

ĐỒNG PHÁT

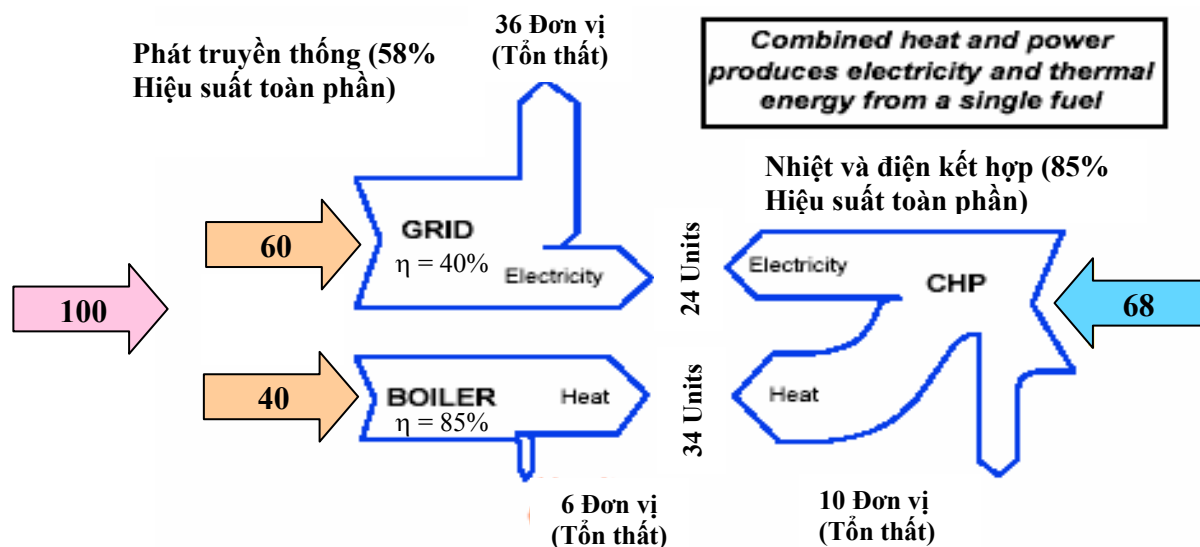
1. GIỚI THIỆU	1
2. CÁC LOẠI HỆ THỐNG ĐỒNG PHÁT	2
3. ĐÁNH GIÁ CÁC HỆ THỐNG ĐỒNG PHÁT	10
4. GIẢI PHÁP SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG HIỆU QUẢ	14
5. DANH SÁCH SÀNG LỌC GIẢI PHÁP	16
6. BẢNG TÍNH	17
7. TÀI LIỆU THAM KHẢO	19

1. GIỚI THIỆU

Phần này nêu tóm tắt những đặc điểm chính của hệ thống đồng phát hay hệ thống Nhiệt-Điện kết hợp (CHP).

1.1 Đồng phát là gì?

Hệ thống đồng phát là cách sản xuất liên tiếp hoặc đồng thời các dạng năng lượng hữu ích khác nhau (thường ở dạng cơ học và nhiệt) bằng một hệ thống đơn, hoặc hệ thống tích hợp. Hệ thống CHP bao gồm một số các bộ phận như động cơ sơ cấp (động cơ nhiệt), máy phát, thu hồi nhiệt và hệ thống đầu nối điện, tất cả được kết hợp trong một hệ thống. Loại thiết bị điều khiển dẫn động (động cơ sơ cấp) thường sẽ quy định dạng của hệ thống CHP. Các động cơ sơ cấp của hệ thống CHP bao gồm các động cơ pittông, đốt cháy hoặc tua bin khí, tua bin hơi, micro tua bin, và các pin nhiên liệu. Những động cơ sơ cấp có thể sử dụng các loại nhiên liệu khác nhau như khí tự nhiên, than, dầu và các nhiên liệu thay thế để tạo ra công suất hữu dụng hoặc cơ năng. Mặc dù năng lượng cơ học từ động cơ sơ cấp thường được sử dụng để chạy máy phát, sản xuất ra điện, tuy nhiên nó có thể được sử dụng cho các thiết bị quay như máy nén, bơm, và quạt. Nhiệt năng từ hệ thống này có thể được sử dụng trong các ứng dụng trực tiếp hoặc gián tiếp để sản xuất ra hơi, nước nóng, khí nóng cho các mục đích sấy hoặc nước mát cho mục đích làm mát của quy trình.



Hình 1. Hiệu quả sử dụng năng lượng của hệ thống đồng phát (UNESCAP, 2000)

Hình 1 cho thấy ưu điểm về mặt hiệu suất của CHP so với hệ thống phát điện trạm trung tâm truyền thống và lò hơi tại nhà máy. Khi so sánh hai quy trình nhiệt và điện, một hệ thống CHP điển hình chỉ cần 3/4 năng lượng sơ cấp so với hệ thống nhiệt điện riêng rẽ. Điều này giúp giảm tiêu thụ nhiên liệu sơ cấp, và đó chính là lợi ích môi trường chính của CHP, vì việc đốt cháy lượng nhiên liệu như nhau nhưng đốt hiệu quả hơn sẽ giảm phát thải tính trên cùng một đơn vị đầu ra.

1.2 Lợi ích của đồng phát

Nếu như việc đồng phát được tối ưu hoá theo cách được mô tả ở trên (như định cỡ theo nhu cầu nhiệt), chúng ta có thể đạt được các lợi ích sau:

- Tăng hiệu suất chuyển đổi và sử dụng năng lượng
- Giảm phát thải ra môi trường, cụ thể là CO₂, khí nhà kính chính.
- Trong một số trường hợp, nhiên liệu sinh khối và một số nguyên liệu thải khác như khí, quy trình hoặc rác thải nông nghiệp (phân huỷ yếm khí hoặc khí hoá), được sử dụng. Những chất này đóng vai trò là nhiên liệu cho hệ thống đồng phát, tăng hiệu quả chi phí và giảm nhu cầu thải rác.
- Tiết kiệm nhiều chi phí, tăng khả năng cạnh tranh cho đối tượng sử dụng trong kinh doanh hoặc công nghiệp, và cung cấp nhiệt cho các hộ sinh hoạt.
- Là giải pháp giúp triển khai các phương thức phân quyền trong phát điện, ở các nhà máy được thiết kế nhằm đáp ứng nhu cầu của người tiêu dùng tại địa phương, mang lại hiệu suất cao, tránh được các tổn thất truyền tải và tăng sự linh hoạt trong việc sử dụng hệ thống. Điều này đặc biệt đúng với trường hợp khí tự nhiên là chất mang năng lượng
- Giải pháp giúp tăng sự đa dạng của phát điện, và nâng cao khả năng cạnh tranh. Đồng phát là phương tiện rất quan trọng giúp thúc đẩy tự do hoá trên thị trường năng lượng.

2. CÁC LOẠI HỆ THỐNG ĐỒNG PHÁT

Phần này nói về các loại hệ thống đồng phát: hệ thống đồng phát tua bin hơi, hệ thống đồng phát tua bin khí, hệ thống đồng phát động cơ pittông. Phần này cũng bao gồm phân loại các hệ thống đồng phát trên cơ sở trình tự năng lượng sử dụng.

