

# NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN LƯỢNG PHUN MỒI HỢP LÝ TẠI CHẾ ĐỘ MOMEN LỚN NHẤT KHI CHUYỂN ĐỔI ĐỘNG CƠ DIESEL SANG SỬ DỤNG LỬNG NHIÊN LIỆU LPG/DIESEL

## RESEARCH ON THE SELECTION OF APPROPRIATE PRIMING INJECTION IN MAXIMUM TORQUE MODE WHEN CONVERTING CONVENTIONAL DIESEL ENGINE TO USE DUAL FUEL LPG/DIESEL FUEL ENGINE

Nguyễn Tường Vi, Bùi Ánh Hưng, Dương Hải Nam

*Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp*

*Đến Tòa soạn ngày 22/02/2023, chấp nhận đăng ngày 05/06/2023*

**Tóm tắt:** Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu lựa chọn lượng phun môi hợp lý tại chế độ momen lớn nhất khi chuyển đổi động cơ diesel sang sử dụng lưỡng nhiên liệu LPG/diesel. Động cơ diesel ban đầu có hệ thống nhiên liệu diesel điều khiển điện tử kiểu tích áp, hệ thống cung cấp LPG điều khiển điện tử được thiết kế, chế tạo mới. Tác giả thử nghiệm thay đổi các lượng phun môi khác nhau khi sử dụng nhiên liệu kép 20%LPG ở chế độ 100% tải, 2000 v/ph, momen lớn nhất. Ảnh hưởng của lượng phun môi diesel đến nồng độ các thành phần phát thải, diễn biến áp suất trong xilanh và sự rung động của động cơ lưỡng nhiên liệu LPG/diesel được phân tích và đánh giá để lựa chọn lượng phun môi hợp lý. Trong nghiên cứu này, lượng phun môi hợp lý được xác định nằm trong khoảng 110 đến 120  $\mu$ s.

**Từ khóa:** Lưỡng nhiên liệu LPG/diesel, tính năng và phát thải, phun môi.

**Abstract:** This paper presents the results of research on selecting the appropriate amount of primer injection at the maximum torque mode when converting a diesel engine to use dual fuel LPG/Diesel. The original diesel engine had an electronically controlled accumulator fuel injection system. A new electronically controlled LPG supply system was designed. The author tested engines with different amounts of primer injection with 20% LPG dual fuel at 100% load, 2000 rpm, and maximum torque. The influence of diesel priming on the concentration of emission components, pressure changes in the cylinder, and the vibration of the LPG/Diesel dual-fuel engine were analyzed and evaluated to select the appropriate amount of priming injection. In this study, the appropriate amount of priming injection was determined to be in the range of 110  $\mu$ s to 120  $\mu$ s.

**Keywords:** LPG/diesel dual fuel, performance and exhaust emissions, pilot.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc sử dụng nhiên liệu LPG trên động cơ diesel được nhiều nhà khoa học quan tâm nghiên cứu [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13]. LPG là loại nhiên liệu ít gây ô nhiễm, đã được nghiên cứu và sử dụng nhiều trên động cơ xăng ở các nước cũng như ở Việt Nam, nhiều kết quả nghiên cứu cho thấy, LPG có thể thay

thế một phần nhiên liệu diesel, động cơ làm việc dưới dạng lưỡng nhiên liệu [1,2].

Nhiều nghiên cứu cho thấy, khi tăng tỷ lệ LPG làm cho tốc độ tăng áp suất trong xilanh càng lớn, độ rung động mạnh và phát ra tiếng gõ làm cho tỷ lệ LPG thay thế bị hạn chế và giảm tuổi thọ động cơ, thậm chí hư hỏng động cơ nhanh chóng [2].

Vì vậy, trong báo này, tác giả nghiên cứu lựa chọn lượng phun mỗi diesel hợp lý khi sử dụng nhiên liệu kép 20%LPG ở chế độ 100% tải, 2000 v/ph, momen lớn nhất. Sau khi phân tích, đánh giá ảnh hưởng của phun mỗi diesel đến nồng độ các thành phần phát thải và diễn biến áp suất trong xilanh động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu LPG/diesel, lượng phun mỗi hợp lý nên lựa chọn ở chế độ này là 110 đến 120  $\mu$ s.

