

Mô phỏng nâng cao tính năng làm việc cho động cơ diesel 1 xi-lanh bằng thiết kế cải tiến họng nạp

- Võ Danh Toàn
- Huỳnh Thanh Công

PTN Trọng điểm ĐHQG-HCM Động cơ đốt trong, Trường ĐH Bách Khoa, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 13 tháng 7 năm 2015, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 16 tháng 10 năm 2015)

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày nghiên cứu cải tiến họng nạp cho động cơ diesel 1 xi-lanh RV165-2 nhằm tăng hiệu suất nạp và nâng cao tính năng làm việc thông qua mô hình hóa và mô phỏng trên phần mềm chuyên dụng AVL BOOST. Các phương án cải tiến được đề xuất và đánh giá so với mô hình họng nạp hiện hữu. Điều kiện mô phỏng ban đầu được dựa trên kết cấu của động cơ và

thông số điều kiện vận hành từ thực nghiệm. Các thông số về đặc tính công suất, sự cháy và khí thải được lựa chọn làm tiêu chuẩn đánh giá. Kết quả nghiên cứu thể hiện rằng, bằng phương án cải tiến họng nạp đã tăng hiệu suất nạp, khả năng hòa trộn hỗn hợp nhiên liệu và không khí, giúp quá trình cháy tốt hơn, tăng công suất động cơ, giảm suất tiêu hao nhiên liệu và khí thải.

Từ khóa: hiệu suất nạp, họng nạp, động cơ diesel, mô phỏng, AVL BOOST.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Hiện nay, nhu cầu sử dụng động cơ cỡ nhỏ có công suất tương đối dùng trong nông nghiệp Việt Nam là rất lớn. Các công ty sản xuất động cơ trong nước đã cho ra nhiều loại động cơ thể hệ mới có công suất mạnh, nhỏ gọn, hiện đại, kiểu dáng đẹp nhằm cạnh tranh với các công ty nước ngoài. Bên cạnh đó, những nghiên cứu trong những năm gần đây cũng đã tập trung cải tiến, ứng dụng nhiều phương pháp [1, 2, 3] nhằm tối ưu đặc tính động cơ như nâng cao hiệu suất, công suất để đáp ứng được những yêu cầu đặt ra của người sử dụng. Trong đó, loại động cơ diesel 1 xi-lanh RV165-2 với công suất 16,5 mã lực được đưa ra thị trường và được người sử dụng đánh giá cao. Các thông số kỹ thuật như sau:

Bảng 1. Thông số kỹ thuật động cơ RV165-2

Đường kính xi-lanh (mm)	105
Hành trình piston (mm)	97
Thể tích xi-lanh (cm ³)	839
Công suất tối đa (HP/v/ph)	16,5/2400
Moment cực đại	4,9/1800
Tỉ số nén	20
Suất tiêu thụ nhiên liệu (g/HP/h)	175

Tuy nhiên, do những hạn chế về khả năng công nghệ tại Việt Nam hiện nay, qua quá trình sử dụng nhận thấy động cơ có hiệu suất nạp chưa cao, dẫn đến chưa đạt được những tính năng tốt nhất, mức tiêu hao nhiên liệu cao.

Có nhiều phương án cải tiến cho động cơ như:

- Thay đổi tỉ số nén
- Thay đổi hành trình piston
- Tối ưu hợng nạp

Trong đó, phương án tối ưu hợng nạp tăng được hiệu suất nạp, nhiên liệu cháy sạch hơn, tăng công suất và giảm suất tiêu hao nhiên liệu [4]. Đã có những nghiên cứu trước đây sử dụng phương pháp mô phỏng [5, 6, 7] tương đối đơn giản, tính khả thi trong nghiên cứu và tiết kiệm chi phí.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Hiệu suất nạp

2.1.1. Ảnh hưởng của hiệu suất nạp đến công suất

Công thức tính công suất có ích [8] :

$$N_e = \rho_a \cdot V_h \cdot Q_H \cdot F \cdot \eta_v \cdot \eta_c \cdot \eta_m \cdot i \cdot \frac{n}{\tau / 2} \quad (1)$$

Trong đó: ρ_a : mật độ không khí nạp (kg/m^3). V_h : thể tích công tác. Q_H : nhiệt trị thấp của nhiên liệu (kJ/kgNL). $F = m_f / m_a$. η_v : hiệu suất nạp. η_c : hiệu suất của sự cháy nhiên liệu. η_m : hiệu suất cơ giới. i : số xi-lanh. n : tốc độ động cơ. τ : số kỳ.

