

NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG HỆ THỐNG ĐÁNH LỬA LASER NHẪM NÂNG CAO ĐẶC TÍNH ĐỘNG CƠ XĂNG RESEARCH OF LASER IGNITION TO ENHANCE ICE PERFORMANCE THROUGH SIMULATION

Lý Vĩnh Đạt¹, Đỗ Tấn Thích², Đỗ Văn Dũng¹

¹Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM, Việt Nam

²Trường Đại học Lạc Hồng, Việt Nam

Ngày toà soạn nhận bài 27/10/2019, ngày phản biện đánh giá 02/12/2019, ngày chấp nhận đăng 13/12/2019.

TÓM TẮT

Hiện nay, xe máy vẫn là phương tiện giao thông chủ yếu và phổ biến ở các quốc gia Châu Á đặc biệt là Việt Nam. Nhu cầu sử dụng xe máy ngày càng nhiều vì sự tiện lợi và phù hợp với tài chính của người dân, theo thời gian thì nguồn nhiên liệu hoá thạch ngày càng cạn kiệt, do đó nhu cầu cấp thiết đặt ra cho các nhà nghiên cứu đó là làm sao cải tiến một cách có hiệu quả vừa đảm bảo tính kinh tế, kỹ thuật và môi trường. Có nhiều cách cải tiến đặc tính động cơ, trong đó bao gồm cải tiến hệ thống đánh lửa. Bằng cách sử dụng phần mềm thiết kế CATIA và phần mềm ANSYS Fluent kết hợp với phần mềm Matlab nghiên cứu dự đoán chính xác hiệu suất động cơ, hiệu quả công suất và hiệu quả về chi phí. Bài báo đã sử dụng phần mềm CATIA 3D để thiết kế các hệ thống cơ bản trên động cơ xe máy Honda Future FI 125cc, mô phỏng quá trình đánh lửa Laser – khi mô phỏng được cho động cơ 1 xy lanh thì ta có thể mô phỏng hệ thống đánh lửa Laser cho nhiều xy lanh, đây là hệ thống đánh lửa mới nhất trong tất cả các hệ thống đánh lửa trên động cơ đốt trong. Từ đó, so sánh động cơ dùng hệ thống đánh lửa Laser với hệ thống đánh lửa của các thế hệ trước đó. Phần mềm Matlab dùng để tính toán công suất, mô men xoắn, suất tiêu hao nhiên liệu, khối lượng khí nạp, khối lượng khí cháy, năng lượng tia lửa, tính hiệu quả về hệ thống đánh lửa mới nhất – hệ thống đánh lửa Laser.

Từ khoá: động cơ; hệ thống đánh lửa Laser; công suất; phần mềm ANSYS Fluent; phần mềm Matlab.

ABSTRACT

Nowadays, motorbike is a main and popular transport in Asia countries that includes Vietnam. The demand for motorcycles is increasing, because of the convenient and affordable transport for the people, over time, the fossil fuel source is increasingly depleted, due to increasing demand. Researchers find the methods that improve engine performance, efficiency and economy fuel consumption, technology and environment. There are many ways to improve engine performance, including improved ignition systems. By using CATIA design and ANSYS Fluent software in conjunction with Matlab software, the research predicts the engine efficiency accurately and efficiency power and cost-effectively. In this paper, the researchers will use CATIA 3D design software to design the basic system on the Honda Future FI 125cc engine. Simulating the Laser ignition system process combustion when simulating single cylinder engine then can simulate Laser ignition system for multiple cylinders. The Laser ignition latest ignition system in all other ignition systems. From there, compared to efficiency between Laser ignition system and conventional ignition system. Matlab software is used to calculate power, torque, BSFC, intake air mas, MFB, ignition energy, efficiency of the latest ignition system – the Laser ignition system.

Keywords: engine; Laser ignition system; power; ANSYS software; Matlab software.

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, có nhiều công trình nghiên cứu để nâng cao đặc tính của động cơ xăng, nhiều nhà nghiên cứu ô tô đã tiến hành cải tiến các hệ thống, trong đó không thể không kể đến việc cải tiến hệ thống đánh lửa. Cải tiến hệ thống đánh lửa bằng cách thay thế các phương pháp đánh lửa khác, nhiều đề tài có đề cập đến hệ thống đánh lửa siêu tụ, hệ thống đánh lửa lai. Trong bài báo này nghiên cứu về đặc tính của động cơ xăng khi dùng hệ thống đánh lửa Laser. Mullet [1] cùng cộng sự đã nghiên cứu ảnh hưởng các thông số Laser chỉ ra ưu điểm của hệ thống đánh lửa Laser (LIS) so với hệ thống đánh lửa cưỡng bức (SIS), đó là hiệu quả cháy của động cơ và vị trí đặt tia Laser là bất kỳ ở vị trí nào trong buồng đốt chứ không phải là cố định như hệ thống đánh lửa truyền thống. Bởi vì, hệ thống đánh lửa cưỡng bức thì vị trí bu – gi là cố định, điện cực nhô ra và có hạn chế về sự đập tắt các ion từ điện cực trung tâm phóng ra điện cực bìa, dẫn đến tia lửa tại vị trí bu – gi sẽ yếu. Nghiên cứu gần đây trong việc sử dụng hệ thống đánh lửa bằng Laser (LIS) để đốt cháy hỗn hợp nhiên liệu không khí trong động cơ đốt trong (ICE) đã cho thấy có nhiều lợi thế tiềm năng so với hệ thống đánh lửa cưỡng bức (SIS): giảm phát thải, động cơ hoạt động ổn định hơn và tốc độ cầm chừng tốt hơn. Yasar [2] đã tiến hành mô phỏng hệ thống đánh lửa Laser thông qua phương pháp mô phỏng CFD, tác giả đã đưa ra phương trình trạng thái EOS (Equation of State) và nêu lên bản chất của cơ chế hình thành tia Laser. Nhóm nghiên cứu đứng đầu là Liedl cùng cộng sự [3] đã nghiên cứu mô phỏng số của hệ thống đánh lửa Laser trong điều kiện môi trường khác nhau. Việc nghiên cứu này nhằm mục đích để đánh giá các thông số khi ứng dụng thực tế trên động cơ ở những trường hợp chịu ảnh hưởng khác nhau trong buồng đốt (áp suất, nhiệt độ). Dearden và Shenton [4] đã nghiên cứu quá trình đánh lửa Laser ứng dụng trên động cơ phun xăng trực tiếp (GDI), Peters [5] đã nghiên cứu tính đa vật lý của tia Laser đối với nhiên liệu được dùng trên động cơ đốt trong. Puli và Kumar [6] đã phân tích ưu điểm của hệ thống đánh lửa Laser so với hệ thống đánh lửa cưỡng bức.

