

# Đánh giá ảnh hưởng của hỗn hợp nhiên liệu ethanol-diesel đến chỉ tiêu kinh tế và môi trường động cơ diesel

■ **ThS. TRẦN ÁNH VIÊN**

*Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp*

Email: tavien@uneti.edu.vn

**TÓM TẮT:** Vấn đề ô nhiễm môi trường do phương tiện giao thông gây ra đang trở nên ngày càng cấp bách, đòi hỏi các hãng sản xuất động cơ phải tìm ra các giải pháp có thể giảm ô nhiễm môi trường, đặc biệt là với động cơ diesel. Trong thời gian gần đây, vấn đề nghiên cứu sử dụng nhiên liệu ethanol trên động cơ diesel được quan tâm nhiều vì có nhiều lợi thế so với nhiên liệu truyền thống như giảm được phát thải độc hại và là nguồn bổ sung nhiên liệu thay thế cho nhiên liệu hóa thạch đang trở nên cạn kiệt. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của hỗn hợp ethanol-diesel đến chỉ tiêu kinh tế và môi trường của động cơ diesel. Nghiên cứu này được thực hiện trên phần mềm AVL-BOOST. Đối tượng nghiên cứu là động cơ diesel 4 xy-lanh phun trực tiếp và ethanol được phun ngoài cửa nạp nhằm tạo ra hỗn hợp đồng nhất. Chế độ mô phỏng tại tốc độ động cơ từ 1.600 đến 3.200 vòng/phút và tại chế độ lượng nhiên liệu cấp là 0,017 [g/chu trình]. Ứng với mỗi chế độ tốc độ tỷ lệ ethanol được thay thế cho diesel tương ứng là 0% (DE0), 10% (DE10), 20% (DE20), 30% (DE30), 40% (DE40), 50% (DE50). Kết quả nghiên cứu cho thấy khi tăng tỷ lệ ethanol thay thế, phát thải Soot và NO<sub>x</sub> và suất tiêu hao năng lượng giảm.

**TỪ KHÓA:** Diesel, ethanol, lượng nhiên liệu, động cơ diesel.

**ABSTRACT:** The problem of environmental pollution caused by vehicles is becoming increasingly urgent, requiring engine manufacturers to find solutions that can reduce environmental pollution, especially with diesel engines. In recent times, research into the use of ethanol fuel in diesel engines has received a lot of attention because it has many advantages compared to fossil fuels, such as reducing toxic emissions and being an alternative fuel source to replace fossil fuel that is becoming depleted. This paper presents the results evaluation of the influence of ethanol-diesel blend on economic and environmental indicators of diesel engines. This study was carried out using AVL-BOOST software. The research object is a 4-cylinder diesel engine with direct injection, and ethanol is sprayed outside the intake to create a homogeneous mixture. Simulation mode at engine speed from 1600 to 3200 RPM and the mode the

amount of fuel supplied is 0.017 [g/cycle]. For each speed mode, the percentage of ethanol replaced for diesel is 0% (DE0), 10% (DE10), 20% (DE20), 30% (DE30), 40% (DE40), and 50% (DE50), respectively. Research results show that Soot and NO<sub>x</sub> emissions and energy consumption decrease with increasing ethanol substitution ratio.

