

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO BỘ THU TÍN HIỆU BỘ ĐIỀU TỐC ĐA CHẾ ĐỘ LẮP TRÊN ĐỘNG CƠ DIESEL 6V53 MANUFACTURING RESEARCH OF A MULTI-MODE SPEED GOVERNOR SIGNAL RECEIVER FITTED ON DIESEL 6V53 ENGINE

HUỖNH ĐÌNH VĂN¹, MAI PHƯỚC TRÁI^{1,a}, HỒ HỮU CHÂN¹

¹Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long

^aTác giả liên hệ: traimp@vlute.edu.vn

Nhận bài(Received): 30/6/2023; Phản biện (Reviewed):04/7/2023; Chấp nhận (Accepted):26/9/2023

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu chế tạo bộ thu tín hiệu bộ điều tốc lắp trên động cơ Detroit Diesel 6V53. Nhóm tác giả sử dụng Arduino Nano V3.0 để xử lý thông tin thu nhận từ các Encoder lắp trên thanh thước nhiên liệu. Một thuật toán được xây dựng để tính toán chuyển đổi thông tin thu nhận để hiển thị lên màn hình máy tính. Một App Meter được phát triển để hiển thị các giá trị thực từ quá trình điều tốc khi động cơ hoạt động. Dữ liệu thu được từ bộ thu tín hiệu điều tốc là tốc độ động cơ, độ dịch chuyển của thanh thước nhiên liệu tương ứng và độ nén lò xo điều tốc. Kết quả nghiên cứu làm cơ sở để phân tích, đánh giá trạng thái làm việc ổn định và không ổn định của động cơ Diesel. Kết quả nghiên cứu còn cung cấp thông tin đánh giá mức tiêu hao nhiên liệu. Kết quả nghiên cứu sẽ phục vụ cho các nghiên cứu chuyên sâu về đặc tính điều tốc trên động cơ Diesel.

Từ khóa: Bộ thu tín hiệu điều tốc, bộ điều tốc đa chế độ, độ nén lò xo điều tốc, động cơ Detroit Diesel 6V53.

ABSTRACT

This paper presents the results of the manufacturing research of a speed governor signal receiver mounted on a Detroit Diesel 6V53 engine. The authors use Arduino Nano V3.0 to process the information received from Encoders mounted on the fuel gauge. An algorithm is built to calculate the conversion of the received information to display on the computer screen. App Meter is developed to display the actual values from the speed regulation when the engine is running. The obtained data from the speed governor signal receiver is the engine speed, the displacement of the corresponding fuel gauge, and the speed control spring compression. Research results serve as a basis for analyzing and evaluating the stable and unstable working conditions of Diesel engines. Research results also provide the information to evaluate the fuel consumption. Research results will serve for in-depth studies on the characteristics of the speed governor on Diesel engines.

Keywords: Speed governor signal receiver, multi-mode governor, speed governor spring compression, Detroit Diesel-6V53 engine.

1. Đặt vấn đề

Để động cơ làm việc trong điều kiện ổn định thì phải giữ ổn định tốc độ của

động cơ. Tuy nhiên trong thực tế số vòng quay của động cơ rất dễ vượt quá số vòng quay giới hạn, có thể gây ra ứng suất cơ

giới vượt quá giới hạn cho phép, phá hoại nghiêm trọng các chi tiết trong quá trình làm việc, với những trường hợp này động cơ cần thiết phải lắp bộ điều tốc [1-2].

Bộ điều tốc hay còn gọi là bộ giới hạn tốc độ được sử dụng để điều chỉnh tốc độ của động cơ Diesel. Dựa trên nguyên lý hoạt động của bộ điều tốc, chúng ta có bộ điều tốc ly tâm được phát minh bởi Watt, bộ điều tốc cơ khí, bộ điều tốc một chế độ, bộ điều tốc hai chế độ, bộ điều tốc nhiều chế độ, bộ điều tốc thủy lực, và bộ điều tốc điện tử [3-4].

Về cơ bản bộ điều tốc hoạt động theo nguyên tắc lực ly tâm theo trọng lượng của quả nặng. Khi tốc độ quay của trục dẫn động thay đổi sẽ làm lực ly tâm của quả nặng thay đổi, dưới tác dụng của lực ly tâm tác dụng vào quả nặng sẽ làm cho quả nặng bay ra xa hoặc khép lại theo đường tâm của trục. Sự dịch chuyển của quả nặng sẽ làm thay đổi lò xo điều tốc được nối với thanh răng bơm cao áp. Nếu lò xo điều tốc càng căng thì tốc độ động cơ càng cao và ngược lại [5-6].

