

TRẦN LỤC QUÂN

TỰ ĐỘNG HÓA

TN
2011

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP



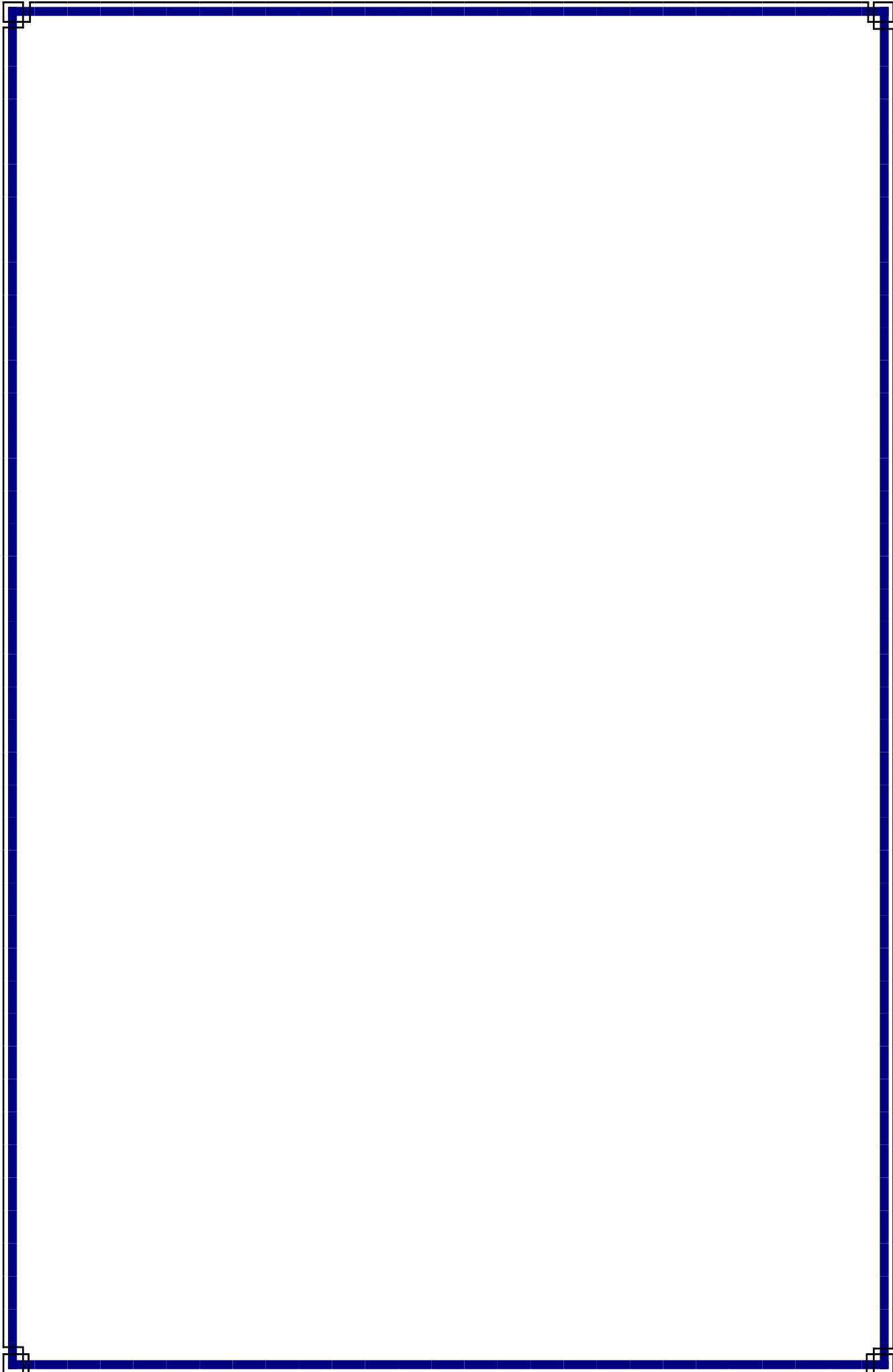
LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

