉnh dải trễ.

Hoạt động của hệ thống như sau: Tốc độ động cơ được đo bằng cảm biến tốc độ hoặc vị trí, được đưa vào khâu xử lý. Tín hiệu ra của khâu xử lý gồm tốc độ và góc quay rotor. Tốc độ quay rotor được đưa về so sánh với tốc độ đặt, còn vị trí góc đưa vào biến áp. Sai số của tốc độ đặt và tốc độ thực được xử lý ở bộ điều khiển PI, tín hiệu ra của PI được đưa vào biến áp cùng góc quay θ_r , tín hiệu ra của biến áp là các dòng so sánh i^*_a , i^*_b , i^*_c . 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 2.28. Bộ điều khiển dải trễ hiện đang được nghiên cứu và áp dụng rộng rãi.



Hình 2.28 Dạng 3 dòng so sánh đưa vào bộ điều chỉnh dải trễ .

Kết luận : hiện nay động cơ không chổi than (BLDC) là phương pháp thay thế đơn giản và hiệu quả , có những ưu điểm siêu việt hơn so với các động cơ một chiều có cổ góp hay động cơ dị bộ phổ biến hiện nay. Được sử dụng rộng rãi trong thực tiễn , 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.

CHƯƠNG 3 ĐIỀU KHIỂN KHÔNG CẢM BIẾN CỦA ĐỘNG CƠ BLDC

3.1 Giới thiệu

Động cơ DC không chổi than, là một loại động cơ đồng bộ vĩnh cửu. Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu được phân loại trên cơ sở hình dạng sóng sđđ cảm ứng trong cuộn dây stato tức là hình sin và hình thang. Loại hình sin được gọi là động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu (PMSM); loại hình thang có tên động cơ DC không chổi than . nam châm vĩnh cửu của động cơ một chiều có cổ góp và động cơ không cổ góp kết hợp thành một nam châm vĩnh cửu (PM) và trường điện từ tạo ra mô-men (hoặc lực) dẫn đến chuyển động. Điều này được thực hiện trong động cơ DC bằng stato nam châm vĩnh cửu (PM) và phần ứng là cuộn dây ở rôto.

Dòng điện trong động cơ DC có cổ góp tự động chuyển từ vòng dây này sang vòng dây khác bằng một cổ góp và chổi than để tạo chuyển động liên tục. Trong một động cơ không chổi than, rôto kết hợp các nam châm và stato chứa các cuộn dây. Như tên cho thấy không có các chổi than và do đó trong trường hợp này, chuyển mạch dòng điện được thực hiện bằng điện tử với điều khiển bộ khuếch đại sử dụng chất bán dẫn chuyển mạch dòng điện trong cuộn dây dựa trên phản hồi vị trí rô to.

Về mặt này, động cơ BLDC tương đương với động cơ một chiều có cổ góp đảo ngược, trong đó nam châm quay trong khi các dây dẫn vẫn đứng yên. Do đó, động cơ BLDC thường sử dụng một trong hai cảm biến vị trí bên trong hoặc bên ngoài để cảm nhận vị trí thực tế của rô to Động cơ DC không chổi than nam châm vĩnh cửu BLDC có nhiều lợi thế hơn động cơ DC có cổ góp và động cơ cảm ứng.

Một vài ưu điểm đó là:

- Đặc tính cơ tốt hơn so
- Đáp ứng động nhanh hơn
- Hiệu suất cao
- Tuổi thọ hoạt động lâu
- Hoạt động không gây tiếng ồn
- Phạm vi tốc độ cao hơn

Ngoài ra, tỷ lệ mô-men trên kích thước của động cơ cao hơn, làm cho nó hữu ích trong các ứng dụng mà nơi đó không gian và trọng lượng là yếu tố quan trọng.

3.2 Cảm biến dùng trong động cơ một chiều không chổi than

Để cảm nhận vị trí rô to cho việc điều khiển bộ khuyeechs đại diện tử công suatts để chuyern mạch dòng điện, người ta thường dùng các cảm biến sau:

1. Cảm biế Hall
2. Cảm biến điện trở
3. Cảm biến quang

Trong các loại cảm biến trên đây thường dùng là cảm biến quang và cảm biến Hall. Trong điều khiển người ta thường dùng cảm biến Hall và cảm biến quang, về nguyên lý của các cảm biến này đã trình bày ở chương 2. Cảm biến Hall có cấu tạo rẻ tiền, đơn giản tuy có nhược điểm nhưng cũng thường được dùng.

