

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CÔNG NGHỆ VÀ THIẾT BỊ ĐIỆN PHÂN NƯỚC TẠO KHÍ HHO ỨNG DỤNG TRÊN ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG CỦA TÀU ĐÁNH CÁ

EFFICIENCY ASSESSMENT OF TECHNOLOGY AND EQUIPMENT OF WATER ELECTROLYSIS TO GENERATE HHO GAS FOR COMBUSTION ENGINE ON FISHING VESSEL

Nguyễn Trường Giang, Nguyễn Hồng Lĩnh

Khoa Cơ khí và Động lực, Trường Đại học Điện lực

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, công nghệ và thiết bị điện phân nước tạo khí HHO bổ sung trực tiếp vào đường cấp nhiên liệu của động cơ đốt trong, sử dụng nhiên liệu diesel được đề xuất và thử nghiệm thực tế trên tàu đánh cá. Kết quả thử nghiệm cho thấy, giải pháp công nghệ này có tính khả thi, hiệu quả sử dụng nhiên liệu được nâng cao, đồng thời, lượng khí thải gây ô nhiễm môi trường giảm đáng kể so với các giải pháp khác.

Từ khóa: Khí HHO; Giảm ô nhiễm môi trường; Tiết kiệm nhiên liệu.

ABSTRACT

In this research, technology and equipment of water electrolysis to generate HHO gas directly added to the fuel supply line of the combustion engine using diesel fuel was proposed and tested in practice on the fishing vessel. The experimental results showed that this solution was feasible, the fuel efficiency was improved, and the amount of emissions causing environmental pollution was significantly reduced compared to other solutions.

Keywords: HHO gas; Reducing environmental pollution; Fuel saving.



1. TỔNG QUAN

Trong động cơ đốt trong, trạng thái cân bằng hoá học lý tưởng của sự cháy hoàn toàn có thể nói là không thể xảy ra bởi vì thời gian cho quá trình oxy hoá là rất ngắn. Hơn nữa, sự thiếu đồng nhất của hỗn hợp không khí nhiên liệu và sự thay đổi quá nhanh của nhiệt độ sẽ dẫn đến quá trình phản ứng oxy hoá không hoàn toàn nhiên liệu. Do đó, các phản ứng cháy sẽ sinh ra các chất độc hại cho sức khỏe con người và môi trường sống, gồm CO, HC, NO_x, v.v.... Việc nghiên cứu, tìm ra các giải pháp nâng cao hiệu suất cháy của nhiên liệu, giảm phát thải khí gây ô nhiễm môi trường đang được nhiều nhà khoa học trong và ngoài nước quan tâm. Một số giải pháp đã được đề xuất như: Tối ưu hoá thiết kế động cơ đốt trong; Phương pháp xử lý khí thải; Sử dụng nhiên liệu thay thế; Sử dụng phụ gia nhiên liệu; Sử dụng nhiên liệu giàu khí H₂ và O₂ bằng cách bổ sung khí HHO (hỗn hợp khí H₂ và O₂ dạng nguyên tử) vào buồng đốt... Tuy nhiên, các giải pháp vẫn còn tồn tại những nhược điểm chưa thể khắc phục triệt để. Phương pháp sử dụng nhiên liệu giàu khí H₂ bằng cách bổ sung khí HHO vào buồng đốt được đánh giá là giải pháp cho nhiều ưu thế. Năm 2011, S.A. Musmar và A.A. Rousan đã phát triển nghiên cứu chế tạo thiết bị HHO gắn trên hệ thống động cơ đốt trong hiện có để bổ sung khí HHO vào đường nạp của động cơ. Kết quả cho thấy lượng tiêu hao nhiên liệu giảm, lượng khí CO₂ phát thải giảm khoảng 20% và lượng khí NO_x giảm xuống còn khoảng 54% [1]. Tuy nhiên, giải pháp này có nhược điểm là lượng khí HHO cần cung cấp lớn, trong khi đó, phân phối lượng khí HHO cho các xy lanh không đảm bảo đồng đều nên gây ra hiện tượng rung giật khi động cơ làm việc. Do thiết bị tạo khí HHO trong giải pháp này có công suất và kích thước lớn nên việc trang bị thêm thiết bị này vẫn gặp nhiều khó khăn. Năm

2021, công nghệ điện phân nước tạo khí HHO đã được ứng dụng thử nghiệm trên động cơ đốt trong sử dụng nhiên liệu diesel của xe buýt [2]. Với công nghệ này, khí HHO được bổ sung và hòa trộn với nhiên liệu, sau đó, hỗn hợp tạo ra được đưa vào đường cấp nhiên liệu của động cơ đốt trong. Theo kết quả thử nghiệm, mức tiêu hao nhiên liệu trung bình trên quãng đường thử nghiệm giảm được trên 10% và lượng khí thải gây ô nhiễm môi trường giảm trên 30%.

