

# NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG LỰA CHỌN GÓC PHUN SỚM PHÙ HỢP KHI CHUYỂN ĐỔI ĐỘNG CƠ DIESEL SANG SỬ DỤNG LƯỢNG NHIÊN LIỆU DIESEL/ETHANOL

RESEARCH ON SELECTING A SUITABLE EARLY INJECTION ANGLE WHEN CONVERTING A DIESEL ENGINE TO USING DUAL FUEL DIESEL/ETHANOL

Nguyễn Tường Vi<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Ninh<sup>2,\*</sup>,  
Đinh Văn Phương<sup>1</sup>, Vũ Hoài Anh<sup>1</sup>, Bùi Văn Chính<sup>3</sup>

DOI: <http://doi.org/10.57001/huiv5804.2024.380>

## TÓM TẮT

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu lựa chọn góc phun sớm phù hợp tại chế độ toàn tải khi chuyển đổi động cơ diesel sang sử dụng lượng nhiên liệu diesel/ethanol. Động cơ diesel ban đầu có hệ thống nhiên liệu diesel điều khiển cơ khí truyền thống dùng loại bơm cao áp phân phối VE. Nhóm tác giả thực hiện mô phỏng với các góc phun sớm là 20°TK, 15°TK, 10°TK (góc phun sớm của động cơ ban đầu là 20°TK) khi sử dụng nhiên liệu diesel và nhiên liệu kép 10% ethanol (DE10) ở chế độ 100% tải. Ảnh hưởng của góc phun sớm đến công suất, mô men và nồng độ các thành phần phát thải của động cơ lưỡng nhiên liệu diesel/ethanol được phân tích và đánh giá để lựa chọn góc phun sớm hợp lý. Kết quả nghiên cứu cho thấy, góc phun sớm hợp lý khi sử dụng nhiên liệu kép 10% ethanol (DE10) ở chế độ 100% tải được xác định là 15°TK, giảm 5°TK so với góc phun sớm ban đầu.

**Từ khóa:** Lượng nhiên liệu diesel/ethanol, tính năng và phát thải, góc phun sớm.

## ABSTRACT

This article presents the results of research on selecting a suitable early injection angle at full load when converting a diesel engine to using dual fuel diesel/ethanol. The original diesel engine had a traditional mechanically controlled diesel fuel system using a VE high-pressure distribution pump. The authors performed simulations with early injection angles of 20°CA, 15°CA, 10°CA (initial engine early injection angle is 20°TK) when using diesel fuel and dual fuel 10% ethanol (DE10) in mode 100 % load. The influence of early injection angle on power, torque and concentration of emission components of a diesel/ethanol dual-fuel engine is analyzed and evaluated to select a reasonable early injection angle. Research results show that the reasonable advance injection angle when using dual fuel 10% ethanol (DE10) at 100% load mode is determined to be 15°CA, a decrease of 5°CA compared to the initial advance injection angle.

**Keywords:** Diesel/ethanol dual fuel, performance and exhaust emissions, early injection angle.

<sup>1</sup>Trường Đại học Kinh tế Kỹ thuật Công nghiệp

<sup>2</sup>Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

<sup>3</sup>Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: [huyinhinhutehy@gmail.com](mailto:huyinhinhutehy@gmail.com)

Ngày nhận bài: 15/9/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 30/10/2024

Ngày chấp nhận đăng: 28/11/2024

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, việc sử dụng các loại nhiên liệu thay thế đã trở thành một xu hướng quan trọng nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực của giao thông vận tải lên môi trường. Ethanol, một loại nhiên liệu có nguồn gốc từ sinh khối, đã được nghiên cứu rộng rãi nhờ khả năng tái tạo và khả năng đốt cháy sạch hơn so với truyền thống nhiên liệu hóa thạch. Việc chuyển đổi động cơ diesel sang sử dụng nhiên liệu kép diesel/ethanol không chỉ tận dụng được các ưu điểm của ethanol mà còn giảm lượng phát thải các khí gây ô nhiễm nghiêm trọng, như ôxít Nitơ (NO<sub>x</sub>) và hạt bụi (PM), góp phần cải thiện chất lượng không khí và bảo vệ sức khỏe con người [1].

