

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

LÊ VIỆT HÙNG

**NGHIÊN CỨU CẢI TIẾN ĐƯỜNG NẠP ĐỘNG CƠ
DIESEL MỘT XILANH 16,5 HP SỬ DỤNG TRONG
NÔNG – LÂM – NGƯ NGHIỆP**

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

NGÀNH: CƠ KỸ THUẬT

MÃ SỐ: 12252010105

Tp. Hồ Chí Minh - 2019

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

Người hướng dẫn khoa học 1: PGS.TS Đỗ Văn Dũng

(Ghi rõ họ, tên, chức danh khoa học, học vị và chữ ký)

Người hướng dẫn khoa học 2: PSG.TS Nguyễn Anh Thi

(Ghi rõ họ, tên, chức danh khoa học, học vị và chữ ký)

Luận án tiến sĩ được bảo vệ trước

HỘI ĐỒNG CHẤM BẢO VỆ LUẬN ÁN TIẾN SĨ

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT,

Tháng 07 năm 2019

CÁC KẾT QUẢ ĐÃ CÔNG BỐ CỦA LUẬN ÁN

1. **Le Viet Hung**, Do Van Dung, Nguyen Anh Thi, Luong Huynh Giang. “Performance characteristics of small Diesel DI engine using different geometry intake parts”. *Journal of Key Engineering Materials (KEM)*, 2019, ISSN: 1013 - 9826. (Scopus).
2. **Le Viet Hung**, Do Van Dung, Nguyen Anh Thi. “Improve Intake Port/Valve Of RV165-2 Engine By Simulation Method”. *International Conference on Fluid Machinery and Automation Systems - ICFMAS2018, Ha Noi City, Vietnam*, pp. 539-544, 2018.
3. **Hung – Le Viet**, Dung – Do Van, Giang – Luong Huynh, Thanh – Doan Minh. “Evaluation Of RV165-2 Engine Performance”. *The Fourth International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD2018), HoChiMinh City, Vietnam, 2018*.
4. **Le Viet Hung**, Do Van Dung, Nguyen Anh Thi, Luong Huynh Giang, Vo Van An, Do Minh Dung. “Improving characteristics of diesel engine by changing the engine's charging and design method”. *Journal of Science Technology Technical Universities*, 2019.

5. **Lê Việt Hùng**, Phạm Văn Giang, Trần Thị Thu Hương, Nguyễn Anh Thi. “Nghiên cứu số hóa mô hình 3D đường nạp, thải và buồng cháy làm cơ sở mô phỏng động cơ diesel”. *Tạp chí giao thông vận tải*, số 11, tr. 137-139, 2018, ISSN: 2354 - 0818.

6. **Lê Việt Hùng**, Khổng Vũ Quảng, Nguyễn Đức Khánh, Phạm Văn Trọng. “Nghiên cứu mô phỏng đánh giá phát thải độc hại của động cơ máy nông nghiệp RV165-2 và động cơ Kubota RT155 theo tiêu chuẩn ISO 8178”, *Tạp chí khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường*, số 64, tr. 69-75, 2019. ISSN: 1859 - 3941.

7. **Lê Việt Hùng**, Nguyễn Văn Giang, Võ Khắc Hoàng, Đào Chí Cường, Đỗ Văn Dũng, Nguyễn Anh Thi. “Nghiên cứu quá trình nạp-nén của động cơ Diesel buồng cháy thống nhất bằng phần mềm Ansys-ICE”. *Tạp chí giao thông vận tải*, số 04, tr. 101 – 105, 2019, ISSN: 2354 - 0818.

8. Võ Danh Toàn, Nguyễn Thanh Tuấn, **Lê Việt Hùng**, Lương Huỳnh Giang, Huỳnh Thanh Công. “Mô phỏng nâng cao tính năng làm việc cho động cơ diesel 1 xi-lanh bằng thiết kế cải tiến họng nạp”. *Tạp chí phát triển KH&CN*, tập 16, số K3 – 2015.

Chương 1

TỔNG QUAN

1.1. Đặt vấn đề

Năm 2005, động cơ Diesel RV165-2 (có công suất tối đa 16,5 mã lực) do SVEAM tự thiết kế, chế tạo với tỷ lệ nội địa hóa đạt trên 90% được bán ra thị trường, đánh dấu một cột mốc quan trọng, mang tính bước ngoặt trong lịch sử phát triển của SVEAM (xem Hình 1.1). Các thông số kỹ thuật và đặc tính kỹ thuật của động cơ RV165-2 được trình bày trên bảng 1.1



Hình 1.1: Động cơ RV165-2 do SVEAM sản xuất.

Bảng 1.1: Đặc tính kỹ thuật động cơ RV165-2.

Kiểu	Mục tiêu thiết kế
Loại	4 kỳ, 1 xylanh, nằm ngang
$S \times D$ (mm)	97 x 105
Thể tích xylanh (cm ³)	839
Công suất tối đa (Mã lực/vòng/phút)	16,5/2400
Công suất định mức (Mã lực/vòng/phút)	14/2200
Moment cực đại (KG.m/vòng/phút)	4,9/1800
Tỉ số nén	20
Nhiên liệu	Dầu Diesel
Thể tích thùng nhiên liệu (lít)	11
Suất tiêu thụ nhiên liệu (g/Mã lực/giờ)	206
Áp suất mở vòi phun (Kg/cm ²)	220
Hệ thống đốt nhiên liệu	Phun trực tiếp
Thể tích nước làm mát (lít)	2,6

Trọng lượng (kg)	132
Kích thước: Dài x Rộng x Cao (mm)	759 x 388 x 496

Đối với động cơ Diesel 4 thì, hiệu quả nạp của động cơ được đặc trưng bởi hệ số nạp (volumetric efficiency):

$$\eta_v = \frac{m_a}{\rho_{a,i} V_h} = \frac{2\dot{m}_a}{\rho_{a,i} V_h n} = \frac{2\dot{m}_a}{\rho_{a,i}} \cdot \frac{4}{A_p \bar{S}_p} \quad (1.1)$$

Trong đó, m_a là khối lượng không khí hút vào xy lanh; \dot{m}_a là lưu lượng khối lượng không khí nạp vào trong xy lanh trong một chu trình công tác của động cơ (tính trung bình cho một chu trình công tác của động cơ); V_h là thể tích công tác của xy lanh; n là tốc độ quay của động cơ; $\rho_{a,i}$ là khối lượng riêng của không khí ở phía trước của hống nạp động cơ; A_p là diện tích đỉnh piston; \bar{S}_p là vận tốc di chuyển trung bình của piston.

Hiệu quả của quá trình nạp môi chất công tác mới có ảnh hưởng trực tiếp đến tính năng của động cơ đốt trong và nỗ lực nâng cao hiệu quả quá trình nạp (nạp đầy với tổn hao năng lượng thấp nhất) luôn được quan tâm trong suốt chiều dài lịch sử phát triển của ngành động cơ đốt trong.

Các đặc trưng vĩ mô (như chuyển động xoáy quanh trục của xy lanh (swirl flow) hay chuyển động xoáy quanh trục vuông góc với trục của xy lanh (tumble flow) và vi mô (đặc trưng không gian và thời gian của chuyển động rối) của không khí chuyển động bên trong xy lanh ở cuối quá trình nạp có ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng hình thành hỗn hợp nhiên liệu/không khí trong xy lanh và do đó có tác động rất lớn đến hiệu quả quá trình cháy, công suất và phát thải ô nhiễm của động cơ, đặc biệt là đối với các động cơ Diesel phun trực tiếp (direct injection Diesel engine). Thời gian và chi phí thiết kế hòng nạp có thể được cắt giảm bằng cách tự động hóa các bước của quy trình này, đồng thời tích hợp vào quy trình một giải thuật tính toán tối ưu (optimizer).

1.2. Nhận xét tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước

Trong quá khứ, việc tìm ra lời giải tường minh cho các bài toán cơ học lưu chất phức tạp bên trong xylanh động cơ gần như là điều không thể. Nhưng nhờ các phần mềm mô phỏng chuyên nghiệp thì việc mô phỏng để các bài toán cơ học lưu chất phức tạp trở nên đơn giản đi rất nhiều.

Ở Việt Nam và trên thế giới có rất nhiều nghiên cứu nhằm cải tiến của như tối ưu hóa cụm họng nạp của động cơ như: Nghiên cứu “Tối ưu hóa quá trình cung cấp biogas cho động cơ tĩnh tại sử dụng hai nhiên liệu biogas - dầu mỡ” của Bùi Văn Ga, Trần Văn Quang, Trương Lê Bích Trâm, Nguyễn Phi Quang. (2008). Tạp chí Khoa học và Công Nghệ, Đại Học Đà Nẵng , Nghiên cứu: “Mô phỏng nâng cao tính năng làm việc cho động cơ diesel 1 xylanh bằng thiết kế cải tiến họng nạp” của Võ Danh Toàn, Nguyễn Thanh Tuấn, Lê Việt Hùng, Lương Huỳnh Giang, Huỳnh Thanh Công. Tạp chí phát triển KH&CN, tập 16, số K3 – 2015, Nghiên cứu của S.K. Sabale và S.B. Sanap với đề tài: “Thiết kế và phân tích họng nạp dạng xoắn ốc của

động cơ Diesel nhằm đạt được giá trị hệ số xoáy mong muốn”, nghiên cứu của Frantisek SEDLACEK và Michal SKOVAJSA với đề tài “Tối ưu hóa họng nạp của động cơ bằng phương pháp mô phỏng số”.

Với luận án này, đối tượng nghiên cứu là một động cơ nông nghiệp thể hệ cũ (VIKYNO RV165-2), với hệ thống cung cấp nhiên liệu thuần cơ khí. Tác giả đưa ra những hướng tiếp cận hoàn toàn mới như: tham số hóa mô hình 3D cụm họng nạp dạng xoắn ốc, xây dựng và hiện thực hóa quá trình tự động tính toán mô phỏng kì nạp của động cơ VIKYNO RV165-2. Chế tạo, thử nghiệm đánh giá sản phẩm cải tiến cuối cùng, ứng dụng vào thực tế sản xuất tại SVEAM.

1.3. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu của nghiên cứu là: cải tiến họng nạp động cơ một xy lanh để nâng cao tối đa giá trị hệ số nạp, đưa ra thiết kế cải tiến cụ thể, chế tạo và ứng dụng sản xuất hàng loạt tại công ty SVEAM.

1.4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của đề tài

Đối tượng nghiên cứu của đề tài là cụm họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2.

Trong phạm vi của đề tài thì họng thải và độ nhám bề mặt của chi tiết được bỏ qua và xem như không thay đổi trong tất các trường hợp nghiên cứu.

1.5. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu lý thuyết kết hợp với thực nghiệm được sử dụng xuyên suốt trong nghiên cứu này:

- Nghiên cứu trên cơ sở lý thuyết
- Ứng dụng trí tuệ nhân tạo (ANN) và giải thuật tiến hóa vi phân (DE)
- Quá trình thực nghiệm được tiến hành tại phòng thí nghiệm của công ty SVEAM. Kiểm tra kết quả tại tổng cục tiêu chuẩn đo lường chất lượng - trung tâm kỹ thuật tiêu chuẩn đo lường chất lượng 3.

1.6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Nghiên cứu cải tiến toàn bộ họng xúpap nạp động cơ VIKYNO RV165-2 (cả bên trong lẫn bên ngoài nắp xylanh).

Tham số hóa mô hình 3D cụm họng nạp dạng xoắn ốc của động cơ VIKYNO RV165-2 bằng các biến và hàm toán tường minh.

Xây dựng và hiện thực quy trình tự động tính toán cải tiến cụm họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2 với mục tiêu là nâng cao hệ số nạp.

Xây dựng giải thuật tối ưu biên dạng hình học cụm họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2 với giá trị mục tiêu là hệ số nạp.

Phác họa mối quan hệ giữa hệ số nạp và hệ số xoáy (swirl ratio) cho động cơ VIKYNO RV165-2.

Nghiên cứu kết hợp giữa mô phỏng với thực nghiệm trên các thiết bị hiện đại để nâng cao tính năng kỹ thuật và kinh tế của động cơ Diesel VIKYNO RV165-2.

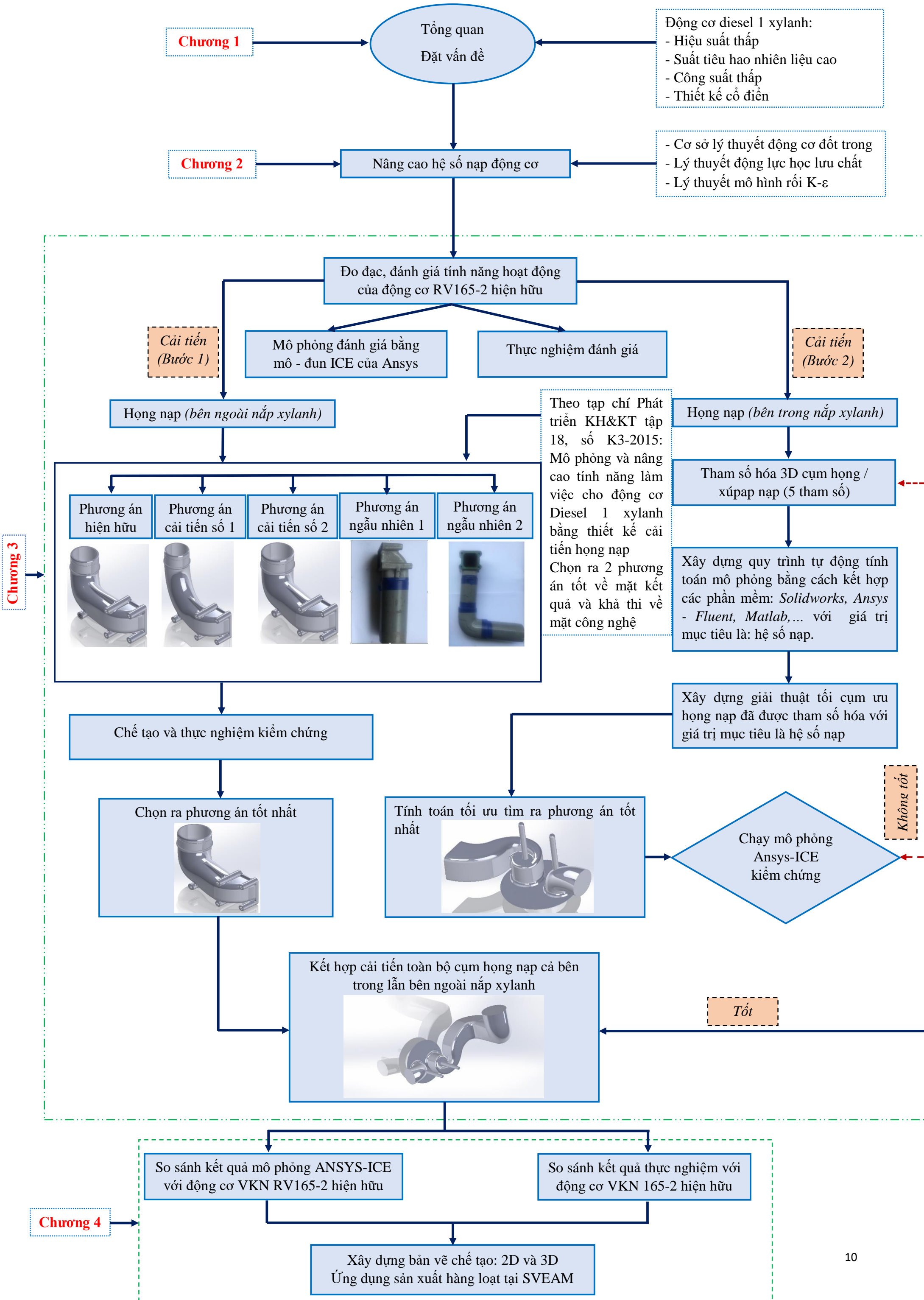
Các kết quả của luận án góp phần định hướng giải quyết nhu cầu nâng cao tính năng vận hành và kinh tế của các loại động cơ Diesel thế hệ cũ.

