

NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG ĐỘ RUNG VÀ TIẾNG ÒN CỦA BỘ VI SAI TRÊN PHẦN MỀM COMSOL MULTIPHYSICS

A STUDY ON VIBRATION AND NOISE OF DIFFERENTIAL BY USING COMSOL MULTIPHYSICS SIMULATION

Nguyễn Phú Thượng Lưu

Trường Đại học Công nghệ TP.HCM, Việt Nam

Ngày toà soạn nhận bài 8/3/2021, ngày phản biện đánh giá 29/3/2021, ngày chấp nhận đăng 02/4/2021.

TÓM TẮT

Trong những thập niên gần đây, sự phát triển mạnh mẽ của nền kinh tế, nhu cầu vận chuyển hàng hóa và nhu cầu đi lại ngày càng cao. Mạng lưới giao thông phát triển nhanh, phương tiện đi lại bằng ô tô ngày càng chiếm vị trí quan trọng và không thể thiếu đối với xã hội. Đồng thời những tiếng ồn xung quanh bắt đầu càng lúc càng nhiều gây ra những ảnh hưởng nghiêm trọng đến cuộc sống con người. Đặc biệt là khi lái xe phát ra những tiếng ồn rất khó chịu cho người lái. Vi sai là bộ phận cuối cùng nhận được mô-men xoắn từ động cơ qua hộp số truyền tới các-đăng. Bộ vi sai thường được lắp đặt cùng với truyền lực cuối, hay còn gọi là cầu xe. Chúng ta có thể tìm thấy bộ vi sai ở tất cả các xe hơi và xe tải hiện đại, và đặc biệt ở các xe bốn bánh chủ động hoàn toàn. Bộ vi sai cũng là nơi sinh ra tiếng ồn ở trên xe, qua phần mềm Comsol multiphysics ta có thể mô phỏng lại được độ rung và tiếng ồn sinh ra ở bộ vi sai. Trong bài báo này bộ vi sai được mô phỏng với nhiều dãy tốc độ làm việc khác nhau để so sánh độ ồn và rung động. Kết quả cho thấy tốc độ quay càng lớn thì biên độ của gia tốc càng lớn và ngược lại.

Từ khóa: Bộ vi sai; độ rung động; tiếng ồn; comsol multiphysics; mô phỏng.

ABSTRACT

In recent decades, the economy is strongly developed, the demand for freight and travel is increasing. The transportation network is developing rapidly, the means of travel by car is increasingly occupying an important and indispensable position for the society. At the same time, the surrounding noise started to cause more and more serious effects on human life. Especially, when driving makes annoying noise to the driver. The differential is the last unit to receive torque from the engine through the transmission to the gearbox. The differential is usually installed together with the final transmission, also known as the bridge. Differentials can be found in all modern cars and trucks, and especially in fully active four-wheelers. The differential is also the source of the noise in the vehicle, through Comsol Multiphysics software we can simulate the vibration and noise generated in the differential. In this paper, the differential is simulated with many different working speed ranges for comparison of noise and vibration. The results show that the larger the rotation speed, the greater the amplitude of the acceleration and vice versa.

Keywords: Differential; vibration; noise; COMSOL MULTIPHYSICS; simulation.

1. GIỚI THIỆU

Ngày nay nhờ sự phát triển của các phần mềm mô phỏng giúp việc thực nghiệm trở nên chính xác và rút ngắn được thời gian cũng như chi phí cho việc thử nghiệm. Đặc biệt trong lĩnh vực ô tô để đưa một chiếc xe bán ra thị trường phải đảm bảo nhiều yếu tố

trong đó độ an toàn cho người sử dụng được đặt lên hàng đầu. Nhiều tác giả đã dùng phương pháp mô phỏng để tính toán kết cấu ô tô cũng như cải thiện độ hấp thụ va chạm để nâng cao độ an toàn cho hành khách bên trong được thể hiện trong các công trình đã công bố [1-5]. Bên cạnh việc đảm bảo an toàn thì độ êm dịu và cảm giác thoải mái khi

