

# MÔ PHỎNG THANH ỔN ĐỊNH NGANG SỬ DỤNG DẦU TỪ TRƯỜNG MR

## SIMULATE THE ANTI-ROLL BAR USING MAGNETORHEOLOGICAL FLUID

Nguyễn Văn Hạnh<sup>1</sup>, Lê Hào Thức<sup>2</sup>,  
Bùi Văn Bằng<sup>3</sup>, Nguyễn Anh Ngọc<sup>4,\*</sup>

### TÓM TẮT

Bảo bảo để cập tới vấn đề thiết kế thanh ổn định ngang sử dụng dầu từ trường MR và mô phỏng cụm dầu từ trường MR với việc ứng dụng nguyên lý hoạt động cũng như các tính chất của thiết bị phanh dầu từ trường MR. Thanh ổn định ngang sử dụng dầu từ trường MR mới được thiết kế bằng việc thay thế hai cụm ổ đỡ cao su thành hai cụm dầu từ trường để tăng mô men chống lật trong các trường hợp xe quay vòng hay trường hợp khẩn cấp. Do đó, nhóm tác giả đã phân tích để lựa chọn kích thước và vật liệu chế tạo cho cụm dầu từ trường một cách tối ưu nhất phù hợp cho việc gia công và lắp đặt. Kết quả mô phỏng cho thấy với kích thước giới hạn, mô men được bổ sung thêm cho thanh ổn định bước đầu cũng đã giúp giảm góc nghiêng thân xe và đảm bảo được tính chuyển động của xe.

**Từ khóa:** Thanh ổn định ngang, dầu từ trường.

### ABSTRACT

This paper deals with the issue of horizontal stability bar design using MR magnetic field oil and simulating the MR magnetic field oil cluster with the application of the operating principle as well as the properties of the MR magnetic field oil brake device. magnetic field oil cluster to increase anti-tipping torque in cases of car rotation or emergency. Therefore, the authors analyzed to select the size and material for the magnetic field oil cluster in the most optimal way suitable for machining and installation. The simulation results showed that with the limited size, the extra torque for the initial stability bar also helped reduce the angle of tilting the body and ensured the movement of the car.

**Keywords:** Anti-roll Bar, Magnetorheological Fluid.

<sup>1</sup>Lớp ĐH Kỹ thuật Ô tô 01 - K12, Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

<sup>2</sup>Lớp ĐH Kỹ thuật Ô tô 03 - K13, Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

<sup>3</sup>Lớp ĐH Kỹ thuật Ô tô 04 - K12, Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

<sup>4</sup>Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: ngocnguyencnoto@hau.edu.vn

## 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

### 1.1. Thanh ổn định ngang

Khi ô tô chuyển động trên đường không bằng phẳng hay khi xe đi vào những đoạn đường cua, xe thường phải chịu tải trọng dao động từ phía mặt đường sinh ra. Những dao động này ảnh hưởng xấu đến tuổi thọ của xe và gây

cảm giác không thoải mái cho người ngồi trên xe. Các kết quả nghiên cứu cho thấy nếu con người phải chịu đựng lâu trong môi trường dao động thì sẽ mắc những căn bệnh về thần kinh và não.

Thanh ổn định ngang là một bộ phận trong hệ thống treo. Thanh ổn định ngang có khả năng vận xoắn, giúp kết nối hai bánh xe và phục trên cùng một trục. Nếu một bên bánh xe bị nén khi vào cua trong đó bánh còn lại giãn ra khỏi thân xe, thanh ổn định sẽ giúp phân bố lực tác động và giảm độ nghiêng của thân xe theo phương ngang.

Có hai loại thanh ổn định ngang đang được sử dụng trên các dòng xe là:

- Thanh ổn định ngang bị động.
- Thanh ổn định ngang chủ động.



Hình 1. Thanh ổn định ngang bị động



Hình 2. Thanh ổn định ngang chủ động

## 1.2. Dầu từ trường

Dầu từ trường là một loại vật liệu thông minh với sự thay đổi độ lớn ứng suất từ không đến cực đại chỉ trong một vòng vài phần nghìn giây 0 dưới tác động của từ trường bên ngoài. Bên cạnh đó, phanh dầu từ trường là một trong những thiết bị đang được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi nhất trong các lĩnh vực như xe hơi, rô bốt công nghiệp cũng như trang thiết bị y tế.

