

# NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH TỶ LỆ THAM DỰ CỦA ETHANOL TRÊN ĐỘNG CƠ DIESEL PHUN GIÁN TIẾP SỬ DỤNG LƯƠNG NHIÊN LIỆU ETHANOL-DIESEL

**Nguyễn Quang Trung**

*Trường Đại học Bách khoa- Đại học Đà Nẵng*

**Tóm tắt.** Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định tỷ lệ tham dự ethanol cho động cơ diesel phun gián tiếp khi sử dụng lương nhiên liệu ethanol-diesel. Mục tiêu của nghiên cứu nhằm xác định tỷ lệ tham dự lớn nhất của ethanol trong điều kiện động cơ không bị cháy kích nổ và không làm tăng suất tiêu hao năng lượng. Với mục tiêu trên, kết quả thực nghiệm cho thấy tỷ lệ tham dự của ethanol đạt được khoảng 27% trên tổng khối lượng nhiên liệu ethanol-diesel cung cấp.

**Từ khóa:** tỷ lệ tham dự (suất tham dự); suất tiêu hao năng lượng.

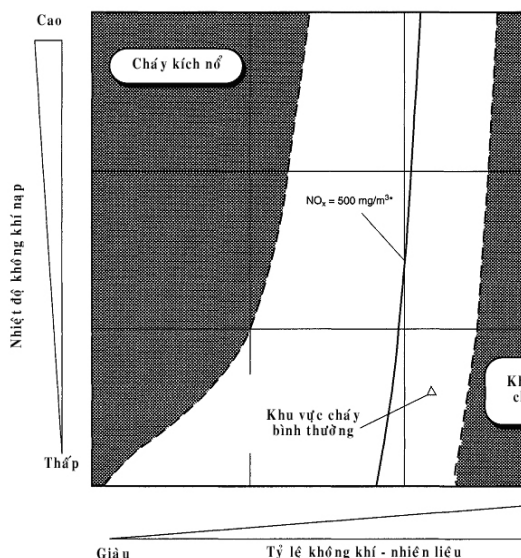
## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ethanol là nhiên liệu sinh học có khả năng tái tạo, được nhiều nước trên thế giới quan tâm và coi là nhiên liệu thay thế tốt nhất cho xăng và diesel. Tuy nhiên khi ứng dụng ethanol cho động cơ diesel thì gặp một số khó khăn như: ethanol có trị số xê-tan nhỏ hơn nhiều so với diesel, độ nhớt thấp, khó hòa trộn với diesel,...(xem Bảng 1). Với những khó khăn như vậy thì ethanol chỉ sử dụng làm nhiên liệu cho động cơ diesel lương nhiên liệu diesel-ethanol với vai trò là nhiên liệu thứ hai được cung cấp độc lập trên đường nạp hoặc phun trực tiếp vào buồng cháy. Điều cần quan tâm là tỷ lệ tham dự của ethanol bị hạn chế bởi tác nhân cháy kích nổ khi mà ethanol có trị số octan RON khoảng 110 không đáp ứng được điều kiện chống kích nổ của động cơ có tỷ số nén lớn như động cơ diesel [1]. Chính vì vậy việc xác định tỷ lệ tham dự của ethanol và điều kiện vận hành tương ứng cho các động cơ diesel sử dụng lương nhiên liệu ethanol – diesel trong điều kiện không xảy ra cháy kích nổ là rất cần thiết.

