

APPLICATION OF MODELING AND SIMULATION OF ELECTRIC VEHICLE SUSPENSION SYSTEMS IN AUTOMOTIVE ENGINEERING TECHNOLOGY EDUCATION IN VIETNAM

Nguyen Huu Manh

Thanh Do University

Email: nhmanh@thanhdouni.edu.vn

Received: 08/01/2026; Reviewed: 01/7/2026; Revised: 22/7/2026; Accepted: 24/7/2026

DOI: <https://doi.org/10.58902/nckhpt.e-v2i1.346>

Abstract: *In the context of the rapid development of vehicle electrification in Vietnam, the demand for automotive engineering human resources capable of understanding and mastering emerging technologies has become increasingly critical. In particular, electric vehicle suspension systems, characterized by distinct mass distribution and dynamic behavior compared to internal combustion engine vehicles, impose higher requirements on teaching and training in Automotive Engineering Technology programs. The suspension system plays a crucial role in ensuring ride comfort, vehicle stability, and operational safety; therefore, a thorough understanding of suspension dynamic characteristics constitutes a fundamental component in automotive engineering education, especially for electric vehicles. In this study, modeling and simulation of electric vehicle suspension systems are employed as an instructional support tool, in which a lumped-parameter dynamic model is developed based on reasonable assumptions and implemented to analyze vehicle vibration responses under various road excitation conditions. The simulation results demonstrate that the proposed model is capable of capturing the fundamental dynamic characteristics of electric vehicle suspension systems and clarifying the effects of stiffness–damping parameters and road conditions on vertical dynamic responses. The application of simulation-based models in teaching enhances visualization, supports students in linking vehicle dynamics theory with practical engineering problems, and facilitates their understanding of modern suspension system principles. From an educational perspective, the study indicates that modeling and simulation serve not only as technical tools but also as effective pedagogical approaches, contributing to the improvement of automotive engineering education quality in the context of technological transition toward electric vehicles and practice-oriented higher education reform.*

Keywords: *Automotive Engineering Technology; Modeling; Simulation; Electric Vehicle Suspension System; Vietnam.*

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, xu hướng điện hóa phương tiện giao thông đang phát triển mạnh mẽ, đặc biệt trong lĩnh vực ô tô điện, làm thay đổi căn bản cấu trúc và đặc tính động lực học của phương tiện. Tại Việt Nam, cùng với sự gia tăng nhanh chóng của các dòng ô tô điện, yêu cầu đào tạo nguồn nhân lực kỹ thuật ô tô có khả năng tiếp cận, phân tích và làm chủ các công nghệ mới ngày càng trở nên cấp thiết. Trong bối cảnh đó, hệ thống treo trên ô tô điện giữ vai trò then chốt trong việc đảm bảo độ êm dịu, ổn định chuyển động và an toàn vận hành, do các đặc điểm riêng về phân bố khối lượng, mô-men quán tính lớn của cụm pin và sự khác biệt trong đặc tính truyền động so với ô tô sử dụng động cơ đốt trong (Flanagan, 2022;

Kim, 2024). Mô hình hóa và mô phỏng cho phép phân tích ảnh hưởng của các thông số kết cấu, điều kiện mặt đường và chế độ vận hành đến đáp ứng dao động của ô tô điện, qua đó hỗ trợ hiệu quả cho quá trình thiết kế, tối ưu hóa và điều khiển hệ thống treo (Ramji và cộng sự, 2007; Choi và cộng sự, 2010). Tuy nhiên, trong thực tiễn đào tạo ngành Công nghệ kỹ thuật ô tô tại Việt Nam, nội dung giảng dạy về hệ thống treo và động lực học phương tiện hiện nay vẫn chủ yếu dựa trên lý thuyết và các mô hình đơn giản, trong khi việc tiếp cận các công cụ mô hình hóa và mô phỏng hiện đại còn hạn chế. Mặc dù nhiều nghiên cứu đã chứng minh hiệu quả của các phương pháp mô hình hóa động lực học phương tiện, bao gồm mô hình đa vật thể và các phương pháp hình thức như

robotic formalism hay Jourdain formalism trong phân tích đáp ứng hệ thống treo (Maakaroun, 2011; Nehaoua và cộng sự, 2013), việc khai thác các công cụ này trong đào tạo ô tô điện vẫn chưa được triển khai một cách hệ thống. Điều này dẫn đến khoảng trống giữa kiến thức được trang bị trong nhà trường và yêu cầu thực tiễn của ngành công nghiệp ô tô trong giai đoạn chuyển dịch sang phương tiện điện. Thông qua các mô hình mô phỏng, sinh viên có thể chủ động khảo sát ảnh hưởng của các tham số thiết kế, điều kiện làm việc và chiến lược điều khiển đến đáp ứng của hệ thống treo, qua đó nâng cao năng lực phân tích, tư duy hệ thống và khả năng vận dụng kiến thức vào các bài toán kỹ thuật thực tế của ô tô điện.

