

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG KHÍ HHO ĐỂ GIẢM PHÁT THẢI KHÓI CỦA Ô TÔ SỬ DỤNG ĐỘNG CƠ DIESEL THẾ HỆ CŨ

TS. Lê Danh Quang^{1*}, ThS. Nguyễn Đức Quý¹

¹Trường Đại học Công nghệ Đồng Nai

*Tác giả liên hệ: Lê Danh Quang, quanglddl@gmail.com

THÔNG TIN CHUNG

Ngày nhận bài: 16/07/2023

Ngày nhận bài sửa: 26/08/2023

Ngày duyệt đăng: 21/09/2023

TỪ KHOÁ

Khí HHO;

Giảm phát thải cho động cơ diesel.

TÓM TẮT

Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định ảnh hưởng của việc bổ sung khí HHO trên đường ống nạp đến sự hình thành phát thải của ô tô sử dụng động cơ diesel thế hệ cũ. Ô tô nghiên cứu là ô tô Isuzu Hilander sản xuất năm 2005. Thí nghiệm được tiến hành với tốc độ động cơ là 1500 vòng/phút với các tải trọng khác nhau. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng khi bổ sung khí HHO trên đường nạp hầu hết các phát thải độc hại giảm. Cụ thể: phát thải khói giảm trung bình 26,4%; phát thải CO giảm trung bình 13,75%; phát thải HC giảm trung bình 32,32 %. Riêng phát thải NO_x tăng trung bình là 12,03%.

ABSTRACT

This paper presents experimental results to determine the effect of HHO addition on the intake manifold on emission patterns of cars using older generation diesel engines. The experimental car is an Isuzu Hilander car manufactured in 2005. The experiment was conducted with an engine speed of 1500 rpm with different loads. The research results have showed when HHO gas is added to the intake manifold, most of the harmful emissions are reduced. Namely, smoke emission decreased by an average of 26,4%; CO emissions reduced by an average of 13,75%; HC emissions decreased by an average of 32,32%. Particularly, NO_x emissions increased by an average of 12,03%.

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. Vì thế phương án sử dụng hydro với oxy (gọi là khí HHO) đang được các nhà nghiên cứu quan tâm (Yilmaz et al., 2010)

HHO (khí Brown, khí Rhode và HRG) được hình thành từ H_2 (60,79%) và O_2 (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 $570^{\circ}C$ khí HHO sẽ bốc cháy. Năng lượng cần thiết để đốt cháy hỗn hợp này là 20 μJ . 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 41,8 kJ 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 phối 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.

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 100 km 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 thể 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 NO_x 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 CO_2 cũng giảm do việc nhiên liệu tiêu thụ giảm (Hán, 2017).

Baltacioglu và cộng sự (Baltacioglu et al., 2016) nghiên cứu trên động cơ diesel 4D32 dung tích 3,6 lít của Mitsubishi. Kết quả nghiên cứu cho thấy phát thải CO và HC giảm nhưng nồng độ NO_x không giảm. Một nghiên cứu thử nghiệm khác trên động cơ Volvo Penta Type D5AT cũng được Dobrzaniecki (Dobrzaniecki & Kaczmarczyk, 2016) thực hiện. Kết quả cho thấy việc bổ sung HHO có tín hiệu tích cực trong giảm phát thải CO và CO_2 nhưng lại không tích cực cho phát thải NO_x . Kết quả nghiên cứu của Wozniak (Woźniak et al., 2017) chỉ ra rằng khí HHO làm tăng tốc độ cháy, đốt cháy hiệu quả hơn do năng lượng đánh lửa thấp và dễ khởi động hơn. Các tác giả cũng cho rằng bổ sung HHO làm cho hỗn hợp khí nạp đồng nhất hơn. Khi bổ sung HHO, phát thải khói, CO và HC giảm trong khi tiêu hao nhiên liệu cũng có xu hướng giảm nhẹ, phát thải NO_x vẫn còn chưa đồng nhất kết quả giữa các công trình nghiên cứu. Các nhà nghiên cứu cũng cho rằng khí HHO cũng gây ra một số vấn đề như bắt lửa sớm do năng lượng đánh lửa hydro thấp và phạm vi cháy của hydro rộng.

