

NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG ẢNH HƯỞNG CỦA HỖN HỢP XĂNG PHA CÒN TỚI CÔNG SUẤT CỦA ĐỘNG CƠ Ô TÔ

A CASE STUDY ON IMPACT OF ETHANOL-MIXED GASOLINE ON POWER OF
AUTOMOBILE ENGINES

ThS. **Bùi Hà Phan**

Bộ môn Công nghệ Kỹ thuật ô tô, Viện Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Vinh

Email: phanbh@vinhuni.edu.vn

TÓM TẮT

Với tốc độ tăng trung bình khoảng 16% số lượng xe ô tô như hiện nay chính là nguyên nhân gây cạn kiệt nguồn nhiên liệu từ dầu mỏ, ô nhiễm môi trường. Theo báo cáo môi trường quốc gia, hoạt động giao thông đóng góp gần 85% lượng khí CO, 95% lượng VOCs trên toàn quốc và chiếm khoảng 70% nguồn gây ô nhiễm không khí ở các khu đô thị lớn. Với mức sử dụng dầu mỏ như hiện nay, số lượng dầu mỏ này chỉ còn đủ dùng trong khoảng 50-60 năm nữa nếu không phát hiện thêm những nguồn dầu mỏ mới. Bài báo này sử dụng phần mềm AVL Boost để tính toán và mô phỏng xăng RON 92 kết hợp với cồn ở các tỷ lệ khác nhau. Kết quả cho thấy, tỷ lệ Ethanol tăng dần lần lượt là E5, E10, E20, E85 làm cho hỗn hợp nhiên liệu – không khí càng nhạt, công suất động cơ giảm 1,75%, 4,06%, 9,13%, 38,71% và suất tiêu hao nhiên liệu tăng 1,79%, 4,24%, 10,1%, 63,5%, tỷ lệ Ethanol nhỏ hơn 20% thì diễn biến về khí thải theo chiều hướng có lợi. CO và HC giảm xuống, NOx tăng lên.

Từ khóa: Động cơ; Công suất; Cồn; Mô phỏng.

ABSTRACT

The current average growth rate of about 16% in the number of cars in use is the main cause to environmental pollution as well as rising fuel consumption. According to the national environmental report, traffic activities produce nearly 85% of CO emissions, 95% of VOCs nationwide and account for around 70% of air pollution sources in large urban areas. Based on the current level of oil use, this amount of mineral oil will only be enough for another 50-60 years if no new oil fields are discovered. This article uses AVL Boost software to calculate and simulate RON 92 gasoline combined with alcohol at different ratios. The results show that gradually increasing Ethanol ratio to E5, E10, E20, E85 makes the fuel-air mixture lighter, engine power decreases by 1.75%, 4.06%, 9.13%, 38.71% and fuel consumption increased by 1.79%, 4.24%, 10.1%, 63.5%, Ethanol ratio is less than 20% then the evolution of emissions will be in a favorable direction. CO and HC decrease, NOx increases.

Keywords: Engine; Power; Ethanol; Simulation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, nhu cầu sử dụng nhiên liệu và sản phẩm dầu mỏ phát triển mạnh mẽ dẫn đến phát sinh nhiều vấn đề cần được giải quyết như: Nhiên liệu ngày càng cạn kiệt, nạn ô nhiễm môi trường do khí thải động cơ, các lò đốt công nghiệp, sự nóng lên toàn cầu [3], các cơ sở sản xuất và tồn chứa sản phẩm dầu, sự tổn hao công suất, tuổi thọ động cơ. Mặt khác, như chúng ta đã biết, an ninh quốc gia, an ninh kinh tế luôn gắn liền với an ninh năng lượng. Vì thế, an ninh năng lượng luôn được đặt lên hàng đầu trong chiến lược phát triển của mỗi quốc gia. Với mức sử dụng dầu mỏ như hiện nay, số lượng dầu mỏ này chỉ còn đủ dùng trong khoảng 40-45 năm, khí thiên nhiên khoảng 60 năm, than đá khoảng 111 năm nữa nếu không phát hiện thêm những nguồn dầu mỏ mới. Chính vì thế, để giảm thiểu ô nhiễm môi trường, đảm bảo an ninh năng lượng lâu dài và phát triển bền vững, nhiều quốc gia trong vòng vài thập kỷ qua đã tập trung nghiên cứu sử dụng nhiên liệu sinh học nhằm thay thế một phần dầu khoáng, tiến tới xây dựng ngành nhiên liệu sạch ở quốc gia mình. Vì thế cần có những nghiên cứu tỷ lệ xăng pha cồn đến công suất của động cơ ô tô, từ đó khuyến khích người dùng sử dụng sản phẩm nhiên liệu sinh học để giảm thiểu ô nhiễm môi trường và tăng công suất của động cơ.

