

MỤC LỤC

MỤC LỤC.....	1
LỜI MỞ ĐẦU.....	3
CHƯƠNG 1.....	4
TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU Ô TÔ ĐIỆN TRÊN THẾ GIỚI VÀ VIỆT NAM.....	4
1.1 SƠ LƯỢC VỀ LỊCH SỬ Ô TÔ ĐIỆN.....	4
1.1.1 Thời kỳ đầu.....	4
1.1.2 Suy yếu và biến mất.....	5
1.1.3 Sự trở lại và phát triển.....	6
1.2 TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU VÀ PHÁT TRIỂN Ô TÔ ĐIỆN TRÊN THẾ GIỚI.....	6
1.2.1 Hoa Kỳ.....	6
1.2.2 Châu Âu.....	7
1.2.3 Nhật Bản.....	8
1.2.4 Hàn Quốc và Trung Quốc.....	10
1.2.5 Xu thế phát triển của ô tô điện.....	11
1.3 Ô TÔ ĐIỆN TẠI VIỆT NAM.....	12
CHƯƠNG 2.....	14
TÌM HIỂU ĐỘNG CƠ TỪ KHÁNG.....	14
2.1 GIỚI THIỆU.....	14
2.2 MÔ HÌNH MÁY PM TỪ THÔNG ĐÓNG NGẮT.....	18
2.3 DỰ BÁO TÍNH CHẤT BỞI THAM SỐ TẬP TRUNG MÔ HÌNH MẠCH TỪ VÀ SO SÁNH VỚI PHÂN TÍCH PHẦN TỬ HỮU HẠN.....	26
2.3.1 Phân bố từ trường ở khe hở không khí.....	27
2.3.2 Giai đoạn liên kết từ thông và sức phản điện động.....	28
2.3.3 Giai đoạn tự cảm và tương hỗ.....	29

2.3.4	Liên kết từ thông mở mạch và trục d và cuộn cảm trục q.....	31
2.3.5	Mô men điện từ.....	32
2.4	SO SÁNH VỚI CÁC ĐO LƯỜNG VÀ NGHIÊN CỨU HIỆU ỨNG CUỐI	34
2.5	THIẾT KẾ TỐI ƯU HOÁ SỬ DỤNG THÔNG SỐ TẬP TRUNG KIỂU MẠCH TỪ	37
2.5.1	Răng stator rộng.....	37
2.5.2	Cực rotor rộng	38
	CHƯƠNG3.....	40
	ĐỘNG CƠ TỪ KHÁNG CÓ CẤU TRÚC MỚI.....	40
	SỬ DỤNG CHO Ô TÔ ĐIỆN.....	40
3.1	MÁY NAM CHÂM VĨNH CỬU CỰC HIỆN KHÔNG CHỖI THAN MỚI STATOR KÉP ĐƯỢC CẤP ĐIỆN TỪ 2 PHÍA	40
3.1.2	Nguyên lý hoạt động	42
3.1.3	Phân tích mạch từ	43
3.1.5	Động cơ truyền động nam châm vĩnh cửu không chổi than	48
3.2.2	Động cơ truyền động nam châm vĩnh cửu không chổi than lai	50
3.2.3	Phân tích về lý thuyết.....	53
3.2.3.1	Phân tích từ trường – điện trường	53
3.2.5	Kết quả	59

LỜI MỞ ĐẦU

Ngày nay khi xã hội này càng phát triển , nhu cầu sử dụng xe ô tô cùng với các phương tiện sử dụng các loại nhiên liệu hóa thạch tăng cao. Nhưng vấn đề ở đây là nguồn nguyên liệu này không phải là vô tận. Chúng ta khai thác một cách thiếu tổ chức và sử dụng chưa hợp lý, đứng trước nguy cơ một ngày nào đó chúng sẽ cạn kiệt nhiên liệu hóa thạch. Do đó ngày nay đi cùng sự phát triển của khoa học ô tô sử dụng động cơ điện đã dần trở lên phổ biến hơn. Trong một tương lai không xa những chiếc ô tô điện sẽ là một phương tiện di chuyển số một.

Động cơ điện một chiều có cấu trúc từ kháng cho ô tô đang được sử dụng rộng rãi. Là loại động cơ ưu việt dùng cho ô tô trong thời điểm hiện tại, với cấu trúc đơn giản nhưng vấn đề hoạt động trên dải tốc độ của động cơ rất rộng luôn là mục tiêu tìm hiểu. Vì vậy em được bộ môn giao cho đề tài: ***“Tìm hiểu động cơ từ kháng và từ kháng có cấu trúc mới sử dụng cho ô tô điện”***.

Đề án gồm 3 chương:

Chương 1: Tổng quan tình hình nghiên cứu ô tô điện trên thế giới và tại Việt Nam

Chương 2: Tìm hiểu động cơ từ kháng

Chương 3: Tìm hiểu động cơ từ kháng có cấu trúc mới sử dụng cho ô tô điện

Em xin cảm ơn các thầy cô trong bộ môn Điện Tự Động Công Nghiệp và đặc biệt là thầy GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn đã hướng dẫn nhiệt tình, cùng với quá trình tìm hiểu của bản thân giúp em hoàn thành bản đồ án này.

Hải Phòng, ngày ... tháng... năm....

Sinh viên

CHƯƠNG 1.

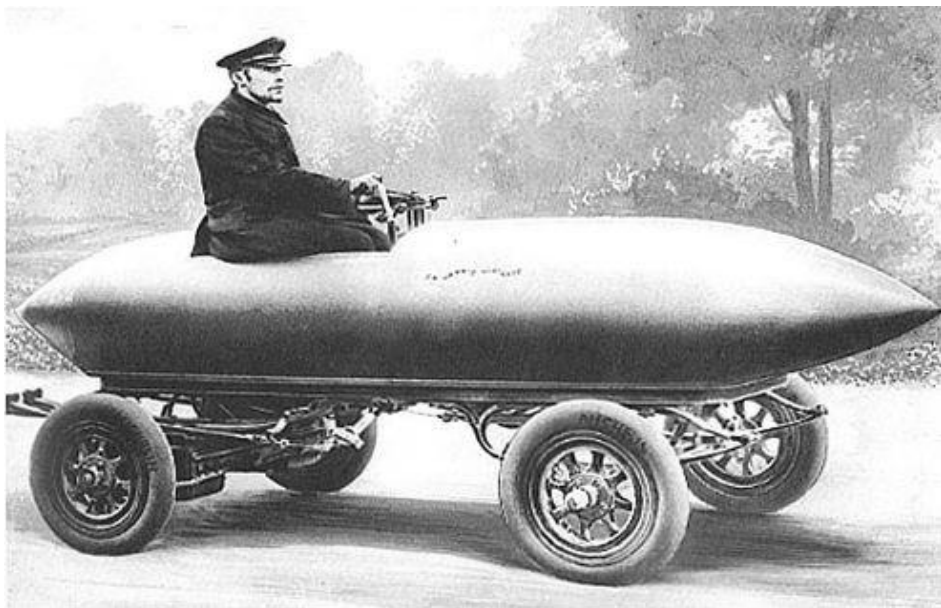
TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU Ô TÔ ĐIỆN TRÊN THẾ GIỚI VÀ VIỆT NAM

1.1. SƠ LƯỢC VỀ LỊCH SỬ Ô TÔ ĐIỆN

1.1.1. Thời kỳ đầu

Ô tô điện không phải là một khái niệm mới mà trên thực tế đã có lịch sử lâu đời. Từ đầu thế kỷ 19, xe chạy bằng nguồn năng lượng điện đã có vị thế cạnh tranh tương đương với xe chạy bằng động cơ hơi nước.

Vào khoảng những năm 1832 và 1839, Robert Anderson người Scotland đã phát minh ra loại xe điện chuyên chở đầu tiên. Năm 1842, hai nhà phát minh người Mỹ là Thomas Davenport và Scotsmen Robert Davidson trở thành những người đầu tiên đưa pin vào sử dụng cho ô tô điện. Đến những năm 1865, Camille Faure đã thành công trong việc nâng cao khả năng lưu trữ điện trong pin, giúp cho xe điện có thể di chuyển một quãng đường dài hơn. Pháp và Anh là hai quốc gia đầu tiên đưa ô tô điện vào phát triển trong hệ thống giao thông vào cuối thế kỷ 18.



Hình 1.1. a) Chiếc xe đua La Jamais Contente (1899)



b) Edison và chiếc xe Detroit (1914)

1.1.2. Suy yếu và biến mất

Đến đầu thế kỷ 20, ô tô điện trở nên yếu thế so với ô tô sử dụng động cơ đốt trong do những nguyên nhân chính sau:

- Vào thời điểm này, người ta đã tìm ra những mỏ dầu lớn trên thế giới dẫn đến việc hạ giá thành của dầu và các sản phẩm dẫn xuất trên toàn cầu. Vấn đề nhiên liệu cho xe chạy động cơ đốt trong trở nên đơn giản.

- Về giá thành, năm 1928, một chiếc xe chạy điện có giá khoảng 1750 USD, trong khi đó một chiếc xe chạy xăng chỉ có giá khoảng 650 USD.

- Về mặt kỹ thuật, công nghệ chế tạo động cơ đốt trong và công nghiệp ô tô có những tiến bộ vượt bậc: Charles Kettering đã phát minh ra bộ khởi động cho xe chạy xăng, Henry Ford đã phát minh ra các động cơ đốt trong có giá thành hạ, v.v.

Kết quả là đến năm 1935, ô tô điện đã gần như biến mất do không thể cạnh tranh được với xe chạy động cơ đốt trong.

1.1.3. Sự trở lại và phát triển

Bắt đầu từ thập niên 60, 70 của thế kỷ trước, thế giới phải đối mặt với hai vấn đề lớn mang tính toàn cầu:

- Vấn đề năng lượng: các nguồn năng lượng hóa thạch như dầu mỏ, than đá không phải là vô tận, chúng có khả năng bị cạn kiệt và không thể tái tạo được. Các phương tiện giao thông sử dụng trực tiếp nguồn năng lượng này (xăng, dầu) chắc chắn sẽ không tồn tại trong tương lai. Trong khi đó, điện năng là loại năng lượng rất linh hoạt, nó có thể được chuyển hóa từ nhiều nguồn năng lượng khác, trong đó có các nguồn năng lượng tái tạo vô tận như năng lượng gió, mặt trời, sóng biển, v.v. Do vậy, các phương tiện sử dụng điện là phương tiện của tương lai.

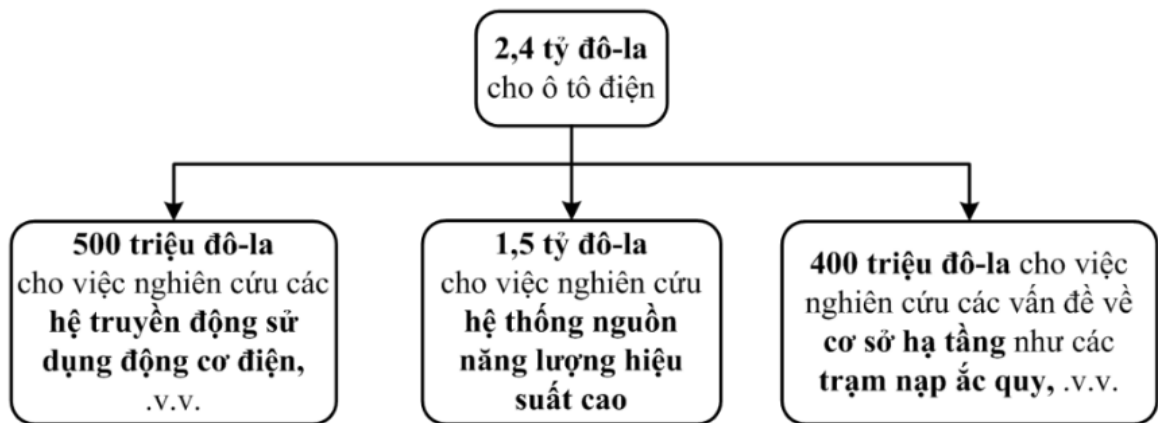
- Vấn đề môi trường: không khó để nhận ra rằng môi trường hiện nay đang bị ô nhiễm nghiêm trọng, mà một trong những nguyên nhân chính là khí thải từ các phương tiện giao thông, đặc biệt là ô tô. Ô tô điện là lời giải triệt để cho vấn đề này do nó hoàn toàn không có khí thải.

Như vậy, ta thấy rằng ô tô điện là giải pháp tối ưu cho cả hai vấn đề lớn, đó là lý do khiến nó trở thành mối quan tâm đặc biệt từ nửa sau thế kỉ 20 trở lại đây, và càng ngày càng trở thành mối quan tâm lớn của ngành công nghiệp ô tô và các nhà khoa học trên toàn thế giới.

1.2. TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU VÀ PHÁT TRIỂN Ô TÔ ĐIỆN TRÊN THẾ GIỚI

1.2.1. Hoa Kỳ

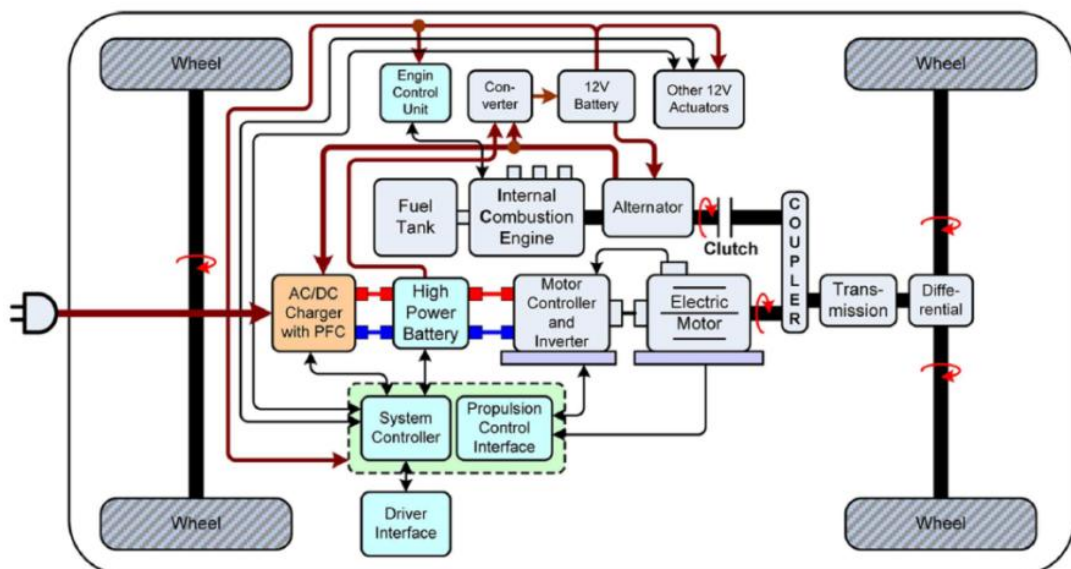
Năm 2009, trong chuyến thăm Trung tâm Nghiên cứu Ô tô điện Edison tại miền Nam California, tổng thống Mỹ Barack Obama đã duyệt khoản chi 2,4 tỷ đô-la cho việc nghiên cứu ô tô điện. Khoản chi từ ngân sách này được phân bổ như sau:



Từ cơ cấu khoản chi trên, ta thấy rằng nguồn năng lượng và hệ truyền động là những vấn đề then chốt trong nghiên cứu ô tô điện.

1.2.2. Châu Âu

Tại Châu Âu, xe plug-in hybrid và các bộ biến đổi điện tử công suất là những vấn đề chính được quan tâm nghiên cứu. Ô tô điện lai (plug-in hybrid electric vehicle) là loại xe sử dụng hỗn hợp cả năng lượng xăng và điện như tên gọi “hybrid”. Thuật ngữ “plug-in” cho biết rằng xe có bộ nạp tích hợp sẵn, người dùng chỉ cần cắm điện vào nguồn lưới dân dụng mà không cần một bộ nạp bên ngoài. Một số dòng xe hybrid đã được lưu hành tại Việt Nam như Toyota Prius, Ford Escape Hybrid, Honda Civic Hybrid, v.v.



Hình 1.2. Cấu hình xe plug-in hybrid.

1.2.3. Nhật Bản

Tại Nhật Bản, các hãng ô tô lớn đang lần lượt đưa các mẫu xe thuần điện (pure Evs) ra thị trường. Nissan “trống giong cờ mở” với Nissan Leaf, tuy vậy Mitsubishi mới là hãng đầu tiên tung ra xe điện thương phẩm với i-MiEV. Xe i-MiEV đã được giới thiệu ở Việt Nam tại triển lãm Ô tô Vietnam Motor Show 2010.

Để có thể đưa ra thị trường mẫu xe ô tô điện i-MiEV, hãng Mitsubishi Motors đã mất hơn 40 năm nghiên cứu. Từ khi ấp ủ những ý tưởng đầu tiên về xe ô tô điện, chính thức bắt đầu nghiên cứu từ năm 1966, cho đến nay, hãng Mitsubishi Motors đã chế tạo ra 10 mẫu xe concept với hơn 500.000 km chạy thử nghiệm trên toàn cầu.



Hình 1.3. Xe ô tô điện i-MiEV được đưa ra thị trường.

Trong giới nghiên cứu, các trường đại học lớn ở Nhật đều có những phòng thí nghiệm, trung tâm nghiên cứu về ô tô điện. Trung tâm nghiên cứu dưới sự lãnh đạo của Giáo sư Yoichi Hori (sau đây gọi tắt là Hori-Lab) tại Viện Khoa học Công nghiệp, Trường Đại học Tokyo là một trong những đơn vị tiên phong nghiên cứu về xe điện tại Nhật Bản. Những nghiên cứu của Hori-Lab tập trung vào 2 lĩnh vực chính: (1) Điều khiển chuyển động (Motion Control) và (2) Hệ thống năng lượng cho xe (Vehicle Power System).

Lĩnh vực (1) điều khiển chuyển động được thực hiện với những nhánh sau:

- Điều khiển chuyển động bám mặt đường.
- Điều khiển ổn định động học thân xe trên cơ sở quan sát các biến trạng thái và quan sát nhiễu.
- Điều khiển hệ thống lái.

Lĩnh vực (2) nghiên cứu hệ thống năng lượng cho xe được tập trung vào hai nhánh chính:

- Sử dụng công nghệ siêu tụ điện (Ultra-capacitor) tích trữ năng lượng.
- Sử dụng công nghệ truyền tải điện không dây (Wireless Power Transmission).

Các nghiên cứu của Hori-Lab đều được thực nghiệm trên hệ thống xe điện thí nghiệm xây dựng tại trung tâm gồm xe UOT Electric March I, II sử dụng nguồn ắc quy và hệ thống xe điện nhỏ COMS 1, 2, 3 chạy hoàn toàn bằng siêu tụ điện.



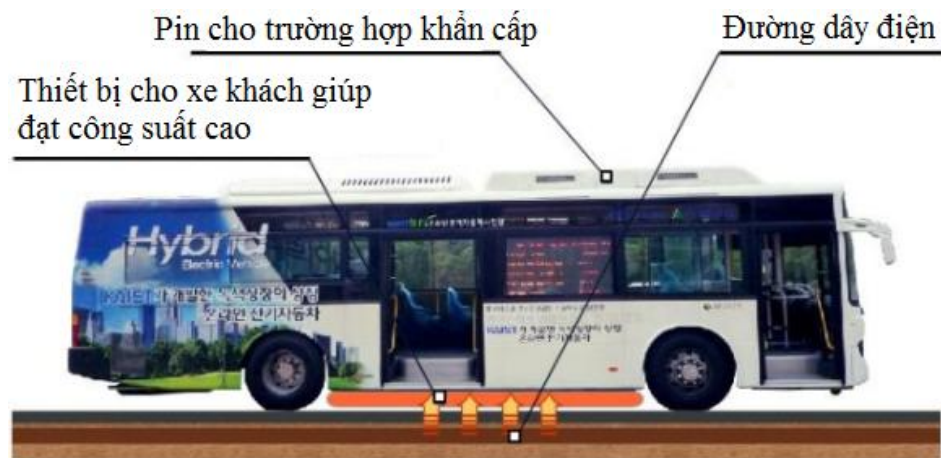
Hình 1.4. (a) Xe điện nhỏ COMS3 sử dụng siêu tụ



(b) Xe điện UOT Electric March II

1.2.4. Hàn Quốc và Trung Quốc

Công nghệ truyền tải điện không dây ứng dụng trong xe điện được khai thác mạnh mẽ bởi các nhà nghiên cứu thuộc Viện Khoa học và Công nghệ tiên tiến Hàn Quốc (KAIST) với dự án chế tạo xe điện nạp năng lượng từ dưới đất trong suốt quá trình hoạt động (OnLine Electric Vehicle – OLEV). Các sản phẩm xe bus điện thuộc dự án này đang chạy thử nghiệm rất tốt trong khuôn viên của KAIST và Công viên Grand Seoul.



Hình 1.4. Xe điện OLEV nạp điện không dây online tại KAIST

Tại Thượng Hải, Trung Quốc, xe bus điện sử dụng siêu tụ của hãng SINAUTEC đang gây tiếng vang mạnh mẽ. Siêu tụ được nạp nhanh chóng tại mỗi điểm dừng của xe bus.



