

ỨNG DỤNG CFD NGHIÊN CỨU DÒNG KHÍ QUA BỘ TURBINE CỦA ĐỘNG CƠ XĂNG TĂNG ÁP

APPLICATION OF CFD STUDYING GAS FLOW THROUGH THE TURBINE OF THE GASOLINE ENGINE WHEN THE TURBOCHARGER

Đỗ Duy Hà

Viện Cơ khí Động lực, Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải

TÓM TẮT

Tăng áp ngày càng đóng một vai trò quan trọng trong sự phát triển của động cơ xăng. Động cơ xăng EcoBoost trang bị bộ Turbocharger đã mang lại hiệu quả giúp công suất của động cơ tăng trong khi thể tích động cơ không thay đổi. Khi xe hoạt động trong thành phố, động cơ với dung tích nhỏ sẽ giúp tiết kiệm nhiên liệu và giảm khí thải. Khi xe hoạt động trên đường cao tốc, hệ thống tăng áp hoạt động giúp động cơ hoạt động như với động cơ có dung tích xylanh lớn. Đối với tính toán thiết kế bộ Turbocharger, nếu biết được quá trình vận động của dòng khí sẽ giúp tối ưu về kết cấu, giảm bớt các tổn thất mà vẫn đảm bảo điều kiện hoạt động của hệ thống tăng áp. Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng modul CFD Fluent trong phần mềm Ansys để nghiên cứu về vận động của dòng khí qua Turbine lắp trên động cơ xăng dung tích 1,4 lít. Kết quả nghiên cứu thể hiện về vận tốc dòng khí xả, trường nhiệt độ và áp suất trong bộ Turbine.

Từ khoá: Động cơ xăng; Turbine; CFD Fluent; Tiêu thụ nhiên liệu.

ABSTRACT

Turbocharging is playing an increasingly vital role in the development of gasoline engines. The EcoBoost petrol engine equipped with a Turbocharger has brought the efficiency to help the engine's capacity increase while the engine volume does not change. When the car operates in a small engine city, it will save fuel and reduce emissions. When the vehicle operates on the highway, the turbocharged system works to help the engine operate like a large-cylinder engine. For design calculations of the Turbocharger, if you know the movement of the airflow, it will help optimize the structure and reduce the losses while ensuring the operating conditions of the Turbocharger. In this study, the author uses the CFD Fluent module in Ansys software to study the movement of the gas flow through the turbine mounted on a 1.4-liter petrol engine. The research results show the turbine's exhaust, temperature, and pressure field velocity.

Keywords: Gasoline engine; Turbine; CFD Fluent; Fuel consumption.



1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Một trong những giải pháp tiết kiệm năng lượng và bảo vệ môi trường là nâng cao hiệu quả sử dụng động cơ đốt trong trên phương tiện giao thông bằng tăng áp cho động cơ [1]. Động cơ xăng khi tăng áp sẽ giảm kích thước nhưng vẫn hoạt động như động cơ có công suất lớn. Trong những năm gần đây, một số nhà sản xuất ô tô đã giới thiệu động cơ xăng tăng áp 1,4 lít đến 1,6 lít [2, 3]. Hiệu suất của những động cơ tăng áp này tương tự như của động cơ dung tích 2,0 lít. Mức tiêu thụ nhiên liệu giảm hơn 10% [4].

Trong bài báo này, tác giả đi vào nghiên cứu sử dụng modul CFD Fluent trong phần mềm Ansys để nghiên cứu về vận động của dòng khí qua Turbine lắp trên động cơ xăng dung tích 1,4 lít. Kết quả nghiên cứu thể hiện về vận tốc dòng khí, trường nhiệt độ và áp suất trong bộ Turbine.

2. THÔNG SỐ TURBINE CHO TÍNH TOÁN

Trong nghiên cứu này, bộ tăng áp ứng dụng cho động cơ xăng được nghiên cứu cho động cơ xăng 4 kỳ tăng áp 4 xy-lanh thẳng hàng 1,4 lít hoạt động từ 880 đến 6000 vòng/phút. Turbine được thiết kế để phù hợp với động cơ xăng 1,4 lít và với hệ số tăng áp là 1,5. Khí thải sau khi ra khỏi động cơ được gom lại mà đưa vào Turbine, Turbine được thiết kế để có thể mở hoàn toàn ở tốc độ động cơ 6000 vòng/phút. Bảng 1 cho thấy các thông số thiết kế chính của Turbine.

Bảng 1. Các thông số thiết kế Turbine.

