

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**

**Đặng Thị Mai**

**NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG Ổ ĐỔ TỪ HAI BẬC TỰ  
DO BẰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ CHỈNH ĐỊNH  
THAM SỐ BỘ ĐIỀU KHIỂN PID**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**  
*CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN VÀ TỰ ĐỘNG HÓA*

**Thái Nguyên - 2014**

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Trong các hệ truyền, dẫn động luôn có sự tiếp xúc giữa phần động và phần tĩnh do sử dụng ổ đỡ cơ khí nên chúng sinh ra lực ma sát lớn ảnh hưởng đến tốc độ chuyển động. Không những thế khi sử dụng ổ đỡ cơ khí người ta phải bảo dưỡng định kỳ. Việc bảo dưỡng động cơ không phải là công việc đơn giản dễ làm. Chính vì những lí do trên các nhà nghiên cứu đã tìm tòi và cho ra đời một loại ổ đỡ mà không có sự tiếp xúc giữa phần động và phần tĩnh. Đó là ổ đỡ từ nó xuất phát từ ý tưởng nâng một vật bằng từ trường. Ổ đỡ từ sử dụng trong các hệ truyền động điện đang được coi là một ngành công nghệ tiên tiến và thân thiện với môi trường. Chúng góp phần mạnh mẽ trong việc nâng cao tốc độ quay cho động cơ và giúp động cơ có thể được ứng dụng trong những môi trường đặc biệt mà động cơ sử dụng vòng bi thông dụng không thể làm việc hoặc làm việc với chi phí bảo dưỡng cao. Tuy nhiên ổ đỡ từ chưa được ứng dụng nhiều vì lí do công kênh và giá thành cao. Tương lai không xa khi vấn đề về kích thước và giá thành được giải quyết thì sự thay thế vòng bi cơ khí để làm việc ở các lĩnh vực công nghệ sạch, thiết bị y tế, thiết bị quốc phòng và công nghiệp vũ trụ,... sẽ là điều tất yếu.

Để ổ đỡ từ hoạt động có hiệu quả cao thì phần quan trọng nhất đó là bộ điều khiển nhưng hiện nay các bộ điều khiển cho các hệ truyền động không tiếp xúc sử dụng ổ đỡ từ có chất lượng thấp như: không thích nghi, không bền vững, tín hiệu điều khiển không bị chặn. Thực tế này là do động lực học của các hệ truyền động không tiếp xúc sử dụng ổ đỡ từ có tính phi tuyến cao, các phương pháp thiết kế các bộ điều khiển cho các hệ phi tuyến chịu tác dụng của nhiễu ngoại sinh, chứa các

tham số thay đổi theo thời gian chưa được nghiên cứu và phát triển hoàn thiện để có thể ứng dụng vào việc thiết kế các bộ điều khiển thích nghi bền vững cho các hệ truyền động không tiếp xúc sử dụng ổ đỡ từ. Vì vậy nghiên cứu thiết kế các bộ điều khiển chất lượng cao cho một số hệ phi tuyến bao gồm các ổ đỡ từ là cấp thiết. Do nhu cầu cấp thiết của thực tiễn tại Trung tâm dạy nghề Thanh Xuân nơi em làm việc em phải thường xuyên cho học viên của mình bảo dưỡng các ổ đỡ cơ khí mất rất nhiều thời gian, công sức. Em mong muốn áp dụng ổ đỡ từ có chất lượng cao vào công việc giảng dạy vì vậy em đã chọn đề tài “*Nâng cao chất lượng ổ đỡ từ hai bậc tự do bằng bộ điều khiển mờ chỉnh định tham số bộ điều khiển PID*” để có thể cho ra đời một loại ổ đỡ từ có chất lượng tốt.

## **2. Mục tiêu của luận văn**

Dựa trên các nghiên cứu về hệ thống truyền động điện dùng ổ đỡ từ hai bậc tự do bằng bộ điều khiển kinh điển PID, qua khảo sát bằng mô phỏng và thực nghiệm cho thấy các phương pháp này vẫn còn nhiều hạn chế.