Hình 1.5. Xe bus điện sử dụng siêu tụ tại Thượng Hải.

1.2.5. Xu thế phát triển của ô tô điện

Theo thời gian, ta có một số mốc dự đoán như sau:

- Cuối năm 2010: Một số ô tô điện đã được giới thiệu và xuất hiện trên thị trường.
- Năm 2011: Rất nhiều hãng sẽ cho ra đời sản phẩm ô tô điện (theo các tuyên bố trước đó).
- Năm 2015: Châu Á – Thái Bình Dương sẽ là thị trường lớn nhất về ô tô điện.

Về cấu hình xe, các chuyên gia đều thống nhất rằng ô tô điện thuần (pure EV) là điểm phát triển cao nhất của ô tô điện, các cấu hình xe lai (hybrid) chỉ là bước đệm về công nghệ trong quá trình quá độ từ xe chạy động cơ đốt trong lên xe điện.

1.3. Ô TÔ ĐIỆN TẠI VIỆT NAM

Trong khi làn sóng nghiên cứu ô tô điện đang nổi lên mạnh mẽ trên thế giới thì tại Việt Nam, đối tượng này chưa nhận được sự quan tâm thích đáng của các nhà khoa học, giới doanh nghiệp cũng như các nhà làm chính sách. Qua khảo sát tình hình những năm vừa qua, có thể khẳng định rằng ở Việt Nam chưa hề có một nghiên cứu nào thực sự bài bản, khoa học và mang tính hệ thống về ô tô điện. Trong vài năm trở lại đây, một số sản phẩm xe điện mang tính thử nghiệm đã được nghiên cứu chế tạo bởi các nhà khoa học và những nhà sáng chế không chuyên Việt Nam. Một số sản phẩm mang tính sao chép đơn thuần, chế tác lại về mẫu mã và sau đó cũng không tiếp tục phát triển. Có thể kể ra một số sản phẩm do người Việt tự thiết kế và chế tạo, như năm 2008, ông Trần Văn Tâm sống tại Củ Chi – thành phố Hồ Chí Minh đã tự nghiên cứu và chế tạo xe điện 3 bánh có sức chứa 3 người, tốc độ 35km/h, sử dụng động cơ một chiều 48V – 800W, 4 ắc quy khô 12V/50Ah, chạy 40km nạp một lần. Đây là thành công đáng khích lệ đối với một nhà sáng chế nghiệp dư, tuy nhiên những chỉ tiêu chất lượng của xe còn thấp, xe được chế tạo với phương pháp mang tính kỹ thuật, chưa có hàm lượng khoa học và quy trình công nghệ.

Trong khi thế giới đã có những bước tiến lớn trong công nghệ chế tạo ô tô điện, Việt Nam cho đến nay vẫn đứng ngoài dòng chảy của xu thế tất yếu này. Nếu không nhanh chóng triển khai nghiên cứu, nước ta sẽ lại tiếp tục bị lệ thuộc vào thế giới. Ô tô điện góp phần giải quyết vấn đề ùn tắc giao thông. ùn tắc giao thông tại Việt Nam đang là một vấn nạn, sự bùng nổ về số lượng xe ô tô là một trong những nguyên nhân chính của vấn đề này. Ô tô điện dĩ nhiên không thể giải quyết trọn vẹn bài toán phức tạp này, nhưng có thể góp một phần vào lời giải mà bấy lâu nay chúng ta đang đau đầu tìm kiếm. Các công nghệ trợ lái điện, điều khiển độc lập 4 bánh, v.v. cho phép người lái điều

khíên ô tô điệđ rất linh hoạt, cơ đđng, phù hợp với các con đđng nhỏ và hẹp (so với nước ngoài) ở Việt Nam.

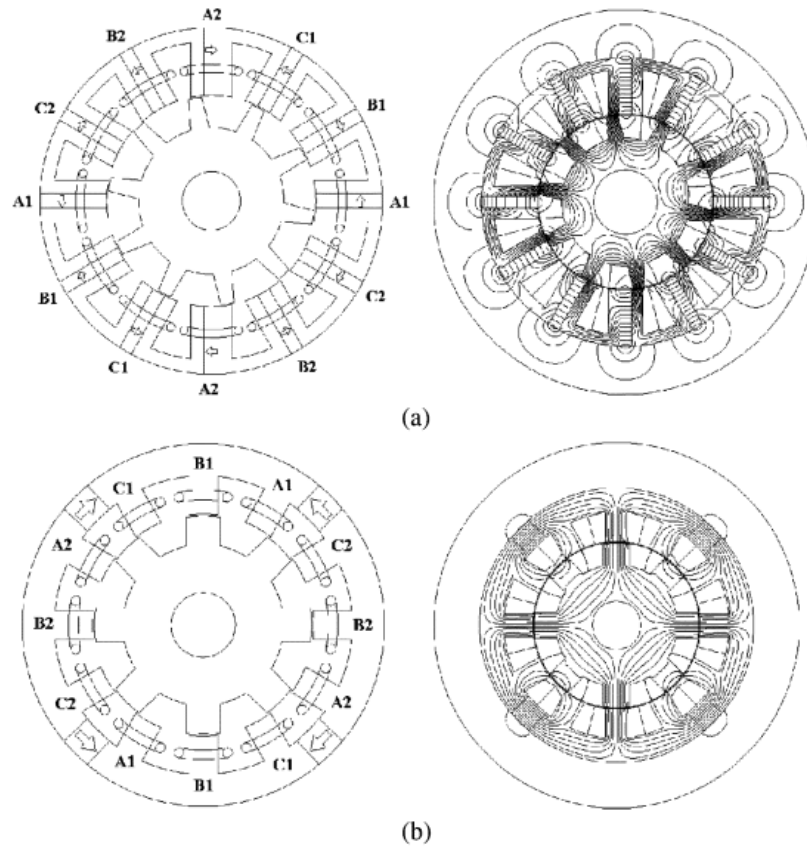
CHƯƠNG 2.

TÌM HIỂU ĐỘNG CƠ TỪ KHÁNG

2.1.GIỚI THIỆU

Máy điện (PM) nam châm vĩnh cửu dựa trên nguyên tắc của sự từ thông đóng ngắt đã được nghiên cứu trong nhiều thập kỷ. Nói chung, các loại máy đó có một rô to cực lõi và các nam châm đặt trên phần tĩnh. Một máy phát một pha có từ thông đóng ngắt đã được mô tả trong [1] và được tiếp tục nghiên cứu trong [2]; Máy phát ba pha từ thông đóng ngắt dựa trên nguyên tắc từ thông đồng cực và nguyên tắc từ thông lưỡng cực gần đây đã được mô tả trong [3] - [5] và [6] - [8], tương ứng; các loại mới của một pha và máy PM từ thông đóng ngắt 3 pha trong đó có một cặp nam châm vĩnh cửu được đặt trên bề mặt của mỗi răng stato đã được trình bày tương ứng trong [9] và [10], trong khi đó tính chất của của định luật trễ (một loại máy có từ thông đóng ngắt được hạn chế góc) đã được nghiên cứu trong [11]. Về mặt lý thuyết, các loại như máy có từ thông đóng ngắt có thể được kích thích bởi cuộn dây mang dòng [12] - [16], nam châm vĩnh cửu [1] - [11], hoặc kết hợp cả hai [17], [18].

Hình. 1(a) cho thấy một máy PM từ thông đóng ngắt 3 pha điển hình [6] - [8] của các loại máy được nghiên cứu trong đề án này. Lõi thép của nam stato cực lõi là lá thép mỏng hình chữ U, giữa các lá thép đặt các phần tử nam châm hình tròn nhiễm từ trên cơ sở từ nam châm bên cạnh. Cuộn dây stato là cuộn dây tập trung. Mỗi cuộn dây được quấn lên một răng hình thành bởi 2 lá thép cạnh nhau và một nam châm. Nam châm cực hiện giống như điện từ kháng đóng ngắt số lượng cực của rô to và số răng của stato khác nhau bởi 2. Mặc dầu vậy so sánh với loại PM không chổi than thường diện tích rãnh giảm hơn khi nam châm chuyển dịch từ rô to sang stato, cái đó làm giảm nhiệt độ hơn và vì vậy nhiệt độ nam châm giảm. Hơn nữa sự tập trung từ thông có thể dễ dàng áp dụng do đó, nam châm ferrite chi phí thấp có thể được sử dụng [6].

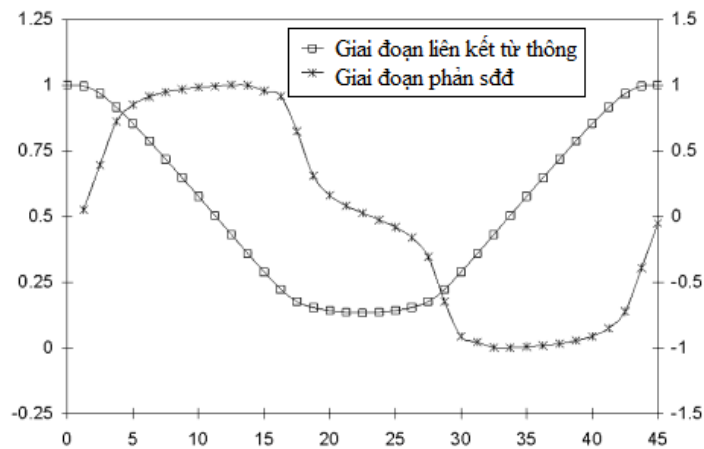


Hình. 2.1. So sánh của máy PM từ thông đóng ngắt 3 pha và máy PM cực lồi kép. (a) máy PM từ thông đóng ngắt (stator 12 răng/ rotor 10 cực), (b) máy nam châm vĩnh cửu nổi bật gấp đôi (stator 12 răng/ rotor 8 cực).

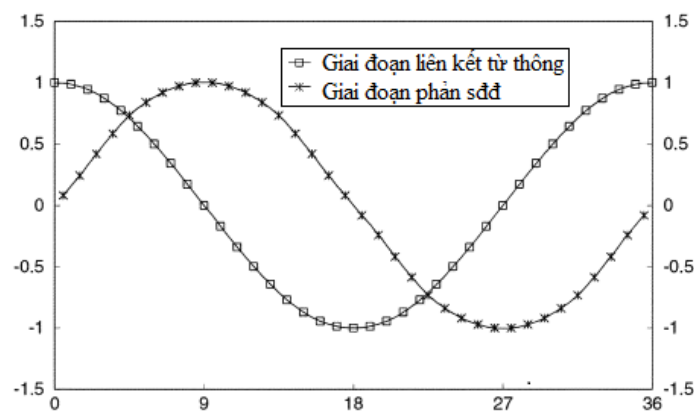
Ngoài ra, do các cuộn dây và nam châm được kích từ song song một cách có hiệu quả chứ không phải mắc nối tiếp như máy PM thông thường phản ứng phân ứng lên điểm làm việc của nam châm gần như được loại bỏ. Kết quả là, tải điện và khả năng mô-men cụ thể của máy PM từ thông đóng ngắt có thể rất cao. Ngoài ra, điện cảm mỗi cuộn dây đo bằng đại lượng tương đối cao có thể dễ dàng đạt được. Do đó, loại máy này rất thích hợp cho các hoạt động công suất không đổi ở tốc độ cao tức là có khả năng như làm yếu từ trường.

Cấu trúc của máy PM từ thông đóng ngắt tương tự với cấu trúc của máy PM rô to cực lồi kép [3]–[5] cho ở Hình. 1(b), trong đó cực từ của stato

và cực lõi rô to trong cả 2 máy đặt ở stato kết quả là mô men chủ yếu từ sự kích từ mômen nam châm vĩnh cửu, tức là, mô-men dao động có thể bỏ qua.



(b)



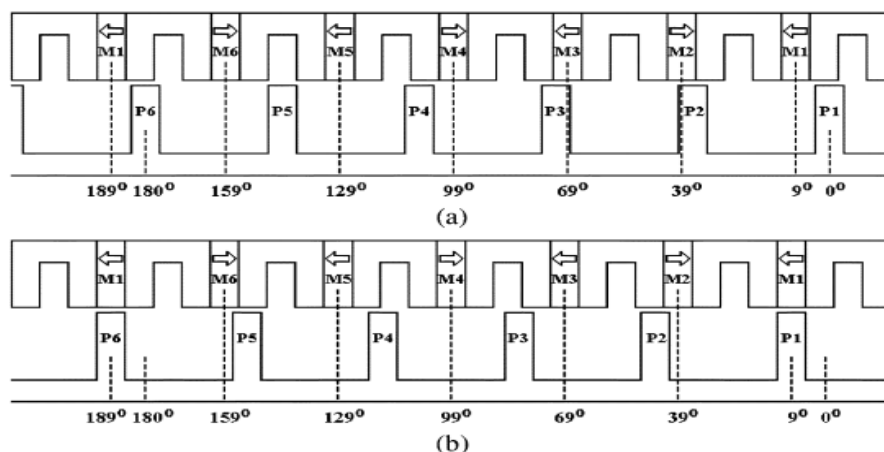
(a)

Hình 2.2. Phân tích phần tử hữu hạn đã chuẩn hóa liên kết từ thông pha và dạng sóng phản sđđ. (a) Máy PM từ thông đóng ngắt. (b) Máy PM cực lõi kép

Tuy nhiên dạng từ thông móc vòng pha của máy PM từ thông đóng ngắt là lưỡng cực. Vì vậy sức phản điện động của nó không đổi và khả năng mô men lớn hơn của loại PM cực lõi kép từ thông của nó có dạng sóng đơn cực. Sử dụng phần tử hữu hạn tính toán dự báo điển hình từ thông móc vòng và sđđ của 2 loại máy: từ thông đóng ngắt và loại cực hiện kép cho ở Hình 2.1 được so sánh trong Hình.2.2. Như chúng ta thấy dạng sóng sđđ của máy PM

từ thông đóng ngắt có dạng hình sin còn sức phản điện động của của máy PM cực lồi kép có dạng hình thang, điều đó cho thấy máy PM từ thông đóng ngắt phù hợp hơn với hoạt động của máy không chổi than một chiều.

Nguyên lý của máy PM từ thông đóng ngắt nghiên cứu ở [6]–[8] và [9], [10] trên cơ sở là khoảng cách mỗi cuộn dây là bằng bước cực. Tuy nhiên trong [6]–[8] mỗi cuộn dây bao bọc 2 mô đun là thép và một nam châm đơn như trong Hình. 2.3(a), và từ thông được tạo ra bởi nam châm và cuộn dây là song song, trong [9], [10] một cặp nam châm được gắn trên mặt của mỗi răng stato và từ thông được tạo ra bởi nam châm và cuộn dây là nối tiếp. Kết quả là, máy từ thông đóng ngắt [9], [10] có cảm ứng từ cuộn dây nhỏ và nam châm có thể bị tổn thương cho việc khử từ không thể đảo ngược và có thể làm giảm tổn hao dòng Fuco lớn và kinh nghiệm lực từ bán kính tương đối lớn như nó được trực tiếp lộ ra sự thay đổi trở từ của rô to có cực lồi. Tuy nhiên, những vấn đề này phần lớn được phức tạp trong các máy PM từ thông ngắt mạch được mô tả trong [6]–[8], trong đó các nam châm cũng dễ dàng hơn để gắn kết.



Hình 2.3. Mô hình máy PM từ thông đóng ngắt trong tọa độ hình chữ nhật. (a) Rotor tại 0 độ. (b) rotor tại 9 độ

Mặc dù phương pháp phân tử hữu hạn được sử dụng rộng rãi để phân tích hiệu suất điện từ của máy điện [4], [6], tham số tập trung mô hình mạch từ thường được ưa thích ở giai đoạn thiết kế, ví dụ, để tính toán các dạng

sóng phản điện động, cuộn dây cảm kháng, và đặc tính mô-men xoắn tĩnh [5], [19], [20]. Do đó, trong đồ án này, tham số tập trung mô hình mạch từ phi tuyến được phát triển, để dự đoán hiệu suất điện từ tắt máy từ thông ngắt mạch.

Dự đoán sự phân chia từ trường tại khe hở không khí, dạng sóng phản điện động, cuộn dây cảm kháng và mô-men xoắn điện từ được xác nhận bởi cả phân tích phần tử hữu hạn 2D và 3D và các phép đo trên máy PM từ thông ngắt mạch 3 pha, 12 rãnh, 10 cực. Ngoài ra, hiệu ứng cuối và các thông số thiết kế tối ưu, nghĩa là độ rộng cực roto, độ rộng phân khúc răng stator và tỷ lệ phân chia (ví dụ, tỷ lệ bên trong tới đường kính stator bên ngoài) đã điều tra, bằng cách sử dụng tham số tập trung mô hình mạch từ đã được phát triển và phân tích phần tử hữu hạn.

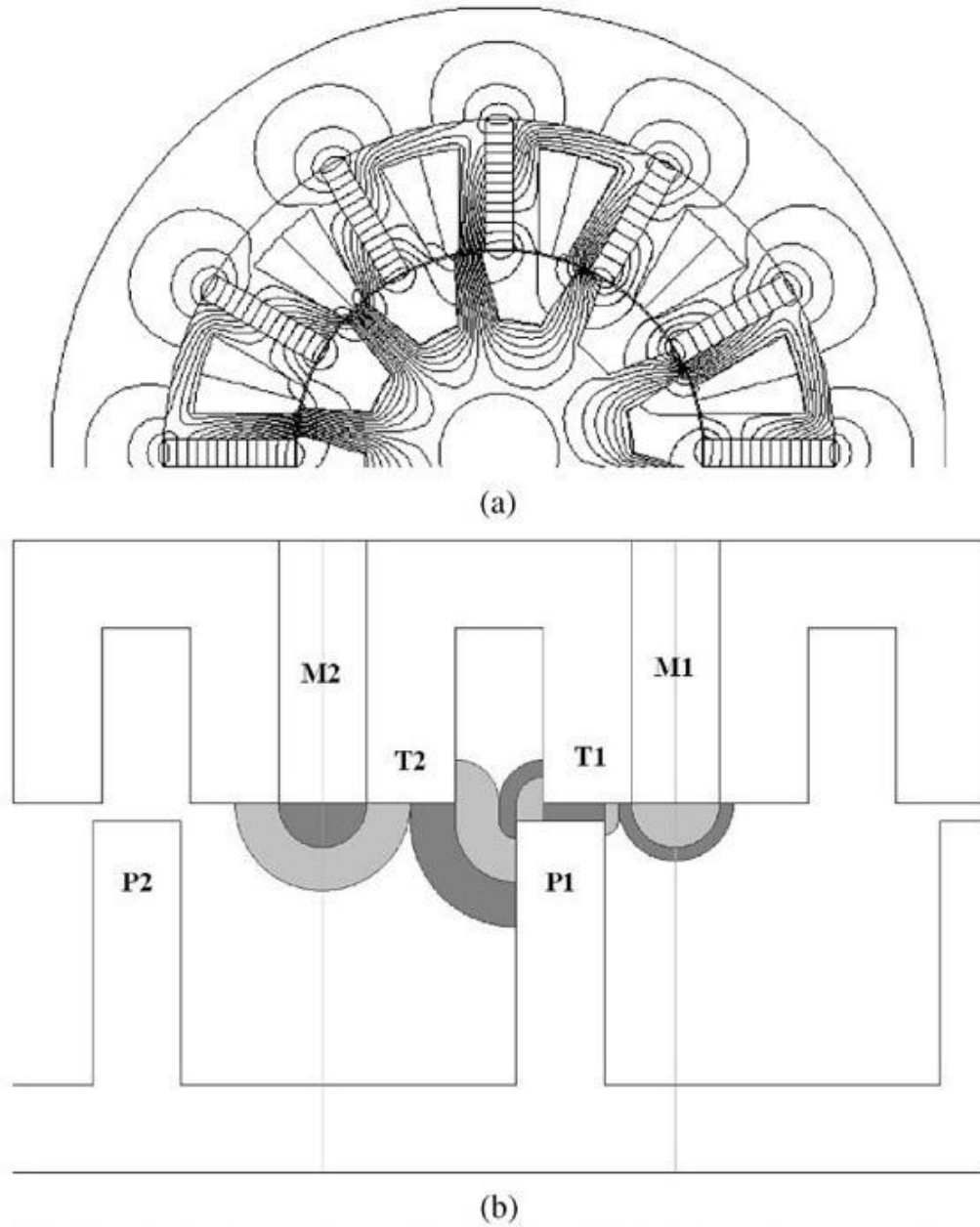
2.2.MÔ HÌNH MÁY PM TỪ THÔNG ĐÓNG NGẮT

Một máy điện từ thông đóng ngắt 3 pha 12 rãnh 10 cực chỉ ra ở Hình.2.4(a) là đối xứng 180° . Vì vậy ta chỉ cần mô hình một nửa máy. Hơn nữa do số lượng cực và rãnh nhiều nên máy có thể được mô hình hóa trong hệ tọa độ hình chữ nhật, mà không làm ảnh hưởng đến độ chính xác, như sẽ được thấy sau khi so sánh với dự đoán phần tử hữu hạn. Phương trình cơ bản mà điều chỉnh mỗi phần tử của tham số tập trung mô hình mạch từ được tính bằng:

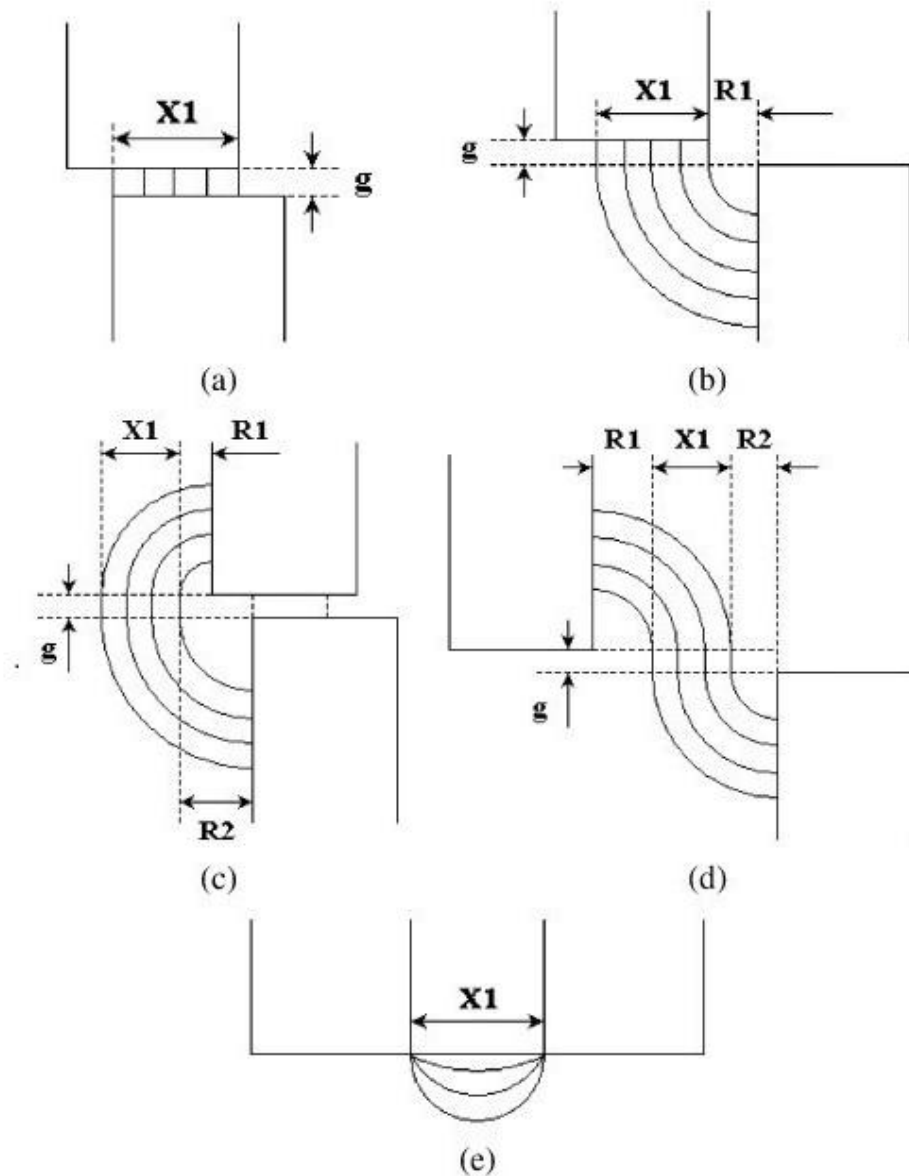
$$\frac{\Phi}{\Lambda} = F \quad (1)$$

Trong đó Φ , Λ và F lần lượt là từ thông, độ thẩm từ và lực từ động tương ứng:

$$\Lambda = \mu_r \mu_0 \frac{S}{l} \quad (2)$$



Hình 2.4. Phân bố từ trường mở mạch. (a) Phân bố từ trường mở mạch.
(b) Đơn giản hóa đường từ thông trong vùng khe hở không khí



Hình 2.5. Đặc trưng độ từ thẩm tại khe hở không khí

$$\begin{aligned}
 (a) \Lambda_1 &= (\mu_0 L_a X_1) / (g). \quad (b) \Lambda_2 = (2\mu_0 L_a) / (\pi) \ln \left(1 + \frac{\pi X_1}{\pi R_1 + 2g} \right). \\
 (c) \Lambda_3 &= (\mu_0 L_a) / (\pi) \ln \left(1 + \frac{2\pi X_1}{\pi(R_1 + R_2) + 2g} \right). \quad (d) \Lambda_4 = \frac{2\mu_0 L_a X_1}{\pi(R_1 + R_2 + X_1)} + 2g. \\
 (e) \Lambda_5 &= 0.26\mu_0 L_a.
 \end{aligned}$$

Như đã đề cập trong phần giới thiệu, máy PM từ thông đóng ngắt được xem xét, từ thông nam châm và từ thông cuộn dây là song song, và sự biến

đôi của mật độ từ thông trong các nam châm là rất nhỏ. Như vậy, nam châm vĩnh cửu chỉ có thể được mô hình hóa như một stđ tương đương :

$$F_m = \frac{B_r}{\mu_r \mu_0} h_m \quad (3)$$

và độ từ thẩm

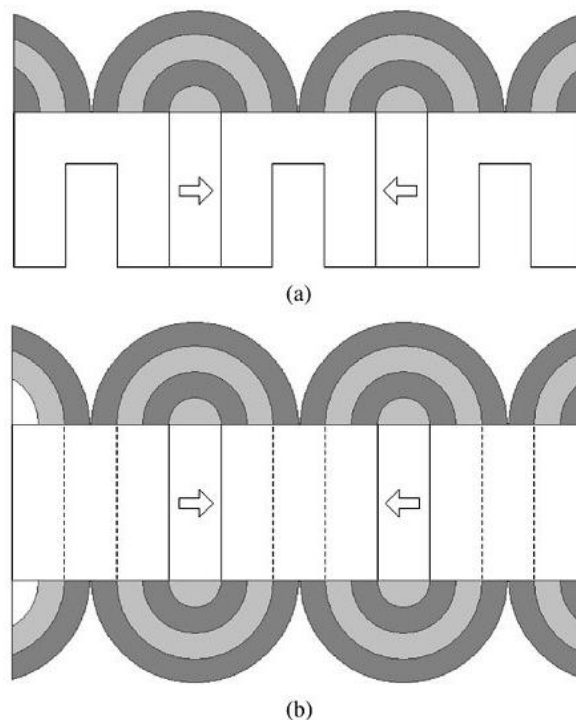
$$\Lambda_m = \mu_r \mu_0 \frac{l_m l_a}{h_m} \quad (4)$$

Trong đó h_m và l_m là độ dày nam châm và chiều rộng tương ứng, và B_r cảm ứng từ dư.

Trong mỗi khe startor, stđ MMF, F_ω là được cho bởi :

$$F_\omega = (I_1 - I_2) N_c \quad (5)$$

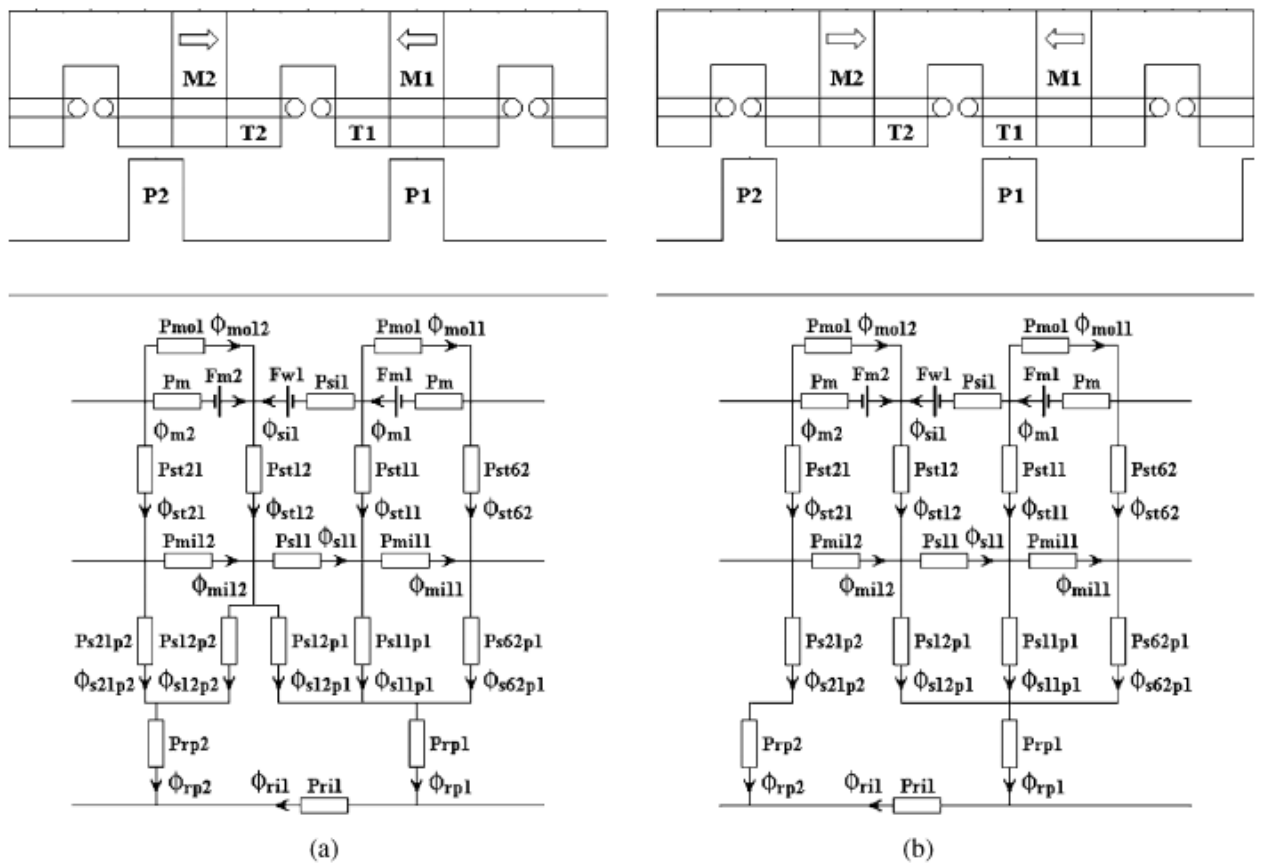
Trong đó N_c là số vòng cuộn dây, và I_1 và I_2 là dòng điện pha trong các cuộn dây được cung cấp chổ ở trong các rãnh.

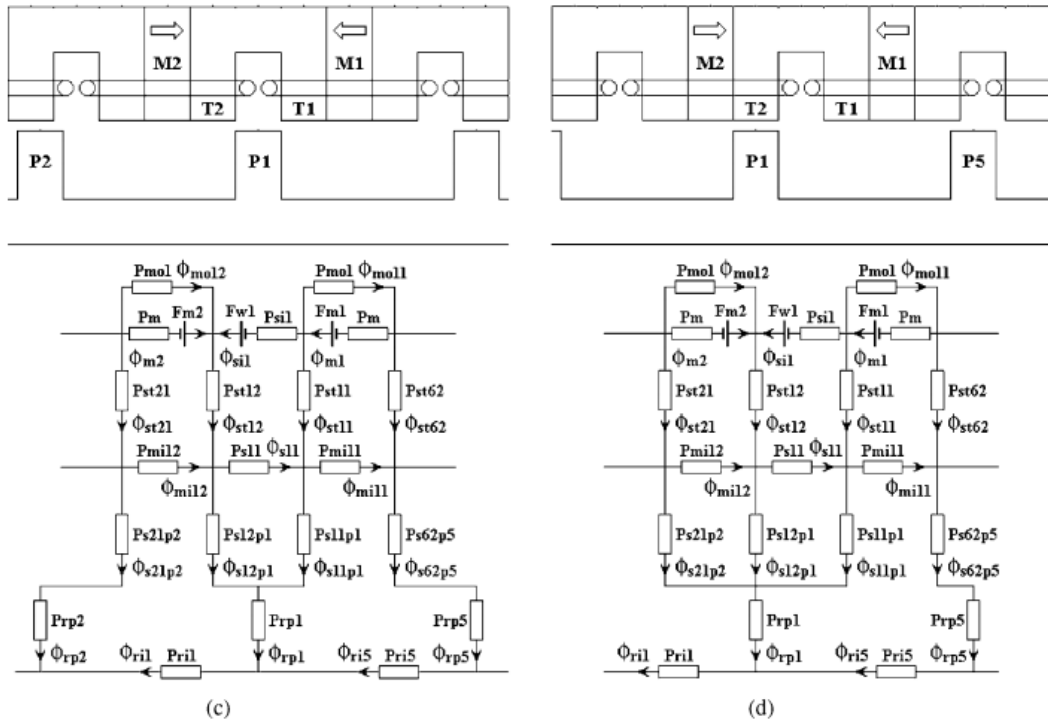


Hình 2.6. Đơn giản hóa đường từ thông tổn hao. (a) Tổn hao từ thông trong mặt phẳng $r - \theta$. (b) Tổn hao từ thông trong mặt phẳng $z - \theta$.

Trong khi độ thẩm từ của vùng sắt từ và nam châm vĩnh cửu là tương đối dễ dàng để xác định, độ thẩm từ của vùng khe hở không khí phức tạp hơn, như có thể được thấy rõ từ sự phân bố từ trường khi mạch hở trong hình 2.6 (a). Như vậy, phần từ thông trong khe hở không khí xung quanh mỗi đoạn stato hình chữ U được đơn giản hóa, như minh họa trong hình. 2.6 (b), và bề mặt stator và rotor được giả định là đẳng thế. Hình. 2.6 (b) chỉ ra năm đường từ thông đơn giản ở khe hở không khí giữa stator và rotor, trong khi Hình. 2.5 cho thấy phương trình độ thẩm từ tương ứng.

Độ thẩm từ của lượng từ thông rò rỉ trong lõi stator và trong các khu vực cuối có thể được xác định tương tự, như cộng lại các đường từ thông đơn giản biểu diễn trong hình 2.5.





Hình 2.7. Mô hình tham số tập trung ở các vị trí khác nhau của rotor . (a) Mô hình 1 (độ từ thẩm giữa T1 và P2 = 0). (b) Mô hình 2 (độ từ thẩm giữa T1 và P2 = 0 và giữa T2 và P2 = 0). (c) Mô hình 3 (độ từ thẩm giữa T1 và P5 = 0 và giữa T2 và P2 = 0). (d) Mô hình 4 (độ từ thẩm giữa T1 và P5 = 0 và giữa T2 và P5 = 0).

Như vậy, tham số tập trung mô hình mạch từ của máy PM từ thông ngắt mạch có thể thu được. Tuy nhiên, vì sự phân bố từ thông ở khe hở không khí thay đổi khi quay rotor, mô hình cần phải được sửa đổi thích nghi phù hợp với vị trí rotor.

Do đó, các tham số tập trung mô hình mạch từ của máy từ thông đóng ngắt có thể thu được. Tuy nhiên, vì sự phân bố từ thông ở khe hở không khí thay đổi khi quay rotor, mô hình cần phải được sửa đổi thích nghi phù hợp với vị trí rotor. Sáu tham số tập trung mô hình mạch từ khác nhau được yêu cầu cho từng phân khúc stator để giải thích cho sự thay đổi trong phân bố từ thông ở khe hở không khí như quay rotor, như thể hiện trong hình. 2.7 cho máy 12 rãnh, 10-cực. Độ bão hòa được tính bằng cách giải quyết các tham số tập

trung mô hình mạch từ lặp đi lặp lại, độ thâm từ của vùng stator và rotor được thay đổi theo mật độ từ thông của chúng, bằng cách sử dụng đường cong $B - H$ thích hợp.

Các ký hiệu trong Bảng. 2.1, trong đó các chỉ số liên quan cho rãnh stator tương ứng hoặc cực rotor, như sau :

Bảng 2.1. Bảng ký hiệu

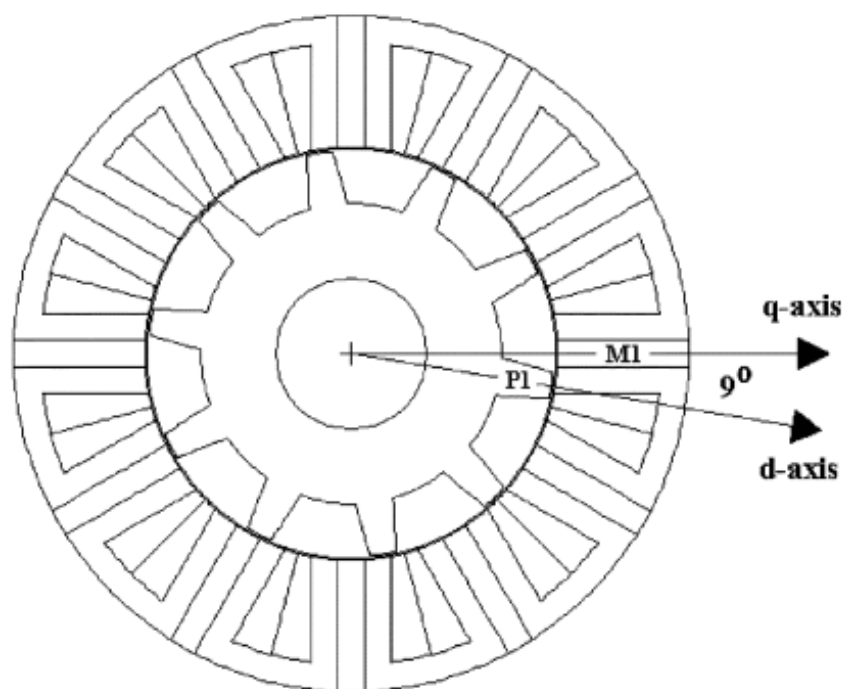
P_m	Độ từ thâm nam châm chính
P_{mol}	Độ từ thâm rò bên ngoài nam châm
P_{mil}	Độ từ thâm rò bên trong nam châm
F_m	Sức từ động nam châm
F_w	Sức từ động khe
P_{st}	Độ từ thâm ở phân khúc răng stator
P_{si}	Độ từ thâm tổn thất đồng stator
P_{sp}	Độ từ thâm giữa răng stator và cực rotor
P_{rp}	Độ từ thâm cực rotor
P_{ri}	Độ từ thâm sắt từ ở rotor
ϕ_m	Từ thông nam châm chính
ϕ_{mol}	Từ thông rò rỉ bên ngoài nam châm
ϕ_{mil}	Từ thông rò rỉ bên trong nam châm
ϕ_{st}	Từ thông ở phân khúc răng stator
ϕ_{si}	Từ thông sắt từ ở stator
ϕ_{sp}	Từ thông giữa phân khúc răng stator và cực rotor
ϕ_{rp}	Từ thông ở cực rotor
ϕ_{ri}	Từ thông sắt từ ở rotor

Các kí hiệu trên biểu tượng P_{mil} , F_m , ϕ_m , ϕ_{mol} , ϕ_{mil} , P_{si} , ϕ_{si} , F_w , P_{rp} , ϕ_{rp} , P_{ri} , ϕ_{ri} được liên kết với một nam châm cụ thể, phân đoạn stator, cực rotor, và rotor back iron. Liên quan đến các kí hiệu trên ϕ_{st} và P_{st} , các chữ số đầu tiên là số phân đoạn stator và thứ hai là số răng mà phân khúc đó thuộc về.

Các ký hiệu $s12$ và $p1$ trong P_{s12p1} và ϕ_{s12p1} là có liên quan đến số phân đoạn stator (s1) của số bánh răng (2) và số cực rô to (p1).

Bảng 2.2 Thiết kế dữ liệu và thông số kỹ thuật của máy PM từ thông ngắt mạch

Số pha, m	3
Số cực rotor, p	10
Số răng stator, N_s	12
Bán kính ngoài stator, R_{so}	45mm
Bán kính trong stator, R_{si}	27.5mm
Độ dài khe hở không khí, g	0.5mm
Chiều dài trục, L_a	25mm
Số vòng dây trên 1 pha, N_w	72
Độ từ thẩm nam châm, B_r	1.2T
Độ từ thẩm nam châm tương đối, μ_r	1.05
Từ kháng của nam châm, H_c	-909.46kA/m
Điện áp DC, V_{DC}	36V
Dòng điện pha (rms), I_a	11A
Momen cố định, T_N	2.2Nm
Tốc độ cố định, n_N	400rpm



Hình 2.8. Định nghĩa trục d, q, răng stator và cực rotor

Trong phần tiếp theo, hiệu suất điện của máy PM từ thông ngắt mạch 12 rãnh, 10 cực được dự đoán bằng cách sử dụng tham số tập trung mô hình mạch từ ở trên, trong khi ảnh hưởng của hiệu ứng cuối sẽ được nghiên cứu tại mục 2.4, và tối ưu kích thước máy sẽ được điều tra tại mục 2.5.

2.3. DỰ BÁO TÍNH CHẤT BỞI THAM SỐ TẬP TRUNG MÔ HÌNH MẠCH TỪ VÀ SO SÁNH VỚI PHÂN TÍCH PHẦN TỬ HỮU HẠN

Hiệu suất các máy PM ngắt mạch từ thông, có các tham số thiết kế và đặc điểm kỹ thuật hoạt động chính được đưa ra trong Bảng 2, được dự đoán bằng cách sử dụng các tham số tập trung mô hình mạch từ và phân tích phần tử hữu hạn 2D, ban đầu bỏ qua các hiệu ứng cuối.

