

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CHẾ TẠO HỆ THỐNG PHUN XĂNG ĐIỆN TỬ
THAY THẾ BỘ CHẾ HÓA KHÍ TRÊN ĐỘNG CƠ UMZ-4218RESEARCH ON DESIGN AND MANUFACTURE OF ELECTRONIC FUEL
INJECTION SYSTEM TO REPLACE CARBURETOR ON UMZ-4218 ENGINE

PHẠM XUÂN PHƯƠNG, NGUYỄN VĂN DƯƠNG*

Viện Cơ khí động lực, Học viện Kỹ thuật quân sự

*Email liên hệ: duongnv@lqdtu.edu.vn

DOI: <https://doi.org/10.65154/jmst.2025.i84.859>**Tóm tắt**

Trong những năm gần đây, công nghệ phun xăng điện tử đã giúp cho động cơ chạy xăng tăng đáng kể hiệu suất và giảm phát thải. Tuy nhiên, số lượng động cơ đời cũ sử dụng bộ chế hòa khí với hiệu suất thấp và phát thải cao vẫn đang được sử dụng khá phổ biến. Để nâng cao hiệu suất và giảm phát thải cho những động cơ này thì việc cải tiến hệ thống nhiên liệu là điều cần thiết. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thay thế bộ chế hòa khí bằng hệ thống phun xăng điện tử trên động cơ UMZ-4128. Kết quả nghiên cứu cho thấy, sau khi thay thế hệ thống phun xăng điện tử, công suất của động cơ tăng tới 24%, suất tiêu hao nhiên liệu giảm tới 24,5%. Bên cạnh đó, lượng phát thải CO₂ và NO_x cũng giảm tới 15% (đối với CO₂) và 39% đối với NO_x.

Từ khóa: Hệ thống phun xăng điện tử, bộ chế hòa khí, UMZ-4128, phát thải, hiệu suất.

Abstract

Electronic fuel injection (EFI) technology has, in recent years, significantly enhanced the operational efficiency and reduced the exhaust emissions of gasoline engines. Nevertheless, a considerable population of legacy engines equipped with carburetors, characterized by inherently lower efficiency and greater pollutant generation, continues to be widely operated. To improve the performance metrics and environmental impact of such engines, upgrading the fuel delivery system is imperative. This study presents the results of research on replacing the carburetor with an electronic fuel injection system on the UMZ-4128 engine. Experimental results demonstrate that subsequent to the implementation of the EFI system, the engine exhibited an increase in power output of up to 24% and a reduction in specific fuel consumption

of up to 24.5%. Furthermore, significant reductions in emissions were observed, with CO₂ levels decreasing by up to 15% and NO_x levels decreasing by up to 39%.

Keywords: Electronic fuel injection system, Carburetor, UMZ-4128, Emissions, Performance.

1. Mở đầu

Ô nhiễm môi trường và biến đổi khí hậu đang là thách thức lớn đối với thế giới hiện nay. Trong các vấn đề liên quan đến “biến đổi khí hậu” thì sự nóng lên toàn cầu là mối lo ngại lớn của các nước trên thế giới. Một trong các tác nhân chủ yếu gây ra sự nóng lên toàn cầu là sự gia tăng khí nhà kính (GHG) như khí carbon dioxide (CO₂) và oxit nitơ (N₂O) [1].

Hiện nay, việc vận chuyển hàng hóa và con người đóng góp khoảng 25% lượng khí thải CO₂ toàn cầu từ quá trình đốt cháy nhiên liệu hóa thạch [2]. Để đối đầu với những thách thức về ô nhiễm môi trường và biến đổi khí hậu, trên thế giới đã áp dụng nhiều biện pháp khoa học công nghệ khác nhau trong lĩnh vực động cơ đốt trong. Trong đó, chủ yếu theo hai con đường: (i) cải tiến động cơ đốt trong, nhằm tăng hiệu suất và giảm phát thải [2, 3]; (ii) Sử dụng nhiên liệu thay thế, bao gồm nhiên liệu sinh học, khí tự nhiên, hydro, nhiên liệu tổng hợp, nhiên liệu điện, khí hóa lỏng (LPG), metanol,... [2, 4]. Biện pháp (ii) được cho là biện pháp hữu hiệu và triệt để nhất. Tuy nhiên, theo dự đoán thì trong nhiều năm tới, số lượng xe chạy động cơ đốt trong sử dụng nhiên liệu hóa thạch vẫn chiếm phần lớn sản lượng xe được sản xuất hằng năm [2, 5]. Vì vậy, trong vài thập kỷ gần đây và trong các năm tới, biện pháp (i) vẫn được các nhà sản xuất ưu tiên lựa chọn, liên quan đến việc đáp ứng nhu cầu khách hàng và các cam kết về bảo vệ môi trường hằng năm.