Từ phương trình trên, có thể thấy rằng có nhiều phương pháp tăng công suất động cơ và tăng hiệu suất nạp là một trong những phương pháp đó.

Hiệu suất nạp động cơ có i xi-lanh trong một đơn vị thời gian ứng với công suất N_e trong 1 giây:

$$\eta_v = \frac{G_{ctr}}{2 \cdot V_h \cdot \rho \cdot n \cdot i} \quad (2)$$

Lượng khí mới nạp vào mỗi chu trình có ảnh hưởng rất lớn đến hiệu suất nạp và được quyết định bởi nhiều yếu tố khác nhau:

- Tổn thất khí động học của hệ thống nạp làm giảm áp suất nạp p_a đi một lượng Δp_a .
- Sự tổn động khí sót trong xi-lanh
- Sự sấy nóng khí nạp bởi bề mặt thành vách của hệ thống nạp và không gian trong xi-lanh.

2.1.2. Ảnh hưởng của hình dạng hợng nạp đến dòng khí nạp vào động cơ

2.1.2.1. Hệ số lưu lượng

Hệ số lưu lượng là tỷ số giữa lưu lượng thực tế đo ở điều kiện tiêu chuẩn với lưu lượng lý thuyết:

$$\alpha_k = m_u / m_t \quad (3)$$

$$m_t = V \cdot P_u / (R \cdot T_u) \quad (4)$$

$$m_u = A \rho_s C_s \quad (5)$$

$$\text{Diện tích piston: } A = \pi D^2 / 4 \quad (6)$$

Công thức tính mật độ:

$$\rho_s = \frac{P_1}{R \cdot T_u} \left[\frac{P_2}{P_1} \right]^{\frac{1}{k}} \quad (7)$$

Vận tốc dòng khí:

$$C_s = \sqrt{\frac{2k}{k-1} \cdot R \cdot T_u \cdot \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} \quad (8)$$

$$P_1 = 101325 \text{ N/m}^2, P_2 = P_1 - \Delta P$$

2.1.2.2. Độ xoáy

Tăng độ xoáy trong buồng cháy làm đẩy nhanh quá trình hòa trộn hỗn hợp, giảm bồ hóng và giảm tiêu hao nhiên liệu. Tuy nhiên, tăng độ xoáy cũng làm tăng sự phân bố đều của nhiên liệu, làm tăng nhiệt độ buồng cháy và lượng khí thải NOx.

2.2. Quá trình thực hiện

Trong nghiên cứu này, sáu kiểu hợng nạp cải tiến được đề xuất và tiến hành mô phỏng cùng với phương án hợng nạp hiện hữu.

