

# NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA SỰ XOÁY LỐC TRÊN HỆ THỐNG NẠP ĐẾN ĐẶC TÍNH ĐỘNG CƠ XE MÁY

Truong Văn Mến<sup>1</sup>, Lê Thanh Nhàn<sup>2</sup>, Lê Thanh Quang<sup>3</sup>

## *THE EFFECTS OF SWIRL AND TUMBLE RATIOS ON THE ENGINE PERFORMANCE OF MOTORBIKES*

Truong Van Men<sup>1</sup>, Le Thanh Nhan<sup>2</sup>, Le Thanh Quang<sup>3</sup>

**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. Việc thiết kế hệ thống nạp trên các xe máy thường có kết cấu tương đối đơn giản. Do đó, kết cấu này làm giảm đặc tính công suất, tăng suất tiêu hao nhiên liệu trên xe máy. Bài báo trình bày nghiên cứu cải tiến hệ thống nạp trên xe máy 125cc, góp phần cải thiện sự hoà trộn hỗn hợp khí nhằm nâng cao đặc tính động cơ. Nghiên cứu sử dụng phần mềm ANSYS mô phỏng cải tiến hệ thống nạp thông qua các hệ số xoáy lốc dọc (tumble ratio) và xoáy lốc ngang (swirl ratio) tương ứng với các trường hợp khác nhau. Ngoài ra, một mô hình mô phỏng sử dụng phần mềm Matlab Simulink cũng được thực hiện nhằm xem xét ảnh hưởng các hệ số xoáy lốc đến đặc tính cháy của động cơ, qua đó nghiên cứu ảnh hưởng của sự xoáy lốc đến công suất, mô-men xoắn, suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ ở các số vòng quay khác nhau. Kết quả mô phỏng cho thấy, khi góc nghiêng của cổ nạp  $30^\circ$  thì hệ số xoáy lốc dọc và xoáy

lốc ngang là tối ưu nhất. Đồng thời, đặc tính công suất, mô-men xoắn của động cơ có hệ thống nạp cải tiến là cao nhất, trong khi suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ là thấp nhất so với các trường hợp khác.

**Từ khóa:** công suất động cơ, hệ số xoáy lốc dọc, hệ số xoáy lốc ngang, hệ thống nạp, suất tiêu hao nhiên liệu.

**Abstract –** Nowadays, motorbikes are still the main and most popular transport in Asian countries, especially, in Vietnam. However, the manifold intake systems in motorbikes are usually designed in a simple structure, which can reduce engine performance and increases fuel consumption in motorbikes. This paper presents the study of the improvement of the intake system in a 125cc motorbike engine to enhance air-fuel mixing quality that can increase the engine performance. The study employs the ANSYS software to obtain an optimal intake system through the tumble and swirl ratios in different simulation cases. Another model was also built by Matlab/Simulink to examine the effects of swirl and tumble ratios on engine performance and fuel consumption at various engine speeds. The simulation results show that the modified intake system with an incline angle of  $30^\circ$  has optimal tumble and swirl ratios. Accordingly in conclusion, power output and torque of the engine with the modified intake system are higher, while

<sup>1</sup> Trường Đại học Trà Vinh

<sup>2</sup> Trường Cao đẳng Kỹ nghệ II

<sup>3</sup> Trường Đại học Công nghiệp TP.HCM

Ngày nhận bài: 4/3/2020; Ngày nhận kết quả bình duyệt: 12/5/2020; Ngày chấp nhận đăng: 14/9/2020

Email: [tymen@tvu.edu.vn](mailto:tymen@tvu.edu.vn)

<sup>1</sup>Tra Vinh University

<sup>2</sup>Ho Chi Minh Vocational College of Technology

<sup>3</sup>Industrial University of Ho Chi Minh City

Received date: 4<sup>th</sup> March 2020; Revised date: 12<sup>th</sup> May 2020; Accepted date: 14<sup>th</sup> September 2020

*the fuel consumption is lower than previously found.*

**Keywords:** *engine performance, fuel consumption, intake system, swirl ratio, tumble ratio.*

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thiết kế hình dạng cổ nạp của hệ thống nạp trên động cơ đốt trong đóng một vai trò khá quan trọng trong việc thiết kế động cơ do nó ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng hòa trộn của hỗn hợp khí trước khi được hút vào xi lanh. Từ đó, nó sẽ ảnh hưởng đến chất lượng làm việc của động cơ như ảnh hưởng đến quá trình cháy trong động cơ, khí xả, công suất đầu ra, mô-men xoắn. Tuy nhiên, chúng ta rất khó để quan sát hay đo kiểm các đặc tính của dòng khí di chuyển trong cổ nạp trong quá trình hoạt động của động cơ. Chính vì vậy, việc sử dụng các phần mềm mô phỏng dòng chảy khí chuyển động trong cổ nạp được xem là một phương tiện hữu hiệu nhất để tối ưu hóa thiết kế. Hiện nay, ANSYS Fluent được dùng khá phổ biến trong việc mô phỏng các dòng chảy lưu chất qua các đường ống dẫn có hình dạng khác nhau, trong đó, có đường ống nạp và xả của động cơ đốt trong.

