

Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ ethanol thay thế đến tiêu hao nhiên liệu đối với động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel-ethanol

Experimental study on the evaluation of alternative ethanol rates' effects on fuel consumption of engines using diesel-ethanol dual fuel

Nguyễn Thành Bắc^{1,*}, Trần Anh Trung²

¹Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Viện Cơ khí Động lực, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

* Email: bacnt@hau.edu.vn / ntbac.hust@gmail.com

Mobile: 0902219922

Tóm tắt

Từ khóa:

Động cơ lưỡng nhiên liệu diesel-ethanol; Lưỡng nhiên liệu; Lưỡng nhiên liệu diesel-ethanol; Tiêu hao lưỡng nhiên liệu diesel-ethanol.

Việc nghiên cứu phát triển và ứng dụng các loại nhiên liệu thay thế đang là xu hướng chung của nhiều nước trên thế giới nhằm làm giảm sự phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch, đảm bảo an ninh năng lượng cũng như giảm tác động tới môi trường đặc biệt là khí gây hiệu ứng nhà kính. Trong đó, ethanol được xem là một trong các nhiên liệu tiềm năng sử dụng cho động cơ diesel. Đã có nhiều công trình trong và ngoài nước nghiên cứu thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ ethanol thay thế đến tiêu hao nhiên liệu đối với động cơ diesel sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel-LPG, diesel-CNG. Tuy nhiên chưa có công bố nào về nghiên cứu thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ ethanol thay thế đến tiêu hao nhiên liệu đối với động cơ diesel sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel-ethanol, đây là loại nhiên liệu có đặc tính lý hóa khác với các nhiên liệu kể trên. Bài báo này trình bày nghiên cứu thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ ethanol thay thế đến tiêu hao nhiên liệu đối với động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel-ethanol. Kết quả thực nghiệm cho thấy lượng diesel tiêu thụ trong đờng giảm khi tăng tải và ngược lại khi so với trường hợp không phun ethanol.

Abstract

Keywords:

Consumption of diesel-ethanol dual fuel; Dual fuel engine; Dual fuel; Diesel-ethanol dual fuel.

The research, development and application of alternative fuels are the common trend in many countries around the world, in order to reduce the dependence on fossil fuels, securing energy security as well as reducing environmental impact, particularly greenhouse gases. In particular, ethanol is considered as one of the potential fuels for diesel engines. There have been many international and domestic projects experimenting and evaluating effects of LPG and CNG rates to fuel consumption of diesel engines using diesel-LPG and diesel-CNG. However, there has been no experimental publication evaluating the effect of alternative ethanol rates to the fuel consumption of diesel engines using diesel-ethanol dual fuel, which has different physical and chemical characteristics from the aforementioned fuels. This paper presents an experimental study on evaluating the effects of alternative ethanol rates on the fuel consumption of diesel engines using diesel-ethanol dual fuel. Experimental results showed that the equivalent diesel consumption decreases with increasing load and vice versa when compared with non-ethanol.

Ngày nhận bài: 20/7/2018

Ngày nhận bài sửa: 06/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tiêu hao nhiên liệu luôn được các nhà sản xuất ô tô và người sử dụng quan tâm. Nhằm mục đích chuyển đổi động cơ diesel thành động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel-ethanol cần thiết phải nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ ethanol thay thế đến tiêu hao nhiên liệu đối với động cơ diesel sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel-ethanol.

Trong đó cồn êtylic thường được gọi ethanol là nhiên liệu sinh học có thể sử dụng thay thế cho nhiên liệu của động cơ diesel [6]. Đã có nhiều công trình trong và ngoài nước nghiên cứu thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ ethanol thay thế đến tiêu hao nhiên liệu đối với động cơ diesel sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel-LPG [4, 5], diesel-CNG [3, 9, 10]. Tuy nhiên chưa có nghiên cứu nào nghiên cứu thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ ethanol thay thế đến tiêu hao nhiên liệu đối với động cơ diesel sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel-ethanol, đây là loại nhiên liệu có đặc tính lý hóa khác với các nhiên liệu kể trên.

Trong khuôn khổ bài báo này, nhóm tác giả trình bày nghiên cứu thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ ethanol thay thế đến tiêu hao nhiên liệu đối với động cơ diesel sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel-ethanol.

2. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU VÀ CHẾ ĐỘ THỰC NGHIỆM

Nghiên cứu sử dụng hai loại nhiên liệu là diesel và ethanol với một số tính chất cơ bản được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Các thông số kỹ thuật của nhiên liệu diesel và ethanol [11]

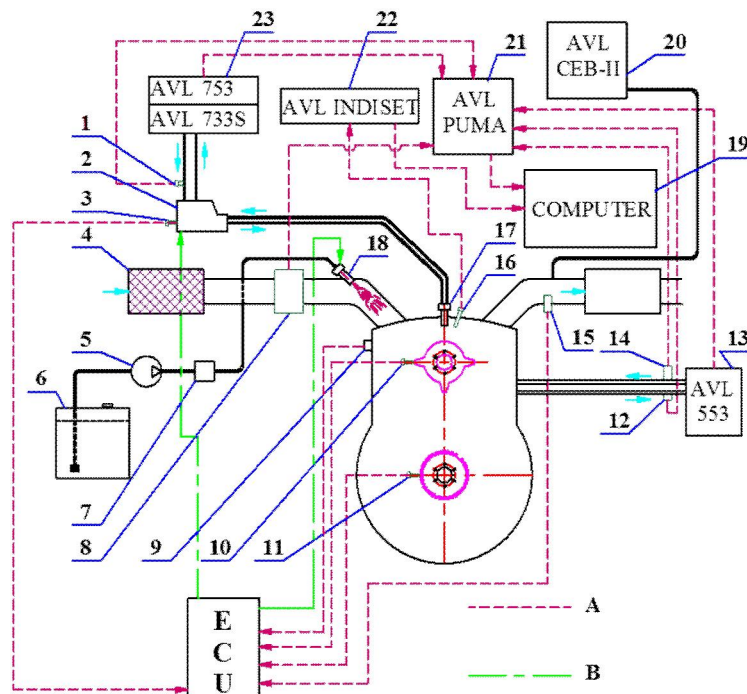
Thông số	Diesel	Ethanol
Khối lượng riêng ở 20°C (kg/m ³)	856	785
Hệ số không khí lý thuyết (kg _{kk} /kg _{nl})	14,7	8,96
Nhiệt trị thấp (MJ/kg)	41,66	26,8
Nhiệt hóa hơi (kJ/kg)	270	840
Nhiệt độ tự cháy (K)	500	665
Trị số xê tan	45 ÷ 50	5 ÷ 8

Bảng 2. Những thông số cơ bản của động cơ D4BB [7]

Thông số	Giá trị
Kiểu động cơ	Động cơ diesel 4 kỳ, 4 xy lanh thẳng hàng, 8 xupáp, buồng cháy ngăn cách.
Đường kính/hành trình D/S (mm)	91,1/100
Dung tích xy lanh (cm ³)	2607
Công suất lớn nhất (kW - vg/ph)	59 - 4000
Mô men lớn nhất (N.m - vg/ph)	165 - 2200
Tỷ số nén ε	22

Động cơ thử nghiệm được lựa chọn là loại động cơ diesel D4BB 4 xy lanh, 4 kỳ, buồng cháy phân chia IDI (Indirect Injection), sử dụng bơm phân phối. Động cơ này được sản xuất bởi hãng Hyundai và thường được sử dụng trên các ô tô như: Hyundai Porter, Hyundai H100, Hyundai H1, Hyundai Chevrolet C-10, Chevrolet Veraneio, Chevrolet Super 400, Chevrolet Pick up 74/80, Falcon, Ford Taunus, Jeep Ika, Jeep Wyllis, Renault Trafic, Dodge 100 Pick up, Mitsubishi L300... [7]. Các thông số cơ bản của động cơ được trình bày trong Bảng 2. Động cơ

được đặt trên băng thử động lực học cao APA 100 thuộc Phòng thí nghiệm Động cơ đốt trong, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Đi kèm là các thiết bị đo kiểm bao gồm: thiết bị đo tiêu hao và điều chỉnh nhiệt độ nhiên liệu kiểu khối lượng AVL 733S và 735S; cảm biến áp suất xy lanh QC33C và thiết bị thu nhận dữ liệu Indicating với phần mềm Indiwin có chức năng đo diễn biến áp suất trong xy lanh theo góc quay trục khuỷu; thiết bị cung cấp và điều chỉnh nhiệt độ nước làm mát AVL 553; vòi phun ethanol được điều khiển bởi ECU MotoHawk ECM-0565-128-0702-C [12] của hãng Woodward, đặc tính mối quan hệ giữa thời gian phun và lượng phun được xây dựng trước khi lắp lên động cơ. Các thông số đầu vào của ECU, hệ thống cung cấp và vị trí lắp vòi phun ethanol được giới thiệu trên Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ bố trí thiết bị thực nghiệm

