

NGHIÊN CỨU CẢI TIẾN HỆ THỐNG NHIÊN LIỆU ĐỘNG CƠ XE GẮN MÁY ỨNG DỤNG NHIÊN LIỆU ETHANOL

VÕ TẤN CHÂU ^{1*}, NGUYỄN QUỐC SỸ ¹, TRẦN ANH TUẤN ², TRẦN VĂN NGUYỄN ³, NGUYỄN MINH TRUNG ¹, CAO LÊ HOÀNG HIỆP ¹, DƯƠNG TRỰC NHÂN ¹

¹ Khoa Công Nghệ Động Lực, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

² Khoa Ô Tô, Trường Đại học Trần Đại Nghĩa Thành phố Hồ Chí Minh

³ Khoa Cơ Khí Động Lực, Trường Cao Đẳng Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh
votanchau@iuh.edu.vn

Tóm tắt. Việc sử dụng nhiên liệu có nguồn gốc dầu mỏ trên động cơ đốt trong đã góp phần gây ra ô nhiễm môi trường. Ứng dụng nhiên liệu ethanol trên động cơ xe gắn máy là một giải pháp tiềm năng trong việc giảm khí thải động cơ, đa dạng hóa các nguồn năng lượng tái tạo và góp phần giảm khủng hoảng năng lượng. Bài báo này nghiên cứu cải tiến động cơ xăng dùng hệ thống nhiên liệu kiểu chế hoà khí sang động cơ phun nhiên liệu điện tử sử dụng hoàn toàn nhiên liệu ethanol (E100). Một hệ thống điều khiển điện tử được sử dụng để độc lập điều khiển lượng phun ethanol tương ứng với sự thay đổi các tốc độ động cơ. Kết quả thử nghiệm cho thấy động cơ khi sử dụng nhiên liệu ethanol hoạt động ổn định ở chế độ không tải, đáp ứng tốt ở các dải tốc độ động cơ từ 1500 vòng/phút tới 7500 vòng/phút, các nồng độ khí thải độc hại giảm so với khi động cơ hoạt động với nhiên liệu xăng. Đề tài này là nghiên cứu bước đầu để tiến tới đánh giá ảnh hưởng phát thải của nhiên liệu E100 trên động cơ xe gắn máy.

Keywords. Nhiên liệu sinh học, Chế hoà khí, Phun nhiên liệu điện tử (EFI), Khí thải động cơ xăng, Nhiên liệu ethanol.

A MODIFICATION STUDY ON THE FUEL SUPPLY SYSTEM OF MOTORBIKE ENGINE FUELED WITH ETHANOL FUEL

Abstract. The use of fuel-based petroleum on internal combustion engines has contributed to environmental pollutions. The application of ethanol fuel, considered as one of the renewable fuel sources for motorbike engines, is a potential solution for reducing engine exhaust gas emissions, diversifying energy consumption sources and sharing to decrease crisis energy. This paper focuses on modifying the fuel system of a motorbike engine in type carburetor into an electronic fuel injection (EFI) engine fully using ethanol fuel (E100). An electronic control system is used to independently activate the amount of fuel injection corresponding to the change of engine speeds. The results show that the engine fueled with E100 operates stability at idle mode, responds well to the change of engine speed ranges from 1500rpm to 7500rpm, and decreases the concentration of exhaust gas emissions, compared to commercial gasoline fuel. This work is the preliminary step to investigate the effects of E100 on motorbike engine exhaust emissions.

Từ khóa. Biofuels, Carburetor, Electronic fuel injection (EFI), SI engine emissions, ethanol fuel.

1 INTRODUCTION

Việc sử dụng các loại nhiên liệu có nguồn gốc hoá thạch như xăng, dầu diesel, than đá... chiếm phần lớn nhu cầu năng lượng trên thế giới, đặc biệt trong lĩnh vực giao thông vận tải. Cùng với đó là sự tăng lên của dân số và số lượng phương tiện giao thông đã góp phần gia tăng khí thải, gây ra ô nhiễm môi trường ngày càng nghiêm trọng hơn [1]. Nghiên cứu của Ogur và ctg. (2014) [2] về sự phát thải của động cơ xăng ảnh hưởng đến môi trường và sức khỏe con người. Nghiên cứu của Vinh Duy Nguyen & Khanh Duc Nguyen (2013) [3] về hiệu suất và mức độ phát thải của động cơ xe Honda Wave Repsol khi sử dụng nhiên liệu ethanol (E100) cho thấy việc sử dụng nhiên liệu ethanol giúp giảm mức độ phát thải (HC, CO₂, CO, NO_x). Nghiên cứu của B.M.Masum và ctg. (2013) [4]; Nghiên cứu của Qian Yejian và ctg. (2013) [5]; Nghiên cứu của Fikret Yu'ksel & Bedri Yu'ksel (2004) [6] đã chỉ ra việc sử dụng hỗn hợp ethanol – xăng với các tỷ lệ hòa trộn khác nhau có ảnh hưởng đến khí thải động cơ và các tính chất vượt trội của ethanol ảnh hưởng trong quá trình cháy của động cơ. Nghiên cứu của Liguang Li và ctg. (2003) [7] về sự cháy và phát thải của nhiên liệu ethanol (E100) trong động cơ xăng của xe gắn máy cho thấy sự thay đổi của các giá trị công suất,

