

Research to Convert the Compression Ignition Engine to the HCCI Engine Using E20 Petrol Fuel

Le Minh Xuan¹, Duong Viet Dung², Nguyen Thanh Tuan^{3*}

¹Dong A University, Vietnam

²The University of Danang - University of Science and Technology, Vietnam

³Nha Trang University, Vietnam

* Corresponding author. Email: nguyenthanhtuan@ntu.edu.vn

ARTICLE INFO

Received: 23/12/2021
Revised: 19/04/2022
Accepted: 09/06/2022
Published: 28/10/2022

KEYWORDS

HCCI engine;
Compress ignition engine;
E20 petrol;
Power;
Fuel injection system.

ABSTRACT

This paper presents the research results on converting the original single-cylinder diesel engine into an HCCI engine using biofuel E20. The research team analyzed to come up with a solution to convert the fuel supply system from the fuel injector directly into the combustion chamber into the E20 fuel injector on the intake manifold, and at the same time, choose the solution. Change the engine's compression ratio to suit the engine running on the HCCI principle and for future research. The experiment was conducted based on the change of compression ratio of the engine corresponding to the engine's rotational speed from 1000 rpm to 1600 rpm. At the measured results, we can confirm that the HCCI engine, when Using E20 gasoline with a compression ratio of 14, is suitable for experimental conditions. This is also the basis for future studies.

Nghiên Cứu Chuyển Đổi Động Cơ Diesel Thành Động Cơ HCCI Sử Dụng Nhiên Liệu Xăng E20

Lê Minh Xuân¹, Dương Việt Dũng², Nguyễn Thanh Tuấn^{3*}

¹Trường Đại học Đông Á, Đà Nẵng, Việt Nam

²Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng, Đà Nẵng, Việt Nam

³Trường Đại học Nha Trang, Khánh Hòa, Việt Nam

* Tác giả liên hệ. Email: nguyenthanhtuan@ntu.edu.vn

THÔNG TIN BÀI BÁO

Ngày nhận bài: 23/12/2021
Ngày hoàn thiện: 19/04/2022
Ngày chấp nhận đăng: 09/06/2022
Ngày đăng: 28/10/2022

TỪ KHÓA

Động cơ HCCI;
Động cơ diesel;
Xăng E20;
Công suất;
Hệ thống phun nhiên liệu.

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu chuyển đổi động cơ diesel một xy lạnh nguyên thủy thành động cơ HCCI khi sử dụng nhiên liệu xăng sinh học E20. Nhóm nghiên cứu đã tiến hành phân tích đề đưa ra giải pháp chuyển đổi lại toàn bộ hệ thống cung cấp nhiên liệu từ vòi phun nhiên liệu trực tiếp vào buồng đốt thành vòi phun nhiên liệu E20 trên đường ống nạp. Đồng thời lựa chọn giải pháp thay đổi tỉ số nén của động cơ cho phù hợp với động cơ chạy theo nguyên lý HCCI và phục vụ cho các nghiên cứu trong tương lai. Thí nghiệm được tiến hành dựa trên sự thay đổi tỉ số nén tương ứng với tốc độ quay của động cơ từ 1000 v/ph đến 1600 v/ph. Từ kết quả đo được có thể khẳng định động cơ HCCI khi sử dụng xăng E20 với tỉ số nén 14 là phù hợp trong các điều kiện thí nghiệm. Đây cũng là cơ sở cho các nghiên cứu chuyên sâu tiếp theo.

Doi: <https://doi.org/10.54644/jte.72B.2022.1115>

Copyright © JTE. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium for non-commercial purpose, provided the original work is properly cited.