Xuất phát từ những yêu cầu nêu trên, bài báo tập trung vào các nội dung sau: (i): Cơ sở lý thuyết và mô hình hóa hệ thống treo xe điện. (ii) Ứng dụng mô hình hóa – mô phỏng trong giảng dạy ngành Công nghệ kỹ thuật ô tô tại Việt Nam. Cách tiếp cận này phù hợp với xu thế đổi mới giáo dục đại học theo hướng gắn đào tạo với công nghệ và thực tiễn sản xuất, góp phần nâng cao chất lượng đào tạo nguồn nhân lực kỹ thuật ô tô trong giai đoạn chuyển đổi công nghệ hiện nay.

2. Tổng quan nghiên cứu

Sự phát triển nhanh chóng của ô tô điện trong những năm gần đây đã làm thay đổi đáng kể các yêu cầu kỹ thuật đối với hệ thống treo. Flanagan (2022) chỉ ra rằng đối với ô tô điện, sự khác biệt về phân bố khối lượng, đặc biệt là khối lượng lớn và vị trí lắp đặt của cụm pin, cũng như sự thay đổi mô-men quán tính của thân xe, có ảnh hưởng trực tiếp đến đặc tính động lực học, độ ổn định chuyển động và đáp ứng dao động của phương tiện. Bên cạnh đó, các nghiên cứu về giảm chấn thông minh, bao gồm giảm chấn điện từ và giảm chấn lưu biến từ (MR), đã chứng minh khả năng điều chỉnh lực giảm chấn linh hoạt theo điều kiện vận hành và chiến lược điều khiển, qua đó nâng cao khả năng thích nghi của hệ thống treo ô tô điện (Hung & Choi, 2009; Sharma, 2022). Tương tự, Kim (2024) nhấn mạnh rằng các cải tiến về hệ thống treo là một trong những yếu tố then chốt nhằm nâng cao chất lượng vận hành, độ êm dịu và sự thoải mái cho người sử dụng ô tô điện. Những công trình này khẳng định vai trò quan trọng của các hệ thống treo và giảm chấn thông minh trong việc cải thiện đặc tính động lực học của ô tô điện, đồng thời nhấn mạnh sự cần thiết

của các mô hình chính xác phục vụ cho phân tích và thiết kế. Mô hình hóa và mô phỏng là công cụ không thể thiếu trong nghiên cứu động lực học ô tô, đặc biệt đối với các bài toán phân tích và tối ưu hóa hệ thống treo ô tô điện. Từ các nghiên cứu đã công bố có thể nhận thấy rằng: (i) hệ thống treo ô tô điện là đối tượng được quan tâm nghiên cứu ngày càng rộng rãi trong bối cảnh điện hóa phương tiện; (ii) mô hình hóa và mô phỏng đã được khẳng định là công cụ hiệu quả trong phân tích, thiết kế và điều khiển hệ thống treo ô tô; và (iii) các hệ thống treo bán chủ động và giảm chấn thông minh là xu hướng phát triển tất yếu nhằm nâng cao chất lượng động lực học và hiệu quả vận hành của ô tô điện.

Tuy nhiên, phần lớn các công trình trên tập trung vào khía cạnh nghiên cứu và ứng dụng kỹ thuật, trong khi việc khai thác mô hình hóa và mô phỏng như một công cụ phục vụ giảng dạy và đào tạo kỹ sư ngành công nghệ kỹ thuật ô tô, đặc biệt trong bối cảnh đào tạo tại Việt Nam, vẫn chưa được đề cập một cách có hệ thống.

3. Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện theo hướng nghiên cứu ứng dụng, kết hợp giữa mô hình hóa động lực học và mô phỏng số nhằm xây dựng công cụ hỗ trợ giảng dạy trong đào tạo ngành công nghệ kỹ thuật ô tô. Cách tiếp cận này cho phép liên kết cơ sở lý thuyết về động lực học phương tiện với việc phân tích đặc tính làm việc của hệ thống treo xe điện trong môi trường mô phỏng. Các phương pháp nghiên cứu được sử dụng gồm: (i) phương pháp nghiên cứu tài liệu nhằm tổng hợp cơ sở lý thuyết và các công trình nghiên cứu về hệ thống treo xe điện, mô hình động lực học và ứng dụng mô hình hóa – mô phỏng trong đào tạo kỹ thuật; (ii) phương pháp mô hình hóa để xây dựng mô hình động lực học hệ thống treo xe điện trên cơ sở các giả thiết phù hợp với mục tiêu nghiên cứu; (iii) phương pháp mô phỏng số bằng môi trường MATLAB/Simulink nhằm khảo sát đáp ứng dao động của hệ thống dưới các điều kiện kích thích mặt đường khác nhau; và (iv) phương pháp phân tích, tổng hợp kết quả mô phỏng để đánh giá khả năng ứng dụng mô hình trong giảng dạy ngành Công nghệ kỹ thuật ô tô tại Việt Nam."