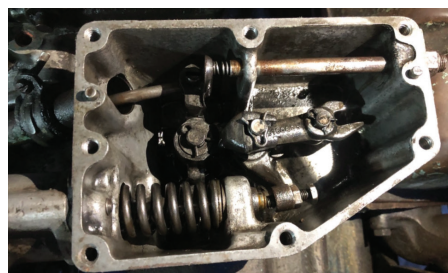
Động cơ Diesel thường rất nhạy cảm với tốc độ. Nếu tốc độ động cơ vượt quá giới hạn của số vòng quay thiết kế, thường làm giảm chất lượng của quá trình công tác vì hệ số dư lượng không khí α và chất lượng hình thành hỗn hợp điều giảm nhanh. Thời gian cháy bị rút ngắn mặt khác chất lượng quá trình cháy cũng giảm, nhiên liệu cháy không hết và quá trình cháy phải kéo dài trên đường ống xả, làm cho động cơ rất nóng, tốn nhiều nhiên liệu, có nhiều muội than trong khí thải, làm giảm tuổi thọ cho động cơ [7-8].

Xuất phát từ vấn đề trên, việc “*Nghiên cứu chế tạo bộ thu tín hiệu bộ điều tốc đa chế độ lắp trên động cơ Diesel-6V53*” là rất cần thiết. Dữ liệu thu được từ bộ thu tín hiệu điều tốc đa chế độ sẽ làm cơ sở để phân tích, đánh giá trạng thái làm việc ổn định

và không ổn định của động cơ Diesel-6V53. Kết quả còn cung cấp thông tin đánh giá mức tiêu hao nhiên liệu trên động cơ Diesel-6V53 tương ứng với các chế độ vận hành.

2. Bộ điều tốc đa chế độ trên động cơ Diesel 6V53

Bộ điều tốc đa chế độ đảm bảo cho động cơ làm việc ổn định ở bất kỳ số vòng quay của động cơ từ n_{\min} đến n_{\max} . Bộ điều tốc đa chế độ có nhiều ưu điểm so với bộ điều tốc một chế độ và hai chế độ như động cơ hoạt động ổn định ở tốc độ bất kỳ nên giảm mức tiêu thụ nhiên liệu của động cơ lên đến 30%. Hình 1 hiển thị cấu tạo của cơ cấu điều chỉnh tốc độ của bộ điều tốc trên động cơ Diesel 6V53 [9].



Hình 1: Các tay đòn và lò xo bộ điều tốc đa chế độ trên động cơ Diesel 6V53



Hình 2: Các bộ phận của bộ điều tốc đa chế độ trên động cơ Diesel 6V53

Bộ điều tốc đa chế độ trên động cơ Diesel 6V53 là bộ điều tốc cơ khí. Các bộ phận của bộ điều tốc được hiển thị như Hình 2. Khi làm việc quả nặng tốc độ cao và tốc độ thấp tỳ vào khớp trượt trên trục điều tốc, khớp trượt được liên kết với tay

đòn, đòn bẩy và được nối với thanh răng điều chỉnh lượng nhiên liệu trên bơm vòi phun kết hợp. Nếu cần tăng hoặc giảm tốc độ của động cơ thì chỉ cần thay đổi lực lên cần điều khiển tốc độ sẽ làm thay đổi lực căng của lò xo điều tốc. Nếu lò xo điều tốc càng căng thì tốc độ động cơ càng cao và ngược lại. Truyền động bánh răng được dùng để đảm bảo tốc độ quay trục của bộ điều tốc đủ lớn để kéo và điều chỉnh thanh răng nhiên liệu.

Cơ cấu giới hạn tốc độ được trang bị hai cần điều khiển, một cần dừng và một cần điều khiển tốc độ bất kỳ. Khi khởi động, cần điều khiển tốc độ giữ kim phun nhiên liệu ở vị trí phun nhiên liệu cực đại. Khi động cơ đã hoạt động, cần điều khiển tốc độ sẽ di chuyển kim phun gần vị trí không tải. Tốc độ động cơ được điều khiển bằng cách di chuyển cần điều khiển tốc độ.

