

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA VIỆC BỔ SUNG KHÍ HHO VÀO ĐƯỜNG NẠP ĐẾN CHỈ TIÊU KỸ THUẬT, MÔI TRƯỜNG CỦA ĐỘNG CƠ DIESEL

Trần Trọng Tuấn¹, Nguyễn Công Đoàn¹, Vũ Ngọc Khiêm¹

Tóm tắt: Khí HHO có các thuộc tính lý hóa như: dễ cháy, tốc độ cháy nhanh, nhiệt trị cao, cháy với tỷ lệ A/F thấp... tạo điều kiện thuận lợi cho việc ứng dụng trên động cơ đốt trong. Có nhiều giải pháp khác nhau để cung cấp khí HHO vào đường nạp của động cơ như: phun bổ sung vào đường nạp, cung cấp vào đường nhiên liệu, phun trực tiếp vào bên trong xi lanh... trong các giải pháp trên thì việc phun bổ sung HHO vào đường nạp không làm ảnh hưởng đến kết cấu của động cơ và các hệ thống khác. Để sản xuất khí HHO có nhiều cách khác nhau trong đó việc điện phân nước để tạo ra khí HHO là cách khá đơn giản nhưng đem lại hiệu quả cao. Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu lý thuyết nhằm xác định ảnh hưởng của việc bổ sung khí HHO (được sản xuất dựa trên việc điện phân nước) trên đường nạp đến chỉ tiêu kỹ thuật và môi trường của động cơ diesel.

Từ khóa: HHO, Động cơ diesel, Điện phân nước, nhiên liệu thay thế

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bổ sung khí HHO vào hỗn hợp cuối quá trình nén làm quá trình cháy hiệu quả hơn, tiết kiệm nhiên liệu, tăng công suất động cơ và làm giảm phát thải PM ra môi trường: theo các kết quả công bố công suất của động cơ tăng 5÷10%, suất tiêu hao nhiên liệu giảm 10÷30%, giảm mức phát thải các chất độc hại CO, HC, giảm đáng kể sự đóng cặn và muội trên các chi tiết của động cơ giúp làm tăng tuổi thọ của động cơ (Cao Văn Tài, 2015). Tuy nhiên bên cạnh những ưu điểm đã được nêu trên việc sử dụng HHO cũng còn tồn tại một số hạn chế nhất định trong đó đặc biệt là mức phát thải NO_x có xu hướng tăng so với trường hợp không bổ sung HHO.

Ở Việt Nam việc nghiên cứu thiết kế, chế tạo và ứng dụng thiết bị tạo khí HHO cung cấp cho động cơ đốt trong đã được nhóm nghiên cứu thuộc trường Đại học Bách khoa Hà Nội thực hiện tại đề tài thuộc chương trình KHCN cấp Nhà nước “Nghiên cứu nâng cao tính kinh tế nhiên liệu và giảm phát thải độc hại cho động cơ bằng cách cung cấp hỗn hợp khí giàu hydro cho động cơ” (Lê Anh Tuấn, 2015). Đề tài đã nghiên cứu thiết kế và chế tạo thành công hệ thống sản xuất khí giàu hydro từ nước và từ một

phần nhiên liệu cung cấp cho động xăng ở quy mô phòng thí nghiệm.

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 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 (tương đương khoảng 17,6%). Tuy nhiên, thiết bị được nhập khẩu từ Nhật Bản với giá thành cao bởi vậy rất cần các nghiên cứu nhằm nội địa hóa thiết bị tạo khí HHO cung cấp cho động cơ đốt trong góp phần hạ giá thành sản phẩm.

