

**NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN MÔ PHỎNG ĐỘNG CƠ DIESEL SỬ DỤNG
HỖN HỢP NHIÊN LIỆU DIMETHYL ETHER (DME) VÀ DIESEL
SIMULATION STUDY ON DIESEL ENGINE FUELED BY
DIMETHYL ETHER (DME) AND DIESEL BLEND**

NCS. NGUYỄN LAN HƯƠNG, PGS.TS. LƯƠNG CÔNG NHỚ, NCS. HOÀNG ANH TUẤN
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Tóm tắt

Bài báo thực hiện nghiên cứu tính năng động cơ diesel thông thường khi sử dụng hỗn hợp nhiên liệu Dimethyl ether và diesel. Để nghiên cứu sử dụng hỗn hợp DME và diesel ta dùng phần mềm AVL Boost mô phỏng động cơ diesel sử dụng hỗn hợp DME và diesel với tỉ lệ 0%, 25%, 50%, 75% DME về năng lượng. Kết quả cho thấy mô men trong các trường hợp sử dụng 0%, 25%, 50%, 75%, 100% DME được giữ hầu như không thay đổi, chênh lệch lớn nhất tại tốc độ động cơ 1700 vòng/phút là 4,42%. Suất tiêu hao nhiên liệu tăng dần theo lượng pha trộn DME, cụ thể với 25% DME suất tiêu hao nhiên liệu là thấp nhất trên toàn dải tốc độ. Phát thải NOx giảm khi lượng DME pha với diesel giảm. Còn phát thải CO và muội than nhỏ nhất khi sử dụng 100% DME.

Từ khóa: Dimethyl ether, AVL Boost, năng lượng, phát thải.

Abstract

The article studies the characteristics of conventional diesel engine fueled by DME and diesel blend. Investigating to use DME and diesel blend for diesel engine, which is modeled by AVL Boost software, with 0%, 25%, 50%, 75% DME energy. The results show that the moment is not change when used 0%, 25%, 50%, 75% DME, the maximum difference in 1700 rpm is 4,42%. The fuel consumption is increasing according to percent of DME, the fuel consumption is lowest with 25% DME. NOx emissions reduce with percent of DME reduce. CO and soot are minimum with 100% DME.

Keyword: Dimethyl ether, AVL Boost, energy, emission.

1. Đặt vấn đề

Động cơ diesel là nguồn động lực có hiệu suất cao được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực, đặc biệt là trên các phương tiện vận tải hạng nặng. Tuy nhiên, nguồn nhiên liệu hóa thạch đang có xu hướng cạn kiệt dần và động cơ sử dụng dầu diesel phát thải nhiều chất độc hại như carbonmonoxide (CO), hydrocarbon (HC), nitrogen oxide (NOx), các chất thải dạng hạt (PM),... gây ô nhiễm môi trường và ảnh hưởng tới sức khỏe con người. Vì thế, việc tìm kiếm nguồn nhiên liệu sạch, có khả năng tái tạo để thay thế dầu mỏ là vấn đề cấp thiết, đã và đang được quan tâm trên toàn thế giới cũng như ở Việt Nam. Trong đó, Dimethyl Ether (DME) được xem là nhiên liệu tiềm năng sử dụng cho động cơ diesel. Dimethyl Ether (DME) là loại nhiên liệu sạch, dễ hóa lỏng và có nhiều đặc điểm phù hợp để sử dụng cho động cơ diesel.

Bài báo này thực hiện xây dựng mô hình động cơ diesel một xylanh Kubota RT140 sử dụng hỗn hợp DME và diesel bằng phần mềm AVL Boost.

2. Cơ sở lý thuyết phần mềm AVL Boost

AVL Boost là phần mềm chuyên dụng để nghiên cứu tính toán mô phỏng các quá trình nhiệt động và hình thành phát thải trong động cơ đốt trong. Cơ sở lý thuyết của phần mềm Boost được sử dụng trong nghiên cứu này được trình bày tóm tắt dưới đây

2.1. Phương trình nhiệt động học 1

Định luật nhiệt động học 1 được sử dụng trong phần mềm AVL Boost thể hiện mối quan hệ giữa sự biến thiên nội năng hay enthalpy với sự biến thiên của nhiệt và công, được trình bày trong phương trình 1 [1].

$$\frac{d(m_c \cdot u)}{dt} = -p_c \cdot \frac{dV}{d\alpha} + \frac{dQ_F}{d\alpha} - \sum \frac{dQ_W}{d\alpha} - h_{BB} \cdot \frac{dm_{BB}}{d\alpha} \quad (1)$$

Trong đó, m_c là khối lượng môi chất bên trong xylanh, u là nội năng, p_c là áp suất bên trong xylanh, V là thể tích xylanh, Q_F là nhiệt lượng của nhiên liệu cung cấp, Q_W là nhiệt lượng tổn thất cho thành vách, h_{BB} là trị số enthalpy, m_{BB} là lượng lọt khí, và α là góc quay trục khuỷu.

2.2. Mô hình cháy

Phần mềm AVL Boost sử dụng mô hình cháy AVL MCC cho việc dự đoán các chỉ tiêu của quá trình cháy trong những động cơ phun nhiên liệu trực tiếp và tự cháy. Quá trình giải phóng nhiệt được xác định bởi việc điều chỉnh chất lượng nhiên liệu và mật độ chuyển động rối, thể hiện trong phương trình 2 [1].

$$\frac{dQ}{d\varphi} = C_{Mod} \cdot f_1(M_F, Q) \cdot f_2(k, V) \quad (2)$$

với $f_1(M_F, Q) = M_F - \frac{Q}{LVC}$ và $f_2(k, V) = \exp(C_{rate} \cdot \frac{\sqrt{k}}{\sqrt[3]{V}})$, trong đó C_{Mod} là mô hình không đổi

[kJ/kg. $^{\circ}$ TK], C_{rate} là hằng số tốc độ hòa trộn [s], k là mật độ của động năng chuyển động cục bộ [m²/s²], M_F là khối lượng nhiên liệu phun [kg], LVC là nhiệt trị thấp [kJ/kg], Q là sự tỏa nhiệt tích lũy [kJ], V là thể tích xylanh tức thời [m³], φ là góc quay trục khuỷu [$^{\circ}$ TK].

2.3. Mô hình truyền nhiệt

Quá trình truyền nhiệt từ trong buồng cháy qua thành xylanh và ra ngoài được tính toán dựa vào phương trình truyền nhiệt sau [3].

$$Q_{wi} = A_i \cdot \alpha_i \cdot (T_c - T_{wi}) \quad (3)$$

Trong đó Q_{wi} là nhiệt lượng truyền cho thành xylanh, piston, nắp máy, A_i là diện tích truyền nhiệt piston, xylanh, nắp máy, α_i là hệ số truyền nhiệt, T_c là nhiệt độ môi chất trong xylanh, T_{wi} là nhiệt độ thành vách. Để xác định hệ số truyền nhiệt trong phương trình 3 đối với động cơ diesel, mô hình Woschni 1978 thường được sử dụng để tính [5].

$$\alpha_w = 130 \cdot D^{-0.2} \cdot p_c^{0.8} \cdot T_c^{-0.53} \cdot [C_1 \cdot c_m + C_2 \cdot \frac{v_D \cdot T_{c1}}{p_{c,1} \cdot V_{c,1}} \cdot (p_c - p_{c,0})]^{0.8} \quad (4)$$

Trong đó $C_1 = 2,28 + 0,308 \cdot c_i / cm$, $C_2 = 0,00324$ đối với động cơ phun trực tiếp, D là đường kính xylanh, c_m là tốc độ trung bình của piston, c_u là tốc độ quay, $c_u = \pi \cdot D \cdot n_d / 60$, v_D là thể tích công tác, p_c là áp suất môi chất, $p_{c,0}$ là áp suất khí trời, $T_{c,1}$ là nhiệt độ cuối quá trình nạp, $p_{c,1}$ là áp suất cuối quá trình nạp.

3. Xây dựng mô hình động cơ Kubota RT140

Trong nghiên cứu này phần mềm AVL Boost được ứng dụng để tính toán mô phỏng động cơ diesel một xylanh Kubota RT140

3.1. Thông số và đặc tính kỹ thuật động cơ Kubota RT140

Động cơ Kubota RT140 là động cơ diesel 4 kỳ, 1 xylanh do hãng Kubota (Nhật Bản) sản xuất hiện nay sử dụng nhiều trong nông nghiệp và máy phát điện ở Việt Nam. Các thông số kỹ thuật của động cơ Kubota RT140 được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng. Thông số kỹ thuật động cơ Kubota RT140

TT	Thông số/ kí hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Thể tích công tác (V_h)	709	ml
2	Đường kính xylanh (D)	97	mm
3	Hành trình piston (S)	96	mm
4	Tỷ số nén (ϵ)	18	-
5	Công suất định mức (N_{e-dm})	11	kw
6	Tốc độ quay ứng với N_{e-dm}	2400	v/ph

7	Mô men xoắn lớn nhất (M_{e-max})	42	N.m
8	Góc phun sớm (φ_s)	25	độ

3.2. Xây dựng mô hình trong phần mềm AVL Boost

Mô hình động cơ Kubota RT140 được xây dựng trong phần mềm AVL Boost với các phần tử tương ứng mô tả các cụm chi tiết của động cơ. Thông số đầu vào cho mô hình động cơ bao gồm: Thông số kết cấu, thông số làm việc và các mô hình tính toán. Thông số kết cấu như hình dạng kích thước chi tiết của động cơ. Thông số làm việc như lượng nhiên liệu cung cấp, tốc độ động cơ, góc phun sớm, áp suất phun...

Mô hình động cơ Kubota RT140 sau khi xây dựng hoàn thiện trong phần mềm AVL Boost được thể hiện trong Hình 1.

4. Kết quả và thảo luận

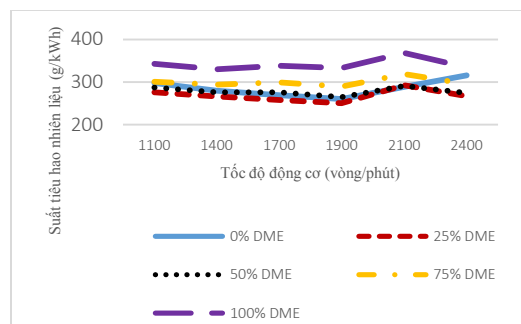
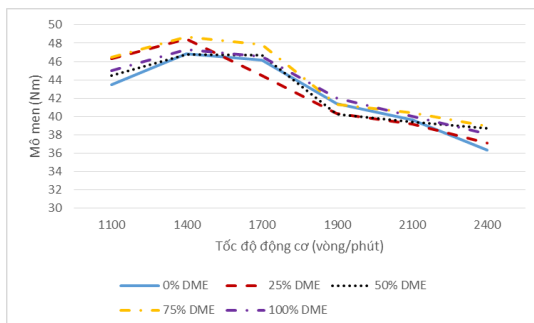
Để xác định lượng DME bổ sung tương ứng với các tỷ lệ 0%, 25%, 50%, 75% DME, thực hiện các bước như sau:

- Tính toán mô phỏng lượng diesel cần thiết để mômen đạt 75%, 50% và 25% mômen ở chế độ toàn tải.

- Giữ lượng diesel đã xác định ở trên và bổ xung thêm DME đến khi mômen động cơ đạt giá trị toàn tải.

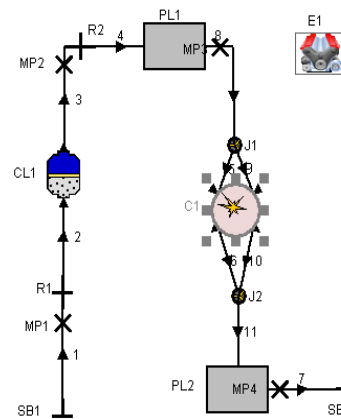
4.1. Đặc tính mô men và suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ khi sử dụng hỗn hợp DME và diesel

Kết quả mô phỏng được thể hiện trên hình 2.



Hình 2. Mô men và suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ khi sử dụng hỗn hợp DME và diesel

Mô men trong các trường hợp sử dụng 0%, 25%, 50%, 75%, 100% DME được giữ hầu như không thay đổi, chênh lệch lớn nhất khi dùng 25% DME và 75% DME tại tốc độ động cơ 1700 vòng/phút là

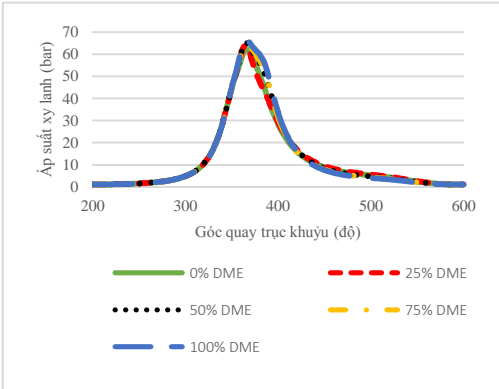


Hình 1. Mô hình động cơ Kubota RT140

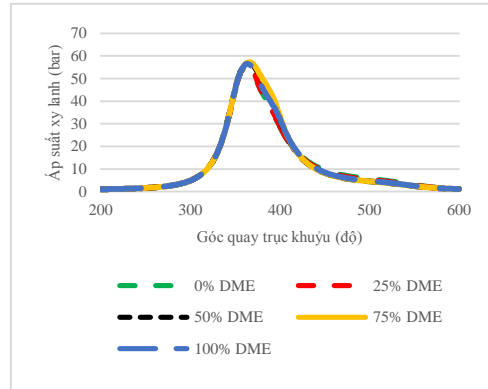
4,42% (Hình 2). Cũng theo hình 2, suất tiêu hao nhiên liệu tăng dần theo lượng pha trộn DME, cụ thể với 25% DME suất tiêu hao nhiên liệu thấp nhất theo toàn dải tốc độ.

4.2. Áp suất trong xy lanh của động cơ khi dùng hỗn hợp DME và diesel

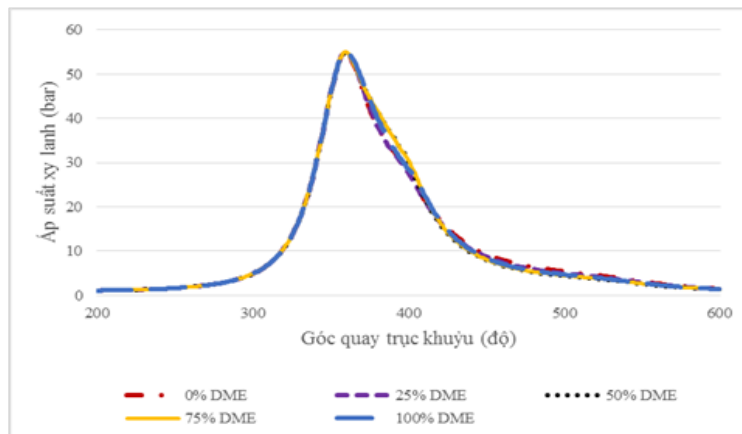
Áp suất lớn nhất trong xy lanh của động cơ giảm khi tăng vòng quay từ 1400 vòng/phút đến 2100 vòng/phút, giảm khoảng 16% (hình 3,4,5)



Hình 3. Áp suất trong xy lanh khi sử dụng hỗn hợp DME và diesel tại 1400 v/ph



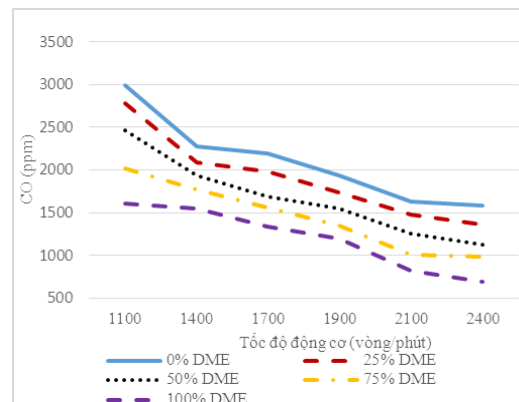
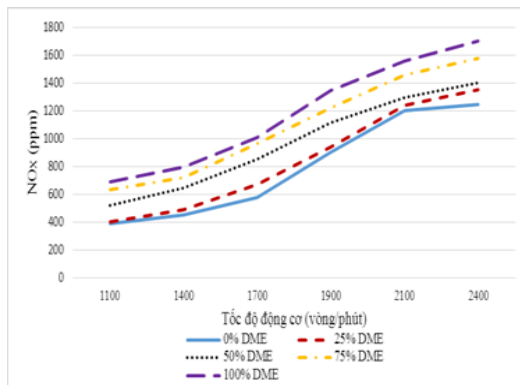
Hình 4. Áp suất trong xy lanh khi sử dụng hỗn hợp DME và diesel tại 1700 v/ph



Hình 5. Áp suất trong xy lanh khi sử dụng hỗn hợp DME và diesel tại 2100 v/ph

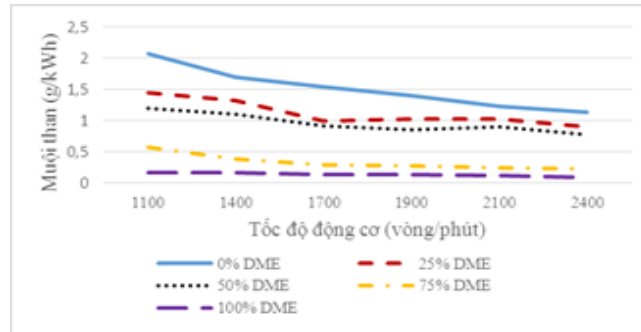
4.3. Phát thải khi sử dụng hỗn hợp DME và diesel

Về phát thải NOx, CO và muội than có kết quả như hình 6,7,8. Phát thải NOx giảm khi lượng DME pha với diesel giảm. Còn CO và muội than thì ngược lại, khi sử dụng 100% DME, CO và muội than nhỏ nhất, đó cũng là ưu điểm nổi bật khi dùng nhiên liệu DME.



Hình 6. Phát thải NOx

Hình 7. Phát thải CO



Hình 8. Phát thải muội than

5. Kết luận

Để nghiên cứu sử dụng hỗn hợp DME và diesel ta dùng phần mềm AVL Boost mô phỏng động cơ diesel sử dụng hỗn hợp DME và diesel với tỉ lệ 0%, 25%, 50%, 75% DME về năng lượng ở cùng chế độ công suất và tốc độ động cơ. Kết quả mô phỏng cho thấy:

- Mô men trong các trường hợp sử dụng 0%, 25%, 50%, 75%, 100% DME được giữ hầu như không thay đổi, chênh lệch lớn nhất tại tốc độ động cơ 1700 vòng/phút là 4,42%.
- Suất tiêu hao nhiên liệu tăng dần theo lượng pha trộn DME.
- Áp suất lớn nhất trong xylanh của động cơ giảm khi tăng vòng quay từ 1400 vòng/phút đến 2100 vòng/phút,
- Phát thải NOx tăng dần khi tăng tỷ lệ DME. Phát thải CO và muội than nhỏ nhất khi dùng 100% DME.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Users guide- AVL Boost version 2011.1
- [2] G. D'Errico, et al. (2002). "Modeling the Pollutant Emissions from a S.I. Engine", SAE paper No. 2002-01-0006.
- [3] G. Woschni (1967). "A Universally Applicable Equation for the Instantaneous Heat Transfer Coefficient in Internal Combustion Engines". SAE paper No. 6700931.
- [4] Nguyễn Lan Hương, Lương Công Nhó, Phạm Hữu Tuyền. "Dimethyl Ether (DME)-Nhiên liệu thay thế sử dụng cho động cơ diesel". Tạp chí GTVT số tháng 9- 2012. Hà Nội 2012
- [5] Nguyễn Lan Hương, Lương Công Nhó, Phạm Hữu Tuyền. "Nghiên cứu hệ thống cung cấp nhiên liệu Dimethyl ether (DME) cho động cơ Diesel". Tạp chí GTVT số tháng 3- 2013. Hà Nội 2013
- [6] Nguyễn Lan Hương, Lương Công Nhó, Phạm Hữu Tuyền, "Nghiên cứu tính toán mô phỏng động cơ diesel sử dụng nhiên liệu Dimethyl Ether (DME)". Tạp chí khoa học công nghệ hàng hải tháng 4- 2014. Số 38. ISSN 1859-316X.
- [7] Nguyen Lan Huong, Kanit Wattanavichien, Luong Cong Nho, Pham Huu Tuyen – "Simulation study on performance and emissions of a Small Direct Injection Diesel Engine fueled by Dimethyl Ether". 5th TSME International Conference on Mechanical Engineering 2014. ISBN: 978-616-338-035-7. Thailand.