

ĐÁNH GIÁ ĐẶC TÍNH CÔNG SUẤT VÀ PHÁT THẢI CỦA ĐỘNG CƠ SỬ DỤNG METHANOL NGUYÊN CHẤT (M100)

EVALUATION OF PERFORMANCE AND EMISSION CHARACTERISTICS OF AN ENGINE FUELED WITH PURE METHANOL (M100)

Nguyễn Văn Tuấn*, Nguyễn Thị Nam

Nhóm nghiên cứu Cơ khí động lực và Tự động hóa,

Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải

*Email: nguyenvantuan@utt.edu.vn

TÓM TẮT

Động cơ đốt trong là nguồn cung cấp năng lượng chính trên phương tiện cơ giới, nhưng cũng là nguyên nhân chính gây ô nhiễm môi trường và khủng hoảng năng lượng do phát thải độc hại. Việc sử dụng nhiên liệu thay thế như methanol được xem là giải pháp tiềm năng nhằm cải thiện hiệu suất cháy và giảm phát thải. Methanol có chỉ số octan cao, khả năng chống kích nổ tốt và có thể được sản xuất từ nhiều nguồn khác nhau, phù hợp với điều kiện tại Việt Nam. Kết quả nghiên cứu cho thấy khi sử dụng methanol, đặc tính phát thải của động cơ thay đổi rõ rệt so với xăng, với CO giảm khoảng 24-34% và NO_x giảm 60-70%, trong khi HC tăng 250-490%. Sự gia tăng HC chủ yếu do nhiệt hóa hơi lớn của methanol làm giảm nhiệt độ buồng cháy, dẫn đến cháy không hoàn toàn. Tuy nhiên, xét tổng thể, methanol vẫn cho thấy ưu thế trong việc giảm CO và NO_x, và nhược điểm về HC có thể được cải thiện thông qua tối ưu hóa quá trình cháy và các giải pháp xử lý khí thải. Do đó, methanol được đánh giá là nhiên liệu thay thế tiềm năng, góp phần phát triển các hệ thống động cơ sạch và bền vững.

Từ khóa: Động cơ xăng; Xăng sinh học; Khí thải; Tính kinh tế nhiên liệu.

ABSTRACT

Internal combustion engines are the primary source of power for motor vehicles, but they are also a major cause of environmental pollution and the energy crisis due to harmful emissions. The use of alternative fuels such as methanol is considered a promising solution to improve combustion efficiency and reduce emissions. Methanol offers advantages such as a high octane number, good knock resistance, and flexible production from various sources. The results show that methanol significantly changes emission characteristics compared to gasoline, with CO reduced by 24-34% and NO_x reduced by 60-70%, while HC increases by 250-490%. This HC increase is mainly due to the high latent heat of vaporization of methanol, which lowers in-cylinder temperature and leads to incomplete combustion. However, methanol still demonstrates clear benefits in reducing CO and NO_x emissions, and the HC drawback can be mitigated through combustion optimization and exhaust after-treatment. Therefore, methanol is a promising alternative fuel for cleaner and more sustainable engine systems.

Keywords: Gasoline engine; Bio-gasoline; Emissions; Fuel economy.



1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Động cơ đốt trong hiện được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như giao thông vận tải, xây dựng và hàng không, kéo theo nhu cầu năng lượng ngày càng tăng và sự phụ thuộc lớn vào nhiên liệu hóa thạch, đặc biệt là xăng [1, 2]. Tuy nhiên, việc sử dụng xăng gây ra nhiều vấn đề nghiêm trọng như cạn kiệt tài nguyên và gia tăng phát thải CO_2 , CO , HC và NO_x , ảnh hưởng tiêu cực đến môi trường và sức khỏe con người [1]. Do đó, việc tìm kiếm nhiên liệu thay thế bền vững là hết sức cần thiết.

Methanol là một ứng viên tiềm năng nhờ khả năng sản xuất từ nguồn tái tạo, cấu trúc phân tử đơn giản và tỷ lệ hydro/cacbon cao. Nhờ chứa oxy trong phân tử và có chỉ số octan cao, methanol giúp cải thiện quá trình cháy và nâng cao hiệu suất động cơ [2, 3]. Tuy nhiên, các nghiên cứu hiện nay chủ yếu tập trung vào hỗn hợp methanol-xăng với tỷ lệ thấp, chưa khai thác hết tiềm năng của methanol. Vì vậy, việc sử dụng methanol nguyên chất (M100) là hướng đi cần thiết, dù vẫn tồn tại một số thách thức như khó khởi động nguội và giá trị nhiệt thấp [4].