Vì những lý do trên bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu lý thuyết đánh giá ảnh hưởng của việc bổ sung khí HHO đến chỉ tiêu kỹ thuật và môi trường của động cơ. Thiết bị tạo khí HHO theo phương pháp điện phân kiểu khô, hệ thống cung cấp khí HHO một cách liên tục vào đường nạp của động cơ trong đó lưu lượng khí HHO được điều khiển dựa trên việc thay đổi điện áp cấp cho bình điện phân bằng bộ điều khiển độ rộng xung PWM (Pulse Width Modulation). Quy trình thiết kế, chế tạo thiết

¹ Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghệ GTVT

bị và hệ thống cung cấp khí HHO vào đường nạp được tác giả trình bày chi tiết trong công trình (Trần

Trọng Tuấn, 2019), một số thông số cơ bản của hệ thống như sau:

Bảng 1. Thông số cơ bản của hệ thống sản xuất và cung cấp khí HHO vào đường nạp

STT	Tên thông số	Đơn vị	Giá trị
	Kích thước bình điện phân (dài x rộng x cao)	mm	300x109x300
	Kích thước các bản cực (dài x rộng x dày)	mm	200x200x2
	Vật liệu chế tạo các bản cực	-	Inox 304 loại bóng
	Số lượng các bản cực	Chiếc	17
	Số cell	Số lượng	4
	Kiểu đầu nối trong một cell	-	- n n n + ...
	Vật liệu làm vỏ bình	-	IPVC chịu lực
	Loại dung dịch điện ly	-	KOH
	Nồng độ dung dịch điện ly	g/lít	8 ÷ 12
	Điện áp cấp cho bình điện phân	V	10÷14
	Lưu lượng khí HHO lớn nhất	ml/phút	3500
	Loại van chống cháy ngược trong hệ thống	-	Harrit 188GR

Đối tượng nghiên cứu là động cơ Isuzu 4BD1T, đây là động cơ diesel 4 kỳ, 4 xi lanh thẳng hàng, có hệ thống phun nhiên liệu kiểu cơ khí, hệ thống tăng áp bằng tua bin khí thải không làm mát khí

sau khi tăng áp, được sản xuất tại Nhật Bản. Thông số cơ bản của động cơ nghiên cứu được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Các thông số cơ bản của động cơ Isuzu 4BD1T

STT	Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Đường kính xi lanh	D	102	mm
2	Hành trình piston	S	118	mm
3	Số xi lanh	i	4	-
4	Thể tích công tác	V_{xl}	3856	cm ³
5	Tỷ số nén	ε	17,5	-
6	Công suất/mô men định mức	N_e/M_e	78,3/325	kW/N.m
7	Vòng quay ứng với N_e	n_e	2500	vg/ph
8	Góc mở sớm/đóng muộn xu nạp	ϕ_1/ϕ_2	10/42	độ
9	Góc mở sớm/đóng muộn xu thải	ϕ_3/ϕ_4	50/10	độ

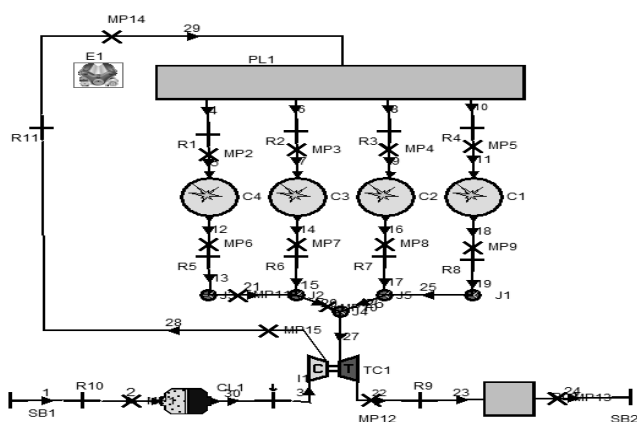
2. XÂY DỰNG VÀ HIỆU CHỈNH MÔ HÌNH

Quá trình nghiên cứu lý thuyết nhằm mục đích tính toán chu trình công tác (CTCT), các chỉ tiêu kỹ thuật và môi trường của động cơ có xét đến ảnh hưởng của việc bổ sung khí HHO vào đường nạp với các mức lưu lượng khác nhau. Công cụ mô

phỏng được sử dụng là phần mềm AVL Boost. Trình tự các bước xây dựng mô hình mô phỏng CTCT của động cơ trên phần mềm AVL-Boost gồm các bước chính như: lựa chọn các phần tử của động cơ trong thư viện của phần mềm, liên kết các phần tử theo đúng kết cấu của động cơ, nhập các

