

# ĐIỀU CHỈNH GÓC ĐÁNH LỬA SỚM ĐỘNG CƠ CHẠY BẰNG HỖN HỢP BIOGAS-SYNGAS-HYDROGEN TRONG HỆ THỐNG NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO HYBRID

## ADVANCE IGNITION ANGLE ADJUSTMENT FOR ENGINE FUELED WITH BIOGAS-SYNGAS-HYDROGEN IN HYBRID RENEWABLE ENERGY SYSTEM

Bùi Văn Ga<sup>1</sup>, Bùi Thị Minh Tú<sup>1</sup>, Lê Minh Tiến<sup>1</sup>, Bùi Văn Hùng<sup>2\*</sup>, Nguyễn Lê Châu Thành<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng

<sup>2</sup>Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng

\*Tác giả liên hệ: bvhung@ute.udn.vn

(Nhận bài: 03/12/2021; Chấp nhận đăng: 18/02/2022)

**Tóm tắt** - Áp suất, nhiệt độ cháy và phát thải NO<sub>x</sub> tăng khi tăng góc đánh lửa sớm. Công suất chu trình đạt giá trị cực đại ứng với góc đánh lửa sớm tối ưu phụ thuộc vào thành phần nhiên liệu. Với hỗn hợp nhiên liệu biogas-hydrogen cho trước, góc đánh lửa sớm tối ưu trung bình tăng 2°TK khi hàm lượng syngas trong hỗn hợp tăng 20%. Đối với hỗn hợp biogas-syngas cho trước, góc đánh lửa sớm tối ưu giảm tuyến tính theo mức tăng hàm lượng hydrogen với tốc độ giảm khoảng 0,43 (°TK /% H<sub>2</sub>). Với góc đánh lửa sớm cho trước, NO<sub>x</sub> giảm khi tăng hàm lượng syngas. Có thể cải tạo hệ thống đánh lửa của động cơ tĩnh tại truyền thống thành hệ thống đánh lửa điều khiển điện tử để tự động điều chỉnh góc đánh lửa sớm phù hợp với điều kiện làm việc của động cơ trong hệ thống năng lượng tái tạo hybrid. Hệ thống đơn giản gồm cảm biến từ Hall, cụm đánh lửa tổ hợp và vi điều khiển được cài đặt chương trình điều chỉnh góc đánh lửa sớm theo thành phần nhiên liệu.

**Từ khóa** - Năng lượng tái tạo; hydroxy; ô nhiễm không khí; động cơ đánh lửa cưỡng bức.

### 1. Giới thiệu

Thế giới đang đối mặt với sự gia tăng nhanh chóng nhiệt độ bầu khí quyển do phát thải CO<sub>2</sub>. Nếu ngưỡng gia tăng nhiệt độ này vượt quá 2°C vào cuối thế kỷ này thì nhân loại không còn cơ hội để điều chỉnh quá trình biến đổi khí hậu. Theo thỏa thuận khung về chống biến đổi khí hậu toàn cầu tại COP 21, Paris 2015, để đạt được mục tiêu giữ cho nhiệt độ bầu khí quyển không tăng quá 2°C thì ngay từ bây giờ thế giới cần hành động cắt giảm phát thải các chất khí gây hiệu ứng nhà kính để đưa mức phát thải này về mức của thời kỳ tiền công nghiệp vào năm 2050. Mới đây, tại cuộc họp Đại hội đồng Liên hiệp quốc năm 2021, Tổng thư ký Liên hiệp quốc đã nói hiện chưa quá muộn để thực hiện mục tiêu này nhưng cánh cửa đang khép lại nhanh chóng. Tháng 11-2021, tại Hội nghị thượng đỉnh thường niên về chống biến đổi khí hậu COP 26, lãnh đạo các quốc gia đã đề ra chiến lược Net-Zero (tức chiến lược trung hòa carbon, mức độ phát thải các chất khí gây hiệu ứng nhà kính thấp hơn mức độ loại bỏ chúng từ môi trường). Tại hội nghị này, nước ta cũng cam kết giảm phát thải CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> đạt mục tiêu Net-Zero vào năm 2050 [1].

**Abstract** - Pressure, combustion temperature and NO<sub>x</sub> emission escalate with the increase in advance ignition angle. The indicative engine cycle work reaches the maximum value corresponding to the optimal advance ignition angle which depends on the fuel compositions. With a given biogas-hydrogen fuel mixture, the average optimal advance ignition angle increased by 2°TK when the syngas content in the mixture grown by 20%. For a given biogas-syngas mixture, the optimal advance ignition angle decreases linearly with increasing hydrogen content with a reduction rate of about 0.43 (°TK/%H<sub>2</sub>). With a given ignition advance angle, NO<sub>x</sub> decreases with increasing syngas content. The ignition system of the traditional stationary engine can be converted into an electronically controlled ignition system to automatically adjust the advance ignition angle to suit the operating conditions of the engine in the hybrid renewable energy system. The system simply consists of a Hall sensor, an integrated ignition cluster and a microcontroller with a program to adjust the advance ignition angle according to the fuel compositions.

