

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

NGUYỄN TRÀ MY

**NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ĐIỀU KHIỂN Ồ ĐỔ TỪ
4 BẬC TỰ DO BẰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ LAI**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Chuyên ngành: Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa

THÁI NGUYÊN, 2014

MỞ ĐẦU

1. Mục tiêu của luận văn

Ổ đỡ từ được sử dụng trong động cơ điện hiện đang được xếp loại sản phẩm công nghệ cao chứa đựng nhiều hàm lượng chất xám và đồng thời cũng là sản phẩm công nghệ xanh mới. Hạn chế trong việc ứng dụng rộng rãi ổ đỡ từ hiện nay là do kích thước lớn và giá thành cao. Nhưng trong tương lai gần (5 năm) khi các nghiên cứu thành công trong việc thu gọn kích thước và giảm giá thành của ổ đỡ từ 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.

Nhận thấy được vai trò quan trọng của ổ đỡ từ đồng thời nhằm nâng cao hơn nữa sự hiểu biết về ổ đỡ từ, vì vậy tôi chọn đề tài "**Nâng cao chất lượng điều khiển ổ đỡ từ 4 bậc tự do bằng bộ điều khiển mờ lai**".

2. Mục tiêu nghiên cứu

- Tìm hiểu về mô tả toán học cho ổ đỡ từ bốn bậc tự do, sau đó đưa mô hình đó về dạng mô hình tuyến tính hóa xung quanh điểm làm việc.
- Khảo sát chất lượng điều khiển ổ đỡ từ bằng bộ điều khiển PID bằng mô phỏng và kiểm chứng bằng thực nghiệm.
- Đề xuất thiết kế bộ điều khiển mờ lai nhằm nâng cao chất lượng điều khiển so với bộ điều khiển PID bằng mô phỏng.

3. Nội dung của luận văn

Với mục tiêu đặt ra, nội dung luận văn bao gồm các chương sau:

Chương 1: Tổng quan về ổ đỡ từ.

Chương 2: Xây dựng mô hình toán học của ổ đỡ từ chủ động 4 bậc tự do.

Chương 3: Đánh giá chất lượng điều khiển ổ đỡ từ 4 bậc tự do sử dụng bộ điều khiển PID bằng mô phỏng và thực nghiệm.

Chương 4: Đề xuất nâng cao chất lượng điều khiển ổ đỡ từ 4 bậc tự do bằng bộ điều khiển mờ lai.

Kết luận và kiến nghị.

Chương 1

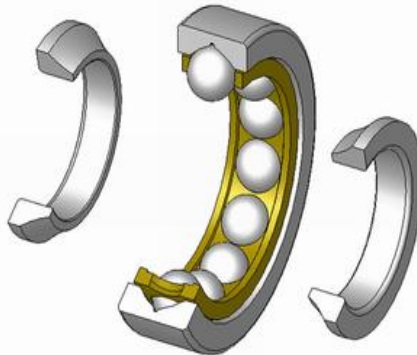
TỔNG QUAN VỀ Ổ ĐỠ TỪ

1.1. Những vấn đề cơ bản của ổ đờ từ

1.1.1. Khái niệm về ổ trục

- Ổ trục là một chi tiết máy được sử dụng nhiều trong lĩnh vực cơ khí. Nó có 2 dạng chính là ổ lăn (vòng bi, ổ bi) và ổ trượt.

- Ổ lăn là một dạng của ổ trục, đây là cơ cấu cơ khí giúp giảm thiểu lực ma sát bằng cách chuyển ma sát trượt của 2 bộ phận tiếp xúc nhau khi chuyển động thành ma sát lăn giữa các con lăn hoặc viên bi được đặt cố định trong một khung hình khuyên. Ổ lăn ở một số thiết bị khác còn được gọi là vòng bi hay ổ bi. Dựa vào khả năng chịu lực hướng tâm hay hướng trục hoặc cả hai, mà ổ bi chia ra gồm: Ổ bi đỡ một dãy; ổ bi đỡ chặn; ổ bi chặn đỡ; ổ bi đỡ lòng cầu hai dãy; ổ đĩa đỡ trụ ngắn; ổ đĩa côn; ổ đĩa đỡ lòng cầu hai dãy,... (Ví dụ ổ bi đỡ một dãy được thể hiện như hình 1.1).



