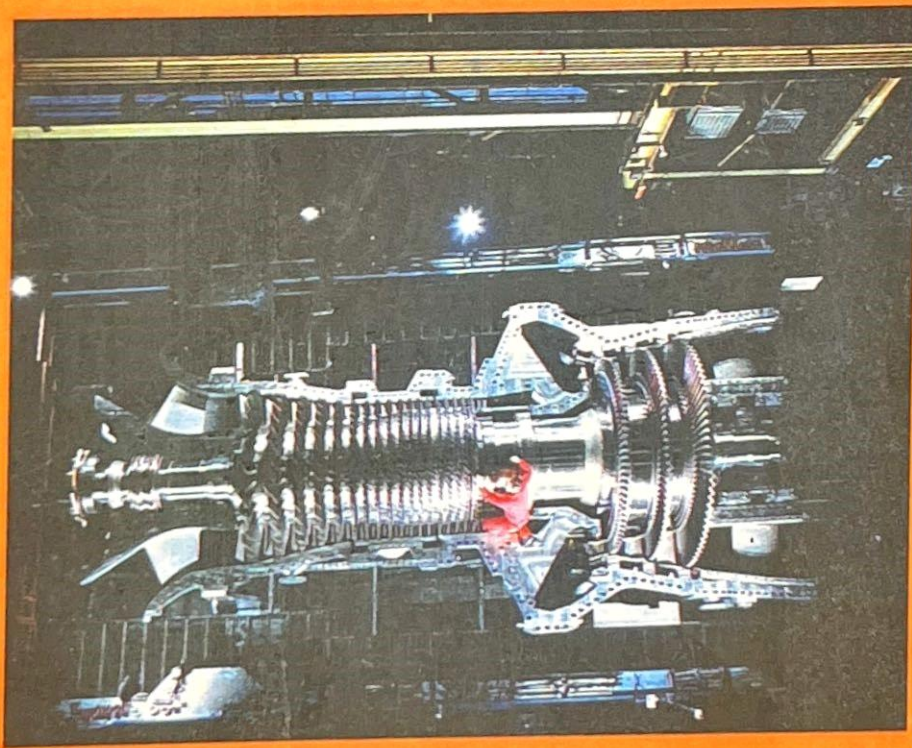


HOÀNG BÁ CHƯ'
TRƯỜNG NGỌC TUẤN

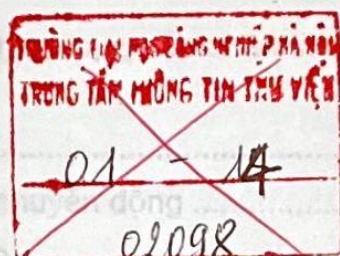
TÍNH NHIỆT TUABIN KHÍ



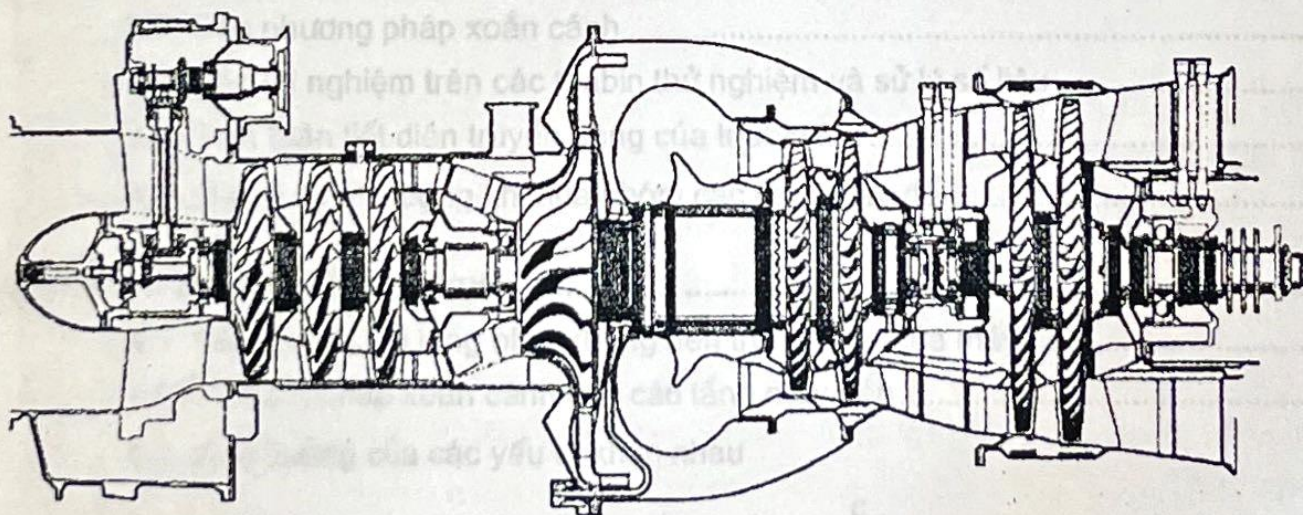
NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA - HÀ NỘI

