

# NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA ĐÁNH LỬA ĐA XUNG LIÊN TỤC ĐẾN CÔNG SUẤT VÀ KHÍ XẢ CỦA ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

## INVESTIGATING THE EFFECT OF MULTI-PULSE SPARK DISCHARGE ON INTERNAL COMBUSTION ENGINE POWER AND EMISSIONS

Đỗ Phú Nguu, Nguyễn Minh Tiến\*, Hồ Trần Ngọc Anh, Nguyễn Hoàng Việt, Phan Văn Cường, Trần Quang Vi

*Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng<sup>1</sup>*

\*Tác giả liên hệ: nmtien@ute.udn.vn

(Nhận bài: 25/7/2023; Sửa bài: 05/9/2023; Chấp nhận đăng: 08/9/2023)

**Tóm tắt** - Hệ thống đánh lửa bán dẫn đa xung có tần số thay đổi từ 400Hz đến 700Hz đã được thử nghiệm trên động cơ Honda GX160. Năm xung đánh lửa liên tục được phóng ra bởi bugi đơn cực có 01 cực dương và 01 cực âm (P-N) hoặc bugi đa cực có 01 cực dương và 02 cực âm (P-2N). Với bugi P-2N, công suất tăng nhiều nhất khoảng 10% tại 35% độ mở bướm ga, và xấp xỉ 2% tại các chế độ còn lại so với hệ thống đánh lửa magneto nguyên bản (OIS). Với bugi P-N, công suất tăng khoảng 2% tại 50% độ mở bướm ga, và ở các chế độ khác thì gần như không thay đổi so với OIS. Kết quả về mức độ phát thải CO, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, và NO<sub>x</sub> hầu hết đều giảm khi sử dụng bugi P-2N. Đối với loại bugi P-N thì hầu hết mức phát thải chỉ giảm khi độ mở bướm ga lớn hơn 55%. Kết quả cho thấy, sử dụng đánh lửa đa xung đa cực là biện pháp hiệu quả nhằm cải thiện công suất và khí thải của động cơ đốt trong.

**Từ khóa** - Đánh lửa đa xung đa cực; tần số đánh lửa; công suất; khí thải; động cơ đốt trong

### 1. Giới thiệu chung

Những yêu cầu khắc khe về tiết kiệm nhiên liệu và giảm phát thải bắt buộc các nhà nghiên cứu và công ty sản xuất ô tô phải tiếp tục tìm kiếm các giải pháp công nghệ giúp cho động cơ đốt trong trở nên hiệu quả và thân thiện với môi trường hơn. Trong đó, sử dụng hệ thống đánh lửa mới đối với các động cơ đốt cháy cưỡng bức đang thu hút nhiều quan tâm vì nó giúp đảm bảo quá trình cháy diễn ra thành công và tối ưu. Đặc biệt, động cơ đốt trong làm việc ở nhiều chế độ khác nhau nên tính chất hòa khí nạp vào xy lanh cũng như cường độ rối cũng thay đổi liên tục. Ở vùng tải thấp thì hỗn hợp nghèo hơn nên khó bắt lửa hơn so với vùng tải cao. Do đó, yêu cầu năng lượng đánh lửa lớn hơn để đốt cháy hỗn hợp. Ngược lại, ở mức tải cao hơn, hòa khí đậm hơn nên dễ bắt lửa, do đó không nhất thiết phải yêu cầu năng lượng đánh lửa quá cao. Hoặc khi tăng tốc độ động cơ thì cường độ dòng rối của hòa khí tăng theo làm tăng khả năng mất lửa [1, 2] và quá trình cháy không được ổn định. Vì vậy, một hệ thống đánh lửa làm việc hiệu quả và linh hoạt cần được quan tâm nghiên cứu và cần thiết để có thể tối ưu hóa quá trình cháy của hòa khí bên trong buồng đốt động cơ.

Một số nghiên cứu cho thấy, các hệ thống đánh lửa thông dụng có thể được cải tiến bằng cách điều chỉnh khe hở điện cực [3, 4], đánh lửa nhiều bobbin [5], tăng số cặp điện cực đánh lửa [6, 7], hoặc tăng dòng điện đánh lửa [8]. Badawy và các cộng sự [4] đã cho thấy, diện tích ngọn lửa tăng khi tăng khe hở điện cực giúp quá trình cháy ổn định

**Abstract** - A multi-pulses transistor ignition system at various frequencies (400-700Hz) was tested on an engine Honda GX160. Five consecutive pulses were discharged by a spark plug having a pair of electrodes (P-N) or multi-channel (P-2N). For P-2N spark plug, engine power increases by 10% at 35% of throttle opening angles (TOA), whereas by 2% at the other TOA compared to the original ignition system (OIS). For P-N spark plug, the engine power was enhanced by 2% at 50% of TOA; beyond this TOA, the power was almost the same as compared with OIS. The emissions (i.e., CO, NO<sub>x</sub>, and C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) mainly decrease by using a spark plug P-2N with five consecutive pulses. For a spark plug P-N with five consecutive pulses, the emissions only reduce when TOA is greater than 55%. The results indicate that, the multi-pulse multi-channel spark ignition is probably an effective method to improve engine power and emissions.