## 2. GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ

Vấn đề này đã được nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước đề cập tới, với các thực nghiệm đã tiến hành thì tỷ lệ tham dự ethanol đạt được lên đến 39% khối lượng [2]. Tuy nhiên các nghiên cứu trước đây chỉ tiến hành thực nghiệm trên động cơ 1 xilanh là động cơ không có khả năng ứng dụng trên phương tiện vận tải ở Việt Nam. Bài báo này đề cập đến việc cấp ethanol cho động cơ diesel có buồng cháy phụ (phun gián tiếp). Cụ thể là hệ thống thực nghiệm sử dụng phương án cung cấp

ethanol trên đường nạp tạo ra hỗn hợp ethanol - không nạp vào các xilanh. Đây là động cơ sử dụng trên các phương tiện vận tải nhỏ hiện nay,



**Hình 1. Ảnh hưởng của nhiệt độ không khí nạp và tỉ lệ không khí-nhiên liệu đến giới hạn cháy giữa không cháy và cháy kích nổ.**

Động cơ phun gián tiếp thường có tỷ số nén cao và được tăng áp nên nhiệt độ khí nạp cao, đây chính là điều kiện gây cháy kích nổ khi cung cấp thêm ethanol cho động cơ. Do đó biện pháp nâng cao tỷ lệ tham dự của ethanol là kiểm soát chặt chẽ nhiệt độ khí nạp nhằm giảm nguy cơ cháy kích nổ nhưng đồng thời không giảm nhiệt độ quá mức khiến màng lửa bị dập tắt (Hình 2) [2,3].

**Bảng 1. Đặc tính lý hoá cơ bản của Ethanol và Diesel [2]**

Các chỉ tiêu / Loại nhiên liệu	Ethanol 95%	Diesel
Thành phần khối lượng (%kl):		
- Cacbon	52	86
- Hydro	13	14
- Oxy	35	0,4
Khối lượng riêng ở 20 <sup>0</sup> C (kg/dm <sup>3</sup> )	0,789	0,84÷0,88
Điểm sôi (°C)	78	170÷340
Nhiệt hóa hơi (kJ/kg ở 25 <sup>0</sup> C)	840	270
Nhiệt trị thấp Q <sub>t</sub> (MJ/kg)	26,8	42,5
Lượng không khí cần thiết để đốt cháy 1kg nhiên liệu (kg/kg)	9,06	14,5
Trị số octane (RON)	111	~3
Trị số cetane	8,0	45÷55
Nhiệt độ tự cháy (K)	665	~500
Độ nhớt động học (m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> .10 <sup>6</sup> )	1,4	4,3

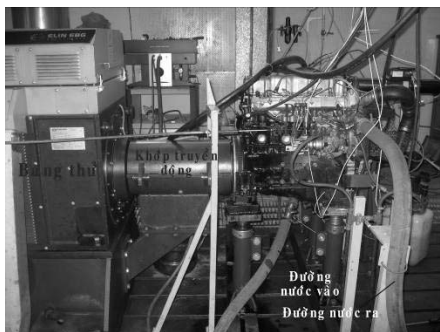
Mô hình thực nghiệm (Hình 2) được xây dựng trên đối tượng thực nghiệm là động cơ Mazda WL phun gián tiếp (Bảng 2) kết nối với băng thử APA 204/8 (Hình 3) cho phép xác định được công suất, mô men của động cơ. Bên cạnh đó, động cơ thử nghiệm sử dụng thiết bị điều hòa nhiệt độ nước làm mát, dầu bôi trơn AVL 5533 và AVL 554, bộ đo nhiên liệu diesel AVL733S, vị trí thanh răng bơm cao áp được điều khiển bởi thiết bị THA100, thành phần khí thải động cơ được xác định bằng thiết bị AVL Digas 4000. Các thiết bị trên đều rất hiện đại và hiện được trang bị tại phòng thí nghiệm Động cơ đốt trong - Khoa Cơ khí giao thông- Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng.

Động cơ đốt trong sử dụng trên phương tiện vận tải thường hoạt động với phạm vi thay đổi tải rất rộng do vị trí thanh răng điều khiển và tốc độ động cơ quyết định. Vì vậy thực nghiệm tiến hành ở ba mức tải: chế độ tải nhỏ (vị trí thanh răng bơm cao áp ở 20%, tốc độ động cơ 1500 vòng/phút), tải trung bình (vị trí thanh răng bơm cao áp ở 40%, tốc độ động cơ 2000 vòng/phút) và tải lớn (vị trí thanh răng bơm cao áp ở 60%, tốc độ động cơ 2500 vòng/phút) [3]. Khi thực nghiệm chỉ cấp khí nén làm mát cho két làm mát trung gian khí nạp ở chế độ tải trung bình và tải lớn, còn chế độ tải nhỏ thì không cấp khí nén làm mát để đảm bảo nhiên liệu cháy hết.

