

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA VIỆC BỔ SUNG KHÍ HHO TỚI ĐẶC TÍNH LÀM VIỆC VÀ PHÁT THẢI CỦA ĐỘNG CƠ XĂNG

RESEARCH ON EFFECTS OF ADDITIONAL HHO GAS ON THE WORKING EMISSION CHARACTERISTICS OF GASOLINE ENGINE

Nguyễn Thanh Bình

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

Đến Tòa soạn ngày 05/12/2023, chấp nhận đăng ngày 20/01/2024

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu mô phỏng nhằm xác định ảnh hưởng của việc bổ sung khí HHO trên đường ống nạp cho động cơ xăng tới đặc tính làm việc và phát thải tại tốc độ 6000 v/p với độ mở bướm ga là 50%. Động cơ nghiên cứu là động cơ Toyota 4A-GE. Phần mềm nghiên cứu là phần mềm AVL Boost. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng khi bổ sung khí HHO 20% công suất tăng trung bình 15%, phát thải NO_x tăng trung bình là 42,6%, phát thải CO giảm trung bình là 37,7% và HC giảm trung bình là 26,2%.

Từ khóa: Khí HHO, động cơ xăng, khí thải động cơ, mô phỏng, AVL Boost.

Abstract: This article presents the results of simulation research to determine the effect of adding HHO gas on the intake manifold for gasoline engines on the working characteristics and emissions at a speed of 6000 rpm with a throttle opening of 50%. The research engine is the Toyota 4A-GE engine. The research software is AVL Boost software. Research shows that when adding 20% HHO gas, capacity increased by an average of 15%; NO_x emissions increased by 42.6%; CO emissions decreased by 37.7%; and HC emissions decreased by 26.2%.

Keywords: HHO gas, gasoline engine, emissions, simulation, AVL Boost.

1. MỞ ĐẦU

Động cơ xăng là một trong những nguồn động lực được ứng dụng rất nhiều trong cuộc sống. Việc các nguồn nhiên liệu hóa thạch đang ngày gần cạn kiệt dẫn tới sự khủng hoảng năng lượng. Tại Việt Nam hiện nay có một số lượng lớn động cơ sử dụng nhiên liệu xăng có thời gian sử dụng trên 20 năm. Đây chính là một trong những nguồn ô nhiễm trầm trọng cho môi trường, đặc biệt là động cơ trang bị cho xe gắn máy (loại phương tiện có số lượng lớn và không trang bị bộ xử lý khí thải). Với vai trò đặc biệt trong sự phát triển nền kinh tế thì không thể cấm các phương tiện này tham gia giao thông. Do vậy để giải quyết các vấn đề nêu trên thì sử dụng nhiên liệu thay

thế là một xu hướng tất yếu. Hydro được coi là nhiên liệu của tương lai nhưng có nhược điểm lớn nhất là tích trữ khó khăn, đặc biệt là trên phương tiện giao thông vận tải. Để có thể thiết kế, chế tạo thiết bị tạo khí hydro cho các loại phương tiện này cũng đang là một thách thức cho khoa học công nghệ ngày nay [1]. Vì thế các nhà khoa học đang quan tâm tới sử dụng hydro với oxy (gọi là khí HHO) để giải quyết vấn đề trên [2]. Có một số công trình nghiên cứu về việc sử dụng HHO cho động cơ xăng có thể kể đến như: Kuware và cộng sự [3] cho rằng: việc bổ sung HHO cho động cơ xăng làm giảm lượng HC, NO_x, CO và tăng công suất, mô-men xoắn và hiệu suất nhiệt. Một nghiên cứu khác của Lê Anh Tuấn và

