



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

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

(11)



1-0053762

(51)^{2024.01} G06F 30/20; G06F 30/15; G06F 30/17 (13) B

(21) 1-2020-00038

(22) 02/01/2020

(45) 25/11/2025 452

(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

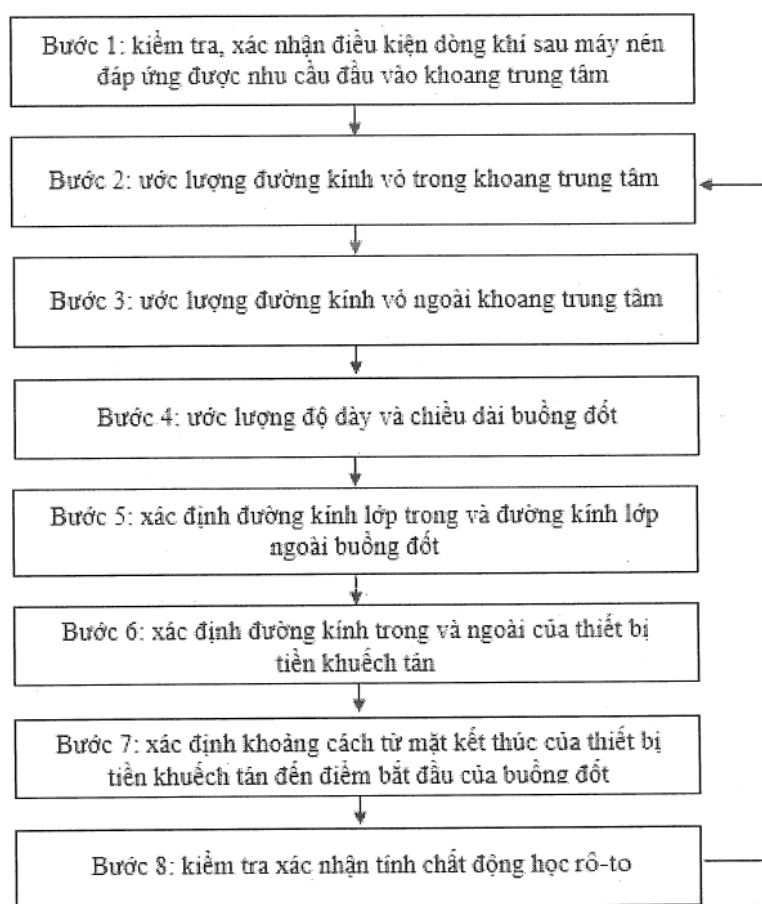
(72) Nguyễn Trường Giang (VN); Nguyễn Quang Hải (VN); Bùi Xuân Long (VN); Phạm Văn Sơn (VN).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ KHÍ ĐỘNG HỌC KHOANG TRUNG TÂM ĐỘNG
CƠ TUA-BIN KHÍ CỖ NHỎ

(21) 1-2020-00038

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp thiết kế khí động học cho khoang trung tâm động cơ tua-bin khí cỡ nhỏ, bao gồm 8 bước sau: bước 1: kiểm tra nếu điều kiện dòng khí sau máy nén đáp ứng được yêu cầu đầu vào khoang trung tâm; bước 2: ước lượng đường kính vỏ trong khoang trung tâm dựa vào kinh nghiệm thực tế; bước 3: ước lượng đường kính vỏ ngoài khoang trung tâm; bước 4: ước lượng độ dày và chiều dài buồng đốt; bước 5: xác định đường kính lớp trong và đường kính lớp ngoài buồng đốt; bước 6: xác định đường kính trong và ngoài tại mặt kết thúc của thiết bị tiền khuếch tán; bước 7: xác định khoảng cách từ mặt kết thúc của thiết bị tiền khuếch tán đến điểm bắt đầu của buồng đốt (khoảng đứt dòng); bước 8: kiểm tra tính chất động học rô-to để xác định nếu bán kính trực giả định trong bước 2 thỏa mãn yêu cầu.



Hình 2

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp thiết kế khí động học khoang trung tâm động cơ tua-bin khí cỡ nhỏ. Khoang trung tâm được định nghĩa từ mặt kết thúc của máy nén tới mặt bắt đầu của sta-to tua-bin. Khoang trung tâm bao gồm thiết bị tiền khuếch tán, các lớp trong và lớp ngoài buồng đốt, vòm buồng đốt, vỏ trong và vỏ ngoài. Khoảng không gian giữa điểm kết thúc của thiết bị tiền khuếch tán và mặt vòm buồng đốt hình thành nên khoảng đút dòng (dump region); khoảng không gian giữa vỏ trong và lớp trong hình thành nên kênh trong; tương tự như thế là kênh ngoài giữa lớp ngoài và vỏ ngoài.

Sáng chế này không nhằm mục đích thiết kế các lỗ trên các lớp và vòm buồng đốt để phân phối khí bên trong buồng đốt. Thực tế, đó là công việc thiết kế buồng đốt. Thay vào đó, sáng chế này tập trung vào việc định cỡ và định vị các lớp và vòm buồng đốt và các thành phần khác trong khoang trung tâm. Điều này giúp phân khối khí vào các kênh trước khi khí đi vào buồng đốt.

