

XÂY DỰNG MÔ HÌNH MÔ PHỎNG VÀ KHẢO SÁT THÔNG SỐ TRẠNG THÁI LÀM VIỆC CỦA HỆ THỐNG PHANH THỦY LỰC CÓ TRỢ LỰC CHÂN KHÔNG BẰNG PHẦN MỀM ANSYS WORKBENCH

BUILD A SIMULATION MODEL AND SURVEY THE WORKING STATUS PARAMETERS OF HYDRAULIC BRAKE SYSTEMS WITH VACUUM SUPPORT WITH ANSYS WORKBENCH SOFTWARE

Vũ Văn Thịnh¹, Nguyễn Đức Hùng¹,
Nguyễn Thị Tú Anh¹, Trịnh Hữu Tuyên¹, Thân Quốc Việt^{2*}

TÓM TẮT

Xây dựng mô hình mô phỏng và khảo sát các thông số trạng thái làm việc của hệ thống phanh thủy lực là vấn đề nghiên cứu không còn xa lạ đối với các hoạt động nghiên cứu, phát triển Ô tô nói riêng và ngành ô tô nói chung. Nghiên cứu xây dựng mô hình mô phỏng và khảo sát thông số trạng thái làm việc của hệ thống phanh thủy lực có trợ lực chân không bằng phần mềm ANSYS WORKBENCH trên xe tham khảo là Toyota Vios 2010, nhóm nghiên cứu đưa ra cái nhìn chung nhất về các thông số trạng thái làm việc của một hệ thống phanh thủy lực có trợ lực chân không bằng cách ứng dụng các phần mềm được chọn sử dụng, từ đó có thể làm nền móng cho những bước tiếp theo; kết quả mô phỏng đối chiếu với kết quả thực nghiệm, đưa ra các khuyến nghị về kỹ thuật và công nghệ cho lĩnh vực chế tạo phụ tùng và khai thác kỹ thuật hệ thống phanh dầu.

Từ khóa: Phanh thủy lực, chân không, chế tạo.

Building a model to simulate and survey the working status parameters of the hydraulic braking system is a research issue that is no stranger to automotive research and development activities in particular and the automotive industry in general. Research on building simulation models and surveying the working status parameters of hydraulic braking system with vacuum power by ANSYS WORKBENCH software on the reference vehicle is Toyota Vios 2010, the team gives the most general view of the working status parameters of a vacuum-assisted hydraulic braking system by applying the software selected for use, which in turn can serve as the foundation for the next steps; the simulation results are compared with the experimental results, making technical and technological recommendations for the field of parts manufacturing and technical exploitation of oil brake systems.

Keywords: Hydraulic brakes, vacuum, fabrication.

¹Lớp ĐH Kỹ thuật Ô tô 06 - K12, Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: vietqcno@hau.edu.vn

1. GIỚI THIỆU

Phần mềm ANSYS WORKBENCH là phần mềm đã được sử dụng khá nhiều trong lĩnh vực tính toán và mô phỏng

các thông số, trạng thái trong ngành Ô tô. Ansys chính là một công cụ đắc lực cho quá trình nghiên cứu giúp dự đoán được chính xác hiện tượng sẽ xảy ra với những giả thiết có trước và khảo sát những vấn đề tồn tại mà không cần phải xây dựng mô hình thực tế. Việc này giúp tiết kiệm được rất nhiều thời gian và chi phí. Chính vì vậy nghiên cứu lựa chọn ứng dụng ANSYS WORKBENCH là công cụ để thực hiện nghiên cứu các thông số trạng thái làm việc của hệ thống phanh thủy lực có trợ lực chân không với xe được chọn là TOYOTA VIOS 2010.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