lái xe cũng được nhiều hãng xe quan tâm. Trong bài báo này sẽ đề cập đến việc mô phỏng độ ồn và rung động của bộ vi sai ở nhiều dãy tốc độ khác nhau bằng phần mềm Comsol multiphysics. Đây cũng là phần mềm được nhiều tác giả sử dụng để mô phỏng như tác giả Dũng đã mô phỏng và thử nghiệm cảm biến góc nghiêng hai chiều cấu trúc 2 pha lỏng – khí [6]. Trong một nghiên cứu khác do tác giả Tươi cùng đồng nghiệp đã mô phỏng lò phản ứng quang phổ phát xạ plasma với khí argon [7].

2. PHẦN MỀM COMSOL MULTIPHYSICS

2.1 Lịch sử phát triển

Comsol là một phần mềm phân tích phần tử hữu hạn, giải mã và mô hình hóa đa nền tảng được phát triển từ tháng 6 năm 1986 bởi Svante Littmarck và Farhad Saeidi tại Viện công nghệ Hoàng gia (Royal Institute of Technology – KTH) Stockholm, Thụy Điển.

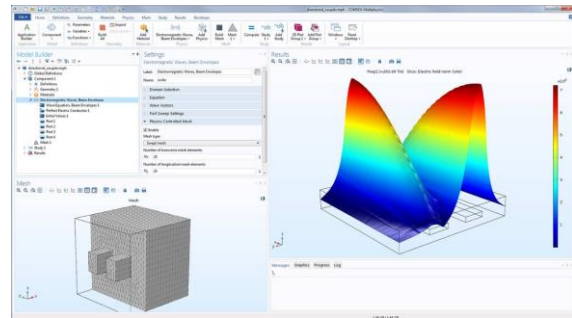
Comsol Multiphysics là một công cụ mô phỏng trực quan vượt trội bởi tính ứng dụng mạnh mẽ cho nhiều lĩnh vực khoa học cơ bản và kỹ thuật công nghệ như âm học, sinh học, hóa học, điện tử, cơ học lượng tử, cơ học kết cấu, địa vật lý,... Nó là phần mềm mô phỏng đa năng để mô hình hóa các thiết kế, thiết bị và quy trình trong tất cả các lĩnh vực kỹ thuật, sản xuất và nghiên cứu khoa học. Nó cho phép các giao diện người dùng dựa trên vật lý thông thường và các hệ thống kết hợp của phương trình vi phân từng phần (PDEs). Comsol cung cấp một IDE và quy trình làm việc thống nhất cho các ứng dụng điện, cơ khí, chất lỏng, âm học và hóa học.

2.2 Phân loại

Một số Module có sẵn cho Comsol, được phân loại theo các lĩnh vực ứng dụng, cụ thể là Điện, Cơ khí, Chất lỏng, Hóa chất, Đa năng và Giao diện. Cũng lưu ý rằng những Add-On này có hai loại: một Comsol và một Comsol Server. Các phần mô phỏng có liên quan đến bài báo này được liệt kê bên dưới [8].

2.2.1 Wave optics module

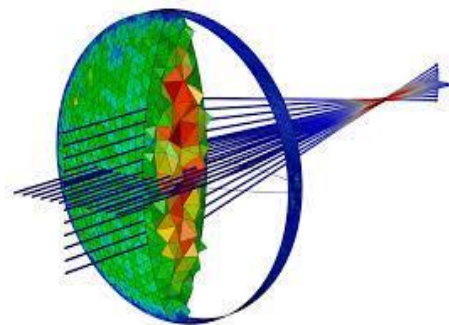
Giao diện Quang học sóng được sử dụng để tính toán điện trường và từ trường cho các hệ thống có bước sóng tương đương hoặc nhỏ hơn nhiều so với thiết bị hoặc hệ thống được nghiên cứu.