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của việc bổ sung khí HHO đến phát thải của động cơ diesel thể hệ cũ từ đó đóng góp cơ sở lý thuyết cho việc sử dụng nhiên liệu mới này.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Ô tô thử nghiệm

Ô tô thử nghiệm là ô tô Isuzu Hilander sản xuất 2005, số km đi được là 400 000 km. Động cơ được lắp trên xe là động cơ diesel 4JA1. Thông số

kỹ thuật của động cơ diesel 4JA1 được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của ô tô Isuzu

Thông số	Giá trị
Hành trình pít-tông	92 (mm)
Đường kính xi-lanh	93 (mm)
Số xi-lanh	4
Suất tiêu hao nhiên liệu	224 (g/kWh)
Dung tích buồng đốt	2,499 (lít)
Công suất lớn nhất/tốc độ	50-3600(kW-v/ph)
Momen lớn nhất/tốc độ	152-2000 (Nm-v/ph)
Tỷ số nén	18,4
Tốc độ không tải chuẩn	800(v/ph)

2.2. Thiết bị điện phân HHO

Bộ tạo khí HHO được cung cấp bởi nhà sản xuất HHO Plus. Hệ thống bao gồm bộ điện phân, bộ điều khiển dòng điện phân, bình chống cháy ngược,... Dung dịch điện phân là dung dịch NaOH có nồng độ 25%. Thông số bộ điện phân được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Thông số kỹ thuật của bộ điện phân HHO

Thông số	Giá trị
Kích thước tiêu chuẩn	110x110x180 (9mm)

Số bản cực

11

Điện áp sử dụng

12 (V)

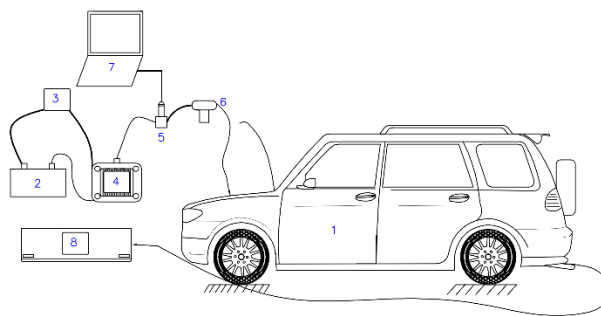
Công suất

30 lít/phút tại 6A

2.3. Sơ đồ nghiên cứu thực nghiệm

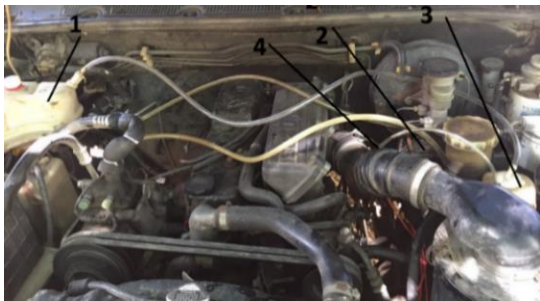
Sơ đồ nghiên cứu thực nghiệm được trình bày trên Hình 1. Bình điện phân 4 được cung cấp điện bởi ắc qui bên ngoài 2 để không làm tăng tải điện cho ắc qui trên ô tô. Dòng điện cấp cho bộ điện phân có thể điều khiển được nhờ bộ kiểm soát dòng điện 3 do đó có thể thay đổi được lượng khí HHO tạo ra. Khí HHO từ bộ điện phân được đưa qua bình chống cháy ngược 5 và lưu lượng được đo nhờ cảm biến 6, hiển thị trên máy tính 7 và được cung cấp vào đường ống nạp của động cơ. Khi động cơ làm việc, khí thải động cơ được đưa vào máy phân tích khí thải để đo các thông số HC, CO và NO_x. Hình ảnh thực tế lắp trên xe được trình bày trên Hình 2 và Hình 3.