**Key words** - Multi-pulses spark discharge; ignition frequency; power output; emissions; internal combustion engine

hơn. Nhóm nghiên cứu của Zheng [6] đã nghiên cứu ứng dụng bugi đánh lửa có 03 lõi điện cực dương để tăng cường thể tích của nhân lửa ban đầu. Kết quả thử nghiệm cho thấy sự ổn định của động cơ khi hoạt động ở chế độ nghèo nhiên liệu được cải thiện, áp suất cháy và nhiệt lượng cũng tăng. Ngoài ra, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> và CO trong khí thải giảm, trong khi NO<sub>x</sub> tăng khi ứng dụng loại bugi có 03 lõi điện cực dương này. Tương tự, Nguyen và các cộng sự [7] đã sử dụng bugi có 02 cặp điện cực để đốt cháy hỗn hợp siêu nghèo mê tan/không khí. Kết quả cho thấy, xác suất đánh lửa thành công được cải thiện lên đến 45% so với bugi có một cặp điện cực. Việc tăng kích thước nhân lửa ban đầu ảnh hưởng đến quá trình cháy, khả năng bắt lửa, hoặc tính ổn định của động cơ có thể được giải thích dựa trên lý thuyết về bán kính tiêu chuẩn của ngọn lửa hình cầu ( $R_c$ ) [9-11] để đảm bảo tự lan truyền thành công. Nếu nhiệt lượng phản ứng tỏa ra đủ lớn để khắc phục được nhiệt lượng thất thoát do môi trường hoặc do tiêu tán bởi dòng rối, nhân lửa ban đầu có thể phát triển và vượt qua bán kính tiêu chuẩn  $R_c$  để tự lan truyền thành công. Ngược lại, ngọn lửa bị dập tắt và dẫn tới hiện tượng mất lửa. Việc cải thiện bán kính nhân lửa ban đầu bằng cách tăng số cặp điện cực đã giúp nhân lửa sớm đạt được bán kính tiêu chuẩn  $R_c$  để tự lan truyền.

Ngày nay, hệ thống đánh lửa bán dẫn (TCI) điều khiển điện tử được sử dụng rộng rãi trên động cơ do thiết kế đơn giản, giá thành thấp, và hoạt động chính xác so với một số hệ thống đánh lửa mới như laser, nano giây, hoặc vi sóng.

<sup>1</sup> The University of Danang – University of Technology and Education (Do Phu Nguu, Nguyen Minh Tien, Ho Tran Ngoc Anh, Nguyen Hoang Viet, Phan Van Cuong, Tran Quang Vi)

Hệ thống TCI thường được thiết kế để tạo ra tia lửa đơn xung-đơn cực. Vì vậy, năng lượng đánh lửa có thể không đủ đáp ứng để duy trì ngọn lửa cháy nghèo. Gần đây, Zhu và các cộng sự [12] đã cải thiện hệ thống đánh lửa TCI bằng cách sử dụng phương pháp đánh lửa đa xung có tần số thay đổi. Kết quả nghiên cứu cho thấy ngọn lửa cháy nghèo được duy trì tốt hơn trong môi trường dòng rối khi đánh lửa ở tần số cao. Ngoài ra, hệ thống đánh lửa thông dụng TCI cũng có thể hoạt động ở nhiều tần số khác nhau, thay đổi từ 1kHz đến 10 kHz. Tuy nhiên, việc sử dụng tần số cao có thể gây ảnh hưởng rất lớn đến sự hoạt động của các hệ thống khác trên động cơ. Vì vậy, việc nghiên cứu ứng dụng các ưu điểm của đánh lửa đa xung đa cực ở tần số thấp hơn lên các hệ thống đánh lửa thông dụng là cần thiết.

Dựa vào các ưu điểm nổi bật của phương pháp đánh lửa đa xung – đa cực như đã phân tích ở trên, nghiên cứu này tiến hành thực nghiệm phương pháp đánh lửa bán dẫn đa xung kết hợp bugi đơn cực có 01 cực dương và 01 cực âm (P-N) hoặc bugi đa cực có 01 cực dương và 02 cực âm (P-2N) trên động cơ đánh lửa cưỡng bức. Kết quả về công suất động cơ và thành phần khí xả được thu thập, phân tích và so sánh với phương pháp đánh lửa magneto nguyên bản của động cơ.