1. Giới thiệu

Với nguồn tài nguyên thiên nhiên từ dầu mỏ ngày càng cạn kiệt, cùng sức ép về vấn đề môi trường, đòi hỏi mỗi quốc gia phải hành động với những giải pháp cụ thể để thay thế dầu mỏ bằng nguồn năng lượng mới và sạch hơn. Việt Nam cũng không nằm ngoài qui luật đó. Xác định được nguồn gây ô nhiễm chiếm 80% từ các phương tiện cơ giới [1-4], song song với hướng phát triển xe điện, hiện đang tồn tại trong tích trữ nguồn năng lượng còn hạn chế, thời gian sạc lâu và cơ sở hạ tầng phục vụ cho xe vận hành, thì các nhà khoa học tại Việt Nam đã và đang tiếp tục nghiên cứu các giải pháp kỹ thuật để sử dụng nhiên liệu trên các động cơ truyền thống. Các nghiên cứu này tập trung nhiều giải pháp sử dụng các loại nhiên liệu có tính chất tương tự với dầu diesel như các loại dầu thực vật, mỡ cá da trơn, ... sẽ được sử dụng cho động cơ diesel [5] và các loại nhiên liệu có tính chất tương tự như xăng bao gồm LPG, CNG, Biogas, ... sẽ sử dụng trên động cơ xăng [6-9], hoặc một số nghiên cứu lưỡng nhiên liệu như thêm vào xăng hay dầu diesel một lượng nhiên liệu khác nhất định nhằm cải thiện hiệu suất cháy hoặc góp phần làm giảm khí thải độc hại ra môi trường và giảm sự phụ thuộc hoàn toàn vào xăng dầu [10-14]. Các hướng nghiên cứu này tập trung nhiều ở các nhóm nghiên cứu mạnh tại Trường Đại học Bách khoa Đà Nẵng và Trường Đại học Bách khoa Hà Nội [15-16] với nhiều công trình đã được công bố. Tuy nhiên khi nghiên cứu sử dụng nhiên liệu thay thế hoặc lưỡng nhiên liệu cho động cơ HCCI còn khá khiêm tốn. Động cơ HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition – HCCI) là một loại động cơ đốt trong, với hỗn hợp nhiên liệu và không khí được hòa trộn trước sau đó được nén đến điểm tự cháy. Kiểu mô hình cháy với HCCI có nhiều ưu điểm về hiệu suất nhiệt cao và phát thải NO_x, PM rất nhỏ có thể đảm bảo được yêu cầu khắt khe về phát thải và giảm áp lực cho nguồn nhiên liệu từ dầu mỏ, vì loại động cơ này rất thích hợp sử dụng các loại nhiên liệu thay thế có nguồn gốc sinh học [17]. Vì vậy HCCI thực sự là một trong những hướng nghiên cứu phát triển động cơ ở tương lai gần. HCCI là sự kết hợp được ưu điểm của cả động cơ diesel (hiệu suất nhiệt) và động cơ xăng (phát thải). Động cơ hoạt động với hỗn hợp nhạt, những yếu tố này giúp nâng cao hiệu suất nhiệt. Khi tạo được hỗn hợp hoà trộn đồng nhất, không tồn tại những vùng cục bộ có mật độ nhiên liệu lớn, quá trình cháy khuếch tán hỗn hợp đậm không diễn ra, làm giảm phát thải dạng hạt PM. Ngoài ra, quá trình cháy diễn ra hoàn toàn và trong toàn bộ xy lanh, nên nhiệt độ quá trình cháy giảm, phát thải NO_x giảm. Tuy nhiên kiểu động cơ này vẫn đang tồn tại nhiều vấn đề cần phải giải quyết như vùng làm việc tập trung ở tải nhỏ và khó điều khiển một cách trực tiếp quá trình cháy. Vùng làm việc của động cơ HCCI bị giới hạn bởi hai yếu tố: không cháy và kích nổ. Tại tốc độ cao, hỗn hợp khó tự cháy hơn do không đủ thời gian để phản ứng. Quá trình cháy của động cơ HCCI rất phức tạp được quyết định bởi động lực học phản ứng, vì vậy cần đảm bảo tính chất của hỗn hợp sao cho thời điểm cháy bắt đầu ở gần điểm chết trên [17-18]. Vấn đề điều khiển thời điểm tự cháy trên động cơ HCCI không đơn giản như trên động cơ xăng và diesel với thời điểm cháy được tính từ khi bugi đánh lửa hay thời điểm phun nhiên liệu diesel vào buồng đốt. Ngoài ra khởi động cũng là một trong những vấn đề chính đối với loại động cơ này.

Trong các nghiên cứu đã được công bố chỉ ra rằng kiểm soát quá trình đốt cháy trong động cơ HCCI sẽ có hiệu quả khi kết hợp thay đổi tỷ số nén và nhiệt độ không khí nạp [17, 19, 20]. Quá trình cháy trên động cơ HCCI có nhiều đặc điểm phù hợp hơn khi sử dụng nhiên liệu sinh học. Do vậy trong nghiên cứu này đã tập trung thực hiện giải pháp cung cấp hỗn hợp đồng nhất nhiên liệu xăng E20 cho động cơ, để chuyển đổi quá trình cháy sang HCCI và nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ số nén dựa trên các thông số khác như áp suất phun, áp suất khí nạp hay nhiệt độ sấy nóng khí nạp đã được cố định.