Cụ thể, phương pháp thiết kế khí động học của khoang trung tâm động cơ tua-bin khí cỡ nhỏ được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như hàng không vũ trụ, công nghệ máy phát điện có tỷ lệ công suất/kích thước cao ứng dụng trong lĩnh vực khai mỏ, dầu khí, quân sự dã chiến.

Tính trạng kỹ thuật của sáng chế

Chức năng khoang trung tâm (central section) là nhằm mục đích làm chậm dòng khí đi ra từ máy nén và phân phối dòng khí này đến các kênh dạng vành trong và vành ngoài (các vành này nằm giữa buồng đốt và vỏ) để rồi sau đó khí trong các kênh này cuối cùng sẽ đi vào buồng đốt qua các lỗ đục trên các lớp trong và ngoài.

Thiết kế này tập trung vào loại động cơ tua-bin khí cỡ nhỏ (lưu lượng khí < 9 kg/s) với buồng đốt dạng vành thẳng đơn giản (simple straight annular combustor), hình 3 có minh họa dạng buồng đốt này.

Trên thế giới, đã có nhiều hãng thiết kế thành công khoang trung tâm với buồng đốt dạng vành thẳng đơn giản trên động cơ cỡ nhỏ, ví dụ, hãng Microturbo (Pháp) với các động cơ TR 40, TR 60-30. Tuy nhiên, phương pháp thiết kế một cách hệ thống không được tiết lộ.

Các bài báo học thuật cũng đưa ra một số kiểu thiết kế đơn giản hóa, ví dụ, buồng đốt được giả sử đối xứng qua đường trung bình (mean line) của tua-bin trong luận văn của tác giả Khandewal năm 2012. Các kiểu thiết kế này thường được phục vụ cho một mục đích chuyên môn hẹp, nhằm mục đích tính toán tính chất khí động học tốt trong những điều kiện đơn giản nhưng lại khó có thể được áp dụng trên động cơ thật do thiếu tính kết hợp hài hòa với thiết kế các bộ phận/yêu cầu khác, ví dụ như yêu cầu về tối thiểu hóa kích cỡ động cơ hoặc các giới hạn về mặt cơ khí. Ngoài ra, một số tài liệu khác (Walsh) liệt kê rời rạc một số đặc điểm của khoang trung tâm như tốc độ luồng khí kênh trong/kênh ngoài. Tuy nhiên, không tài liệu nào cung cấp đầy đủ giá trị của tất cả các tham số cho từng bộ phận của khoang trung tâm và cách chúng phối hợp với nhau.

Vì vậy, trên thế giới hiện tại chưa thấy bất kỳ tổ chức, cá nhân nào bộc lộ phương pháp thiết kế khí động học khoang trung tâm với những đặc điểm trình bày trong bản sáng chế này: xuất phát từ không gian tối thiểu dành cho động học rô-to và thiết bị phụ trợ bên trong, thiết bị tiền khuếch tán được định hướng theo tâm buồng đốt và sự cân bằng giữa tỷ lệ diện tích mặt cắt buồng đốt/diện tích tham khảo với tỷ lệ diện tích mặt cắt kênh trong/kênh ngoài.

Để giải quyết vấn đề trên, tác giả đề xuất một phương pháp thiết kế khí động học khoang trung tâm cho động cơ tua-bin khí cỡ nhỏ có buồng đốt dạng vành thẳng đơn giản. Phương pháp này đảm bảo chất lượng khí động tốt của sản phẩm tạo thành, đồng thời thực hiện quy trình nhanh gọn.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích cao nhất của sáng chế là đề xuất phương pháp thiết kế khí động học khoang trung tâm động cơ tua-bin khí cỡ nhỏ có tính toán để đảm bảo độ bền cơ học các

thành phần khác của động cơ, ví dụ, đường kính cần thiết thông thường của trục. Quy trình tính toán nhanh gọn, có độ tin cậy và được kiểm chứng bằng các động cơ khác trên thực tế.

Để đạt được mục đích nêu trên, phương pháp thiết kế khí động học khoang trung tâm động cơ tua-bin khí được đề xuất bao gồm 08 bước sau:

- bước 1: kiểm tra, xác nhận điều kiện dòng khí sau máy nén đáp ứng được nhu cầu đầu vào khoang trung tâm;
- bước 2: ước lượng đường kính vỏ trong khoang trung tâm dựa trên kinh nghiệm thực tế;
- bước 3: ước lượng đường kính vỏ ngoài khoang trung tâm;
- bước 4: ước lượng độ dày và chiều dài buồng đốt;
- bước 5: xác định đường kính lớp trong và đường kính lớp ngoài buồng đốt;
- bước 6: xác định đường kính trong và ngoài tại mặt kết thúc của thiết bị tiền khuếch tán;
- bước 7: xác định chiều dài khoảng đứt dòng (khoảng cách từ mặt kết thúc của thiết bị tiền khuếch tán đến điểm bắt đầu của buồng đốt);
- bước 8: kiểm tra nếu đường kính trục giả sử trong bước 2 đưa ra tính chất động học rô-to thỏa mãn yêu cầu. Nếu không thỏa mãn, khởi tạo vòng lặp thiết kế mới bằng cách tăng dần đường kính trục, do đó cũng tăng đường kính vỏ trong.