**Key words** - Renewable energy; hydroxy; air pollution; SI engine

Đề hướng tới mục tiêu Net-Zero, trong lĩnh vực sản xuất năng lượng, từ nhiều năm qua, các quốc gia đã có xu hướng chuyển sang sử dụng năng lượng tái tạo thay cho các loại nhiên liệu hóa thạch truyền thống [2]. Nhiều quốc gia đã đưa ra các chính sách ưu tiên và khuyến khích để tăng công suất lắp đặt của các hệ thống năng lượng tái tạo. Sản lượng điện trên toàn thế giới từ các nguồn năng lượng tái tạo tăng đều hàng năm [3]. Tuy nhiên, không giống như năng lượng hóa thạch, nhược điểm chính của năng lượng tái tạo trong hầu hết các trường hợp là phụ thuộc trực tiếp vào điều kiện thời tiết và điều kiện khí hậu [4-5]. Nếu chỉ sử dụng một nguồn năng lượng tái tạo đơn lẻ theo kiểu truyền thống thì không đảm bảo được việc cung cấp năng lượng liên tục [6]. Ngược lại, khi công suất điện của hệ thống vượt quá công suất sử dụng thì cần có hệ thống tích trữ năng lượng dư thừa. Do đó, hệ thống quản lý phụ tải và các thiết bị lưu trữ năng lượng phải được tích hợp vào hệ thống năng lượng tái tạo. Điều này làm tăng chi phí năng lượng của nhà máy nói chung.

Hệ thống năng lượng tái tạo hybrid (HRES) có thể khắc phục những trở ngại của hệ thống năng lượng tái tạo sử dụng một nguồn đơn lẻ [3]. HRES có thể bao gồm nhiều

<sup>1</sup> The University of Danang - University of Science and Technology (Bui Van Ga, Bui Thi Minh Tu, Le Minh Tien)

<sup>2</sup> The University of Danang - University of Technology and Education (Bui Van Hung, Nguyen Le Chau Thanh)

nguồn năng lượng và thường bao gồm ít nhất hai nguồn tái tạo hay hóa thạch. HRES có thể làm giảm dao động công suất phát điện, giúp giảm nhu cầu tích trữ năng lượng [6]. Chi phí năng lượng của hệ thống năng lượng tái tạo hybrid rẻ hơn khoảng 30% so với chi phí năng lượng của nhà máy chạy bằng nhiên liệu hóa thạch [7]. Mặt khác, các thành phần của HRES có thể được tối ưu hóa, do đó giảm chi phí đầu tư và vận hành [8-9]. Nhiều nhà nghiên cứu đã chứng minh rằng, HRES là giải pháp công nghệ phù hợp để phát triển ứng dụng năng lượng tái tạo [10].

Trong số các dạng năng lượng tái tạo khác nhau, sinh khối là nguồn năng lượng lớn thứ 4 [11]. Sinh khối có thể lưu trữ được nên công suất phát điện có thể điều chỉnh được để đáp ứng nhu cầu của phụ tải [12]. Hệ thống phát điện năng lượng mặt trời - sinh khối tích hợp đang trở thành một lựa chọn phổ biến cho các vùng sâu vùng xa hoặc các vùng thiếu điện lưới [13]. Các nước vùng nhiệt đới có nguồn sinh khối và năng lượng mặt trời dồi dào. Do đó, sự kết hợp hai nguồn năng lượng này trong hệ thống HRES có tiềm năng phát triển rất lớn trong bối cảnh các nước thực hiện chiến lược Net-Zero.

HRES năng lượng mặt trời - sinh khối cơ bản bao gồm các tấm pin mặt trời PV, một bộ chuyển đổi điện năng và một máy phát điện chạy bằng nhiên liệu khí [7]. Hệ thống có thể hoạt động ổn định và hiệu quả trong điều kiện đầu lưới hay ngoài lưới điện. Mặc dù, hệ thống năng lượng này có nhiều lợi thế nhưng các nghiên cứu chuyên sâu vẫn còn hạn chế [14]. Các công trình nghiên cứu về HRES chủ yếu tập trung vào các tính năng kinh tế - kỹ thuật, tính toán kích thước và các giải pháp điều phối tối ưu các nguồn năng lượng trong hệ thống [15]. Điều quan trọng và cấp bách hiện nay là nghiên cứu phát triển các mô-đun của HRES để người sử dụng có thể lắp đặt thuận lợi mà không cần hỗ trợ kỹ thuật đặc biệt.

Hiện tại, các thành phần cơ bản để lắp đặt HRES năng lượng mặt trời - sinh khối như pin mặt trời PV, biến tần, máy điện phân hydrogen đã được thương mại hóa rộng rãi trên thị trường. Tuy nhiên, động cơ đốt trong chạy bằng nhiên liệu khí linh hoạt (tương tự như động cơ sử dụng nhiên liệu lỏng linh hoạt trên ô tô FFV) chưa được phổ biến. Trong thực tế, đặc tính của động cơ phụ thuộc vào thành phần nhiên liệu và điều kiện vận hành. Trong HRES năng lượng mặt trời-sinh khối, việc lưu trữ năng lượng mặt trời có thể được thực hiện thông qua hydrogen thay vì dùng accu. Sinh khối có thể chuyển thành biogas đối với những chất hữu cơ dễ phân hủy hay thành syngas (khí tổng hợp) thông qua quá trình khí hóa đối với những chất hữu cơ khó phân hủy. Do đó, động cơ kéo máy phát điện của hệ thống có thể chạy bằng hỗn hợp syngas-biogas-hydrogen với thành phần nhiên liệu thay đổi. Mặt khác, do máy phát điện chỉ cung cấp năng lượng bổ sung cho HRES nên chế độ tải của động cơ cần được nghiên cứu để nâng cao hiệu quả tổng thể của HRES.