Phần mềm Matlab/ Simulink được dùng để mô hình hóa và mô phỏng quá trình sinh công của động cơ khi dùng hệ thống đánh lửa cưỡng bức và hệ thống đánh lửa Laser. Đó là phần mềm chủ đạo được ứng dụng trong bài báo này. Phần mềm ANSYS Fluent được sử dụng để mô phỏng CFD, kết quả về hệ số xoáy lốc dọc và xoáy lốc ngang sẽ là thông số đầu vào để tính hai hệ số a và m có ảnh hưởng đến quá trình cháy:

$$a = 5 + 0,1 \cdot R_{st} \cdot \exp(R_{st} - 2) \quad (1)$$

$$m = 2 + 0,4 \cdot R_{st} \cdot \exp(R_{st} - 2) \quad (2)$$

Trong đó: R_{st} là tổng hệ số xoáy lốc dọc và ngang. Khi có được hai hệ số này ta sẽ tính được thông số y ảnh hưởng của quá trình cháy.

Thông số y chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố: phân khối lượng nhiên liệu bị cháy, góc quay của trục khuỷu khi bắt đầu đánh lửa để đốt cháy nhiên liệu. Quan trọng hơn là ảnh hưởng của xoáy lốc dọc và ngang thông qua 2 thông số a , m được ước lượng qua mô hình cháy Wiebe function:

$$y = \frac{dx_b}{d\theta} = a \cdot \frac{m+1}{\theta_d} \left(\frac{\theta - \theta_0}{\Delta\theta} \right)^m \exp\left(-a \cdot \left(\frac{\theta - \theta_0}{\theta_d} \right)^{m+1}\right) \quad (3)$$

Quá trình cháy và nhả nhiệt liên quan đến công suất động cơ. Quá trình nhả nhiệt của động cơ được đặc trưng bởi tốc độ cháy, khối lượng nhiên liệu bị cháy y , nhiệt trị của nhiên liệu Q_{HV} và khối lượng nhiên liệu trên 1 chu kỳ m_f theo công thức sau [7]:

$$\frac{dQ_{hr}}{d\theta} = y \cdot (Q_{HV}) \cdot m_f \quad (4)$$

Trong quá trình cháy thì sẽ có nhiệt lượng tỏa ra và quá trình truyền nhiệt. Hai yếu tố này có ảnh hưởng lớn đến quá trình cháy của động cơ theo công thức sau:

$$\frac{dp}{d\theta} = -\gamma \frac{p}{V} \frac{dV}{d\theta} + \frac{\gamma - 1}{V} \left(\frac{dQ_{hr}}{d\theta} - \frac{dQ_{hr}}{d\theta} \right) \quad (5)$$

Bên cạnh đó, thông số thể tích là một hàm số theo góc quay của trục khuỷu động cơ:

$$V_{ci}(\theta) = \frac{V_d}{2} (1 - \cos\theta) + V_{cl} \quad (6)$$

V_d : Thể tích của xy lanh (m^3).

V_{ci} : Thể tích phần lõm xy lanh (m^3).

Năng lượng đánh lửa của hệ thống đánh lửa cưỡng bức (SIS) và hệ thống đánh lửa Laser (LIS) là yếu tố ảnh hưởng đến tốc độ cháy và sản phẩm cháy của động cơ. Đối với động cơ dùng hệ thống đánh lửa cưỡng bức thì có nhược điểm là tia lửa sẽ yếu khi chạy ở tốc độ cao (phụ thuộc vào dòng điện ngắt), còn năng lượng của động cơ dùng hệ thống đánh lửa Laser thì có khả năng đáp ứng mọi chế độ hoạt động, chỉ cần phân bố lại năng lượng của các tia Laser. Năng lượng phụ thuộc vào I_B ngưỡng mật độ năng lượng khi phân rã (Breakdown Power Density Threshold) và ngưỡng năng lượng để tạo ra tia Laser E_B . Chúng có mối liên hệ sau: [8]

$$I_B = \frac{1}{\pi} \left(\frac{E_B}{R^2 \cdot t} \right) \quad (7)$$

Trong đó:

R : Bán kính của tia Laser sau khi đi qua tiêu điểm, $R = 1.22 \cdot \frac{f}{d}$ với f là tiêu cự, d là bán kính của tia, E_B là năng lượng phân rã của tia Laser.

