

ỨNG DỤNG PHẦN MỀM AVL – BOOST TRONG MÔ PHỎNG ĐỘNG CƠ DIESEL TRUYỀN THỐNG SỬ DỤNG DIESEL SINH HỌC

APPLICATION OF AVL – BOOST SOFTWARE IN SIMULATION OF TRADITIONAL DIESEL ENGINE USING BIO-DIESEL

Nguyễn Văn Du

Khoa Kỹ thuật Ô tô và Năng lượng, Trường Đại học Phenikaa

Email: du.nguyenvan1@phenikaa-uni.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu mô phỏng bằng phần mềm AVL - BOOST đánh giá tính năng kinh tế, kỹ thuật và phát thải của động cơ D4BB khi sử dụng nhiên liệu diesel sinh học (biodiesel). Quá trình nghiên cứu được tiến hành đặc tính tốc độ ngoài (100% tải) với động cơ thuần nhiên liệu diesel và động cơ làm việc với tỉ lệ pha trộn 5% biodiesel (B5). Kết quả cho thấy động cơ sử dụng nhiên liệu B5 cho công suất giảm 0,91%; tiêu thụ nhiên liệu tăng 0,92%, phát thải CO, Soot giảm lần lượt là 7,57% và 17,43%, NO_x lại tăng 9,65%. Nghiên cứu này góp phần làm tài liệu tham khảo cho những nghiên cứu tiếp theo về sử dụng biodiesel trên động cơ đốt trong.

Từ khóa: Nhiên liệu kép Biodiesel; Phát thải; AVL - Boost.

ABSTRACT

The article presents the results of a simulation study using AVL – BOOST software to evaluate the economic, technical and emission characteristics of the D4BB engine when fueling biodiesel. The research process was conducted to characterize the external speed (100% load) with a pure diesel engine and an engine operating with a 5% biodiesel blend (B5). The results showed that the engine using B5 fuel reduced its capacity by 0.91%; fuel consumption increased by 0.92%, CO and Soot emissions decreased by 7.57% and 17.43%, respectively, while NO_x increased by 9.65%. This study contributes as a reference for further studies on the use of biodiesel in internal combustion engines.

Keywords: Dual-fuel Biodiesel; Emissions; AVL - Boost.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Nguồn gốc sinh học như các loại nhiên liệu được chiết suất từ dầu hoặc tinh bột của các loại cây (cọ, dừa, hướng dương, jatropha, tảo, mía, sắn, ngô...), mỡ động vật hay khí biogas sản xuất từ phế thải (rác thải, chất thải từ động vật,...). Trong các dạng nhiên liệu thay thế đó, biodiesel dùng để thay thế cho diesel, còn bioethanol, biomethanol dùng để thay thế cho nhiên liệu xăng. Thông thường, nhiên liệu thay thế nói chung có thể sử dụng trên động cơ ở dạng nguyên chất (100% nhiên liệu thay thế), hoặc ở dạng phối hợp, tức là một phần nhiên liệu thay thế kết hợp với nhiên liệu truyền thống. Ví dụ như hỗn hợp nhiên liệu B5 (5% bio-diesel, 95% diesel truyền thống), hỗn hợp nhiên liệu E5 (5% ethanol, 95% xăng),...

Sử dụng nhiên liệu diesel sinh học (Biodiesel hay biodiesel fuel) trên động cơ diesel được nhiều nhà khoa học quan tâm nghiên cứu [1]. Biodiesel là loại nhiên liệu ít gây ô nhiễm, đã được nghiên cứu và sử dụng nhiều trên động cơ đốt trong ở các nước trên thế giới cũng như ở Việt Nam.

Sử dụng nhiên liệu thay thế, ngoài việc giải quyết vấn đề cạn kiệt nhiên liệu hóa thạch, tận dụng triệt để các nguồn năng lượng sẵn có trong thiên nhiên, nó còn tạo công ăn việc làm cho người dân, giải quyết phần nào vấn đề ô nhiễm môi trường. Ngoài ra, nếu có sự quy hoạch tốt về sử dụng đất thì việc sử dụng nhiên liệu thay thế, đặc biệt là nhiên liệu sinh học còn tạo động lực cho sự phát triển, giảm triệt để phát thải gây hiệu ứng nhà kính nhờ vòng khép kín CO₂ (cây hấp thụ khí CO₂ từ động cơ - trồng cây để sản xuất nhiên liệu sinh học cho động cơ) [2].