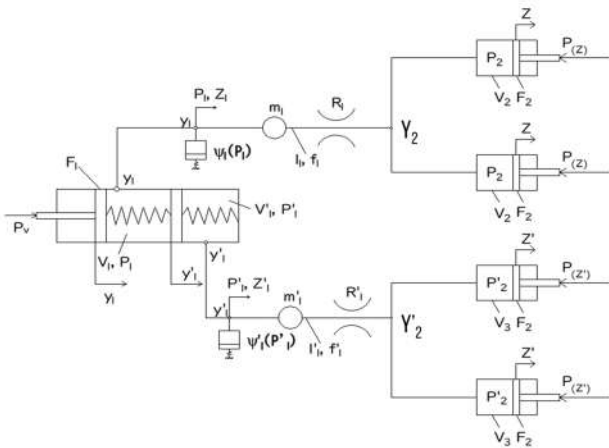
Nghiên cứu dựa trên cơ sở lý thuyết về hệ thống phanh thủy lực trên xe ô tô du lịch bao gồm cấu tạo, thông số kích thước các kết cấu, chi tiết, nguyên lý hoạt động và các thông số trạng thái trong quá trình hoạt động của hệ thống, từ đó xây dựng phương pháp nghiên cứu dựa trên thiết lập bài toán mô hình tính toán động lực học dẫn động thủy lực cụm tổng phanh trên xe được chọn là Toyota Vios 2010. Tính toán kết quả các thông số trạng thái làm việc của hệ thống dựa trên phần mềm Ansys Workbench và cuối cùng là kiểm nghiệm, so sánh kết quả tính toán với điều kiện, kết quả thông số trạng thái làm việc thực tế trên mô hình thí nghiệm hệ thống phanh thủy lực có trợ lực chân không tại phòng thí nghiệm.

Để bắt đầu bất cứ một bài toán nào cũng phải trải qua các bước nhập dữ liệu đầu vào, bắt đầu tính toán và kết xuất dữ liệu đầu ra. Dữ liệu đầu vào ở đây mà Ansys Workbench cụ thể là môi trường tính toán Ansys Fluent yêu cầu chính là các thông số như:

- Mô hình 3D được chọn để tính toán;
- Loại dòng chảy, các lực, áp suất tác động vào dòng chảy chất lỏng (dầu phanh);
- Thông số loại vật liệu của chất lỏng là dầu phanh;
- Phương pháp được chọn để tính toán trong phần mềm.

Tất cả các điều kiện đầu vào đã được thực hiện tính toán và giải thích chi tiết, bước khó khăn nhất chính là tạo mô hình 3D với độ chính xác về các thông số kích thước, vì độ sai số trong khâu thiết lập mô hình 3D sẽ ảnh hưởng rất lớn đến độ chính xác của kết quả bài toán đưa ra.

Xây dựng phương pháp nghiên cứu dựa trên thiết lập bài toán mô hình tính toán động lực học dẫn động thủy lực cụm tổng phanh.



Hình 1. Mô hình một phần tử đàn hồi tính toán ĐLHĐĐ hệ thống phanh thủy lực trên xe Toyota Vios 2010

Mô hình một phần tử đàn hồi tính toán động lực học dẫn động thủy lực hệ thống phanh thủy lực trên xe ô tô được xây dựng dựa trên cấu tạo của hệ thống phanh dẫn động thủy lực như trên sơ đồ mô hình, với điểm xuất phát của dòng chảy dầu là từ xylanh phanh chính cho đến các xylanh phanh tại bánh xe.

Trên sơ đồ, xét đoạn mạch $Y_1 - Y_2$:

+ Phương trình vi phân mô tả chuyển động dòng chất lỏng:

$$a_{11} \frac{d^2 z_1}{dt^2} + a_{12} \frac{dz_1}{dt} + a_{13} \left(\frac{dz_1}{dt} \right)^2 \cdot \text{sgn} \frac{dz_1}{dt} + p_2 - p_1 = 0 \quad (1)$$

Trong đó:

$$a_{11} = \frac{2\rho l_1 F_2}{f_1}; a_{12} = \frac{55\rho l_1 F_2}{f_1^2};$$

$$a_{13} = \left(0,433 \frac{k_\epsilon \rho l_1}{\sqrt{f_1}} + 0,5\rho \zeta_1 \right) \left(\frac{2F_2}{f_1} \right)^2$$