Để khắc phục các nhược điểm của bộ điều khiển kinh điển, dựa trên cơ sở logic mờ, luận văn đề xuất thiết kế bộ điều khiển thông minh sử dụng bộ điều khiển mờ chỉnh định tham số bộ điều khiển PID. Bước đầu tiến hành kiểm nghiệm bộ điều khiển mới bằng phần mềm mô phỏng trên Matlab – Simulink sau đó là thí nghiệm trên thiết bị thực tại trung tâm thực nghiệm của Trường ĐHKTCN Thái Nguyên.

## **3. Kết quả thực nghiệm của luận văn**

Với yêu cầu lý luận phải được kiểm chứng bằng thực tế, luận văn cao học cần được kiểm chứng bằng thực nghiệm trong miền thời gian thực. Đây là một yêu cầu mới về nâng cao chất lượng đào tạo cho các học viên cao học. Việc áp dụng sáng tạo các mô hình thí nghiệm sẵn có của nhà trường hay thiết kế các mô hình mới vào công việc thực nghiệm của luận văn đã cho thấy những kết quả khả quan. Kết quả thí nghiệm đã chứng tỏ rằng nghiên cứu để nâng cao chất lượng ổ đỡ từ hai bậc tự

do của đề tài này bằng lý thuyết và mô phỏng còn có khoảng cách so với thực tế nhưng nhờ có thí nghiệm nên có cơ sở vững chắc để điều chỉnh lại thông số bộ điều khiển đáp ứng yêu cầu của hệ thống và làm nền tảng cho thiết kế nâng cao chất lượng cho hệ thống.

#### **4. Nội dung luận văn:**

Luận văn bao gồm những nội dung sau:

*Chương 1:* Tổng quan về ổ đỡ từ.

*Chương 2:* Mô tả toán học cho ổ đỡ từ hai bậc tự do.

*Chương 3:* Thiết kế các bộ điều khiển kinh điển (PID) tự do.

*Chương 4:* Thiết kế bộ điều khiển nâng cao.

Kết luận, kiến nghị và tài liệu tham khảo.

## **Chương 1: Tổng quan về ổ đỡ từ**

### **1.1. Giới thiệu về ổ đỡ từ**

Để truyền chuyển động trong lĩnh vực cơ khí người ta thường dùng ổ bi, ổ trượt tuy nhiên khi sử dụng ổ đỡ cơ khí do có lực ma sát nên tốc độ quay của động cơ và độ chính xác làm việc không cao đồng thời người ta phải thường xuyên bảo dưỡng sửa chữa, công việc bảo dưỡng này trở thành một bài toán nan giải khi các động cơ làm việc trong một số lĩnh vực ứng dụng đặc biệt có môi trường khắc nghiệt như: nhiệt độ cao hoặc rất thấp, hóa chất độc hại, phóng xạ hay thậm chí ngoài không gian.

Để giải quyết vấn đề này các nhà khoa học đã tìm ra một loại ổ đỡ đó là ổ đỡ từ nghĩa là dùng lực nâng của từ trường để nâng trục động cơ mà không có sự tiếp xúc giữa phần động và phần tĩnh.

Do đặc điểm không tiếp xúc, công nghệ ổ đỡ mới này đưa ra một số các ưu điểm nổi bật so với các loại ổ đỡ thông thường, như ổ đỡ vòng bi hay ổ đỡ chất lỏng. Những ưu điểm này bao gồm loại bỏ được các hệ thống bôi trơn ổ đỡ, hệ số ma sát thấp, tốc độ rotor cao và các đặc tính động có thể điều chỉnh được. Các vòng bi từ có khả năng đáp ứng khả năng chịu tải lớn bằng cách tối ưu hóa hệ thống và các thông số của vật liệu, bao gồm khe hở không khí của ổ đỡ, từ thông bão hòa của vật liệu từ, diện tích bề mặt của ổ đỡ, số lượng vòng dây trên các cực từ và công suất bộ khuếch đại. Các vòng bi từ có thể cho phép làm việc trong các môi trường khắc nghiệt như: nhiệt độ cao, nhiệt độ thấp và chân không.