## 2. THIẾT LẬP THÍ NGHIỆM

### 2.1. Động cơ thử nghiệm

Động cơ thử nghiệm là động cơ mẫu 1 xilanh AVL5402 sử dụng hệ thống cung cấp nhiên liệu điều khiển điện tử Common Rail có giao diện điều khiển bên ngoài, cho phép thay đổi các thông số đầu vào như lượng nhiên liệu, thời điểm phun... theo yêu cầu thí nghiệm với công suất định mức 9 kW, tốc độ định mức 3200 v/ph, tốc độ tối đa 3500 v/ph [5].

Hệ thống cung cấp LPG điều khiển bằng điện tử được nghiên cứu và chế tạo mới gồm bộ điều khiển trung tâm ELC, các cảm biến, vòi phun LPG. Ngoài ra, hệ thống cung cấp LPG được mua hoặc chế tạo và lắp đặt phục vụ thí nghiệm [2].

**Bảng 1. Thông số cơ bản của ĐC AVL 5402**

Hành trình piston	95	mm
Đường kính xilanh	80	mm
Số xilanh	1	-
Thể tích công tác	510,7	cm <sup>3</sup>
Công suất định mức ở tốc độ n = 3200 v/ph	9	kW
Momen cực đại ở n = 2000 v/ph	31,4	Nm
Tỷ số nén	17,3	-

### 2.2. Nhiên liệu thử nghiệm

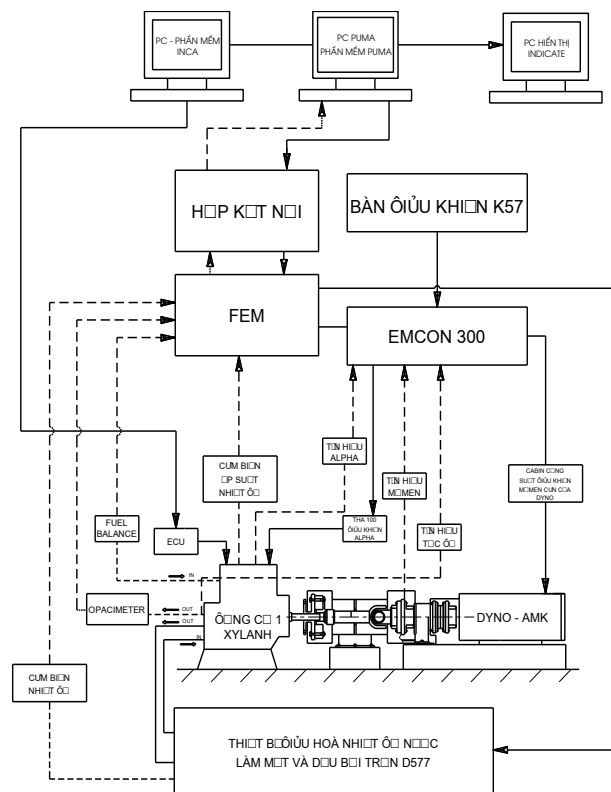
Nhiên liệu diesel thị trường có hàm lượng lưu huỳnh theo tiêu chuẩn là 500 ppm [14]. LPG

được chứa trong bình chứa với áp suất 7bar có tỷ lệ về thể tích của propan/butan là 40,25/59,75.

### 2.3. Thiết bị thử nghiệm

Hệ thống thiết bị thử nghiệm được thực hiện trên băng thử AVL 5402 tại Trung tâm Nghiên cứu các nguồn động lực và phương tiện tự hành, Trường Cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội, gồm: [1, 2].