## II. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Hiện nay, một số công trình nghiên cứu đã được công bố liên quan đến các yếu tố ảnh hưởng đến đặc tính của động cơ đốt trong. Đặc biệt là sự ảnh hưởng của sự xoáy lốc đến chất lượng hoà trộn nhiên liệu; qua đó, hiệu quả quá trình cháy trong động cơ được cải tiến đáng kể, hiệu suất động cơ được nâng cao, giảm khí xả do động cơ phát ra. Wu et al. [1] đã sử dụng phần mềm Matlab để xây dựng mô hình mô phỏng động cơ xe máy 125cc. Nghiên cứu xem xét ảnh hưởng của các trường hợp hệ số xoáy lốc dọc và ngang (tumble and swirl ratios) khác nhau bằng cách thay đổi thời điểm mở của van điều khiển trên hệ thống nạp, nhằm tạo ra tốc độ chuyển động dòng không khí ở các

trường hợp khác nhau. Kết quả mô phỏng được kiểm nghiệm từ thực nghiệm chỉ ra rằng tốc độ chuyển động khí càng cao thì nhiệt lượng tỏa ra của quá trình cháy càng nhanh. Do tốc độ cháy nhanh dẫn đến công suất đầu ra đáp ứng kịp thời đặc biệt ở chế độ tải nhỏ. Để xem xét ảnh hưởng của các hệ số xoáy lốc đến khí xả và quá trình cháy, Lee et al. [2] đã thực nghiệm trên động cơ một xi lanh phun xăng trực tiếp, tác giả đã so sánh các trường hợp động cơ nguyên thuỷ với hai trường hợp là động cơ cải tiến có xoáy lốc dọc và xoáy lốc ngang. Kết quả thực nghiệm chỉ ra rằng, các trường hợp xoáy lốc dọc và ngang có nồng độ HC trong khí thải giảm đáng kể. Tác dụng của sự xoáy lốc có thể giảm đến 10% nồng độ HC so với động cơ nguyên thuỷ ở chế độ hoạt động lạnh. Đồng thời, việc tăng sự xoáy lốc dọc và ngang sẽ có lợi đến sự bay hơi, hoà trộn nhiên liệu, đặc biệt trong trường hợp tăng thời điểm đánh lửa sớm, qua đó nâng cao tốc độ cháy và cải thiện đáng kể đặc tính động cơ. Nghiên cứu của Lakshman et al. [3] đã chỉ ra rằng dòng khí bên trong buồng đốt là dòng chảy rối. Do đó, việc tính toán hệ số xoáy lốc ngang và dọc là những hệ số ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất động cơ, hệ số lốc xoáy phụ thuộc vào sự thay đổi đầu vào của dòng khí, cụ thể là hệ thống nạp khí trên động cơ. Ngoài ra, nghiên cứu của Mohd Shafie et al. [4] cũng cho thấy dòng khí tại  $45^\circ$  sau điểm chét trên sẽ làm gia tăng hệ số rối, gây ra hiện tượng “squish” tại góc vào của cổ nạp khí. Sự thay đổi tỉ số “squish” sẽ làm gia tăng hệ số xoáy dọc và ngang.

Quá trình cháy và nhả nhiệt sẽ liên quan trực tiếp đến công suất động cơ. Quá trình nhả nhiệt trong động cơ được đặc trưng bởi tốc độ cháy của khối lượng nhiên liệu đã cháy y, nhiệt trị của nhiên liệu  $Q_{HV}$  và khối lượng nhiên liệu trên một chu kỳ  $m_f$  theo công thức sau [5]:

$$\frac{dQ_{hr}}{d\theta} = y \cdot (Q_{HV}) \cdot m_f \quad (1)$$

Trong đó, thông số y bị ảnh hưởng của

nhiều yếu tố như phần khói lượng nhiên liệu bị cháy, góc quay của trục khuỷu khi bắt đầu đánh lửa để đốt cháy nhiên liệu. Và quan trọng hơn là ảnh hưởng của xoáy lốc dọc và ngang qua hai thông số  $a$  và  $m$  được ước lượng qua mô hình cháy Wiebe function:

$$y = \frac{dx_b}{d\theta} = a \cdot \frac{m+1}{\theta_d} \left( \frac{\theta - \theta_0}{\Delta_\theta} \right)^m \cdot \exp \left( -a \cdot \left( \frac{\theta - \theta_0}{\Delta_\theta} \right)^{m+1} \right) \quad (2)$$

Hệ số xoáy lốc ngang  $R_s$  của động cơ được định nghĩa bằng tốc độ quay của khí quanh trục dọc chính của xi lanh chia cho tốc độ quay của trục khuỷu. Hệ số xoáy dọc  $R_t$  được định nghĩa bằng tốc độ quay của khí quanh trục ngang đi qua trọng tâm của xi lanh [6].

$$R_s = \frac{\Omega_{swirl}}{\Omega_E}, R_t = \frac{\Omega_{Tumble}}{\Omega_E} \quad (3)$$

Trong đó:

$\Omega_{swirl}$ : Tốc độ quay quanh trục dọc (rad/s).

$\Omega_{Tumble}$  : Tốc độ quay quanh trục ngang (rad/s).

$\Omega_E$ : Tốc độ quay trục khuỷu (rad/s).

Đối với các hệ số xoáy lốc, ta tính lại các hệ số  $a$  và  $m$ , đó chính là các thông số hiệu chỉnh của quá trình nạp khi tính đến hệ số xoáy lốc dọc và ngang (Swirl và Tumble). Công thức ảnh hưởng tới lốc xoáy bao gồm hệ số  $a$  và  $m$  có ảnh hưởng đến quá trình nhả nhiệt của động cơ được cho bởi các công thức sau [7]:

$$a = 5 + 0.1 \cdot R_{st} \cdot \exp(R_{st} - 2) \quad (4)$$

$$m = 2 + 0.4 \cdot R_{st} \cdot \exp(R_{st} - 2) \quad (5)$$

trong đó,  $R_{st}$  là tổng hệ số xoáy lốc dọc và ngang.