## 2. Phương pháp thí nghiệm và tính toán

Động cơ Honda GX160 kéo máy phát điện EC2500CX (Hình 1) được sử dụng trong nghiên cứu này. Đây là động cơ bốn thì, đánh lửa cưỡng bức, có một xy lanh với thể tích công tác 163 cc. Hệ thống cung cấp nhiên liệu sử dụng bộ chế hòa khí, và không thay đổi tỷ lệ hòa trộn không khí/nhiên liệu so với động cơ nguyên bản. Động cơ thí nghiệm sử dụng xăng thương mại RON95. Vị trí độ mở bướm ga được thay đổi thủ công và giữ cố định nhờ vào bộ định vị cơ khí sử dụng 01 giá đỡ và các vít điều chỉnh có chiều dài tương ứng với từng độ mở bướm ga [7]. Động cơ GX160 kéo máy phát điện cỡ nhỏ có công suất định mức 2.5 kW tại số vòng quay 3000 v/p. Các thông số chính của động cơ và máy phát điện được trình bày tóm tắt ở Bảng 1.

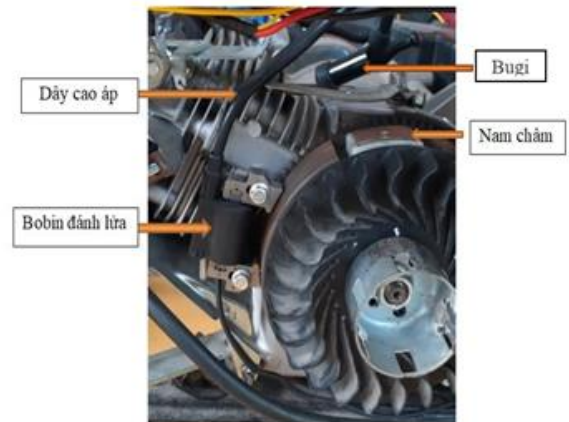


**Hình 1.** Máy phát điện Honda EC2500CX sử dụng động cơ đốt trong GX160 một xy lanh

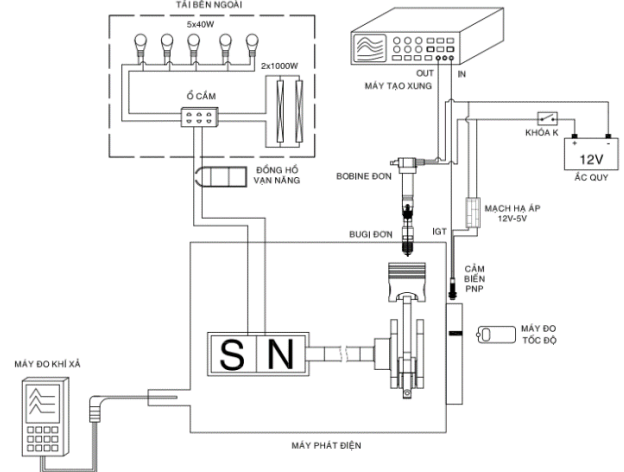
**Bảng 1.** Thông số kỹ thuật của động cơ GX160

|                                      |                  |
|--------------------------------------|------------------|
| 3                                    | 4 thì, 1 xy lanh |
| Dung tích xy lanh                    | 163 cc           |
| Đường kính x Hành trình piston       | 68 x 45 mm       |
| Tỉ số nén                            | 9 : 1            |
| Công suất định mức của máy phát điện | 2.5kW/3000 v/p   |
| Nhiên liệu                           | Xăng RON95       |

Hệ thống đánh lửa nguyên bản (CSSD) trên động cơ GX160 là loại magneto sử dụng bugi đơn cực có 01 cực dương và 01 cực âm (P-N) như Hình 2. Để có thể áp dụng hệ thống đánh lửa đa xung liên tục thì cần phải thiết kế thêm hệ thống điều khiển. Hệ thống điều khiển đánh lửa đa xung sử dụng một cảm biến tín hiệu trực khuỷu kết nối với bộ tạo xung liên tục. Tín hiệu từ cảm biến vị trí trực khuỷu là tín hiệu đầu vào để kích hoạt bộ tạo xung. Tín hiệu đầu ra của bộ tạo xung được kết nối với cuộn điều khiển của biến áp đánh lửa (loại biến áp đánh lửa trực tiếp, không dây cao áp). Sơ đồ nguyên lý hệ thống đánh lửa đa xung liên tục được thể hiện trên Hình 3.



