

# NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN ĐIỀU KHIỂN SỐ ĐIỀU KHIỂN GÓC ĐÁNH LỬA GIÚP ĐỘNG CƠ ĐẠT CÔNG SUẤT TỐI ƯU VÀ NGĂN NGỪA HIỆN TƯỢNG KÍCH NỔ

APPLIED DIGITAL CONTROL ALGORITHM SYSTEMS TO CONTROL IGNITION TIMING TO GET OPTIMAL ENGINE PERFORMANCE AND PREVENT KNOCKING PHENOMENON

TS. Nguyễn Tiến Hán<sup>1</sup>, Ths. Nguyễn Xuân Khoa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ĐH Công Nghiệp Hà Nội

Email: tienhan67@yahoo.com.vn

## TÓM TẮT

Bài báo trình bày ứng dụng thuật toán điều khiển PID vào điều khiển góc đánh lửa của động cơ đốt trong nhằm mục đích giúp cho góc đánh lửa nhanh chóng tiệm cận tới góc đánh lửa mong muốn. Từ đó giảm thời gian trễ và độ nhiễu khi động cơ làm việc, giúp động cơ đạt được hiệu suất tối ưu và ngăn ngừa hiện tượng kích nổ xảy ra. Bằng thực nghiệm, xác định ảnh hưởng của góc đánh lửa tới áp suất cực đại trong buồng đốt, đồng thời xác định được vùng làm việc ổn định và không ổn định của động cơ. Từ kết quả thực nghiệm đạt được, giúp xác định được góc đánh lửa tối ưu và giá trị này là giá trị mục tiêu mà hệ điều khiển hướng đến. Khi động cơ làm việc, hệ điều khiển sẽ điều khiển cho góc đánh lửa tiệm cận và đạt tới giá trị mục tiêu khi có sự sai lệch.

**Từ khóa:** hệ thống điều khiển PID, góc đánh lửa  $\theta_{ig}$  (BTDC deg), góc đạt áp suất cực đại  $\theta_{pmax}$ (ATDC deg), mô men động cơ.

## ABSTRACT

This paper presents an application of PID control systems to control ignition timing in ICE with the goal that the ignition timing rapidly reaches the desired value, by this way engine has worked at optimal performance and prevent knocking phenomenon. By doing the experiment to determine the effect of ignition timing on maximum pressure in combustion chamber and determine stable combustion area, unstable combustion area. From the experiment results, it helps to find optimal ignition timing values and this values are target values of digital control system. While engine working, digital control system will controls ignition timing value approach ignition timing target value for short time.

**Key words:** PID control system, ignition timing  $\theta_{ig}$  (BTDC deg), maximum pressure angle  $\theta_{pmax}$ (ATDC deg), Engine torque.

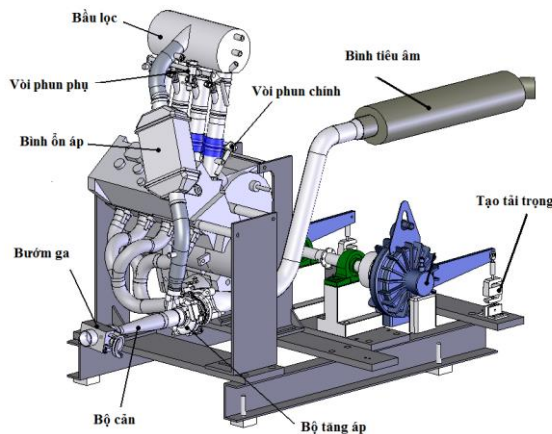
## 1. GIỚI THIỆU

Với mục đích cải tiến, nâng cao hiệu quả làm việc, cũng như giảm thiểu sự phát thải độc hại của động cơ đốt trong nhưng vẫn đảm bảo động cơ làm việc trong giới hạn an toàn, các nhà khoa học đã nghiên cứu và đưa ra những giải pháp hiệu quả như việc tăng tỉ số nén, tăng lượng hòa khí nạp vào động cơ, điều chỉnh góc mở sớm đóng muộn của các xupap nạp xả đúng thời điểm, lắp đặt các bộ xúc tác xử lý khí xả trên đường thải... đặc biệt sự ứng dụng các công nghệ số và các chương trình điều

khiển tin học vào nghiên cứu và điều khiển trên động cơ đã đạt được hiệu quả cao và ngày càng được phát triển. Bài báo này trình bày ứng dụng thuật toán PID vào điều khiển góc đánh lửa giúp động cơ đạt công suất tối ưu đồng thời ngăn ngừa hiện tượng kích nổ xảy ra. Quá trình nghiên cứu sử dụng phần mềm AVL-boost để mô phỏng đối tượng nghiên cứu là động cơ Yamaha engine YFZ 450 sẽ được trình bày bên dưới.