Tuy nhiên, khi chuyển đổi từ nhiên liệu diesel

đơn thuần sang nhiên liệu kép diesel/ethanol, do tính chất của hỗn hợp diesel - ethanol và diesel là tương đối khác nhau động cơ đòi hỏi phải có sự điều chỉnh các thông số cơ bản để đảm bảo tính năng kỹ thuật ổn định và hiệu quả [2]. Các thông số này bao gồm thời điểm phun nhiên liệu, áp suất phun nhiên liệu... Những thông tin này có ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình cháy, hiệu suất nhiệt động lực học và năng lượng có ích của động cơ. Do đó, cần có một nghiên cứu chi tiết để xác định cách thức điều chỉnh và lựa chọn các thông số này sao cho động cơ hoạt động tối ưu nhất, giảm lượng phát thải mà vẫn duy trì được tính năng kỹ thuật của động cơ. Trong bài báo này, nhóm tác giả đi sâu nghiên cứu lựa chọn góc phun sớm phù hợp nhất ở 100% tải, tỉ lệ ethanol 10%, kết quả này làm tài liệu tham khảo cho những nghiên cứu tiếp theo.

### 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu được thực hiện mô phỏng bằng phần mềm AVL-Boost trên động cơ D4BB có hệ thống nhiên liệu diesel điều khiển cơ khí truyền thống dùng loại bơm cao áp phân phối VE. Mô phỏng với nhiên liệu diesel truyền thống và hỗn hợp nhiên liệu diesel - ethanol. Góc phun sớm của động cơ ban đầu là 20°TK được đo bằng thực nghiệm [2]. Thực hiện mô phỏng với các góc phun sớm là 20°TK, 15°TK, 10°TK khi sử dụng nhiên liệu diesel và nhiên liệu kép 10% ethanol (DE10) ở chế độ 100% tải.

Sau khi có kết quả mô phỏng, công suất, mô men và nồng độ các thành phần phát thải của động cơ khi sử dụng lượng nhiên liệu diesel/ethanol ở các góc phun sớm trên được so sánh với động cơ ban đầu tại 20°TK để lựa chọn góc phun sớm hợp lý.

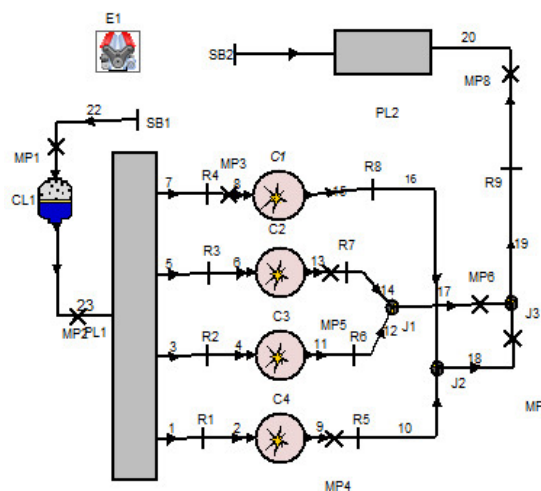
Bảng 1. Thông số cơ bản của động cơ D4BB nguyên bản còn mới 100%

STT	Tên thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Kiểu động cơ	D4BB		Thẳng hàng
2	Số kỳ	$\tau$	4	kỳ
3	Số xy lanh	l	4	—
4	Thứ tự nổ	-	1-3-4-2	—
5	Thể tích công tác	-	2,607	lít
6	Hành trình piston	S	100	mm
7	Đường kính xy lanh	D	91,1	mm
8	Thể tích công tác	$V_h$	20	độ
9	Chiều dài thanh truyền	$L_{tt}$	158	mm
10	Công suất định mức/tốc độ động cơ	$N_{edm}/n_{đc}$	59/4000	kW/v/ph
11	Mômen lớn nhất/tốc độ động cơ	$M_{eMax}/n_{đc}$	165/2200	Nm/v/ph
12	Tỷ số nén	$\epsilon$	22	—
13	Góc phun sớm	-	20	Độ
14	Áp suất phun tiêu chuẩn	-	220	pa