Bên cạnh đó mô hình thực nghiệm còn sử dụng thêm bộ hỗn hợp cung cấp ethanol trên đường nạp lắp trước tua-bô tăng áp có khả năng thay đổi lượng ethanol độc lập so với diesel và xác định lưu lượng cấp thông qua cân điện tử nhãn hiệu JSC-TSC có sai số 0,5g.

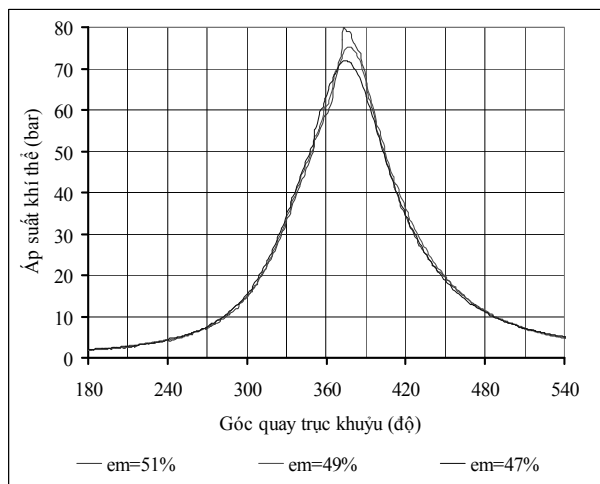
**Bảng 2. Các thông số kỹ thuật cơ bản của động cơ MAZDA WL**

Thông số	Kí hiệu	Thứ nguyên	Giá trị
Công suất cực đại/ Số vòng quay	$N_{\text{emax}}/n$	kW/(vòng/phút)	85/3500
Tỷ số nén	$\varepsilon$	-	19,8
Mô men cực đại/ Số vòng quay	$M_{\text{emax}}/n$	Nm/(vòng/phút)	280/2000
Đường kính xylanh	D	Mm	93
Hành trình pittông	S	Mm	92
Số xylanh	i	-	4
Góc phun sớm	$\varphi$	độ	10
Áp suất phun nhiên liệu	$p_p$	kg/cm <sup>2</sup>	116 ÷ 124



### Hình 3. Lắp đặt động cơ lên băng thử

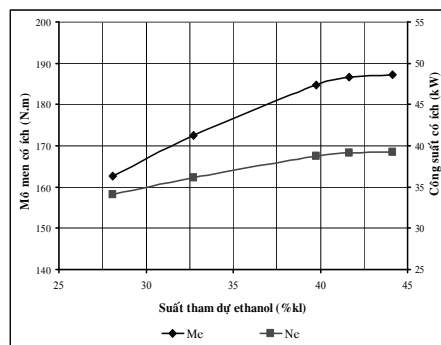
### 3.1. Tỷ lệ tham dự tối ưu theo chế độ tải và nhiệt độ môi chất nạp



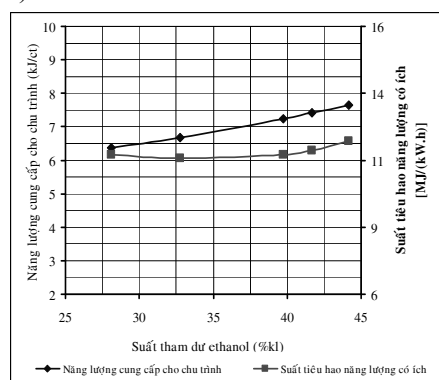
- Diễn biến công suất và mô men theo tỷ lệ tham dự ethanol
- Diễn biến năng lượng cung cấp cho chu trình và suất tiêu hao năng lượng theo tỷ lệ tham dự ethanol
- Diễn biến áp suất khí thể buồng cháy theo tỷ lệ tham dự ethanol