Felix Leach và các cộng sự đã đưa ra cái nhìn tổng quan về cải tiến động cơ đốt trong, và nhiều báo cáo khác cũng chỉ ra rằng, tối ưu quá trình phun, hòa trộn nhiên liệu và đốt cháy được coi là hướng đi triển vọng nhất [6-8]. Tối ưu quá trình phun, hòa trộn nhiên liệu

và đốt cháy kết hợp với các công nghệ hiện đại có thể giảm mức tiêu thụ nhiên liệu tới 30% và theo đó là giảm phát thải khí nhà kính (GHG) [6]. Tuy rằng động cơ phun xăng cùng những nỗ lực cải tiến động cơ nhằm tăng hiệu suất và giảm phát thải đã được phát triển trong những năm gần đây, tuy nhiên lượng phát thải GHG do động cơ đốt trong vẫn còn chiếm tỉ lệ rất lớn [2]. Một trong những nguyên nhân được nhóm tác giả nhận thấy là do số lượng động cơ cũ (động cơ sử dụng bộ chế hòa khí) vẫn còn được sử dụng rộng rãi, đặc biệt là ở các nước đang phát triển, và trong các phương tiện quốc phòng cũ. Với hiệu suất thấp và mức độ phát thải cao, các động cơ kiểu cũ góp phần không nhỏ trong tổng số lượng nhiên liệu tiêu thụ và phát thải hàng năm từ động cơ đốt trong.

Tại Việt Nam hiện nay, động cơ đời mới sử dụng phun xăng điện tử được sử dụng chủ yếu, tuy nhiên, vẫn còn số lượng lớn động cơ sử dụng chế hòa khí trong lĩnh vực vận tải và trong quốc phòng. Các dòng xe UAZ sử dụng họ động cơ UMZ là một ví dụ điển hình cho vấn đề này. Theo thông số nhà sản xuất đưa ra thì động cơ UMZ-4128 có dung tích xi lanh tới 2,5L, công suất 92HP, và có tiêu thụ nhiên liệu trung bình 15-16L/100Km, trong khi đó với cùng dung tích 2,5L thì động cơ hiện đại ngày nay có công suất tới hơn 200HP và chỉ cần 7-9L/100Km. Với cùng công suất 92HP thì động cơ ngày nay chỉ cần dung tích khoảng 1L và chỉ cần 4-5L/100Km. Tuy nhiên, thay thế các động cơ kiểu cũ bằng động cơ đời mới là việc làm hết sức khó khăn, vì vấn đề kinh tế, và gần như không thể thực hiện được. Vì vậy, việc cải tiến động cơ sử dụng chế hòa khí, nhằm tăng hiệu suất và giảm phát thải là nhiệm vụ hết sức cấp thiết tại thời điểm hiện nay. Adnan Katijan và cộng sự xem xét hiệu quả thay thế hệ thống phun nhiên liệu điện tử trên động cơ cỡ nhỏ dùng cho xe máy (động cơ Honda Wave 125cc), tuy nhiên trong báo cáo chưa đánh giá tới hiệu suất kinh tế của động cơ [9]. Nguyễn Thành Sa và cộng sự xem xét hiệu quả thay thế hệ thống phun nhiên liệu điện tử trên động cơ ô tô CORONA 1989, tuy nhiên lượng phát thải động cơ chưa được đề cập tới [10].