Bài báo này sẽ trình bày kết quả nghiên

cứ sử dụng nhiên liệu sinh học bio-diesel B5 trên động cơ diesel được thực hiện bằng mô phỏng thông qua phần mềm chuyên dụng AVL – BOOST trên động cơ D4BB sử dụng phổ biến tại Việt Nam nhằm khảo sát khả năng sử dụng biodiesel trên động cơ này.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

AVL – Boost là một công cụ mô phỏng các quá trình công tác và quá trình trao đổi khí của động cơ. AVL – Boost cho phép xây dựng mô hình đầy đủ của toàn bộ động cơ bằng cách lựa chọn các phần tử có trong hộp công cụ và nối chúng lại bằng các phần tử. Xác định các thông số trong quá trình nhiệt động học, dòng chảy trong quá trình trao đổi khí quá trình phun nhiên liệu, quá trình cháy. Mô phỏng các quá trình công tác của động cơ với độ chính xác cao, tạo thuận lợi trong mục tiêu thiết kế động cơ hoặc phân tích các quá trình nhiệt động học.

Vì vậy, nghiên cứu lựa chọn phần mềm AVL – BOOST mô phỏng động cơ diesel D4BB có hệ thống nhiên liệu bơm cao áp phân phối, điều khiển cơ khí. Quá trình nghiên cứu được tiến hành đặc tính tốc độ ngoài (100% tải) với động cơ thuần nhiên liệu diesel và động cơ làm việc với tỉ lệ pha trộn 5% biodiesel (B5).

Tác giả đi so sánh kết quả công suất, tiêu thụ nhiên liệu, phát thải của động cơ sử dụng nhiên liệu B5 và động cơ thuần diesel để phân tích, khuyến nghị cho những nghiên cứu tiếp theo về nhiên liệu biodiesel.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Các thông số kỹ thuật của động cơ D4BB

Động cơ D4BB là loại động cơ diesel phổ biến tại Việt Nam trên các xe tải hạng trung 

và máy bơm nước, chữa cháy. Động cơ D4BB được sản xuất tại Hàn Quốc. Thông số kỹ thuật của động cơ này được trình bày trong bảng 1.

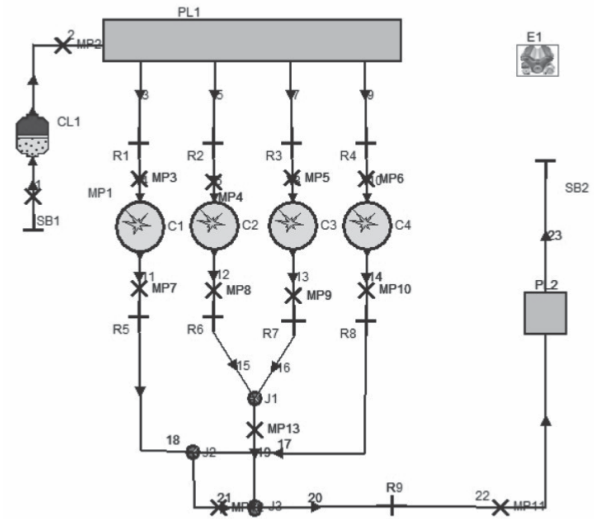
Bảng 1. Thông số cơ bản của động cơ D4BB

TT	Thông số	Giá trị	Đơn vị
1	Dung tích xylanh	2,607	dm ³
2	Đường kính xylanh	91,1	mm
3	Hành trình piston	100	mm
4	Tỷ số nén	22	
5	Số xylanh	4	
6	Thứ tự làm việc	1-3-4-2	
8	Công suất lớn nhất	59/4000	kW/rpm
9	Momen xoắn lớn nhất	170/2200	N.m/rpm
10	Tốc độ tối đa	4000	v/ph
11	Hệ thống nhiên liệu	Bơm phân phối VE	

3.2. Xây dựng mô hình mô phỏng

3.2.1. Mô hình động cơ [4]

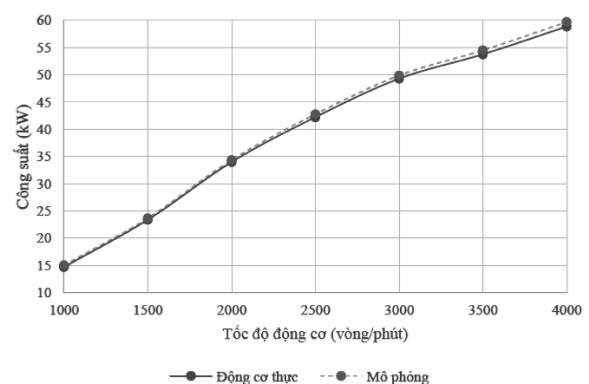
Dựa vào kết cấu của động cơ D4BB thực tế, những phần tử đã được định nghĩa trong AVL – Boost và các thông số kỹ thuật của động cơ, tiến hành lựa chọn các phần tử cho mô hình và được trình bày như trên hình 1.



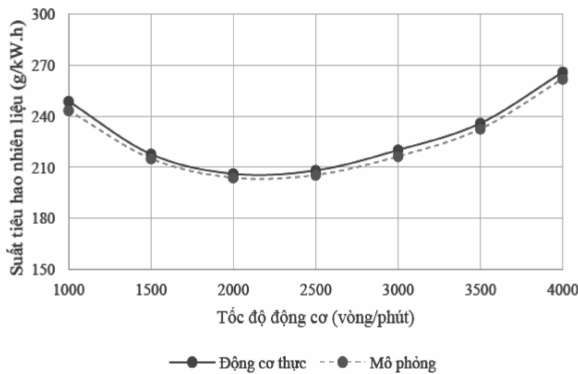
Hình 1. Mô hình mô phỏng động cơ D4BB

3.2.2. Đánh giá độ tin cậy của mô hình

Trước khi được sử dụng để tính toán các trường hợp khác thì mô hình tính cần được hiệu chỉnh để đảm bảo độ tin cậy. Độ tin cậy của mô hình được đánh giá thông qua việc so sánh một số kết quả như công suất, suất tiêu hao nhiên liệu giữa mô phỏng với đường đặc tính ngoài thực tế của động cơ thực theo catalog. Đặc tính ngoài thực tế được đo trên băng thử tại Đại học Bách khoa Hà Nội để hiệu chỉnh đảm bảo độ tin cậy của mô hình mô phỏng [3].



Hình 2. Biểu đồ so sánh công suất giữa động cơ thực và mô phỏng



Hình 3. Biểu đồ so sánh suất tiêu hao nhiên liệu giữa động cơ thực và mô phỏng

Kết quả cho thấy, khi so sánh công suất giữa mô phỏng và động cơ thực với 100% tải tại 7 chế độ tốc độ khác nhau từ 1000 – 4000 v/ph, kết quả cho thấy sai lệch lớn nhất tại tốc độ 1000 vòng/phút là 2,18%, sai lệch nhỏ nhất tại tốc độ 2000 vòng/phút là 01,12%. Sai lệch về suất tiêu hao nhiên liệu trung bình trên toàn bộ dải tốc độ là 1,41% (Hình 2).

Kết quả so sánh suất tiêu hao nhiên liệu giữa mô phỏng và động cơ thực với 100% tải cũng tại 7 chế độ tốc độ khác nhau. Kết quả cho thấy sai lệch lớn nhất tại tốc độ 1000 vòng/phút là 2,13%, sai lệch nhỏ nhất tại tốc độ 2000 vòng/phút là 1,1%. Sai lệch về suất tiêu hao nhiên liệu trung bình là 1,45% (Hình 3).

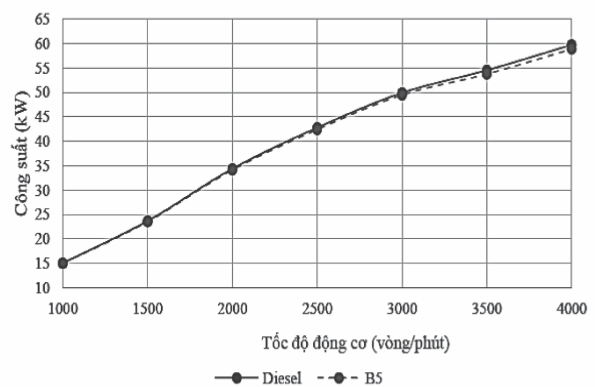
3.3. Kết quả tính toán mô phỏng

3.3.1. Ảnh hưởng của nhiên liệu tới đường đặc tính công suất và suất tiêu hao nhiên liệu

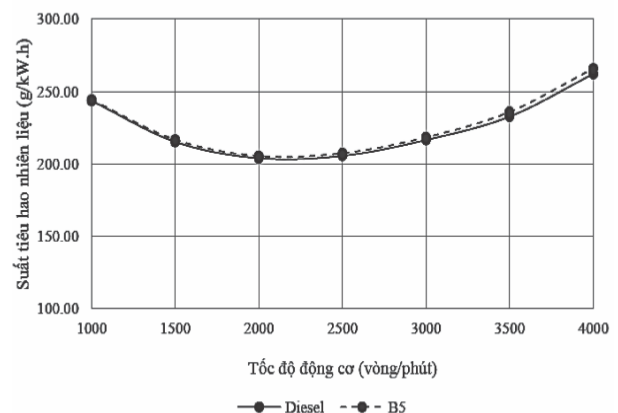
Giá trị công suất động cơ ở chế độ 100% tải với nhiên liệu diesel và B5 tại các tốc độ khác nhau theo đường đặc tính ngoài được thể hiện trên hình 4. Kết quả mô phỏng cho thấy công suất của động cơ khi sử dụng nhiên liệu B5 thấp hơn so với động cơ sử dụng nhiên liệu diesel. Sự giảm công suất là tương đối nhỏ,

trong đó giảm lớn nhất tại tốc độ 4000 vòng/phút tương ứng với 1,44%. Tính trên toàn dải tốc độ, công suất của động cơ giảm trung bình là 0,91%. Sự giảm công suất này được giải thích vì nhiên liệu B5 có nhiệt trị nhỏ hơn so với diesel.

Hình 5 thể hiện giá trị suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ khi mô phỏng với nhiên liệu diesel và B5. Kết quả cho thấy khi sử dụng nhiên liệu B5, công suất giảm so với động cơ khi sử dụng nhiên liệu diesel. Sự giảm công suất là tương đối nhỏ, trong đó giảm lớn nhất tại tốc độ 4000 vòng/phút tương ứng với 1,46%.



Hình 4. Biểu đồ thể hiện công suất khi sử dụng nhiên liệu diesel và B5



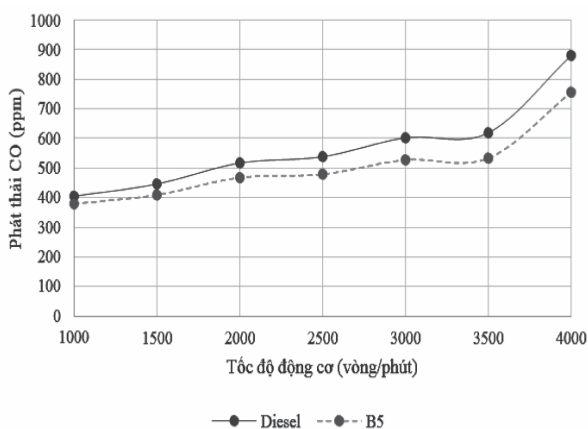
Hình 5. Biểu đồ thể hiện tiêu hao nhiên liệu khi sử dụng nhiên liệu diesel và B5

3.3.2. Ảnh hưởng của nhiên liệu tới phát thải của động cơ

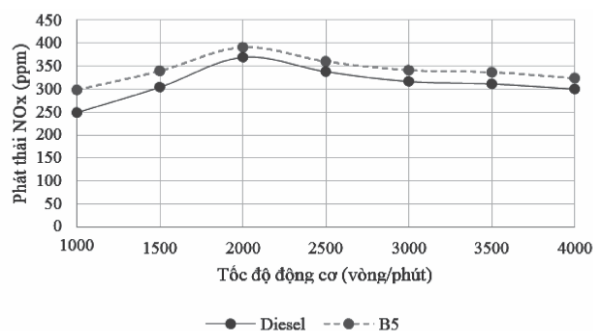
Hình 6 thể hiện lượng phát thải CO của động cơ khi sử dụng nhiên liệu diesel và B5. Kết quả cho thấy khi động cơ sử dụng nhiên liệu B5 cho phát thải CO thấp hơn so với khi sử dụng diesel. Mức giảm lớn nhất khi động cơ sử dụng nhiên liệu B5 so với nhiên liệu diesel là 14,12 % tại tốc độ 4000 vòng/phút. Mức giảm trung bình trên toàn bộ dải tốc độ là 7,57 %.

Hình 7 thể hiện lượng phát thải NO_x của động cơ khi sử dụng nhiên liệu diesel và B5. Kết quả cho thấy khi động cơ sử dụng nhiên liệu B5 cho phát thải NO_x cao hơn so với khi sử dụng diesel. Mức tăng lớn nhất khi động cơ sử dụng nhiên liệu B5 so với nhiên liệu diesel là 19,77 % tại tốc độ 1000 vòng/phút. Mức tăng trung bình trên toàn bộ dải tốc độ là 9,65 %.

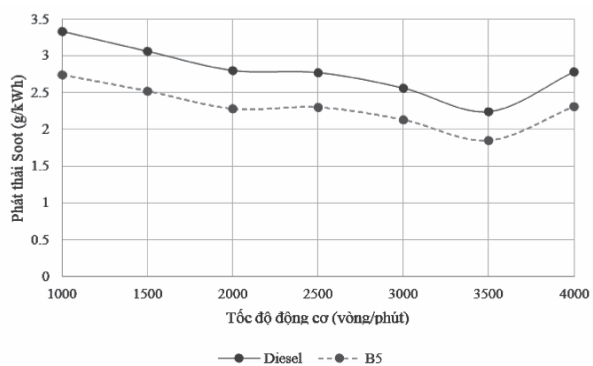
Lượng phát thải Soot trong xy lanh của động cơ sử dụng nhiên liệu diesel và B5 được thể hiện trên Hình 8. Từ kết quả, ta nhận thấy động cơ sử dụng nhiên liệu B5 có phát thải Soot giảm so với nhiên liệu diesel. Hàm lượng muội than (Soot) giảm khi sử dụng nhiên liệu B5 trung bình trên toàn dải tốc độ theo đường đặc tính ngoài với mức giảm tương ứng là 17,43 %.



Hình 6. Phát thải CO



Hình 7. Phát thải NO_x



Hình 8. Phát thải Soot

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu trên đã lựa chọn được các mô hình hình thành hỗn hợp và cháy trong động cơ LPG/Diesel phù hợp.

Kết quả nghiên cứu có thể định hướng cho việc nghiên cứu thực nghiệm sử dụng nhiên liệu LPG trên các động cơ diesel khác nhau để đưa ra các điều kiện cụ thể khi chuyển đổi động cơ diesel cụ thể sang sử dụng lưỡng nhiên liệu LPG/diesel.

Đã xây dựng được mô hình mô phỏng của động cơ D4BB bằng phần mềm khi sử dụng nhiên liệu diesel và B5. Kết quả tính toán công suất, suất tiêu hao nhiên liệu giữa mô phỏng và động cơ thực có sai lệch nhỏ, do đó mô hình mô phỏng đảm bảo độ tin cậy để thực hiện các nghiên cứu khác.

Kết quả mô phỏng cho thấy công suất động cơ có xu hướng giảm trong khi suất tiêu hao nhiên liệu lại tăng khi sử dụng nhiên liệu B5. Tính trung bình trên toàn dải tốc độ, công suất giảm 0,91%, suất tiêu hao nhiên liệu tăng 0,92%.

Các phát thải CO, Soot giảm trong khi NO_x lại tăng khi sử dụng nhiên liệu B5. Tính trung bình trên toàn dải tốc độ, độ giảm của CO, Soot lần lượt là 7,57%, 17,43%, NO_x tăng 9,65%. ❖

Ngày nhận bài: **18/11/2024**

Ngày phản biện: **17/12/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Phạm Minh Tuấn (2008), “*Khí thải động cơ và ô nhiễm môi trường*”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. Trần Thanh Hải Tùng, “*Nghiên cứu sử dụng nhiên liệu thay thế trên động cơ diesel*”. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, số 21, 2010.
- [3]. Nguyễn Hữu Tuấn, “*Nghiên cứu ảnh hưởng của phụ gia vi nhũ thể hệ mới chế tạo tại Việt Nam tới tính năng kinh tế, kỹ thuật, phát thải và tương thích vật liệu động cơ diesel*”. Luận án Tiến sĩ Kỹ thuật, Đại học Bách Khoa Hà Nội.
- [4]. AVL-BOOST, “*Theory AVL-BOOST*”. AVL-BOOST, 2011.