

CẢI THIỆN TÍNH NĂNG ĐỘNG CƠ XE GẮN MÁY NHỜ BỔ SUNG HHO VÀO XĂNG

Bùi Văn Ga^{1*}, Hoàng Anh Tuấn², Lê Minh Phụng², Nguyễn Lê Châu Thành¹

¹Đại học Đà Nẵng

²Trường Đại học Công nghệ Đồng Nai

* Tác giả liên hệ: Bùi Văn Ga, buivanga@ac.udn.vn

THÔNG TIN CHUNG

Ngày nhận bài: 20/3/2025

Ngày nhận bài sửa: 29/3/2025

Ngày duyệt đăng: 31/3/2025

TỪ KHOA

HHO;

Hydrogen;

Nhiên liệu tái tạo;

Phát thải khí nhà kính;

Xe gắn máy hybrid.

TÓM TẮT

Bổ sung HHO vào xăng là một giải pháp hiệu quả để cải thiện quá trình cháy và giảm phát thải khí nhà kính của động cơ xe gắn máy. Khi chuyển từ nhiên liệu xăng sang xăng-HHO với $\phi_H=0,04$, công suất động cơ tăng 2,5% ở $n=5000$ vòng/phút và tăng 8% ở $n=7500$ vòng/phút, nồng độ CO trong khí thải động cơ giảm khoảng 8,5%, còn nồng độ NO_x tăng bình quân 25% so với khi động cơ chạy bằng xăng. Khi tốc độ động cơ giảm từ 7500 vòng/phút xuống 5000 vòng/phút thì phát thải NO_x tăng 70% đối với nhiên liệu xăng và tăng 20% đối với nhiên liệu xăng-HHO với $\phi_H=0,04$. Ở chế độ đầy tải và $n=7500$ vòng/phút, mức độ phát thải CO_2 giảm 13,5% khi bổ sung HHO vào xăng với $\phi_H=0,08$ so với khi động cơ chạy bằng xăng.

1. GIỚI THIỆU

Hội nghị thượng đỉnh về biến đổi khí hậu COP29 diễn ra tại Baku, Azerbaijan, tháng 11 năm 2024 tiếp tục kêu gọi toàn thế giới hợp tác giảm phát thải khí nhà kính (GHG) nhằm hạn chế mức tăng nhiệt độ khí quyển dưới $2^\circ C$ vào cuối thế kỷ này so với thời kỳ tiền công nghiệp theo thỏa thuận Paris. Để đạt được mục tiêu này, mức phát thải ròng khí nhà kính cần giảm về 0 vào năm 2050 so với thời kỳ tiền công nghiệp. Phát thải khí nhà kính của ngành giao thông vận tải chiếm tỷ trọng rất lớn. Nhiều nước trên thế giới, trong đó có Việt Nam, đã đặt lộ trình dừng sản xuất, sử dụng phương tiện giao thông chạy bằng nhiên liệu hóa thạch trước năm 2050. Do đó, việc chuyển đổi năng lượng cho phương tiện giao thông đã thu hút sự quan tâm của các nhà

nghiên cứu và các nhà sản xuất ô tô trên toàn thế giới.

Xe máy là phương tiện giao thông cá nhân phổ biến nhất ở nhiều quốc gia đang phát triển. Việt Nam hiện có hơn 72 triệu xe máy đang lưu hành, trở thành quốc gia có số lượng xe máy lớn thứ hai trong khu vực ASEAN, chỉ sau Indonesia-quốc gia có số lượng xe máy lớn nhất thế giới với 125 triệu chiếc (www.24h.com.vn, 2023). Việc chuyển đổi xe máy chạy xăng sang xe máy điện phụ thuộc nhiều vào công nghệ lưu trữ năng lượng và phát triển cơ sở hạ tầng. Vì vậy, nghiên cứu giảm phát thải khí nhà kính từ xe máy truyền thống bằng cách sử dụng nhiên liệu tái tạo là cần thiết trước khi chuyển đổi sang sử dụng hoàn toàn bằng năng lượng điện.

Trong các loại nhiên liệu tái tạo thì hydrogen được coi là một loại nhiên liệu lý tưởng vì nó không chứa carbon, và sản phẩm chính của quá trình cháy là hơi nước (M. Koşar, B. Özdalyan, and M. B. Celik, 2011). Hydrogen có nhiệt độ tự cháy cao (576°C), cho phép tăng tỷ số nén trong động cơ đánh lửa cưỡng bức, nhờ đó tăng hiệu suất nhiệt và giảm phát thải ô nhiễm (S. Lee, C. Park, S. Park, and C. Kim, 2013). Tuy nhiên, việc lưu trữ hydrogen trên các phương tiện giao thông vẫn là một thách thức lớn. Hydrogen có mật độ năng lượng theo thể tích thấp và khó hóa lỏng nên đòi hỏi các thiết bị lưu trữ chuyên dụng. Đối với ứng dụng trên ô tô, hydrogen thường phải được nén trong bình chứa ở áp suất 700 bar, để đạt được phạm vi hoạt động tương đương với ô tô truyền thống. Việc tích hợp một bộ điện phân nước để sản xuất hydrogen trực tiếp trên ô tô không có lợi về mặt kinh tế (C. M. White, R. R. Steeper, and A. E. Lutz, 2006). Do đó, việc sử dụng HHO đã thu hút sự chú ý ngày càng tăng của giới khoa học trong những năm gần đây (F. Ma, Y. Wang 2007 & 2008). HHO là hỗn hợp gồm $2/3$ hydrogen và $1/3$ oxygen theo thể tích. Vì vậy bình điện phân HHO đơn giản và rẻ tiền hơn bình điện phân hydrogen.