Nghiên cứu được thực hiện tại phòng thí nghiệm các nguồn động lực trên ô tô tại Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Nam Định.



Hình 1. Sơ đồ nghiên cứu thực nghiệm

1. Ô tô nghiên cứu; 2. Ắc quy; 3. Bộ điều khiển dòng điện phân ; 4. Bộ điện phân; 5. Cảm biến đo lưu lượng khí HHO; 6. Bình chống cháy ngược; 7. Máy tính; 8. Thiết bị phân tích khí thải



Hình 2. Hệ thống cung cấp khí HHO trên ô tô

1. Bình chứa dung dịch điện phân; 2. Bộ điện phân; 3. Bình chống cháy ngược; 4 Vị trí cung cấp khí HHO



Hình 3. Lắp đặt ô tô lên băng thử

1. Ô tô nghiên cứu;
2. Băng thử công suất toàn xe.

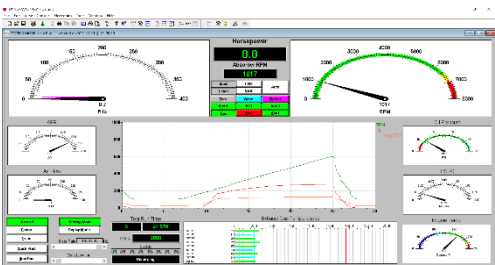
2.4. Trang thiết bị thử nghiệm

2.4.1. Bộ thử công suất



Hình 4. Mô tơ gây tải cho bộ thử

Bộ thử công suất là bộ thử Dyno mite có chức năng gây tải cho bánh xe sử dụng mô tơ điện kiểu Eddy Current. Trên mô tơ có lắp cảm biến Loadcell để đo lực và cảm biến tốc độ mô tơ để đo tốc độ bánh xe.



Hình 5. Phần mềm thu thập dữ liệu của Dyno

Các số liệu thu thập trong quá trình thí nghiệm sẽ được phân tích và ghi lại.

2.4.2. Máy phân tích khí thải

Thành phần của khí thải được đo bằng máy phân tích khí thải SGA 400 được sản xuất tại Thụy Điển. Thiết bị có chức năng tự hiệu chỉnh thông số chuẩn để đảm bảo độ chính xác khi đo. Thông số kỹ thuật của máy được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3. Thông số kỹ thuật của máy đo khí thải SGA 400 và bộ đo khối SST100

Thông số	Giá trị	Độ chính xác
CO	0 - 10 % (10,- 15%)	0,02%(0,05%)
HC	0 – 2000 ppm	3%
CO2	0 - 16 % (16,01- 20%)	3% (5%)

NO _x	0-5000 vol.ppm	1
Lamda	0,6-1,7	0,6-1,7
AFR	0-35	0-35
Khói (Opac)	0-99,9%	2%
Khói (K)	0-16,06 m-1	2%

2.5. Quy trình thử nghiệm

Theo các tài liệu nghiên cứu thì tỉ lệ HHO bổ sung có thể đạt từ 5% đến 20% (Shivaprasad et al., 2014) lượng không khí cung cấp cho buồng đốt mà vẫn có thể đảm bảo đủ không khí đốt cháy nhiên liệu diesel. Lưu lượng khí HHO tạo ra phụ thuộc vào kích thước bộ điện phân và cường độ dòng điện điện phân. Trong nghiên cứu này để đảm bảo lưu lượng HHO ổn định thì bộ điện phân luôn được duy trì với dòng điện phân không đổi là 3A.

Thí nghiệm được thực hiện với các nội dung sau:

- 1) Hâm nóng động cơ đến nhiệt độ làm việc;
- 2) Cho động cơ làm việc với tốc độ 1500 v/ph và tốc độ xe là 50 km/h ở tay số 5.
- 3) Gây tải cho bánh xe để tốc độ xe xuống còn 40 km/h, 30 km/h sau đó tăng lượng nhiên liệu để đạt được 50 km/h.
- 4) Tiến hành đo phát thải với trường hợp động cơ nguyên bản và bổ sung khí HHO.