Trong nghiên cứu này, mô hình hình học dùng trong mô phỏng quá trình cháy của động cơ đốt trong bốn kí một xi lanh với các góc nghiêng cổ nạp khí so với đường tâm của xi lanh khác nhau (từ  $25^\circ$  đến  $35^\circ$  với giá số là  $5^\circ$ ) được xây dựng bằng phần mềm Catia, chia lưới và mô phỏng trong phần mềm Ansys Fluent [8], dựa trên mô hình cháy rối

k-ε. Bằng cách sử dụng mô phỏng và phân tích động lực học chất lưu (CFD), ta có thể dễ dàng mô tả phổ vận tốc trong các kí nạp, nén, nổ, xả. Hơn thế, các đồ thị diễn tả độ xoáy lốc của động cơ đốt trong như đồ thị hệ số xoáy lốc dọc và ngang được thực hiện một cách dễ dàng và thuận tiện. Từ đó, chúng tôi đánh giá đặc tính động cơ của mô hình cải tiến động cơ đốt trong dung tích 125cc so với nguyên bản của nó nhờ vào phần mềm Matlab.



Hình 1: Hệ thống nạp thực tế trên xe máy 125cc

### III. MÔ PHỎNG VÀ LỰA CHỌN GÓC NGHIÊNG PHÙ HỢP CHO HỆ THỐNG NẠP

Các thông số hình học của cấu trúc cổ nạp khí, xi lanh và pittông được sử dụng theo các tài liệu của hãng Honda dành cho xe Future; mô hình cải tiến được tiến hành thiết kế trên phần mềm CATIA V5. Phương pháp thiết kế mô hình là sử dụng kỹ thuật bề mặt (Surface), xây dựng từng cụm chi tiết (Part) và tiến hành lắp ráp (Assembly). Nghiên cứu sử dụng phần mềm để thiết kế theo các thông số được liệt kê trong Bảng 1.

Vì chuyển động của pittông làm biến dạng miền tính toán trong một chu kỳ động cơ đốt trong. Lưới tính toán tại một số điểm méo mó sẽ dẫn đến lỗi tính toán. Một giải pháp để giải quyết vấn đề này là dùng lưới tính toán động bao phủ toàn bộ chu kỳ nạp nén nổ xả của động cơ như được thể hiện trên Hình 2. Để mô phỏng đặc tính động cơ đốt trong bốn kí,

Bảng 1: Thông số động cơ Honda Future

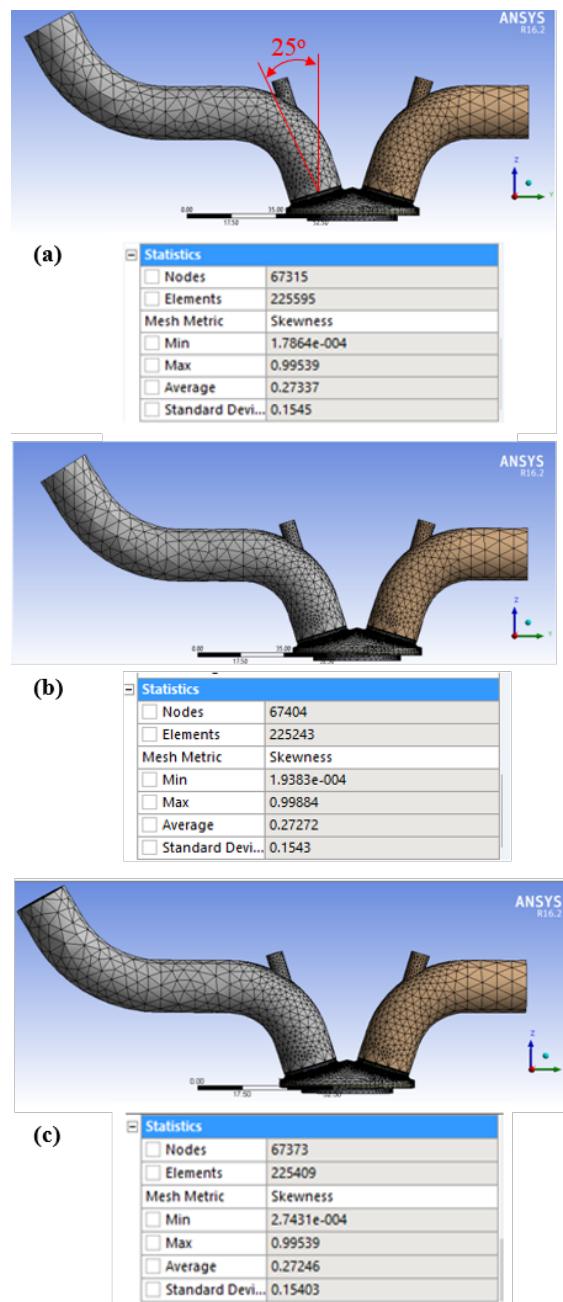
Thông số	Giá trị	Đơn vị
Độ dài thanh truyền	101,5	mm
Đường kính xi lanh	52,4	mm
Thể tích xi lanh	124,8	cm <sup>3</sup>
Bán kính trục khuỷu	28,95	mm
Đường kính cổ nạp khí	23,2	mm
Tỉ số nén	9,3	-
Số xú pát	2	-
Công suất cực đại ở vòng/phút	7,06 kW/ 7500 vòng/phút	
Mô-men xoắn cực đại ở vòng/phút	10,6 Nm/ 5500 vòng/phút	

tác giả sử dụng phần mềm ANSYS Fluent. Các sự kiện xảy ra trong quá trình phân tích được thiết lập như sau: tại thời điểm góc trục khuỷu đạt  $82^\circ$ , kích hoạt van nạp mở; tại thời điểm góc trục khuỷu đạt  $212^\circ$ , kích hoạt van nạp đóng; tại thời điểm góc trục khuỷu đạt  $521^\circ$ , kích hoạt van xả mở; tại thời điểm góc trục khuỷu đạt  $640^\circ$ , kích hoạt van xả đóng. Thời điểm  $720^\circ$ , góc quay trục khuỷu chạm đến điểm chết trên. Tại thời điểm góc quay trục khuỷu trước điểm chết trên trong kì nén  $15^\circ$ , tức là góc quay trục khuỷu đạt  $345^\circ$ , kích hoạt chế độ đánh lửa để dẫn đến kì nổ. Nhiên liệu được phun vào trong kì nạp như đã định nghĩa trong thẻ Injection. Đường đặc tính ngoài của động cơ được xây dựng nhằm so sánh hiệu suất làm việc của động cơ khi thay đổi góc nghiêng cổ nạp. Số quay trục khuỷu gia tăng từ 200 vòng/phút đến trên 10.500 vòng/phút và vị trí cánh bướm ga được mở hoàn toàn. Lượng nhiên liệu cung cấp cho mỗi lần nạp là  $18,03 \cdot 10^{-6}$  kg. Toàn bộ các thông số ảnh hưởng đến quá trình mô phỏng, góc quay trục khuỷu, tốc độ động cơ, tham số phun xăng [9] được định nghĩa trong Bảng 2.