Tên gọi	Giá trị	Đơn vị
Số vòng quay Turbine	87000	vòng/phút
Nhiệt độ đầu vào Turbine	1250	°K
Nhiệt độ đầu ra Turbine	1226	°K
Áp suất đầu vào Turbine	0,161	Mpa
Áp suất đầu ra Turbine	0,146	Mpa
Vận tốc dòng khí đầu vào Turbine	196,9	m/s
Vận tốc dòng khí đầu ra Turbine	156,3	m/s
Số lượng cánh Turbine	12	-
Đường kính ngoài của miệng vào Turbine	61,58	mm
Đường kính trung bình của miệng ra Turbine	27,78	mm

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Chia lưới khi tính toán động lực học (CFD)

Sau khi nhập mô hình vào phần mềm CFD Fluent, tác giả tiến hành chia lưới cho tính toán; lưới dạng lục diện được chọn để tính toán cho Turbine như thể hiện trong Hình 1. Trong nghiên cứu này, các tác giả sử dụng chia lưới là 500000 ô, thể tích một ô lưới là $2,779 \times 10^{-8} \text{m}^3$, 289245 nút, 1586290 phần tử.



Hình 1. Các tế bào khí thải và các tế bào chia lưới.

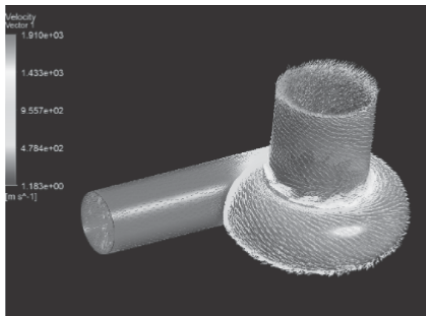
3.2. Phân tích động học dòng khí chuyển động qua Turbine

Mô phỏng các thông số tốc độ dòng khí, áp suất, nhiệt độ trên các cánh của Turbine được tính toán tại tốc

độ 6000 vòng/phút và 100% tải của động cơ. Kết quả của tính toán CFD sẽ được phân tích như sau:

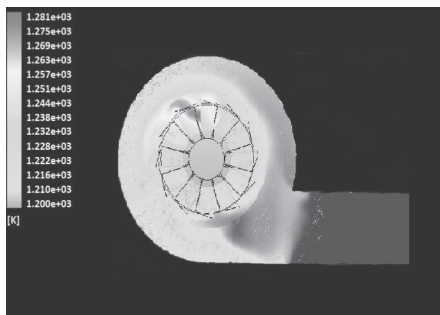
- Mô phỏng vận tốc:

Kết quả về vận tốc dòng khí thải trong Turbine được thể hiện như trên Hình 2, vận tốc của dòng khí ở phía dưới Turbine bị chậm lại và hình thành chuyển động xoáy trong Turbine. Vận tốc dòng khí biến thiên từ 1,183 m/s và có những vị trí có thể đạt 1910 m/s.



Hình 2. Mô phỏng hướng dòng khí thải di chuyển.

- Mô phỏng nhiệt độ:



Hình 3. Mô phỏng nhiệt độ không khí.

Đối với tốc độ quay của Turbine là 87000 vòng/phút, nhiệt độ đầu vào Turbine 1250 °K. Sự phân bố nhiệt độ trong bộ Turbine có thể được nhìn thấy như trên Hình 3 với sự biến thiên nhiệt độ từ 1220 °K đến 1281 °K, dòng không khí thải bị giãn nở trong Turbine khiến nhiệt độ đầu ra của Turbine là 1226 °K.

- Mô phỏng áp suất:



Hình 4. Đường phân bố áp suất trong Turbine.

Trên Hình 4 cho thấy áp suất khí thải ở đầu vào của cánh Turbine là 0,161 Mpa và ở đầu ra của Turbine là 0,146 Mpa. Việc chuyển đổi động năng quay thành áp suất đã tạo ra một lượng khí bị nén có áp suất lớn nhất trong Turbine là 0,181 Mpa.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy việc sử dụng động học chất lỏng tính toán (CFD Fluent) đã giúp hiểu rõ hơn về chuyển động của dòng chảy qua Turbine của động cơ cơ tăng áp. Khi xét vận tốc, nhiệt độ, áp suất dòng khí thải qua Turbine, ta có thể đánh giá được mật độ dòng khí, giá trị tại các vị trí trong Turbine. ❖

Ngày nhận bài: 14/10/2024

Ngày phản biện: 05/11/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Leduc P, Dubar B, Ranini A, 2023. "Downsizing of gasoline engine: An efficient way to reduce CO₂ emissions". Oil & Gas Science and Technology, 58, 115-127.
- [2]. Kasseris E P, Heywood J B, 2007. "Comparative analysis of automotive powertrain choices for the next 25 years". SAE Technical Paper, 116(5), 626-647.
- [3]. Petitjean, D., Bernardini, L., Middlemass, C., and Shahed, S., 2004. "Advanced gasoline engine turbocharging technology for fuel economy improvements". SAE Technical Paper, 2004-01-0988.
- [4]. Lake, T., Stokes, J., Murphy, R., Osborne, R. et al., 2004. "Turbocharging concepts for downsized DI gasoline engines". SAE Technical Paper, 2004-01-0036.