2. Chuyển đổi động cơ và nhiên liệu sử dụng

2.1. Nghiên cứu sử dụng động cơ diesel

Trong nghiên cứu này, động cơ diesel một xy lanh D28, làm mát bằng nước, hút khí tự nhiên đã được chuyển đổi thành động cơ HCCI, chạy bằng hỗn hợp xăng ethanol (E20). Các đặc tính nhiên liệu của E20 đã được đánh giá và xác định trong các nghiên cứu [21].

Thông số kỹ thuật của động cơ thí nghiệm được thể hiện bằng bảng 1. Để chuyển đổi động cơ diesel nguyên thủy thành động cơ HCCI cần có giải pháp làm giảm tỉ số nén cho phù hợp với động cơ HCCI,

cùng với đó hệ thống cung cấp nhiên liệu được chế tạo lại hoàn toàn. Đồng thời trong nghiên cứu này cũng tận dụng lại lỗ ren lắp đặt vòi phun diesel để cải tạo thành lỗ ren lắp đặt bugi đánh lửa.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật động cơ trước chuyển đổi.

STT	Thông số kỹ thuật	Giá trị
1	Kiểu động cơ	Xy lạnh đơn
2	Công suất lớn nhất	17.2 (kW)
3	Số vòng quay	2200 (v/ph)
4	Đường kính xilanh	125 (mm)
5	Hành trình pittông	120 (mm)
6	Dung tích xy lạnh	1,472 (l)
7	Tỉ số nén	17
8	Góc phun sớm	21 (độ)
9	Suất tiêu hao nhiên liệu	257 (g/kW.h)

2.2. Chế tạo hệ thống cung cấp nhiên liệu và hệ thống đánh lửa

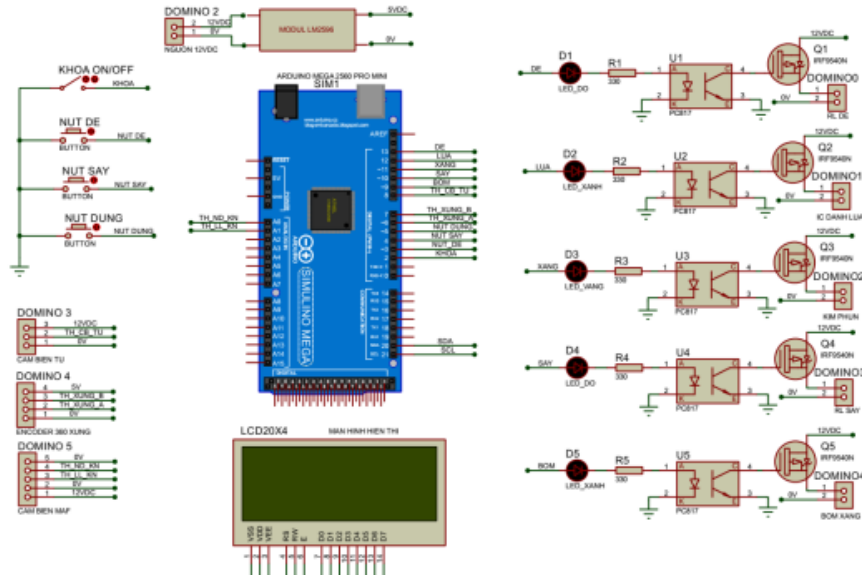
Toàn bộ hệ thống cung cấp nhiên liệu được thay đổi và thiết kế lại từ hệ thống phun nhiên liệu diesel trực tiếp trong buồng đốt thành hệ thống phun xăng trên đường ống nạp. Lỗ ren vòi phun được tận dụng và cải tiến để lắp đặt bugi đánh lửa. Việc sử dụng bugi đánh lửa trong trường hợp động cơ mới khởi động lần đầu, khi động cơ hoạt động ổn định, bugi được ngắt để động cơ làm việc theo chế độ HCCI. Đường ống nạp được thiết kế lại để gắn thêm vòi phun nhiên liệu. Thay thế bộ tăng áp bằng một quạt gió được đặt giữa ống nạp có điều khiển tốc độ gió để xác định áp suất khí nạp đi qua ống vào buồng đốt (hình 1). Để sấy nóng không khí, trên đường ống nạp lắp đặt bộ dây mayso sử dụng nguồn điện ắc quy. Đồng thời trên ống nạp được gắn các cảm biến để đo nhiệt độ và áp suất khí nạp giúp điều khiển tốc độ và nhiệt độ mayso sấy nóng cho phù hợp với các điều kiện thực hiện thí nghiệm.