2. NHIÊN LIỆU SINH HỌC DÙNG TRONG ĐỘNG CƠ XĂNG

2.1. Giới thiệu về nhiên liệu cồn Ethanol

Ethanol còn được gọi là rượu etylic, rượu ngũ cốc hay cồn, là một hợp chất hữu cơ nằm trong dãy đồng đẳng của rượu etylic, dễ cháy, không màu, là một trong các thành phần của đồ uống chứa cồn. Trong đời sống, nó thường được gọi tắt là rượu. Công thức hóa học

C_2H_5OH , viết tắt là C_2H_6O [9].

Nguyên liệu sản xuất Ethanol thích hợp nhất là đường (mía, tinh dầu cọ), rỉ đường và cây lúa miến ngọt, tinh bột (khoai tây, các loại hạt lúa, lúa mì, ngô, đại mạch). Năng suất Ethanol trung bình dao động từ 2.100 đến 5.600 lít/ha đất trồng trọt tùy thuộc vào từng loại cây trồng. Đối với các loại hạt, năng suất Ethanol thu được vào khoảng 2.800 lít/ha, tức là khoảng 3 tấn nhiên liệu hạt sẽ thu được 1 tấn Ethanol [8].

2.2. Chỉ tiêu chất lượng của xăng pha cồn và việc sử dụng hỗn hợp nhiên liệu xăng pha cồn ở động cơ đốt trong

Để dùng làm nhiên liệu pha vào xăng, Ethanol cần đạt được các chỉ tiêu nhất định. Các chỉ tiêu Ethanol biến tính được xác định theo phương pháp ASTM 1613, ASTM D5510, ASTM E1064 [8], hoặc một loạt các TCVN.

3. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

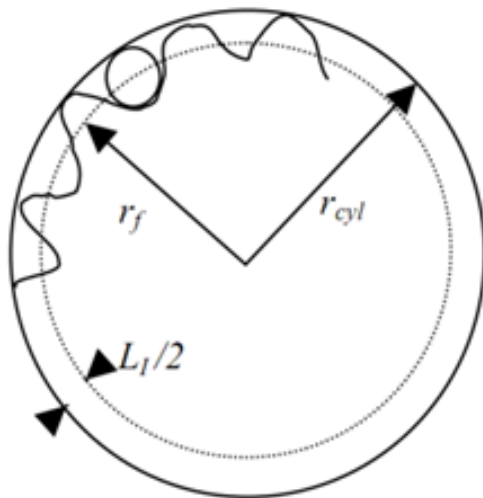
3.1. Quá trình cháy

Mô hình cháy Fractal dùng cho động cơ đánh lửa cưỡng bức, được đề cập trong AVL Boost [2], dự đoán tốc độ giải phóng nhiệt trong động cơ khí nạp đồng nhất. Do đó, ta phải xét đến ảnh hưởng của các thông số quan trọng sau:

- Hình dạng buồng cháy;
- Vị trí và thời gian đánh lửa;
- Thành phần của khí nạp (khí sót, khí xả luân hồi, bốc hơi khí và nhiên liệu);
- Chuyển động nạp và mức độ xoáy lốc.