## 2. THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM VÀ ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

Thí nghiệm được thực hiện trên một băng thử động cơ, băng thử được bố trí cơ cấu giá lắp, các thiết bị tạo tải bằng điện và các thiết bị đo các thông số như góc đánh lửa, áp suất trong xylanh, nhiệt độ khí thải, lưu lượng khí nạp... Dựa vào thí nghiệm để xác định giá trị cực đại của áp suất trong xylanh  $\theta_{pmax}(ATDC deg)$  khi thay đổi giá trị góc đánh lửa  $\theta_{ig}(BTDC deg)$  đồng thời xác định xác định vùng làm việc ổn định, không ổn định và thời điểm hiện tượng kích nổ xảy ra khi động cơ làm việc.



Hình 1: Băng thử động cơ

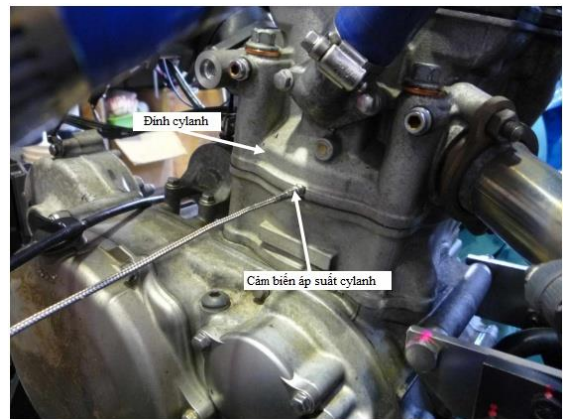
### 2.2. Đối tượng nghiên cứu

Động cơ YAMAHA ENGINE YFZ 450/R

Thông số cần thiết sử dụng cho quá trình mô phỏng.

Động cơ Yamaha như trong hình 3.

### 2.1. Thiết bị thí nghiệm



Hình 2: Cảm biến đo áp suất trong xylanh



Hình 3: Động cơ Yamaha engine YFZ 450

Số xylanh	1 cylinder
Tỉ số nén	11.8: 1
Chiều dài thanh truyền	102.5 mm
Đường kính xy lanh	95 mm
Hành trình piston	63.4 mm

## 3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ KẾT QUẢ

Khi động cơ làm việc giá trị góc đánh lửa  $\theta_{ig}(BTDC deg)$  ảnh hưởng lớn tới áp suất trong xylanh  $\theta_p(ATDC deg)$ ,

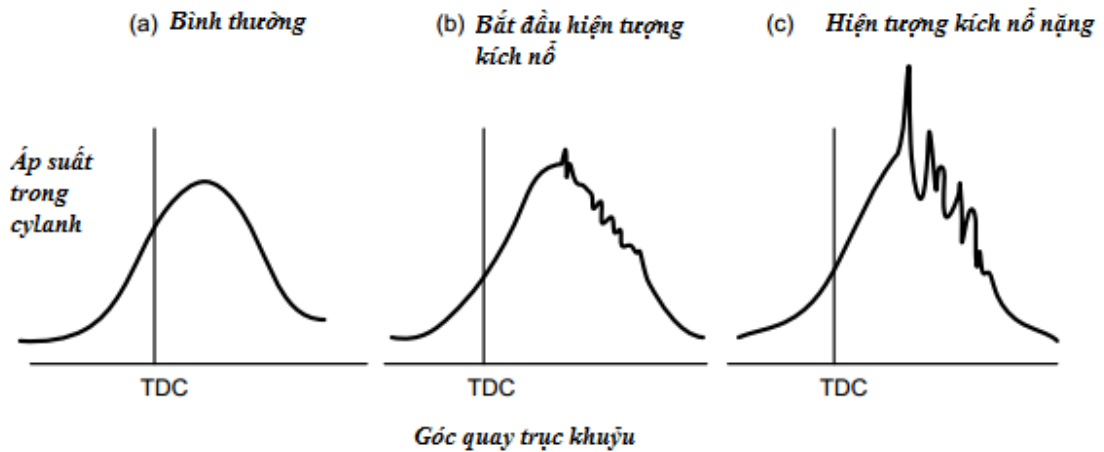
Nếu bugi đánh lửa quá sớm hoặc quá muộn so với vị trí piston đến điểm chết trên sẽ dẫn tới động cơ rơi vào vùng làm việc không ổn định, công suất giảm và có thể xảy ra hiện tượng kích nổ.

