

# NGHIÊN CỨU CẢI THIỆN TÍNH NĂNG LÀM VIỆC CỦA ĐỘNG CƠ SỬ DỤNG NHIÊN LIỆU XĂNG SINH HỌC Ở ĐIỀU KIỆN LẠNH

## A STUDY ON PERFORMANCE ENHANCEMENT OF SPARK IGNITION ENGINE FUELED WITH ETHANOL AT COLD CONDITION

Bùi Văn Chinh<sup>2,\*</sup>, Nguyễn Cẩm Vân<sup>1</sup>,  
Nguyễn Đức Khánh<sup>1</sup>, Hoàng Văn Lợi<sup>2</sup>

### TÓM TẮT

Nhiên liệu xăng sinh học ethanol được sử dụng phổ biến trên động cơ đánh lửa cưỡng bức để thay thế nhiên liệu xăng truyền thống nhờ có tính chất khá tương đồng với nhiên liệu xăng. Nhiên liệu ethanol có nhiệt ẩn hơi cao hơn nhiều so với xăng thông thường, 840kJ/kg đối với ethanol và 270kJ/kg đối với xăng. Do đó, khi sử dụng hoàn toàn ethanol làm nhiên liệu cho động cơ sẽ làm giảm nhiệt độ của môi chất nạp, điều này ảnh hưởng tới khả năng khởi động lạnh của động cơ ở chế độ khởi động lạnh hoặc điều kiện nhiệt độ môi trường thấp. Ngoài ra, khi nhiệt độ môi chất nạp thấp sẽ ảnh hưởng tới độ ổn định ở chế độ không tải của động cơ. Với mục tiêu cải thiện chất lượng làm việc của động cơ ở điều kiện khởi động lạnh, trong nghiên cứu này, một hệ thống sấy nóng môi chất nạp mới được thiết kế cho động cơ phun nhiên liệu điện tử sử dụng nhiên liệu ethanol. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, khi sử dụng hệ thống sấy nhằm tăng nhiệt độ của hỗn hợp nạp mới, động cơ khởi động một cách dễ dàng ở chế độ khởi động lạnh hay nhiệt độ môi trường thấp. Tốc độ của động cơ ở chế độ không tải lạnh cũng được cải thiện rõ rệt so với trường hợp không sử dụng hệ thống sấy.

**Từ khóa:** Xăng sinh học; hệ thống sấy bằng điện; khởi động lạnh.

### ABSTRACT

Bio-ethanol fuel has been used widely in spark ignition engines because it owns similar properties as gasoline fuel. Ethanol fuel is characterized by higher heat of vaporization value in comparison with conventional gasoline fuel, 840kJ/kg for ethanol and 270kJ/kg for gasoline. As a result, when using pure ethanol as fuel for engines, these properties contribute to the lower temperature of intake mixture then effect engine operating, especially at cold starting and low ambient temperature condition. In addition, low temperature of mixture will contribute to an affect on the stability of idling condition. In order to improve the performance of the engine fueled with pure ethanol at cold starting and low ambient temperature condition, an electric heating system had been designed for a port fuel injection engine. The study results show that, with the heating system, the test engine could be started easily at cold start and low ambient temperature conditions. In addition, cold idling speed of the test engine is more stable than that of the original engine.

**Keywords:** Bio-ethanol, electric heating system, cold starting condition.

<sup>1</sup>Viện Cơ khí Động lực, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

<sup>2</sup>Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: chinhbv@hau.edu.vn

Ngày nhận bài: 02/12/2020

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 15/01/2021

Ngày chấp nhận đăng: 26/02/2021

### 1. GIỚI THIỆU

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. Các nghiên cứu sử dụng nhiên liệu thay thế, đặc biệt là nhiên liệu xăng sinh học ethanol trên động cơ đốt trong đã được nhiều nhà khoa học trên thế giới thực hiện. Những nghiên cứu này đã thu được những kết quả rất khả quan làm nền tảng cho việc phát triển rộng rãi nhiên liệu sinh học ethanol nói riêng và năng lượng thay thế nói chung [1-4]. 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, 840kJ/kg đối với ethanol và 270kJ/kg đối với xăng, nên sẽ làm giảm nhiệt độ của môi chất nạp và ảnh hưởng tới quá trình cháy của động cơ. 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<sub>x</sub>.