### 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

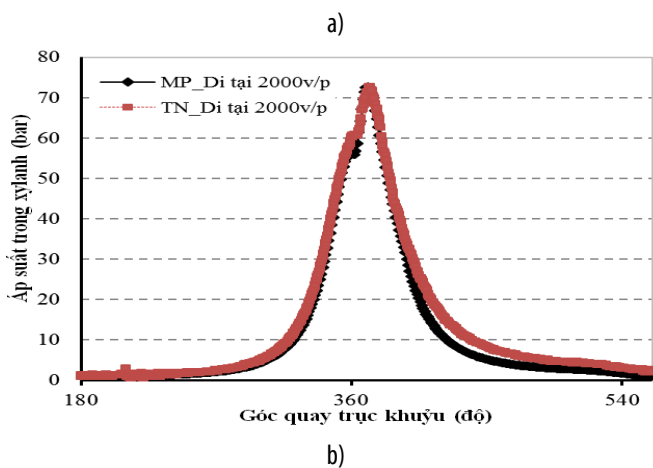
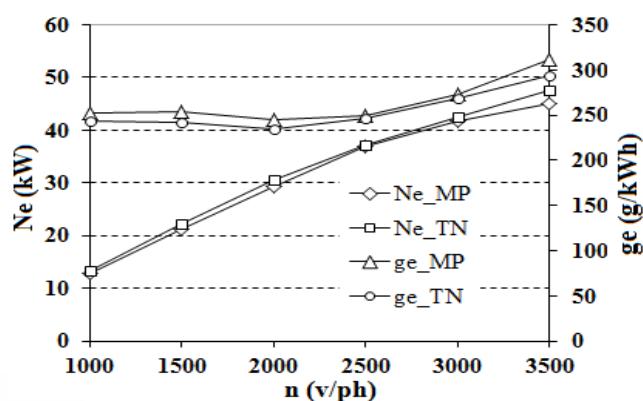
#### 3.1. Xây dựng mô hình mô phỏng trên AVL-Boost

Dựa vào các thông số kỹ thuật của nhà sản xuất cũng như các thông số đo đạc trên thực tế, mô hình mô phỏng động cơ được xây dựng như thể hiện trên hình 1. Bằng phần mềm chuyên dùng mô phỏng động cơ đốt trong AVL-Boost [3].



Hình 1. Mô hình động cơ D4BB trên AVL-Boost

#### 3.2. Đánh giá độ tin cậy của mô hình



Hình 2. Kết quả mô phỏng và thực nghiệm

Để đảm bảo độ tin cậy của mô hình, động cơ diesel D4BB khi sử dụng diesel được thử nghiệm trên băng thử với các trang thiết bị chuyên dụng gồm phanh điện APA 100, các thiết bị đo áp suất xy lanh, tốc độ động cơ...[4]. Kết quả thử nghiệm được sử dụng để hiệu chuẩn mô hình động cơ. Sau khi mô hình động cơ được hiệu chuẩn, kết quả mô phỏng và thực nghiệm theo đường đặc tính ngoài động cơ được so sánh (bảng 2). Sai lệch trung bình về công suất là 3,41%, suất tiêu hao nhiên liệu là 3,50% (hình 2a). Ở chế độ toàn tải, tốc độ 2000v/ph điển biến áp suất trong xy lanh theo góc quay trục khuỷu phù hợp với nhau (hình 2b) áp suất trong xy lanh lớn nhất  $p_{zmax}$ : mô phỏng là 72,691bar và thực nghiệm là 72,731bar tại 371 độ góc quay trục khuỷu.

Kết quả này cho thấy, sai lệch giữa mô phỏng và thực nghiệm < 5%, mô hình đảm bảo độ tin cậy đáp ứng yêu cầu cho các nghiên cứu mô phỏng tiếp theo.