Phương án 1: hợng nạp hiện hữu

Phương án 2: tăng độ cong

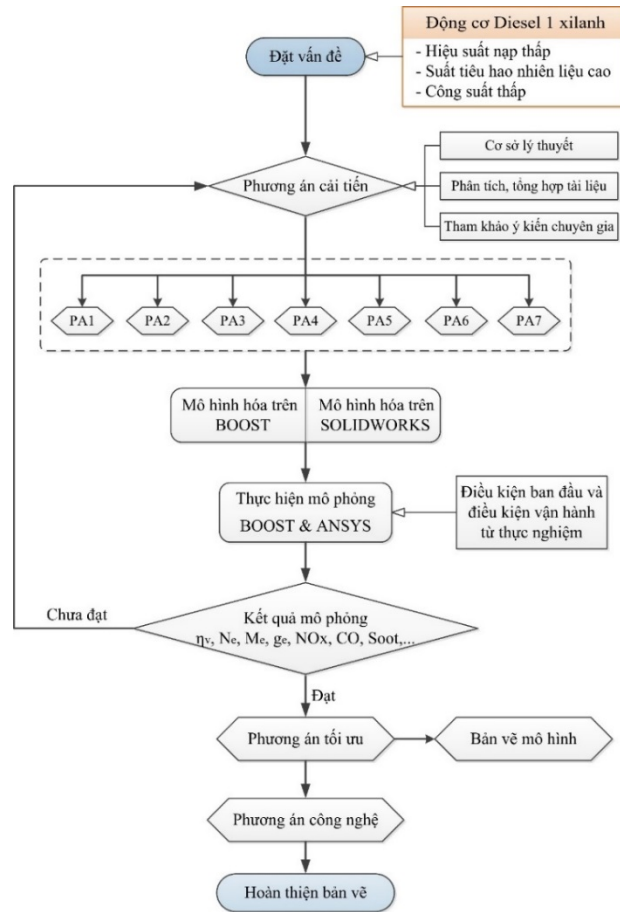
Phương án 3: tăng chiều dài

Phương án 4: tăng đường kính

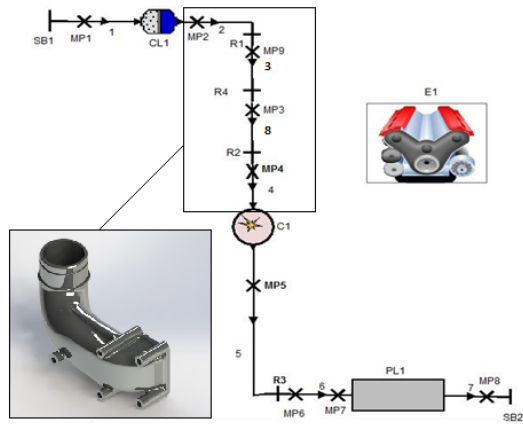
Phương án 5: tăng độ cong, chiều dài, đường kính

Phương án 6: hợng nạp có 2 đường vào (hình 3), góc giữa 2 ống 8 và ống 11 là 60°

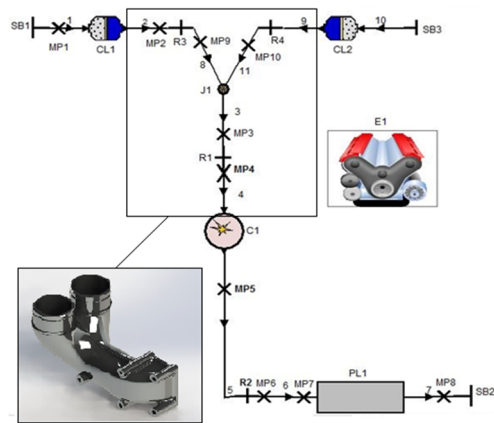
Phương án 7: thêm đường cấp khí phụ (hình 4)



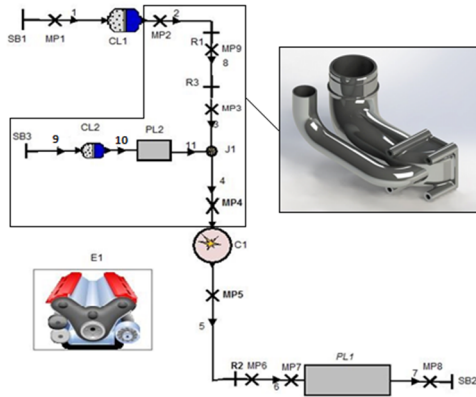
Hình 1. Sơ đồ quá trình thực hiện nghiên cứu



Hình 2. Mô hình Boost phương án 1,2,3,4,5



Hình 3. Mô hình Boost phương án 6



Hình 4. Mô hình Boost phương án 7

Bảng 2. Thông số đường ống (L: chiều dài, R: độ cong, D: đường kính, đơn vị mm) ở hình 2, 3, 4

Phương án	Ống 3			Ống 8			
	L	R	D	L	R	D	
1	63	40	49	71	70	49	
				78.5	32	44	
				129	32	44	
2	135	90	49	25.5	70	49	
				33	32	44	
				83	32	44	
3	62	40	49	81	70	49	
				89	32	44	
				139	32	44	
4	0	40	60	71	70	54	
	63			54	78.5	32	49
					129	32	49
5	0	90	60	41	70	54	
	135			54	48	32	49
					98	32	49
6	94		49	47	70	49	
				54.5	32	44	
				105	32	44	