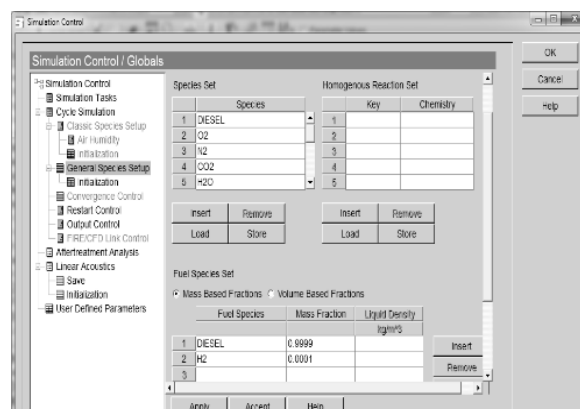
thông số cho mô hình, hiệu chỉnh mô hình, tính toán CTCT... Mô hình mô phỏng CTCT của động

cơ Isuzu 4BD1T trên phần mềm AVL-Boost được trình bày trên Hình 1.



Hình 1. Mô hình mô phỏng CTCT của động cơ Isuzu 4BD1T trên phần mềm AVL-Boost

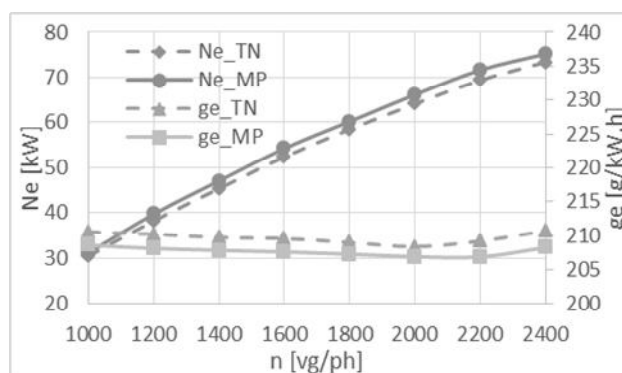
C1÷C4 – Xi lanh; TC1 – tuabin-máy nén; I1 – Vòi phun bổ sung khí HHO; CL1 – Bộ lọc khí nạp; SB1,SB2 – Điều kiện biên đầu vào và ra; MP1÷MP15 – Các phần tử điểm đo



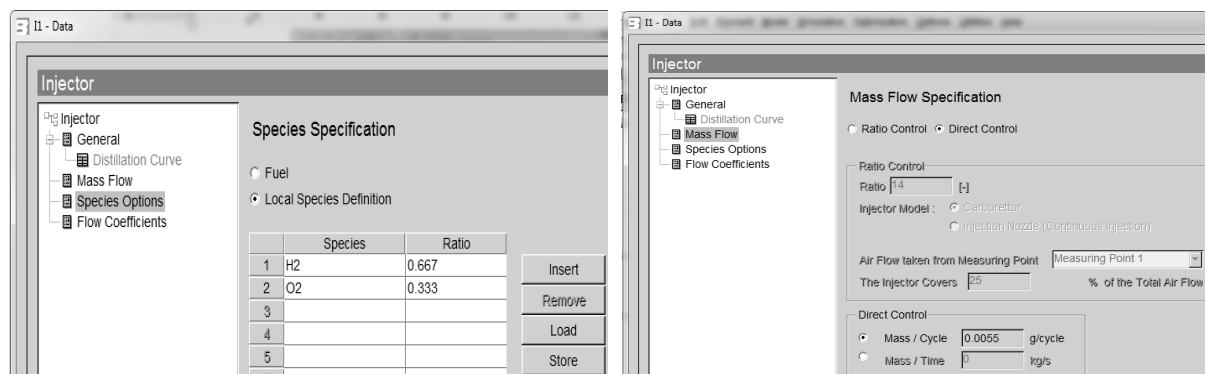
Hình 2. Khai báo thành phần của lượng nhiên liệu cung cấp cho động cơ