Trong phạm vi tốc độ thấp, lực ly tâm của quả văng thấp, do đó độ nén của lò xo thấp. Khi tốc độ của động cơ tăng lên, lực ly tâm của quả văng lớn nên lực nén lò xo lớn tương ứng với độ lớn của lực ly tâm. Khi lực ly tâm của quả văng quả văng đạt đến giới hạn hành trình của chúng, lúc đó lò xo được nén hoàn toàn và để lò xo cách piston của lò xo tốc độ cao khoảng 0,0015 inch.

Trong phạm vi tốc độ trung gian, người điều khiển hoàn toàn kiểm soát động cơ, vị trí của cần điều khiển luôn cân bằng với lực đẩy của lò xo. Khi tốc độ động cơ tiếp tục tăng, thì lực đẩy của lò xo là khá lớn. Lực ly tâm của quả văng tăng lên cho đến khi lực này vượt qua lực nén của lò xo và cơ cấu giới hạn tốc độ điều khiển động cơ không vượt qua giới hạn tốc độ tối đa.

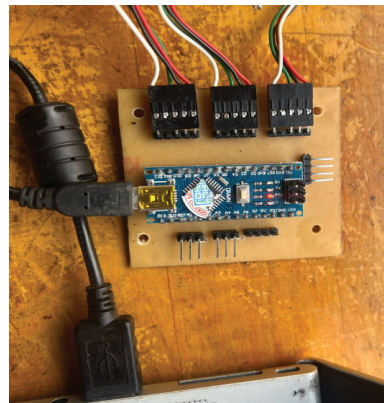
Các thanh nhiên liệu được kết nối đến đòn bẩy khác và các đòn bẩy ống điều khiển kim phun nhiên liệu thông qua cần đẩy liên kết điều khiển. Sắp xếp này cung cấp phương tiện cho cơ cấu giới hạn để

thay đổi lượng nhiên liệu của các thanh răng điều khiển bơm nhiên liệu.

Để dừng động cơ, cần điều khiển tốc độ được di chuyển vào vị trí tốc độ không tải và cần dừng được di chuyển vào vị trí không cung cấp nhiên liệu và giữ ở đó cho đến khi động cơ dừng lại.

3. Chế tạo bộ thu tín hiệu điều tốc

Arduino Nano là một bo Arduino nhỏ gọn, tiện lợi, bền và dễ sử dụng, do đó tác giả sử dụng bo mạch này cho việc chế tạo bộ thu thập tín hiệu điều tốc đa chế độ lắp trên động cơ Diesel 6V53. Hình 3 hiển thị bộ thu tín hiệu điều tốc trên cho động cơ Diesel 6V53.