cộng sự [4] cho thấy trường hợp chỉ bổ sung khí HHO thì lượng phát thải NO_x tăng và lượng phát thải HC giảm. Lượng khí thải CO tăng lên do hòa khí giàu hơn, trong khi xu hướng phát thải CO_2 lại hoàn toàn ngược lại. Hiệu quả của việc bổ sung khí HHO rõ ràng nhất đối với tải thấp. Ngoài ra các nghiên cứu của Radu Chiriac [5] tiến hành nghiên cứu sử dụng HHO ở tải nhỏ ở tốc độ 1600 v/p hay của Changwei [6] đều cho thấy các hiệu quả của sử dụng HHO để giảm phát thải cho động cơ xăng. Tuy nhiên có thể thấy các kết quả nghiên cứu ở trên có sự mâu thuẫn với nhau vì thực hiện trên các mẫu động cơ khác nhau, mẫu nhiên liệu khác nhau, các chế độ khác

nhau. Vì vậy bài báo này sẽ trình bày kết quả nghiên cứu mô phỏng ảnh hưởng của việc bổ sung HHO đến đặc tính làm việc và diễn biến phát thải cho các xe thể hệ cũ đang sử dụng nhiên liệu xăng. Từ đó đóng góp cơ sở lý thuyết vào lộ trình sử dụng nhiên liệu thay thế cho phương tiện giao thông thể hệ cũ đang lưu hành tại Việt Nam.

2. NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG

2.1. Động cơ nghiên cứu

Động cơ nghiên cứu là động cơ 4A-GE được cung cấp bởi Toyota. Thông số kỹ thuật của động cơ được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của động cơ 4A-GE

TT	Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Hành trình piston	S	77	mm
2	Đường kính xilanh	D	81	mm
3	Số xilanh	i	4	-
4	Suất tiêu hao nhiên liệu	g_e	224	g/kWh
5	Dung tích	Vh	1.587	lít
7	Momen lớn nhất	$M_{e_{max}}$	105/6000	Nm- rpm
8	Tỷ số nén	ϵ	10.3	-
9	Góc mở sớm xupap nạp	φ_1	24,5°	-
10	Góc đóng muộn xupap nạp	φ_4	55,5°	-
11	Góc mở sớm xupap thải	φ_4	54°	-
12	Góc đóng muộn xupap thải	φ_4	26°	-
13	Góc đánh lửa sớm	φ_4	10°	-

2. Nhiên liệu nghiên cứu

Bảng 2. Tính chất của nhiên liệu hydro và xăng

Tính chất	Hydro	Hơi xăng
Tỉ trọng tại điều kiện 1 at và 300 K (kg/m^3)	0,082	5,11
Hệ số khuếch tán vào không khí (cm^2/s)	0.61	0.05
Giá trị nhiệt trị thấp (MJ/kg)	119,7	44,79
Mật độ năng lượng (kJ/m^3)		
Ở áp suất 1 atm, 15°C	10.050	228.495
Ở áp suất 200 atm, 15°C	1.825.000	-

Tính chất	Hydro	Hơi xăng
Ở trạng thái lỏng	8.491.000	31.150.000
Thành phần thể tích trong hỗn hợp stoichiometric với không khí (% thể tích)	29,53	1,65
Tỷ lệ khối lượng không khí/nhiên liệu của hỗn hợp stoichiometric	34,5	14,8
Lượng không khí lý thuyết (kg/kg nhiên liệu)	34,5	14,7
Nhiệt cháy của hỗn hợp nhiên liệu với 1 kg không khí ở stoichiometric (MJ/kg không khí)	3,37	2,83
Giới hạn cháy (λ)	0,14-10	0,25-1,4
Giới hạn cháy (% thể tích hơi nhiên liệu)	4-75	1,4-7,6
Năng lượng đánh lửa tối thiểu yêu cầu (MJ)	0,02	0,25
Tốc độ màng lửa (m/s)	3,2-4,4	0,41
Trị số octan	>130	90-100
Nhiệt độ tự cháy (K)	858	500-700
Khoảng cách dập tắt màng lửa (mm)	0,64	2,0

