



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ



1-0034602

(51)^{2020.01} F02C 3/36; G01M 15/14; G01M 99/00; (13) B
G01M 15/00

(21) 1-2020-00034

(22) 02/01/2020

(45) 25/01/2023 418

(43) 25/02/2020 383A

(73) Tập đoàn Công nghiệp - Viễn thông Quân đội (VN)

Lô D26 Khu đô thị mới Cầu Giấy, phường Yên Hoà, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

(72) Nguyễn Quang Hải (VN); Nguyễn Trường Giang (VN); Phạm Công Ánh (VN); Bùi Xuân Long (VN).

(74) Công ty TNHH Tư vấn Quốc Dân (NACILAW)

(54) PHƯƠNG PHÁP THỬ NGHIỆM BUỒNG ĐỐT DẠNG VÀNH KHĂN CỦA ĐỘNG CƠ TUA-BIN TẠI ĐIỀU KIỆN MÔI TRƯỜNG KHÍ QUYỂN VÀ CƠ SỞ HẠ TẦNG GIỚI HẠN

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp thử nghiệm buồng đốt dạng vành khăn của động cơ tua-bin tại điều kiện môi trường khí quyển và cơ sở hạ tầng giới hạn bao gồm sáu bước cụ thể như sau: bước 1: xây dựng cấu hình thử nghiệm; bước 2: xây dựng các tham số hoạt động quy chuẩn của buồng đốt tại điều kiện khí quyển; bước 3: thiết lập cấu hình hạ tầng thử nghiệm tương ứng; bước 4: thử nghiệm buồng đốt tại các điểm làm việc khác nhau của dải hoạt động; bước 5: ghi lại các tham số và xây dựng đường đặc tính khởi động và hoạt động của buồng đốt; bước 6: phân tích, so sánh với các tham số thiết kế để căn chỉnh thiết kế hoặc điều kiện thử nghiệm mới.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề xuất phương pháp thử nghiệm buồng đốt động cơ tua-bin tại điều kiện môi trường khí quyển và cơ sở hạ tầng giới hạn. Cụ thể, phương pháp trong sáng chế này chỉ sử dụng hạ tầng đơn giản hoặc rút gọn nhưng vẫn giúp phân tích và đánh giá tham số hoạt động của buồng đốt. Quy trình đặc biệt thích hợp dành cho các dự án nghiên cứu hoặc giai đoạn đầu trong việc phát triển sản phẩm buồng đốt.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Đối với buồng đốt dạng vành khăn, có một nhược điểm của loại buồng đốt này là yêu cầu lượng khí lớn để được thử nghiệm tại điều kiện hoạt động thiết kế. Các thử nghiệm như vậy đòi hỏi nguồn lực và cơ sở hạ tầng phức tạp (cần cung cấp một lưu lượng lớn khí nén ở áp suất và nhiệt độ cao, khả năng kiểm soát an toàn, thiết bị đo tin cậy) thường được trang bị ở các cơ sở sản xuất lớn trên thế giới, hoặc các phòng thử nghiệm quốc gia của các nước phát triển (ví dụ NASA của Mỹ, JAXA của Nhật, ONERA của Pháp).

Động cơ phản lực nói chung và hệ thống buồng đốt nói riêng là sản phẩm làm việc trong điều kiện đặc thù với nhiệt độ và áp suất cao, đòi hỏi công nghệ thiết kế và chế tạo đặc biệt. Hiện nay không có quy luật hoặc phương pháp tổng thể nào để chế tạo buồng đốt loại này, mà chủ yếu được thiết kế và tối ưu trực tiếp bởi các công ty chế tạo thông qua kinh nghiệm thực tiễn (dựa trên các sản phẩm đã chế tạo trước đó), công thức thực nghiệm đến từ các thử nghiệm cháy nhiều loại của buồng đốt trong xưởng thử nghiệm.

Các hãng sản xuất động cơ tua-bin lớn trên thế giới đều có cơ sở hạ tầng đồng bộ và đầy đủ để thử nghiệm và đánh giá đầy đủ các tính năng của buồng đốt. Đối với buồng đốt dạng vành khăn dành cho động cơ phản lực một luồng, sáng chế đưa ra các tiêu chí thử nghiệm sau đây tại điều kiện khí quyển:

- Thử nghiệm khả năng đánh lửa tại điều kiện khởi động, thử nghiệm khả năng cháy và sự ổn định cháy tại điều kiện làm việc thực tế. Kết quả thử nghiệm sẽ xác nhận miền hoạt động của động cơ thông qua biểu đồ liên hệ giữa lưu lượng khí

vào và tỷ lệ trộn khí/nhiên liệu như trong hình 1. Tùy theo cấu trúc buồng đốt mà có các thử nghiệm thành phần chi tiết hơn, thông thường chia ra các loại thử nghiệm như sau:

- + Thử nghiệm vùng cháy chính tại điều kiện khí quyền để kiểm tra đánh lửa và ổn định cháy tại vùng cháy chính.
- + Thử nghiệm cả buồng đốt (bao gồm vùng cháy chính, vùng cháy phụ và vùng hòa trộn) tại điều kiện khí quyền để kiểm tra tính ổn định cháy tại cả buồng đốt.
- Thử nghiệm buồng đốt động cơ tại điều kiện khí quyền để xây dựng đặc tính hoạt động của động cơ, thông qua các tham số: độ sụt áp suất, hiệu suất cháy, nhiệt độ cháy, hình ảnh lửa và độ ổn định cháy. Đây cũng là những tham số được kiểm soát thông qua thiết kế của buồng đốt theo những mục tiêu cụ thể. Trên cơ sở kết quả thử nghiệm đạt được, các hệ thống trên buồng đốt (hệ thống phun nhiên liệu và trộn khí, hệ thống đánh lửa, hệ thống vỏ và cấu trúc buồng đốt) sẽ được căn chỉnh hoặc tối ưu thiết kế cho phù hợp với mục tiêu đặt ra.

Trong mỗi dự án nghiên cứu phát triển, buồng đốt thường được thiết kế và tối ưu, chủ yếu dựa trên thử nghiệm. Cho đến nay, chưa có nhiều lý thuyết và phương pháp thiết kế tin cậy dựa trên tính toán và ước lượng lý thuyết, vì bản chất buồng đốt là hiện tượng đa vật lý, nhiều pha, phức tạp và rất khó kiểm soát. Do vậy, việc thử nghiệm riêng phần buồng đốt là một bước bắt buộc trên con đường làm chủ công nghệ động cơ tua-bin. Để có thể thử nghiệm tại đúng điều kiện hoạt động, các tham số lưu lượng, áp suất và nhiệt độ khí vào buồng đốt cần được đảm bảo đúng như thực tế, điều này đòi hỏi một cơ sở hạ tầng lớn và phức tạp, sử dụng nguồn công suất lớn (điện cao áp hoặc máy phát sử dụng đi-ê-zen tại chỗ). Thông thường các cơ sở lớn như vậy được đầu tư và khai thác một cách tập trung bởi một cơ quan quản lý (thường là nhà nước hoặc quân đội) một cách độc lập với doanh thu, chi phí đầu tư và vận hành phù hợp.

Ở Việt Nam, việc phát triển động cơ nói chung và buồng đốt nói riêng vẫn cần phải thông qua quy trình thử nghiệm này. Tuy nhiên, với điều kiện cơ sở hạ tầng hạn chế (chưa có khu thử nghiệm tin cậy và an toàn cho ngành hàng không, các thiết bị đo còn sơ

sai và chưa thông dụng), việc thực hiện những thử nghiệm như vậy là không thể, hoặc cần yêu cầu thời gian và kinh phí đầu tư rất lớn và bài bản.

Do vậy, các tác giả đã đề xuất một giải pháp giúp tiết kiệm chi phí nghiên cứu, thiết kế và sản xuất, tăng khả năng kiểm soát rủi ro và làm chủ các thiết bị trên toàn bộ hệ thống tổng thể của buồng đốt. Về mặt khoa học, thông qua phương pháp kiểm soát các đại lượng quy chuẩn, sáng chế cung cấp một cơ sở khoa học và công nghệ cho các lĩnh vực liên quan đến thiết kế và phát triển và thử nghiệm hệ thống buồng đốt.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề cập đến phương pháp thử nghiệm buồng đốt dạng vành khăn của động cơ tua-bin trong điều kiện khí quyển chỉ cần một cơ sở thử nghiệm với năng lực giới hạn. Chỉ với một nguồn khí nén giới hạn (lưu lượng, áp suất thấp hơn điểm làm việc thực tế của buồng đốt), kết quả thử nghiệm vẫn có ý nghĩa và thông qua việc kiểm soát và phương pháp phân tích các tham số quy chuẩn của buồng đốt. Các tham số này bao gồm: lưu lượng khí quy chuẩn; hệ số tải; tỷ lệ trộn nhiên liệu/khí; hiệu suất buồng đốt; sự phân bố nhiệt độ tại đầu ra của buồng đốt.