1.7. Các nội dung chính trong đề tài

Thuyết minh của đề tài trình bày các phần như sau:

- ❖ Chương 1. Tổng quan về vấn đề nghiên cứu
- ❖ Chương 2. Cơ sở lý thuyết cải tiến cụm họng nạp động cơ Diesel một xy lanh
- ❖ Chương 3. Nghiên cứu cải tiến cụm họng nạp động cơ Diesel 16,5 Hp (Động cơ VIKYNO RV165-2)
- ❖ Chương 4. Kết quả nghiên cứu
- ❖ Chương 5. Kết luận và hướng phát triển

1.8 Lưu đồ thể hiện các vấn đề nghiên cứu trong luận án



Chương 2

CƠ SỞ LÝ THUYẾT QUÁ TRÌNH CẢI TIẾN CỤM HỘNG NẠP ĐỘNG CƠ VIKYNO RV165-2

2.1. Cơ sở lý thuyết về động cơ đốt trong

2.1.1. Công suất có ích của động cơ (N_e)

Công suất có ích N_e luôn nhỏ hơn công suất chỉ thị N_i của động cơ bởi vì tiêu tốn ma sát và dẫn động các thiết bị phụ của động cơ. Tổng tất cả các loại tổn thất công suất nói trên tính trong một đơn vị thời gian được gọi là công suất cơ giới: N_m

$$N_e = N_i - N_m$$

Theo tài liệu tính toán thiết kế động cơ:

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

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/kg
nhiên liệu)

$F = \frac{m_f}{m_a}$: tỷ lệ nhiên liệu trên không khí

η_v : hệ suất nạp.

η_c : hiệu suất của sự cháy nhiên liệu.

η_m : hiệu suất cơ giới.

i : số xylanh.

n : tốc độ động cơ.

τ : số kỳ của động cơ.

2.1.2 Quá trình nạp và hiệu suất nạp

Lượng khí nạp mới thực tế vào xylanh vào cuối quá trình nạp thường nhỏ hơn lượng khí nạp đầy lý thuyết vào (V_h).

Hiệu suất nạp (η_v) là tỷ số phần trăm giữa lượng khí nạp thực tế vào xy lanh (M_1) ở đầu quá trình nén so với lượng khí nạp lý thuyết (M_h) có thể nạp đầy vào thể tích công tác ở điều kiện trước xúpap nạp: (p_k) và (T_k) (áp suất và nhiệt độ trước xúpap nạp) .

Hiệu suất nạp là thông số khó xác định ngay cả trong điều kiện thử nghiệm. Do vậy hiệu suất nạp chỉ được tính gần đúng. Hệ số nạp của động cơ được tính theo công thức sau:

$$\eta_v = \frac{T_k}{T_k + \Delta T} \cdot \frac{1}{\varepsilon - 1} \cdot \left(\varepsilon \cdot \frac{p_a}{p_k} - \frac{p_r}{p_k} \right) \quad (2.1)$$

Trong đó:

p_r : áp suất khí sót

ε : tỷ số nén

T_k : nhiệt độ không khí trước xúpap nạp.

2.1.3 Ảnh hưởng của hình dạng họng nạp đến hiệu suất nạp và đặc tính của dòng không khí nạp trong động cơ Diesel.

2.1.3.1 Ảnh hưởng của hình dạng họng nạp đến hiệu suất nạp

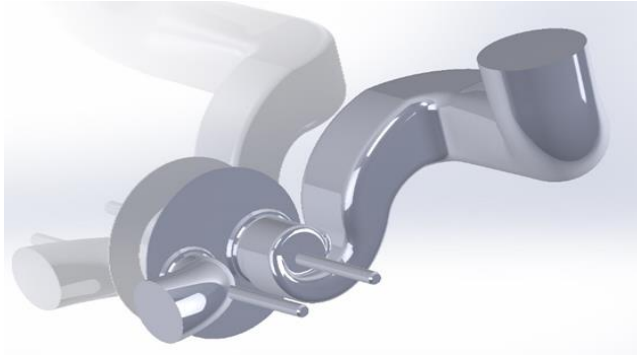
Về mặt khí động học, dòng không khí sẽ chuyển động từ nơi có áp suất cao đến nơi có áp suất thấp, chuyển động của piston đã tạo ra sự chênh lệch áp suất trong họng nạp và xy lanh. Theo phương trình Bernoulli, độ chênh lệch áp suất càng lớn dẫn đến độ chênh lệch vận tốc càng lớn.

Áp suất trước xúpap nạp: $p_k = p_0 - \Delta p_0$. Với Δp_0 là tổn thất áp suất do cản lọc không khí và tổn thất khí động lực trên đường nạp. Giá trị $\Delta p_0 = 0,02 \div 0,04 \text{ kG/m}^2$

Áp suất cuối quá trình nạp (p_a): là áp suất nạp mới trong xy lanh khi piston ở ĐCD của quá trình nạp:

$$p_a = p_k - \Delta p_a \text{ hoặc } p_a = p_0 - \Delta p_a$$

Tổn thất thủy lực $\Delta p_k, \Delta p_a$ phụ thuộc rất lớn vào biên dạng hình học của họng nạp, tiết diện, độ nhám bề mặt họng nạp.



Hình 2.1: Họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2.

2.1.3.2. Ảnh hưởng của hình dạng họng nạp đến tính chất dòng không khí nạp

Chuyển động rối trong xylanh có giá trị cao trong quá trình nạp và giảm dần khi piston chuyển động về Điểm chết dưới (ĐCD).

Những chuyển động rối chính trong động cơ đốt trong là chuyển động xoay quanh trục mà song song với trục xylanh (xoáy dọc (Swirl ratio: S_r)) và chuyển động xoay quanh trục mà vuông góc với trục xylanh (xoáy ngang (Tumble: T_r)). Trong thực tế, không thể sinh ra xoáy dọc mà không bao gồm việc tạo nên xoáy ngang

được, nhưng ngược lại dòng lưu chất có thể tạo nên những chuyển động xoáy ngang mà không tạo ra xoáy dọc.

2.2 Cơ sở lý thuyết về động lực học lưu chất và tính toán mô phỏng trong Ansys – Fluent

2.2.1 Các phương trình bảo toàn

2.2.2 Mô hình Cold Flow Analysis trong module IC Engine của Ansys

2.2.3 Mô hình dòng chảy rối

2.3 Cơ sở lý thuyết mạng nơ-ron nhân tạo (ANN)

2.4 Giải thuật tiến hóa vi phân

Chương 3

NGHIÊN CỨU CẢI TIẾN CỤM HỌNG NẠP

3.1 Đo đạc, đánh giá tính năng hoạt động của động cơ VIKYNO RV165-2 hiện hữu.

3.1.1 Sơ đồ thực nghiệm

Sơ đồ bố trí thực nghiệm:

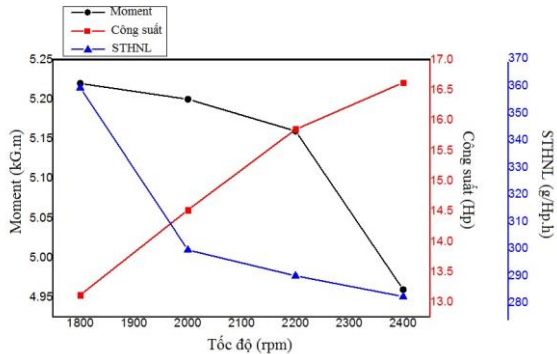


Hình 3.1: Một số hình ảnh quá trình lắp đặt và chạy thử nghiệm.

3.1.2 Nguyên lý đo và trình tự thực hiện quá trình thực nghiệm

3.1.3 Kết quả thực nghiệm đo các thông số vận hành của động cơ

Thử nghiệm xây dựng đặc tính ngoài, gồm: moment (M_e), công suất (N_e) và tiêu hao nhiên liệu (g_e) ứng với 4 giá trị tốc độ từ 1800 đến 2400 (v/ph)



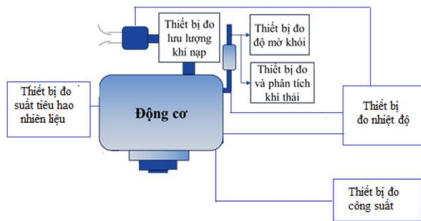
Hình 3.2: Đặc tính M_e , N_e và g_e theo tốc độ động cơ.

Thực nghiệm cho thấy công suất max, moment max và suất tiêu hao nhiên liệu ở công suất định mức do động cơ sinh ra đúng như nhà sản xuất công bố. Thấp hơn 26 g/Hp.h (gần 15 %) so với động cơ có công suất tương đương của KUBOTA

3.2 Cải tiến họng nạp bên ngoài nắp xy lanh (cổ nổi bộ lọc gió)

Dựa trên những kết quả nghiên cứu mô phỏng về biên dạng hình học của họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2 được công bố trong tạp chí Phát triển KH&KT tập 16, số K3-2015: “Mô phỏng và nâng cao tính năng làm việc cho động cơ Diesel 1 xy lanh bằng thiết kế cải tiến họng nạp”, hai trong bảy phương án (Phương án 02 và Phương án 04 trong bài báo) được lựa chọn chế tạo thực nghiệm dựa trên các tiêu chí sau: kết quả mô phỏng tốt, ý kiến đóng góp của các chuyên gia trong ngành, và khả năng công nghệ để ứng dụng cho việc sản xuất hàng loạt. Đồng thời để nâng cao tính so sánh và đối chứng thì hai phương án thay đổi thiết kế họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2 đơn giản (ngẫu nhiên) và chưa qua mô phỏng cùng lúc được chế tạo để làm thí nghiệm và thực nghiệm so sánh với họng nạp của động cơ hiện hữu. Như vậy, có 5 phương án được chế tạo để tiến hành quá trình thực nghiệm.

3.2.1 Sơ đồ thực nghiệm và nguyên lý vận hành



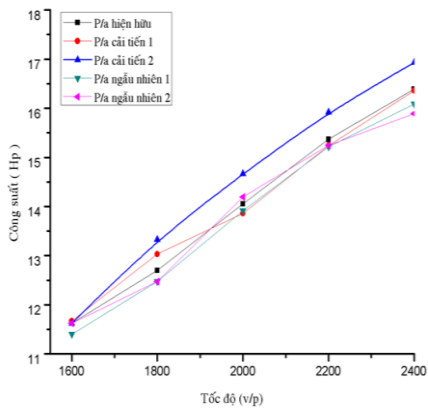
Hình 3.3: Sơ đồ bố trí thí nghiệm.

3.2.2 Phương pháp đo và xử lý số liệu

3.2.3 Kết quả cải tiến hòng nạp bên ngoài nắp xylanh (cổ nối bộ lọc gió)

3.2.3.1. Đặc tính làm việc của động cơ

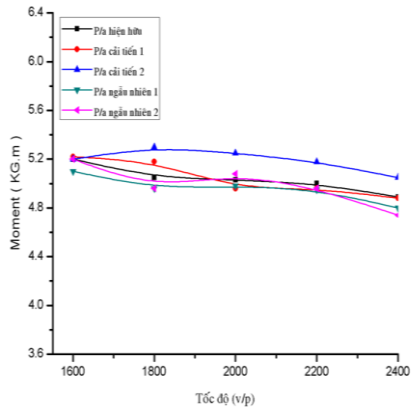
a. Công suất



Hình 3.4: Đồ thị so sánh công suất các phương án thực nghiệm.

Hình 3.4 cho thấy phương án cải tiến hòng nạp (cổ nối bộ lọc gió) số 2 cho kết quả tốt hơn các phương án còn lại. Dãy công suất tăng từ phân bố đều từ vận tốc 1600 ÷ 2400 vòng/phút. Công suất max tăng 2,61% từ 16,5 Hp lên 16,93 Hp so với phương án hiện hữu.

b. Moment

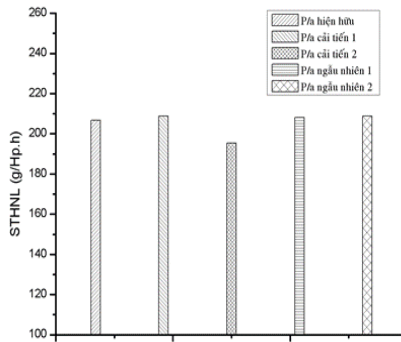


Hình 3.5: Đồ thị so sánh moment các phương án thực nghiệm.

Hình 3.5 cho thấy phương án cải tiến hòng nạp (cổ nối bộ lọc gió) số 2 cũng cho kết quả tốt hơn các phương án còn lại. Dãy moment tăng từ trải đều từ vận tốc 1600 ÷ 2400

vòng/phút. Moment max tăng 2,32% từ 5,22 Kg.m lên 5,3 Kg.m so với phương án hiện hữu.

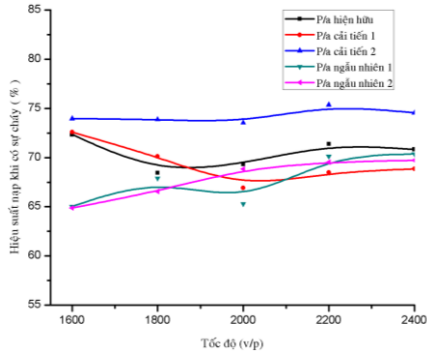
c. *Suất tiêu hao nhiên liệu tại công suất định mức*
(Công suất = 44,6 N.m tại số vòng quay 2200 vòng/phút)



Hình 3.6: So sánh suất tiêu hao nhiên liệu tại công suất định mức các phương án thực nghiệm.