Để quay động cơ BLDC, cuộn dây stato cần được cấp năng lượng theo trình tự. Điều quan trọng là biết vị trí rô to để biết cuộn dây nào sẽ được cấp năng lượng theo thứ tự.

Vị trí rô to được cảm nhận bằng cách sử dụng các cảm biến hiệu ứng Hall được nhúng vào stato. Hầu hết các động cơ BLDC có ba cảm biến Hall được nhúng vào stato ở đầu không truyền động của rô to. Bất cứ khi nào các cực từ của rôto đi qua gần các cảm biến Hall, chúng sẽ cho tín hiệu mức cao hoặc thấp, cho biết cực N hoặc S đang đi gần các cảm biến.

Dựa trên sự kết hợp của ba tín hiệu cảm biến Hall, trình tự chính xác có thể được xác định.

3.3. Mô hình toán của động cơ BLDC

Các phương trình toán học mô tả mối liên hệ giữa điện áp stato , dòng điện và sđđ của động cơ cho dưới đây:

$$V_{an} = R_a i_a + \frac{d}{dt} (L_{aa} i_a + L_{ba} i_b + L_{ca} i_c) + e_a$$

$$V_{bn} = R_b i_b + \frac{d}{dt} (L_{ab} i_a + L_{bb} i_b + L_{cb} i_c) + e_b$$

$$V_{cn} = R_c i_c + \frac{d}{dt} (L_{ac} i_a + L_{bc} i_b + L_{cc} i_c) + e_c$$

$$R_a = R_b = R_c = R$$

$$L_{aa} = L_{bb} = L_{cc} = L_s$$

$$L_{ba} = L_{ab} = L_{ca} = L_{ac} = L_{bc} = L_{cb} = M$$

$$\begin{bmatrix} v_{an} \\ v_{bn} \\ v_{cn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & 0 & 0 \\ 0 & R & 0 \\ 0 & 0 & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_s & M & M \\ M & L_s & M \\ M & M & L_s \end{bmatrix} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix}$$

V

$$\begin{bmatrix} v_{an} \\ v_{bn} \\ v_{cn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & 0 & 0 \\ 0 & R & 0 \\ 0 & 0 & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L & M & M \\ M & L & M \\ M & M & L \end{bmatrix} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix}$$

Ở đây: R-là điện trở một pha, được giả thiết rằng các pha bằng nhau

L_s -Độ tự cảm một pha, giả thiết rằng các pha bằng nhau

M-độ hồ cảm giữa các pha

i_a, i_b, i_c -dòng các pha của stato

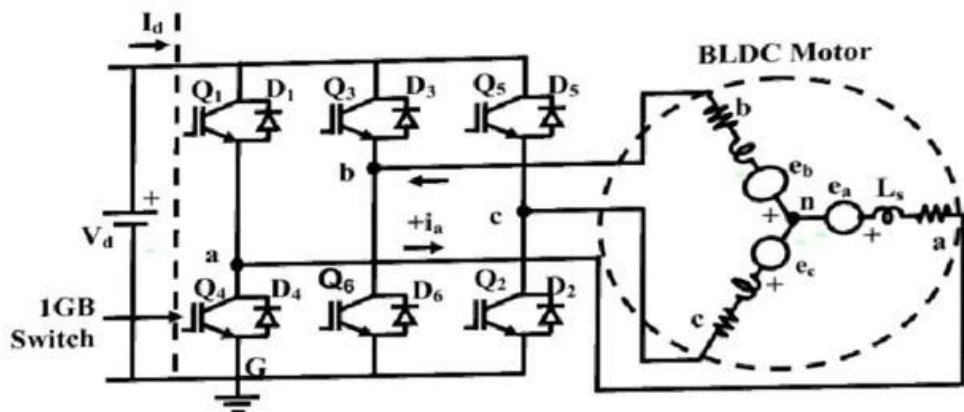
Sđđ tức thời cảm ứng trong các pha có dạng (1), (2) và (3)