59

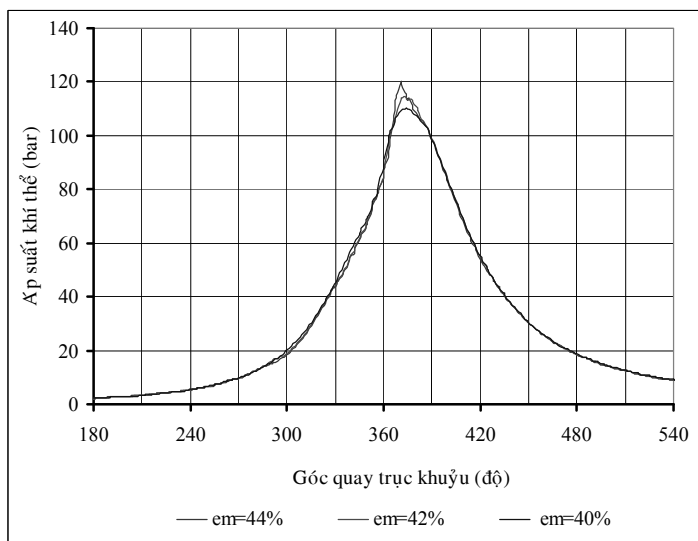
51% thì công suất, mô men giảm, suất tiêu hao năng lượng tăng do động cơ bắt đầu cháy kích nổ (Hình 4c).



a)



b)



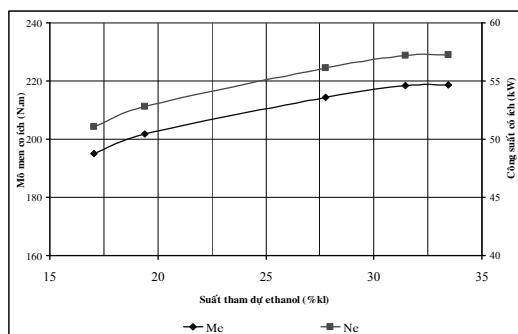
c)

### Hình 5. Chế độ tải trung bình

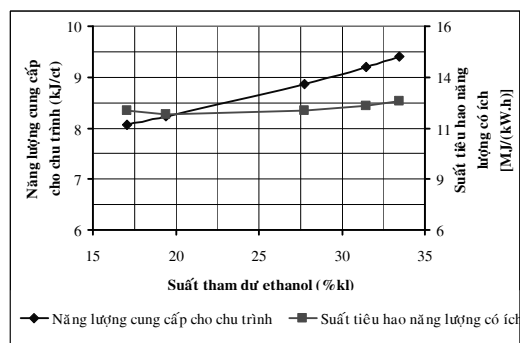
- a) Diễn biến công suất và mô men theo tỷ lệ tham dự ethanol  
 b) Diễn biến năng lượng cung cấp cho chu trình và suất tiêu hao năng lượng theo tỷ lệ tham dự ethanol  
 c) Diễn biến áp suất khí thể buồng cháy theo tỷ lệ tham dự ethanol

• **Ở chế độ tải trung bình** (nhiệt độ môi chất nạp trong khoảng  $37\div 41^{\circ}\text{C}$ , cấp ethanol thêm để mô men có ích đạt từ  $58\div 66\%$  mô men cực đại của động cơ): khi tỷ lệ tham dự ethanol vượt quá 40% thì mô men và công suất của động cơ tăng chậm (Hình 5a), đồng thời suất tiêu hao năng lượng có ích tăng lên (Hình 5b); khi tỷ lệ tham dự ethanol khoảng 44% thì công suất, mô men giảm, suất tiêu hao năng lượng tăng do động cơ bắt đầu cháy kích nổ (Hình 5c).