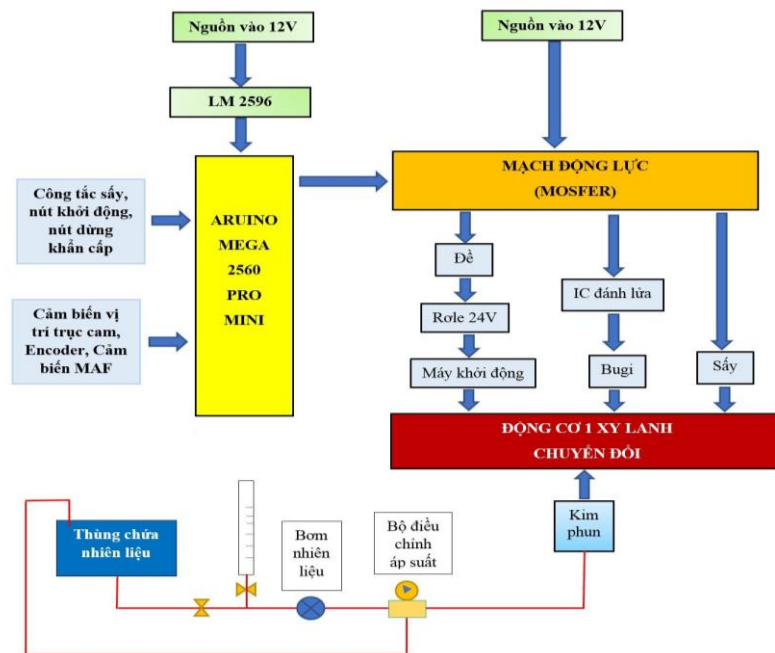
Hình 1. Ống nạp với các thiết bị được chế tạo

Một mạch điều khiển được chế tạo để điều khiển toàn bộ hệ thống cung cấp nhiên liệu đã được thiết kế, chế tạo và lắp trên động cơ. Mạch điều khiển điều khiển này gồm 4 khối chính: Khối nguồn, khối xử lý tín hiệu từ các cảm biến, khối điều khiển trung tâm, khối điều khiển các có cấu chấp hành và khối kết nối với máy tính. Khối tín hiệu từ cảm biến cho phép tính toán được lượng nhiên liệu xăng E20 theo các chế độ làm việc của động cơ. Sau khi vi xử lý tính toán lượng nhiên liệu sẽ đưa ra tín hiệu xung để mở vòi phun nhiên liệu. Lượng nhiên liệu đi vào động cơ được xác định thông qua thời

gian mở vòi phun, áp suất phun và tiết diện lưu thông của vòi phun. Trong thực nghiệm áp suất nhiên liệu được điều chỉnh thông qua bộ điều chỉnh áp suất nhiên liệu, việc thay đổi lượng nhiên liệu xăng E20 được thực hiện thông qua khối kết nối giữa máy tính và bộ điều khiển ECU. Mạch điều khiển được thể hiện trên hình 2 và sơ đồ mạch động lực điều khiển hệ thống cung cấp nhiên liệu được thể hiện trên hình 3.



Hình 2. Mạch điều khiển



Hình 3. Sơ đồ mạch động lực điều khiển hệ thống cung cấp nhiên liệu HCCI chế tạo.

2.3. Chế tạo động cơ với tỉ số nén thay đổi

Với tỉ số nén của động cơ diesel hiện tại là 17 sẽ là quá cao của một động cơ HCCI, vì vậy cần có giải pháp để làm giảm tỉ số nén động cơ này, đồng thời có thể dễ dàng thay đổi tỉ số nén phục vụ cho nghiên cứu để xác định tỉ số nén phù hợp. Có nhiều phương pháp, tuy nhiên trong nghiên cứu này đã thay đổi thể tích buồng cháy bằng cách sử dụng buồng cháy phụ được thiết kế trên nắp máy. Trong phương án thiết kế này hiện chưa phải là phương án tối ưu, tuy nhiên trong điều kiện gia công chế tạo