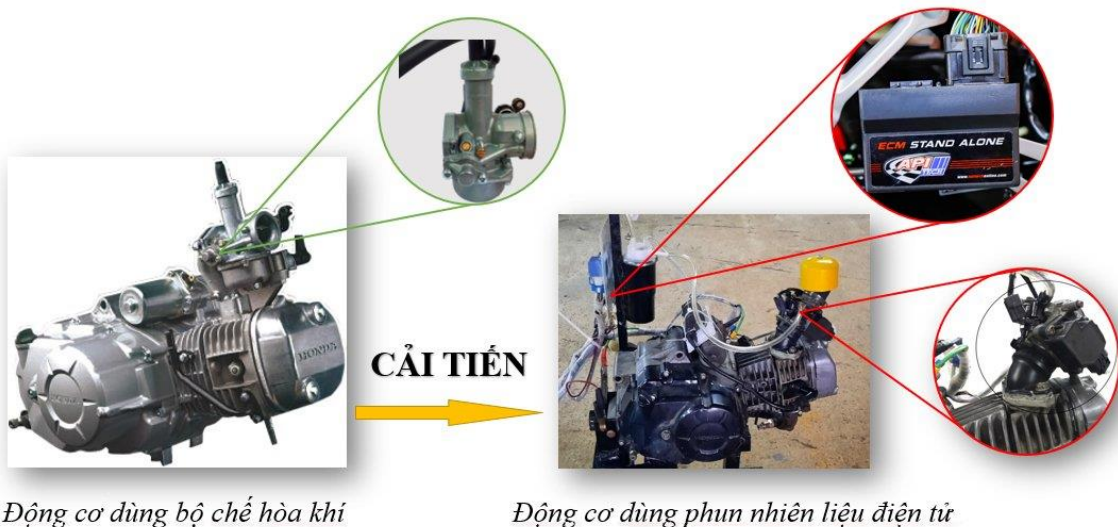
momen và thời gian phun nhiên liệu ethanol. Nghiên cứu của Yahan Huang & Guang Hong (2016) [8] đã đề cập đến việc kết hợp phun xăng và ethanol trong động cơ xe máy 4 thì-xy lanh đơn đã đưa ra tương quan của việc tăng nhiệt độ nhiên liệu ethanol, tăng lượng ethanol trong hỗn hợp nhiên liệu phun đến giảm lượng phát thải khí CO, HC từ động cơ. Nghiên cứu của Maria Antonietta Costagliola và ctg. (2016) [9] về sự ảnh hưởng của hàm lượng ethanol trong hỗn hợp nhiên liệu ethanol-xăng đến thời gian phun nhiên liệu trên động cơ xe máy 4 kì. Nghiên cứu của Seung Hyun Yoon và Chang Sik Lee (2011) [10] đã phân tích sự ảnh hưởng công suất và phát thải khí động cơ hoạt động ở chế độ nghèo nhiên liệu ethanol. Không chỉ nghiên cứu đến mức phát thải của động cơ xe máy khi sử dụng ethanol mà tác giả Le Anh Tuan và ctg. (2011) [11] còn chỉ ra sự cần thiết về việc thay đổi thời điểm đánh lửa của động cơ khi tăng tỷ lệ ethanol lớn hơn 20% thể tích hòa trộn.

Từ quá trình khảo sát sơ lược các nghiên cứu của ethanol trên động cơ xăng đã cho thấy sự cần thiết trong việc ứng dụng nhiên liệu ethanol làm nhiên liệu thay thế một phần hoặc toàn bộ cho nhiên liệu xăng truyền thống trên động cơ xe gắn máy trong việc giảm phát thải ô nhiễm, đặc biệt trong môi trường thành phố với mật độ dân cư đông đúc như TPHCM, Hà Nội. Vì vậy, nghiên cứu này bước đầu tiến hành cải tiến động cơ xăng trên xe gắn máy sử dụng hệ thống nhiên liệu loại bộ chế hòa khí sang hệ thống phun nhiên liệu điện tử (EFI). Đồng thời, thí nghiệm nghiên cứu thay đổi thời gian phun nhiên liệu trong quá trình vận hành động cơ nhằm đánh giá mức độ phù hợp của các dãy tốc độ động cơ với nhiên liệu ethanol (E100) ở chế độ không tải.