HHO có thể được sử dụng kết hợp với nhiên liệu truyền thống trong động cơ đốt trong nhằm cải thiện hiệu suất và giảm phát thải ô nhiễm môi trường (Rajasekaran T, 2015 & C. Ji and S. Wang, 2010). Trên xe máy, HHO được sản xuất bởi bộ điện phân nước và được đưa vào đường nạp của động cơ. Nguồn điện cung cấp cho bộ điện phân được điều chỉnh để đảm bảo lưu lượng HHO ổn định, phù hợp với chế độ tải của động cơ. Khác với hydrogen, HHO là hỗn hợp nổ nên nó không được lưu trữ. Bộ điện phân HHO hoạt động khi động cơ chạy và ngừng khi động cơ tắt. Thiết bị sản xuất HHO

có kích thước nhỏ gọn, rẻ tiền và có thể tích hợp vào xe máy, khắc phục được các nhược điểm liên quan đến lưu trữ hydrogen trên xe gắn máy.

Các nghiên cứu gần đây cho thấy hiệu quả rõ rệt của việc bổ sung HHO vào xăng của động cơ xe gắn máy. Sudarmanta và cộng sự (2016) đã tiến hành nghiên cứu thực nghiệm bổ sung HHO vào xăng trên động cơ xe máy 150cc. Kết quả cho thấy mức tiêu thụ nhiên liệu cụ thể giảm đáng kể và hiệu suất động cơ được cải thiện ở các chế độ tải khác nhau. Hung và cộng sự (2020) đã nghiên cứu tác động của việc bổ sung 10% HHO vào xăng và quan sát thấy những cải thiện đáng kể về hiệu suất động cơ và giảm phát thải ô nhiễm. HHO có lợi thế đặc biệt đối với động cơ xe máy tốc độ cao. Theo Setyono và cộng sự (2020), việc bổ sung khí HHO cải thiện các đặc tính cháy của động cơ đặc biệt ở tốc độ từ 4000 đến 9000 vòng/phút. Arjun và cộng sự (2019) tổng hợp các nghiên cứu thực nghiệm và rút ra rằng HHO mang lại hiệu quả tích cực trong việc cải thiện hiệu suất nhiên liệu và giảm khí thải ở các động cơ nhỏ. Nabil và cộng sự (2019) đã nhấn mạnh tính khả thi của việc tích hợp bình điện phân HHO nhỏ gọn trong xe máy, và xem đây là giải pháp lý tưởng để ứng dụng hydrogen trên phương tiện giao thông. Kultsum và cộng sự (2024) đã chứng minh tính thực tiễn của việc sử dụng khí HHO trên xe gắn máy nhờ thiết kế nhỏ gọn của bình điện phân HHO.

Nhìn chung, việc bổ sung HHO vào nguyên liệu truyền thống có thể cải thiện hiệu suất động cơ và giảm phát thải ô nhiễm so với khi sử dụng xăng. Phần lớn các nghiên cứu đã công bố liên quan đến HHO thường chỉ đề cập đến phát thải CO, HC và NO_x . Rất ít công trình phân tích toàn diện về việc giảm phát thải CO_2 khi làm giàu nhiên liệu truyền thống bằng HHO. Trong nghiên cứu này, chúng tôi giới thiệu kết quả nghiên cứu mô phỏng và thực nghiệm về tính

năng và phát thải ô nhiễm của động cơ xe gắn máy khi bổ sung HHO vào xăng. HHO được sản xuất từ một bộ điện phân nước dạng khô được lắp đặt trên xe máy. Mục tiêu của nghiên cứu này là đề xuất một giải pháp kỹ thuật để chuyển đổi xe máy truyền thống thành phương tiện phát thải carbon thấp, qua đó góp phần thực hiện lộ trình net-zero ở các nước đang phát triển.

2. PHƯƠNG PHÁP VÀ ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu được thực hiện bằng mô phỏng kết hợp với thực nghiệm. Mô phỏng được thực hiện bằng phần mềm Ansys Fluent. Không gian tính toán bao gồm ống nạp, buồng đốt và xi-lanh. Việc thiết lập mô hình tính toán quá trình nạp và quá trình cháy của động cơ đã được đề cập đến trong các công trình (Bùi Văn Ga, 2019 & 2024). Lưới động được áp dụng trong không gian xi-lanh do thể tích thay đổi. Các điều kiện biên bao gồm áp suất, nhiệt độ và thành phần hỗn hợp khí tại cửa vào của ống nạp và tại vòi phun nhiên liệu HHO. Hiện tượng rối trong hỗn hợp khí được mô phỏng bằng mô hình k- ϵ . Các sản phẩm cháy chính được xác định dựa trên cân bằng nhiệt động hóa học bằng mô hình cháy Partially Premixed Combustion.

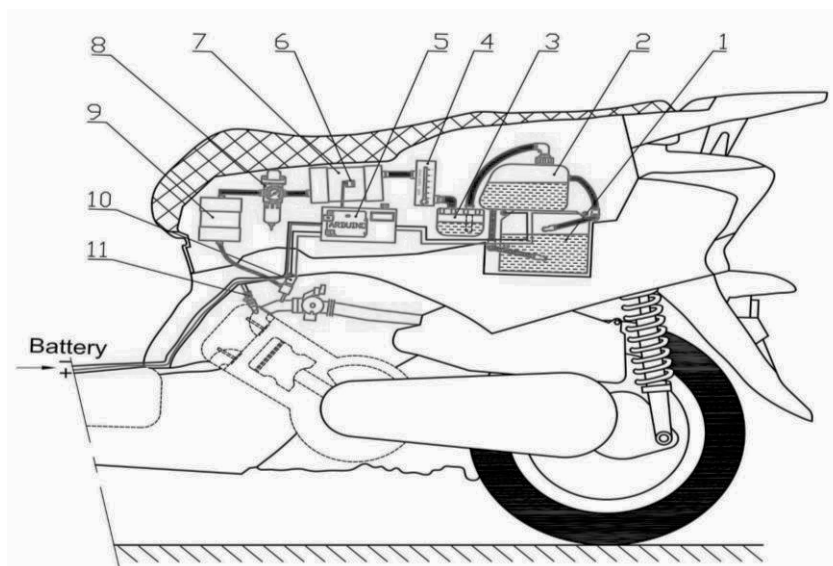
Nghiên cứu thực nghiệm được tiến hành trên băng thử công suất xe gắn máy với các thiết bị đo công suất và phân tích khí thải. Trong công trình này chúng tôi chỉ giới hạn đối sánh kết quả mô phỏng và thực nghiệm về công suất động cơ và phát thải khí nhà kính CO₂.