Hình 1. Wave Optics Module [8]

2.2.2 Ray Optics Module

Nhánh Quang học Tia của Trình hướng dẫn Mô hình chứa giao diện Quang học Hình học, được sử dụng để lập mô hình truyền sóng điện từ khi bước sóng nhỏ hơn nhiều so với thực thể hình học nhỏ nhất trong mô hình.

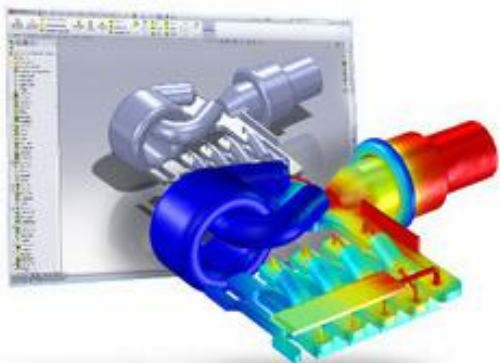


Hình 2. Ray Optics Module [8]

2.2.3 Chất lỏng và nhiệt

Để mô phỏng các thiết bị và hệ thống liên quan đến các mô hình dòng chảy tĩnh vi. Cung cấp các giao diện vật lý sẵn sàng được cấu hình để nhận các đầu vào mô hình thông qua giao diện người dùng đồ họa (GUI), và sử dụng các đầu vào này để xây dựng các phương trình mô hình. Các giao diện vật lý cụ thể mà Mô-đun CFD được trang bị cho phép bạn mô hình hầu hết các khía cạnh của dòng chất lỏng, bao gồm các mô tả của các luồng phương tiện nén, không nhiệt, phi Newton, hai pha và xốp – tất cả trong các chế độ dòng chảy và hỗn loạn. Mô-đun CFD có

thể được sử dụng như một công cụ chuẩn để mô phỏng động lực học chất lỏng (CFD), hoặc phối hợp với các mô-đun khác trong bộ sản phẩm COMSOL để mô phỏng đa luồng nơi lưu lượng chất lỏng.

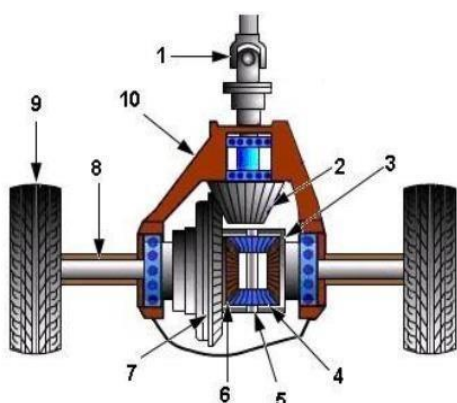


Hình 3. CFD Module [8]

3. MÔ PHỎNG ĐỘNG RUNG VÀ TIẾNG ÒN CỦA BỘ VI SAI

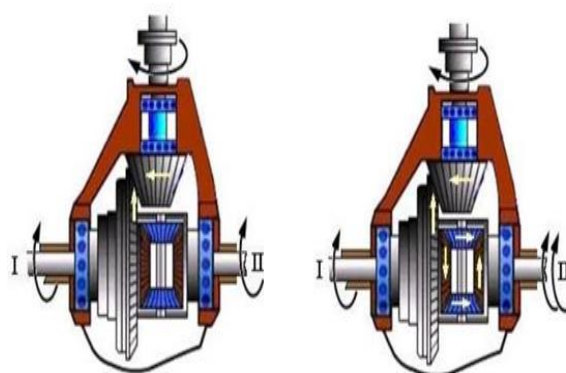
3.1 Lý thuyết về bộ vi sai

Khi ô tô chuyển động thẳng trên đường bằng. Lực cản lên hai bánh xe chủ động hầu như bằng nhau, lực cản lên hai bán trục bằng nhau, bánh răng vi sai không quay quanh trục của nó mà quay cùng với vỏ vi sai và bánh răng vành chậu hình 3. Lúc này tất cả các chi tiết của bộ vi sai cùng quay với nhau như một khối thống nhất. Kết quả là hai bánh xe chủ động quay cùng chiều và cùng tốc độ như hình 5.



- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| 1. Khớp các đăng | 2. Bánh răng quả dứa |
| 3. Vỏ vi sai | 4. Bánh răng vi sai |
| 5. Trục bánh răng vi sai | 6. Bánh răng bán trục |
| 7. Bánh răng vành chậu | 8. Bán trục |
| 9. Bánh xe | 10. Vỏ cầu |

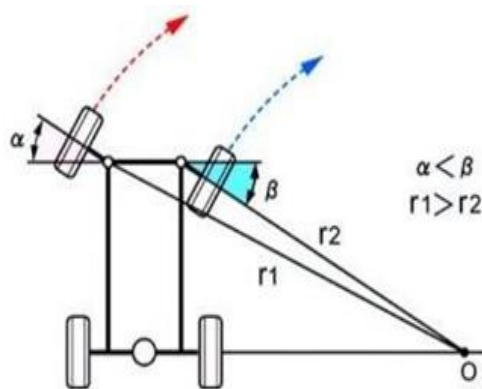
Hình 4. Kết cấu của bộ vi sai



Lực cản trục I bằng trục II
 (a) Khi chạy thẳng
 Lực cản trục I lớn hơn trục II
 (b) Khi quay vòng

Hình 5. Hoạt động của bộ vi sai

Khi ô tô qua khúc quanh do bánh xe trong quay bán kính nhỏ hơn bánh xe bên ngoài, vì vậy lực cản lên bánh xe bên trong lớn hơn bánh xe bên ngoài. Như vậy bánh xe bên ngoài phải quay nhanh hơn bánh xe bên trong. Nhờ vào cơ cấu bánh răng vi sai mà lúc này các bánh răng vi sai quay quanh trục của nó và quay cùng với vỏ vi sai và làm quay các bánh răng bán trục. Như vậy bán trục bên trong sẽ quay chậm lại còn bán trục bên ngoài sẽ quay nhanh hơn. Như thể hiện trên hình 6.



Hình 6. Ô tô khi quay vòng

3.2 Cài đặt các thông số mô phỏng

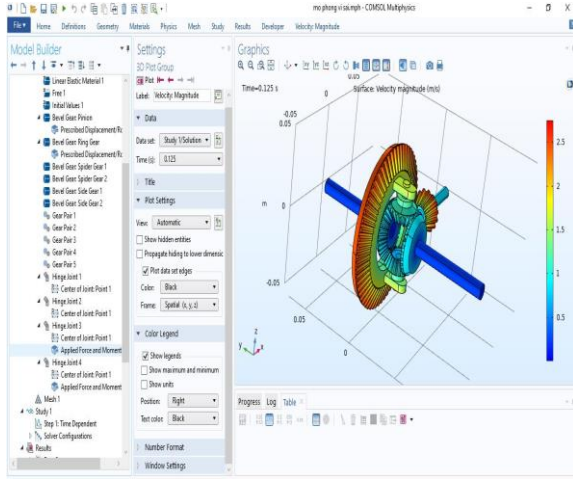
Khi vi sai nhận được truyền lực từ các đăng sẽ sinh ra một ứng suất tác động lên vỏ vi sai làm cho vỏ vi sai rung giật. Được mô tả trong hình 7.

- Bánh răng quả dứa quay sinh ra gia tốc.

- Mô phỏng vi sai có thể mô phỏng vi sai ở 2 chế độ khi xe đi thẳng và khi xe quay vòng.

- Khi xe đi thẳng 2 bánh răng bán trục vẫn có sinh ra ứng suất ở cả 2 bánh răng bán trục nhưng rất nhỏ.