**Hình 2.** Hệ thống đánh lửa nguyên bản trên động cơ GX160

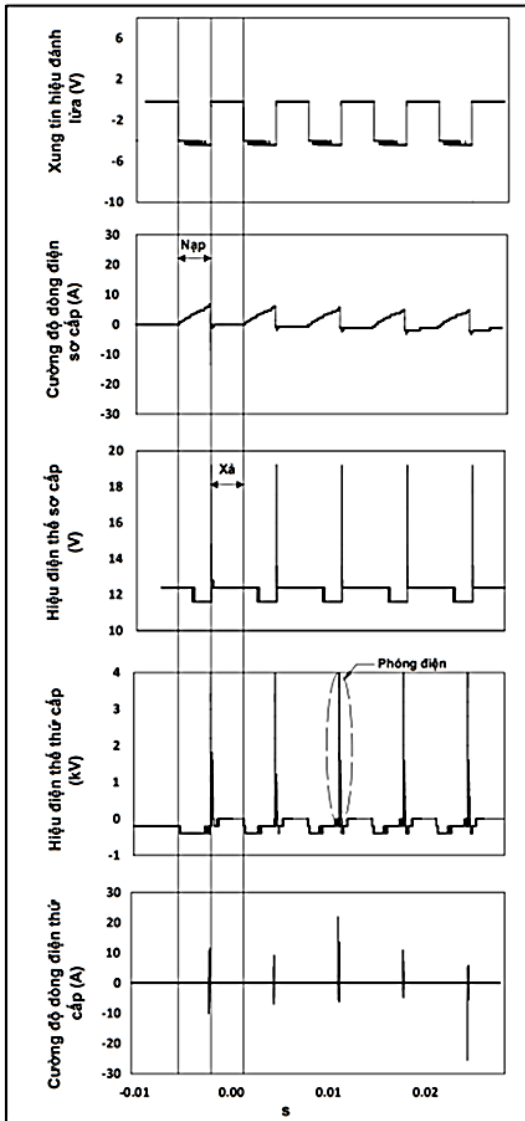


**Hình 3.** Sơ đồ thí nghiệm trên động cơ GX160 kết hợp hệ thống đánh lửa đa xung sau cải tạo

Công suất của động cơ tại các vị trí độ mở bướm ga khác nhau (35%-75%) được xác định gián tiếp qua công suất của máy phát điện. Máy phát điện được gắn với tải ngoài cố định 2,2 kW (công suất của các bóng đèn). Thông qua đo đặc điện áp (U) và cường độ dòng điện (I), công suất máy phát một pha được tính bằng công thức  $P_{MF} = U \times I$ . Ngoài ra, khí thải của động cơ tại các chế độ làm việc cũng được đo đạc bằng máy phân tích khí thải Sauerman Si-CA230 (Hình 3). Mỗi kết quả đo là giá trị trung bình của ít nhất 05 lần đo.

Trong nghiên cứu này, hệ thống đánh lửa đa xung sử dụng kết hợp với hai loại bugi đánh lửa khác nhau. Một là loại bugi đơn cực (P-N). Hai là bugi đánh lửa đa cực gồm

một cực dương và hai cực âm (P-2N). Số xung điều khiển là 05 xung liên tục có tần số khác nhau, phụ thuộc vào độ mở bướm ga hoặc tốc độ động cơ, để đảm bảo góc đánh lửa sớm của động cơ là không đổi so với hệ thống đánh lửa magneto nguyên bản (~11° trước điểm chết trên). Cụ thể, các vị trí độ mở bướm ga lần lượt thay đổi từ 35% - 45%, 55%, 65% và 75% thì sử dụng các tần số đánh lửa tương ứng 400Hz, 500Hz, 600Hz, và 700Hz. Các xung điện áp V(t) và cường độ dòng điện I(t) đánh lửa ở cuộn thứ cấp được đo bằng que đo cao áp Tektronix P6015A và vòng đo dòng điện cảm ứng Pearson 6815. Sơ đồ các xung điều khiển đánh lửa, V(t), và I(t) của 05 xung liên tục được ví dụ trong Hình 4.



Hình 4. Xung tín hiệu điều khiển, dòng điện và điện áp ở cuộn sơ cấp và thứ cấp tại tần số 150 Hz ở môi trường khí quyển

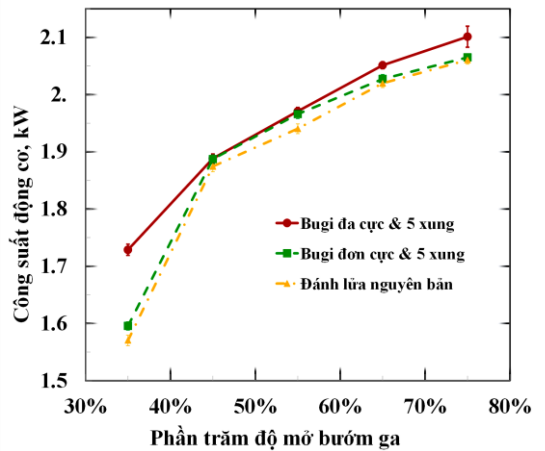
### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Công suất của động cơ

Hình 5 thể hiện công suất của động cơ tại các vị trí độ mở bướm ga khác nhau (35% - 75%). Kết quả của ba phương pháp đánh lửa riêng biệt được thể hiện, bao gồm: (P1) đánh lửa nguyên bản magneto (đường chấm-gạch và ký tự tam giác), (P2) đánh lửa 05 xung liên tục dùng bugi đơn cực

