

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA GÓC PHUN NHIÊN LIỆU ĐẾN CHỈ TIÊU KINH TẾ KỸ THUẬT CỦA ĐỘNG CƠ DIESEL KHI SỬ DỤNG NHIÊN LIỆU BIODIESEL B25

RESEARCH ON THE EFFECT OF FUEL INJECTION ANGLE ON THE PERFORMANCE OF DIESEL ENGINE USING BIODIESEL B25

Trần Văn Nam¹, Dương Việt Dũng²

¹Đại học Đà Nẵng; Email: tvntran@ac.udn.vn

²Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng; Email: dvdungbk@gmail.com

Tóm tắt: Mục tiêu phát triển các loại ô tô tương lai là giảm tiêu hao nhiên liệu, khí thải gây ô nhiễm trong khi vẫn duy trì mức độ cao về hiệu suất động cơ. Bio-diesel là nhiên liệu sinh học được sản xuất bởi phản ứng hóa học của rượu và các loại dầu thực vật hoặc động vật, chất béo, hoặc mỡ. Bài báo trình bày tổng hợp kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của góc phun nhiên liệu tới các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật khi sử dụng nhiên liệu sinh học biodiesel với tỷ lệ 25% làm từ dầu thực vật trên động cơ diesel truyền thống. Hướng tới mục tiêu này, động cơ Mazda WL được dùng làm đối tượng nghiên cứu sử dụng lượng nhiên liệu biodiesel B25 và diesel. Mô men động cơ, công suất động cơ, suất tiêu hao nhiên liệu và đặc tính cháy của động cơ cũng đã được nghiên cứu. Kết quả thực nghiệm chỉ ra tính ưu việt nếu thay đổi góc phun nhiên liệu khi sử dụng loại nhiên liệu thay thế này trên động cơ diesel.

Từ khóa: Nhiên liệu biodiesel B25; Nhiên liệu diesel; Hiệu suất; Suất tiêu hao nhiên liệu; góc phun nhiên liệu.

Abstract: The targeted developments for future vehicles are to reduce fuel consumption and pollutant emission while maintaining high levels of engine performance. Biodiesel is a renewable fuel that can be used as a 25% blend in most diesel equipment with no or only minor modifications. This paper presents summarized findings of fuel injection angle effects on engine performance when using biodiesel with a 25% blend (B25), (made from vegetable oils) in conventional diesel engines. In an approach to this target, Mazda engine WL was used as an object for the application of dual fuel (diesel and biodiesel) conversion. Engine torque, engine power, fuel consumption, and engine combustion characteristics were investigated. Experimental results indicated many advantages of these, with various fuel injection angles when using alternative fuels in the diesel engine.

Key words: Biodiesel B25; Diesel; Engine Performances; fuel consumption; fuel injection angle.

1. Giới thiệu

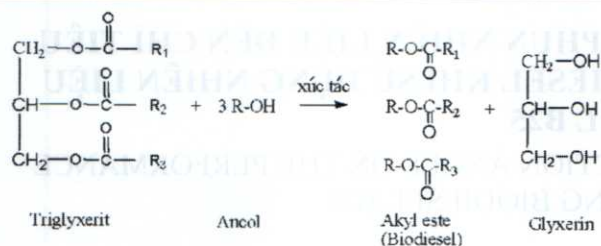
Khi động cơ đốt trong ra đời thì nhiên liệu được dùng chủ yếu được sản xuất từ dầu mỏ nhưng cho đến ngày nay thì động cơ được dùng với nhiều loại nhiên liệu khác nhau. Đó có thể là Ethanol, Biodiesel, Biogas,... Nhiên liệu sinh học ra đời nhằm giải quyết hai vấn đề lớn của toàn cầu. Thứ nhất: nhiên liệu từ hóa thạch ngày càng khan hiếm và không có khả năng tái sinh dẫn đến thế giới luôn rơi vào cơn khát năng lượng; thứ hai: do khả năng tái sinh của nhiên liệu hóa thạch là khó khăn nên phát thải từ động cơ sẽ gây ô nhiễm nghiêm trọng cho trái đất cụ thể như CO₂ gây hiệu ứng nhà kính, SO_x, NO_x gây mưa acide, làm thủng tầng ôzôn, CO, muội than, bồ hóng, hydrocarbon chưa cháy... gây ra các bệnh về đường hô hấp, đặc biệt là các hydrocarbon thơm chưa cháy gây chứng bệnh ung thư... Vì vậy việc nghiên cứu ứng dụng loại các nhiên liệu sinh học thay thế cho nhiên liệu dầu diesel truyền thống (DO) là việc làm cấp thiết.

