

ẢNH HƯỞNG CỦA BỔ SUNG KHÍ HHO TỚI ĐẶC TÍNH LÀM VIỆC VÀ HÌNH THÀNH PHÁT THẢI CỦA ĐỘNG CƠ DIESEL

EFFECT OF HHO ADDITION ON PERFORMANCE CHARACTERISTICS AND EMISSION FORMATION OF DIESEL ENGINE

TRỊNH XUÂN PHONG^{1*}, HOÀNG ĐÌNH LONG³, TRẦN QUỐC ĐĂNG²,
NGUYỄN ĐỨC KHÁNH³, TRẦN TUẤN ANH²

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Nam Định

²Trung tâm Thực hành, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Nam Định

³Viện Cơ khí động lực, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

*Email liên hệ: txphong@nute.edu.vn

Tóm tắt

Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định ảnh hưởng của việc bổ sung khí HHO (được sản xuất dựa trên việc điện phân nước) trên đường nạp đến tiêu hao nhiên liệu và hình thành phát thải của động cơ diesel. Động cơ nghiên cứu là động cơ diesel R180, 4 kỳ, một xi lanh. Tải trọng của động cơ là máy phát điện xoay chiều 220V. Tốc độ nghiên cứu là 1.500 (v/ph). Dòng điện khi điện phân là 3A. Dung dịch điện phân là KOH có nồng độ 40%. Kết quả nghiên cứu cho thấy khi bổ sung HHO, tiêu hao nhiên liệu giảm trung bình là 9,1%. Phát thải khói giảm trung bình 31%, phát thải CO giảm trung bình 28%, phát thải HC giảm trung bình 13%. Riêng phát thải NOx tăng trung bình là 2,5%.

Từ khóa: Bổ sung HHO, Động cơ diesel, Điện phân, giảm phát thải.

Abstract

This paper presents experimental results to determine the effect of the addition of HHO gas (produced based on water electrolysis) to the intake manifold on fuel consumption and emission formation of diesel engines. The research was conducted on a single-cylinder, 4-stroke, diesel engine R180. The load of the engine was a 220V AC generator. Research speed was 1500 rpm. The current during electrolysis was 3A. The electrolyte solution was KOH with a concentration of 40%. Research results showed that when HHO addition diesel fuel consumption was reduced 9,1%, smoke 31%; CO 28%; HC 13%, NOx emissions tended to increase 2,5%..

Keywords: HHO addition, diesel engine, electrolyte solution, reduction emission.

1. Giới thiệu

Động cơ diesel là nguồn động lực quan trọng trong cuộc sống nhưng động cơ diesel lại sản sinh ra nhiều chất phát thải độc hại. Ngày nay các công nghệ mới trên động cơ diesel có thể giảm hầu hết các thành phần độc hại như: Luân hồi khí thải, lọc muội than, khử NO_x,... Nhưng với số lượng rất lớn các động cơ tại Việt Nam chưa được áp dụng các công nghệ này thì đó là một điều đáng quan tâm vì chúng chính là nguồn gây ô nhiễm môi trường trầm trọng. Để giảm phát thải cho các động cơ diesel thì việc sử dụng nhiên liệu thay thế đã và đang được nghiên cứu trong đó có hydro. Hydro là một loại nhiên liệu đầy triển vọng nhưng khó khăn của nhiên liệu này là việc lưu trữ vô cùng khó khăn và phức tạp đặc biệt là trên phương tiện cơ giới.

Hydro có mật độ năng lượng theo thể tích thấp, rất khó hóa lỏng nên hydro thường được nén trong bình chứa lên tới 700 bar để đảm bảo yêu cầu sử dụng. Việc chế tạo thiết bị tạo hydro ngay trên phương tiện vận chuyển cũng là một thách thức [1]. Vì thế phương án sử dụng hydro với oxy (gọi là khí HHO) đang được các nhà nghiên cứu quan tâm [2].