GS. TS HOÀNG BÁ CHƯ
TS TRƯỞNG NGỌC TUẤN

MỤC LỤC



TÍNH NHIỆT TUABIN KHÍ



NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA – HÀ NỘI

MỤC LỤC

Lời nói đầu	5
Chương I. Chọn các thông số của các tuabin khí (TK)	13
1.1. Tính chu trình.....	13
1.2. Tính chính xác hiệu suất η_i và η_{ds} của chu trình tuabin khí.....	29
Chương II. Khí động tuabin khí	34
2.1. Các phương trình cơ bản chuyển động	34
2.2. Dòng trong các vành cánh	44
2.3. Tính toán các tốc độ và các góc ra của dòng ở các mạng Prôfil.....	53
2.4. Các tổn thất trong các vành cánh	70
2.5. Lý thuyết tương tự.....	87
Chương III. Tuabin khí	92
3.1. Các phương pháp xoắn cánh	92
3.2. Các thí nghiệm trên các tuabin thử nghiệm và xử lý số liệu.....	116
3.3. Tính toán tiết diện truyền dòng của tuabin khí	141
3.4. Ở chế độ lưu lượng khí qua nhóm các tầng thay đổi.....	148
Chương IV. Các máy nén dọc trục	156
4.1. Dòng của chất lỏng nhớt không nén trong tầng của máy nén	156
4.2. Phương pháp xoắn cánh của các tầng máy nén.....	163
4.3. Ảnh hưởng của các yếu tố khác nhau đến hoạt động của tầng ảnh hưởng số $m = \frac{c}{c_a}$	177
4.4. Tạo Prôfil cánh của máy nén dọc trục.....	184
4.5. Thiết kế các phần truyền dòng dựa trên cơ sở thử nghiệm các tầng kiểu mẫu	187
4.6. Các giải pháp tính toán hiệu suất và các tổn thất vành của các tầng máy nén	191
4.7. Tính toán các đặc tính của máy nén nhiều tầng	198
4.8. Sự mất ổn định của máy nén.....	209
Chương V. Các tổn thất trong các tuabin khí	213
5.1. Các tổn thất áp suất trong các nhóm thiết bị.....	213
5.2. Các tổn thất do rò rỉ.....	222

5.3. Các tổn thất do làm mát các đĩa	225
5.4. Các tổn thất cơ khí. Cơ sở lý thuyết thủy động học bôi trơn	233
Chương VI. Chế độ thay đổi của các thiết bị tuabin khí	244
6.1. Làm việc đồng thời máy nén và tuabin	244
6.2. Chế độ khởi động	252
Chương VII. Các số liệu tính toán nhiệt phần truyền dòng của tuabin khí	255
7.1. Tính nhiệt khối thiết bị tuabin khí 10MW	255
7.2. Tính nhiệt khối thiết bị tuabin khí 120MW	293
Phụ lục I. Sơ đồ và các bản vẽ của một số tuabin khí của các hãng nổi tiếng trên thế giới	313
Phụ lục II. Các đồ thị và bảng tính chất nhiệt động học của không khí và khói thải	337
Tài liệu tham khảo	432

LỜI NÓI ĐẦU

Vào cuối thế kỷ vừa qua tổng nhu cầu năng lượng sơ cấp để sản xuất năng lượng điện trên thế giới là 3 355 Gw. Đứng đầu là nhà máy điện đốt than 32%, thứ hai là thủy điện 22%. Do tăng đột biến (vào những năm 90) số lượng nhà máy điện sử dụng các tuabin khí, đứng thứ ba là các khối năng lượng có tuabin khí hơi kết hợp (12%) theo công suất, thậm chí chúng vượt các nhà máy điện nguyên tử 11%. Còn 10% tổng sử dụng năng lượng sơ cấp – nhà máy điện chạy bằng khí và dầu mazút được đốt cháy trong các lò hơi truyền thống, 2% do động cơ đốt trong sản ra và 1% chạy bằng các nhiên liệu khác bằng các phương pháp đốt thông thường.

Từ năm 1999, 49% tất cả các đơn đặt hàng (theo công suất) thuộc về các tuabin khí, 11% thuộc về các tuabin hơi đối với các chu trình kết hợp, 15% thuộc các tuabin hơi đối với các khối tuabin hơi truyền thống, 5% thuộc về các tuabin hơi đối với nhà máy điện nguyên tử, 4% là thủy điện. Các đơn đặt hàng còn lại – đó là các động cơ diesel loại lớn (trên 1MW) và nhỏ (0,5 ... 1,0 MW), các thiết bị phụ trợ của khối năng lượng đối với tàu thủy, các khối năng lượng gió và mặt trời.