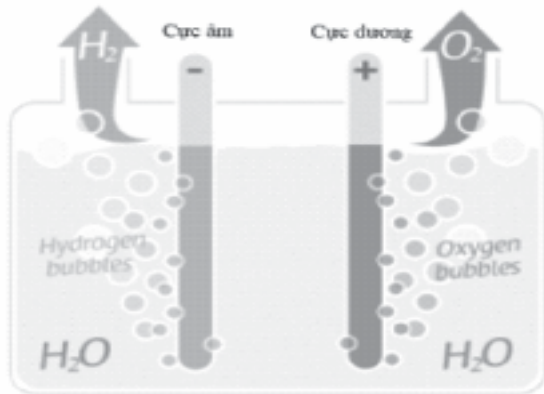
Để khẳng định được hiệu quả của công nghệ và thiết bị điện phân nước tạo khí HHO trên động cơ đốt trong, nội dung của nghiên cứu này tập trung vào việc đánh giá hiệu quả công nghệ điện phân nước tạo khí HHO đối với động cơ đốt trong trên tàu đánh cá. Nghiên cứu này là tiền đề để phát triển và ứng dụng công nghệ và thiết bị điện phân nước tạo khí HHO trên động cơ đốt trong vào thực tế nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng nhiên liệu và giảm phát thải khí gây ô nhiễm môi trường.

2. CÔNG NGHỆ VÀ THIẾT BỊ ĐIỆN PHÂN NƯỚC TẠO KHÍ HHO

2.1. Công nghệ điện phân nước tạo khí HHO

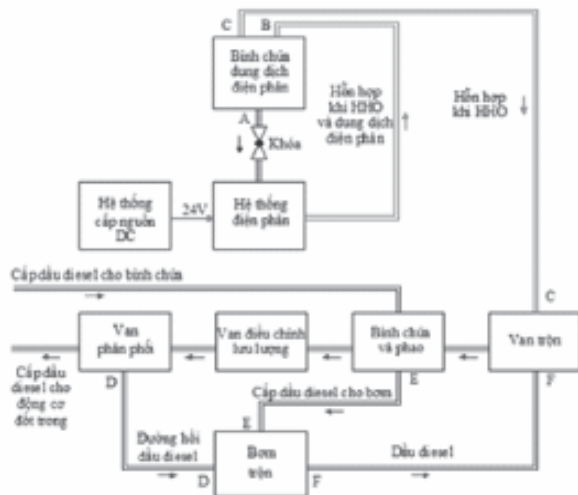
Điện phân nước là quá trình phân hủy nước (H₂O) thành oxy (O₂) và khí hydro (H₂) nhờ dòng điện được truyền qua nước [3]. Nguyên lý của công nghệ điện phân nước tạo khí HHO: Nguồn điện một chiều được kết nối với hai điện cực, hoặc hai tấm (thường được làm từ một số kim loại trơ như bạch kim, thép không gỉ hoặc iridium) được đặt trong nước có xúc tác. Khí H₂ sẽ xuất hiện ở cực âm (electron đi vào nước) và khí O₂ sẽ xuất hiện ở cực dương như trên Hình 1. Trong trường hợp lý tưởng, lượng khí H₂ tạo ra gấp đôi lượng khí O₂ và lượng khí này tỷ lệ thuận với lượng điện cung cấp. Tuy nhiên, trong thực tế sẽ có một số phản ứng phụ xảy ra nên lượng khí H₂ và khí

O₂ thường khác và ít hơn so với điều kiện lý tưởng.