**KEYWORDS:** Diesel, ethanol, dual-fuel, diesel engine.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, ở phân khúc xe du lịch và xe hạng nhẹ, các loại xe sử dụng động cơ diesel đang dần bị thay thế bởi động cơ xăng và xe điện do động cơ diesel phát thải ra môi trường nhiều phát thải độc hại [3]. Tuy nhiên, trên các phương tiện hạng trung và hạng nặng khó có thể thay thế hoàn toàn được động cơ diesel vì những thiết bị này yêu cầu công suất lớn và hiệu suất nhiệt cao [2]. Hơn nữa, việc sử dụng nhiên liệu diesel cần phải trang bị thêm hệ thống luân hồi khí xả, hệ thống phun amoniac và bộ xử lý xúc tác 3 đường để hạn chế để phát thải động cơ có thể đáp ứng các tiêu chuẩn khí thải nghiêm ngặt [4]. Các thiết bị xử lý khí xả này chứa các chất xúc tác đắt tiền nên chi phí phương tiện tăng đáng kể. Các giải pháp kỹ thuật này có thể kiểm soát được các phát thải như CO, HC, NO<sub>x</sub> và PM, nhưng không kiểm soát được phát thải CO<sub>2</sub> - một trong những khí gây ra hiệu ứng nhà kính và gây ra biến đổi khí hậu [7]. Cũng vì lý do này, các quốc gia trên thế giới đã ký Thỏa thuận Paris vào năm 2015 cam kết nỗ lực hạn chế lượng khí thải CO<sub>2</sub> và đạt được mức trung hòa carbon vào năm 2050 [6]. Tăng hiệu suất nhiệt của động cơ có thể giảm phần nào lượng khí thải CO<sub>2</sub>, tuy nhiên các công nghệ tiên tiến để cải tiến hiệu suất động cơ gần như đã bão hòa nên giải pháp này khó thực hiện được. Do đó, sử dụng nhiên liệu thay thế không có carbon hoặc ít carbon là cách tốt nhất để giảm đáng kể lượng khí thải CO<sub>2</sub>, đặc biệt là trong lĩnh vực sử dụng động cơ đốt trong, loại nhiên liệu này bao gồm LPG, CNG, ethanol, hydro và amoniac. Trong các loại nhiên liệu đó thì sử dụng ethanol thay thế một phần cho nhiên liệu diesel truyền thống đã được chứng minh là có hiệu

quả cao trong việc tăng được hiệu suất nhiệt và giảm được phát thải độc hại cho động cơ diesel do trong thành phần ethanol có chứa oxy và ít carbon hơn nhiên liệu diesel. Thêm nữa, nhiên liệu ethanol hoàn toàn có thể sản xuất được từ nhiều nguồn khác nhau từ các sản phẩm trong nông nghiệp và sinh khối, nên có thể đảm bảo được vấn đề an ninh năng lượng của mỗi quốc gia. Sử dụng nhiên liệu ethanol trên động cơ diesel ngoài việc giảm được phát thải độc hại nó còn góp phần thay thế một phần cho nhiên liệu có nguồn gốc từ hóa thạch đang dần cạn kiệt. Vì vậy, nghiên cứu sử dụng ethanol trên động cơ diesel là rất cần thiết. Trong nghiên cứu này, tác giả tập trung đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ ethanol thay thế cho nhiên liệu diesel đến chỉ tiêu kinh tế và môi trường động cơ diesel.

## 2. MÔ HÌNH HÓA ĐỘNG CƠ DIESEL SỬ DỤNG HỖN HỢP NHIÊN LIỆU ETHANOL-DIESEL

### 2.1. Lý thuyết xây dựng mô hình mô phỏng

Mô hình mô phỏng động cơ được xây dựng trên phần mềm AVL BOOST. Tác giả sử dụng mô hình cháy AVL-MCC, mô hình truyền nhiệt của Woschni 1978 [8]. Theo lý thuyết nhiệt động học I, thông số tốc độ tỏa nhiệt  $dQ_F/d\phi$  của mô hình cháy AVL-MCC được xác định như sau:

$$\frac{dQ_F}{d\phi} = C_{mod} \cdot f_1(M_F, Q) \cdot f_2(k, V) \quad (1)$$

$$f_1(M_F, Q) = M_F \cdot \frac{Q}{LVC} \quad (2)$$

$$f_2(k, V) = \exp\left(C_{rate} \cdot \frac{\sqrt{k}}{3\sqrt{V}}\right) \quad (3)$$

Trong đó:

$C_{mod}$  - Mô hình không đổi [kJ/kg<sup>0</sup>TK];

$C_{rate}$  - Hằng số tốc độ hòa trộn [s];

$K$  - Mật độ của động năng chuyển động cục bộ [m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>];

$M_F$  - Khối lượng nhiên liệu phun [kg];

$LVC$  - Nhiệt trị thấp [kJ/kg];

$Q$  - Nhiệt tích lũy [kJ];

$V$  - Thể tích xy-lanh tức thời [m<sup>3</sup>];

$\phi$  - Góc quay trục khuỷu [°TK].