Bảng 2. So sánh kết quả thực nghiệm (TN) và mô phỏng (MP) công suất, suất tiêu hao nhiên liệu khi sử dụng diesel

n (v/ph)	N <sub>e</sub> (N.m)		TN so với MP (%)	g <sub>e</sub> (g/kW.h)		TN so với MP (%)	p <sub>zmax</sub> (bar) Tại 2000 v/ph	
	TN	MP		TN	MP		TN	MP
1000	13,40	12,89	-3,81	244,15	252,81	3,55	Tại 371 độ góc quay trục khuỷu	
1500	22,29	21,30	-4,44	242,76	254,07	4,66		
2000	30,56	29,27	-4,22	234,63	245,00	4,42		
2500	37,16	36,85	-0,83	246,64	248,72	0,84		
3000	42,39	41,68	-1,67	268,20	272,78	1,71		
3500	47,62	45,00	-5,50	294,03	311,21	5,84		
Trung bình			-3,41			3,50	TN so với MP (%)	-0,054

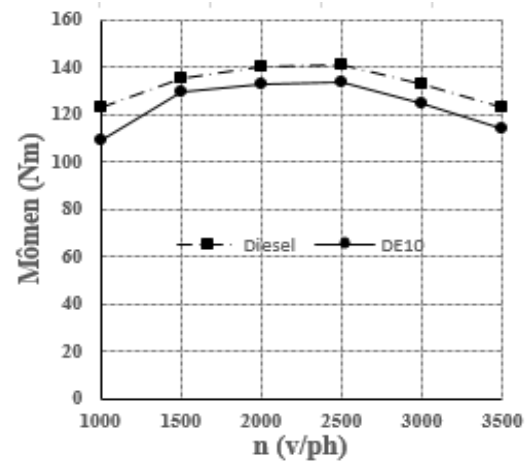
### 3.3. Ảnh hưởng của góc phun sớm tới tính năng kỹ thuật và phát thải của động cơ khi sử dụng hỗn hợp nhiên liệu diesel-ethanol

#### 3.3.1. Kết quả tính toán tính năng kỹ thuật động cơ

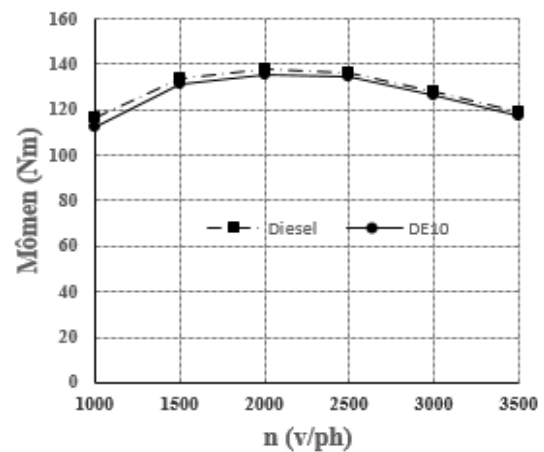
Mômen và suất tiêu hao nhiên liệu động cơ khi sử dụng nhiên liệu diesel và diesel- ethanol (DE10) được tính toán khi thay đổi góc mở phun sớm ( $\varphi_s$ ) khác nhau tại  $\varphi_s = 20^\circ$  (góc phun sớm theo nhà sản xuất),  $\varphi_s = 15^\circ$  và  $\varphi_s = 10^\circ$  theo đường đặc tính ngoài (100% tải).

Khi sử dụng DE10 mômen động cơ giảm tại  $\varphi_s = 20^\circ$ ,  $\varphi_s = 15^\circ$  và  $\varphi_s = 10^\circ$  lần lượt là 6,32%, 1,89% và 7,61% (hình 3a,b,c). Suất tiêu hao nhiên liệu tăng trung bình lần lượt