2 THIẾT LẬP HỆ THỐNG THÍ NGHIỆM VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN

2.1 Thiết lập hệ thống thí nghiệm và điều kiện thí nghiệm

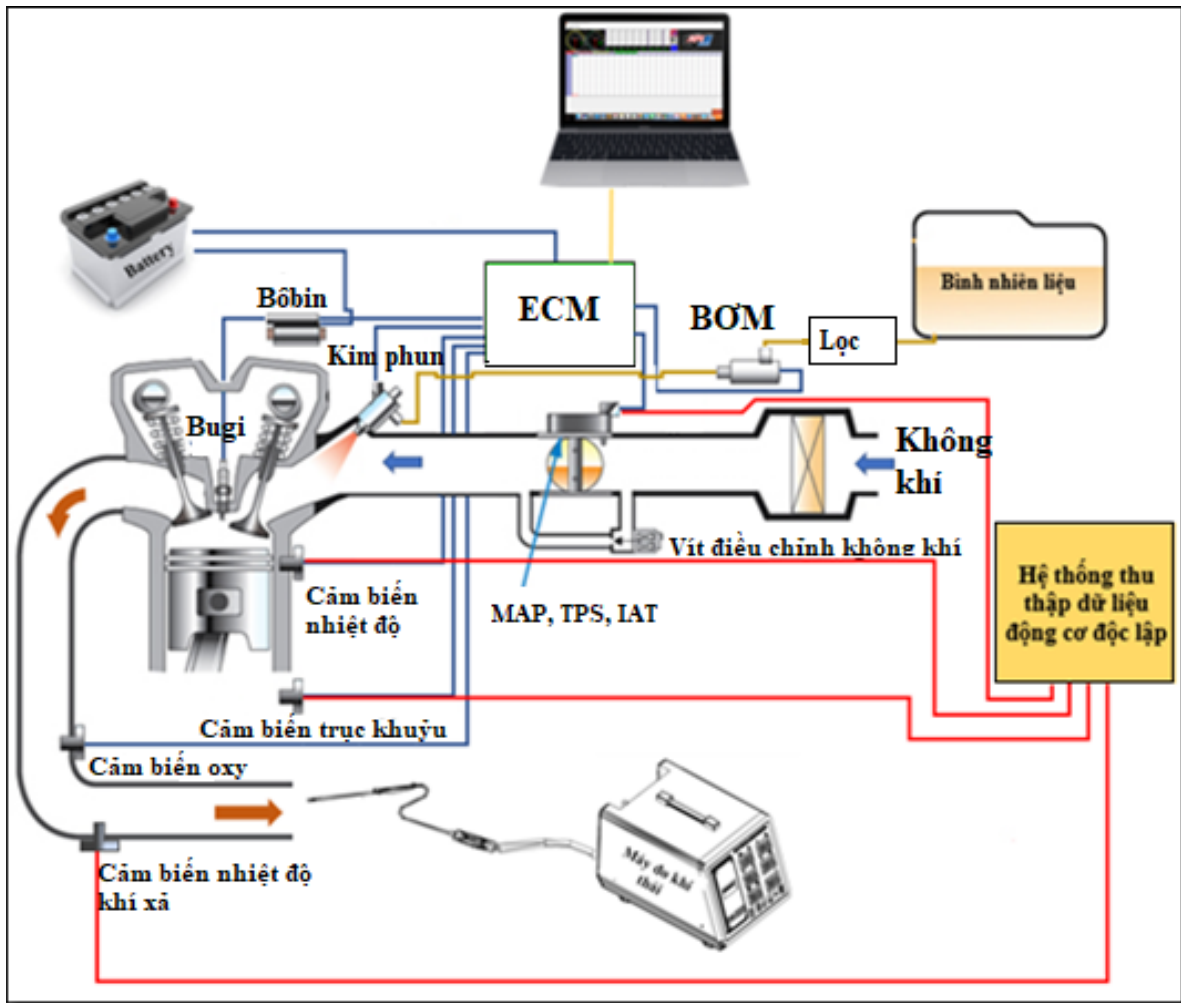
Hình 1 trình bày những thay đổi cơ bản từ động cơ sử dụng hệ thống cung cấp nhiên liệu kiểu chế hòa khí sang phun nhiên liệu điện tử. Chuyển đổi bao gồm thay thế cụm chế hoà khí bằng hệ thống điều khiển phun nhiên liệu điện tử. Hệ thống này gồm kim phun điện tử, các cảm biến báo tín hiệu như nhiệt độ khí nạp, lưu lượng khí nạp, độ mở bướm ga, hộp điều khiển động cơ độc lập (ECU). Những tín hiệu cảm biến này sẽ thu nhận các giá trị và truyền về ECU để xuất tín hiệu điều khiển tới các bộ phận chấp hành nhằm đảm bảo hoạt động chính xác. Trên đường ống khí thải, cảm biến λ được lắp đặt để ghi nhận tỷ lệ không khí và nhiên liệu ở mỗi chế độ thay đổi lượng phun nhiên liệu và tốc độ động cơ.



Động cơ dùng bộ chế hòa khí

Động cơ dùng phun nhiên liệu điện tử

Hình 1: Chuyển đổi hệ thống điều khiển động cơ từ bộ chế hòa khí sang phun nhiên liệu điện tử
Hình 2 trình bày sơ đồ hệ thống thử nghiệm. Từ sơ đồ, hệ thống sử dụng động cơ Wave RSX dung tích 110cc được chuyển từ sử dụng hệ thống nhiên liệu loại chế hòa khí sang phun xăng điện tử (EFI). Động cơ được điều khiển bằng ECU Apitech điều khiển lượng nhiên liệu phun và thời điểm đánh lửa. ECU được giao tiếp với máy tính thông qua phần mềm Apitech để hiển thị và điều chỉnh lượng phun phù hợp với từng dãy tốc độ, khi nhiệt độ lớn hơn 85°C ECU điều khiển kích hoạt quạt làm mát động cơ. Khí thải được đo bởi máy phân tích khí thải HESHBON HG520.



Hình 2: Sơ đồ hệ thống thí nghiệm

Bảng 1 cung cấp các thông số kỹ thuật của động cơ, hệ thống cung cấp nhiên liệu và hệ thống điều khiển điện tử.