Dầu từ trường bao gồm: các hạt từ tính (chiếm một phần nhỏ khối lượng từ 20 - 45%) chất lỏng nền và các chất phụ gia. Tổng hợp các thành phần này tạo thành một hỗn hợp đồng nhất mà nó quyết định đến ứng suất chảy dẻo lớn nhất, phạm vi nhiệt độ hoạt động, độ từ thẩm... điều này giải thích cho việc có nhiều loại lưu chất MR khác nhau.

## 2. THIẾT KẾ THANH ỔN ĐỊNH NGANG SỬ DỤNG DẦU TỪ TRƯỜNG MR

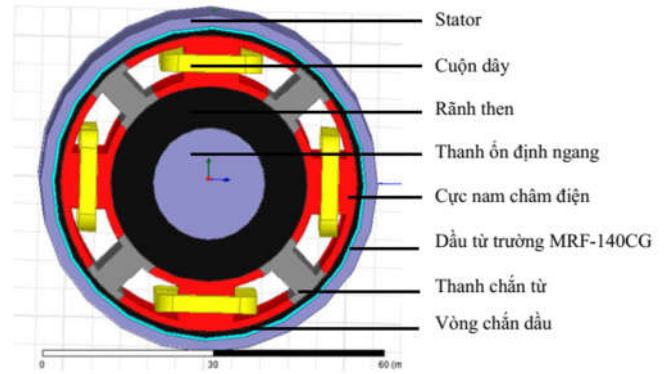


Hình 3. Thanh ổn định ngang sử dụng dầu từ trường MR

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả tập trung nghiên cứu cơ cấu phanh MR. Cơ cấu phanh MR với kích thước RxL là 30x60mm được thiết kế với bốn cực nam châm điện và một lớp dầu được đặt giữa cụm rô to và stator để tạo ra mô men lớn hơn. Trong thiết kế này, stator được đặt bên ngoài và cụm rô to được đặt bên trong gồm có cực từ, cuộn dây, đệm chắn từ, rãnh then. Mô hình 3D được thiết kế với kích thước lựa chọn để tiến hành mô phỏng từ và đánh giá kết quả.

Bảng 1. Thông số thiết kế cụm dầu từ trường MR

Thiết kế	Giá trị	Đơn vị
Dòng điện NI, i	100	A
Bán kính stator	30	mm
Độ dày stator	2	mm
Chiều dài của phanh	60	mm
Độ dày lớp dầu	0.5	mm
Độ dày của ring	1	mm
Độ dày vòng ngoài của cực	1.5	mm
Độ dày vòng trong của cực	1.5	mm
Chiều dày của cực từ	10	mm
Độ dày coil	4	mm
Chiều dài coil	65	mm
Độ dày rãnh then	7.5	mm



Hình 4. Mô hình 3D cơ cấu cụm phanh dầu MR

Để đạt được mô men hãm lớn nhất loại dầu từ trường MRF-140CG với ứng suất chảy dẻo lớn. Cơ cấu cụm MR này đề xuất theo dạng giống cơ cấu phanh tang trống do đó mô men sinh ra do lớp dầu từ trường được tính bằng công thức 0:

$$T_{MR} = R_{MR}^2 \int_{A_w} \tau dA_w \quad (1)$$

Trong đó:

$R_{MR}$  là bán kính trung bình của lớp dầu

Theo mô hình lý thuyết đàn hồi của Bingham, ứng suất trong lớp dầu từ trường từ trường  $\tau$  được tính theo công thức:

$$\tau = \tau_y \text{sign} \left( \frac{du}{dy} \right) + \eta \frac{du}{dy} \quad (2)$$

Trong đó:

$\tau_y$  là ứng suất chảy dẻo

$\frac{du}{dy}$  là tỉ số dòng chảy tương đối

$\eta$  là độ nhớt động học của dầu trong trường hợp chưa chịu tác dụng của từ trường bên ngoài.

Với khe chứa dầu có kích thước tương đối nhỏ (g) tổng ứng suất cắt sinh ra bên trong lớp dầu được tính theo công thức:

$$\tau = \tau_y + \eta \frac{R_{MR} \omega}{g} \quad (3)$$

Trong đó:

$\omega$  là vận tốc góc của rô to trong cơ cấu phanh

Với kết quả thực nghiệm của ứng suất chảy dầu MRF-140CG. Ta có thể tính ứng suất chảy của chất lỏng bằng phương pháp lắp đường cong vuông nhỏ nhất.

$$\tau_y = f(H_{MR}) = k_0 + k_1 H_{MR}^1 + k_2 H_{MR}^2 + k_3 H_{MR}^3 + k_4 H_{MR}^4 + k_5 H_{MR}^5$$

