

NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG ĐÁNH GIÁ CÁC THÀNH PHẦN PHÁT THẢI CỦA ĐỘNG CƠ NHIÊN LIỆU KÉP DIESEL/LPG VỚI CÁC TỈ LỆ LPG KHÁC NHAU

SIMULATION STUDY ON EVALUATION OF EMISSION COMPONENTS OF DIESEL/LPG DUAL-FUEL ENGINE WITH DIFFERENT LPG RATIO

Dương Hải Nam

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

Email: dhnam@uneti.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu tính toán mô phỏng các thành phần phát thải của động cơ nhiên liệu kép diesel/LPG với các tỉ lệ LPG khác nhau trên động cơ diesel 01 xilanh. Quá trình nghiên cứu được tiến hành với động cơ sử dụng thuần nhiên liệu diesel và động cơ làm việc với các tỉ lệ pha trộn LPG vào nhiên liệu diesel. Kết quả tính toán cho thấy động cơ sử dụng nhiên liệu kép diesel/LPG với các tỉ lệ LPG 10%, 20%, 30%, 40% và 50% (giữ nguyên tổng lượng LPG+diesel) thì phát thải HC trung bình tăng 200%-300%; phát thải CO trung bình giảm tương ứng là 34,03%, 41,41%, 46,04%, 55,03% và 56,98%; Soot trung bình giảm tương ứng là 9,56%, 31,53%, 35,20%, 51,74% và 57,28%. Tuy nhiên, NOx lại tăng trung bình tương ứng là 24,88%, 38,51%, 48,69%, 70,77% và 84,01%. Nghiên cứu này góp phần làm tài liệu tham khảo cho những nghiên cứu thực nghiệm về sử dụng tỉ lệ LPG trên động cơ đốt trong.

Từ khóa: Nhiên liệu kép diesel/LPG; Phát thải; AVL-Boost.

ABSTRACT

This paper presents the results of a study on the simulation of emission components of a diesel/LPG dual-fuel engine with different LPG ratios on a 1-cylinder diesel engine. The study was conducted with an engine that uses pure diesel fuel and an engine that operates with different LPG-diesel blending ratios. The calculation results show that the diesel/LPG dual-fuel engine with LPG ratios of 10%, 20%, 30%, 40% and 50% (keeping the total amount of LPG+diesel constant) has an average HC emission increase of 200%-300%; average CO emission decreases by 34.03%, 41.41%, 46.04%, 55.03% and 56.98%, respectively; The average SOOT decreased by 9.56%, 31.53%, 35.20%, 51.74% and 57.28%, respectively. However, the average NOx increased by 24.88%, 38.51%, 48.69%, 70.77% and 84.01%, respectively. This study contributes as a reference for experimental studies on the use of LPG ratio on internal combustion engines.

Keywords: Dual-fuel diesel/LPG; Emissions; AVL-Boost.



1. GIỚI THIỆU CHUNG

Việc sử dụng nhiên liệu sạch được coi là một trong những giải pháp để giải quyết vấn đề ô nhiễm môi trường và góp phần giảm sự phụ thuộc vào nguồn nhiên liệu truyền thống như xăng và dầu diesel đang cạn kiệt và ngày càng đắt đỏ [1, 2]. Mặt khác, để khắc phục các nhược điểm khi sử dụng lượng nhiên liệu LPG/Diesel như tỷ lệ LPG thay thế thấp, kích nổ, khó điều khiển lượng LPG cung cấp... [3, 4] cần nghiên cứu sâu ảnh hưởng của lượng nhiên liệu LPG/diesel đến tính năng kinh tế, kỹ thuật và phát thải của động cơ, đặc biệt là ảnh hưởng của tỷ lệ LPG thay thế đến phát thải của động cơ, từ đó xác định được tỷ lệ LPG tối ưu. Do đó, bài báo này nghiên cứu tính toán các thành phần phát thải của động cơ nhiên liệu kép diesel/LPG với các tỉ lệ LPG khác nhau bằng phần mềm AVL - Boost trên động cơ diesel một xilanh.