1- Cảm biến nhiệt độ nhiên liệu diesel; 2-Bơm cao áp; 3- Cảm biến vị trí ga; 4- Lọc không khí; 5- Bơm ethanol; 6- Thùng chứa ethanol; 7- Lọc ethanol; 8- Cảm biến lưu lượng không khí; 9- Cảm biến kích nổ; 10- Cảm biến trực cam; 11- Cảm biến tốc độ động cơ; 12- Cảm biến nhiệt độ dung dịch làm mát ra khỏi động cơ; 13- Thiết bị cung cấp và điều chỉnh nhiệt độ dung dịch làm mát động cơ; 14- Cảm biến nhiệt độ dung dịch làm mát vào động cơ; 15- Cảm biến λ ; 16- Cảm biến áp suất xy lanh; 17- Vòi phun diesel; 18- Vòi phun ethanol; 19- Máy tính; 20- Thiết bị phân tích khí xả; 21- Thiết bị xử lý trung tâm; 22- Thiết bị đo áp suất xy lanh; 23- Thiết bị cung cấp, đo tiêu hao và điều chỉnh nhiệt độ nhiên liệu; A-Tín hiệu vào; B-Tín hiệu ra; ECU- Bộ điều khiển điện tử.

Chế độ thực nghiệm:

Tải của động cơ được lựa chọn ở 100%, 75% và 50% của giá trị mô men lớn nhất khi thực nghiệm động cơ sử dụng nhiên liệu diesel gốc, cụ thể là 165, 121 và 81(Nm) trong hai trường hợp: tốc độ động cơ được cố định tại vùng mô men lớn nhất 2000 vg/ph và tốc độ động cơ thay đổi từ 1000 ÷ 3500 vg/ph với bước nhảy 500 vg/ph.

Thời điểm bắt đầu phun ethanol của từng vòi phun được điều khiển độc lập tại vị trí cuối nén đầu cháy của mỗi xy lanh và phun lên xupáp nạp nhằm tận dụng nhiệt của xupáp giúp ethanol bay hơi tốt hơn.

Lượng ethanol thay thế được điều khiển tăng lên bao nhiêu thì lượng diesel được điều khiển giảm đi tương ứng và ngược lại bằng cách điều khiển ga để đảm bảo cố định mô men lần lượt ở 100%, 75% và 50%. Đồng thời lượng ethanol thay thế lớn nhất được giới hạn tại hệ số λ lớn hơn hoặc bằng 1,2 và hiện tượng kích nổ xác định từ cảm biến kích nổ gắn trên động cơ. Góc phun sớm diesel bằng 15 (độ) trước điểm chết trên.

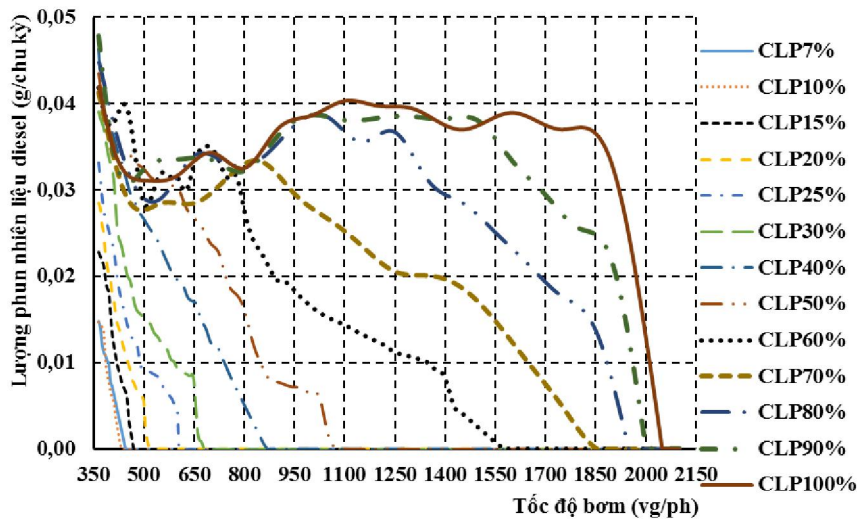
Tiêu hao nhiên liệu diesel được đo bằng thiết bị đo tiêu hao và điều chỉnh nhiệt độ nhiên liệu kiểu khối lượng AVL 733S và 735S. Tiêu hao nhiên liệu ethanol được xác định trên cơ sở đặc tính thực nghiệm của vòi phun ethanol.