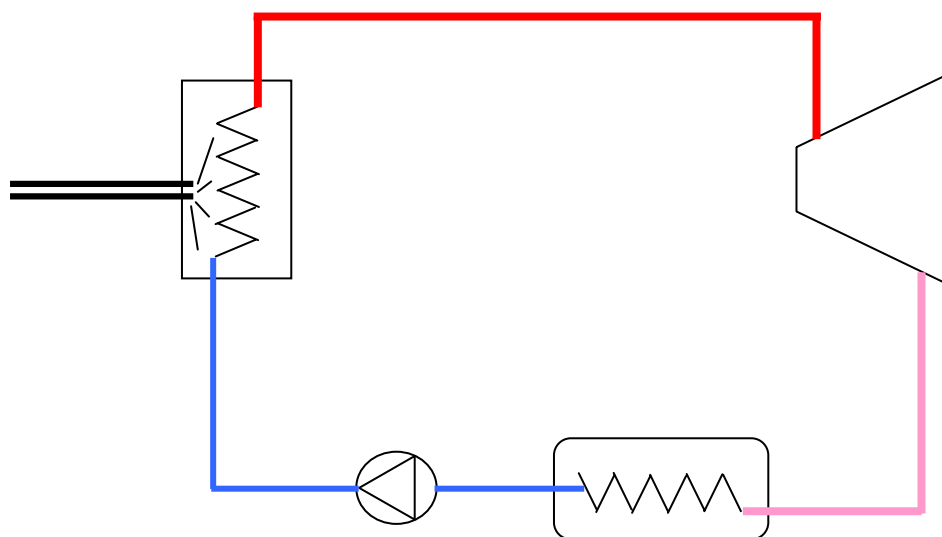
2.1 Hệ thống đồng phát tua bin hơi

Tua bin hơi là một trong những công nghệ động cơ sơ cấp linh hoạt và lâu đời nhất trong sản xuất chung. Hệ thống phát điện tua bin hơi đã được áp dụng hơn 100 năm qua, khi chúng thay thế động cơ hơi pittông nhờ hiệu suất cao và chi phí thấp. Công suất của tua bin hơi dao động từ 50 kW đến hàng trăm MW ở các nhà máy sản xuất điện lớn. Các tua bin hơi được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng nhiệt-điện kết hợp (CHP). Chu kỳ nhiệt động lực học cho tua bin hơi là chu kỳ Rankine. Chu kỳ này là cơ sở cho các trạm phát điện truyền thống và bao gồm một bộ phận cung cấp nhiệt (lò hơi) giúp chuyển hoá nước thành hơi áp suất cao. Trong chu kỳ hơi, nước được bơm lên ở áp suất trung bình và áp suất cao. Sau đó nước được đun nóng đến nhiệt độ sôi tùy theo áp suất, nước sôi (đun để chuyển từ dạng lỏng thành hơi), và thường là quá nhiệt (đun tới nhiệt độ cao hơn độ nhiệt độ sôi), một tua bin đa cấp làm giãn nở hơi sẽ làm giảm áp suất và hơi được đưa tới bình ngưng ở điều kiện chân không hoặc được đưa vào hệ thống phân phối hơi nhiệt độ trung gian giúp đưa hơi đến những nơi sử dụng cho mục đích thương mại hoặc công nghiệp. Nước ngưng từ bình ngưng hoặc hệ thống sử dụng hơi sẽ quay trở lại bơm nước cấp để tiếp tục chu trình.

Hai kiểu tua bin hơi được sử dụng rộng rãi nhất là tua bin đối áp và các tua bin ngưng - trích hơi. Việc lựa chọn tua bin đối áp và tua bin trích hơi phụ thuộc chủ yếu vào số lượng hơi và nhiệt, chất lượng nhiệt và các yếu tố kinh tế. Có thể trích hơi ở không chỉ một điểm trong tua bin, tùy theo mức nhiệt độ mà quy trình cần.

2.1.1 Tua bin chạy bằng hơi đối áp

Tua bin đối áp là tua bin có cấu tạo đơn giản nhất. Hơi có trong tua bin ở áp suất bằng hoặc cao hơn áp suất khí quyển, tùy theo nhu cầu tải nhiệt. Đây là lý do tại sao chúng ta lại sử dụng thuật ngữ đối áp. Có thể trích hơi ở các cấp trung gian của tuabin hơi, với áp suất và nhiệt độ phù hợp với tải nhiệt. Sau khi ra khỏi tua bin, hơi được nạp vào tải, tại đó hơi giải phóng nhiệt và được ngưng tụ. Nước ngưng được đưa trở lại hệ thống với tốc độ dòng thấp hơn tốc độ dòng của hơi, nếu khối lượng hơi được sử dụng trong quy trình hoặc nếu có tổn thất qua hệ thống ống. Nước đã qua xử lý có thể giữ cân bằng khối lượng.



Hình 2. T

Hệ thống hơi đối áp có những ưu điểm sau:

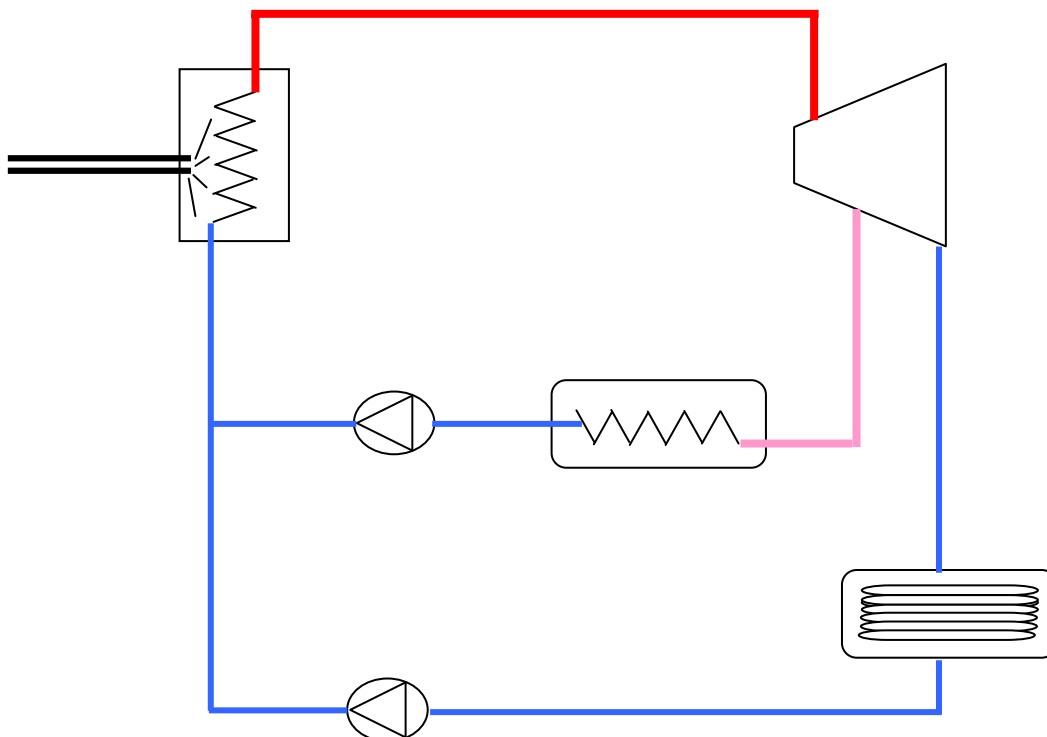
- Cấu tạo đơn giản với ít thành phần.
- Tránh được chi phí tổn kém cho áp suất hạ áp của tua bin.
- Chi phí vốn thấp.
- Giảm hoặc thậm chí không cần sử dụng nước làm mát.
- Hiệu suất toàn phần cao, vì không thải nhiệt ra môi trường qua máy nén.