Hình 3.6 cho thấy phương án cải tiến hạng nạp số 2 cho kết quả suất tiêu nhiên liệu ở công suất định mức thấp nhất. Kết quả giảm 10,56 g/Hp.h so với phương án hiện hữu theo động cơ.

3.2.3.2 Hệ số nạp



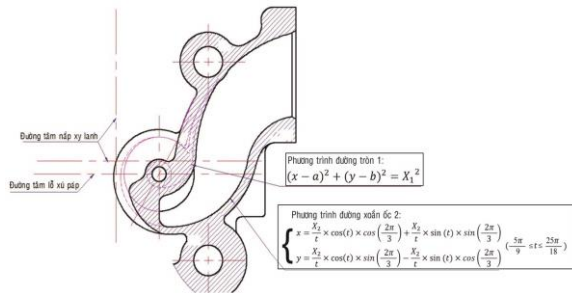
Hình 3.7: So sánh hệ số nạp các phương án thực nghiệm.

Hình 3.7 cho thấy sự vượt trội về giá trị của hệ số nạp của phương án cải tiến hòng nạp số 2 so với các phương án còn lại. Hệ số nạp tăng trải dài trên các vùng vận tốc 1600 ÷ 2400 vòng/phút. Hệ số nạp tăng trung bình 5,42% so với phương án hòng nạp hiện hữu tại các điểm đo.

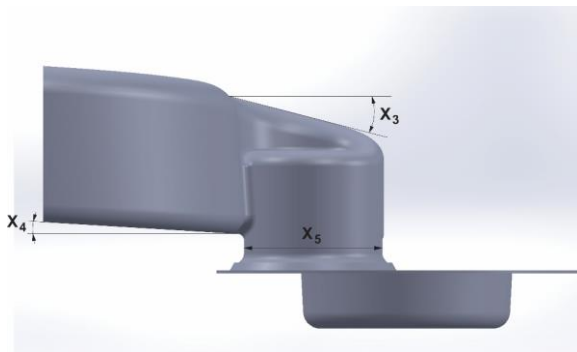
3.3 Cải tiến biên dạng hòng nạp bên trong nắp xylanh

3.3.1 Tham số hóa cụm hòng nạp động cơ VIKYNO RV165-2

Để thuận lợi cho việc tính toán mô phỏng và cải tiến hóa thì cụm hộp nạp động cơ VIKYNO RV165-2 thì các kích thước trọng yếu được tham số hóa bằng hàm số và các biến như sau:



Hình 3.8: Hàm số thể hiện các đường sinh của hộp nạp

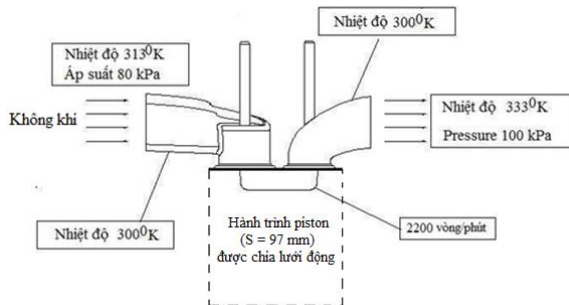


Hình 3.9: Các kích thước hình học quan trọng.

3.3.2 Xây dựng - hiện thực quy trình tự động tính toán mô phỏng kỳ nạp và nén của động cơ VIKYNO RV165-2 và thực nghiệm đối chứng

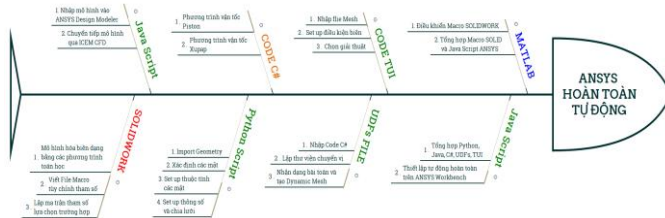
3.3.2.1 Xây dựng – thực hiện quy trình tự động tính toán mô phỏng kỳ nạp và nén của động cơ VIKYNO RV165-2

a. Điều kiện biên và các thông số thiết lập mô hình mô phỏng số trong Ansys-Fluent



Hình 3.10: Điều kiện biên cho mô hình mô phỏng kỳ nạp-nén của động cơ VIKYNO RV165-2 trong Ansys-Fluent.

b. Quá trình thực hiện quy trình tự động tính toán mô phỏng kỳ nạp và nén của động cơ VIKYNO RV165-2



Hình 3.11: Lưu đồ thực hiện quy trình tính toán kì nạp và nén của động cơ VIKYNO RV165-2.

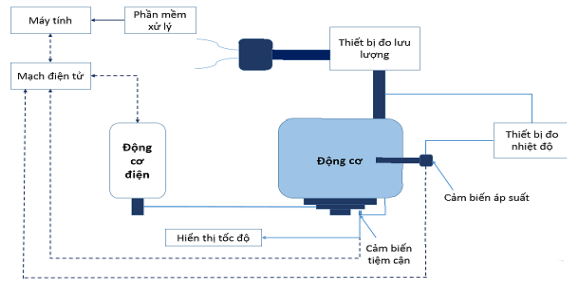
c. Kết quả quá trình tự động tính toán mô phỏng bằng Ansys-Fluent

Trong phạm vi nghiên cứu này, ban đầu tác giả chọn 100 bộ tham số để tiến hành mô phỏng. Các bộ tham số này được chọn trên nguyên tắc: lựa chọn các điểm nằm ở góc và chọn theo phân phối đều ở bên trong nhằm đảm bảo bộ dữ liệu có thể phủ được hầu hết các điểm dữ liệu khác cần nội suy.

3.3.2.2 Thực nghiệm đối chứng kết quả mô phỏng trong Ansys-Fluent

- a. Tên mẫu: Động cơ VIKYNO – RV165-2.
- b. Số lượng mẫu: 01.

- c. Mô tả mẫu: Động cơ VIKYNO – RV165-2, số máy: 6556, khối lượng: 132,2 kg, nắp xylanh và cổ nối bộ lọc gió theo máy (hạng nạp hiện hữu).
- d. Nơi thử nghiệm: Phòng Thí Nghiệm Trọng điểm Động Cơ Đốt Trong – Đại Học Bách Khoa – Đại Học Quốc Gia Thành Phố Hồ Chí Minh.
- e. Điều kiện thử nghiệm: $27 \pm 5 \text{ C}^0$



Hình 3.12: Sơ đồ nguyên lý đo thực nghiệm đo hệ số nạp của động cơ VIKYNO RV165-2

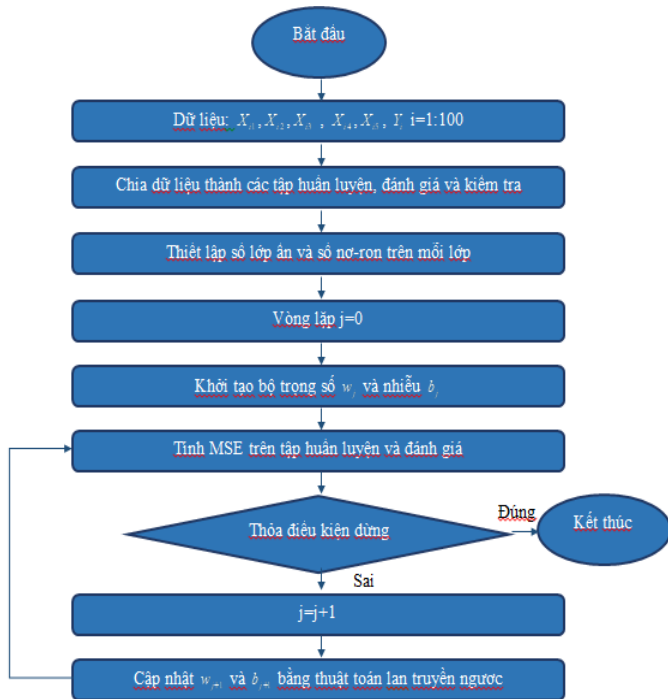
Bảng 3.1: Kết quả thực nghiệm đối chứng hệ số nạp.

Giá trị	m_a (kg/h)	p_a (bar)	T_a (K ⁰)	p_0 (bar)	T_0 (K ⁰)	Hệ số nạp (%)
Lần 1	46,2	0,8762	330	1,1016	303	76,76%
Lần 2	45,7	0,8752	331	1,1016	303	76,25%
Lần 3	45,9	0,8797	333	1,1016	303	76,65%
Kết quả mô phỏng từ Ansys-Fluent						78,14%

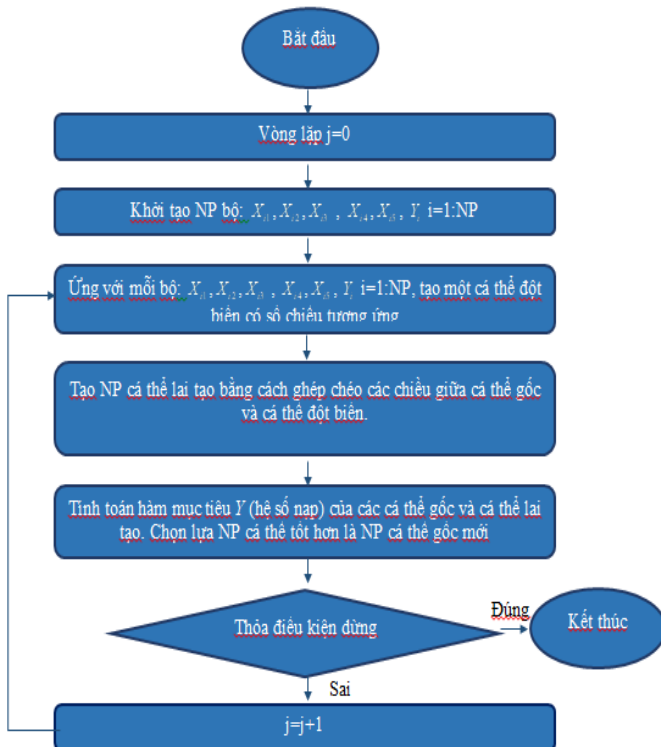
3.3.3 Tối ưu hóa cụm họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2 bằng phương pháp mạng nơ-ron nhân tạo và phương pháp tối ưu tiến hóa vi phân

3.3.3.1 Quá trình thực hiện

Trong phần này, luận án sẽ xây dựng một hướng tiếp cận nhằm tối ưu hóa hệ số nạp của động cơ bằng phương pháp sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) và giải thuật tiến hóa vi phân (DE). Đầu tiên, ta xây dựng tập dữ liệu huấn luyện cho mô hình ANN bằng cách mô phỏng 100 bộ tham số bằng phần mềm ANSYS-FLUENT.



Hình 3.13: Lược đồ giải thuật mạng nơ-ron nhân tạo (ANN).



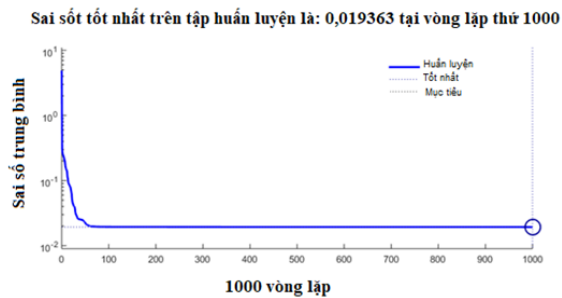
Hình 3.14: Lược đồ giải thuật phương pháp tiến hóa vi phân (DE).

Các kết quả chi tiết được trình bày trong phần sau.

3.3.3.2 Kết quả

a. Mô hình mạng nơ-ron nhân tạo

Để tìm bộ tham số \mathbf{w} , \mathbf{b} ta tiến hành huấn luyện mô hình. Thông thường ta huấn luyện mạng nơ-ron bằng thuật toán lan truyền ngược với mục tiêu là sai số bình phương, MSE, thấp hơn một ngưỡng mục tiêu nào đó, chẳng hạn 10^{-4} hoặc 10^{-5} thì dừng quá trình huấn luyện.

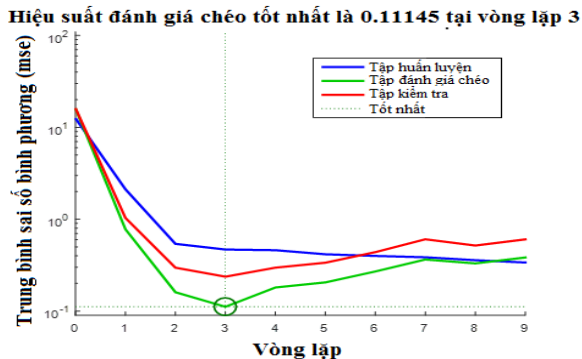


Hình 3.15: Quá trình huấn luyện ANN trên toàn bộ 100 điểm dữ liệu qua 1000 vòng lặp.

Từ hình 3.15 ta thấy MSE của ANN hội tụ về khoảng 10^{-2} qua 1000 vòng lặp. Trong bài toán dự báo hệ số nạy, các quan sát thường có giá trị từ 70 đến 80, việc dự báo với độ sai lệch bình phương khoảng 0,01 là hoàn toàn có thể chấp nhận được. Luận án cũng đã kiểm tra phần trăm sai số tuyệt đối trung bình MAPE của mô hình, kết quả $MAPE=9,7586.10^{-4}$, nghĩa là trung bình một dự báo chỉ lệch

0,09% so với giá trị thực. Do đó, có thể thấy việc sử dụng mạng nơ-ron để xấp xỉ các giá trị mô phỏng từ ANFIS là khả thi. Ngoài ra, để loại bỏ hiện tượng overfitting, 100 bộ dữ liệu đã thu thập tiếp tục được chia ngẫu nhiên thành các tập huấn luyện, tập đánh giá chéo và tập kiểm tra với tỉ lệ lần lượt là 0,6; 0,2 và 0,2. Cách chia dữ liệu thành 3 tập như đã nêu rất phổ biến và đã được sử dụng trong quá trình huấn luyện mạng nơ-ron trong rất nhiều nghiên cứu:

Quá trình huấn luyện mô hình được mô tả thông qua hình 3.16



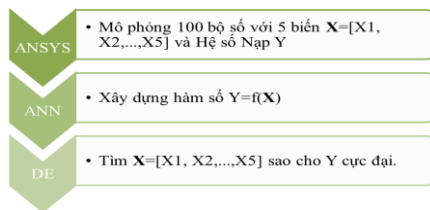
Hình 3.16: Quá trình huấn luyện mạng nơ-ron nhân tạo.