4. Kết quả nghiên cứu

4.1. Cơ sở lý thuyết và mô hình hóa hệ thống treo xe điện

Hệ thống treo có chức năng đảm bảo độ êm

dị chuyển động, độ ổn định và khả năng duy trì tiếp xúc của bánh xe với mặt đường của ô tô. Đối với ô tô điện, các đặc điểm như phân bố khối lượng khác biệt do cụm pin có khối lượng lớn, mô-men quán tính tăng và đặc tính mô-men của hệ thống truyền động điện đã làm thay đổi đáng kể đáp ứng động lực học so với ô tô sử dụng động cơ đốt trong (Flanagan, 2022; Kim, 2024). Do đó, việc nghiên cứu hệ thống treo ô tô điện cần được thực hiện trên cơ sở các mô hình động lực học có xét đến những đặc trưng riêng của xe điện nhằm đánh giá chính xác dao động và độ ổn định chuyển động trong các điều kiện mặt đường khác nhau. Về mặt lý thuyết, hệ thống treo ô tô thường được mô tả thông qua mô hình khối lượng – lò xo – giảm chấn, bao gồm khối lượng được treo, khối lượng không được treo, đặc tính đàn hồi của phần tử treo và đặc tính giảm chấn. Các mô hình động lực học này cho phép phân tích mối quan hệ giữa đặc tính hệ thống treo, đặc tính lốp và kích thích của mặt đường, từ đó đánh giá ảnh hưởng của các thông số kết cấu đến đáp ứng dao động của ô tô điện. Trong các nghiên cứu trước, nhiều phương pháp mô hình hóa động lực học ô tô đã được phát triển với các mức độ chi tiết khác nhau, tạo nền tảng cho việc xây dựng các mô hình mô phỏng hệ thống treo phục vụ phân tích và thiết kế. Đối với các hệ thống treo bán chủ động trên ô tô điện, đặc tính giảm chấn không còn được giả thiết là hằng số mà được điều chỉnh theo trạng thái làm việc và

phương pháp điều khiển. Bên cạnh mô hình hệ thống treo, mô hình hóa điều kiện kích thích mặt đường là một thành phần không thể thiếu trong phân tích động lực học ô tô điện, do ảnh hưởng trực tiếp đến đáp ứng dao động và khả năng duy trì tiếp xúc bánh xe – mặt đường của phương tiện. Gorges và cộng sự (2017) đã chỉ ra rằng đặc tính mặt đường có vai trò quan trọng trong việc đánh giá độ ổn định và chất lượng dao động của phương tiện. Trong mô hình hóa hệ thống treo ô tô điện, kích thích mặt đường thường được biểu diễn dưới dạng hàm toán học hoặc tín hiệu ngẫu nhiên nhằm mô phỏng các điều kiện khai thác thực tế, trong đó có phương trình dao động.

Phương trình dao động:

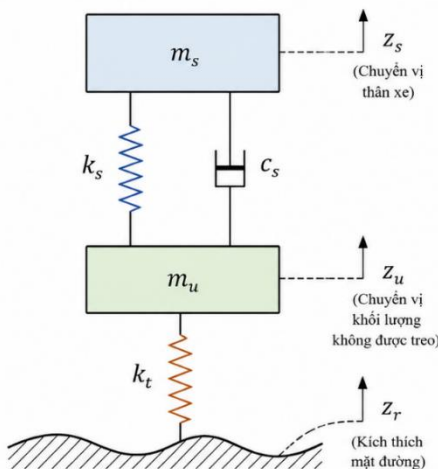
$$m_s \ddot{x}_s + c_s(\dot{x}_s - \dot{x}_u) + k_s(z_s - z_u) = 0$$

$$m_u \ddot{x}_u + c_s(\dot{x}_u - \dot{x}_s) + k_s(z_u - z_s) + k_t(z_u - z_r) = 0$$

Mô hình được triển khai trong môi trường MATLAB/Simulink nhằm khảo sát đáp ứng dao động của hệ thống treo.

Nhiều nghiên cứu quốc tế đã ứng dụng mô hình hóa và mô phỏng trong phân tích động lực học phương tiện. Mô hình 1/4 xe được sử dụng phổ biến nhờ cấu trúc đơn giản nhưng phản ánh được đặc tính dao động cơ bản của nhiều hệ thống trong đó có hệ thống treo. Đối tượng nghiên cứu là mô hình động lực học hệ thống treo 1/4 xe điện phục vụ giảng dạy ngành Công nghệ kỹ thuật ô tô.