Tăng đột biến tỷ lệ các khối năng lượng tuabin khí và khí hơi kết hợp vào cuối các thập kỷ 90 liên quan với tự do hoá thị trường năng lượng, điều đó nâng cao giá trị các yếu tố như thời hạn vận hành thiết bị, giá thành tương đối thấp và hiệu suất cao.

Các tuabin khí được sử dụng trong ngành năng lượng đã hơn 60 năm. Sau thời gian này các đặc tính của các tổ máy thay đổi nhiều: đã tăng các công suất đơn vị, nhiệt độ ở đầu vào tuabin và tỷ suất tiêu hao năng lượng (năng lượng cho 1 kg không khí). Hiệu suất hữu ích của các tuabin khí đầu tiên trong những năm 40 bằng 14%, còn vào cuối thế kỷ XX nó đã tăng lên nhiều, trong sơ đồ khí hơi nó đã đạt tới 60%. Khi đó tỷ suất tiêu hao năng lượng từ 50 tới 450, trong sơ đồ khí hơi thậm chí tới 700 kJ/kg. Nhiệt độ đầu vào tuabin tăng lên rất nhiều. Thậm chí thay đổi cả các đặc tính sinh thái học: nếu như trong những năm 40, nồng độ NO_x vượt quá 200 ppm thì qua 60 năm nó giảm tới 15 ppm, còn chất thải oxit nitơ do nhà máy điện thải ra giảm từ 10 tới 0,1 kg/(MW.giờ), suất khối lượng của tuabin giảm từ 10 tới 1,5 kg/(kW công suất lắp đặt). Giá của tuabin khí (theo giá cạnh tranh) cũng giảm nhiều. Suất giá thành của tuabin khí đầu tiên vượt quá 500, còn vào năm 1999 nó chỉ còn không quá 200 đô la/kW. Khi lắp đặt tổ hợp kết hợp 1kW tuabin khí hơi vào những năm 40 lớn hơn 800, còn vào cuối thế kỷ XX – nhỏ hơn 350 đô la/kW.

Trong những năm 60, người ta dùng các hợp kim có chứa nikel, sử dụng các hợp kim này cho phép tăng đáng kể nhiệt độ đầu vào tuabin. Vào những năm 70 xuất hiện công nghệ làm mát cánh tuabin khí. Vào những năm 80 người ta tiếp tục hoàn thiện các

tổ máy và sơ đồ tuabin khí, điều đó đã tăng liên tục hiệu suất, đặc biệt đối với các thiết bị làm việc ở phần đồ thị tải trọng gốc. Tới những năm 90 còn tăng hiệu suất hơn nữa, nhưng không do tăng nhiệt độ ở đầu vào, mà bằng cách đốt cháy liên tiếp (tuabin khí có quá nhiệt trung gian).

Ngày nay các mục tiêu cơ bản của hoàn thiện các tuabin khí là:

- Bảo vệ môi trường xung quanh, chủ yếu - giảm các khí thải NO_x và CO_2 ;
- Tiết kiệm các nguồn dự trữ bằng cách đạt công suất cực đại với tiêu hao nhiên liệu nhỏ nhất cũng như sử dụng khối lò và các sản phẩm còn lại khác;
- Giảm chi phí đầu tư nhờ tăng tỷ suất tiêu hao năng lượng, tăng hiệu suất ở các tải trọng từng phần và nhờ sử dụng các hệ thống đơn giản nhưng đủ độ tin cậy;
- Bảo đảm độ tin cậy và độ sẵn sàng (sự giảm số lần dừng bắt buộc làm giảm công suất dự trữ cần thiết).

Nhiên liệu cơ bản đối với tuabin khí luôn là khí tự nhiên và nhiên liệu lỏng chuyên dùng cho tuabin khí. Cũng đã thử sử dụng nhiên liệu rắn (trong các sơ đồ có hoá khí bên trong chu trình), nhưng nó chỉ giới hạn bởi một vài thiết bị mang tính chất trình diễn.

Cơ sở số liệu chung cho tuabin khí/tuabin khí hơi trong thời kỳ từ năm 1954 tới năm 2000 người ta đã lắp đặt các tổ máy có tổng công suất 510 GW. Trong số chúng gần 80% còn làm việc đến ngày nay và có các thông tin về các đặc tính của các thiết bị này. Trong suốt 25 năm đầu, nhiên liệu cơ bản đối với tuabin khí là các dạng khác nhau của nhiên liệu lỏng, nhưng vài chục năm gần đây đối với các tuabin khí hầu như chỉ sử dụng khí thiên nhiên hoá lỏng. Phần các khí tổng hợp khác không vượt quá một vài phần trăm.

