

SỬ DỤNG NHIỆT KHÍ THẢI ĐỂ CẢI THIỆN TÍNH NĂNG KỸ THUẬT VÀ GIẢM THIỂU PHÁT THẢI ĐỘC HẠI CỦA ĐỘNG CƠ SỬ DỤNG NHIÊN LIỆU XĂNG SINH HỌC

IMPLEMENTATION OF EXHAUST GAS ENERGY TO ENHANCE THE PERFORMANCE AND EMISSION CHARACTERISTICS OF BIO-FUEL ENGINE

Đặng Huy Cường¹, Nguyễn Đức Khánh²,
Trịnh Xuân Phong¹, Bùi Văn Chính^{3,*}

TÓM TẮT

Ethanol được sử dụng phổ biến làm nhiên liệu thay thế trên động cơ ô tô, xe máy để giảm thiểu mức tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch và giảm thiểu ô nhiễm môi trường. Nhiên liệu ethanol có thông số nhiệt hóa hơi cao hơn so với nhiên liệu xăng nhưng áp suất hơi bão hòa lại thấp hơn nhiều so với nhiên liệu xăng, điều này làm giảm nhiệt độ của môi chất nạp mới và ảnh hưởng tới khả năng khởi động và chạy không tải ổn định của động cơ. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm tận dụng nhiệt khí thải để sấy nóng đường nạp của động cơ sử dụng nhiên liệu xăng sinh học. Nhờ lượng nhiệt từ khí thải, nhiệt độ đường nạp của động cơ tăng lên, từ đó cải thiện được quá trình cháy của động cơ, nâng cao được tính năng kỹ thuật. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi sử dụng nhiệt khí thải để sấy nóng đường nạp, suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ cải thiện đáng kể và một số thành phần phát thải có xu hướng giảm.

Từ khóa: Nhiên liệu sinh học, tận dụng nhiệt khí thải, trao đổi nhiệt.

ABSTRACT

Bio-ethanol, a kind of alternative fuel used on vehicles equipped internal combustion engine. Ethanol has higher heat of vaporization value than gasoline and lower reid of vapor pressure, thus the reduction of the intake manifold temperature which effects engine performance especially at cold starting and idling conditions. This paper present experimental study on using exhaust gas to heat the intake manifold, thereby increasing intake mixture temperature, to improve the combustion process of the engine, results in improvement of engine performances. The study results show that, the specific fuel consumption of the test engine improves remarkably and some gaseous emissions tend to be reduced as the intake manifold be heated by exhaust gas.

Keywords: Biofuel, ethanol fuel blend, heat recovery, heat transfer.

¹Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Nam Định

²Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

³Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: chinhbv@hau.edu.vn

Ngày nhận bài: 28/8/2019

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 15/01/2020

Ngày chấp nhận đăng: 20/02/2020

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Nhu cầu sử dụng năng lượng và vấn đề ô nhiễm môi trường do phương tiện giao thông vận tải đã và đang được nghiên cứu giải quyết bằng các công nghệ mới như xử lý khí thải, xe điện hay nhiên liệu thay thế [1]. Trong vài năm gần đây, nhiên liệu sinh học được coi là giải pháp hiệu quả được áp dụng trên phương tiện giao thông sử dụng động cơ đốt trong. Nhiều nghiên cứu sử dụng nhiên liệu thay thế cho nhiên liệu hóa thạch đã được triển khai. Điển hình như ethanol, khí hóa lỏng, khí thiên nhiên đã được áp dụng trên cả động cơ ô tô và xe máy [2-4]. Các nghiên cứu trên thế giới [5-7], đã chỉ ra rằng, nhiên liệu ethanol có nhiệt trị thấp hơn nhiều so với xăng thông thường, cụ thể là 44MJ/kg đối với xăng thông thường và 26MJ/kg đối với nhiên liệu ethanol. Chỉ số ốc tan của nhiên liệu ethanol lại cao hơn nhiều so với các loại nhiên liệu xăng thông thường, do đó động cơ sử dụng ethanol có thể làm việc được ở tỷ số nén cao hơn so với xăng. Nhiên liệu ethanol có nhiệt hóa hơi cao hơn xăng nên làm giảm nhiệt độ của môi chất nạp. Điều này làm ảnh hưởng tới quá trình cháy của động cơ tuy nhiên lại cải thiện được hệ số nạp. Áp suất hơi bão hòa của nhiên liệu ethanol thấp hơn so với nhiên liệu xăng, điều này ảnh hưởng lớn tới khả năng khởi động lạnh và độ ổn định ở chế độ không tải của động cơ [8]. Một số nghiên cứu khác [9-12] đã chỉ ra rằng khi tăng dần tỷ lệ ethanol trong hỗn hợp nhiên liệu sinh học sẽ làm giảm thiểu một số thành phần phát thải độc hại như CO, HC và NO_x.