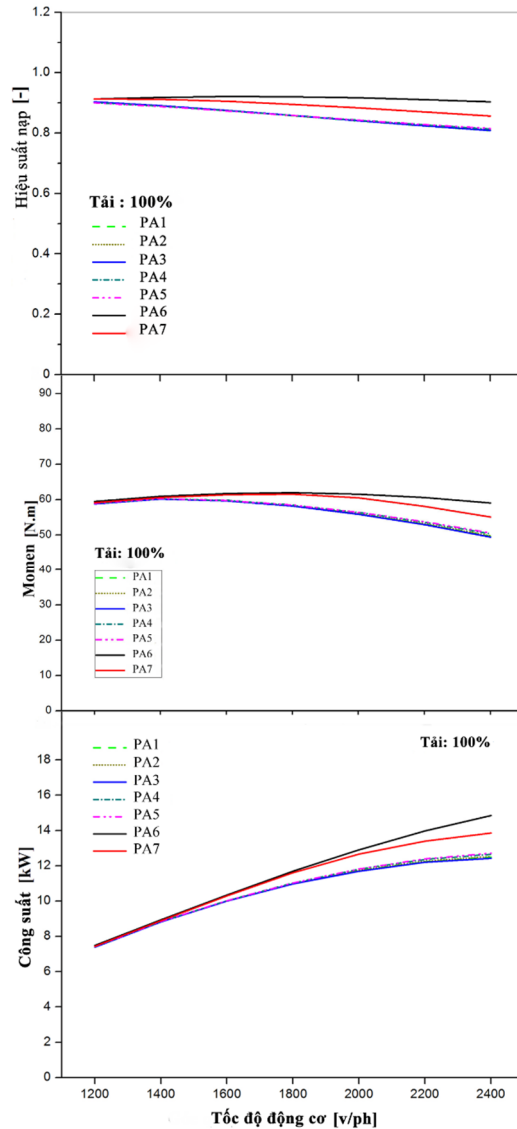
Đối với phương án 7:

Ống 9			Ống 10			Ống 11		
L	R	D	L	R	D	L	R	D
30	-	25	30	-	25	50	32	25
			96	40				
			172	-				

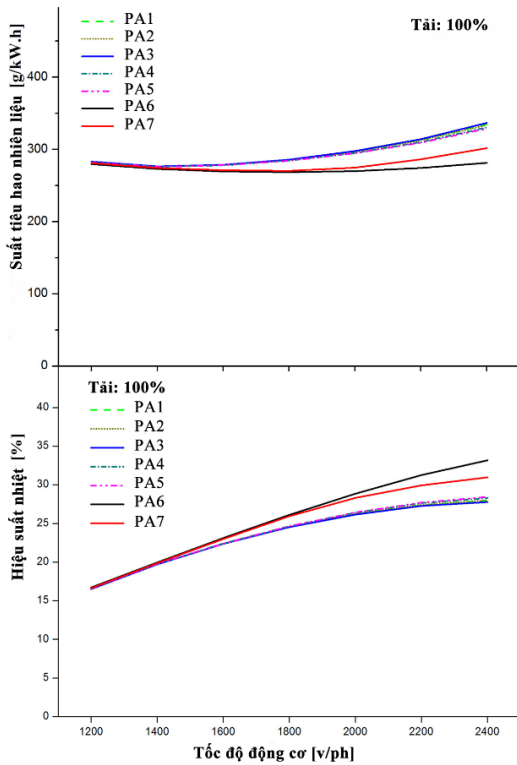
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Với phần mềm AVL BOOST, kết quả về các đặc tính động cơ được trình bày trong các bảng và đồ thị. Kết quả định lượng khi tiến hành mô phỏng động cơ chạy tốc độ từ 1200 v/ph đến 2400 v/ph, tải 100%.

3.1. Đặc tính công suất



Hình 5. Kết quả hiệu suất nạp, mô men, công suất



Hình 6. Kết quả suất tiêu hao nhiên liệu và hiệu suất nhiệt

So với phương án hiện hữu, tại tốc độ 2400 v/ph:

- Phương án 6 tăng hiệu suất nạp (11,79%), tăng công suất và mô men (18,79%), giảm suất tiêu hao nhiên liệu (15,83%). Hạng nạp thay đổi công suất rõ rệt, đáp ứng kỳ vọng ban đầu.
- Phương án 7 tăng hiệu suất nạp (6,03%), tăng công suất và mô men (10,9%), giảm suất tiêu hao nhiên liệu (9,83%).
- Các phương án 2,3,4,5 còn lại không làm ảnh hưởng lớn đến đặc tính công suất động cơ.