NGÀNH: TỰ ĐỘNG HÓA

**THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN HIỆN ĐẠI
CHO HỆ THỐNG VÒNG BI TỪ CHỦ ĐỘNG
4 BẬC TỰ DO**

TRẦN LỤC QUÂN

THÁI NGUYÊN 2011



CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN VỀ VÒNG BI TỪ CHỦ ĐỘNG

1.1 Giới thiệu chung.

Các vòng bi từ sử dụng các lực từ để hỗ trợ cho chuyển động của máy mà không cần có tiếp xúc cơ học. Do đặc điểm treo 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, ví dụ 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. Một hệ thống đo lường hiện đại tích hợp trong hệ thống treo từ tính không chỉ giám sát tức thời các thông số của hệ như vị trí rotor, độ lắc ngang, độ rung động hướng trục, dòng điện, nhiệt độ và tốc độ quay mà hệ thống đo lường này còn có thể phân tích được sự mất cân bằng bằng cách tính toán được vị trí và biên độ của nó. Bộ điều khiển có thể thay đổi các thuộc tính tắt dần và độ cứng của ổ đỡ. Điều này cho phép bộ điều khiển điều chỉnh được đặc tính động ảnh hưởng lên các tần số cộng hưởng của hệ thống và làm giảm rung động lan truyền [1, 2, 6].

Ứng dụng của công nghệ đỡ từ đã trải qua một sự phát triển rõ rệt trong khoảng ba thập kỷ qua. Rất nhiều các nghiên cứu quan trọng đã được tiến hành bao trùm lên tất cả các lĩnh vực liên quan đến vòng bi từ. Ta có thể kể ra ở đây bao gồm công nghệ cảm biến và điều khiển, mô hình hóa và nhận dạng, công nghệ vật liệu và các thành phần... Cho đến 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].

1.2 Lịch sử phát triển.

Kể từ những năm 1970s 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. Sự lớn mạnh của truyền động điện xoay chiều là không thể phủ nhận được, chúng đã được ứng dụng rộng rãi trong mọi lĩnh vực từ công nghiệp cho đến các sản phẩm dân dụng. Tuy nhiên, trong một số ứng dụng nhất định, loại hình này đã bộc lộ một số nhược điểm đáng kể. 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 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..., lúc này đòi hỏi người bảo dưỡng phải có tay nghề cao và kèm theo là chi phí bảo dưỡng rất lớn. Chính 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 [1, 2].

Trên thực tế, phát minh sớm nhất liên quan vòng bi từ tích cực được cấp cho Jesse Beams tại trường Đại học Virginia trong thời kỳ Chiến tranh thế giới thứ II [3]. Sáng chế này ứng dụng cho quá trình siêu ly tâm để phục vụ

cho công đoạn tinh luyện trong sản xuất quả bom nguyên tử đầu tiên. Tuy nhiên, công nghệ lúc đó chưa đủ lớn mạnh cho đến khi xuất hiện các công nghệ tiên tiến về điện tử bán dẫn và điều khiển bằng máy tính, cùng với những nghiên cứu của Habermann và Schweitzer. Sau đó các nghiên cứu về vòng bi từ thuộc chương trình nghiên cứu Máy điện quay và Điều khiển công nghiệp vẫn được tiếp tục tại Đại học Virginia. Cho đến năm 1988, chỉ có một vài viện nghiên cứu tập trung vào nghiên cứu các vòng bi từ. Có thể kể đến ở đây gồm: phòng thí nghiệm Higuchi, ĐH Tokyo (Nhật Bản), phòng thí nghiệm Schweitzer, Học viện công nghệ Zurich (Thụy Sĩ), phòng thí nghiệm Allaire, ĐH Virginia (Hoa Kỳ) và phòng thí nghiệm Matsumura, ĐH Kanazawa (Nhật Bản) [5]. Tại hội nghị khoa học quốc tế đầu tiên về công nghệ treo từ tính (International Symposium on Magnetic Bearings - ISMB) được tổ chức vào tháng 6, 1988 tại Thụy Sĩ, các GS Schweitzer (Học viện công nghệ Zurich), GS Allaire (ĐH Virginia) và GS Okada (ĐH Ibaraki) chính là những người đặt nền móng cho Hiệp hội quốc tế về công nghệ treo từ tính.