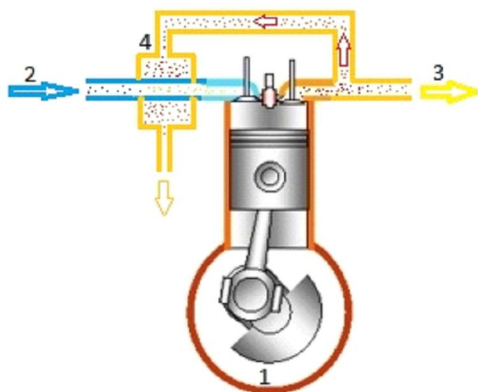
Các nhà khoa học trong nước cũng đã tiến hành các nghiên cứu sử dụng nhiên liệu xăng sinh học trên động cơ đốt trong cũng như đánh giá ảnh hưởng của ethanol tới tính năng kỹ thuật, phát thải độc hại và chất lượng của các chi tiết trong hệ thống nhiên liệu [13, 14]. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, động cơ có thể làm việc ổn định với tỷ lệ nhỏ ethanol trong hỗn hợp nhiên liệu mà không cần phải thay đổi kết cấu của động cơ. Tuy nhiên, với tỷ lệ ethanol lớn hoặc sử dụng hoàn toàn nhiên liệu ethanol thì phải

thay đổi kết cấu của hệ thống nhiên liệu. Động cơ sử dụng hoàn toàn nhiên liệu ethanol có thể hoạt động tương đối tốt ở các chế độ ổn định cũng như sau khi động cơ đã đạt nhiệt độ làm việc. Tuy nhiên, ở các chế độ chuyển tiếp hoặc nhiệt độ động cơ còn thấp thì tính năng kỹ thuật của động cơ bị ảnh hưởng nhiều bởi những tính chất đặc trưng của nhiên liệu ethanol như hiện hóa hơi cao hay áp suất hơi bão hòa rất thấp so với nhiên liệu xăng thông thường. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả thực hiện giải pháp cải thiện tính năng kỹ thuật của động cơ sử dụng ethanol bằng cách sấy nóng đường nạp của động cơ nhờ tận dụng năng lượng khí thải. Kết quả cho thấy khi sấy nóng khí nạp, tính năng kỹ thuật của động cơ được cải thiện, một số thành phần khí thải có xu hướng giảm đáng kể.

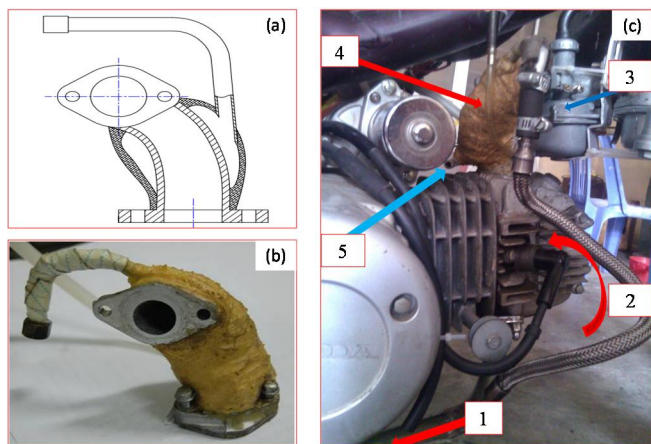
2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Thiết kế hệ thống sấy nóng đường nạp bằng nhiệt khí thải