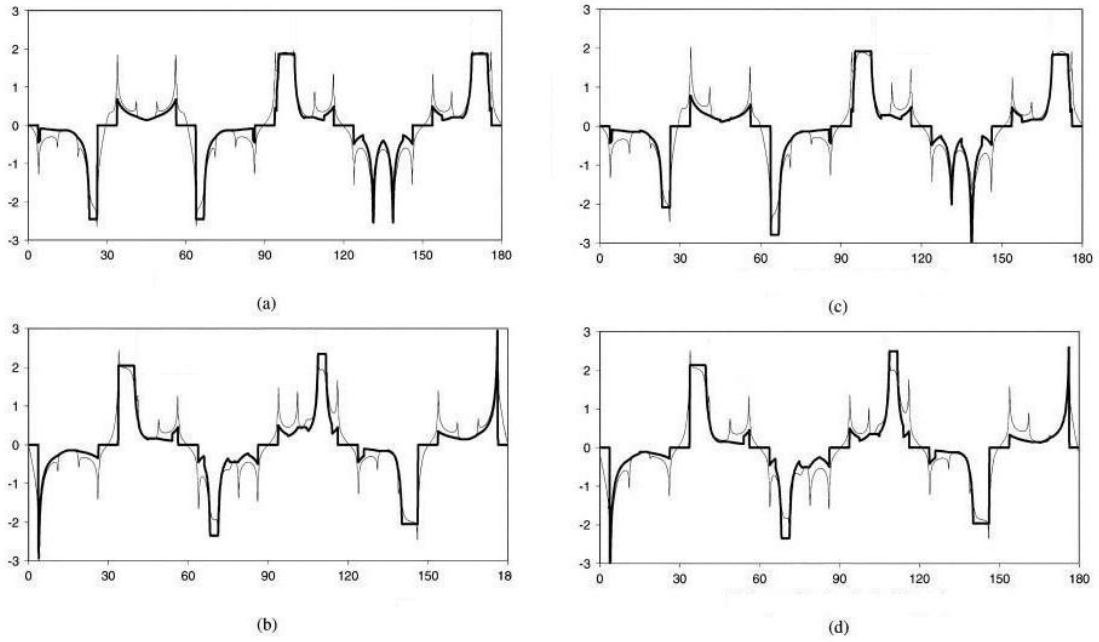
Dòng điện trục d và trục q, I_d và I_q là có liên quan đến dòng điện 3 pha I_a , I_b và I_c như được cho trong (6) [13]

$$\begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \cos(\theta - 120^\circ) & \cos(\theta + 120^\circ) \\ -\sin(\theta) & -\sin(\theta - 120^\circ) & -\sin(\theta + 120^\circ) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} \quad (6)$$

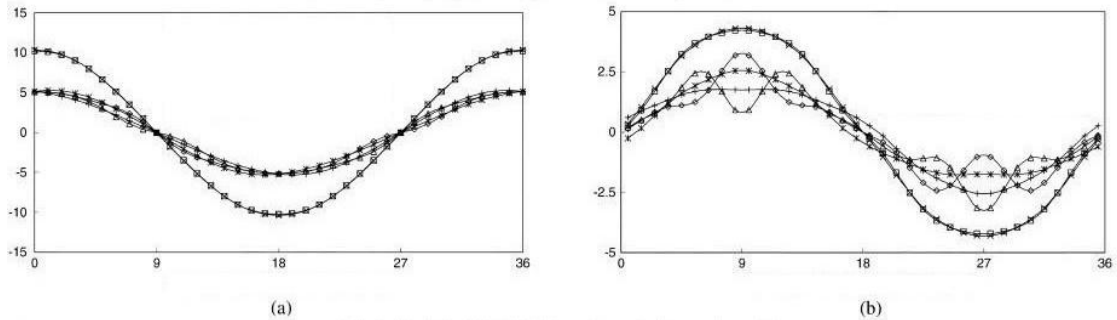
Trong đó θ là góc chuyển rotor, trong khi hình. 2.8 cho thấy các vị trí tương đối giữa trục d và trục q, và các răng stator và cực rotor. Như đã trình bày, khi cực rotor P1 được dời -90° từ trung tâm của nam châm M1 liên kết từ thông pha A đạt giá trị tối đa của nó, chỉ ra rằng vị trí rotor này tương ứng với trục d và trục q trong khi vị trí rotor trùng với trung tâm của nam châm M1 là trục q.

2.3.1. Phân bố từ trường ở khe hở không khí

Hình 2.9 so sánh tham số tập trung mô hình mạch từ và phân tử hữu hạn, dự báo phân bố từ trường khe hở không khí. Chúng ta sẽ thấy, một thỏa thuận tốt đạt được, cả trên không tải và có tải khi trục d $I_d = 0$ và dòng điện trục q tương ứng là $I_q = 0$ và $I_q = 16A$. Do đó cấu trúc của máy lõi 2 phía, sự phân bố từ trường ở khe hở không khí là không sin và chứa lượng sóng hài đáng kể, giống như máy đóng ngắt cảm kháng. Tuy nhiên, do đơn giản hóa các đường sức từ ở khe hở không khí, sự phân bố từ trường ở khe hở không khí thu được từ các tham số tập trung mô hình mạch từ là mượt mà hơn rất nhiều so với những kết quả thu được từ phân tích phân tử hữu hạn, trong đó mật độ từ thông cục bộ có thể vượt quá 2 T, như kết quả của sự tập trung xung quanh các góc của răng stator và cực rotor.



Hình 2.9. So sánh dự đoán phân bố từ trường ở khe hở không khí. (a) $I_d = 0$, $I_q = 0$, rotor tại 9 độ. (b) $I_d = 16$ A, $I_q = 0$, rotor tại -9 độ. (c) $I_d = 16$ A, $I_q = 16$ A, rotor tại 9 độ. (d) $I_d = 16$ A, $I_q = 16$ A, rotor tại -9 độ.



Hình 2.10. Liên kết từ thông pha và dạng sóng phản sđđ.

(a) Liên kết từ thông pha. (b) Phản sđđ pha.

2.3.2. Giai đoạn liên kết từ thông và sức phản điện động

Giai đoạn liên kết từ thông có thể được dự đoán trực tiếp từ các tham số tập trung mô hình mạch từ, và giai đoạn phản điện động được xác định từ :

$$e = -\frac{d\psi}{dt} \quad (7)$$

Như trình bày trên Hình. 2.5, các mối liên kết từ thông dự đoán và dạng sóng phản điện động cho giai đoạn một cuộn dây a1 và a2 khác nhau đôi chút,

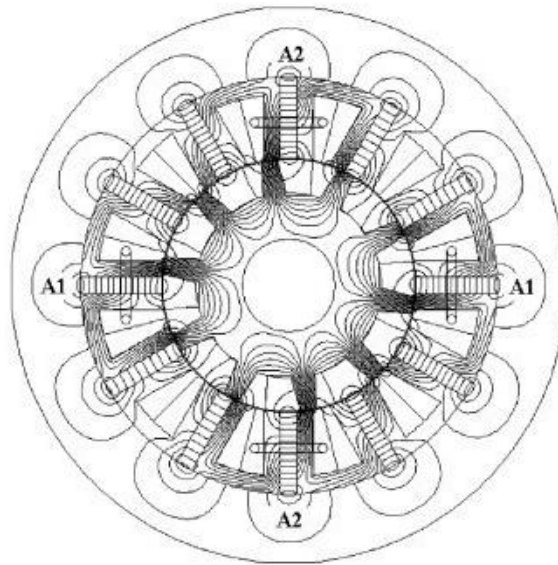
do sự khác biệt trong vị trí tương đối giữa các răng stator và cực rotor. Nó cũng có thể được nhìn thấy từ Hình. 2.6 (a) khi mỗi liên kết từ thông trong pha a là tối đa, trên trục của cực rotor dưới cuộn a1 được thay thế bằng -9^0 từ trục của cuộn dây a1, trong khi trục của cực rotor dưới cuộn a2 được thay thế bằng $+9^0$ từ trục của cuộn dây a2. Một vòng quay ngược chiều kim đồng hồ của 9 kết quả trong các liên kết từ thông của pha a trở thành 0, hình. 2.6 (b), khi cực rotor dưới cuộn a1 thẳng hàng với trục của cuộn dây, và trục của cuộn dây a2 được liên kết với các trung tâm của một rãnh rotor. Hình 2.5 cũng cho thấy rằng kể từ khi bão hòa từ trường cục bộ được tính vào phân tích phần tử hữu hạn, các phần tử hữu hạn, dự đoán dạng sóng phản điện động có nội dung sóng hài thấp hơn so với với những cái có nguồn gốc từ các tham số tập trung mô hình mạch từ phi tuyến. Hơn nữa, mặc dù mỗi liên kết từ thông và dạng sóng phản điện động cho cuộn dây a1 và a2 là không hình sin, giai đoạn kết quả từ thông liên kết và giai đoạn dạng sóng phản điện động cơ bản là hình sin.

2.3.3 Giai đoạn tự cảm và tương hỗ

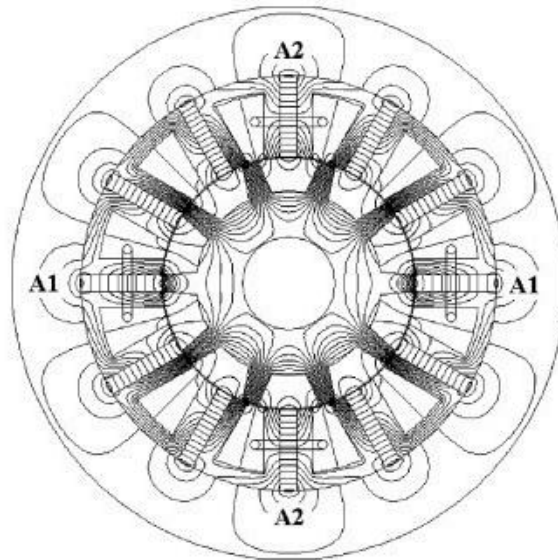
Giai đoạn tự cảm và tương hỗ có thể thu được từ biến đổi liên kết từ thông pha với dòng điện, tức là :

$$L_a = \frac{\psi_{a-I_a} - \psi_{a-0}}{I_a} \quad (8)$$

$$M_{ab} = \frac{\psi_{a-I_b} - \psi_{a-0}}{I_b} \quad (9)$$



(a)

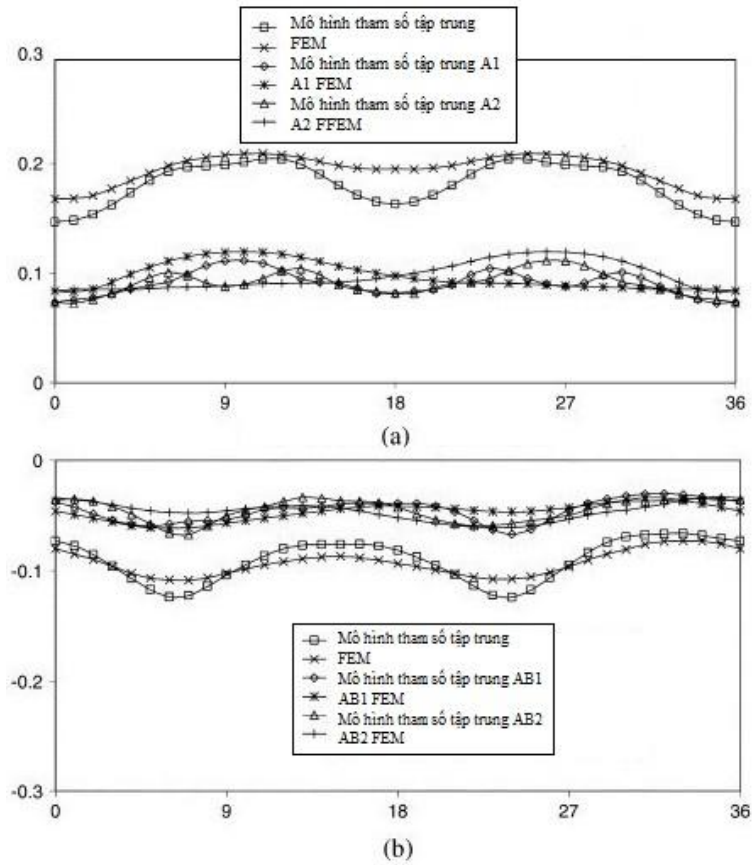


(b)

Hình 2.11. Phân bố từ trường hở mạch. (a) Liên kết từ thông của pha $A = \max$. (b) Liên kết từ thông của pha $A = 0$

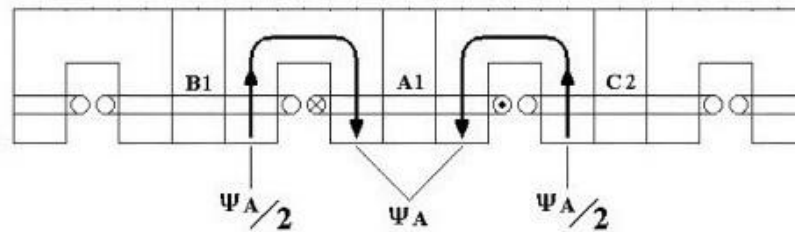
Hình 2.12 so sánh các thông số tập trung mô hình mạch từ và phần tử hữu hạn, dự đoán tự cảm và tương hỗ có cuộn cảm. Chúng ta sẽ thấy, do vị trí tương đối khác nhau giữa các răng stator và cực rotor, các độ tự cảm và hỗ cảm của cuộn dây a1 và a2 khác nhau đôi chút. Nói chung, thỏa thuận tốt được thực hiện, mặc dù dự đoán phần tử hữu hạn các cuộn cảm khác nhau ít

hơn với vị trí rotor từ hiệu ứng bão hoà từ trường nội địa hóa là không tính vào mô hình mạch từ phi tuyến tập trung. Do các phân đoạn stator hình chữ U, độ tự cảm giữa các pha là trung bình, khoảng một nửa pha tự cảm, như trong quy ước máy PM, như minh họa trong hình. 2.13.



Hình 2.12. Độ tự cảm và tự cảm tương hỗ.

(a) Độ tự cảm. (b) Độ tự cảm tương hỗ



Hình 2.13. Đường từ thông pha a đã đơn giản hóa

2.3.4 Liên kết từ thông mở mạch và trục d và cuộn cảm trục q

Liên kết từ thông PM trục d, ψ_m và trục d và cuộn cảm trục q, L_d và L_q có thể được tính từ chuyển hóa abc \rightarrow dq, được hiển thị trong hình. 2.14.

Chúng ta sẽ thấy, các liên kết từ thông PM trục d là gần như liên tục với vị trí rotor, trong khi , L_d và L_q cũng tương tự như trong độ lớn. Vì vậy, mặc dù máy PM từ thông đóng ngắt có cấu trúc liên kết một rotor cực lồi, mô-men xoắn cường bức là tương đối nhỏ.

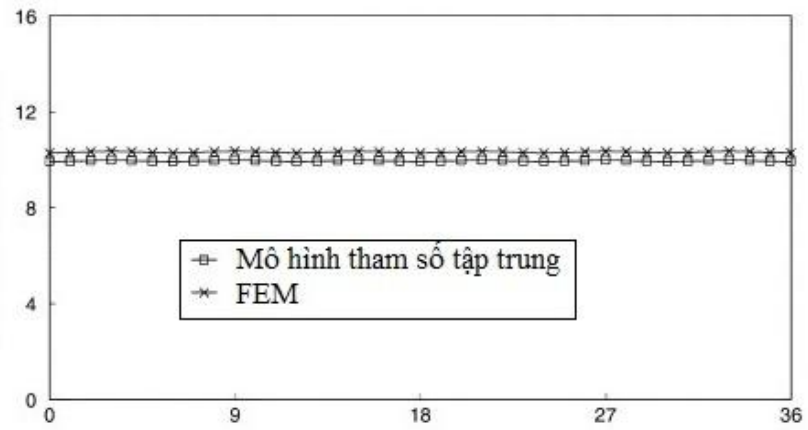
2.3.5 Mô men điện từ

Kể từ khi mô-men điện từ trong máy PM ngắt mạch từ thông có thể được bỏ qua, mô-men xoắn điện chỉ có thể được tính từ:

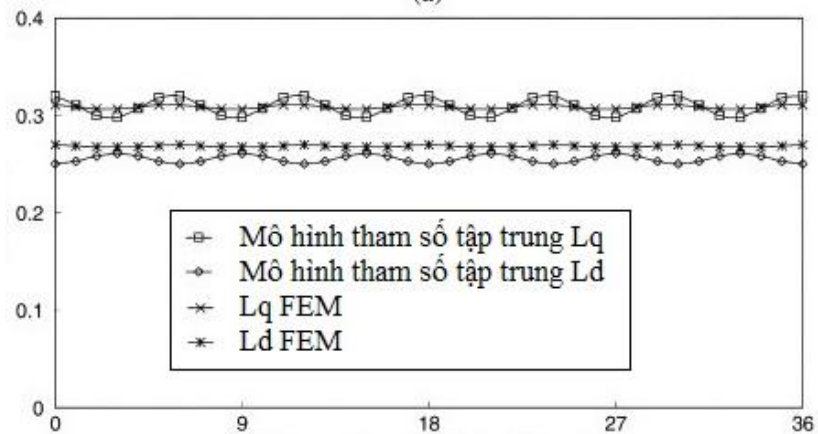
$$T = \frac{3}{2}p\psi_m I_q. \quad (10)$$

Hình. 2.15 cho thấy các biến thể của mô-men xoắn với vị trí rotor, dự báo từ cả hai tham số tập trung mô hình mạch từ và phân tích phần tử hữu hạn. Chúng ta sẽ thấy, máy thể hiện rất ít gợn mô-men xoắn, mặc dù thực tế là nó có một cấu trúc liên kết kép lồi.

Tóm lại, dự đoán hiệu suất điện từ các tham số tập trung mô hình mạch từ so sánh tốt với những phân tích từ phần tử hữu hạn 2-D, khi hiệu ứng cuối bị bỏ qua.



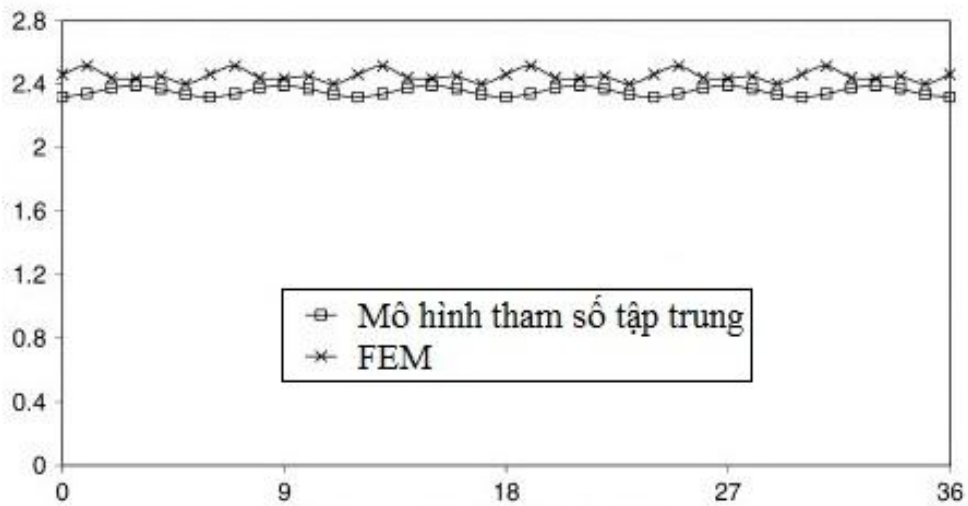
(a)



(b)

Hình 2.14. Liên kết từ thông trục d và độ tự cảm trục q.