Tia Laser bản chất là sóng điện từ (Electromagnetic Wave) và có năng lượng đánh lửa là:

$$E_{LIS} = 1,94 \times 10^4 \sqrt{I_B} \quad (8)$$

Năng lượng đánh lửa của hệ thống đánh lửa cưỡng bức phụ thuộc nhiều vào yếu tố, đặc biệt là quá trình ngắt điện ở cuộn sơ cấp và thời gian tăng trưởng của dòng điện thứ cấp, đó chính là thời gian ngậm điện “dwell”: [9]

$$I_{ng} = \frac{U_1}{R} \left(1 - e^{-\frac{t_d}{\tau_1}} \right) \quad (9)$$

Trong đó:

U_1 : Hiệu điện thế ngoài cung cấp (ắc quy)
 R_1 : Điện trở của cuộn sơ cấp, $R_1 = (0,5 - 1,0) [\Omega]$, điện trở trong càng nhỏ thì bộ bin có giá thành đắt.

L_1 : Độ tự cảm của cuộn sơ cấp, $L_1 = (0,1 - 5,0) \cdot 10^{-3} [H]$. Thực tế $L_1 = 0,62 \cdot 10^{-3} [H]$, vì L_1 tăng cao quá sẽ làm giảm I_{ng} và gây tia lửa điện ở tiếp điểm.

2. MÔ HÌNH HÓA VÀ MÔ PHÒNG

2.1 Các thông số đầu vào

Quá trình xoáy lốc dọc ít nhiều ảnh hưởng đến mật độ hòa khí tập trung tại vị trí đặt tia Laser, chỉ số xoáy lốc này tập trung vào cuối kỳ nén, điều đó chứng tỏ là quá trình hòa trộn của hòa khí nạp là tốt. Khi hòa trộn tốt, chỉ cần chiếu xung tia Laser vào trong buồng đốt thì hòa khí dễ bốc cháy, thành phần xoáy lốc ngang (Tumble) giá trị cực đại là 1,35. Và hệ số xoáy lốc tổng cộng là: 4,05.

Thông số kết cấu của động cơ là một thông số kỹ thuật quan trọng để tiến hành thiết lập mô phỏng được định nghĩa trong bảng 1.

Bảng 1. Thông số cơ bản của động cơ

Thông số	Giá trị	Đơn vị
Thể tích công tác	125	cc
Tỷ số nén	9,3	--
Độ dài thanh truyền	101,5	mm
Đường kính xy lanh	52,4	mm
Bán kính trục khuỷu	28,95	mm
Số xú páp	2	--
Đường kính cổ nạp khí	23,2	mm
Độ nâng xú páp nạp	0,2	mm
Độ nâng xú páp xả	0,2	mm

Bên cạnh đó, các thông số ảnh hưởng đến quá trình cháy chính là các thông số của hệ thống đánh lửa. Có những thông số quan trọng này để tiến hành thiết lập vào trong phần mềm Matlab/Simulink từ đó tính toán, dự đoán đặc tính của động cơ.

Bảng 2. Thông số hệ thống đánh lửa Laser.

Thông số	Giá trị	Đơn vị
Bước sóng Laser	266	nm
Năng lượng Laser	0,4	mJ/xung
Công suất xung Laser	2,67	kW
Tiêu cự thấu kính	350	mm
Đường kính thấu kính	10	mm
Hệ số dịch chuyển Wien	$2,9 \cdot 10^{-3}$	m.K

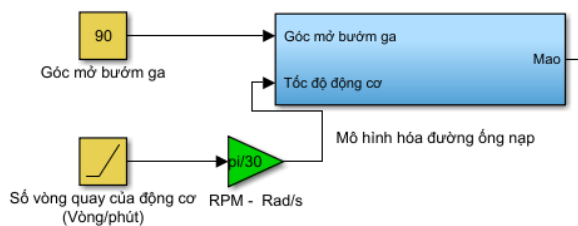
Để so sánh đặc tính của động cơ dùng hệ thống đánh lửa Laser và động cơ dùng hệ thống đánh lửa cưỡng bức thì ta phải có các thông số đầu vào của hệ thống đánh lửa cưỡng bức để mô hình hóa và mô phỏng.

Bảng 3. Thông số hệ thống đánh lửa cưỡng bức.

Thông số	Giá trị	Đơn vị
Độ tự cảm cuộn sơ cấp	$0,62 \cdot 10^{-3}$	H
Điện trở cuộn sơ cấp	0,5	Ohm
Số vòng dây quấn cuộn sơ cấp	350	vòng
Số vòng dây quấn cuộn thứ cấp	19000	vòng
Hiệu suất đánh lửa	80	%
Điện dung cuộn sơ cấp	$0,7 \cdot 10^{-6}$	F
Điện dung cuộn thứ cấp	10^{-10}	F

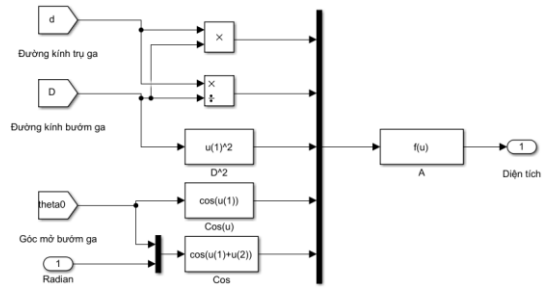
Sau khi có các thông số đầu vào ta tiến hành mô hình hóa tại các vị trí như: đường ống nạp, quá trình cháy và sinh công. Bằng việc thiết lập các hàm tính toán trong phần mềm Matlab/ Simulink.