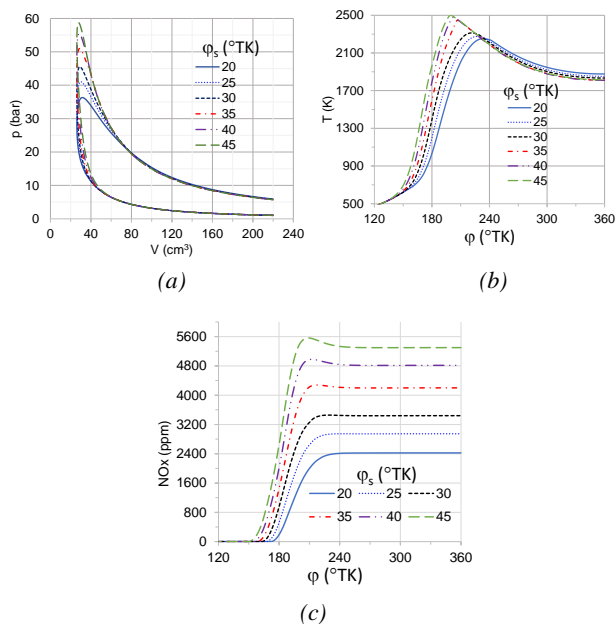
Các công trình nghiên cứu mới đây của Bùi Văn Ga và cộng sự [16-18] cho thấy, góc đánh lửa sớm ảnh hưởng đáng kể đến tính năng kỹ thuật và mức độ phát thải ô nhiễm của động cơ chạy bằng biogas được làm giàu bởi hydrogen hay HHO. Khi tăng hàm lượng hydrogen hay HHO trong

hỗn hợp với biogas thì góc đánh lửa sớm tối ưu giảm [16-17]. Trên các động cơ tĩnh tại đánh lửa cưỡng bức, góc đánh lửa sớm của động cơ thường được cố định nên không thể điều chỉnh linh hoạt theo thành phần nhiên liệu. Các nghiên cứu được công bố gần đây cho thấy động cơ tĩnh tại truyền thống có thể cải tạo thành động cơ điều khiển điện tử nhờ sử dụng ECU mở và bộ cảm biến của xe gắn máy phun xăng [19-20]. Hệ thống như vậy phức tạp, khó có thể bố trí trên động cơ tĩnh tại có sẵn.

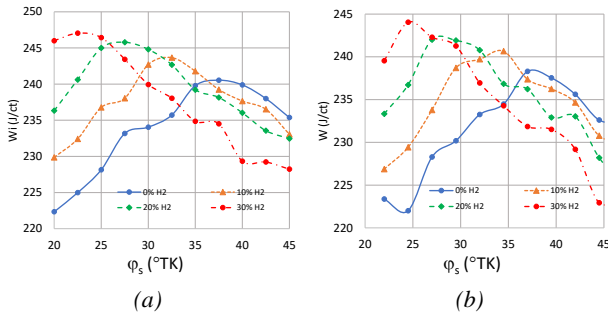
Bài báo này, nghiên cứu mô hình điều chỉnh góc đánh lửa sớm đơn giản và tin cậy để cải tạo động cơ tĩnh tại truyền thống thành động cơ kéo máy phát điện phù hợp với điều kiện làm việc của hệ thống năng lượng tái tạo hybrid năng lượng mặt trời - sinh khối.

## 2. Nghiên cứu mô phỏng

Hình 1a giới thiệu ảnh hưởng của góc đánh lửa sớm đến biến thiên áp suất trong xi lanh của động cơ chạy bằng hỗn hợp syngas-biogas-hydrogen. Khi tăng góc đánh lửa sớm, đỉnh của đường cong áp suất tiến gần đến điểm chết trên (ĐCT), do đó giá trị cực đại của áp suất cũng như nhiệt độ cực đại của quá trình cháy tăng (Hình 1b). Hình 1a cho thấy, áp suất cực đại tăng từ 37 bar lên 58 bar khi góc đánh lửa sớm tăng từ 20°TK (độ tính theo góc quay trục khuỷu) đến 45°TK. Khi đỉnh của đường cong áp suất xuất hiện gần ĐCT, tổn thất năng lượng cho quá trình nén tăng nên công chỉ thị chu trình  $W_i$  không tăng tỷ lệ thuận với áp suất cực đại. Nhiệt độ cháy cực đại tăng từ 2200K lên 2500K trong phạm vi thay đổi góc đánh lửa sớm nêu trên. Sự gia tăng nhiệt độ cùng với gia tăng thời gian hỗn hợp tồn tại ở nhiệt độ cao khi tăng góc đánh lửa sớm làm tăng nồng độ  $NO_x$  trong khí thải. Hình 1c cho thấy, nồng độ  $NO_x$  trong khí xả tăng từ 2400ppm lên 5300ppm khi góc đánh lửa sớm tăng từ 20°TK đến 45°TK.