còn hạn chế thì đây là phương án khả thi nhất. Việc gia công còn hạn chế do phải phụ thuộc vào kết cấu ban đầu của nắp máy không gian trống để gia công nhỏ và cần tận dụng các khoảng trống trên nắp máy nhằm tăng được tối đa thể tích buồng đốt. Chính vì vậy trong quá trình thiết kế piston thay đổi tỷ số nén, đã thực hiện hai piston phụ với thông số gần tương đồng nhau gồm ba phần: piston, bộ phận điều chỉnh, khóa hãm. Hình ảnh nắp máy sau khi gia công thêm buồng đốt phụ và sử dụng hai piston phụ để thay đổi tỉ số nén được thể hiện trên hình 4.



Hình 4. Nắp máy được gắn hai piston phụ để thay thế tích buồng cháy phụ (trái) và hai piston phụ (phải).

2.4. Nhiên liệu sử dụng

Với ưu điểm của động cơ cháy kiểu HCCI rất phù hợp cho loại nhiên liệu sinh học. Trong nghiên cứu này đã sử dụng nhiên liệu xăng E20 với tỉ lệ hòa trộn cồn Ethanol chiếm 20% trong xăng để tăng nhiệt độ tự cháy và tăng chỉ số octane so với xăng. Một số tính chất cơ bản của nhiên liệu xăng E20 so sánh với xăng A95 được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Một số tính chất của xăng E20 so với xăng [21].

Tính chất	A95	E20
Chỉ số octan (RON)	91	94
Nhiệt độ tự bốc cháy (°C)	246	279
Tỷ lệ hỗn hợp (kk/nl)	14.5	13.31
Nhiệt trị (kJ/kg)	43000	39591

3. Nghiên cứu thực nghiệm

3.1. Lắp đặt thiết bị và xác định các thông số thí nghiệm

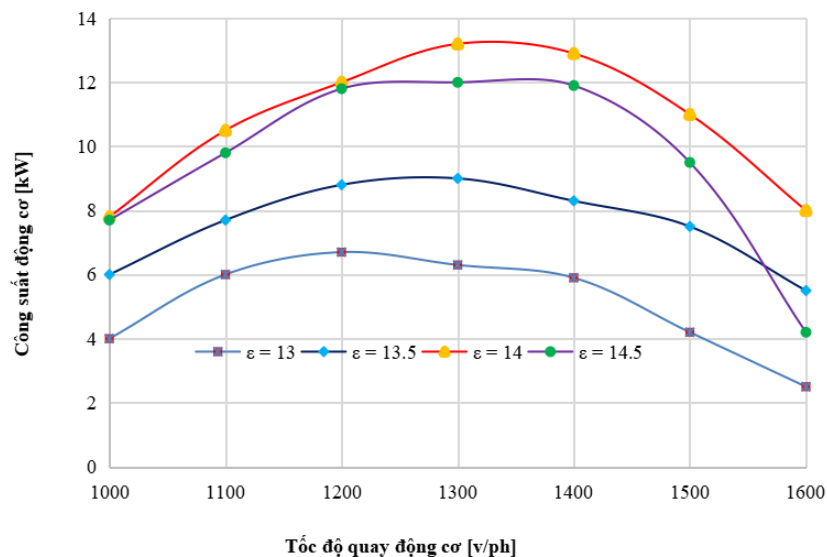
Động cơ sau khi chuyển đổi được chạy thử, tuy nhiên động cơ chạy không ổn định khi thay đổi piston phụ để thay đổi tỉ số nén. Vì vậy cần xác định tỉ số nén phù hợp của động cơ HCCI khi sử dụng nhiên liệu xăng E20 trong nghiên cứu này. Việc tiến hành thử nghiệm được tiến hành trên bệ thử với băng thử công suất “Power Test 500HP”. Trên băng thử sử dụng các điện trở nhiệt loại K để đo nhiệt độ khí nạp, nhiên liệu và nước làm mát. Nhiệt độ nước làm mát được kiểm soát trong giới hạn $75^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ và nhiệt độ không khí nạp được duy trì ổn định $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Lượng nhiên liệu tiêu hao được đo bằng một cảm biến đo lưu lượng. Áp suất phun nhiên liệu được cố định 3,5 bar, điều chỉnh quạt ống nạp để áp suất khí nạp sau cánh quạt là 1,5 bar. Để chạy chế độ khởi động cho động cơ HCCI ở tốc độ thấp và làm ấm động cơ ban đầu sử dụng đánh lửa bằng bugi lắp trên đầu nắp máy động cơ. Động cơ sau khi chạy khi ổn định ở tốc độ thấp sẽ ngắt nguồn đánh lửa để chạy theo nguyên lý HCCI. Bố trí thí nghiệm trên bệ thử được thể hiện trên hình 5.