Với: ζ_1 : Hệ số cản cục bộ;

k_ϵ : Hệ số ma sát đường ống dẫn;

Khối lượng riêng của chất lỏng công tác, $[\text{kg}/\text{m}^3]$

u : Độ nhớt động học của chất lỏng công tác, $[\text{m}^2/\text{s}^2]$

+ Phương trình cân bằng lưu lượng:

$$Q_1 = Q_2 + Q_{1d}$$

Hay còn được viết:

$$F_1 \cdot \frac{dy_1}{dt} = F_2 \cdot \frac{dz}{dt} + V_1 \cdot \psi_{(p_1)} \cdot \frac{dp_1}{dt} \quad (2)$$

+ Phương trình chuyển động của piston xylanh chấp hành:

$$m_{td} \frac{d^2 z}{dt^2} + k_b \frac{dz}{dt} + P_z + P_{ms} \text{sgn} \frac{dz}{dt} - p_2 F_2 = 0$$

Với:

m_{td} : khối lượng của các phần tử chuyển động quy về piston xylanh phanh bánh xe

k_b : Hệ số ma sát nhớt

P_{ms} : Lực ma sát khô

Bỏ qua quán tính của các chi tiết động và lực ma sát, khi đó biểu thức có dạng:

$$P_z = p_2 F_2 \quad (3)$$

Tương tự với dòng dẫn động ra các cơ cấu phanh bánh xe sau, đoạn $Y'_1 - Y'_2$:

+ Phương trình vi phân mô tả chuyển động dòng chất lỏng:

$$a'_{11} \frac{d^2 z'_1}{dt^2} + a'_{12} \frac{dz'_1}{dt} + a'_{13} \left(\frac{dz'_1}{dt} \right)^2 \cdot \text{sgn} \frac{dz'_1}{dt} + p'_2 - p'_1 = 0 \quad (4)$$

Trong đó:

$$a'_{11} = \frac{2\rho l'_1 F'_2}{f'_1}; a'_{12} = \frac{55\rho l'_1 F'_2}{(f'_1)^2};$$

$$a'_{13} = \left(0,433 \frac{k_\epsilon \rho l'_1}{\sqrt{f'_1}} + 0,5\rho \zeta'_1 \right) \left(\frac{2F'_2}{f'_1} \right)^2$$

+ Phương trình cân bằng lưu lượng:

$$Q'_1 = Q'_2 + Q'_{1d}$$

Hay còn được viết:

$$F'_1 \cdot \frac{dy'_1}{dt} = F'_2 \cdot \frac{dz'}{dt} + V'_1 \cdot \psi_{(p'_1)} \cdot \frac{dp'_1}{dt} \quad (5)$$

+ Phương trình chuyển động của piston xylanh chấp hành:

$$m'_{td} \frac{d^2 z'}{dt^2} + k'_b \frac{dz'}{dt} + P'_z + P'_{ms} \text{sgn} \frac{dz'}{dt} - p'_2 F'_2 = 0$$

Bỏ qua quán tính của các chi tiết động và lực ma sát, khi đó biểu thức có dạng:

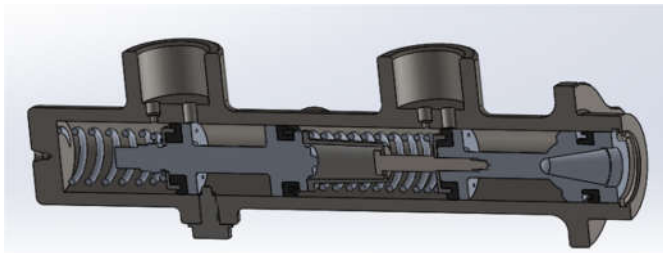
$$P'_z = p'_2 F'_2 \quad (6)$$

Vậy hệ phương trình vi phân mô tả ĐLHĐĐ hệ thống phanh thủy lực trên xe Toyota Vios 2010 bao gồm các phương trình (1),(2),(3),(4),(5),(6).