Hình 3.16 mô tả quá trình huấn luyện mạng nơ-ron nhân tạo. Qua đó, ta có thể thấy sai số trên tập huấn luyện

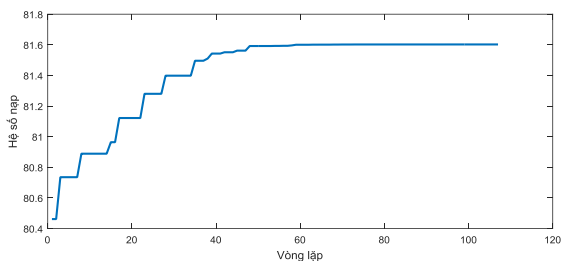
(đường màu xanh dương) giảm dần qua các vòng lặp. Cùng với đó, sai số trên tập đánh giá chéo (đường màu xanh lá) giảm dần từ vòng lặp đầu tiên đến vòng lặp thứ 03 và tăng trở lại từ vòng lặp thứ 04.

b. Tối ưu hóa hệ số nạp bằng phương pháp tiến hóa vi phân DE

Sau khi mã hóa các lời giải, xác định hàm mục tiêu $Y=f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5)$ (mô hình được xấp xỉ bởi ANN), ta có thể sử dụng thuật toán DE để tối ưu hóa hàm mục tiêu, cụ thể là tìm bộ tham số $\{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5\}$ nhằm cực đại hệ số Y_{max} . Toàn bộ quá trình kết hợp ANSYS-FLUENT, ANN và DE được thể hiện bởi Hình 3.19. Khi thuật toán hội tụ, ta nhận được $Y_{max}=81,062$ tương ứng với bộ tham số $\{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5\}=\{18,000, 104,707, 12,273, 4,000, 40,000\}$.



Hình 3.17: Quá trình thực hiện kết hợp ANSYS, ANN và DE



Hình 3.18: Quá trình tìm kiếm và hội tụ của giải thuật tiến hóa vi phân.

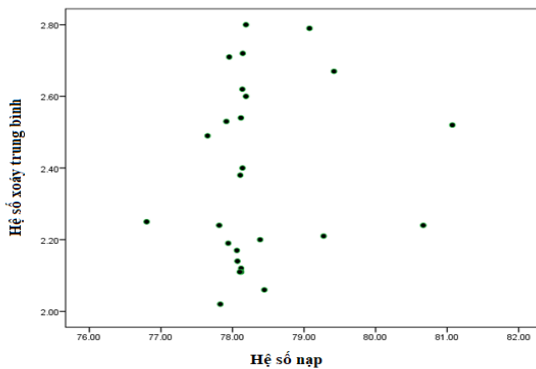
Cuối cùng, để kiểm tra lại tính chính xác của quá trình tính toán bằng mô hình mạng nơ-ron nhân tạo và điểm tối ưu tìm thấy bởi DE, ngoài 100 điểm dữ liệu đã mô phỏng, luận án tiến hành mô phỏng lại điểm tối ưu đã tìm thấy và 13 điểm ngẫu nhiên khác bằng phần mềm ANSYS-FLUENT.

3.3.4 Xây dựng mối quan hệ giữa hệ số nạp và hệ số xoáy

Do giới hạn về thời gian tính toán (mỗi bộ dữ liệu cần thời gian tính toán là 10 ngày để cho kết quả của 1 hệ số xoáy), nên luận án chỉ thực hiện tính toán ở 26 điểm.

Hình 3.19 thể hiện đồ thị phân tán của 26 điểm dữ liệu theo hệ số nạp và hệ số xoáy, qua đó bước đầu ta thấy

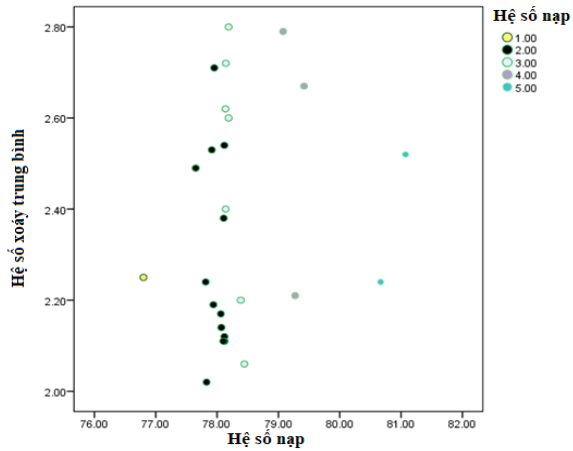
hệ số xoáy đường như tăng theo hệ số nạp. Nhận định này được kiểm chứng bằng việc tính các hệ số tương quan và kiểm định cho thấy các hệ số tương quan đều dương, điều này thể hiện mối quan hệ tương quan thuận giữa hệ số nạp và hệ số xoáy. Căn cứ vào các kết quả trên, với giới hạn thời gian trong việc thực hiện luận án, bước đầu ta có thể đặt giả thuyết về sự tương quan thuận giữa hệ số nạp và hệ số xoáy nhưng giả thuyết này cần được tiếp tục kiểm chứng ở những nghiên cứu tiếp theo với cỡ mẫu khảo sát lớn hơn.



Hình 3.19: Đồ thị Scatter thể hiện mối quan hệ giữa hệ số nạp và hệ số xoáy.

Hình 3.20 thể hiện kết quả phân nhóm dữ liệu thu được theo Hệ số nạp (sử dụng thuật toán k-means với $k=5$). Ta có thể thấy rằng dữ liệu được sắp xếp thành các nhóm

theo thứ tự tăng dần của Hệ số nạp. Trọng tâm của các nhóm này được thể hiện bởi bảng 3.2.

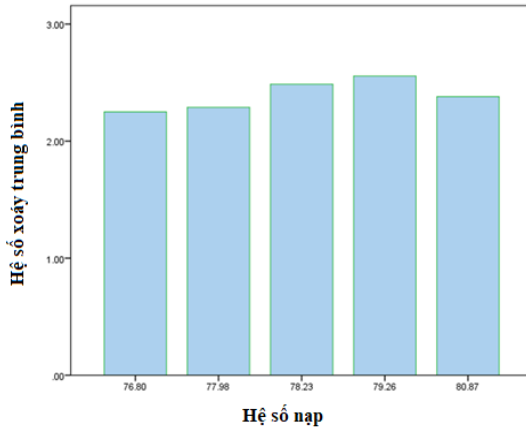


Hình 3.20: Kết quả phân nhóm dữ liệu thu được theo hệ số nạp với $k = 5$.

Bảng 3.2: Trọng tâm của các nhóm.

Nhóm	Trọng tâm hệ số nạp
1,00	76,8000
2,00	77,9849
3,00	78,2326
4,00	79,2557
5,00	80,8695

Tiếp theo, ta tiến hành tính trung bình của Hệ số xoáy Y_2 theo các nhóm hệ số nạp. Kết quả được thể hiện bởi hình 3.21.



Hình 3.21: Trung bình hệ số xoáy theo các nhóm của hệ số nạp.

Từ hình 3.21 ta thấy rằng trung bình của Hệ số xoáy có xu hướng tăng theo hệ số nạp ở 04 nhóm đầu tiên, khi hệ số nạp nhỏ hơn 79,26. Tuy nhiên, giá trị hệ số xoáy lại có xu hướng giảm khi hệ số nạp tăng cao hơn 79,26.

Chương 4

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

4.1. So sánh kết quả mô phỏng bằng phần mềm Ansys – ICE

4.1.1. Hệ số nạp

4.1.1.1. Phương pháp xử lý số liệu

4.1.1.2 Kết quả hệ số nạp

Từ kết quả mô phỏng Ansys – ICE ta có kết quả như sau: thiết kế cụm họng nạp cải tiến cho kết quả hiệu suất nạp cao hơn hẳn thiết cũ. Tăng 8,8% từ 80% lên 88,8%. Chính sự trơn mượt tại các vị trí chuyển tiếp giữa các mặt cắt khi họng nạp được dựng bằng phương pháp tham số.

4.1.2 Kết quả hệ số xoáy (swirl ratio)

Đối với hệ số xoáy, cụm họng nạp sau khi cải tiến cũng cho kết quả tích cực hơn thiết kế hiện hữu. Hệ số xoáy trung bình trong toàn bộ kì nạp – nén của phương án cải tiến là 2,11 tăng hơn 17,88% so thiết kế cũ là 1,79.

4.1.3 Trường vận tốc, áp suất và nhiệt độ

Các kết quả về trường áp suất của hai phương án cho thấy rằng ở phương án hiện hữu trường áp suất ở cuối quá trình nạp cao hơn so với phương án cải tiến. Từ đó cho thấy, phương án cải tiến có độ chênh áp so với áp suất khí quyển lớn, nên lưu lượng không khí sẽ được hút vào xy lanh nhiều hơn.

Kết quả mô phỏng trường nhiệt độ của 02 phương án. Ở cuối quá trình nạp nhiệt độ trong lòng xy lanh của phương án cải tiến cao hơn nhiều so với phương án hiện hữu. Đó là cơ sở khẳng định phương án cải tiến có hệ số nạp cao hơn so với phương án hòng nạp hiện hữu. Vì hệ số này tỷ lệ thuận với nhiệt độ của không khí ở cuối kỳ nạp

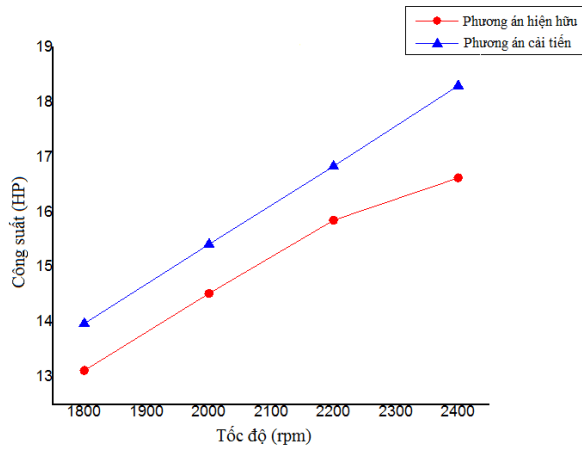
4.2 So Sánh kết quả thực nghiệm

4.2.1 Kết quả thực nghiệm đo các thông số vận hành của động cơ VIKYNO RV165-2 sau cải tiến

Tác giả chỉ khảo sát đường đặc tính ngoài gồm: moment (M_e), công suất (N_e) và tiêu hao nhiên liệu (g_e) ứng với 4 giá trị tốc độ từ 1800 đến 2400 (v/ph)

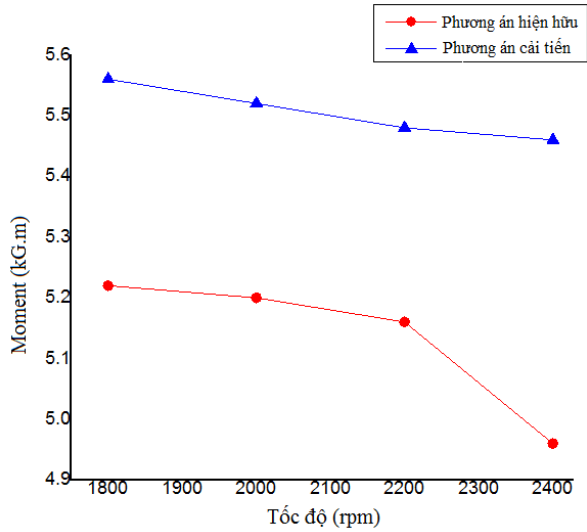
4.2.2 So sánh kết quả thực nghiệm giữa động cơ hiện hữu và động cơ VIKYNO RV165-2 sau khi cải tiến

4.2.2.1 Công suất



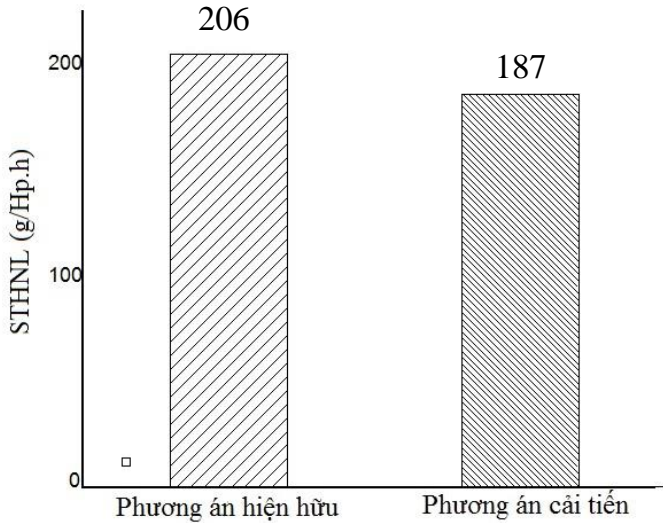
Hình 4.1 Đồ thị so sánh công suất giữa động cơ VIKYNO RV165-2 hiện hữu và sau khi cải tiến.

4.2.2.2 Moment



Hình 4.2 Đồ thị so sánh moment giữa động cơ VIKYNO RV165-2 hiện hữu và sau khi cải tiến.

4.2.2.3 Suất tiêu hao nhiên liệu ở công suất định mức (Công suất = 14Hp/2200 vòng/phút)



Hình 4.3 Đồ thị so sánh suất tiêu hao nhiên liệu ở công suất định mức giữa động cơ VIKYNO RV165-2 hiện hữu và sau khi cải tiến.

4.2.2.4 Nhận xét kết quả thực nghiệm của động cơ VIKYNO RV165-2 sau khi cải tiến toàn bộ hình dạng hộng (bên trong lẫn bên ngoài nắp xylanh)

Tương đồng với kết quả mô phỏng số trong Ansys – ICE. Kết quả thực nghiệm cũng thể hiện sự vượt trội của

thiết kế cụm hộp nạp cải tiến mới ở hầu hết các điểm vận tốc được khảo sát. Công suất max tăng 12,12% từ 16,5 Hp lên 18,5 Hp. Moment max (tại số vòng quay 1800 vòng/phút) tăng 6,5% từ 5,22 KG.m lên 5,56 KG.m (và cao hơn 13,47% với giá trị mà nhà sản xuất công bố trên catalog). Suất tiêu hao nhiên liệu ở công suất định mức giảm 9,23% từ 206 g/Hp.h xuống còn 187 g/Hp.h.