Hình 3: Bộ thu tín hiệu điều tốc



Hình 4: Vị trí lắp Encoder thu tín hiệu tốc độ động cơ

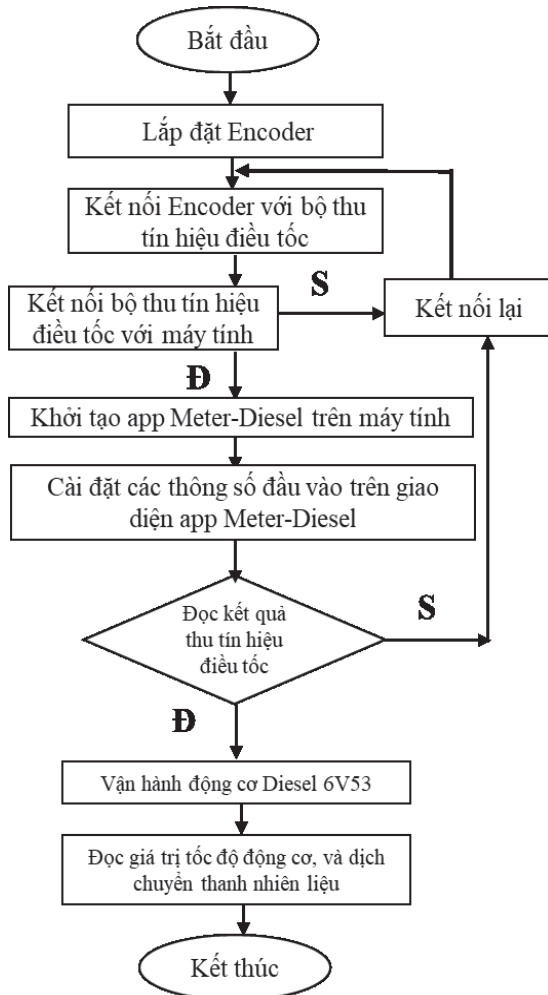


Hình 5: Vị trí lắp Encoder thu tín hiệu dịch chuyển thanh nhiên liệu trái



Hình 6: Vị trí lắp Encoder thu tín hiệu dịch chuyển thanh nhiên liệu phải

Để đọc được tín hiệu tốc động cơ tác giả dùng Encoder lắp vào đầu trục khuỷu như Hình 4. Hình 5 và 6 là vị trí lắp các Encoder thu thập giá trị dịch chuyển của thanh răng nhiên liệu. Các Encoder có thông số kỹ thuật như có độ phân giải 600 xung/vòng, tốc độ tối đa 5000 RPM, độ chính xác là $\pm 0.1\%$, điện áp nguồn 5V.



Hình 7: Lưu đồ hoạt động của bộ thu tín hiệu điều tốc trên động cơ Diesel 6V53.

Hình 7 trình bày lưu đồ hoạt động cho bộ thu tín hiệu điều tốc trên động cơ Detroit Diesel 6V53. Bước đầu tiên, tác giả lắp các Encoder vào vị trí cần thu tín hiệu như hình 4, 5, và 6. Bước 2, kết nối các Encoder với bộ thu tín hiệu điều tốc. Bước 3, khởi động máy tính và kết nối bộ thu tín hiệu với máy tính lấy nguồn 5V từ máy tính, trường hợp không có nguồn cần kiểm tra lại các kết nối. Khi có tín hiệu chúng ta sang bước 4 là mở App Meter-Diesel trên máy tính. Bước 5, cài đặt khoảng thời gian giữa hai lần đo đạt. Để thu được kết quả tin cậy có độ chính xác cao tác giả chọn khoảng cách giữ hai lần đo là 100ms. Ở bước này ta cần chọn vị trí lưu dữ liệu thu thập. Tiếp theo ta cần kiểm tra việc kết nối giữ thiết bị đo và App Meter-Diesel, trường hợp không hoạt động ta cần kiểm tra lại các kết nối, nếu App Meter-Diesel nhận được dữ liệu ta chuyển sang vận hành động cơ và thu thập dữ liệu là tốc độ động cơ và sự dịch chuyển của các thanh răng nhiên liệu tương ứng với các vòng quay của động cơ.

4. Thí nghiệm trên Detroit Diesel 6V53



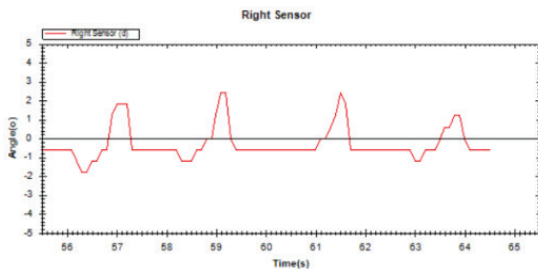
Hình 8: Động cơ thực nghiệm Detroit Diesel 6V53

Bảng 1. Các thông số kỹ thuật của động cơ Detroit Diesel 6V53

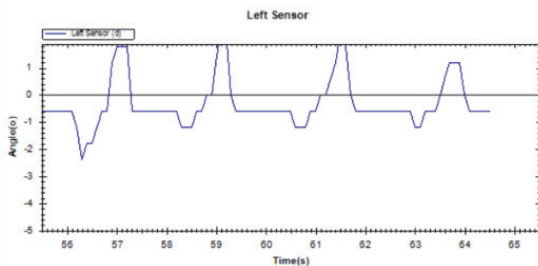
STT	Thông số kỹ thuật	Giá trị	Đơn vị
1	Số kỳ	2	Kỳ
2	Số xy lanh	6	Xy lanh
3	Đường kính xy lanh	3.875	Inch
4	Hành trình piston	4.5	Inch
5	Tỉ số nén	17:1	
6	Công suất tối đa	186	KW
7	Tốc độ quay tối đa	2800	Vòng/phút
8	Momen xoắn cực đại	813	Nm
9	Thể tích công tác	5.3	Lít

Thí nghiệm thu thập tín hiệu điều tốc được tiến hành trên động cơ Detroit Diesel 6V53 như hình 8. Thông số kỹ thuật cơ bản của động cơ được trình bày trong bảng 2 [9].