Trên hình 4 biểu diễn suất trong xylanh trong ba trường hợp: Động cơ làm việc bình thường, động cơ bắt đầu có hiện tượng kích nổ và động cơ bị kích nổ nặng. Khi hiện tượng kích nổ xảy ra áp suất trong xylanh biến thiên một cách không ổn định.

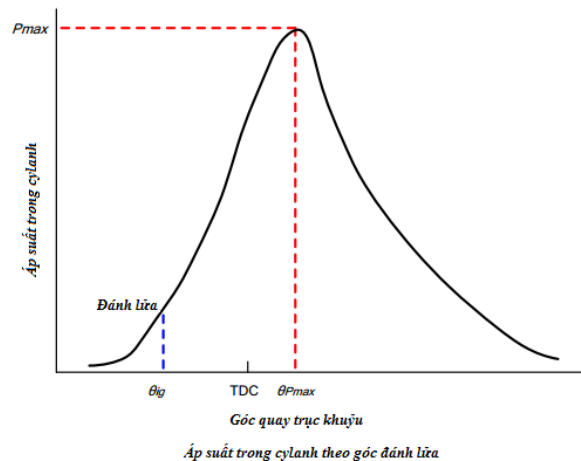
Phần lớn năng lượng sinh ra trong quá trình đốt cháy nhiên liệu bị chuyển hóa

thành nhiệt vì vậy động cơ sẽ rất nóng dẫn tới hiện tượng bó kẹt gây hư hỏng

cho động cơ nếu hiện tượng này kéo dài.



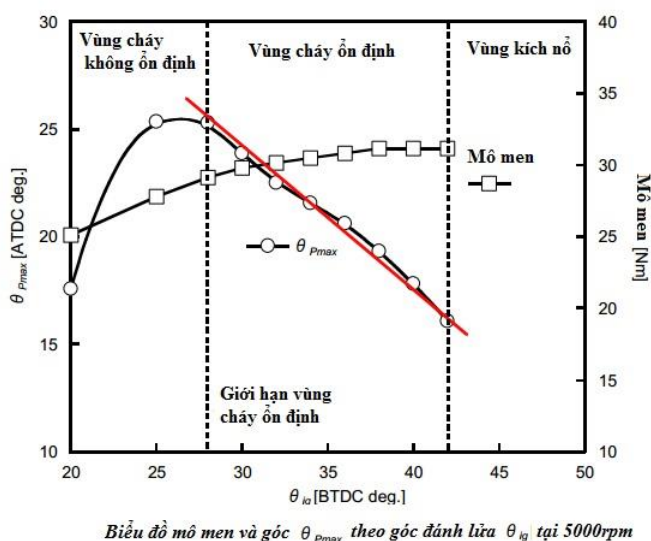
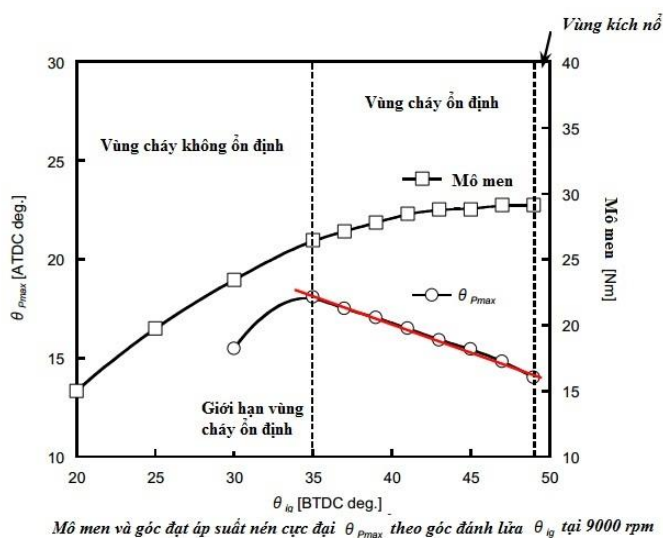
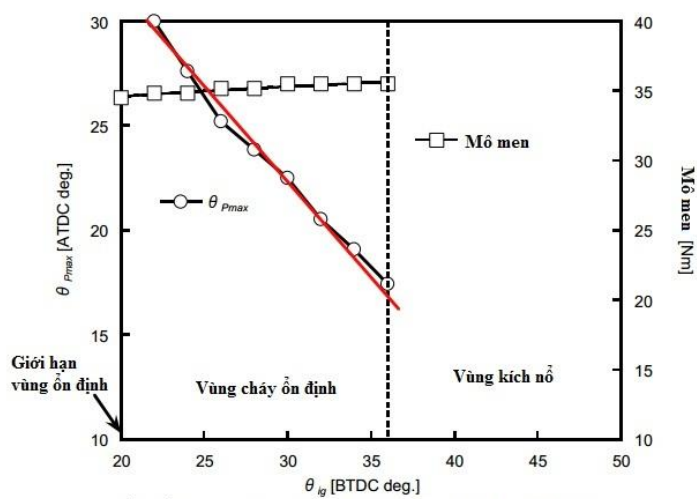
Hình 4: Áp suất trong xy lanh khi xảy ra hiện tượng kích nổ



