

## ĐÁNH GIÁ TÍNH KINH TẾ CỦA VIỆC CHUYỂN ĐỔI HỆ THỐNG CUNG CẤP NHIÊN LIỆU VỀ THÀNH VE-EDC RATING ECONOMY OF CONVERSION OF THE FUEL SUPPLY SYSTEM FROM VE TO THE VE-EDC

Lý Vĩnh Đạt<sup>1</sup>, Trần Anh Tuấn<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật TP.HCM

<sup>2</sup>Trường Đại học Trần Đại Nghĩa

Ngày tòa soạn nhận được bài 29/8/2014, ngày phản biện đánh giá 04/9/2014, ngày chấp nhận đăng 30/9/2014

### TÓM TẮT

Khí thải và tiếng ồn trong động cơ diesel là những nguyên nhân gây ra tình trạng ô nhiễm môi trường. Để khắc phục những khó khăn trên, hệ thống cung cấp nhiên liệu diesel VE-EDC điều khiển điện tử đã được ứng dụng nhiều trên các động cơ diesel hiện đại. Bài viết đề cập đến nội dung nghiên cứu, cải tiến động cơ diesel sử dụng hệ thống VE kiểu cơ khí thành hệ thống VE-EDC kiểu điều khiển điện tử trên động cơ Hyundai H100 1T25. Những ưu điểm của VE-EDC lắp trên các động cơ diesel truyền thống đã mang lại một số cải thiện về hiệu suất, khí thải và lượng tiêu thụ nhiên liệu do có sự kiểm soát chính xác về thời điểm phun và lưu lượng phun. Kết quả cho thấy, hiệu suất động cơ tăng lên đáng kể ( mô-men xoắn tăng từ 5% đến 10%, công suất tăng từ 10% đến 15%), lượng tiêu thụ nhiên liệu cũng giảm khoảng 10% đến 30% khi sử dụng VE-EDC trên các động cơ diesel thông thường. Thêm vào đó, sự cải thiện của khí thải trong động cơ cũng thể hiện rõ rệt: khí CO giảm từ 40% đến 50% và HC giảm từ 5% đến 20%.

**Từ khóa:** Cảm biến vị trí bàn đạp ga (APP); Van điều khiển lưu lượng phun (SCV); van điều khiển thời điểm phun (TCV); Hệ thống điều khiển động cơ diesel bằng điện tử (EDC).

### ABSTRACT

The emission and noise in Diesel engines are the main factors that cause the environmental pollution. To overcome the disadvantages, the Electronic Diesel Control system (EDC) has been equipped in modern Diesel engines. The paper study the installing and converting the conventional VE fuel system to VE - EDC in Hyundai H100 1T25. The applying of VE - EDC in traditional Diesel engine brings some advantages about performance, efficiency, emission and fuel consumption due to the controlling exactly of fuel flow and injection timing which are controlled by spill control and timing control valves, respectively. The results show that the engine performance is significantly increased (about 5 ÷10 % for torque and 10 ÷15 % for power), the fuel consumption is also reduced about 10 ÷30 % when using VE - EDC for the conventional Diesel engine. In additional, the improving of emission in engine also achieve: the reducing of CO about 40 ÷50 % and HC about 5÷20 %..

**Key words:** Accelerator Position Sensor (APP); Suctioncontrol valve (SCV); Timing control valve (TCV); Electronic Diesel Control (EDC)

### I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nhiều công trình khoa học liên quan đến việc nghiên cứu cải tiến, chế tạo đối với động cơ diesel đã được đề cập đến. Đối với một số công trình nghiên cứu trong nước đã công bố, tác giả chú trọng đến các nội dung về nguyên

lý, cấu tạo và hoạt động của hệ thống nhiên liệu động cơ diesel; chế tạo bộ điều tốc điện tử cho động cơ diesel sử dụng bơm cao áp VE và các cải tiến về sử dụng nhiên liệu kép trên động cơ diesel. [1-3]

Đối với các công trình nghiên cứu quốc tế,

đề tài thường tập trung đến nội dung đánh giá lượng phát thải khí xả trên động cơ diesel, các phân tích đánh giá về hiệu suất động cơ khi sử dụng hệ thống cung cấp nhiên liệu VE-EDC. [7]

Do vậy, chưa có công trình nào đề cập đến vấn đề chuyển đổi hệ thống cung cấp nhiên liệu VE kiểu cơ khí thành hệ thống VE-EDC kiểu điều khiển điện tử, để đánh giá tính hiệu quả trong việc cải tiến động cơ diesel.