SƠ ĐỒ MÔ HÌNH 1/4 XE (QUARTER-CAR MODEL)



KÝ HIỆU VÀ Ý NGHĨA	
m_s	Khối lượng được treo (1/4 khối lượng thân xe)
m_u	Khối lượng không được treo (bao gồm bánh xe, moay-ơ, căng treo...)
k_s	Độ cứng lò xo hệ thống treo
c_s	Hệ số giảm chấn của giảm xóc
k_t	Độ cứng lốp xe
z_s	Chuyển vị thẳng đứng của thân xe
z_u	Chuyển vị thẳng đứng của khối lượng không được treo
z_r	Kích thích mặt đường (biến vào)

MÔ TẢ

- Mô hình 1/4 xe giả thiết chuyển động chỉ theo phương thẳng đứng.
- Thân xe (m_s) được kết nối với khối lượng không được treo (m_u) thông qua lò xo (k_s) và giảm chấn (c_s).
- Bánh xe tiếp xúc với mặt đường thông qua độ cứng lốp (k_t).
- Kích thích mặt đường $z_r(t)$ gây ra dao động và truyền lên hệ thống.

Hình 1. Sơ đồ mô hình 1/4 xe (Quarter-car model)

(Mô hình sử dụng để phân tích dao động theo phương thẳng đứng của hệ thống treo xe điện)

Trên cơ sở các nền tảng lý thuyết nêu trên, mô hình hóa hệ thống treo ô tô điện trong nghiên cứu này được xây dựng theo hướng đảm bảo tính chính xác về động lực học, đồng thời đơn giản hóa hợp lý để phù hợp với mục tiêu mô phỏng và giảng dạy. Mô hình cho phép khảo sát ảnh hưởng của các thông số hệ thống treo, điều kiện mặt đường và chiến lược điều khiển đến đáp ứng dao động của ô tô điện, tạo nền tảng cho các phân tích và ứng dụng trình bày ở các phần tiếp theo.

Bảng 1. Mô hình mô phỏng hệ thống treo xe điện

Nội dung	Mô tả
Loại mô hình	Mô hình động lực học tập trung thông số
Đối tượng mô phỏng	Hệ thống treo xe điện
Phạm vi chuyển động	Chủ yếu xét chuyển động thẳng đứng
Khối lượng được treo	Thân xe, khung xe, cụm pin và các bộ phận gắn cố định
Khối lượng không được treo	Bánh xe và các chi tiết liên quan
Phần tử đàn hồi	Lò xo tuyến tính
Phần tử giảm chấn	Giảm chấn thụ động hoặc bán chủ động
Mô hình lớp xe	Phần tử đàn hồi tuyến tính
Kích thích mặt đường	Tín hiệu dịch chuyển đầu vào
Mục đích sử dụng	Phân tích động lực học và mô phỏng phục vụ giảng dạy

Để đơn giản hóa bài toán và phù hợp với mục tiêu nghiên cứu và đào tạo, một số giả thuyết được áp dụng trong quá trình xây dựng mô hình. Các giả thiết này được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2. Các giả thiết của mô hình mô phỏng hệ thống treo xe điện

Giả thiết	Nội dung
Chuyển động	Chỉ xét dao động theo phương thẳng đứng
Tính tuyến tính	Đặc tính đàn hồi và giảm chấn được giả thiết tuyến tính
Lớp xe	Bỏ qua biến dạng phi tuyến và hiện tượng trượt
Lực khí động học	Không xét đến

Giả thiết	Nội dung
Lực cản lăn	Không xét đến
Tương tác bánh xe – mặt đường	Mặt đường được coi là kích thích ngoài xác định
Ảnh hưởng truyền động điện	Không xét đến tương tác động lực với hệ truyền động

Các giả thiết trên giúp giảm độ phức tạp của mô hình, đồng thời vẫn đảm bảo phản ánh được các đặc trưng động lực học cơ bản của hệ thống treo xe điện. Cách tiếp cận này phù hợp cho việc giảng dạy các học phần động lực học, hệ thống treo và mô hình hóa – mô phỏng trong đào tạo ngành Công nghệ kỹ thuật ô tô tại Việt Nam.