Đối tượng nghiên cứu của công trình này là xe gắn máy chạy bằng xăng được bổ sung HHO để cải thiện quá trình cháy và nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng

Kết quả mô phỏng được đối sánh với thực nghiệm trên động cơ xe máy Honda Lead với đường kính xi-lanh 50mm, hành trình piston 55mm và tỷ số nén 9:1. Động cơ có công suất 6,4kW tại 7500 vòng/phút khi chạy bằng xăng.

Khi chuyển đổi xe máy này để chạy bằng G-HHO, cấu trúc cơ bản của động cơ vẫn được giữ nguyên. Đường nạp của động cơ được trang bị một ống phun có đường kính 5mm để cung cấp HHO. Hình 1a minh họa sơ đồ cấu trúc của xe máy Honda LEAD G-HHO được chuyển đổi từ xe gắn máy chạy xăng thông thường. HHO, được tạo ra bởi bộ điện phân nước kiểu khô hoạt động nhờ bộ accu 24 volt. Ban đầu accu được nạp bằng điện lưới. Trong quá trình xe máy hoạt động accu được sạc bổ sung từ công suất dư của động cơ đốt trong và từ hệ thống phanh tái sinh tích hợp ở bánh trước của xe (Nguyễn Lê Châu Thành, 2022&2024). Về mặt nguyên lý đây có thể xem là một mô hình mới của xe gắn máy plug-in hybrid. Điểm khác biệt so với mô hình ô tô plug-in hybrid là năng lượng điện ở đây được cung cấp cho xe một cách gián tiếp thông qua HHO chứ không cung cấp trực tiếp cho động cơ điện. Nhờ vậy mô hình này đơn giản hóa hệ thống truyền động của xe plug-in hybrid để có thể áp dụng trên xe gắn máy với không gian rất hạn chế. Việc cung cấp HHO cho động cơ được thực hiện thông qua vòi phun nhiên liệu khí được điều khiển bởi ECU chuyên dụng (Bùi Thị Minh Tú, 2023). ECU sử dụng vi điều khiển Arduino kích hoạt bởi tín hiệu điều khiển vòi phun xăng. Thời gian nhấc vòi phun HHO được điều chỉnh nhờ vi biến trở. Bộ phụ kiện HHO được đặt trong cốp xe.

Năng lượng của xăng và HHO vào động cơ được xác định dựa trên các hệ số tương đương riêng phần của chúng trong hỗn hợp. Hệ số tương đương tổng thể của hỗn hợp, ký hiệu là ϕ , là tổng của hệ số tương đương riêng phần ϕ_G (đối với xăng) và ϕ_H (đối với HHO): $\phi = \phi_G + \phi_H$. Nhiên liệu xăng bổ sung HHO được ký hiệu là G-HHO. Công suất động cơ và khí thải được đo thực nghiệm bằng băng thử xe máy Super Dyno 50L và máy phân tích khí thải Si-CA 230-5N DC (Hình 1b). Hình 1c là ảnh chụp xe gắn máy hybrid G-HHO cải tạo từ xe Honda LEAD.



1. Bình điện phân HHO, 2. Bình dung dịch NaOH,
3. Bình chống cháy ngược, 4. Lưu lượng kế,
5. Mạch điều khiển, 6. Cảm biến áp suất,
7. Bình ổn áp, 8. Van ổn áp, 9. Bình đệm HHO,
10. Vòi phun HHO, 11. Vòi phun xăng

(a)



(b)