Các nghiên cứu gần đây cho thấy methanol có khả năng cải thiện hiệu suất cháy và giảm phát thải, đặc biệt trong các công nghệ động cơ hiện đại. Do đó, việc nghiên cứu đặc tính làm việc của động cơ khi sử dụng M100 có ý nghĩa quan trọng trong việc phát triển các hệ thống động cơ sạch và bền vững.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH VÀ ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY MÔ HÌNH

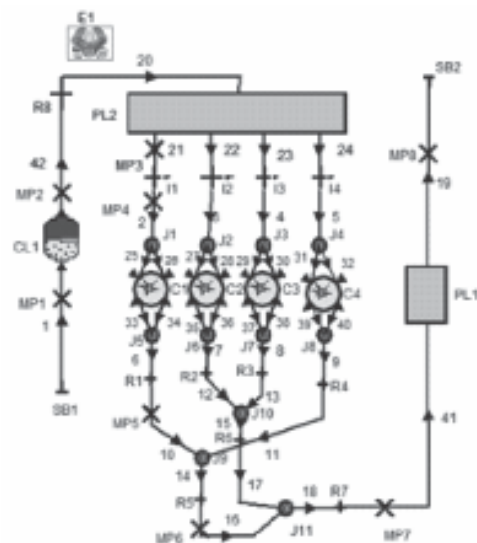
2.1. Cơ sở lý thuyết xây dựng mô hình

Mô hình quá trình cháy của động cơ được lựa chọn là mô hình Fractal, áp dụng cho

động cơ đánh lửa cưỡng bức nhằm dự đoán tốc độ giải phóng nhiệt trong điều kiện hỗn hợp đồng nhất. Mô hình xét đến các yếu tố như hình dạng buồng cháy, thời điểm đánh lửa, thành phần khí nạp, chuyển động dòng khí và đặc tính lan truyền màng lửa. Quá trình truyền nhiệt được xác định theo định luật Newton-Richmann.

Phát thải CO được mô phỏng theo mô hình Onorati, phản ánh quá trình cháy không hoàn toàn. Cơ chế hình thành NO_x được xây dựng dựa trên mô hình Pottas và Hafner kết hợp cơ chế Zeldovich, trong khi HC được xác định theo mô hình AVL với nhiều nguồn phát sinh trong động cơ đánh lửa cưỡng bức [5].

2.2. Xây dựng mô hình và đánh giá độ tin cậy mô hình

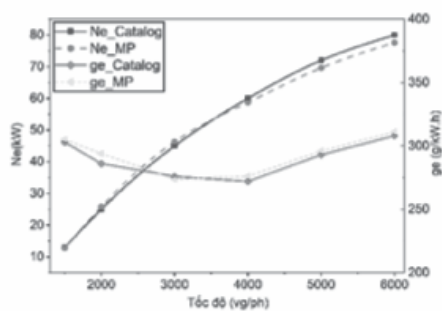


Hình 1. Mô hình mô phỏng động cơ phun xăng và phun methanol.

Động cơ nghiên cứu là động cơ xăng bốn xi lanh, đường kính 75 (mm), hành trình 84,7 (mm), tỷ số nén 10,5:1, công suất 80 (kW) tại 6000 (vg/ph) và mô-men xoắn cực đại 140 (Nm) tại 4200 (vg/ph). Mô hình động cơ được

xây dựng trên phần mềm AVL Boost, được thể hiện như trên Hình 1.

Kết quả so sánh giữa công suất mô phỏng và catalogue cho thấy sai số nhỏ, với giá trị lớn nhất khoảng 5,9% và trung bình khoảng 3,5%; suất tiêu hao nhiên liệu sai lệch trung bình 3,26%. Sai số này nằm trong giới hạn chấp nhận được và cho thấy mô hình có độ tin cậy tốt, phù hợp cho các phân tích tiếp theo.

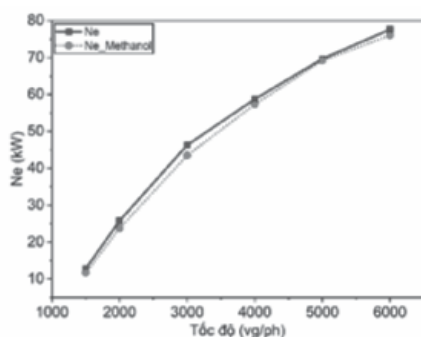


Hình 2. Kết quả mô phỏng và catalogue.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả tính toán mô phỏng công suất và các thành phần độc hại của động cơ khi sử dụng xăng và hoàn toàn Methanol cung cấp bằng phun trên đường nạp ở các chế độ tốc độ khác nhau và tại 100% tải được trình bày và phân tích dưới đây.

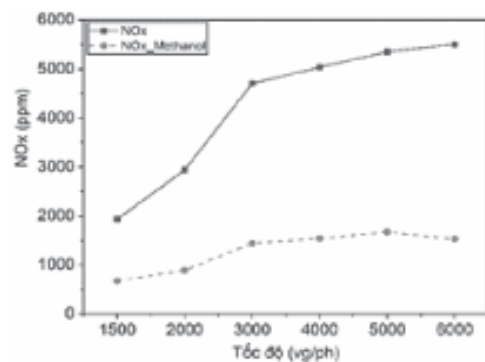
3.1. Công suất và suất tiêu hao nhiên liệu



Hình 3. Đồ thị công suất khi sử dụng nhiên liệu xăng và methanol.