Đề tài nghiên cứu thay thế hệ thống cung cấp nhiên liệu VE kiểu cơ khí bằng hệ thống cung cấp nhiên liệu VE – EDC trên động cơ Hyundai H100 nhằm mục đích nghiên cứu cải thiện công suất và mô-men xoắn của động cơ. Bên cạnh đó, xác định lượng nhiên liệu tiêu thụ và cải thiện vấn đề ô nhiễm môi trường trên động cơ Diesel.

Các nội dung nghiên cứu bao gồm:

-Nghiên cứu, cải tiến và lắp đặt hệ thống cung cấp nhiên liệu DieselVE-EDC với các cảm biến là tín hiệu đầu vào, bộ phận cung cấp nhiên liệu phun diesel điện tử gồm bơm cao áp VE-EDC, van điều khiển lượng phun (SCV), van điều khiển thời điểm phun (TCV), bộ xử lý trung tâm (ECU), cảm biến đầu vào được lắp trên động cơ Hyundai H100, thay cho hệ thống cung cấp nhiên liệu cũ.

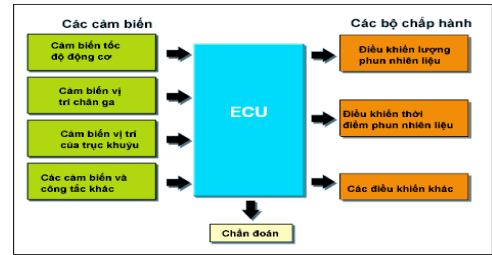
-Chế tạo mô hình hệ thống cung cấp nhiên liệu động cơ Diesel VE-EDC.

- Thử nghiệm động cơ trên băng thử công suất, đánh giá một số kết quả thực nghiệm như: đường đặc tính ngoài, suất tiêu hao nhiên liệu và thành phần khí xả của động cơ sau cải tiến.

## II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

### 1.Các vấn đề chung về đường đặc tính ngoài và thành phần khí xả của động cơ thực nghiệm Hyundai H100

Hoạt động hệ thống cung cấp nhiên liệu Diesel VE-EDC trên động cơ thực nghiệm dựa trên các tín hiệu cảm biến đầu vào: vị trí trục khuỷu ( $N_e$ ), vị trí bàn đạp ga (APP), nhiệt độ nước (THW), áp suất đường ống nạp (MAP)...



Hình 1: Sơ đồ khối điều khiển van SCV, van TCV và kim phun diesel trên động cơ thực nghiệm Hyundai H100.

ECU được thiết kế để tổng hợp các tín hiệu đầu vào, tính toán, xuất các tín hiệu đầu ra điều khiển van lưu lượng phun nhiên liệu SCV (suction control valve), van điều khiển thời điểm phun TCV (timing control valve) thích hợp với từng chế độ hoạt động của động cơ [6].

Công suất có ích động cơ  $N_e$ :

$$N_e = \frac{p_e \cdot n \cdot V_h \cdot i}{30 \cdot \tau} \cdot k W \quad (1)$$

Trong đó:  $N_e$ : công suất có ích trung bình (kW);

$p_e$ : áp suất có ích trung bình (MPa);

$n$ : số vòng quay trục khuỷu (v/ph);

$V_h$ : thể tích công tác của xi lanh (lít);

$i$ : số xi lanh

$\tau$ : số kỳ công tác

1 mã lực 1hp 0,7355 kW.

1kG.m 9,80665 N.m .