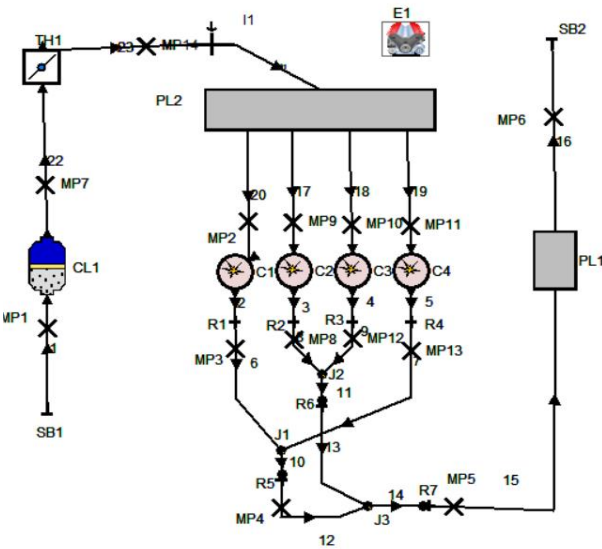
2.3. Mô hình mô phỏng

Trong nghiên cứu mô phỏng có sử dụng các mô hình cháy, mô hình truyền nhiệt và mô hình phát thải. Mô hình cho quá trình cháy của động cơ nghiên cứu là mô hình Fractal. Mô hình cháy Fractal được xây dựng để nghiên cứu về quá trình cháy ở động cơ cháy cưỡng bức được sử dụng để dự đoán tốc độ giải phóng nhiệt cho động cơ có khoảng thời gian hòa trộn dài (có thể coi là hỗn hợp đồng nhất). Do đó có thể xét đến ảnh hưởng của các thông số như: Hình dạng buồng cháy, vị trí và thời gian đánh lửa. thành phần của khí nạp (khí sót, khí xả luân hồi, bay hơi của nhiên liệu), chuyển động và cường độ xoáy của dòng khí nạp, tốc độ lan truyền của màng lửa ở bên trong buồng cháy của động cơ đốt trong, độ dày của màng lửa [7]. Các lý thuyết và mô hình được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Các lý thuyết và mô hình dành trong mô phỏng

TT	Lý thuyết và mô hình	Động cơ nghiên cứu
1	Lý thuyết cơ bản	Phương trình nhiệt động học thứ nhất

TT	Lý thuyết và mô hình	Động cơ nghiên cứu
2	Mô hình hỗn hợp môi chất	Hòa khí hình thành ngoài buồng đốt
3	Mô hình cháy	AVL Fractal
4	Mô hình truyền nhiệt:	Mô hình Woschini
5	Mô hình phát thải NO _x	Mô hình Zeldovich
6	Mô hình phát thải CO	Mô hình Onorati
7	Mô hình phát thải HC	AVL Fractal



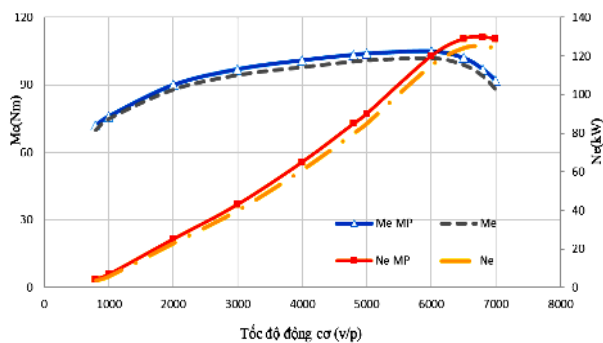
Hình 1. Mô hình động cơ Toyota 4A-GE sử dụng lượng nhiên liệu

Hình 1 trình bày mô hình động cơ xăng 4 xilanh được phát triển bởi phần mềm AVL Boost. Ký hiệu E1 là động cơ xăng, trong khi từ C1 đến C4 là các xilanh của động cơ. PL1, PL2, PL3 là các bình ổn áp; CL1 là bầu lọc khí; I1 là vòi phun hydro SB1, SB2 là điều kiện biên, MP1 đến MP13 là các điểm đo.