Mô hình tỏa nhiệt Woschni 1978 dùng cho động cơ phun trực tiếp, buồng cháy thống nhất. Hệ số truyền nhiệt của mô hình Woschni 1978 tính cho quá trình nén và cháy giãn nở theo phương trình sau:

$$\alpha_w = 130 \cdot D^{-0,2} \cdot p_c^{0,8} \cdot T_{c,1}^{-0,53} \cdot \left[ C_1 \cdot c_m + C_2 \cdot \frac{V_D \cdot T_{c,1}}{p_{c,1} \cdot V_{c,1}} \cdot (p_c - p_{c,o}) \right]^{0,8} \quad (4)$$

Trong đó:

$C_1 = 2,28 + 0,308 \cdot c_u / c_m$ ;

$C_2 = 0,00324$  động cơ phun trực tiếp;

$C_2 = 0,00622$  động cơ phun gián tiếp;

$D$  - Đường kính xy-lanh;

$p_c$  - Áp suất môi chất trong xy-lanh;

$T_{c,1}$  - Nhiệt độ môi chất khí đóng xu-pap nạp;

$c_m$  - Tốc độ trung bình của piston.

$c_u = \pi \cdot D \cdot n_d / 60$ ;

$n_d$  - Tốc độ xoay của môi chất;

$V_D$  - Thể tích công tác của 1 xy-lanh;

$p_{c,o}$  - Áp suất khí trời;

$p_{c,1}$  - Áp suất khí chất khi đóng xu-pap nạp.

### 2.2. Đối tượng mô phỏng

Đối tượng mô phỏng là động cơ diesel 490QZL 4 xy-lanh 4 kỳ với đường nạp được cải tiến lắp thêm vòi phun

để cung cấp ethanol bên ngoài xy-lanh. Các thông số kỹ thuật của động cơ được trình bày cụ thể trong Bảng 2.1.

**Bảng 2.1. Thông số kỹ thuật của động cơ**

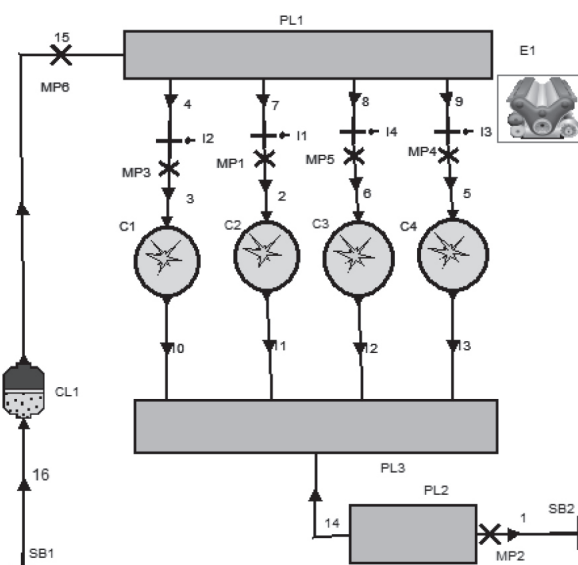
| Thông số              | Giá trị                         |
|-----------------------|---------------------------------|
| Tên động cơ           | 490 QZL, 4 xy-lanh              |
| Công suất lớn nhất    | 80 HP/3.200 (v/p)               |
| Mô-men xoắn cực đại   | 180 Nm/2000 (v/p)               |
| Đường kính xy-lanh    | 89,5 mm                         |
| Hành trình piston     | 89,5 mm                         |
| Dung tích xy-lanh     | 2,545 lít                       |
| Tỷ số nén             | 17:1                            |
| Số vòng quay định mức | 3.200 v/p                       |
| Xu-pap nạp            | Mở sớm 12°TK<br>Đóng muộn 38°TK |
| Xu-pap thải           | Mở sớm 50°TK<br>Đóng muộn 14°TK |

Nhiên liệu được sử dụng trong mô phỏng là diesel và ethanol với một số tính chất hóa lý cơ bản như trong Bảng 2.2.