Hình 5: Áp suất trong xy lanh theo góc quay trục khuỷu

Trong hình 5 thể hiện sự biến thiên áp suất trong xy lanh theo góc quay trục khuỷu khi động cơ làm việc ở trạng thái ổn định.

Ta có thể nhận thấy góc đánh lửa  $\theta_{ig}$  (BTDC deg) được bắt đầu trước khoảng  $15^\circ$  góc quay trục khuỷu trước khi piston lên điểm chết trên và áp suất trong xy lanh bắt đầu tăng tới giá trị cực đại tại  $7^\circ$  góc quay trục khuỷu sau khi piston đã lên điểm chết trên.



Hình 6: Ảnh hưởng của góc đánh lửa tới mô men và góc đạt áp suất cực đại trong cylanh

Với mỗi giá trị góc đánh lửa  $\theta_{ig}$  ta sẽ xác định được một góc  $\theta_{Pmax}$  (ATDC deg) tương ứng của động cơ.

Bằng thực nghiệm xét sự biến thiên của áp suất cực đại trong xylanh  $\theta_{Pmax}$  (ATDC deg) theo giá trị  $\theta_{ig}$  (BTDC deg) tại các dải tốc độ khác nhau như 3500 rpm, 5000 rpm và 9000 rpm được thể hiện trên hình 6. Ta xác định được giá trị góc đánh lửa tối ưu cho từng tốc độ. Tại giá trị góc đánh lửa  $\theta_{ig}$  tối ưu này động cơ làm việc trong vùng ổn định và đạt được công suất cao nhất.

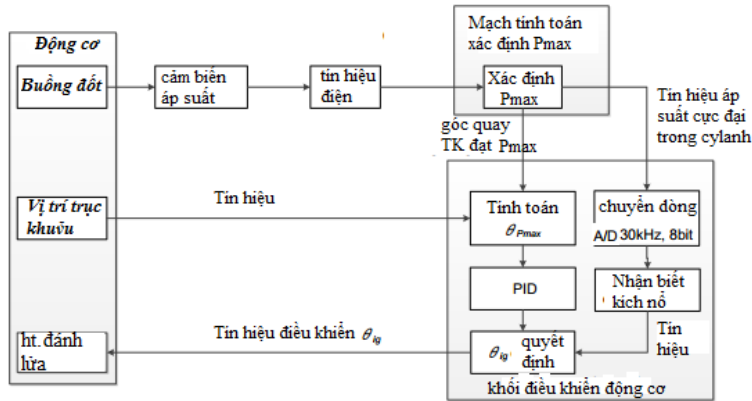
Với tốc độ 3500 rpm ta thấy: động cơ làm việc trong vùng ổn định và đạt được mô men lớn nhất tại góc đánh lửa tối ưu  $\theta_{ig} = 30^{\circ}$  (BTDC deg).

Với tốc độ 5000 rpm ta thấy: động cơ làm việc trong vùng ổn định và đạt được mô men lớn nhất tại góc đánh lửa tối ưu  $\theta_{ig} = 40^{\circ}$  (BTDC deg).

Với tốc độ 9000 rpm ta thấy: động cơ làm việc trong vùng ổn định và đạt được mô men lớn nhất tại góc đánh lửa tối ưu  $\theta_{ig} = 45^{\circ}$  (BTDC deg).

Tại mỗi giá trị tốc độ khác nhau của động cơ sẽ có một giá trị góc  $\theta_{ig}$  tối ưu để động cơ đạt được công suất cực đại. Nhưng trên thực tế khi động cơ làm việc thì giá trị  $\theta_{ig}$  sẽ dao động quanh giá trị  $\theta_{ig}$  tối ưu. Vì vậy để giúp động cơ nhanh về trạng thái làm việc ổn định thì cần phải điều khiển sao cho giá trị  $\theta_{ig}$  nhanh chóng tiệm cận về giá trị  $\theta_{ig}$  tối ưu một cách nhanh nhất.