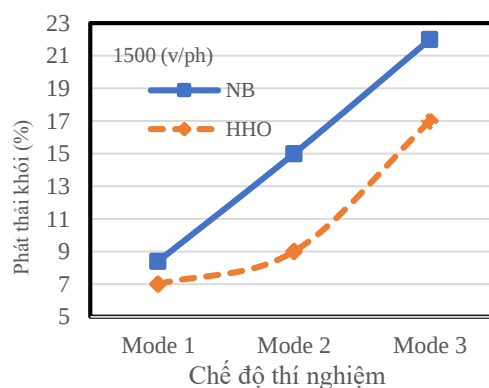
Các chế độ thí nghiệm được trình bày trong Bảng 3. Mỗi chế độ được thực hiện 2 lần. Kết quả đo là kết quả trung bình của 2 lần thí nghiệm.

Bảng 4. Các chế độ thí nghiệm

Mode	Tải trọng
Mode 1	50 km/h
Mode 2	40 km/h
Mode 3	30 km/h

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Diễn biến phát khói



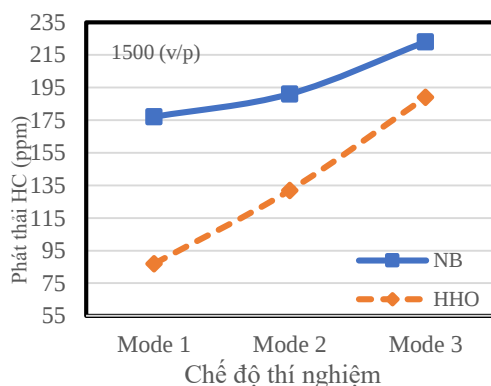
Hình 6. Diễn biến phát khói theo tải trọng

Hình 6 trình bày diễn biến phát thải khói của xe khi tải trọng xe thay đổi. Có thể thấy rằng khi bổ sung khí HHO thì khói giảm mạnh. Giảm trung bình 26,4% trên các chế độ thí nghiệm. Điều này có thể lý giải là HHO với đặc tính cháy nhanh và nhiệt trị lớn khi tham gia quá trình cháy sẽ giúp cải thiện quá trình cháy từ đó thúc đẩy quá trình oxy hoá nhiên liệu và kết quả là làm phát thải khói giảm nhiều hơn.

3.2. Diễn biến phát thải HC

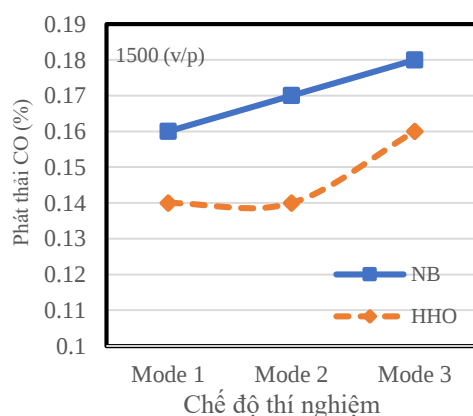
Hình 7 trình bày diễn biến phát thải HC của xe khi tải trọng xe thay đổi. Có thể thấy rằng khi bổ sung khí HHO thì HC giảm mạnh. Giảm trung bình 32,32 % trên các chế độ thí nghiệm. Điều này có

thể giải thích: khi bổ sung HHO vào đường ống nạp, với đặc tính cháy nhanh, nhiệt trị lớn sẽ góp phần thúc đẩy quá trình cháy hoàn toàn làm giảm phát thải HC. Thêm nữa là giới hạn cháy của HHO rộng nên giúp những vùng sát vách có hỗn hợp nhạt vẫn có thể cháy được. Điều này càng làm nồng độ HC giảm.