Để thực hiện mục đích trên, phương pháp thử nghiệm buồng đốt dạng vành khăn của động cơ tua-bin tại điều kiện môi trường khí quyển và cơ sở hạ tầng giới hạn bao gồm sáu bước cụ thể như sau: bước 1: xây dựng cấu hình thử nghiệm; bước 2: xây dựng các tham số hoạt động quy chuẩn của buồng đốt tại điều kiện khí quyển; bước 3: thiết lập cấu hình hạ tầng thử nghiệm tương ứng; bước 4: thử nghiệm buồng đốt tại các điểm làm việc khác nhau của dải hoạt động; bước 5: ghi lại các tham số và xây dựng đường đặc tính khởi động và hoạt động của buồng đốt; bước 6: phân tích, so sánh với các tham số thiết kế để căn chỉnh thiết kế hoặc điều kiện thử nghiệm mới.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ minh họa miền khởi động và hoạt động của động cơ;

Hình 2 là sơ đồ minh họa các bước trong sáng chế;

Hình 3 là sơ đồ thử nghiệm hoạt động của buồng đốt;

Hình 4 là sơ đồ hệ thống cung cấp khí nén;

Hình 5 là hình vẽ minh họa hai chế độ làm việc ở hai điều kiện đầu vào khác nhau.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế đề xuất phương pháp thử nghiệm buồng đốt động cơ tua-bin tại điều kiện môi trường khí quyển và cơ sở hạ tầng giới hạn thông qua việc xây dựng bài thử và phân tích kết quả thử nghiệm qua các tham số quy chuẩn bao gồm:

Lưu lượng khí quy chuẩn:

Khi thử nghiệm động cơ, dù không đảm bảo các điều kiện lưu lượng và áp suất khí được như đúng giá trị thiết kế, ta vẫn có thể thiết lập được các chế độ làm việc ở chế độ tương đương.

Ở hình 5, hai chế độ được đưa ra với hai điều kiện đầu vào khác nhau, nhưng cùng cung cấp một lưu lượng chuẩn hóa giống nhau. Tại điều kiện làm việc thiết kế (design point): lưu lượng khí cần cung cấp cho buồng đốt là 7kg/s tại áp suất 4.5 bar và nhiệt độ 480K. Tại điều kiện môi trường khí quyển, với áp suất và nhiệt độ khí quyển là 1.1 bar (áp suất tổng, có tính đến động năng của dòng khí nén) và 288K, có thể tính ra lưu lượng quy chuẩn tương ứng là 2.2kg/s, thông qua công thức như sau:

$$m_{a-corrected} = \frac{m_a \sqrt{T^*}}{P^*} = \frac{7 * \sqrt{480}}{4.5} = \frac{2.2 * \sqrt{288}}{1.1}$$

Giá trị lưu lượng khí này hoàn toàn có thể được đáp ứng dễ dàng bởi các máy nén khí thông thường trong công nghiệp.

Hệ số tải:

Hệ số tải của buồng đốt trong thử nghiệm ở điều kiện khí quyển cao hơn so với hệ số tải trong hoạt động thực tế của động cơ. Điều này dẫn tới kết quả là động cơ sẽ hoạt động ở tải lớn hơn ở thử nghiệm, do đó hiệu suất thấp hơn (theo như biểu đồ đặc tính thực nghiệm giới thiệu trong hình 3).

Đối với cùng một ví dụ ở trên (đối với buồng đốt có thể tích V khoảng 0.02 m³), hệ số tải của điều kiện hoạt động thiết kế là $m_{fuel} = FAR * m_{air-test} = 17.8$, trong khí đó hệ số

tải của thử nghiệm tại điều kiện khí quyển là $L = \frac{2.2}{1.1^{1.8} \times V \times 10^{0.00145 \times (288-400)}} = 134.7$

Như vậy hệ số tải tại điều kiện thử nghiệm cao gấp khoảng 7.5 lần hệ số tải tại điều kiện hoạt động thiết kế. Hệ số tải tại điều kiện khí quyển cao hơn so với hệ số tải tại điều kiện hoạt động thiết kế. Do đó, thử nghiệm tại điều kiện khí quyển sẽ là điều kiện đủ và chặt hơn (conservative) khi cần đảm bảo hoạt động của buồng đốt ở một hệ số tải nhất

định.

Tỷ lệ trộn nhiên liệu/khí:

Đối với thử nghiệm tại điều kiện khí quyển, do lưu lượng khí vào buồng đốt là khác so với lưu lượng thực tế, tỷ lệ nhiên liệu/khí vẫn có thể dễ dàng được đảm bảo. Do vậy trong điều kiện thử nghiệm khí quyển, lưu lượng nhiên liệu được ước tính dựa trên lưu lượng khí và tỷ lệ trộn lý thuyết.

$$m_{fuel} = FAR * m_{air-test}$$

Hiệu suất buồng đốt:

Hiệu suất buồng đốt được tính theo công thức rút gọn bên trên, trong đó các giá trị nhiệt độ đều thấp hơn sơ với giá trị thật ở điều kiện hoạt động của động cơ, tuy nhiên công thức hiệu suất này vẫn luôn có ý nghĩa.

$$\eta_{combustion} = \frac{m_{fid}}{m_f} \approx \frac{T_{ex} - T_a}{T_{exid} - T_a}$$

Trong đó m_{fid} , T_{ex} , T_{exid} , T_a là các giá trị đo được trực tiếp hoặc tính toán lý thuyết tại điều kiện thử nghiệm khí quyển.