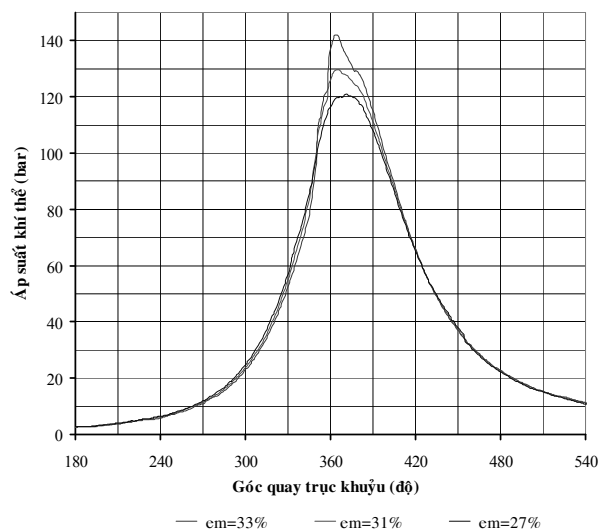
• **Ở chế độ tải lớn** (nhiệt độ môi chất nạp trong khoảng  $40\div 45^{\circ}\text{C}$ , cấp ethanol thêm để mô men có ích đạt từ  $69\div 78\%$  mô men cực đại của động cơ): khi tỷ lệ tham dự ethanol vượt quá 27% thì mô men và công suất có tốc độ tăng chậm lại (Hình 6c), đồng thời suất tiêu hao năng lượng có ích tăng lên (Hình 6b); khi tỷ lệ tham dự ethanol vào khoảng 33% thì công suất, mô men giảm, suất tiêu hao năng lượng tăng do động cơ bắt đầu cháy kích nổ (Hình 6c).



a)



b)



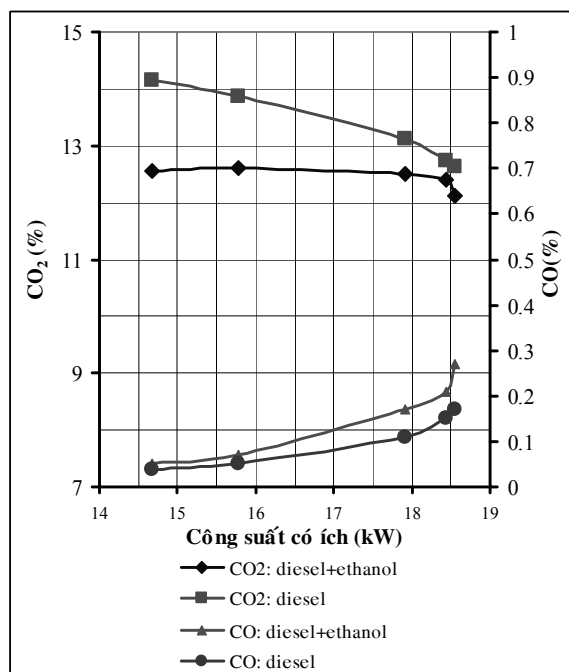
c)