Hình 5. Động cơ được đưa lên bệ thử tại phòng thí nghiệm (1. Téc nước, 2. Tủ điều khiển, 3. Bơm nước, 4. Phanh thủy lực, 5. Các đăng, 6. Động cơ)

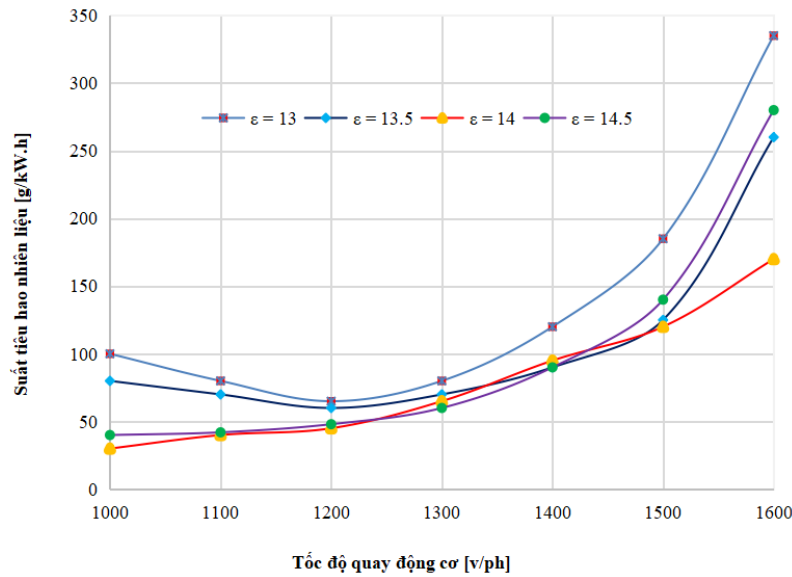
3.2. Ảnh hưởng của tỉ số nén tới công suất động cơ

Đồ thị công suất và nhiên liệu của động cơ đo được trong quá trình thí nghiệm khi thay đổi tỉ số nén ứng với số vòng quay trục khuỷu từ 1000 v/ph đến 1600 v/ph có xu hướng tương tự với các loại động cơ đốt trong nguyên thủy, dải công suất lớn nhất ứng với tốc độ quay của động cơ từ 1200 v/ph đến 1600 v/ph khi thay đổi tỉ số nén của động cơ tại 4 chế độ như trong hình 6 và 7. Nhìn chung công suất động cơ tăng khi tỉ số nén tăng lên, tuy nhiên khi tăng tỉ số nén vượt tỉ số nén khảo sát là 15 khi thực nghiệm chỉ đo được công suất khi vận hành động cơ ở tốc độ thấp 1000, 1100 và khi đạt cao tốc độ lớn hơn công suất giảm mạnh thậm chí động cơ sẽ bị tắt. Nguyên nhân có thể khi tăng tỉ số quá cao đã xuất hiện hiện tượng kích nổ. Nhìn vào đồ thị hình 6 cũng có thể thấy rằng giữa tỉ số nén bằng 14 và 14.5 thì công suất động cơ không có chênh lệch lớn. Nếu xét về tiêu chí sử dụng động cơ HCCI trong điều kiện khảo sát này có thể lựa chọn tỉ số nén là 14.5 và có thể là 14 để điều chỉnh các thông số đầu vào khác của hệ thống cung cấp nhiên liệu.



Hình 6. Đồ thị đặc tính công suất của động cơ khi thay đổi tỉ số nén.

Đồ thị so sánh mức tiêu hao nhiên liệu cũng thể hiện với tỉ số nén là 14, suất tiêu thụ nhiên liệu là thấp nhất ở hầu hết các chế độ vận hành khi thay đổi tốc độ quay, cùng với chế độ thử nghiệm tỉ số nén là 14.5 thì đồ thị này có xu hướng tăng đều với tốc độ quay động cơ tăng lên. Suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ khi tỉ số nén là 13 có giá trị lớn nhất tại tốc độ quay động cơ là 1600 với giá trị đạt 335 g/kWh. Như vậy xét về phương diện lựa chọn động cơ theo tính kinh tế của nhiên liệu có thể lựa chọn tỉ số nén của động cơ HCCI phù hợp nhất là 14.