Ảnh hưởng của quá trình cháy đến công suất, cụ thể như: kiểu buồng cháy, tốc độ cháy, sự lan truyền màng lửa [1], được xác định qua các giai đoạn cháy như sau:





Hình 1. Màng lửa lan truyền tới thành xylanh, bắt đầu của hiện tượng cháy sát vách

Tốc độ cháy của khối lượng nhiên liệu:

$$\frac{dm_b}{dt} = \rho_u \cdot A_T \cdot S_L = \rho_u \left\{ \frac{A_T}{S_L} \right\} \cdot A_T S_L \quad (1-1)$$

Quá trình cháy xoáy lốc:

$$\frac{dm_b}{dt} = \rho_u \cdot A_T \cdot S_L = \rho_u \left\{ \frac{A_T}{A_L} \right\} \cdot A_L S_L \quad (1-2)$$

$$\frac{S_T}{S_L} = \frac{A_T}{A_L} \quad (1-3)$$

Tốc độ cháy sát vách có thể được miêu tả đơn giản bằng sự suy giảm theo hàm mũ.

$$\left\{ \frac{dm_m}{dt} \right\}_{wall-combustion} = \frac{m-m_b}{\tau} \quad (1-4)$$

Tốc độ cháy tổng thể có thể rút ra như một giá trị trung bình của hai tốc độ cháy.

$$\left(\frac{dm_b}{dt} \right)_{overall} = (1-w_2) \left(\frac{dm_b}{dt} \right)_{fractals} + w_2 \left(\frac{dm_b}{dt} \right)_{wall-combustion} \quad (1-5)$$

Sự chuyển tiếp giữa 3 mô hình cháy dần dần bắt đầu khi trải qua khoảng thời gian chuyển tiếp t_{tr} , xác định tia lửa đầu tiên tới thành xylanh:

$$r_f = \frac{(m-m_b)_v}{(\rho_u A_T S_L)_v} \quad (1-6)$$

3.2. Quá trình truyền nhiệt

Quá trình áp suất cao:

Định luật nhiệt động học 1 cho hệ thống kín như sau (giả định mô hình 1 chiều đơn giản hóa), thể hiện mối quan hệ giữa sự biến thiên của nội năng (hay enthalpy) với sự biến thiên của nhiệt và công [1].

$$\frac{d(m_{cyl} u)}{d\alpha} = -p_{cyl} \frac{dV}{d\alpha} + \frac{dQ_F}{d\alpha} - \sum \frac{dQ_W}{d\alpha} - h_{BB} \frac{dm_{BB}}{d\alpha} \quad (1-7)$$

Đối với quá trình trao đổi khí:

Quá trình này phải đưa vào lưu lượng khối lượng khí, ra trong phương trình định luật nhiệt động học [1].

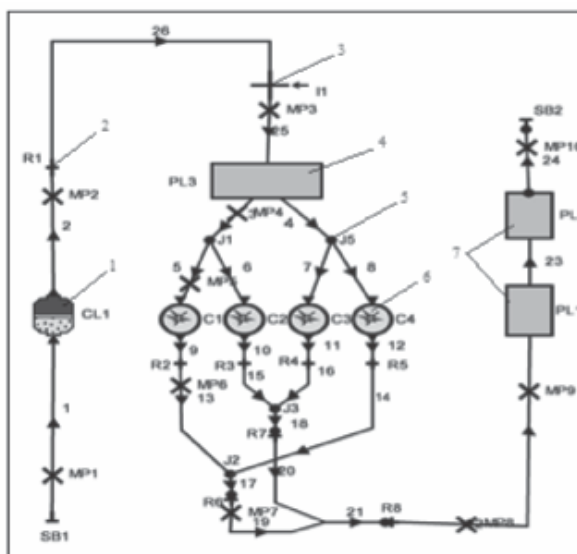
$$\frac{d(m_{cyl} u)}{d\alpha} = -p_{cyl} \frac{dV}{d\alpha} - \sum \frac{dQ_W}{d\alpha} - \sum \frac{dm_{in}}{d\alpha} h_{in} - \sum \frac{dm_{out}}{d\alpha} h_{out} \quad (1-8)$$