HHO (khí Brown, khí Rhode và HRG) được hình thành từ H₂ (60,79%) và O₂ (30,39%) cũng như một lượng nhỏ hơi nước và các chất hoạt động như gốc oxy (O) và gốc hydroxyl (OH); ở nhiệt độ 570°C khí HHO sẽ bốc cháy. Năng lượng cần thiết để đốt cháy hỗn hợp này là 20μJ. Quá trình cháy xảy ra khi hàm lượng thể tích hydrogen trong hỗn hợp HHO nằm trong khoảng 4% - 95%. Khi cháy, lượng nhiệt sinh ra là 41,8kJ đối với 1 mole HHO. HHO có tính chất oxy hóa khá mạnh trong kích thích phản ứng dây chuyền C - H nhằm thúc đẩy quá trình oxy hóa phát thải HC, CO và PM trong quá trình cháy của nhiên liệu vì thế khí HHO có thể sử dụng kết hợp với các loại nhiên liệu truyền thống trên động cơ đốt trong để cải thiện hiệu suất và giảm phát thải ô nhiễm môi trường.

HHO được sản xuất theo nhu cầu sử dụng tại chỗ,

không lưu trữ. Đối với động cơ đốt trong, HHO được sản xuất từ bình điện phân và được cung cấp bổ sung trực tiếp vào đường nạp cùng với các loại nhiên liệu khác. Thiết bị sản xuất HHO nhỏ gọn, có thể bố trí tích hợp trên phương tiện giao thông cơ giới. Do không phải lưu trữ nhiên liệu khí nên khắc phục được những nhược điểm đối với bình chứa nhiên liệu áp lực cao.

Việc áp dụng cung cấp HHO trên đường ống nạp để giảm phát thải cho động cơ diesel đã được sử dụng ở châu Âu, châu Mỹ từ những năm 1995 cho các động cơ được trang bị bơm cao áp, vòi phun cơ khí, năm 2009 được áp dụng cho động cơ sử dụng hệ thống phun dầu điện tử. Theo các số liệu nghiên cứu [3], công nghệ này góp phần làm giảm tiêu hao nhiên liệu từ 16% đến 35%, giảm phát thải độc hại tới 46%.

Tại Việt Nam có một số các công trình nghiên cứu như nghiên cứu ứng dụng lắp đặt hệ thống HHO cho động cơ diesel HD700 sử dụng bơm cao áp, vòi phun cơ khí và động cơ diesel MaxxForce11 sử dụng hệ thống phun dầu điện tử được trang bị trên xe đầu kéo. Kết quả cho thấy động cơ HD700 với 100km có tải, tiêu thụ nhiên liệu giảm từ 34 lít xuống 28 lít (giảm 14%), động cơ Maxfore có tải, tiêu thụ giảm từ 38 lít xuống 35 lít (giảm 8%). Có thể thấy HHO có hiệu quả tốt trong việc giảm tiêu hao nhiên liệu với các động cơ thế hệ cũ hơn so với động cơ phun dầu điện tử. Về việc giảm phát thải độc hại thì với động cơ HD700, lượng khí CO giảm 32,7%, khí NOx giảm 21,8%, muội than giảm 47,5%; với động cơ MaxxForce 11, lượng khí CO giảm 16%, lượng khí NO_x giảm 18%, muội than giảm 15%. Lượng phát thải CO₂ cũng giảm do việc nhiên liệu tiêu thụ giảm [4].

Công ty Fujidenki lắp đặt và thử nghiệm hệ thống thiết bị điện phân nước tạo khí HHO trên tàu đánh cá để tiết kiệm nhiên liệu và giảm phát khí thải gây ô nhiễm môi trường. Kết quả thử nghiệm tại tàu cá ngư dân Bình Định, mức tiêu hao nhiên liệu trong 1 giờ giảm được 4,98 (lít/giờ) (16,6%), nếu tính trên 1 hải lý là 0,56 (lít/hải lý) (17,5%) và tổng số nhiên liệu khi thử nghiệm trên cùng một hành trình giảm được 22 lít dầu diesel (tương đương khoảng 17,6%) [5].