Giá trị mô men và công suất động cơ được đo bằng băng thử tính năng động lực cao AVL APA 100.

Để có thể điều khiển phối hợp lưỡng nhiên liệu diesel-ethanol khi thực nghiệm cần thiết phải xây dựng đặc tính bơm cao áp và vòi phun ethanol. Đặc tính bơm cao áp và vòi phun ethanol được trình bày sau đây. Phương pháp và thuật toán điều khiển phối hợp lưỡng nhiên liệu đã được nhóm tác giả trình bày trong nghiên cứu [1].

3. ĐẶC TÍNH BƠM CAO ÁP VÀ VÒI PHUN ETHANOL

3.1. Đặc tính bơm cao áp



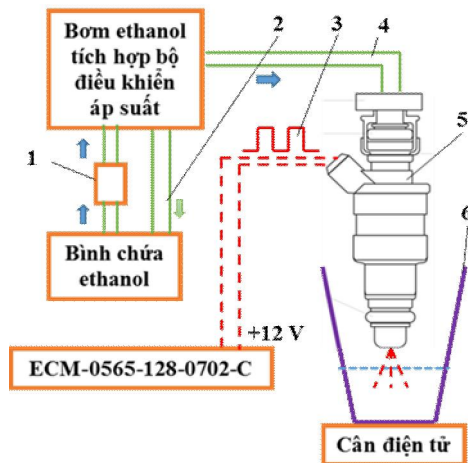
Hình 2. Lượng phun nhiên liệu diesel tại các vị trí tay ga bơm theo tốc độ bơm CLPyyy%- Độ mở tay ga bơm, trong đó yyy% là phần trăm độ mở tay ga bơm

Đặc tính bơm cao áp được xác định bằng thực nghiệm trên băng thử động cơ AVL đặt tại Trường Đại học Công nghệ giao thông vận tải, đặc điểm thí nghiệm như sau: tốc độ động cơ được điều khiển thay đổi từ 700 đến 4200 vg/ph tương ứng 355 ÷ 2100 vg/ph của bơm với bước nhảy tốc độ động cơ là 50 vg/ph ở lần lượt các vị trí độ mở tay điều khiển bơm cao áp (CLP) thay đổi từ 7 ÷ 100% (Hình 2), độ mở tay điều khiển bơm được xác định bằng cảm biến kiểu biến trở. Trong quá trình đo dữ liệu lượng tiêu hao nhiên liệu trung bình trong thời gian lấy mẫu 10s của thiết bị đo với 3 lần đo được thu nhận, từ đó nội suy ra lượng phun trong một chu kỳ tương ứng với độ mở tay điều khiển bơm cao áp và tốc độ bơm. Kết quả thực nghiệm đo tiêu hao nhiên liệu diesel được thể hiện trên Hình 2. Do khuôn khổ bài báo nên bảng số liệu thực nghiệm đặc tính bơm cao áp sẽ được giới thiệu ở các nghiên cứu tiếp theo.

3.2. Đặc tính vòi phun ethanol

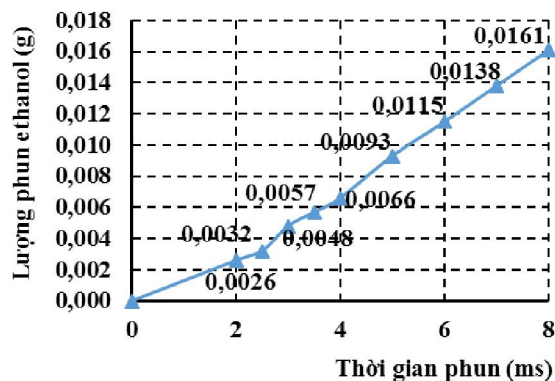
Có hai phương pháp có thể sử dụng để xác định đặc tính của vòi phun ethanol: Phương pháp thứ nhất: sử dụng thiết bị đo lượng ethanol giảm trong bình chứa tương tự như đo tiêu hao nhiên liệu khi thực nghiệm động cơ. Phương pháp thứ hai: sử dụng thiết bị đo lượng ethanol phun ra. Trong đó phương pháp thứ nhất có ưu điểm là độ chính xác cao, tuy nhiên trong phạm vi bài báo nhóm tác giả sử dụng phương pháp thứ hai vì phương pháp này đơn giản và dễ thực hiện.