- Khi xe quay vòng bên trái thì bánh răng bên ngoài quay nhanh hơn bánh răng bên trong, nó sinh ra ứng suất lớn hơn bánh răng bên trong.



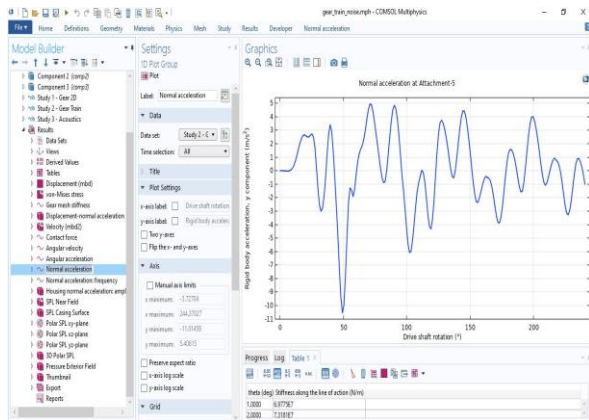
Hình 7. Phân tích độ rung của vi sai

3.3 Phân tích kết quả mô phỏng

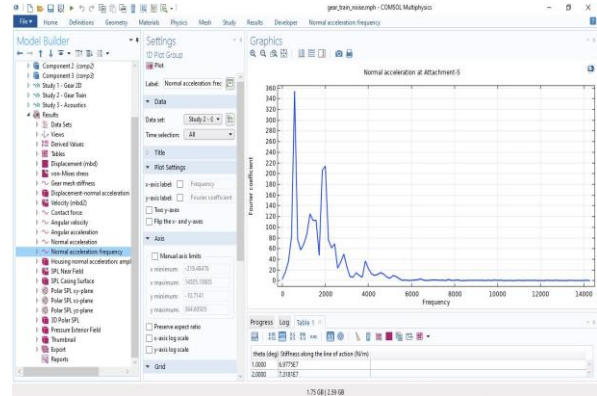
Từ đồ thị gia tốc theo góc quay của trục dẫn động bộ vi sai (bánh răng quả dứa) ta thấy đồ thị dao động không đồng đều và có biên độ lớn nhất ở vị trí 50° được thể hiện trên Hình 8.

Từ đồ thị gia tốc theo dải tần số ta có thể thấy được mức độ rung lớn nhất ở dải tần số từ (0 - 1) KHz. Hình 9.

Mức độ rung nhỏ dao động ở dải tần số (6 - 14) KHz.



Hình 8. Đồ thị biểu thị gia tốc theo góc quay của trục

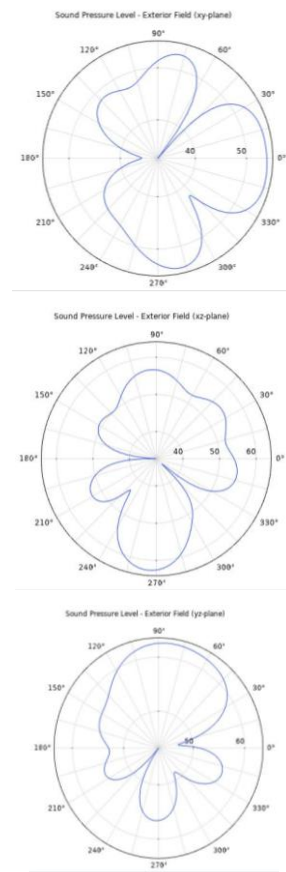


Hình 9. Đồ thị biểu thị gia tốc theo dải tần số

+ Phân tích tiếng ồn của vi sai trên hình 10:

- Sau khi mô phỏng áp suất âm thanh vi sai sẽ cho được đồ thị áp suất âm thanh, ở từng góc độ khác nhau thì mức áp suất âm thanh cũng thay đổi.