Trong thực tế, mong muốn tăng phần khí tự nhiên tới 80% toàn bộ nhiên liệu được sử dụng trong tuabin khí. Nhiên liệu tuabin khí hoá lỏng (do giá thành của nó và lượng khí thải lớn vào môi trường) sẽ chỉ sử dụng chủ yếu trên các thiết bị giao thông vận tải. Nhưng theo lý thuyết, tuabin khí của hãng Alston Power có thể làm việc bằng các nhiên liệu khác nhau đã chứng tỏ điều đó.

Vấn đề chính của tuabin khí hiện nay là ô nhiễm môi trường bởi xả khí hiệu ứng nhà kính CO_2 và các khí độc được tạo thành từ oxy (SO_x và NO_x).

Sự giảm thải khí điôxyt các bon CO_2 so với các công nghệ khác là một trong những ưu điểm quan trọng nhất của tuabin khí/tuabin khí hơi kết hợp.

Thực tế khối năng lượng hiện đại có tuabin khí hơi kết hợp xả CO_2 vào môi trường hầu như nhỏ hơn 3 lần so với khối năng chạy bằng than cũ có công suất tương tự với hiệu suất bằng 30%. Thậm chí khi so sánh các thiết bị chạy cùng một thứ nhiên liệu, công nghệ tuabin hơi khí kết hợp đảm bảo giảm đáng kể lượng khí CO_2 vào môi trường nhờ hiệu suất cao hơn, có nghĩa sự giảm tiêu hao nhiên liệu khi sản ra cùng một lượng điện năng. Còn thải CO_2 giảm xuống 1,5 lần do chuyển từ đốt than chuyển sang sử dụng khí tự nhiên.

Các tính toán thực hiện trên cơ sở thiết bị công nghệ thực chỉ ra rằng hiệu quả tốt nhất do giảm khí thải CO_2 đạt được khi kết hợp các chu trình kết hợp hiện đại (tuabin khí – hơi) có các bơm nhiệt. Do sự kết hợp này đã đảm bảo cấp nhiệt của hệ thống sưởi ấm trung tâm, điều đó làm giảm đáng kể lượng khí thải CO_2 (do giảm số lượng các lò hơi sấy sưởi).

Khi tuabin khí chạy bằng nhiên liệu lỏng lượng khí thải CO_2 sẽ cao hơn một chút so với khi đốt cháy bằng khí tự nhiên. Nhưng phần nhiên liệu này sẽ giảm dần. Nói chung người ta rất ít khi sử dụng các nhiên liệu lỏng sau khi khủng hoảng dầu hỏa vào những năm 70. Ngày nay dầu thô và mazút nặng làm nhiên liệu đối với tuabin khí chỉ được sử dụng trong các nước sản xuất dầu mỏ hay ở các nhà máy chế biến dầu hỏa. Các tuabin khí trong trường hợp này làm việc với nhiệt độ ở đầu vào từ 1 000 tới 1 050°C.

Sử dụng hydro đối với tuabin đã được nghiên cứu cẩn thận trong các điều kiện công nghiệp. Khi đốt cháy H_2 trong các vòi đốt khuyếch tán thực tế không có khí CO_2 .

Sự thải ôxyt lưu huỳnh SO_x có trong các sản phẩm cháy của tuabin khí chỉ khi sử dụng dầu thô hay các phân tử chất lỏng nặng, mà hàm lượng lưu huỳnh trong đó đạt tới đôi khi từ 2...3%. Khi đốt cháy các nhiên liệu như vậy lưu huỳnh biến thành oxyt, vì vậy biện pháp tin cậy nhất chống thải SO_x là giảm hàm lượng của nó trong nhiên liệu. Do lượng không khí thừa cao, sau các lò hơi tận dụng, khử lưu huỳnh trong các khối thải thường không thực hiện. Giải pháp đơn giản nhất của vấn đề này trong các trường hợp như vậy là chuyển sang đốt cháy khí tự nhiên hay khí hoá lỏng. Khi cần thiết đốt cháy nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh cao cần phải tiến hành khí hoá bên trong. Công nghệ như vậy cho phép sử dụng thậm chí một vài loại nhựa có chứa 6...8% lưu huỳnh ở các nhà máy chế biến dầu hỏa. Khi hoá khí các nhựa này, người ta thu được khí tổng hợp thực tế không có chứa lưu huỳnh và phù hợp để đốt cháy trong tuabin khí.

Ví dụ sử dụng khí hoá bên trong là khối năng lượng IGCC Falconara ở Ý có công suất 242MW (Netto) với hiệu suất bằng 32%. Nhiên liệu đối với nó là các sản phẩm còn lại của nhà máy hoá dầu có sản lượng 59 T/giờ, điều đó cho phép nhà máy hoá dầu sản xuất lượng nhiên liệu chưng cất lớn nhất có thể được, nó cần thiết đối với các thiết bị vận tải và các hệ thống sấy sưởi gia đình.