2.2 Mô hình hóa và mô phỏng tại đường ống nạp



Hình 1. Mô hình hóa tại đường ống nạp.

Trong khối mô hình hóa đường ống nạp nó chứa nhiều khối (Subsystem) nhỏ, mỗi khối SubSystem nhỏ chính là các hàm, các khối công thức, các khối tính toán. Việc liên kết giữa các khối này được thực hiện bởi các đường nối line nối lại với nhau và chúng có mối liên hệ toán học đó là các thông số như: thể tích công tác của xy lanh, nhiệt độ tại đường ống nạp, đường kính bướm ga, đường kính trụ ga,...

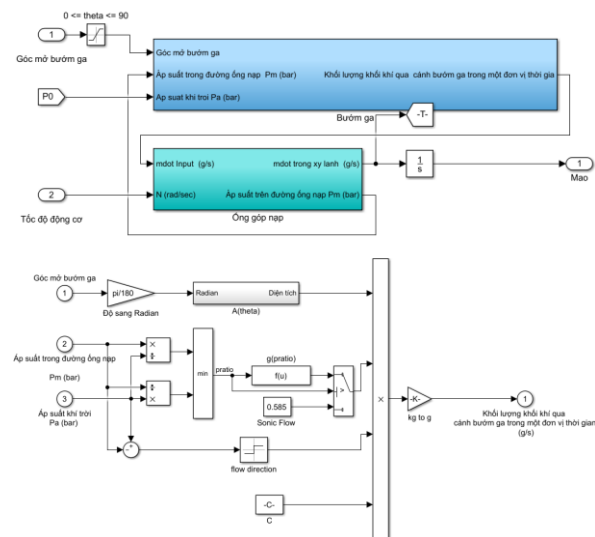


Hình 2. Một khối Subsystem để tính toán diện tích bướm ga.

Lưu lượng của môi chất nạp vào tùy thuộc vào p_0 thể hiện cho áp suất môi trường, p_m áp suất ống góp hút, γ chỉ số nén đa biến trung bình và không thể không kể đến đó là diện tích thân bướm ga.

A_φ : diện tích thân bướm ga (m^2), là một hàm của vị trí bướm ga. Vì thế A_φ được tính bằng phương trình sau: [10]

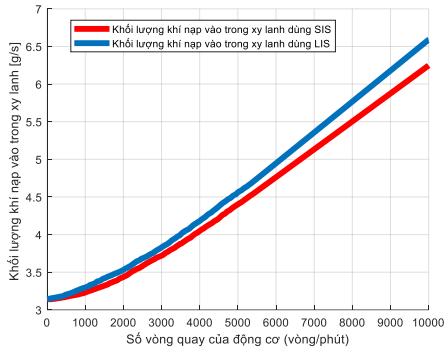
$$A(\varphi) = \frac{d \cdot D}{2} \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{d \cdot D}{2} \left[1 - \left(\frac{d}{D} \frac{\cos(\varphi_0)}{\cos(\varphi_0 + \varphi)} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{D^2}{2} \cdot \sin^{-1} \left\{ \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right. \\ \left. - \frac{D^2 \cos(\varphi_0 + \varphi)}{2 \cos(\varphi_0)} \cdot \sin^{-1} \left\{ \left[1 - \left(\frac{d}{D} \frac{\cos(\varphi_0)}{\cos(\varphi_0 + \varphi)} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \right\} \quad (10)$$



Hình 3. Khối Subsystem trong mô hình hóa tại đường ống nạp.

Khối lượng không khí đi qua cánh bướm ga được mô hình hóa cụ thể như hình 3, với các thông số đầu vào là góc mở cánh bướm ga, áp suất trong đường ống góp nạp, áp suất khí trời.

Sau khi mô hình hóa và mô phỏng tại đường ống nạp với các hàm tính toán trong Matlab/ Simulink ta sẽ có được khối lượng khí nạp vào trong động cơ dùng hệ thống đánh lửa Laser và hệ thống đánh lửa cưỡng bức như hình 4.



Hình 4. Khối lượng khí nạp LIS và SIS.

