

Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ ethanol thay thế đến hệ số dư lượng không khí λ đối với động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel-ethanol

Experimental evaluation of alternative ethanol rates' effects on relative λ air/fuel ratio of diesel 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.hau.hust@gmail.com

Tóm tắt

Từ khóa:

Động cơ lưỡng nhiên liệu diesel-ethanol; Hệ số dư lượng không khí; Lưỡng nhiên liệu; 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 LPG, CNG thay thế đến hệ số dư lượng không khí λ 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 hệ số dư lượng không khí λ đối với động cơ diesel sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel-ethanol mà tỷ lệ ethanol thay thế được điều khiển linh hoạt phù hợp với các chế độ làm việc khác nhau của động cơ. Phương pháp điều khiển tỷ lệ ethanol thay thế sử dụng trong nghiên cứu này khác với các công trình đã công bố, các công bố trước đây chỉ đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ ethanol thay thế khi dùng hỗn hợp diesel-ethanol hòa trộn trước và phun với tỷ lệ ethanol thay thế cố định 5%, 10%, 20% ... Bài báo này trình bày nghiên cứu thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ ethanol thay thế đến hệ số dư lượng không khí λ đối với động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel-ethanol. Kết quả thực nghiệm cho thấy hệ số dư lượng không khí λ đều lớn hơn 1,2 cho thấy đảm bảo điều kiện làm việc bình thường của động cơ diesel nếu xét theo tiêu chí này.

Abstract

Keywords:

Dual fuel; Diesel-ethanol Dual fuel; Dual-fuel engine; Relative air/fuel ratio.

The research, development and application of alternative fuels is a common trend in many countries around the world, in order to reduce their dependence on fossil fuels, to secure energy security and to reduce the impact on the environment, especially greenhouse gases. In particular, ethanol is considered one of the potential fuels for diesel engines. There have been many domestic and foreign research projects to evaluate the effect of LPG, CNG replacement ratio on relative air/fuel ratio λ for diesel engines using diesel-LPG and diesel-CNG. However, no published empirical study has evaluated the effects of alternative ethanol rates on relative air/fuel ratio λ for diesel engines using diesel-ethanol. This paper presents an empirical study evaluating the effect of alternative ethanol rates on relative air/fuel ratio λ on diesel engine using diesel-ethanol dual fuel which the alternative ethanol rates was controlled conform to different engine modes. The method of controlling alternative ethanol ratio used in this research is different from other published researches, as previous published researches only evaluated the effects of alternative ethanol rates while using blended diesel-ethanol and spraying with alternative ethanol rates of 5%, 10%, 20%... Experimental results show that relative air/fuel ratio λ is greater than 1.2, indicating that the normal working conditions of the diesel engine are ensured according to this criterion.

Ngày nhận bài: 20/7/2018

Ngày nhận bài sửa: 03/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi chuyển đổi động cơ diesel thành động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel-ethanol theo phương pháp phun ethanol vào đường nạp, ngoài nguyên tắc phải duy trì được công suất và mô men như động cơ nguyên bản thì cũng cần phải đảm bảo giới hạn khói đen, giới hạn này được đánh giá qua thông số hệ số dư lượng không khí λ .

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 hệ số dư lượng không khí λ 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.

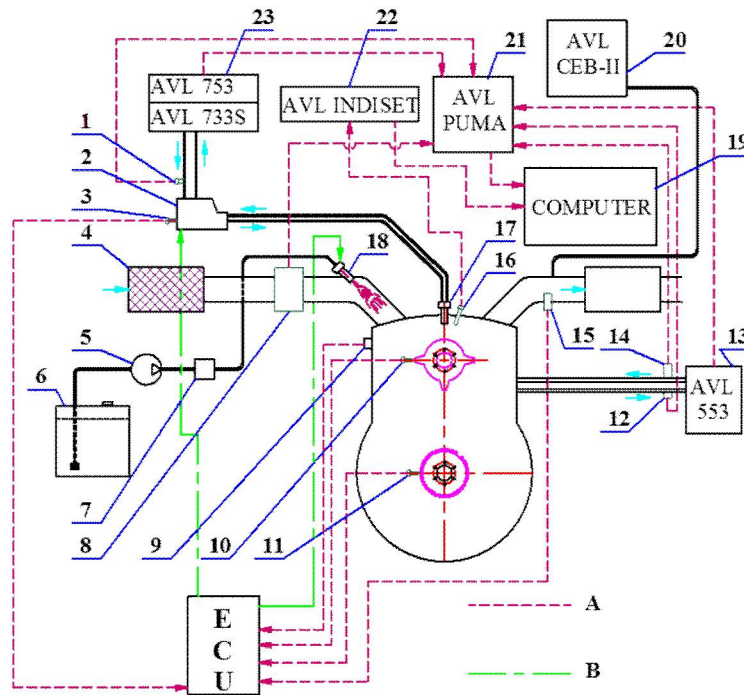
Bảng 1. Các thông số kỹ thuật của nhiên liệu diesel và ethanol [6]