Nguyên lý của hệ thống sấy nóng đường nạp bằng nhiệt khí thải được thể hiện trên hình 1. Trong đó, (1)-động cơ; (2)-khí nạp mới; (3)-khí thải, (4)-buồng trao đổi nhiệt. Theo sơ đồ nguyên lý, một phần khí thải có nhiệt độ cao được đưa trở lại một buồng trao đổi nhiệt để truyền nhiệt cho môi chất nạp mới, sau đó thải ra ngoài môi trường. Nhờ năng lượng nhận được từ khí thải, nhiệt độ của môi chất nạp mới trong quá trình nạp tăng lên, kết quả là cải thiện được quá trình cháy của động cơ.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý hệ thống sấy nóng đường nạp bằng nhiệt khí thải



Hình 2. Kết cấu bộ tận dụng nhiệt khí thải

Trên cơ sở nguyên lý như thể hiện trên hình 1, hệ thống tận dụng nhiệt khí thải được thiết kế như thể hiện trên hình 2a và đường nạp của động cơ thí nghiệm được cải tạo lại có kết cấu như hình 2b. Đường nạp sau khi cải tạo được lắp đặt lên động cơ thí nghiệm như được thể hiện trên hình 2c. Trong đó (1)-đường thải; (2)-đường khí thải quay lại buồng trao đổi nhiệt; (3)-bộ chế hòa khí; (4)-buồng trao đổi nhiệt và (5)-đường khí thải ra khỏi buồng trao đổi nhiệt.

2.2. Nhiên liệu và động cơ thử nghiệm

Quá trình nghiên cứu thực nghiệm được tiến hành trên động cơ xe máy sử dụng chế hòa khí thể hệ cũ với các thông số cơ bản được thể hiện trong bảng 1. Nhiên liệu sử dụng trong nghiên cứu này là ethanol nguyên chất với các thông số cơ bản được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 1. Thông số cơ bản của xe thử nghiệm

Nhà sản xuất	Honda Super Dream
Năm sản xuất	2009
Loại động cơ	1 xylanh
Hệ thống nhiên liệu	Chế hòa khí
Dung tích xylanh	97cm ³
Tốc độ cực đại	1000v/ph
Công suất cực đại	5,5kW/7000 v/ph
Mô men cực đại	10,2 Nm/6000 v/ph
Tỷ số nén	9:1

Bảng 2. So sánh thông số cơ bản của nhiên liệu xăng và ethanol

Thông số	Ethanol	Xăng
Chỉ số octan	108	92
Nhiệt hóa hơi (kJ/kg)	840	270
Tỷ lệ C (% khối lượng)	52,2	85
Tỷ lệ O (% khối lượng)	34,7	0
Nhiệt trị thấp (MJ/kg)	26,8	44
Hệ số A/F (kg)	8,96	14,7
Áp suất hơi bão hòa (kPa)	15,1	60,0

2.3. Thiết bị thử nghiệm

Trang thiết bị sử dụng trong nghiên cứu thực nghiệm bao gồm băng thử xe máy CD20, thiết bị đo tiêu hao nhiên liệu AVL 733S và hệ thống phân tích khí thải CEB. Băng thử xe máy cho phép thực hiện các phép thử ở chế độ tĩnh cũng như đánh giá được khả năng gia tốc của xe hay các thử nghiệm theo chu trình tiêu chuẩn. Thiết bị đo tiêu hao nhiên liệu AVL 733S hoạt động theo nguyên tắc trọng lực được sử dụng trong nghiên cứu này có độ chính xác cao và dải đo phù hợp với đối tượng thử nghiệm. Tủ phân tích khí thải CEB (Combustion Emission Bench) bao gồm toàn bộ các môđun thực hiện quá trình phân tích các thành phần khí thải như mônôxít cacbon (CO), cacbon điôxít (CO₂), ôxygen (O₂), ôxít nitơ (NO và NO_x) và hydrocacbon (HC). Sơ đồ hệ thống thử nghiệm được thể hiện trên hình 3.