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 này lựa chọn phần mềm AVL - Boost mô phỏng động cơ diesel 1 xilanh. Quá trình nghiên cứu mô phỏng được tiến hành với động cơ thuần nhiên liệu diesel và động cơ nhiên liệu kép diesel/LPG với tỉ lệ pha trộn LPG 10%, 20%, 30%, 40% và 50% trong hỗn hợp diesel/LPG.

Tác giả đi so sánh kết quả về các thành phần phát thải của động cơ sử dụng nhiên liệu kép diesel/LPG ở các tỉ lệ trên và động cơ thuần diesel để phân tích, khuyến nghị cho những nghiên cứu tiếp theo về việc sử dụng tỉ lệ LPG trên động cơ đốt trong.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Các thông số kỹ thuật của động cơ

Động cơ nghiên cứu là loại động cơ diesel được thiết kế chuyên để nghiên cứu về thực nghiệm động cơ đốt trong [5]. Thông số kỹ thuật của động cơ này được trình bày trong bảng 1.

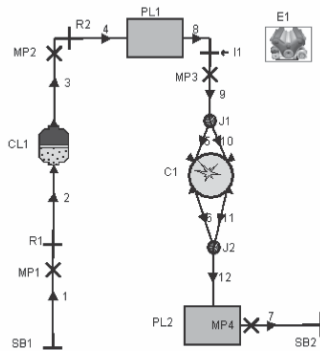
Bảng 1. Thông số cơ bản của động cơ

Thông số	Giá trị	Đơn vị
Hành trình piston	95	mm
Đường kính xylanh	80	mm
Số xylanh	1	-
Thể tích công tác	510,7	cm ³
Công suất định mức ở tốc độ $n = 3200$ v/ph	9	Kw
Mô men cực đại ở $n = 2000$ v/ph	31,4	Nm
Tỷ số nén	17,3	-

3.2. Xây dựng mô hình mô phỏng

3.2.1. Mô hình động cơ

Dựa vào kết cấu của động cơ 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 [6].



Hình 1. Mô hình mô phỏng động cơ một xilanh

Bảng 2. Bảng so sánh mô men động cơ giữa mô phỏng và thực nghiệm khi sử dụng lượng nhiên liệu LPG/diesel ở các tỷ lệ LPG khác nhau

STT	Tốc độ vg/ph	Diesel		LPG 20%			LPG 30%			LPG 40%		
		Me (Nm) MP	Me TN	Me MP	Me TN	So sánh %	Me MP	Me TN	So sánh %	Me MP	Me TN	So sánh %
1	1000	27.85	27.37	27.75	27.33	1.54	27.52	26.90	2.30	27.32	27.40	-0.29
2	1200	29.03	28.35	28.89	28.50	1.37	28.62	28.30	1.13	28.52	28.20	1.13
3	1400	30.20	29.07	30.16	29.17	3.39	30.36	28.97	4.80	29.65	29.00	2.24
4	1600	31.36	30.10	31.28	30.07	4.02	31.34	29.93	4.71	31.08	29.57	5.11
5	1800	31.92	30.77	31.26	31.2	0.19	32.21	30.97	4.00	31.62	30.9	2.33
6	2000	32.27	31.40	31.34	31.37	-0.10	32.09	31.93	0.50	31.81	31.6	0.66
7	2400	30.20	29.63	29.63	29.90	-0.90	30.47	29.97	1.67	29.75	29.27	1.64
8	2800	28.68	27.37	28.56	27.33	4.50	28.88	27.53	4.90	29.03	26.97	7.64
9	3000	28.08	27.03	28.10	26.90	4.46	28.24	27.93	1.11	27.68	26.8	3.28
Trung bình						2.05			2.79			2.64



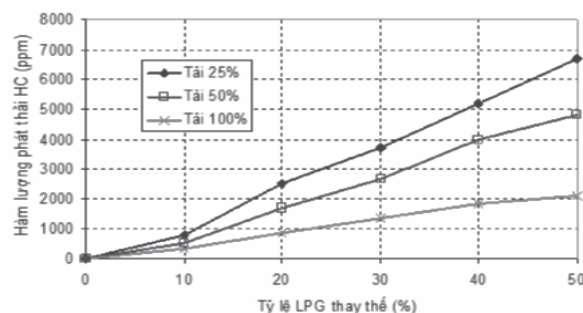
Bảng 3. So sánh lượng nhiên liệu tiêu thụ khi sử dụng lượng nhiên liệu ở các tỷ lệ LPG khác nhau