Mô men xoắn động cơ  $M_e$ :

$$M_e = \frac{N_e}{\omega} = \frac{N_e \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{9,55 \cdot N_e}{n} \cdot N \cdot m \quad (2)$$

Trong khí xả, ta kiểm tra nồng độ của oxit-cacbon (CO), các loại hydro-cacbon (HC) và các loại oxit-nitơ ( $NO_x$ ).  $NO_x$  được tạo ra trong các điều kiện tăng công suất tiêu thụ, cụ thể là khi tăng tốc ô tô. Sự tạo ra CO liên quan chính tới sự làm việc của hệ thống cung cấp nhiên liệu. Khi tăng tốc và khởi động nguội sẽ làm cho lượng thải CO tăng lên. Thành phần HC được tạo ra do có sự cháy không kiệt của nhiên liệu. Điều này xảy ra khi động cơ làm việc ở chế độ không tải, khi phanh động cơ [5].

## 2. Nghiên cứu, lắp đặt hệ thống cung cấp nhiên liệu Diesel VE-EDC trên động cơ xe Hyundai H100 1T25.

Động cơ Hyundai H100 là động cơ diesel với 4 kỳ, 4 xy lanh thẳng hàng, cỡ nhỏ, có các thông số kỹ thuật cơ bản [4]:

**Bảng 1:** Đặc tính kỹ thuật của động cơ Hyundai H100

Loại động cơ D4AL	Tăng áp
Đường kính x hành trình pítông (mm)	91,1 x 100
Thể tích xy lanh( $cm^3$ )	2,476
Công suất tối đa (kW)	58/4000
Mômen cực đại (kG.m/vg/ph)	17/2200
Tỉ số nén	22:1
Suất tiêu thụ nhiên liệu (gam/mãlực.giờ)	285
Áp suất mở vòi phun (kG/cm <sup>2</sup> )	320

Trong đó:

1 PS0,7355 kW 0,98632 hp.

1 kG/cm<sup>2</sup> 98066,5 Pa 0,1 Mpa.

Giữ nguyên kết cấu động cơ, sau khi tháo bỏ hệ thống cung cấp nhiên liệu cũ ( bơm cao áp, bộ điều tốc cơ khí), hệ thống cung cấp nhiên liệu VE-EDC được thiết kế và lắp đặt mới trên động cơ của hãng Hyundai (hình2).



Hình 2: Hệ thống cung cấp nhiên liệu VE-EDC lắp trên động cơ Hyundai.

Cảm biến điện từ xác định vị trí và tốc độ trục khuỷu được gắn trên thân động cơ lấy tín hiệu thông qua bánh răng của bánh đà. Cụm ống nạp được thiết kế và gia công lại để phù hợp với việc lắp các cảm biến như: APP, THA,MAP, THF...kim phun trong buồng đốt được giữ nguyên giống như vị trí của kim phun cũ. Cách bố trí một số cảm biến chính trên mô hình động cơ thực nghiệm.



Hình 3:Thiết kế, lắp đặt các cảm biến trên động cơ Hyundai.

## 3.THỬ NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ

### 1. Thử nghiệm và đánh giá hiệu suất của động cơ

Động cơ thử nghiệm hoạt động kéo bằng thiết bị tạo tải thủy lực (hình 5), được lắp đặt tại nhà máy Z751-BQP.



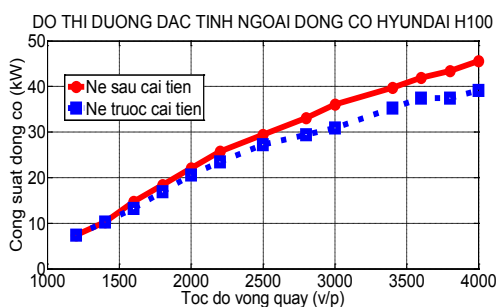
Hình 4: Mô hình tổng thể lắp đặt hệ thống cung cấp nhiên liệu Diesel VE-EDC trên động cơ thực nghiệm.