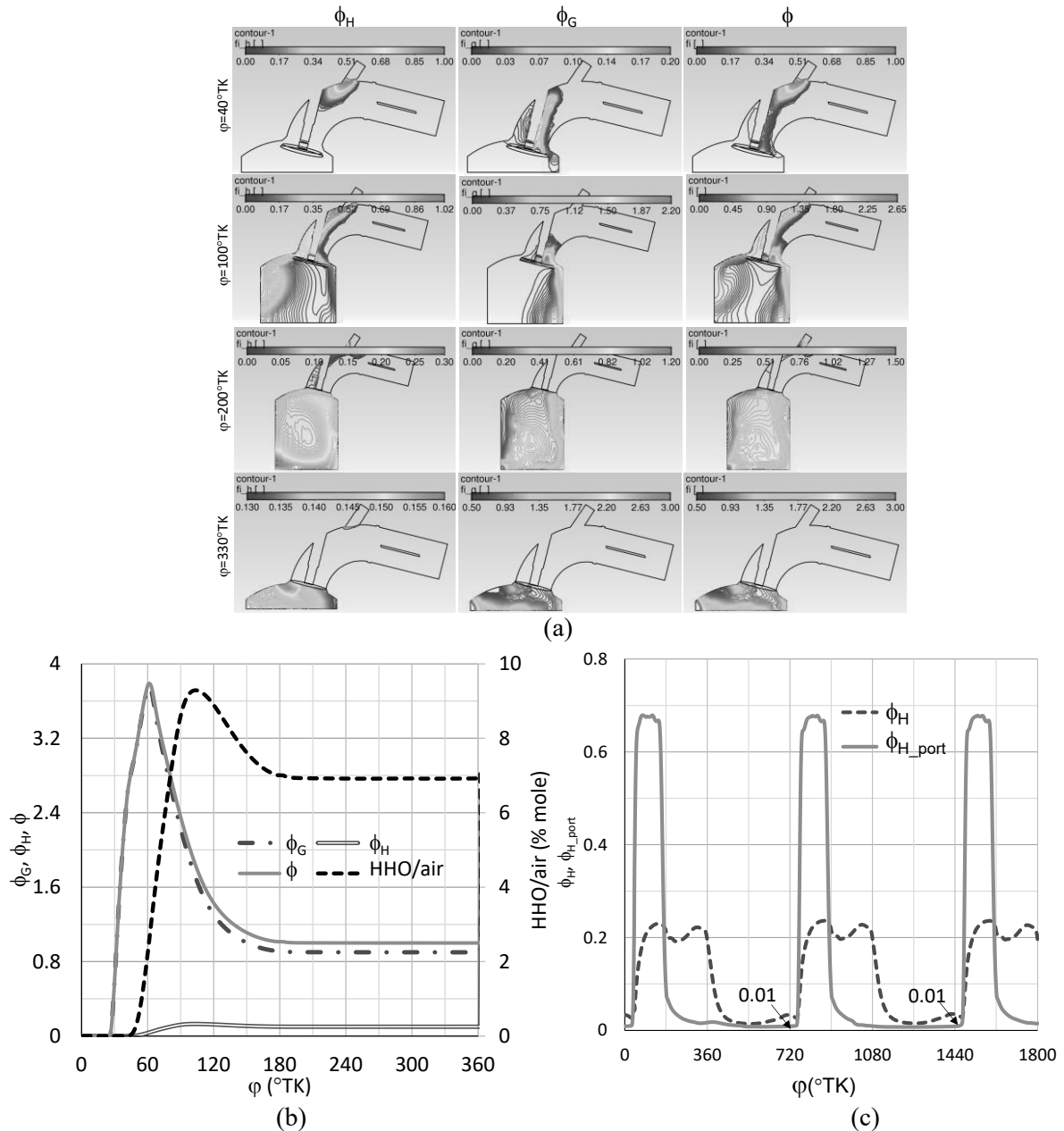


(c)

Hình 1. Sơ đồ bố trí hệ thống HHO trên xe gắn máy hybrid G-HHO (a); Thử nghiệm xe gắn máy hybrid G-HHO trên băng thử (b); Xe gắn máy hybrid G-HHO được cải tạo từ xe Honda LEAD (c)

3. KẾT QUẢ VÀ BÌNH LUẬN

3.1. Mô phỏng quá trình nạp xăng-HHO



Hình 2. Biến thiên đường đồng mức ϕ_G , ϕ_H và ϕ theo góc quay trục khuỷu (a); Biến thiên ϕ_G , ϕ_H , ϕ và HHO/không khí theo góc quay trục khuỷu (b); Biến thiên ϕ_H và ϕ_{H_port} theo góc quay trục khuỷu (c)

Hình 2a trình bày các đường đồng mức ϕ_G , ϕ_H và ϕ trên mặt cắt dọc của xi lanh và ống nạp tại các vị trí trục khuỷu 40°TK , 100°TK , 200°TK và 330°TK . Kết quả cho thấy hệ số tương đương tổng quát của hỗn hợp ϕ chủ yếu do xăng tạo ra. Trong quá trình phun nhiên liệu,

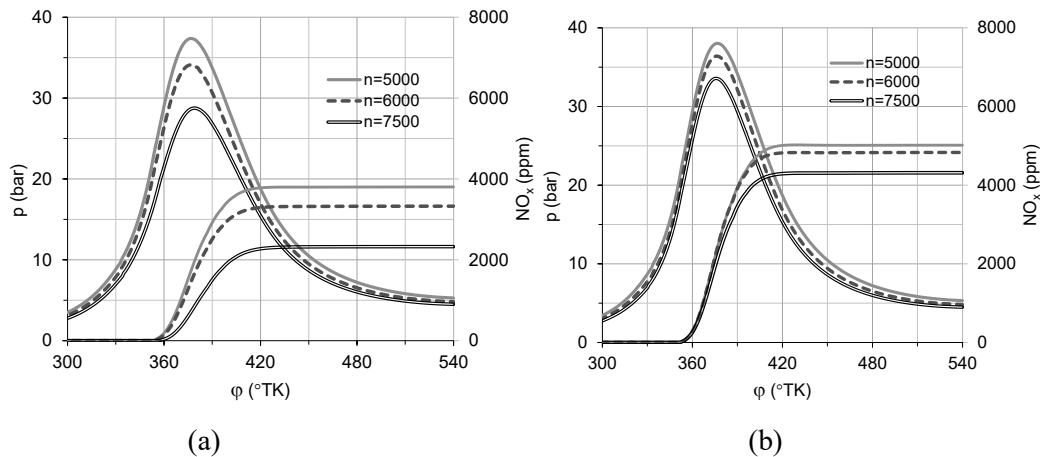
hệ số tương đương lớn tập trung tại vòi phun xăng. Đến cuối quá trình nạp, xăng gần như hoàn toàn bay hơi, hòa trộn với H_2 và không khí để tạo thành hỗn hợp nhiên liệu-không khí. Ở đầu quá trình nén, hỗn hợp trong xi lanh không đồng nhất, vùng gần đáy xi lanh có hệ số tương

đương cao hơn. Trong quá trình nén, chuyển động xoáy của dòng khí đẩy phần hỗn hợp giàu này về phía xu páp thải. Vùng đỉnh buồng cháy, nơi bố trí nến đánh lửa có hệ số tương đương tổng quát xấp xỉ bằng 1. Điều này tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình đánh lửa.