Ngày nay, những nhận thức trọng tâm trong thiết kế các vòng bi từ đã có những bước tiến rõ rệt và việc ứng dụng các vòng bi từ vào các ứng dụng thực tiễn đã

vượt ra ngoài những mong muốn ban đầu. Các ứng dụng quan trọng của các vòng bi từ gồm có máy gia tốc, máy ly tâm, máy chân không, các thiết bị y tế công nghệ cao, các ứng dụng cho môi trường sạch tuyệt đối, công nghệ robot, truyền động tốc độ cao, các thiết bị làm việc ngoài không gian, các hệ thống bánh đà tích trữ năng lượng và các bộ cách ly rung động.

## **1.2. Lịch sử phát triển**

Ổ đỡ từ được các nhà nghiên cứu tìm ra vào khoảng giữa những năm 1842, người ta đã đưa ra ý tưởng dùng từ trường để treo một đối tượng. Một số nghiên cứu sau đó sử dụng lực nâng bằng từ trường trong hoạt động sản xuất công nghiệp tại pháp. Từ những năm 70 của thế kỷ XX đến nay, khi kỹ thuật truyền động điện xoay chiều được phát triển và ứng dụng rộng rãi, chúng ngày càng thể hiện được những ưu thế vượt trội so với truyền động điện một chiều. Tuy nhiên do cấu tạo về cơ khí, các máy điện loại này vẫn sử dụng các ổ đỡ cổ điển như máy điện một chiều. Các loại ổ đỡ thông thường nhất thiết phải được bảo dưỡng định kỳ công việc bảo dưỡng tốn thời gian tiền bạc đặc biệt là rất khó khăn với những môi trường độc hại. Xuất phát từ vấn đề thực tế này, rất nhiều các nghiên cứu hướng đến mục tiêu thay thế các ổ đỡ truyền thống bằng các biện pháp mới mà không đòi hỏi nhu cầu bảo trì và bảo dưỡng, trong đó sử dụng các vòng bi từ là một trong những hướng nghiên cứu thành công.

Sau 20 năm phát triển, những đánh giá khái quát về triển vọng phát triển trong tương lai của các vòng bi từ nói chung và của ổ đỡ từ chủ động (AMB) nói riêng đã được nhận định. H. Bleuler chỉ ra rằng xu hướng tích hợp hệ thống sẽ không còn phát triển nhanh chóng như một số năm trước đây nữa, thay vào đó là sự phát triển các ứng dụng. Hướng phát triển mới cho các vòng bi từ thụ động đang hé mở ra những ứng dụng mới và hứa hẹn sẽ phát triển nhanh chóng. Ngoài ra, các loại ổ đỡ tự cảm biến đã và đang nhận được rất nhiều sự quan tâm từ các nhà nghiên cứu để

nỗ lực chuyển thể thành công thành những ứng dụng công nghiệp. Các vòng bi từ sẽ tiếp tục là mối quan tâm lớn của các nhà nghiên cứu và các nhà kỹ thuật. Các ứng dụng sẽ còn phát triển mạnh trong nhiều các lĩnh vực khác trong vòng 20 năm tới.