Như đã trình bày ở trên, tối ưu quá trình phun, hòa trộn nhiên liệu và đốt cháy được coi là hướng đi triển vọng nhằm tăng hiệu suất và giảm phát thải của động cơ đốt trong. Xét trong nhiệm vụ cụ thể, cải tiến động cơ sử dụng bộ chế hòa khí nhằm tăng hiệu suất và giảm phát thải, nhóm tác giả xem xét phương án thay thế hệ thống phun xăng điện tử cho động cơ chế hòa khí với các ưu điểm sau:

- Không thay đổi kết cấu cơ bản của động cơ.
- Có thể thay thế và lắp đặt hàng loạt

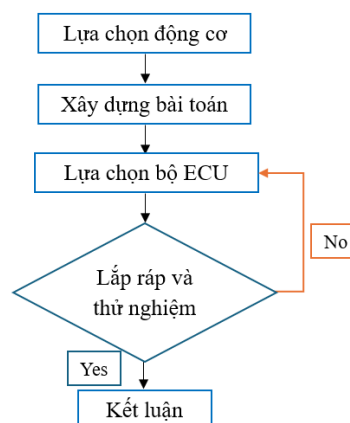
- Chi phí thấp.
- Kết cấu đơn giản, dễ lắp ráp

Với hy vọng tăng 5% hiệu suất và giảm phát thải 10%, phương pháp này được kỳ vọng sẽ giảm đáng kể phát thải và mức tiêu thụ nhiên liệu của động cơ ô tô đang sử dụng bộ chế hòa khí.

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Phương pháp thay thế hệ thống phun xăng

Để nghiên cứu chế tạo hệ thống phun nhiên liệu mới cho động cơ sử dụng bộ chế hòa khí, cần nghiên cứu, chế tạo và thực nghiệm các bộ phận và các chi tiết mới, toàn bộ quy trình sẽ là một khối lượng công việc rất lớn. Tuy nhiên xét theo yêu cầu thực tế và để giảm chi phí nghiên cứu chế tạo, nhóm tác giả lựa chọn các linh kiện tương thích với động cơ và có sẵn trên thị trường. Khi đó, các bước nghiên cứu, chế tạo được lược bỏ, thay vào đó là công việc nghiên cứu lựa chọn các chi tiết, bộ phận và bộ ECU tương thích với động cơ thử nghiệm. Sơ đồ nghiên cứu được trình bày như trên Hình 1. Trong quá trình lắp đặt và thử nghiệm cần kiểm tra khả năng tương thích của các bộ phận thay thế và hiệu quả kinh tế của động cơ sau cải tiến.



Hình 1. Sơ đồ nghiên cứu thay thế hệ thống phun xăng cho động cơ sử dụng chế hòa khí

2.2. Đối tượng nghiên cứu

Dựa vào các phân tích trong phần 1 và thực trạng sử dụng động cơ có hệ thống nhiên liệu kiểu chế hòa khí tại Việt Nam, nhóm tác giả lựa chọn động cơ UMZ-4218 trên xe UAZ-31519 làm đối tượng nghiên cứu. Thông số động cơ được thể hiện trên Bảng 1.

Qua phân tích đặc điểm kết cấu động cơ UMZ-4218, nhóm tác giả nhận thấy, để thay thế hệ thống nhiên liệu kiểu chế hòa khí bằng hệ thống nhiên liệu kiểu phun xăng điện tử cần xem xét các vấn đề sau:

- Lựa chọn phương pháp phun nhiên liệu tối ưu;

- Lựa chọn hệ thống điều khiển phù hợp;
- Lựa chọn hệ thống đánh lửa phù hợp;
- Lựa chọn/thiết kế đường nạp và vị trí, góc nghiêng của vòi phun nhiên liệu phù hợp.

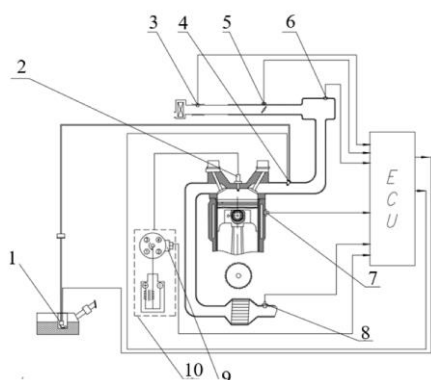
Bảng 1. Thông số kỹ thuật động cơ UMZ-4218

Số xy lanh	4
Thể tích công tác, [lít].	2,445
Tỷ số nén	7,0
Công suất định mức [kW]	60
Tại tốc độ vòng quay [v/ph]	4000
Mômen xoắn cực đại [Nm]	166,7
Tại tốc độ vòng quay, [v/ph]	2200-2500
Suất tiêu thụ nhiên liệu, [g/kWh]	286
Đường kính xy lanh và hành trình piston, [mm]	92x92
Tiêu chuẩn khí thải.	EURO-0