Diesel sinh học là một loại nhiên liệu có tính chất tương đương với nhiên liệu dầu diesel nhưng không phải được sản xuất từ dầu mỏ mà từ dầu thực vật hay mỡ động vật. Diesel sinh học nói riêng, hay nhiên liệu sinh học nói chung, là một loại năng lượng tái tạo. Biodiesel là dầu diesel sinh học (BDF), là những mono ankyl ester, là sản phẩm của quá trình ester hóa của các axit hữu cơ có nhiều trong dầu mỡ động thực vật, là nguồn nhiên liệu sạch và hoàn toàn có thể thay thế nhiên liệu dầu đốt hóa thạch diesel thông thường. Biodiesel là một chất lỏng có màu vàng nhạt đến vàng nâu, hoàn toàn không trộn lẫn với nước. Biodiesel có điểm sôi cao (thông thường khoảng 150°C), áp suất hơi thấp, trọng lượng riêng khoảng

0,8g/cm³ và hoàn toàn không phải là hóa chất độc hại. Độ nhớt của biodiesel tương đương của dầu diesel thông thường. Nó là nhiên liệu có thể thay thế cho dầu diesel truyền thống, sử dụng trong động cơ đốt trong.

Ưu điểm chính của dầu diesel sinh học là nó có thể sử dụng trong các động cơ diesel bình thường mà không cần cải tạo lớn. Diesel sinh học hoà trộn tốt với nhiên liệu diesel và sự trộn này giữ được lâu. Các loại có hàm lượng diesel sinh học thấp (20% hoặc thấp hơn) có thể dùng thay thế trực tiếp nhiên liệu diesel trong hầu hết các ô tô diesel mà không cần điều chỉnh động cơ hoặc hệ thống nhiên liệu. Biodiesel có thể được dùng hoàn toàn 100% trong các loại động cơ diesel hoặc được phối trộn với dầu diesel hóa thạch thông thường ở bất cứ tỉ lệ nào trong các thiết bị hiện đại chạy diesel.

Ý tưởng sử dụng dầu thực vật làm nhiên liệu cho động cơ diesel không phải là mới. Khi Rudolf diesel đầu tiên phát minh ra động cơ diesel, ông chứng minh có thể sử dụng dầu đậu phộng [1] để chạy động cơ này tại triển lãm thế giới 1900 tại Paris. Tuy nhiên, do một số tính chất của các loại dầu này, chẳng hạn như độ nhớt cao, trọng lượng phân tử cao và tính lưu động thấp... gây ra quá trình phun nhiên liệu kém, dẫn đến quá trình cháy không hoàn toàn, kéo theo các vấn đề như suất tiêu hao nhiên liệu tăng, muội động cơ nghiêm trọng, tắc kim phun, mòn xi-lanh động cơ và xuất hiện tiếng gõ động cơ [2, 3]. Do những ảnh hưởng xấu đến động cơ, vì vậy việc dùng trực tiếp dầu thực vật là không thích hợp để sử dụng trong động cơ diesel. Một số nghiên cứu thực nghiệm đã chỉ ra rằng tính chất nhiên liệu của dầu thực vật có thể được cải thiện bằng quá trình ester hóa với chất xúc tác.



Sản phẩm của quá trình này được gọi là nhiên liệu sinh học hay Biodiesel [4, 5, 6].