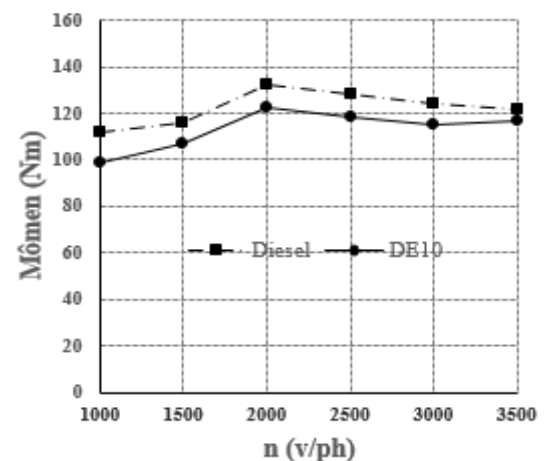
là: 4,66%, 1,89% và 7,61% (hình 4a,b,c). Theo kết quả mô phỏng ta thấy với góc phun sớm  $\varphi_s = 15^\circ$  khi sử dụng nhiên liệu DE10 thì kết quả về mômen và suất tiêu hao nhiên liệu thay đổi không đáng kể.



a)

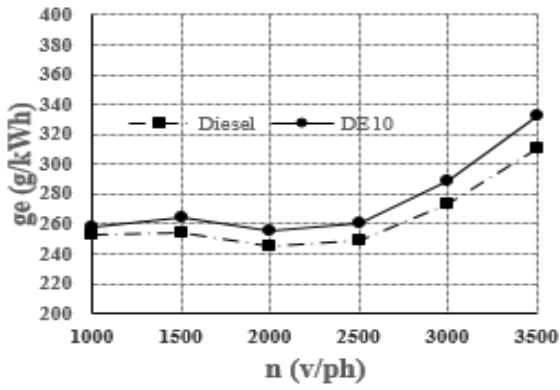


b)

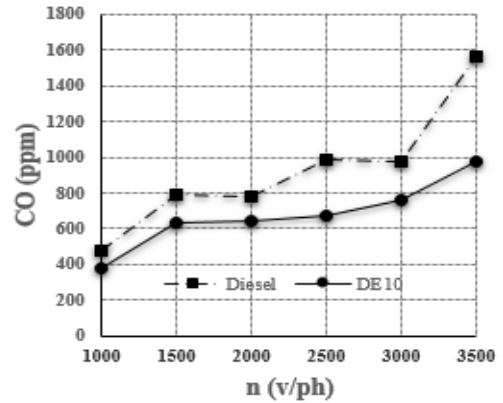


c)

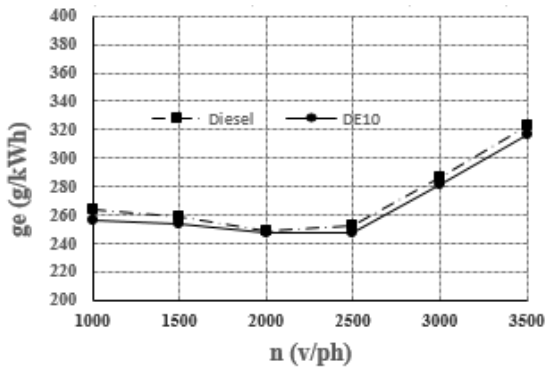
Hình 3. Mômen của động cơ khi sử dụng Diesel và DE10 tại  $\varphi_s = 20^\circ$ (a),  $\varphi_s = 15^\circ$ (b) và  $\varphi_s = 10^\circ$ (c)



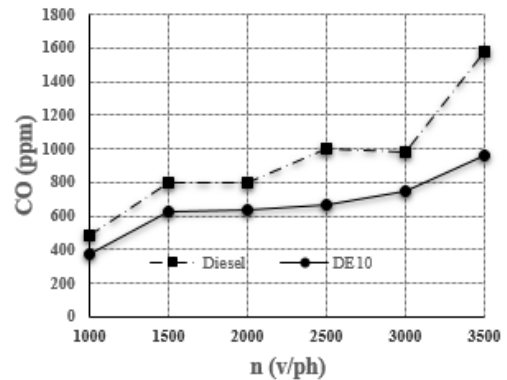
a)