Lần lượt cho các động cơ hoạt động ở các dải tốc độ từ 1200 vòng/phút đến 4000 vòng/phút, ta thu thập kết quả thử nghiệm như sau:

**Bảng 2:** Thông số thực nghiệm công suất động cơ trước và sau khi cải tiến.

$n_e$ (v/ph)	$N_{e1}$ (kW)	$N_{e2}$ (kW)	Lượng thể tích dầu Diesel phun (ml/phút)		Ghi chú
1200	7,4	7,4	52	47	Thời gian lấy mẫu: 1 phút
1400	10,3	10,3	60	49	
1600	13,2	14,7	68	60	
1800	16,9	18,4	80	72	
2000	20,6	22,1	95	85	
2200	23,5	25,7	112	99	
2500	27,2	29,4	135	120	
2800	29,4	33,1	Không lấy mẫu thử ở các dãy tốc độ cao.		
3000	30,9	36,1			
3400	35,3	39,7			
3600	37,5	41,9			
3800	37,5	43,4			
4000	39,1	45,6			

Kết quả thử nghiệm được trình bày trên bảng 2. Ta có đồ thị thông số như sau:



Hình 6: Đồ thị mô tả công suất của động cơ trước và sau khi cải tiến.

Ở các dãy tốc độ vòng quay thấp thì không có sự chênh lệch đáng kể về công suất động cơ, nhưng khi tiến hành thử tải ở các dãy tốc độ cao thì đường công suất của động cơ sử dụng VE-EDC tăng cao hơn so với động cơ sử dụng VE thông thường. Công suất sau khi cải tiến tăng lên từ 10% cho đến 15% tùy theo tốc độ động cơ và công suất động cơ phát ra ổn định hơn trước khi cải tiến.

Trong đó:

$M_{e1}$ ,  $M_{e2}$ : Mômen xoắn động cơ trước và sau khi cải tiến (kG.m/vg/ph);

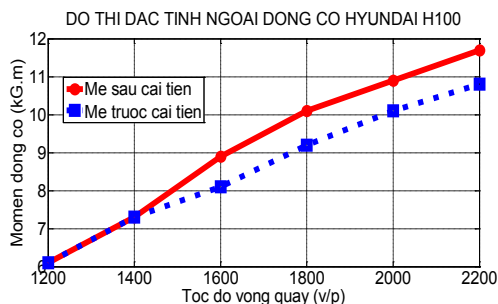
$N_{e1}$ ,  $N_{e2}$ : Công suất động cơ trước và sau khi cải tiến (hp);

$m_{f1}$ ,  $m_{f2}$ : Lượng thể tích dầu diesel phun trước và sau cải tiến (ml/phút).

**Bảng 3:** Thông số thực nghiệm mômen xoắn động cơ trước và sau khi cải tiến.

$n_e$ (v/ph)	$M_{e1}$ (kG.m)	$M_{e2}$ (kG.m)	Ghi chú
1200	6,1	6,1	Thời gian lấy mẫu: 1 phút
1400	7,3	7,3	
1600	8,1	8,9	
1800	9,2	10,1	
2000	10,1	10,9	
2200	10,8	11,7	

Kết quả thử nghiệm được bày trên bảng 2. Ta có đồ thị thông số như sau:

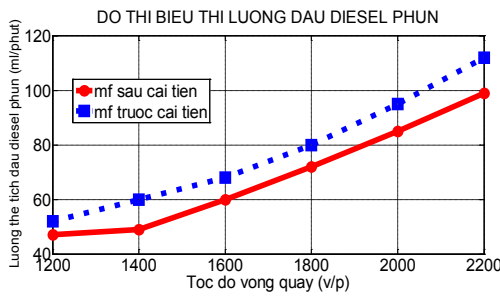


Hình 7: Đồ thị mô tả mômen của động cơ trước và sau khi cải tiến.

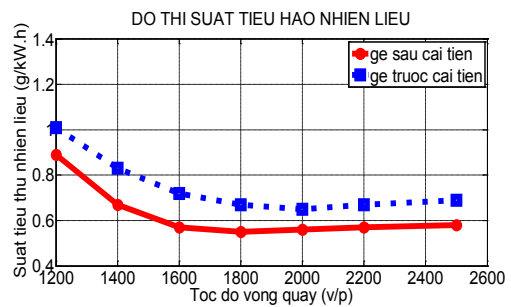
Đối với đường đặc tính mômen ta nhận thấy sự tăng lên so với trước khi cải tiến từ 5% đến hơn 10%. Đường đặc tính ổn định hơn so với trước khi cải tiến.