Các cặn của các sản phẩm chế biến dầu thô cung cấp cho khối năng lượng chứa từ 6,8 tới 8,6% lưu huỳnh, tới 240ppm Vanadi, có tỷ khối riêng lớn nhất 1,09 kg/l và độ nhớt $37 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ở nhiệt độ là 150°C. Nhiên liệu có các đặc tính sử dụng với hiệu quả tốt như vậy ở các nhà máy nhiệt điện bất kỳ khác là không có thể. Nếu như tuabin khí hơi kết hợp bình thường (không có hoá khí bên trong) đốt cháy mazut nặng có hiệu suất đối với các trường hợp này bằng 45%, thì khí thải SO_2 vào môi trường (ở công suất bằng tuabin khí hơi kết hợp Flaconara) đạt tới 7 000kg/giờ.

Các chất thải của nhà máy chế biến hoá dầu được khí hoá theo phương pháp Texaco (bằng thổi ôxy) có sử dụng công nghệ UOP, Parsons và ABB Lummus. H_2S được tạo thành trong quá trình này nhờ phương pháp Claus thổi vào lưu huỳnh. Sự hoàn nguyên của lưu huỳnh đạt tới 99,9%, điều đó đảm bảo sản xuất 4T/giờ lưu huỳnh tinh

khí. Hàm lượng lưu huỳnh trong khí tổng hợp không vượt quá 30ppm, vì vậy lượng khí thải SO_2 vào môi trường vào cỡ không quá 7,8kg/giờ.

Ngoài ra, công suất tuabin khí hơi kết hợp cho phép nhà máy hoá dầu không sử dụng một phần các lò hơi chạy bằng dầu mazút nặng, điều đó làm giảm tổng khí thải SO_2 tới 30%.

Rõ ràng rằng ở quy mô lớn sử dụng rộng rãi công nghệ Falconara cho phép tránh đốt cháy hàng ngày cỡ 600 000 tấn dầu mazút nặng và giảm khí thải SO_2 vào môi trường tới 20 000 T/năm.

Khác với SO_2 , các ôxyt NO_x được tạo thành thực tế khi đốt cháy ở tất cả dạng nhiên liệu. Trong những năm 70 khi năng lượng bị đặt trước vấn đề cần thiết giải quyết chống ô nhiễm môi trường bởi các oxít nitơ, các tuabin khí được lắp đặt bởi các vòi đốt có ngọn lửa khuếch tán. Đỉnh cao của nhiệt độ trong ngọn lửa như vậy dẫn tới nồng độ NO_x trong các sản phẩm cháy đạt tới một vài trăm ppm.

Giới hạn đầu tiên về thải các oxít nitơ bởi các tuabin khí do hãng thông tin về bảo vệ môi trường của Mỹ đưa ra vào cỡ 75ppm (theo thể tích) ở hàm lượng O_2 bằng 15% (có nghĩa $\alpha = 3,5$). Để thực hiện yêu cầu này người ta bắt đầu sử dụng phun nước, điều đó làm giảm nhiệt độ cực đại trong buồng đốt. Phụ thuộc vào cấu tạo vòi đốt và dạng nhiên liệu, tỷ số lượng nước với nhiên liệu thay đổi từ 0,5 tới 3,0.

Ngày nay người ta đã bắt đầu tìm ra các phương pháp khác đảm bảo giảm lượng khí thải NO_x theo yêu cầu khi sử dụng các buồng cháy khô. Luật năm 1983 về sự cần thiết sử dụng BACT (Best Available Control Technology – công nghệ tốt nhất trong số các công nghệ giảm khí thải) có thể coi cú huých để triển khai các phương pháp hiệu quả hơn loại trừ NO_x . Ngày nay các oxít nitơ tương ứng với các yêu cầu của BACT có giá trị nồng độ tương ứng bằng 2ppm. Nồng độ như vậy có thể thu được khi kết hợp đốt ít độc tố và thiết bị hoàn nguyên xúc tác chọn lọc (SCR) hay khi sử dụng phương pháp tổ hợp SCONO_x . Ở các điều kiện công nghiệp đã cho thấy khả năng đạt nồng độ NO_x vào cỡ 3ppm (giá trị trung bình trong suốt 3 giờ) khi sử dụng buồng đốt khô ít độc hại và thiết bị SCR.

Để hoàn thiện các buồng đốt của tuabin khí các nhà thiết kế của Alstom Power đã thực hiện một khối lượng lớn công việc. Như vậy, sau khi bỏ mô đốt đơn lẻ một thời gian người ta đã sử dụng mô đốt có trộn sơ bộ (thế hệ đầu của mô đốt ít độc hại). Các mô đốt như vậy được sử dụng trong tuabin khí loại GT13E.