Có thể thấy HHO có hiệu quả tích cực với việc giảm tiêu hao nhiên liệu và phát thải của động cơ diesel vì vậy bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của việc bổ sung HHO trên đường nạp tới tiêu hao nhiên liệu và đặc điểm phát thải của động cơ diesel R180 kéo máy phát điện phục vụ trong nông nghiệp. Ở Việt Nam đây là loại động cơ phổ biến phục vụ nhiều lĩnh vực với số lượng rất lớn và hàm lượng phát thải độc hại cao. Từ đó đề xuất hướng cải tạo để giảm phát thải do động cơ diesel gây ra.

2. Nghiên cứu thử nghiệm

2.1. Động cơ thử nghiệm

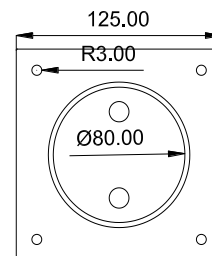
Động cơ thử nghiệm là động cơ R180 do Trung Quốc sản xuất được thiết kế để kéo máy phát điện. Máy phát điện có thông số 220V-4kW. Thông số động cơ được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật động cơ R180 [6]

Thông số kỹ thuật	Giá trị
Mã động cơ	R180
Kiểu động cơ	Diesel, 4 kỳ, 1 xi lanh,
Công suất định mức	5,15 (kW) tại 2600 (v/ph)
Tiêu hao nhiên liệu	278 (g/kWh)
Tỉ số nén	20±1
Dung tích công tác	0,402 (lít)
S x D	80 x80 (mm)
Kiểu làm mát	Nước, đối lưu tự nhiên
Thời điểm phun	22±2 Độ (BTDC)
Áp suất phun	140 (bar)

2.2. Hệ thống cung cấp HHO

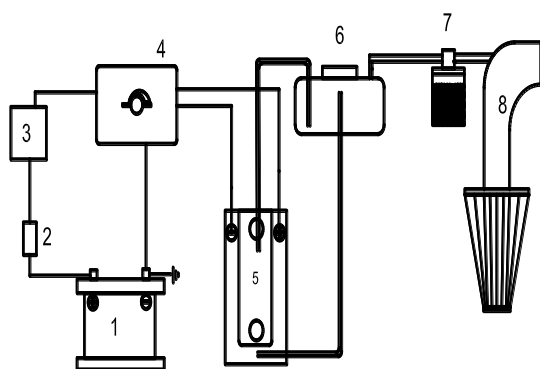
Bình điện phân tạo khí bổ sung HHO sử dụng trong thử nghiệm có đặc điểm như sau: Kích thước của bộ điện phân, dung dịch điện phân và dòng điện phân được lựa chọn theo nghiên cứu thực nghiệm của tài liệu tham khảo số [7]. Bộ điện phân có kích thước được thể hiện trên Hình 1. Bộ điện phân có 9 bản cực được làm từ vật liệu inox 304. Khe hở giữa các bản cực là 5mm được làm kín bằng gioăng cao su. Dung dịch điện phân là KOH với tỉ trọng 40%. Dòng điện phân là 3A [7].



Hình 1. Bản cực và vòng ngăn bản cực

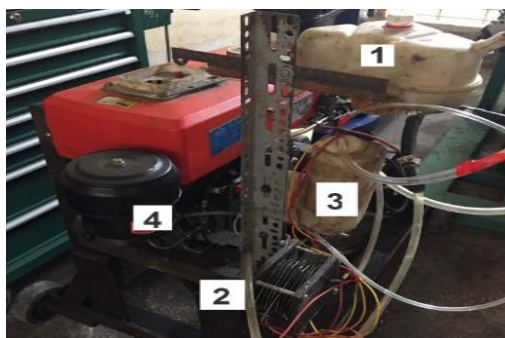
Dòng điện điện phân cấp cho bình điện phân HHO có thể điều chỉnh được cường độ nhờ bộ điều chế xung (PWM). Hình 2 trình bày sơ đồ hệ thống tạo khí HHO. Dung dịch điện phân chứa trong bình 6 tụ chảy xuống

bình 5 nhờ chênh lệch độ cao. Khi được cấp điện trong bình số 5 sẽ tạo ra khí HHO. Khí này được đưa vào trong bình 6 và bình số 7 với vòi thấp hơn mặt thoáng của dung dịch KOH để đề phòng cháy ngược vào bộ điện phân rồi tiếp tục được đưa vào cổ hút hòa trộn với không khí nhờ sức hút do chênh lệch áp suất trong kỳ nạp. Nguồn điện dùng để điện phân là điện ắc-quy 12V. Hình 3 trình bày hình ảnh thực tế của bộ HHO khi lắp lên động cơ nghiên cứu.