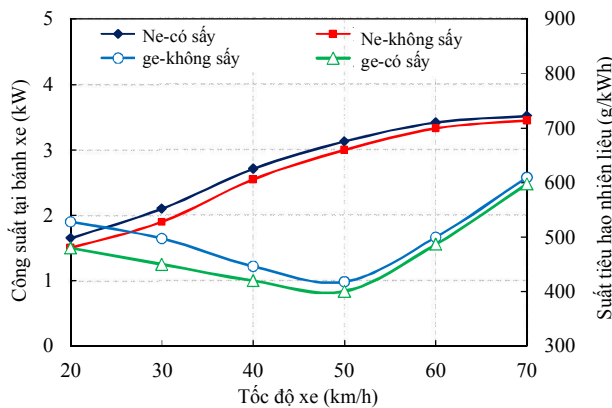
Hình 3. Hệ thống thử nghiệm

2.4. Quy trình thử nghiệm

Để đánh giá ảnh hưởng của hệ thống tận dụng nhiệt khí thải đến tính năng kỹ thuật và phát thải của động cơ, quá trình thử nghiệm được thực hiện ở chế độ ổn định, bướm ga ở vị trí mở hoàn toàn, tốc độ của động cơ được điều chỉnh thay đổi từ 20 đến 70km/h tại tay số 4. Các thông số như công suất tại bánh xe, lượng nhiên liệu tiêu thụ và các thành phần phát thải được xác định để so sánh và đánh giá.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tính năng kinh tế, kỹ thuật của động cơ

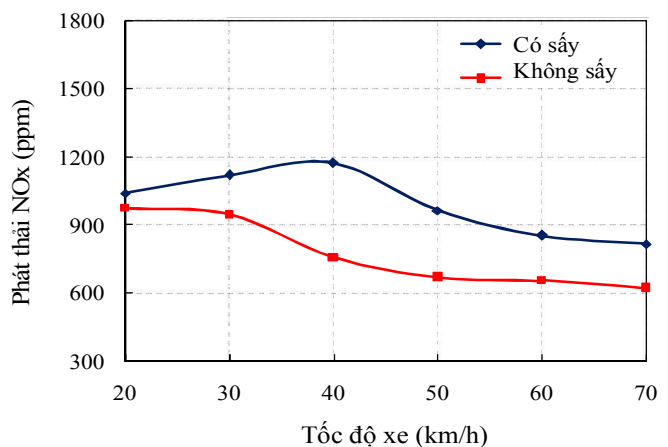
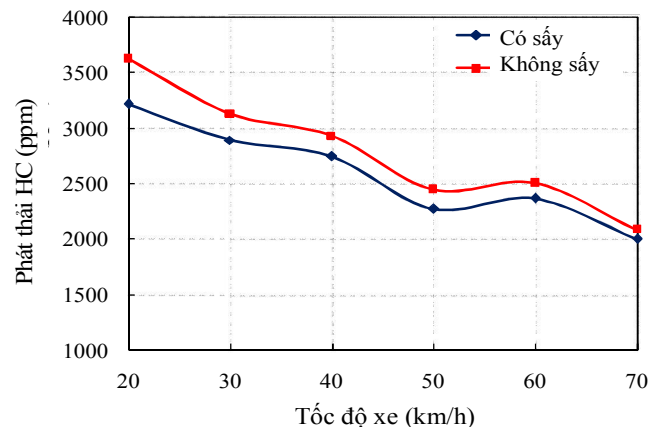
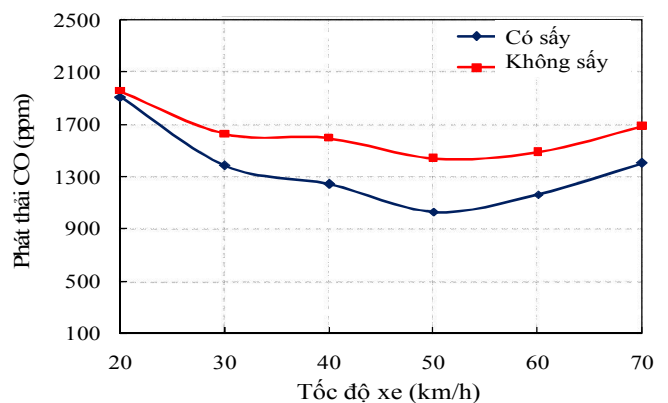