Bảng 1: Thông số kỹ thuật hệ thống

Thông số	Thông số kỹ thuật
Loại động cơ	Xăng, 4 kì đánh lửa
Đường kính, hành trình	50.0 mm × 55.6 mm
Dung tích xylanh	109.1 cm ³
Công suất tối đa	6.12 Kw/7500 vòng/phút
Momen xoắn cực đại	8.44 Nm/6000 vòng/phút
Tỷ số nén	9.3:1
Hệ thống làm mát	Làm mát bằng không khí
Kiểu đánh lửa	DC-CDI (Bán dẫn hoàn toàn)
Tốc độ cảm chùng	1400 ± 100v/p
Áp suất nhiên liệu cảm chùng	294 kPa (43 psi)
Đường kính lỗ phun	φ0.152mm×4

Bảng 2 trình bày các điều kiện thí nghiệm. Nhiên liệu được sử dụng trong thí nghiệm là xăng RON 95 thương mại và ethanol (E100). Để có tính chất phù hợp điều kiện hoạt động thực tế của hệ thống phun xăng điện tử của động cơ xe gắn máy, dãy tốc độ động cơ là từ 1500 vòng/phút tới 7500 vòng/phút được lựa

chọn. Xăng được sử dụng như là nhiên liệu chuẩn để đối sánh với E100 tại các điều kiện tốc độ thử nghiệm. Tại mỗi điều kiện tốc độ động cơ thì lưu lượng phun nhiên liệu E100 được thay đổi, thí nghiệm được lặp lại 20 lần tại mỗi điều kiện thí nghiệm để thu thập dữ liệu và so sánh.

Bảng 2: Điều kiện thí nghiệm

Các thông số giám sát	Giá trị
Nhiên liệu sử dụng	Xăng (RON 95) và ethanol (E100)
Dây tốc độ động cơ	1500 vòng/phút đến 7500 vòng/phút
Chế độ hoạt động	Không tải
Lambda	$\lambda \approx 1$
Áp suất phun nhiên liệu	3.5 bar
Số lần đo	20 lần/điều kiện thử nghiệm

2.2 Nhiên liệu thí nghiệm

Bảng 3 trình bày một số tính chất đặc trưng của xăng và ethanol E100 [12]. Từ bảng 3, tỷ lệ không khí và nhiên liệu (A/F) của E100 thấp hơn xăng lần lượt tương ứng 9.0 và 14.7, giá trị nhiệt trị thấp của E100 nhỏ hơn xăng tương ứng 37%, do đó tại các chế độ tải và tốc độ tương ứng muốn sử dụng E100 thì phải cung cấp nhiên liệu nhiều hơn. Trong phân tử ethanol (C_2H_5OH) tồn tại phân tử oxy và tốc độ ngọn lửa của E100 cao hơn xăng (0,61 so với 0,4) điều này dự đoán quá trình đốt cháy nhiên liệu được hoàn toàn hơn và giảm sự hình thành khí thải.

Bảng 3: Tính chất nhiên liệu ethanol [E100] và Xăng [RON 95][12]

Tính chất nhiên liệu	Ethanol E100	Xăng RON95
Thành phần hóa học	C_2H_5OH	C4 -C12
Carbon (% khối lượng)	52	85
Hydrogen (% khối lượng)	13	13
Oxygen (% khối lượng)	35	1
Độ nhớt [cSt]	1,52	0.4- 0.9 (16°C)
Tỷ trọng (kg/m^3)	785	720-775
Nhiệt trị thấp (MJ/kg)	26,9	43
Tốc độ ngọn lửa (m/s)	0.61	0.4
RON	108	95
Tỉ lệ không khí/nhiên liệu (stoi)	9.0	14.7

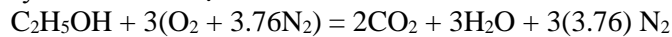
2.3 Phương pháp tính toán lưu lượng phun nhiên liệu

Lượng cung cấp ethanol vào động cơ được quyết định bởi khoảng thời gian nhắc kim phun và áp suất phun nhiên liệu. Gọi λ là hệ số dư lượng không khí, thể hiện hỗn hợp hoà khí dư ($\lambda < 1$, cháy giàu) hay thiếu ($\lambda > 1$, cháy nghèo) [13] và được tính bằng công thức (1):

$$\lambda = \frac{(A/F)_{tt}}{(A/F)_{tt}} \quad (1)$$

Trong đó, $(A/F)_{tt}$ là tỉ lệ hòa khí lý thuyết, $(A/F)_{tt} = 9$ và $(A/F)_{tt}$ là tỉ lệ hòa khí thực tế.

Phương trình cháy lý thuyết của nhiên liệu ethanol như sau:



Từ đó tỉ lệ $(A/F)_{tt} = [(3mol * 4.76 * 29) / (1mol * 46)] = 9$

Bởi vì tỷ lệ A/F lý thuyết của ethanol thấp hơn xăng, một lượng nhiên liệu cần phun nhiều hơn so với xăng trong mỗi chu kỳ hoạt động của động cơ để động cơ hoạt động ở chế độ cháy hơi giàu với hệ số dư lượng không khí $\lambda \approx 1$. Lượng khí cần thiết nạp vào xylanh như phương trình (2), [13]:

$$m_a = \eta_v \cdot V_d \cdot \rho_a \quad (2)$$

Đối với động cơ hút khí tự nhiên, mật độ khí nạp ρ_a thường được đo ở điều kiện áp suất khí trời, hệ số nạp η_v thể hiện hiệu suất nạp không khí vào xylanh, thường có giá trị từ 0.1÷0.9 với mỗi chế độ đóng và mở bướm ga hoàn toàn. Để tính toán dễ dàng, chọn hệ số nạp η_v bằng 0.7. Lượng nhiên liệu thực tế cần phun vào buồng đốt được tính toán bằng công thức (3), [13]:

$$m_f = \frac{m_a}{(A/F)_{tt}} = \frac{m_a}{9} \quad (3)$$

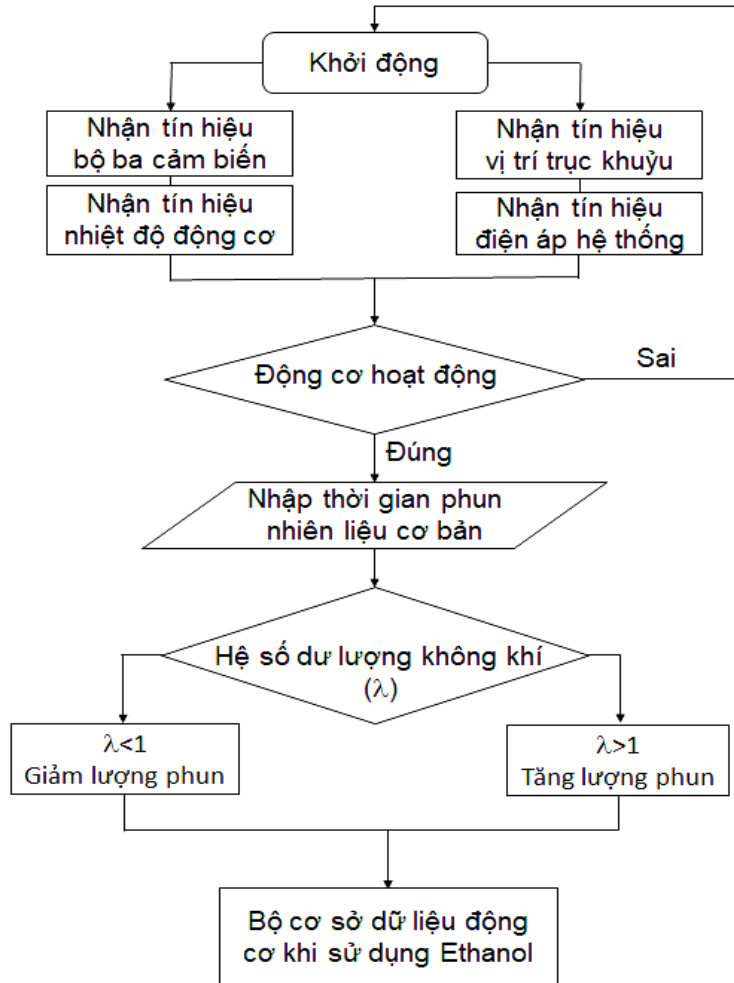
Thời gian mở kim phun t_b được trình bày ở công thức (4) căn bản phụ thuộc vào lưu lượng của kim phun R_{inj} [14], với ρ_f là mật độ nhiên liệu, A_{eff} là tiết diện lỗ kim phun, ΔP là chênh lệch áp suất giữa kim phun

và trong xanh.

$$t_b = \frac{m_f}{R_{inj}} = \frac{m_f}{\rho_f * A_{eff} * \sqrt{2 \frac{\Delta p}{\rho_f}}} \quad (4)$$

2.4 Thuật toán điều khiển

Hình 3 trình bày sơ đồ thuật toán điều khiển hệ thống cung cấp nhiên liệu và góc đánh lửa trên động cơ xe gắn máy phun nhiên liệu điện tử. Từ sơ đồ cho thấy khi động cơ hoạt động dựa vào hệ số dư lượng không khí λ nhỏ hơn 1 (cháy giàu) hay λ lớn hơn 1 (cháy nghèo) chính là điều khiển lượng phun tăng hoặc giảm nhằm giúp động cơ hoạt động ổn định ở chế độ không tải.