$$e_a = f_a(\theta_r) \lambda_{p m} \quad (1)$$

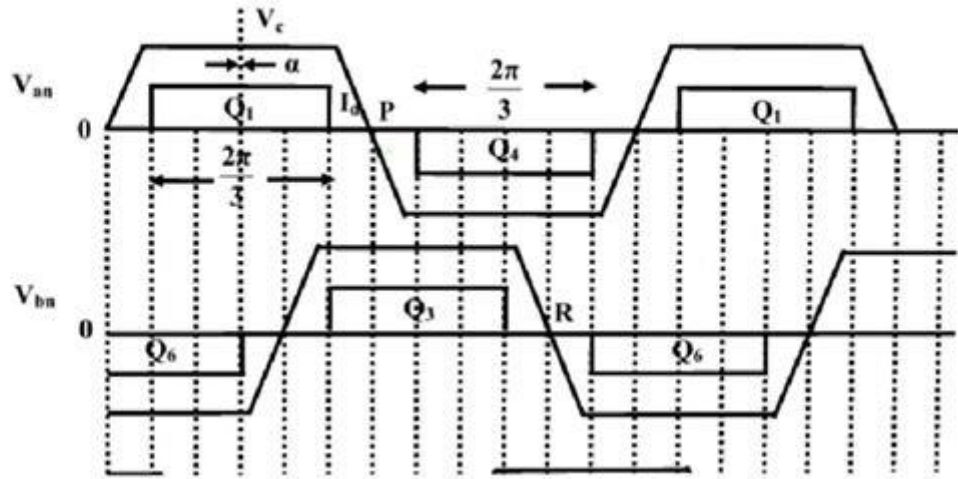
$$e_b = f_b(\theta_r) \lambda_{p m} \quad (2)$$

$$e_c = f_c(\theta_r) \lambda_{p m} \quad (3)$$

Ở đây ω_m là tốc độ quay cơ của rô to, θ_r -là vị trí điện của rô to (góc điện). Trên H 3.1 là sơ đồ tương đương một động cơ BLDC 3 pha trong đó một pha gồm một điện trở R_s , một độ tự cảm L_s và một sđđ có dạng hình thang được mắc nối tiếp, ở hình 34.5 là dạng sđđ cảm ứng hình thang của các pha V_{an} , V_{bn} , V_{cn}