P-N (đường nét đứt và ký tự ô vuông), và (P3) đánh lửa 05 xung liên tục dùng bugi đa cực P-2N (đường nét liền và ký tự hình tròn). Kết quả cho thấy, công suất động cơ tăng khi tăng độ mở bướm ga, và có xu hướng tăng chậm lại ở các vị trí mở lớn hơn khi sử dụng cả 03 phương pháp đánh lửa nêu trên. Trong 02 phương pháp đánh lửa cải tiến, phương pháp P3 cải thiện công suất động cơ rõ rệt nhất, đặc biệt ở vùng độ mở bướm ga thấp. Cụ thể, phương pháp P3 cải thiện công suất nhiều nhất khoảng 10% tại 35% độ mở bướm ga, và xấp xỉ 2% ở các vị trí còn lại. Trong khi đó, phương pháp P2 cho công suất gần như không đổi so với phương pháp P1, ngoại trừ vị trí độ mở bướm ga 35% và 55% có cải thiện khoảng 2% so với đánh lửa nguyên bản của động cơ.

Ở vị trí độ mở bướm ga thấp (35%), lượng hỗn hợp không khí/nhiên liệu vào bên trong xylanh ít nên khó cháy. Do đó phương pháp đánh lửa hiệu quả và linh hoạt là cần thiết để kích thích quá trình cháy ban đầu và giúp nó tối ưu. Kết quả trên Hình 5 chứng tỏ, phương pháp đánh lửa đa xung đa cực (P3) có thể là phương pháp hiệu quả do có thể tạo ra nhân lửa ban đầu lớn để kích thích quá trình cháy. Nhân lửa được tạo ra do tia lửa điện hình thành giữa các điện cực của bugi đánh lửa. Việc sử dụng đa xung và đa cực có thể giúp tạo ra nhiều nhân lửa nhỏ và giao thoa để sớm đạt được bán kính giới hạn tự cháy trước khi tự lan truyền thành công. Kết quả là giảm thời gian cháy trễ của quá trình cháy.



Hình 5. Ảnh hưởng của số xung đánh lửa và số cặp điện cực đánh lửa đến công suất của động cơ tại các vị trí độ mở bướm ga khác nhau: Bugi đơn cực (P-N), Bugi đa cực (P-2N)

Ở những vị trí độ mở bướm ga cao hơn, mức độ cải thiện công suất của động cơ không đáng kể, cao nhất khoảng 2% khi sử dụng phương pháp đánh lửa đa xung. Điều này có thể được giải thích do hòa khí trở nên dễ cháy hơn và do đó các phương pháp đánh lửa P1 và P2 cũng dễ thích nghi hơn. Do đó, việc tạo nhân lửa lớn do dùng nhiều xung và nhiều cực trở nên ít ảnh hưởng đến công suất của động cơ. Mặc dù vậy, kết quả đã cho thấy tính khả thi khi áp dụng một phương pháp đánh lửa mới lên động cơ đốt trong nhằm thúc đẩy quá trình cháy, do đó có thể cải thiện công suất của động cơ.

#### 3.2. Thành phần khí xả

Thành phần khí xả CO, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, và NO<sub>x</sub> của động cơ tại các vị trí độ mở bướm ga khác nhau khi sử dụng 03 phương pháp đánh lửa riêng biệt cũng được đo đạc và trình bày trong Hình 6. Khi sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên bản

P1, lượng khí thải CO thay đổi không tuyến tính, giảm thấp nhất ở vị trí 45-50% độ mở bướm ga và ngoài vị trí này thì lại tăng mạnh (Hình 6a). Kết quả chứng tỏ rằng quá trình cháy của hòa khí không tối ưu nên mức chuyển hóa CO thành CO<sub>2</sub> không xảy ra kịp trước khi bị thải ra ngoài. Điều này có thể giải thích do năng lượng đánh lửa và góc đánh lửa sớm cố định chưa phù hợp với tính chất hòa khí ở vị trí độ mở bướm ga thấp hoặc cao. Vì thế hệ thống đánh lửa nguyên bản magneto với góc đánh lửa sớm cố định chưa thực tối ưu ở các chế độ làm việc này.