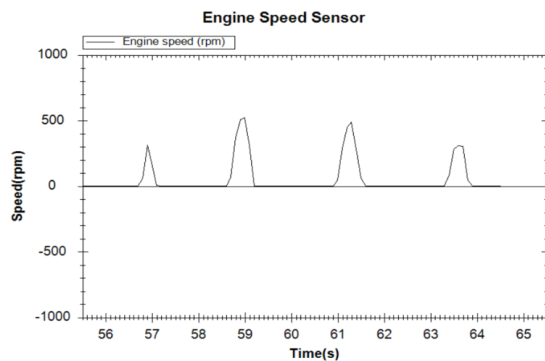
4.1 Kết quả thí nghiệm đo tín hiệu điều tốc và nhận xét



Hình 9: Tín hiệu dịch chuyển thanh răng nhiên liệu bên phải



Hình 10: Tín hiệu dịch chuyển thanh răng nhiên liệu bên trái



Hình 11: Tín hiệu số vòng quay trục khuỷu của động cơ Detroit Diesel 6V53

Khi động cơ hoạt động ở số vòng quay không tải là 1100 vòng/phút và tăng tốc đến 1900 vòng/phút và giảm tốc, thì tín hiệu số vòng quay thực tế được thu nhận qua bộ thu tín hiệu và được hiển thị như hình 11. Tương tự, tín hiệu dịch chuyển thanh răng nhiên liệu bên phải được hiển thị như hình 9 và bên trái như hình 10 theo thứ tự.

Nhận xét 1: Căn cứ vào kết quả thu thập từ hình ảnh thực tế trong quá trình động cơ hoạt động cho thấy bộ thu tín hiệu điều tốc hoạt động tốt.

Nhận xét 2: Dựa vào đồ thị cho thấy

khi tốc độ của động cơ thay đổi như hình 11 thì thanh răng được di chuyển đến vị trí cung cấp lượng nhiên liệu tương ứng như hình 9 và hình 10.

Nhận xét 3: Góc xoay của thanh thước nhiên liệu của dãy động cơ bên phải và bên trái là như nhau, điều này chứng minh cơ cấu cơ khí điều khiển thanh thước nhiên liệu hoạt động tốt và cân bằng lượng nhiên liệu cung cấp cho hai dãy động cơ. Để công suất của các xy lanh như nhau thì phải đảm bảo thông số kỹ thuật như tỉ số nén, thể tích, áp suất và lượng nhiên liệu phun ở các xy lanh là như nhau. Tuy nhiên, ở động cơ Detroit Diesel 6V53 việc điều chỉnh lượng nhiên liệu phun ở các xy lanh là độc lập. Do đó để điều chỉnh lượng nhiên liệu phun ở các xy lanh bằng nhau thì cần mộ kỹ thuật viên có tay nghề cao.

Nhận xét 4: Căn cứ vào đồ thị như hình 9 và 10 cho thấy, góc xoay tiến về vị trí dương có nghĩa là thanh răng nhiên liệu tiến về vị trí tăng lượng nhiên liệu khi tốc độ động cơ tăng, góc xoay tiến về vị trí âm có nghĩa là thanh răng nhiên liệu tiến về vị trí giảm lượng nhiên liệu khi tốc độ động cơ giảm.

4.2 So sánh kết quả thí nghiệm với kết quả tính toán độ nén lò xo điều tốc

Mối quan hệ giữ số vòng quay của động cơ và độ nén lò xo của bộ điều tốc được tính toán bằng phương pháp xấp xỉ dựa vào công thức sau [1]:

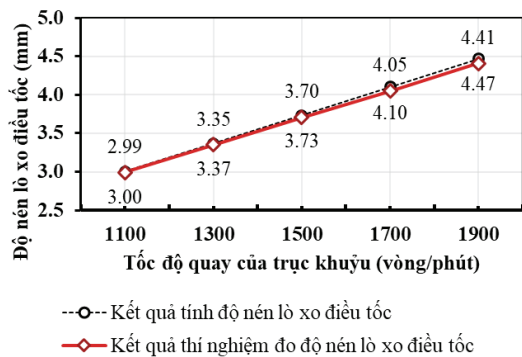
$$\Delta l = 10^{-6}n^2 + 0.0018n + 1.0123$$

Trong đó:

- Δl : Độ nén của lò xo điều tốc (mm)
- n : Số vòng quay của động cơ (vòng/phút)

Trong thí nghiệm tác giả sử dụng bộ thu tín hiệu điều tốc được tác giả chế tạo

để đo số vòng quay trực khuỷu và góc xoay của thanh thước nhiên liệu. Dựa vào kết quả thí nghiệm đo góc xoay của thanh thước nhiên liệu tương ứng với số vòng quay trực khuỷu của động cơ, tác giả tính toán theo tỷ lệ dịch chuyển tương ứng với độ nén của lò xo điều tốc. Từ kết quả thí nghiệm và kết quả tính toán lý thuyết về độ nén lò xo điều tốc, mối quan hệ giữa độ nén lò xo điều tốc và tốc quay của trục khuỷu động cơ được thể hiện như hình 11.