4.2. Ứng dụng mô hình hóa – mô phỏng trong giảng dạy ngành Công nghệ kỹ thuật ô tô tại Việt Nam

Trong bối cảnh chuyển dịch mạnh mẽ sang xe điện, yêu cầu đối với việc đào tạo kỹ sư ngành công nghệ kỹ thuật ô tô không chỉ dừng ở việc trang bị kiến thức lý thuyết mà còn cần nâng cao năng lực phân tích, mô hình hóa và đánh giá hệ thống kỹ thuật. Các nghiên cứu về xe điện và hệ thống treo hiện đại cho thấy mô hình hóa và mô phỏng là công cụ hiệu quả để phân tích động lực học phương tiện, đánh giá đáp ứng dao động và hỗ trợ thiết kế, tối ưu hóa hệ thống treo (Flanagan, 2022; Kim, 2024; Soliman & Sharf, 2019). Đối với các học phần cốt lõi như *Động lực học ô tô*, *Hệ thống treo*, *Mô hình hóa và mô phỏng*, việc ứng dụng mô hình mô phỏng hệ thống treo xe điện cho phép trực quan hóa các hiện tượng động lực học phức tạp mà phương pháp giảng dạy truyền thống khó thể hiện đầy đủ. Thông qua mô hình mô phỏng, sinh viên có thể quan sát ảnh hưởng của phân bố khối lượng, đặc tính đàn hồi – giảm chấn và điều kiện mặt đường đến đáp ứng chuyển động của phương tiện, phù hợp với các phân tích đã được đề cập trong các nghiên cứu về xe điện hai bánh và ô tô điện (Flanagan, 2022; Gorges và cộng sự, 2017). Việc đưa các mô hình này vào giảng dạy giúp sinh viên tiếp cận trực tiếp với nguyên lý làm việc của các hệ thống treo hiện đại, đồng thời làm rõ vai trò của chiến lược điều khiển trong việc cải thiện chất lượng dao động và độ ổn định chuyển động của phương tiện, như đã được tổng hợp bởi Soliman và Sharf (2019). Các mô hình động lực học xe hai bánh và phương tiện nói

chung được phát triển dựa trên *robotic formalism* và *Jourdain formalism* (Maakaroun, 2011; Nehaoua và cộng sự, 2013) cho thấy tính linh hoạt và khả năng mở rộng của phương pháp mô hình hóa. Cách tiếp cận này góp phần nâng cao khả năng phân tích và đánh giá hệ thống trong các điều kiện làm việc khác nhau. Từ góc độ đào tạo tại Việt Nam, việc ứng dụng mô hình hóa – mô phỏng hệ thống treo xe điện trong giảng dạy giúp thu hẹp khoảng cách giữa lý thuyết và thực tiễn, đồng thời đáp ứng xu thế đào tạo kỹ thuật theo hướng liên ngành và học tập dựa trên mô hình. Thông qua các bài tập và kịch bản mô phỏng, sinh viên có thể rèn luyện kỹ năng phân tích, đánh giá và thiết kế hệ thống treo, góp phần nâng cao chất lượng đào tạo nguồn nhân lực ngành công nghệ kỹ thuật ô tô trong bối cảnh phát triển mạnh mẽ của phương tiện điện.

Bên cạnh các nội dung mô phỏng kỹ thuật được đề cập trong phần trước, mô hình hóa và mô

phỏng cũng đã được ứng dụng thực tế trong giảng dạy kỹ thuật ô tô và động lực học phương tiện tại nhiều cơ sở đào tạo trong và ngoài nước. Ví dụ, tại Trường Đại học Vinh, phần mềm mô phỏng CarSim được tích hợp vào học phần *Automotive Calculation*, giúp sinh viên phân tích hệ thống phanh và các đặc trưng động lực học (Minh và cộng sự, 2025). Tại trường Đại học Michigan, CarSim đã được sử dụng để minh họa các nguyên lý gia tốc, phanh và xử lý động lực học trong chương trình *Automotive Engineering* (Gillespie, 2005). Các nghiên cứu quốc tế khác như Hulme và cộng sự (2021) còn kết hợp mô phỏng với phương pháp học dựa trên game để tăng tính tương tác và hiểu biết về động lực học phương tiện. Tại Việt Nam, ĐH Duy Tân đã triển khai hệ thống mô phỏng 3D tương tác toàn diện trong đào tạo kỹ thuật ô tô thông minh nhằm nâng cao trải nghiệm học tập và khả năng thực hành của sinh viên (Bình, 2024).