### Hình 6. Chế độ tải lớn

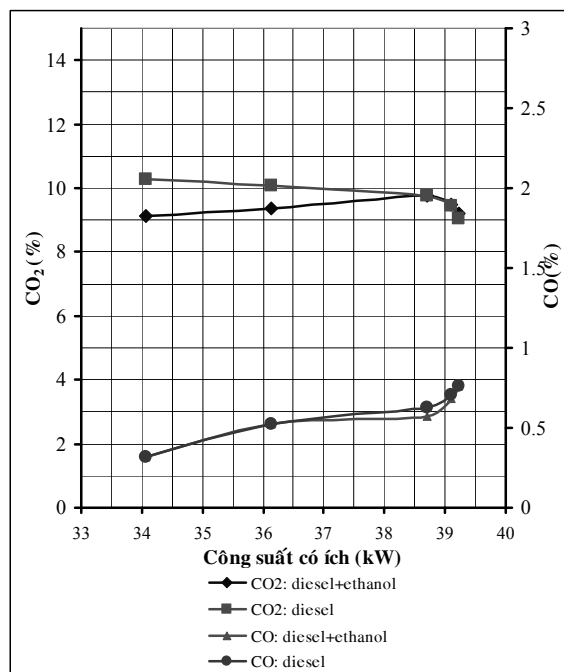
- a) Diễn biến công suất và mô men theo tỷ lệ tham dự ethanol
- b) Diễn biến năng lượng cung cấp cho chu trình và suất tiêu hao năng lượng theo tỷ lệ tham dự ethanol
- c) Diễn biến áp suất khí thể buồng cháy theo tỷ lệ tham dự ethanol

Tuy ở mỗi chế độ tải có một tỷ lệ tham dự ethanol tối ưu, nhưng động cơ diesel phun gián tiếp với tỷ số nén 19.8, nhiệt độ khí nạp trong khoảng 34 đến 45°C có thể hoạt động ở tỷ lệ tham dự ethanol khoảng 27% cho chế độ thường xuyên sử dụng của động cơ là chế độ tải trung bình và tải lớn. Đối với các mức tải khác cần có sự thay đổi cho phù hợp, nên sử dụng ở mức nhỏ hơn 27% cho chế độ toàn tải (mô men có ích lớn hơn 78% mô men cực đại) và lớn hơn 27% cho chế độ tải nhỏ (mô men có ích nhỏ hơn 42% mô men cực đại).