Có nhiều nghiên cứu đã tìm thấy rằng động cơ diesel có thể chạy với biodiesel thành công và hiệu suất của động cơ được so sánh với dầu diesel khoáng sản. Một số nhà nghiên cứu đã chỉ ra hiệu suất nhiệt của động cơ diesel tăng khi sử dụng sinh học nhiên liệu, [9, 11, 12]. Một số nghiên cứu khác cũng chỉ ra rằng với việc sử dụng dầu diesel sinh học làm nhiên liệu trong động cơ có thể giảm đáng kể lượng khí thải độc hại như CO, HC và khói, nhưng thành phần NO_x tăng [8, 13, 14].

Tại Việt Nam cũng đã có rất nhiều công trình nghiên cứu ứng dụng nhiên liệu biodiesel dùng cho động cơ diesel [7]. Nhóm nghiên cứu do PGS.TS Hồ Sơn Lâm - Phân viện Khoa học Vật liệu Tp. Hồ Chí Minh thuộc Viện Khoa học và công nghệ VN - chủ trì, khẳng định có đủ khả năng nghiên cứu sản xuất dầu diesel sinh học (Biodiesel) từ dầu thực vật của Việt Nam. Nhóm nghiên cứu này cho biết đã hợp tác với Viện Hóa kỹ thuật ĐH Tổng hợp Jena (Đức) phân tích thành phần, tính chất các mẫu dầu diesel sinh học do nhóm điều chế. Kết quả cho thấy, mẫu dầu diesel sinh học từ dầu ăn phế thải Việt Nam đạt tiêu chuẩn châu Âu về Biodiesel.

Việc sử dụng biodiesel trong các động cơ có thể gây ra một số vấn đề liên quan đến tương thích vật liệu, pha loãng dầu bôi trơn, các thiết bị thuộc hệ thống phun nhiên liệu và các thiết bị xử lý khí thải. Để giảm thiểu những tác động có thể xảy ra và đảm bảo tuổi thọ của động cơ các nhà sản xuất thường giới hạn sử dụng biodiesel để pha trộn ở mức thấp [10]. So sánh các đặc điểm chính của biodiesel và diesel được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. So sánh các thuộc tính của biodiesel và diesel

Thuộc tính nhiên liệu	Diesel	Biodiesel
Nhiên liệu tiêu chuẩn	ASTM D975	ASTM D6751
Nhiệt trị thấp, Btu/gal	~ 129 050	118 170
Độ nhớt động học ở 40°C	1,3 -> 4,1	4,0 -> 6,0
Khối lượng riêng, kg/l ở 60°F	0,85	0,88
Tỷ trọng, lb/gal ở 150°C	7,079	7,328
Nước và cặn, % thể tích	0,05 max	0,05 max
Hàm lượng C, % về khối lượng	87	17
Hàm lượng H, % về khối lượng	13	12
Hàm lượng O, % về khối lượng	0	11

Hàm lượng Sulfur, % về khối lượng	0,05 max	0 -> 0,0024
Điểm sôi (Boiling Point), °C	180 -> 340	315 -> 350
Điểm chớp lửa (Flash Point), °C	60 -> 80	100 -> 170
Điểm vẩn đục (Cloud Point), °C	-15 -> 5	-3 -> 12

(ASTM: American Society for Testing and Material)

Như vậy, khi nghiên cứu về biodiesel thì việc xác định các thông số kỹ thuật chính của động cơ diesel như quá trình phun nhiên liệu, loại buồng cháy, tỷ lệ pha trộn của biodiesel v.v. cũng như góc phun nhiên liệu sao cho phù hợp là việc làm rất quan trọng.

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của góc phun nhiên liệu tới chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của động cơ diesel khi sử dụng nhiên liệu biodiesel có nguồn gốc từ dầu ăn phế thải được thực hiện tại các phòng thí nghiệm động cơ - ô tô của trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng.

2. Phương pháp thí nghiệm

2.1. Đặc tính nhiên liệu biodiesel dùng cho thí nghiệm

Nhiên liệu được dùng cho nghiên cứu này bao gồm 2 loại: biodiesel B25 (tỷ lệ 25% biodiesel và 75% diesel khoáng sản) có nguồn gốc từ dầu ăn phế thải và nhiên liệu diesel truyền thống.