Băng thử điện Dyno-AMK, động cơ nghiên cứu 1 xilanh 5402, hệ thống làm mát dầu bôi trơn và nước làm mát AVL577, thiết bị đo tiêu hao nhiên liệu Fuel Balance 733S, thiết bị điều khiển tay ga THA100, hệ thống điều khiển và giám sát băng thử PUMA, hệ thống điều khiển ECU cung cấp nhiên liệu cho động cơ INCA, thiết bị đo diễn biến áp suất trong xilanh INDICATING, thiết bị xác định nồng độ khí thải CEB-II, thiết bị xác định độ mờ khói Opacimeter 439, Smoke Meter và một số thiết bị phụ trợ khác.



**Hình 1. Sơ đồ băng thử động cơ 1 xilanh**

## 2.4. Quy trình thử nghiệm

So sánh đặc tính của động cơ khi sử dụng đơn nhiên liệu và lưỡng nhiên liệu ta dùng phương pháp đối chứng. Ban đầu thử nghiệm để đo đặc tính tốc độ động cơ sử dụng 100% nhiên liệu diesel, để có được các thông số momen, công suất, áp suất trong xilanh, độ rung động và thành phần khí thải của động cơ. Sau đó, vận hành động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu với lượng diesel giảm xuống 20% nhưng vẫn đảm bảo momen, công suất với động cơ đơn nhiên liệu diesel. Ta gọi đó là LPG thay thế 20%.

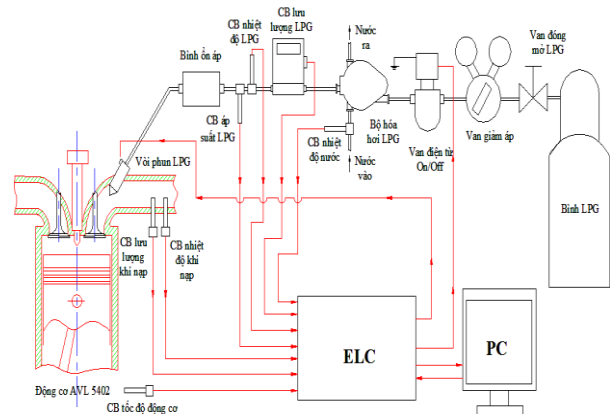
Tiến hành thực hiện quá trình phun môi với động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu LPG/diesel tại tốc độ cho momen lớn nhất 2000 vg/ph, 100% tải, tỷ lệ LPG thay thế là 20%. Thời gian phun môi nhiên liệu diesel lần lượt là 90, 100, 110 và 120  $\mu$ s.

Đo thành phần phát thải, diễn biến áp suất trong xilanh và độ rung động của động cơ để lựa chọn lượng phun môi hợp lý khi sử dụng lưỡng nhiên liệu LPG/diesel.

## 2.5. Hệ thống cung cấp LPG

Trong hệ thống cung cấp nhiên liệu LPG, nhiên liệu LPG được tích trong bình chứa thương mại trên thị trường. Việc điều chỉnh áp suất LPG trong quá trình thí nghiệm được thực hiện bằng van giảm áp dạng cơ khí. LPG được hóa hơi hoàn toàn qua bộ chuyển đổi hóa hơi trước khi vào động cơ. Trên đường cung cấp LPG cho động cơ còn có các cảm biến đo nhiệt độ, áp suất và lưu lượng LPG. LPG được phun vào đường ống nạp của động cơ qua vòi phun. Các tín hiệu từ cảm biến tốc độ, cảm biến nhiệt độ, cảm biến lưu lượng, cảm biến chân ga, cảm biến áp suất,... được đưa về bộ điều khiển hệ thống cung cấp nhiên liệu LPG. Tín hiệu điều khiển phun LPG được gửi tới van điện từ đóng ngắt nhiên liệu đặt

phía trước bộ hóa hơi và tín hiệu điều khiển vòi phun. Quá trình điều khiển cung cấp LPG được thực hiện thông qua giao diện của máy tính kết nối với bộ ELC[2].