Các kết quả thực nghiệm này được tổng cục tiêu chuẩn và đo lường chất lượng TRUNG TÂM KỸ THUẬT VÀ ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG 3 đo kiểm và chứng nhận.

Chương 5

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

5.1 Kết quả đạt được của luận án

Động cơ VIKYNO RV165-2 sau khi cải tiến cụm họng nạp dạng xoắn ốc hoạt động hiệu quả hơn: công suất max tăng 11,6% và suất tiêu hao nhiên liệu giảm 10,1% mang lại hiệu quả kinh tế rõ rệt.

5.2 Đóng góp mới của luận án

Hiện nay, nhu cầu sử dụng các động cơ cỡ nhỏ có công suất tương đối dùng trong nông – lâm - ngư nghiệp tại Việt Nam là lớn. Nhiều loại động cơ xuất hiện hầu như khắp nơi trên thị trường Việt Nam. Trong đó, động cơ diesel 1 xylanh, phun trực tiếp VIKYNO RV165-2 với công suất 16,5 mã lực được sản xuất tại SVEAM có thể xem là một trong những sản phẩm đặc trưng của các dòng động cơ Diesel Việt Nam,

Tuy nhiên, do ra đời cách đây hơn mười năm, việc ứng dụng khoa học công nghệ vào thiết kế tại thời điểm đó là hạn chế, cùng với đó là sự hạn chế về mặt công nghệ chế

tạo nên trong quá trình vận hành động cơ vẫn tồn tại những vấn đề như: độ nhám bề mặt của các chi tiết cơ khí chưa đạt yêu cầu, hệ số nạp chưa cao, dẫn đến chưa đạt được những tính năng tốt nhất, mức tiêu hao nhiên liệu cao...

Có nhiều phương pháp có thể nghiên cứu để nâng cao công suất, giảm suất tiêu hao nhiên liệu, giảm phát thải ô nhiễm ra môi trường. Tuy nhiên, phương án cải tiến cụm họng nạp được lựa chọn cho nghiên cứu này vì việc chế tạo và gia công các chi tiết và cụm chi tiết này là tương đối dễ dàng, giá thành rẻ.

Lần đầu tiên, mô hình họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2 được tham số và xây dựng hoàn toàn tự động bằng các biến thiết kế và hàm số. Đây là bước tiến quan trọng giúp quá trình thiết kế diễn ra nhanh hơn và làm cơ sở cho công tác cải tiến và tối ưu hóa đường nạp động cơ.

Quá trình tính toán mô phỏng cụm họng nạp động cơ VIKYNO RV165-2 một cách tự động không chỉ đẩy nhanh quá trình thiết kế, mà còn đặt viên gạch đầu tiên cho quá trình nghiên cứu và ứng dụng khoa học công nghệ vào công tác thiết kế động cơ tại SVEAM.

Luận án đã lần đầu tiên phát họa mối quan hệ phức tạp giữa hệ số nạp (volumetric efficiency) và hệ số xoáy (swirl ratio) cho dòng động cơ VIKYNO RV165-2.

5.3 Hướng phát triển của luận án

Qua quá trình nghiên cứu, luận án có được những kết quả tích cực, mang lại hiệu quả trong việc cải thiện tính năng kỹ thuật của động cơ VIKYNO RV165-2 lẫn hiệu quả về mặt kinh tế. Tuy nhiên, luận án cũng còn những hạn chế như: quá trình mô phỏng chưa thể xét đến ảnh hưởng của độ nhám bề mặt họng nạp trong việc mô phỏng tính toán, chưa đánh giá đầy đủ được mối quan hệ giữa hệ số xoáy dọc (swirl ratio) và hệ số xoáy ngang (Tumble ratio) để qua đó có cái nhìn toàn diện hơn về quá trình hình thành hỗn hợp cháy của đối tượng nghiên cứu.

Luận án chỉ dừng lại ở việc đánh giá các tính năng kỹ thuật và kinh tế của động cơ mà bỏ qua việc đánh giá tính chất phát thải ô nhiễm của đối tượng (CO , NO_x , Soot,...). Đây là một yếu tố quan trọng và nhận được sự quan tâm rất nhiều trong thời đại công nghiệp lần thứ 4, là tiêu chuẩn đánh giá quan trọng của động cơ, đặc biệt là động cơ Diesel.

**MINISTRY OF EDUCATION AND TRAINING
HO CHI MINH CITY UNIVERSITY OF EDUCATION**

LE VIET HUNG

**RESEARCH ON IMPROVING THE 16.5 HP DIESEL
ENGINE'S INTAKE MANIFOLD USED IN THE
AGRICULTURE – FORESTRY – FISHERIES**

PHILOSOPHIAE DOCTOR DISSERTATION ABSTRACT

FACULTY: MECHANICAL ENGINEERING

ID: 12252010105

Ho Chi Minh City, 2019

HO CHI MINH CITY UNIVERSITY OF EDUCATION

Science supervisor 1:

(Surname, name, degree and signature)

Science supervisor 2:

(Surname, name, degree and signature)

Philosophiae Doctor dissertation is approved before the
PHILOSOPHIAE DOCTOR'S DEFENSE COMMITTEE
HO CHI MINH CITY UNIVERSITY OF EDUCATION,

July 2019

THE PAPERS HAVE BEEN PUBLISHED

1. **Le Viet Hung**, Do Van Dung, Nguyen Anh Thi, Luong Huynh Giang “Performance characteristics of small Diesel DI engine using different geometry intake parts”. *Journal of Key Engineering Materials (KEM)*, 2019, ISSN: 1013 - 9826. (Scopus).
2. **Le Viet Hung**, Do Van Dung, Nguyen Anh Thi “Improve Intake Port/Valve Of RV165-2 Engine By Simulation Method”. *International Conference on Fluid Machinery and Automation Systems - ICFMAS2018, Ha Noi City, Vietnam, pp. 539-544, 2018.*
3. . **Hung – Le Viet**, Dung – Do Van, Giang – Luong Huynh, Thanh – Doan Minh “Evaluation Of RV165-2 Engine Performance”. *The Fourth International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD2018), HoChiMinh City, Vietnam, 2018.*
4. **Le Viet Hung**, Do Van Dung, Nguyen Anh Thi, Luong Huynh Giang, Vo Van An, Do Minh Dung “Improving characteristics of diesel engine by changing the engine's

charging and design method”. *Journal of Science Technology Technical Universities*, 2019.

5. **Le Viet Hung**, Pham Van Giang, Tran Thi Thu Huong, Nguyen Anh Thi “Study on digitizing 3D model of intake, exhaust manifold and combustion chamber as the basis for simulating diesel engines”. *The transport journal*, No 11, page. 137-139, 2018, ISSN: 2354 - 0818.

6. **Le Viet Hung**, Khong Vu Quang, Nguyen Duc Khanh, Pham Van Trong “Simulation study on exhaust emissions of nonroad diesel engine RV165 – 2 and KUBOTA RT155 following the emission standard ISO 8178”, *Journal of water resources and environmental engineering*, No 64, page. 69-75, 2019. ISSN: 1859 - 3941.

7. **Le Viet Hung**, Nguyen Van Giang, Vo Khac Hoang, Dao Chi Cuong, Do Van Dung, Nguyen Anh Thi “Researching the process of filling and compression of uniform combustion chamber diesel engine by Ansys – ICE software”. *The transport journal*, No 04, page. 101 – 105, 2019, ISSN: 2354 - 0818.

8. Vo Danh Toan, Nguyen Thanh Tuan, **Le Viet Hung**, Luong Huynh Giang, Huynh Thanh Cong “Simulation and

optimization of the intake manifold design on the characteristics for DI diesel engine one cylinder”. *Journal of science and technology development, Vol 16, No K3 – 2015.*

Chapter 1

INTRODUCTION

1.1. Problems

In 2005, the RV165-2 diesel engine (maximum power is 16,5 HP) is designed manufactured with a 90 percent localization rate sold to the market by SVEAM, it marks a landmark milestone in SVEAM's development history (see Figure 1.1). Specifications and performance of RV165-2 engine are shown in Table 1.1



Figure 1.1: RV165-2 engine.

Table 1.1: Specification of the RV165-2 engine.

Range	Design target
Type	4 Stroke, 1 cylinder, horizontal
$S \times D$ (mm)	97 x 105
Displacement (cm ³)	839
Maximum output (HP/revolution/minute)	16,5/2400
Norm power (HP/revolution/minute)	14/2200
Maximum Torque (KG.m/revolution/minute)	4,9/1800
Compression ratio	20
Fuel	Diesel Oil
The volume of the fuel tank (liter)	11
Specific fuel consumption (g/HP.h)	206
Fuel injection opening pressure (Kg/cm ²)	220

Fuel system	Direct injection
Cooling system capacity (liter)	2,6
Weight (kg)	132
Dimension: Length x Width x Height (mm)	759 x 388 x 496

For 4-stroke diesel engine, the engine's intake efficiency is characterized by volumetric efficiency:

$$\eta_v = \frac{m_a}{\rho_{a,i} V_h} = \frac{2\dot{m}_a}{\rho_{a,i} V_h n} = \frac{2\dot{m}_a}{\rho_{a,i}} \cdot \frac{4}{A_p \bar{S}_p} \quad (1.1)$$

Where m_a is the amount of air entering cylinder; \dot{m}_a is mass flow rate of airflow entering cylinder during the cycle (average for each cycle); V_h is displacement; n is engine speed; $\rho_{a,i}$ is the density of air being in front of intake manifold; A_p is peak piston area; \bar{S}_p is the average speed of the piston.

The volumetric efficiency has a direct impact on the internal combustion engine's performance and the effort to

improve the efficiency of intake stroke (full load with the lowest energy loss). It has always been concerned throughout the development history of the internal combustion engine industry.

Macroscopic characteristics (such as rotational motion around an axis parallel to the axis of the cylinder (swirl flow) and rotational motion around an axis perpendicular to the cylinder axis (tumble flow)) and microcosmic characteristics (characteristics of the space and the time of turbulence) of airflow move inside the cylinder at the end of the intake stroke directly affecting the quality of fuel/air mixture formation in cylinder and therefore it has a great impact on combustion efficiency, power, and pollution, especially for direct injection Diesel engine. The designing time and cost for intake manifold can be reduced by automating this process and integrating into the process of an optimal algorithm (optimizer).

1.2. Reviews of domestic and foreign research papers

In the past, it was impossible to find an explicit solution for complex fluid dynamics problems in the cylinder. However, thanks to professional simulation software, then complex fluid dynamics problems simulation become simpler.

In the world, there are many studies to improve as well as optimize the engine's intake manifold such as: "Optimal Biogas Supplying System for Biogas – Petroleum Bi-Fuel Stationary Engines" research is written by Bui Van Ga, Tran Van Quang, Truong Le Bich Tram, Nguyen Phi Quang. (2008) published on Journal of Science and Technology, Da Nang University, "Simulation and Optimization of The Intake Manifold Design on The Characteristics for DI Diesel Engine One Cylinder" research belongs to group of authors Vo Danh Toan, Nguyen Thanh Tuan, Le Viet Hung, Luong Huynh Giang, Huynh Thanh Cong published on Journal of Science and Technology Development, Vol 16, No K3 – 2015, "Design and Analysis of Intake Port of Diesel engine for Target Value of Swirl" paper is researched by S.K Sabale and S.B Sanap, "Optimization of Intake System Using CFD

Numerical Simulation” research is written by Frantisek SEDLACEK and Michal SKOVAJSA...

In this dissertation, the research object is an old generation agricultural engine (VIKYNO RV165 – 2) having a mechanical fuel system. The author offers completely advanced approaches such as intake manifold 3D model parameterization, develop and implement automated calculation for VIKYNO RV165 - 2 engine’s intake stroke simulation. Fabrication, experiment to verify the last improved product and applied to production at SVEAM

1.3. The purpose of this research

The purpose of this study is to improve the intake manifold profile of 1 cylinder engine to maximize volumetric efficiency value, provide specific improvement designs, manufacture and apply to mass production at SVEAM

1.4. Object and scope of research

The object of this study is VIKYNO RV165 – 2 engine's intake manifold

Within the scope of the study, the exhaust manifold and surface roughness of the part are ignored and considered unchanged in all case studied

1.5. Research methods

The theoretical research method combined with an experimental method is used throughout this study:

- Research on a theoretical basis
- Application of Artificial Neural Network (ANN) và Differential Evolution algorithm (DE)
- The Experimental process is conducted at the laboratory at SVEAM and the results are verified at Quality Assurance and Testing Center 3

1.6. Scientific and practical significance

Research on improving the intake manifold of VIKYNO RV165-2 engine (inside and outside the cylinder head).

The VIKYNO RV165 – 2 engine’s helical intake manifold model is parameterized by parameters and explicit functions.

Develop and implement VIKYNO RV165 – 2 engine’s intake manifold calculated automated process with the aim of improving the volumetric efficiency.

Develop the optimal algorithm of the VIKYNO RV165-2 engine’s intake manifold profile with the aim of improving the volumetric efficiency.

Build the relationship between the volumetric efficiency and swirl ratio for VIKYNO RV165-2 engine.

The study combines simulation with the experiment on modern equipment to improve the technical and economic characteristics of VIKYNO RV165-2 Diesel engine.