## 2. Thử nghiệm và đánh giá lượng tiêu thụ nhiên liệu và mức độ phát thải nồng độ HC và CO:

Dựa vào quá trình lấy mẫu thử đường đặc tính ngoài của động cơ trước và sau khi cải tiến, ta tiến hành đo lượng phun dầu Diesel bằng cân loại ViBRA, kết quả đo được như sau:



Hình 8. Đồ thị biểu thị lượng dầu Diesel phun của động cơ trước và sau khi cải tiến.



Hình 9. Đồ thị so sánh suất tiêu hao nhiên liệu trước và sau khi thử nghiệm.

Với đồ thị biểu thị lượng dầu Diesel phun vào động cơ sử dụng VE-EDC, ta nhận thấy rõ sự giảm rất lớn lượng tiêu thụ nhiên liệu từ 10% đến 30% so với động cơ sử dụng VE thông thường. Nhờ việc thông qua các cảm biến cho tín hiệu đầu vào và xử lý của ECU, việc tính toán thời điểm phun và lượng phun nhiên liệu được chính xác hơn.

Tỷ trọng riêng của dầu:  $\gamma = 0,82 \div 0,68$ . Chọn [8]  $\gamma = 0,85$

Ta có công thức quy đổi từ  $m_f$  sang  $G_{nl}$  như sau:

$$G_{nl} = \frac{m_f \cdot 0,85}{60}, (\text{kg/h}) \quad (3)$$

Qua đó, bảng suất tiêu hao nhiên liệu được tính như sau:

$$g_e = \frac{G_{nl}}{N_e} \cdot 10^3, (\text{g/kW.h}) \quad (4)$$

Bảng 4: Bảng số liệu  $g_e$  trước và sau cải tiến.

$g_{e1}$	1,01	0,83	0,72	0,67	0,65	0,67	0,69
$g_{e2}$	0,89	0,67	0,58	0,55	0,56	0,57	0,58

Trong đó:

$g_{e1}$ ,  $g_{e2}$ : suất tiêu hao nhiên liệu trước và sau cải tiến, (g/kW.h).

Kết quả so sánh như sau:

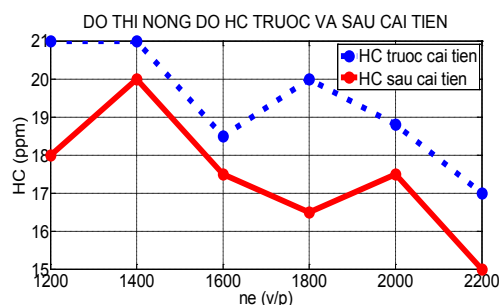
Động cơ sau cải tạo có  $g_e$  thấp hơn hẳn dù có cùng áp suất phun, cho thấy góc phun dầu được tối ưu tốt hơn.

Lắp thiết bị đo khí xả NHT-6, cho động cơ hoạt động, thay đổi lần lượt tốc độ động cơ từ 1200 vòng/phút đến 2200 vòng/phút, thu thập các số liệu về nồng độ HC và CO trong thử nghiệm. Thời gian lấy số liệu từng trường hợp là 1 phút.

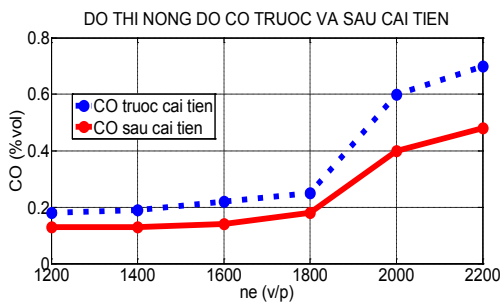
Bảng 5. Thông số thực nghiệm đo HC, CO của động cơ trước và sau khi cải tiến.

$n_c$ (v/p-h)	$HC_t$ (pp-m)	$HC_s$ (pp-m)	$CO_t$ (%v-ol)	$CO_s$ (%v-ol)	Ghi chú
1200	21	18	0.18	0.13	Thời gian lấy mẫu: 1 phút
1400	21	20	0.19	0.13	
1600	18.5	17.5	0.22	0.14	
1800	20	16.5	0.25	0.18	
2000	18.8	17.5	0.6	0.4	
2200	17	15	0.7	0.48	

Kết quả thử nghiệm được bày trên bảng 4. Ta có đồ thị thông số như sau:



Hình 9: Đồ thị biểu thị nồng độ HC của động cơ trước và sau khi cải tiến.