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

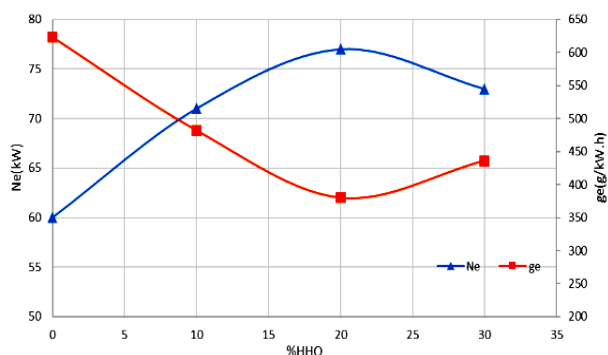
3.1. Đánh giá tính chính xác của mô hình

Hình 2 trình bày diễn biến công suất và suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ nguyên bản tại đặc tính ngoài. Sai số của nguyên bản và mô phỏng nhỏ hơn 5% vì thế có thể coi các thiết lập cơ khí trong mô hình của động cơ diesel đảm bảo độ tin cậy để xây dựng mô hình cho một loại nhiên liệu khác.



Hình 2. Đồ thị đánh giá tính chính xác của mô hình

3.2. Công suất và tiêu hao nhiên liệu



Hình 3. Công suất và tiêu hao nhiên liệu

Hình 3 trình bày diễn biến công suất và tiêu hao nhiên liệu. Kết quả cho thấy: công suất của động cơ có xu hướng tăng trong trường

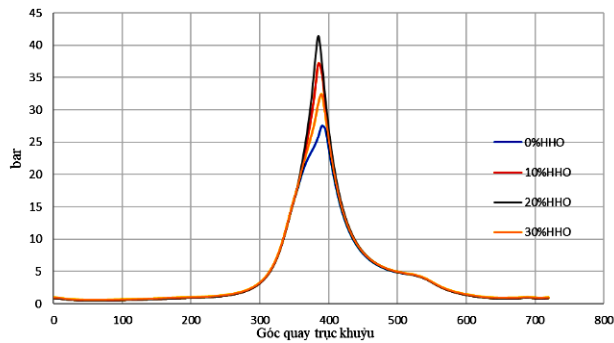
hợp phần trăm thể tích của HHO tăng trong hỗn hợp nhiên liệu. Cụ thể mức tăng công suất dao động trong khoảng từ 18% đến 28%, trong đó mức tăng lớn nhất được ghi nhận là tại lượng HHO chiếm 20% thể tích hỗn hợp nhiên liệu, ngược lại mức tăng nhỏ nhất được ghi nhận tại lượng HHO chiếm 10% thể tích hỗn hợp nhiên liệu. Như vậy, nhìn chung việc bổ sung HHO trong hỗn hợp nhiên liệu cũng cung cấp thêm lượng hydro nhất định cho quá trình cháy, qua đó có thể giúp tăng lượng nhiệt cung cấp cũng như cải thiện chất lượng quá trình cháy từ đó tăng công suất động cơ. Khi mức bổ sung tiếp tục tăng nhiều lên 30% thì công suất lại có xu hướng giảm. Với suất tiêu hao nhiên liệu thì có thể thấy: ở tỷ lệ 10% và 20% HHO thì suất tiêu hao nhiên liệu giảm còn đến 30% thì ge lại có xu hướng tăng. Cụ thể khi bổ sung HHO 10% và 20% thì suất tiêu hao nhiên liệu giảm 20% và 12% so với động cơ chạy thuần xăng. Tuy nhiên khi tỷ lệ HHO có trong nhiên liệu là 30% thì ge lại tăng khoảng 12% so với trường hợp tỷ lệ HHO có trong nhiên liệu là 20%.

3.3. Diễn biến áp suất

Hình 4 thể hiện diễn biến sự gia tăng áp suất trong xilanh. Có thể nhận thấy khi phần trăm HHO có trong nhiên liệu tăng từ 10% đến 20% thì áp suất trong xylanh tăng mạnh, nhưng khi tăng phần trăm thể tích HHO có trong hỗn hợp nhiên liệu lên 30% thì áp suất trong xylanh lại có xu hướng giảm so với trường hợp phần trăm thể tích HHO là 10% và 20%.