3.2. Đặc tính sự cháy

Đường tốc độ tỏa nhiệt:

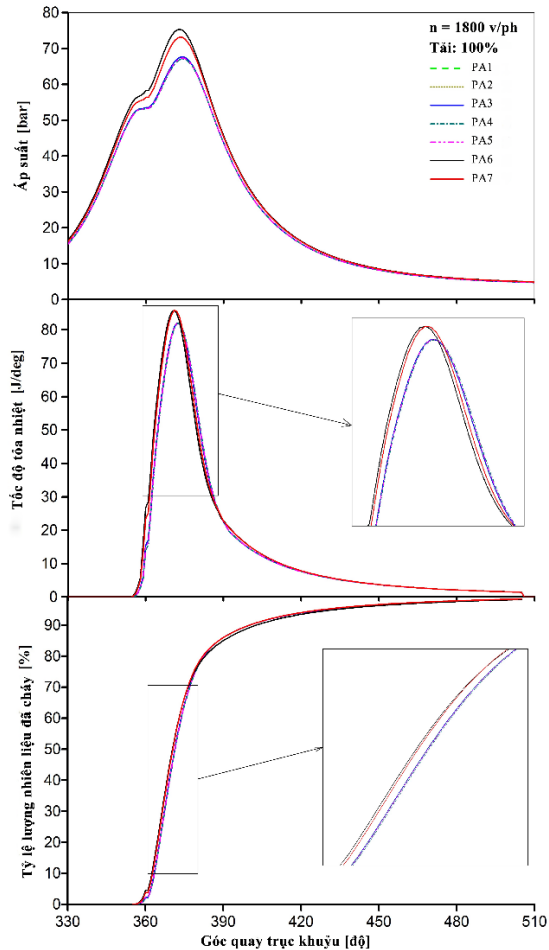
- Giai đoạn cháy trễ: phương án 6 và 7 có đường tốc độ tỏa nhiệt ngắn hơn.
- Giai đoạn cháy tăng áp suất nhanh: phương án 6 và 7 có đỉnh cao hơn, phần diện tích lớn hơn,

đường áp suất và nhiệt độ lớn hơn các phương án còn lại, vì vậy có sự tỏa nhiệt tốt hơn.

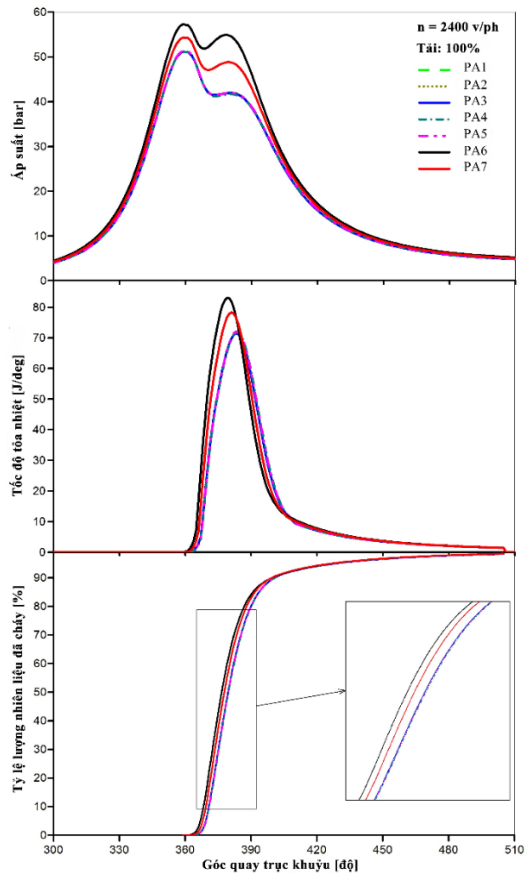
- Giai đoạn cháy chính: phương án 6 và 7 có quá trình cháy chính nhanh hơn.

- Giai đoạn cháy rớt: độ dốc gần giống nhau.

Đường tỷ lệ phần trăm lượng nhiên liệu đã cháy: phương án 6 và 7 tốt hơn các phương án còn lại do có tổng lượng cháy ít hơn, thời gian cháy ngắn, tổn thất nhiệt thấp hơn.