### 3.2. So sánh ô nhiễm so với động cơ sử dụng diesel



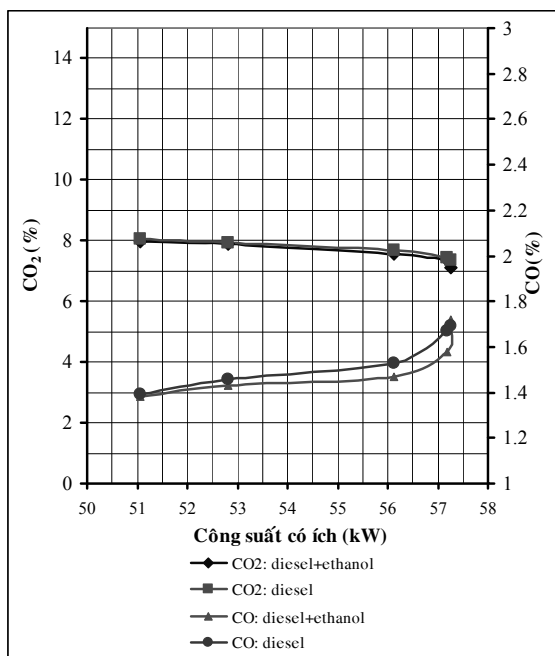
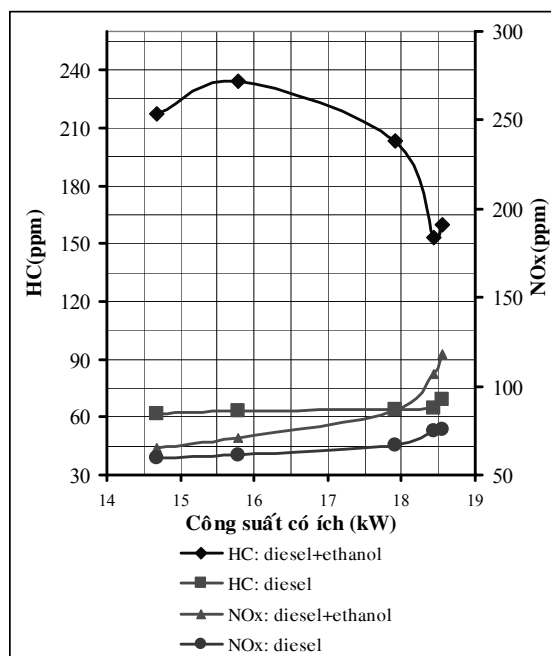
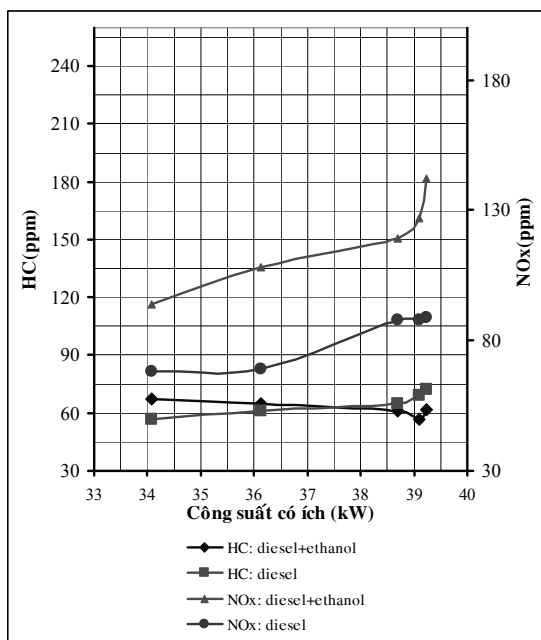
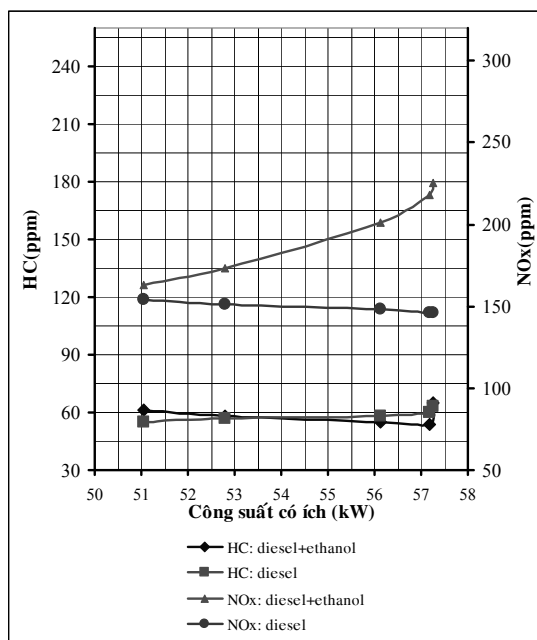
Hình 7. Mức phát thải CO<sub>2</sub> và CO ở tải nhỏ



Hình 8. Mức phát thải CO<sub>2</sub> và CO ở tải trung bình

Ở tải nhỏ, mức phát thải CO của động cơ khi sử dụng ethanol-diesel cao hơn so với khi động cơ sử dụng diesel (đạt khoảng 29÷35% ở tỷ lệ tham dự ethanol từ 47÷49%) (Hình 7). Tuy nhiên ở tải trung bình và lớn, CO khi sử dụng ethanol-diesel thấp hơn khi chỉ sử dụng diesel; ở tải trung bình CO khi sử dụng ethanol-diesel nhỏ hơn từ 4÷10% ở tỷ lệ tham dự từ 40÷42%; ở chế độ tải lớn CO khi sử dụng ethanol-diesel nhỏ hơn từ 4÷6% ở tỷ lệ tham dự từ 27÷31%.

Tương tự như CO, ở tải nhỏ động cơ khi sử dụng ethanol-diesel phát thải HC lớn hơn (đạt khoảng 58÷68% ở tỷ lệ tham dự từ 47÷49%) (Hình 10). Tuy nhiên ở chế độ tải trung bình HC nhỏ hơn từ 6÷21% khi tỷ lệ tham dự ethanol từ 40÷42% (Hình 11) và ở chế độ tải lớn HC nhỏ hơn từ 5÷11% khi suất tham dự ethanol từ 28÷31,5% (Hình 12). Tuy nhiên NO<sub>x</sub> ở mọi chế độ tải đều lớn hơn, giá trị sai lệch lớn nhất lên đến 54% (Hình 10÷12).