#### IV. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

##### A. Ảnh hưởng hệ thống nạp đến hệ số xoáy lốc

Phổ vận tốc của lưu chất bên trong động cơ đốt trong với góc nghiêng cổ nạp  $30^\circ$  trong

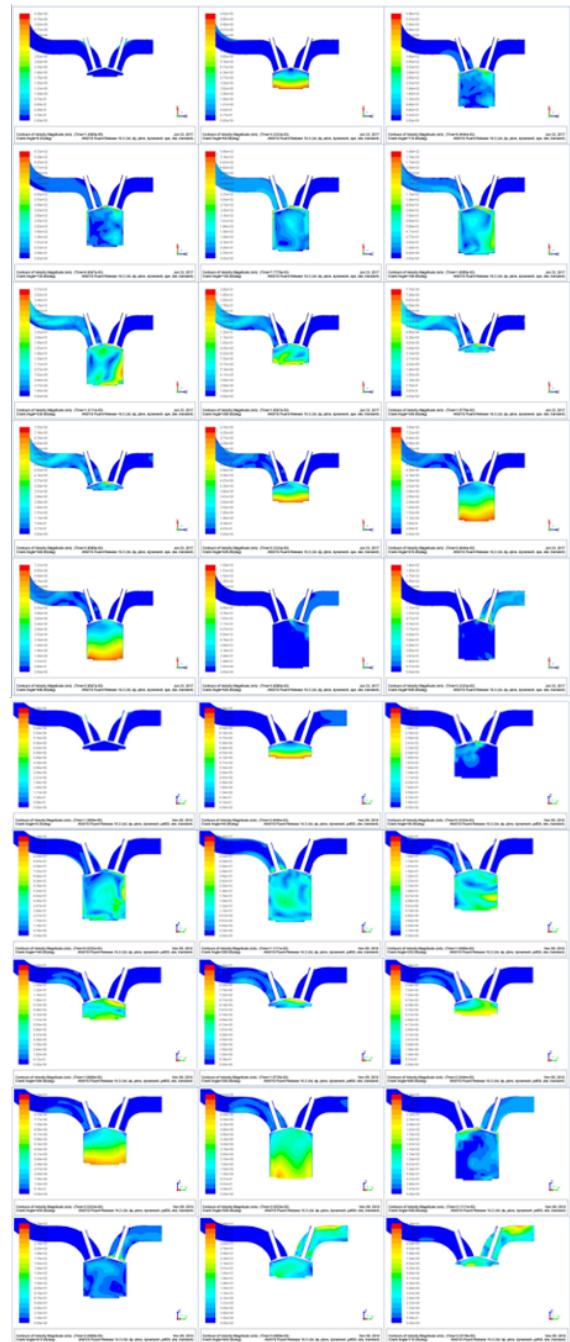


Hình 2: Lưới tính toán cho mô hình động cơ 125cc với góc nghiêng cổ nạp: (a)  $25^\circ$ , (b)  $30^\circ$ , và (c)  $35^\circ$

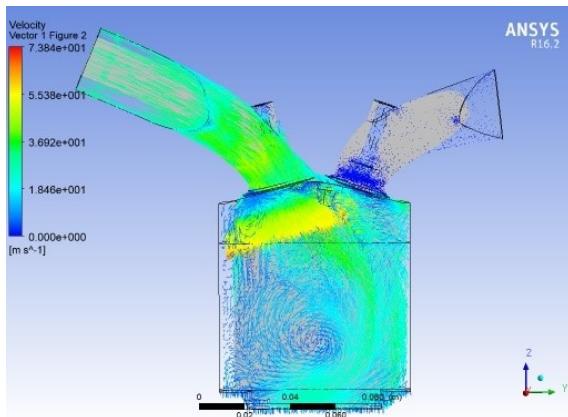
Bảng 2: Các điều kiện thiết lập mô phỏng hệ thống nạp

Thông số	Giá trị	Đơn vị
Số vòng quay trực khuỷu	200~10500	vòng/phút
Áp suất vào (tuyệt đối)	140	Pa
Khối lượng không khí	324E-6	kg
Khối lượng nhiên liệu phun ở vị trí bướm ga mở hoàn toàn	18,03E-6	Kg/lần phun
Góc mở xú pát nạp	82	Độ ( $^{\circ}$ )
Góc đóng xú pát nạp	212	Độ ( $^{\circ}$ )
Độ mở xú pát nạp	0,2	mm
Góc mở xú pát xả	521	Độ ( $^{\circ}$ )
Góc đóng xú pát xả	640	Độ ( $^{\circ}$ )
Độ mở xú pát xả	0,2	mm
Loại xăng	95 RON Octane ( $C_8H_{18}$ ) và không khí ( $O_2 + 3,773 N_2$ )	
Nhiệt độ nhiên liệu trước khi phun	40	$^{\circ}C$
Đường kính ti kim phun	0,6	mm
Góc bugi đánh lửa	345	Độ ( $^{\circ}$ )