Hình 2. Sơ đồ hệ thống tạo khí HHO

1. Khóa điện; 2. Cầu chì; 3. Relay; 4. Bộ PWM;
 5. Bộ điện phân; 6. Dung dịch điện phân; 7. Bình chống cháy ngược; 8. Cổ hút động cơ.



Hình 3. Hệ thống HHO trên động cơ R180

1. Bình chứa dung dịch KOH; 2. Bình điện phân;
 3. Bình chống cháy ngược; 4. Cụm cổ hút động cơ.

2.3. Trang thiết bị thử nghiệm

Sơ đồ và trang thiết bị thử nghiệm được trình bày ở Hình 4. Nghiên cứu thực nghiệm được thực hiện tại Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Nam Định.

Đồng hồ đo dòng điện phân và đo dòng tiêu thụ điện là loại đồng hồ đo dòng không tiếp xúc của hãng Kyoritsu. Thiết bị đo tiêu hao nhiên liệu là bộ DFL của Kistler. Thiết bị phân tích khí thải Stargas 495 gồm 2 mô-đun, mô-đun đo độ khối và mô-đun đo HC, CO, NOx của hãng Tecnotest. Tải trọng của động cơ

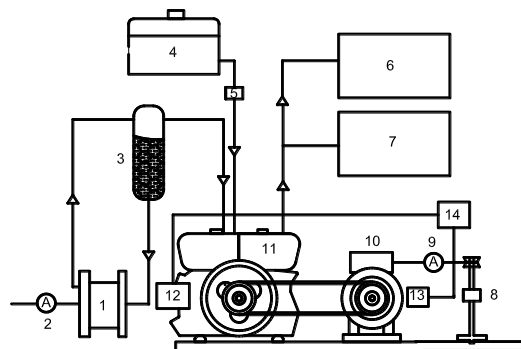
R180 là máy phát điện 220V-4kW của công ty Hữu Toàn. Tải điện của máy phát điện là dây moay so nhiệt dùng trong công nghiệp. Bộ điều tốc điện tử là loại GAC ESD 5500E. Mô tơ kéo ga là mô tơ ADC120. Cảm biến tốc độ động cơ là cảm biến kiểu điện từ.

Động cơ được trang bị bộ điều tốc điện tử để đảm bảo tốc độ động cơ luôn ổn định trong khoảng 1500 (v/ph). Máy phát điện có bộ tự động điều chỉnh điện áp AVR.

2.4. Chế độ thử nghiệm

Thực nghiệm động cơ làm việc ở tốc độ 1.500 (v/ph) với các tải của máy phát là 5A, 10A, 15A để đo tiêu hao nhiên liệu và phát thải.

Duy trì tải trọng và bổ sung HHO vào đường nạp với dòng điện phân là 3A. Đo tiêu hao nhiên liệu động cơ diesel và phát thải.



Hình 4. Sơ đồ nghiên cứu thực nghiệm

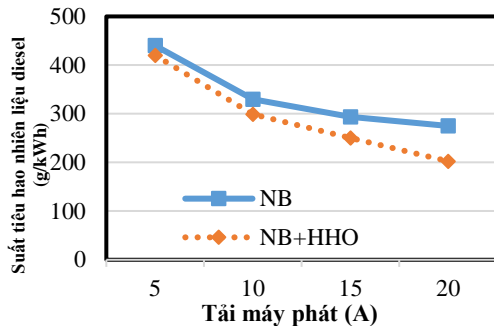
1. Bình điện phân; 2. Đồng hồ đo dòng điện phân;
 3. Dung dịch điện phân; 4. Bình nhiên liệu diesel;
 5. Thiết bị đo tiêu hao diesel; 6, 7. Máy phân tích khí thải; 8. Tải điện cho máy phát điện; 9. Đồng hồ đo dòng phát điện; 10. Máy phát điện; 11. Đồng cơ diesel R180; 12. Mô-tơ kéo ga; 13. Cảm biến tốc độ động cơ; 14. Bộ điều tốc điện tử.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Ảnh hưởng của HHO bổ sung tới suất tiêu hao nhiên liệu