Việc tăng áp suất đỉnh của quá trình cháy trong những trường hợp HHO 10% và HHO 20 % và giảm trong trường hợp HHO 30% có thể được lý giải là do tại một chế độ làm việc nhất định của động cơ, lượng khí nạp cho mỗi chu trình là không đổi, khi thêm HHO vào thì

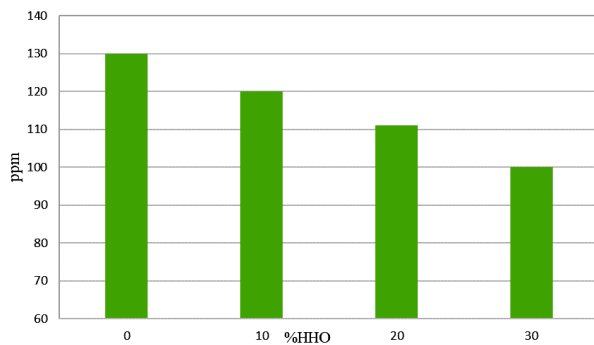
hydro cháy sẽ tỏa ra nhiệt lớn, do vậy có thể cải thiện được quá trình cháy trong xilanh nhưng khi HHO chiếm phần trăm lớn sẽ làm giảm đi lượng xăng cần thiết để cháy và dư HHO nên áp suất có xu hướng giảm.



Hình 4. Diễn biến áp suất trong xilanh

3.4. Phát thải HC

Hình 5 thể hiện lượng phát thải HC. Có thể thấy rõ khi ta bổ sung phần trăm thể tích HHO vào hỗn hợp nhiên liệu thì xu hướng phát thải HC giảm. Lý giải cho điều này là khi tốc độ cố định, lượng nhiên liệu đi vào nhiều, khi bổ sung HHO ở lượng thích hợp, HHO cháy sẽ tỏa nhiệt cao và đốt hết được nhiên liệu.

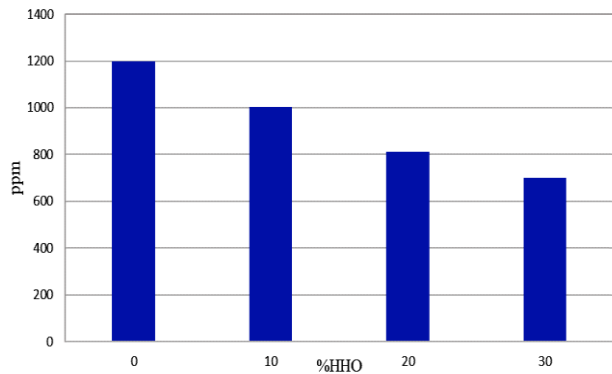


Hình 5. Diễn biến phát thải HC

3.5. Phát thải CO

Hình 6 trình bày diễn biến phát thải của CO. Có thể thấy mức giảm trong những trường hợp bổ sung HHO dao động từ 22,9% đến 53,2%, trong đó mức giảm lớn nhất của phát thải này được ghi nhận ở trường hợp bổ sung 30% cùng với đó mức giảm nhỏ nhất được ứng với trường hợp bổ sung là 10%.

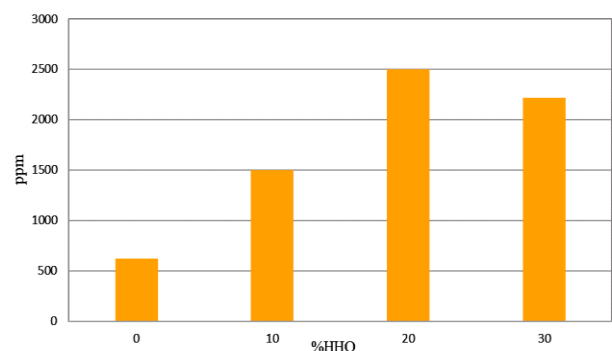
hướng giảm của phát thải CO trong trường hợp này có thể được lý giải là do khi ta tiến hành bổ sung thêm HHO, nhờ nhiệt trị cao của hydro mà đã cung cấp thêm một nhiệt lượng nhất định cho quá trình cháy, qua đó hỗ trợ cho phản ứng oxy hoá CO thành CO₂.