Trong đó:

$H_{MR}$ : Được tính toán dựa trên phần mềm Ansoft Maxwell

$k_i$ : Được tính toán với các hệ số sau

$$k = [1,9 \quad 0,61 \quad -0,002 \quad 2,69e-6 \quad -7,52e-9 \quad 1,76e-11]$$

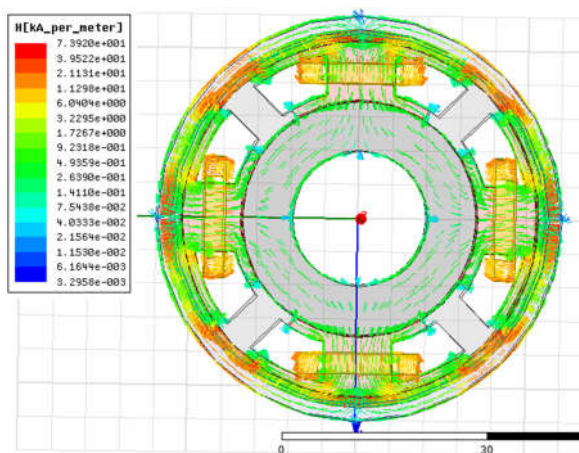
Như vậy mô men được xác định bằng công thức:

$$T_{MR} = R_{MR}^2 \int_{A_w} \tau_\gamma dA_w + \frac{2\pi\eta\omega z}{g} R_{MR}^3 \quad (4)$$

Với z là chiều dài của lớp dầu MRF,  $A_w$  là tiết diện làm việc của lớp dầu

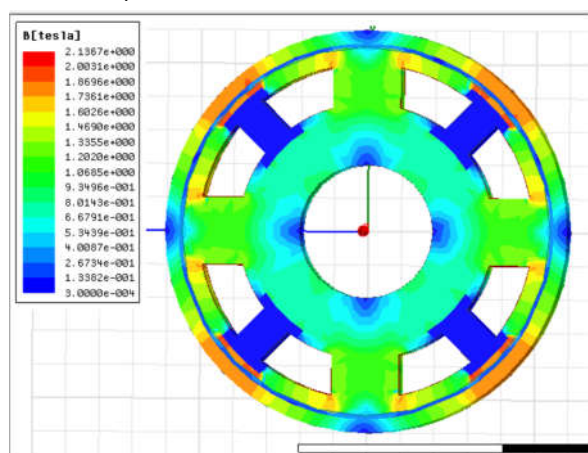
### 3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG TỪ TRƯỜNG

Mô hình mô phỏng được thiết lập và chạy mô phỏng từ trường để lấy kết quả phục vụ cho việc phân tích. Mật độ điện trường được cho trên hình 5. Lực điện trường cung cấp cho mô hình là 100 vòng-ampe và chiều của dòng điện được cấp không giống nhau ở hai cọc nam châm điện liền kề. Kết quả mật độ điện trường ở dạng vecto được cho trong hình ứng với các đường sức từ tạo thành các vòng kín và đi vuông góc với các lớp dầu. Màu đỏ ứng với mật độ điện trường cực đại với giá trị vào khoảng 73,9kA/m



Hình 5. Mật độ điện trường của cụm phanh dầu từ trường MR

Hình 6 thể hiện giá trị kết quả mô phỏng của cơ cấu cụm dầu MR dưới dạng độ lớn của mật độ điện trường B với giá trị cực đại là 2,13 tesla. Khu vực màu đỏ là khu mà độ lớn mật độ điện trường đạt cực đại cũng chính là khe hở giữa các má cực.