Hình 1. Nguyên lý điện phân nước tạo khí HHO [3]

2.2. Thiết bị điện phân nước tạo khí HHO



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý thiết bị điện phân nước tạo khí HHO ứng dụng cho động cơ đốt trong [2]

Sơ đồ nguyên lý thiết bị điện phân nước tạo khí HHO, ứng dụng cho động cơ đốt trong sử dụng nhiên liệu diesel được mô tả như trên Hình 2. Nguyên lý hoạt động của thiết bị điện phân nước để tạo khí HHO ứng dụng cho động cơ đốt trong sử dụng nhiên liệu diesel bao gồm 2 hệ thống tuần hoàn hoạt động song song với nhau. Đó là hệ thống cấp dầu tuần hoàn và hệ thống cấp nước có pha dung môi (dung dịch

điện phân) tuần hoàn [2].

Trong nghiên cứu này, hệ thống thiết bị điện phân nước để tạo khí HHO sử dụng nguồn điện một chiều 24VDC với dòng điện điện phân từ 5-10A, công suất tối đa khoảng 200W, lưu lượng khí HHO tạo ra khoảng 60 lít/h để phù hợp cho động cơ đốt trong của tàu đánh cá có dung tích xylanh 14.000cm³, công suất 500HP.

3. THỬ NGHIỆM THIẾT BỊ ĐIỆN PHÂN NƯỚC TẠO KHÍ HHO CHO ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG TRÊN TÀU ĐÁNH CÁ

3.1. Quy trình thử nghiệm, đánh giá hiệu quả tiết kiệm nhiên liệu và giảm phát thải khí gây ô nhiễm môi trường

Hành trình được lựa chọn để thử nghiệm, đánh giá hiệu quả trong chế độ thử nghiệm thực tế là hành trình tạo thành một vòng kín để sự ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh trong trường hợp tàu chạy chưa được trang bị và đã được trang bị thiết bị điện phân nước tạo khí HHO là như nhau. Khoảng cách cho một hành trình được lựa chọn từ 30 đến 50 hải lý. Thử nghiệm đối với cùng chế độ tải trọng và tốc độ trục chính của động cơ. Yêu cầu về thời gian tàu chạy trong trường hợp tàu được trang bị so với trường hợp chưa được trang bị thiết bị điện phân nước tạo khí HHO không sai lệch quá 5%. Nếu sai lệch quá 5% thì tiến hành thực hiện lại đối với trường hợp tàu được trang bị thiết bị điện phân nước tạo khí HHO đến khi đảm bảo yêu cầu.

Quy trình thử nghiệm, đánh giá tương tự đối với quy trình thử nghiệm, đánh giá hiệu quả tiết kiệm nhiên liệu và giảm phát thải khí gây ô nhiễm môi trường của thiết bị điện phân nước tạo khí HHO khi được trang bị trên xe buýt [2]. Cụ thể như sau:



a. Đánh giá mức tiêu hao nhiên liệu và phân tích khí thải trong trường hợp tàu đánh cá chưa được trang bị thiết bị điện phân nước tạo khí HHO

Bước 1: Đổ đầy nhiên liệu vào bình nhiên liệu của tàu đánh cá, chốt mức nhiên liệu (đầy bình) và thời gian bắt đầu.

Bước 2: Khởi động tàu và bắt đầu hành trình chạy với tốc độ trực chính của động cơ được đặt là 1.280 vòng/phút.

Bước 3: Sau khi tàu chạy được 60 phút, tiến hành lấy mẫu khí thải để đánh giá khí thải (trong quá trình lấy mẫu tàu vẫn đang chạy).

Bước 4: Sau khi tàu chạy hết hành trình, dừng máy và chốt thời gian tàu chạy.

Bước 5: Đổ đầy nhiên liệu vào bình nhiên liệu của tàu đánh cá, xác định và chốt lượng nhiên liệu đổ thêm. Đây chính là lượng tiêu hao nhiên liệu (V_{nl}'') trong chế độ thực tế đối với trường hợp tàu đánh cá chưa được trang bị thiết bị điện phân nước tạo khí HHO.

Bước 6: Phân tích khí thải, xác định nồng độ khối lượng (mg/m^3) lần lượt của các thành phần CO , SO_2 , NO_x tương ứng với M_{CO}'' , M_{SO_2}'' , M_{NO_x}'' .

b. Đánh giá mức tiêu hao nhiên liệu và phân tích khí thải trong trường hợp tàu đánh cá đã được trang bị thiết bị điện phân nước tạo khí HHO

Bước 1: Đổ đầy nhiên liệu vào bình nhiên liệu của tàu đánh cá, chốt mức nhiên liệu (đầy bình) và thời gian bắt đầu.