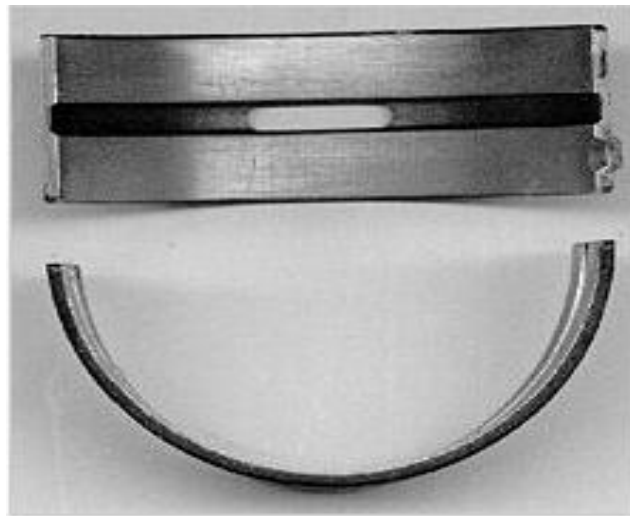
Hình 1.1: Hình dạng ổ bi đỡ một dãy

Một số loại ổ lăn điển hình được thể hiện trên hình 1.2:



Hình 1.2: Hình ảnh một số loại ổ lăn điển hình

- Ổ trượt là một dạng ổ đỡ trục dùng ma sát trượt (Hình 1.3). Giữa ngõng trục và thành ổ là dầu ngăn cách tránh cho thành ổ tiếp xúc trực tiếp với ngõng trục. Bao gồm các loại: Ổ trượt đỡ chỉ chịu lực hướng tâm, ổ trượt chặn chỉ chịu lực dọc trục, còn ổ trượt đỡ chặn chịu được cả lực hướng tâm và lực dọc trục. Khi trục quay với vận tốc rất cao và khi kích thước trục khá lớn không dùng được ổ lăn vì khó tìm được ổ lăn thỏa mãn nên phải dùng ổ trượt. Trong các môi trường đặc biệt (trong nước, môi trường ăn mòn,...) ổ lăn thường làm bằng kim loại nên dễ bị mòn. Khi đó có thể chế tạo ổ trượt bằng gỗ, cao su,... để phù hợp với môi trường.



Hình 1.3: Kiểu dáng ổ đỡ trượt

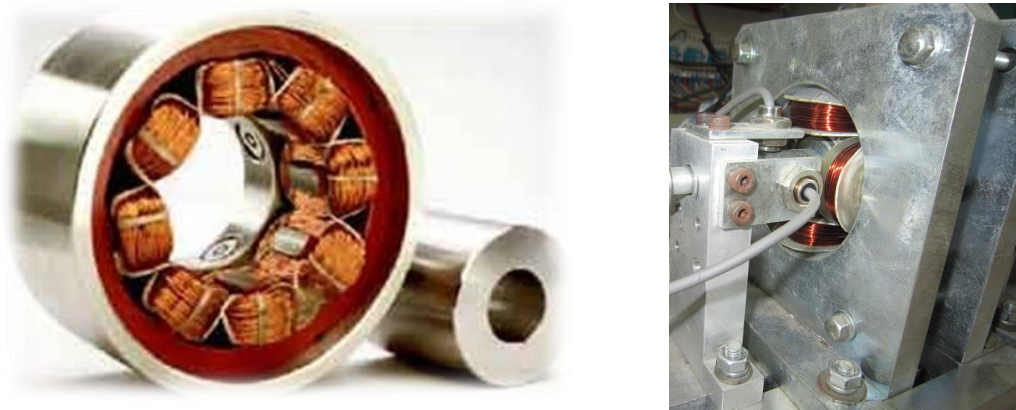
Một số loại ổ trượt điển hình được thể hiện trên hình 1.4:



Hình 1.4: Hình ảnh một số loại ổ trượt điển hình

1.1.2. Khái niệm về ổ đỡ từ

Ổ đỡ từ là một loại ổ trục có khả năng nâng không tiếp xúc các trục chuyển động nhờ vào lực từ trường (Hình 1.5). Do giữa trục quay và phần tĩnh không tiếp xúc với nhau, cho nên ổ đỡ từ đang được coi là một ngành công nghệ trọng điểm của thế kỷ 21, có thể đem lại nhiều bước đột phá cho các ngành công nghiệp chế tạo và sản xuất nhờ những ưu điểm nổi bật như sau mà ổ cơ không có được: không có hao mòn khi vận hành, tăng hiệu suất của động cơ nhờ chuyển động không có ma sát, thân thiện với môi trường do không có bộ phận bôi trơn, loại bỏ các rung động khi chuyển động, khả năng làm việc với tốc độ cao và làm việc trong các môi trường khắc nghiệt như: Nhiệt độ cao, nhiệt độ thấp và chân không.



Hình 1.5: Hình dạng cơ bản của ổ đỡ từ

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 ổ đỡ 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 ổ đỡ từ đã có những bước tiến rõ rệt và việc ứng dụng ổ đỡ từ vào các ứng dụng thực tiễn đã vượt ra ngoài những mong muốn ban đầu. Các ứng dụng quan trọng của ổ đỡ 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.

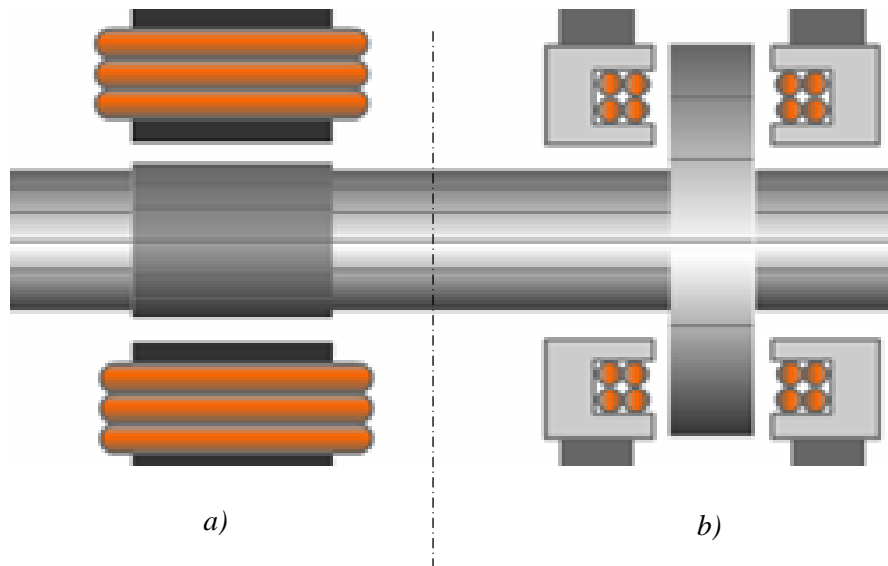
Ổ đỡ từ trong tương lai có thể đem lại nhiều bước đột phá cho các ngành công nghiệp chế tạo và sản xuất nhờ những ưu điểm nổi bật như sau mà ổ đỡ cơ không có được:

- Không có hao mòn khi vận hành do phần quay của động cơ không tiếp xúc với bất kỳ bộ phận nào;
- Tăng hiệu suất của động cơ nhờ chuyển động không có ma sát;
- Thân thiện với môi trường: Không có bộ phận bôi trơn;
- Khả năng làm việc với tốc độ cao;
- Khả năng loại bỏ các rung động khi chuyển động;
- Khả năng làm việc trong các môi trường khắc nghiệt.

Tuy nhiên ổ đỡ từ vẫn tồn tại một số nhược điểm:

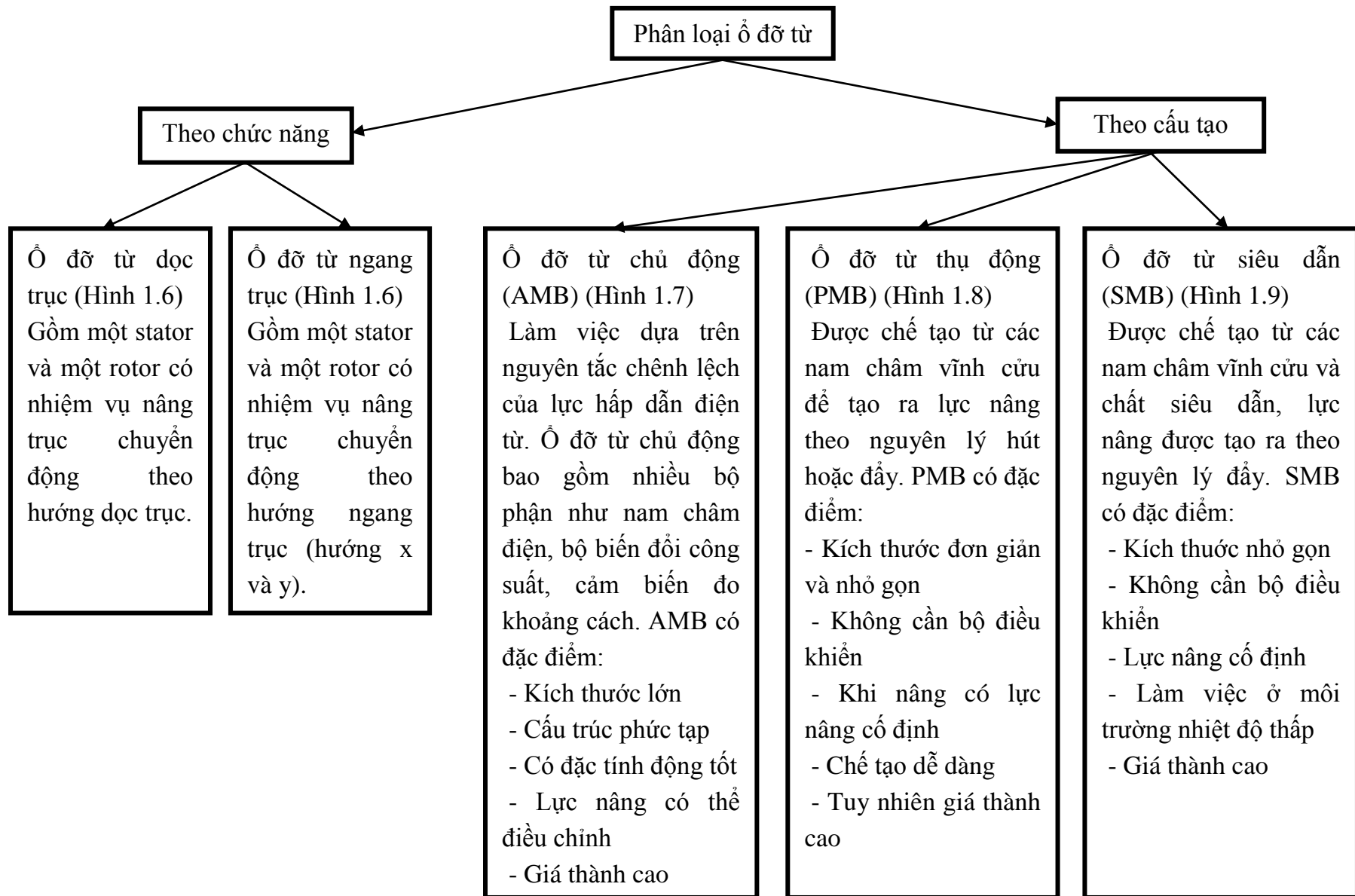
- Giá thành cao;
- Cần có phần điều khiển cho ổ đỡ từ.