Bảng 3. Một số cơ sở giáo dục ứng dụng mô hình hóa – mô phỏng trong đào tạo ngành Công nghệ kỹ thuật ô tô

Cơ sở giáo dục / Công trình	Quốc gia	Công cụ / Mô phỏng sử dụng	Nội dung ứng dụng / Ghi chú	Nguồn trích dẫn
Trường Đại học Vinh – Học phần <i>Tính toán ô tô</i>	Việt Nam	CarSim	Tích hợp mô phỏng động lực học phương tiện trong giảng dạy, hỗ trợ sinh viên phân tích hệ thống phanh và đặc tính chuyển động; trên 90% sinh viên đánh giá hiệu quả học tập được cải thiện	Minh và cộng sự (2025)
Trường Đại học Michigan – Chương trình Kỹ thuật ô tô	Hoa Kỳ	CarSim	Sử dụng mô phỏng động lực học để minh họa các đặc tính gia tốc, phanh và ổn định chuyển động trong đào tạo kỹ sư ô tô	Thomas D. Gillespie (2005).
University at Buffalo & Clemson University	Hoa Kỳ	Mô phỏng động lực học kết hợp học tập dựa trên game	Ứng dụng mô hình hóa và mô phỏng trong giảng dạy động lực học phương tiện nhằm tăng mức độ tương tác và khả năng tiếp thu của sinh viên	Hulme và cộng sự (2021).
Đại học Duy Tân – Chương trình kỹ thuật ô tô thông minh	Việt Nam	Hệ thống mô phỏng 3D tương tác	Ứng dụng mô phỏng trực quan trong đào tạo kỹ thuật ô tô, giúp sinh viên tiếp cận cấu trúc và nguyên lý hoạt động của các hệ thống trên xe hiện đại	Nguyễn Thanh Bình (2024)
Các nghiên cứu mô phỏng kỹ thuật cơ khí – cơ điện tử ứng dụng trong đào tạo	Quốc tế	MATLAB/ Simulink	Mô phỏng hệ dao động và hệ thống cơ học làm nền tảng cho giảng dạy động lực học và hệ thống tr	

5. Bàn luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy việc ứng dụng mô hình hóa và mô phỏng hệ thống treo xe điện trong giảng dạy ngành Công nghệ kỹ thuật ô tô là một hướng tiếp cận phù hợp và có nhiều tiềm năng trong bối cảnh chuyển dịch mạnh mẽ sang xe điện tại Việt Nam. Mô hình mô phỏng được xây dựng dựa trên các giả thiết hợp lý, tập trung vào dao động theo phương thẳng đứng và các phân tử đàn hồi – giảm chấn tuyến tính, phản ánh được những đặc trưng động lực học cơ bản của hệ thống treo xe điện. Thông qua mô hình hệ thống treo xe điện, sinh viên không chỉ tiếp cận các khái niệm lý thuyết về động lực học phương tiện mà còn có điều kiện khảo sát trực tiếp ảnh hưởng của các tham số thiết kế, điều kiện mặt đường và đặc tính giảm chấn đến đáp ứng dao động của phương tiện. Điều này góp phần thu hẹp khoảng cách giữa lý thuyết và thực tiễn, một hạn chế thường gặp trong đào tạo kỹ thuật ô tô tại Việt Nam hiện nay. Kết quả phân tích cũng cho thấy mô hình hóa và mô phỏng tạo điều kiện thuận lợi để tích hợp kiến thức liên ngành giữa cơ khí, điện – điện tử và điều khiển, đặc biệt khi xét đến các hệ thống treo bán chủ động và giảm chấn thông minh. Điều này phù hợp với các xu hướng phát triển hệ thống treo hiện đại đã được tổng hợp bởi Soliman và Sharf (2019), cũng như các nghiên cứu về giảm chấn điện tử và giảm chấn lưu biến từ (Hung & Choi, 2009; Sharma, 2022). Trong môi trường giảng dạy, việc cho phép sinh viên thay đổi chiến lược điều khiển hoặc thông số hệ thống trong mô hình mô phỏng giúp nâng cao tư duy hệ thống, khả năng phân tích và kỹ năng giải quyết vấn đề kỹ thuật. Tuy nhiên, nghiên cứu cũng tồn tại một số hạn chế nhất định. Thứ nhất, mô hình mô phỏng hiện tại được xây dựng với mức độ đơn giản hóa nhằm phục vụ mục tiêu giảng dạy, do đó chưa xét đến các yếu tố phi tuyến của lốp xe, tương tác động lực với hệ truyền động điện và ảnh hưởng của lực khí động học. Những yếu tố này có thể đóng vai trò quan trọng trong phân tích chi tiết động lực học phương tiện, đặc biệt trong các nghiên cứu chuyên sâu hoặc ứng dụng thực tế. Thứ hai, nghiên cứu chưa tiến hành đánh giá định lượng mức độ cải thiện hiệu quả học tập của sinh viên thông qua các chỉ số cụ thể, như kết quả học tập hoặc phản hồi khảo sát quy mô lớn, tương tự như các nghiên cứu đã được thực hiện tại Trường Đại học Vinh hoặc các cơ sở đào tạo quốc tế (Gillespie, 2005; Minh và cộng sự, 2025).