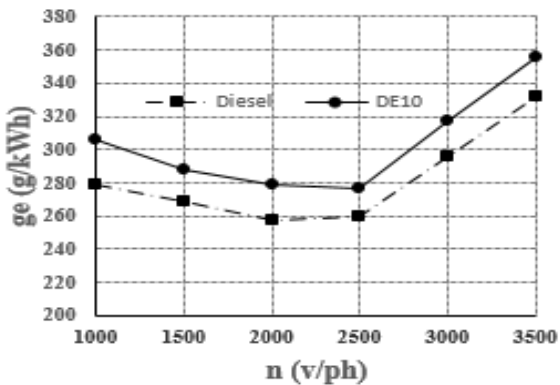
a)



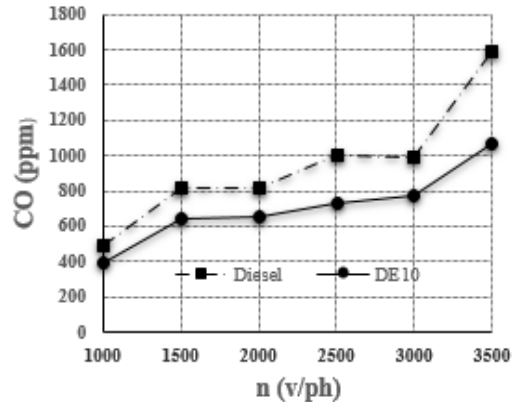
b)



b)



c)



c)

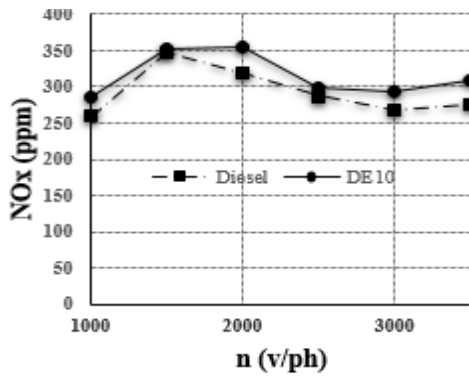
Hình 4. Suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ khi sử dụng Diesel và DE10 tại  $\phi_s = 20^\circ$ (a),  $\phi_s = 15^\circ$ (b) và  $\phi_s = 10^\circ$ (c)

**3.3.2. Kết quả tính toán phát thải**

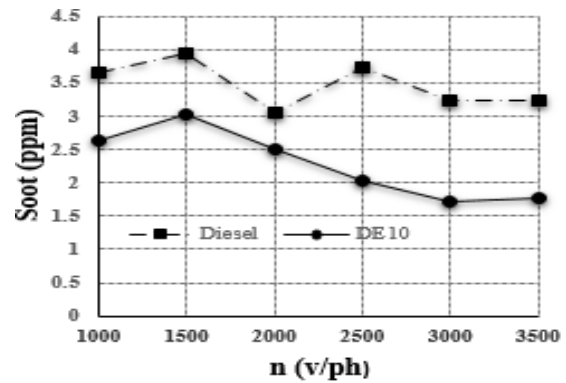
- Phát thải CO: Kết quả tính toán phát thải CO khi sử dụng diesel, diesel-ethanol (DE10) được tính toán tại các góc mở phun sớm  $\phi_s = 20^\circ$ ,  $\phi_s = 15^\circ$  và  $\phi_s = 10^\circ$  theo đường đặc tính ngoài. So với diesel, hỗn hợp DE10 thành phần CO trong khí thải có xu hướng giảm CO trung bình là 24,96%, 26,99%, 23,66% (hình 5a,b,c) tương ứng với phun sớm  $\phi_s = 20^\circ$ ,  $\phi_s = 15^\circ$  và  $\phi_s = 10^\circ$ . Như vậy, với  $\phi_s = 15^\circ$  thì lượng phát thải CO giảm đáng kể so với  $\phi_s = 20^\circ$ . Trong khi  $\phi_s = 10^\circ$  phát thải CO tăng hơn so với  $\phi_s = 20^\circ$ .