Đặc tính vòi phun ethanol cũng được xác định bằng thực nghiệm: Vòi phun ethanol được điều khiển bởi ECM-0565-128-0702-C như đã được nhóm tác giả trình bày trong nghiên cứu [1], sơ đồ thực nghiệm xác định đặc tính vòi phun ethanol được thể hiện trên Hình 3. Vòi phun ethanol được gá lắp cố định trên giá đỡ, lượng ethanol phun ra được chứa trong cốc chứa (6), cân điện tử được sử dụng để cân lượng ethanol trong cốc chứa là loại Electronic Balance wt6000 xe có độ chính xác $\pm 0,1g$, thời gian mở vòi phun ethanol (5) được điều khiển thay đổi trong khoảng từ $0 \div 8$ ms với bước nhảy 1 ms tương ứng số lần phun được điều khiển cố định là 200 lần, kết quả đo hiện thị trên cân được ghi nhận từ đó nội suy ra lượng phun ethanol của một lần phun theo thời gian mở vòi phun thể hiện trên Hình 4.



Hình 3. Sơ đồ thực nghiệm xác định đặc tính vòi phun ethanol

- 1- Lọc ethanol; 2- Đường hồi ethanol từ bơm về bình chứa ethanol; 3- Xung điều khiển vòi phun ethanol; 4- Ống dẫn ethanol từ bơm đến vòi phun; 5- Vòi phun ethanol; 6- Cốc chứa



Hình 4. Lượng phun ethanol theo thời gian phun

4. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

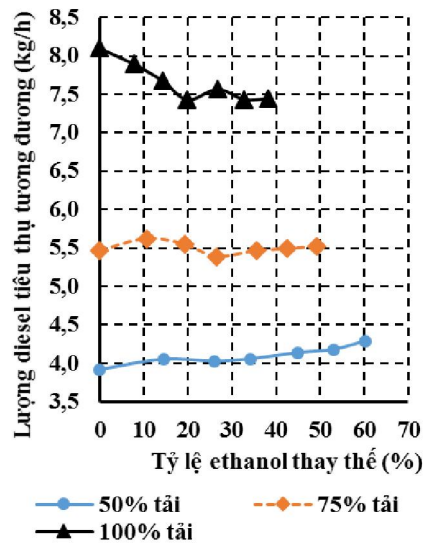
Kết quả biến thiên tổng tiêu hao lượng nhiên liệu diesel-ethanol sau khi quy đổi theo lượng diesel tiêu thụ tương đương tại các chế độ tải 50%, 75%, 100% ở tốc độ động cơ 2000 vg/ph theo tỷ lệ ethanol thay thế được thể hiện trên Hình 5.

Lượng diesel tiêu thụ tương đương được xác định trên cơ sở tiêu hao lượng nhiên liệu diesel-ethanol theo biểu thức sau:

$$m_{inj_die_simi} = m_{inj_die} + \frac{m_{inj_eth} \cdot LHV_{eth}}{LHV_{die}} \quad (\text{kg/h}) \quad (1)$$

Trong đó: $m_{inj_die_simi}$ - Lượng diesel tiêu thụ tương đương (kg/h); m_{inj_die} - Tiêu hao nhiên liệu diesel (kg/h); m_{inj_eth} - Tiêu hao nhiên liệu ethanol (kg/h); LHV_{die} - Nhiệt trị thấp của diesel (MJ/kg); LHV_{eth} - Nhiệt trị thấp của ethanol (MJ/kg).