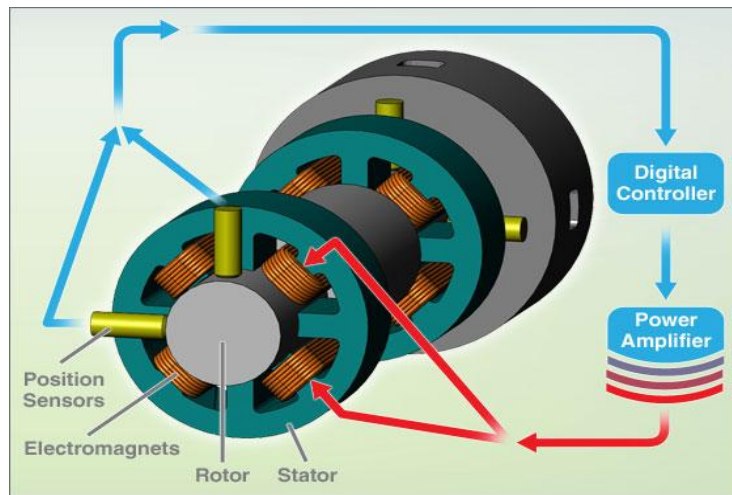
• **Phân loại ổ đỡ từ [7]**



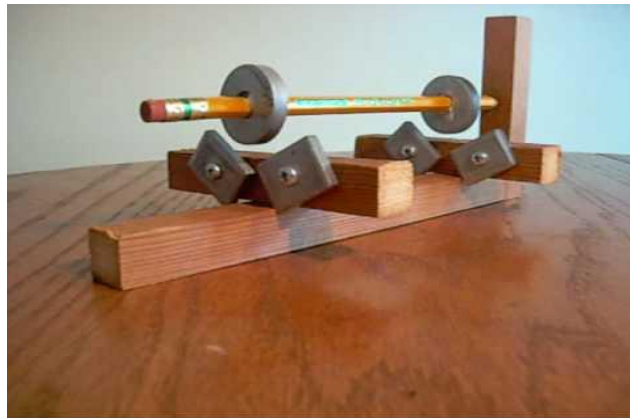
Hình 1.6: Ổ đỡ từ ngang trục (a) và ổ đỡ từ dọc trục (b)

Ổ đỡ từ được phân loại như sau:

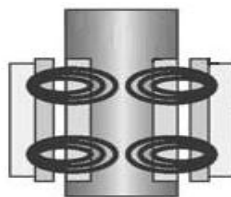




Hình 1.7: Ô đờ từ chủ động



Hình 1.8: Ô đờ từ thụ động



Hình 1.9: Ô đờ từ siêu dẫn

Ổ đỡ từ có nhiều loại đa dạng như trên, việc nghiên cứu tất cả các loại ổ đỡ từ sẽ gặp nhiều khó khăn. Vì vậy trong phạm vi nghiên cứu của luận văn, tác giả chỉ tập trung nghiên cứu điều khiển ổ đỡ từ chủ động 4 bậc tự do (AMB).

- **Ổ đỡ từ chủ động AMB hướng tâm [7]**

Hình dạng bên ngoài và các bộ phận chủ yếu của ổ đỡ từ chủ động 4 bậc tự do (AMB) hướng tâm như hình 1.10.

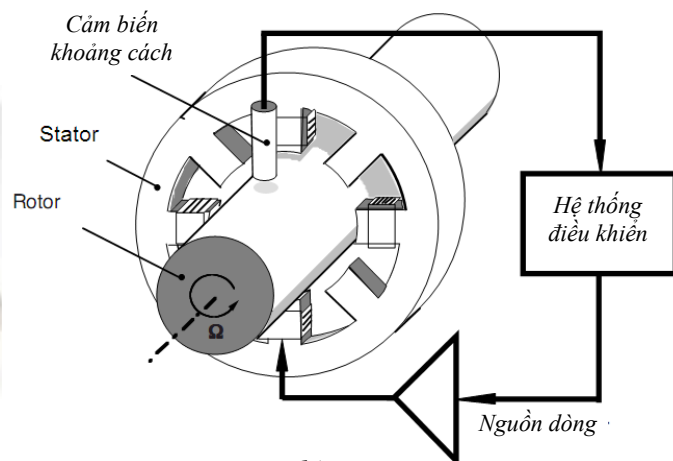
Ổ đỡ từ có cấu tạo tương tự như một động cơ điện, tuy nhiên thay vì tạo ra mô men xoắn để quay rotor, nó lại tạo ra một lực để nâng rotor quay trong lòng ổ (stator), khi nâng khoảng cách giữa rotor và stator rất nhỏ ($0,5 \div 2\text{mm}$).