Toàn bộ quá trình thiết kế được dựa trên dữ liệu nội bộ và quá trình mô phỏng được thực hiện bằng các phần mềm thiết kế sẵn có.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ biểu đồ tương quan giữa tải buồng đốt và hiệu suất cháy;

Hình 2 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối thể hiện phương pháp thiết kế khí động khoang trung tâm động cơ tuabin khí cỡ nhỏ;

Hình 3 là hình vẽ minh họa buồng đốt dạng vành thẳng đơn giản;

Hình 4 là hình vẽ minh họa một khoang trung tâm tiêu biểu với các thành phần;

Hình 5 là hình vẽ minh họa mặt cắt khoang trung tâm động cơ sau khi hoàn tất phương pháp thiết kế này.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phần sau đây mô tả rõ ràng và đầy đủ phương pháp thiết kế khí động học khoang trung tâm động cơ tua-bin khí cỡ nhỏ dựa vào các hình vẽ kèm theo. Phần mô tả sau đây của phương án chỉ là ví dụ mà không phải là tất cả phương án có thể của sáng chế. Các sửa đổi và biến thể khác nhau của sáng chế mà không có bất kỳ nỗ lực sáng tạo nào của người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực sẽ nằm trong phạm vi bảo hộ của sáng chế.

Ngoại trừ phần mô phỏng tính chất động học rô-to và phần mô phỏng khí động nhằm kiểm định thiết kế hình thành bởi các bước nêu trên được thực hiện trên các phần mềm thương mại, toàn bộ các quy trình còn lại được thực hiện dựa trên các chỉ tiêu được nêu trong bản mô tả này, xuất phát từ kinh nghiệm thực tế của Viettel.

Tham chiếu Hình 2, phương pháp thiết kế khí động học khoang trung tâm động cơ tua-bin khí cỡ nhỏ theo sáng chế được thực hiện theo các bước sau:

Bước 1: kiểm tra, xác nhận điều kiện dòng khí sau máy nén đáp ứng được nhu cầu đầu vào khoang trung tâm;

Điểm kết thúc của máy nén cũng là điểm bắt đầu của thiết bị tiền khuếch tán; do đó, chất lượng dòng khí sau máy nén phải đáp ứng các chỉ tiêu về độ thẳng và tốc độ được nêu sau đây. Các yêu cầu này được hình thành dựa trên kinh nghiệm nội bộ của Viettel.

Tốc độ dòng khí sau máy nén càng cao làm tăng mức tổn thất áp suất trong khoang trung tâm, do đó làm giảm lực đẩy động cơ. Trong khi đó, tốc độ dòng khí sau máy nén

thấp làm tăng mức khuếch tán, gây khó khăn cho việc thiết kế máy nén. Vì vậy, vùng tốc độ được chọn là từ 0,2 Mach – 0,4 Mach.

Tương tự, dòng khí sau máy nén nên được nắn thẳng gần nhất với phương dọc trục (với điều kiện máy nén đáp ứng được) để hạn chế mức tổn thất áp suất do dòng khí không thẳng phải di chuyển quãng đường dài hơn cho cùng khoảng cách dọc trục. Góc của dòng khí sau máy nén được khuyến cáo trong vùng -5° đến 5° so với phương dọc trục.

Nếu điều kiện dòng khí sau máy nén không đảm bảo, phải thiết kế lại máy nén để đáp ứng yêu cầu của khoang trung tâm.

Bước 2: ước lượng đường kính vỏ trong khoang trung tâm dựa trên kinh nghiệm thực tế;

Khác với nhiều nguồn chỉ quan tâm đến tính chất khí động, tại phương pháp này, đường kính trục cần thiết để đảm bảo tính chất động học rô-to ở tốc độ quay cao được xét đến đầu tiên.

Đường kính trục được ước tính ban đầu dựa vào kinh nghiệm nội bộ từ các động cơ khác trong cùng hạng lực đẩy. Sau khi xác định được đường kính trục, đường kính vỏ trong khoang trung tâm được xác định bằng khoảng cách tối thiểu với trục để bố trí các thiết bị khác như ổ bi, hệ thống bôi trơn và không gian cần thiết cho quá trình tích hợp. Sẽ có vài giá trị của đường kính trục được thử nghiệm để đánh giá ảnh hưởng của chúng đến tính chất động học rô-to và kích thước động cơ (chính là vỏ ngoài của buồng đốt). Giá trị đường kính trục có đủ độ cứng để đáp ứng yêu cầu về tính chất động học rô-to (do máy nén yêu cầu) đồng thời cho ra kết quả đường kính vỏ ngoài động cơ bé nhất (thể hiện qua các bước tính toán sau) sẽ được chọn.

Thêm vào đó, vỏ trong của khoang trung tâm được thiết kế sao cho đáp ứng đồng thời yêu cầu về khí động học và yêu cầu về kết cấu.

Yêu cầu về kết cấu được đáp ứng bằng cách hướng vỏ trong này vào chân đế của sta-to tầng cuối máy nén. Bằng cách này, tải ly tâm của động cơ xuất phát từ trục quay

động cơ được truyền qua ổ bi lên vỏ trong, tiếp qua cấu trúc chịu lực của tầng cuối stato máy nén truyền đến vỏ ngoài động cơ lên điểm gá động cơ.