Tính đến năm 2008, ISMB đã trải qua 20 năm phát triển với 11 hội nghị khoa học quốc tế được tổ chức, và đã có một số những đánh giá cụ thể về lịch sử phát triển của AMB được thực hiện [4, 5]. Kasarda chỉ ra rằng ứng dụng thương mại đầu tiên của AMB là trong máy gia tốc. AMB cho phép loại bỏ các bồn chứa dầu trong các máy nén đối với các đường ống dẫn dầu của công ty truyền tải khí đốt NOVA (NGTL) tại Alberta, Canada. Điều này làm giảm nguy cơ cháy nổ và cho phép giảm giá thành trong bảo hiểm. Thành công trong việc ứng dụng công nghệ treo từ tính đã khiến cho NGTL trở thành nơi dẫn đầu trong nghiên cứu và phát triển hệ thống điều khiển số cho treo từ tính và như là một sự thay thế cho các hệ thống điều khiển tương tự do công ty Magnetic Bearings Inc. (MBI), Hoa Kỳ cung cấp. Một công ty của Pháp là S2M, thành lập năm 1976, là công ty thương mại hóa công nghệ

AMB đầu tiên ra thị trường. Công ty này dành phần lớn công sức nghiên cứu trong thời gian ban đầu để quan tâm đến điều khiển rung động của các máy điện quay trong các tàu ngầm nhằm làm giảm nhiễu sóng âm. Tất nhiên các nghiên cứu này không được công khai hóa do bí mật quân sự. Các ứng dụng về AMB đã và đang tạo dựng được những bước tiến vững chắc trong một loạt các công nghệ ứng dụng khác nhau. Các bơm gia tốc phân tử tạo nên một đóng góp quan trọng trong ngành công nghiệp bán dẫn. Ngoài ra, công nghệ chân không, các máy nén đã thu được những thành công nhất định dựa trên các hệ thống AMB. Tim nhân tạo đang hứa hẹn những bước đi đột phá cho các ứng dụng y sinh trong tương lai không xa [5].

Đầu năm 1987, Akira Chiba đã đề xuất khái niệm cơ bản về động cơ không ồ ồ. Một năm sau đó, năm 1988, một mô hình động cơ không ồ ồ đã được xây dựng tại Trường ĐH Khoa học Tokyo. Mẫu phát minh cho ý tưởng về động cơ không ồ ồ cho các loại máy điện khác nhau, chẳng hạn như: cảm ứng, kích thích vĩnh cửu, từ trở đồng bộ... được đệ trình ngay sau đó một năm [1]. Từ đó đến nay, khái niệm này đã được phát triển cho nhiều loại máy điện khác nữa. Một số những đóng góp đáng kể đối với sự phát triển của động cơ dùng AMB được tổng hợp trong bảng 1.1 [16]. Kể từ giữa những năm 1990s, máy điện không ồ ồ đã được triển khai nghiên cứu ở Thụy Sĩ, Áo, Đức, Anh, Pháp, Canada, Hoa Kỳ, Trung Quốc, Hàn Quốc và các nơi khác.

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 AMB nói riêng đã được nhận định. H. Bleuler [5] 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 [16].

Năm	Công trình nghiên cứu	Tác giả	Quốc gia
1991	Động cơ không ồ đờ kích thích vĩnh cửu với động cơ 6 cực và ồ đờ 4 cực.	Bischel	Thụy Sĩ
	Động cơ từ cảm không ồ đờ	Chiba	Nhật Bản
1994	Phân tích động cơ AC không ồ đờ	Chiba	Nhật Bản
	Điều khiển vector cho động cơ cảm ứng không ồ đờ	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 ồ đờ	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 ồ đờ kiểu AMB lai	Okada	Nhật Bản
	Động cơ trượt không ồ đờ cho bơm máu ly tâm	Ueno	Nhật Bản
1999	Động cơ không ồ đờ kiểu đơn cực	Ichikawa	Nhật Bản
2000	Động cơ không ồ đờ kiểu lực Lorentz	Okada	Nhật Bản
	Động cơ - Ô đờ kết hợp kiểu khe hở hướng trục hai chiều	Ueno	Nhật Bản
2003	Bơm tim nhân tạo dùng động cơ không ồ đờ hướng trục	Okada	Nhật Bản
2005	Không cảm biến chuyển vị cho động cơ không ồ đờ	Okada	Nhật Bản
2006	Động cơ không ồ đờ kiểu segment	Gruber	Áo
	Nhận biết lực hướng kính và tốc độ cho các động cơ không ồ đờ	Chiba	Nhật Bản

Năm	Công trình nghiên cứu	Tác giả	Quốc gia
2007	Động cơ không ồ ồ kiểu từ trở đồng bộ	Takemoto	Nhật Bản
2009	Động cơ không ồ ồ 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 ồ	Grabner	Áo

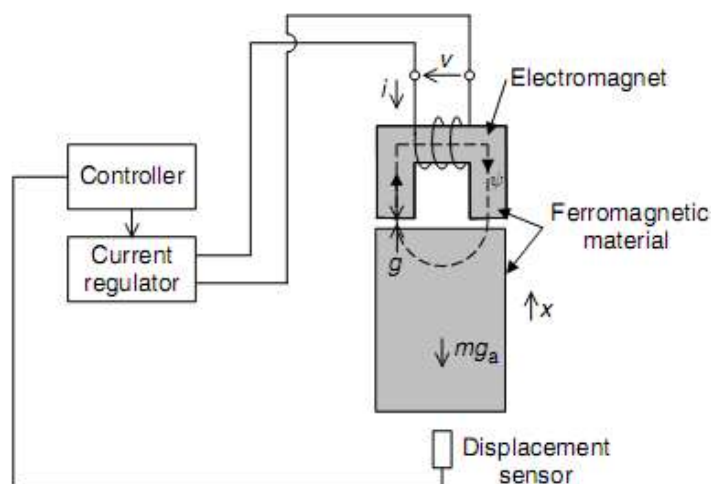
1.3 Nguyên lý làm việc cơ bản và phân loại của các vòng bi từ

1.3.1 Nguyên lý làm việc cơ bản

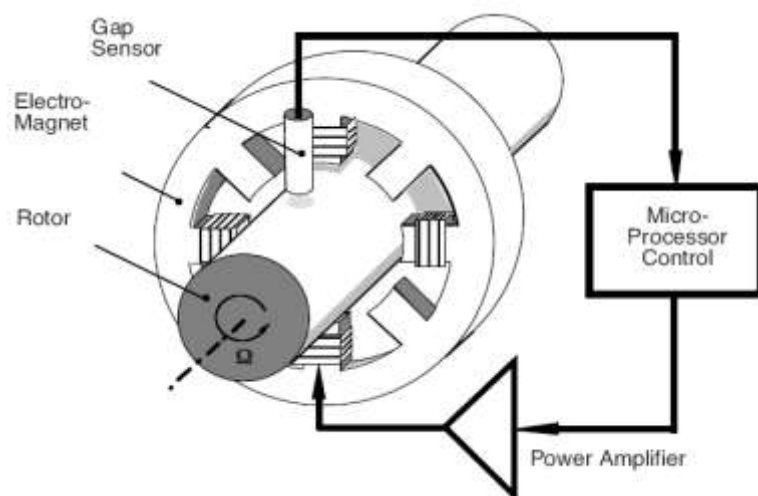
Cấu trúc điện - từ cơ bản và một bộ điều khiển phản hồi cho một hệ thống treo từ tính một trục được thể hiện như trong hình vẽ 1.1. Kích thích của cuộn dây sẽ tạo ra lực từ để treo đối tượng kim loại hình chữ nhật. Khi đó đối tượng sẽ được giữ tự do theo phương thẳng đứng. Dòng điện i sẽ tạo ra từ thông ψ . 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. 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.

Sensor chuyển vị sẽ đo mức độ dịch chuyển của vật thể treo theo chiều thẳng đứng so với vị trí chuẩn của nó. Điện áp ra của sensor sẽ là tín hiệu đầu vào cho bộ điều khiển. Một bộ vi xử lý đóng vai trò như là 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. Một lượng đặt của lực từ được tạo ra để treo ổn định vật thể. 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.



Hình 1.1[1]: Cấu trúc cơ bản của một hệ thống treo từ tính



Hình 1.2[1]: Chức năng cơ bản của một vòng bi từ chủ động:
Treo rotor theo phương thẳng đứng

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. Tuy nhiên, độ tập trung từ thông cực