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

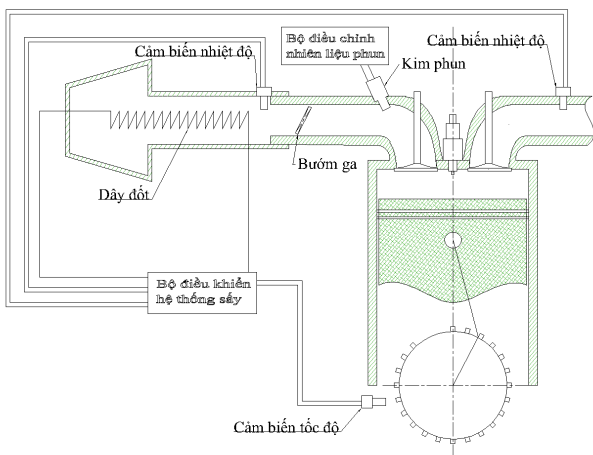
hiệt độ làm việc. Tuy nhiên, ở các chế độ chuyển tiếp hoặc nhiệt độ động cơ còn thấp thì tính năng kỹ thuật của động cơ bị ảnh hưởng nhiều bởi những tính chất đặc trưng của nhiên liệu ethanol như nhiệt hóa hơi cao hay áp suất hơi bão hòa rất thấp so với nhiên liệu xăng thông thường. Nguyễn Đức Khánh và cộng sự đã cải tạo động cơ xe máy thể hệ cũ sang sử dụng xăng sinh học [15], tuy nhiên, khả năng khởi động lạnh và không tải lạnh của động cơ vẫn chưa đảm bảo yêu cầu do ảnh hưởng bởi nhiệt hóa hơi và áp suất hơi bão hòa của ethanol. Trong nghiên cứu tiếp theo, mức độ hoạt động ổn định của động cơ được cải thiện bằng cách tận dụng nhiệt khí thải [16]. Nguyễn Cẩm Vân và cộng sự [17] đã thực hiện nghiên cứu cải thiện khả năng khởi động lạnh và chạy không tải của động cơ chế hòa khí sử dụng 100% ethanol bằng cách trang bị hệ thống sấy nóng khí nạp mới. Kết quả cho thấy, với sự trợ giúp của hệ thống sấy, động cơ có thể khởi động dễ dàng với nhiên liệu ethanol, tốc độ không tải ổn định hơn so với trường hợp không sử dụng hệ thống sấy.

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả thực hiện giải pháp kỹ thuật nhằm cải thiện khả năng khởi động lạnh và hoạt động trong điều kiện nhiệt độ môi trường thấp của động cơ xe máy phun điện tử sử dụng nhiên liệu ethanol bằng cách sấy nóng đường nạp nhờ năng lượng điện từ ắc quy. Kết quả cho thấy khi sấy nóng khí nạp mới, tính năng kỹ thuật của động cơ được cải thiện. Cụ thể là khả năng khởi động lạnh ở điều kiện nhiệt độ thấp cải thiện rõ rệt. Tốc độ không tải lạnh ổn định hơn nhiều so với trường hợp không có hệ thống sấy.