Yêu cầu về khí động học được đáp ứng thông qua góc nghiêng phù hợp giữa vỏ trong và stato tầng cuối máy nén.

Bước 3: ước lượng đường kính vỏ ngoài khoang trung tâm;

Đường kính vỏ ngoài khoang trung tâm được xác định dựa trên đường kính vỏ trong cộng với giá trị của diện tích tham khảo. Diện tích tham khảo là diện tích mặt cắt vành giữa vỏ trong và vỏ ngoài.

Diện tích tham khảo được tính dựa trên công thức liên hệ giữa tổn thất áp suất tổng (giá trị trong khoảng 5%-7%), hệ số tổn thất của khoang trung tâm (giá trị trong khoảng 20 – 30 lần) và thông tin dòng khí sau máy nén như sau.

$$A_{\text{ref}} = \left[\frac{R}{2} \left(\frac{\dot{m}_3 T_3^{0.5}}{P_3} \right)^2 \frac{\Delta P_{3-4}}{q_{\text{ref}}} \left(\frac{\Delta P_{3-4}}{P_3} \right)^{-1} \right]^{0.5}$$

Trong đó:

- A_{ref} : diện tích tham khảo;
- $\dot{m}_3$: lưu lượng khí vào khoang trung tâm;
- R : hằng số không khí ($R = 271 \text{ J/kg.K}$);
- T_3 : nhiệt độ tổng khí sau máy nén;
- P_3 : áp suất tổng khí sau máy nén;
- $\Delta P_{3-4}/P_3$: hệ số tổn thất áp suất tổng;
- $\Delta P_{3-4}/q_{\text{ref}}$: hệ số tổn thất khoang trung tâm.

Bước 4: ước lượng độ dày và chiều dài buồng đốt;

Độ dày và chiều dài buồng đốt cho phép xác định gần chính xác thể tích buồng đốt bằng tích của diện tích mặt cắt buồng đốt và chiều dài. Độ dày và chiều dài buồng đốt được ước lượng căn cứ vào thể tích tính ra có đủ để đáp ứng yêu cầu về tải buồng đốt hay

không. Giai đoạn này chưa tính thể tích chính xác thể tích buồng đốt vì nó không phải dạng vành khăn hoàn hảo. Tuy nhiên, phép ước lượng thể tích này đủ chính xác để ước lượng đặc tính buồng đốt. Kết hợp với điều kiện dòng khí ra khỏi máy nén, điều này cho phép tính toán tải của buồng đốt; thể hiện rõ vùng hiệu suất cháy mà buồng đốt có thể mang lại. Tải của buồng đốt tỷ lệ nghịch với hiệu suất buồng đốt và phải nằm trong dải quy định (dưới $50 \text{ kg/s.atm}^{1.8}.\text{m}^3$). Tham chiếu Hình 1, minh họa định tính nguyên tắc này, theo đó, tải của động cơ càng cao, hiệu suất cháy càng thấp. Giá trị hiệu suất cháy cụ thể phụ thuộc vào từng thiết kế cụ thể.

Mặt khác, chiều dài và độ dày buồng đốt liên hệ với nhau theo công thức kinh nghiệm thường dùng, theo đó chiều dài buồng đốt gần gấp ba lần độ dày buồng đốt. Do đó, nguyên tắc tính nhanh độ dày và chiều dài buồng đốt xuất phát từ tiêu chuẩn về tải của buồng đốt.

Bước 5: xác định đường kính lớp trong và đường kính lớp ngoài buồng đốt;

Cho đến đây, đường kính vỏ trong, vỏ ngoài khoang trung tâm và độ dày, chiều dài của buồng đốt đã được biết. Phần còn lại là xác định vị trí của buồng đốt đặt trong tương quan với diện tích tham khảo.

Trong phương pháp này, vị trí buồng đốt được xác định dựa trên việc đáp ứng cả hai điều kiện: tỷ lệ diện tích mặt cắt vành buồng đốt/tỷ lệ diện tích mặt cắt vành trên toàn khoang trung tâm – (diện tích tham khảo) và tỷ lệ diện tích luồng ngoài (giữa lớp ngoài và vỏ ngoài)/tỷ lệ diện tích luồng trong (giữa lớp trong và vỏ trong). Các giá trị tỷ lệ này phụ thuộc vào từng trường hợp cụ thể, thông thường chúng lần lượt vào vùng 0,6 – 0,8 và 1,5 – 3,0 lần.

Bước 6: xác định đường kính trong và ngoài của thiết bị tiền khuếch tán tại điểm kết thúc của nó;

Thiết bị tiền khuếch tán (pre-diffuser) được sử dụng để làm chậm một phần tốc độ dòng khí xả ra bởi máy nén trước khi xả ra khoảng trống dứt dòng (dump region) để tiếp

tục làm chậm. Trong khoảng đứt dòng này, khí được phân bố cho các luồng trong, luồng ngoài và trung tâm buồng đốt.