**Bảng 2.2. Tính chất nhiên liệu**

| Thông số                                                        | Diesel  | Ethanol |
|-----------------------------------------------------------------|---------|---------|
| Hệ số không khí lý thuyết (kg <sub>kk</sub> /kg <sub>nl</sub> ) | 14,7    | 8,96    |
| Nhiệt trị thấp (MJ/kg)                                          | 41,66   | 26,8    |
| Nhiệt hóa hơi (kJ/kg)                                           | 270     | 840     |
| Nhiệt độ tự cháy (K)                                            | 500     | 665     |
| Trị số xê-tan                                                   | 45 - 50 | 5 - 8   |
| Phần trăm khối lượng carbon                                     | 87      | 52,2    |
| Phần trăm khối lượng hydro                                      | 13      | 13      |
| Phần trăm khối lượng oxy                                        | 0       | 34,8    |

### 2.3. Xây dựng mô hình động cơ diesel sử dụng hỗn hợp nhiên liệu ethanol-diesel



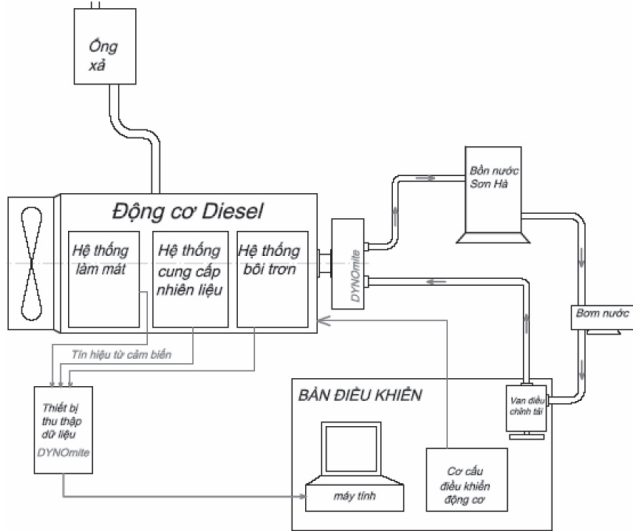
**Hình 2.1: Mô hình động cơ diesel sử dụng hỗn hợp nhiên liệu ethanol-diesel**

Dựa vào thông số kỹ thuật của động cơ thử nghiệm 490QZL để xây dựng mô hình động cơ này trên phần mềm AVL-BOOST như trong Hình 2.1. Trong mô hình trên, các phần tử  $I_1, I_2, I_3, I_4$  thể hiện các vòi phun ethanol bên ngoài

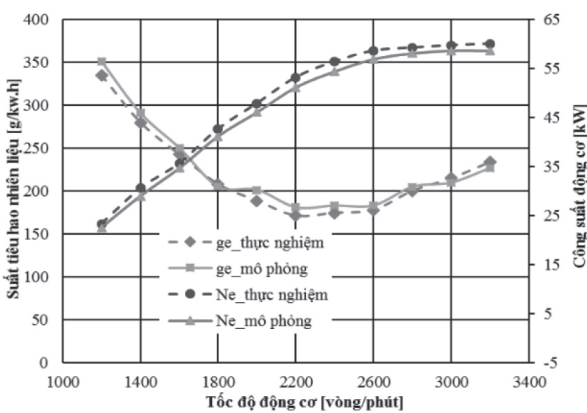
đường ống nạp động cơ. Chế độ làm việc của động cơ khi tính toán: Tốc độ động cơ thay đổi từ 1.600 vòng/phút đến 3.200 vòng/phút với bước thay đổi là 400 vòng/phút, động cơ chạy ở chế độ lượng nhiên liệu cấp là 0,017 [g/chu trình]. Ứng với mỗi chế độ tốc độ tỷ lệ ethanol được thay thế tương ứng là 0% (DE0), 10% (DE10), 20% (DE20), 30% (DE30), 40% (DE40), 50% (DE50). Tại mỗi chế độ chạy mô phỏng, suất tiêu hao năng lượng và phát thải động cơ được khảo sát và phân tích so sánh với trường hợp động cơ chạy 100% nhiên liệu diesel.