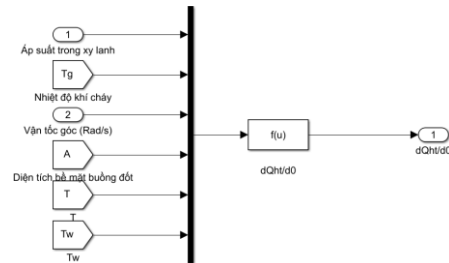
Khối lượng khí nạp vào trong động cơ có giá trị tăng dần theo tuyến tính khi tăng số vòng quay trục khuỷu động cơ, nghĩa là khi tăng số vòng quay trục khuỷu thì bướm ga phải mở lớn, khi bướm ga mở lớn thì lượng gió đi vào trong xy lanh càng nhiều. Từ đồ thị hình 4, nếu cùng tốc độ số vòng quay của trục khuỷu và cùng vị trí góc bướm ga thì khối lượng không khí nạp vào động cơ khi dùng hệ thống đánh lửa Laser luôn lớn hơn khối lượng không khí nạp vào trong xy lanh khi dùng hệ thống đánh lửa cưỡng bức, chứng tỏ một điều rằng: quá trình nạp của động cơ dùng hệ thống đánh lửa Laser là tối ưu hơn, lượng không khí nạp nhiều hơn nên hiệu suất nạp là lớn. Sở dĩ, điều đó xảy ra là vì đối với hệ thống đánh lửa Laser hòa khí cháy triệt để, vì hòa khí cháy triệt để và thải sạch nên không còn lượng khí sót chiếm chỗ trong không gian buồng đốt. Như vậy, khối lượng nạp vào trong xy lanh cũng đánh giá phần nào về đầu ra công suất của một động cơ, việc cải tiến hệ thống đánh lửa cũng góp phần ảnh hưởng đến lượng khí nạp.

2.3 Mô hình hóa và mô phỏng quá trình cháy

Quá trình cháy được xây dựng trên nhiều yếu tố, tức là xây dựng trên các hàm toán học có tính chất liên hệ với nhau dựa trên lý thuyết cháy của động cơ đốt trong. Sơ đồ khối của quá trình cháy với thông số đầu vào chính là khối lượng không khí nạp vào trong

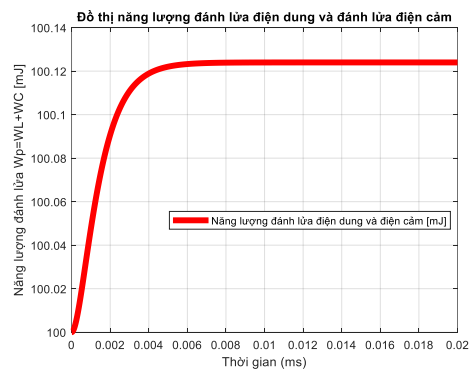
xy lanh động cơ, khối lượng không khí này đã được tính toán dựa vào khối Mô hình hóa đường ống nạp đã tính trước đó. Góc quay trục khuỷu động cơ cũng là một thông số đầu vào. Đầu ra chính là mô men chỉ thị của động cơ. Hiệu số giữa mô men chỉ thị và mô men ma sát chính là mô men có ích.

Lượng nhiệt truyền đi là một yếu tố mà ta quan tâm, nếu lượng nhiệt truyền cho các chi tiết thành xy lanh quá nhiều thì sẽ ảnh hưởng đến các kỳ cháy tiếp theo, nó chịu ảnh hưởng của một chuỗi các thông số đầu vào như: Áp suất trong lòng xy lanh, nhiệt độ thành xy lanh, nhiệt độ khối khí khi cháy, diện tích bề mặt của buồng đốt và được mô hình hóa bằng hàm Fcn trong Matlab.



Hình 5. Mô hình lượng nhiệt truyền đi trong thành xy lanh.

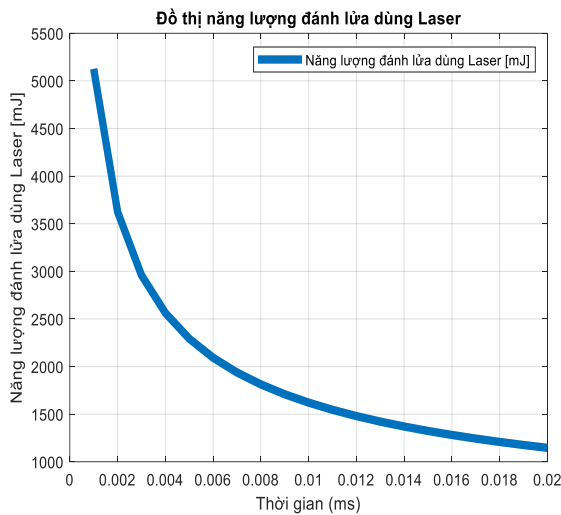
Năng lượng đánh lửa cũng phần nào nói lên được hiệu quả cháy của một động cơ, nếu năng lượng đủ lớn thì quá trình cháy diễn ra hoàn hảo, hòa khí cháy hoàn toàn và sinh công lớn, ít gây ô nhiễm môi trường. Năng lượng đánh lửa của hệ thống đánh lửa cưỡng bức phụ thuộc nhiều vào các yếu tố, đặc biệt là quá trình ngắt dòng điện ở cuộn sơ cấp và thời gian tăng trường của dòng điện thứ cấp, đó chính là thời gian ngậm điện “dwell”.



Hình 6. Năng lượng đánh lửa của động cơ dùng hệ thống đánh lửa cưỡng bức (SIS).

Năng lượng đánh lửa của hệ thống đánh lửa cưỡng bức (SIS) đạt giá trị bão hòa khoảng 100,08 [mJ]. Vì năng lượng tăng từ từ nên nó có độ trễ, do đó khi xe chạy ở tốc độ cao thì năng lượng không đủ lớn, do quá trình tăng trưởng dòng thứ cấp không đáp ứng với tốc độ động cơ.