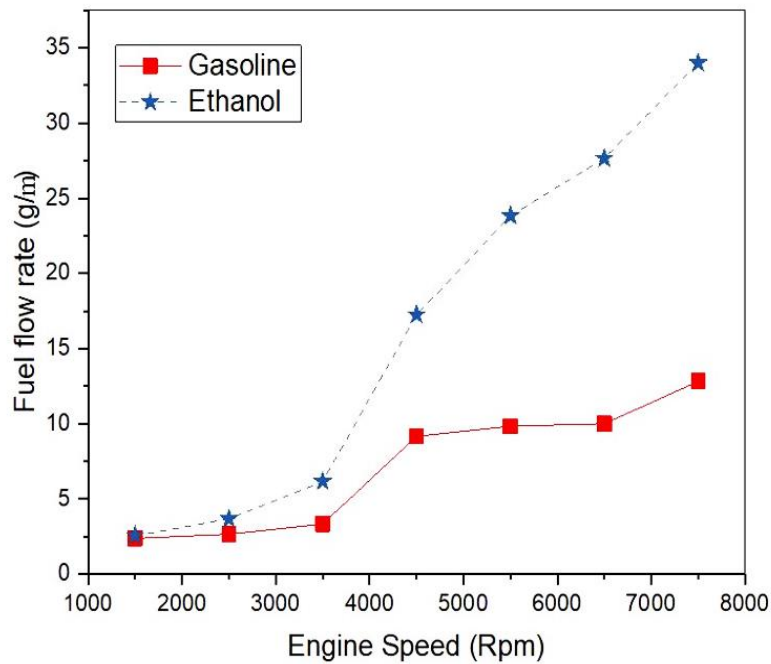


Hình 3: Sơ đồ thuật toán điều khiển phun nhiên liệu

3 KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

3.1 Lưu lượng nhiên liệu tiêu thụ

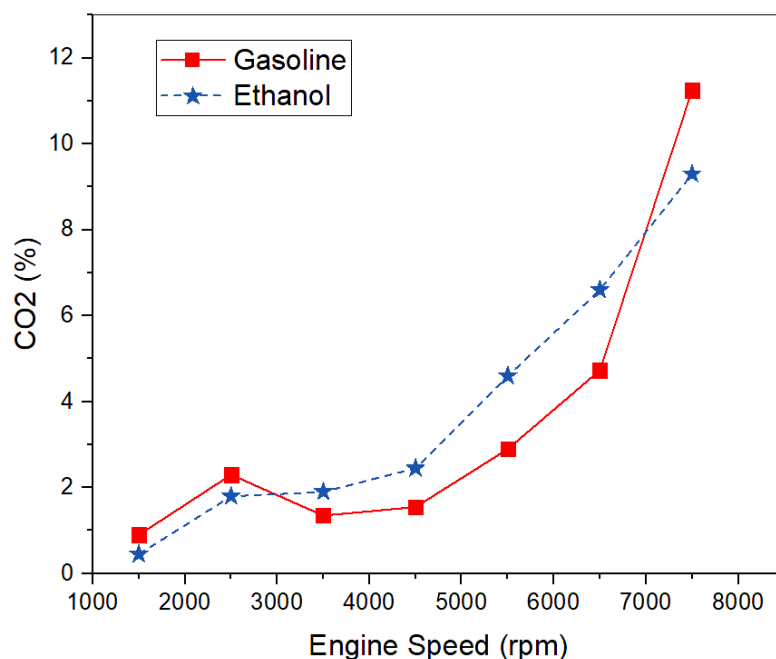
Hình 4 trình bày lưu lượng tiêu thụ nhiên liệu theo các tốc độ thử nghiệm của động cơ giữa nhiên liệu xăng và ethanol đáp ứng ở chế độ hoạt động không tải. Từ đồ thị cho thấy, tốc độ tiêu thụ nhiên liệu có xu hướng tăng khi tăng tốc độ động cơ. Sự chênh lệch lưu lượng nhiên liệu tiêu thụ giữa ethanol và xăng thể hiện rõ hơn tại các giá trị tốc độ động cơ cao. Điều này gây ra bởi ethanol có nhiệt trị nhiên liệu thấp hơn xăng tương đương 37.4% nên cần cung cấp lượng nhiên liệu nhiều hơn ở mỗi tốc độ động cơ [3], [10].



Hình 4: Lưu lượng tiêu thụ nhiên liệu

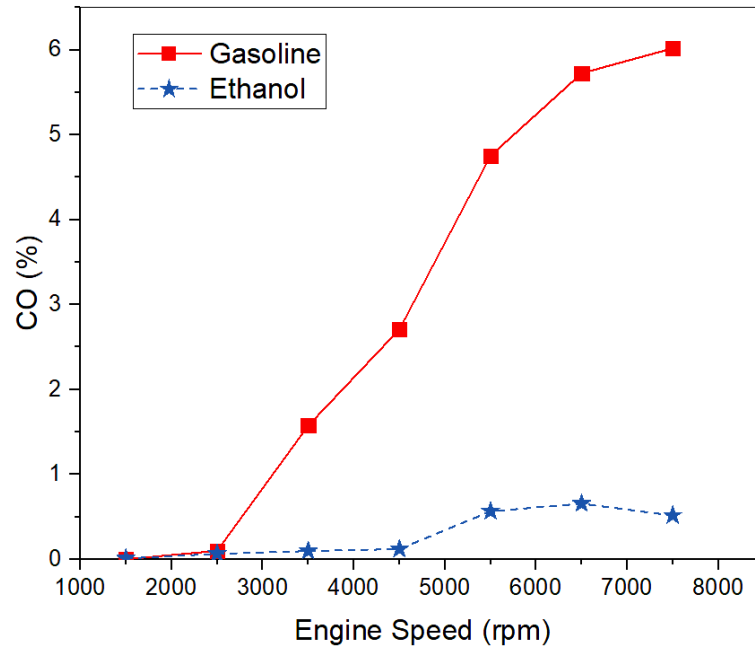
3.2 Nồng độ khí thải của động cơ

Hình 5 trình bày nồng độ khí thải CO_2 khi sử dụng ethanol và xăng tại các tốc độ hoạt động của động cơ ở chế độ không tải. Kết quả cho thấy nồng độ CO_2 của 2 loại nhiên liệu có xu hướng tăng giống nhau khi tăng tốc độ động cơ. Tuy nhiên, tại tốc độ thấp ($< 3000\text{rpm}$) và tốc độ cao ($> 7000\text{rpm}$), xăng có phát thải CO_2 cao hơn ethanol, trong khi nồng độ phát thải CO_2 của ethanol lại cao hơn xăng ở khoảng tốc độ động cơ từ 3000 vòng/phút tới 7000 vòng/phút, với giá trị trung bình 37.7%. Điều này thể hiện rằng ở khoảng tốc độ giữa 3000 vòng/phút tới 7000 vòng/phút, ưu điểm của đặc tính nhiên liệu ethanol có thể giúp quá trình cháy hiệu quả hơn so với xăng nên nồng độ phát thải CO_2 cao hơn [15], [18].