Đường kính trong và ngoài tại mặt kết thúc của thiết bị tiền khuếch tán được xác định dựa trên hai chỉ tiêu tuân theo các giá trị: tỷ lệ diện tích mở rộng và mức độ định hướng theo buồng đốt. Tỷ lệ diện tích mở rộng thông thường khoảng 1,5 – 2,0 lần.

Ngoài ra, chiều dài của thiết bị tiền khuếch tán được xác định dựa trên tỷ lệ chiều dài thiết bị / độ cao tầng cuối stato máy nén (giá trị khoảng 1,5 – 4,0 lần, tùy thuộc vào mỗi cấu hình cụ thể)

Bước 7: xác định chiều dài khoảng đứt dòng (khoảng cách từ mặt kết thúc của thiết bị tiền khuếch tán đến điểm bắt đầu của buồng đốt),

Khoảng cách từ mặt kết thúc của thiết bị tiền khuếch tán đến mặt vòm buồng đốt, tức khoảng đứt dòng, được xác định dựa trên tỷ lệ với chiều cao lá hướng dòng tầng cuối máy nén, giá trị vào khoảng 1,5 đến 4 lần. Tỷ lệ này cao tạo cơ hội cho dòng khí sau thiết bị tiền khuếch tán được phân bố đúng tỷ lệ quy định vào mặt vòm buồng đốt, luồng trong và luồng ngoài. Tuy nhiên, khoảng cách lớn gây kéo dài trục, ảnh hưởng tiêu cực đến tính chất động học rô-to của trục. Khoảng không gian đủ lớn cũng là cần thiết để bố trí các thiết bị cơ khí như ổ bi và hệ thống bôi trơn. Do đó, một tỷ lệ khoảng cách hợp lý đủ để phân bố đồng đều dòng khí ra khỏi thiết bị tiền khuếch tán mà vẫn giữ được tính chất động học rô-to mong muốn sẽ được chọn theo từng trường hợp cụ thể. Hình 5 thể hiện một mặt cắt khoang trung tâm được thiết kế theo quy trình này.

Bước 8: kiểm tra nếu đường kính trục giả sử trong bước 2 đưa ra tính chất động học rô-to thỏa mãn yêu cầu. Nếu không thỏa mãn, khởi tạo vòng lặp thiết kế mới bằng cách tăng dần đường kính trục, do đó cũng tăng đường kính vỏ trong.

Sau khi hoàn tất một vòng lặp thiết kế, trục của động cơ phải trải qua phân tích động học rô-to để xác minh các tính chất động học của nó tương ứng với kích thước giả định ở bước trên là phù hợp cho hoạt động của động cơ hay không. Nếu độ cứng không đảm bảo cho tốc độ quay cao, đường kính trục sẽ được tăng lên từng bước, ví dụ, mỗi lần

2 mm, và bắt đầu một vòng lặp thiết kế mới. Phân tích tham số cũng cần được tiến hành để xác định mức độ ảnh hưởng của đường kính trục đến kích thước tổng thể động cơ (là vỏ ngoài khoang trung tâm).

Một khi tính chất động học rô-to được đảm bảo, mô phỏng khí động sẽ được tiến hành để kiểm tra tính chất dòng chảy/ phân bố dòng có đảm bảo ý đồ thiết kế hay không. Nếu không, các tỷ lệ thiết kế nêu trong các bước trên sẽ được điều chỉnh lại.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp thiết kế khí động học khoang trung tâm động cơ tua-bin khí cỡ nhỏ bao gồm 8 bước như sau:

bước 1: kiểm tra, xác nhận điều kiện dòng khí sau máy nén đáp ứng được nhu cầu đầu vào khoang trung tâm;

tại bước này, chất lượng dòng khí sau máy nén phải đáp ứng các chỉ tiêu về độ thẳng và tốc độ.

trong đó, vùng tốc độ được chọn là từ 0,2 M – 0,4 M, góc của dòng khí sau máy nén được khuyến cáo trong vùng -5° đến 5° so với phương dọc trục;

bước 2: ước lượng đường kính vỏ trong khoang trung tâm;

đường kính vỏ trong tại bước 2 được xác định dựa trên giá trị dự đoán ban đầu của cửa đường kính trục, và khoảng không gian tối thiểu cần thêm vào để bố trí các thiết bị cơ khí bao gồm ổ bi và hệ thống bôi trơn cũng như quá trình tích hợp;

bước 3: ước lượng đường kính vỏ ngoài khoang trung tâm;

đường kính vỏ ngoài khoang trung tâm tại bước 3 được xác định dựa bằng đường kính vỏ trong cộng với giá trị của diện tích tham khảo; diện tích tham khảo là diện tích mặt cắt vành giữa vỏ trong và vỏ ngoài;

nó được tính dựa trên công thức liên hệ giữa tổn thất áp suất tổng (giá trị trong khoảng 5%-7%), hệ số tổn thất của khoang trung tâm (giá trị trong khoảng 20 lần – 30 lần) và thông tin dòng khí sau máy nén;

bước 4: ước lượng độ dày và chiều dài buồng đốt;

tiêu chuẩn về tải khí động của buồng đốt là cơ sở xác định chiều cao và chiều dài buồng đốt; thể tích buồng đốt được ước lượng bằng tích của diện tích mặt cắt buồng đốt và chiều dài buồng đốt;