Phân bố nhiệt độ tại đầu ra của buồng đốt:

Phân bố nhiệt độ tại đầu ra buồng đốt được tính theo công thức như sau:

$$\eta_{combustion} = \frac{T_{max} - T_4}{T_4 - T_3}$$

Trong đó T_{max} , T_4 , T_3 các giá trị cảm đo được trực tiếp hoặc tính toán lý thuyết tại điều kiện thử nghiệm khí quyển.

Lấy các tham số quy chuẩn trên làm cơ sở, tham chiếu hình 2, phương pháp trong sáng chế được trình bày cụ thể như sau:

- Bước 1: xây dựng cấu hình thử nghiệm.

Xây dựng các thông tin về buồng đốt, chế độ hoạt động, đặc tính hoạt động và các tham số liên quan tại chế độ làm việc theo thiết kế. Xác định các vùng cháy trong buồng đốt bao gồm vùng cháy chính, vùng cháy phụ và vùng hòa trộn, xác định nhiệt độ sau phản ứng cháy tại mỗi vùng.

Vùng hoạt động của buồng đốt sẽ được giới hạn bởi đường khởi động, và đường hoạt động ổn định. Hai đường này là đặc tính của buồng đốt dựa trên tỷ lệ trộn nhiên

liệu/khí cụ thể, các đặc tính này cần được xác định cụ thể cho mỗi loại buồng đốt, được miêu tả như trong hình 1.

- Bước 2: xây dựng các tham số hoạt động quy chuẩn của buồng đốt tại điều kiện khí quyển.

Từ thông tin về buồng đốt và sự cháy trong buồng đốt, xây dựng các tham số quy chuẩn tại điều kiện khí quyển như đã trình bày trước đó, các tham số này sẽ là quy định cấu hình thiết bị và hạ tầng thử nghiệm trong điều kiện khí quyển, hạ tầng thử nghiệm này thông thường sẽ đơn giản và gọn nhẹ hơn rất nhiều so với hạ tầng thử nghiệm trong điều kiện hoạt động của buồng đốt.

Lập mô hình tính toán lý thuyết buồng đốt tại điều kiện thử nghiệm khí quyển, tính các giá trị lý thuyết của T_{exid} , T_a , T_4 , T_3 (thông thường sử dụng mô hình toán học 0D).

- Bước 3: thiết lập cấu hình hạ tầng thử nghiệm tương ứng.

Hạ tầng thử nghiệm tương ứng bao gồm hệ thống cung cấp nhiên liệu (hình 3) và hệ thống cung cấp khí nén (hình 4).

Tham chiếu hình 3, hệ thống cung cấp nhiên liệu bao gồm bình chứa nhiên liệu 1, lọc thô nhiên liệu (kích thước lọc 200 micro) 2, bơm nhiên liệu 3, cảm biến lưu lượng nhiên liệu 4, van điện từ đóng/mở 5, lọc tinh nhiên liệu (kích thước lọc 50 micro) 6, buồng đốt dạng vành khăn 7 cần thử nghiệm, van điều chỉnh lưu lượng khí 8. Theo đó, hệ thống cung cấp nhiên liệu có chức năng cung cấp nhiên liệu với áp suất và lưu lượng cho trước cho buồng đốt, thông qua hệ thống phân phối nhiên liệu, lọc nhiên liệu có chức năng lọc nhiên liệu theo tiêu chuẩn thiết kế, van điện từ đóng/mở theo quy trình thử nghiệm, cảm biến đo lưu lượng nhiên liệu để điều chỉnh lưu lượng cần thiết.

Tham chiếu hình 4, sơ đồ hệ thống cung cấp khí nén bao gồm máy nén cung cấp lưu lượng khí 9, van điều chỉnh lưu lượng 10, cảm biến nhiệt độ 11, cảm biến áp suất 12, thiết bị đo lưu lượng khí 13, buồng đốt vành khăn 7. Theo đó, hệ thống cung cấp khí nén cung cấp khí cho buồng đốt với lưu lượng và áp suất theo thiết kế, hệ thống van để kiểm soát lưu lượng khí đi vào buồng đốt, van đóng/mở cơ học hoặc điện tử, cảm biến và hệ thống đo lưu lượng, áp suất khí.