B25 có nguồn gốc từ dầu ăn phế thải có độ nhớt cao hơn so với nhiên liệu diesel một ít nên không cần cải thiện về hệ thống sấy nóng nhiên liệu. Biodiesel B25 cũng là nhiên liệu chứa nhiều oxy do đó có thể cháy với hệ số dư lượng không khí nhỏ mà vẫn đảm bảo cháy hoàn toàn. Chỉ số cetan của biodiesel cao hơn dầu thực vật nhưng nhỏ hơn diesel một chút, do đó thời gian cháy trễ có lớn hơn. Biodiesel khi đã bốc cháy thì tốc độ cháy nhanh hơn so với diesel, do đó khi sử dụng biodiesel thì thay đổi góc phun sớm (nhỏ hơn dầu thực vật) khoảng 19 ÷ 20°. Suất tiêu hao nhiên liệu của biodiesel B25 lớn hơn diesel khoảng 10% chủ yếu do nhiệt trị của biodiesel nhỏ hơn diesel. Biodiesel B25 có thể dùng trên động cơ có buồng cháy trực tiếp và buồng cháy phân cách. Biodiesel B25 gần như hoàn toàn thích hợp cho động cơ diesel, khi sử dụng biodiesel trên động cơ diesel gần như không thay đổi đặc tính của động cơ. Đặc tính của hai loại nhiên liệu này được so sánh trong Bảng 2.

Bảng 2. So sánh đặc tính của nhiên liệu diesel (DO) và Biodiesel B25

Chỉ tiêu	Đơn vị	Mức qui định	
		DO 1% S	B25
Chỉ số Cetan, min		45	54,5
Hàm lượng lưu huỳnh, max	%kl	1	
Nhiệt độ cất 90%, max	%tt	370	336
Điểm chớp cháy cốc kín, min	°C	50	70
Độ nhớt động học 40°C	cSt (mm ² /s)	3.551	4.115

Cặn carbon 10%, max		0.01	
Điểm đông đặc	$^{\circ}\text{C}$	9	4
Hàm lượng tro, max		0,01	
Nước và tạp chất cơ học, max	%tt	0,05	Vết
Ăn mòn miếng đồng ở 3h/50°C		n-1	1A
Nhiệt trị	Kj/kg	41530	37531

2.2. Động cơ thí nghiệm

Động cơ được sử dụng trong thí nghiệm là động cơ Diesel 4 kỳ, 4 xi-lanh, bố trí thẳng hàng, buồng cháy ngăn cách, có turbo tăng áp khí nạp, nhãn hiệu MAZDA WL, có các thông số kỹ thuật cơ bản như Bảng 3.

Trên động cơ được gắn đầy đủ các cảm biến để ghi nhận đầy đủ các thông số của động cơ khi làm việc như áp suất nhiên liệu trước bơm cao áp, áp suất nhiên liệu trên đường cao áp, áp suất khí nạp, áp suất khí xả, áp suất trong xy lanh, độ nâng kim phun, lỗ khoan để lắp camera và đèn chiếu...

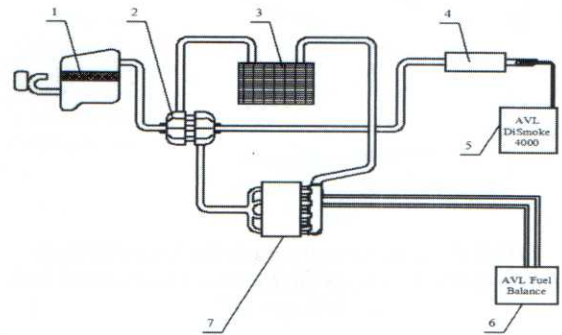
Bảng 3. Các thông số cơ bản của động cơ MAZDA WL