bước 5: xác định đường kính lớp trong và đường kính lớp ngoài buồng đốt;

căn cứ vào thông tin đã được xác định của đường kính vỏ trong, vỏ ngoài khoang trung tâm và độ dày, chiều dài của buồng đốt, buồng đốt được định vị dựa trên việc đáp ứng cả hai điều kiện: tỷ lệ diện tích mặt cắt vành buồng đốt/tỷ lệ diện tích tham khảo phải ở trong khoảng 0,6 đến 0,8 lần và tỷ lệ diện tích luồng ngoài (giữa lớp ngoài và vỏ ngoài)/tỷ lệ diện tích luồng trong (giữa lớp trong và vỏ trong) phải ở trong khoảng 1,5 đến 2,0 lần;

bước 6: xác định đường kính trong và ngoài của thiết bị tiền khuếch tán tại điểm kết thúc của nó;

thiết bị tiền khuếch tán được sử dụng để làm chậm một phần tốc độ dòng khí trước khi phân bố cho các luồng trong, luồng ngoài và trung tâm buồng đốt;

đường kính trong và ngoài tại mặt kết thúc của thiết bị tiền khuếch tán được xác định dựa trên hai chỉ tiêu: tỷ lệ diện tích phát triển và được định hướng theo buồng đốt;

bước 7: xác định chiều dài khoảng dứt dòng (khoảng cách từ mặt kết thúc của thiết bị tiền khuếch tán đến điểm bắt đầu của buồng đốt);

chiều dài khoảng dứt dòng được tính toán bởi tỷ lệ so với chiều cao của sta-to tầng cuối máy nén, khoảng từ 1,5 đến 4,0 lần;

chiều dài khoảng dứt dòng càng dài, dòng khí càng có cơ hội cao được phân bố đúng tỷ lệ quy định đến các luồng ngoài, luồng trong và mặt trung tâm buồng đốt;

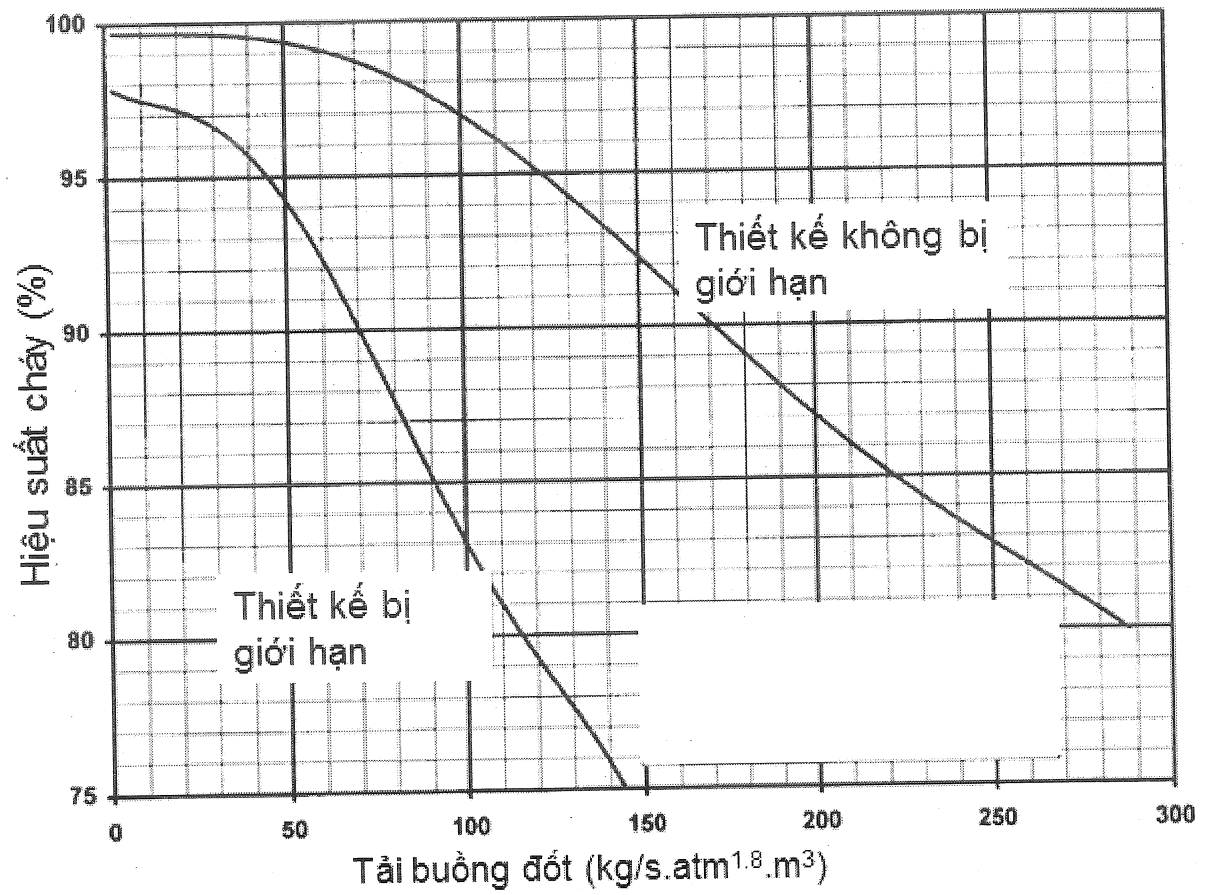
tuy nhiên, khoảng dứt dòng dài cũng có nghĩa là kéo dài trục động cơ, điều này ảnh hưởng tiêu cực đến tính chất động học của động cơ;