Ngoài ra, cần thêm hệ thống đo và giám sát thử nghiệm buồng đốt bao gồm: cảm biến đo nhiệt độ sau buồng đốt, cảm biến đo áp suất sau buồng đốt, hệ thống camera theo dõi quá trình đánh lửa và cháy của buồng đốt.

- Bước 4: thử nghiệm buồng đốt tại các điểm làm việc khác nhau của dải hoạt động.

Tiến hành thử nghiệm buồng đốt theo thứ tự tăng dần độ phức tạp, mỗi bài thử luôn tuân thủ điều kiện thử nghiệm dựa trên các tham số quy chuẩn và hạ tầng đã được xây dựng.

- + Thử buồng đốt rút gọn tại điều kiện dòng mát (chỉ có khoang cháy chính và khoang cháy phụ) trên giá thử, kết nối các cảm biến, căn chỉnh lưu lượng khí theo đúng tham số quy chuẩn.
- + Thử buồng đốt rút gọn tại điều kiện cháy (chỉ có khoang cháy chính và khoang cháy phụ) trên giá thử, kết nối kết nối hệ thống cung cấp nhiên liệu và các cảm biến, căn chỉnh lưu lượng khí và lưu lượng nhiên liệu theo đúng tham số quy chuẩn. Thử nghiệm tại nhiều tỷ lệ trộn khí/nhiên liệu và tổng hợp lại các khả năng đánh lửa/cháy ổn định của buồng đốt tại các tỷ lệ này.
- + Thử buồng đốt đầy đủ tại điều kiện cháy trên giá thử. Kết nối các hệ thống và thực hiện bài thử giống như ở trên
- Bước 5: ghi lại các tham số và xây dựng đường đặc tính khởi động và hoạt động của buồng đốt.

Trong quá trình thử nghiệm, quan sát và ghi lại các giá trị đo được của các tham số liệt kê ở trên, điều chỉnh hoặc xử lý dữ liệu thử nghiệm để có giá trị tin cậy theo bảng mẫu dưới đây.

Số vòng quay của ĐC	Lưu lượng khí m_a (kg/s)	Lưu lượng nhiên liệu m_f (g/s)	Áp suất đầu vào buồng đốt (Pa)	Áp suất đầu ra buồng đốt (Pa)	Nhiệt độ trung bình đầu vào buồng đốt (Kelvin)	Nhiệt độ trung bình đầu ra buồng đốt (Kelvin)	Nhiệt độ max đầu ra buồng đốt (Kelvin)
Giá trị	Giá trị	Giá trị	Giá trị	Giá trị	Giá trị đo	Giá trị đo	Giá trị đo

đo	đo	đo	đo	đo			
----	----	----	----	----	--	--	--

Từ đó xây dựng đường đặc tính khởi động hoặc hoạt động ổn định của buồng đốt ở điều kiện khí quyển theo hình 3.

- Bước 6: phân tích, so sánh với các tham số thiết kế để căn chỉnh thiết kế hoặc điều kiện thử nghiệm mới.

Từ các giá trị đo được đã được điều chỉnh và xử lý dữ liệu tại bước 5, tiến hành phân tích các đường đặc tính khởi động và hoạt động ổn định của buồng đốt, phân tích hiệu suất cháy thông qua giá trị nhiệt độ đo được theo bảng mẫu dưới đây

Tồn thất áp suất lý thuyết	Hiệu suất buồng đốt lý thuyết	Phân bố nhiệt độ sau buồng đốt dự kiến (từ mô hình tính toán dòng chảy cháy 3D của buồng đốt)	Hệ số tải lý thuyết	Hệ số tải thực tế thử nghiệm	Tồn thất áp suất	Hiệu suất buồng đốt	Phân bố nhiệt độ sau buồng đốt
Giá trị lý thuyết	Giá trị lý thuyết	Giá trị mô phỏng 3D dòng cháy	Giá trị lý thuyết	Giá trị tính từ thực nghiệm	Giá trị tính từ thực nghiệm	Giá trị tính từ thực nghiệm	Giá trị tính từ thực nghiệm

Cuối cùng, kết quả thu được là bảng giá trị các tham số thử nghiệm và giá trị lý thuyết tương ứng. Bảng giá trị này là cơ sở cho kỹ sư thiết kế phân tích, căn chỉnh và thay đổi thiết kế cho phù hợp với mục tiêu thiết kế. Đối với mỗi thay đổi trong thiết kế, quy trình thử nghiệm như trên được lặp lại một cách hệ thống.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp thử nghiệm buồng đốt dạng vành khăn của động cơ tua-bin tại điều kiện môi trường khí quyển và cơ sở hạ tầng giới hạn bao gồm sáu bước cụ thể như sau:

bước 1: xây dựng cấu hình thử nghiệm; tại bước này cần xây dựng các thông tin về buồng đốt, chế độ hoạt động, đặc tính hoạt động và các tham số liên quan tại chế độ làm việc theo thiết kế; xác định các vùng cháy trong buồng đốt bao gồm vùng cháy chính, vùng cháy phụ và vùng hòa trộn, xác định nhiệt độ sau phản ứng cháy tại mỗi vùng; vùng hoạt động của buồng đốt sẽ được giới hạn bởi đường khởi động, và đường hoạt động ổn định; hai đường này là đặc tính của buồng đốt dựa trên tỷ lệ trộn nhiên liệu/khí cụ thể, các đặc tính này cần được xác định cụ thể cho mỗi loại buồng đốt;

bước 2: xây dựng các tham số hoạt động quy chuẩn của buồng đốt tại điều kiện khí quyển; từ thông tin về buồng đốt và sự cháy trong buồng đốt, xây dựng các tham số quy chuẩn tại điều kiện khí quyển, các tham số này sẽ là quy định cấu hình thiết bị và hạ tầng thử nghiệm trong điều kiện khí quyển, hạ tầng thử nghiệm này thông thường sẽ đơn giản và gọn nhẹ hơn rất nhiều so với hạ tầng thử nghiệm trong điều kiện hoạt động của buồng đốt;

bước 3: thiết lập cấu hình hạ tầng thử nghiệm tương ứng; hạ tầng thử nghiệm tương ứng bao gồm hệ thống cung cấp nhiên liệu và hệ thống cung cấp khí nén, trong đó:

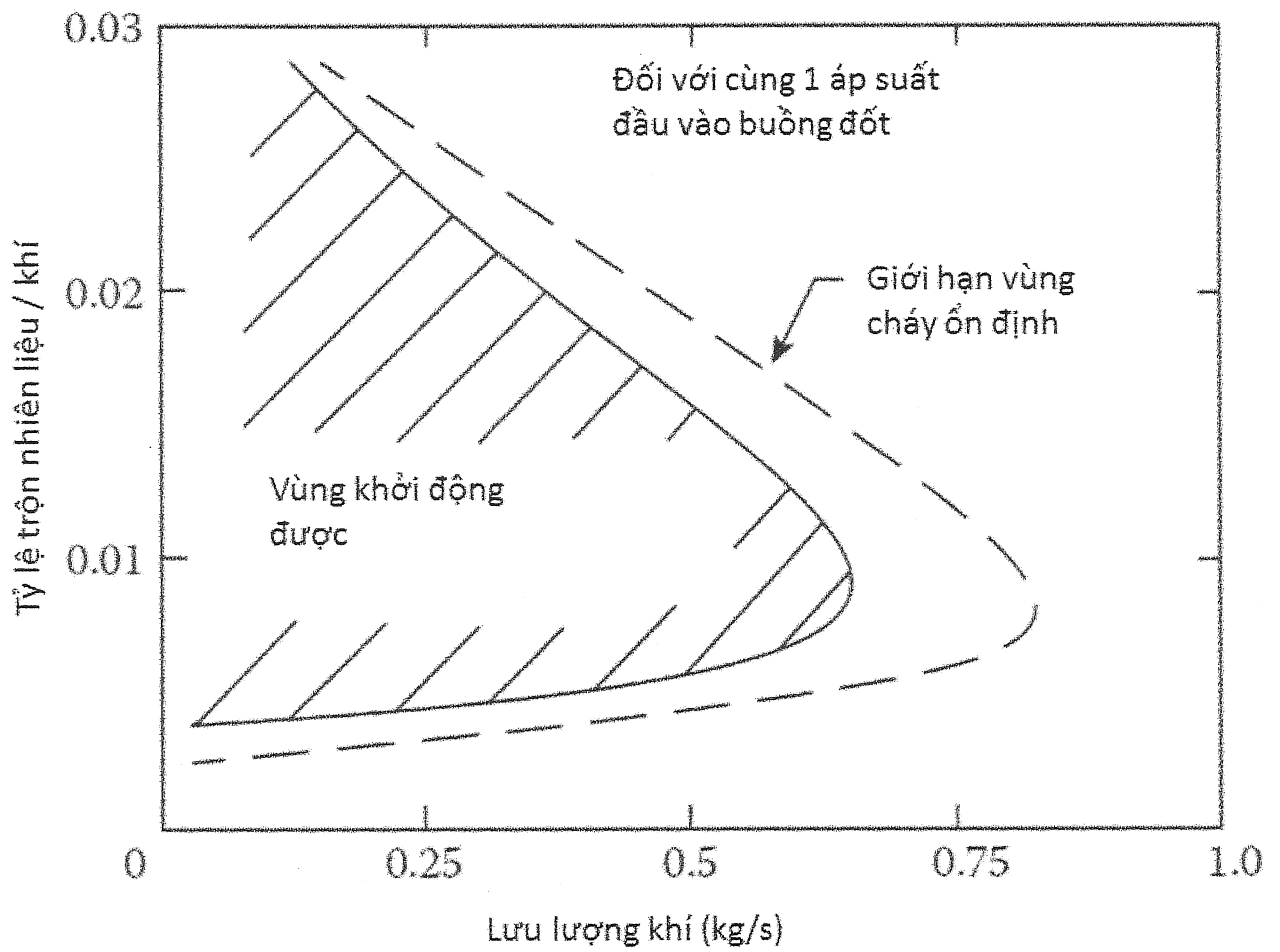
hệ thống cung cấp nhiên liệu có chức năng cung cấp nhiên liệu với áp suất và lưu lượng cho trước cho buồng đốt, thông qua hệ thống phân phối nhiên liệu, lọc nhiên liệu có chức năng lọc nhiên liệu theo tiêu chuẩn thiết kế, van điện từ đóng/mở theo quy trình thử nghiệm, cảm biến đo lưu lượng nhiên liệu để điều chỉnh lưu lượng cần thiết;