TÊN THÔNG SỐ	Kí hiệu	Đơn vị	Giá trị
Công suất có ích	Ne	kW	85
Tỷ số nén	ε		19,8
Số vòng quay	n	vg/ph	3500
Đường kính xi-lanh	D	mm	93
Hành trình pittông	S	mm	92
Số xi-lanh	i		4
Số kỳ	τ		4
Góc phun sớm	φ	độ	10
Góc mở sớm xupáp nạp	φ_1	độ	40
Góc đóng muộn xupáp nạp	φ_2	độ	50
Góc mở sớm xupáp thải	φ_3	độ	50
Góc đóng muộn xupáp thải	φ_4	độ	40
Số xupáp nạp trên một xi-lanh			2
Số xupáp thải trên một xi-lanh			1
Áp suất nhiên liệu khi bắt đầu phun		bar	114 - 121
Tốc độ không tải		vg/ph	700 ± 20
Áp suất dầu bôi trơn (3000v/p)		bar	4,02-4,8

2.3. Bố trí và lắp đặt thực nghiệm

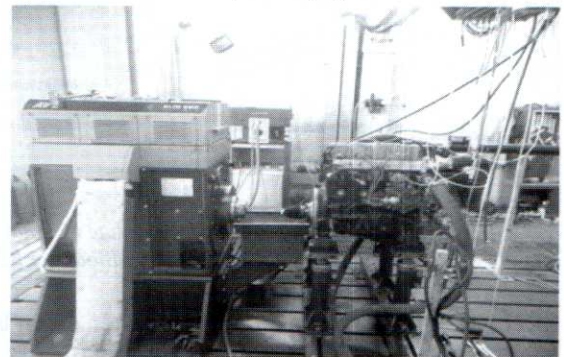
Động cơ thí nghiệm được lắp phía sau băng thử APA 204/8, được liên kết với động cơ bằng trục nối. Khi lắp đặt động cơ lên băng thử thì độ sai lệch của tâm mặt bích trên APA 204/8 so với tâm trục khuỷu động cơ cho phép

là 1mm. Sơ đồ bố trí thí nghiệm như Hình 1, sơ đồ lắp đặt thực nghiệm trên băng thử APA 204/8 như Hình 2.



Hình 1. Sơ đồ bố trí thí nghiệm

1. Lọc không khí; 2. Turbo; 3. Kết làm mát; 4. Bộ xúc tác 3 chức năng; 5. Thiết bị đo nồng độ khí xả; 6. Thiết bị đo tiêu hao nhiên liệu; 7. Động cơ



Hình 2. Sơ đồ lắp đặt thực nghiệm trên băng thử AVL APA 204/8

2.4. Điều kiện thí nghiệm

Trong nghiên cứu này khi sử dụng biodiesel B25 thì chế độ vận hành của động cơ thử nghiệm được xây dựng sao cho tốc độ và tải trọng của động cơ tương đương với các giá trị thường dùng của phương tiện kết hợp với việc thay đổi góc phun sớm.

a. Chạy thử nghiệm động cơ Mazda WL với nhiên liệu diesel có trên thị trường

- Ở chế độ tải 10% với dải tốc độ từ 900 - 1500v/p.
- Ở chế độ tải là 50% với dải tốc độ từ 1000 - 3000v/p.

b. Chạy thử nghiệm động cơ Mazda WL với nhiên liệu biodiesel B25

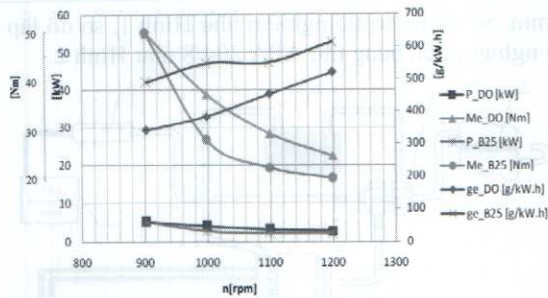
- Ở chế độ tải 10% với dải tốc độ từ 900 - 1500v/p.
- Ở chế độ tải là 50% với dải tốc độ từ 1000 - 3000v/p.

c. Chạy thử nghiệm động cơ Mazda WL với việc thay đổi góc phun ở chế độ tải 10% và 50%.