Hình 4. So sánh công suất tại bánh xe và suất tiêu hao nhiên liệu

Kết quả thử nghiệm so sánh công suất tại bánh xe và suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ được thể hiện trên hình 4. Khi tận dụng nhiệt khí thải để sấy nóng khí nạp mới của động cơ, suất tiêu hao nhiên liệu cải thiện từ 2 đến 9,5% so với trường hợp nguyên bản. Do ở chế độ toàn tải, bướm ga mở hoàn toàn lượng nhiên liệu cung cấp cho động cơ là lớn nhất sẽ làm nhiệt độ môi chất nạp mới giảm mạnh và ảnh hưởng tới hiệu suất của động cơ. Nhờ năng lượng nhận được từ khí thải, nhiệt độ môi chất nạp mới được nâng lên từ đó cải thiện được quá trình hình thành hỗn hợp và chất lượng quá trình cháy được cải thiện. Kết quả thể hiện trên hình 4 cho thấy, nhờ tận dụng được năng lượng khí thải, suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ cải thiện và công suất đo được tại bánh xe tăng trung bình 5,1% trên toàn dải tốc độ thử nghiệm.

3.2. Thành phần phát thải độc hại

Kết quả thử nghiệm đo đạc các thành phần phát thải độc hại của động cơ bao gồm HC, CO và NO_x được thể hiện trong hình 5. Nhờ tận dụng năng lượng khí thải, nhiệt độ của môi chất nạp mới được nâng cao từ đó cải thiện được quá trình cháy của động cơ và giảm thiểu hai thành phần phát thải HC, CO. So với trường hợp nguyên bản, khi tận dụng nhiệt khí thải thì phát thải NO_x của động cơ tăng lên do nhiệt độ của môi chất nạp mới ở cuối kỳ nạp cao hơn cũng như quá trình cháy được cải thiện. Phát thải CO giảm từ 2 đến 28%, HC giảm từ 1,3 đến 11% và NO_x tăng từ 13 đến 45% trên toàn dải tốc độ thử nghiệm.