Hệ thống hơi đối áp có những nhược điểm sau:

- Với cùng công suất đầu ra, tua bin hơi lớn hơn, vì nó phải vận hành với sự chênh lệch enthalpy của hơi thấp hơn.
- Lưu lượng hơi qua tua bin phụ thuộc vào mức tải nhiệt. Điện do hơi tạo ra được kiểm soát bởi tải nhiệt, điều này dẫn đến sự kém hoặc không linh hoạt trong việc phối hợp trực tiếp công suất đầu ra với tải điện. Do đó, cần có sự kết hợp hai chiều với lưới mua điện hoặc bán điện dư tạo ra. Có thể tăng sản xuất điện bằng cách cho hơi thoát trực tiếp ra khí quyển, nhưng cách này rất không hiệu quả. Điều đó dẫn tới việc lãng phí nước lò hơi đã qua xử lý, và nhất là mang lại kết quả hoạt động năng lượng và kinh tế kém.

2.1.2 Tua bin ngưng trích hơi

Ở hệ thống này, hơi sử dụng cho tải nhiệt có thể đạt được nhờ trích hơi từ một hoặc hai cấp trung áp với áp suất và nhiệt độ phù hợp. Hơi còn lại được xả tới áp suất của bình ngưng, có thể ở mức thấp khoảng 0,05 bar với nhiệt độ ngưng tương ứng khoảng 33°C. Rất khó có thể sử dụng nhiệt ở mức nhiệt độ thấp như vậy trong các ứng dụng hữu ích. Vì vậy, nhiệt được thải ra môi trường. So với hệ thống đối áp, tua bin ngưng trích hơi có chi phí vốn cao, và thường là hiệu suất toàn phần thấp hơn. Tuy nhiên, về một mặt nào đó, nó có thể kiểm soát được công suất điện không phụ thuộc vào tải nhiệt nhờ điều chỉnh chính xác tốc độ lưu lượng hơi qua tua bin.



Hình 3. Tua bin ngưng trích hơi

2.2 Hệ thống đồng phát tua bin khí

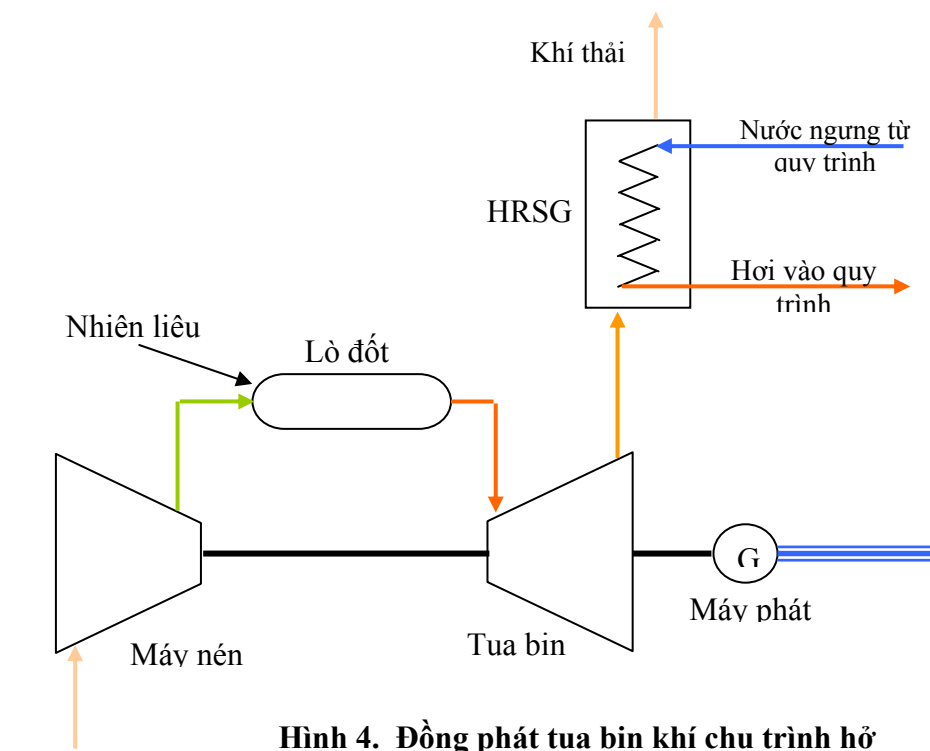
Hệ thống đồng phát tua bin khí hoạt động theo chu kỳ nhiệt động lực học có tên gọi là chu trình Brayton. Ở chu trình này, không khí quyển được nén, gia nhiệt và giãn nở, với phần công suất dư do tua bin hoặc bộ giãn nở tạo ra được máy nén sử dụng để phát điện.

Hệ thống đồng phát tua bin khí có thể đáp ứng một phần hoặc toàn bộ nhu cầu năng lượng của nhà máy, và năng lượng được giải phóng ở nhiệt độ cao trong khí xả có thể được thu hồi để sử dụng cho các thiết bị ứng dụng làm mát hoặc gia nhiệt (xem hình 4). Dù khí tự nhiên được sử dụng phổ biến nhất, các loại nhiên liệu khác như dầu nhẹ hoặc diezen cũng có thể được sử dụng. Giải công suất điển hình của tua bin khí dao động từ một phần máy MW tới khoảng 100 MW.

Trong những năm gần đây, hệ thống đồng phát tua bin khí được sử dụng với tốc độ ngày càng nhiều do sự sẵn có của các nguyên liệu khí tự nhiên, tiến bộ công nghệ nhanh, giảm chi phí lắp đặt đáng kể và mang lại hiệu quả môi trường cao. Ngoài ra, thời kỳ chuẩn bị triển khai dự án sẽ ngắn hơn và có thể chuyên giao thiết bị thuận tiện. Thời gian khởi động của tua bin khí ngắn, vận hành gián đoạn linh hoạt. Dù tua bin loại này cung cấp nhiệt để chuyển hoá thành điện thấp, có thể thu hồi được nhiệt nhiều hơn ở nhiệt độ cao hơn. Nếu sản lượng nhiệt ít hơn mức người sử dụng cần, có thể bổ sung thêm lượng khí đốt tự nhiên bằng cách trộn chất phụ gia với khí thải giàu oxy để tăng thêm sản lượng nhiệt.

2.2.1 Hệ thống đồng phát tua bin khí chu trình hở

Phần lớn các hệ thống tua bin khí hiện có, ứng dụng trong bất kỳ ngành nào đều vận hành theo chu trình Brayton mở (còn được gọi là chu trình Joule, ở chu trình này tính không thuận nghịch không được tính tới). Ở chu trình này, máy nén lấy không khí từ khí quyển và đưa vào buồng đốt với áp suất cao hơn. Nhiệt độ không khí cũng tăng do quá trình nén. Các thiết bị cũ và nhỏ hơn vận hành với tỷ lệ áp suất trong khoảng 15:1, còn những thiết bị mới hơn và lớn hơn vận hành ở tỷ lệ áp suất khoảng 30:1.