4. QUY TRÌNH VÀ KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

4.1. Quy trình mô phỏng động cơ sử dụng hỗn hợp xăng pha cồn

4.1.1. Quy trình mô phỏng

Dựa trên động cơ thực tế, từ những phần tử có sẵn trong AVL Boost, các thông số kỹ thuật được xây dựng cho động cơ Toyota – 5A:



Hình 2. Mô hình mô phỏng

1. Lọc khí; 2. Phần tử cản dòng; 3. Bộ chế hoà khí; 4. Bình ổn áp;
5. Phần tử nối; 6. Xilanh; 7. Bình tiêu âm

4.1.2. Chạy mô hình

Giữ nguyên lượng nhiên liệu và góc đánh lửa sớm của động cơ. Chạy mô phỏng mô hình đưa ra kết quả so sánh về công suất động cơ khi thay đổi tỷ lệ Ethanol trong nhiên liệu [4].

Bảng 1. Giữ nguyên lượng nhiên liệu và góc đánh lửa sớm, thay đổi tỷ lệ ethanol

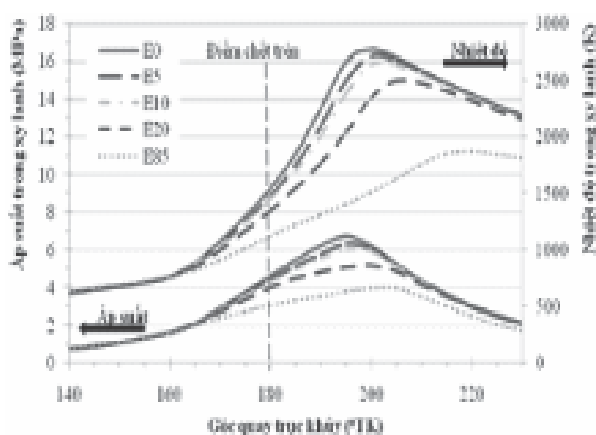
STT	Tốc độ (v/p)	Nhiên liệu (g/s)	Góc đánh lửa sớm (°TK)	Loại nhiên liệu
1	1500	1,34	-14	E0, E5, E10, E20, E85
2	2000	1,76	-17	E0, E5, E10, E20, E85
3	2500	2,26	-21	E0, E5, E10, E20, E85
4	3000	2,6	-25	E0, E5, E10, E20, E85
5	3500	3,12	-26	E0, E5, E10, E20, E85
6	4000	3,58	-29	E0, E5, E10, E20, E85
7	4500	3,9	-33	E0, E5, E10, E20, E85
8	4800	4,05	-34	E0, E5, E10, E20, E85



4.2. Kết quả mô phỏng

4.2.1. Đặc tính của quá trình cháy

Hình 3 so sánh diễn biến của áp suất và nhiệt độ trong xylanh động cơ khi sử dụng 5 loại nhiên liệu ở 7500 v/p từ 40° trước điểm chết trên (ĐCT) đến 50° sau ĐCT.

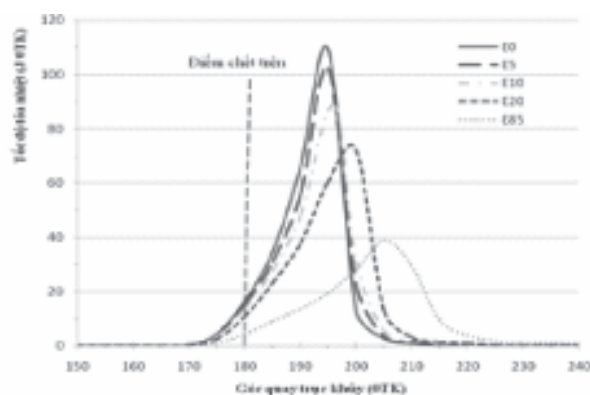


Hình 3. Diễn biến áp suất, nhiệt độ trong xylanh của động cơ tại 4800 v/p, 100% tải