Hình 5. So sánh thành phần phát thải độc hại của động cơ

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu cải thiện tính năng kỹ thuật và phát thải của động cơ nhờ tận dụng năng lượng khí thải đã được thực hiện. Kết quả cho thấy, nhờ năng lượng khí thải làm tăng nhiệt độ của môi chất nạp mới đã cải thiện được chất lượng quá trình cháy của động cơ. Khi tận dụng nhiệt khí thải để sấy nóng khí nạp mới của động cơ, suất tiêu hao nhiên liệu cải thiện từ 2 đến 9,5% so với trường hợp nguyên bản; công suất đo được tại bánh xe tăng trung bình 5,1% trên toàn dải tốc độ thử nghiệm. Phát thải CO giảm từ 2 đến 28%, HC giảm từ 1,3 đến 11% và NO_x tăng từ 13 đến 45% trên toàn dải tốc độ thử nghiệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. P. Iodice, A. Senatore, 2015. *Industrial and Urban Sources in Campania, Italy: "The Air Pollution Emission Inventory*. Energy & Environment, 26(8), pp. 1305-1318.
- [2]. Duc Khanh Nguyen, Han Nguyen Tien, Vinh Nguyen Duy, 2018. *Performance Enhancement and Emission Reduction of Used Motorcycles Using Flexible Fuel Technology*. Journal of the Energy Institute 91 (1). Elsevier Ltd: 145–152. doi:10.1016/j.joei.2016.09.004.
- [3]. Duc, K.N., V.N. Duy, 2018. *Study on Performance Enhancement and Emission Reduction of Used Fuel-Injected Motorcycles Using Bi-Fuel Gasoline-LPG*. Energy for Sustainable Development 43: 60–67. doi:https://doi.org/10.1016/j.esd.2017.12.005.
- [4]. K. Nguyen Duc, V. Nguyen Duy, L. Hoang-Dinh, T. Nguyen Viet, T. Le-Anh, 2019. *Performance and emission characteristics of a port fuel injected, spark ignition engine fueled by compressed natural gas*. Sustainable Energy Technologies and Assessments, vol. 31, pp. 383-389.
- [5]. P. Iodice, A. Senatore, G. Langella, A. Amoresano, 2017. *Advantages of ethanol-gasoline blends as fuel substitute for last generation Si engines*. Environmental Progress and Sustainable Energy, 36, 4, 1173-1179.
- [6]. P. Iodice, G. Langella, A. Amoresano, 2018. *Ethanol in gasoline fuel blends: Effect on fuel consumption and engine out emissions of SI engines in cold operating conditions*. Applied Thermal Engineering, 130, 1081-1089, doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.11.090.
- [7]. Iodice, P. and Senatore, A., 2013. *Influence of Ethanol-gasoline Blended Fuels on Cold Start Emissions of a Four-stroke Motorcycle*. Methodology and Results. SAE Technical Paper 2013-24-0117, doi.org/10.4271/2013-24-0117.
- [8]. Le Anh Tuan, et.al, 2017. *Alternative fuels for internal combustion engine*. Bach Khoa publishing house.
- [9]. Durbin, Thomas D., J. Wayne Miller, Theodore Younglove, Tao Huai, Kathalena Cocker, 2007. *Effects of Fuel Ethanol Content and Volatility on Regulated and Unregulated Exhaust Emissions for the Latest Technology Gasoline Vehicles*. Environmental Science and Technology 41 (11): 4059–4064. doi:10.1021/es061776o.
- [10]. Graham, Lisa A., Sheri L. Belisle, and Cara Lynn Baas. 2008. "Emissions from Light Duty Gasoline Vehicles Operating on Low Blend Ethanol Gasoline and E85." *Atmospheric Environment* 42 (19): 4498–4516. doi:10.1016/j.atmosenv.2008.01.061.
- [11]. Clairotte, M., T. W. Adam, A. A. Zardini, U. Manfredi, G. Martini, A. Krasenbrink, A. Vicet, E. Tournié, C. Astorga, 2013. *Effects of Low Temperature on the Cold Start Gaseous Emissions from Light Duty Vehicles Fuelled by Ethanol-Blended Gasoline*. Applied Energy. doi:10.1016/j.apenergy.2012.08.010.
- [12]. Schifter, I., U. González, L. Díaz, R. Rodríguez, I. Mejía-Centeno, C. González-Macías, 2018. *From Actual Ethanol Contents in Gasoline to Mid-Blends and E-85 in Conventional Technology Vehicles*. *Emission Control Issues and Consequences*. Fuel 219 (January). Elsevier: 239–247. doi:10.1016/j.fuel.2018.01.118.
- [13]. Le Anh Tuan, Pham Minh Tuan, 2009. *Impacts of Gasohol E5 and E10 on Performance and Exhaust Emissions of In-used Motorcycle and Car: A Case Study in Vietnam*. Journal of Science and Technology, Vietnamese Technical Universities, http://www.vjol.info/index.php/DHBK/article/view/11093
- [14]. Pham Huu Tuyen, Le Anh Tuan, Nguyen Duy Vinh, Pham Van Doan, 2012. *Durability Testing for Motorcycle Engines Fueled with E10*. The 2nd International Conference on Automotive Technology, Engine and Alternative Fuels (ICAEF2012), Ho Chi Minh City, Vietnam.

AUTHORS INFORMATION

Dang Huy Cuong¹, Nguyen Duc Khanh², Trinh Xuan Phong¹, Bui Van Chinh³

¹Nam Dinh University of Technology Education

²Hanoi University of Science and Technology

³Hanoi University of Industry