**2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU**

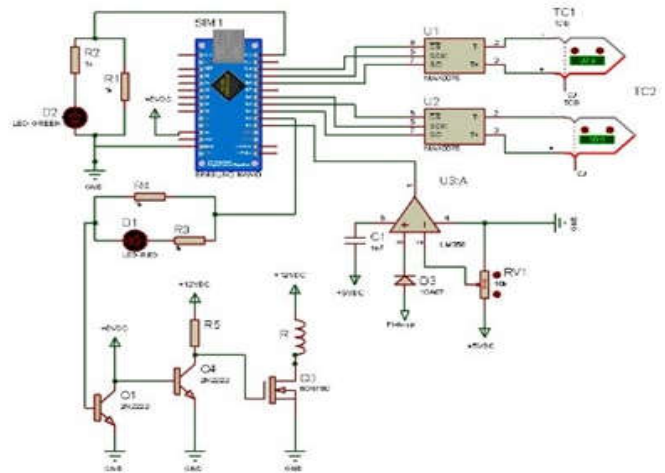
**2.1. Hệ thống sấy nóng khí nạp**

Sơ đồ nguyên lý của hệ thống sấy khí nạp được thể hiện trên hình 1. Để sấy nóng không khí nạp trước khi khởi động, dây sấy được bố trí trong đường ống nạp, sau lọc gió và trước bướm ga. Dây sấy được cấp điện và điều khiển để truyền nhiệt cho khí nạp mới đạt được nhiệt độ mong muốn. Bố trí dây sấy phía trước bướm ga là phương án thuận lợi nhất, đảm bảo quá trình cải tạo và lắp đặt không phải thay đổi nhiều kết cấu của động cơ.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý hệ thống sấy không khí nạp

Hệ thống sấy không khí nạp được thiết kế bao gồm bộ trao đổi nhiệt giữa dây sấy và khí nạp được điều khiển duy trì nhiệt độ theo các chế độ thử nghiệm nhờ mạch điều khiển sấy. Mạch điều khiển sấy bao gồm một mô đun rơ le, cảm biến nhiệt độ và bộ vi xử lý, cho phép người dùng có thể điều chỉnh được nhiệt độ khí nạp thông qua thời gian sấy trong quá trình thí nghiệm. Sơ đồ nguyên lý của mạch điều khiển sấy được thể hiện trên hình 2.



a)



b)

Hình 2. Sơ đồ nguyên lý của mạch điều khiển sấy (a) và mạch điều khiển (b)

Để đạt được nhiệt độ cần thiết đảm bảo khả năng hòa trộn nhiên liệu và không khí nạp, nhiệt độ khí nạp cần được gia tăng đạt đến giá trị cần thiết trong khoảng thời gian ngắn với tiêu hao điện năng nhỏ nhất. Phương trình truyền tải công suất được thể hiện trong phương trình 1 [18,19]:

$$Pd_t = m \cdot c \cdot d_T + K \cdot F \cdot (T - T_0) \tag{1}$$

Từ phương trình truyền tải công suất, nhóm tác giả đưa ra được phương trình nung nóng:

$$T = T_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + T_y \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \tag{2}$$

Trong đó: K - hệ số truyền nhiệt từ vật nung vào môi trường xung quanh; F (m<sup>2</sup>) - diện tích của bề mặt truyền nhiệt của vật nung nóng; m (kg) - khối lượng của vật nung nóng; c (J/kg.°C) - tỷ nhiệt của vật nung nóng; T (°C) - nhiệt độ tại thời điểm t; T<sub>0</sub> (°C) - nhiệt độ ban đầu; T<sub>y</sub> (°C) - nhiệt độ ổn định, T<sub>y</sub> = T<sub>k</sub>; t (s) - hằng số thời gian nung nóng,

$$t = \frac{m \cdot c}{\alpha_{dl} \cdot F}$$

Từ phương trình (2) sẽ xác định thời gian nung nóng theo phương trình 3:

$$\tau = t \cdot \ln \frac{T_y - T_d}{T_y - T} \quad (3)$$

Như vậy, tốc độ nung nóng phụ thuộc vào hệ số trao đổi nhiệt đối lưu  $\alpha_{dl}$  và diện tích bề mặt truyền nhiệt F.