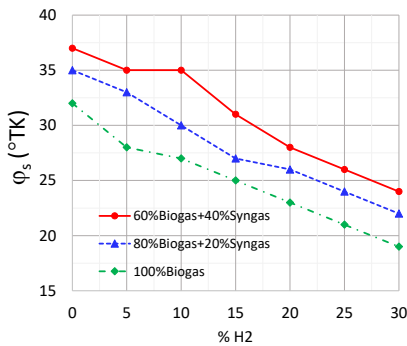


**Hình 1.** Ảnh hưởng của góc đánh lửa sớm đến biến thiên áp suất (a), nhiệt độ cháy (b) và nồng độ  $NO_x$  (c) khi động cơ chạy bằng hỗn hợp nhiên liệu (60% biogas + 20% syngas + 20% hydrogen) ở 100% tải,  $n=3000$  vòng/phút, hệ số tương đương  $\phi=1$



**Hình 2.** Ảnh hưởng của thành phần hydrogen đến biến thiên công chỉ thị chu trình theo góc đánh lửa sớm trong trường hợp động cơ chạy bằng Biogas (a), 80% Biogas + 20% Syngas (b) ở tốc độ 3000 vòng/phút,  $\phi=1$ , 100% tải

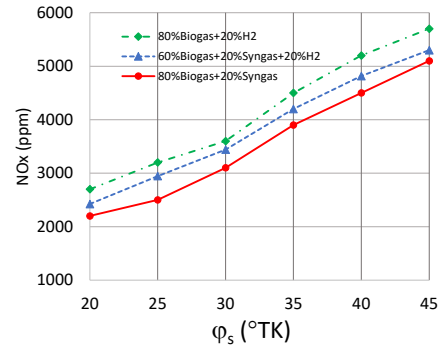
Hình 2a và 2b cho thấy, ảnh hưởng của hàm lượng đến biến thiên của công chỉ thị chu trình  $W_i$  theo góc đánh lửa sớm khi động cơ chạy bằng biogas và 80% biogas-20% syngas. Có thể thấy rằng, đối với bất kỳ hỗn hợp nhiên liệu nào, đường cong  $W_i$  ( $\phi_s$ ) có một giá trị cực đại tương ứng với góc đánh lửa sớm tối ưu. Vì biogas-syngas có chứa  $CO_2$  nên tốc độ cháy cơ bản thấp hơn so với các nhiên liệu truyền thống khác. Như vậy, để nâng cao hiệu quả của quá trình cháy thì phải tăng góc đánh lửa sớm của động cơ. Khi hỗn hợp biogas-syngas được làm giàu bằng hydrogen thì góc đánh lửa sớm tối ưu giảm do tốc độ cháy cơ bản tăng. Hình 2a cho thấy, góc đánh lửa sớm tối ưu của động cơ chạy bằng biogas và biogas được làm giàu 10%, 20% và 30% hydrogen tương ứng là 37°TK, 32°TK, 27°TK và 22°TK. Tương tự, khi động cơ chạy bằng hỗn hợp 80% biogas-20% syngas, góc đánh lửa trước tối ưu là 38°TK, 34°TK, 28°TK và 24°TK tương ứng với 0%, 10%, 20% và 30% hydrogen trong hỗn hợp với nhiên liệu biogas-syngas. Kết quả cho thấy góc đánh lửa sớm tối ưu giảm khi tăng hàm lượng  $CH_4$  hoặc/và  $H_2$  trong hỗn hợp nhiên liệu và góc đánh lửa sớm tối ưu tăng theo hàm lượng syngas.



**Hình 3.** Biến thiên góc đánh lửa sớm tối ưu theo hàm lượng hydrogen khi động cơ chạy bằng hỗn hợp biogas-syngas ở tốc độ 3000 vòng/phút,  $\phi=1$ , 100% tải

Hình 3 cho thấy đối với một hàm lượng hydrogen cho trước trong hỗn hợp nhiên liệu biogas-syngas thì góc đánh lửa sớm tối ưu trung bình tăng 2°TK khi hàm lượng syngas trong hỗn hợp với biogas tăng 20%. Đối với hỗn hợp biogas-syngas cho trước, góc đánh lửa sớm tối ưu biến thiên gần như tuyến tính với hàm lượng hydrogen bổ sung vào hỗn hợp nhiên liệu. Độ dốc của đường cong  $\phi_s$  (%  $H_2$ ) là khoảng 0,43 (°TK /%  $H_2$ ). Kết quả này cần thiết để thiết kế hệ thống điều chỉnh góc đánh lửa sớm theo thành phần nhiên liệu.

Ứng với chế độ vận hành và thành phần nhiên liệu cho trước, khi tăng góc đánh lửa sớm thì nồng độ  $NO_x$  trong khí thải tăng (Hình 4). Điều này là do tăng thời gian hỗn hợp khí cháy tồn tại trong môi trường nhiệt độ cao như đã giải thích ở trên. Ứng với một góc đánh lửa sớm cho trước, khi pha syngas vào biogas thì nồng độ  $NO_x$  trong khí thải giảm do giảm nhiệt độ cháy. Ngược lại, khi pha hydrogen vào biogas thì nồng độ  $NO_x$  tăng do tăng nhiệt độ cháy.