Dù còn những hạn chế, kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình hóa và mô phỏng hệ thống treo xe điện có tiềm năng lớn để mở rộng và phát triển trong tương lai. Các hướng nghiên cứu tiếp theo có thể tập trung vào việc nâng cao mức độ chi tiết của mô hình, tích hợp các yếu tố phi tuyến và chiến lược điều khiển tiên tiến, cũng như đánh giá định lượng hiệu quả sư phạm của phương pháp giảng dạy dựa trên mô phỏng. Việc kết hợp mô hình mô phỏng với các nền tảng mô phỏng 3D tương tác hoặc học tập dựa trên dự án cũng là một hướng đi phù hợp với xu thế đổi mới giáo dục đại học và chuyển đổi số trong đào tạo kỹ thuật.

6. Kết luận

Nghiên cứu đã xây dựng và trình bày mô hình mô phỏng hệ thống treo xe điện dựa trên cơ sở lý thuyết động lực học phương tiện, với mức độ đơn giản hóa phù hợp cho mục tiêu phân tích và giảng dạy. Mô hình cho phép đánh giá định tính ảnh hưởng của các tham số hệ thống treo và kích thích mặt đường đến đáp ứng dao động theo phương thẳng đứng của phương tiện, qua đó phản ánh được các đặc trưng động lực học cơ bản của hệ thống treo xe điện trong điều kiện khai thác điển hình. Trên nền tảng mô hình đã thiết lập, nghiên cứu đã làm rõ khả năng ứng dụng mô hình hóa – mô phỏng. Trong đó, mô phỏng bằng MATLAB/Simulink nhằm phục vụ giảng dạy ngành công nghệ kỹ thuật ô tô. Kết quả cho thấy mô hình phản ánh được ảnh hưởng của các thông số hệ thống treo đến dao động của thân xe cũng như các bộ phận khác và có khả năng ứng dụng hiệu quả trong đào tạo kỹ thuật ô tô.

Việc tích hợp mô hình mô phỏng hệ thống treo xe điện vào các học phần liên quan góp phần tăng cường tính trực quan, hỗ trợ liên kết kiến thức lý thuyết với các bài toán phân tích động lực học, đồng thời tạo điều kiện để sinh viên tiếp cận các nguyên lý của hệ thống treo hiện đại và phương tiện điện. Có thể nhận thấy rằng mô hình hóa và mô phỏng, khi được sử dụng hợp lý trong đào tạo, không chỉ dừng ở vai trò minh họa mà còn là công cụ hình thành tư duy phân tích và tiếp cận hệ thống cho sinh viên kỹ thuật. Cách tiếp cận này góp phần nâng cao chất lượng đào tạo kỹ sư ô tô trong bối cảnh chuyển dịch công nghệ sang phương tiện điện, đồng thời đặt nền tảng cho việc phát triển các mô hình giảng dạy có mức độ chính xác và tính ứng dụng cao hơn trong các nghiên cứu và chương trình đào tạo tiếp theo.

Tài Liệu tham khảo

- Binh, N. T. (2024). *Dai hoc Duy Tan ra mat he thong mo phong va tuong tac trong dao tao ky thuat o to thong minh*. Truy cap ngay 01 thang 12 nam 2025 tu <https://baodanang.vn/dai-hoc-duy-tan-ra-mat-he-thong-mo-phong-va-tuong-tac-trong-dao-tao-ky-thuat-o-to-thong-minh-3141857.html>.
- Choi, E. H., Ryoo, J. B., Cho, J. R., & Lim, O. K. (2010). Optimum suspension unit design for enhancing the mobility of wheeled armored vehicles. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 24(1), 323-330. <https://doi.org/10.1007/s12206-009-1102-0>.
- Flanagan, L. (2022). *High-powered electric motorcycle integrated performance studies* [PhD thesis, University of Nottingham]. Nottingham ePrints.
- Gillespie, T. D. (2005). *Using vehicle dynamics simulation as a teaching tool in automotive engineering courses*. SAE Technical Paper, 2005-01-1795. <https://doi.org/10.4271/2005-01-1795>
- Gorges, C., Öztürk, K., & Liebich, R. (2018). Road classification for two-wheeled vehicles. *Vehicle System Dynamics*, 56(8), 1289–1314. <https://doi.org/10.1080/00423114.2017.1413197>.
- Hulme, K. F., Schiferle, M., Lim, R. S. A., Estes, A., & Schmid, M. (2021). Incorporation of modeling, simulation, and game-based learning in engineering dynamics education towards improving vehicle design and driver safety. *Safety*, 7(2), Article 30. <https://doi.org/10.3390/safety7020030>.
- Hung, N. Q., & Choi, S.-B. (2009). Optimal design of MR shock absorber and application to vehicle suspension. *Smart Materials and Structures*, 18(3), 035012. <https://doi.org/10.1088/0964-1726/18/3/035012>.
- Kim, K. (2024). Suspension system innovations in electric bicycles and motorcycles. *Advances in Automobile Engineering*, 13(3), Article 288. <https://doi.org/10.35248/2167-7670.24.13.288>
- Maakaroun, R. (2011). *Modelling and simulation of a two-wheeled vehicle with suspensions by using robotic formalism* (Master's thesis). Université de Technologie de Compiègne, France
- Minh, L. N., Phan, B. H., & Uy, N. B. (2025). *Ung dung phan mem CarSim trong giang day hoc phan tinh toan o to*. Tap chi Khoa hoc Truong Dai hoc Vinh, (C.0074–2025). <https://vujs.vn/all-issues/copy/C.0074-2025>.
- Nehaoua, L., Arioui, H., Seguy, N., & Mammari, S. (2013). Dynamic modelling of a two-wheeled vehicle: Jourdain formalism. *Vehicle System Dynamics*, 51(5), 648–670. <https://doi.org/10.1080/00423114.2012.762536>.
- Ramji, K., Goel, V. K., Deep, K., & Thakur, M. (2007). Optimum design of suspension system of three-wheeled motor vehicles. *World Journal of Modelling and Simulation*, 3(1), 36-44.
- Sharma, I. (2022). *Electromagnetic dampers for motorcycle suspensions: Control strategies and performance assessment* [Master's thesis, Politecnico di Torino]. WebThesis. <https://webthesis.biblio.polito.it/id/eprint/25046>.
- Soliman, A. M. A., & Sharf, I. (2019). *Semi-active suspension systems from research to mass-market: A review*. *Vehicle System Dynamics*, 57(7), 1–29. <https://doi.org/10.1080/00423114.2018.1507316>