#### 2.4. Kiểm chứng tính xác thực của mô hình

Để kiểm chứng tính xác thực mô hình mô phỏng phải xây dựng đường cong thực nghiệm về đặc tính ngoài động cơ. Sơ đồ băng thử nghiệm được chỉ ra như trong Hình 2.2. Một số thông số chính của thiết bị thử nghiệm gồm: Phanh thủy lực và đo mô-men kích cỡ 13 inches hãng sản xuất Land & Sea - USA. Đo mô-men theo nguyên lý đo biến dạng, cấp chính xác 0,5% FS. Điều khiển tải bằng van nước.



Hình 2.2: Sơ đồ thiết bị thử nghiệm động cơ



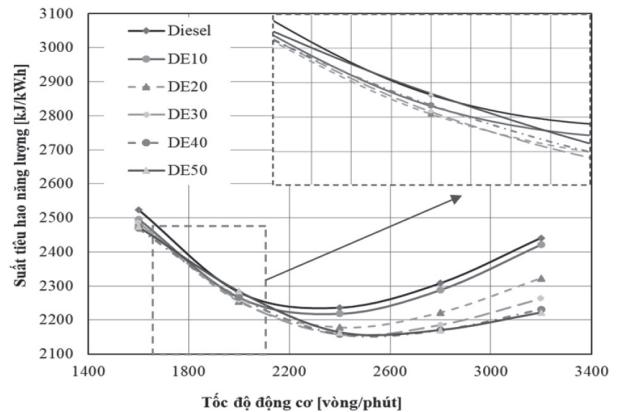
Hình 2.3: Đường đặc tính động cơ mô phỏng và thực nghiệm

Các đầu đo bao gồm: Đầu đo áp suất, đầu đo áp suất nhiên liệu, đầu đo tiêu hao nhiên liệu, đầu đo nhiệt độ dầu động cơ, đầu đo nhiệt độ nước làm mát, thiết bị đo khí thải, đầu đo áp suất buồng đốt động cơ diesel. Dựa vào đồ thị Hình 2.3 ta thấy đường đặc tính mô phỏng và thực nghiệm sai khác nhau rất nhỏ (sai lệch trung bình là 3,2%), vì vậy mô hình có thể sử dụng được để tính toán mô phỏng.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Ảnh hưởng hỗn hợp nhiên liệu ethanol-diesel đến suất tiêu hao năng lượng động cơ

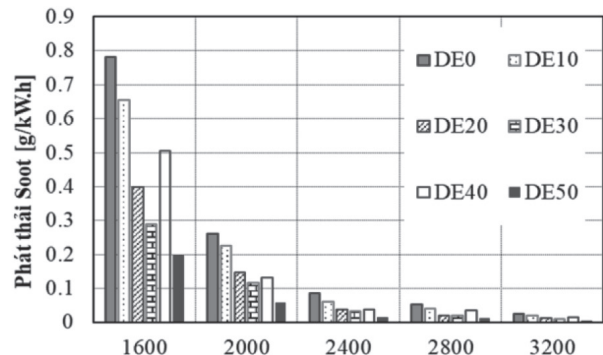
Hình 3.1 chỉ ra kết quả tính toán ảnh hưởng của ethanol đến suất tiêu hao năng lượng trên toàn bộ dải hoạt động của động cơ. Tỷ lệ ethanol thay thế cho dầu diesel có ảnh hưởng rất lớn đến hiệu suất cháy của động cơ và tỷ lệ ethanol thay thế càng nhiều thì hiệu quả cháy của nhiên liệu càng cao. Điều này được thể hiện rõ trên Hình 3.1, khi tăng tỷ lệ ethanol thay thế cho dầu diesel thì suất tiêu hao năng lượng của động cơ càng giảm (điều này thể hiện là nhiên liệu cháy triệt để hơn nên hiệu quả sử dụng năng lượng của động cơ cao hơn). Kết quả nghiên cứu này cũng tương tự như trong các nghiên cứu [1, 5].