Hình 4. Đồng phát tua bin khí chu trình hở

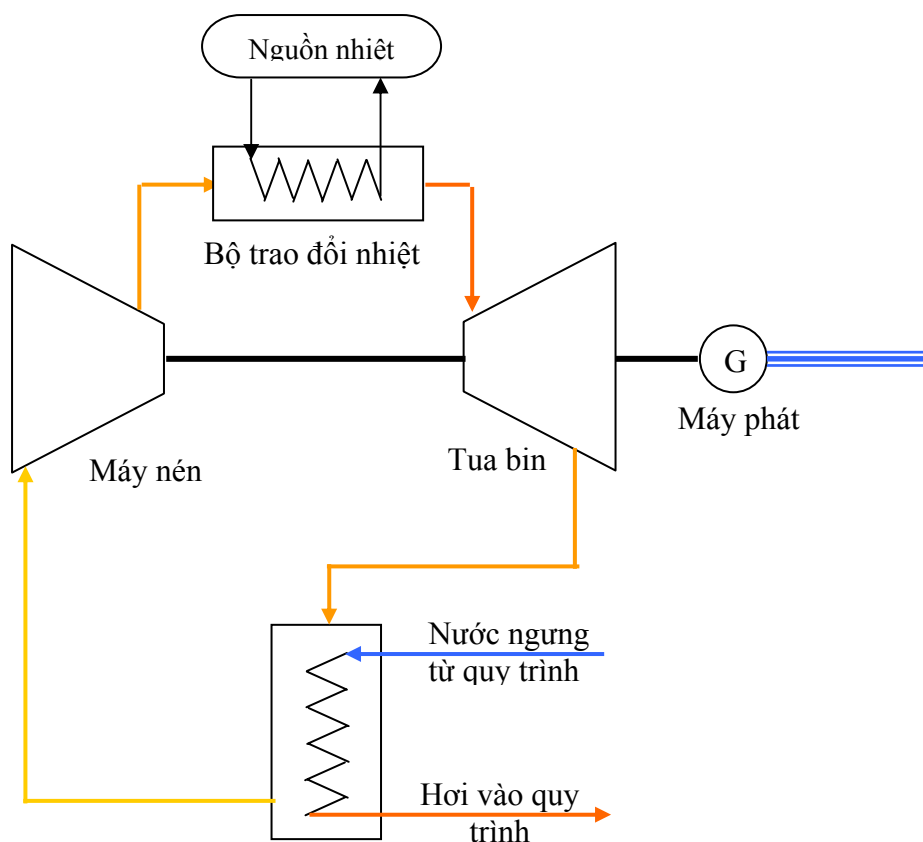
Không khí được đưa qua thiết bị khuếch tán vào buồng đốt áp suất không đổi trong đó có nhiên liệu được bơm vào và đốt cháy. Thiết bị khuếch tán giúp giảm vận tốc không khí xuống mức phù hợp với buồng đốt. Mức sụt áp qua buồng đốt trong khoảng 1,2%. Quá trình cháy diễn ra với mức khí dư cao. Khí thải thoát ra khỏi buồng đốt ở nhiệt độ cao với nồng độ oxy lên tới 15-16%. Nhiệt độ cao nhất của chu kỳ đạt được tại điểm này; nhiệt độ càng cao, hiệu suất quy trình càng cao. Cận trên được thiết lập ở nhiệt độ mà nguyên liệu của tua bin khí có thể chịu được, và do hiệu suất của cánh làm mát quy định. Với công nghệ hiện có, mức này ở vào khoảng 1300°C.

Áp suất và khí thải nhiệt độ cao đi vào tua bin khí sẽ sinh ra công cơ học để chạy máy nén và tải (v.d máy phát điện). Khí thải từ tua bin ở nhiệt độ khá cao (450-600°C), vì vậy khả năng thu hồi nhiệt ở nhiệt độ cao là khả thi. Điều này bị ảnh hưởng bởi lò hơi thu hồi nhiệt áp suất đơn hoặc đôi, để có thể thu hồi nhiệt hiệu quả hơn.

Hơi được tạo thành có thể ở nhiệt độ và áp suất cao, có thể sử dụng cho không chỉ các quy trình nhiệt mà còn để chạy tua bin hơi, tạo ra thêm điện.

2.2.2 Hệ thống động phát sử dụng tua bin khí theo chu trình khép kín

Ở hệ thống khép kín, chất lưu (thường là heli hoặc không khí) tuần hoàn trong một chu trình khép kín. Chúng được gia nhiệt trong bộ trao đổi nhiệt trước khi đưa vào tua bin, và được làm mát sau khi tua bin giải phóng ra nhiệt hữu dụng. Vì vậy chất lưu vẫn sạch và không gây ra ăn mòn.



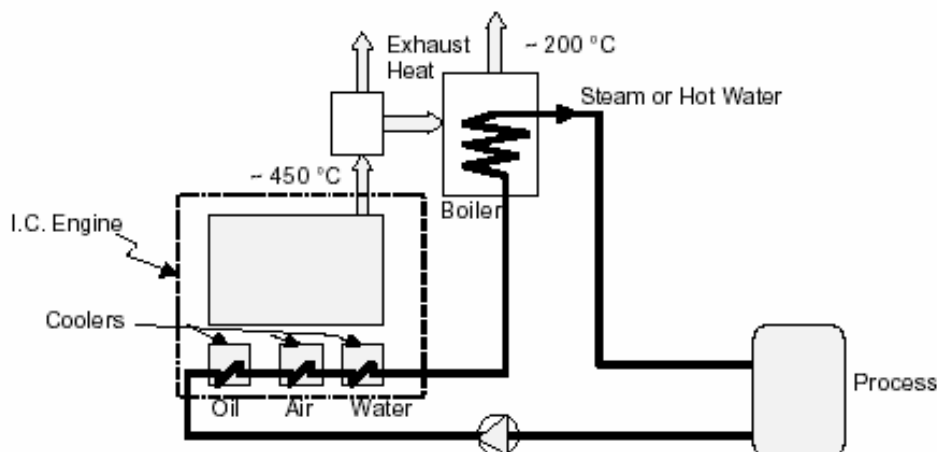
Hình 5: Hệ thống động phát sử dụng tua bin khí theo chu trình khép kín

Nguồn nhiệt có thể là đốt cháy loại nhiên liệu bất kỳ bên ngoài. Cũng có thể sử dụng năng lượng hạt nhân hoặc mặt trời.

2.3 Hệ thống động phát động cơ pittông

Các động cơ pittông rất thích hợp với các ứng dụng trong các lĩnh vực khác nhau, công nghiệp, thương mại và các cơ quan tổ chức để phát điện và động phát nhiệt-điện. Động cơ pittông khởi động nhanh, công suất lớn, có hiệu suất tải từng phần phù hợp và nhìn chung có độ tin cậy cao. Trong rất nhiều trường hợp, các thiết bị sử dụng động cơ pittông đa cấp giúp tăng công suất toàn phần của nhà máy. Động cơ pittông có hiệu suất điện cao hơn tua bin khí cùng kích thước, vì vậy giúp giảm chi phí nhiên liệu vận hành. Chi phí ban đầu của bộ động cơ pittông thường thấp hơn tua bin khí lên tới 3-5 MW về kích thước. Chi phí bảo trì động cơ pittông cao hơn tua bin khí nhưng việc bảo hành có thể được thực hiện bởi các nhân viên của nhà máy hoặc các cơ sở tại địa phương.

Năng lượng phát ra từ động cơ pittông được sử dụng cho các ứng dụng bao gồm thời gian chờ, hỗ trợ lưới và các ứng dụng CHP. Ứng dụng CHP cần sử dụng nước nóng, hơi áp suất thấp hoặc thiết bị làm lạnh hấp thụ nhiệt đốt cháy. Các động cơ pittông cũng được sử dụng rộng rãi làm bộ điều khiển cơ học cho những thiết bị ứng dụng như bơm nước, nén khí và làm lạnh.



Hình 6: Hệ thống động phát sử dụng động cơ pittông (UNESCAP, 2000)

Mặc dù người ta mong đợi sự gia tăng trong việc sử dụng động cơ pittông cho các ứng dụng phân phối khác nhau, tuy nhiên ứng dụng phát tại nhà máy phổ biến nhất đối với động cơ SI sử dụng khí tự nhiên từ trước đến nay vẫn là CHP, và xu hướng này có khả năng tiếp tục tăng. Lợi ích kinh tế của động cơ sử dụng khí tự nhiên trong các ứng dụng phát tại nhà máy được tăng cường nhờ sử dụng hiệu quả nhiệt năng của khí thải và hệ thống làm mát, và nó thường chiếm khoảng 60 đến 70% năng lượng nhiên liệu vào.