Đối với hệ thống đánh lửa Laser (LIS) thì năng lượng của nó không phụ thuộc vào dòng điện ngắt và quá trình tăng trưởng của dòng điện thứ cấp. Năng lượng Laser phụ thuộc vào I_B ngưỡng mật độ năng lượng khi phân rã (Breakdown power density threshold) và ngưỡng năng lượng để tạo ra tia Laser E_B .

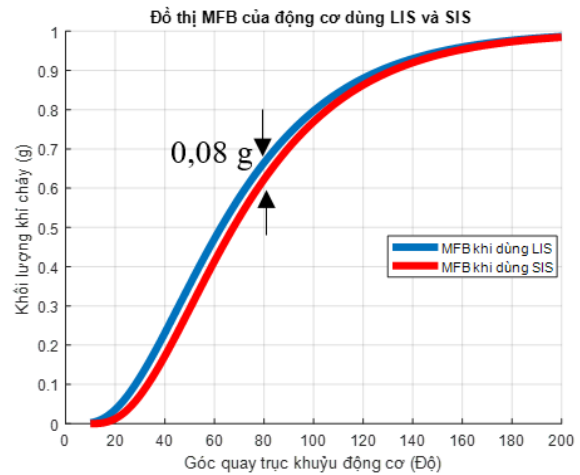


Hình 7. Năng lượng đánh lửa của động cơ dùng hệ thống đánh lửa Laser (LIS).

Năng lượng đánh lửa của động cơ dùng hệ thống đánh lửa Laser có biên dạng là đường cong Hypebol, ở thời gian rất nhỏ thì năng lượng đánh lửa rất cao, cụ thể nhìn vào đồ thị tại vị trí thời gian 0.001 ms, thì năng lượng tia lửa khoảng 5100 [mJ], lớn hơn rất nhiều so với hệ thống đánh lửa cưỡng bức (SIS). Nghĩa là, thời gian đáp ứng tia lửa là rất nhạy, không có độ trễ về thời gian. Sở dĩ, năng lượng tia lửa giảm dần theo thời gian là do hiện tượng mất mát năng lượng của photon khi bức xạ. Xét về mức độ nhạy tia lửa, không có sự trễ, hệ thống đánh lửa Laser đáp ứng rất tốt. Khi năng lượng tia lửa lớn và không có độ trễ thì hiệu quả cháy cao, công suất động cơ tăng, quá trình cháy diễn ra

hoàn hảo, không gây ô nhiễm môi trường, đó là những tính chất ưu việt của động cơ khi dùng hệ thống đánh lửa Laser.

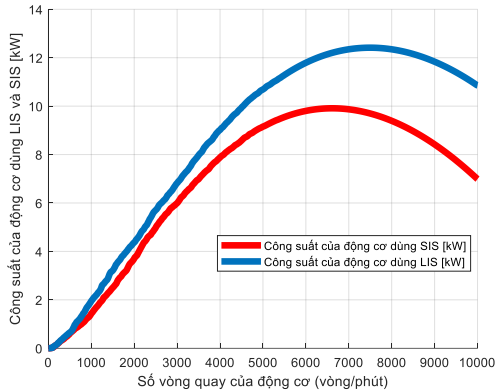
Khối lượng khí cháy trong buồng đốt (MFB – Mass Fraction Burn) là thông số để đánh giá được năng lượng tia lửa mạnh hay yếu và quá trình cháy diễn ra trong buồng đốt có hoàn hảo hay không.



Hình 8. Khối lượng khí cháy (MFB) khi dùng LIS và SIS.

Khối lượng khí cháy MFB (Mass Fraction Burn) của động cơ khi dùng hệ thống đánh lửa Laser và hệ thống đánh lửa cưỡng bức ta có nhận xét như sau: Biên dạng của khối lượng khí cháy MFB là một đường cong hình chữ S (S Shaped curves), phù hợp với cơ sở lý thuyết, vì nó là hàm mũ. Khối lượng khí cháy MFB khi dùng hệ thống đánh lửa Laser luôn lớn hơn khối lượng khí cháy MFB khi dùng hệ thống đánh lửa cưỡng bức. Cụ thể là ở góc quay 80 độ thì độ tăng khối lượng khí đã cháy giữa hai hệ thống là 0,08 gam. Chứng tỏ một điều rằng: chất lượng cháy sạch trong buồng đốt của động cơ khi dùng hệ thống đánh lửa Laser là tốt, không còn lượng khí sót choáng chỗ trong buồng đốt nên hiệu quả nạp cao.

Công suất của một động cơ là yếu tố nhà sản xuất, nhà cải tạo động cơ quan tâm nhất. Vì công suất ảnh hưởng đến đặc tính của một động cơ là mạnh hay yếu. Như vậy, thông số này không thể thiếu trong việc cải tiến một động cơ.



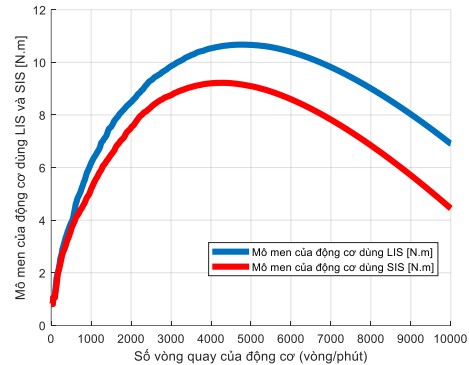
Hình 9. Công suất động cơ khi dùng LIS và SIS.