Hình 7. Đồ thị so sánh suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ khi thay đổi tỉ số nén.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã chuyển đổi thành công một động cơ HCCI từ một động cơ diesel một xy lanh nguyên thủy phục vụ công tác nghiên cứu. Để động cơ hoạt động tốt và tối ưu các thông số trong quá trình vận hành cần có nhiều nghiên cứu chuyên sâu hơn và cần có so sánh với các kết quả nghiên cứu với các động cơ HCCI tương tự. Với những kết quả nghiên cứu ban đầu ứng với nhiệt độ sấy khí nạp là 35°C, áp suất khí nạp là 1.5 bar, áp suất phun là 3 bar, trong môi trường thí nghiệm bình thường ở điều kiện áp suất và nhiệt độ môi trường khoảng 28°C có thể khẳng định động cơ làm việc tốt và hiệu quả về mặt kỹ thuật và kinh tế khi tỉ số nén là 14 với nhiên liệu sử dụng là xăng E20. Đây cũng là kết luận ban đầu và là cơ sở cho các nghiên cứu chuyên sâu hơn. Các nghiên cứu tiếp theo sẽ tập trung vào giải quyết các vấn đề sau:

- Ảnh hưởng của áp suất và nhiệt độ khí nạp.
- Ảnh hưởng của áp suất và thời điểm phun nhiên liệu.
- Sử dụng nhiên liệu có tính chống kích nổ cao hơn.
- Đánh giá tính hiệu quả của việc sử dụng động cơ HCCI trong điều kiện Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyen Thanh Tuan, Nguyen Phu Dong, "A Study of CNG Fuel System Uses Mixer for Engine of the Suzuki Viva Motorcycle," *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 1(11), pp. 37-42, DOI: 10.18178/ijmerr.11.1.37-42
- [2] Nguyen Thanh Tuan, "Compressed natural gas (CNG) as an alternative fuel for internal combustion engine, problems and propose technical solutions for growth CNG vehicles in Vietnam," in *Proc XLI. International scientific conference of Czech and Slovak university departments and institutions dealing with the research of combustion engines*, Czech Republic. ISBN 978-80-7372-632-4 (2010).
- [3] Dong N.P and Tuan N.T "Research, Development and operation of Gas Engines in Viet Nam," in *Proc International Scientific Conference of Czech and Slovak Universities and Institutions Dealing with. Motor Vehicles and Internal Combustion Engines Research*, KOKA 2019, ISBN 978-80-7509-668-5. Lednice Brno (2019)
- [4] Nguyen Thanh Tuan, "Applicability and development LPG vehicles in Vietnam," in *Proc XLI. international scientific conference of czech and slovak university departments and institutions dealing with the research of combustion engines, Czech republic*, (2010).
- [5] Nguyen Manh Cuong, Tran Van Nam, Duong Viet Dung, "Comparison fuel consumption of diesel engine running with biodiesel blends b20, b25, b30 and do", in *Proc the National Conference on Science and Technology on Mechanical Engineering - 4th* (2015) pp: 425-433.
- [6] Nguyen Thanh Tuan, "Movement and vaporization of the single liquefied petroleum gas droplet after injection into the intake manifold," *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*, volume 11, issue 6, (2020), pp. 714-719, Doi: 10.34218/IJARET.11.6.2020.064.
- [7] Nguyen Thanh Tuan, Nguyen Phu Dong, "Theoretical and experimental study of an injector of LPG liquid phase injection system," *Journal of Energy for Sustainable Development*, 63, pp. 103-112, (2021).
- [8] Beroun Stanislav, Brabec Pavel, Dittrich Aleš, Dráb Ondřej, Nguyen Thanh Tuan, "Computational Modeling of the liquid LPG Injection into the suction Manifold of an SI Vehicle Engine," *Journal Applied Mechanics and Materials*, vol. 390 (2013), pp: 355-359.
- [9] Nguyen Thanh Tuan, Le Ba Khang, Huynh Trong Chuong, "Effects of some injection parameters to emission pollution concentration, in the direct injection CNG into the internal combustion engine chamber," *Journal of Science and Technology of Fishery*, No3. ISSN: 1859-2252 (2015).