Có bốn nguồn nhiệt thải từ động cơ pittông có thể sử dụng: khí thải, nước làm mát động cơ, nước làm mát dầu bôi trơn, và làm mát bộ nạp của tua bin. Nhiệt thu hồi được thường ở dạng nước nóng hoặc hơi hạ áp (<30 psig). Khí thải ở nhiệt độ cao hơn có thể tạo thành hơi trung áp (lên tới 150 psig), nhưng khí thải nóng chỉ chứa khoảng 1/2 nhiệt năng hiện có của một động cơ pittông. Một số nhà máy CHP công nghiệp sử dụng khí thải động cơ trực tiếp để sấy trong quy trình. Thông thường, nước nóng và hơi hạ áp do hệ thống CHP sử dụng động cơ pittông

thích hợp với các nhu cầu quy trình đòi hỏi nhiệt độ thấp, gia nhiệt không gian, hâm nóng nước uống và để chạy thiết bị làm lạnh để cung cấp nước lạnh, điều hoà không khí hoặc làm lạnh.

Bảng 1. Các thông số vận hành đồng phát điển hình
(nguồn: Ủy ban năng lượng California, 1982)

Động cơ sơ cấp trong hệ thống đồng phát	Dải định mức (Điện)	Tỷ lệ nhiệt phát điện (kcal / kWh)	Hiệu suất, %		
			Chuyển đổi điện	Thu hồi nhiệt	Đồng phát toàn phần
Động cơ pittông nhỏ	10 – 500 kW	2650 - 6300	20-32	50	74-82
Động cơ pittông lớn	500 – 3000 kW	2400 - 3275	26-36	50	76-86
Động cơ Diezen	10-3000 kW	2770 - 3775	23-38	50	73-88
Tua bin khí nhỏ	800-10000 kW	2770-3525	24-31	50	74-81
Tua bin khí lớn	10-20 MW	2770-3275	26-31	50	78-81
Tua bin hơi	10-100 MW	2520-5040	17-34	-	-

2.4 Các phân loại hệ thống đồng phát khác

Người ta thường phân loại các hệ thống đồng phát theo trình tự sử dụng năng lượng và cơ chế vận hành áp dụng. Hệ thống đồng phát cơ bản có thể được phân loại thành chu trình đỉnh hoặc chu trình đáy .

2.4.1 Chu trình đỉnh

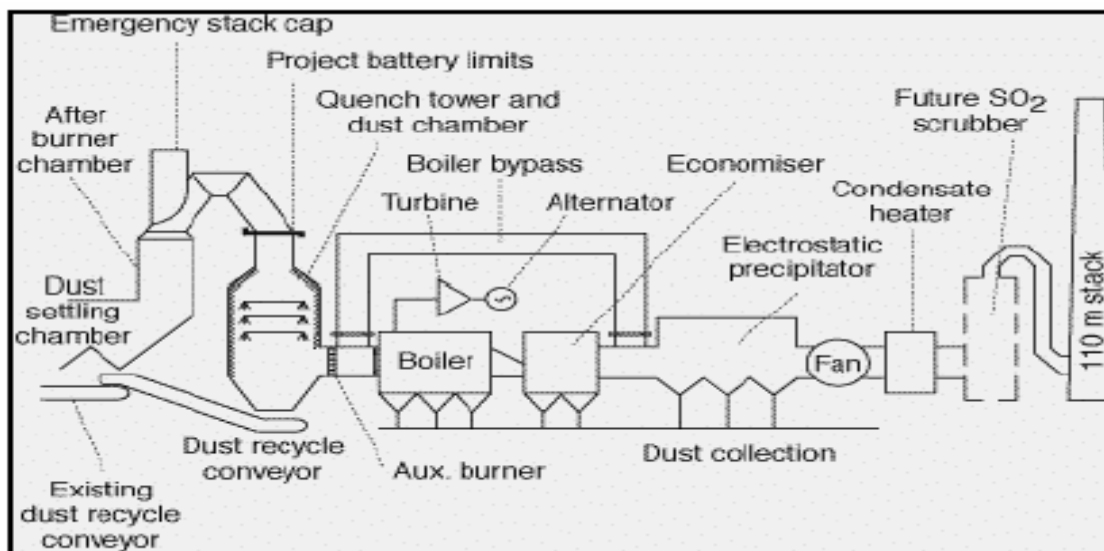
Với chu trình đỉnh, nhiên liệu cấp được sử dụng để tạo ra điện trước sau đó đến nhiệt, là sản phẩm phụ của chu trình và được sử dụng cho các nhu cầu sử dụng nhiệt của chu trình hoặc cá nhân nhu cầu nhiệt khác. Đồng phát chu trình đỉnh được sử dụng rộng rãi và là phương pháp phổ biến nhất trong đồng phát.

Bảng 2. Bốn loại hệ thống động phát chu trình đỉnh(tranh lấy từ Sở Năng lượng, Úc)

<p>Hệ thống chu trình đỉnh kết hợp Tua bin khí hoặc động cơ diezen sản xuất ra năng lượng điện hoặc cơ khí với lò hơi thu hồi nhiệt để tạo thành hơi dùng chạy tua bin hơi thứ cấp.</p>	
<p>Hệ thống chu trình đỉnh tua bin hơi Nhiên liệu (dạng bất kỳ) được đốt cháy để sản xuất ra hơi cao áp sau đó đi qua tua bin hơi để tạo ra điện và khí thải cung cấp hơi hạ áp.</p>	
<p>Hệ thống động phát chu trình đỉnh thu hồi nhiệt Hệ thống loại này thu hồi nhiệt từ bộ phận xả của động cơ và/hoặc hệ thống làm mát đưa vào lò hơi thu hồi nhiệt, tại đó, nhiệt được chuyển thành hơi/nước nóng để được sử dụng.</p>	
<p>Hệ thống động phát chu trình đỉnh tua bin khí Một tua bin khí tự nhiên chạy máy phát. Khí thải đưa đến lò hơi thu hồi nhiệt để tạo thành hơi và nhiệt quy trình.</p>	

2.4.2 Chu trình đáy

Ở chu trình đáy, nhiên liệu sơ cấp tạo ra nhiệt năng ở nhiệt độ cao và nhiệt thải từ quy trình được sử dụng để phát điện qua lò hơi thu hồi nhiệt và máy phát tua bin. Các chu trình đáy phù hợp với các quy trình sản xuất cần nhiệt ở nhiệt độ cao trong lò đốt và thải ra nhiệt ở nhiệt độ khá cao. Các phạm vi ứng dụng điển hình gồm có xi măng, thép, gas và hoá dầu. Chu trình đáy không phổ biến bằng chu trình trên. Hình 9 mô tả chu trình đáy trong đó, nhiên liệu được đốt trong lò để tạo ra rutin tổng hợp. Khí thải từ lò được sử dụng trong lò hơi để tạo thành hơi, chạy tua bin để phát điện.