Hình 5. Phát thải CO của động cơ với nhiên liệu Diesel và DE10 tại  $\phi_s = 20^\circ$ (a),  $\phi_s = 15^\circ$ (b) và  $\phi_s = 10^\circ$ (c)

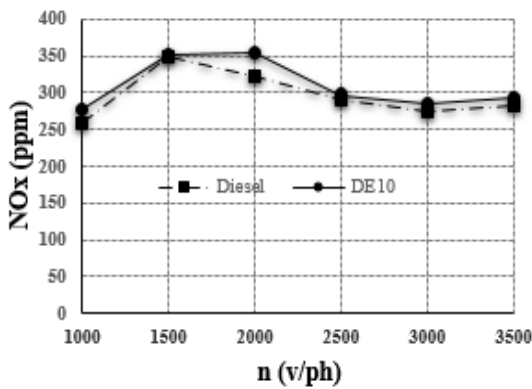
- Phát thải NO<sub>x</sub>: Kết quả tính toán phát thải NO<sub>x</sub> khi sử dụng diesel, diesel-ethanol (DE10) được tính toán tại các góc mở phun sớm  $\phi_s = 20^\circ$ ,  $\phi_s = 15^\circ$  và  $\phi_s = 10^\circ$  theo đường đặc tính ngoài, so với diesel, hỗn hợp DE10 thành phần NO<sub>x</sub> trong khí thải có xu hướng tăng NO<sub>x</sub> trung bình là 8,14%, 4,67%, 8,73% (hình 6a,b,c) tương ứng với phun sớm  $\phi_s = 20^\circ$ ,  $\phi_s = 15^\circ$  và  $\phi_s = 10^\circ$ . Như vậy, với  $\phi_s = 15^\circ$  thì lượng phát thải NO<sub>x</sub> giảm đáng kể so với  $\phi_s = 20^\circ$ . Trong khi,  $\phi_s = 10^\circ$  phát thải NO<sub>x</sub> tăng hơn so với  $\phi_s = 20^\circ$ .



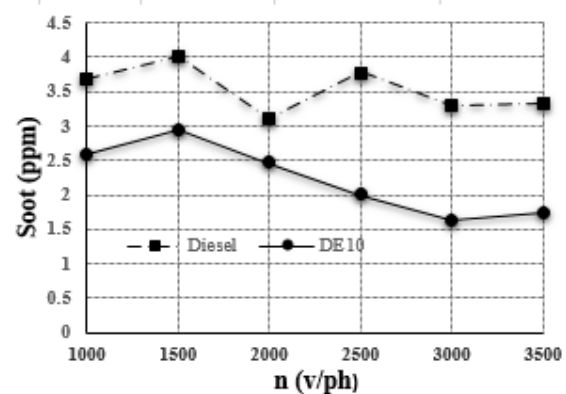
a)



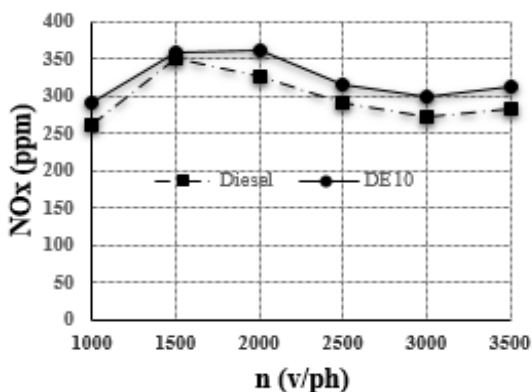
a)



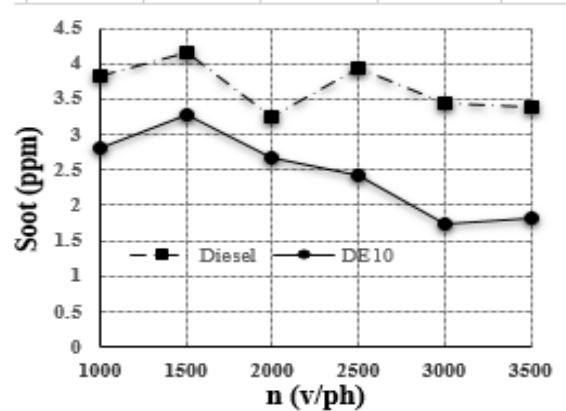
b)



b)



c)



c)