Hình 5 trình bày ảnh hưởng của HHO bổ sung tới suất tiêu hao nhiên liệu diesel trên động cơ NB. Có thể thấy khi bổ sung HHO quá trình cháy được cải thiện, tốc độ động cơ tăng lên vượt quá 1.500 (v/ph). Lúc này điều tốc điện tử sẽ làm việc tác động kéo bom cao áp giảm nhiên liệu để duy trì tốc độ định mức. Vì vậy lượng tiêu hao nhiên liệu sẽ thấp hơn so với động cơ nguyên bản (NB). Cụ thể trong thí nghiệm này suất tiêu hao nhiên liệu giảm trung bình là 9,1%. Lượng nhiên liệu tiêu hao giảm do 2 yếu tố. Một là một phần

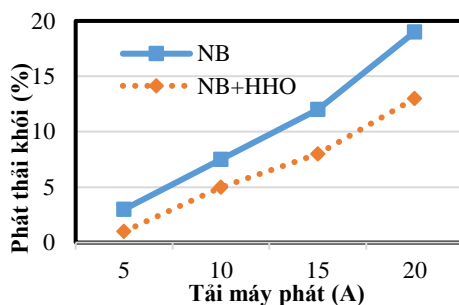
lượng nhiên liệu diesel đã không sử dụng do nhiên liệu HHO thay thế diesel, hai là HHO cải thiện quá trình cháy làm tăng công suất động cơ.



Hình 5. Ảnh hưởng của HHO tới suất tiêu hao nhiên liệu

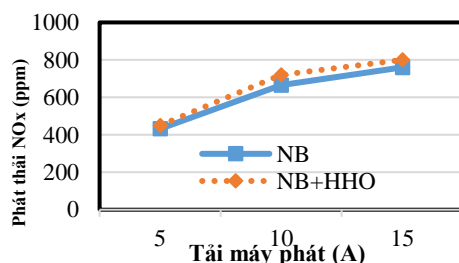
3.2. Ảnh hưởng của HHO tới phát thải khói

Hình 6 trình bày ảnh hưởng của HHO bổ sung tới phát thải khói của động cơ diesel. Có thể thấy phát thải khói khi có HHO giảm so với động cơ nguyên bản. Tải càng lớn mức độ giảm khói càng nhiều. Trung bình lượng khói giảm tới 31%.



Hình 6. Ảnh hưởng của HHO tới phát thải khói

3.3. Ảnh hưởng của HHO tới phát thải NO_x



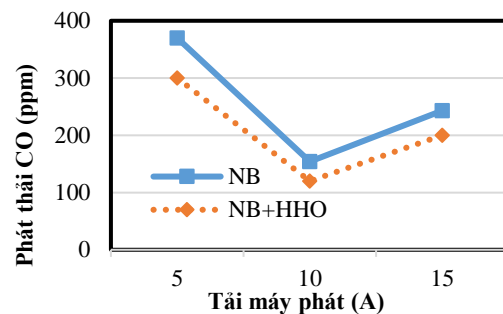
Hình 7. Ảnh hưởng của HHO tới phát thải NO_x

Hình 7 trình bày ảnh hưởng của HHO bổ sung tới phát thải NO_x. Cụ thể khi bổ sung HHO phát thải NO_x có xu hướng tăng, điều này có thể thấy HHO cải thiện

quá trình cháy làm tăng nhiệt độ khí cháy và làm tăng NO_x. Lượng phát thải này tăng so với NB trung bình 2,5%.