toàn bộ chu kì được biểu diễn trên Hình 3. Theo đó, giá trị phổ thay đổi dần theo chu trình lên xuống của pittông, phổ vận tốc thể hiện quá trình chuyển động của dòng lưu chất trong xi lanh, từ khi xú pát nạp mở và đóng cho đến khi xú pát xả mở và đóng. Màu sắc phổ đặc trưng cho giá trị vận tốc trong xi lanh. Quá trình xoáy lốc dọc và xoáy lốc ngang của dòng lưu chất cũng được thể hiện thông qua sự phân bố màu sắc. Những vùng mà có sự xoáy lốc dọc và ngang thì vận tốc của lưu chất sẽ cao hơn so với miền lưu chất xung quanh. Dựa vào đồ thị hệ số xoáy lốc theo phương ngang (xoáy lốc ngang) và theo phương đứng (xoáy lốc dọc) theo các góc nghiêng cổ nạp khác nhau được mô phỏng và dựa vào hình dạng dòng khí, chúng ta có thể quan sát được các khu vực xoáy lốc ngang (swirl) và dọc (tumble). Hình dạng dòng lưu chất trong xi lanh nhận được từ kết quả mô phỏng cũng được thể hiện trên Hình 4. Hình 5 trình bày hệ số xoáy lốc ngang của động cơ nguyên mẫu (có góc nghiêng cổ nạp  $25^{\circ}$ ) và động cơ có góc nghiêng cổ nạp cải tiến ( $30^{\circ}$ )

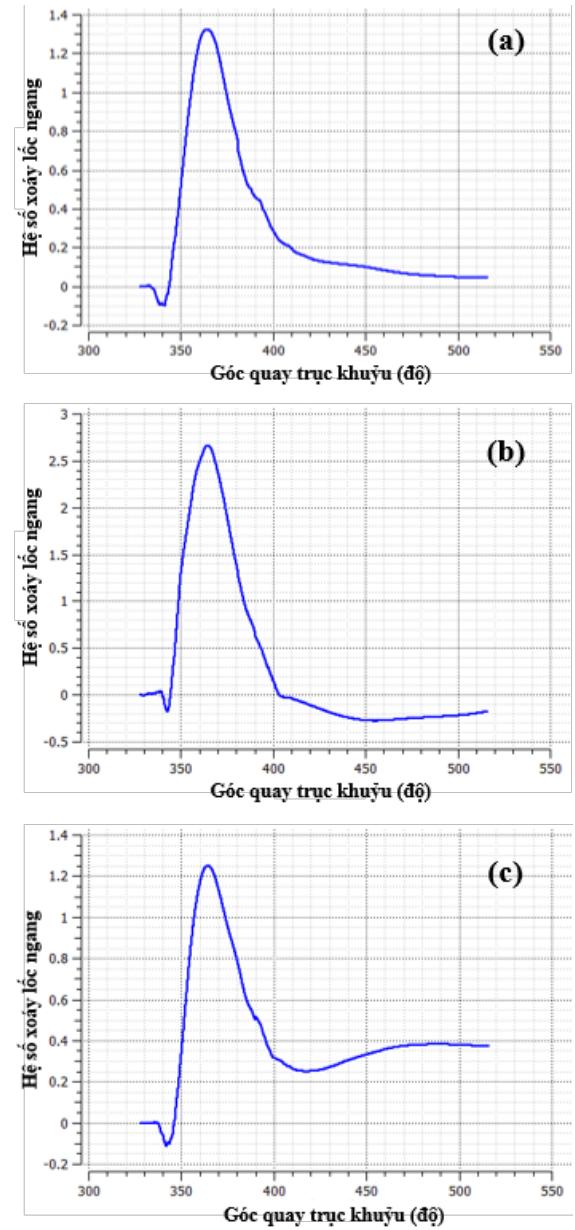


Hình 3: Hình dạng dòng lưu chất trong động cơ đốt trong được mô phỏng bằng phần mềm ANSYS



Hình 4: Hình dạng dòng lưu chất trong xi lanh động cơ

và  $35^\circ$ ) trong khoảng góc quay trục khuỷu từ  $327^\circ$  đến  $517^\circ$ . Trong khoảng góc quay trục khuỷu này, sự xoáy lốc trong xi lanh diễn ra mạnh mẽ hơn so với các vị trí khác nên thường được chọn để trình bày sự thay đổi của các hệ số xoáy lốc [10], [11]. Kết quả cho thấy rằng, mức dao động độ xoáy lốc ngang của động cơ xe máy Honda Future FI (Fuel Injection) 125cc khi chưa cải tiến đạt  $-0.1 \div 1.3$  và của động cơ với góc nghiêng  $30^\circ$  đạt  $-0.1 \div 2.7$  và với  $35^\circ$  đạt  $-0.1 \div 1.25$ . Như vậy, hệ số xoáy lốc ngang ở động cơ nguyên mẫu và động cơ có góc nghiêng cổ nạp  $35^\circ$  có giá trị không thay đổi nhiều ở quá trình nén và đầu quá trình cháy. Tuy nhiên, hệ số xoáy lốc ngang ở góc nghiêng  $30^\circ$  có sự dao động lớn hơn động cơ nguyên mẫu hay có góc nghiêng cổ nạp  $35^\circ$ . Cụ thể là, giá trị cực đại của hệ số xoáy lốc ngang của động cơ góc nghiêng  $30^\circ$  (2,7) tăng 2,1 lần so với động cơ nguyên mẫu (1,3) và khoảng 2,2 lần so với động cơ có góc nghiêng cổ nạp  $35^\circ$  (1,25). Độ tăng của hệ số xoáy lốc là 1,4. Điều đó cho thấy động cơ với góc nghiêng cổ nạp  $30^\circ$  có hệ số xoáy lốc ngang là lớn nhất, có nghĩa là tỉ lệ hoà trộn hoà khí tốt hơn so với ban đầu, do đó quá trình cháy thường diễn ra hoàn hảo hơn và dẫn đến động cơ sẽ sinh công lớn hơn.