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

Động cơ thử nghiệm được lựa chọn là loại động cơ diesel D4BB 4 xy lạnh, 4 kỳ, buồng cháy ngăn cách IDI (Indirect Injection), sử dụng bơm phân phối lắp trên xe tải 1,25 tấn của hãng Hyundai, 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 lạnh QC33C và thiết bị thu nhận dữ liệu Indicating với phần mềm Indiwin có chức năng đo diễn biến áp suất trong xy lạnh 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 [7] 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.

Bảng 2. Những thông số cơ bản của động cơ D4BB [5]

Thông số	Giá trị
Kiểu động cơ	Động cơ diesel 4 kỳ, 4 xy lạnh thẳng hàng, 8 xupáp, buồng cháy ngăn cách.
Đường kính/hành trình D/S (mm)	91,1/100
Dung tích xy lạnh (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



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 trục 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 khiển 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 lạnh; 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 lạnh; 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 dầu cháy của mỗi xy lạnh 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.

Phương pháp và thuật toán điều khiển phối hợp lượng nhiên liệu đã được nhóm tác giả trình bày trong nghiên cứu [3]. Để đo hệ số dư lượng không khí λ khi nghiên cứu thực nghiệm cần thiết phải sử dụng cảm biến λ . Đặc điểm của loại cảm biến này được giới thiệu sau đây.

3. CẢM BIẾN LAMBDA

Cảm biến lambda được sử dụng để đo hệ số dư lượng không khí λ trong khí xả động cơ đốt trong nói chung trong đó có động cơ diesel, được bố trí lắp đặt tại đầu ra của cụm đường ống thải động cơ (Hình 1). Cảm biến được sử dụng là loại LSU 4.9 có dải đo λ từ $0,65 \div 10,1$. Một số thông số cơ bản của cảm biến lambda LSU 4.9 được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3. Thông số cơ bản của cảm biến LSU 4.9 [4]

Thông số	Giá trị
Dải đo λ	$0,65 \div 10,1$
Nhiên liệu tương thích	Xăng/Diesel/E85
Áp suất khí xả	$\leq 2,5$ bar
Nhiệt độ khí xả	< 930 °C
Điện áp nguồn cấp	$10,8 \div 16,5$ V

Hình ảnh cảm biến lambda LSU 4.9 được thể hiện như Hình 2.