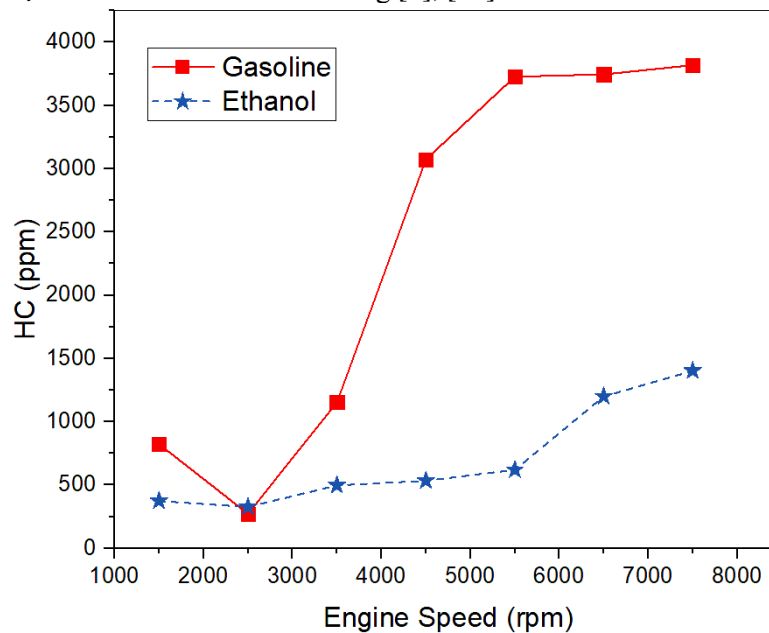
Hình 5: So sánh khí thải CO_2 khi động cơ sử dụng xăng và ethanol ở các tốc độ
 Phát thải CO của động cơ khi dùng ethanol và xăng được khảo sát trong hình 6, từ đồ thị cho thấy theo xu

hướng tăng phát thải CO khi tăng tốc độ động cơ. Điều này là phù hợp với lượng nhiên liệu cung cấp theo tốc độ động cơ tăng dần, thời gian để hoàn thành quá trình cháy bị rút ngắn. Tại tốc độ động cơ từ khoảng 3000 vòng/phút, lượng phát thải CO khi dùng nhiên liệu xăng tăng đột ngột so với nhiên liệu ethanol. Điều này là phù hợp do động cơ đang được thử nghiệm ở chế độ không tải, lượng nhiên liệu được cấp vào nhiều hơn theo tốc độ động cơ mà không được dùng để chuyển hoá thành công suất tiêu thụ tải. Hơn nữa hàm lượng oxy có trong E100 giúp cải thiện quá trình cháy [3]. So sánh giữa ethanol và xăng, phát thải CO của xăng trung bình tăng cao hơn mặc dù ethanol phun nhiều nhiên liệu hơn [15], [16].



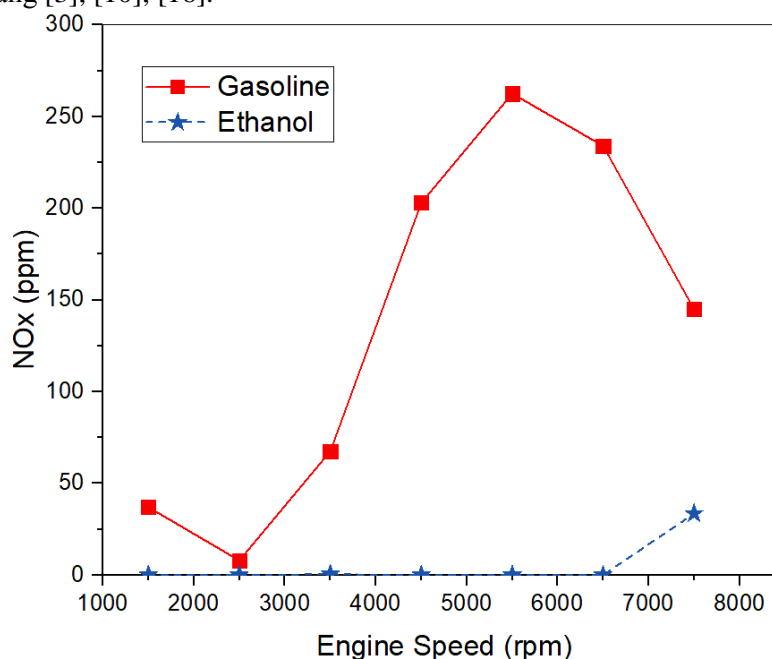
Hình 6: So sánh khí thải CO khi động cơ sử dụng xăng và ethanol ở các tốc độ

Hình 7 cho thấy phát thải HC khi sử dụng ethanol thấp hơn khi sử dụng xăng và có xu hướng tăng lên khi tăng tốc độ động cơ. Kết quả này là phù hợp khi đối chiếu với kết quả phát thải của CO. So sánh giữa hai loại nhiên liệu mức độ chênh lệch của ethanol không cao bằng xăng ở các tốc độ động cơ cao. Do đặc điểm của nhiên liệu ethanol có chứa oxy khiến quá trình cháy diễn ra tốt hơn và cháy sạch hơn, làm lượng khí thải HC của nhiên liệu ethanol nhỏ hơn so với xăng [3], [17].



Hình 7: So sánh khí thải HC khi động cơ sử dụng xăng và ethanol ở các tốc độ

Hình 8 cho thấy phát thải NO_x khi sử dụng ethanol thấp hơn khi sử dụng xăng. Trong nhiên liệu ethanol có chứa khoảng 4-6% là nước, ẩn nhiệt hoá hơi cao của nước giúp hấp thụ nhiệt và làm giảm áp suất, nhiệt độ của quá trình cháy, khiến cho nhiệt độ quá trình cháy giảm và do đó phát thải NO_x giảm mạnh đáng kể so với khi sử dụng xăng [3], [10], [16].



Hình 8: So sánh khí thải NO_x khi động cơ sử dụng xăng và ethanol ở các tốc độ

4 KẾT LUẬN

Nghiên cứu cải tiến động cơ xe gắn máy chuyển đổi hệ thống nhiên liệu từ chế hoà khí sang phun nhiên liệu điện tử ứng dụng nhiên liệu ethanol (E100) hoạt động thử nghiệm ở chế độ không tải có các kết luận như sau:

Hệ thống được chuyển đổi hoàn toàn từ động cơ sử dụng bộ chế hoà khí sang hệ thống phun nhiên liệu điện tử và hoạt động ổn định khi sử dụng nhiên liệu ethanol (E100) tại các dải tốc độ từ 1500v/p tới 7500 v/p.