*Bảng 1.1 Các đóng góp tiêu biểu*

<b>Năm</b>	<b>Công trình nghiên cứu</b>	<b>Tác giả</b>	<b>Quốc gia</b>
1991	Động cơ không ổ đỡ kích thích vĩnh cửu với động cơ 6 cực và ổ đỡ 4 cực.	Bischel	Thụy Sĩ
	Động cơ từ cảm không ổ đỡ.	Chiba	Nhật Bản
1994	Phân tích động cơ AC không ổ đỡ.	Chiba	Nhật Bản
	Điều khiển vector cho động cơ cảm ứng không ổ đỡ.	Schoeb	Thụy Sĩ
1995	So sánh giữa các vòng bi từ kiểu kích thích vĩnh cửu và kiểu cảm ứng.	Okada	Nhật Bản
1996	Động cơ trượt không ổ đỡ.	Schoeb	Thụy Sĩ
	Động cơ treo từ tính hướng trục.	Okada	Nhật Bản
1997	Động cơ treo từ tính cho các thiết bị bơm máu.	Okada	Nhật Bản
1998	Động cơ không ổ đỡ kiểu AMB lai.	Okada	Nhật Bản
	Động cơ trượt không ổ đỡ cho bơm máu ly tâm.	Ueno	Nhật Bản
1999	Động cơ không ổ đỡ kiểu đơn cực.	Ichikawa	Nhật Bản
2000	Động cơ không ổ đỡ kiểu lực Lorentz.	Okada	Nhật Bản
	Động cơ - Ổ đỡ kết hợp kiểu khe hở hướng trục hai chiều.	Ueno	Nhật Bản
2003	Bơm tim nhân tạo dùng động cơ không ổ đỡ	Okada	Nhật Bản

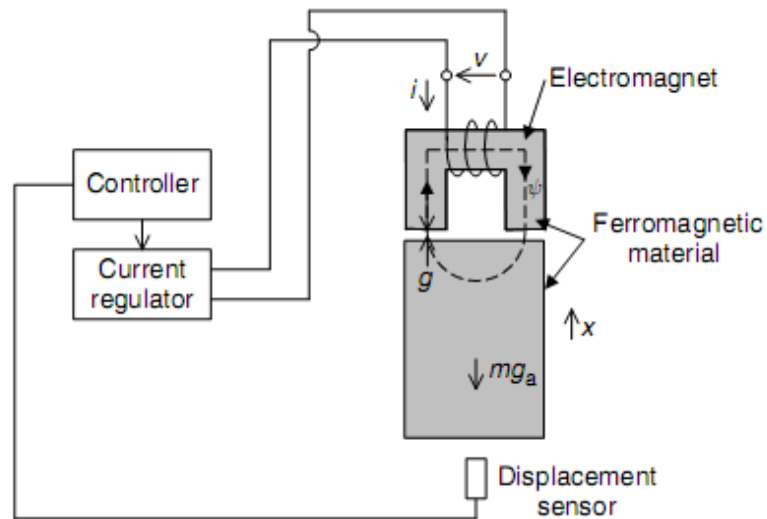
Năm	Công trình nghiên cứu	Tác giả	Quốc gia
	hướng trục.		
2005	Không cảm biến chuyển vị cho động cơ không ồ đỡ.	Okada	Nhật Bản
2006	Động cơ không ồ đỡ kiểu segment. Nhận biết lực hướng kính và tốc độ cho các động cơ không ồ đỡ.	Gruber Chiba	Áo Nhật Bản
2007	Động cơ không ồ đỡ kiểu từ trở đồng bộ.	Takemoto	Nhật Bản
2009	Động cơ không ồ đỡ dạng đĩa cho tim nhân tạo.	Asama	Nhật Bản
2010	Điều khiển phản hồi phi tuyến cho động cơ DC không chổi than, không ồ đỡ.	Grabner	Áo

### 1.3. Nguyên lý làm việc cơ bản và phân loại các ồ đỡ từ

#### 1.3.1. Nguyên lý làm việc cơ bản

Hình 1.1 là cấu trúc cơ bản của ồ đỡ từ là treo một vật bằng từ trường. Kích thích của cuộn dây sẽ tạo ra lực từ để treo đối tượng kim loại hình chữ nhật. Khi đó đối tượng sẽ được giữ tự do theo phương thẳng đứng. Dòng điện  $i$  sẽ tạo ra từ thông  $\psi$ . Đường đi của từ thông được thể hiện bằng đường nét đứt và đi qua khe hở không khí hai lần theo chiều thẳng đứng.