Nhìn vào hình 9 ta thấy công suất của động cơ dùng hệ thống đánh lửa cường bức luôn nhỏ hơn so với công suất của động cơ dùng hệ thống đánh lửa Laser. Khi tốc độ động cơ tăng trên 1000 vòng/phút thì sự chênh lệch ngày càng rõ rệt.

Công suất của động cơ dùng hệ thống đánh lửa Laser luôn đáp ứng với mọi chế độ hoạt động của động cơ, vì kỹ thuật điều khiển tia Laser là dễ dàng hơn so với kỹ thuật điều khiển bằng tia lửa bu – gi. Ở hệ thống đánh lửa cường bức thì có “độ trễ” khi ở tốc độ cao, vì cần có sự tăng trưởng của dòng điện thứ cấp trong bobin và có sự cản trở của các chi tiết trong hệ thống đánh lửa cường bức, cụ thể là điện trở của các cuộn dây quấn trong bobin. Độ trễ này chính là một trong những yếu tố gây công suất động cơ không đạt tối ưu ở tốc độ cao.

Công suất của động cơ khi dùng hệ thống đánh lửa cường bức đạt giá trị cực đại khoảng 10 kW tại số vòng quay 6500 vòng/phút. Còn công suất cực đại của động cơ khi dùng hệ thống đánh lửa Laser thì đạt giá trị khoảng 12,5 kW tại số vòng quay 7500 vòng/phút. Khoảng giá trị cực đại của công suất khi dùng hai loại hệ thống đánh lửa này dao động trong khoảng từ 6500 vòng/phút đến 7500 vòng/phút. Động cơ sử dụng hệ thống đánh lửa Laser sẽ có công suất tăng gấp 1,25 lần so với động cơ sử dụng hệ thống đánh lửa cường bức điều đó thể hiện tính năng ưu việt của động cơ khi dùng hệ thống đánh lửa Laser. Thông số mô men cũng là một thông số quan trọng trong việc

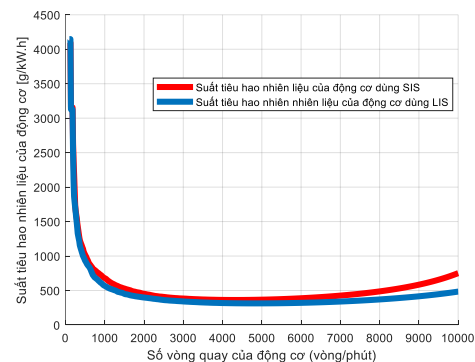
đánh giá đặc tính động cơ, nó là đặc trưng cho khả năng sức mạnh của một động cơ.



Hình 10. Mô men của động cơ khi dùng LIS và SIS.

Khi tốc độ động cơ bắt đầu tăng lên thì có sự phân hóa rõ rệt về mô men, cụ thể là tốc độ lớn hơn 1000 vòng/phút. Mô men của động cơ dùng hệ thống đánh lửa cường bức (SIS) đạt giá trị cực đại với giá trị khoảng 9 N.m ở số vòng quay 4200 vòng/phút. Còn động cơ dùng hệ thống đánh lửa Laser thì mô men đạt cực với giá trị là 10,5 N.m ở số vòng quay 5000 vòng/phút.

Suất tiêu hao nhiên liệu (BSFC) là một thông số mà nhà sản xuất, chế tạo, cải tiến động cơ quan tâm, nó cũng là một thông số để đánh giá tính hiệu quả kinh tế, một thông số mà sau khi cải tiến không thể bỏ qua. Suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ còn nói lên khả năng tiết kiệm nhiên liệu của một động cơ. Thông thường đối với ô tô, xe máy thì thông số này được tính toán là tiêu hao nhiên liệu theo quãng đường nghĩa là cho xe chạy trên địa hình đường thực tế từ đó tính được lượng tiêu hao theo 100 km.



Hình 11. Suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ dùng LIS và SIS.

Nhìn vào hình 11 ta thấy khi tốc độ động cơ tăng lên thì suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ dùng hệ thống đánh lửa cưỡng bức là lớn hơn so với động cơ dùng hệ thống đánh lửa Laser. Đặc biệt, từ tốc độ trục khuỷu động cơ lớn hơn 7000 vòng/phút thì suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ dùng hai loại đánh lửa này càng phân hóa rõ rệt. Sở dĩ, suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ dùng hệ thống đánh lửa cưỡng bức là lớn hơn vì quá trình nạp kém nên hòa khí cháy không triệt để và sản sinh ra một lượng dư nhiên liệu, mặc dù công suất thì thấp nhưng tiêu hao nhiên liệu lại tăng, như vậy là điều không mong muốn.

Quá trình mô phỏng tính toán được suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ khi dùng hệ thống đánh lửa Laser là luôn tối ưu ở mọi tốc độ. Suất tiêu hao nhiên liệu càng nhỏ là càng tốt, nói lên động cơ là tiết kiệm nhiên liệu. Ở vận tốc kinh tế (tại vị trí suất tiêu hao nhiên liệu nhỏ nhất) thì giá trị của suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ khi dùng hệ thống đánh lửa Laser là nhỏ, chứng tỏ việc cải tiến này là tối ưu. Tỷ lệ giá trị giữa suất tiêu hao nhiên liệu của LIS và SIS là giảm khoảng 0,857 lần.