Hình 7. Hệ thống động phát chu trình đáy (Cục Sử dụng năng lượng hiệu quả, 2004)

3. ĐÁNH GIÁ CÁC HỆ THỐNG ĐỘNG PHÁT

3.1 Thuật ngữ và định nghĩa hoạt động

Kết quả hoạt động của toàn bộ nhà máy

- Hệ số sử dụng nhiệt toàn quá trình (kCal/kWh)

$$\frac{Ms \times (hs - hw)}{\text{Công suất đầu ra (kW)}}$$

Trong đó,

- Ms = Lưu lượng hơi (kg/h)
- hs = Entanpi của hơi (kCal/kg)
- hw = Entanpi của nước cấp (kCal/kg)

- Hệ số sử dụng nhiên liệu toàn quá trình (kg/kWh)

$$\frac{\text{Tiêu thụ nhiên liệu * (kg/h)}}{\text{Công suất đầu ra (kW)}}$$

- Tổng nhiên liệu cho tua bin và hơi

Hoạt động của tua bin hơi

- Hiệu suất tua bin hơi (%):

Thiết bị nhiệt: Đồng phát

$\frac{\text{Số entanpi thực tế qua tua bin (kCal/kg)}}{\text{Số entanpi theo đường đẳng entropi}} \times 100$

Hoạt động tua bin khí

- Hiệu suất toàn phần của tua bin khí (%) (Tua bin & Máy nén):

$$\frac{\text{Công suất đầu ra (kW)} \times 860}{\text{Đầu vào nhiên liệu cho tua bin khí (kg/h)} \times \text{GCV của nhiên liệu (kCal/kg)}} \times 100$$

Hoạt động của máy phát hơi thu nhiệt (hrsg)

- Hiệu suất của máy phát hơi thu nhiệt (%):

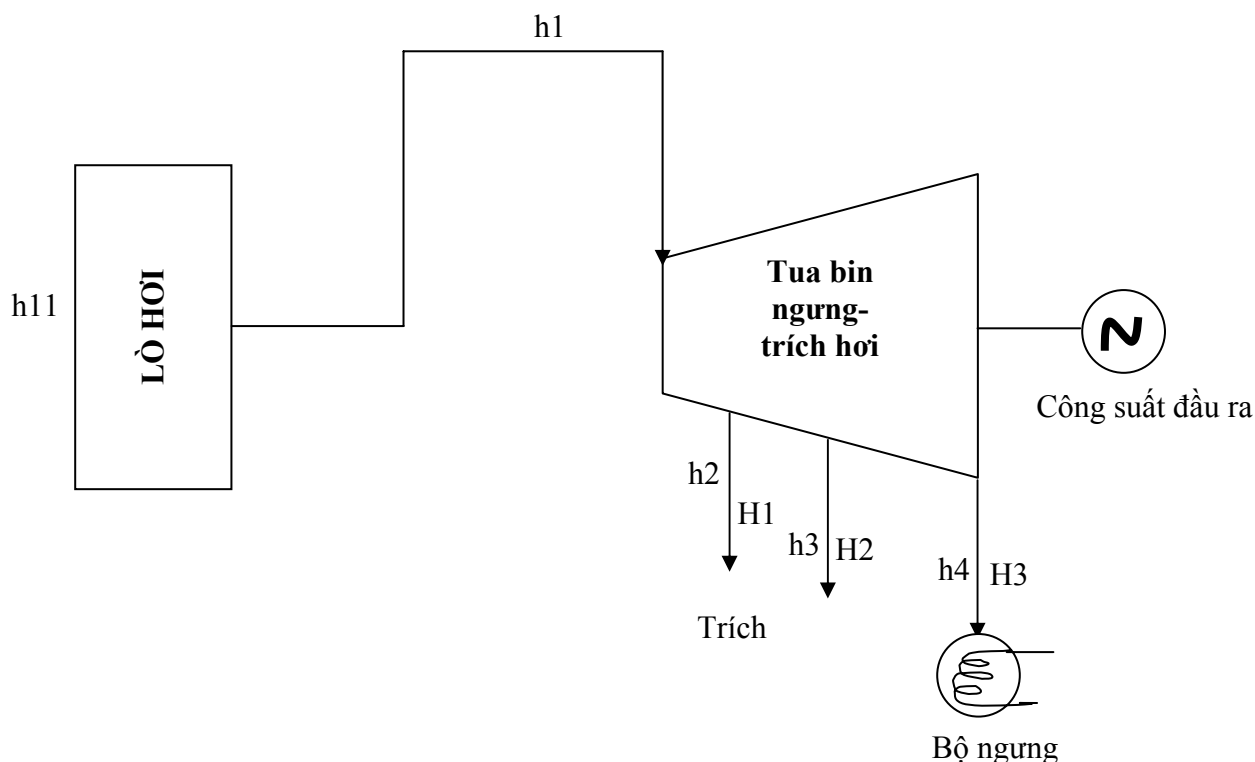
$$\frac{M_s \times (h_s - h_w)}{[M_f \times C_p (t_{\text{vào}} - t_{\text{ra}})] + [M_{\text{aux}} \times \text{GCV của nhiên liệu (kCal/kg)}]} \times 100$$

Trong đó,

- M_s = Hơi tạo thành (kg/h)
- h_s = Entanpi của của hơi (kCal/kg)
- h_w = Entanpi của của nước cấp (kCal/kg)
- M_f = Lưu lượng của khí lò (kg/h)
- t_{in} = Nhiệt độ khí lò vào ($^{\circ}\text{C}$)
- t_{out} = Nhiệt độ khí lò ra ($^{\circ}\text{C}$)
- M_{aux} = Tiêu thụ nhiên liệu phụ (kg/h)

3.2 Các tính toán trong hệ thống đồng phát tua bin hơi

Hình vẽ dưới đây mô tả bốn bước tính toán kết quả hoạt động của một hệ thống đồng phát tua bin hơi, hệ thống đồng phát phổ biến nhất trong ngành công nghiệp. *Lưu ý: phương pháp luận có thể áp dụng cho tất cả các hệ thống đồng phát, nhưng những công thức dưới đây chỉ áp dụng cho hệ thống đồng phát tua bin hơi*



Bước 1: Tính toán mức thoát nhiệt thực tế tại mỗi cấp tua bin

Entanpi của hơi tại đầu vào của tua bin	:	h_1 , kCal/kg
Entanpi của hơi tại lần trích cấp 1	:	h_2 , kCal/kg
Entanpi của hơi tại lần trích cấp 2	:	h_3 , kCal/kg
Entanpi của hơi tại bình ngưng	:	h_4^* , kCal/kg

* Do độ ẩm của hơi ở cấp nén, entanpi của hơi không thể được tính tương đương với hơi bão hoà. Giá trị độ khô điển hình là 0,88 – 0,92. Giá trị này có thể được sử dụng trong ước tính mức giảm nhiệt ở cấp cuối. Tuy nhiên, người ta gợi ý nên tính toán hiệu suất ở cấp cuối từ hiệu suất toàn phần của tua bin và hiệu suất ở cấp khác.

Thoát nhiệt từ đầu vào cho tới trích cấp 1 (h_5):

$$h_5 = (h_1 - h_2) \text{ kCal/kg}$$

Thoát nhiệt từ cấp 1 cho tới trích cấp 2 (h_6):

$$h_6 = (h_2 - h_3) \text{ kCal/kg}$$

Thoát nhiệt từ trích cấp 2 cho tới bình ngưng (h_7):

$$h_7 = (h_3 - h_4) \text{ kCal/kg}$$

Bước 2: Ước tính thoát nhiệt trên lý thuyết

Từ biểu đồ Mollier (Biểu đồ H-φ) ước tính thoát nhiệt với các điều kiện đề cập trong bước 1. Cách làm như sau

- Vẽ điểm điều kiện đầu vào tua bin trong biểu đồ Mollier – tương ứng với áp suất và nhiệt độ hơi
- Vì việc giãn nở ở tua bin là quy trình đoạn nhiệt, entropi không đổi. Vì vậy, vẽ một đường theo chiều dọc từ điểm đầu vào (song song với trục tung) tới điều kiện nén.
- Đọc entanpi của tại những điểm đường trích và áp suất nén giao với đường song song với trục tung đã vẽ.
- Tính toán mức giảm nhiệt trên lý thuyết cho các cấp giãn nở khác nhau.