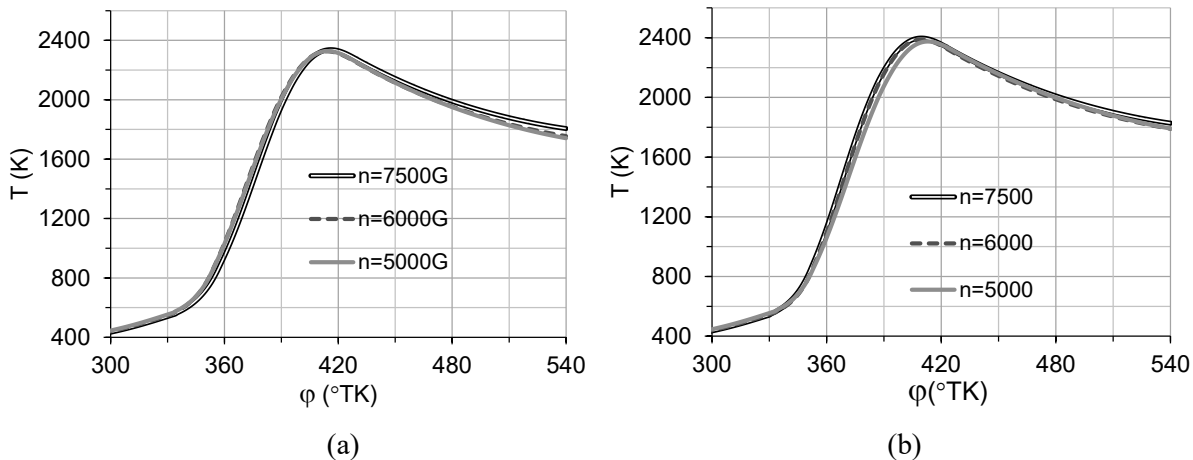
Hình 2b biểu diễn biến thiên ϕ_G , ϕ_H , ϕ và HHO/không khí theo góc quay trục khuỷu. Ở đầu quá trình nạp, các giá trị ϕ_G , ϕ_H và ϕ tăng lên đến giá trị cực đại, sau đó giảm dần đến giá trị ổn định. Điều này là do ban đầu lượng không khí trong xi lanh không đáng kể nên tỉ lệ nhiên

liệu/không khí F/A cao. Trong quá trình nạp, lượng không khí được hút vào xi lanh tăng lên, nên giá trị F/A giảm dần và đạt giá trị ổn định sau khi ngừng phun nhiên liệu. Hệ số tương đương hydrogen-không khí tại cổng nạp ϕ_{H_port} , thông số ảnh hưởng đến hiện tượng cháy ngược, giảm mạnh khi ngừng phun HHO. Đến khi xu páp nạp mở cho chu kỳ tiếp theo, ϕ_{H_port} khoảng 0,01. Trong thiết kế hệ thống cung cấp nhiên liệu hydrogen hay HHO, chúng ta cần đặc biệt lưu ý đến thông số này, đảm bảo giá trị của nó khi mở xu páp nạp càng nhỏ càng tốt để đề phòng hiện tượng cháy ngược trên đường nạp.

3.2. Mô phỏng quá trình cháy nhiên liệu xăng-HHO



Hình 3. Ảnh hưởng của tốc độ động cơ đến biến thiên áp suất trong xi lanh và nồng độ NO_x trong khí thải khi động cơ chạy bằng xăng (a) và bằng G-HHO với $\phi_H=0,04$, $\phi_G=0,96$ (b)

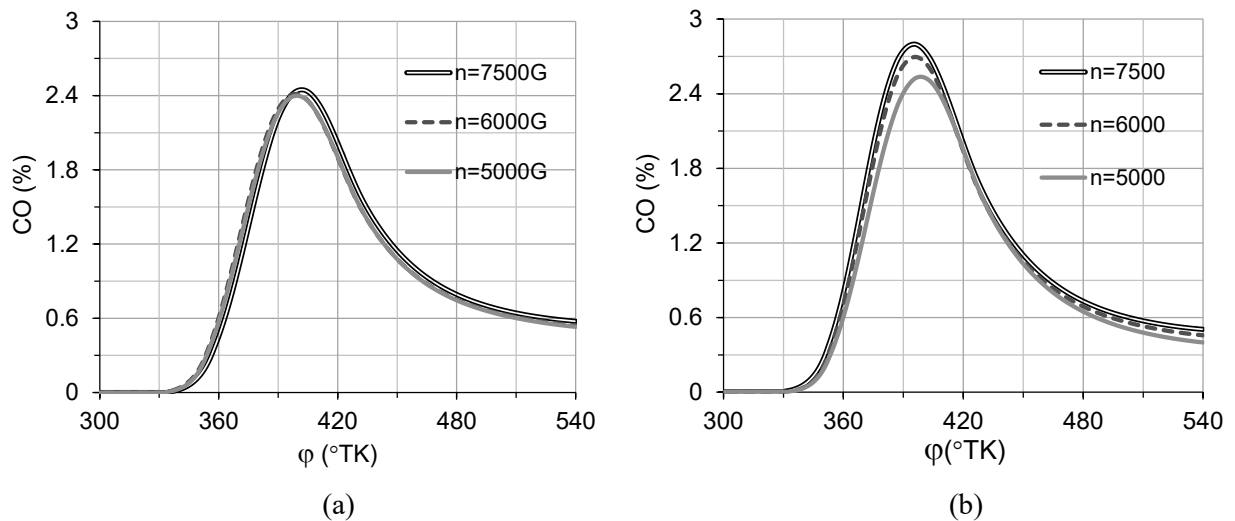


Hình 4. Ảnh hưởng của tốc độ động cơ đến biến thiên nhiệt độ khí trong xi lanh khi động cơ chạy bằng xăng (a) và bằng G-HHO với $\phi_H=0,04$, $\phi_G=0,96$ (b)

Hình 3a, b biểu diễn ảnh hưởng của tốc độ động cơ đến biến thiên áp suất trong xi lanh và nồng độ NO_x trong khí thải khi động cơ chạy bằng xăng và bằng G-HHO với $\phi_H=0,04$. Góc đánh lửa sớm tối ưu của động cơ thay đổi theo tốc độ động cơ. Trong tính toán mô phỏng, góc đánh lửa sớm tối ưu được chọn là 22°TK , 25°TK và 28°TK tương ứng với tốc độ động cơ 5000 vòng/phút, 6000 vòng/phút và 7500 vòng/phút. Trong cả hai trường hợp động cơ chạy bằng xăng và bằng G-HHO, khi tốc độ động cơ tăng, hệ số nạp giảm do tổn thất áp suất trong ống nạp tăng nên áp suất cực đại giảm. Kết quả mô phỏng cho thấy cùng chế độ tốc độ, khi bổ sung HHO vào xăng thì công suất cực đại của động cơ tăng, dẫn đến tăng công chỉ thị chu trình. Mức độ cải thiện công suất động cơ khi chuyển từ nhiên liệu xăng sang nhiên liệu G-HHO phụ thuộc vào tốc độ động cơ. Với $\phi_H=0,04$, công suất động cơ tăng 2,5% khi $n=5000$ vòng/phút và tăng 8% khi $n=7500$ vòng/phút. Do đó, với một giá trị ϕ_H cho trước,

sự cải thiện công suất động cơ rõ rệt hơn ở dải tốc độ cao. Điều này nhấn mạnh hiệu quả của nhiên liệu hydrogen đối với các động cơ cao tốc do tốc độ cháy của nó cao hơn nhiều so với các loại nhiên liệu truyền thống.