Hình 1.1: Cấu trúc cơ bản của một hệ thống treo từ tính

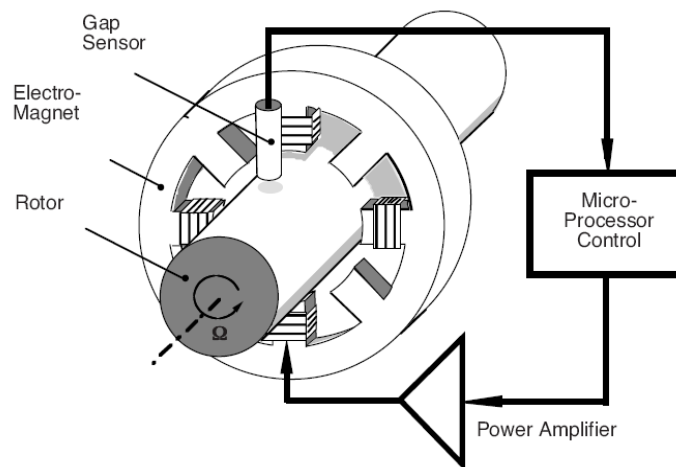
Lực hấp dẫn giữa vật thể treo và lõi sắt từ là một hàm số của dòng điện  $i$ , và tỷ lệ thuận với bình phương với dòng điện  $i$  khi lõi sắt từ chưa bão hòa. Trong các điều kiện xác lập, lực hấp dẫn này được điều chỉnh để bằng với tích của trọng lượng vật treo  $m$  và gia tốc trọng trường  $g_a$  nhằm thỏa mãn cân bằng lực.

Ngoài ra Sensor chuyển vị sẽ đo mức độ dịch chuyển của vật thể treo theo chiều thẳng đứng so với vị trí chuẩn của nó. Một bộ điều khiển tạo ra tín hiệu điều khiển từ thông tin đo lường, một bộ khuếch đại công suất chuyển tín hiệu điều khiển này thành dòng điện điều khiển, và dòng điện này sẽ sinh ra từ trường trong mạch từ, như vậy các lực từ sẽ được tạo ra. Bằng cách đó, vật thể sẽ được treo ở vị trí lơ lửng của nó. Vật thể sẽ được treo ổn định nhờ một lượng đặt của lực từ. Lượng đặt của lực này bằng tổng đại lượng của lực tắt dần và lực đàn hồi. Lượng điều khiển của lực đàn hồi tỷ lệ thuận với độ chuyển vị của vật thể treo. Còn đối với lực tắt dần thì lực này tỷ lệ thuận với tốc độ dịch chuyển của vật thể treo. Các đại lượng này có chiều ngược với chuyển vị và tốc độ đối với phản hồi âm.

Bộ điều khiển tạo ra lượng dòng điện điều khiển để nhằm tạo ra lực từ bám sát với lượng lực từ đặt. Bộ điều chỉnh dòng điện sẽ điều khiển dòng điện bằng cách đặt một điện áp lên các đầu cuộn dây.

Dòng điện  $i$  chạy trong một cuộn dây, và nếu ta giả thiết rằng cuộn dây có số vòng dây là  $N$  thì khi đó một lực từ động (MMF) được sinh ra và bằng  $Ni$ . Với các vật liệu sắt từ có độ thẩm từ cao thì từ thông sẽ đi theo đường như trong hình vẽ và đi qua khe hở hai lần. Độ tập trung từ thông cực đại trong khe hở không khí sẽ quyết định độ lớn của lực trong phần điện từ. Độ tập trung từ thông lớn sẽ tạo ra lực từ lớn. Một lưu ý quan trọng nữa đó là chiều dài khe hở không khí phải được giữ càng nhỏ càng tốt để giảm dòng điện và các tổn thất.

Bằng cách chủ động điều khiển động lực học của phần điện từ để tạo ra các lực điện từ chính là nguyên lý cơ bản mà trên thực tế được sử dụng trong hầu hết các vòng bi từ.



Hình 1.2- Chức năng cơ bản của một vòng bi từ chủ động:  
Treo rotor theo phương thẳng đứng

Hình vẽ 1.2 giới thiệu các thành phần chính và diễn giải chức năng của một vòng bi từ đơn giản để nâng rotor lên trên một hướng.