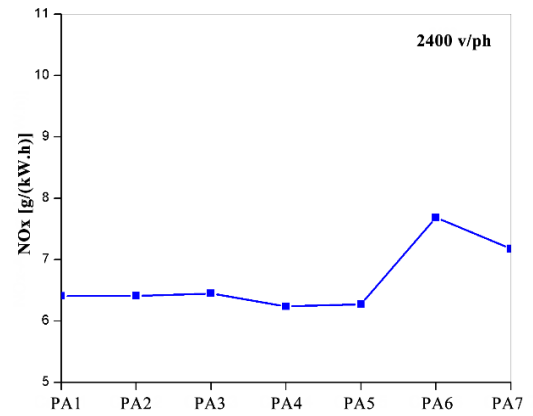
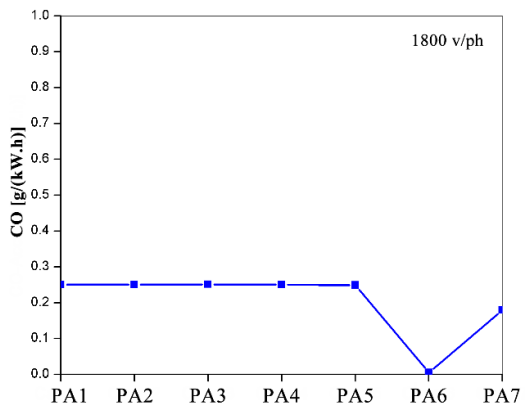


Hình 7. Đồ thị đặc tính sự cháy tại 1800 v/ph

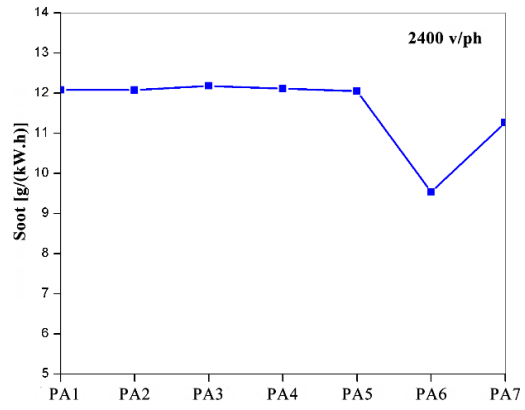
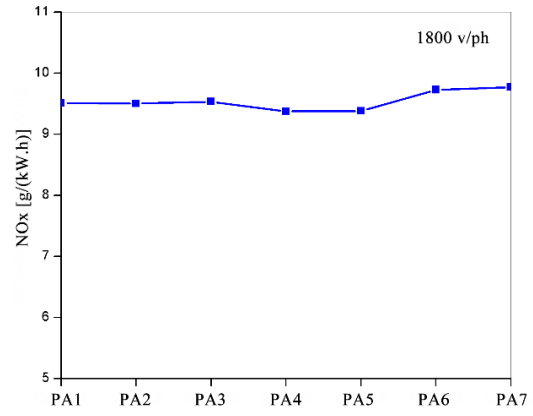


Hình 8. Đồ thị đặc tính sự cháy tại 2400 v/ph

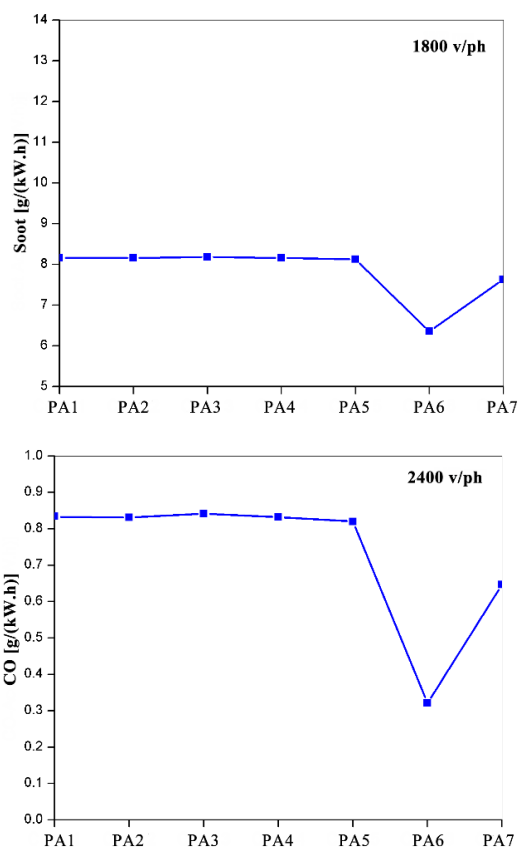
3.3. Đặc tính khí thải



Hình 9. Lượng khí thải CO tại 1800 và 2400 v/ph



Hình 10. Lượng khí thải NOx tại 1800 và 2400 v/ph



Hình 11. Lượng Soot tại 1800 và 2400 v/ph

So với phương án hiện hữu :

- Khi tốc độ động cơ tăng, CO và Soot tăng dần, NOx tăng trong khoảng 1200-1400 v/ph rồi giảm.