Trên Hình 3, khi phun methanol với hệ số dư lượng không khí tương đương xăng, công suất động cơ hầu như không suy giảm đáng kể. Mức chênh lệch chỉ khoảng 2-8% và giảm dần khi tải tăng, gần như không đáng kể ở vùng tốc độ cao. Mặc dù methanol có giá trị nhiệt thấp hơn, nhưng nhờ đặc tính cháy tốt và chỉ số octan cao, động cơ vẫn duy trì công suất gần tương đương xăng khi điều kiện vận hành được tối ưu.

3.2. Khí thải NO_x

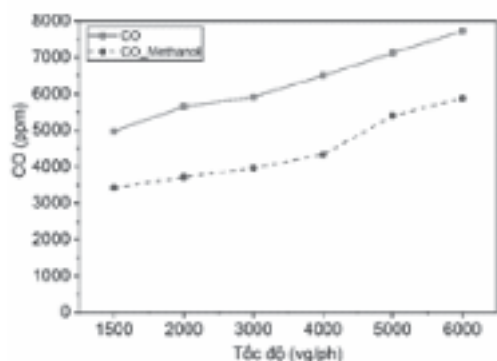


Hình 4. Đồ thị khí thải NO_x .

Kết quả Hình 4 cho thấy phát thải NO_x khi sử dụng methanol thấp hơn đáng kể so với xăng, với mức giảm khoảng 60-70% trong toàn bộ dải khảo sát. Nguyên nhân chủ yếu do methanol có nhiệt hóa hơi lớn làm giảm nhiệt độ cháy, từ đó hạn chế sự hình thành NO_x . Điều này khẳng định ưu thế của methanol trong việc giảm phát thải NO_x .

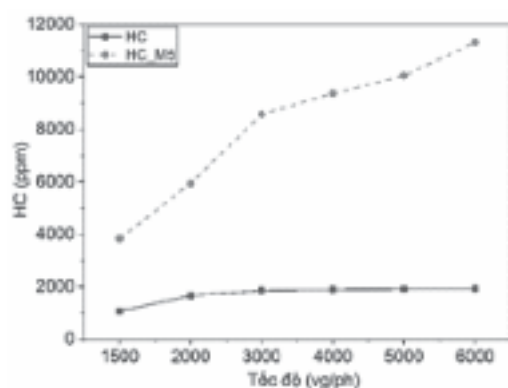
3.3. Khí thải CO

Kết quả Hình 5 cho thấy phát thải CO khi sử dụng methanol thấp hơn rõ rệt so với xăng, với mức giảm khoảng 24-34% (trung bình ~30%) trong toàn bộ dải khảo sát. Nguyên nhân chủ yếu do methanol chứa oxy trong phân tử và có tỷ lệ H/C cao, giúp quá trình cháy hoàn thiện hơn. Tuy nhiên, ở tốc độ cao mức giảm có xu hướng giảm nhẹ do hỗn hợp trở nên giàu.



Hình 5. Đồ thị khí thải CO.

3.4. Khí thải HC



Hình 6. Đồ thị khí thải HC.

Trên Hình 6, phát thải HC khi sử dụng methanol cao hơn xăng khoảng 250-490% và tăng theo điều kiện làm việc của động cơ. Nguyên nhân chủ yếu do nhiệt hóa hơi lớn làm giảm nhiệt độ buồng cháy, dẫn đến cháy không hoàn toàn. Tuy nhiên, mức tăng này có thể được kiểm soát bằng tối ưu hóa quá trình cháy, trong khi methanol vẫn cho thấy ưu thế trong việc giảm CO và NO_x.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy methanol làm thay đổi rõ rệt đặc tính phát thải so với xăng, với CO giảm khoảng 30% và NO_x giảm 60-70%, trong khi HC tăng 250-490% do

cháy chưa hoàn toàn. Tuy nhiên, xét tổng thể, methanol vẫn có tiềm năng lớn trong việc giảm các chất ô nhiễm chính, và nhược điểm về HC có thể được khắc phục bằng các giải pháp tối ưu hóa và xử lý khí thải. ❖

Ngày nhận bài: 02/4/2026

Ngày phản biện: 12/4/2026

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Konstantinos I. Kiouranakis, Peter de Vos, Konstantinos Zoumpourlos, et al., “Methanol for heavy-duty internal combustion engines: Review of experimental studies and combustion strategies”. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2025; 214: 115529.
- [2]. Nguyen Van Tuan and Nguyen The Truc, “Evaluation of the Effects of MTBE–Methanol–Gasoline Fuel on the Energy Performance and Emission Characteristics of an Engine”. Journal of Applied Science and Engineering 2026; 31: 1-11.
- [3]. C. Jin, T. Sun, T. Xu, and et al., “Influence of Glycerol on Methanol Fuel Characteristics and Engine Combustion Performance”. Energies 2022; 15: 6585.
- [4]. Verhelst, S.; Turner, J.W.; Sileghem, L.; Vancoillie, J., “Methanol as a fuel for internal combustion engines”. Prog. Energy Combust. Sci. 2019, 70: 43-88.
- [5]. AVL, 2021, “Thermodynamic cycle simulation Boost, Primary”. AVL Boost Documentation 2021.