Khi bổ sung HHO vào xăng thì mức độ phát thải NO_x tăng ở cùng chế độ vận hành của động cơ. Điều này là do HHO có nhiệt độ cháy cao hơn xăng (Hình 4a, b). Kết quả mô phỏng cho thấy khi động cơ chạy bằng G-HHO với $\phi_H=0,04$ thì nồng độ NO_x trong khí thải tăng bình quân 25% so với khi động cơ chạy bằng xăng. Cùng một loại nhiên liệu, khi tốc độ động cơ tăng thì phát thải NO_x giảm. Điều này là do giảm thời gian hỗn hợp cháy tồn tại trong môi trường có nhiệt độ cao. Khi tốc độ động cơ giảm từ 7500 vòng/phút xuống 5000 vòng/phút thì phát thải NO_x tăng 70% đối với nhiên liệu xăng và tăng 20% đối với nhiên liệu G-HHO với $\phi_H=0,04$. Điều này cho thấy HHO làm giảm ảnh hưởng của tốc độ động cơ đến phát thải NO_x .



Hình 5. Ảnh hưởng của tốc độ động cơ đến biến thiên nồng độ CO trong khí thải khi động cơ chạy bằng xăng (a) và bằng G-HHO với $\phi_H=0,04$, $\phi_G=0,96$ (b)

Hình 5a, b giới thiệu ảnh hưởng của tốc độ động cơ đến biến thiên nồng độ CO trong sản phẩm cháy theo góc quay trục khuỷu của động cơ khi động cơ chạy bằng xăng và bằng G-HHO với $\phi_H=0,04$. Trong cả hai trường hợp, nồng độ CO tăng đến một giá trị cực đại ứng với góc

quay trục khuỷu khoảng 400°TK đến 410°TK . Đây cũng là vị trí ứng với nhiệt độ khí trong xi lanh đạt giá trị cực đại (Hình 3a, b). Điều này có thể giải thích do màn lửa lan nhanh, hỗn hợp chưa kịp cháy hoàn toàn sinh ra một lượng đáng kể CO. Sau đó, lượng CO này tiếp tục cháy

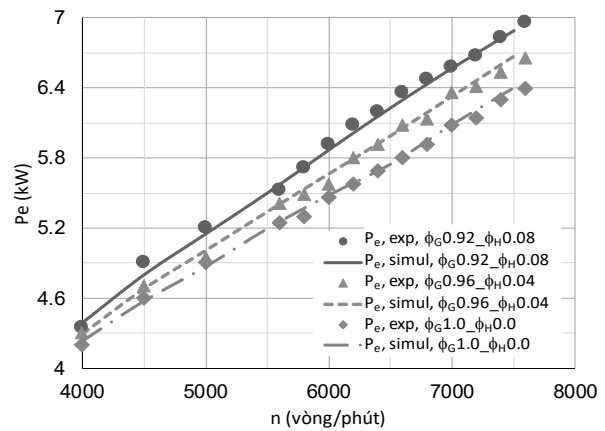
thành CO_2 nên nồng độ của nó trong sản phẩm cháy giảm. Nồng độ CO trong khí thải động cơ rất ít bị ảnh hưởng bởi tốc độ động cơ. Khi bổ sung HHO vào xăng thì nồng độ CO giảm ứng với tốc độ động cơ cho trước. Điều này là do quá trình cháy của hỗn hợp nhiên liệu và không khí diễn ra hoàn toàn hơn khi có HHO trong nhiên liệu. Kết quả mô phỏng cho thấy nồng độ CO trong khí thải động cơ giảm khoảng 8,5% khi chuyển nhiên liệu xăng sang nhiên liệu G-HHO với $\phi_H=0,04$.

3.3. So sánh kết quả cho bởi mô phỏng và thực nghiệm

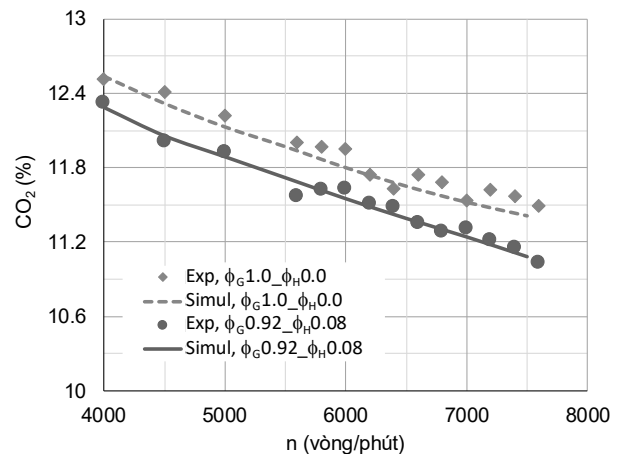
Công suất có ích và phát thải CO_2 ở chế độ toàn tải cho bởi mô phỏng được đánh giá bằng kết quả thực nghiệm với ba trường hợp nhiên liệu: (1) động cơ chạy hoàn toàn bằng xăng $\phi_G=1$, (2) động cơ chạy bằng G-HHO với $\phi_G=0,96$, $\phi_H=0,04$, và (3) động cơ chạy bằng G-HHO với $\phi_G=0,92$, $\phi_H=0,08$. Tốc độ động cơ thay đổi từ 4000 vòng/phút đến 7500 vòng/phút. Công suất có ích P_e cho bởi mô phỏng được tính từ công suất chu trình của động cơ với hiệu suất cơ giới $\eta_m=0,9$. Công suất có ích thực nghiệm nhận được từ công suất tại bánh xe do băng thử cung cấp với hiệu suất truyền động $\eta_t=0,65$. Hình 6a cho thấy công suất động cơ cho bởi mô phỏng rất phù hợp với số liệu thực nghiệm khi động cơ chạy bằng xăng hay bằng G-HHO. Chênh lệch giữa mô phỏng và thực nghiệm càng giảm khi tỷ lệ HHO trong hỗn hợp tăng. Như đã trình bày ở phần trên, khi tốc độ động cơ tăng thì công suất chu trình giảm do tổn thất trên đường nạp tăng. Công suất chu trình ở vùng tốc độ thấp lớn hơn công suất chu trình ở vùng tốc độ cao, nghĩa là công suất chu trình là một hàm số theo tốc độ động cơ. Do đó công suất có ích thực tế của động cơ không thay đổi tuyến tính theo tốc độ.