Cuối những năm 80 người ta đã sử dụng các vòi đốt khô ít độc hại của thế hệ 2 có tên là mô đốt EV. Trong thiết bị, trộn khí và không khí xảy ra ngay lập tức sau khi khí đi ra từ lỗ, ổn định ngọn lửa được đảm bảo bởi tạo xoáy nhỏ và không yêu cầu thiết bị làm ổn định ngọn lửa bằng cơ khí. Sự đồng nhất của hỗn hợp làm giảm các khí độc hại. Cấu tạo của mô đốt được khác biệt bởi độ đơn giản và độ tin cậy cao. Các mô đốt như vậy ở tuabin khí loại GT8C và GT11N2.

Sau đó người ta đã tạo ra buồng đốt có các vòi đốt vành. Chính buồng đốt này được lắp đặt trong tuabin khí GT13E2. Cuối những năm 90 người ta đã đưa ra buồng đốt

kiểu vánh hoàn thiện hơn có trộn sơ bộ, nó còn cho phép giảm nồng độ khí NO_x . Các buồng đốt loại này có trong các tuabin khí hiện đại nhất – GT24 và GT26. Cần nhận thấy rằng trong quá trình hoàn thiện buồng đốt, các nhà thiết kế hãng Alstom Power đã nâng được tỷ khối năng lượng từ 20 tới 200 MW/m^3 .

Các vòi đốt có trộn sơ bộ làm giảm khối thải NO_x tới các giá trị nhỏ hơn 10ppm. Kết hợp với các thiết bị SCR nó cho phép tiến gần tới nồng độ 2... 3ppm, chúng được lắp đặt theo các yêu cầu của BACT.

Các vòi đốt EV ít độc hại có thể sử dụng khi nhiên liệu đối với tuabin khí là các khí có hàm lượng calo thấp và trung bình. Ở khối năng lượng Falconara có các mỏ đốt kiểu EV thuận tiện để đốt nhiên liệu diesel và khí tổng hợp được làm loãng bởi nitơ tới nhiệt trị thấp tiêu chuẩn cỡ 7000 kJ/kg (1670 kcal/kg). Các vòi đốt kiểu mới có thể sử dụng để đốt khí tổng hợp mà không cần làm loãng bằng nitơ. Tuy nhiên sự tăng nhiệt trị thấp làm tăng khối thải NO_x .

Khối năng lượng Falconara đã qua sử dụng ở quy mô công nghiệp. Các kết quả thử nghiệm của nó cho thấy nó đảm bảo thực hiện tốt các tiêu chuẩn về khí thải NO_x cho phép thải vào môi trường mà không dùng SCR. Sử dụng lò phản ứng xúc tác (nó có thể làm giảm nồng độ NO_x tới 17ppm, có nghĩa tới 35 mg/m^3) được yêu cầu trong trường hợp thiết lập các tiêu chuẩn chặt chẽ hơn về khí thải NO_x .

Các chuyên gia của Alstom Power cho rằng triển khai chúng có thể làm giảm các khí thải độc hại vào môi trường không chỉ trên các khối năng lượng mới mà cả trên các khối năng lượng đang hoạt động có tuabin khí. Có thể giảm khí thải CO_2 nhờ tăng công suất của thiết bị đang hoạt động khi nâng cấp, hay trang bị lại quy trình công nghệ hoặc biến đổi nó.

Nâng cấp (repowering) thường điều chỉnh các thiết bị tuabin khí trước chu trình tuabin hơi đã có. Trang bị lại quy trình công nghệ (rehabilitation) là thay đổi các đặc tính của toàn bộ thiết bị nhà máy nhiệt điện. Nó có thể bao gồm nâng cấp liên kết với thay thế lò hơi và tối ưu hoá tuabin hơi để nâng đáng kể hiệu suất. Biến đổi (conversion) là ở chỗ bổ sung vào tuabin khí chu trình tuabin hơi đơn giản, do đó tạo thành tuabin khí – hơi kết hợp.

Trong trường hợp biến đổi khí thải CO_2 là không đổi, mặc dù rằng đầu xả tuabin sử dụng hiệu quả hơn, công suất của khối năng lượng trong trường hợp này có thể tăng tới 50%. Đốt bổ sung nhiên liệu trong lò hơi tận dụng còn tăng công suất lớn hơn, nhưng khi đó hiệu suất khối năng lượng giảm chút ít.

Các tính toán của các chuyên gia Alstom Power chỉ ra rằng, nếu như một phần ba của 245 GW (công suất tuabin khí đã làm việc trên toàn thế giới theo sơ đồ chu trình đơn giản) chuyển sang tuabin khí hơi, thì độ tăng công suất sẽ bằng độ tăng công suất lắp đặt sau 4...6 năm. Khi đó các khí thải CO_2 vẫn ở mức như cũ, có nghĩa sẽ thu được công suất bổ sung với xả các khí hiệu ứng nhà kính bằng không.