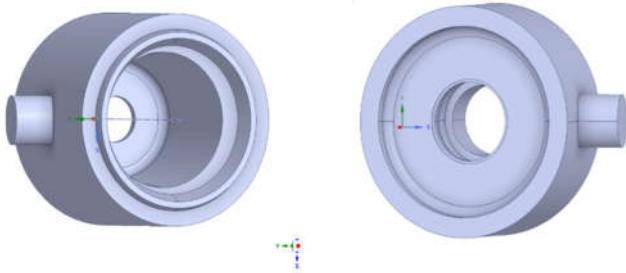
Giải các phương trình vi phân này để có thể xác định các thông số sự thay đổi áp suất, vận tốc chất lỏng trong dẫn động.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU - MÔ PHỎNG - TÍNH TOÁN

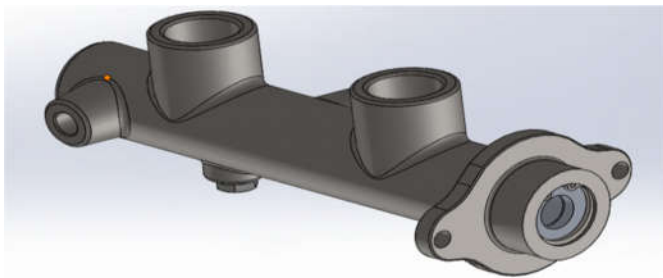
Công việc mô phỏng 3D cụm xylanh phanh chính thủy lực trên xe Toyota Vios 2010 được thực hiện bằng trên phần mềm SolidWork, và dưới đây là một số mô hình 3D được nêu ra vì được sử dụng trực tiếp trong quá trình tính toán:



(a) Mô phỏng 3D cụm tổng phanh và xylanh phanh chính



b) Phần dầu trong thân xylanh đến phanh sau



c) phanh trước

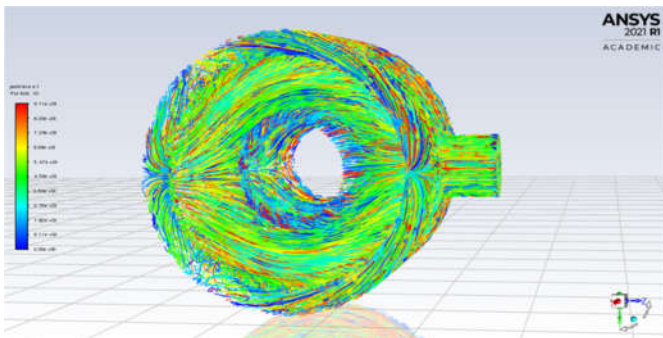
Hình 2. Hình ảnh 3D của một số bộ phận

Hình 1a là kết quả mô phỏng 3D xylanh phanh chính và phần dầu chiếm thể tích trong thân xylanh phanh chính bao gồm phần thể tích dầu đến phanh phía trước và phần dầu đến phanh phía sau được mô phỏng ở trạng thái đạp phanh vừa đạt mức tối đa.

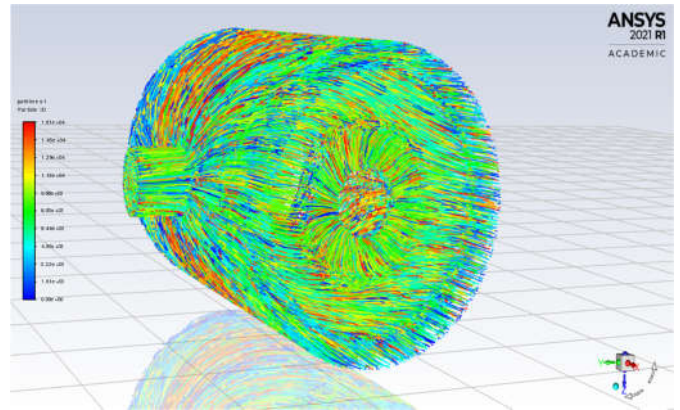
Sau khi đã thiết lập các điều kiện đầu vào cho bài toán thủy lực trong môi trường Ansys Fluent yêu cầu thì ta thu được các kết quả như sau:

• **Dòng dịch chuyển của các phần tử chất lỏng:**

Hình 2, 3 thể hiện dòng dịch chuyển của các phần tử chất lỏng.