Do đó, một tỷ lệ giữa chiều dài khoảng dứt dòng và chiều cao sta-to tầng cuối máy nén sẽ được lựa chọn bằng cách thỏa hiệp giữa yếu tố khí động và yếu tố cơ khí và tỷ lệ này tùy vào trường hợp cụ thể;

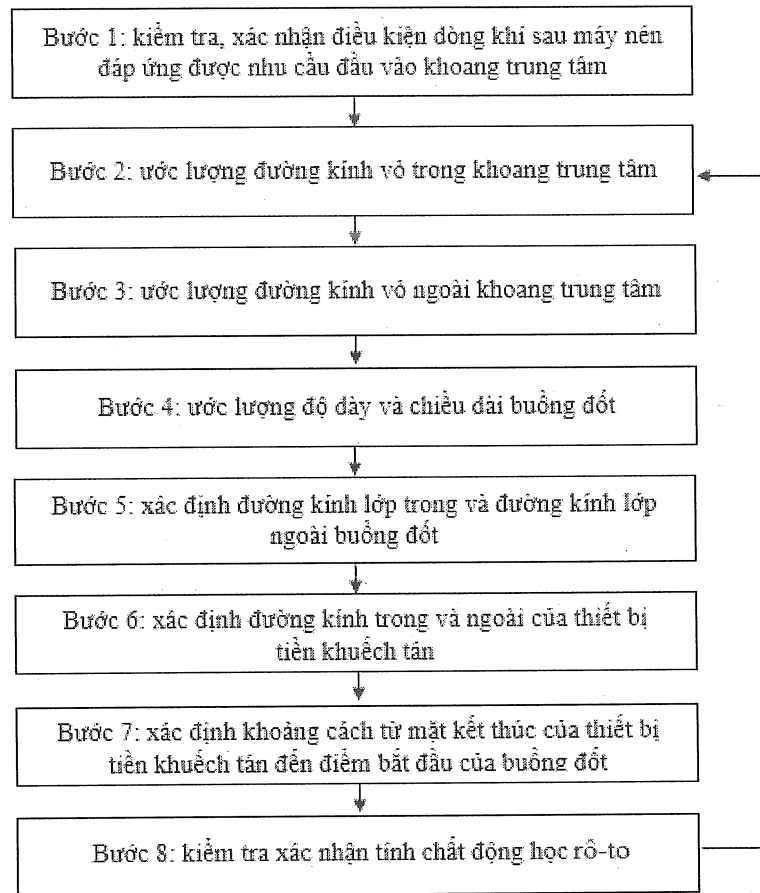
bước 8: kiểm tra nếu đường kính trục giả sử trong bước 2 đưa ra tính chất động học rô-to thỏa mãn yêu cầu;

nếu không thỏa mãn, khởi tạo vòng lặp thiết kế mới bằng cách tăng dần đường kính trục, do đó cũng tăng đường kính vỏ trong; nếu tính chất động học rô-to được thỏa mãn với mọi chế độ quay của động cơ, tiến hành mô phỏng khí động để kiểm tra nếu tính chất dòng chảy/ phân phối dòng chảy tuân theo các mục tiêu thiết kế được xác định trước;

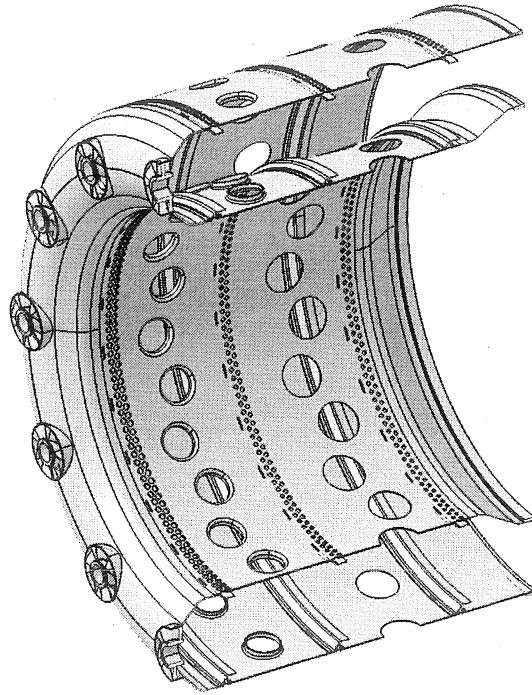
nếu không, một hoặc nhiều các tỷ lệ liệt kê phía trên, cụ thể: hoặc tỷ lệ diện tích mặt cắt máy nén trên diện tích tham khảo, hoặc tỷ lệ diện tích luồng trong trên luồng ngoài, tỷ lệ diện tích phát triển của thiết bị tiền khuếch tán hoặc tỷ lệ khoảng đứt dòng sẽ được điều chỉnh cho tới khi tính chất dòng chảy/ phân phối dòng chảy tuân theo các mục tiêu thiết kế xác định trước.