Để mô phỏng việc bổ sung khí HHO trên đường nạp trên mô hình có bổ sung phần tử I1 là phần tử cấp khí HHO trên đường nạp của động cơ. Trong phần mềm AVL-Boost khi mô phỏng CTCT động cơ có bổ sung một loại nhiên liệu khác so với nhiên liệu truyền thống cần định nghĩa các thuộc tính của nhiên liệu thông qua việc nhập file nhiên liệu HHO bst_therm.dat vào phần User Database, đồng thời tại phần simulation control cần định nghĩa tỷ các thành phần chính của hỗn hợp không khí và khí HHO được nạp vào động cơ (Hình 2). Trong phần tử I1 cần định nghĩa tỷ lệ khí hydro và ô xy có trong khí HHO bổ sung vào đường nạp của động cơ và lượng khí HHO được cung cấp cho một chu trình (Hình 3). Sau khi kết thúc quá trình xây dựng mô hình, tiến hành chạy mô hình mô phỏng nhằm đánh giá sự chính xác của quá trình mô phỏng. Kết quả tính toán sẽ gồm nhiều các thông số như: các thông số liên quan đến quá trình truyền công chất, các thông số liên quan đến hiệu suất của động cơ, thông số về khí xả... Kết quả tính toán so sánh các thông số N_e và g_e của động cơ tại chế độ 100% tải giữa mô phỏng và thực nghiệm được trình bày trong Hình 4. Ta thấy, mô hình mô

phỏng CTCT của động cơ trên phần mềm AVL-Boost đảm bảo độ chính xác do có sai số lớn nhất về N_e và g_e giữa mô phỏng và thực nghiệm tại khi động cơ làm việc ở đường đặc tính ngoài là 3,92% và 1,17%. Vì vậy, mô hình đã xây dựng có thể sử dụng được để nghiên cứu ảnh hưởng của việc cung cấp khí HHO vào đường nạp đến động cơ. Khi tính toán CTCT của động cơ có xét đến việc bổ sung khí HHO các mô hình cháy, mô hình truyền nhiệt và tính toán các thành phần phát thải được lựa chọn giống với khi không bổ sung khí HHO.



Hình 4. Kết quả so sánh N_e và g_e giữa mô phỏng và thử nghiệm tại 100% tải



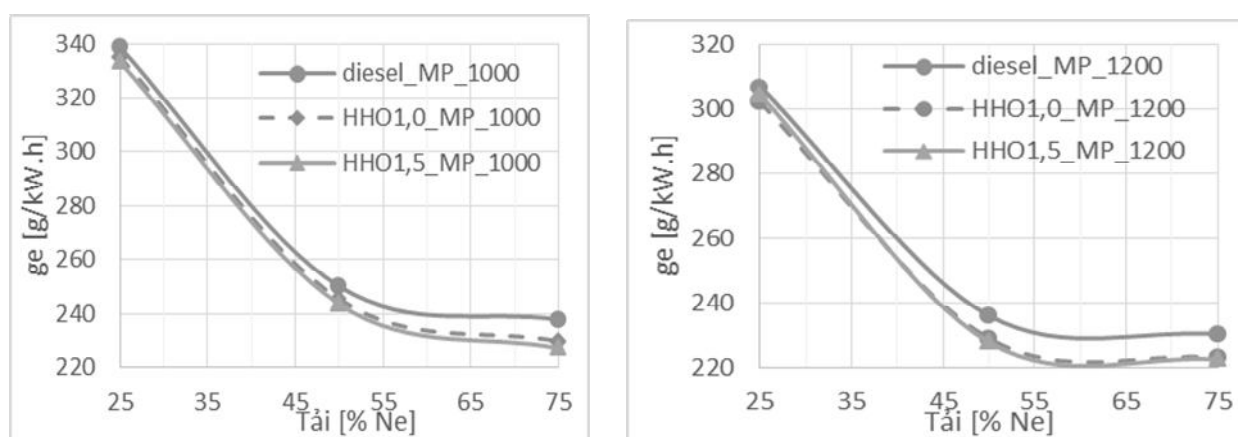
Hình 3. Khai báo các thông số của khí HHO cho phần tử I1

3. ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA VIỆC BỔ SUNG KHÍ HHO ĐẾN CHỈ TIÊU KINH TẾ, MÔI TRƯỜNG CỦA ĐỘNG CƠ

3.1. Đánh giá ảnh hưởng của việc bổ sung khí HHO đến chỉ tiêu kinh tế của động cơ