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH HÓA VÀ MÔ PHỎNG HỆ THỐNG TREO XE ĐIỆN TRONG GIẢNG DẠY NGÀNH CÔNG NGHỆ KỸ THUẬT Ô TÔ TẠI VIỆT NAM

Nguyễn Hữu Mạnh

Trường Đại học Thành Đô

Email: nhmanh@thanhdouni.edu.vn

Ngày nhận bài: 08/01/2026; Ngày phản biện: 01/7/2026; Ngày tác giả sửa: 22/7/2026;

Ngày duyệt đăng: 24/7/2026

DOI: <https://doi.org/10.58902/nckhpt.e-v2i1.346>

Tóm tắt: Trong bối cảnh xu hướng điện hóa phương tiện giao thông đang phát triển mạnh mẽ tại Việt Nam, yêu cầu đào tạo nguồn nhân lực kỹ thuật ô tô có khả năng tiếp cận và làm chủ các công nghệ mới ngày càng trở nên cấp thiết. Đặc biệt, hệ thống treo xe điện, với những đặc thù về phân bố khối lượng và đặc tính động lực học khác biệt so với phương tiện sử dụng động cơ đốt trong, đặt ra yêu cầu cao hơn đối với công tác giảng dạy và đào tạo trong ngành Công nghệ kỹ thuật ô tô. Hệ thống treo giữ vai trò quan trọng trong việc đảm bảo độ êm dịu, ổn định chuyển động và an toàn vận hành của phương tiện, do đó việc hiểu rõ các đặc tính động lực học của hệ thống treo là nền tảng không thể thiếu trong đào tạo kỹ sư ô tô, đặc biệt đối với phương tiện xe điện. Trong nghiên cứu này, phương pháp mô hình hóa và mô phỏng hệ thống treo trên xe điện được sử dụng như một công cụ hỗ trợ giảng dạy, trong đó mô hình động lực học tập trung thông số được xây dựng dựa trên các giả thiết hợp lý và triển khai mô phỏng nhằm phân tích đáp ứng dao động của phương tiện dưới các điều kiện tác động từ mặt đường khác nhau. Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình mô phỏng cho phép phản ánh được các đặc trưng động lực học cơ bản của hệ thống treo trên xe điện, đồng thời giúp làm rõ ảnh hưởng của các tham số đàn hồi – giảm chấn và điều kiện mặt đường đến đáp ứng chuyển động theo phương thẳng đứng. Từ góc độ đào tạo, nghiên cứu cho thấy mô hình hóa và mô phỏng không chỉ là công cụ kỹ thuật mà còn là phương tiện sư phạm hiệu quả, góp phần nâng cao chất lượng đào tạo kỹ sư ngành công nghệ kỹ thuật ô tô trong bối cảnh chuyển dịch công nghệ sang phương tiện điện và đổi mới giáo dục đại học theo hướng gắn kết với thực tiễn.

Từ khóa: Công nghệ kỹ thuật ô tô; Hệ thống treo xe điện; Mô hình hóa; Mô phỏng; Việt Nam.