Tốc độ tiêu thụ nhiên liệu ethanol cao hơn xăng ở chế độ không tải.

Động cơ khi sử dụng nhiên liệu ethanol cho thấy ảnh hưởng tích cực về mặt khí thải, các mức phát thải độc hại CO, NO_x , HC giảm đáng kể.

Ở khoảng tốc độ từ 3000v/p tới 7000v/p, động cơ sử dụng với nhiên liệu ethanol có mức khí thải CO_2 cao hơn nhiên liệu xăng, mức phát thải NO_x hầu như không đáng kể. Khoảng tốc độ này được đề nghị cho các điều kiện thí nghiệm nghiên cứu tiếp theo ở các chế độ tải động cơ thay đổi và với các tỉ lệ phối trộn của xăng với ethanol.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ giao thông vận tải, Hội thảo quốc tế về an toàn giao thông đối với xe máy, 2018.
- [2] Ogur, E. O. and Kariuki, S.M, Effect of Car Emissions on Human Health and the Environment, International Journal of Applied Engineering Research, Vol 9, Number 21 (2014) pp. 11121-11128.
- [3] Vinh Duy Nguyen, Khanh Duc Nguyen, Evaluation of Emissions and Performance of Modified Motorcycle S.I. engine fuelled with bio-fuel E100. Internatrinal Journal of Advanced Transport Phenomena Vol.02, No.01, Jan-Dec 2013.
- [4] B.M. Masum, H.H. Masjuki, M.A. Kalam, I.M. Rizwanul Fattah, S. M Palash, M.J. Abedin, Effect of ethanol-gasoline blend on NO_x emission in SI engine, Renewable and Sustainable Energy Reviews 24 (2013) 209-222.

- [5] Qian Yejian, Zuo Chengji, Xu Hongming, Tan Jian & Teng Qin, Experimental Investigation of Using Ethanol-gasoline in Electronic Control Gasoline-injection Engine, The Hong Kong Institution of Engineers Transactions, Vol 14, No 2, pp26-30
- [6] Fikret Yu'ksel, Bedri Yu'ksel, The use of ethanol-gasoline blend as a fuel in an SI engine, Renewable Energy 29 (2004) 1181-1191.
- [7] Liguang Li and Zhimin Liu, Huiping Wang, Baoqing Deng, Zongcheng Xiao, Zhensuo Wang, Changmin Gong and Yan Su, Combustion and Emissions of Ethanol Fuel (E100) in a Small SI Engine, SAE TECHNICAL PAPER SERERIES 2003-01-3262.2007.
- [8] Yuhan Huang, Guang Hong, Investigation of the effect of heated fuel fuel on combustion and emissions of an ethanol direct injection plus gasoline port injection (EDI+ GDI) engine, Energy Conersion and Management 123 (2016) 338-347. Energy Conversion and Management 123 (2016) 338-347.
- [9] Maria Antonietta Costagliola, Maria Vittoria Prati, Salvatore Florio, Pietro Scorletti, Daniele Terna, Paolo Iodice, Dario Buono, Adolfo Senatore, Performances and emissions of a 4-stroke motorcycle fuelled with ethanol/gasoline blends, Fuel 183(2016) 470-477.
- [10] Seung Hyun Yoon and Chang Sik Lee, Lean Combustion and Emission Characteristics of Bioethanol and Its Blends in a Spark Ignition (SI) Engine, Energy Fuel 2011, 25, 3484-3492.
- [11] Le Anh Tuan, Pham Huu Truyen, Nguyen Duc Khanh, Trieu Tien Chuan, Simulation Study Of Motorcycle Engine's Charateristics Fueled With Ethanol-Gasoline Blends, Journal Of Science & Technology, 2011.
- [12] Mehmet İlhan İlhak, Reyhane Doğan, Selahaddin Orhan Akansu, Nafiz Kahraman, Experimental study on an SI engine fueled by gasoline, ethanol and acetylene at partial loads, Fuel 261 (2020) 116148.
- [13] John B. Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals, New York: McGraw-Hill Book, 1998.
- [14] Đỗ Văn Dũng, Giáo trình điện động cơ và điều khiển động cơ, NX ĐHCQG-HCM, 2013.
- [15] O. C. Nwufu, C. F. Nwaiwu, C. Ononogbo, J. O. Igbokwe, O. M. I. Nwafor & E. E. Anyanwu, Performance, Emission And Combustion Characteristics Of A Single Cylinder Spark Ignition Engine Using Ethanol- Petrol Blended Fuels, International Journal of Ambient Energy, 2017.
- [16] S H Yoon, S Y Ha, H G Roh, and C S Lee, Effect of bioethanol as an alternative fuel on the emissions reduction characteristics and combustion stability in a spark ignition engine, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 941-951, 2009.
- [17] A. Elfasakhany, Performance and emissions of spark-ignition engine using ethanol-methanol-gasoline, n-butanol-isobutanol-gasoline and iso-butanol-ethanol-gasoline blends: A comparative study, Eng. Sci. Tech., Int. J., 2016.
- [18] M. Al-Hasan, Effect of ethanol-unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emission, Energy Conversion and Management, 44, 1547-1561, 2003.

Ngày nhận bài: 12/11/2020

Ngày chấp nhận đăng: 12/03/2021