2.3. Phương án cải tiến các bộ phận, hệ thống

2.3.1. Cải tiến hệ thống nhiên liệu (HTNL)

Theo mục tiêu nghiên cứu, bộ chế hòa khí trên động cơ UMZ-4218 được thay thế bằng hệ thống phun xăng điện tử, trong đó bao gồm các hệ thống phun xăng có thể ứng dụng như hệ thống phun xăng đơn điểm, hệ thống phun xăng đa điểm, hệ thống phun xăng trực tiếp. Nhóm tác giả lựa chọn hệ thống phun xăng đa điểm với ưu điểm có thể phân phối hơi xăng đồng đều đến từng xy lanh và giảm thiểu xu hướng kích nổ bởi hòa khí loãng hơn. Hệ thống phun xăng trực tiếp cũng có thể đáp ứng yêu cầu trên, tuy nhiên hệ thống phun xăng trực tiếp cần thay đổi kết cấu nắp máy và có yêu cầu rất khắt khe về nhiên liệu. Qua quá



Hình 2. Sơ đồ hệ thống nhiên liệu sau cải tiến

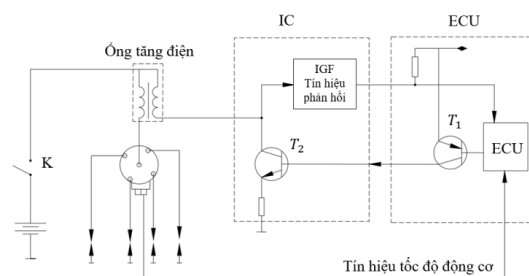
1-Bơm xăng, 2- Bugi đánh lửa, 3- Cảm biến lưu lượng khí nạp, 4- Vòi phun, 5- Cảm biến vị trí bướm ga, 6- Cảm biến nhiệt độ khí nạp, 7- Cảm biến nhiệt độ nước làm mát, 8- Cảm biến ôxi, 9 - Cảm biến tốc độ động cơ, 10 - Hệ thống đánh lửa.

trình phân tích lựa chọn, bộ các cảm biến và ECU được chọn đồng bộ của động cơ Toyota 7KE. Các cảm biến Oxy, cảm biến nhiệt độ khí nạp, Cảm biến lưu lượng khí nạp, cảm biến vị trí bướm ga được lắp đặt tương đồng với động cơ nguyên bản như trên Hình 2.

2.3.2. Cải tiến hệ thống đánh lửa (HTĐL)

Động cơ UMZ-4218 sử dụng HTĐL bán dẫn có tiếp điểm, vì vậy, dựa trên các ưu/nhược điểm của hệ thống cũ và kết cấu động cơ, nhóm tác giả lựa chọn cải tiến HTĐL bằng cách thay thế hệ thống cũ bằng HTĐL bán dẫn có tiếp điểm phù hợp với HTNL mới như trên Hình 3 với những lý do sau:

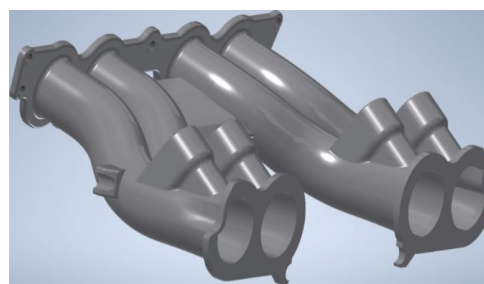
- Có thể tận dụng được chân bộ chia điện có sẵn có từ động cơ nguyên bản.
- Góc đánh lửa sớm được điều chỉnh tối ưu cho từng chế độ hoạt động của động cơ;
- Có khả năng điều khiển chống kích nổ cho động cơ;
- Ít bị hư hỏng, có tuổi thọ cao và không cần bảo dưỡng thường xuyên.



Hình 3. Sơ đồ hệ thống đánh lửa cải tiến

2.3.3. Thiết kế hệ thống nạp động cơ cải tiến

Hệ thống nạp đóng một vai trò quan trọng để cải thiện hiệu suất động cơ. Công suất, mô men xoắn và hiệu suất động cơ chịu ảnh hưởng bởi hình dáng hình học của đường ống nạp. Ngoài ra, đối với động cơ phun xăng điện tử thì vị trí, góc nghiêng, kết cấu vòi phun và áp suất phun có ảnh hưởng rất lớn đến hiệu suất của động cơ. Do đó, việc lựa chọn, thiết kế, tính toán đường ống nạp rất cần thiết trong quá trình cải



Hình 4. Mô hình đường ống nạp cho động cơ sau cải tiến

tiến động cơ. Dựa trên yêu cầu đối với hệ thống nạp và qua đánh giá chất lượng phun nhiên liệu bằng mô phỏng, nhóm tác giả lựa chọn được kết cấu của đường nạp và vị trí đặt vòi phun như Hình 4. Trong đó, góc nghiêng của vòi phun hợp với đường trục của cổ nạp một góc 25° và được lắp đặt ngay trước xupáp nạp.