### 2.2. Đối tượng thử nghiệm

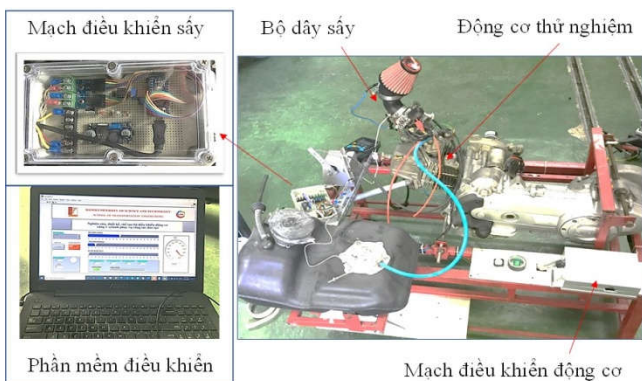
Đối tượng thử nghiệm là động cơ xe máy nhãn hiệu Piaggio đã được cải tiến hệ thống nhiên liệu và đánh lửa nhằm thay đổi các thông số phù hợp với nhiên liệu xăng sinh học ethanol E100. Ngoài ra, các cảm biến trên động cơ như tốc độ, vị trí bướm ga, nhiệt độ động cơ... được kết nối với thiết bị thu thập và hiển thị trên giao diện máy tính, thuận tiện cho việc nghiên cứu thử nghiệm. Thông số kỹ thuật cơ bản của động cơ thử nghiệm được trình bày trong bảng 1. Nhiên liệu thí nghiệm ethanol với độ tinh khiết lên tới 99,5%. Bảng 2 so sánh tính chất cơ bản của nhiên liệu xăng và ethanol. Hệ thống sấy đã được lắp đặt trên động cơ thí nghiệm như thể hiện trên hình 3.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật cơ bản của động cơ thử nghiệm

Nhãn hiệu	Piaggio
Năm sản xuất	2010
Kiểu động cơ	1 xylanh, đánh lửa điện tử
Hệ thống nhiên liệu	Phun xăng điện tử
Dung tích xy lanh	96,21cm <sup>3</sup>
Công suất cực đại	4,2kW/6750 v/ph
Mô men cực đại	6,92 Nm/6000 v/ph
Tỷ số nén	10,5:1
Tốc độ không tải	~1200±150 vòng/phút

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

Thông số	Ethanol	Xăng
Chỉ số ốctan	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



Hình 3. Hệ thống sấy được lắp đặt trên động cơ thử nghiệm

### 2.3. Điều kiện thử nghiệm

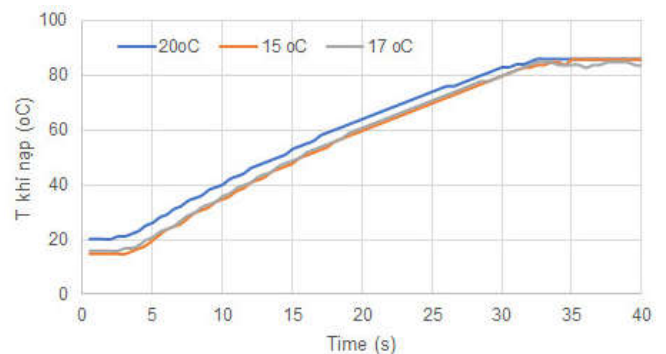
Quá trình thử nghiệm được lựa chọn các thời điểm có nhiệt độ môi trường thấp nhất trong năm. Thông thường, ở điều kiện thời tiết miền Bắc, tháng 12 và tháng 1 có nhiệt độ thấp nhất trong năm, vào khoảng 11,6°C đến 28,4°C. Nhiệt độ môi trường ở các thời điểm thực hiện thí nghiệm được lựa chọn dao động trong khoảng 15°C, 17°C và 20°C. Trên thực tế, nhiệt độ môi trường thí nghiệm có thể dao động ±1°C xung quanh giá trị đã chọn.