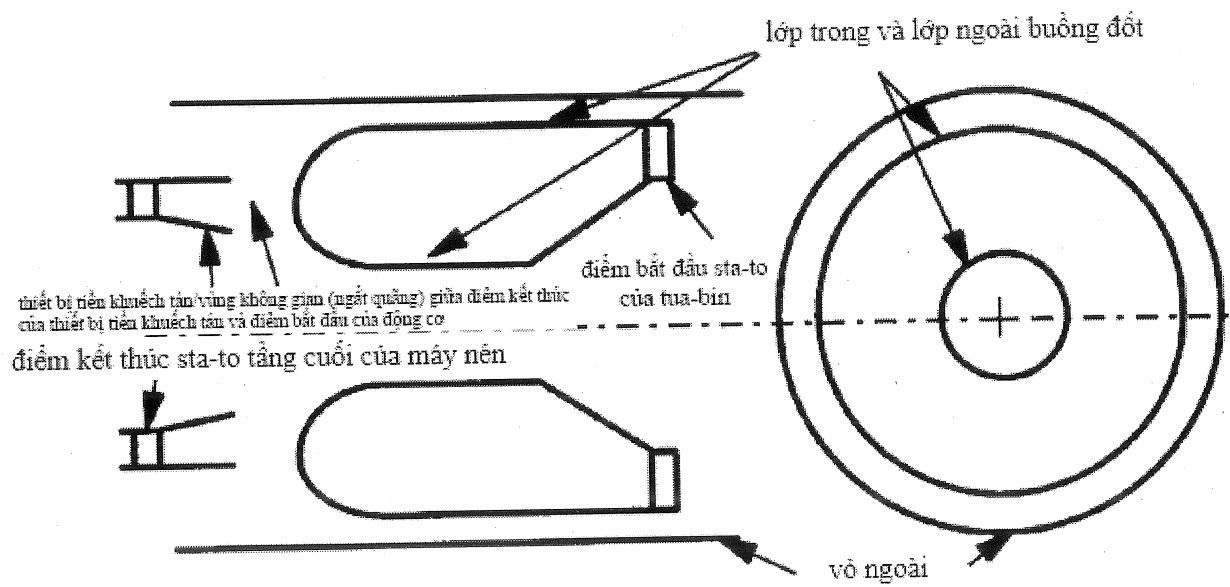
Hình 1



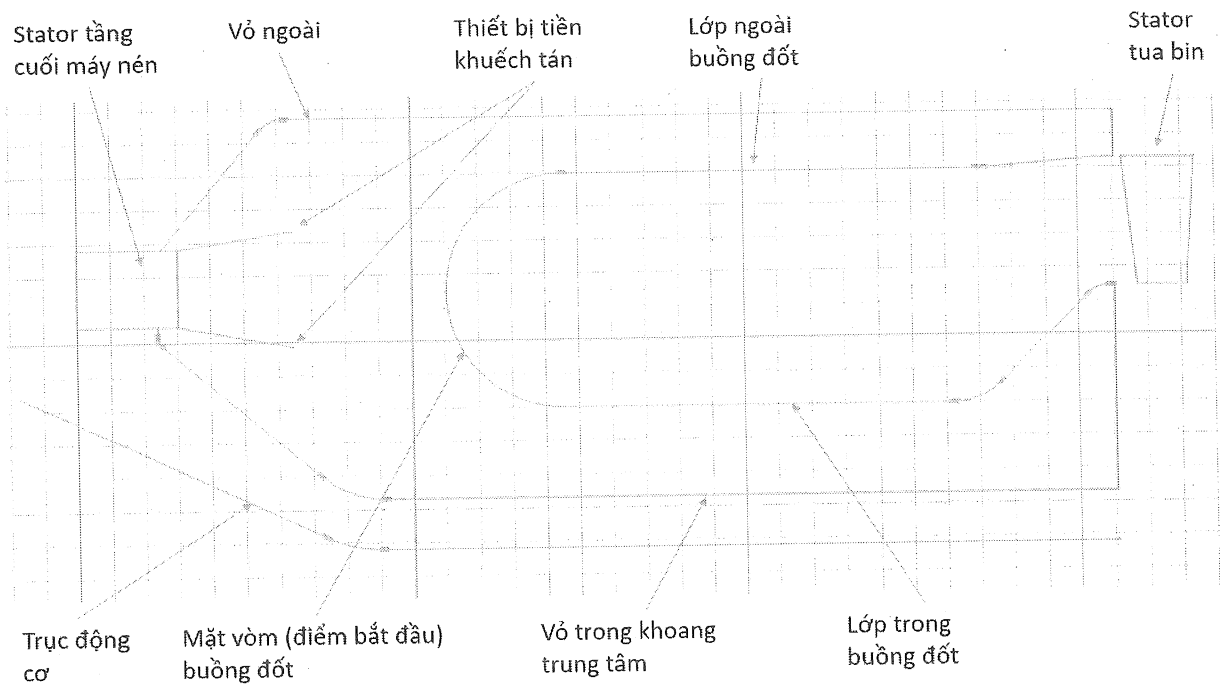
Hình 2



Hình 3



Hình 4



Hình 5