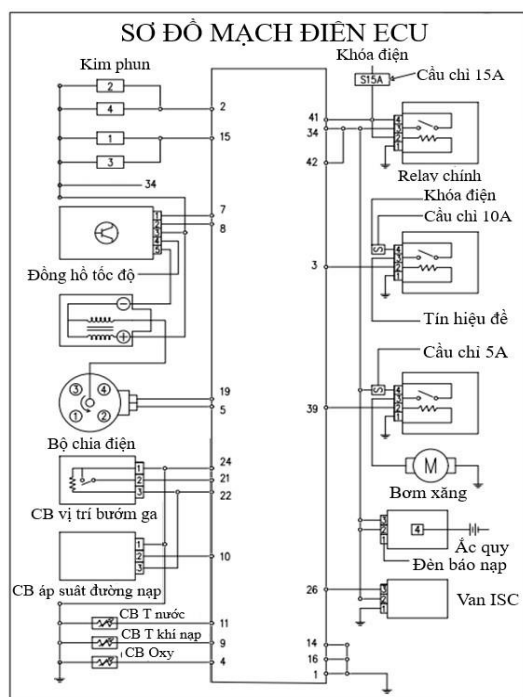
2.3.4. Cải tiến hệ thống điều khiển

Qua nghiên cứu, nhóm tác giả nhận thấy HTNL và HTĐL được lựa chọn là các loại đơn giản, thuận tiện cho việc lắp đặt, sử dụng và phù hợp với đối tượng nghiên cứu. Các cảm biến được lựa chọn bao gồm:

- Cảm biến tốc độ: Là cảm biến gắn liền với bộ chia điện (HTĐL có tiếp điểm);
- Cảm biến lưu lượng khí nạp;
- Cảm biến không tải;
- Cảm biến nhiệt độ nước làm mát;
- Cảm biến Oxy.

Sau khi lắp ráp các cảm biến và kết nối với hệ thống đánh lửa, hệ thống nhiên liệu, sơ đồ mạch điều khiển của động cơ như trên Hình 5.

Hệ thống điều khiển tiếp nhận thông tin từ cảm biến Oxy, kết hợp với các cảm biến khác để điều khiển lượng xăng phun vào động cơ theo tỉ số không khí/nhiên liệu (A/F) phù hợp.



Hình 5. Sơ đồ thay thế hệ thống phun xăng cho động cơ sử dụng chế hòa khí

3. Lắp ráp và thực nghiệm

3.1. Lắp ráp và chuẩn bị bộ thử

Hình ảnh động cơ sau cải tiến như Hình 6.

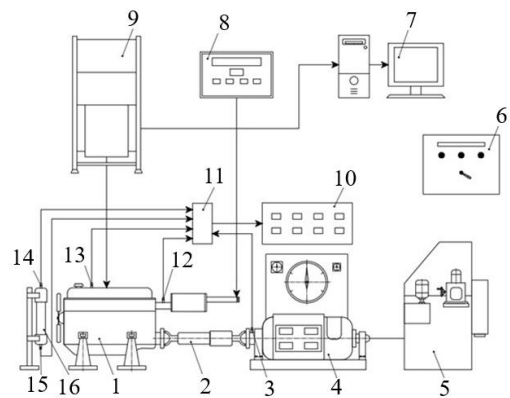


Hình 6. Động cơ sau khi hoàn cải hệ thống phun xăng điện tử

3.2. Thực nghiệm

Phần thực nghiệm được chia thành 2 bước :

- 1 - Thực nghiệm đo các thông số động cơ và phát thải của động cơ UMZ-4218 nguyên bản trên bộ thử;
- 2 - Thực nghiệm đo các thông số động cơ và phát thải của động cơ UMZ-4218 sử dụng hệ thống phun xăng điện tử trên bộ thử.