STT	Tốc độ	BH Diesel	LPG 10%		LPG 20%		LPG 30%		LPG 40%		LPG 50%	
			BH Dual	So sánh	BH Dual	So sánh	BH Dual	So sánh	BH Dual	So sánh	BH Dual	So sánh
	(v/g/ph)	(Kg/h)	(Kg/h)	(%)	(Kg/h)	(%)	(Kg/h)	(%)	(Kg/h)	(%)	(Kg/h)	(%)
1	1000	0.757	0.825	9.02	0.894	18.04	0.962	27.07	1.030	36.09	1.153	52.25
2	1200	0.935	1.000	6.94	1.061	13.50	1.112	18.90	1.173	25.45	1.260	34.71
3	1400	1.200	1.206	0.50	1.212	1.00	1.279	6.60	1.296	8.00	1.392	16.00
4	1600	1.377	1.391	0.98	1.408	2.22	1.450	5.29	1.474	7.06	1.553	12.75
5	1800	1.540	1.548	0.52	1.545	0.34	1.618	5.06	1.608	4.42	1.634	6.10
6	2000	1.727	1.716	-0.62	1.688	-2.28	1.731	0.23	1.720	-0.39	1.728	0.03
7	2400	1.927	1.900	-1.41	1.855	-3.75	1.871	-2.91	1.804	-6.37	1.792	-7.03
8	2800	2.160	2.102	-2.67	2.034	-5.83	1.994	-7.67	1.944	-10.00	1.890	-12.50
9	3000	2.273	2.197	-3.35	2.124	-6.54	2.059	-9.41	1.958	-13.87	1.929	-15.16
Trung bình				1.10		1.86		4.80		5.60		9.68

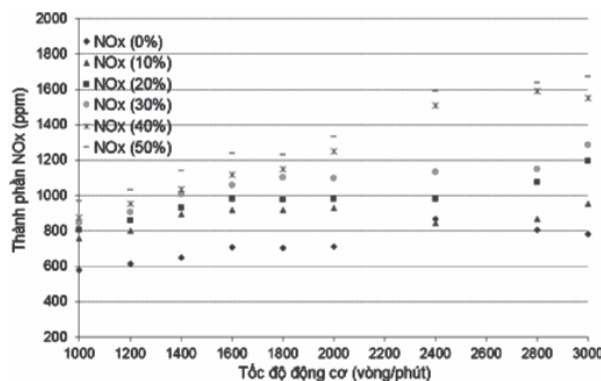
3.3. Kết quả mô phỏng

Phát thải HC (hình 2): Mô hình tạo thành HC được tính toán mô phỏng ở tốc độ định mức $n = 3000$ v/p với các chế độ tải 25%, 50%, và 100% tải định mức. Khi tăng tỷ lệ LPG thay thế, hàm lượng phát thải HC đều tăng. Ở chế độ tải càng nhỏ thì hàm lượng HC càng tăng mạnh khi tăng tỷ lệ LPG thay thế.

Phát thải NO_x (hình 3): Khi càng tăng tỷ lệ LPG thay thế thì nồng độ phát thải NO_x càng có xu hướng tăng, với tỷ lệ LPG 10% thì nồng độ NO_x trung bình tăng 24,88%, khi tỷ lệ LPG 20%, 30%, 40% và 50% thì nồng độ trung bình của NO_x tăng tương ứng là 38,51%, 48,69%, 70,77% và 84,01%.