Từ các đồ thị đặc tính của động cơ (công suất, mô men, suất tiêu hao nhiên liệu) khi dùng hai loại hệ thống đánh lửa khác nhau ta thấy: khi tốc độ vòng quay trục khuỷu tăng lên thì công suất và mô men của động cơ dùng hệ thống đánh lửa Laser là lớn hơn, điều đó chứng tỏ đặc tính của động cơ dùng hệ thống đánh lửa Laser là tốt, còn suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ dùng hệ thống đánh lửa Laser thì nhỏ hơn, chứng tỏ khi dùng hệ thống đánh lửa Laser (LIS) thì tiết kiệm nhiên liệu, ít phát thải ô nhiễm ra môi trường, hiệu quả về tính kinh tế.

3. KẾT LUẬN

Như vậy, bằng việc tìm hiểu và nghiên cứu về mô hình hóa và mô phỏng của một động cơ dùng hệ thống đánh lửa Laser và so sánh với động cơ dùng hệ thống đánh lửa

cưỡng bức là rất cần thiết, vì xu thế của thế giới là cải tiến động cơ làm sao ít can thiệp vào kết cấu của động cơ. Việc cải tiến chất lượng cháy thông qua cải tiến hiệu quả đánh lửa. Đó chính là cải tiến không can thiệp vào kết cấu của động cơ, khi dùng hệ thống đánh lửa Laser đó là một lựa chọn phù hợp để nâng cao đặc tính của động cơ xăng.

Ngày nay, với xu thế nghiên cứu về các hệ thống đánh lửa mới (hệ thống đánh lửa lai, hệ thống đánh lửa siêu tụ và hệ thống đánh lửa Laser) đang là trào lưu cho các nhà nghiên cứu, sản xuất, chế tạo ô tô.

Bài báo này đã mô hình hóa và mô phỏng, so sánh đặc tính, các thông số khác của động cơ khi dùng hệ thống đánh lửa Laser và hệ thống đánh lửa cưỡng bức một cách khoa học, tuy nhiên việc chọn các thông số để mô phỏng là dựa vào lý thuyết. Sau khi mô phỏng các thông số yêu cầu ở đầu ra là tối ưu và phù hợp. Qua đây, ta thấy các đồ thị đặc tính như: công suất, mô men, suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ dùng hệ thống đánh lửa Laser (LIS) là luôn tối ưu, đáp ứng với mong muốn của việc mô phỏng. Cụ thể, công suất và mô men của động cơ dùng hệ thống đánh lửa Laser (LIS) là luôn cao hơn so với hệ thống đánh lửa cưỡng bức (SIS). Còn suất tiêu hao nhiên liệu (BSFC) của động cơ dùng hệ thống đánh lửa Laser (LIS) là nhỏ hơn so với động cơ dùng hệ thống đánh lửa cưỡng bức (SIS). Bên cạnh đó, khối lượng không khí nạp vào trong xy lanh của động cơ, năng lượng đánh lửa của hệ thống đánh lửa Laser (LIS) là cao hơn so với hệ thống đánh lửa cưỡng bức (SIS). Chứng tỏ một điều là việc chọn hệ thống đánh lửa Laser là tối ưu cho động cơ đốt trong, và nó cũng là hệ thống đánh lửa thế hệ thứ 05 mới nhất, có tính chất ưu việt nhất.

LỜI CẢM ƠN

Trong quá trình thực hiện nghiên cứu này, tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Lạc Hồng và Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật đã tài trợ kinh phí.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Mullett, J. D., Carroll, S., Dearden, G., Shenton, A. T., Watkins, K. G., Triantos, G. and Keen, *Laser ignition of an IC test engine using an Nd:YAG laser and the effect of key laser parameters on engine combustion performance*, Product Engineering & Manufacturing Volume 3, 2005, pp. 104-111.
- [2] O. Yasar, *Plasma Modeling of Ignition for Combustion Simulations, Parallel Computing*, 27, pp.1, 2001.
- [3] Liedl, G., Schuöcker, D., Geringer, B., Graf, J., Klawatsch, D., Lenz, H. P., Piock, W. F., Jetzinger, M. and Kapus, *Laser induced ignition of gasoline direct injection engine*, Proc. SPIE, Vol. 5777, 2005, pp. 955-960.
- [4] Geoff Dearden and Tom Shenton, *Laser ignited engines: progress, challenges and prospects*, C) 21, pp. 1125, November 2013.
- [5] Nathan Peters, *Investigation of the multi physics of laser-induced ignition of transportation fuels* Dissertations, Syracuse University, 2017.
- [6] Akshita Puli, J. Jagadesh Kumar, *Laser Ignition System for I. C. Engines*, © IJSRSET Volume 2, Issue 5, pp. 2394-4099, 2016.
- [7] Heywood, *Internal Combustion Engine Fundamental*, Gc Graw-Hill, 1998.
- [8] Nathan Peters, *Investigation of the multi-physics of laser-induced ignition of transportation fuels*, Syracuse University, June 2017.
- [9] PGS.TS Đỗ Văn Dũng, *Điện động cơ và điều khiển động cơ*, trang 130, NXB Đại học Quốc Gia, 2013.
- [10] Moskwa, *Automotive Engine Modeling for Real Time Control*, Ph.D. thesis, Massachusetts Institute of Technology, pp. 45-71, 1988.

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Đỗ Tấn Thích

Trường Đại học Lạc Hồng

Email: dotanthich@lhu.edu.vn