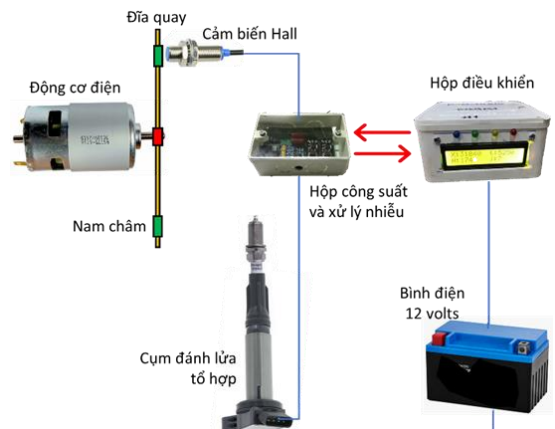
**Hình 4.** Ảnh hưởng của hàm lượng hydrogen đến biến thiên nồng độ  $NO_x$  theo góc đánh lửa sớm khi động cơ chạy bằng hỗn hợp biogas-syngas-hydrogen ở tốc độ 3000 vòng/phút,  $\phi=1$ , 100% tải

Kết quả nghiên cứu mô phỏng trên đây cho thấy, góc đánh lửa sớm tối ưu phụ thuộc vào thành phần nhiên liệu trong hỗn hợp biogas-syngas-hydrogen. Khi động cơ cháy bằng biogas hay syngas cần tăng góc đánh lửa sớm. Khi làm giàu hỗn hợp nhiên liệu biogas-syngas bằng hydrogen thì góc đánh lửa sớm tối ưu giảm. Phát thải  $NO_x$  giảm khi giảm góc đánh lửa sớm. Để đảm bảo hiệu quả của động cơ kéo máy phát điện trong hệ thống HRES năng lượng mặt trời-sinh khối, góc đánh lửa sớm của động cơ cần được điều chỉnh một cách linh hoạt.

### 3. Nghiên cứu thực nghiệm

#### 3.1. Thiết lập mô hình

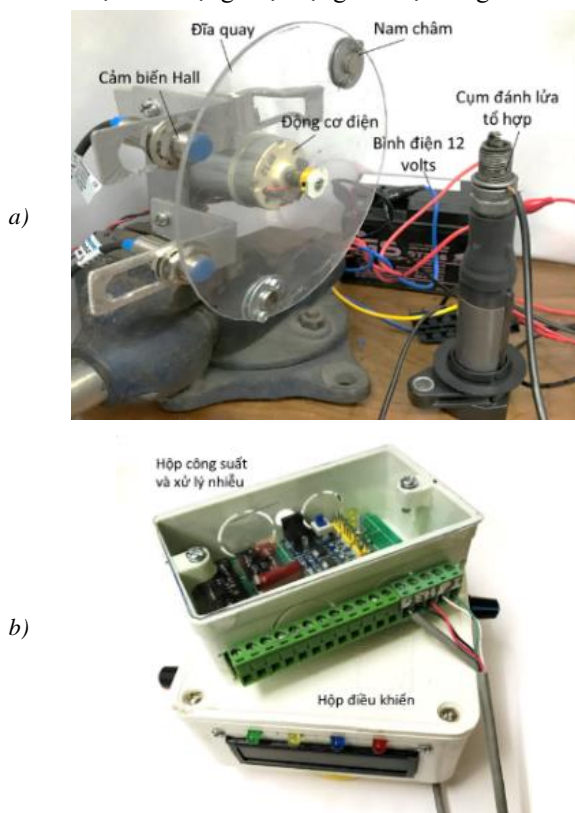
Như đã trình bày ở phần giới thiệu, trên động cơ tĩnh tại truyền thống, góc đánh lửa sớm được cố định. Do đó, việc điều chỉnh góc đánh lửa sớm theo nhiên liệu sử dụng không thể thực hiện được một cách linh hoạt. Giải pháp xử lý căn bản vấn đề này là chuyển hệ thống đánh lửa kiểu truyền thống sang hệ thống đánh lửa điều khiển điện tử.



**Hình 5.** Sơ đồ bố trí hệ thống thí nghiệm thay đổi góc đánh lửa sớm của động cơ tĩnh tại

Thực nghiệm được tiến hành trên mô hình vật lý được giới thiệu trên Hình 5. Mô hình gồm động cơ điện một chiều có tốc độ được điều chỉnh thông qua vi điều khiển. Động cơ quay một đĩa tròn trên đó có gắn hai nam châm vĩnh cửu. Hai nam châm được bố trí lệch một góc  $5^\circ$  so với đường đối xứng tâm để mô phỏng sự lệch pha của các kỳ nạp-nén và nổ-thải của động cơ 4 kỳ. Một vòng quay của đĩa tương ứng với một chu trình của động cơ. Cảm biến từ kiểu Hall được cố định trên giá đỡ. Mỗi khi nam châm quay qua cảm biến thì nó sẽ phát một xung. Cụm đánh lửa tổ hợp của ô tô được sử dụng để kiểm tra hoạt động của hệ thống. Cụm đánh lửa này tích hợp bô-bine, mạch kích hoạt vào đầu chụp cao áp của nén đánh lửa. Hệ thống được cung cấp điện 12V một chiều. Toàn bộ hoạt động của hệ thống được điều khiển bởi chương trình cài đặt trong vi điều khiển Arduino.

Hình 6a là ảnh chụp thực tế của mô hình thí nghiệm và Hình 6b là ảnh chụp của hộp điều khiển và hộp công suất-lọc nhiễu. Hộp công suất bao gồm các mạch cách ly quang, các mosfet, các mạch xử lý nhiễu tín hiệu và nguồn cung cấp điện cho các thiết bị ngoại vi. Hộp điều khiển gồm vi điều khiển Arduino Uno, các biến trở điều khiển thông số, màn hình LCD để hiển thị các thông số chính và các đèn led báo hiệu tình trạng hoạt động của hệ thống.