Qua Hình 5, cho thấy khi tỷ lệ ethanol thay thế tăng lên, lượng diesel tiêu thụ tương đương ở 50% tải tăng lên, ở 75% tải ít thay đổi, trong khi tại 100% tải giảm xuống đáng kể. Kết quả này cho thấy hiệu quả thay thế tại tải thấp kém hơn tại tải cao, tuy nhiên tỷ lệ thay thế cho phép tại tải thấp đạt cao hơn. Đặc điểm này cũng tương đồng như suất tiêu hao năng lượng đã được phân tích ở trên. Kết quả nghiên cứu [2] cũng có những nhận định tương tự.

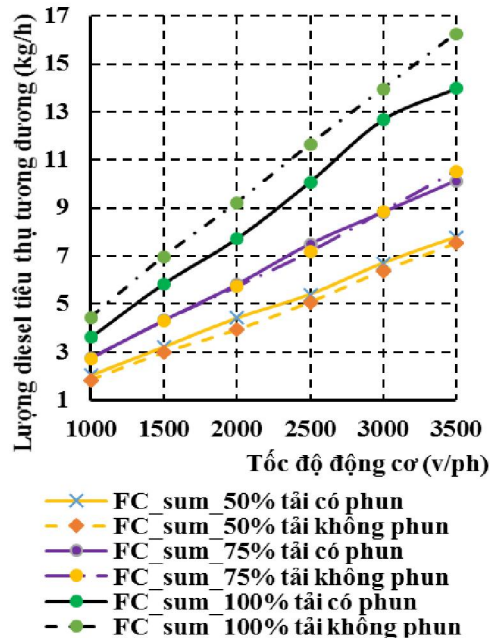


Hình 5. Lượng diesel tiêu thụ tương đương tại các chế độ tải 50%, 75%, 100% ở tốc độ động cơ 2000 vg/ph theo tỷ lệ ethanol thay thế

Kết quả tổng tiêu hao lượng nhiên liệu diesel-ethanol sau khi quy đổi theo lượng diesel tiêu thụ tương đương tại các chế độ tải 50%, 75%, 100% theo tốc độ động cơ với tỷ lệ ethanol thay thế thay đổi so với trường hợp chạy diesel gốc tại cùng chế độ được thể hiện trên Hình 6.

Qua Hình 6, cho thấy tại chế độ tải 50% lượng diesel tiêu thụ tương đương lớn hơn, tại chế độ tải 75% lượng diesel tiêu thụ tương đương ít thay đổi, tuy nhiên tại chế độ tải cao 100% thì lượng diesel tiêu thụ tương đương thấp hơn khi so sánh với trường hợp chạy diesel gốc tại cùng chế độ. Cụ thể tại chế độ tải cao 100% khi so sánh với trường hợp không phun ethanol thì lượng diesel tiêu thụ tương đương thấp hơn nhiều nhất 18,60% tại tốc độ 1000 vg/ph và thấp hơn ít nhất 9,31% tại tốc độ 3000 vg/ph. Điều này có thể được giải thích là do trong ethanol có

34,8% khối lượng oxy làm cho quá trình cháy hoàn thiện hơn, dẫn đến lượng diesel tiêu thụ tương đương nhỏ hơn. Kết quả nghiên cứu [8] cũng cho thấy kết quả tương tự. Điều này chứng tỏ tại tải cao 100% hiệu quả thay thế cao hơn, quan điểm này cũng tương đồng khi bàn luận trong phần đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ ethanol thay thế đến suất tiêu hao năng lượng đã được trình bày ở trên.



Hình 6. Lượng diesel tiêu thụ tương đương theo tốc độ động cơ

5. KẾT LUẬN

Tại các chế độ tải khác nhau 50%, 75%, 100% ở tốc độ động cơ ổn định 2000 v/ph khi tăng tỷ lệ ethanol thay thế từ không phun ethanol thì lượng diesel tiêu thụ tương đương giảm khi tăng tải và ngược lại khi so với trường hợp không phun ethanol. Cụ thể tại 50% tải tăng trung bình 4,46%, tại 75% tải tăng trung bình 0,56%, đặc biệt tại tải cao 100% giảm trung bình 5,56%.

Tại các chế độ tải 50%, 75%, 100% theo tốc độ động cơ với tỷ lệ ethanol thay thế thay đổi so với trường hợp chạy diesel gốc tại cùng chế độ thì lượng diesel tiêu thụ tương đương giảm khi tăng tải và ngược lại khi so với trường hợp không phun ethanol. Cụ thể: tại 50% tải tăng 10,09%, tại 75% tải tăng 1,59% và đặc biệt tại tải 100% giảm 15,49% trên toàn dải tốc độ động cơ.