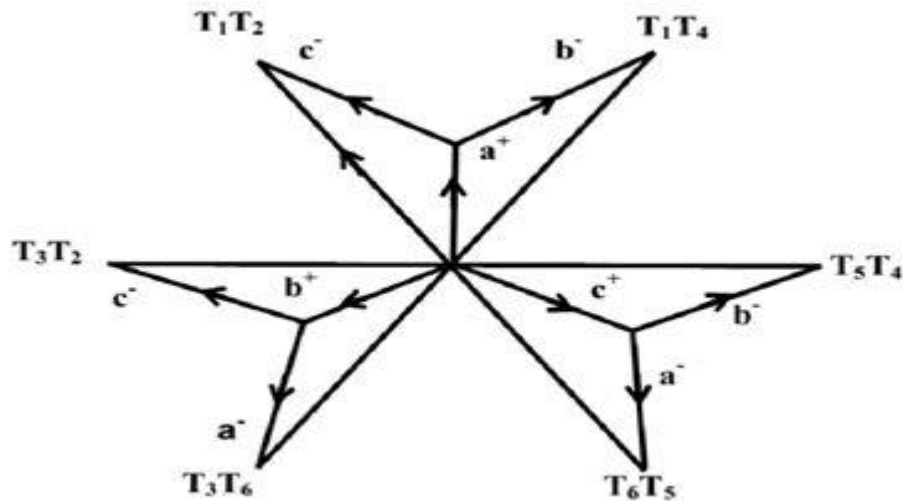


Hình 3.1. Sơ đồ tương đương của động cơ BLDC 3 pha



Hình 3.2 Dạng sóng hình thang cảm ứng trong các pha của động cơ

Các vectơ không gia của sức từ động (MMF) của stator, dưới các pha chuyển mạch khác nhau của biến tần được hiển thị. Vì thế, theo sơ đồ chuyển mạch tuần hoàn, ta có một Vectơ MMF stator quay. Nếu việc chuyển mạch có thể được đồng bộ hóa với vị trí rô to, thì một góc cố định giữa từ thông stato và từ thông rô to có thể được duy trì, trong khi cả hai đều quay quanh trục rô to. Điều này tương tự như trường hợp của động cơ DC, trong đó sự bố trí chổi than và cổ góp duy trì một hướng không gian cố định của từ thông phản ứng được căn chỉnh với từ thông từ trường kích từ, cũng được cố định trong không gian bằng cách cấu trúc. Đây chính xác là những gì ược trình tự chuyển đổi biến tần thể hiện trong hình 3. 2 đạt được. Các thời điểm chuyển mạch của công tắc bán dẫn, Q1 - Q6 đối với sóng sđđ hình thang được thể hiện trong hình. Lưu ý rằng sóng sđđ được đồng bộ hóa với rô to. Vì vậy, chuyển đổi các pha stator đồng bộ với sóng sđđ làm cho sđđ (mmf) của stato và rô to quay đồng bộ. Do đó, biến tần hoạt động giống như một cổ góp điện tử nhận các xung logic chuyển đổi từ cảm biến vị trí rô to. Đây là lý do tại sao một truyền động BLDC cũng thường được gọi là là chuyển là chuyển mạch điện tử động cơ (ECM).



Hình 3.3 Sơ đồ véc tơ của stator động cơ BLDC

Mô men có dạng

$$T_e = J \frac{d_m}{dt} + T_1 + B\omega_m$$

Phương trình chuyển động có dạng:

$$\frac{d_m}{dt} = \frac{1}{J} (T_e - T_1 - B\omega_m)$$

Trong đó J-là mô men quán tính , còn B-là hệ số ma sát

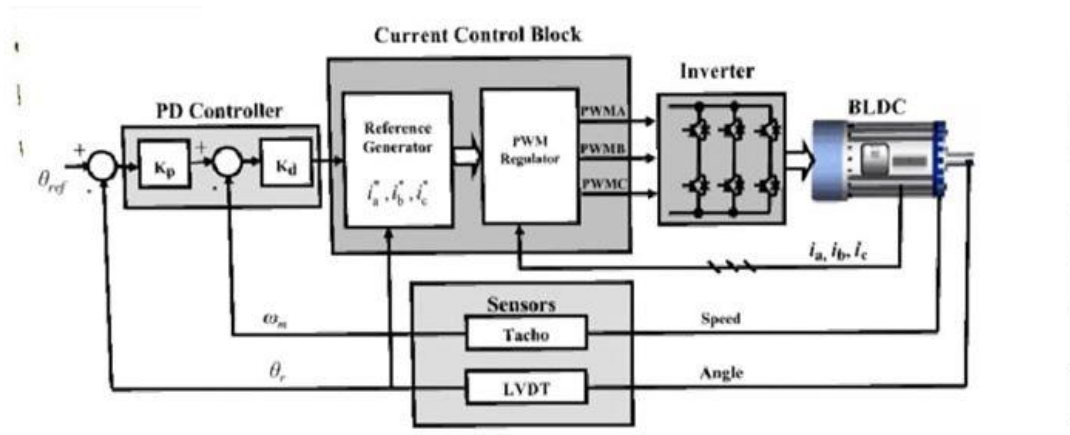
$$\frac{d\theta_r}{dt} = \frac{p}{2} \omega_m$$

Sđđ cảm ứng không có các góc nhọn, như được hiển thị trong các hàm hình thang, nhưng được làm tròn các cạnh. Các sđđ là kết quả của việc tính đạo hàm từ thông móc vòng và các từ thông móc vòng là hàm liên tục. Rìa cũng là hàm mật độ từ thông trơn tru các cạnh không đột ngột. nhận thấy rằng sát rằng phương trình điện áp pha giống hệt với phương trình điện áp phần ứng của máy dc.