Hình 7. Diễn biến phát thải HC theo tải trọng

3.3. Diễn biến phát thải CO

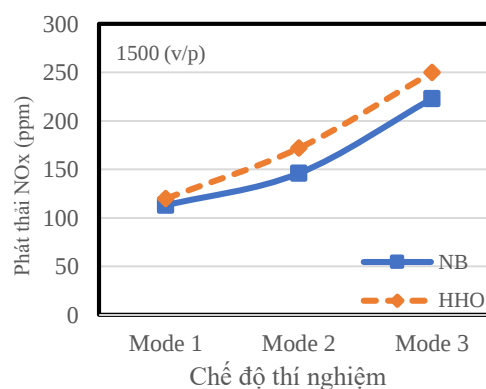


Hình 8. Diễn biến phát thải CO theo tải trọng.

Hình 8 trình bày diễn biến phát thải CO của xe khi tải trọng xe thay đổi. Có thể thấy rằng khi bổ sung khí HHO thì HC giảm mạnh. Giảm trung bình 13,75% trên các chế độ thí nghiệm. Điều này có thể lý giải như sau: Phát thải CO là sản phẩm của quá trình cháy hydrocacbon (HC) trong điều kiện thiếu không khí. Trong trường hợp có bổ sung HHO, tức là có bổ sung O_2 từ bên ngoài, nên quá

trình cháy HC trong xi-lanh có thêm O_2 để cháy, cùng với nhiệt độ cháy cao của nhiên liệu thì CO sẽ phản ứng tiếp với O_2 tạo thành CO_2 . Từ đó làm nồng độ CO giảm.

3.4. Diễn biến phát thải NO_x



Hình 9. Diễn biến phát thải NO_x theo tải trọng.

Hình 9 trình bày diễn biến phát thải NO_x của xe khi tải trọng xe thay đổi. Có thể thấy rằng khi bổ sung khí HHO thì NO_x có xu hướng tăng. Tăng trung bình 12,03% trên các chế độ thí nghiệm. Điều này có thể giải thích: nhiên liệu HHO khi bổ sung sẽ cải thiện quá trình cháy, nhiệt độ trong buồng đốt tăng cao từ đó tạo điều kiện thuận lợi để hình thành NO_x do đó hàm lượng khí thải NO_x trong khí thải tăng cao.

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 1500 vòng/phút với các tải trọng thay đổi dung dịch điện phân là KOH tỉ trọng 25%, 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 vì thế sẽ góp phần làm giảm các phát thải độc hại. Cụ thể: phát thải khói giảm trung bình 26,4% phát thải CO giảm trung bình 13,75%, phát thải HC giảm trung bình 32,32%. Riêng phát thải NO_x tăng nhưng trung bình là 12,03%. Có thể thấy bổ sung HHO cho

động cơ diesel trên đường ống nạp là một phương án khả thi để giảm phát thải độc hại của động cơ diesel gây ra đặc biệt là phát thải khói.

LỜI CẢM ƠN

Cảm ơn Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Nam Định đã tạo điều kiện hỗ trợ để hoàn thành thí nghiệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Baltacioglu, M. K., Arat, H. T., Özcanli, M., & Aydın, K. (2016). Experimental comparison of pure hydrogen and HHO (hydroxy) enriched biodiesel (B10) fuel in a commercial diesel engine. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(19), 8347-8353.

Dobrzaniecki, P., & Kaczmarczyk, K. (2016). Badania stanowiskowe instalacji HHO w układzie z silnikiem spalinowym Volvo Penta D5A T. *Maszyny Górnicze*, 34(1), 11-21.

Hán, N. T. (2017). Nghiên cứu ứng dụng công nghệ HHO cho động cơ diesel ô tô. *Tạp chí Khoa Học và Công nghệ*, 42.

Shivaprasad, K., Raviteja, S., Chitragar, P., & Kumar, G. (2014). Experimental investigation of the effect of hydrogen addition on combustion performance and emissions characteristics of a spark ignition high speed gasoline engine. *Procedia Technology*, 14, 141-148.

Woźniak, G., Longwic, R., & Górski, K. (2017). Ocena możliwości zastosowania gazu Browna do współzasilania silnika o zapłonie samoczynnym. *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, 18.

Yilmaz, A. C., Uludamar, E., & Aydın, K. (2010). Effect of hydroxy (HHO) gas addition on performance and exhaust emissions in

compression ignition engines. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35(20), 11366-11372.