Hình 6. Phát thải NO<sub>x</sub> của động cơ với nhiên liệu Diesel và DE10 tại  $\phi_s = 20^\circ$ (a),  $\phi_s = 15^\circ$ (b) và  $\phi_s = 10^\circ$ (c)

- Phát thải Soot: Kết quả tính toán phát thải Soot khi sử dụng diesel, diesel-ethanol (DE10) được tính toán tại các góc mở phun sớm  $\phi_s = 20^\circ$ ,  $\phi_s = 15^\circ$  và  $\phi_s = 10^\circ$  theo đường đặc tính ngoài, so với diesel, hỗn hợp DE10 thành phần Soot trong khí thải có xu hướng giảm Soot trung bình là 34,56%, 37,49%, 33,24% (hình 7a,b,c) tương ứng với phun sớm  $\phi_s = 20^\circ$ ,  $\phi_s = 15^\circ$  và  $\phi_s = 10^\circ$ . Như vậy, với  $\phi_s = 15^\circ$  thì lượng phát thải Soot giảm đáng kể so với  $\phi_s = 20^\circ$ . Trong khi  $\phi_s = 10^\circ$  phát thải Soot tăng hơn so với  $\phi_s = 20^\circ$ .

Hình 7. Phát thải Soot của động cơ với nhiên liệu Diesel và DE10 tại  $\phi_s = 20^\circ$ (a),  $\phi_s = 15^\circ$ (b) và  $\phi_s = 10^\circ$ (c)

#### 4. KẾT LUẬN

Qua nghiên cứu ảnh hưởng của góc phun sớm tới tính năng kỹ thuật và phát thải tại chế độ toàn tải khi chuyển đổi động cơ diesel sang sử dụng lưỡng nhiên liệu diesel/ethanol, ta có một vài kết luận sau:

- Khi sử dụng DE10 với  $\phi_s = 20^\circ$ ,  $\phi_s = 15^\circ$  và  $\phi_s = 10^\circ$  trung bình mô men động cơ giảm 6,32%, 1,89% và 7,61% Suất tiêu hao nhiên liệu tăng trung bình lần lượt là: 4,66%, 1,89% và 7,61%. CO giảm 24,96%, 26,99%, 23,66%. Muội

than giảm 34,56%, 37,49%, 33,24%. Trong khi NO<sub>x</sub> tăng 8,14%, 4,67%, 8,73%.

- Qua đó, để lựa chọn góc phun sớm hợp lý khi sử dụng nhiên liệu kép 10% ethanol (DE10) ở chế độ 100% tải được xác định là 15°TK, giảm 5°TK so với góc phun sớm ban đầu, khi đó, mô men động cơ giảm nhỏ nhất, suất tiêu hao nhiên liệu tăng không đáng kể, khí thải CO, muội than giảm lớn nhất còn NO<sub>x</sub> tăng không nhiều.

---

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyen Thanh Bac (2017), *Research on converting diesel engine into diesel-ethanol dual fuel engine*. Doctoral thesis, Hanoi University of Science and Technology, Hanoi, 2017.

[2]. Le Anh Tuan, *Testing gasohol E5 and E10 fuel on cars and motorbikes*. Report on contract No: 05-7 HĐ ĐHBK-PTN ĐCĐT, 2009.

[3]. AVL-List GmbH, Hans-List-Platz, A-8020 Graz, *BOOST v.2009 Users Guide & Theory*, Austria, 2009.

[4]. Nguyen Tuong Vi, *Research on using LPG as an alternative fuel in current diesel engines*. Doctoral thesis, Hanoi University of Science and Technology, Hanoi, 2014.

---

#### AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Tuong Vi<sup>1</sup>, Nguyen Van Ninh<sup>2</sup>, Dinh Van Phuong<sup>1</sup>,  
Vu Hoai Anh<sup>1</sup>, Bui Van Chinh<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>University of Economics - Technology for Industries, Vietnam

<sup>2</sup>Hung Yen University of Technology and Education, Vietnam

<sup>3</sup>Hanoi University of Industry, Vietnam