Entanpi lý thuyết sau lần trích hơi thứ 1	:	H1
Entanpi lý thuyết sau lần trích hơi thứ 2	:	H2
Entanpi lý thuyết tại điều kiện của bình ngưng	:	H3

Thoát nhiệt trên lý thuyết từ đầu vào tới điểm trích hơi cấp 1 (h8): $h_8 = h_1 - H_1$

Thoát nhiệt trên lý thuyết từ cấp 1 tới trích cấp 2 (h9): $h_9 = H_1 - H_2$

Thoát nhiệt lý thuyết từ giai đoạn ngưng tụ trích hơi thứ 2 (h10): $h_{10} = H_2 - H_3$

Bước 3: Tính toán hiệu suất tua bin

$$\text{Hiệu suất cấp 1} \left(\frac{h_5}{h_8} \right) = \left(\frac{\text{Trích nhiệt thực tế}}{\text{Trích nhiệt lý thuyết}} \right) = \left(\frac{h_1 - h_2}{h_1 - H_1} \right)$$

$$\text{Hiệu suất cấp 2} \left(\frac{h_6}{h_9} \right) = \left(\frac{\text{Trích nhiệt thực tế}}{\text{Trích nhiệt lý thuyết}} \right) = \left(\frac{h_2 - h_3}{H_1 - H_2} \right)$$

$$\text{Hiệu suất cấp nén} \left(\frac{h_7}{h_{10}} \right) = \left(\frac{\text{Trích nhiệt thực tế}}{\text{Trích nhiệt lý thuyết}} \right) = \left(\frac{h_3 - h_4}{H_2 - H_3} \right)$$

Bước 4: Tính toán hệ số nhiệt của toàn bộ quy trình

$$\text{Hệ số nhiệt (kcal/kWh)} = \frac{M \times (h_1 - h_{11})}{P}$$

Trong đó,

M = Lưu lượng hơi (kg/h)

h_1 = Entanpi của hơi đầu vào (kCal/kg)

h_{11} = Entanpi của nước cấp (kCal/kg)

P = Công suất trung bình đầu ra (kW)

4. GIẢI PHÁP SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG HIỆU QUẢ

4.1 Các giải pháp Sử dụng năng lượng hiệu quả trong hệ thống đồng phát tua bin hơi

Các giải pháp sử dụng năng lượng hiệu quả trong hệ thống đồng phát được mô tả trong các phần sau:

1. **Lò hơi:** Xem phần “Lò hơi và bộ sấy nhiệt lỏng”

2. **Tua bin hơi:**

a. Bình ngưng chân không:

Độ chân không trong bình ngưng hoặc áp suất ngược là yếu tố quan trọng nhất vì chỉ một độ lệch nhỏ so với mức tối ưu cũng sẽ dẫn đến những thay đổi đáng kể về hiệu suất. Có một số nguyên nhân khiến độ chân không trong bình ngưng thay đổi so với giá trị tối ưu, bao gồm:

- Nhiệt độ nước làm mát khác với giá trị thiết kế, đây là nguyên nhân phổ biến nhất gây ra các dao động ở độ chân không trong bình ngưng vì nhiệt độ của nước làm mát bị ảnh hưởng nhiều bởi các điều kiện thời tiết như nhiệt độ và độ ẩm. Nhiệt độ nóng ẩm sẽ làm tăng nhiệt độ của nước làm mát, giảm độ chân không trong bình ngưng và sản lượng của tua bin giảm (dẫn đến giảm hiệu suất nhiệt tương ứng). Nhưng khi thời tiết lạnh và khô sẽ có những hiệu ứng ngược lại:
- Tốc độ dòng của nước làm mát không phải là giá trị chuẩn;
- Ống của bình ngưng bị bám cặn, hoặc một số bị tắc nghẽn
- Rò rỉ khí vào trong bình ngưng.

b. Nhiệt độ và áp suất hơi:

Nếu nhiệt độ hơi và các điều kiện áp suất tại bộ phận vào của tua bin hơi thay đổi so với các điều kiện tối ưu trong thiết kế, tua bin có thể không đạt hiệu suất tối đa.

Sự biến động của các điều kiện về hơi có thể do lỗi khi thiết kế dây chuyền (bao gồm cả định cỡ), vận hành quy trình không chuẩn hoặc do cặn bám trong lò hơi.

c. Vận hành tải từng phần, khởi động và dừng:

Hiệu suất của tải từng phần có thể duy trì sát với giá trị thiết kế nhờ chú ý đến các yếu tố trên. Tuy nhiên, các quyết định thị trường với việc vận hành tổ phát ở mức tải nhất định trong những thời kỳ nhất định sẽ có ảnh hưởng chính đến hiệu suất nhiệt trung bình. Tương tự như vậy, các quyết định thị trường với thời điểm hệ thống hoạt động hoặc ngừng hoạt động cũng có ảnh hưởng đến hiệu suất nhiệt trung bình do các tổn thất năng lượng khi khởi động hoặc dừng hệ thống.

3. **Phân phối và sử dụng hơi:** Tham khảo Module về “Phân phối và sử dụng hơi”

4.2 Các giải pháp sử dụng năng lượng hiệu quả trong hệ thống đồng phát tua bin khí

Dưới đây là các giải pháp sử dụng năng lượng hiệu quả trong hệ thống đồng phát tua bin hơi:

1. **Máy nén khí:** Xem phần “Máy nén và hệ thống khí nén”

2. Tua bin khí:

- Nhiệt độ và áp suất khí: Nếu nhiệt độ và các điều kiện áp suất tại bộ phận nạp khác so với các điều kiện tối ưu trong thiết kế, có thể tua bin sẽ không đạt được hiệu suất tối đa. Các biến động ở điều kiện khí có thể là do lỗi thiết kế hệ thống (bao gồm cả định cỡ) hoặc vận hành hệ thống không chuẩn.
- Vận hành tải từng phần, khởi động và dừng: Hiệu suất của tổ phát như là tải từng phần có thể được duy trì ở mức gần với giá trị thiết kế nhờ sự quan tâm đúng mức tới các yếu tố trên. Tuy nhiên, các quyết định thị trường để vận hành tổ máy phát ở các mức tải nhất định trong một thời gian xác định sẽ có tác động đến hiệu suất nhiệt trung bình. Tương tự như vậy, các quyết định thị trường với thời gian hoạt động hoặc dừng hoạt động của dây chuyền cũng ảnh hưởng đến hiệu suất nhiệt trung bình do các tổn thất năng lượng khi khởi động hoặc dừng hệ thống.
- Nhiệt độ khí lò từ buồng đốt. Nhiệt độ tăng thường dẫn tới công suất đầu ra tăng;
- Nhiệt độ khí thải. Nhiệt độ giảm thường dẫn tới công suất đầu ra tăng;
- Lưu lượng qua tua bin khí. Nhìn chung, lưu lượng cao hơn sẽ dẫn tới công suất đầu ra cao hơn;
- Sự sụt áp ở hộp giảm thanh khí xả, ống dẫn và ống khói. Giảm tổn thất áp suất sẽ giúp tăng công suất đầu ra;
- Áp suất khí cấp hoặc thải ra từ máy nén tăng. Mức áp suất này tăng sẽ dẫn tới công suất đầu ra tăng.

3. Máy phát hơi thu hồi nhiệt: Xem phần “Thu hồi nhiệt thải”

5. DANH SÁCH SÀNG LỌC GIẢI PHÁP

Phần này bao gồm các giải pháp sử dụng năng lượng hiệu quả quan trọng nhất áp dụng cho đồng phát.