### 2.4. Thiết bị thử nghiệm

Hệ thống hỗ trợ khởi động lạnh được trang bị bộ đo và xuất các thông số tốc độ động cơ và nhiệt độ khí nạp trong khoang sấy. Để thực hiện việc đo đặc đánh giá ảnh hưởng của việc sấy nóng khí nạp tới tính năng vận hành của động cơ, quá trình thí nghiệm được thực hiện trên mô hình động cơ phun nhiên liệu điện tử. Các thông số làm việc của động cơ như góc đánh lửa hay thời gian phun được điều chỉnh phù hợp với nhiên liệu ethanol. Các thông số cần thu thập như nhiệt độ khí nạp, tốc độ tức thời của động cơ được đo đạc và lưu trữ để phân tích đánh giá. Trong quá trình thử nghiệm, động cơ được điều khiển qua bộ điều khiển động cơ với giao diện điều khiển trên máy tính qua công cụ LabView như thể hiện trong hình 3.

## 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Thời gian sấy cần thiết



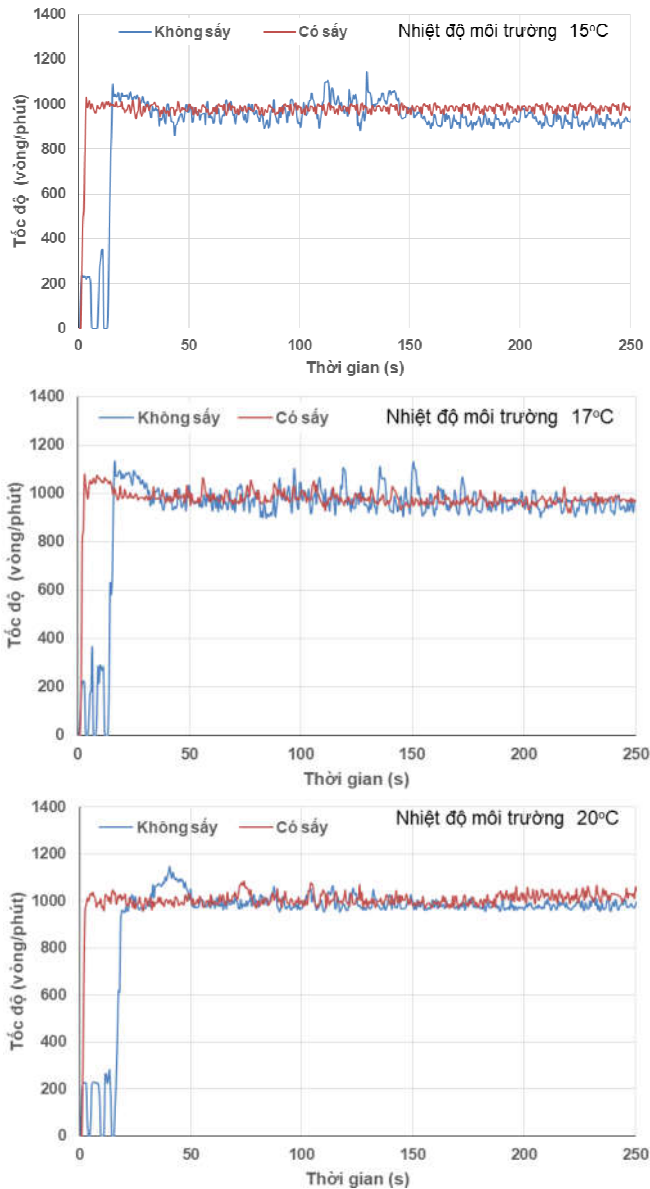
Hình 4. Diễn biến nhiệt độ khí nạp ở các điều kiện môi trường khác nhau

Hệ thống sấy được tính toán thiết kế phù hợp với động cơ và đáp ứng được những yêu cầu cần thiết. Với công suất sấy khoảng 40W, chỉ sau 30 giây ở nhiệt độ môi trường tương đối thấp, nhiệt độ khí nạp nhanh chóng đạt được 80°C, đây là nhiệt độ tương đương với điểm sôi đầu của nhiên liệu ethanol. Tại mỗi điều kiện nhiệt độ môi trường thử nghiệm và chế độ hoạt động, nhiệt độ sấy nóng sẽ thay đổi nhằm tối ưu quá trình bay hơi của nhiên liệu, cải thiện chất lượng hòa khí. Công suất sấy cũng không quá cao so với nguồn điện mà động cơ sử dụng. Kết quả thí nghiệm thể hiện trên hình 4 đã chỉ ra sự thay đổi về nhiệt độ khí nạp của động cơ ở các điều kiện môi trường khác nhau.