DANH MỤC DANH PHÁP/KÝ HIỆU

LHV_{die}	Nhiệt trị thấp của diesel (MJ/kg)
LHV_{eth}	Nhiệt trị thấp của ethanol (MJ/kg)
m_{inj_die}	Tiêu hao nhiên liệu diesel (kg/h)
$m_{inj_die_simi}$	Lượng diesel tiêu thụ tương đương (kg/h)
m_{inj_eth}	Tiêu hao nhiên liệu ethanol (kg/h)
APA 100	Bảng thử động lực học cao
AVL 553	Thiết bị cung cấp và điều chỉnh nhiệt độ nước làm mát

<i>AVL 733S</i>	Thiết bị đo tiêu hao nhiên liệu
<i>AVL 735S</i>	Thiết bị điều chỉnh nhiệt độ nhiên liệu
<i>CLP</i>	Độ mở tay ga (Control Lever Position)
<i>CNG</i>	Khí thiên nhiên (Compressed Natural Gas)
<i>D4BB</i>	Động cơ diesel 4 kỳ 4 xy lanh
<i>ECU</i>	Bộ điều khiển điện tử
<i>IDI</i>	Buồng cháy gián cách (Indirect Injection)
<i>LPG</i>	Khí hóa lỏng (Liquefied Petroleum Gas)
<i>QC33C</i>	Cảm biến áp suất xy lanh

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Thành Bắc, Trần Anh Trung (2018), "Nghiên cứu xây dựng mô hình điều khiển của động cơ diesel sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel-ethanol", *Hội nghị khoa học HaUI lần thứ II*.
- [2]. Bang-Quan He (2004), "Homogeneous Charge Combustion and Emissions of Ethanol Ignited by Pilot Diesel on Diesel Engines"(SAE paper No. 01-0094).
- [3]. Frederic Ravet Benoit Douailler, Vivien Delpech, Dominique Soleri, Benjamin Reveille and Rajesh Kumar (2011), "Direct Injection of CNG on High Compression Ratio Spark Ignition Engine: Numerical and Experimental Investigation"(SAE International).
- [4]. Vijay Desai C. V. Sudhir, Suresh Y. Kumar, and P. Mohanan (2003), "Performance and Emission Studies on the Effect of Injection Timing and Diesel Replacement on a 4-S LPG-Diesel Dual-Fuel Engine"(SAE International).
- [5]. Gao Xiaohong Dong Jian, Li Gesheng and Zhang Xintang (2001), "Study on Diesel-LPG Dual Fuel Engines"(Society of Automotive Engineers, Inc).
- [6]. F. G. Kremer and A. Fachetti (2000), "Alcohol as automotive Fuel – Brazilian Experience", *Presented at CEC/SAE Spring Fuels & Lubricants Meeting & Exposition, France*.
- [7]. Hyundai (2009), "Automotive diesel engines catalogue"(Perez Wholesale Distributor, Inc).
- [8]. O. Haddad M. Abu-Qudais, M. Qudaisat (2000), "The effect of alcohol fumigation on diesel engine performance and emissions"(Elsevier Science Ltd).
- [9]. Ajit Vinayak Kulkarni Sukrut Thipse, Suresh J Vispute, S D Rairikar, Shailesh B Sonawane, Vinayak Shivalink Sagare, Subhanker Dev, Kishor Kumar Kavathekar, Parag Mengaji, Ujjwala Shailesh Karle, Neelkanth V Marathe and Kausik Sinha (2015), "Development of Dual Fuel (Diesel-CNG) Engine for SUV Application in India"(SAE International).
- [10]. Kamalkishore Chhaganlal Vora Vijay Prakash Chougule, Yogendra Suryavanshi and Dilip gunjegaonkar (2013), "Design and Simulation of 2.5 L Dual Fuel (DieselCNG) Engine for Performance Parameters"(SAE International).
- [11]. Zbigniew Pajaczek Andrzej Kowalewicz (2003), "Dual fuel engine fuelled with ethanol and diesel fuel", *Journal of KONES Internal Combustion Engines, vol.10, No1-2*
- [12]. Woodward (2015), *MotoHawk ECM-0565-128-0702-C*.