The results of the dissertation contribute to orienting to solve the need to improve the technical and

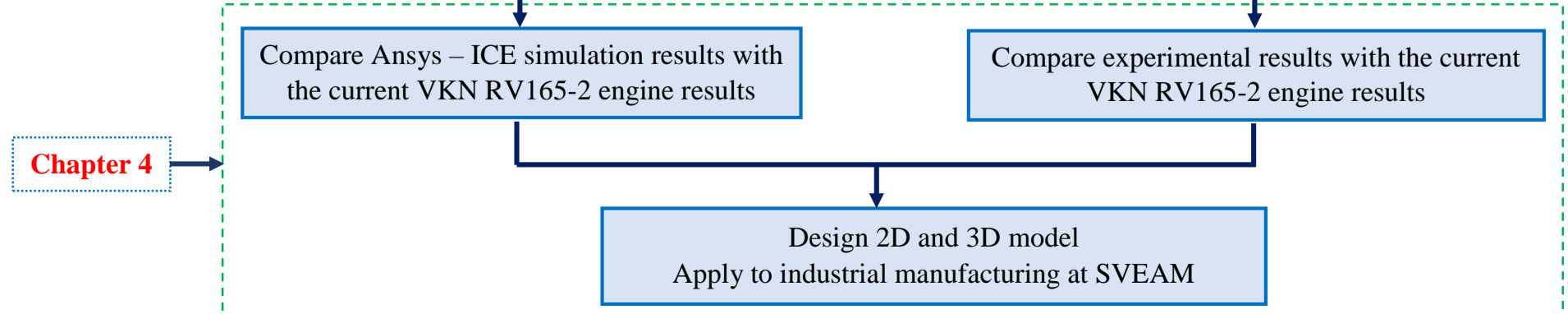
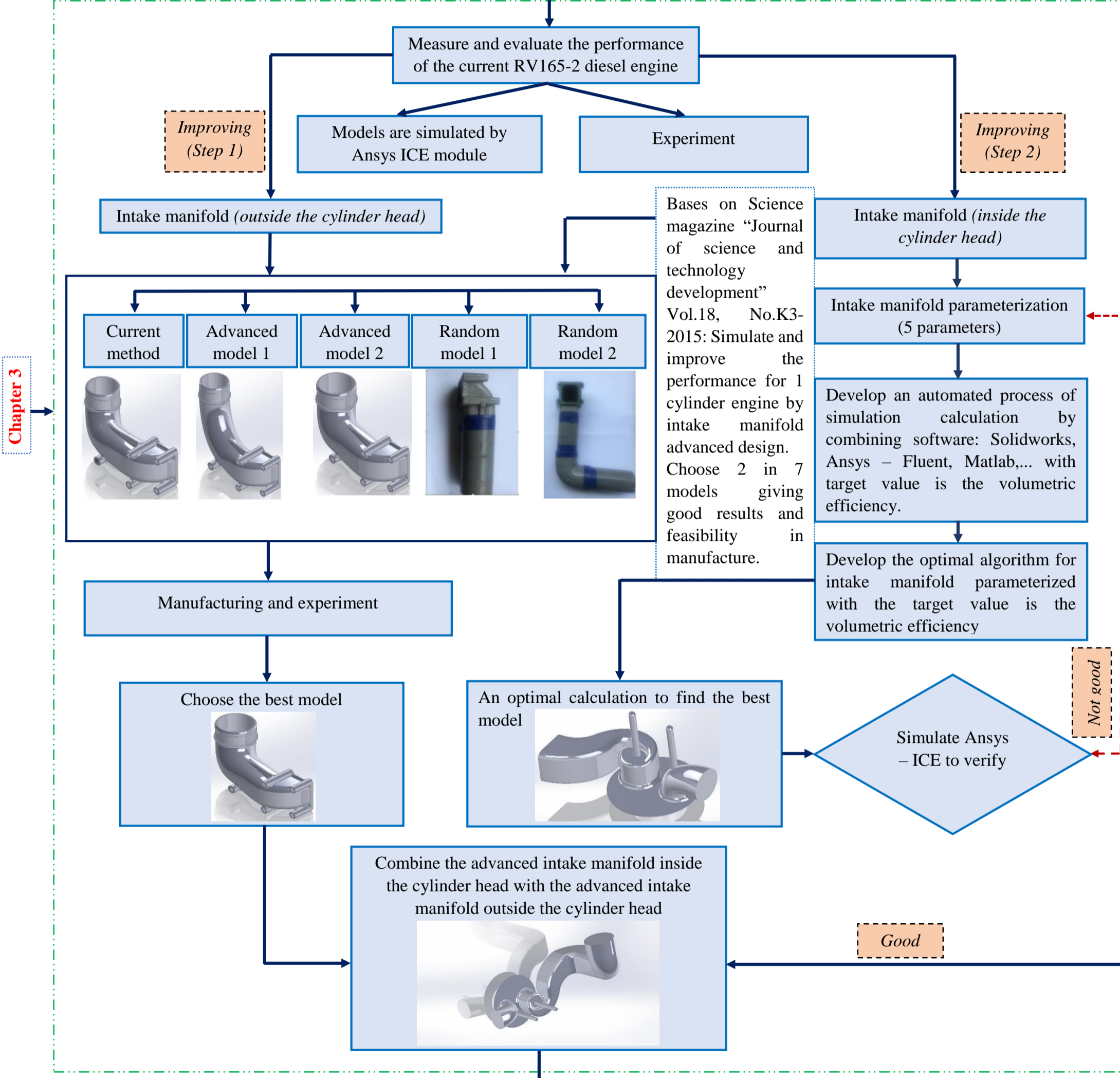
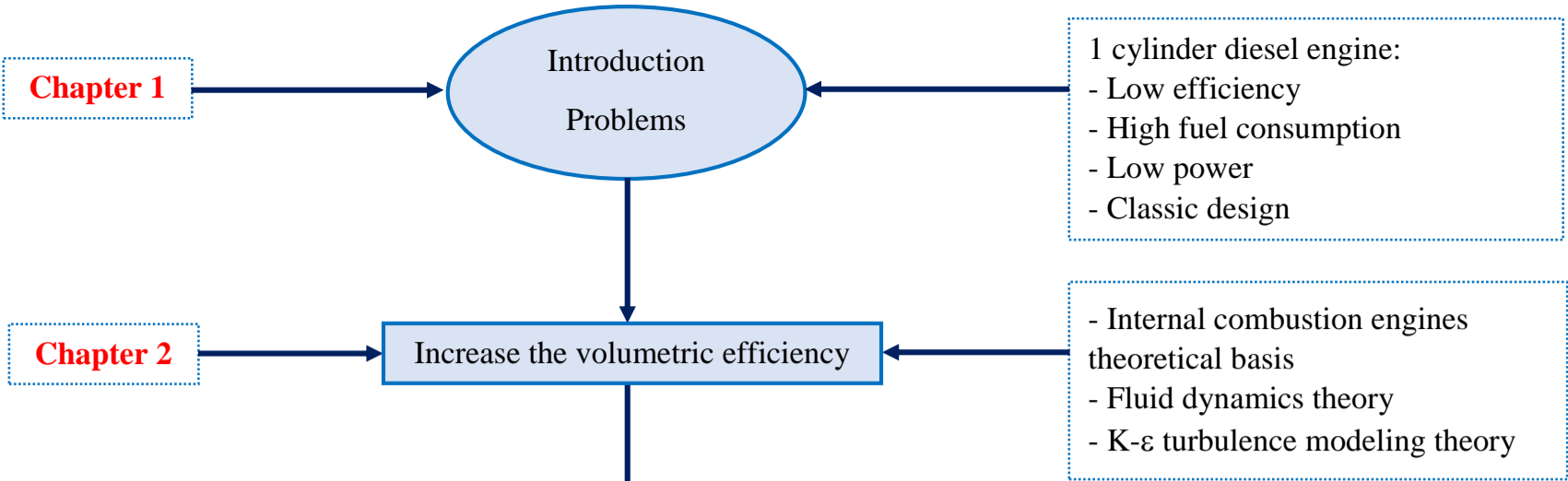
economic characteristics of the older generation Diesel engine

1.7. Contents

Contents:

- ❖ Chapter 1. Introduction
- ❖ Chapter 2. The theoretical basis for the advanced process of VIKYNO RV165 – 2 engine intake manifold.
- ❖ Chapter 3. Research on improving intake manifold
- ❖ Chapter 4. Results
- ❖ Chapter 5. Conclusion

1.8 Flowchart



Chapter 2

THEORETICAL BASIS FOR THE ADVANCED PROCESS OF VIKYNO RV165-2 ENGINE INTAKE MANIFOLD

2.1. The theoretical basis of internal combustion engines

2.1.1. Effective power (N_e)

Effective power N_e is always smaller than indicator power N_i because of friction and the engine's auxiliary devices driving. Total all kinds of power losses mentioned above in a time unit are called mechanical capacity: N_m

$$N_e = N_i - N_m \quad (2.1)$$

According to engine design calculation documents:

$$N_e = \rho_a \cdot V_h \cdot Q_H \cdot F \cdot \eta_v \cdot \eta_c \cdot \eta_m \cdot i \cdot \frac{n}{\tau / 2} \quad (2.2)$$

where:

ρ_a : density of air (kg/m³)

V_h : displacement.

Q_H : fuel heating value (kJ/kg)

$F = \frac{m_f}{m_a}$: air-fuel ratio

η_v : volumetric efficiency.

η_c : combustion efficiency

η_m : mechanical efficiency.

i : number of cylinders.

n : engine speed.

τ : working cycles.

2.1.2 Intake stroke and the volumetric efficiency

The actual volume of air loaded into the cylinder at the end of the intake stroke is usually less than the theoretical volume of air loaded into the cylinder (V_h).

The volumetric efficiency (η_v) is the ratio of the actual volume of air loaded into the cylinder (M_1) at the beginning of the compression stroke to the theoretical volume of air loaded into the cylinder (M_h) in front of the intake valve condition: (p_k) và (T_k) (pressure and temperature in front of the intake valve).

It is difficult to determine the volumetric efficiency parameter even under experiment. Therefore, the volumetric efficiency is approximately calculated:

$$\eta_v = \frac{T_k}{T_k + \Delta T} \cdot \frac{1}{\varepsilon - 1} \cdot \left(\varepsilon \cdot \frac{p_a}{p_k} - \frac{p_r}{p_k} \right) \quad (2.3)$$

Where:

p_r : residual gas pressure

ε : compression ratio

T_k : air temperature in front of the intake valve.

2.1.3 Effect of intake manifold profile on the volumetric efficiency and characteristics of intake airflow in the diesel engine.

2.1.3.1 Effect of intake manifold profile on the volumetric efficiency

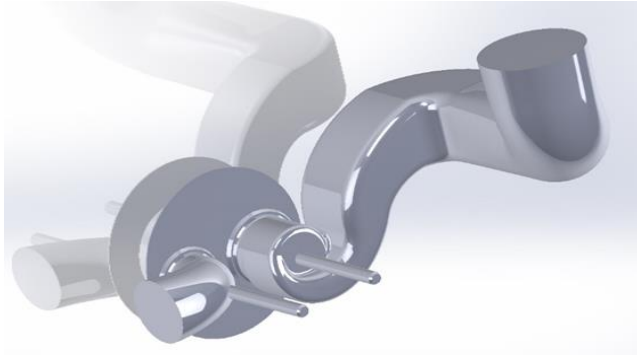
In terms of aerodynamics, the air-flow will move from a high-pressure position to a low-pressure position, the piston movement has created a pressure difference between intake manifold and cylinder. According to the Bernoulli equation, the greater the pressure difference is, the greater the velocity difference is.

Pressure in front of intake valve: $p_k = p_0 - \Delta p_0$.

Where: Δp_0 is pressure loss due to air filter resistance and aerodynamics loss in the intake manifold. $\Delta p_0 = 0,02 \div 0,04$ kG/m²

The pressure at the end of intake stroke (p_a): is the pressure of fresh charge in the cylinder when the piston is at TDC of intake stroke: $p_a = p_k - \Delta p_a$ or $p_a = p_0 - \Delta p_a$

The aerodynamics loss $\Delta p_k, \Delta p_a$ depends greatly on the intake manifold profile, sections, surface roughness.



Hình 2.1: VIKYNO RV165-2 engine's intake manifold.

2.1.3.2. Effect of intake manifold profile on characteristics of intake airflow

The turbulent flow in the cylinder has a high value in the intake process and gradually decreases as the piston moves to the bottom dead center (BDC).

The main turbulent movements in internal combustion engine are rotational motion around an axis parallel to the axis of the cylinder (Swirl ratio: S_r) and rotational motion around an axis perpendicular to the cylinder axis (Tumble: T_r). Swirl cannot be generated without tumble, whereas the fluid can generate tumble without creating the swirl.

2.2 The theoretical basis of fluid dynamics and simulation calculation in Ansys - Fluent

2.2.1 Conservation equations

2.2.2 Cold Flow Analysis model in IC Engine module of Ansys

2.2.3 The turbulent modeling

2.3 The theoretical basis of artificial neural network (ANN)

2.4 Differential Evolution algorithm

Chapter 3

RESEARCH ON IMPROVING INTAKE MANIFOLD

3.1 Measurements and evaluations on performance of the current VIKYNO RV165-2

3.1.1 Experimental diagram

Experimental diagram setup:



Figure 3.1: Images of the experimental setup

3.1.2 Measurement principles and sequences of the experiment

3.1.3 Experimental results of the engine's performance parameters

The performance setup experimental consists of Torque (M_e), Power (N_e) and specific fuel consumption (g_c) in response to 4-speed values ranging from 1800 to 2400 rpm.

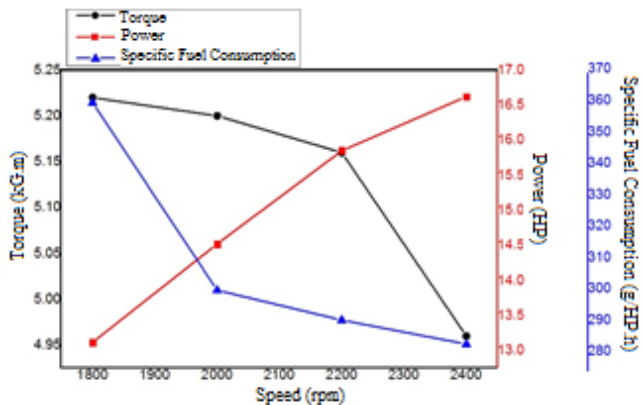


Figure 3.2: Characteristic curves (M_e , N_e , g_c) on different speed of the engine

The experiment had proven that the max power, torque and specific fuel consumption are literally equal to that announced from the manufacturer, which is lower than

around 26 g/Hp.h (~15%) compared to the KUBOTA engine with equivalent power rate.

3.2 Intake manifold improvement being outside the cylinder head

According to the simulation research results about geometric profile of the VIKYNO RV165-2 published in the Journal of science and technology development Vol 16, No K3-2015: “Simulation and optimization of the intake manifold design on the characteristics for DI diesel engine one cylinder”, two over seven models (Model no.2 and no.4 addressed in the journal) was selected to implement the experiments on the basis of good experimental outcomes, contribution from experts and technological capabilities towards mass production. At the same time, models with different specifications are also manufactured and brought to the tests. In summary, there are 5 models to be produced and designated to test runs.