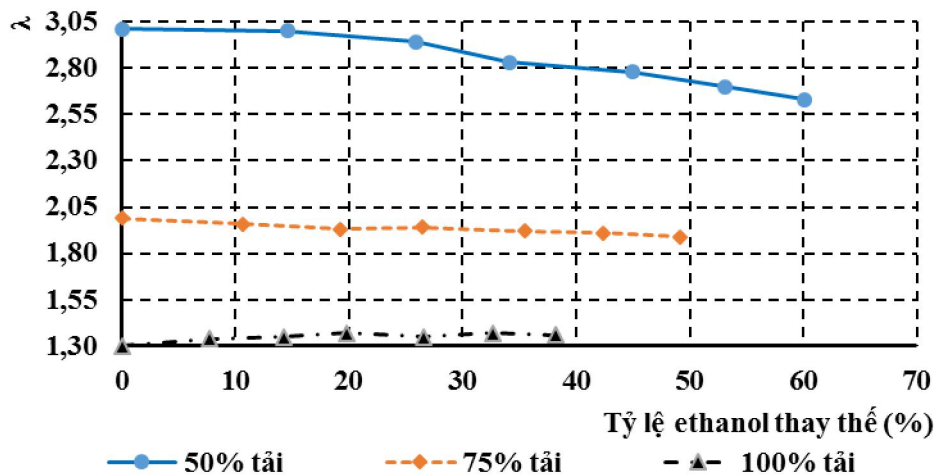


Hình 2. Cảm biến LSU 4.9

4. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

Ngoài điều kiện không kích nổ đã xét ở trên, hệ số dư lượng không khí của động cơ phải lớn hơn giới hạn khói đen [1-2]. Đặc tính khói đen là đặc tính tốc độ trong đó với mỗi tốc độ quay động cơ, cơ cấu điều khiển bơm cao áp đều nằm ở vị trí bắt đầu nhả khói đen trong khí xả. Theo các nghiên cứu này đối với động cơ diesel thông thường hệ số dư lượng không khí λ lớn hơn hoặc bằng 1,1 thì đảm bảo động cơ không nhả khói đen trong khí xả. Đặc tính nhả khói đen đã được đề cập chi tiết trong nghiên cứu [2]. Kết quả hệ số dư lượng không khí λ của động cơ sử dụng lượng nhiên liệu diesel-ethanol 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 3. Qua đó cho thấy ở chế độ 50% tải hệ số dư lượng không khí λ đều lớn hơn 2,63; ở chế độ 75% tải hệ số dư lượng không khí λ đều lớn hơn 1,89; ở chế độ 100% tải hệ số dư lượng không khí λ đều lớn hơn 1,3 về lý thuyết bảo đảm ngoài giới hạn khói đen đối với buồng cháy ngăn cách [1-2]. Như vậy cho thấy động cơ sử dụng lượng nhiên liệu diesel-ethanol làm việc bình thường theo điều kiện hệ số λ .

Đồng thời từ kết quả biến thiên của hệ số dư lượng không khí λ đo trên đường thải theo tỷ lệ ethanol thay thế được thể hiện ở Hình 3 cho thấy tại 50% và 75% tải λ có xu hướng đậm lên, trong khi tại 100% tải λ có xu hướng nhạt đi. Điều này có thể là do tại tải thấp hiệu quả sinh công của lượng nhiên liệu ethanol thêm vào thấp hơn ở tải cao, dẫn tới lượng nhiên liệu diesel tại tải thấp giảm đi để giữ mô men thay đổi không đáng kể, kết quả là phải cần nhiều không khí để đốt hỗn hợp hơn làm giảm lượng oxy trong khí thải, tại tải cao (100%) hiệu quả sinh công của ethanol cao hơn dẫn tới lượng diesel giảm nhiều hơn, trong khi tỷ lệ không khí trên nhiên liệu của diesel cao hơn ethanol, hệ quả là λ tăng lên.

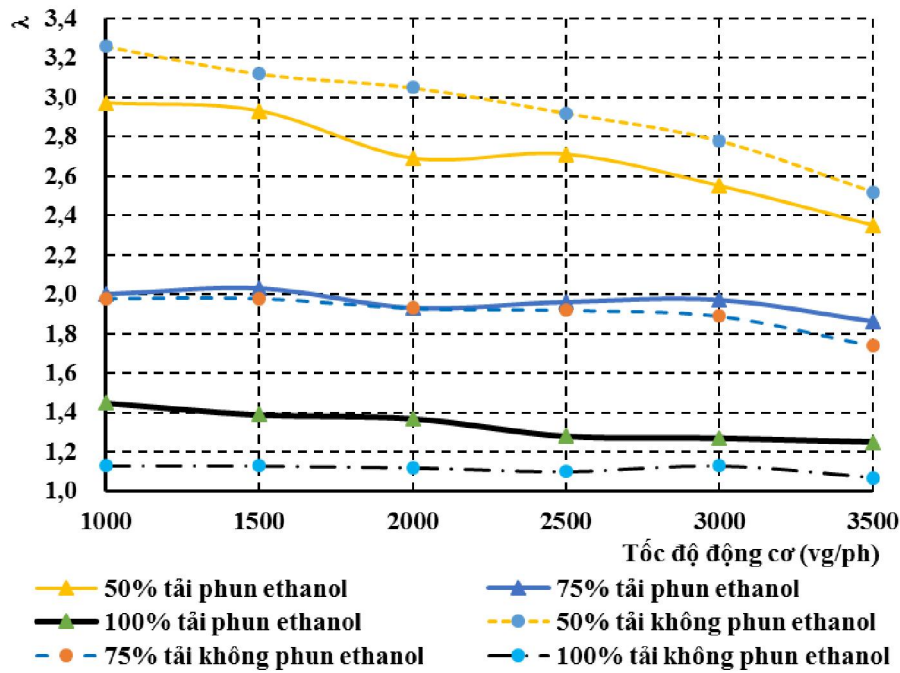


Hình 3. Hệ số dư lượng không khí λ tại các tải 50%, 75%, 100%, tốc độ động cơ được giữ ổn định bằng 2000 vg/ph khi thay đổi tỷ lệ ethanol thay thế