Hình 6. Diễn biến phát thải CO

3.6. Phát thải Nox

Hình 7 trình bày diễn biến phát thải của NO_x. Có thể thấy mức tăng dao động từ 165,5% đến 395,9%, trong đó mức tăng nhỏ nhất được ghi nhận ở trường hợp HHO chiếm 10% thể tích hỗn hợp nhiên liệu và cao nhất với thể tích HHO có trong nhiên liệu là 20%, ngược lại ở mức HHO chiếm 30% thể tích nhiên liệu thì phát thải NO_x lại giảm so với trường hợp HHO chiếm 20% thể tích nhiên liệu.



Hình 7. Diễn biến phát thải NOx

Xu hướng tăng của phát thải NO_x trong trường hợp này là do khi bổ sung thêm HHO sẽ giúp cho nhiệt độ của quá trình cháy tăng cao, cùng với đó là sự tập trung của oxy trong

HHO bổ sung đã khiến quá trình phản ứng tạo NO_x diễn ra mạnh mẽ hơn. Ngoài ra, khi lượng HHO bổ sung ở mức lớn thì quá trình gia tăng của NO_x có xu hướng giảm do chất lượng quá trình cháy bị suy giảm.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã đánh giá được ảnh hưởng của việc bổ sung HHO tới đặc tính làm việc và phát thải của động cơ xăng tại tốc độ 6000 (v/p) với bướm ga mở 50%. Kết quả cho thấy: công suất tăng trung bình 15%, phát thải NO_x tăng trung bình là 42,6%, phát thải CO giảm trung

bình là 37,7% và HC giảm trung bình là 26,2%. Khi bổ sung HHO vào nhiên liệu cũng giúp cải thiện quá trình cháy. Tuy nhiên chỉ nên bổ sung HHO với lượng phù hợp, nếu bổ sung quá nhiều sẽ không cải thiện được quá trình cháy. Có thể kết luận rằng việc sử dụng nhiên liệu HHO là hoàn toàn có hiệu quả và khả thi, góp phần giải quyết tình trạng nhiên liệu ngày càng khan hiếm. Mặc dù kết quả về phát thải NO_x có tăng so với động cơ nguyên bản, tuy nhiên loại phát thải này có thể sử dụng biện pháp khác để xử lý.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] White, CM, Steeper, RR, and Lutz, AE, "*The hydrogen-fueled internal combustion engine: a technical review*", International journal of hydrogen energy. 31(10), pp. 1292-1305, (2006)
- [2] Yilmaz, Ali Can, Uludamar, Erinc, and Aydin, Kadir, "*Effect of hydroxy (HHO) gas addition on performance and exhaust emissions in compression ignition engines*", international journal of hydrogen energy. 35(20), pp. 11366-11372, (2010)
- [3] Kuware, Rasik S and Kolhe, Ajay V, "*Effect of hydroxy (hho) gas addition on performance and exhaust emissions in spark ignition (si) engine—a review*", International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 5(10), pp. 17913-17920, (2016)
- [4] Le Anh, Tuan, et al, Improving performance and reducing pollution emissions of a carburetor gasoline engine by adding HHO gas into the intake manifold, SAE Technical Paper, (2013)
- [5] Chiriac, Radu, Apostolescu, Nicolae, and Dica, Corneliu, "*Effects of gasoline-air enrichment with HRG gas on efficiency and emissions of a SI engine*", SAE Technical Paper, (2006).
- [6] Wang, Shuofeng, et al, "Comparison of the performance of a spark-ignited gasoline engine blended with hydrogen and hydrogen-oxygen mixtures", Energy. 36(10), pp. 5832-5837, . (2011)
- [7] Boost, AVL, "AVL Boost Combustion Model", Austria, pp 21-22, (2011)

Thông tin liên hệ: **Nguyễn Thanh Bình**

Điện thoại: 0912978695 - Email: ntbinh@uneti.edu.vn

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