3. Kết quả và thảo luận

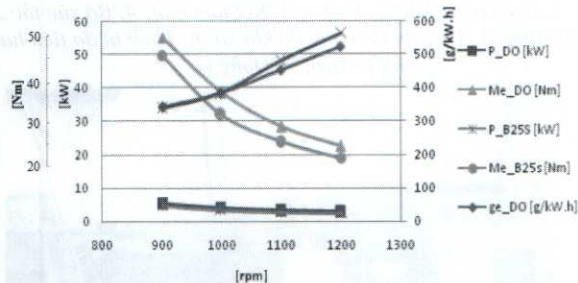
3.1. So sánh các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của động cơ khi vị trí tay ga 10% ($\alpha=10\%$)

Trường hợp 1: Góc phun sớm $\varphi = 10^{\circ}$ là góc phun sớm ban đầu của động cơ



Hình 3. Đồ thị so sánh các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của động cơ khi sử dụng nhiên liệu Diesel và Biodiesel B25, $\alpha = 10^\circ$, $\phi = 10^\circ$

Trường hợp 2: Góc phun sớm đã được thay đổi $\phi = 20^\circ$

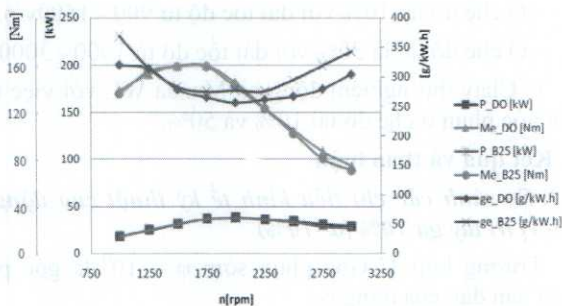


Hình 4. Đồ thị so sánh các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của động cơ khi sử dụng nhiên liệu Diesel và Biodiesel B25, $\alpha = 10^\circ$, $\phi = 20^\circ$

Kết quả từ thực nghiệm được thể hiện trên đồ thị Hình 3 và 4 cho thấy: Tại vị trí tay ga alpha 10% ($\alpha = 10^\circ$) và sử dụng góc phun sớm ban đầu của động cơ (góc phun sớm $\phi = 10^\circ$). Công suất của động cơ khi sử dụng nhiên liệu B25 so với nhiên liệu diesel truyền thống (DO) giảm 28,89% và suất tiêu hao nhiên liệu tăng 28,1%. Tuy nhiên, khi thay đổi góc phun sớm nhiên liệu $\phi = 20^\circ$ thì nhiên liệu biodiesel B25 được phun vào buồng cháy sớm hơn nên khả năng hình thành hỗn hợp cháy tốt hơn vì vậy công suất của động cơ khi sử dụng B25 tăng lên 6,87% và suất tiêu hao nhiên liệu giảm 3,82% so với khi chưa thay đổi góc phun sớm (sử dụng góc phun sớm ban đầu của động cơ).

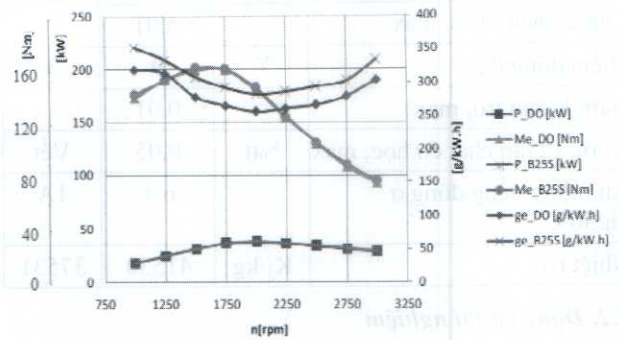
3.2. So sánh các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của động cơ khi vị trí tay ga 50% ($\alpha = 50\%$)

Trường hợp 1: Góc phun sớm $\phi = 10^\circ$ là góc phun sớm ban đầu của động cơ.