Bước 2: Khởi động tàu và bắt đầu hành

trình chạy với tốc độ trực chính của động cơ được đặt là 1280 vòng/phút.

Bước 3: Sau khi tàu chạy được 60 phút, tiến hành lấy mẫu khí thải để đánh giá khí thải (trong quá trình lấy mẫu tàu vẫn đang chạy).

Bước 4: Sau khi tàu chạy hết hành trình, dừng máy và chốt thời gian tàu chạy.

Bước 5: Đổ đầy nhiên liệu vào bình dầu của tàu đánh cá, xác định và chốt lượng nhiên liệu đổ thêm. Đây chính là lượng tiêu hao nhiên liệu (V_{nl}^{HHO}) trong chế độ thực tế đối với trường hợp tàu đánh cá đã được trang bị thiết bị điện phân nước tạo khí HHO.

Bước 6: Phân tích khí thải, xác định nồng độ khối lượng (mg/m^3) lần lượt của các thành phần CO , SO_2 , NO_x tương ứng với M_{CO}^{HHO} , $M_{SO_2}^{HHO}$, $M_{NO_x}^{HHO}$.

c. Đánh giá hiệu quả tiết kiệm nhiên liệu và giảm chất phát thải khí gây ô nhiễm môi trường của thiết bị điện phân nước tạo khí HHO trang bị cho tàu đánh cá

Bước 1: Xác định hiệu quả tiết kiệm nhiên liệu:

$$\eta_{nl}'' = \frac{|V_{nl}^{HHO} - V_{nl}''|}{V_{nl}''} \times 100\% \quad (1)$$

Bước 2: Xác định hiệu quả giảm chất phát thải khí gây ô nhiễm môi trường đối với chỉ tiêu nồng độ CO :

$$\eta_{CO} = \frac{|M_{CO}^{HHO} - M_{CO}''|}{M_{CO}''} \times 100\% \quad (2)$$

Bước 3: Xác định hiệu quả giảm chất phát thải khí gây ô nhiễm môi trường đối với chỉ tiêu nồng độ SO_2 :

$$\eta_{SO_2} = \frac{|M_{SO_2}^{HHO} - M_{SO_2}^{tt}|}{M_{SO_2}^{tt}} \times 100\% \quad (3)$$

Bước 4: Xác định hiệu quả giảm chất phát thải khí gây ô nhiễm môi trường đối với chỉ tiêu đánh giá NO_x :

$$\eta_{NO_x} = \frac{|M_{NO_x}^{HHO} - M_{NO_x}^{tt}|}{M_{NO_x}^{tt}} \times 100\% \quad (4)$$

Bước 5: Đánh giá, kết luận.

3.2. Thử nghiệm, đánh giá mức tiêu hao nhiên liệu và lượng khí phát thải gây ô nhiễm môi trường

Trong nghiên cứu này, việc thử nghiệm, đánh giá mức tiêu hao nhiên liệu và lượng khí phát thải gây ô nhiễm môi trường được thực hiện với động cơ đốt trong của tàu đánh cá có dung tích xylanh 14.000 cm³, công suất 500HP. Hành trình thử nghiệm là 40 hải lý. Phương pháp thử để đánh giá lượng khí CO, SO₂ và NO_x trong khí thải áp dụng lần lượt theo TCVN 7242:2003, TCVN 5975:1995 và TCVN 7172:2002.

Đối với hành trình thử nghiệm, đánh giá khi không sử dụng thiết bị điện phân nước tạo khí HHO:

+ Lượng nhiên liệu đã sử dụng:	125 lít;
+ Thời gian tàu chạy :	04 giờ 10 phút (250 phút);
+ Tốc độ đặt của trục chính:	1280 vòng/phút;
+ Lượng Cacbon oxit, CO:	853 mg/m ³ ;
+ Lượng Lưu huỳnh dioxit, SO ₂ :	125 mg/m ³ ;
+ Lượng Nitơ oxit, NO _x (tính theo NO ₂):	376 mg/m ³ ;

Đối với hành trình thử nghiệm, đánh giá

khi sử dụng thiết bị điện phân nước tạo khí HHO:

+ Lượng nhiên liệu đã sử dụng:	103 lít;
+ Thời gian tàu chạy:	04 giờ 07 phút (247 phút);
+ Tốc độ đặt của trục chính:	1280 vòng/phút;
+ Lượng Cacbon oxit, CO:	359 mg/m ³ ;
+ Lượng Lưu huỳnh dioxit, SO ₂ :	87 mg/m ³ ;
+ Lượng Nitơ oxit, NO _x (tính theo NO ₂):	228 mg/m ³ ;

Thời gian chênh lệch giữa 2 hành trình là 03 phút với sai lệch xấp xỉ 1,2%. Như vậy, sai lệch về thời gian chạy tàu trong giới hạn cho phép (< 5%).

3.3. Đánh giá hiệu quả tiết kiệm nhiên liệu và giảm phát thải khí gây ô nhiễm môi trường

a. Hiệu quả tiết kiệm nhiên liệu

Hiệu quả tiết kiệm nhiên liệu được xác định như sau:

$$\eta_{nl}^{tt} = \frac{|V_{nl}^{HHO} - V_{nl}^{tt}|}{V_{nl}^{tt}} \times 100\% = \frac{|103 - 125|}{125} \times 100\% = 17,60\%$$

Như vậy, mức tiêu hao nhiên liệu trung bình trên quãng đường thử nghiệm với trường hợp sử dụng hệ thống thiết bị điện phân nước tạo khí HHO so với trường hợp không sử dụng hệ thống thiết bị điện phân nước tạo khí HHO 17,60 %.

b. Khả năng giảm phát thải khí gây ô nhiễm môi trường

Kết quả đánh giá khả năng giảm phát thải khí gây ô nhiễm môi trường được đánh giá dựa trên các kết quả đo lường khí CO, SO₂ và NO_x trong quá trình thử nghiệm được thể hiện chi tiết như trong Bảng 1.



Bảng 1. Kết quả đánh giá chỉ tiêu giảm phát thải khí CO, SO₂ và NO_x

Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Phương pháp thử	Kết quả		Đánh giá (2) so với (1)
			Không sử dụng thiết bị (1)	Có sử dụng thiết bị (2)	
Cacbon oxit, CO	mg/m ³	TCVN 7242:2003	853	359	Giảm 57,91%
Lưu huỳnh đioxit, SO ₂	mg/m ³	TCVN 5975:1995	125	87	Giảm 30,40%
Ni tơ oxit, NO _x (tính theo NO ₂)	mg/m ³	TCVN 7172:2002	376	228	Giảm 39,36%

Như vậy, lượng khí CO, SO₂ và NO_x trong khí thải trong trường hợp sử dụng hệ thống thiết bị điện phân nước tạo khí HHO giảm đáng kể so với trường hợp không sử dụng hệ thống thiết bị điện phân nước tạo khí HHO. Cụ thể, lượng khí CO giảm 57,91%, lượng khí SO₂ giảm 30,40% và lượng khí NO_x giảm 39,36%.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, thiết bị điện phân nước tạo khí HHO đã được ứng dụng và đánh giá thực tế cho động cơ đốt trong sử dụng nhiên liệu diesel trên tàu đánh cá. Thông qua kết quả thử nghiệm, công nghệ và thiết bị điện phân nước tạo khí HHO bổ sung trực tiếp vào đường cấp nhiên liệu của động cơ đốt trong sử dụng nhiên liệu diesel đã nâng cao đáng kể hiệu quả sử dụng nhiên liệu, đồng thời giảm một lượng lớn khí thải gây ô nhiễm môi trường. ❖

Ngày nhận bài: **27/02/2023**

Ngày phản biện: **23/3/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Sa'ed A. Musmar, Ammar A. Al-Rousan, "Effect of HHO gas on combustion emissions in gasoline engines", Fuel 90, Elsevier Ltd 2011.
- [2]. Nguyễn Trường Giang, Ngô Văn Thanh, Nguyễn Thanh Thủy, 2021; "Ứng dụng công nghệ điện phân nước tạo khí HHO cho động cơ đốt trong sử dụng nhiên liệu diesel", Tạp chí Cơ khí Việt Nam, 0866 – 7056, 152-160.
- [3]. Brown Y. Brown's gas. United States Patent. US Patent 4014,777; March 28,1978.