Hình 12: Mối quan hệ giữa tốc độ động cơ và độ nén lò xo điều tốc.

Nhận xét 5: Từ đồ thị mối quan hệ giữa tốc độ động cơ và độ nén lò xo điều tốc giữa tính toán lý thuyết và thí nghiệm cho thấy, khi tốc độ động cơ tăng thì độ nén của lò xo điều tốc tăng.

Nhận xét 6: Giá trị độ nén lò xo từ kết quả tính toán lý thuyết lớn hơn kết quả thí nghiệm khoảng 0.17% là do sai số của thiết bị đo khoảng 0.1% và độ đàn hồi của lò xo giảm theo tuổi thọ của động cơ.

5. Kết luận và hướng phát triển

Trong nghiên cứu này tác giả đã chế tạo và lắp đặt hoàn chỉnh bộ thu tín hiệu bộ điều tốc đa chế độ cho động cơ Detroit Diesel 6V53. Kết quả của thí nghiệm thu được là tốc độ quay trực khuỷu của động cơ tương ứng với góc xoay của thanh thước nhiên liệu cung cấp cho động cơ. Mối quan hệ giữa độ nén lò xo bộ điều tốc và tốc độ quay của trục khuỷu động cơ cũng được

tìm thấy. So sánh được giá trị độ nén lò xo điều tốc giữa tính toán lý thuyết và thí nghiệm. Có sai lệch giữa lý thuyết và thí nghiệm, tuy nhiên giá trị sai lệch nằm trong khoảng cho phép nên chấp nhận được. Qua đó cho thấy bộ thu tín hiệu bộ điều tốc

trong nghiên cứu này là sát với thực tiễn. Kết quả của nghiên cứu này có thể phục vụ cho các nghiên cứu tiếp theo về đo đạc và tính toán lượng nhiên phun tương ứng với quá trình làm việc của động cơ Diesel.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

I. TÀI LIỆU TIẾNG VIỆT

- [1]. Lê Hữu Tuyên “*Thiết kế chế tạo bộ điều tốc cho động cơ diesel sử dụng nhiên liệu biogas-hydrogen*” Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng.
- [2]. TS. Đặng Văn Uy, TS. Lê Văn Học, KS. Hoàng Kim Cường “*Động cơ diesel - đối tượng bậc 2 khi điều khiển tốc độ diesel engine*” Tạp chí Khoa học công nghệ hàng hải số 9, (4/2007).
- [3]. Đỗ Văn Dũng, Nguyễn Văn Long Giang, Đỗ Khắc Phú “*Nghiên cứu, chế tạo hệ thống cung cấp nhiên liệu kép cho động cơ diesel ford ranger*” Tạp chí Khoa học Giáo dục Kỹ thuật, số 18 (2011), Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh.

II. TÀI LIỆU TIẾNG ANH

- [4]. Qiaomei Sun, Jinguo Chen “*Speed governor design based on fuzzy self-tuning pid method for marine diesel engine*” 5th international conference on advanced design and manufacturing engineering (icadme 2015).
- [5]. Nenad I. Miljić, slobodan j. Popović “*Model based tuning of a variable speed governor for a distributor fuelinjection pump*” university of belgrade faculty of mechanical engineering.
- [6]. Janusz Bidziński “*Model of a diesel engine all-speed governor*” journal of kones powertrain and transport, vol. 13, no. 3.
- [7]. Ying Hu , Jianguo Yang, Nao Hu, Lei Hu, Zhengyan Qian And Yonghua Yu “*Research and development of electronic speed control strategies for medium-speed marine diesel engines*” international j of engine research 1–13 (imeche 2017).
- [8]. Xiaoqun Shen, Yuxiang Su “*Marine diesel engine speed control system based on fuzzy-PID*” applied mechanics and materials issn: 1662-7482, vols. 152-154, pp 1589-1594.
- [9]. 1985 General Motors Corp “*Detroit Diesel Engines SERIES 53*” Detroit Diesel Allison 13400 Outer Drive, West Detroit, Michigan 48239-4001, (1985).