Hình 5. Đồ thị so sánh các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của động cơ khi sử dụng nhiên liệu Diesel và Biodiesel B25, $\alpha = 50\%$, $\phi = 10^\circ$

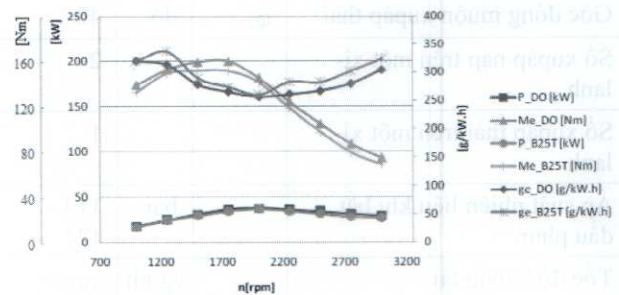
Trường hợp 2: Góc phun sớm đã được thay đổi $\phi = 20^\circ$



Hình 6. Đồ thị so sánh các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của động cơ khi sử dụng nhiên liệu Diesel và Biodiesel B25, $\alpha = 50\%$, $\phi = 20^\circ$

Kết quả từ thực nghiệm được thể hiện trên đồ thị Hình 5 và 6 cho thấy: Tại vị trí tay ga alpha 50% ($\alpha = 50\%$) và sử dụng góc phun sớm ban đầu của động cơ (góc phun sớm $\phi = 10^\circ$), tốc độ động cơ tăng lên từ 1000 ÷ 3000 (v/p). Theo đó, khi tăng tốc độ của động cơ sẽ làm tăng tốc độ chuyển động của piston bơm cao áp, do đó làm tăng áp suất phun và tốc độ chùm tia nhiên liệu qua lỗ tia phun, đường kính hạt nhiên liệu nhỏ hơn, chất lượng phun tốt hơn. Vì vậy động cơ chạy tương đối ổn định khi sử dụng cả 2 loại nhiên liệu này, cụ thể: Công suất của động cơ khi sử dụng nhiên liệu B25 so với nhiên liệu diesel truyền thống (DO) giảm không đáng kể chỉ 2,19% và suất tiêu hao nhiên liệu tăng nhẹ 8,28%. Khi thay đổi góc phun sớm nhiên liệu $\phi = 20^\circ$ thì nhiên liệu biodiesel B25 được phun vào buồng cháy sớm hơn nên khả năng hình thành hỗn hợp cháy tốt hơn. Tuy nhiên, tại chế độ tải trung bình và số vòng quay tương đối cao từ 1000 ÷ 3000 (v/p) thì công suất của động cơ khi sử dụng B25 giảm không đáng kể 1,04% và suất tiêu hao nhiên liệu tăng nhẹ 8,77% so với khi chưa thay đổi góc phun sớm (sử dụng góc phun sớm ban đầu của động cơ). Điều này có thể giải thích là do nhiệt trị của biodiesel B25 nhỏ hơn nhiên liệu diesel truyền thống do đó nó làm tăng suất tiêu hao nhiên liệu.

Trường hợp 3: Góc phun sớm đã được thay đổi $\phi = 8^\circ$ (Thay đổi nhỏ hơn góc phun sớm ban đầu của động cơ 2°)



Hình 7. Đồ thị so sánh các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của động cơ khi sử dụng nhiên liệu Diesel và Biodiesel B25, $\alpha = 50\%$, $\phi = 8^\circ$

Từ đồ thị Hình 7 cho thấy: Tại vị trí tay ga alpha 50% ($\alpha = 50\%$) và sử dụng góc phun sớm $\phi = 8^\circ$ nhỏ hơn góc phun sớm ban đầu của động cơ. Do tính chất nhiên liệu biodiesel B25 có độ nhớt cao hơn nhiên liệu diesel truyền

thống, vì vậy khi phun nhiên liệu vào buồng cháy muộn làm giảm thời gian hình thành hỗn hợp, quá trình hình thành hỗn hợp cháy không tốt dẫn đến tăng thời gian của giai đoạn cháy rút. Theo đó, công suất của động cơ khi sử dụng B25 giảm 5,67% và suất tiêu hao nhiên liệu tăng 4,47% so với khi chưa thay đổi góc phun sớm (sử dụng góc phun sớm ban đầu của động cơ). Điều này chỉ ra rằng, khi ta thay đổi góc phun sớm quá nhỏ thì nhiên liệu biodiesel B25 sử dụng cho động cơ Mazda WL không tốt hơn khi không thay đổi góc phun sớm, chính vì không thể điều chỉnh góc phun sớm nhỏ hơn góc phun sớm ban đầu của động cơ.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của góc phun nhiên liệu đến chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của động cơ diesel khi sử dụng nhiên liệu biodiesel cho thấy khi sử dụng nhiên liệu biodiesel B25 có nguồn gốc từ dầu ăn phế thải trên động cơ MAZDA WL ở chế độ tay ga 10% và 50% như sau:

- Khi thay đổi góc phun nhiên liệu so với góc phun sớm ban đầu của động cơ tại vị trí tải nhỏ, tay ga 10% ($\alpha=10\%$) làm cho các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của động cơ thay đổi lớn gần 30%.

- Khi thay đổi tăng góc phun nhiên liệu 10° so với góc phun sớm ban đầu của động cơ tại vị trí tải trung bình, tay ga 50% ($\alpha=10\%$) kết quả cho thấy các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của động cơ thay đổi không đáng kể.

- Không thể điều chỉnh góc phun sớm nhỏ hơn góc phun sớm ban đầu của động cơ: Nếu ở chế độ tải nhỏ sẽ làm cho động cơ không khởi động được, còn nếu ở chế độ tải trung bình sẽ làm tăng thời gian cháy rút.

Tài liệu tham khảo

- [1] Krawczyk, T., (1996). "Biodiesel – Alternative fuel makes inroads but hurdle remains", *INFORM* 7, pp 801-815.
- [2] Peterson, C.L., Wagner, G.L. & Auld, D.L., (1983), "Vegetable oil substitution for diesel fuel", *Transaction of ASAE*, 26, pp 322-327.
- [3] Muniyappa, P.R., Brammer, S.C., Nouredini, H., (1996), "Improved conversion of plant oils and animal fats into biodiesel and co-product", *Bioresource Technology* 56, pp19-24.
- [4] Freedman, B., Pryde, E.H., Mounts, T.L., (1984), "Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils", *JAOC* 61, pp 1638-1643.
- [5] Ma, F., Hanna, M.A., (1999), "Biodiesel production: a review", *Bioresource Technology* 70, pp1-15.
- [6] Canakci, M., Van Gerpen, G., (1999), "Biodiesel production via acid catalysis", *Trans ASAE* 42, pp 1203-1210.
- [7] Trần Thanh Hải Tùng, Lê Anh Tuấn, Phạm Minh Tuấn, (2010), "Nghiên cứu sử dụng nhiên liệu thay thế trên động cơ diesel", *Tạp chí Công nghệ Hàng Hải* số 21.
- [8] Dorado, M.P., Ballesteros, E., Arnal, J.M., Gomez J., Lopez. F.J., (2003), "Exhaust emissions from a diesel engine fueled with transesterified waste olive oil", *Fuel*, 82, pp 1311-1315.
- [9] Agarwal, A.K., (1998), "Vegetable oil versus diesel fuel: development and use of biodiesel in a compression ignition engine", *TIDE* 8(3), pp 191- 204.
- [10] Agarwal, A.K., Das, L.M., (2001), "Biodiesel development and characterization for use as a fuel in compression ignition engine", *Transaction of the ASME, Journal of engineering for gas turbines and power*, vol 123, pp440-447.
- [11] Altin, R., Cetinkaya, S., Yucucu, H.S., (2001), "The potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel engine", *Energy conversion & management* 42, pp 529-538.
- [12] Scholl, K.W., Sorenson, S.C., (2005), "Combustion of soybean oil methyl ester in a direct injection diesel engine", *SAE* 930934.
- [13] Neto da Silva, F., Prata, A.S., Teixeira, J.R., (2003), "Technical feasibility assessment of oleic sunflower methyl ester utilization in diesel bus engine", *Energy conversion & management* 44, pp 2857-2878.
- [14] Al-Widyan, M., Tashtoush, G., Abu-qudais, M., (2002), "Utilization of ethyl ester of waste vegetable oils as fuel in diesel engines", *Fuel Processing Technology*, 76, pp 91-103.

(BBT nhận bài: 15/01/2014, phản biện xong: 25/01/2014)