**Hình 2. Sơ đồ lắp đặt hệ thống điều khiển cung cấp nhiên liệu LPG**

### 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

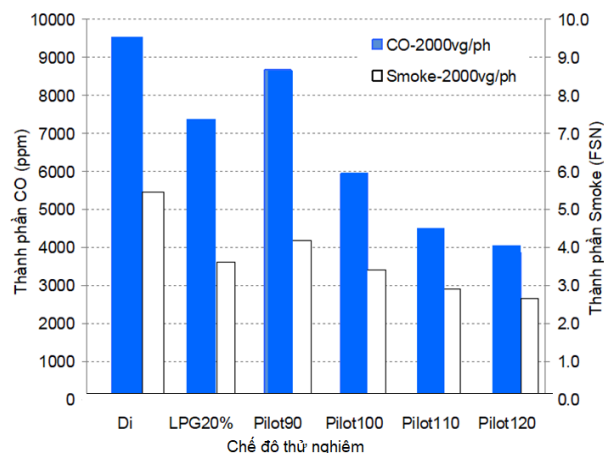
### 3.1. Lựa chọn lượng phun môi hợp lý qua nồng độ phát thải

Kết quả cho thấy phát thải CO và Độ khối đều giảm xuống (hình 3) và NO<sub>x</sub> tăng lên khi tăng lượng phun mỗi (hình 4). Điều này chứng tỏ khi phun mỗi quá trình cháy của động cơ đã được cải thiện tốt hơn. Khi phun mỗi với thời gian 120 μs (Pilot120 trên hình vẽ) thì CO giảm 46,68% và độ khối giảm 26,85% so với LPG20% (LPG20% là tỷ lệ LPG thay thế 20% diesel và không phun mỗi). Đồng thời, phát thải NO<sub>x</sub> tăng 24,91%. Tuy nhiên, khi phun mỗi với thời gian 90μs thì cả CO và độ khối đều tăng tương ứng là 19,66% và 15,07%.

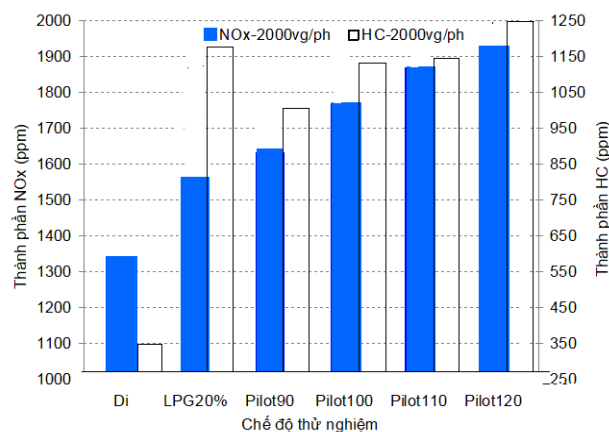
Đối với phát thải HC, khi bắt đầu phun môi với thời gian phun là 90  $\mu$ s thì HC giảm 15,01%. Tuy nhiên khi tăng lượng phun môi thì HC cũng tăng lên, với lượng phun môi 120  $\mu$ s thì HC tăng 5,75% so với trường hợp không phun môi (LPG20%).

Kết quả trên khó lựa chọn lượng phun mỗi hợp lý vì cải thiện được thành phần này thì lại làm tăng thành phần khác. Vì vậy, để đi đến

lựa chọn hợp lý cần tiếp tục nghiên cứu về độ ồn rung của động cơ.



Hình 3. Ảnh hưởng của phun môi đến phát thải CO và độ khói



Hình 4. Ảnh hưởng của phun môi đến phát thải NO<sub>x</sub> và HC

### 3.2. Lựa chọn lượng phun môi hợp lý diễn biến áp suất xilanh và độ rung động của động cơ

Kết quả trên hình 5 cho thấy, khi thay đổi thời gian phun môi lần lượt là 90, 100, 110 và 120  $\mu$ s thì diễn biến áp suất trong xilanh thay đổi không đáng kể, tuy nhiên tốc độ tăng áp suất  $\Delta p/\Delta \varphi$  so với không phun môi giảm, do đó độ ồn và rung động của động cơ giảm xuống.