- Đây là đồ thị biểu thị áp suất âm thanh ở các phương trong không gian.



Hình 10. Đồ thị biểu thị áp suất âm thanh theo phương XY, XZ, YZ

- Dựa vào kết quả cho thấy mức áp suất âm thanh theo 3 phương mức áp suất âm

thanh lớn nhất ở phương XY và mức độ âm thanh theo các phương không đều.

- Cũng giống như hộp số, từ những đồ thị mức áp suất theo các phương, đặt Microphone ở những vị khác nhau xung quanh vi sai và có thể nghe được tiếng ồn của vi sai khi đang vận hành.

So sánh đồ thị ở các dải tốc độ. Như trên hình 11-20.

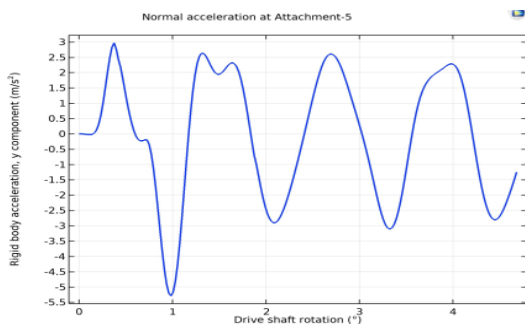
- Mật độ dao động của đồ thị ở 700v/p, 1000v/p, 2000v/p và 3000v/p tương đối giống nhau.

- Mật độ dao động lên xuống của đồ thị ở 1000v/p tương đối thưa hơn ở 5000v/p và biên độ dao động của tốc độ quay 1000v/p nhỏ hơn so với tốc độ quay 5000v/p.

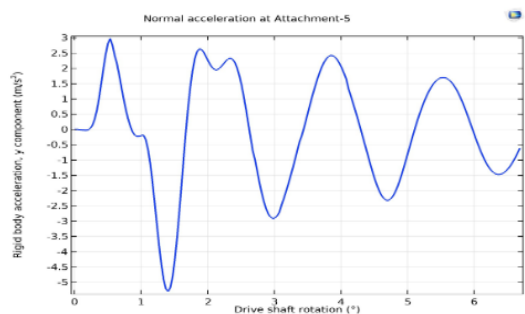
- Đồ thị dao động của 700v/p, 2000v/p và 3000v/p tương đối thưa hơn so với 5000v/p.

- Cả 5 đồ thị dao động đều tăng lên theo từng tốc độ quay động cơ.

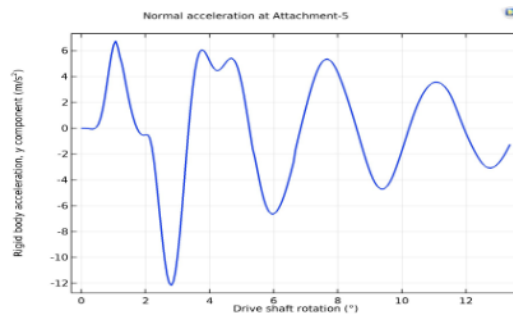
- Như thế ta thấy tốc độ quay càng lớn thì biên độ dao động của gia tốc càng lớn và ngược lại. Từ đó suy ra gia tốc sẽ phụ thuộc vào tốc độ quay.



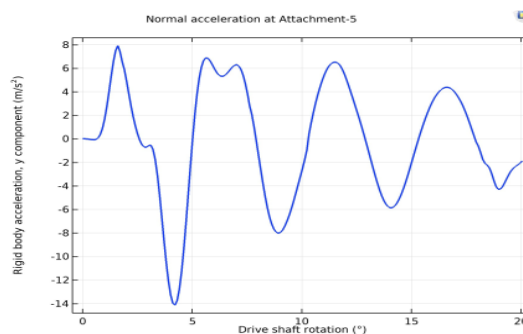
Hình 11. Đồ thị biểu thị gia tốc theo góc quay của trục ở tốc độ quay 700v/p