- Ở 2400 v/ph, phương án 6 giảm lượng Soot đáng kể (21,02%), giảm mạnh lượng CO (61,4%), tăng NOx (19,96%). Phương án 7 giảm Soot ít hơn (6,73%), CO giảm 22,46%, NOx tăng 11,99%.

- Các phương án còn lại có sự thay đổi ít không đáng kể.

4. KẾT LUẬN

Động cơ RV165-2 sau khi cải tiến họng nạp cho thấy phương án 6 và 7 cho khả năng tăng động năng của dòng khí cao, vận tốc dòng khí đi vào nhanh hơn, trường áp suất và nhiệt độ phân bố đồng đều hơn trong buồng cháy, tăng được hiệu suất nạp khí. Kết quả này đã làm tăng khả năng hòa trộn hỗn hợp nhiên liệu và không khí, giúp quá trình cháy tốt hơn, tăng công suất động cơ, giảm suất tiêu hao nhiên liệu. Bên cạnh đó, tuy lượng khí thải NOx có tăng nhưng giảm được lượng khí thải CO và Soot.

Simulation on engine characteristic improvement by re-designing intake manifold

- Vo Danh Toan
- Huynh Thanh Cong

VNU Key - Lab for Internal Combustion Engine, Ho Chi Minh City University of Technology

ABSTRACT

In this paper, a simulation of DI diesel engine 1 cylinder, model RV165-2 is used to investigate the effect of intake manifold design on the volumetric efficiency and characteristics by using AVL BOOST software. The proposed plans are evaluated and compared with available models. Conditions of simulation is based on the structure of engine and parameters from

experimental test. The parameters of performance, combustion and emission characteristics are selected as evaluation criteria. The results of optimizing intake manifold are increasing volumetric efficiency, ability to blend the mixture of fuel and air, better combustion and increasing engine power, reducing fuel consumption and emission.

Keyword: *volumetric efficiency, intake manifold, diesel engine, simulation, AVL BOOST.*

REFERENCES

- [1]. Nguyễn Hữu Hường, Vương Như Long. Nghiên cứu nâng cao hiệu suất và công suất động cơ diesel 1 xi-lanh RV195. Đại Học Bách Khoa TP.HCM.
- [2]. Bùi Văn Ga, (2008). Sử dụng biogas để chạy động cơ diesel cỡ nhỏ. Đại học Đà Nẵng.
- [3]. Bùi Văn Ga, Trần Văn Quang, Trương Lê Bích Trâm, Nguyễn Phi Quang (2008). Tối ưu hóa quá trình cung cấp biogas cho động cơ tĩnh tại sử dụng hai nhiên liệu biogas-dầu mỏ. Tạp chí Khoa học và Công Nghệ, Đại Học Đà Nẵng, 5, 22–30.
- [4]. Y.L.Qi, L. C. Dong, H. Liu, P. V. Puzinauskas and K. C. Midkiff (2012). Optimization of intake port design for SI engine. International Journal of Automotive Technology, Vol. 13, No. 6, pp. 861–872.
- [5]. H. Mohamed Niyaz, A. S. Dhekane (2014). Twin Helical Intake Port Design Optimization And Validation By Using CFD Analysis. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Volume 4, Issue 4, 454–462.
- [6]. M. H. Shojaeefard, I. Sohrabiasl and E. Sarshari. Investigation the effect of inlet ports design on combustion characteristics and emission levels of diesel engines. Iran University of Science and Technology.
- [7]. Yungjin Kim, Yongtaek Han and Kihyung Lee (2014). A Study on the Effects of the Intake Port Configurations on the Swirl Flow Generated in a Small D.I. diesel Engine. Journal of Thermal Science, Vol. 23, No. 3, 297–306.
- [8]. Văn Thị Bông, Huỳnh Thanh Công. (2011). Lý thuyết động cơ đốt trong. Nhà xuất bản Đại Học Quốc Gia TPHCM.
- [9]. AVL GmbH. (2013). AVL BOOST User Guide.