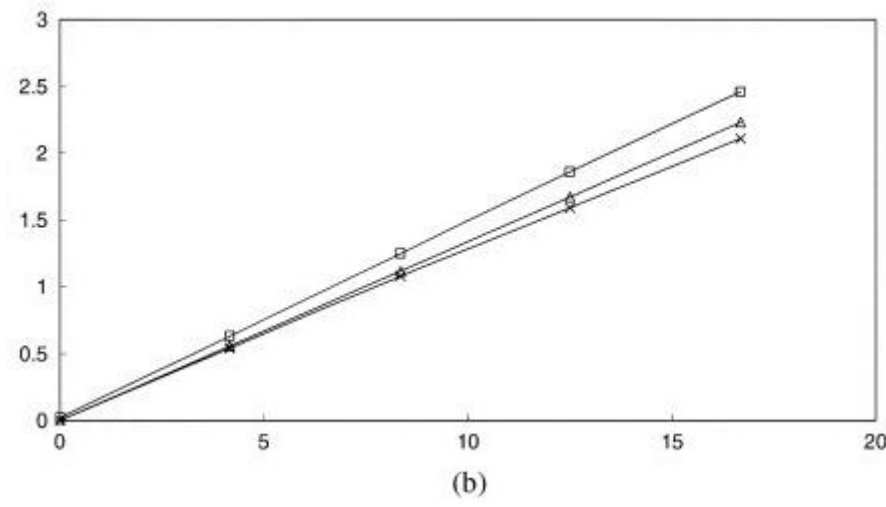
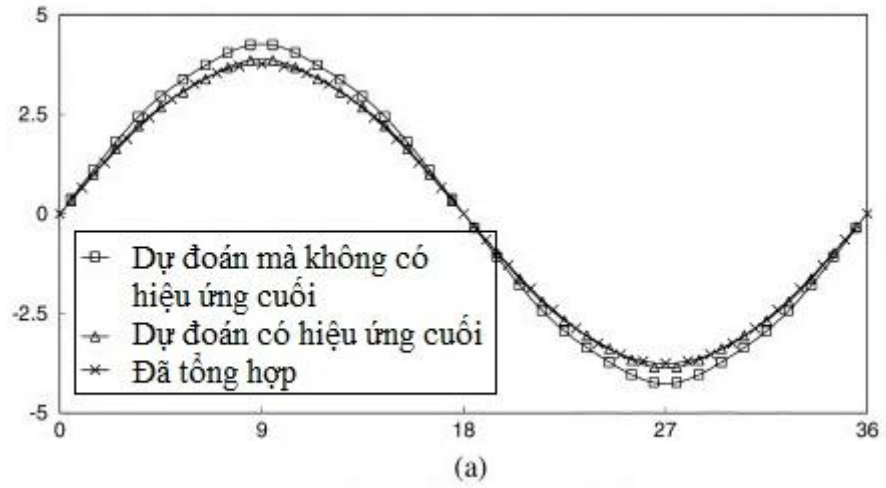
(a) Liên kết từ thông trục d. (b) Độ tự cảm trục d và q



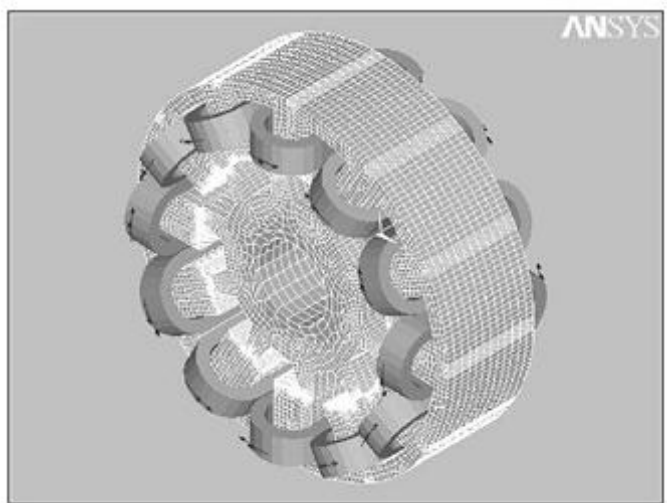
Hình 2.15. Sự biến đổi của từ thông so với vị trí rotor ($I_d = 0$ và $I_q = 16A$)

2.4.SO SÁNH VỚI CÁC ĐO LƯỜNG VÀ NGHIÊN CỨU HIỆU ỨNG CUỐI

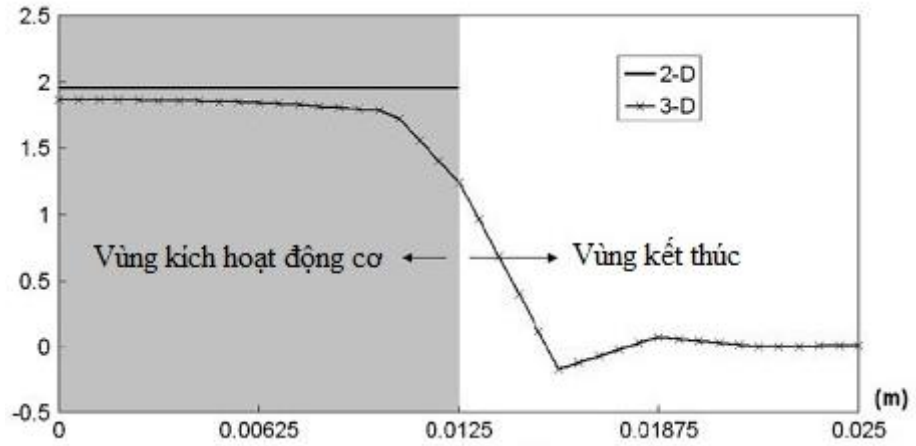
Hình. 2.16 so sánh đo giai đoạn dạng sóng phản điện động và dòng điện mô-men xoắn đặc trưng với dự đoán tham số tập trung mô hình mạch từ cả hai có và không có đại diện của các hiệu ứng cuối. Rõ ràng, hiệu ứng cuối có thể làm giảm đáng kể sức phản điện động và mô-men xoắn. Việc sao nhãng các hiệu ứng cuối trong máy đang được xem xét (ví dụ, một phép tính 2D) kết quả trong 10% đánh giá quá cao trong cả hai mối liên kết từ thông và phản điện động, như đã được xác nhận bằng cách thực hiện phân tích phần tử 3D. Hình 2.17 cho thấy mô hình phần tử 3-D, trong khi Hình. 2.18 cho thấy sự thay đổi dự đoán của từ trường tại khe hở không khí dọc theo trục của máy, cùng với một dự đoán tương ứng từ một mô hình phần tử 2-D. Có thể thấy rằng, do ảnh hưởng kết thúc, mối liên kết từ thông trong khu vực hoạt động được giảm khoảng 10%, phù hợp với mức giảm trong phản điện động và mô-men xoắn.



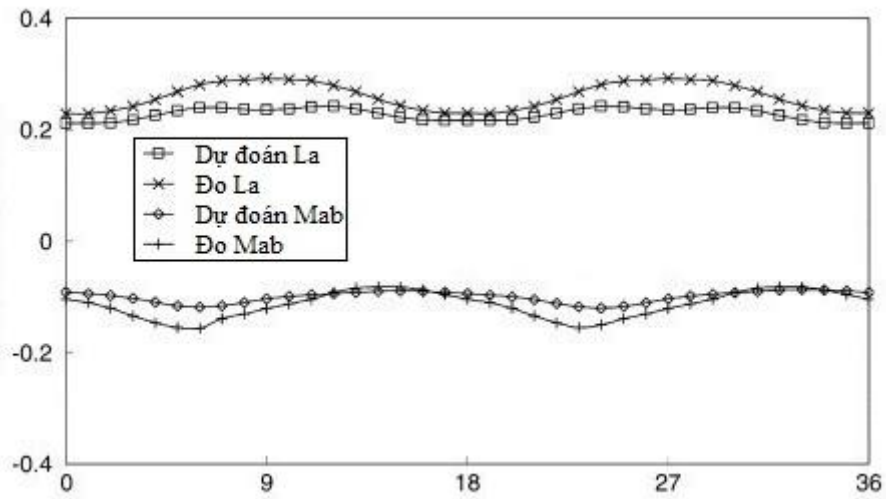
Hình 2.16. So sánh các dự đoán và đo lường dạng sóng phản xạ và momen. (a) Gian đoạn phản xạ. (b) Momen điện từ



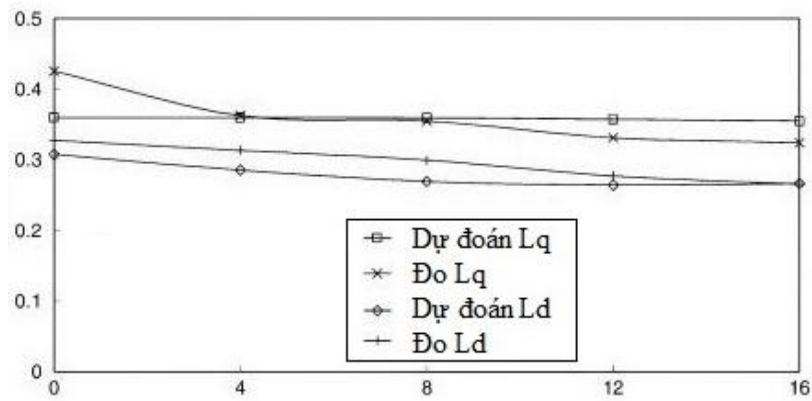
Hình 2.17. Mô hình phần tử hữu hạn 3D



Hình 2.18. Định mật độ phân bố từ thông được dự đoán từ mô hình phần tử hữu hạn 2D và 3D



Hình 2.19. So sánh các dự đoán và đo lường độ tự cảm và tự cảm tương hỗ ($I_a = 0$ A).



Hình 2.20. So sánh các dự đoán và đo lường độ tự cảm trực d và q

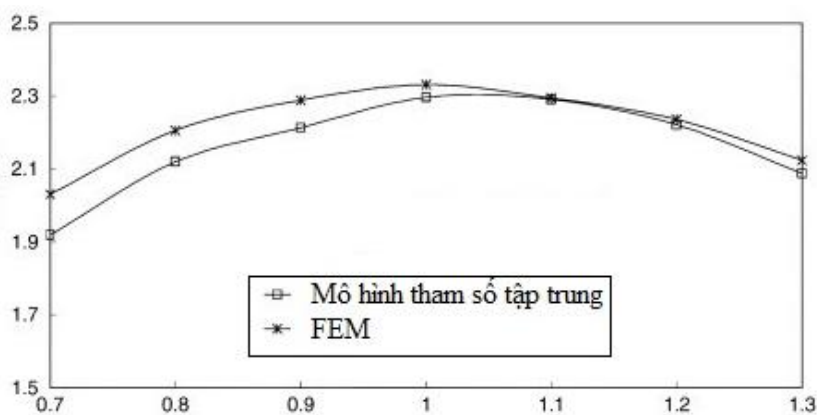
Các tham số tập trung mô hình mạch từ dự đoán độ tự cảm pha, trục d và cuộn cảm trục q được so sánh với các phép đo trong hình 2.19 và 2.20. Nhìn chung, các cuộn dây điện cảm dự đoán và đo phù hợp rất tốt, xem xét đơn giản được giả định cho các đường dẫn từ thông ở khe hở không khí trong các tham số tập trung mô hình mạch từ tính.

2.5. THIẾT KẾ TỐI ƯU HOÁ SỬ DỤNG THÔNG SỐ TẬP TRUNG KIỂU MẠCH TỪ

Trong phần này, chiều rộng tối ưu cực rotor, chiều rộng răng stator, và tỷ lệ của bên trong tới bên ngoài đường kính stator (ví dụ, tỷ lệ phân chia) được điều tra, có sự tham khảo các thiết kế máy tính ban đầu, ví dụ, trong đó răng stator, khe cắm mở cửa, và cực rotor có độ rộng giống hệt nhau.

2.5.1 Răng stator rộng

Hình. 2.21 cho thấy ảnh hưởng của chiều rộng răng stator trên mô-men xoắn, tiên đoán từ việc cả hai tham số tập trung mô hình mạch từ và phân tích phần tử hữu hạn, khi tổn thất đồng không đổi. Nó cho thấy rằng mô-men xoắn tối đa là khi chiều rộng răng stator bằng với chiều rộng của các lỗ khe. Mặc dù khu vực khe chứa các cuộn dây có thể được tăng lên bằng cách giảm chiều rộng răng, răng sẽ trở nên nặng nề hơn bão hòa và giai đoạn từ thông liên kết sẽ được giảm.

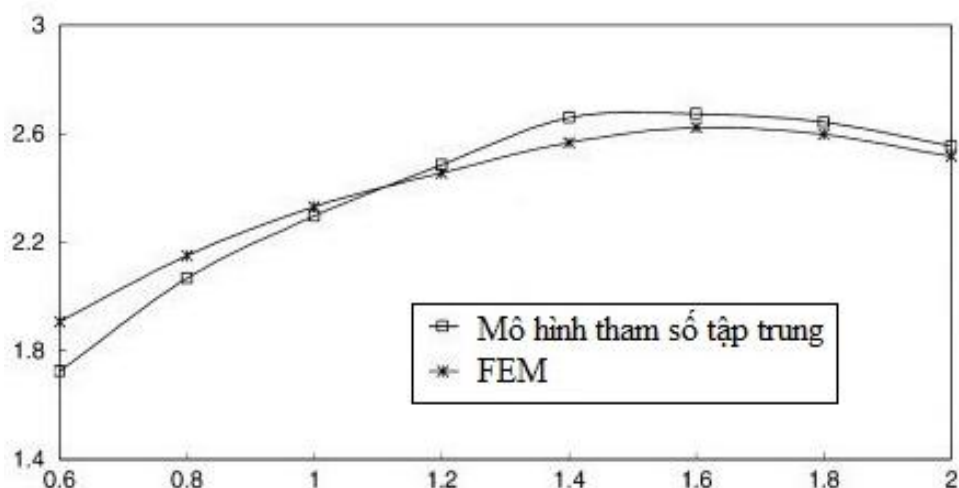


Hình 2.21. Ảnh hưởng của độ rộng răng stator trong momen khi chia tỷ lệ và độ rộng cực rotor cố định.

Ngược lại, sự gia tăng chiều rộng răng stator sẽ làm giảm độ bão hòa, nhưng mô-men xoắn điện sẽ giảm, kể từ khi khu vực khe được giảm cho mất đồng không đổi.

2.5.2 Cực rotor rộng

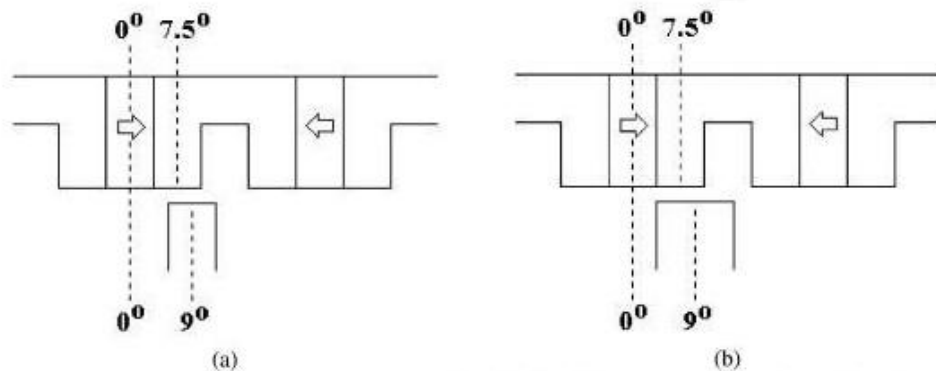
Khi dòng điện pha được duy trì liên tục, mô-men xoắn điện từ thay đổi theo chiều rộng cực rotor như hình. 2.22. Chúng ta sẽ thấy, mô-men xoắn tối đa đạt được khi chiều rộng cực rotor là ~1,4 - 1,6 lần so với giá trị ban đầu (đó là bằng với phân khúc chiều rộng răng stator và chiều rộng của khe mở). Điều này có thể được giải thích bằng cách tham khảo Hình. 2.23.



Hình 2.22. Các thay đổi của momen với độ rộng cực rotor khi chia tỷ lệ và độ rộng răng stator cố định.

Hình. 23 (a) cho thấy vị trí tương đối của một cực rotor và một răng stator cho giai đoạn liên kết từ thông tối đa, khi cực và răng được thay thế bằng 90° , với chiều rộng cực rotor bằng với phân khúc chiều rộng răng stator. Tuy nhiên, bằng cách làm cho chiều rộng cực rotor lớn hơn phân khúc chiều rộng răng stator như vậy mà một cạnh của cực là liên kết với các cạnh của

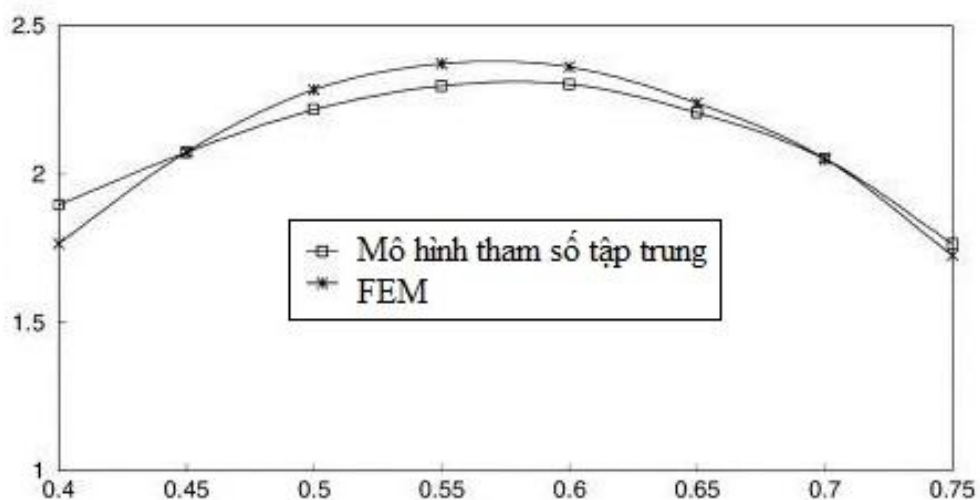
phân khúc răng stato, như thể hiện trong hình. 2.23 (b), giai đoạn liên kết từ thông tối đa được tăng lên.



Hình 2.23. Tối ưu hóa độ rộng cực rotor. (a) Độ rộng cực rotor đáp ứng được độ rộng phân khúc răng stator. (b) Tối ưu hóa độ rộng cực rotor.

2.5.3 Phân chia tỷ lệ

Tỷ lệ phân chia tối ưu, tức là, tỷ lệ bên trong cho tới đường kính ngoài của stator, là một trong những thông số thiết kế quan trọng nhất kể từ khi mô-men xoắn tỉ lệ với bình phương của đường kính cánh quạt, trong khi khu vực khe stato giảm như đường kính rotor tăng lên. Hình. 2.24 cho thấy các biến thể của mô-men xoắn với tỷ lệ phân chia cho một mật mát đồng cố định, mô-men xoắn điện tối đa đạt được khi tỷ lệ chia là 0,55-0,6.



Hình 2.24. Tối ưu hóa tỷ lệ phân chia khi độ rộng cực rotor và độ rộng răng stator được số định.

CHƯƠNG 3.

ĐỘNG CƠ TỪ KHÁNG CÓ CẤU TRÚC MỚI SỬ DỤNG CHO Ô TÔ ĐIỆN

Mặc dù ra đời đã lâu, động cơ từ kháng (ĐCTK) vẫn ít được chú ý sử dụng do một số nhược điểm mang tính tiên định, có nguồn gốc từ nguyên lý của động cơ, đó là: mô men quay chứa nhiều hài bậc cao (momen lắc), gây nhiều tiếng ồn và hiệu suất thấp.

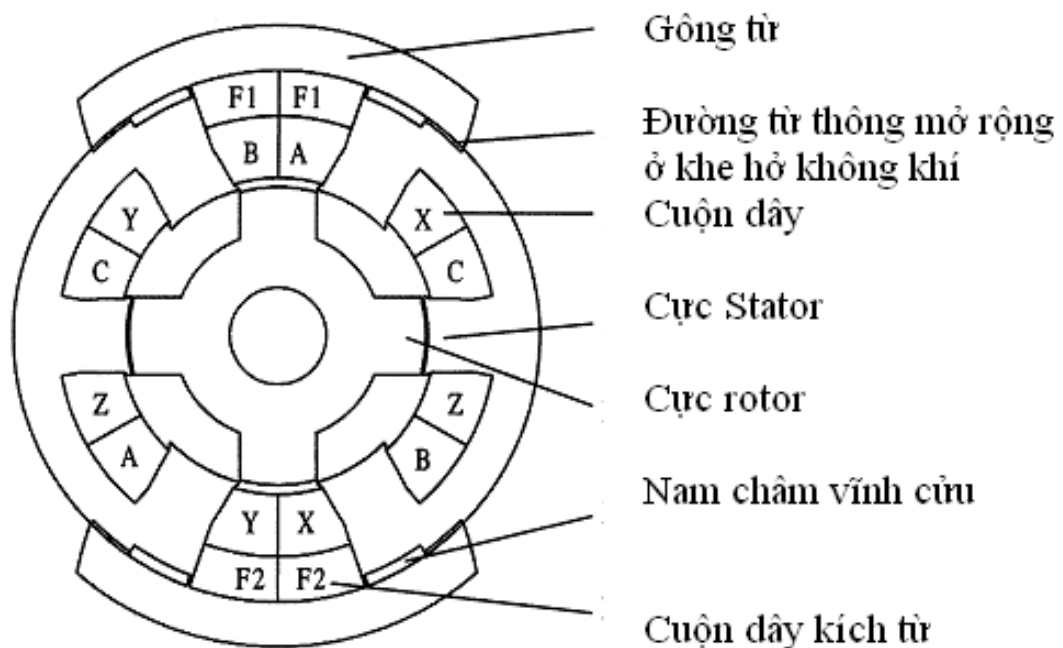
Chỉ từ đầu thập kỷ 90, khi các lĩnh vực cảm biến, điện tử công suất, và đặc biệt là vi điều khiển/vi xử lý tín hiệu đạt được những tiến bộ đáng kể, cho phép khắc phục các điểm yếu nói trên bằng các giải pháp phần mềm một cách rất có hiệu quả đồng thời đảm bảo giá thành hệ thống thấp. Khi ấy, ĐCTK lại được quan tâm đến, đặc biệt trong những ứng dụng công suất nhỏ. Ưu điểm nổi bật của ĐCTK là: tổn thất xuất hiện chủ yếu ở phía stator và do đó rất dễ làm mát, quán tính rotor bé nên có kết cấu bền vững và phù hợp cho tốc độ quay cao, mô men khởi động lớn, chịu quá tải ngắn hạn rất tốt. Thêm vào đó, ĐCTK có giá thành chế tạo thấp nhất trong các loại động cơ và không cần bảo dưỡng.