3.4.Điều khiển vòng kín của truyền động động cơ PM BLDC

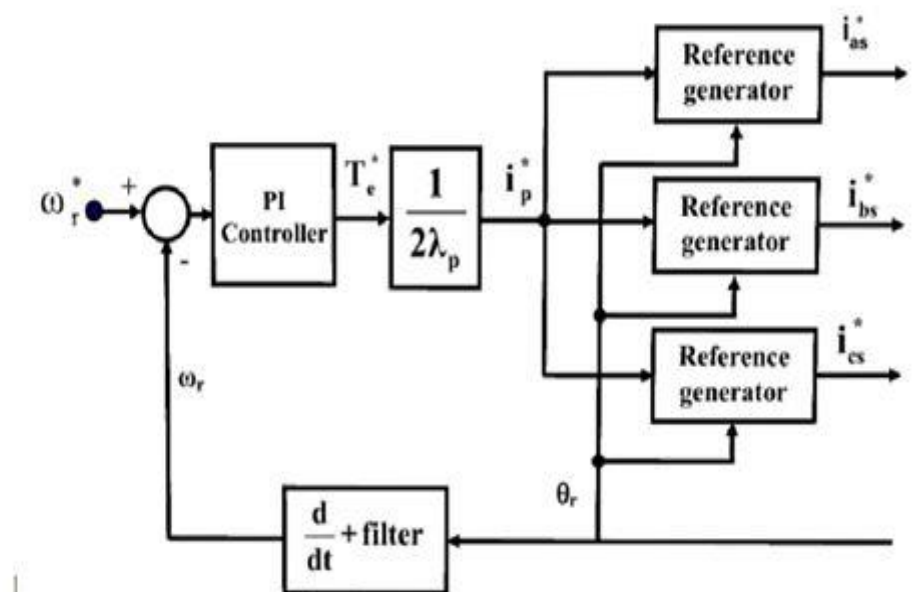
Hình 3.4 là sơ đồ điều khiển vị trí cho động cơ PM BLDC. Đối với sơ đồ điều khiển tốc độ này cảm biến vị trí được giả định là máy phát tốc và LVDT (biến áp vi phân tuyến tính). Như đã thấy trong hình, có ba vòng; vòng lặp ngoài cùng được gọi là vòng lặp vị trí, vòng lặp thứ hai là vòng lặp tốc độ và vòng lặp trong cùng được gọi là vòng lặp điều khiển dòng điện . Vị trí của rôto được so sánh với giá trị tham chiếu và sai số vị trí rôto được khuếch đại thông

qua bộ điều khiển PD. Sau đó đầu ra của bộ điều khiển PD được sử dụng làm tốc độ tham



Hình.3.4 Sơ đồ điều khiển vị trí động cơ PMBLDC

Cường độ dòng điện pha so sánh i_p^* là dương cho chế độ động cơ nhưng âm cho máy phát hoặc hãm tái sinh. Tín hiệu này sau đó được kích hoạt với độ phân cực thích hợp cho các pha tương ứng với sự trợ giúp của đầu ra bộ giải mã. Dòng pha thực tế bám dòng so sánh bằng bộ điều khiển dòng dải trễ. Tại bất kỳ thời điểm nào, hai dòng pha được kích hoạt, một dòng có cực dương và một dòng khác với cực tính âm. Ví dụ Chúng ta xét thời gian chế độ động cơ khi dòng pha pha a dương $+i_a^*$ và dòng điện pha b âm $-i_b^*$ được kích hoạt bởi bộ giải mã. Các thiết bị Q 1 ở pha a và Q 6 ở pha b được bật đồng thời để tăng $+i_a$ và giảm i_b tương ứng. Khi dòng điện (bằng độ lớn) có xu hướng vượt quá dải trễ, Q 6 tắt, dòng điện tự do



Hình 3.5 Sơ đồ khối điều khiển tốc độ động cơ BLDC

tần được bật liên tục ở giữa nửa chu kỳ điện áp dương tương ứng, trong khi các thiết bị phía dưới (Q 4 , Q 6 và Q 2) cắt theo thứ tự một góc $2\pi/3$ trong nửa chu kỳ điện áp âm tương ứng với sự trợ giúp của bộ giải mã để kiểm soát dòng $i^* p$.

3.5 Các ứng dụng động cơ

Ứng dụng điển hình động cơ BLDC tìm thấy trong mọi phân khúc của thị trường. Cụ thể động cơ BLDC được ứng dụng trong Ô tô, thiết bị gia dụng, điều khiển công nghiệp, tự động hóa, hàng không, v.v.. Hầu hết những ứng dụng này của động cơ BLDC, chúng ta có thể phân thành ba loại chính:

- Tải không đổi
- Tải trọng thay đổi
- Ứng dụng định vị

3.5.1 .Các ứng dụng có tải không đổi

Đây là những loại ứng dụng mà tốc độ thay đổi quan trọng hơn việc giữ độ chính xác của tốc độ ở tốc độ đặt. Ngoài ra, tốc độ tăng tốc và giảm tốc không thay đổi linh hoạt. Trong các loại ứng dụng này, tải được kết nối trực tiếp với trục động cơ.