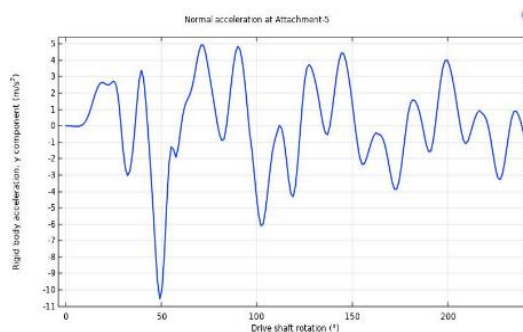
Hình 12. Đồ thị biểu thị gia tốc theo góc quay của trục ở tốc độ quay 1000v/p



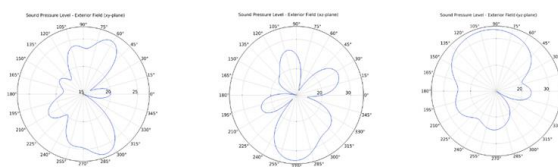
Hình 13. Đồ thị biểu thị gia tốc theo góc quay của trục ở tốc độ quay 2000v/p



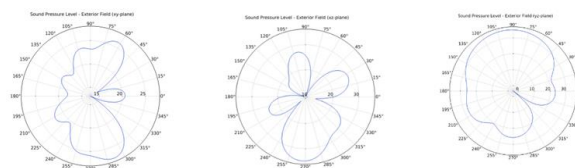
Hình 14. Đồ thị biểu thị gia tốc theo góc quay của trục ở tốc độ quay 3000v/p



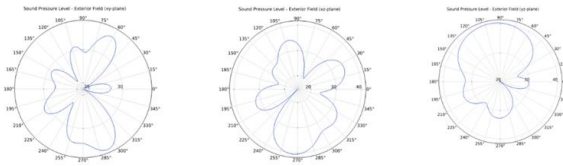
Hình 15. Đồ thị biểu thị gia tốc theo góc quay của trục ở tốc độ quay 5000v/p



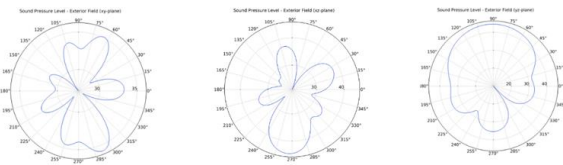
Hình 16. Đồ thị áp suất âm thanh biểu thị theo phương XY, XZ, YZ ở tốc độ quay 700v/p



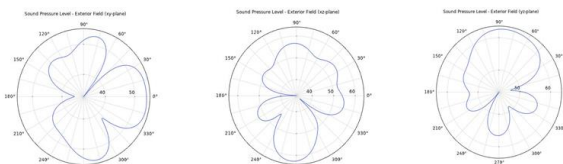
Hình 17. Đồ thị áp suất âm thanh biểu thị theo phương XY, XZ, YZ ở tốc độ quay 1000v/p



Hình 18. Đồ thị áp suất âm thanh biểu thị theo phương XY, XZ, YZ ở tốc độ quay 2000v/p



Hình 19. Đồ thị áp suất âm thanh biểu thị theo phương XY, XZ, YZ ở tốc độ quay 3000v/p



Hình 20. Đồ thị áp suất âm thanh biểu thị theo phương XY, XZ, YZ ở tốc độ quay 5000v/p

Ở 700v/p phương XY, XZ, YZ mức áp suất âm thanh tập trung chủ yếu từ (20-25)dB nhỏ hơn so với 5000v/p. Từ đó, tốc độ quay càng lớn thì mức áp suất âm thanh càng lớn.

Đồ thị áp suất âm thanh biểu thị theo phương XY, ta thấy ở tốc độ quay 5000 v/p dao động lớn hơn so với tốc độ quay 1000v/p xấp xỉ gấp 2 lần.