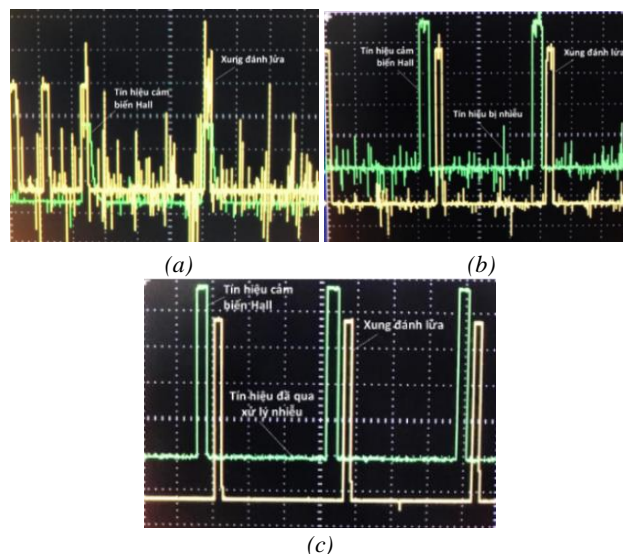


**Hình 6.** Ảnh chụp mô hình thí nghiệm điều chỉnh góc đánh lửa sớm (a) và hộp điều khiển, hộp công suất (b)

### 3.2. Xử lý nhiễu tín hiệu

Một trong những khó khăn khi thử nghiệm hệ thống đánh lửa là vấn đề xử lý nhiễu của tín hiệu. Nhiễu mạnh nhất là do tia lửa điện của nén đánh lửa gây ra. Nhiễu mạnh có thể gây rối loạn hệ thống và làm cho vi điều khiển bị treo. Hình 7a giới thiệu xung của cảm biến Hall

và xung đánh lửa khi chưa áp dụng các biện pháp xử lý nhiễu. Chúng ta thấy tín hiệu dao động rất mạnh khiến vi điều khiển không xác định được đâu là tín hiệu Hall thật để tính toán thời điểm đánh lửa phù hợp. Vì vậy để cho hệ thống hoạt động ổn định, cần loại bỏ nhiễu ra khỏi tín hiệu. Điều này rất quan trọng để đảm bảo cho động cơ không bị tắt máy giữa chừng hay mất điều khiển. Hình 7b giới thiệu tín hiệu nhận được khi xử lý nhiễu tín hiệu bằng các tụ điện. Với phương án này, các tín hiệu vào hay ra bộ vi điều khiển đều được mắc song song với các tụ điện. Giải pháp này hạn chế được các nhiễu lớn nhưng các nhiễu nhỏ và ngẫu nhiên vẫn không thể loại trừ được. Hình 7c là kết quả xử lý nhiễu ở cấp độ cao hơn. Trong trường hợp này, giao tiếp giữa tín hiệu từ cảm biến và tín hiệu điều khiển đánh lửa với vi điều khiển thông qua các công cách ly quang và nguồn kích hoạt đánh lửa được cách ly với nguồn điện cung cấp cho vi điều khiển. Việc cách ly triệt để nguồn và tín hiệu cho phép chúng ta nhận được tín hiệu vuông và nét để trên cơ sở đó xác định được thời điểm đánh lửa chính xác.



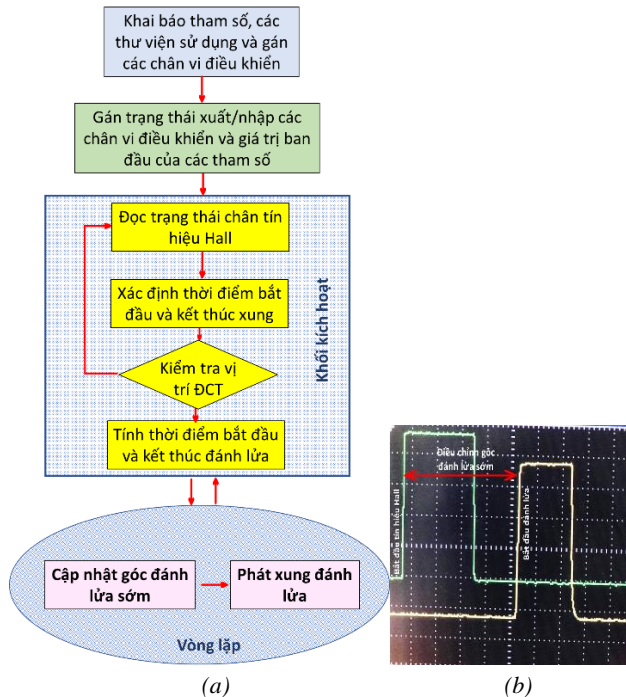
**Hình 7.** Tín hiệu của cảm biến Hall và tín hiệu đánh lửa khi chưa xử lý nhiễu (a), tín hiệu khi xử lý nhiễu các cổng kết nối bằng tụ điện (b) và tín hiệu sau khi xử lý bằng nguồn cách ly quang học (c)

### 3.3. Xử lý nhiễu tín hiệu

Sau khi thực hiện xử lý nhiễu tín hiệu một cách căn bản bằng phần cứng, các nhiễu ngẫu nhiên được tiếp tục loại bỏ nhờ phần mềm. Như đã trình bày trên Hình 7c, tín hiệu của cảm biến Hall là tín hiệu vuông, ở các trạng thái HIGH, FALLING, LOW và RISING. Bề rộng của tín hiệu thật thay đổi theo tốc độ động cơ nhưng không quá bé. Trên cơ sở xác định bề rộng của xung giữa hai trạng thái HIGH/LOW hay FALLING/RISING chúng ta loại bỏ những xung ngẫu nhiên có bề rộng bé, chỉ giữ lại xung thật cho bởi cảm biến Hall.