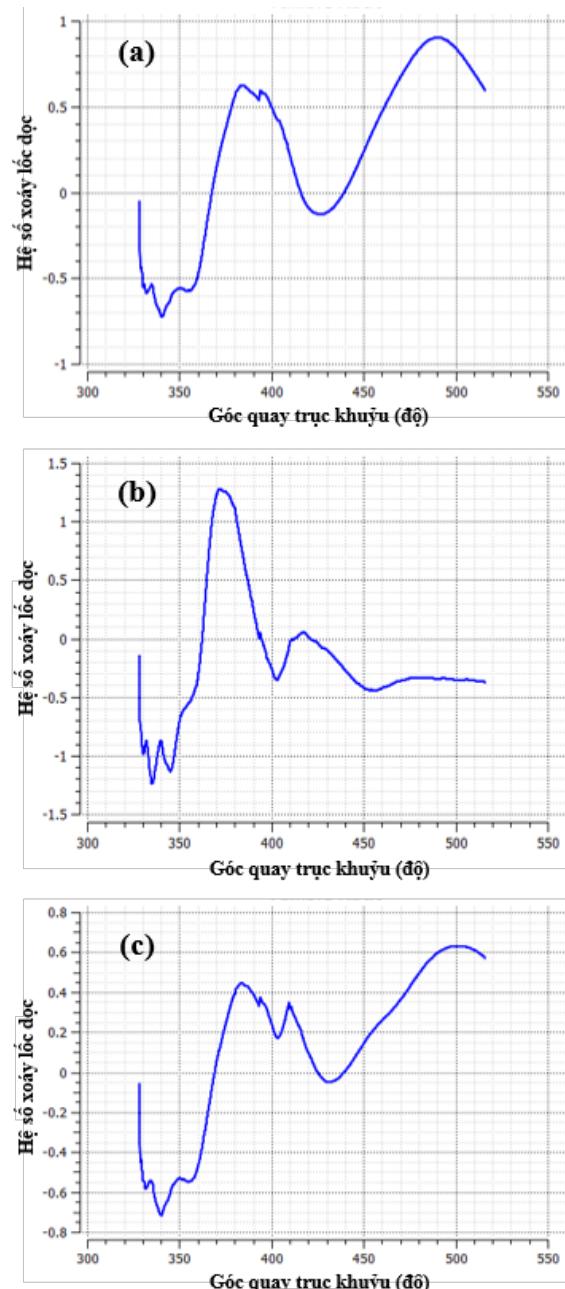


Hình 5: Hệ số xoáy lốc ngang của mô hình động cơ khi thay đổi góc nghiêng cổ nạp: (a)  $25^\circ$ , (b)  $30^\circ$ , và (c)  $35^\circ$

Trong quá trình động cơ hoạt động, có thành phần xoáy lốc dọc (tumble). Hệ số xoáy lốc dọc của các trường hợp mô phỏng được thể hiện ở Hình 6. Mô hình động cơ nguyên mẫu có hệ số xoáy lốc dọc dao động từ -0,71 đến 0,9 và mô hình động cơ với góc nghiêng cổ nạp  $30^\circ$  có hệ số xoáy lốc dọc dao động từ -1,3 đến 1,35 và góc nghiêng  $35^\circ$  có hệ số xoáy lốc dọc từ -0,7 đến 0,6. Như vậy, giá trị cực đại của hệ số xoáy lốc dọc của động cơ có góc nghiêng cổ nạp  $30^\circ$  ( $1,35$ ) cao hơn đáng kể giá trị cực đại của hệ số xoáy lốc dọc của động cơ ban đầu (0,9) và khi góc nghiêng cổ nạp  $35^\circ$  (0,6). Hay nói cách khác, giá trị cực đại và độ dao động của hệ số xoáy lốc dọc của động cơ có góc nghiêng cổ nạp  $30^\circ$  lớn hơn nhiều so với động cơ xe máy Honda Future nguyên mẫu hay góc nghiêng cổ nạp  $35^\circ$ . Từ hệ số xoáy lốc dọc của động cơ nguyên mẫu có góc nghiêng  $25^\circ$  và góc nghiêng cải tiến  $30^\circ$  và  $35^\circ$ , ta thấy rằng với hệ số xoáy lốc dọc của động cơ với góc nghiêng cổ nạp  $30^\circ$  là lớn nhất ở cuối quá trình nén, điều đó hoà khí hoà trộn đều dễ tập trung tại bugi (do hợp hai hệ số xoáy lốc ngang và xoáy lốc dọc chính là hệ số xoáy lốc tổng Rst) nên đánh lửa tốt hơn, đồng thời giúp tốc độ cháy xảy ra nhanh hơn, quá trình tỏa nhiệt lớn hơn vừa đáp ứng nhanh công suất đầu ra, vừa nâng cao hiệu quả đặc tính động cơ. Các giá trị hệ số xoáy lốc dọc, xoáy lốc ngang và hệ số xoáy lốc tổng ở các trường hợp góc nghiêng cổ nạp khác nhau được diễn tả trong Bảng 3. Trái lại, giá trị cực đại của hệ số xoáy lốc ngang ở góc nghiêng  $25^\circ$  và  $35^\circ$  lớn ở cuối quá trình cháy không có ý nghĩa về mặt làm tăng hiệu quả cháy ở động cơ mà chỉ nâng cao hiệu quả cháy rót trên động cơ.