Đồ thị áp suất âm thanh biểu thị theo phương XZ ở trường hợp này thì ta thấy ở tốc độ 5000v/p dao động đồng đều hơn so với 1000v/p và ở tốc độ 5000v/p thì áp suất âm thanh lớn hơn so với 1000v/p.

Đồ thị áp suất âm thanh biểu thị theo phương YZ. Ở tốc độ 1000v/p ta thấy dao động áp suất âm thanh đồng đều và ổn định hơn rất nhiều so với tốc độ 5000v/p. Nhưng áp suất âm thanh ở tốc độ 5000v/p lớn hơn so với 1000v/p.

Ở 2000v/p các phương XY, XZ, YZ mức áp suất âm thanh tập trung chủ yếu từ (30-40)dB nhỏ hơn so với 5000v/p. Từ đó, tốc độ quay càng lớn thì mức áp suất âm thanh càng lớn.

Ở 3000v/p các phương XY, XZ, YZ mức áp suất âm thanh tập trung chủ yếu từ (30-35)dB nhỏ hơn so với 5000v/p. Từ đó, tốc độ quay càng lớn thì mức áp suất âm thanh càng lớn.

Như vậy qua các kết quả của mô phỏng hoạt động của bộ vi sai ở những dãy tốc độ khác nhau, ta thấy áp suất âm thanh phụ thuộc vào tốc độ quay.

4. KẾT LUẬN

Với mục đích mô phỏng được độ rung và tiếng ồn của vi sai trên phần mềm Comsol Multiphysics, bài báo đã đưa ra được những kiến thức cơ bản về mô phỏng độ rung và tiếng ồn của vi sai cũng như những kiến thức lý thuyết cơ bản về phần mềm Comsol Multiphysics. Qua đó, chúng ta cũng thấy được những ưu điểm về việc mô phỏng để từ đó nhà sản xuất có thể đưa ra những biện pháp để giải quyết những vấn đề có liên quan.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] N.P.T. Luu, ect., “Analysis of vehicle structural performance during small overlap frontal impact”, IJAT, vol 16, pp. 799-805, 2015.
- [2] N.P.T. Luu, ect., “A study on optimal design of vehicles structure for improving small overlap rating”, IJAT, vol 16, pp. 959-965, 2015.
- [3] Luu Nguyen Phu Thuong, “An optimisation approach to choose thickness of three members to improve IHS small-overlap structural rating”, IJ CRASHWORTHINESS, DOI: 10.1080/13588265.2017.1281203.
- [4] L. N. P. Thuong, “Vehicle Frontal Impact to Pole Barrier Simulation Using Computer Finite Element Model,” 2018 4th International Conference on Green Technology and

- Sustainable Development (GTSD), Ho Chi Minh City, 2018, pp. 273-277, doi: 10.1109/GTSD.2018.8595702.
- [5] N. P. Thuong Luu, “Analysis of Bus Structural Performance During Full Frontal Impact,” 2019 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE), Dong Hoi, Vietnam, 2019, pp. 635-638, doi: 10.1109/ICSSE.2019.8823416.
- [6] Nguyễn Ngọc Dũng, “Nghiên cứu thiết kế, mô phỏng và thử nghiệm cảm biến góc nghiêng hai chiều cấu trúc hai pha lỏng – khí”, luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội, 2017.
- [7] Phan Thị Tươi, Phạm Xuân Hiền, Nguyễn Thị Vân Anh, “Mô phỏng lò phản ứng quang phổ phát xạ plasma với khí argon sử dụng phần mềm comsol multiphysics”, tạp chí Khoa học và Công nghệ, trang 28-30, tháng 12/2018.
- [8] <https://www.comsol.com/>

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Nguyễn Phú Thượng Lưu
Trường Đại học Công nghệ TP.HCM.
Email: npt.luu@hutech.edu.vn