Hình 9. Mức phát thải CO<sub>2</sub> và CO ở tải lớnHình 10. Mức phát thải HC và NO<sub>x</sub> ở tải nhỏHình 11. Mức phát thải HC và NO<sub>x</sub> ở tải trung bìnhHình 12. Mức phát thải HC và NO<sub>x</sub> ở tải lớn

Như vậy ở chế độ tải nhỏ động cơ khi sử dụng ethanol-diesel phát thải nhiều CO, HC và NO<sub>x</sub> hơn so với động cơ khi sử dụng diesel, ở chế độ tải trung bình và tải lớn động cơ khi sử dụng ethanol-diesel phát thải ít CO, HC hơn so với động cơ khi sử dụng diesel nhưng NO<sub>x</sub> vẫn cao hơn.



#### 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

- Động cơ Mazda WL sử dụng diesel-ethanol với ethanol được cấp bằng bộ hòa trộn trên đường nạp có tỷ lệ tham dự của ethanol khoảng 27% khối lượng cho chế độ thường xuyên sử dụng của động cơ là chế độ tải trung bình với nhiệt độ khí nạp từ 37 đến 41°C và chế độ tải lớn với nhiệt độ khí nạp từ 40 đến 45°C, nên giảm tỷ lệ tham dự của ethanol xuống khi động cơ hoạt động ở chế độ lớn hơn và tăng tỷ lệ tham dự của ethanol lên khi động cơ hoạt động ở chế độ tải nhỏ hơn.

- Động cơ Mazda WL khi sử dụng diesel-ethanol với ethanol được cấp bằng bộ hòa trộn trên đường nạp nếu sử dụng trong chế độ tải trung bình với nhiệt độ khí nạp từ 37 đến 41°C và chế độ tải lớn với nhiệt độ khí nạp từ 40 đến 45°C sẽ phát thải ít CO, HC hơn và phát thải nhiều NO<sub>x</sub> hơn so với động cơ khi chỉ sử dụng diesel.

- Động cơ Mazda WL khi sử dụng diesel-ethanol với ethanol được cấp bằng bộ hòa trộn trên đường nạp nếu sử dụng trong chế độ tải nhỏ với nhiệt độ khí nạp từ 34 đến 37°C sẽ phát thải nhiều CO và HC và NO<sub>x</sub> hơn so với động cơ khi chỉ sử dụng diesel.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Baumgarten C., Mewes D., Mayinger F. (2006), *Mixture Formation in Internal Combustion Engines*. Birkhäuser Germany.
- [2] Kowalewicz A., Pawlak G., Pajaczek Z. (2002). "Preliminary investigation of diesel engine with additional injection of ethyl alcohol", *Journal of KONES Internal Combustion Engines*, 9, (40), pp. 3-4.
- [3] Mack J.H., Aceves S.M, Dibble R.W. (2009). "Demonstrating direct use of wet ethanol in a homogeneous charge compression ignition engine". *Energy*, 2, (34), pp. 782–787.

#### EXPERIMENTAL RESEARCH DETERMINE PARTICIPATION RATE OF ETHANOL IN INDIRECT INJECTION DIESEL ENGINE USING ETHANOL-DIESEL FUEL

*Nguyen Quang Trung*

*Da Nang University of Technology*

**Abstract.** *This paper shows the results of experimental research determining participation rates of ethanol for indirect injection diesel engines using ethanol-diesel. The purpose of the study to determine the rate of the largest participation of ethanol in the condition of combustion without knocking and increasing energy consumption rate. With this purpose, the experimental results showed that participants rate of ethanol up to about 27 percent of the total mass of ethanol-diesel fuel supply.*

**Key words:** *participation rates; energy consumption rate.*