#### B. Ảnh hưởng hệ số xoáy lốc đến đặc tính động cơ

Ảnh hưởng của góc nghiêng cổ nạp lên công suất động cơ được biểu diễn trên Hình 7. Kết quả mô phỏng cho thấy ở tốc độ vòng



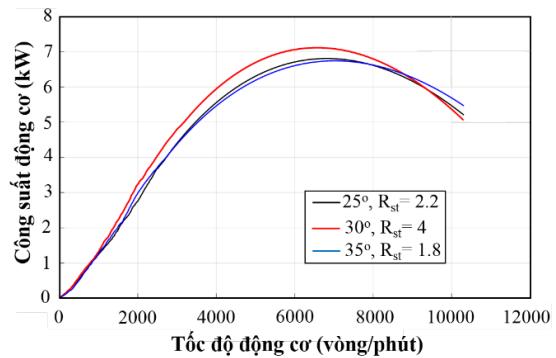
Hình 6: Hệ số xoáy lốc dọc của mô hình động cơ khi thay đổi góc nghiêng cổ nạp: (a)  $25^\circ$  (b)  $30^\circ$  và (c)  $35^\circ$

Bảng 3: Hệ số xoáy lốc ở các trường hợp góc nghiêng cổ nạp khác nhau

Hệ số xoáy lốc	25°	30°	35°
Hệ số xoáy lốc dọc $R_f$	1,3	2,7	1,2
Hệ số xoáy lốc ngang $R_s$	0,9	1,3	0,6
Tổng hai hệ số xoáy lốc $R_{st}$	2,2	4	1,8

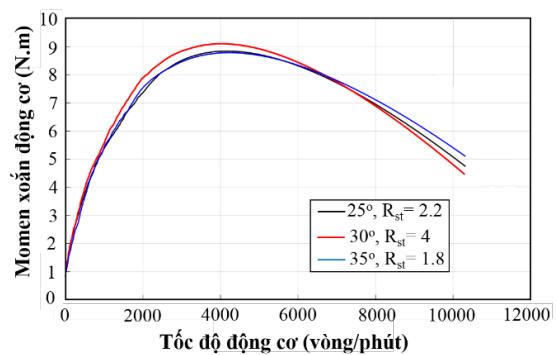
quay trục khuỷu từ thấp đến cao thì công suất của động cơ ứng với góc nghiêng cổ nạp 30° luôn lớn hơn so với các góc nghiêng còn lại. Cụ thể là trong dãy tốc độ từ 1.000 đến khoảng 8.500 (vòng/phút), công suất của động cơ với góc nghiêng 30° có sự phân hoá rõ rệt, đường công suất này là cao nhất và công suất đạt cực đại khoảng 7,2 kW ở số vòng quay 6.500 vòng/phút so với góc nghiêng 25° của động cơ nguyên mẫu là khoảng 6,8 kW ở tốc độ 6.500 vòng/phút và so với góc nghiêng 35° là khoảng 6,7 kW ở số vòng quay 6.400 vòng/phút. Kết quả này là do sự xoáy lốc dọc và ngang trong buồng đốt ở góc nghiêng 30° diễn ra mạnh mẽ hơn ở cuối quá trình nén nên giúp cho quá trình hoà trộn nhiên liệu tốt hơn. Do đó, quá trình cháy tiếp theo sẽ diễn ra hoàn hảo hơn nên tốc độ tỏa nhiệt của quá trình này nhanh hơn, giúp tăng công suất động cơ. Trong khi đó, các hệ số xoáy lốc ngang và dọc của hai trường hợp với góc nghiêng 25° và 35° có giá trị tương đối gần nhau nên công suất của động cơ hầu như tương đương nhau. Tuy nhiên, khi tốc độ động cơ trên 7500 vòng/phút, ảnh hưởng của sự xoáy lốc sẽ làm cho công suất động cơ giảm (như trường hợp góc nghiêng 30° so với hai trường hợp còn lại) vì khi đó, quá trình xoáy lốc diễn ra lớn nên năng lượng của tỉ lệ hoà khí bị tổn hao. Hơn nữa, quy luật xoáy lốc bị ảnh hưởng của nhiều yếu tố nên tỉ lệ hoà khí lúc này có thể phân bố không đều, nghĩa là có khu vực hỗn hợp hoà khí đậm, có khu vực hỗn hợp hoà khí nhạt nên quá trình cháy diễn ra không hoàn hảo. Khi đó, hiệu quả cháy thấp nên dẫn đến

công suất động cơ giảm dần. Tương tự, mô-



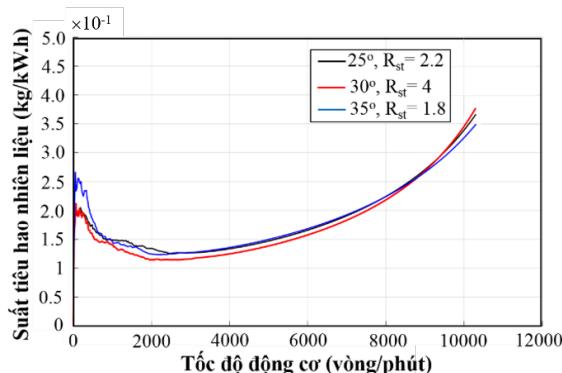
Hình 7: Công suất động cơ tương ứng với các góc nghiêng cổ nạp 25°, 30° và 35°

men xoắn của động cơ tương ứng với các góc nghiêng khác nhau được biểu diễn trên Hình 8. Kết quả cho thấy, nếu góc nghiêng cải tiến là 30° thì giá trị mô-men là cao, tính cơ động của động cơ lớn, do đó khả năng tăng tốc của xe là tốt. Do giá trị xoáy lốc của góc nghiêng 30° là lớn nên tỉ lệ hoà trộn hoà khí được nâng cao, điều này dẫn đến quá trình cháy hoàn hảo sinh công lớn. Trên động cơ nghiên cứu, góc nghiêng cổ nạp 30° là tối ưu nhất. Giá trị cực đại của mô-men động cơ ở góc nghiêng 30° là cao nhất đạt 9,2 N.m ở số vòng quay 4000 vòng/phút, trong khi hai giá trị mô-men của hai góc nghiêng còn lại thì đạt giá trị nhỏ hơn. Xét tổng quát theo