hệ thống cung cấp khí nén cung cấp khí cho buồng đốt với lưu lượng và áp suất theo thiết kế, hệ thống van để kiểm soát lưu lượng khí đi vào buồng đốt, van đóng/mở cơ học hoặc điện tử, cảm biến và hệ thống đo lưu lượng, áp suất khí.

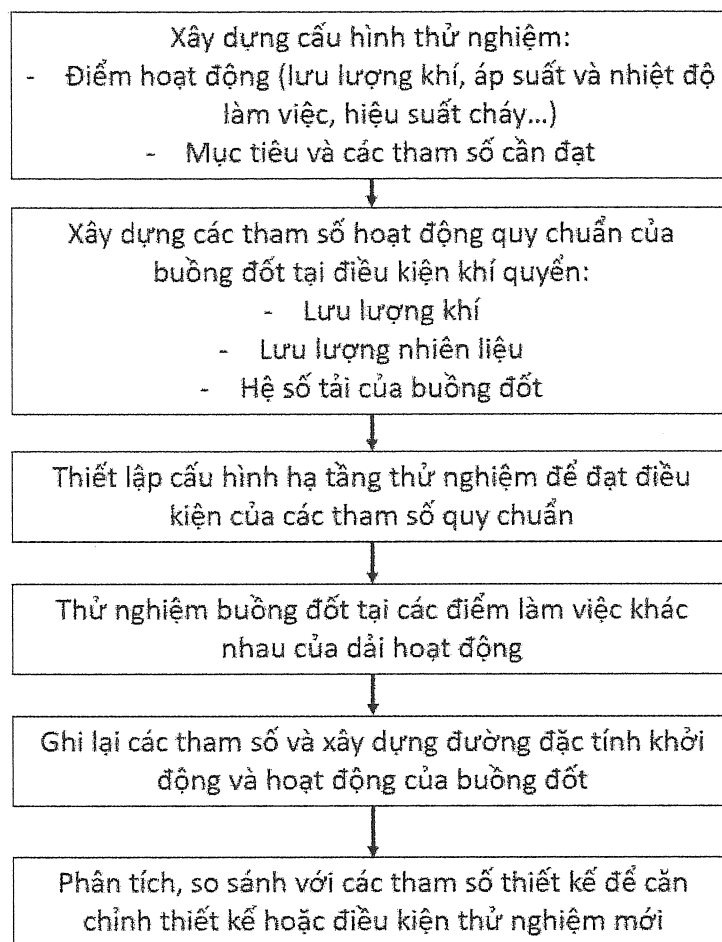
bước 4: thử nghiệm buồng đốt tại các điểm làm việc khác nhau của dải hoạt động; tại bước này, tiến hành thử nghiệm buồng đốt theo thứ tự tăng dần độ phức tạp, mỗi bài thử luôn tuân thủ điều kiện thử nghiệm dựa trên các tham số quy chuẩn và hạ tầng đã được xây dựng, các bài thử bao gồm: thử buồng đốt rút gọn tại điều kiện dòng mát trên giá thử, thử buồng đốt rút gọn tại điều kiện cháy trên giá thử, thử buồng đốt đầy đủ tại điều kiện cháy trên giá thử;

bước 5: ghi lại các tham số và xây dựng đường đặc tính khởi động và hoạt động của buồng đốt; tại bước này, tiến hành quan sát và ghi lại các giá trị đo được của các tham số, điều chỉnh hoặc xử lý dữ liệu thử nghiệm để có giá trị tin cậy theo bảng mẫu; từ đó xây dựng đường đặc tính khởi động hoặc hoạt động ổn định của buồng đốt ở điều kiện khí quyển;