3.1. MÁY NAM CHÂM VĨNH CỬU CỰC LỖI KHÔNG CHỖI THAN MỚI STATOR KÉP ĐƯỢC CẤP ĐIỆN TỪ 2 PHÍA

Với sự quan tâm ngày càng tăng về bảo vệ môi trường và bảo toàn năng lượng việc sử dụng ô tô điện (Evs) cho giao thông trên đường là sự quan tâm đặc biệt. Để có khả năng kết hợp trực tiếp với ô tô động cơ đốt trong động cơ EV nhằm mục đích để đạt được hiệu suất cao, mật độ công suất lớn, khả năng điều khiển lớn phạm vi tốc độ rộng và dễ bảo quản khi vận hành. [1]. Để theo đuổi mục đích này một máy nam châm vĩnh cửu cực lõi kép (DSPM) được giới thiệu, máy này tích hợp ưu điểm của cả máy PM không chổi than và máy đóng ngắt cảm kháng (SR) [2], [3]. Tuy nhiên nó vẫn còn chứa một số nhược điểm do giá

thành của vật liệu là nam châm vĩnh cửu (PM) cao và không có khả năng điều khiển từ thông của PM.

Để làm giảm bớt vấn đề này, một máy điện stato kép cấp điện từ 2 phía (SDFDS) được trình bày ở [4], trong đó thay thế vật liệu PM bằng cuộn dây kích từ dc để dễ dàng làm yếu từ thông ở cùng tốc độ cao. Tuy nhiên sơ đồ này chắc chắn cần một cuộn dây có stđ lớn để thực hiện việc làm yếu từ trường theo yêu cầu vì nó đã làm giảm tải điện cũng như mật độ công suất của nó. Trong đồ án này, một máy điện SDFDS-PM không chổi than mới được đề xuất máy đó không những giảm được cả vật liệu làm PM và stđ cuộn dây kích từ mà còn đưa ra những ưu điểm của vùng làm việc với $P=\text{const}$ (cụ thể đạt tới 4 lần tốc độ cơ sở) máy này rất quan trọng trong công nghệ EV



Hình 3.1. Cấu trúc máy

3.1.1 Cấu trúc máy

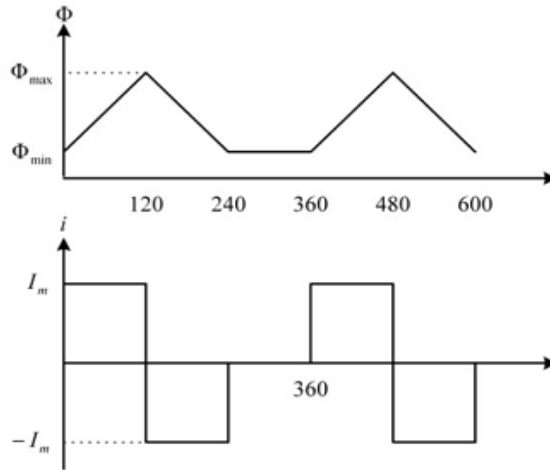
Hình 3.1 là sơ đồ cấu trúc của máy SDFDS-PM đề xuất, máy gồm 3 pha stato 6/4 (6 cực stato 4 cực rotor). Nó chứa 2 cuộn dây stato và cuộn dây 3 pha

phần ứng và cuộn dây kích từ. Cuộn dây 3 pha phần ứng hoạt động giống như cuộn dây của máy DSPM [3], tuy nhiên cuộn dây kích từ không chỉ làm việc như là một nam châm mà còn như một thiết bị làm yếu từ trường hoặc làm tối ưu công suất. Lưu ý rằng hoạt động làm yếu từ thông là cần thiết khi ô tô tăng tốc trên đường tuy nhiên việc điều khiển để có hiệu suất tối ưu lại là bản chất đối với EV trong phạm vi truyền động. Loại cấu trúc mới này là có một đường khép kín từ thông ngoài song song với mỗi cực nam châm vĩnh cửu. Nếu như stđ khi hoạt động làm yếu từ thông làm cho stđ của PM mạnh lên thì đường từ thông ngoài sẽ kéo theo hiệu ứng làm tăng từ thông móc vòng, kết quả là làm tăng hiệu ứng làm yếu từ thông.

3.1.2 Nguyên lý hoạt động

Dưới giả thiết rằng hiệu ứng dao động được bỏ qua và độ dẫn từ của lõi thép là vô hạn, sự thay đổi tuyến tính của từ thông móc vòng Φ , ở đây giá trị cực đại của Φ_{\max} xảy ra khi có sự trùng giữa cực của rô to và cực của stato còn giá trị cực tiểu của từ thông Φ_{\min} xảy ra khi chúng không trùng nhau.

Khi Φ tăng lên dòng phần ứng i với giá trị dương I_m được cấp cho cuộn pha vì vậy nó sẽ tạo ra mô men dương, tương tự khi Φ giảm một dòng âm $-I_m$ sẽ được cấp cho cuộn pha để sao cho cũng tạo ra mô men dương. Như vậy 2 khả năng mô men đã sinh ra 2 vùng được sử dụng hoàn toàn. Dạng sóng lý thuyết của Φ và i tương ứng theo góc θ biểu diễn trên hình 3.2



Hình 3.2. Từ thông trên lý thuyết và dạng sóng dòng điện

Như vậy sức phản điện động E cảm ứng ở không tải có thể đã bị giảm đi.

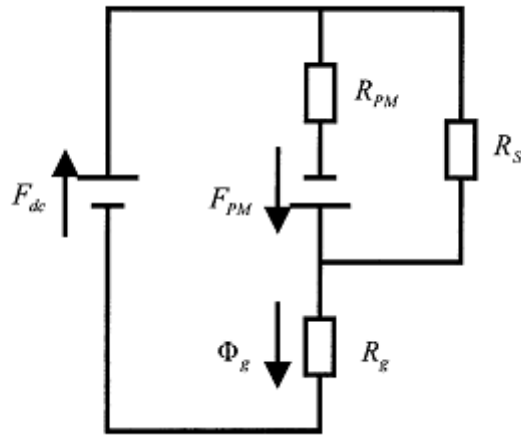
$$E = N \frac{d\Phi}{d\theta} \omega_r \approx N \frac{\Delta\Phi}{\Delta\theta} \omega_r \quad (1)$$

Trong đó N là số vòng dây nối tiếp của mỗi pha, $\Delta\Phi$ là hiệu của Φ_{\max} và Φ_{\min} , $\Delta\theta$ là hiệu số góc giữa vị trí rô to của Φ_{\max} và Φ_{\min} còn ω_r là tốc độ của rô to

3.1.3 Phân tích mạch từ

Như đã trình bày ở trên cấu trúc của máy điện mới là có sử dụng đường từ thông ngoài song song với mỗi một cực từ PM. Để có thể minh họa ưu điểm của nó, một mô hình mạch từ tương đương được sử dụng để phân tích. Hình. 3.3 là mạch từ tương đương của máy đề xuất khi không tải cụ thể là dòng phản ứng bằng không. Dựa trên mạch này từ thông ở khe hở không khí có thể biểu diễn:

$$\Phi_g = \frac{F_{dc}(R_S + R_{PM}) + F_{PM}R_S}{R_S R_g + R_{PM} R_g + R_S R_{PM}} \quad (2)$$



Hình 3.3. Mạch từ tương đương tại không tải

Trong đó F_{dc} là stđ dc của cuộn dây kích từ, F_{PM} là stđ của PM, R_{PM} là từ kháng của cực từ PM, R_S là từ kháng của đường khép từ thông ngoài còn R_g là từ trở của khe hở không khí. Khi không có từ thông kích từ $F_{dc}=0$ thì từ thông ở khe hở không khí có thể biểu diễn như sau:

$$\Phi_{g0} = \frac{F_{PM}R_S}{R_S R_g + R_{PM}R_g + R_S R_{PM}}. \quad (3)$$

Khi stđ kích từ có giá trị dương $F_{dc}=F_{dc+}$ thì từ thông tại khe hở không khí lại có giá trị:

$$\Phi_{g+} = \frac{F_{dc+}(R_S + R_{PM}) + F_{PM}R_S}{R_S R_g + R_{PM}R_g + R_S R_{PM}}. \quad (4)$$

Tương tự Khi stđ kích từ có giá trị âm $F_{dc}=F_{dc-}$ thì từ thông ở khe hở không khí lại có giá trị:

$$\Phi_{g-} = \frac{F_{dc-}(R_S + R_{PM}) + F_{PM}R_S}{R_S R_g + R_{PM}R_g + R_S R_{PM}}. \quad (5)$$

Với (3) và (4), (5) ta sẽ có:

$$F_{dc+} = \frac{\frac{\Phi_{g+}}{\Phi_{g0}} - 1}{\frac{R_{PM}}{R_S} + 1} F_{PM}. \quad (6)$$

Tương tự, sử dụng (3) và (5), chúng ta nhận được:

$$F_{dc-} = \frac{1 - \frac{\Phi_{g-}}{\Phi_{g0}}}{\frac{R_{PM}}{R_s} + 1} F_{PM}. \quad (7)$$

Khi ta chọn $(R_S/R_{PM}) = 1/3$, $(\Phi_{g+}/\Phi_{g0}) = 2$ và $(\Phi_{g-}/\Phi_{g0}) = 1/2$ biểu thức (6) và (7) có thể viết lại như sau:

$$F_{dc+} = \frac{F_{PM}}{4} \quad (8)$$

$$F_{dc-} = \frac{F_{PM}}{8}. \quad (9)$$

Điều đó minh họa rằng sự thay đổi gấp 4 lần tức là $(\Phi_{g+}/\Phi_{g-}) = 4$, chỉ cần một sự thay đổi nhỏ F_{dc} cụ thể là $\pm 25\% F_{PM}$ khi từ thông tăng và khoảng 12.5% khi từ thông yếu đi. Ta nhận thấy rằng hiệu quả khuếch đại khi từ thông yếu đi đặc biệt quan trọng khi EV cần làm việc ở vùng tốc độ cao.

3.1.4 Tính chất của máy

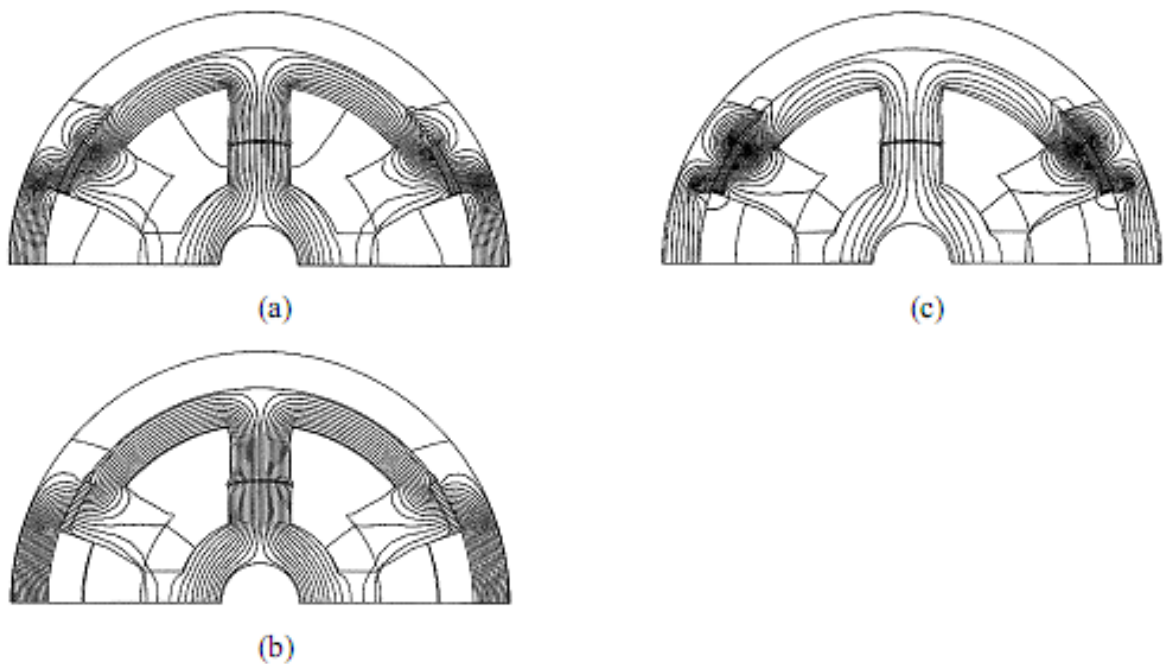
Để cập nhật tính chất của máy đề xuất khi chúng ta nhận vào tính toán cả tính bão hòa của mạch từ, từ thông tản, và phản ứng phần ứng ta áp dụng phần tử hữu hạn của máy đề xuất có các thông số cho ở bảng 3.1.

Bảng 3.1. Thiết kế thông số

Điện áp định mức	48 V
Dòng điện định mức	6.5 A
Số pha	3
Số cực stator	6
Số cực rotor	4
Số vòng dây / pha	54 x 2
Đường kính ngoài stator	166.0 mm
Đường kính trong stator	81.2 mm
Đường kính ngoài rotor	80.0 mm
Đường kính trong rotor	26.0 mm

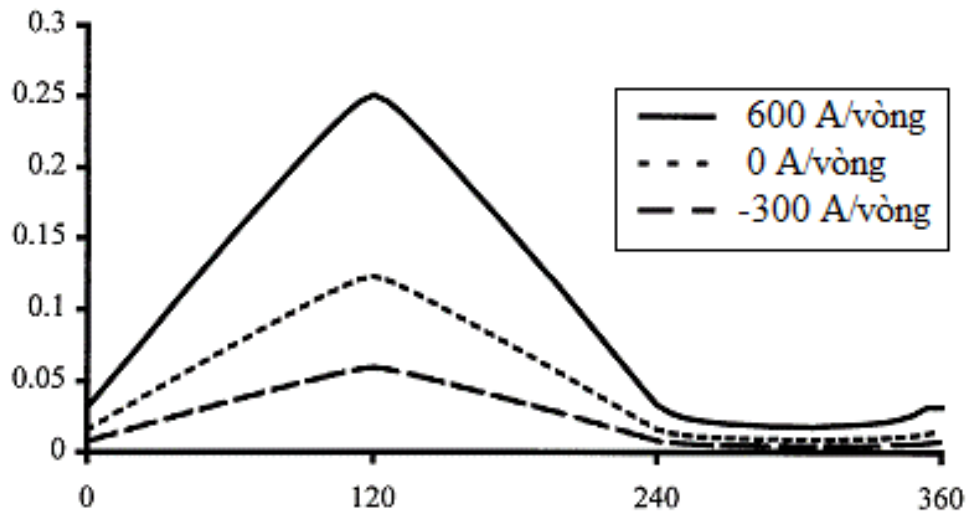
Từ thông tăng lên với $F_{dc}=600\text{A}/\text{vòng}$ và khi từ thông yếu với $F_{dc}=300\text{A}/\text{vòng}$ tương ứng. Đặc biệt Hình. 3.4(c) chỉ ra rằng đường từ thông

ngoài đủ để tạo từ thông móc vòng và do đó hiệu ứng khuếch đại của từ thông yếu đúng như ta đã tìm được các kết quả từ phân tích mạch từ. Khi máy hoạt động không tải và chạy với tốc độ không đổi thì từ thông móc vòng ứng với những vị trí khác nhau của rô to dưới điều kiện kích từ khác nhau cụ thể 600, 0 và 300 A/vòng. được mô phỏng trên h.3.5. Nó cũng cho ta thấy rằng cả khi từ thông tăng và từ thông giảm hoàn toàn đạt được bằng điều khiển dòng dc. Cũng nhận thấy mẫu mô phỏng này hoàn toàn phù hợp với lý thuyết chỉ ra ở hình. 3.2. Khi máy hoạt động với tải định mức cụ thể là dòng phần ứng là 6.5A, thì phản ứng phần ứng gây nên làm biến dạng từ thông chính. Tuy nhiên do từ trường của đường khép kín từ thông phản ứng phần ứng và ảnh hưởng của nó lên tốc độ là tương đối nhỏ. Hình. 3.4 chỉ ra sự phân bố của máy đề xuất dưới điều kiện kích từ với $F_{dc}=0$.



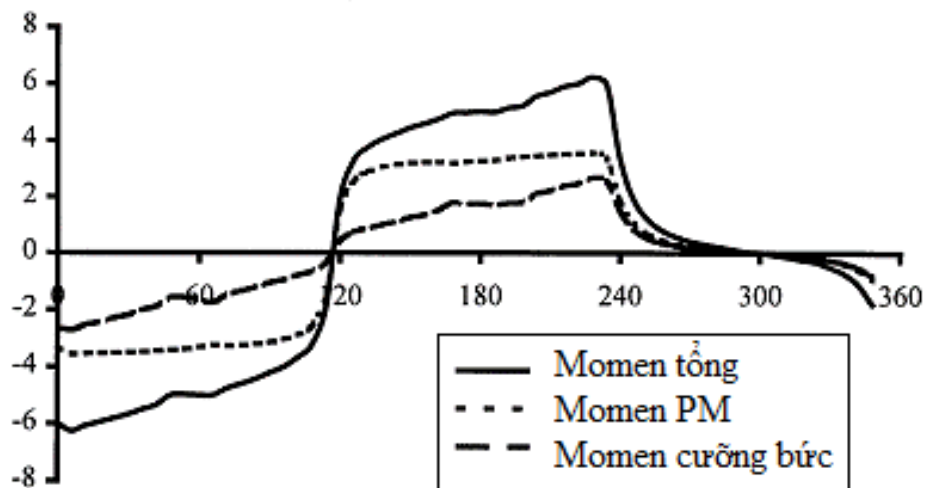
Hình 3.4. Phân bố từ thông tại các vị trí kích từ khác nhau.

(a) Không kích từ. (b) Tăng cường từ thông. (c) Suy yếu từ thông.

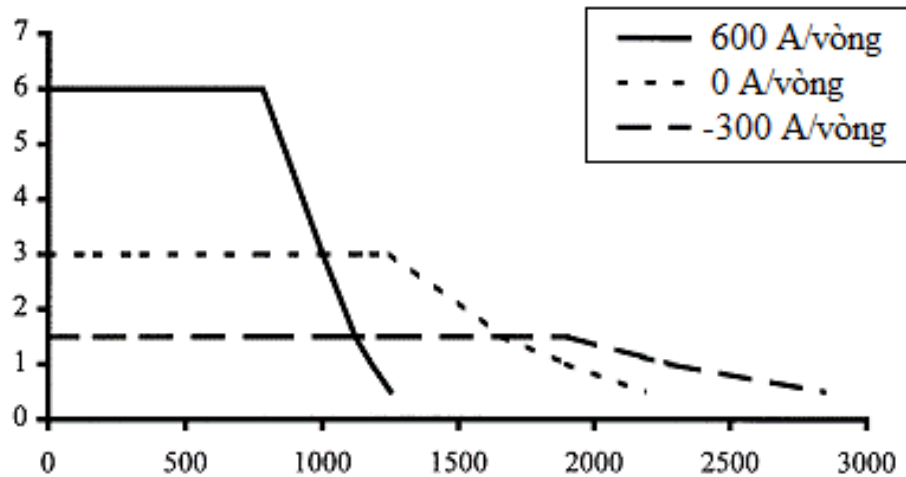


Hình 3.5. Liên kết từ thông tại các vị trí kích từ khác nhau

Bằng ứng dụng phương pháp Maxwell mô men phát triển ứng với vị trí rô to khi không có kích từ dòng dc có thể mô phỏng như hình 3.6. Ta nhận thấy rằng tổng mô men gồm 2 thành phần cụ thể là mô men PM và mô men từ kháng. Tuy nhiên đặc tính cơ của máy đề xuất với những dòng kích từ khác nhau mô phỏng trên hình 3.7. Chúng ta có thể thấy rằng phạm vi tốc độ có thể mở rộng tương đối lớn gấp 4 lần tốc độ cơ bản.



Hình 3.6 Momen tổng và các thành phần của nó



Hình 3.7. Đặc điểm tốc độ momen tại các vị trí kích từ khác nhau

3.2. ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ TỪ KHÁNG

Tập trung vào ba tiêu chuẩn chính của điều khiển động cơ EV, mật độ năng lượng cao, hiệu quả cao và dải tốc độ rộng. Về cơ bản, triết lý này bao gồm hai phương pháp mới. Phương pháp tiếp cận đầu tiên nằm ở sự phát triển của cấu hình đặc biệt của điều khiển động cơ không chổi than nam châm vĩnh cửu kết hợp với chiến lược kiểm soát mới. Điều thứ hai là để phát triển thiết kế đặc biệt điều khiển động cơ không chổi than lai nam châm vĩnh cửu bằng cách kết hợp cả hai nam châm vĩnh cửu và cuộn dây từ trường.