Hình 10: Đồ thị biểu thị nồng độ CO của động cơ trước và sau khi cải tiến.

Nồng độ HC và nồng độ CO trong thử nghiệm ở động cơ sau cải tiến luôn thấp hơn so với động cơ ban đầu. Điều này cho thấy rõ tính hiệu quả cao khi thay thế hệ thống cung cấp nhiên liệu VE thông thường bằng hệ thống cung cấp nhiên liệu VE-EDC.

#### IV. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã thực hiện việc thay thế hệ thống nhiên liệu VE cơ khí bằng hệ thống

nhiên liệu điều khiển bằng điện tử VE-EDC trên động cơ Hyundai H100. Việc ứng dụng VE-EC đã đem lại một số ưu điểm trong việc cải tiến hiệu suất, suất tiêu hao nhiên liệu và khí xả trên động cơ Diesel. Nghiên cứu đã rút ra một số kết luận như sau:

- +  $M_e$  tăng từ 5% đến 10%;
- +  $N_e$  tăng từ 10% đến 15%;
- +  $g_e$  giảm từ 12% đến 24%;

+ CO và HC đều giảm (% tăng giảm không đáng kể vì thiết bị sử dụng có độ nhạy thấp đối với ngưỡng phát thải CO và HC của động cơ diesel).

Đây là bước đầu trong việc nghiên cứu cải tiến và thay thế dần các động cơ Diesel sử dụng hệ thống VE kiểu cơ khí bằng hệ thống VE-EDC điều khiển điện tử. Các kết quả thực nghiệm cho thấy hướng nghiên cứu sử dụng hệ thống cung cấp nhiên liệu VE-EDC trên động cơ Diesel là có tính khả thi, cần được đầu tư nghiên cứu và hoàn thiện, đặc biệt là kỹ thuật điều khiển nhằm giải quyết bài toán về năng lượng và giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

##### 1. Trong nước:

[1] PGS.TS. Đỗ Văn Dũng, ThS. Huỳnh Phước Sơn, KS. Thái Huy Phát. “Nghiên cứu – chế tạo hệ thống điều khiển cung cấp nhiên liệu trên động cơ Common – rail sử dụng nhiên liệu kép CNG – Diesel”. Tạp chí khoa học công nghệ- Trường ĐHSPKT Tp.HCM (2014), bài báo mã số 14-063.

[2] TS. Huỳnh Thanh Công - PTN Trọng điểm ĐHQG-HCM Động cơ đốt trong, Trường ĐH Bách khoa TPHCM. “Mô phỏng xác định thông số phun tối ưu động cơ diesel một xy-lanh tĩnh tại”. Tạp chí Giao thông vận tải (2013) – Trường ĐHGTVT Tp.HCM, bài số 9.

[3] Th.S Phan Nguyễn Quý Tâm. “Nghiên cứu, thiết kế chế tạo bộ điều tốc điện tử cho động cơ Diesel sử dụng bơm cao áp VE”. Đề tài luận văn thạc sỹ năm 2005-2007. Trường ĐHSPKT Tp.HCM.

[4] Công ty TNHH Hyundai Tiên Phong <http://www.Hyundai-tienphong.com.vn>

[5] TS. Lại Văn Định - Học viện kỹ thuật quân sự. *Phun nhiên liệu điều khiển điện tử trên động cơ đốt trong và tính kinh tế nhiên liệu của ô tô*. NXB Quân đội nhân dân – Hà Nội (2010).

[6] GS.TS. Nguyễn Tất Tiến. *Nguyên lý động cơ đốt trong*. NXB Giáo dục – Hà Nội (2000).

##### 2. Quốc tế:

[7] Modeling of Diesel Combustion, Soot and NO Emissions Based on a Modified Eddy Dissipation Concept by Sangjin Hong, Margaret S.Wooldridge, University of Michigan, Mechanical Engineering Department, Ann Arbor, MI 8109-2125, USA. Submitted to Combustion Science and Technology, December 6.