Từ đồ thị, thời gian cháy trễ giảm, tăng tỷ lệ Ethanol trong khi thời gian cháy nhanh lại có chiều hướng tăng lên. Bởi vì trong Ethanol có 1 nguyên tử oxy nên thuận tiện hơn cho quá trình cháy chậm ở nhiệt độ cao và dịch chuyển màng lửa, tốc độ cháy của hỗn hợp Ethanol – không khí cao hơn của hỗn hợp xăng – không khí, dẫn đến quá trình cháy trễ diễn ra nhanh hơn. Do λ tăng lên khi giữ nguyên lượng nhiên liệu, thì ta có với những giá trị $\lambda > 0,9$ thì tốc độ lan tràn màng lửa giảm đi khi tăng λ . Vì vậy, thời gian cháy nhanh kéo dài hơn, nên khi động cơ sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn, ta sẽ thấy xe chạy êm hơn do tốc độ tăng áp suất nhỏ nên khả năng chống kích nổ cũng được cải thiện.

Trong hình 3, ta cũng thấy rằng, giá trị của nhiệt độ trong xylanh theo góc quay trục khuỷu đạt cực đại sau thời điểm kết thúc quá

trình cháy nhanh (áp suất đạt cực đại) vì do còn có hiện tượng cháy rớt trong quá trình giãn nở, mặc dù không đủ khả năng sinh công thấp do piston đã qua điểm chết trên nhưng lại gia nhiệt cho các vùng đã cháy khác nên sau đó nhiệt độ mới đạt cực đại.



Hình 4. Tốc độ tỏa nhiệt của động cơ sử dụng các loại nhiên liệu ở 4800 v/p, 100% tải

Lượng nhiên liệu cấp cho 1 chu trình không đổi, nhiệt trị thấp và tốc độ cháy của hỗn hợp xăng – Ethanol thấp hơn so với xăng, vì thế tốc độ tỏa nhiệt của động cơ sử dụng hỗn hợp nhiên liệu xăng pha cồn là nhỏ hơn so với động cơ sử dụng xăng. Và khi càng tăng tỷ lệ Ethanol trong nhiên liệu thì tốc độ tỏa nhiệt càng giảm.

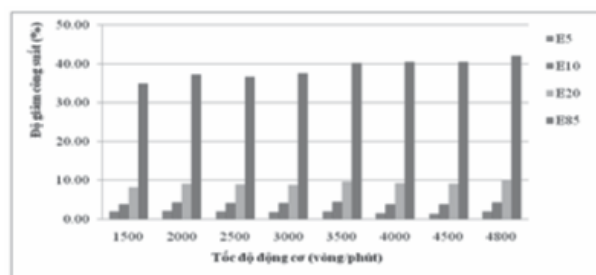
4.2.2. Đặc tính công suất động cơ

Khi giữ nguyên nhiên liệu, do nhiệt trị của Ethanol thấp hơn xăng nên công suất động cơ sẽ giảm. Với một tốc độ không đổi, lượng nhiên liệu cung cấp không đổi thì lượng không khí đi vào xylanh cũng không thay đổi. Trong khi đó, lượng không khí lý thuyết để đốt cháy hoàn toàn 1 kg nhiên liệu của Ethanol ít hơn xăng [2], vì vậy hỗn hợp nhiên liệu càng nhạt đi khi tăng tỷ lệ Ethanol trong nhiên liệu. Điều này cũng khiến cho công suất của động cơ giảm đi. Ngoài ra, do thời gian cháy trễ giảm khi tăng tỷ lệ Ethanol trong nhiên liệu, dẫn đến có hiện

tượng vừa cháy vừa nén, nên sẽ tổn nhiều công hơn, vì vậy cũng làm giảm đi công suất của động cơ. Bảng 2 thể hiện giá trị công suất của động cơ khi giữ nguyên lượng nhiên liệu khi chạy các loại nhiên liệu ở dải tốc độ tính toán.