3.1.5 Động cơ truyền động nam châm vĩnh cửu không chổi than

Vì mật độ năng lượng vốn có của nó và hiệu suất cao, động cơ truyền động nam châm vĩnh cửu không chổi than đã hứa hẹn các ứng dụng cho chuyển động EV. Tuy nhiên, những nỗ lực phát triển liên tục hơn nữa là cần thiết để đáp ứng các yêu cầu đặc biệt của ô tô điện. Tính mới lạ của đề xuất động cơ truyền động nam châm vĩnh cửu không chổi than bao gồm cả thiết kế động cơ và chiến lược điều khiển. So với động cơ truyền động không chổi than nam châm vĩnh cửu thông thường, chúng có các tính năng riêng biệt sau đây:

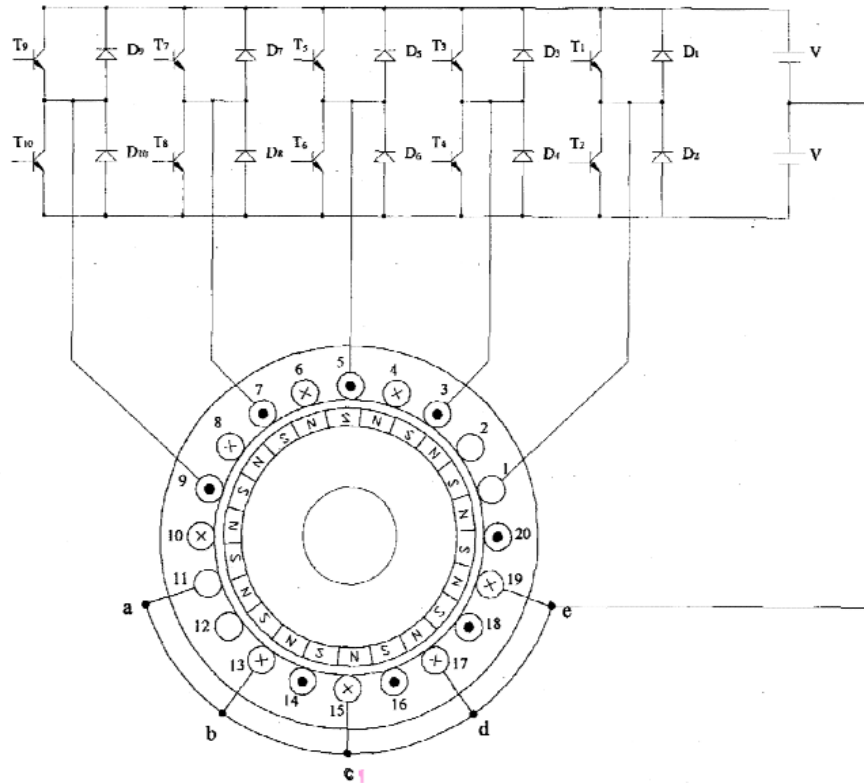
Có nhiều cực và hai cực liền kề tạo nên một cặp cực để cho các đường dẫn từ thông của các cặp cực khác nhau được độc lập. Sắp xếp mạch từ đa cực này cho phép làm giảm sắt từ, kết quả là giảm khối lượng và trọng lượng. Hơn nữa, bởi vì tính độc lập của các đường dẫn từ thông, các động cơ này vốn là các phá tách biệt. Vì rằng bước cuộn dây stato được thiết kế bằng bước cực phần nhô ra của cuộn dây có thể được giảm đáng kể, do đó kết quả là tiết kiệm đồng cũng như tiếp tục giảm bớt khối lượng và trọng lượng.

Bằng việc sử dụng số lẻ của các rãnh trên một cực một pha lực từ động giữa stator và rotor ở bất kỳ vị trí quay là đồng nhất, điều đó loại trừ sự dao động của mô men so với động cơ truyền động không chổi than thông thường.

Do các pha được tách biệt động năng của động cơ này là tuyệt vời. Tuy nhiên việc điều khiển làm yếu từ trường ở vùng điều khiển công suất không đổi không có khả năng. Vì vậy một chiến thuật điều khiển mới được phát triển, chiến lược đó thực hiện sđđ biến áp chống lại sđđ quay ở vùng điều khiển công suất không đổi ở tốc độ cao.

Nam châm vĩnh cửu có thể được gắn trên bề mặt cánh quạt hoặc bị chôn trong rotor. Các loại bề mặt nam châm có lợi thế là đơn giản. Do độ dẫn từ của nam châm vĩnh cửu là tương tự như không khí, nó sở hữu một lượng lớn khe hở không khí hữu ích. Mặt khác, các loại nam châm chôn có lợi thế là tính toàn vẹn cơ khí bởi vì, nam châm vĩnh cửu được bảo vệ vật lý. Tuy nhiên sự tập trung từ thông có thể được thực hiện để tăng mật độ từ thông ở khe hở không khí.

Các động cơ không chổi than nam châm vĩnh cửu có thể cấp nguồn hình sin hoặc hình chữ nhật. Kiểu cấp nguồn hình sin có lợi thế là mô men ít dao động do sự tương tác của dòng điện hình sin và từ thông hình sin. Mặt khác, sự tương tác của dòng điện hình chữ nhật và từ thông dạng chữ nhật có thể tạo một mô men lớn hơn cho cùng giá trị hiệu dụng.



Hình 3.8. Cấu hình không chổi than nam châm vĩnh cửu với giai đoạn tách pha

Hình 3.8 trình bày sơ đồ đơn giản của động cơ PM không chổi than 5 pha và 22 cực các pha tách biệt nam châm vĩnh cửu được gắn trên mặt dùng cho truyền động.

3.2.2. Động cơ truyền động nam châm vĩnh cửu không chổi than lai

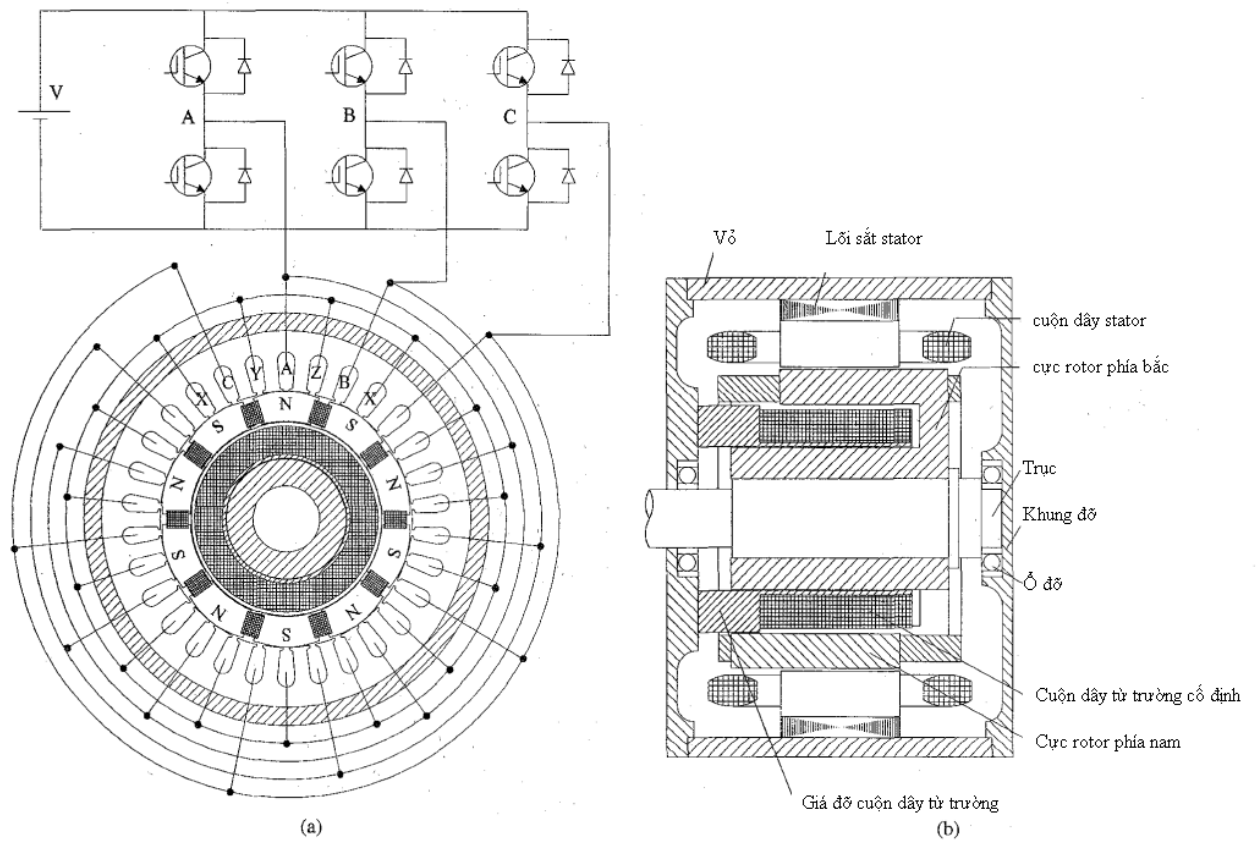
Gần đây, một hướng nghiên cứu mới đã được xác định dựa trên sự phát triển của động cơ truyền động nam châm vĩnh cửu không chổi than lai. Sự độc đáo là do sự tồn tại của cả hai loại nam châm vĩnh cửu và các cuộn dây từ trường. Nam châm vĩnh cửu được tích hợp vào rô to trong khi cuộn dây thường được cố định ở một giá đỡ tĩnh. Không cần sử dụng bất kỳ chiến lược điều khiển đặc biệt nào, các động cơ truyền động vẫn dĩ sở hữu phạm vi hoạt động tốc độ rộng. Điều quan trọng là do thực tế rằng từ thông ở khe hở

không khí có thể điều khiển mềm bằng điều chỉnh dòng kích từ dc. Cần lưu ý rằng việc điều khiển từ trường này là linh hoạt, đặc biệt có khả năng làm suy yếu từ trường ở tốc độ cao, đây là một yêu cầu cho hoạt động ở vùng công suất không đổi đối với động cơ dung cho ô tô điện.

Một động cơ truyền động nam châm vĩnh cửu không chổi than lai được đề xuất cho động cơ đẩy EV. Nó có một cấu trúc độc đáo trong đó bao gồm loại rô to dạng tay quay cuộn kích từ tĩnh và stato. Nam châm vĩnh cửu được tích hợp vào rô to, trong khi cuộn dây từ trường và giá đỡ của nó được đặt ở một khu vực hình vành khuyên cố định hình thành bởi các bộ phận bên trong và bên ngoài của rotor. Vì vậy, các bộ phận của khe hở không khí, tương ứng tạo ra bởi nam châm vĩnh cửu và cuộn dây từ trường được mắc song song trong tự nhiên. Các ưu điểm và tính năng đặc biệt của mô tơ truyền động này được tóm tắt như sau:

Bằng việc áp dụng cấu trúc rôto kiểu cánh độc đáo, từ thông tản có thể được giảm thiểu và cấu trúc trở nên nhỏ gọn. Hơn nữa, bằng cách gắn các cuộn dây từ trường như một stator bên trong, chiều dài trục động cơ có thể được rút ngắn và các vật liệu tiêu hao có thể được giảm thiểu.

Do sự tồn tại của nam châm vĩnh cửu và các cuộn dây kích từ, động cơ có thể được thiết kế để đạt được mật độ khoảng cách không khí cao hơn và mật độ năng lượng do đó cao hơn. Lắp đặt nam châm vĩnh cửu thông qua sắp xếp tập trung từ thông, cho phép mật độ từ thông ở khe hở không khí trở nên lớn hơn so với mật độ từ thông của nam châm vĩnh cửu riêng lẻ.



Hình 3.9. Cấu hình máy lai không chổi than nam châm vĩnh cửu với kiểu bánh răng rotor. (a) Sơ đồ. (b) Cấu trúc.

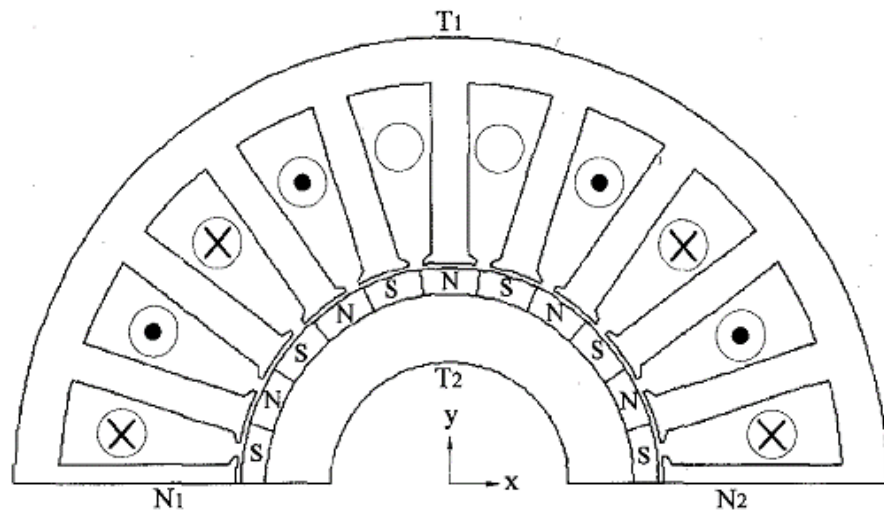
Bằng cách điều chỉnh hướng và độ lớn của dòng điện kích từ động cơ một chiều, từ thông ở khe hở không khí có thể được điều chỉnh linh hoạt, do đó các đặc tính mô men tốc độ có thể dễ dàng định hình để đáp ứng yêu cầu đặc biệt cho động cơ đẩy EV. Đặc biệt, bằng cách sử dụng điều khiển dòng điện kích từ để làm suy yếu từ thông ở khe hở không khí được tạo ra bởi nam châm vĩnh cửu, phạm vi tốc độ hoạt động công suất không đổi có thể được mở rộng đáng kể. Bằng cách tích hợp điều khiển điện áp và dòng điện từ thông dc, sơ đồ hiệu quả của động cơ truyền động có thể được tối ưu hóa trong suốt phạm vi hoạt động toàn bộ. Như vậy, hiệu quả tại các vùng hoạt động cho động cơ đẩy EV, chẳng hạn như leo đồi tốc độ thấp mô men xoắn cao và mô men thấp cho hoạt động tốc độ cao có thể được cải thiện.

3.2.3. Phân tích về lý thuyết

3.2.3.1 Phân tích từ trường – điện trường

Kể từ khi đề xuất động cơ không chổi than nam châm vĩnh cửu có cấu hình đặc biệt, quá trình thiết kế và tối ưu hóa phân tích điện - từ trường. Quy trình có thể được tóm tắt như sau.

- Khởi tạo các cấu hình động cơ và hình học.
- Tạo ra các lưới tự động cho các khu vực quan tâm.
- Áp dụng phương pháp phần tử hữu hạn (EM) để phân tích điện - từ trường.
- Đánh giá các thông số động cơ và biểu diễn.
- Thay đổi hình học động cơ lặp đi lặp lại.



Hình 3.10. Vùng phân tích điện – từ trường

Do cấu hình động cơ bán định kỳ, các khu vực quan tâm được thể hiện trong H3.10. Phương trình Maxwell tương ứng được biểu diễn như sau:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\nu \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial y} \right) = -\mathbf{J}_z - \nu \frac{\partial \mathbf{M}_y}{\partial x} + \nu \frac{\partial \mathbf{M}_x}{\partial y} \quad (1)$$

(trong đó \mathbf{A} là véc-tơ thế từ, \mathbf{J} là mật độ dòng điện hiện tại trong hướng x , ν - kháng từ, $\mathbf{B} = \text{rot } \mathbf{A}$)

Trong đó x và y được thể hiện như sau :

$$B_x = \frac{\partial A}{\partial y} \quad (3)$$

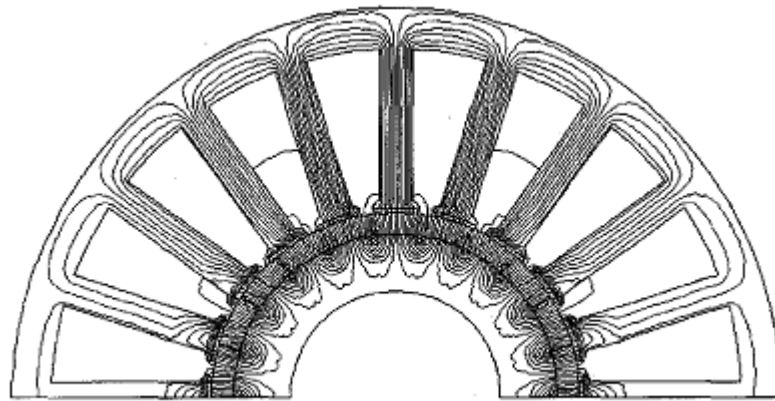
$$B_y = -\frac{\partial A}{\partial x} \quad (4)$$

Dựa trên các khu vực quan tâm, các điều kiện biên được đưa ra bởi

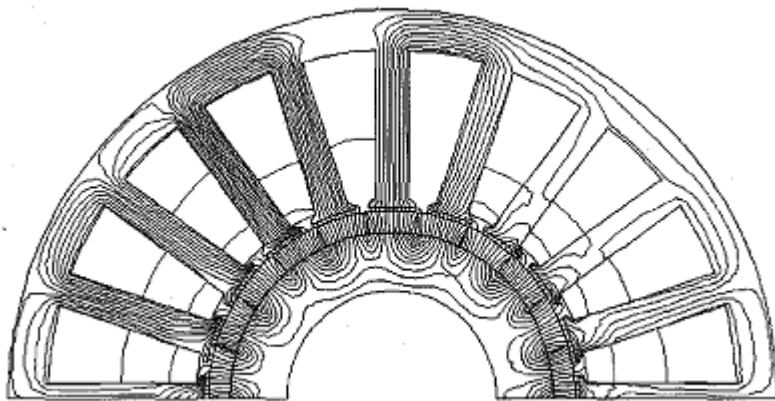
$$A|_{T1} = A|_{T2} = 0 \quad (5)$$

$$A|_{N1} = -A|_{N2} \quad (6)$$

Các kết quả phân bố mật độ từ thông được thể hiện trong hình. 3.11. Dựa trên những kết quả này, hình học động cơ có thể được điều chỉnh như mong muốn để đạt được tối ưu hóa.



(a)



Hình 3.11. Phân bố mật độ từ thông

3.2.3.2 Phương trình toán học

Động cơ sở hữu đặc điểm của tách pha, điện cảm tương hỗ giữa cuộn dây pha là không đáng kể. Như vậy, phương trình điện áp của động cơ với pha m có thể được thể hiện như

$$v_j \left(\omega t + \theta_0 - \frac{(j-1)\pi}{m} \right) = R i_j \left(\omega t + \theta_0 - \frac{(j-1)\pi}{m} \right) + L p i_j \left(\omega t + \theta_0 - \frac{(j-1)\pi}{m} \right) + e_j \left(\omega t - \frac{(j-1)\pi}{m} \right) \quad (7)$$

Trong đó $j = 1, 2, \dots, m$, v_j là điện áp áp dụng, R là điện trở giảm điện áp, L_p là cảm ứng từ gây sđđ do hiện tượng biến áp và e là sđđ quay.

Giá trị của điện cảm L được xác định bằng cách sử dụng các phân tích điện từ trường nói trên. Dựa trên các định luật Faraday, sđđ (EMF) luân phiên có thể được thể hiện như :

$$e_j = \frac{d\lambda_j}{d\theta} \frac{d\theta}{dt} = \frac{d\lambda_j}{d\theta} \omega \quad (8)$$

Trong đó λ_j là mối liên kết từ thông trong j -th cuộn dây pha nhờ các nam châm vĩnh cửu, θ là góc giữa các từ trường và trục stator cuộn dây, và ω là tốc độ góc. Cần lưu ý rằng $d\lambda_j/d\theta$ là hệ số EFM C_{ej} , trong đó đặc biệt hữu ích cho việc phân tích động lực. Do đó, mô men xoắn T_e được cho bởi:

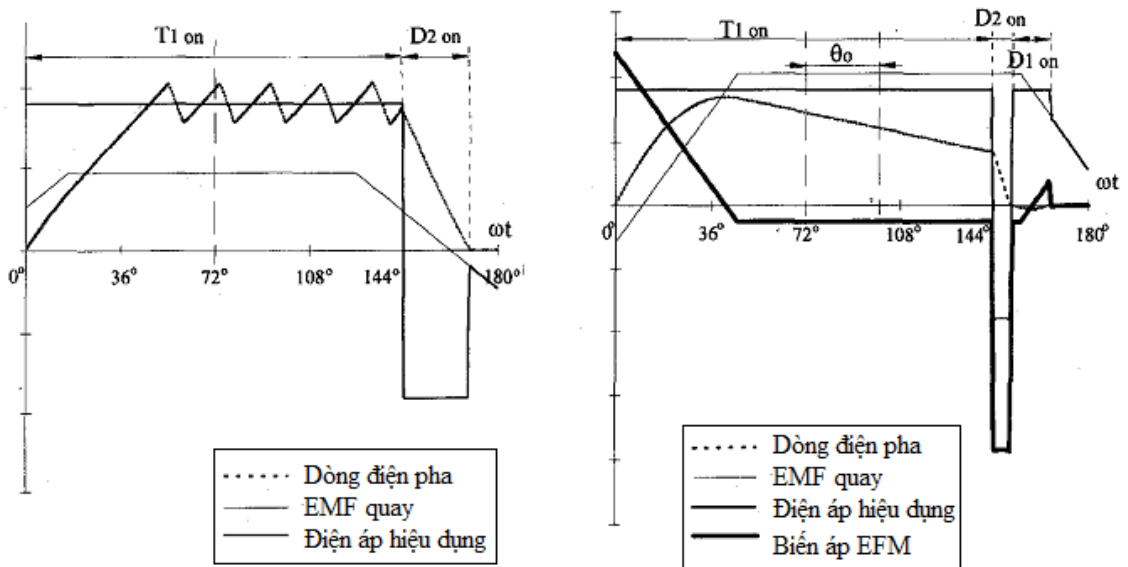
$$T_e(\omega t) = \frac{1}{\omega} \sum_{j=1}^m e_j \left(\omega t - \frac{(j-1)\pi}{m} \right) \times i_j \left(\omega t + \theta_0 - \frac{(j-1)\pi}{m} \right). \quad (9)$$

Bắt nguồn từ mô-men xoắn điện từ, phương trình mô-men xoắn của động cơ có thể được thể hiện như sau :

$$T_e(\omega t) - T_l - B\omega(t) = Jp\omega(t) \quad (10)$$

Trong đó : T_l là mô-men xoắn tải, B là hệ số giảm xóc, J là mô-men quán tính. Như vậy, bằng cách sử dụng (1) - (10), hiệu suất năng động của động cơ có thể được xác định.