Chương trình điều chỉnh góc đánh lửa sớm cài đặt vào vi điều khiển được trình bày trên Hình 8a. Chương trình được bắt đầu với việc khai báo các tham số và thư viện sử dụng, gán chân INPUT/OUTPUT của vi điều khiển. Tín hiệu cảm biến Hall được đưa vào chân số 3 của vi điều khiển sau khi qua mạch cách ly để xử lý nhiễu. Mỗi khi tín

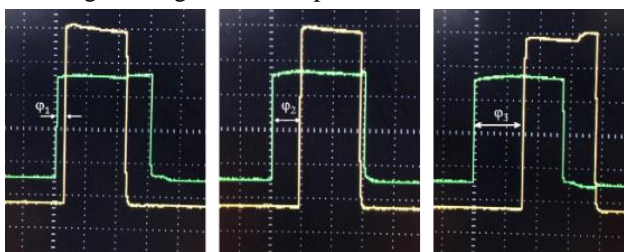
hiệu thay đổi trạng thái, chương trình sẽ được kích hoạt để xác định để xác định vị trí chuẩn của chu trình. Trên cơ sở độ xác định thời điểm bắt đầu và thời điểm kết thúc đánh lửa (Hình 8b).



**Hình 8.** Lược đồ chương trình cài đặt vào vi điều khiển để điều chỉnh góc đánh lửa sớm (a) và độ lệch giữa xung tín hiệu Hall và xung đánh lửa (b)

Hình 9 biểu diễn kết quả mô phỏng biến thiên góc đánh lửa sớm theo hàm lượng hydrogen trong hỗn hợp biogas-syngas-hydrogen theo kết quả tính toán mô phỏng trình bày ở Hình 3. Thời điểm bắt đầu xuất hiện xung tín hiệu Hall trước ĐCT  $30^\circ\text{TK}$ . Tia lửa điện xuất hiện sau khi bắt đầu xung Hall một góc  $\varphi_i$ . Như vậy, góc đánh lửa sớm  $\varphi_s = 30 - \varphi_i$ . Trong chương trình điều khiển, thời điểm đánh lửa được xác định thời gian từ mốc xuất hiện tín hiệu cảm biến Hall, tính bằng micro giây  $\varphi_i = \varphi_i \cdot 10^6 / (6n)$ . Khi hàm lượng hydrogen trong hỗn hợp nhiên liệu tăng thì góc đánh lửa sớm được điều chỉnh giảm ( $\varphi_i$  tăng), xung đánh lửa dịch chuyển dần về phía ĐCT.

Trong thực nghiệm này sự thay đổi góc đánh lửa sớm được thực hiện thông qua biến trở. Khi áp dụng trong thực tiễn, góc đánh lửa sớm có thể được điều chỉnh một cách tự động theo hỗn hợp nhiên liệu do cảm biến hydrogen cung cấp. Các kết quả nghiên cứu này sẽ được trình bày trong các công trình nghiên cứu tiếp theo.



**Hình 9.** Mô phỏng thay đổi góc đánh lửa sớm theo hàm lượng hydrogen pha vào hỗn hợp biogas-syngas

#### 4. Kết luận

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

- Khi tăng góc đánh lửa sớm thì áp suất, nhiệt độ cực đại và phát thải  $\text{NO}_x$  tăng. Công suất chu trình đạt giá trị cực đại ứng với góc đánh lửa sớm tối ưu. Ở một chế độ vận hành cho trước, góc đánh lửa sớm tối ưu phụ thuộc vào thành phần nhiên liệu. Góc đánh lửa sớm của động cơ làm việc trong hệ thống năng lượng tái tạo hybrid cần được điều chỉnh một cách linh hoạt để đảm bảo hiệu quả quá trình cháy và giảm phát thải ô nhiễm.

- Hydrogen có tốc độ cháy cao, còn biogas-syngas có tốc độ cháy thấp do sự hiện diện của các chất khí trơ như  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ . Với một hàm lượng hydrogen cho trước trong hỗn hợp nhiên liệu biogas-syngas thì góc đánh lửa sớm tối ưu trung bình tăng  $2^\circ\text{TK}$  khi hàm lượng syngas trong hỗn hợp với biogas tăng 20%. Đối với hỗn hợp biogas-syngas cho trước, góc đánh lửa sớm tối ưu giảm tuyến tính theo mức tăng hàm lượng hydrogen với tốc độ giảm khoảng  $0,43 (^\circ\text{TK} / \% \text{H}_2)$ .