Trong quá trình mô phỏng để đánh giá ảnh hưởng của việc cung cấp khí HHO vào đường nạp đến các chỉ tiêu kinh tế, năng lượng và môi trường của động cơ tác giả đã tiến hành chạy mô hình ở

chế độ tải (25,50 và 75% tải) tại các tốc độ khác nhau trong các trường hợp: sử dụng nhiên liệu diesel và khí bổ sung khí HHO với lưu lượng là 1 lít/phút (ký hiệu HHO1,0) và 1,5 lít/phút (ký hiệu HHO1,5). Kết quả tính toán ảnh hưởng của việc cung cấp khí HHO với các mức lưu lượng khác nhau đến g_e của động cơ tại các chế độ khác nhau được trình bày trên Hình 5. ta thấy:



Hình 5. Kết quả tính g_e khi cấp khí HHO với lưu lượng khác nhau tại 1000 và 1200 vg/ph

- Khi cung cấp khí HHO suất tiêu thụ nhiên liệu của động cơ giảm tại tất cả các chế độ tải và tốc độ so với khi không được cung cấp khí HHO, mức độ thay đổi từ 0,57÷3,35% tùy thuộc vào chế độ tải, tốc độ và lưu lượng khí HHO. Điều này có thể được giải thích do khi cung cấp khí HHO vào giúp cho quá trình cháy diễn ra nhanh hơn, giảm thời gian cháy trễ, đồng thời khí HHO có chứa hydro sẽ cung cấp

một lượng nhiệt nhất định cho quá trình cháy vì vậy giúp tăng công suất giảm lượng tiêu thụ nhiên liệu;

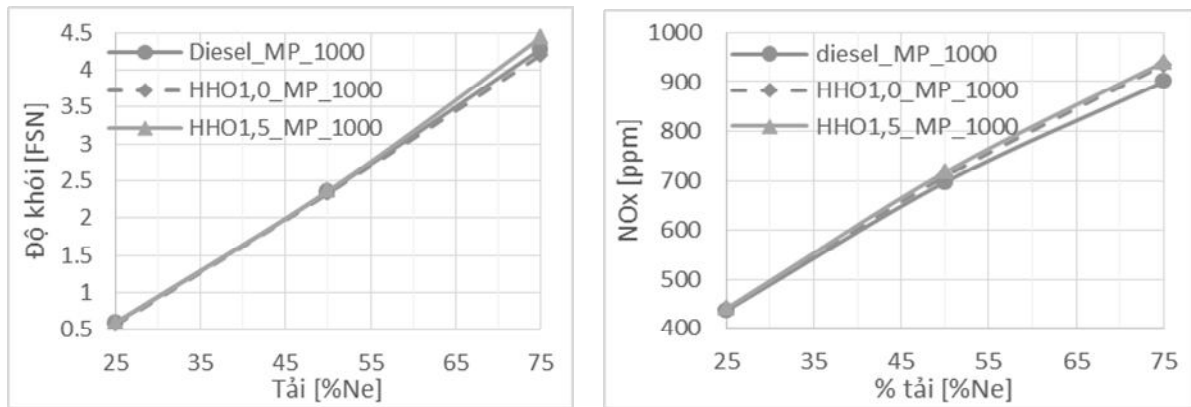
- Khi cung cấp khí HHO với lưu lượng 1 lít/phút có sự thay đổi mạnh về g_e (suất tiêu thụ nhiên liệu chỉ tính cho phần nhiên liệu diesel mà chưa tính tổng năng lượng cấp vào) so với khi không cung cấp khí HHO nhưng khi tăng lưu lượng khí HHO lên 1,5 lít/phút mức độ thay đổi so với trường hợp cung cấp

1,0 lít/phút là không nhiều. Kết quả nghiên cứu này cũng phù hợp với một số công trình nghiên cứu trên thế giới thường chọn lưu lượng khí HHO trong một phút bằng một phần tư tổng thể tích công tác của động cơ. Việc cung cấp quá nhiều khí HHO sẽ không đem lại hiệu quả trong việc cải thiện chỉ tiêu kinh tế, năng lượng và môi trường của động cơ mà còn làm tăng lượng tiêu thụ nhiên liệu, tăng phát thải