Hình 7. Bộ thử công suất – khí thải động cơ

1. Động cơ thử; 2. Trục các đăng; 3. Cảm biến tốc độ; 4. Phanh điện xoay chiều ba pha KII-2139B; 5. Biến trở kiểu chất lỏng; 6. Tủ điện điều khiển; 7. Máy tính; 8. Thiết bị phân tích khí xả E-8500 Plus; 9. Thiết bị đo mức tiêu thụ nhiên liệu AVL Fuel Balance 733S; 10. Pa nô điều khiển và hiển thị; 11. Hộp đấu dây cáp tín hiệu; 12. Cảm biến

Việc đánh giá các chỉ số công suất và mức tiêu hao nhiên liệu trên động cơ UMZ-4218 được thực hiện tại các chế độ tốc độ 1600, 1800, 2000 và 2200 v/ph. Tại

mỗi chế độ tốc độ, tải động cơ được tăng dần từ không tải (mô men 0-25Nm); tải nhỏ (40-60Nm); tải vừa (80-120Nm) và toàn tải (140-175Nm). Việc đo các thông số tải và tốc độ được thực hiện liên tục và đồng bộ theo thời gian.

Kết quả thu được từ bộ thử bao gồm tốc độ trục khuỷu, lưu lượng nhiên liệu, lực phanh và hàm lượng khí thải.

Sơ đồ bộ thử như Hình 7.

4. Kết quả

Kết quả thực nghiệm so sánh động cơ trước và sau khi hoán cải hệ thống phun xăng điện tử được thể hiện trong các Hình 8 - 14.

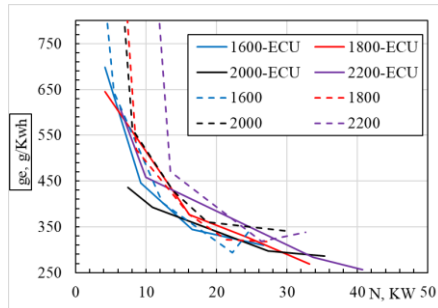
Kết quả thực nghiệm cho thấy, sau khi hoán cải hệ

thống phun xăng điện tử cho động cơ sử dụng bộ CHK, các thông số công suất, suất tiêu hao nhiên liệu và phát thải của động cơ đã cải thiện đáng kể.

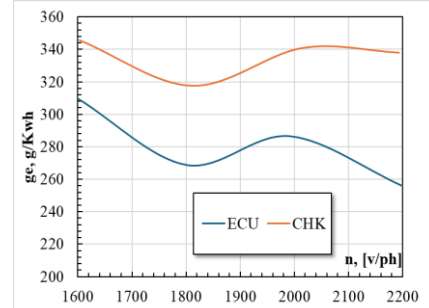
4.1. Kết quả đo công suất và suất tiêu hao nhiên liệu

Kết quả thực nghiệm so sánh công suất và suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ trước và sau khi hoán cải hệ thống phun xăng điện tử được thể hiện trong các Hình 8-10.

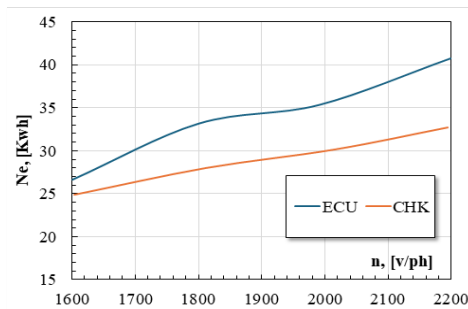
Hình 8 cho thấy tại hầu hết các chế độ hoạt động của động cơ, suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ sử dụng EFI thấp hơn nhiều so với động cơ nguyên thủy. Tại chế độ 1800 v/ph, với cùng công suất 30kW, suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ sử dụng EFI thấp hơn 14,7% so với động cơ nguyên thủy, tại chế độ 2200



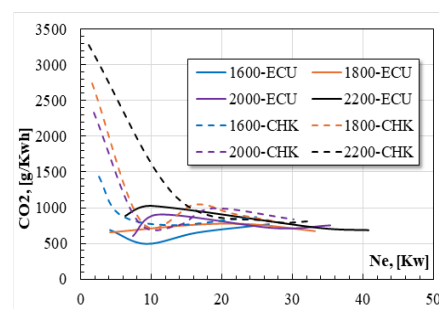
Hình 8. Suất tiêu hao nhiên liệu tại các chế độ thử nghiệm