Hình 8: Mô-men xoắn động cơ tương ứng với các góc nghiêng cổ nạp 25°, 30° và 35°

số vòng quay trực khuỷu, suất tiêu hao nhiên liệu có xu hướng giảm dần tới một giá trị nào đó và sau đó tăng dần như Hình 9. Giá trị suất tiêu hao nhiên liệu của góc nghiêng  $25^\circ$  và  $35^\circ$  luôn lớn hơn góc nghiêng  $30^\circ$ . Hơn nữa, giá trị suất tiêu hao nhiên liệu nhỏ nhất ở góc nghiêng  $30^\circ$  đạt khoảng 112 g/kW.h và nhỏ hơn so với suất tiêu hao nhiên liệu nhỏ nhất của hai góc nghiêng  $25^\circ$  và  $35^\circ$  (khoảng 124 g/kW.h). Do đó, góc nghiêng cổ nạp cải tiến  $30^\circ$  là tối ưu hơn. Kết quả đạt được này là do, với góc nghiêng  $30^\circ$ , hệ số xoáy lốc dọc và xoáy lốc ngang phù hợp, điều này dẫn đến sự hoà trộn hỗn hợp hoà khí tốt hơn. Vì vậy, quá trình cháy hoàn thiện hơn, điều này giúp nâng cao đặc tính công suất, mô-men xoắn của động cơ, đồng thời giảm suất tiêu hao nhiên liệu và góp phần cải tiến hiệu suất động cơ.



Hình 9: Suất tiêu hao nhiên liệu động cơ tương ứng với các góc nghiêng cổ nạp  $25^\circ$ ,  $30^\circ$  và  $35^\circ$

## V. KẾT LUẬN

Quá trình nghiên cứu đã thành công trong việc sử dụng phần mềm CATIA để xây dựng mô hình hình học dùng cho sự mô phỏng quá trình cháy của động cơ xăng bốn kí một xi lanh trên xe Honda Future FI 125cc với các góc nghiêng cổ nạp khí khác nhau ( $25^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $35^\circ$ ) và vận dụng phần mềm ANSYS Fluent với mô đun ICE (Internal Combustion

Engine) đặc trưng cho phân tích động cơ đốt trong. Hơn nữa, kĩ thuật lưới động cũng được vận dụng thành công vào bài toán nhằm mô phỏng chu trình của động cơ bốn kí. Các đồ thị mô tả độ xoáy của động cơ đốt trong như đồ thị hệ số xoáy lốc dọc và xoáy lốc ngang đã phản ánh đúng bản chất chuyển động của dòng lưu chất trong động cơ ứng với từng góc nghiêng cổ nạp khí. Quá trình cháy của động cơ bốn kí được mô phỏng bằng phương pháp động lực học lưu chất giúp thu được kết quả nhanh chóng, tiết kiệm chi phí chế tạo thử nghiệm. Kết quả mô phỏng cho thấy tỉ lệ của hệ số xoáy lốc dọc và xoáy lốc ngang theo góc nghiêng cổ nạp không đồng biến và không hoàn toàn tuyến tính. Nghiên cứu cũng đã đánh giá hiệu suất của mô hình cải tiến của động cơ đốt trong dung tích 125cc so với nguyên bản của nó nhờ vào phần mềm Matlab với mô-đun Simulink. Đỉnh cực đại của đường cong đáp ứng mô men xoắn và công suất đạt tại  $30^\circ$  với suất tiêu hao nhiên liệu là nhỏ nhất. Qua đó, chúng ta thấy, sự cải tiến góc nghiêng cổ nạp  $30^\circ$  sẽ giúp động cơ làm việc hiệu quả hơn so với thiết kế ban đầu của nhà sản xuất ở số vòng quay động cơ từ  $1.000 \div 8.500$  vòng/phút.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Wu Y-Y, Chen B-C, Shiao Y, Hsieh F-C. Engine Modeling With Inlet and Exhaust Wave Action for Real Time Control. *ASME 2003 International Mechanical Engineering Congress and Exposition*. 2003.
- [2] Lee S, Tong K, Quay B, Zello J, Santavicca D. Effects of Swirl and Tumble on Mixture Preparation During Cold Start of a Gasoline Direct-Injection Engine. *CEC/SAE Spring Fuels & Lubricants Meeting & Exposition*. 2000.
- [3] Agrawal A, M P. In Cylinder Cold Flow CFD Simulation of IC Engine Using Hybrid Approach. *Conference on Advances in Mechanical Engineering (NCAME 13)*. 2013.
- [4] Shafie AM, Tahir M, Ali M, Bakar R, Ym A. Intake analysis on four-stroke engine using CFD. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2015;10:7799-804.

- [5] Weeks RW, Moskwa JJ. Automotive Engine Modeling for Real-Time Control Using MATLAB/SIMULINK. *SAE Transactions*. 1995;104:295-309.
- [6] Gundmalm S. *CFD modeling of a four stroke S.I. engine for motorcycle application* [Master Thesis]. 2009.
- [7] Heywood. *Internal Combustion Engine Fundamental*. 1th ed. United States: McGraw-Hill Education; 1998.
- [8] ANSYS. *Internal Combustion Engines in Workbench*. U.S.A; 2013.
- [9] Shamoona Jamshed. *Introduction to CFD*. Elsevier; 2015. DOI: 10.1016/B978-0-12-801567-4.00001-5.
- [10] Addepalli SK, Mallikarjuna JM. Parametric analysis of a 4-stroke GDI engine using CFD. *Alexandria Engineering Journal*. 2018;57(1):23-34.
- [11] Hamid MF, Idroas MY, Sa'ad S, Yew Heng T, Che Mat S, Zainal Alauddin ZA, et al. Numerical Investigation of Fluid Flow and In-Cylinder Air Flow Characteristics for Higher Viscosity Fuel Applications. *Processes*. 2020;8(4):439.