3.2.4 Chiến thuật điều khiển



Hình 3.12. Dạng sóng điển hình. (a) Hoạt động của hằng số momen. (b) Hoạt động của hằng số công suất

Các chiến lược điều khiển động cơ truyền động gồm hai chương trình, cụ thể là bộ điều khiển từ trễ và điều khiển góc dẫn vượt trước tương ứng cho hoạt động liên tục mô-men ở tốc độ thấp hơn tốc độ cơ sở và hoạt động liên tục công suất ở tốc độ trên tốc độ cơ sở. Hình 3.12(a) cho thấy dạng sóng điển hình của pha dòng điện, EMF quay và điện áp hiệu dụng trong thời gian mô-men xoắn không đổi. Trong thời gian dẫn của 71° , điện áp là luôn luôn lớn hơn so với sđđ và chúng luôn luôn trong pha. Như vậy, pha dòng điện tăng dần và cuối cùng là giới hạn dao động trong băng tần trễ mong muốn. Sơ đồ

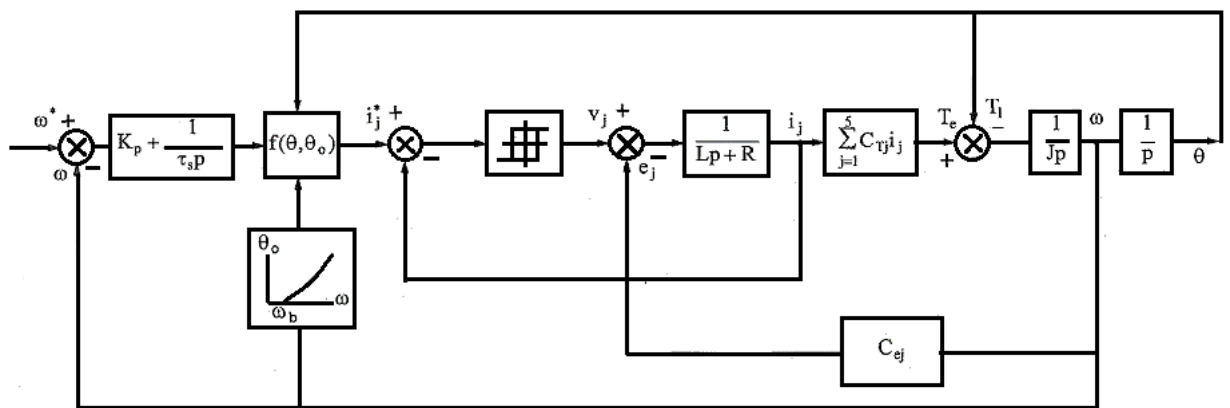
bộ điều khiển trở được sử dụng rộng rãi cho vùng hoạt động $M=\text{const}$ đối với động cơ PM.

Khi tốc độ cao hơn tốc độ dựa trên, EMF quay tăng lên nhanh chóng trong một cách mà hoạt động liên tục điện có thể không còn được duy trì ở tốc độ cao. Thông thường, để cho phép điều khiển động cơ không chổi than nam châm vĩnh cửu hoạt động năng lượng không đổi tốc độ cao, điều khiển suy yếu từ trường kết hợp với tọa độ chuyển đổi được thông qua. Điều quan trọng của phương pháp kiểm soát này là sử dụng các pha dòng điện để làm suy yếu the air-gap field được tạo ra bởi nam châm vĩnh cửu, do đó làm giảm góc quay EMF. Tuy nhiên, phương pháp này chỉ có thể được áp dụng cho điều khiển động cơ không chổi than nam châm vĩnh cửu cấp nguồn hình sin. Nó không thích hợp cho điều khiển động cơ đã đề xuất vì nó cấp nguồn sóng hình chữ nhật và tính năng tách pha. Mặc dù tính năng đầu tiên về mặt lý thuyết có thể được xử lý bằng cách sử dụng phân tích Fourier để thể hiện làn sóng hình chữ nhật vào songs hài hòa hình sin và sóng cơ bản, tính năng thứ 2 làm kiểm soát suy yếu từ trường thông thường không áp dụng được.

Để đối phó với vấn đề này, một cách tiếp cận kiểm soát mới được đề xuất cho phép tất cả các điều khiển động cơ không chổi than nam châm vĩnh cửu, bao gồm cả thông thường, giai đoạn tách, sin ăn và các loại hình chữ nhật ăn, đạt được tốc độ cao hoạt động liên tục điện. Điều quan trọng là có tình sử dụng các EMF biến áp để chống lại EMF quay mà thậm chí còn lớn hơn so với điện áp được áp dụng ở tốc độ cao. Biến áp EMF này, tỷ lệ thuận với dẫn xuất của pha dòng điện, được điều khiển bằng cách đẩy thời gian dẫn trong một cách mà nó dẫn EMF quay một góc không gian θ_0 , gọi là góc dẫn tiên tiến.

Như vậy, biến áp EMF là tích cực cái chỉ ra rằng năng lượng được lưu trữ trong cuộn dây pha. Khi EMF quay trở nên lớn hơn so với điện áp, cuộn dây pha bắt đầu giải phóng năng lượng và giảm dòng pha dần dần. Kể từ khi

biến áp EMF tương ứng là tiêu cực, nó giúp điện áp áp dụng để chống lại sđđ quay. Vì vậy, bằng cách thay đổi góc dẫn tiên tiến, các dạng sóng dòng điện pha có thể định hình, vì thế biến áp EMF có thể được kiểm soát để chống lại EMF quay, ngăn chặn dòng điện bão hòa. Hiện tượng này là điểm then chốt để cho phép tất cả các loại động cơ không chổi than PM đạt được hoạt động liên tục công suất ở tốc độ cao.



Hình 3.13. Sơ đồ khối điều khiển

Hình. 3.13 cho thấy các điều khiển vòng kín sơ đồ khối của động cơ được đề xuất, trong đó cả hai điều khiển dòng trễ và kiểm soát góc dẫn tiên tiến được tích hợp. Bằng cách sử dụng bộ điều chỉnh PI, các tham chiếu tốc độ ω^* và tốc độ phản hồi ω được sử dụng để suy ra tầm quan trọng của tham chiếu dòng điện. Khi ω thấp hơn hoặc tương đương với tốc độ cơ sở ω_b , góc dẫn tiên tiến θ_0 bằng 0. Mặt khác, nó hoạt động với tích cực θ_0 khi ω là cao hơn ω_b . Giá trị tương ứng của θ_0 được xác định bằng cách sử dụng mô phỏng máy tính. Cách sử dụng θ_0 và phản hồi vị trí θ , j -th giai đoạn tham chiếu dòng điện i_j^* có thể thu được. Bằng cách so sánh với các thông tin phản hồi dòng điện i_j và sau đó nuôi dưỡng vào bộ điều khiển dòng điện, điện áp áp dụng v_j có thể suy ra cho phù hợp. Cách sử dụng (8), EMF quay e_j có liên quan đến ω với hệ số EMF C_{ej} . Và rồi, i_j được sinh ra bằng cách sử dụng (7). Dựa trên (9) và

viết lại mối quan hệ giữa e_j và ω với hệ số mô-men xoắn CT_j , mô-men xoắn điện T_e có thể được xác định. Cuối cùng, cả ω và θ là kết quả của (10).

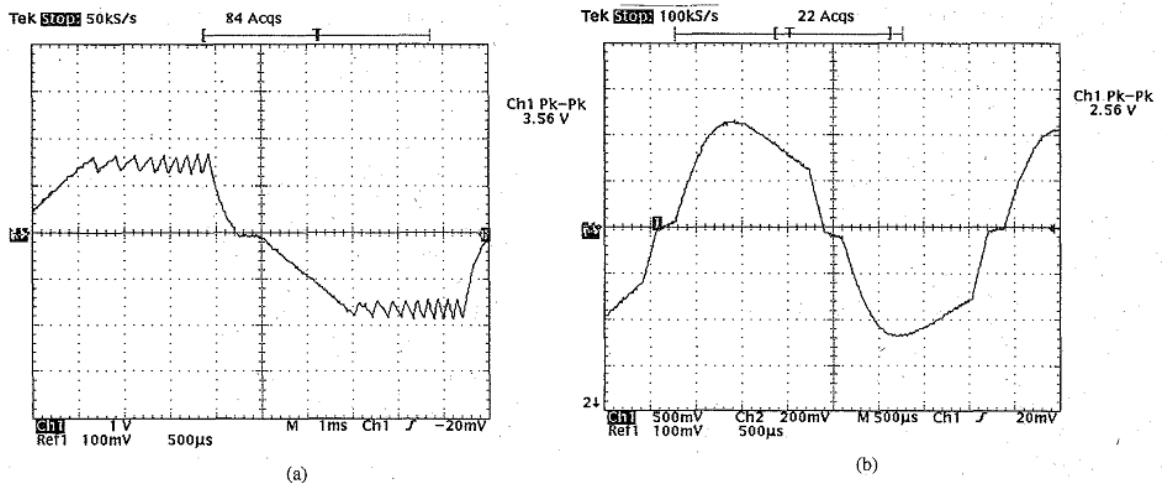
Bảng 3.2. Thông số của động cơ

Công suất định mức	1.5 kW
Điện áp định mức	2×48 V
Tốc độ định mức	500 rpm
Số pha	5
Số cực	22
Số rãnh	20
Số cuộn dây	10
Kiểu cuộn dây	Đơn
Bước rãnh	1 slot
Điện trở trên mỗi pha	0.054 Ω
Độ tự cảm trên mỗi pha	1.29 mH
Chất liệu nam châm	Nd-Fe-B

3.2.5. Kết quả

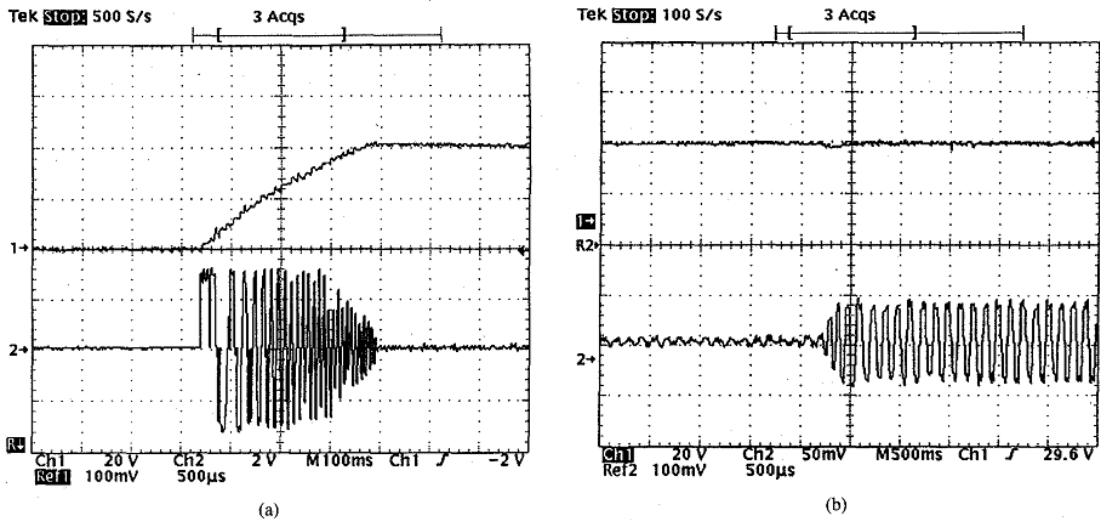
Một thí nghiệm điều khiển động cơ không chổi than nam châm vĩnh cửu đã được xây dựng để xác minh. Các thông số động cơ tương ứng được liệt kê trong bảng 3.2. Khi động cơ chạy ở tốc độ định mức là 500 vòng / phút, kiểm soát trở dòng điện được áp dụng cho hoạt động liên tục, mô-men xoắn. Tương ứng đo dạng sóng dòng điện được hiển thị trong hình. 3.14 (a). Hơn nữa, khi các động cơ chạy ở tốc độ định mức là 1500 vòng / phút, kiểm soát góc dẫn tiên tiến được sử dụng cho hoạt động liên tục điện. Với góc dẫn tiên tiến của 60° , tương ứng đo dạng sóng dòng điện được cho trong hình.

3.14 (b). Một lần nữa, nó phù hợp với các dạng sóng hình. 3.12 (b). Để làm rõ việc thực hiện năng động của điều khiển động cơ, tốc độ đo được và phản ứng hiện tại được ghi nhận.

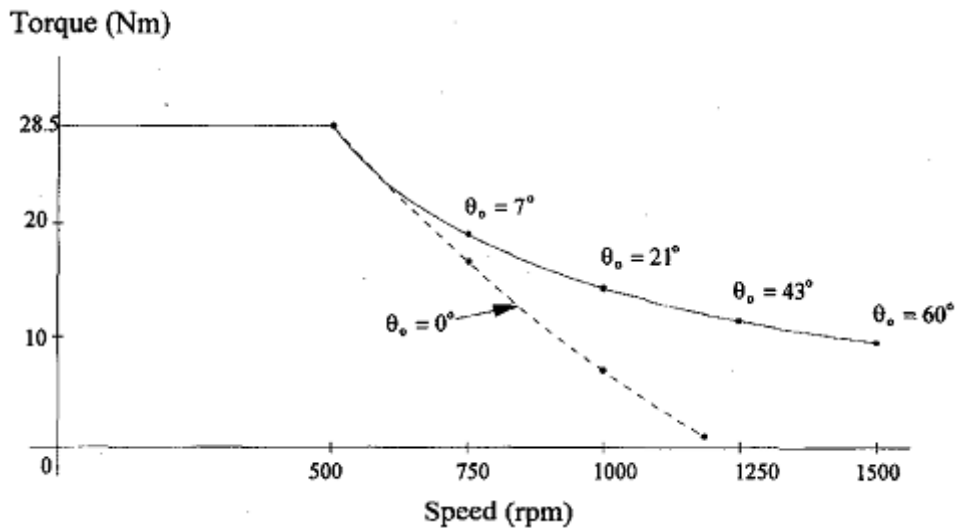


Hình 3.14. Đo lường dạng sóng dòng điện. (a) Hoạt động của hàng số momen tại 500v/p. (b) Hoạt động của tải không đổi tại 1500v/p.

Hình. 3.15 (a) cho thấy hiệu suất bắt đầu tại không tải với tốc độ cơ sở là 500 vòng / phút. Nó có thể được tìm thấy rằng các động cơ phản ứng nhanh chóng và chỉ mất 0,35 s để đạt được tốc độ mong muốn mà không có lỗi trạng thái ổn định. Hơn nữa, hình. 3.15 (b) cho thấy hiệu suất hoạt động tuân theo một sự thay đổi đột ngột từ không tải đến có tải với tốc độ cơ sở của 500 vòng / phút. Có thể thấy rằng sự sụt giảm tạm thời trong tốc độ là không đáng kể và tốc độ quy định là tuyệt vời.



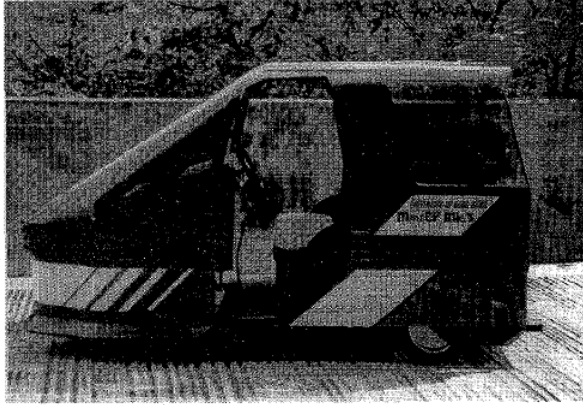
Hình 3.15. Đo tốc độ và phản hồi dòng điện. (a) Bắt đầu tại không tải. (b) Chuyển đột ngột từ không tải sang có tải.



Hình 3.16. Đo góc dẫn nâng cao cho hằng số công suất

Hình. 3.16 cho thấy các góc dẫn tiên tiến tương ứng, từ 0° đến 60° , cho các động cơ thử nghiệm hoạt động ở công suất định mức không đổi từ tốc độ định mức là 500 vòng/phút đến 1.500 vòng/phút. Nó có thể được xác nhận rằng với việc sử dụng kiểm soát góc dẫn tiên tiến, động cơ truyền động đề xuất thành công có thể đạt được hoạt động liên tục công suất lên đến 3 tốc độ định mức. Hơn nữa, mà không cần sử dụng các chương trình kiểm soát đề

xuất, nó có thể được tìm thấy rằng các đường cong tốc độ mô-men xoắn tương ứng có một phạm vi hoạt động hẹp trên tốc độ cơ sở.



(a)



(b)

Hình 3.17. Thử nghiệm xe điện. (a) Mark. (b) U2001

KẾT LUẬN

Sau 3 tháng nghiên cứu và thực hiện đề tài, đề án đã thực hiện được những nội dung sau:

- Tìm hiểu tổng quan về lịch sử nghiên cứu và phát triển ô tô điện trên thế giới và tại Việt Nam.
- Tìm hiểu cấu tạo nguyên lý hoạt động của động cơ từ kháng.
- Tìm hiểu cấu tạo nguyên lý hoạt động của động cơ từ kháng có cấu trúc mới sử dụng cho ô tô điện.

Tuy nhiên do kinh nghiệm và khả năng bản thân còn hạn chế khi thực hiện đề án nên quyển đề án này chắc hẳn không tránh khỏi những khuyết điểm và thiếu sót. Những thông tin và tài liệu về nội dung đề án còn hạn chế, tuy vậy đây là một vấn đề mới đang nghiên cứu, nó là một xu hướng phát triển trong tương lai không xa và thực tế, hy vọng trong thời gian tới nhiều kết quả nghiên cứu, nhiều thông tin về việc này sẽ được công bố.

Em xin chân thành cảm ơn thầy !

Hải Phòng ,ngày...tháng...năm...2013

Sinh viên

Đỗ Duy Linh

Tài liệu tham khảo

- (1) M. A. Rahman and G. R. Slemon, “*Promising applications of neodymium boron iron magnets in electrical machines*,” IEEE Trans. Magn., vol. 21, pp. 1712-1716, 1985.
- (2) C. C. Chan, “*Overview of electric vehicle technology*,” ZEEE Proc., vol. 81, pp. 1202-1213, 1993.
- (3) C. C. Chan and K. T. Chau, “*Advanced ac propulsion systems for electric vehicles*,” in Proc. Int. Symp. Automotive Technol., Automat. (ISATAj, Florence, Italy, 1991, pp. 119-125.
- (4) T. J. E. Miller, “*Blushless Permanent-Magnet and Reluctance Motor Drives*”.
- (5) C. C. Chan, W. S. Leung and K. T. Chau, “*A new permanent magnet motor drive for mini electric vehicles*,” in Proc. Int. Electric Vehicle Symp. (EVSj, Hong Kong, 1990, pp. 165-174.
- (6) M. Cheng, K. T. Chau, and C. C. Chan, “*Design and analysis of a new doubly salient permanent magnet motor*,” IEEE Trans. Magn., vol. 37, pp. 3012–3020, July 2001.
- (7) K. T. Chau, M. Cheng, and C. C. Chan, “*Nonlinear magnetic circuit analysis for a novel stator-doubly-fed doubly-salient machine*,” IEEE Trans. Magn., vol. 38, pp. 2382–2384, Sept. 2002.
- (8) B. Sarlioglu, Y. F. Zhao, and T. A. Lipo, “*A novel doubly saliency single phase permanent magnet generator*,” in Proc. IEEE Industry Applications Soc. Annu. Meeting, vol. 1, 1994, pp. 9–15.
- (9) Y. Liao, F. Liang, and T. A. Lipo, “*A novel permanent magnet motor with doubly salient structure*,” IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 31, no. 5, pp. 1069–1078, Sep./Oct. 1995.