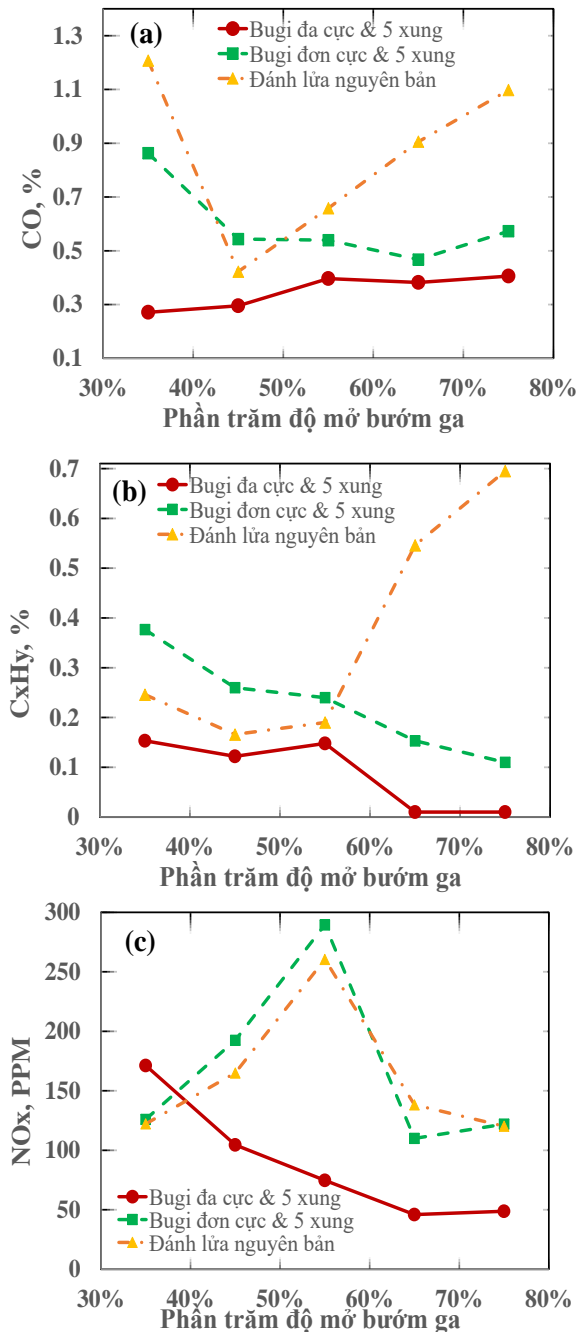
Khi sử dụng phương pháp đánh lửa đa xung đơn cực P2, kết quả cho thấy lượng CO trong khí thải giảm khi độ mở bướm ga thay đổi từ 35% lên 65%, và sau đó bắt đầu tăng nhẹ nếu tăng độ mở bướm ga lên 75%. Ngoài ra, lượng CO trong khí thải trong trường hợp này hầu như thấp hơn so với trường hợp dùng phương pháp đánh lửa nguyên bản P1, chứng tỏ sự đóng góp tích cực của phương pháp đánh lửa đa xung P2 vào việc thúc đẩy quá trình cháy.

Phương pháp đánh lửa đa xung đa cực P3 cho thấy, lượng CO trong khí thải gần như không đổi (hoặc tăng không đáng kể) và thấp nhất so với hai phương pháp ở trên. Sự tăng nhẹ CO ở vị trí độ mở bướm ga lớn hơn 50% có thể giải thích do tăng lượng hòa khí vào xy lanh. Kết quả cho thấy, phương pháp đánh lửa này đốt cháy hỗn hợp tốt nhất ở mọi chế độ khi so sánh với hai phương pháp trước đó.

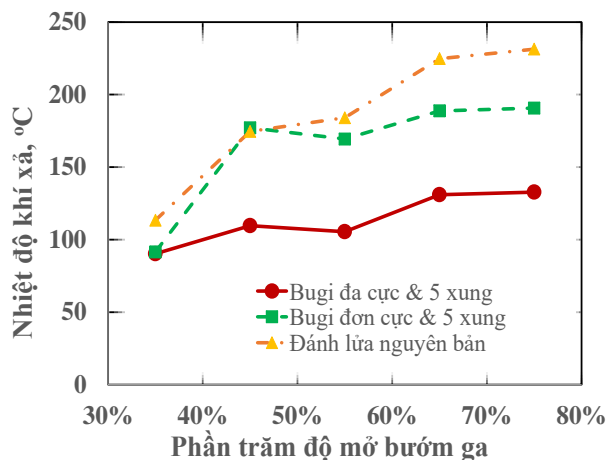
Tương tự, thành phần C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> trong khí xả được trình bày trong Hình 6b. Khi tăng độ mở bướm ga, lượng hòa khí vào xy lanh nhiều nên giúp hỗn hợp dễ cháy hơn do đó lượng C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> giảm. Tuy nhiên, khi độ mở bướm ga lớn hơn 55%, lượng C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> tăng mạnh nếu sử dụng phương pháp đánh lửa nguyên bản. Điều này cho thấy, phương pháp đánh lửa nguyên bản không hỗ trợ tốt cho quá trình cháy của hòa khí ở những chế độ vị trí bướm ga mở lớn. Ngược lại, hai phương pháp đánh lửa còn lại đều cho thấy lượng C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> giảm khi tăng độ mở bướm ga. Chú ý rằng, lượng C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> của phương pháp đánh lửa P3 là thấp nhất.