Sơ đồ khối và sơ đồ thuật toán điều khiển PID như sau:



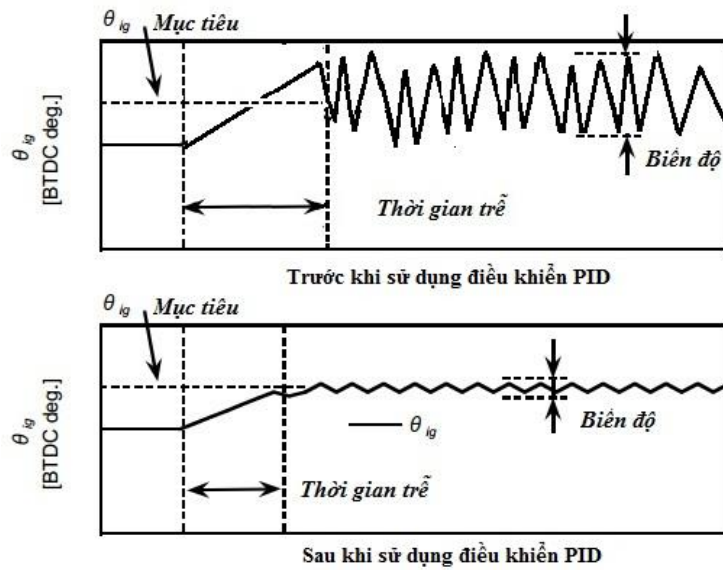
Hình 7: Sơ đồ khối của quá trình điều khiển

Hình 7 thể hiện sơ đồ khối của quá trình điều khiển: dựa trên các tín hiệu đầu vào đó là cảm biến áp suất, tín hiệu vị trí trục khuỷu để xác định giá trị  $\theta_{Pmax}$  (ATDC deg) và tốc độ động cơ từ đó điều khiển đưa ra giá trị  $\theta_{ig}$  tối ưu giúp động cơ đạt được công suất tốt nhất.

Hình 8 thể hiện sơ đồ vòng lặp điều khiển sử dụng thuật toán PID để tính toán quyết định giá trị  $\theta_{ig}$  tối ưu. Với vòng lặp điều khiển này sẽ giúp cho giá trị  $\theta_{ig}$  nhanh chóng đạt được giá trị  $\theta_{ig}$  tối giúp cho động cơ nhanh đi vào trạng thái ổn định.



Hình 8: Sơ đồ thuật toán của quá trình điều khiển



Hình 9: So sánh kết quả sự ổn định của góc đánh lửa  $\theta_{ig}$  giữa hai trường hợp trước và sau sử dụng điều khiển PID

Từ hình 9 ta thấy, việc sử dụng điều khiển PID đã giúp cho góc đánh lửa nhanh chóng tiến tới giá trị mục tiêu hơn đồng thời giảm được biên độ dao

động rất hiệu quả. Điều này giúp cho động cơ làm việc ổn định hơn và đạt được hiệu suất tốt hơn.

#### 4. KẾT LUẬN

Đề tài nghiên cứu đã chỉ ra: sau khi ứng dụng thuật toán điều khiển PID, vào động cơ Yamaha engine YFZ 450 đã giảm được độ trễ của góc đánh lửa, giúp cho giá trị đánh lửa  $\theta_{ig}$  nhanh chóng tiệm cận giá trị mục tiêu. Đồng thời giảm biên độ giao động xuống mức thấp nhất giúp cho động cơ làm việc được ổn định với công suất tối ưu mà không xảy ra hiện tượng kích nổ. Với kết quả đạt được như vậy, đã mở ra một chiều hướng phát triển tiếp theo của nghiên cứu đó là đưa ra sản phẩm cụ thể. Một mạch điều khiển góc đánh lửa dựa trên thuật toán điều khiển PID sẽ được chế tạo và ứng dụng vào thực tế.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Tore Hagglund (2008), PID controllers: Theory, Design, and Tuning.
- [2] Aidan O'Dwyer (2006), Handbook of PID and PID controller Tuning Rules.
- [3] Tamer Mansour (2005), PID control Implementation and Tuning.
- [4] Yamaha Engine YFZ450R catalogue.
- [5] Nguyễn Tất Tiến (2003), “Lý thuyết động cơ đốt trong” NXB Giáo dục.
- [5] Heywood, J. and Welling, O., “Trends in Performance Characteristics of Modern Automobile SI and Diesel Engines “ SAE Int.J.Engines 2(1): 1650 – 1662, 2009. Doi: 10.4271/2009 – 01- 1892.