Hình 3.1: Ảnh hưởng của hỗn hợp nhiên liệu ethanol-diesel đến suất tiêu hao năng lượng

Ngoài ra, ở chế độ dải vòng tua máy thấp từ 1.600 - 2.000 vòng/phút, lượng ethanol thay thế ảnh hưởng đến hiệu suất cháy nhỏ nên suất tiêu hao năng lượng giảm ít hơn so với trường hợp 100% diesel. Tuy nhiên, khi tăng số vòng tua máy từ 2.000 - 3.200 vòng/phút thì suất tiêu hao năng lượng giảm đáng kể. Khi thay thế lượng ethanol cho dầu diesel có thể làm tăng hiệu suất cháy được giải thích là do trong phân tử ethanol có chứa oxy nên nó dễ bị oxy hóa hoàn toàn. Thêm nữa, ethanol dễ bay hơi và hòa trộn hơn dầu diesel nên hỗn hợp hòa trộn đều hơn so với sử dụng 100% nhiên liệu diesel.

#### 3.2. Ảnh hưởng hỗn hợp nhiên liệu ethanol-diesel đến phát thải Soot động cơ diesel

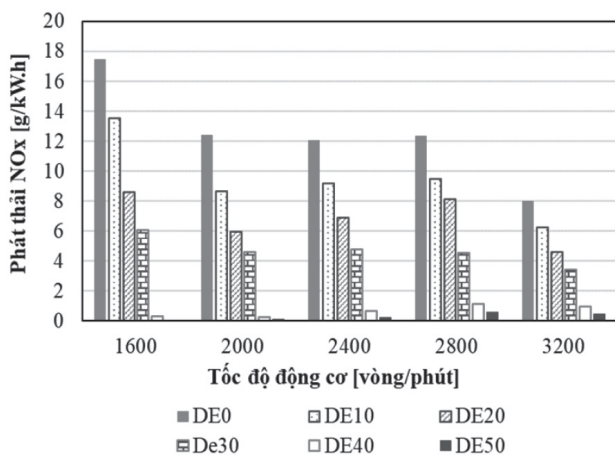


Hình 3.2: Ảnh hưởng của hỗn hợp nhiên liệu ethanol-diesel đến phát thải Soot

Phát thải Soot trên động cơ diesel được các hãng sản xuất động cơ quan tâm nhiều vì nó thường nghiêm trọng hơn so với động cơ xăng. Khi thay thế lượng ethanol cho dầu diesel có thể làm giảm được nhiều phát thải Soot, đây là một lợi thế lớn khi sử dụng ethanol thay thế cho dầu diesel. Điều này được thể hiện trên Hình 3.2, lượng ethanol thay thế cho dầu diesel có thể làm giảm được phát thải Soot, khi càng tăng tỷ lệ ethanol thay thế cho dầu diesel thì phát thải Soot giảm càng nhiều. Thêm nữa, ở vòng tua máy càng cao thì phát thải Soot càng giảm mạnh. Phát thải Soot giảm khi tăng tỷ lệ ethanol thay thế là do ethanol có khả năng hóa hơi nhanh hơn so với dầu diesel nên lượng bồ hóng hình thành ít hơn. Ở chế độ vòng tua máy lớn thì khả năng vận động rối của dòng khí trong xy-lanh mạnh nên nhiên liệu hóa hơi tốt hơn dẫn đến giảm phát thải Soot.

### 3.3. Ảnh hưởng hỗn hợp nhiên liệu ethanol-diesel đến phát thải $\text{NO}_x$

Hình 3.3 chỉ ra kết quả tính toán ảnh hưởng của tỷ lệ ethanol thay thế đến phát thải  $\text{NO}_x$ . Kết quả tính toán chỉ ra rằng, khi thay thế ethanol cho dầu diesel phát thải  $\text{NO}_x$  có xu hướng giảm mạnh. Lượng ethanol thay thế càng nhiều thì phát thải  $\text{NO}_x$  càng giảm mạnh. Thêm nữa, khi tăng tốc độ vòng tua máy thì phát thải  $\text{NO}_x$  có xu hướng giảm. Phát thải  $\text{NO}_x$  hình thành trong động cơ là do các điều kiện nhiệt độ và nồng độ ô xy trong buồng đốt cao. Khi thay thế ethanol cho dầu diesel thì nhiệt độ cháy trong buồng đốt động cơ giảm (do nhiệt trị ethanol thấp hơn nhiều so với nhiệt trị dầu diesel), điều này dẫn đến phát thải  $\text{NO}_x$  có xu hướng giảm khi tăng tỷ lệ ethanol thay thế.