Hình 6c trình bày sự thay đổi của thành phần khí xả NO<sub>x</sub> khi tăng độ mở bướm ga của 03 phương pháp đánh lửa khác nhau. Diễn biến thay đổi NO<sub>x</sub> khi sử dụng phương pháp đánh lửa P1 và P2 là không tuyến tính và tương tự nhau. Phát thải NO<sub>x</sub> tăng mạnh ở vị trí 50%-60% độ mở bướm ga so với các vị trí còn lại có thể do nhiệt độ khí cháy tăng cao làm tăng khả năng kết hợp của N<sub>2</sub> và O<sub>2</sub>. Ở các vị trí bướm ga mở lớn hơn 60% thì thời gian của quá trình cháy bị rút ngắn do tốc độ động cơ tăng cao, có thể là nguyên nhân làm hạn chế hình thành NO<sub>x</sub>. Chú ý rằng, sự thay đổi lượng NO<sub>x</sub> khi sử dụng phương pháp đánh lửa P3 là khác so với hai phương pháp trên. Kết quả cho thấy, lượng NO<sub>x</sub> cao nhất ở vị trí 35% độ mở bướm ga và sau đó liên tục giảm nếu tăng độ mở bướm ga lên đến 75%. Lượng NO<sub>x</sub> cao hơn so với hai phương pháp đánh lửa P1 và P2 tại vị trí 35% độ mở bướm ga có thể do quá trình cháy diễn ra mạnh hơn dưới tác dụng của nhân lửa lớn, làm tăng nhiệt độ cháy. Khi tăng độ mở bướm ga, quá trình cháy bị rút ngắn không những do tốc độ động cơ tăng mà còn do thời gian cháy trễ bị rút ngắn. Vì vậy quá trình cháy không bị kéo dài sang kỳ giãn nở, nên vùng nhiệt độ cháy cao không được duy trì liên tục. Kết quả là giảm phát thải NO<sub>x</sub>.

Để kiểm chứng quan điểm nêu trên về sự hình thành của NO<sub>x</sub> dưới sự ảnh hưởng của các phương pháp đánh lửa khác nhau và diễn biến quá trình cháy, nhiệt độ khí xả được đo đạc và thể hiện trong Hình 7. Kết quả cho thấy phương pháp đánh lửa magneto nguyên bản tạo ra nhiệt độ khí xả cao nhất, tiếp đến là phương pháp đánh lửa đa xung đơn cực, và thấp nhất là đa xung đa cực. Điều này chứng tỏ rằng do quá trình cháy không bị kéo dài sang kỳ giãn nở nên nhiệt độ khí xả giảm khi thể tích xy lanh tăng lên trong kỳ giãn nở. Kết quả là nhiệt độ khí xả khi dùng phương pháp đánh lửa mới thấp hơn so với phương pháp đánh lửa nguyên bản.



**Hình 6.** Ảnh hưởng của số xung đánh lửa và số cặp điện cực đánh lửa đến mức độ phát thải của động cơ tại các vị trí độ mở bướm ga khác nhau: (a) CO, (b) C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, và (c) NO<sub>x</sub>



Hình 7. Nhiệt độ khí xả của động cơ tại các trị độ mỡ bướm ga khác nhau

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu này đã thử nghiệm hệ thống đánh lửa bán dẫn đa xung đơn cực hoặc đa cực trên động cơ Honda GX160. Số xung đánh lửa giữ không đổi với 5 xung. Tần số đánh lửa thay đổi từ 400 Hz đến 700 Hz tùy thuộc vào sự thay đổi độ mỡ bướm ga (35% - 75%) sao cho đảm bảo góc đánh lửa sớm không thay đổi ( $11^\circ$  trước điểm chết trên). Kết quả kiểm tra về công suất và khí thải của động cơ được thu thập và so sánh với phương pháp đánh lửa nguyên bản. Một số điểm quan trọng bao gồm:

(1) Sử dụng phương pháp đánh lửa 05 xung liên tục và bugi đa cực (P-2N) giúp cải thiện công suất động cơ nhiều nhất khoảng 10% tại vị trí 35% độ mỡ bướm, trong khi các vị trí khác thì mức độ cải thiện xấp xỉ 2% so với phương pháp đánh lửa nguyên bản

(2) Sử dụng phương pháp đánh lửa 05 xung liên tục kết hợp bugi đơn cực (P-N) cho thấy mức cải thiện công suất động cơ là không đáng kể, nhiều nhất khoảng 2% tại một số vị trí độ mỡ bướm ga so với phương pháp đánh lửa nguyên bản.

(3) So sánh các thành phần CO,  $C_xH_y$ , và  $NO_x$  có trong khí xả khi sử dụng 03 phương pháp đánh lửa nêu trên, kết quả cho thấy động cơ sử dụng phương pháp đánh lửa 05 xung liên tục kết hợp với bugi đa cực (P-2N) phát thải ô nhiễm thấp hơn so với 02 phương pháp còn lại.