3.2.1 Experimental diagram and operation principles

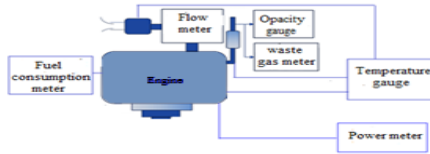


Figure 3.3: Experimental setup diagram

3.3.2 Measuring methods and data processing methods

3.2.3 Results of intake manifold improvement being outside the cylinder head

3.2.3.1. Performance of the engine

a. Power

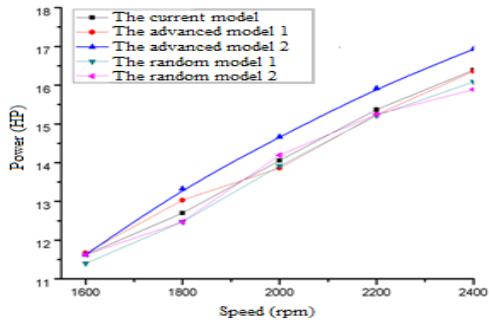


Figure 3.4: The chart comparing the power of each experimental models

Figure 3.4 proved that Model 02 performed the best. Power steadily increases in parallel with engine speed of 1600-2400 rpm. Max Power rises from 16,5 Hp to 16,93 Hp (around 2,61%) compared to the current model.

b. Torque

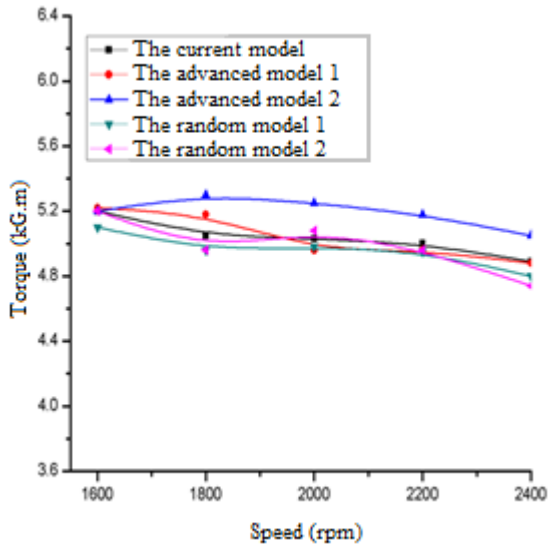


Figure 3.5: The graph comparing Torque among experimental models

Figure 3.5 shows that Model 02 also proved to be more efficient than others. Torque witnesses a steady

increase when engine speed varies from 1600 to 2400 rpm. Torque at max rose about 2,32% from 5,22 Kg.m to 5,3 Kg.m compared to the current model.

*c. Specific fuel consumption at the norm output
(Power = 44.6 N.m at 2200 rpm)*

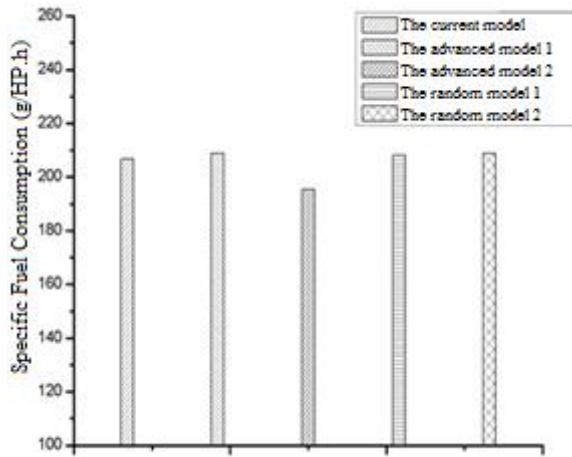


Figure 3.6: Comparison of specific fuel consumption at the norm of the models

Figure 3.6 proved renovated model number 2 achieving the lowest specific fuel consumption which is lower than the conventional engine at about 10,56 g/HP.h.

3.2.3.2 The volumetric efficiency

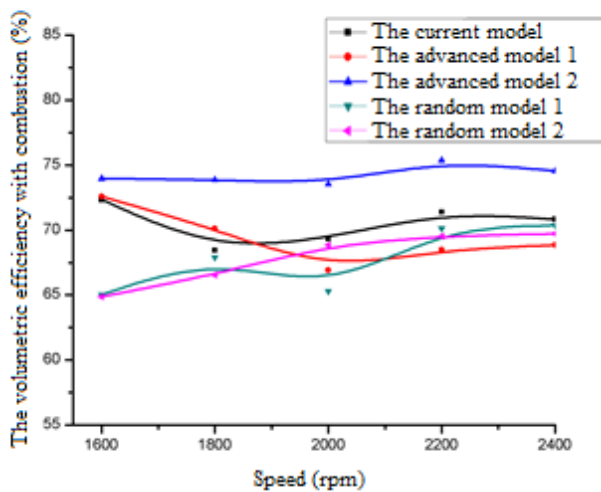


Figure 3.7: Comparison of the volumetric efficiency

Figure 3.7 shows the superior the volumetric efficiency gained from model 2 at the rate of approximately 5,42% on each selected point (engine speed ranging 1600-2400 rpm).

3.3 Intake manifold improvement being inside the cylinder head

3.3.1 Parameterization of the intake manifold of the VIKYNO RV165-2

In order to make it easy for the simulation calculation and improvement, some parameters are specified using the following functions and variables:

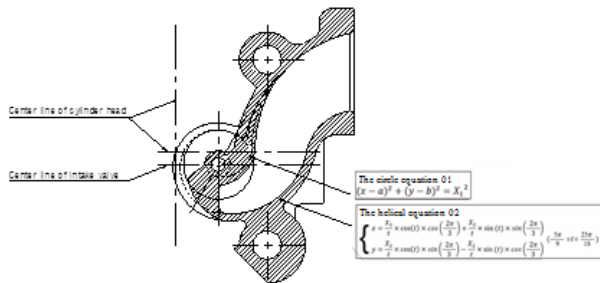


Figure 3.8: Function showing the generatrix of the intake manifold

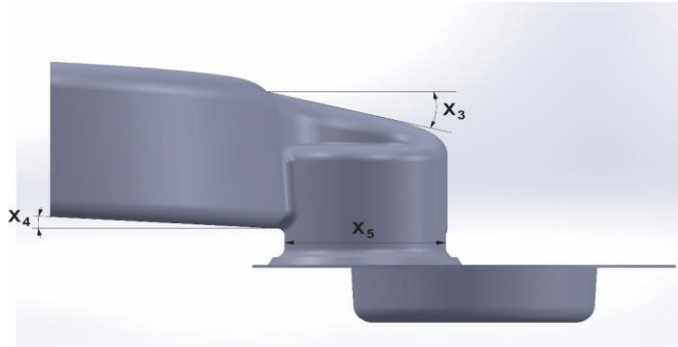
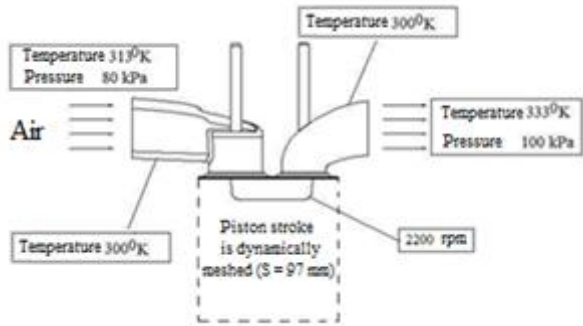


Figure 3.9: Some important geometrical parameters

3.3.2 Develop and implication of automatic simulation calculation of the intake and compression process of VIKYNO RV165-2 and experimental comparison

3.3.2.1 Develop and implication of automatic simulation calculation of the intake and compression process of the VIKYNO RV165-2

a. Boundary conditions and parameters for numerical simulation model setup using Ansys-Fluent



Hình 3.10: Boundary conditions for model

b. Procedure of the automatic simulation and calculation during intake and compression process of the VIKYNO RV165-2



Figure 3.11: Flowchart of the calculation of intake and compression process of the VIKYNO RV165-2.

c. Result drawn from Ansys-Fluent automatic simulation process

In this research domain, initially, the author chose 100 scale models to simulate. These parameters were chosen on the principles: select the corner points and choose according to the union distribution inside to ensure the data set can cover most other data points that need interpolation

3.3.2.2 Experiment to verify Ansys - Fluent simulation results

- a. Model name: VIKYNO – RV165-2 engine.
- b. Number of samples: 01.
- c. Description: VIKYNO – RV165-2 engine, engine number: 6556, mass: 132,2 kg, the cylinder head and the intake manifold are available on the engine (the current intake manifold).
- d. Experiment place: Key Laboratory Internal Combustion Engine – Bach Khoa University – Viet Nam National University Ho Chi Minh City.

e. Experimental condition: $27 \pm 5 \text{ } ^\circ\text{C}$

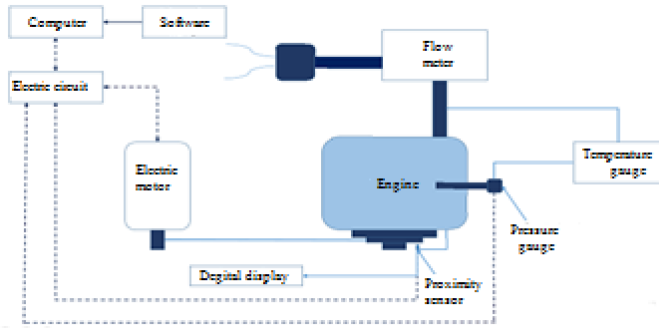


Figure 3.12: Principle diagram for measuring the volumetric efficiency of the RV165 – 2.

Table 3.1: Experimental result to verify the volumetric efficiency result in Ansys - Fluent

Value	\dot{m}_a (kg/h)	p_a (bar)	T_a (K ⁰)	p_0 (bar)	T_0 (K ⁰)	Volumetric efficiency (%)
1	46,2	0,8762	330	1,1016	303	76,76%
2	45,7	0,8752	331	1,1016	303	76,25%
3	45,9	0,8797	333	1,1016	303	76,65%
Simulation result in Ansys-Fluent						78,14%

3.3.3 Optimization of the VIKYNO RV165-2's intake manifold using Artificial Neural Network and Differential Evolution methods

3.3.3.1 Operation process

In this section, the dissertation will build an approach to optimize the volumetric efficiency of the engine using Artificial Neural Network (ANN) and Differential Evolution algorithm (DE). First, we build the training for ANN model by simulating 100 sets of parameters in ANSYS-FLUENT software.

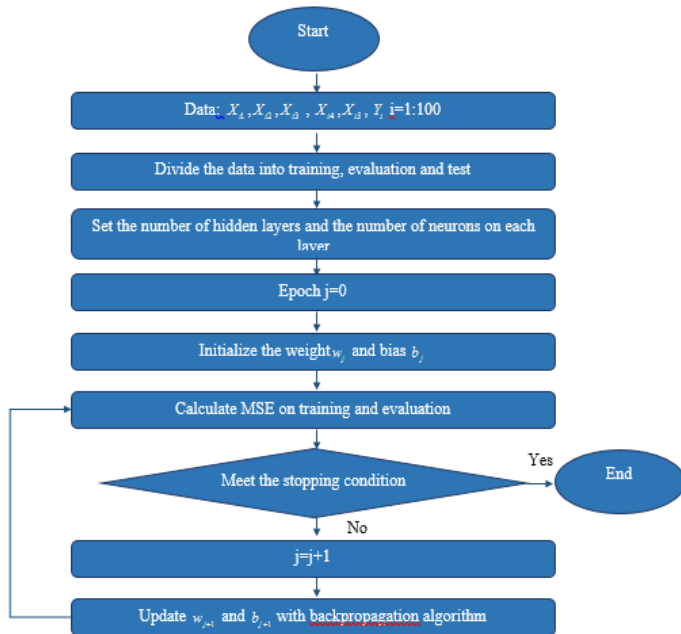


Figure 3.13: Flowchart for Artificial Neural Network (ANN).

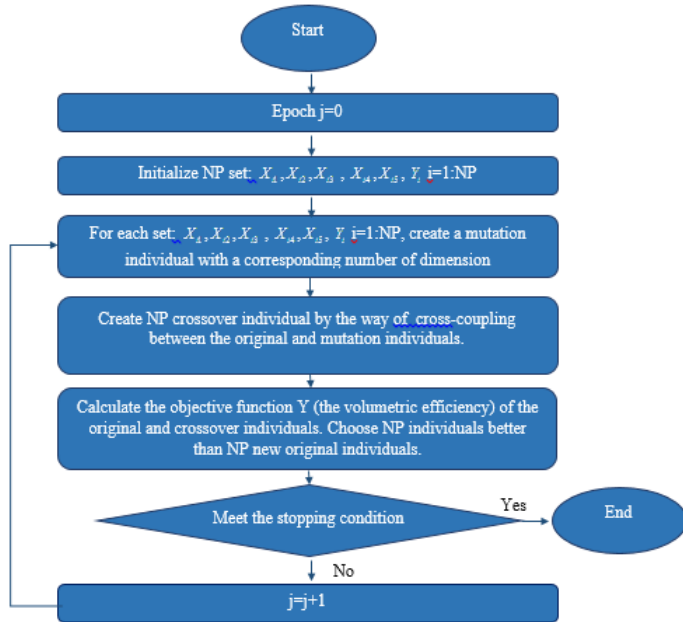


Figure 3.14: Flowchart for Differential Evolution algorithm (DE).

The results will be presented in the following section.

3.3.3.2 Results

a. Artificial Neural Network model

In order to find a set of parameter \mathbf{w} , \mathbf{b} we conduct model training. It is common to train neural network with backpropagation algorithm with the goal of squared error, MSE, lower than a specific value (10^{-4} or 10^{-5}) then stop the training process

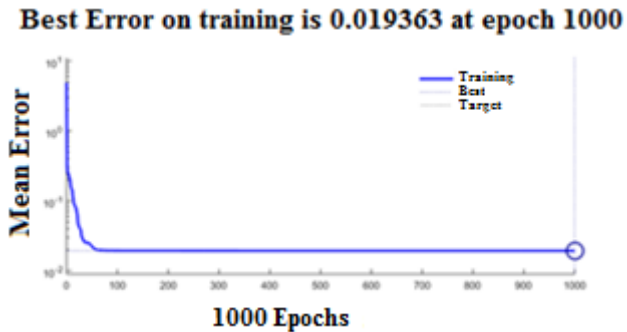


Figure 3.15 ANN training process on all 100 data points over 1000 epochs

From Figure 3.15, we see that the MSE of ANN converges to about 10^{-2} over 1000 epochs. In the volumetric efficiency prediction problem, the results are usually 70 to 80, the prediction that the squared error is about 0.01 is perfectly acceptable. This dissertation also examined mean absolute percentage error (MAPE) of the model, MAPE result = $9,7586.10^{-4}$. Therefore, neural network using to

approximate simulated values in ANFIS is feasible. In addition, in order to eliminate the overfitting phenomenon, 100 sets of data were collected to be randomly divided into the training, validation and test with a ratio of 0.6; 0.2 and 0.2. The way of diving data into 3 is common and has been used in neural network training in many studies.

The training process is described in Figure 3.16.