Việc bổ sung HHO vào nhiên liệu xăng làm giảm hàm lượng CO_2 trong khí thải so với khi động cơ chạy bằng xăng. Hình 6b cho thấy mức độ giảm phát thải CO_2 trung bình khi động cơ chạy bằng G-HHO với $\phi_H=0,08$ khoảng 4% so với khi động cơ chạy bằng xăng. Tác động của

HHO đến việc giảm CO_2 có thể được giải thích bởi hai yếu tố chính. Thứ nhất, việc thay thế một phần xăng bằng hydrogen, một loại nhiên liệu không chứa carbon, trực tiếp làm giảm lượng khí thải CO_2 . Thứ hai, hydrogen góp phần cải thiện quá trình cháy, làm tăng tốc độ tỏa nhiệt, nâng cao hiệu suất chu trình của động cơ. Tỷ lệ giảm phát thải CO_2 có thể được tính toán bằng cách đánh giá mức tăng công suất chu kỳ của động cơ khi chạy bằng nhiên liệu G-HHO so với khi chạy bằng xăng, cùng với tỷ lệ xăng được thay thế bằng hydrogen khi bổ sung HHO. Do đó mức độ phát thải CO_2 thực tế khi động cơ chạy bằng nhiên liệu G-HHO với $\phi_H=0,08$ ở tốc độ $n=7500$ vòng/phút so với khi chạy bằng xăng giảm khoảng 13,5%.



(a)



(b) **Hình 6.** So sánh biến thiên công suất có ích P_e (a) và phát thải CO_2 (b) theo tốc độ động cơ cho bởi mô phỏng và thực nghiệm khi động cơ chạy bằng xăng và chạy bằng G-HHO với ϕ_H khác nhau.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu trên đây cho phép chúng ta rút ra được những kết luận sau:

- Khi chuyển từ nhiên liệu xăng sang G-HHO với $\phi_H=0,04$, công suất động cơ tăng 2,5% ở $n=5000$ vòng/phút và tăng 8% ở $n=7500$ vòng/phút, nồng độ CO trong khí thải động cơ giảm khoảng 8,5%.
- Khi động cơ chạy bằng G-HHO với $\phi_H=0,04$ thì nồng độ NO_x trong khí thải tăng bình quân 25% so với khi động cơ chạy bằng xăng. Khi tốc độ động cơ giảm từ 7500 vòng/phút xuống 5000 vòng/phút thì phát thải NO_x tăng 70% đối với nhiên liệu xăng và tăng 20% đối với nhiên liệu G-HHO với $\phi_H=0,04$.
- Tỷ lệ giảm phát thải CO_2 tỷ lệ thuận với sự gia tăng công suất chu kỳ và tỷ lệ xăng được thay thế bằng HHO khi chuyển từ xăng sang G-HHO. Ở chế độ toàn tải với tốc độ động cơ 7500 vòng/phút, phát thải CO_2 giảm 13,5% khi chuyển từ xăng sang G-HHO với $\phi_H=0,08$.

Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy việc bổ sung HHO vào xăng là một giải pháp hiệu quả để cải thiện quá trình cháy và giảm thiểu phát thải khí nhà kính của động cơ xe gắn máy, phù hợp với mục tiêu net-zero. Để giải pháp xe gắn máy G-HHO có thể ứng dụng trong thực tiễn cần tiếp tục nghiên cứu các giải pháp chống nổ ngược trên đường nạp và đo đặc tính năng động ngay tại đầu ra của trục khuỷu.

LỜI CẢM ƠN

Công trình này được thực hiện nhờ tài trợ của Bộ Giáo dục và Đào tạo thông qua đề tài "Bộ điều khiển thông minh cho động cơ sử dụng nhiên liệu khí linh hoạt trong hệ thống năng lượng tái tạo lại", Mã số: B2024.DNA.12

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Arjun T B, Atul K P, Ajay P Muraleedharan et al. A review on analysis of HHO gas in IC engines. Materials Today: Proceedings 11 (2019) 1117-1129. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.12.046>

Bambang Sudarmanta, Sudjud Darsopuspito, Djoko Sungkono. Application of Dry Cell HHO Gas Generator with Pulse Width Modulation on a 150cc Motorcycle. International Journal of Renewable Energy Technology, 2016, pp. 105-112

Bùi Thị Minh Tú, Nguyễn Lê Châu Thành, Bùi Văn Ga, Lê Xuân Thạch. Công nghệ cung cấp HHO cho động cơ xe gắn máy sinh thái được cải tạo từ xe Honda LEAD 110cc. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng, Vol 21, Issue 10, pp. 47-52, 2023

Bùi Văn Ga, Dương Việt Dũng, Nguyễn Văn Đông, Đỗ Xuân Huy: Ảnh hưởng của thành phần hỗn hợp và hàm lượng HHO đến công suất chu trình và nồng độ NO_x của động cơ biogas. Tuyển tập Công trình Hội nghị khoa học Cơ học Thủy khí toàn quốc lần thứ 22, Hải Phòng, 25-27/7/2019, pp.237-249

BV Hung, HTN Anh, PV Quang, BTM Tu. Motorcycle Engine Fueled with HHO-Gasoline: Simulation and Experimental Analysis. Journal of Science and Technology-The University of Danang, Vol. 18, No. 7, pp. 29-35, 2020

C. Ji and S. Wang, "Combustion and emissions performance of a hybrid hydrogen-gasoline engine at idle and lean conditions," (in English), International Journal of Hydrogen Energy, vol. 35, no. 1, pp. 346-355, 2010, doi: 10.1016/j.ijhydene.2009.10.074.