### 3.2. Ảnh hưởng của hệ thống sấy đến khả năng khởi động lạnh

Kết quả thử nghiệm đánh giá khả năng khởi động lạnh của động cơ ở các điều kiện nhiệt độ môi trường khác nhau

được thể hiện trên hình 5. Trong trường hợp không trang bị hệ thống sấy, động cơ có thể khởi động thành công điều kiện nhiệt độ thấp sau khoảng 2 đến 4 lần khởi động. Trong khi đó, khi sử dụng hệ thống sấy, động cơ có thể khởi động thành công ngay lần khởi động đầu tiên ở các điều kiện nhiệt độ môi trường khác nhau. Điều này có thể được lý giải nhờ sự hỗ trợ của hệ thống sấy trước khi thực hiện khởi động lạnh, nhiệt độ khí nạp tăng cao nên quá trình hình thành hòa khí tốt hơn, nhiên liệu có thể dễ dàng bốc cháy giúp quá trình khởi động động cơ dễ dàng ở điều kiện nhiệt độ môi trường thấp.



Hình 5. So sánh khả năng khởi động lạnh ở các điều kiện nhiệt độ môi trường khác nhau

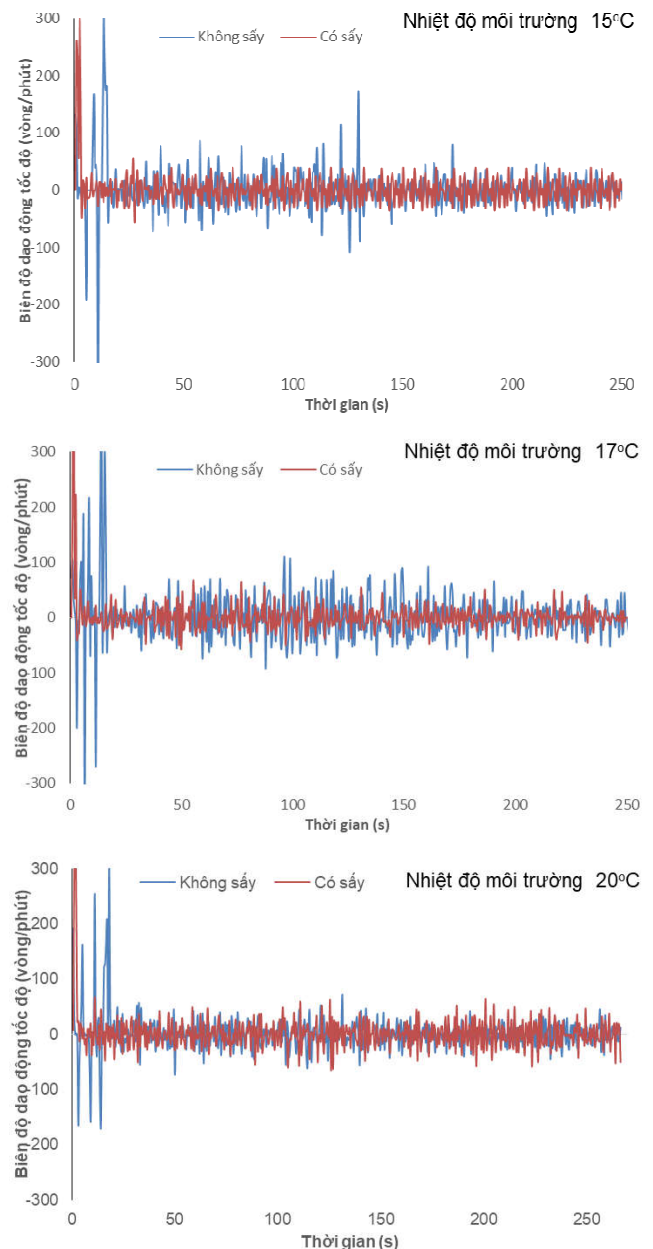
### 3.3. Ảnh hưởng của hệ thống sấy đến độ ổn định ở chế độ không tải lạnh