- Có thể cải tạo hệ thống đánh lửa của động cơ tĩnh tại truyền thống thành hệ thống đánh lửa điều khiển điện tử để tự động điều chỉnh góc đánh lửa sớm, phù hợp với điều kiện làm việc trong hệ thống năng lượng tái tạo hybrid năng lượng mặt trời-sinh khối. Hệ thống đơn giản gồm cảm biến từ Hall, cụm đánh lửa tổ hợp và vi điều khiển được cài đặt chương trình điều chỉnh góc đánh lửa sớm theo thành phần nhiên liệu.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng trong đề tài có mã số B2019-DN06-19, tên đề tài “Nghiên cứu hệ thống phun LPG điều khiển điện tử trên động cơ xe gắn máy thể hệ cũ tạo hỗn hợp bằng bộ chế hòa khí”.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] VNA/VNS, “Việt Nam strives to achieve ‘net zero’ by 2050, with international support: PM”, *Viet Nam News*, November, 02/2021
- [2] <https://vietnamnews.vn/environment/1071075/viet-nam-strives-to-achieve-net-zero-by-2050-with-international-support-pm.html>
- [3] Yousefi H, Ghodusejad MH, Kasaeian A., “Multi-objective optimal component sizing of a hybrid ICE + PV/T driven CCHP microgrid”, *Appl Therm Eng*, 2017.
- [4] Shaopeng Guo, Qibin Liu, Jie Sun, Hongguang Jin., “A review on the utilization of hybrid renewable energy”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol 91, 2018, 1121–1147.
- [5] Chouaib Ammari, Djamel Belatrache, Batoul Touhami, Salim Makhoulouf, “Sizing, optimization, control and energy management of hybrid renewable energy system- a review”, *Energy and Built Environment*, 2021.
- [6] E.I. Come Zebra, Henny J. van der Windt, Geraldo Nhumaio et al., “A review of hybrid renewable energy systems in mini-grids for off-grid electrification in developing countries”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol 144, 2021, 111036.
- [7] Marek Jaszczur, Qusay Hassan, Patryk Palej, Jasim Abdulateef, “Multi-Objective optimisation of a micro-grid hybrid power system for household application”, *Energy*, 202, 2020, 117738.
- [8] Ifegwu Eziyi, Anjaneyulu Krothapalli, “Sustainable Rural Development: Solar/Biomass Hybrid Renewable Energy System”. *Energy Procedia*, 57, 2014, 1492-1501.
- [9] Ismail MS, Moghavvemi M, Mahlia TMI, Muttaqi KM,

- Moghavvemi S., 2015. "Effective utilization of excess energy in standalone hybrid renewable energy systems for improving comfort ability and reducing cost of energy: a review and analysis", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 726–734.
- [10] Williams NJ, Jaramillo P, Taneja J, Ustun TS., "Enabling private sector investment in microgrid-based rural electrification in developing countries: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 2015. 1268-1281.
- [11] Soumya Mandal, Hosna Yasmin, M. R. I. Sarker, and M. R. A. Beg., "Prospect of solar-PV/biogas/diesel generator hybrid energy system of an off-grid area in Bangladesh". *AIP Conference Proceedings* 1919, 2017, 020020.
- [12] M.R. Borges Neto, P.C.M. Carvalho, J.O.B. Carioca, F.J.F. Canafistula, 2010, "Biogas/photovoltaic hybrid power system for decentralized energy supply of rural areas", *Energy Policy*, 38, 2010, 4497-4450.
- [13] Katharina Bär, Stefanie Wagender, Felix Solka, Abdessamad Saidi, Prof Wilfried Zörner, "Flexibility Potential of Photovoltaic Power Plant and Biogas Plant Hybrid Systems in the Distribution Grid", *Chemical Engineering & Technology*, 2020, pp. 1-12.
- [14] Tamoor M, M. Suleman Tahir, Muhammad Sagir et al., "Design of 3 kW integrated power generation system from solar and biogas", *International Journal of Hydrogen Energy*, vol 45, 2020, 12711-12720.
- [15] Y.S. Mohammed, M.W. Mustafa, N. Bashir, "Hybrid renewable energy systems for off-grid electric power: Review of substantial issues", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 35, 2014, 527–539.
- [16] Krishna KS, Kumar KS., "A review on hybrid renewable energy systems", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 2015, 907-916.
- [17] Trần Văn Nam, Bùi Văn Ga, Phan Minh Đức, Bùi Thị Minh Tú, "Cung cấp nhiên liệu biogas-hydrogen cho động cơ đánh lửa cưỡng bức kéo máy phát điện trong hệ thống năng lượng tái tạo hybrid", *Tuyển tập Công trình Hội nghị khoa học Cơ học Thủy khí toàn quốc lần thứ 21*, Quy Nhơn 19-21/7/2018, pp. 448-458
- [18] Bui Van Ga, Bui Thi Minh Tu, Nguyen Van Dong, Bui Van Hung, "Analysis of combustion and NO<sub>x</sub> formation in a SI engine fueled with HHO enriched biogas", *Environmental Engineering and Management Journal*, May 2020, Vol. 19, No. 5, 317-327.
- [19] Bùi Văn Ga, Trần Thanh Hải Tùng, Lê Minh Tiến, Bùi Thị Minh Tú, Đặng Văn Nghĩa, Tôn Nguyễn Thành Sang, "Tính năng kỹ thuật và phát thải ô nhiễm động cơ phun biogas-HHO trên đường nạp", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, Vol. 18, No. 1, 2020, pp. 43-48.
- [20] Van Ga Bui, Van Nam Tran, Anh Tuan Hoang, Thi Minh Tu Bui & Anh Vu Vo, "A simulation study on a port-injection SI engine fueled with hydroxy-enriched biogas", *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 2020, 1-17.
- [21] Bùi Văn Ga, Bùi Thị Minh Tú, Trương Lê Bích Trâm, Nguyễn Đức Hoàng, Phạm Văn Quang, "Thiết lập giàn đồ cung cấp nhiên liệu cho động cơ biogas-xăng", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, Vol. 17, No. 9, 2019, pp. 33-39.