C. M. White, R. R. Steeper, and A. E. Lutz, "The hydrogen-fueled internal combustion engine: a technical review," (in English), International Journal of Hydrogen Energy, vol. 31, no. 10, pp. 1292-1305, 2006, doi: 10.1016/j.ijhydene.2005.12.001.

F. Ma and Y. Wang, "Study on the extension of lean operation limit through hydrogen enrichment in a natural gas spark-ignition engine," (in English), International Journal of Hydrogen Energy, vol. 33, no. 4, pp.

- 1416-1424, 2008, doi: 10.1016/j.ijhydene.2007.12.040.
- F. Ma, Y. Wang, H. Liu, Y. Li, J. Wang, and S. Zhao, "Experimental study on thermal efficiency and emission characteristics of a lean burn hydrogen enriched natural gas engine," *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 32, no. 18, pp. 5067-5075, 2007/12/01/ 2007, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2007.07.048>.
- Gatot Setyono, Ahmad Anas Arifin and Zain Lillahulhaq. Hydroxy Gas (HHO) Supplement of Ethanol Fuel Mixture In A Single-Cylinder Spark-Ignition Matic-Engine. *Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics*, ISSN: 2527-6212, Vol. 5 No. 2, pp. 114-121, 2020 Pres Univ Press Publication, Indonesia
- Le Chau Thanh Nguyen, Van Ga Bui, Van Tuy Le, and Van Dong Nguyen. Motorcycle Engine Fueled with Gasoline Enriched by HHO Produced with Regenerative Braking Energy MMMS2022, pp361-368, Lecture Notes in Mechanical Engineering 2024 ISSN 2195-4364 (electronic), ISBN 978-3-031-39090-6 (eBook). <https://doi.org/10.1007/978-3-031-39090-6>
- M. Koşar, B. Özdalyan, and M. B. Celik, "The usage of hydrogen for improving emissions and fuel consumption in a small gasoline engine," *Isi Bilimi Ve Teknigi Dergisi/ Journal of Thermal Science and Technology*, vol. 31, pp. 101-108, 01/01 2011.
- Nguyễn Lê Châu Thành, Bùi Văn Ga, Lê Văn Tuy, Nguyễn Văn Đông. Sử dụng năng lượng phanh tái sinh để sản xuất HHO cải thiện quá trình cháy động cơ xe gắn máy. Tuyển tập Hội nghị Cơ học Thủy khí toàn quốc lần thứ 25, Hà Nội, 21-23/7/2022, pp. 616-626, Nhà xuất bản Giao thông-Vận tải ISBN: 978-604-76-2767-7, 2023
- Rajasekaran T., Duraiswamy K., and Bharathiraja M.1 and Poovaragavan S., "Characteristics of engine at various speed conditions by mixing of HHO with gasoline and LPG," (in English), *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 10, no. 1, 2015.
- S. Lee, C. Park, S. Park, and C. Kim, "Comparison of the effects of EGR and lean burn on an SI engine fueled by hydrogen-enriched low calorific gas," *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 39, no. 2, pp. 1086-1095, 2014/01/13/ 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2013.10.144>.
- T. Nabil. Efficient Use of Oxy-Hydrogen Gas (HHO) in Vehicle Engines. *Journal Européen des Systèmes Automatisés* 52(1):87-96, 2019, DOI:10.18280/jesa.520112
- U Kultsum, AI Soumi, A Baharudin. Performance Assessment of Spark-Ignition Engine Combined with an HHO Generator. *Engineering Proceedings*, 2024, 63(1), 3; <https://doi.org/10.3390/engproc202406303>
- Van Ga Bui, Thi Minh Tu Bui, Le Chau Thanh Nguyen, Van Hung Bui, Khac Binh Le, Ümit Ağbulut, Minh Thai Duong. Flashback control in supplying onboard-produced HHO to enrich gasolinefueled motorcycle engines. *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 93, 3 December 2024, Pages 1316-1329. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.11.034>.
- www.24h.com.vn. "Việt Nam là ‘cường quốc’ thứ mấy về xe máy ở Đông Nam Á?" <https://www.24h.com.vn/xe-may-xe-dap/viet-nam-la-cuong-quoc-thu-may-ve-xe-may-o-dong-nam-a-c748a1488299.html> (accessed 23/10, 2023).

IMPROVING PERFORMANCE OF MOTORCYCLE ENGINE BY HHO ADDITION TO GASOLINE

Bui Van Ga^{1*}, Hoang Anh Tuan², Le Minh Phung², Nguyen Le Chau Thanh¹

¹The University of Danang

²Dong Nai Technology University

*Corresponding author: Bui Van Ga, buivanga@ac.udn.vn

GENERAL INFORMATION

Received date: 20/3/2025

Revised date: 29/3/2025

Accepted date: 31/3/2025

KEYWORD

GHG emissions;

HHO;

Hydrogen;

Hybrid motorcycle;

Renewable fuels.

ABSTRACT

Adding HHO to gasoline is an effective solution to enhance combustion efficiency and reduce greenhouse gas emissions in motorcycle engines. When transitioning from pure gasoline to gasoline-HHO fuel with $\phi_H=0.04$, engine power increases by 2.5% at 5000 rpm and by 8% at 7500 rpm. Additionally, CO emissions decrease by approximately 8.5%, while NO_x emissions increase by an average of 25% compared to gasoline operation. As the engine speed decreases from 7500 rpm to 5000 rpm, NO_x emissions rise by 70% for gasoline fuel and by 20% for gasoline-HHO fuel with $\phi_H=0.04$. At full load regime and 7500 rpm, CO₂ emissions are reduced by 13.5% when HHO is added to gasoline with $\phi_H=0.08$, compared to pure gasoline operation.