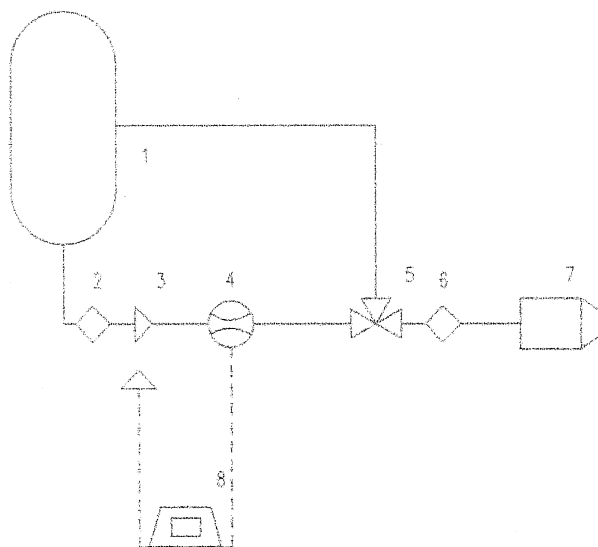
bước 6: phân tích, so sánh với các tham số thiết kế để căn chỉnh thiết kế hoặc điều kiện thử nghiệm mới; từ các giá trị đo được đã được điều chỉnh và xử lý dữ liệu tại bước 5, tiến hành phân tích các đường đặc tính khởi động và hoạt động ổn định của buồng đốt, phân tích hiệu suất cháy thông qua giá trị nhiệt độ đo được theo bảng mẫu; kết thúc bước này, kết quả thu được là bảng giá trị các tham số thử nghiệm và giá trị lý thuyết tương ứng; bảng giá trị này là cơ sở cho kỹ sư thiết kế phân tích, căn chỉnh và thay đổi thiết kế cho phù hợp với mục tiêu thiết kế; đối với mỗi thay đổi trong thiết kế, quy trình thử nghiệm như trên được lặp lại một cách hệ thống.



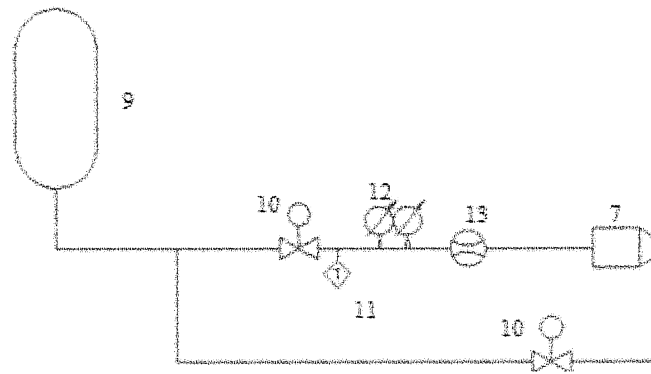
Hình 1



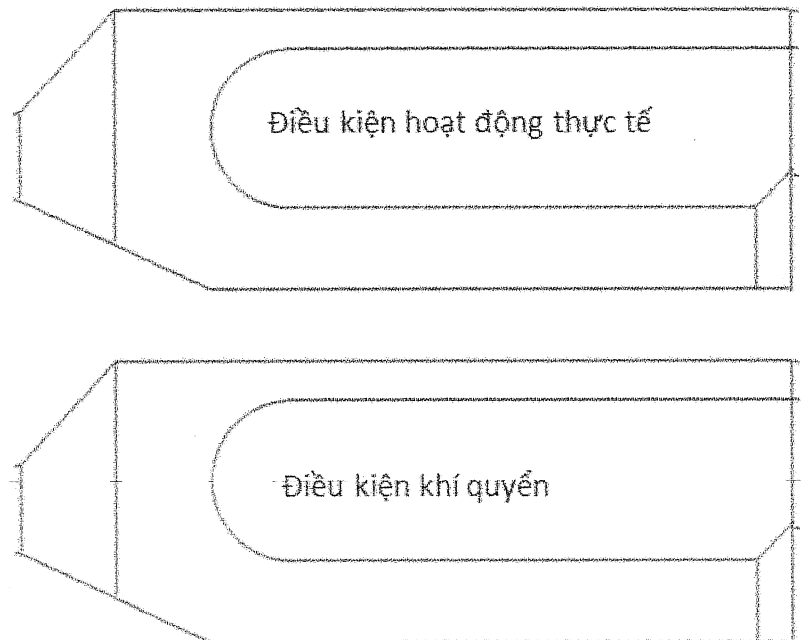
Hình 2



Hình 3



Hình 4



Hình 5