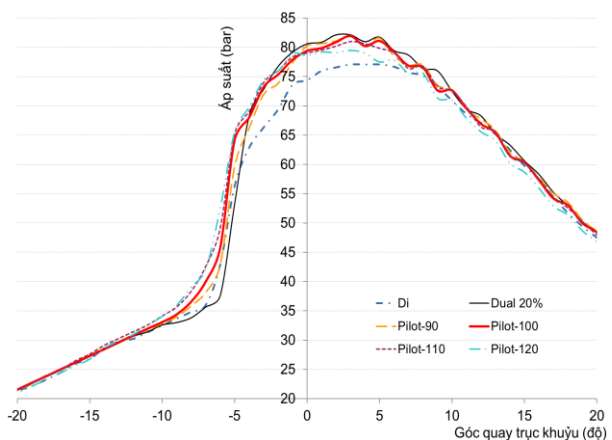
Hình 6 thể hiện mối quan hệ giữa góc quay trục khuỷu và cường độ rung động, kết quả cho thấy, động cơ sử dụng lượng nhiên liệu

khi phun môi 110  $\mu$ s cho biên độ rung động là nhỏ nhất, tần số rung động cũng nhỏ nhất (khoảng cách giữa hai biên độ rung động lớn nhất).

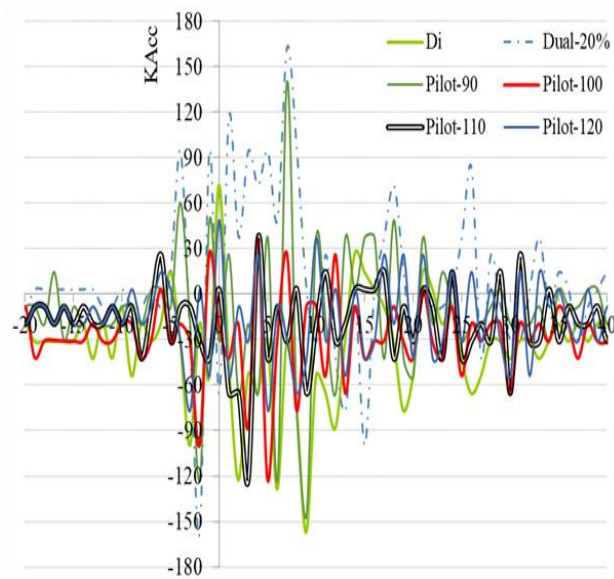
Trong trường hợp chỉ sử dụng nhiên liệu diesel với áp suất phun 1000 bar thì giá trị  $\Delta p/\Delta \varphi$  là 4,11 bar/<sup>0</sup>TK, khi động cơ sử dụng lượng nhiên liệu LPG/diesel 20% LPG thì giá trị  $\Delta p/\Delta \varphi$  tăng lên 25,69% (đạt giá trị 5,17 bar/<sup>0</sup>TK).

Khi động cơ sử dụng lượng nhiên liệu và có phun môi với thời gian 90  $\mu$ s thì giá trị  $\Delta p/\Delta \varphi$  giảm 18,86%, tiếp tục tăng tỷ lệ phun môi thì giá trị  $\Delta p/\Delta \varphi$  càng giảm. Khi tỷ lệ phun môi với thời gian 110  $\mu$ s giá trị  $\Delta p/\Delta \varphi$  là 3,78 bar/<sup>0</sup>TK giảm 26,86%, với thời gian 120  $\mu$ s giá trị  $\Delta p/\Delta \varphi$  là 2,81 bar/<sup>0</sup>TK giảm 31,56% và lúc này giá trị  $\Delta p/\Delta \varphi$  thấp hơn so với động cơ chỉ sử dụng nhiên liệu diesel.