Một ổ đỡ từ bao gồm có 3 bộ phận chính:

- Ổ đỡ từ và trục được treo trong lòng nhờ từ trường.
- Các cảm biến.
- Hệ thống điều khiển.



a)

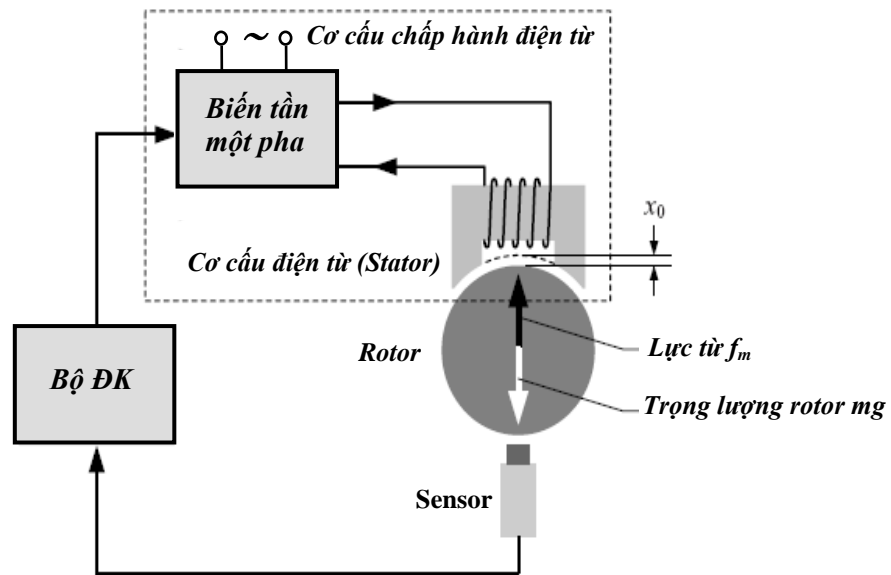


b)

Hình 1.10: a) Hình dạng; b) Các bộ phận cơ bản của ổ đỡ từ

Nguyên tắc làm việc của ổ đỡ từ tương tự như một nam châm điện, nghĩa là, có thể tạo nên chuyển dịch cơ học theo một phương nào đó bằng các lực (hút hoặc đẩy) điện từ.

- **Nguyên lý nâng dùng lực từ**



Hình 1.11: Cấu trúc AMB một bậc tự do

Trước hết, ta xem xét một cấu trúc mô tả cho AMB tối giản trong hình 1.11 là một bậc tự do. Từ việc phân tích và hiểu rõ các thuộc tính cơ bản của một hệ thống với một bậc tự do (Degree of Freedom - DOF), thì việc phân tích và xây dựng một mô hình toán học cho một hệ thống nhiều hơn một bậc tự do sẽ dễ dàng và thuận lợi hơn. Hình 1.11 mô tả cấu trúc cơ bản của một vòng điều khiển kín cho AMB với các thành phần cần thiết để cấu thành nên một hệ thống AMB theo một phương (x). Các thành phần này và chức năng của chúng sẽ được mô tả sơ bộ dưới đây.

Đây là một hệ thống không ổn định cố hữu. Sự mất ổn định này là do lực hấp dẫn của cơ cấu điện từ. Do đó, cần thiết phải có một giải pháp điều khiển tích cực đối với mạch từ.

Cơ cấu điện từ bao gồm một rotor được treo tự do tại một khoảng cách danh định so với cơ cấu điện từ. Cảm biến vị trí không tiếp xúc (thường là kiểu cảm biến dòng điện xoáy hoặc cảm biến điện cảm) sẽ đo độ sai lệch x giữa vị trí mà ta mong muốn x_0 với vị trí thực của rotor và cung cấp thông tin này đến bộ điều khiển. Mục tiêu chính của bộ điều khiển là nhằm duy trì vị trí của rotor tại giá trị mong muốn của nó. Điều này không chỉ làm thỏa mãn sự cân bằng giữa lực hấp dẫn f_m được tạo ra bởi mg (tích của trọng lượng rotor với gia tốc trọng trường) tại điểm làm việc tĩnh mà còn nhằm đạt được sự ổn định hóa, chính là chất lượng quan trọng nhất của quá trình điều khiển. Khi rotor chuyển dịch vượt quá giá trị x_0 , cảm biến vị trí sẽ cung cấp một tín