Để đánh giá ảnh hưởng của hệ thống sấy đến sự ổn định của động cơ ở điều kiện không tải lạnh, tốc độ của động cơ được lưu trữ theo thời gian sau khi động cơ để

đánh giá sự ổn định ở chế độ không tải. Kết quả đánh giá mức độ dao động tốc độ của động cơ khi có và không sử dụng hệ thống sấy được trình bày trên hình 6.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi không trang bị hệ thống sấy, động cơ vẫn có thể duy trì được chế độ không tải, tuy nhiên biên độ dao động tốc độ khá lớn, khoảng 250v/ph, 200v/ph và 150v/ph ở điều kiện nhiệt độ môi trường là 15, 17 và 20°C. Tuy nhiên, khi sử dụng hệ thống sấy, biên độ dao động tốc độ không tải của động cơ chỉ trong khoảng 90 đến 120v/ph.

Để có thể giữ cho động cơ hoạt động ở chế độ không tải ổn định, hệ thống sấy phải được hoạt động liên tục để gia nhiệt cho không khí nạp cho tới khi nhiệt độ động cơ đạt đến nhiệt độ cần thiết.



Hình 6. So sánh sự thay đổi tốc độ không tải khi có và không sử dụng hệ thống sấy



#### 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu thực nghiệm nâng cao khả năng khởi động lạnh và chạy không tải lạnh của xe máy sử dụng nhiên liệu ethanol đã được tiến hành. Kết quả thí nghiệm cho thấy, hệ thống sấy có thể cải thiện được khả năng khởi động lạnh ở điều kiện nhiệt độ môi trường thấp và duy trì tốc độ không tải ổn định. Hệ thống sấy bằng điện được thiết kế đơn giản và chi phí thấp có thể được áp dụng cho xe máy sử dụng sử dụng nhiên liệu sinh học.

#### LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn đến sự hỗ trợ của đề tài cấp trường "Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo bộ điều khiển động cơ xăng 1 xylanh phục vụ công tác đào tạo" mã số 05-2020-RD/HĐ-ĐHCN để thực hiện nghiên cứu này.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. P. Iodice, A. Senatore, 2015. *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., 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, 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. Tourmié, 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, 12/2012
- [15]. 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.
- [16]. Duy V. N., Duc K. N., Cong D. N., Xa H. N., Le Anh T., 2019. *Experimental study on improving performance and emission characteristics of used motorcycle fueled with ethanol by exhaust gas heating transfer system*. Energy for Sustainable Development, 51, 56–62. doi:10.1016/j.esd.2019.05.006.
- [17]. Nguyễn Cẩm Vân, Phạm Văn Đoàn, 2020. *Nghiên cứu cải thiện khả năng khởi động và không tải lạnh của động cơ sử dụng nhiên liệu xăng sinh học*. Tạp chí Khoa học & Công nghệ, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, tập 56 - chuyên đề tháng 11/2020, 55-58.
- [18]. DeWitt I., 1981. *Fundamentals of Heat Transfer*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [19]. Hegbom T., 1997. *Integrating Electrical Heating Elements in Appliance Design*. New York, New York: Marcel Dekker.

#### AUTHORS INFORMATION

**Bui Van Chinh<sup>2</sup>, Nguyen Cam Van<sup>1</sup>, Nguyen Duc Khanh<sup>1</sup>, Hoang Van Loi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>School of Transportation Engineering, Hanoi University of Science and Technology

<sup>2</sup>Hanoi University of Industry