Giảm đáng kể lượng CO_2 có thể thu được cả khi nâng cấp. Khi kết hợp nó với các biện pháp khác: hoàn thiện phần truyền động làm khuếch tán tốt hơn, sấy sơ bộ than và

nâng cao độ kinh tế của lò hơi – hiệu suất của khối năng lượng khôi phục sẽ gần tới hiệu suất của thiết bị mới, ngày nay nó đạt tới 57...58%.

Các công việc như vậy đã tiến hành ở quy mô công nghiệp. Người ta đã chọn một trong số các nhà máy điện cũ, mà khối năng lượng của nó có công suất 110 MW và hiệu suất sản xuất năng lượng điện 36% với lò hơi đã làm việc 30 năm và chạy bằng dầu mazút. Người ta đã quyết định cải tiến khối năng lượng này, sau khi bổ sung tuabin khí loại GT24 và sau khi thay lò hơi cũ bằng lò hơi tận dụng. Công suất của khối năng lượng đổi mới chạy bằng nhiên liệu lỏng sạch là 264 MW, còn hiệu suất (Netto) tăng tới 55%. Sự tăng công suất như vậy cho phép tháo dỡ 2 lò hơi mazút đã làm việc ở chính nhà máy điện này. Thải các chất độc hại vào môi trường so với năm 1990 cần giảm đáng kể: nếu khối năng lượng sẽ làm việc với hệ số sử dụng như vậy của công suất lắp đặt như tính toán hàng năm thì các khí thải CO_2 tuyệt đối giảm tới 15% (tới 146 000 T/năm), suất khí thải tính theo T/(GW.giờ) – vào cỡ 2 lần. Các khí thải SO_x sẽ giảm từ 15 500 T/năm tới giá trị không quá 10 T/năm, còn NO_x – cỡ 2 000 T/năm, có nghĩa lượng khí thải tạo thành axit tổng cộng xả vào môi trường sau khi nâng cấp sẽ nhỏ hơn 20 lần trước đó.

Mức độ gốc thấp hơn để giảm các khí thải CO_2 là tăng công suất của các tuabin khí đang làm việc. Hãng Alstom Power trong những năm gần đây đã triển khai các tổ máy GT8, GT9, GT11 và GT13 thay thế lẫn nhau, chúng có thể coi như cùng một họ. Tuabin khí GT11 xuất hiện trên thị trường vào năm 1970, ban đầu ở dạng GT11B có công suất 35MW. Nhưng ngay từ năm 1974 đã bắt đầu sản xuất tuabin khí GT11D có công suất 68MW. Các thay đổi tương tự ngay cả với môdel GT13. Lượng khí CO_2 tuyệt đối tăng không đáng kể; còn suất khí thải, do tăng sản lượng điện – giảm nhiều. Hệ số hiệu quả giảm khí thải CO_2 được biểu diễn bằng tỷ số năng lượng sản xuất ra với 1 tấn CO_2 (MW.giờ/tấn CO_2) tương ứng tăng 11,9 và 8,0 %.

Các khí thải SO_2 , như đã biết, dễ giảm bằng cách thay đổi nhiên liệu. Các giải pháp như vậy đã thực hiện, bởi vì các khí tự nhiên và hoá lỏng giá rẻ hơn những năm trước đây. Như ở nhà máy nhiệt điện Riyadh có công suất 1 000MW đến nay đã chuyển từ đốt dầu thô sang khí tự nhiên. Khi sử dụng nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh 1,8% nhà máy điện hàng năm đã thải vào môi trường 50 000 tấn SO_2 . Sau khi chuyển sang nhiên liệu mới với điều kiện hệ số sử dụng của công suất lắp đặt ở mức cũ khí thải giảm xuống 500kg/năm.

Khí thải NO_x ở các tuabin khí hơi kết hợp có thể giảm một vài lần nhờ nâng cấp buồng đốt. Ví dụ là tuabin khí GT9, nó ban đầu được xuất xưởng với 1 buồng đốt có kích thước lớn và với một mỏ đốt duy nhất. Hãng Alstom Power đã sản xuất toàn bộ là 109 tuabin khí loại này làm việc ở các dạng nhiên liệu khác nhau. Ở thành phố Baden, trên GT9, người ta đã thay mỏ đốt đơn chiếc trong buồng đốt duy nhất bằng mỏ đốt EV thích ứng với loại tuabin khí này. Ở tải trọng 30MW thì nồng độ NO_x trước khi cải tạo có thể đạt tới 200ppm (ở hàm lượng O_2 bằng 15%). Phun nước ở vòi phun đơn chiếc đã giảm nồng độ NO_x tới 60...75 ppm (ở cùng tải này). Sau bộ vòi đốt EV thậm chí không phun nước nồng độ NO_x chỉ vào cỡ 25 ppm.