Bảng 2. Công suất động cơ khi chạy các loại nhiên liệu khác nhau (kW)

Nhiên liệu Tốc độ	E0	E5	E10	E20	E85
1500	19,67	19,31	18,91	18,06	12,79
2000	26,38	25,85	25,25	23,99	16,56
2500	34,36	33,70	32,94	31,32	21,74
3000	39,00	38,34	37,43	35,37	24,36
3500	46,65	45,73	44,61	42,15	27,92
4000	52,52	51,78	50,50	47,65	31,27
4500	56,59	55,88	54,48	51,42	33,67
4800	58,20	57,10	55,73	52,31	33,72



Hình 5. Thay đổi công suất động cơ ở 100% tải khi sử dụng xăng pha cồn so với xăng RON92 (E0)

Hình 5 đã cho thấy được độ giảm công suất tương đối của động cơ khi chạy nhiên liệu xăng pha cồn với các tỷ lệ khác nhau ở dải tốc độ tính toán so với khi chạy xăng E0. Khi sử dụng nhiên liệu E5, E10, E20, E85 thì công suất giảm lần lượt là 1,75%, 4,06%, 9,13% và 38,71%. Khi sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn ở tỷ lệ 10-20% thì không cần thiết phải chỉnh

sửa kết cấu động cơ [5], công suất chỉ giảm đi có 9,13% khi toàn tải. CO và HC giảm xuống, NOx tăng lên [7].

5. KẾT LUẬN

Cùng một lượng nhiên liệu cung cấp thì khi ta sử dụng hỗn hợp xăng pha cồn có tỷ lệ Ethanol tăng dần lần lượt là E5, E10, E20, E85 làm cho hỗn hợp nhiên liệu – không khí càng nhạt, công suất động cơ giảm 1,75%, 4,06%, 9,13%, 38,71% và suất tiêu hao nhiên liệu tăng 1,79%, 4,24%, 10,1%, 63,5%. Vì vậy, khi sử dụng các loại nhiên liệu có tỷ lệ Ethanol nhỏ hơn 20% thể tích thì không cần thiết phải chỉnh sửa động cơ mà vẫn đảm bảo được khả năng vận hành của động cơ [6], đồng thời động cơ làm việc êm hơn do tốc độ tăng áp suất giảm. 

Trong khi đó, cũng với hỗn hợp nhiên liệu có tỷ lệ Ethanol nhỏ hơn 20% thì diễn biến về khí thải theo chiều hướng có lợi. CO và HC giảm xuống, NOx tăng lên.

Kết quả nghiên cứu là tiền đề cho cho việc sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn với các tỷ lệ Ethanol cao hơn cho động cơ xăng đời cũ (sử dụng bộ chế hoà khí). ❖

Ngày nhận bài: **18/11/2024**

Ngày phản biện: **17/12/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Phạm Minh Tuấn, “*Lý thuyết động cơ đốt trong*”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2008.
- [2]. AVL-List GmbH, “*BOOST v.2009 Theory*”. Hans-List-Platz 1, A-8020 Graz, Austria, 2020.
- [3]. Kesse DG., “*Global warming-facts, assessment, counter-measures*”. J Pet Sci Eng 2000; 26:157-68.
- [4]. Le Anh Tuan. et.al. (2011), “*Investigation of motorcycle engine’s characteristics fueled with ethanol-gasoline blends*”. 4th AUN/SEED-Net Regional Conference on New/Renewable Energy, HCM city, Vietnam.
- [5]. The Royal Society, “*Sustainable biofuels: Prospects and challenges*”, UK, 2008.
- [6]. Chinda Charoenphonphanich, “*E20 fuel impacts on existing vehicles in Thailand*”. APAC 15, Vietnam, 2009.
- [7]. Lavoie G, Blumberg P.N., “*A fundamental Model for Predicting Consumption, NOx, and HC Emissions of the Conventional Spark-Ignition Engines*”. Combustion Science and Technology, Vol. 21, pp 225-258, 1980.
- [8]. <http://www.tradingeconomics.com/commodity/ethanol>
- [9]. <http://www.americanprocess.com/Vision.aspx>