Best Validation Performance is 0.11145 at epoch 3

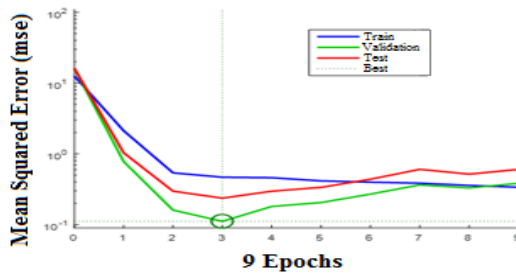


Figure 3.16: Training process of Artificial Neural Network

Figure 3.16 describes the training process of ANN. It can be drawn from the image that the measurement uncertainty of the training (blue line) declines after each epoch. Simultaneously, uncertainty of the validation (green

line) drops respectively from the first epoch to the third epoch before rising again from the fourth epoch.

b. Optimization the intake value utilizing Differential Evolution

After encoding solutions, identifying the targeted function $Y=f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5)$ (model that has been approximately built by ANN), we can apply the DE method to optimize the targeted function. Specifically, we need to identify the parameter package $\{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5\}$ to maximize Y_{\max} value. Figure 3.17 shows how ANSYS, ANN and DE work in collaboration to sends out the final result with value of **$Y_{\max}=81,062$ drawn from the parameter package $\{X_1 X_2 X_3 X_4 X_5\}=\{18,000 104,707 12,273 4,000 40,000\}$.**

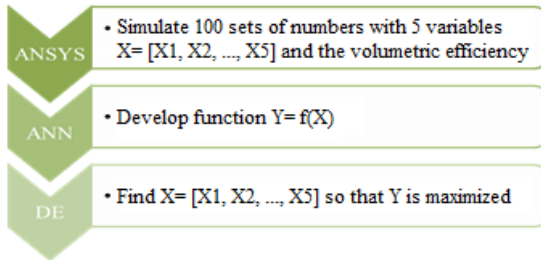


Figure 3.17: Combined process of ANSYS, ANN and DE

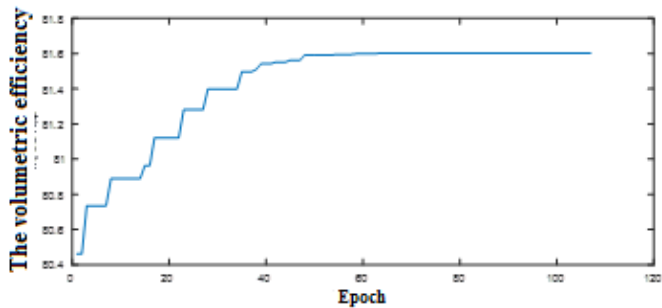


Figure 3.18: Research and Convergence process of the Differential Evolution

Finally, to check the accuracy of the algorithm using ANN and optimized point recognized by DE, aside from 100 selected and simulated data points, the project has repeated the simulation around the optimized point and has

allowed for another 13 random points using ANSYS-FLUENT.

3.3.4 Relation setup between the volumetric efficiency and swirl ratio

Due to limitation of calculation timing (each package of data requires 10 days to send out the result of the whirl value), the project, therefore, only calculated at 26 points.

Figure 3.19 shows the dispersion of 26 points based on the volumetric efficiency and swirl ratio. We can observe that swirl ratio goes up when there is an increase in the volumetric efficiency. The concept is verified by calculating related parameters. As long as the parameters are positive, they can prove the direct relationship between the volumetric efficiency and swirl ratio. This is yet to have been fully verified and is still needed to put it under more thorough and on larger scale experiments.

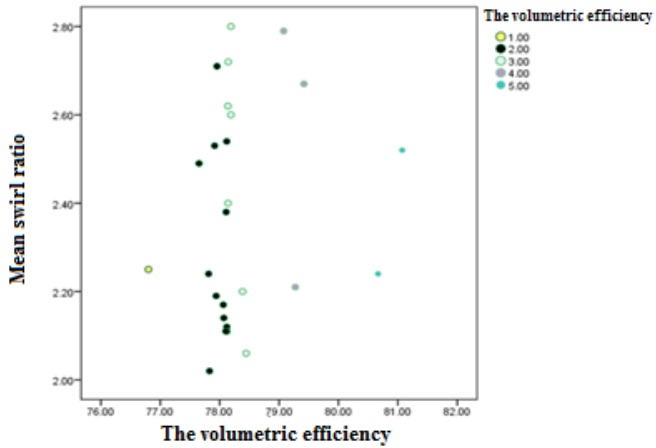


Figure 3.19: Scatter diagram showing the relation between the volumetric efficiency and swirl ratio

Figure 3.20 shows the divided group of data obtained from the volumetric efficiency (using k-means algorithm with k=5). We can see that data has been assigned accordingly to the increase of the volumetric efficiency. Center points of these groups are pointed out by table 3.2.

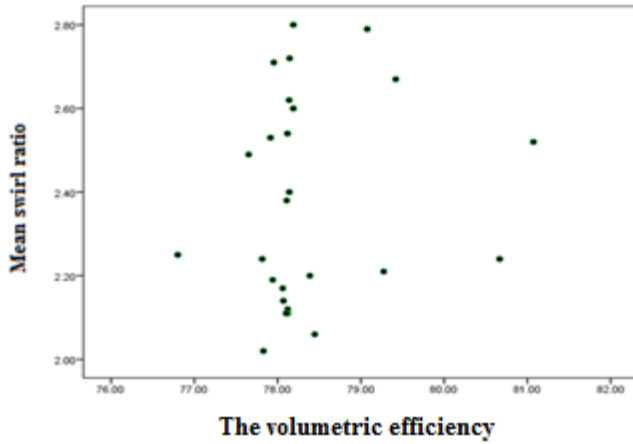


Figure 3.20: The results of data subgroup are obtained by the volumetric efficiency with $k = 5$.

Table 3.2: Center point of groups

Group	Center point of the volumetric efficiency
1,00	76,8000
2,00	77,9849
3,00	78,2326
4,00	79,2557
5,00	80,8695

Next, we begin to calculate the average value of swirl ratio Y_2 based on the volumetric efficiency. Figure 3.21 shows the respective result.

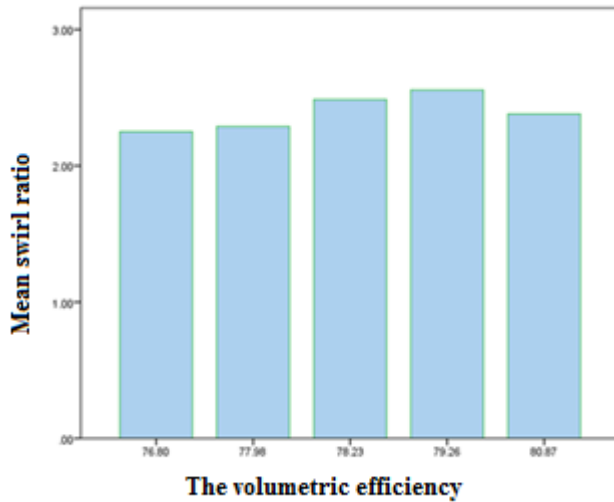


Figure 3.21: Average swirl ratio based on the volumetric efficiency's groups

From Figure 3.21 we can observe the average value of swirl ratio has a tendency to go up along with the volumetric efficiency from the first four groups when the values remain lower than 79,26. Nevertheless, there is a reverse trend of the swirl ratio when the volumetric efficiency rises over 79,26.

Chapter 4

RESULTS

4.1 Comparison of the simulation results using Ansys-ICE

4.1.1. The volumetric efficiency

4.1.1.1. Data processing methods

4.1.1.2 The volumetric efficiency result

Drawn from Ansys-ICE result, it can be seen that the intake manifold optimization has had a great impact on the overall efficiency from 80% to 88,8% thanks to a smoother flow when it comes to intersections among sections.

4.1.2 Swirl ratio

For the swirl ratio, the advanced intake manifold also proved to be more efficient than the current ones. The average swirl value during the intake-compression process is 2,11 which is higher than about 17,88% compared to the current design at 1,79.

4.1.3 Velocity, pressure and temperature

Results about velocity from the two models show that velocity at the end of the intake stroke from the current model is higher than that of the advanced one, which means pressure gap between inside and outside of the cylinder is significant, allowing for an increased mass of intake air.

Simulation results on temperature of the two models show that temperature at the end of intake stroke is much higher, laying the foundation for higher intake value because they are intercorrelated.

4.2 Experimental results comparison

4.2.1 Experimental results on measuring working characteristics of the advanced VIKYNO RV165-2

The author only investigates the performance including Moment (M_e), Power (N_e) and specific fuel consumption rate (g_e) with respect to 4-speed values ranging from 1800 to 2400 rpm.

4.2.2 Comparison between the experimental result of the advanced VIKYNO RV165-2 with the current model

4.2.2.1 Power

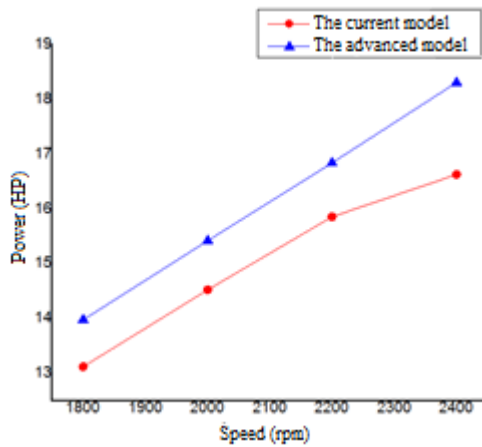


Figure 4.1 The chart comparing Power between the current and the advanced model

4.2.2.2 Torque

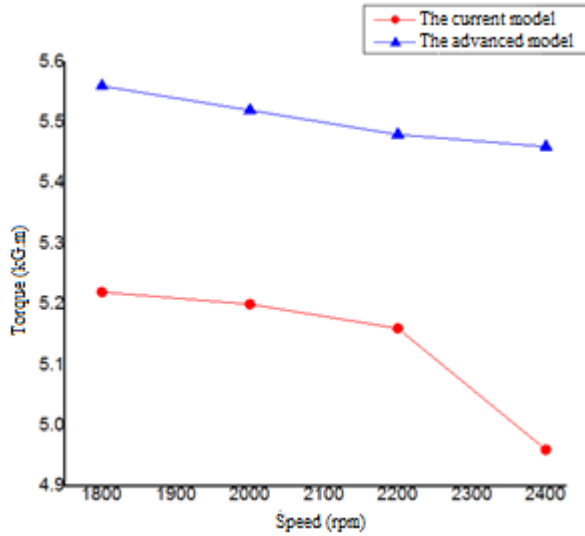


Figure 4.2 The chart comparing Torque between the current and the advanced model

4.2.2.3 Specific fuel consumption at the norm output (Power = 14HP at 2200 rpm)

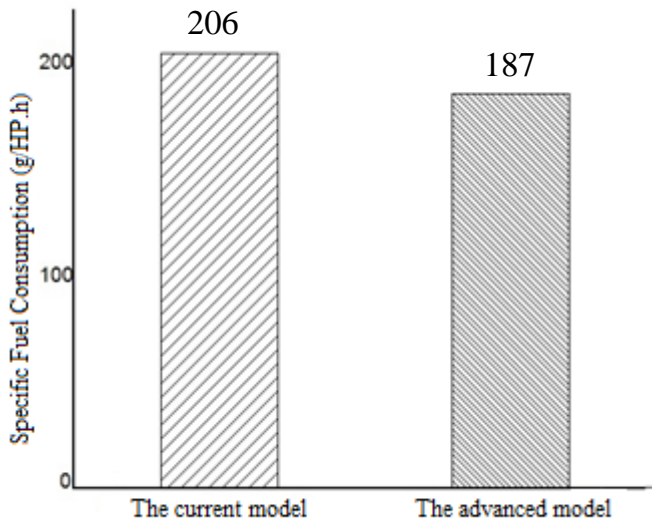


Figure 4.3 The chart comparing Specific fuel consumption between the current and the advanced model

4.2.2.4 Evaluation experimental performance of the VIKYNO RV165-2 with the advanced intake manifold (inside and outside the cylinder head included)

It is similar to the Ansys – ICE simulation results. The experimental result run has proven a significant performance at most speed rate tests. Maximum Power increased by 12,12% from 16,5 Hp to 18,5 Hp, Maximum

Torque (at 1800rpm) by 6,5% from 5,22 Kg.m to 5,56 Kg.m (higher than that is published by the producer on the catalog) and Specific fuel consumption drops by 9,23% from 206 g/Hp.h to 187 g/Hp.h.

These experimental results are certified by Quality Assurance and Testing Center 3.

Chapter 5

CONCLUSION AND FUTURE DEVELOPMENT

5.1 Achievements

VIKYNO RV165-2 with optimized helical intake manifold works more efficiently in terms of max power (11,6% increase) and specific fuel consumption (10,1% decrease) that yield great economic boost.

5.2 New contribution

Nowadays, the demand for the small-size engine with increased capacity utilizing in Agriculture-Forestry-Fishery in Vietnam is surging. Therefore, boosting the locally-built engine's capacity is by all means important. VIKYNO RV165-2 diesel engine with single-cylinder and direct injection achieving 16,5Hp manufactured by SVEAM could be seen as among the most typical Vietnam diesel engine produces.

Nonetheless, it has been present for ten years at which time technology and manufacturing industry are still

on their very first steps, leading to the fact that surfaces are not smooth enough, intake value is quite low,... These factors result in low output of the engine in general.

There is a wide variety of research methods in order to boost the power, lower the specific fuel consumption and make it friendly to the environment. Still, intake manifold optimization method is chosen to put under thorough research because manufacturing and assembling phases would be easier and more economical.

For the first time, VIKYNO RV165-2 intake manifold is modeled automatically under the help of parameterization methodology. This is among the most vital factors facilitating high-speed designs and modifications of the intake manifold in particular.

The automatic simulative calculation process of the VIKYNO RV165-2's intake manifold has not only made it faster and easier for designing but also laid the foundation for researching and applying Science-Technology into the designing process of SVEAM.

The project has pointed out the big picture of the relationship between the volumetric efficiency and swirl ratio for VIKYNO RV165-2.

5.3 Future perspective

Thorough the researching process, the project has achieved positive and productive results in boosting the technological capacity and economic efficiency of the VIKYNO RV165-2. However, there remain some drawbacks including the exclusion of the intake manifold's roughness, the relationship between swirl ratio and tumble ratio,... so as to have the most comprehensive vision of the air-fuel mixture formation inside the intake manifold.

The project only aims to evaluate technological capacity and the economic efficiency of the engine without taking the exhaust fume and pollutants (CO, NO_x, Soot,...) into consideration. These factors are put under strict standards, especially in terms of the 4.0 industry and the world's increasing concerns.