Hình 3.3: Ảnh hưởng của hỗn hợp nhiên liệu ethanol-diesel đến phát thải  $\text{NO}_x$

### 4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của lượng ethanol thay thế cho dầu diesel khi chuyển đổi động cơ diesel sang chạy lưỡng nhiên liệu rút ra một số kết luận sau:

- Lượng ethanol thay thế cho dầu diesel càng nhiều thì suất tiêu hao năng lượng động cơ càng giảm, điều này chứng tỏ rằng lượng ethanol thay thế có thể làm tăng hiệu

suất cháy của nhiên liệu và tăng được khả năng cháy hoàn toàn nhiên liệu.

- Phát thải Soot giảm mạnh khi tăng tỷ lệ ethanol thay thế, đây là một lợi thế lớn khi sử dụng ethanol thay thế một phần cho nhiên liệu diesel. Phát thải Soot giảm là do ethanol có khả năng hóa hơi tốt hơn dầu diesel nên chất lượng hỗn hợp hình thành trong buồng cháy tốt hơn.

- Phát thải  $\text{NO}_x$  giảm mạnh khi tăng tỷ lệ ethanol thay thế cho dầu diesel. Phát thải  $\text{NO}_x$  giảm là do nhiệt trị của ethanol thấp hơn nhiều so với nhiệt trị nhiên liệu diesel nên nhiệt độ cháy trong buồng đốt giảm mạnh khi tăng tỷ lệ ethanol thay thế.

### Tài liệu tham khảo

- [1]. M. Abu-Qudais, O. Haddad và M. Qudaisat (2000), *The effect of alcohol fumigation on diesel engine performance and emissions*, *Energy Conversion and Management* 41, 389-399.
- [2]. Malaiperumal V, Saravanan CG, Raman V, Kirubakaran RK, Pandiarajan P, Sonthalia A, et al, *Effect of intake port design modifications on diesel engine characteristics fuelled by pine oil-diesel blends*, <https://doi.org/10.1080/15567036.2022.2038312>.
- [3]. Malaquias ACT, Netto NAD, Filho FAR, da Costa RBR, Langeani M, Baeta JGC, *The misleading total replacement of internal combustion engines by electric motors and a study of the Brazilian ethanol importance for the sustainable future of mobility: a review*, *J Braz Soc Mech Sci Eng* 2019;41, <https://doi.org/10.1007/S40430-019-2076-1>.
- [4]. Martinovic F, Castoldi L, Deorsola FA, *Aftertreatment technologies for diesel engines: an overview of the combined systems*, *Catalysts* 2021;11:653, <https://doi.org/10.3390/CATAL11060653>. 2021;11:653.
- [5]. R. Vasanthakumar, M. Loganathan, S. Chockalingam, M. Vikneswaran, M. Manickam, *A study on the effect of hydrogen enriched intake air on the characteristics of a diesel engine fueled with ethanol blended diesel*, *International Journal of Hydrogen Energy*, Available online 21 March 2023.
- [6]. Raiser K, Kornek U, Flachsland C, Lamb WF, *Is the Paris Agreement effective? A systematic map of the evidence*, *Environ Res Lett* 2020; 15:083006, <https://doi.org/10.1088/17489326/AB865C>.
- [7]. Thiagarajan S, Edwin Geo V, Martin LJ, Nagalingam B., *Comparative analysis of various methods to reduce CO<sub>2</sub> emission in a biodiesel fueled CI engine*, *Fuel* 2019; 253:146e58, <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2019.04.163>.
- [8]. Woschni (1967), *A Universally Applicable Equation for the Instantaneous Heat Transfer Coefficient in Internal Combustion Engines*, SAE 670093.

Ngày nhận bài: 17/4/2024

Ngày nhận bài sửa: 24/4/2024

Ngày chấp nhận đăng: 17/5/2024