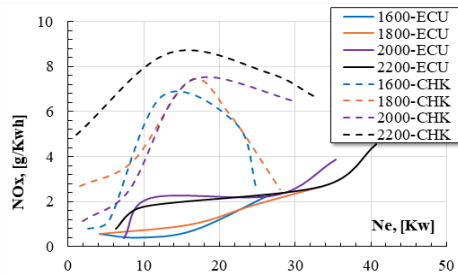
Hình 9. Suất tiêu hao nhiên liệu tại chế độ toàn tải



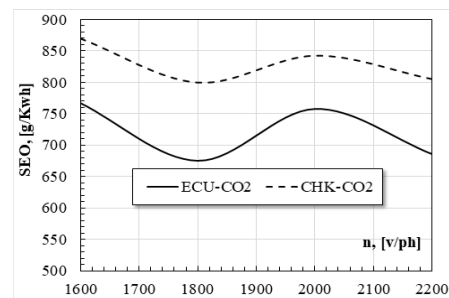
Hình 10. Công suất toàn tải tại các tốc độ động cơ khác nhau



Hình 11. Lượng phát thải CO₂ trên 1 kWh tại các chế độ đo



Hình 12. Lượng phát thải NO_x trên 1 kWh tại các chế độ đo



Hình 13. Lượng phát thải CO₂ trên 1kWh tại chế độ toàn tải với các tốc độ động cơ khác nhau

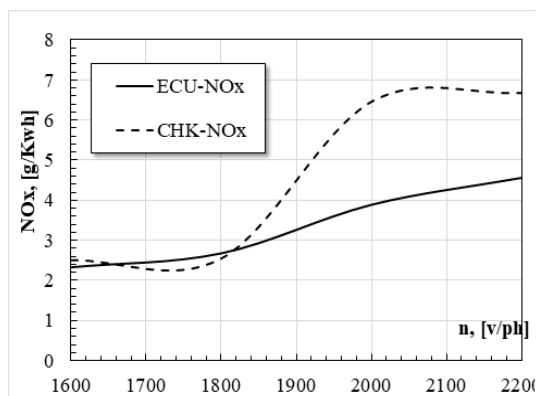
v/ph với cùng công suất 32,5kW, giá trị này là 24,5%. Đặc biệt tại chế độ chạy không tải, tốc độ vòng quay 2200 v/ph, đối với động cơ nguyên thủy là 3000 g/kWh, trong khi ở động cơ sử dụng EFI chỉ là 698 g/kWh. Hình 9 cho thấy, tại chế độ toàn tải với các tốc độ vòng quay khác nhau, động cơ sau cải tiến có suất tiêu hao nhiên liệu thấp hơn từ 10,4% (tốc độ 1600 v/ph) tới 24,3% (tốc độ 2200 v/ph). Như vậy, động cơ sử dụng hệ thống phun xăng điện tử có suất tiêu hao nhiên liệu cải thiện rõ rệt, đặc biệt ở chế độ tải nhỏ và không tải.

Theo kết quả thể hiện trong Hình 10 cho thấy, tại các chế độ vòng quay, công suất cực đại của động cơ sử dụng EFI cao hơn từ 7-24% so với động cơ nguyên thủy.

Lưu ý rằng nhóm tác giả sử dụng động cơ cũ (đã sử dụng trên 20 năm) để làm thực nghiệm, vì vậy công suất động cơ thấp hơn so với thông số nhà sản xuất đưa ra.

4.2. Kết quả đo khí thải

Kết quả thực nghiệm so sánh phát thải CO_2 và NO_x của động cơ trước và sau khi hoán cải hệ thống phun xăng điện tử được thể hiện trong các Hình (11-14)



Hình 14. Lượng phát thải NO_x trên kWh tại chế độ toàn tải với các tốc độ động cơ khác nhau

Kết quả cho thấy lượng phát thải CO_2 và NO_x trên 1 đơn vị công suất động cơ (kWh) trong hầu hết các chế độ của động cơ sử dụng hệ thống phun xăng điện tử đều thấp hơn so với động cơ nguyên thủy. Đặc biệt tại chế độ không tải, lượng phát thải CO_2 giảm từ 52% đến 78%, còn lượng phát thải NO_x giảm từ 44-% đến 81% tại các tốc độ động cơ khác nhau (Hình 11,12). Tại chế độ toàn tải ở mỗi tốc độ vòng quay, lượng phát thải CO_2 giảm từ 10-15% (Hình 13), lượng phát thải NO_x tại chế độ 2000 v/ph giảm tới 39% (hình 14). Tuy nhiên, tại chế độ 1600 v/ph và 1800 v/ph, với tải cực đại, lượng phát thải NO_x của 2 động cơ tương đương

nhau (Hình 14). Như vậy, động cơ sử dụng hệ thống phun nhiên liệu điện tử cải thiện đáng kể lượng phát thải từ động cơ trong hầu hết các chế độ làm việc.