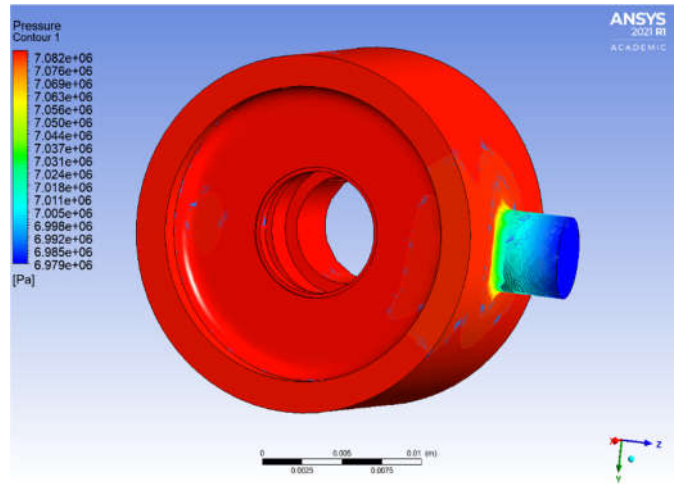
Hình 3. Dòng dịch chuyển các phần tử dầu trong thân xylanh đến phanh phía trước



Hình 4. Dòng dịch chuyển các phần tử dầu trong thân xylanh đến phanh phía sau

Hình 2, 3 cho ta thấy sự dịch chuyển dòng của các phần tử dầu phanh trong xylanh phanh chính của quá trình đạp phanh, các dòng dầu dịch chuyển được miêu tả dưới dạng dải màu như trên biểu đồ đặc trưng cho mật độ các phần tử dầu dịch chuyển, từ hai biểu đồ trên có thể giúp ta có cái nhìn trực quan nhất về dầu đã dịch chuyển như thế nào trong quá trình tác dụng lực vào bàn đạp phanh.

• **Diễn biến áp suất:**



Hình 5. Trường áp suất phân bố tại các vị trí trong dòng chất lỏng đến phanh trước

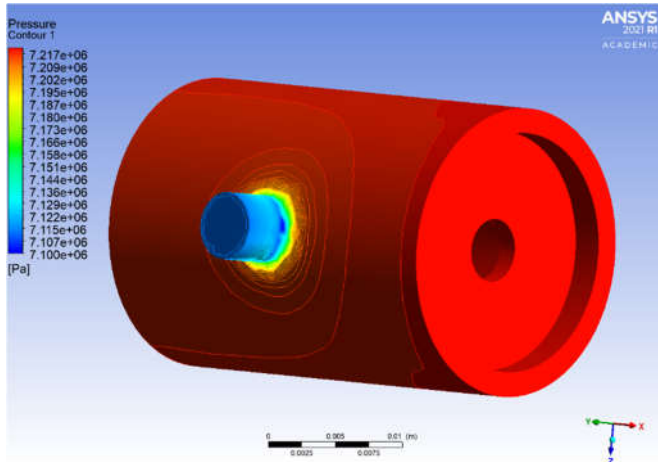
Từ biểu đồ cho thấy áp suất phần dầu trong xylanh phanh chính đến xylanh phanh bánh trước được phân bố dải từ Max = 7,082e+06 Pa đến Min = 6,979e+06 Pa, diễn biến áp suất trong lòng chất lỏng được biểu thị bởi dải màu tương ứng với mỗi giá trị áp suất như trên hình cho thấy trên thực tế vẫn có hao hụt giảm áp suất nhất định do tính chất dòng chảy khi áp suất dầu đến xylanh phanh ở bánh xe, cụ thể ở cửa ra thì độ hao hụt bằng:

$$\Delta P_{\text{trước}} = \frac{P_{\text{tr.max}} - P_{\text{tr.min}}}{P_{\text{tr.max}}} \times 100$$

$$= \frac{(7,082e+06) - (6,979e+06)}{7,082e+06} \times 100 \approx 1,45\%$$

Vậy có thể thấy thực tế vẫn có độ hao hụt áp suất và cụ thể trong bài toán là $\Delta P_{\text{trước}} \approx 1,45\%$. Tuy nhiên, độ chính

xác của ΔP này còn phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như: điều kiện làm việc, các sai số mô hình khi thiết lập mô phỏng mô phỏng 3D cụm tổng phanh, các thông số đầu vào trong quá trình thiết lập trên phần mềm tính toán.



Hình 6. Trường áp suất phân bố tại các vị trí trong dòng chất lỏng đến phanh sau

Tương tự ta cũng có dải áp suất phân bố của phần dầu trong xylanh phanh chính đến xylanh phanh bánh sau từ $\text{Max} = 7,217\text{e}+06$ Pa cho đến $\text{Min} = 7,100\text{e}+06$ Pa và độ hao hụt áp suất dầu từ xylanh phanh chính đến xylanh phanh bánh sau bằng:

$$\begin{aligned}\Delta P_{\text{sau}} &= \frac{P_{s,\text{max}} - P_{s,\text{min}}}{P_{s,\text{max}}} \times 100 \\ &= \frac{(7,217\text{e}+06) - (7,100\text{e}+06)}{7,217\text{e}+06} \times 100 \approx 1,62\%\end{aligned}$$

Vậy có thể thấy thực tế vẫn có độ hao hụt áp suất và cụ thể trong bài toán là $\Delta P_{\text{sau}} \approx 1,62\%$.

4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày kết quả mô phỏng cũng như tính toán thông số trạng thái làm việc của hệ thống phanh thủy lực có trợ lực chân không trên phần mềm Ansys Workbench, từ các kết quả tính toán về độ hao hụt áp suất sẽ đề xuất các giải pháp tối ưu hơn về bố trí các cơ cấu trong hệ thống, vật liệu,... để làm giảm độ hao hụt giúp hệ thống phanh có thể đạt hiệu suất làm việc tốt nhất.

Ansys Workbench là phần mềm mô phỏng phân tích thực tế, vì vậy để phát huy được hết tính năng của phần mềm và áp dụng được nhiều vào thực tiễn, thì cần phải có những trải nghiệm ngoài thực tế, để từ đó có thể kết nối giữa thực tế và phần mềm và kết quả đưa ra mới có độ tin cậy cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Anh Ngọc, Lê Văn Anh, Lê Hồng Quân. *Tối ưu hóa thiết bị phanh dầu từ trường đa cực từ sử dụng nhiều lớp dầu*. Tạp chí khoa học và công nghệ - Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.
- [2]. Nguyễn Anh Ngọc, Lê Hồng Quân, Nguyễn Tiến Hán. *Mô phỏng và phân tích kết cấu của cơ cấu phanh dầu từ trường*. Khoa Công nghệ Ô tô, trường Đại học Công nghiệp Hà Nội. Tạp chí Cơ khí Việt Nam.
- [3]. Trần Xuân Mỹ, 2017. Đồ án tốt nghiệp *Nghiên cứu hệ thống phanh trên xe Toyota Vios 1.5 G- 2019*. Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.
- [4]. Nguyễn Sĩ Đình, 2010. Luận án tiến sĩ *Nghiên cứu động lực học dẫn động phanh thủy lực để lắp hệ thống chống hãm cứng bánh xe lên ô tô quân sự*. Học viện Kỹ thuật Quân sự. Thư viện Quốc gia Việt Nam.