3.4. Ảnh hưởng của HHO tới phát thải CO

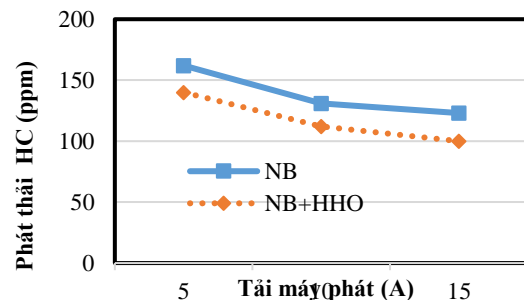
Hình 8 trình bày ảnh hưởng của HHO bổ sung tới phát thải CO. Có thể thấy khi bổ sung HHO hàm lượng CO đều giảm trên cả ba tải trọng thí nghiệm. Sự giảm này là do một phần nhiên liệu diesel bị thay thế bởi HHO và hiệu quả cháy của khí HHO cho nhiên liệu diesel mang lại. Lượng giảm trung bình là 28%.



Hình 8. Ảnh hưởng của HHO tới phát thải CO

3.5. Ảnh hưởng của HHO tới phát thải HC

Hình 9 trình bày ảnh hưởng của HHO tới phát thải HC. Có thể thấy khi bổ sung HHO, phát thải HC giảm, lượng giảm trung bình là 13%. Điều này chứng tỏ HHO thúc đẩy quá trình cháy hoàn toàn của nhiên liệu.



Hình 9. Ảnh hưởng của HHO tới phát thải HC

5. Kết luận

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của việc bổ sung khí HHO trên đường ống nạp tới sự hình thành phát thải của động cơ diesel ở chế độ 1.500 (v/ph), dung dịch điện phân là KOH tỉ trọng 40%, dòng điện phân là 3A có thể khẳng định: khí HHO với đặc tính cháy nhanh, không có gốc Các-bon khi bổ sung cho nhiên liệu diesel sẽ hỗ trợ quá trình cháy làm cho quá trình cháy triệt để hơn, đồng thời khí HHO còn cung cấp một nhiệt lượng nhất định cho quá trình cháy vì thế

công suất động cơ tăng lên, giảm tiêu hao nhiên liệu và phát thải. Cụ thể tiêu hao nhiên liệu giảm trung bình là 9,1%. Phát thải khói giảm trung bình 31%, phát thải CO giảm trung bình 28%, phát thải HC giảm trung bình 13%. Riêng phát thải NOx tăng nhưng không nhiều trung bình là 2,5%.

Bổ sung HHO cho động cơ diesel trên đường ống nạp là một phương án khả thi để giảm tiêu hao nhiên liệu và giảm phát thải độc hại của động cơ diesel gây ra đặc biệt là khói trong khi không cần phải thay đổi kết cấu động cơ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] White, C.M., R.R. Steeper, and A.E. Lutz, *The hydrogen-fueled internal combustion engine: a technical review*. International Journal of Hydrogen Energy, Vol.31(10): pp.1292-1305, 2006.
- [2] Yilmaz, A.C., E. Uludamar, and K. Aydin, *Effect of hydroxy (HHO) gas addition on performance and exhaust emissions in compression ignition engines*. International Journal of Hydrogen Energy, Vol.35(20): pp.11366-11372, 2010.
- [3] Reddy, A., et al., *Improving The Efficiency Of I.C. Engine Using Secondary Fuel*. International Journal of Technology Enhancements and Emerging Engineering Research, Vol.2: pp.52-64, 2014.
- [4] Hán, N.T., *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ HHO cho động cơ diesel ô tô*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ. Đại học Công nghiệp Hà Nội, Số 42, 2017.
- [5] Tuấn, Đ.T., *Nghiên cứu ảnh hưởng của việc bổ sung khí hho vào đường nạp đến chỉ tiêu kỹ thuật, môi trường của động cơ*. Tạp chí Khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường. Đại học Thủy lợi, Số 10, 2019.
- [6] *R180 Diesel engine operation manual*, 2018.
- [7] HHO Plus, A.E., Ltd *HHO Hydrogen on Demand Dual Fuel Generator Systems 2019*; Available from: <https://www.hho-plus.com/hho-en>.

Ngày nhận bài:	28/6/2021
Ngày nhận bản sửa:	09/8/2021
Ngày duyệt đăng:	19/8/2021