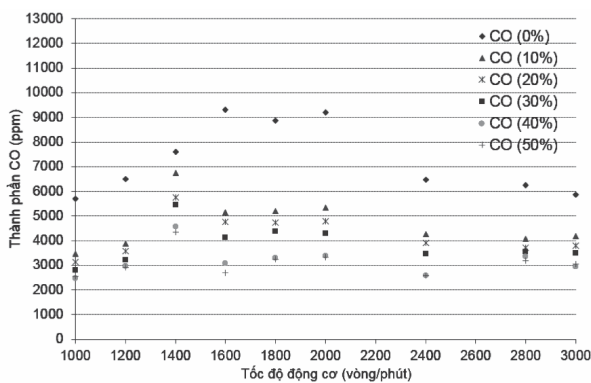


Hình 2. Kết quả mô phỏng phát thải HC ở các chế độ tải và tỷ lệ LPG thay thế khác nhau

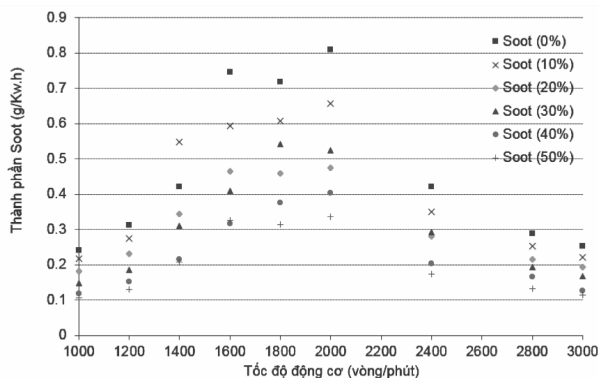


Hình 3. Kết quả mô phỏng phát thải NO_x theo tốc độ động cơ ở các tỷ lệ LPG khác

Phát thải CO (hình 4): Khi tăng tỷ lệ LPG thì nồng độ phát thải CO giảm so với trường hợp đơn nhiên liệu ở mọi chế độ thử nghiệm. Xét trung bình, với tỷ lệ LPG thay thế 10%, 20%, 30%, 40%, 50% thì nồng độ CO trung bình giảm tương ứng là 34,03%, 41,41%, 46,04%, 55,03% và 56,98%. CO được tạo ra trong vùng cháy của nhiên liệu diesel; ở chế độ toàn tải, nhiệt độ của khí cháy cao nên khi tăng tỷ lệ LPG thì quá trình cháy càng mạnh, nhiệt độ tăng cao giúp ôxy hóa nhanh CO.



Hình 4. Kết quả mô phỏng phát thải CO theo tốc độ động cơ ở các tỷ lệ LPG khác nhau



Hình 5. Kết quả mô phỏng phát thải Soot theo tốc độ động cơ ở các tỷ lệ LPG khác nhau

Phát thải Soot (hình 5): Có thể thấy khi tăng tỷ lệ LPG thì phát thải Soot giảm so với trường hợp đơn nhiên liệu ở mọi chế độ thử nghiệm, với tỷ lệ LPG 10%, 20%, 30%, 40%, 50% thì Soot trung bình giảm tương ứng là

9,56%, 31,53%, 35,20%, 51,74% và 57,28%.

Do LPG được hòa trộn với không khí trên đường ống nạp nên hỗn hợp khí nạp vào xilanh đồng nhất hơn so với khi chỉ sử dụng nhiên liệu diesel, Soot của khí thải do đó giảm.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu trên khi thay thế diesel bằng LPG với các tỉ lệ 10%, 20%, 30%, 40% và 50% (giữ nguyên tổng lượng LPG+diesel) thì phát thải CO, Soot giảm khi tăng tỉ lệ LPG thay thế diesel. Tuy nhiên, HC, NO_x lại tăng khi tăng tỉ lệ LPG thay thế diesel.

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

Ngày nhận bài: 12/02/2025

Ngày phản biện: 24/02/2025

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]. Nguyễn Tường Vi (2011), “*Nghiên cứu sử dụng lượng nhiên liệu LPG/diesel trên động cơ diesel*”. Tạp chí Giao thông Vận tải, số 1+2/2011, ISSN 0866-7012.
- [3]. Blackmer Dover Company (2008), “*Liquidified gas handbook*”. Bulletin 500-01.
- [4]. Nguyễn Quang Vinh, “*Nghiên cứu sử dụng khí hóa lỏng cho xe buýt vì mục đích bảo vệ môi trường*”. Công ty Cơ khí Ngô Gia Tự, 2008.
- [5]. AVL GmbH (2011), “*Singer cylinder research engine 5402*”. Austria.
- [6]. AVL-BOOST, “*Theory AVL-BOOST*”. AVL-BOOST, 2011.