5. Kết luận

Kết quả thực nghiệm đã chứng minh, cải tiến động cơ cũ sử dụng bộ CHK bằng cách hoán cải hệ thống phun xăng điện tử mang lại nhiều lợi ích kinh tế và môi trường. Công suất của động cơ phun xăng điện tử tăng từ 7- 24%, suất tiêu hao nhiên liệu giảm từ 7-24% tại chế độ toàn tải, đặc biệt là tại chế độ chạy không tải và tải nhỏ, suất tiêu hao nhiên liệu được cải thiện rất lớn.

Bên cạnh đó, lượng phát thải CO_2 và NO_x cũng giảm tới 78% (đối với CO_2) và 81% đối với NO_x ở chế độ không tải. Ở chế độ toàn tải, lượng phát thải NO_x tại chế độ 2000 v/ph giảm tới 39%, còn lượng phát thải CO_2 giảm từ 10-15% trong toàn dải tốc độ động cơ.

Như vậy, cải biến động cơ sử dụng bộ CHK bằng cách hoán cải hệ thống phun xăng điện tử là hoàn toàn khả thi và mang lại nhiều lợi ích kinh tế - môi trường.

Công việc tiếp theo của nhóm tác giả được xác định là: Tối ưu hóa quá trình phun nhiên liệu trên động cơ hoán cải; lắp đặt và thử nghiệm khả năng vận hành động cơ hoán cải trên xe.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] K. Arshad, N. Hussain, M. H. Ashraf, and M. Z. Saleem (2024), *Air pollution and climate change as grand challenges to sustainability*, J Science of The Total Environment, p.172370.
- [2] F. Leach, G. Kalghatgi, R. Stone, and P. Miles (2020), *The scope for improving the efficiency and environmental impact of internal combustion engines*, Transportation Engineering, Vol.1.
- [3] A. Mogra and K. K. Gupta (2020), *A review on new technology in internal combustion engine-HCCI engine*, in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol.810, No.1, p.012054: IOP Publishing.
- [4] T. Rahul (2020), *Recent trends in internal combustion engine*, J International Research Journal of Engineering Technology, Vol.7, No.4, pp.924-930.
- [5] F. Zhao, K. Chen, H. Hao, and Z. Liu (2020), *Challenges, potential and opportunities for internal combustion engines in China*, J Sustainability, Vol.12, no. 12, p. 4955, 2020.

- [6] F. Leach, T. Knorsch, C. Laidig, and W. Wiese (2018), *A review of the requirements for injection systems and the effects of fuel quality on particulate emissions from GDI engines*, in SAE International Powertrains, Fuels & Lubricants Meeting 2018: Society of Automotive Engineers.
- [7] A. K. Singh, A. Lanjewar, and A. Rehman (2014), *Direct fuel injection system in gasoline Engine-A Review*, J International Journal of Innovative Technology Exploring Engineering.
- [8] J. Shankar and A. Sahu (2017), *Review on application of gasoline direct injection and advanced techniques to increase efficiency and meet euro-vi norms*, IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology, Vol.6, No.8, pp.165-172.
- [9] A. Katijan, M. F. A. Latif, Q. F. Zahmani, S. Zaman, K. A. Kadir, and I. Veza (2019), *An experimental study for emission of four stroke carbureted and fuel injection motorcycle engine*, J Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics Thermal Sciences, Vol.62, No.2, pp.256-264.
- [10] N. T. Sa and P. V. Thúc (2019), *Nghiên cứu hoàn cải hệ thống nhiên liệu kiểu chế hòa khí động cơ ô tô Corona 1989 thành kiểu điều khiển phun nhiên liệu - đánh lửa điện tử*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Giao thông vận tải, Số 33, tr.3-10.

Ngày nhận bài:	13/05/2025
Ngày nhận bản sửa:	05/06/2025
Ngày duyệt đăng:	12/06/2025