Kết quả nghiên cứu chứng tỏ sử dụng phương pháp đánh lửa đa xung, đa cực có thể là cách thức hiệu quả để kích thích quá trình cháy của hỗn hợp hòa khí, đặc biệt các loại hỗn hợp nghèo và khó cháy. Kết quả là cải thiện được các thông số hoạt động và thành phần khí xả của động cơ. Tuy nhiên, nghiên cứu này chỉ dừng lại ở việc sử dụng 05 xung đánh lửa liên tục mà chưa xem xét đến ảnh hưởng của số xung đánh lửa lớn hơn. Ngoài ra, việc đánh giá ảnh hưởng của tần số đánh lửa và thay đổi góc đánh lửa sớm

cho phù hợp với tải và tốc độ động cơ cũng là điểm quan trọng để tiến hành trong các nghiên cứu tiếp theo.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ kinh phí bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật – Đại học Đà Nẵng trong đề tài có Mã số T2022-06-11.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] L. J. Jiang, S. Shy, M. T. Nguyen, S. Y. Huang, D. W. Yu, "Spark ignition probability and minimum ignition energy transition of the lean iso-octane/air mixture in premixed turbulent combustion", (in English), *Combustion and Flame*, 187, 87-95, 2018, 10.1016/j.combustflame.2017.09.006.
- [2] S. S. Shy, M. T. Nguyen, S. Y. Huang, "The Impact of Spark Gap and Differential Diffusion on Turbulent Premixed Ignition: Turbulent Facilitated Ignition versus Minimum Ignition Energy Transition", presented at the Fifteenth International Conference on Flow Dynamics, Sendai, Miyagi, Japan, November 7-9, 2018.
- [3] W. Chen, D. Madison, P. Dice, J. Naber, B. Chen, S. Miers, M. Czekala, C. Glugla, Q. Qu, G. Huberts, "Impact of Ignition Energy Phasing and Spark Gap on Combustion in a Homogenous Direct Injection Gasoline SI Engine Near the EGR Limit", presented at the SAE Technical Paper Series, 2013. Available: <https://doi.org/10.4271/2013-01-1630>
- [4] T. Badawy, X. Bao, H. Xu, "Impact of spark plug gap on flame kernel propagation and engine performance", *Applied Energy*, 191, 311-327, 2017, 10.1016/j.apenergy.2017.01.059.
- [5] X. Yu, S. Yu, Z. Yang, Q. Tan, M. Ives, L. Li, M. Liu, M. Zheng, "Improvement on Energy Efficiency of the Spark Ignition System", presented at the SAE Technical Paper Series, 2017. Available: <https://doi.org/10.4271/2017-01-0678>
- [6] M. Zheng, G. Chen, J. Tjong, L. Li, S. Yu, X. Yu, Z. Yang, "Spark-based Advanced Ignition Control for Future Diluted Gasoline Engines", in *Ignition Systems for Gasoline Engines: 4th International Conference, December 6 - 7, 2018, Berlin, Germany*. Ed.: M. Günther, pp. 1-25, 2018: expert-Verlag.
- [7] N. M. Tien, B. V. Hung, N. X. Bao, and T. T. Hoa, "Effect of dual-core spark discharge on ignition probability and engine power", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, Vol. 20, No. 12.1, pp. 11-14, 2022.
- [8] X. Yu, Z. Yang, S. Yu, X. hu, D. Ting, M. Zheng, L. Li, "Boosted Current Spark Strategy for Lean Burn Spark Ignition Engines", presented at the SAE Technical Paper Series, Technical Paper 2018-01-1133, 2018. Available: <https://doi.org/10.4271/2018-01-1133>
- [9] Z. Chen, M. P. Burke, Y. Ju, "Effects of Lewis number and ignition energy on the determination of laminar flame speed using propagating spherical flames", *Proceedings of the Combustion Institute*, 32(1), 1253-1260, 2009, 10.1016/j.proci.2008.05.060.
- [10] A. P. Kelley, G. Jomaas, C. K. Law, "Critical radius for sustained propagation of spark-ignited spherical flames", *Combustion and Flame*, 156(5), 1006-1013, 2009, 10.1016/j.combustflame.2008.12.005.
- [11] Z. Chen, M. P. Burke, Y. Ju, "On the critical flame radius and minimum ignition energy for spherical flame initiation", *Proceedings of the Combustion Institute*, 33(1), 1219-1226, 2011, 10.1016/j.proci.2010.05.005.
- [12] H. Zhu, X. Yu, L. Liang, M. Zheng, G. Reader, "Investigation of multi-event spark discharge strategy for lean methane-air combustion", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 235(9), 2618-2635, 2021, 10.1177/0954407020984599.