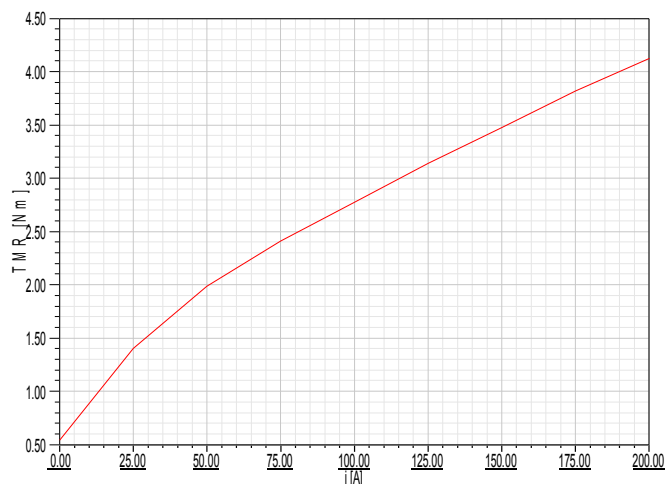


Hình 6. Cường độ từ trường của cụm dầu từ trường MR

### 4. PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

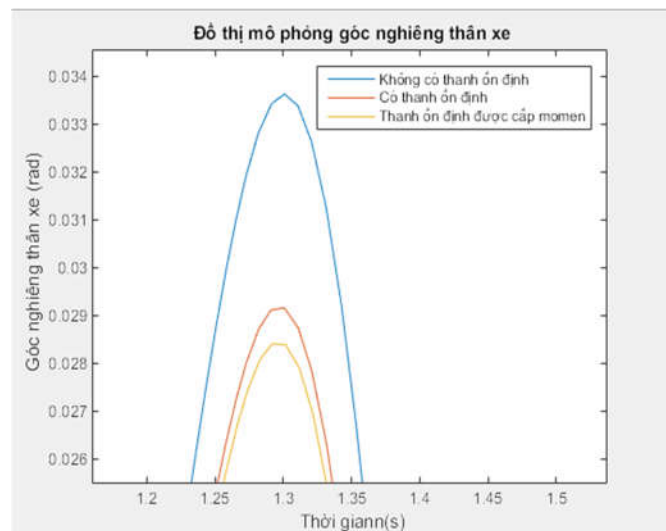
Với kích thước giới hạn thì mô men xoắn cực đại sinh ra của cơ cấu phanh mới này được thể hiện trong hình 7. Với

những giá trị khác nhau của lực điện từ, mô men sinh ra tại giá trị của lực điện từ lớn nhất là 200 ampere-vòng thì mô men sinh ra là 4,13Nm. Để đánh giá mô men sinh ra kết quả sẽ được đưa vào phần mềm Matlab Simulink để đánh giá góc nghiêng thân xe khi sử dụng thanh ổn định ngang sử dụng dầu từ trường với thanh ổn định ngang bị động đang được sử dụng.



Hình 7. Giá trị mô men tại các lực điện từ

Để đánh giá giá trị mô men sinh ra nhóm nghiên cứu đã thiết lập một vài thông số trên phần mềm Matlab Simulink để tiến hành mô phỏng. Giả sử xe đang đi trên đường bằng phẳng với vận tốc 60km/h thì gặp mấp mô bánh bên trái mấp mô cao 5cm, bánh bên phải cao 10cm. Mô men lựa chọn cho quá trình mô phỏng là 2,78 Nm tại lực điện từ là 100 ampere-vòng. Kết quả mô phỏng như hình 8.



Hình 8. Đồ thị mô phỏng góc nghiêng thân xe

Như vậy ta có thể thấy với các thông số đầu vào thì góc nghiêng thân xe  $\psi$  đã giảm được 2,72% so với thanh ổn định ngang thông thường. Tương đương góc nghiêng thân xe  $\psi$  giảm 0,04° so với góc nghiêng thân xe ban đầu  $\psi = 1,7^\circ$ . Ta có thể thấy thanh ổn định ngang mới này đã giúp giảm được góc nghiêng thân xe nhiều hơn thanh ổn định ngang bị động.

## 5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã đề ra một thiết kế thanh ổn định ngang mới với việc ứng dụng phanh từ trường sử dụng trên hệ thống phanh vào thanh ổn định ngang trên xe. Nghiên cứu đã chỉ ra kích thước cụm phanh dầu từ trường phù hợp để ứng dụng trên thanh. Để dễ dàng trong việc bảo dưỡng cụm phanh một thanh ổn định ngang mới với thiết kế lắp ráp lại bằng bu lông được đề xuất.

Với kết quả mô phỏng thì góc nghiêng thân xe giảm đi 2,72% so với thanh ổn định ngang bị động. Thì thanh ổn định ngang mới của nhóm được đánh giá là có tính ứng dụng để lắp đặt trên xe.

---

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Khắc Trai, Nguyễn Trọng Hoan, Hồ Hữu Hải, Phạm Huy Hoàng, Nguyễn Văn Chương, Trịnh Minh Hoàng, 2010. *Kết cấu Ô tô*. NXB Bách khoa Hà Nội.
- [2]. Park J H and Park O O, 2001. *Electrorheology and magnetorheology*, Korea-Australia Rheology Journal 131 pp. 13-17.
- [3]. Shiao Y and Nguyen Q-A, 2013. *Development of a multi-pole magnetorheological brake*. Smart Mater, Struct. 22.