- Tận dụng khí thải để gia nhiệt cho không khí từ máy nén (chủ yếu áp dụng trong điều kiện thời tiết mát);
- Chia máy nén thành hai phần và làm mát không khí giữa hai phần;
- Chia tua bin thành hai phần và sấy khí sơ bộ giữa hai phần bằng cách đưa khí đi qua lò sấy phụ và buồng sấy đặt giữa hai phần;
- Làm mát khí vào. Chủ yếu áp dụng trong điều kiện thời tiết mát;
- Giảm độ ẩm khí vào;
- Tăng áp suất không khí bộ phận thải ra ở máy nén khí;
- Bơm hơi hoặc nước vào lò đốt hoặc tua bin;
- Làm sạch hoặc loại bỏ cặn bám trên cánh của máy nén khí và tua bin theo định kỳ và
- Kết hợp các giải pháp trên.

6. BẢNG TÍNH

Phần này gồm có các bảng tính sau:

- Hoạt động hệ thống đồng phát tua bin hơi
- Hoạt động hệ thống đồng phát tua bin khí

Bảng tính 1: Hoạt động hệ thống đồng phát tua bin hơi

STT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1.	Phát điện (P)	kW	
2.	Phát hơi (M)	TPH	
3.	Áp suất hơi	kg/cm ² (g)	
4.	Nhiệt độ hơi	⁰ C	
5.	Entanpi của hơi (hs)	kCal/kg	
6.	Nhiệt độ nước cấp	⁰ C	
7.	Entanpi của nước cấp (h4)	kCal/kg	
8.	Số lần trích	Nos	
9.	Điều kiện trích thứ nhất		
	Áp suất	kg/cm ² (g)	
	Nhiệt độ	⁰ C	
	Entanpi thực tế (h1)	kCal/kg	
	Entanpi lý thuyết(H1)	kCal/kg	
10.	Điều kiện trích thứ hai		
	Áp suất	kg/cm ² (g)	
	Nhiệt độ	⁰ C	
	Entanpi thực tế (h2)	kCal/kg	
	Entanpi lý thuyết(H2)	kCal/kg	
11.	Điều kiện ngưng		
	Áp suất	kg/cm ² (g)	
	Nhiệt độ	⁰ C	
	Entanpi của thực tế (h3)	kCal/kg	
	Entanpi của lý thuyết(H3)	kCal/kg	
12.	Hiệu suất của cấp 1 $\{(h1 - h2) / (h1 - H1)\}$	%	
13.	Hiệu suất của cấp 2 $\{(h2 - h3) / (H1 - H2)\}$	%	
14.	Hiệu suất của cấp ngưng $\{(h3 - h4) / (H2 - H3)\}$	%	
15.	Hiệu suất nhiệt của nhà máy $[M \times (hs - h4)] / (P \times 1000)$	KCal/kWh	

Bảng tính 2: Hoạt động động phát tua bin khí

STT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1.	Phát điện(P)	kW	
2.	Đầu vào nhiên liệu tua bin khí (F)	kg/h	
3.	GCV của nhiên liệu	kCal/kg	
4.	HRSG (Máy phát hơi thu hồi nhiệt)		
	Hơi sinh ra (Ms)	kg/h	
	Entanpi của hơi (hs)	kCal/kg	
	Entanpi của nước cấp (hw)	kCal/kg	
	Khối lượng khí lò (Mf)	kg/h	
	Nhiệt độ vào của khí lò (t _{vào})	⁰ C	
	Nhiệt độ ra của khí lò (t _{ra})	⁰ C	
	Tiêu thụ nhiên liệu phụ trợ (Maux)	kg/h	
	GCV của nhiên liệu	kCal/kg	
5.	Hiệu suất tua bin khí [P x 860 x 100] / [F x GCV của nhiên liệu]	%	
6.	Hiệu suất HRSG [Ms x (hs – hw) x 100] / {[Mf x Cp x (t _{vào} – t _{ra})] + [Maux x GCV của nhiên liệu]}	%	

7. TÀI LIỆU THAM KHẢO

Bureau of Energy Efficiency, Ministry of Power, India. *Energy Efficiency in Thermal Utilities*. 2004

California Energy Commission. *Cogeneration Handbook*. 1982

Department of Energy, Queensland Government, Australia.

www.energy.qld.gov.au/infosite/steam_turbines.html,

www.energy.qld.gov.au/infosite/condensers_cooling_sys.html and

www.energy.qld.gov.au/infosite/facts_influence_thermal.html

National Productivity Council. *Assessing Cogeneration potential in Indian Industries*. 2002

Polimeros, George. *Energy Cogeneration Handbook*, Industrial Press Inc.

The European Association for the Promotion of Cogeneration. www.cogen.org/

United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UNESCAP), Environment and Sustainable Development Division. Part 1: Overview of Cogeneration and its Status in Asia. In: Guidebook on Cogeneration as a Means of Pollution Control and Energy Efficiency in Asia. 2000.

<http://www.unescap.org/esd/energy/publications/detail.asp?id=759>

Copyright:

Copyright © United Nations Environment Programme (year 2006)

This publication may be reproduced in whole or in part and in any form for educational or non-profit purposes without special permission from the copyright holder, provided acknowledgement of the source is made. UNEP would appreciate receiving a copy of any publication that uses this publication as a source. No use of this publication may be made for resale or any other commercial purpose whatsoever without prior permission from the United Nations Environment Programme.

Bản quyền

Copyright © Chương trình môi trường liên hợp quốc (năm 2006)

Ấn bản này có thể tái xuất bản toàn bộ hoặc một phần và cho bất kỳ mục đích giáo dục hay phi lợi nhuận nào mà không có sự cho phép đặc biệt từ người giữ bản quyền với điều kiện phải nêu nguồn của ấn bản. UNEP mong rằng sẽ nhận được bản sao của bất kỳ ấn bản nào có sử dụng ấn bản này như nguồn thông tin. Không sử dụng ấn bản này để bán lại hay cho bất kỳ mục đích thương mại nào khác mà không có sự cho phép trước đó từ Chương trình Môi trường của Liên hợp quốc

Disclaimer:

This energy equipment module was prepared as part of the project "Greenhouse Gas Emission Reduction from Industry in Asia and the Pacific" (GERIAP) by the National Productivity Council, India. While reasonable efforts have been made to ensure that the contents of this publication are factually correct and properly referenced, UNEP does not accept responsibility for the accuracy or completeness of the contents, and shall not be liable for any loss or damage that may be occasioned directly or indirectly through the use of, or reliance on, the contents of this publication, including its translation into other languages than English. This is the translated version from the chapter in English, and does not constitute an official United Nations publication.

Khuyến cáo:

Mô đun thiết bị năng lượng này được thực hiện là một phần của dự án "Giảm Phát Thải Khí Nhà Kính từ Hoạt Động Công Nghiệp ở Khu vực Châu Á và Thái Bình Dương" (GERIAP) bởi Ủy ban Năng suất Quốc gia Ấn Độ. Mặc dù đã cố gắng nhiều để đảm bảo nội dung của báo cáo này là chính xác và phù hợp để tham khảo, UNEP không có trách nhiệm về tính chính xác hay hoàn thiện của nội dung và sẽ không chịu trách nhiệm về bất kỳ mất mát hay thiệt hại mà có thể liên quan trực tiếp hay gián tiếp cho việc sử dụng hay dựa vào nội dung của báo cáo này gây ra, bao gồm cả bản dịch sang các thứ tiếng khác ngoài tiếng Anh. Đây là bản dịch từ chương bằng tiếng Anh và không là ấn bản chính thức của Liên hợp quốc.