Như vậy, các giải pháp của hãng Alstom Power không chỉ làm giảm các kích thước và giá thành tuabin khí, làm tăng độ tin cậy và hiệu suất của nó, mà còn đồng thời giải quyết vấn đề quan trọng về sinh thái. Đặc biệt sử dụng tuabin khí hơi kết hợp giảm đáng kể lượng khí thải CO_2 vào môi trường. Người ta tính rằng trong các lò hơi bình thường suất thải CO_2 (kể cả khi khai thác than và xây dựng nhà máy nhiệt điện) vào cỡ 964 T/(GW.giờ). Cũng ở các điều kiện như vậy, nhưng khi thay đốt vôi phun bằng đốt tầng sôi, áp suất khí quyển, suất thải CO_2 thực tế cũng ở cùng mức [963 T/(GW.giờ)]. Chuyển từ sơ đồ tuabin khí hơi kết hợp có hoá khí than đá bởi chu trình trong làm giảm khí thải CO_2 tới 751 T/(GW.giờ), còn khi sử dụng khí tự nhiên tới 484 T/(GW.giờ).

Theo mức tăng giá thành của khí thiên nhiên sẽ xuất hiện bước đi mới về tăng tính kinh tế của tuabin khí và về tạo ra các sơ đồ mới sử dụng nguyên lý đồng phát điện và nhiệt. Viễn cảnh là tổ hợp tuabin khí hơi có các bơm nhiệt để đảm bảo nhu cầu cần thiết của sấy sưởi trung tâm.

Giảm đáng kể các khí thải CO_2 vào môi trường có thể thực hiện bằng cách kết hợp tuabin khí hơi với các phân tử nhiên liệu. Khi sử dụng các phân tử nhiên liệu ở nhiệt độ cao trong tương lai có thể thấy rằng hiệu suất sản xuất điện năng sẽ đạt 70%.

Tiếp tục giảm các khí thải NO_x và SO_2 có thể đảm bảo bằng cách tối ưu phương pháp cháy nghèo, cũng như nhờ sử dụng các công nghệ làm sạch khí thải khác nhau (SCR, SCONO_x và CO – chất xúc tác). Hiệu quả lớn nhất do làm giảm khí thải NO_x có thể thực hiện do sự đốt cháy khí thiên nhiên có chất xúc tác. Đưa hàng loạt các công nghệ đã nêu ra cũng cần thiết làm giảm lượng chất thải gây ô nhiễm như CO và các hydrocacbon không cháy hết C_mH_n .

Trong tình hình nước ta nhu cầu về điện ngày một tăng, nhất là khu vực các tỉnh phía Nam các nhà máy nhiệt điện chủ yếu là sử dụng tuabin khí. Nhưng về lĩnh vực tuabin khí nguồn tài liệu còn hạn chế. Để đáp ứng nhu cầu đào tạo và nghiên cứu trên lĩnh vực này, chúng tôi đã biên soạn cuốn tài liệu “Tính nhiệt tuabin khí”.

Tài liệu đưa ra phương pháp tính nhiệt của tuabin khí, các tính toán nhiệt này dựa trên các thí nghiệm với nhiều mô hình tầng mẫu và đã được kiểm tra trên các tuabin thực tế đã sử dụng.

Đặc biệt trong tài liệu còn có:

- Lý thuyết xoắn các tầng cánh tuabin và máy nén;
- Các số liệu tính toán nhiệt tỉ mỉ của các phân tử tuabin khí;
- Các sơ đồ nguyên lý rõ ràng, các hình vẽ trực đo sinh động và các bản vẽ kỹ thuật trừu tượng của một số hãng nổi tiếng;
- Các bảng và đồ thị tính chất nhiệt động học của không khí và khói thải phục vụ tính toán nhiệt của tuabin khí, lò hơi và lý thuyết cháy.

Tài liệu dùng phục vụ sinh viên làm đồ án môn học và đồ án tốt nghiệp Tuabin, ngành kỹ thuật Năng lượng, Viện Khoa học và công nghệ Nhiệt – Lạnh, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Tài liệu cũng rất bổ ích cho các kỹ sư vận hành tuabin khí trong nhà máy nhiệt điện và các chuyên gia hoạt động trên các lĩnh vực nghiên cứu tuabin khí, lĩnh vực khí động học.

Mặc dù chúng tôi đã có nhiều cố gắng trong biên soạn và biên tập nhưng chắc chắn còn nhiều thiếu sót, mong quý độc giả gần xa phát hiện sửa chữa và góp ý kiến cho chúng tôi. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn.

Chúng tôi tỏ lòng biết ơn tới các tác giả của sách và tài liệu mà chúng tôi đã tham khảo để biên soạn tài liệu này.

Chúng tôi xin cảm ơn Nhà xuất bản Bách Khoa và tất cả những ai đã góp công sức để tài liệu này đến tay độc giả.

Hà Nội, tháng 3 năm 2006

CÁC TÁC GIẢ