Ví dụ, quạt, máy bơm và máy thổi đều thuộc các loại ứng dụng này. Các ứng dụng này đòi hỏi bộ điều khiển chi phí thấp, chủ yếu hoạt động trong vòng lặp mở.

3.5. 2 Các ứng dụng có tải trọng thay đổi

Đây là các loại ứng dụng mà tải trên động cơ thay đổi trong một phạm vi tốc độ. Những ứng dụng có thể yêu cầu độ chính xác điều khiển tốc độ cao và phản ứng động tốt. Tại gia đình các thiết bị như , máy giặt, máy sấy và máy nén là những

ví dụ tốt. Trong ô tô, điều khiển bơm nhiên liệu, điều khiển bộ lái điện tử, điều khiển động cơ và điều khiển xe điện là những ví dụ điển hình trong số này.

Trong hàng không vũ trụ, có một số ứng dụng, như máy ly tâm, máy bơm, điều khiển cánh tay robot, điều khiển con quay và v.v..

Các ứng dụng này có thể sử dụng các thiết bị phản hồi tốc độ và có thể chạy trong vòng lặp nửa kín hoặc trong vòng lặp kín. Các ứng dụng này sử dụng thuật

toán điều khiển nâng cao, do đó làm phức tạp bộ điều khiển và làm tăng giá thành của hoàn thành hệ thống.

3.5.3 Ứng dụng định vị

Hầu hết các loại ứng dụng công nghiệp và tự động hóa thuộc thể loại này. Các ứng dụng trong thể loại này có một số loại như truyền tải điện, có thể là cơ khí bánh răng hoặc vành đai hện giờ, hoặc một hệ thống điều khiển vành đai đơn giản. Trong các ứng dụng này, phản ứng động tốc độ và mô-men rất quan trọng. Ngoài ra, các ứng dụng này có thể đòi hỏi đảo chiều quay thường xuyên của hướng quay. Một chu kỳ điển hình của loại chuyển động định vị sẽ có giai đoạn tăng tốc, giai đoạn tốc độ không đổi và giai đoạn giảm tốc và pha định vị. Tải trọng trên động cơ có thể thay đổi trong tất cả các giai đoạn này, làm cho bộ điều khiển phức tạp.

Các hệ thống này chủ yếu hoạt động trong vòng kín. Có thể có ba vòng điều khiển hoạt động đồng thời: Vòng điều khiển mô-men, Vòng điều khiển tốc độ và Vòng điều khiển vị trí. Bộ mã hóa quang hoặc bộ phân giải đồng bộ được sử dụng để đo tốc độ thực tế của động cơ. Trong một số trường hợp, các cảm biến tương tự được sử dụng để có được thông tin vị trí tương đối. Mặt khác, các cảm biến vị trí riêng biệt có thể được sử dụng để có được vị trí tuyệt đối. Máy tính điều khiển số (CNC) là một ví dụ tốt về điều này. Điều khiển quá trình, điều khiển máy móc và điều khiển băng tải có rất nhiều ứng dụng trong danh mục này.

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 động cơ BLDC, đưa ra được cấu tạo cũng như các yếu tố về cơ và điện của loại động cơ này;
- Tìm hiểu và 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
- Tìm hiểu các phương pháp điều khiển chuyển động cũng như điều khiển tốc độ động cơ.

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 xuất sắc.

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 thực hiện, hoàn thành đề tài tốt hơn cũng như củng cố thêm kiến thức cho bản thân. Một lần nữa em xin chân thành cảm ơn sự chỉ bảo, hướng dẫn tận tình của GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn, các thầy cô trong khoa Điện-Điện tử, bạn bè trong lớp đã giúp đỡ em rất nhiều.

Em xin chân thành cảm ơn!

Hải Phòng, ngày...tháng...năm 2020

Sinh viên thực hiện

TRẦN VĂN TRUNG