Kết quả hệ số dư lượng không khí λ của động cơ sử dụng lượng nhiên liệu diesel-ethanol ở chế độ thực nghiệm tại các tải khác nhau 50%, 75%, 100% và tốc độ động cơ được thay đổi từ 1000 ÷ 3500 vg/ph theo bước nhảy 500 vg/ph khi thay đổi tỷ lệ ethanol thay thế được thể hiện trên Hình 4. Qua đó cho thấy tại các chế độ tải khác nhau hệ số dư lượng không khí λ cũng đều giảm dần khi tăng tốc độ động cơ trong cả hai trường hợp có phun ethanol và không phun ethanol. Trong trường hợp có phun ethanol hệ số λ giảm khi tăng tốc độ động cơ là do tỷ lệ ethanol thay thế giảm khi tăng tốc độ động cơ như đã trình bày trong nội dung của phần mối quan hệ giữa tỷ lệ ethanol thay thế và tốc độ động cơ.

Qua Hình 4 cũng cho thấy ở chế độ tải thấp 50% cho thấy hệ số dư lượng không khí λ trong trường hợp có phun ethanol nhỏ hơn trong trường hợp không phun ethanol. Điều này có thể là do tại chế độ tải này oxy trong nhiên liệu ethanol dễ kết hợp với cacbon tạo thành khí CO làm cho phát thải CO tăng cao.

Kết quả trên Hình 4 cũng cho thấy hệ số λ của động cơ nguyên bản xấp xỉ 1,1 và ít thay đổi khi tăng tốc độ động cơ. Trong khi trường hợp có phun ethanol, hệ số λ giảm từ 1,45 ở tốc độ 1000 vg/ph xuống 1,25 ở 3500 vg/ph. Biến thiên của hệ số λ ở trường hợp có phun ethanol đồng dạng với tỷ lệ ethanol thay thế, đồng thời hệ số λ trong trường hợp này cao hơn động cơ nguyên bản là do trong ethanol có chứa oxy.



Hình 4. Hệ số dư lượng không khí λ theo tốc độ tại các chế độ tải khác nhau

5. KẾT LUẬN

Tại các chế độ tải khác nhau 50%, 75%, 100% ở tốc độ động cơ ổn định 2000 vg/ph khi tăng tỷ lệ ethanol thay thế từ không phun ethanol thì: Hệ số dư lượng không khí λ đều lớn hơn 1,2 cho thấy đảm bảo điều kiện λ lớn hơn 1,1 [1-2]. Từ đó cho thấy động cơ làm việc bình thường không nhả khói đen trong khí xả.

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: Hệ số dư lượng không khí λ đều lớn hơn 1,2 đảm bảo điều kiện λ lớn hơn 1,1 [1-2]. Từ đó cho thấy động cơ làm việc bình thường không nhả khói đen trong khí xả.

DANH MỤC DANH PHÁP/KÝ HIỆU

<i>APA 100</i>	Bảng thử động lực học cao
<i>AVL 553</i>	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>CNG</i>	Khí nén thiên nhiên (Compressed Natural Gas)
<i>D4BB</i>	Động cơ diesel 4 kỳ 4 xy lạnh
<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>LSU 4.9</i>	Cảm biến lambda
<i>QC33C</i>	Cảm biến áp suất xy lạnh
λ	Hệ số dư lượng không khí

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phạm Minh Tuấn (2013), "Lý thuyết Động cơ đốt trong", Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. Nguyễn Tất Tiến (2003), *Nguyên lý động cơ đốt trong*, Nhà xuất bản Giáo dục.
- [3]. 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*.
- [4]. Bosch (2016), "Lambda sensor LSU 4.9" (Bosch).
- [5]. Hyundai (2009), "Automotive diesel engines catalogue" (Perez Wholesale Distributor, Inc).
- [6]. Zbigniew Pajaczek Andrzej Kowalewicz (2003), "Dual fuel engine fuelled with ethanol and diesel fuel", *Journal of KONES Internal Combustion Engines*, vol.10, No1-2
- [7]. Woodward (2015), *MotoHawk ECM-0565-128-0702-C*.