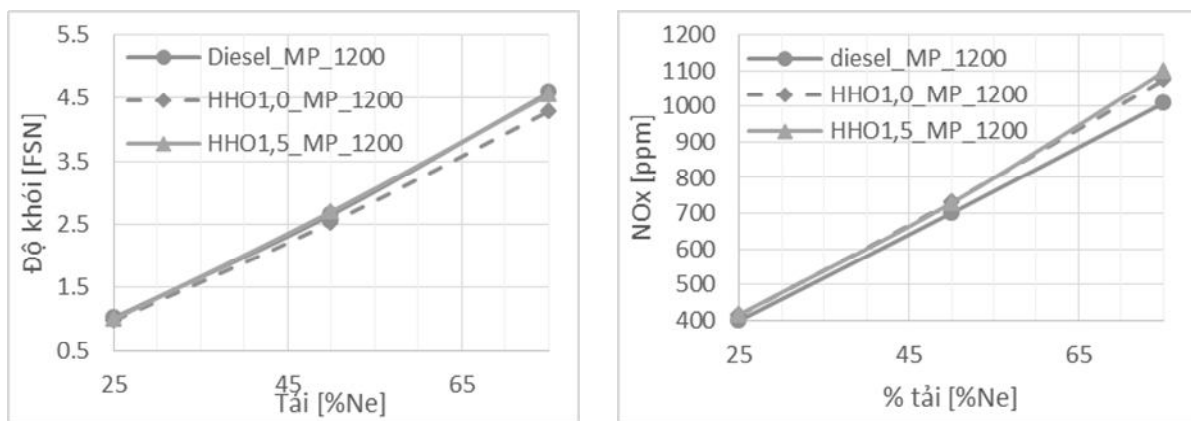
HC do cháy với hỗn hợp quá giàu.

3.2. Ảnh hưởng của việc bổ sung khí HHO đến chỉ tiêu môi trường của động cơ

Kết quả tính toán ảnh hưởng của việc cung cấp khí HHO với các mức lưu lượng khác nhau đến độ khói và phát thải NO_x của động cơ tại các chế độ khác nhau được trình bày trên Hình 6 và Hình 7. ta thấy:



Hình 6. Kết quả tính độ khói và phát thải NO_x của động cơ khi cung cấp khí HHO tại các chế độ tải khác nhau ở tốc độ 1000 vg/ph



Hình 7. Kết quả tính độ khói và phát thải NO_x của động cơ khi cung cấp khí HHO tại các chế độ tải khác nhau ở tốc độ 1200 vg/ph

- Khi cung cấp khí HHO với lưu lượng 1 lít/phút có sự cải thiện rõ rệt về độ khói của khí thải so với khi sử dụng nhiên liệu diesel (mức độ cải thiện về độ khói nằm trong khoảng từ 0,94÷6,39%). Tuy nhiên, khi tăng lưu lượng khí HHO lên 1,5 lít/phút thì mức độ cải thiện về độ khói của khí thải là không nhiều, tại một số chế độ

thì độ khói của khí thải có xu hướng tăng cao hơn so với khi sử dụng nhiên liệu diesel. Điều này có thể được giải thích do khí HHO làm cho hỗn hợp cháy giàu gây ra sự tăng phát thải HC, tăng độ khói của khí thải. Kết quả tính toán này cũng phù hợp với quy luật tác động của tỷ lệ HHO đến η_e đã được trình bày và phân tích trong Hình 5.

- Việc bổ sung khí HHO vào đường nạp sẽ làm tăng phát thải NO_x so với trường hợp không bổ sung khí HHO. Mức phát thải NO_x khi động cơ có bổ sung khí HHO sẽ tăng từ 0,47 đến 9,1% so với trường hợp không cung cấp khí HHO vào đường nạp do bổ sung khí HHO giúp cải thiện chất lượng quá trình cháy, giảm thời gian cháy trễ, tăng tốc độ cháy, tăng nhiệt độ cực đại bên trong xi lanh nên sẽ làm tăng phát thải NO_x .

4. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Bài báo đã xây dựng và hiệu chỉnh được mô hình mô phỏng CTCT của động cơ Isuzu 4BD1T trên phần mềm AVL-Boost. Kết quả hiệu chỉnh mô hình giữa lý thuyết và thực nghiệm theo đường đặc tính ngoài của động cơ cho thấy mức độ sai khác lớn nhất về N_e và g_e khi so sánh giữa mô phỏng và thực nghiệm lần lượt là 3,92% và 1,17% điều này đảm bảo mức độ chính xác của mô hình lý thuyết;

Đã tính toán được ảnh hưởng của việc bổ sung

khí HHO với các mức lưu lượng khác nhau đến chỉ tiêu kinh tế của động cơ. Kết quả tính toán cho thấy việc bổ sung khí HHO có thể làm giảm từ $0,57 \div 3,35\%$ về g_e của động cơ so với khi không bổ sung khí HHO;

Đã tính toán được ảnh hưởng của việc bổ sung khí HHO với các mức lưu lượng khác nhau đến phát thải NO_x và độ khói của động cơ. Bổ sung khí HHO sẽ làm giảm độ khói của động cơ từ $0,94 \div 6,39\%$ và tăng phát thải NO_x từ 0,47 đến 9,1% so với trường hợp không cung cấp khí HHO vào đường nạp.

Dựa vào kết quả tính toán ảnh hưởng của việc bổ sung khí HHO vào đường nạp đến chỉ tiêu kỹ thuật môi trường có thể lựa chọn được lưu lượng khí HHO phù hợp cho động cơ là 1 lít/phút, đây cũng là mức lưu lượng được các hãng sản xuất thiết bị bổ sung khí HHO vào đường nạp động cơ khuyến dùng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bộ Tài nguyên và Môi trường, (2016), *Báo cáo môi trường quốc gia 2016*.
- Lê Anh Tuấn, (2012), *Báo cáo tổng hợp kết quả khoa học công nghệ đề tài “Nghiên cứu nâng cao tính kinh tế nhiên liệu và giảm phát thải độc hại cho động cơ bằng cách cung cấp hỗn hợp khí giàu Hydro cho động cơ”*. Mã số KC.05.TN05/11-15, Đại học Bách Khoa Hà Nội.
- Hồ Sĩ Thoảng, Trần Mạnh Trí, (2009), *Năng lượng cho thế kỷ 21- Những thách thức và triển vọng*. NXB khoa học-kỹ thuật.
- Cao Văn Tài, (2015), *Nghiên cứu sự thay đổi tính năng kỹ thuật của động cơ đốt cháy cưỡng bức khi sử dụng hỗn hợp xăng – khí Brown*. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Khánh Hòa, 2015.
- Trần Trọng Tuấn, Lư Thị Yên, (2019), *Nghiên cứu thiết kế, chế tạo thiết bị tạo khí HHO cung cấp vào đường nạp động cơ đốt trong*. Tạp chí giao thông vận tải số 4/2019. Trang 97-100
- R. de Levie, (1999), *The electrolysis of water. Journal of Electroanalytical Chemistry*. Journal of Electroanalytical Chemistry 476 (1999), P92-93.
- Yul Brown, (1978). *US patent number 4,081,656*.
- E. Leelakrishnan, N. Lokesh, H. Suriyan, (2013), *Performance and emission characteristics of brown's gas enriched air in spark ignition engine*. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 2, Issue 2, P. 393-404. 2013

Abstract:
**RESEARCH EFFECT OF HHO GAS ADDITION TO PERFORMANCE
AND EXHAUST EMISSION OF DIESEL ENGINE**

HHO gas has physical and chemical properties such as: flammable, fast burning speed, high calorific value, low A / F ratio ... facilitating the application on internal combustion engines. There are many different solutions to supply HHO gas to the intake line of the engine such as: additional injection into the charging line, supply to the fuel line, direct injection into the cylinder ... in the above solutions, adding HHO gas into intake line does not affect the structure of the engine and other systems. To produce HHO gas there are many different ways in which electrolysis of water to produce HHO gas is a fairly simple way but brings high efficiency. The paper presents the results of the study to determine the effect of HHO gas supplementation (produced based on water electrolysis) on the intake line to the performance and environmental specifications of the diesel engine.

Keywords: HHO, Diesel engine, Electrolysis of water, alternative fuels

Ngày nhận bài: 02/7/2019

Ngày chấp nhận đăng: 04/9/2019