- [10] Pham Quoc Thai, Bui Van Ga, "Soot Emission Reduction in a Biogas-DME Hybrid Dual-Fuel Engine," *Applied sciences*, No: 10 (10), pp: 3416, (2020).
- [11] N.P Dong, N.T Tuan, R. Procházka, "Performance Parameters Reevaluate and Predict the Fuel Consumption of Cummin Engine Running on CNG-Diesel Dual Fuel by GT-Power Software," in *Proc International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)*, pp. 283-288, (2021).
- [12] Dong Nguyen Phu, Josef Laurin, Tuan Nguyen Thanh, "Combustion of Natural Gas in Engines for HeavyDuty Vehicles," in *Proc 51th International Scientific Conference of Czech and Slovak University Departments and Institutions Dealing with the Research of Internal Combustion Engines*, September 9th-10th, 2020 – CTU Prague, Czech Republic, (2020).
- [13] Nguyen Thanh Tuan, Nguyen Phu Dong, "Design and Installation of CNG Fuel System use Mixer for the Motorcycle SI Engine," in *Proc the Second International Conference on Material, Machines, and Methods for Sustainable Development*, Nha Trang, Vietnam (2020).
- [14] Nguyen Thanh Tuan, Tran Viet Tien, "Performance and emission of a motorcycle engine with bi-fuel petrol or ethanol," in *Proc Workshop Světlanka, Rokytnice nad Jizerou. Czech Republic*, (2011).
- [15] Bui Van Ga, Tran Thanh Hai Tung, Le Minh Tien, "Performance and Pollution emission of Biogas – HHO port injection engine," *Journal of Science and Technology of Danang University*, Vol. 18, No. 1 (2020), pp: 43-48.
- [16] Anh Tuan Le, Dang Quoc Tran, Thanh Tam Tran, Anh Tuan Hoang, Van Viet Pham, "Performance and combustion characteristics of a retrofitted CNG engine under various piston-top shapes and compression ratios," *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, (2020) <https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1804016>
- [17] Khuong Thi Ha, "Research on setting combustion mode due to homogeneous mixture compression (HCCI) in diesel engine," PhD dissertation, Hanoi University of Science and Technology (2017).
- [18] Martins, M. Fischer, I. Gusberti, F. Sari, R. et al., "HCCI of Wet Ethanol on a Dedicated Cylinder of a Diesel Engine," SAE Technical Paper 2017-01-0733, 2017, <https://doi.org/10.4271/2017-01-0733>.
- [19] Maurya, Rakesh Kumar; Akhil, Nekkanti, "Numerical investigation of ethanol fuelled HCCI engine using stochastic reactor model. Part 1: Development of a new reduced ethanol oxidation mechanism," *Energy Conversion and Management*, vol. 118 (2020), pp. 44-54.
- [20] B. Bahri1, A. Abdul Aziz, A. Salavati-Zadeh, V. Esfahanian, "The effect of ethanol combustion on HCCI engine performance and emissions," *The Journal of Engine Research*, vol. 41 (2016), pp: 21-30.
- [21] Nguyen Thanh Tuan, Ho Duc Tuan, Nguyen Van Thuan, "Exhaust emission of motorcycles engines running on ethanol blended gasoline," in *Proc XLII. International scientific conference of czech and slovak university departments and institutions dealing with the research of combustion engines*, ISSN 1337-8996, (2011).



Le Minh Xuan was born in Vietnam, he is Vice Dean of the Automotive Engineering Faculty in Dong A University. Currently, he is studying PhD at The University of Danang - University of Science and Technology. His dissertation about HCCI engine and alternative fuels on dual-fuel engines. He is interested in the areas of internal combustion engines, Automotive electronics and electricity



Duong Viet Dung, Associate Professor is teaching at Da Nang University of Technology. From 1998 to 2001 he worked as a PhD student at the University of Danang and the University of Lyon – France. From 2010 - 2020 he is the Dean of the Faculty of Transport Mechanics - Danang University of Science and Technology. He is interested in the areas of internal combustion engines in cars and ships



Nguyen Thanh Tuan, PhD is Vice Dean of the Faculty of Transportation at Nha Trang University, Vietnam. He obtained his Ph.D. in 2014 in Engine and Automotive equipment from the Technical University of Liberec, Czech Republic. His work focuses on alternative fuel, spark-ignition engine, simulation. Now he has many projects of research to application of alternative fuels for motorcycles. He always hopes of reducing the pollution caused by this vehicle in Vietnam. He published as an author or co-author about 40 publications.