Như vậy, khi động cơ sử dụng lượng nhiên liệu diesel/LPG với tỷ lệ 20% có độ ồn và rung động cao hơn động cơ chỉ sử dụng nhiên liệu diesel. Tuy nhiên, khi động cơ sử dụng lượng nhiên liệu có phun môi thì động cơ làm việc êm hơn và với tỷ lệ phun môi từ 110  $\mu$ s đến 120  $\mu$ s thì động cơ làm việc êm hơn cả trường hợp chỉ sử dụng nhiên liệu diesel.



Hình 5. Ảnh hưởng của phun môi đến diễn biến áp suất trong xilanh



Hình 6. Ảnh hưởng của phun môi đến độ rung động của động cơ

#### 4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu thực nghiệm nghiên cứu ảnh hưởng của phun môi diesel đến nồng độ các thành phần phát thải và diễn biến áp suất trong xilanh động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu LPG/diesel trên động cơ diesel một xilanh AVL 5402 trang bị hệ thống cung cấp nhiên liệu diesel kiểu tích áp và hệ thống cung cấp LPG điều khiển bằng điện tử cho thấy, khi động cơ sử dụng lưỡng nhiên liệu LPG/diesel nên bổ sung phun môi nhằm giảm độ ồn rung. Lượng phun môi hợp lý lựa chọn theo chế độ làm việc của động cơ. Cụ thể, đối với động cơ một xilanh AVL 5402, ở chế độ momen lớn nhất nên lựa chọn là 110 đến 120  $\mu$ s.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Tường Vi, “Ảnh hưởng của việc sử dụng LPG/diesel đến đặc tính phát thải của động cơ diesel”, Tuyển tập Hội nghị Khoa học thường niên ĐHTL, 2020.
- [2] Nguyễn Tường Vi, “Nghiên cứu LPG làm nhiên liệu thay thế trên các động cơ diesel hiện hành”. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Đại học Bách Khoa Hà Nội, 2014.
- [3] AVL GmbH, “Singer cylinder research engine 5402”, Austria, 2001.
- [4] D.B. Lata, Ashok Misra, S. Medhekar, “Investigations on the combustion parameters of a dual fuel diesel engine with hydrogen and LPG as secondary fuels”, International Journal of Hydrogen Energy 36, 13808-13819, 2011.
- [5] Donghui et al, “Experimental studies on the combustion characteristics and performance of a direct injection engine fuelled with a LPG/diesel blend”, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, vol. 219, part D, p253-261, 2005.
- [6] Lata, D.B., Ashok Misra, S. Medhekar, “Effect of hydrogen and LPG addition on the efficiency and emissions of a dual fuel diesel engine”, International journal of hydrogen energy, vol. 37, p6084-6096, 2012.
- [7] Niculae Negurescu, “Constantin Pana and Alexandru Cernat, Theoretical and Experimental Investigations on the LPG Fuelled Diesel Engine”, SAE-China and FISITA, Proceedings of the FISITA 2012 World, 2012.
- [8] Saleh, H.E, “Effect of variation in LPG composition on emissions and performance in a dual fuel diesel engine”, Fuel 87, p3031–3039, 2008.
- [9] Goldsworthy, L, “Combustion behaviour of a heavy duty common rail marine Diesel engine fumigated with propan”, Experimental Thermal and Fluid Science 42, 93–106, 2012.
- [10] Dong Jian, Gao Xiaohong, Li Gesheng, Zhang Xintang, “Study on Diesel- LPG Dual Fuel Engines”, Wuhan University of Technology, SAE- Technical, 2001.

- [11] Lino Guzzulla, Christopher H.Onder, *"Introduction to Modeling and Control of Internal Combustion Engine Systems"*, Springer, Germany, 2008.
- [12] Blackmer Dover Company, *"Liquified gas handbook"*, Buletin 500-01, 2008.
- [13] Eve LIU, S.Y. Yue, Joseph Lee, *"A Study ON LPG As Fuel for Vehicles"*, 1997.
- [14] Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 5689:2013 về Nhiên liệu diesel (DO).

---

*Thông tin liên hệ:*    **Nguyễn Tường Vi**

Điện thoại: 0989199280 - Email: ntv@uneti.edu.vn

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp.