

Chương 4 Nhiệt mặt trời

4.1 Bức xạ mặt trời

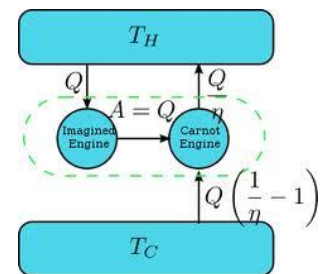
Bức xạ mặt trời là dòng vật chất và năng lượng của Mặt Trời phát ra. Đây chính là nguồn năng lượng chính cho các quá trình phong hóa, bóc mòn, vận chuyển, bồi tụ trên Trái Đất, cũng như chiếu sáng và sưởi ấm cho các hành tinh trong hệ Mặt Trời.

Năng lượng bức xạ Mặt trời thường biểu diễn bằng $\text{cal/cm}^2\cdot\text{phút}$. Năng lượng bức xạ Mặt trời ở gần Trái Đất ở vào khoảng $2 \text{ cal/cm}^2\cdot\text{phút}$ (hằng số mặt trời), có phổ nằm trong dải bước sóng $0,17\text{-}4 \mu\text{m}$ với cực đại ở khoảng $0,475 \mu\text{m}$. Toàn bộ Trái Đất nhận được từ Mặt Trời $2,4\cdot 10^{18} \text{ cal/phút}$, gồm 48% năng lượng thuộc dải phổ ánh sáng khả kiến ($\lambda = 0,4\text{-}0,76 \mu\text{m}$), 7% tia cực tím ($\lambda < 0,4 \mu\text{m}$) và 45% thuộc dải phổ hồng ngoại và sóng vô tuyến ($\lambda > 0,76 \mu\text{m}$). Năng lượng mặt trời có thể chia làm 2 loại cơ bản: Nhiệt năng và Quang năng. Các tế bào quang điện (Photovoltaic cells - PV) sử dụng công nghệ bán dẫn để chuyển hóa trực tiếp năng lượng quang học thành dòng điện, hoặc tích trữ vào pin, ắc quy để sử dụng sau đó.

Nhiệt năng có thể được sử dụng để sưởi nóng các tòa nhà một cách thụ động thông qua việc sử dụng một số vật liệu hoặc thiết kế kiến trúc, hoặc được sử dụng trực tiếp để đun nóng nước phục vụ cho sinh hoạt hay sản xuất nhiệt điện mặt trời. Ở rất nhiều khu vực khác nhau trên thế giới thiết bị đun nước nóng dùng năng lượng mặt trời (bình nước nóng năng lượng mặt trời) hiện đang là một sự bổ sung quan trọng hay một sự lựa thay thế cho các thiết bị cung cấp nước nóng thông thường dùng điện hoặc gaz.

4.2 Các nguyên lý nhiệt động học

Các nguyên lý nhiệt động học có thể áp dụng cho nhiều hệ vật lý, chỉ cần biết sự trao đổi năng lượng với môi trường mà không phụ thuộc vào chi tiết tương tác trong các hệ ấy. Albert Einstein đã dựa vào nhiệt động học để tiên đoán về phát xạ tự nhiên. Gần đây còn có một nghiên cứu về nhiệt động học hố đen.



4.4.4 Nguyên lý thứ nhất nhiệt động lực học (NĐLH)

Hình 4.1 Nguyên lý nhiệt động học

Nguyên lý thứ nhất của NĐLH là sự vận dụng định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng vào các hiện tượng nhiệt. Sau đây là một trong nhiều cách phát biểu nguyên lý này.

Độ biến thiên nội năng của hệ bằng tổng công và nhiệt lượng mà hệ nhận được.

$$\Delta U = A + Q$$

Với quy ước về dấu thích hợp, biểu thức trên có thể dùng để diễn đạt các quá trình truyền và chuyển hoá năng lượng khác như vật truyền nhiệt, vật thực hiện công, vật thu nhiệt và thực hiện công...

Có những cách quy ước về dấu của nhiệt lượng và công khác nhau. Sau đây là quy ước dùng trong sách này.

$Q > 0$: Hệ nhận nhiệt lượng;

$Q < 0$: Hệ truyền nhiệt lượng;

$A > 0$: Hệ nhận công;

$A < 0$: Hệ thực hiện công.

4.4.4 Nguyên lý thứ 2 nhiệt động lực học

Nguyên lý thứ hai của NDLH cho biết chiều mà quá trình có thể tự xảy ra hoặc không thể tự xảy ra. Sau đây là hai cách phát biểu đơn giản nhất.

a) Cách phát biểu của Clau-đi-út

Nhiệt không thể tự truyền từ một vật sang vật nóng hơn.

Mệnh đề trên được Clausius, nhà vật lý người Đức, phát biểu vào năm 1850, sau đó được coi là một cách phát biểu của nguyên lý thứ hai của NDLH. Mệnh đề này không phủ nhận khả năng truyền nhiệt từ vật lạnh sang vật nóng, chỉ khẳng định là điều này không thể tự xảy ra được.

b) Cách phát biểu của Cac-nô

Chúng ta đã biết, trong động cơ nhiệt chỉ có một phần nhiệt lượng do nhiên liệu bị đốt cháy cung cấp được chuyển thành công cơ học, còn một phần được truyền cho môi trường bên ngoài. Cac-nô (Carnot), nhà vật lý người Pháp, đã khái quát hoá hiện tượng trên trong mệnh đề:

Động cơ nhiệt không thể chuyển hoá tất cả nhiệt lượng nhận được thành công cơ học.

Chú ý: Người ta có thể chứng minh được hai cách phát biểu trên của nguyên lý thứ hai của NDLH là tương đương.

Theo nguyên lí II, mỗi động cơ nhiệt đều phải có ba bộ phận cơ bản là:

Nguồn nóng để cung cấp nhiệt lượng (Q_1).

Bộ phận phát động gồm vật trung gian nhận nhiệt sinh công (A) gọi là tác nhân và các thiết bị phát động.

Nguồn lạnh để thu nhiệt lượng do tác nhân toả ra (Q_2).

Khi đó hiệu suất của động cơ nhiệt là:

$$H = \frac{|A|}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} < 1$$

Trong đó, với Q_1 là nhiệt lượng của nguồn nóng, Q_2 là nhiệt lượng của nguồn lạnh.

Hiệu suất của động cơ nhiệt bao giờ cũng nhỏ hơn 100%. Điều đó có nghĩa là *nhiệt lượng do nguồn nóng cung cấp không thể hoàn toàn biến thành công cơ học*.

4.3 Cấu tạo, nguyên lý hoạt động Máy nước nóng năng lượng mặt trời

Hiện nay, ở nước ta, việc sử dụng nước nóng phần lớn được cung cấp từ nguồn điện năng, qua các bình nóng lạnh, được chế tạo từ nhiều nước khác nhau như Italia, Mỹ, Nhật Bản, Hàn Quốc... với công suất định mức tiêu thụ điện là $N = 2,5\text{kW}$. Theo thống kê sơ bộ, ở các thành phố lớn như Hà Nội, Hồ Chí Minh, Đà Nẵng, Hải Phòng đã có tổng cộng trên 3 triệu bình. Thói quen của người Việt Nam là sử dụng bình đun nước nóng vào giờ đi làm về (từ 18 - 20h hàng ngày) lại trùng hợp với thời gian cao điểm của phụ tải. Do đó, đã góp phần làm tăng công suất đỉnh tại cao điểm buổi tối. Qua phân tích quá trình sử dụng điện vì mục đích cấp nước nóng cho thấy, đây là phương án kém hiệu quả kinh tế. Năng lượng mặt trời (NLMT) là nguồn năng lượng thiên nhiên quý giá và vô tận. Khai thác tối đa nguồn NLMT là một mắt xích quan trọng trong chiến lược của thế giới hiện nay với những định hướng: Phát triển các nguồn năng lượng nhằm đáp ứng nhu cầu phát triển kinh tế ngày càng tăng. Đồng thời nỗ lực giảm mạnh sự phát thải khí "nhà kính" CO_2 nhằm ngăn chặn mối hiểm họa biến đổi khí hậu toàn cầu. Vì vậy, việc tìm kiếm một nguồn năng lượng sạch, dễ sử dụng, nhằm cung cấp nước nóng, phục vụ cho các mục đích công nghiệp, sinh hoạt và dịch vụ trong xã hội hiện đại là hết sức cấp bách. Nguồn năng lượng này cần đáp ứng các đòi hỏi:

- Có thể thay thế các nguồn năng lượng hiện sử dụng.
- Là nguồn năng lượng sẵn có và giàu tiềm năng ở Việt Nam.
- Là nguồn năng lượng sạch, không gây ô nhiễm môi trường.
- Dễ sử dụng và khai thác, Việt Nam nằm ở khu vực xích đạo, có tiềm năng về năng lượng mặt trời, cường độ bức xạ trung bình vào khoảng 1346,8 - 2153,5kWh/m²/năm và số giờ nắng trung bình từ 1.600 - 2.720h/năm, rất thuận lợi cho việc phát triển và sử dụng năng lượng mặt trời.

4.4.4 Nguyên lý hoạt động máy nước nóng mặt trời

4.3.1.1 Cấu tạo máy nước nóng mặt trời

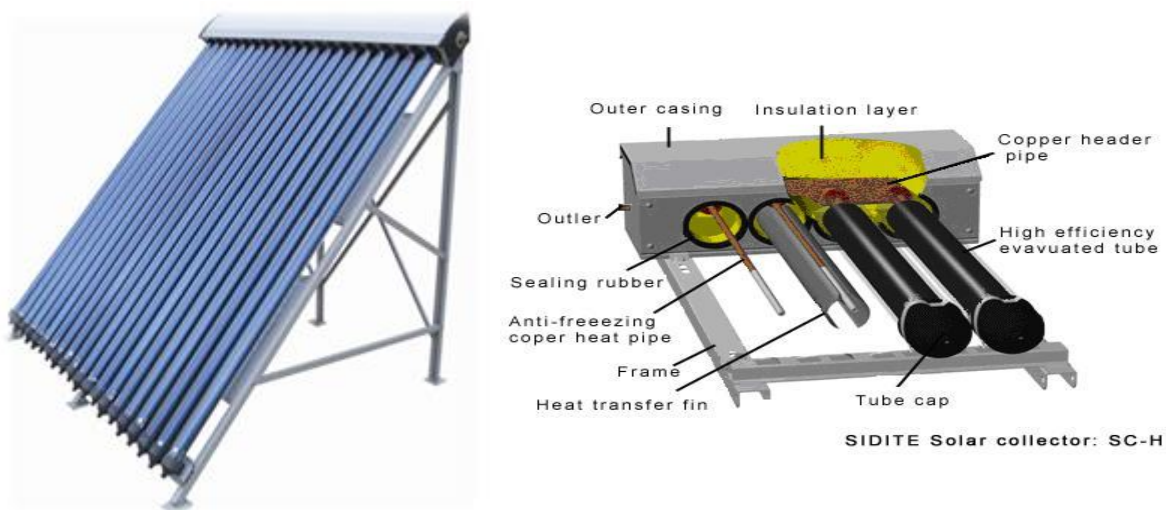
Ánh sáng mặt trời mang theo một nguồn năng lượng rất lớn và một phần năng lượng này sẽ biến đổi thành nhiệt năng khi gặp các vật có thể hấp thụ và phát sinh nhiệt lượng. Tùy thuộc vào mức độ hấp thụ và phản xạ lại tia bức xạ mặt trời của mỗi vật thể mà khả năng tăng nhiệt cũng như giữ nhiệt của mỗi vật thể khác nhau. Để giữ và tận dụng nguồn nhiệt lượng tự nhiên này, người ta chế tạo các thiết bị đặc biệt để hấp thụ nhiều nhất và phản xạ ít nhất lượng nhiệt này, nhằm các mục đích khác nhau, trong đó có việc cấp nước nóng.

Bình nước nóng sử dụng năng lượng mặt trời trên nguyên lý chuyển năng lượng ánh sáng mặt trời(quang năng) thành nhiệt năng (nước nóng) để phục vụ cho cuộc sống. Sử dụng nước nóng bằng năng lượng mặt trời phá bỏ quan điểm sử dụng nước nóng mất tiền, tạo thói quen trong cuộc sống là yếu tố lâu dài giúp tăng cường sức khỏe và nâng cao chất lượng trong cuộc sống hiện đại.

Một máy nước nóng năng lượng mặt trời bao gồm 3 phần: collector thu nhiệt (ống thủy tinh chân không), bình chứa nước nóng và các phụ kiện kèm theo (giá đỡ, ống nối,...).

a) Bộ phận thu nhiệt:

Collector thu nhiệt có vai trò hết sức quan trọng. Trước đây phổ biến là loại collector phẳng làm bằng kim loại (dạng ống cánh với ống bằng đồng và cánh bằng đồng hoặc nhôm). Gần đây, loại collector phẳng bằng nhựa (PP-R có độ dẫn nhiệt cao) và loại collector sử dụng ống thủy tinh 2 lớp rút chân không khá phổ biến. Như vậy là có 3 loại collector thu nhiệt: loại phẳng dạng ống cánh kim loại, dạng phẳng bằng nhựa và dạng ống chân không.



Hình 4.2 Máy nước nóng mặt trời

Collector của máy nước nóng có dạng ống thủy tinh 2 lớp rút chân không với hiệu suất rất cao ($>93\%$) và tuổi thọ tương đối cao nếu sử dụng đúng cách. Giá thành cũng như chi phí thay thế ống rất rẻ, và ống có thể chịu đựng được sự va đập của các trận mưa đá lớn.

Lớp hấp thụ của ống được sơn bằng công nghệ phun mạ do đó tính hấp thụ bức xạ mặt trời cao dẫn đến hiệu suất thu nhiệt của ống khi tiếp xúc với ánh nắng mặt trời rất cao (95%), hiệu suất phát xạ nhiệt khi tiếp xúc với ánh nắng mặt trời thấp 6% .

Nhược điểm duy nhất là đòi hỏi nguồn nước cung cấp đảm bảo phải liên tục và có chất lượng tốt, nhằm tránh gây phá hủy các ống thu nhiệt do “sốc nhiệt” hay đóng băng sẽ làm giảm hiệu suất.

b) Bình bảo ôn:

Cấu tạo gồm 3 lớp: Ruột bình, lớp bảo ôn và vỏ bình.

- Ruột bình. Được chế tạo bằng thép không gỉ SUS304/2B dùng trong công nghệ thực phẩm và được hàn nối bằng phương pháp hàn cao tần do đó đảm bảo được thành phần của nước khi sử dụng không bị thay đổi do tác động của nhiệt độ.
- Lớp bảo ôn: Được làm từ hợp chất PolyUrethane bột PU cách ly 55 mm phun đầy áp lực cao. Trong điều kiện nhiệt độ ổn định cho phép cách nhiệt rất tốt và giữ được nhiệt độ rất lâu (khoảng 72 giờ); khả năng thất thoát nhiệt không đáng kể.
- Vỏ bình: Làm bằng thép không gỉ, độ dày tiêu chuẩn mang lại cho bình độ bền, đẹp, sử dụng tốt trong cả những môi trường khắc nghiệt (vùng ven biển, hải đảo...).

c) Giá đỡ máy:

Làm bằng thép không gỉ 1.2mm định hình cao cấp rất bền-đẹp. Giá đỡ được thiết kế đặc biệt với góc nghiêng thích hợp giúp hấp thụ nhiệt tốt nhất tại mọi vị trí lắp đặt.

4.3.1.2 Nguyên lý hoạt động của máy nước nóng mặt trời

Khi ánh sáng chiếu vào bộ phận thu nhiệt, các ống thủy tinh chân không với tính năng hấp thụ nhiệt cao, tỷ lệ phát xạ thấp sẽ hấp thụ bức xạ ánh sáng mặt trời và chuyển hoá thành nhiệt năng. Lượng nhiệt này sẽ làm nóng lượng nước có trong các ống thủy tinh chân không. Với nguyên lý: nước nóng có tỷ trọng nhỏ và nước lạnh có tỷ trọng lớn hơn, do đó nước lạnh đi xuống và nước nóng sẽ đi lên tạo thành 1 vòng tuần hoàn luân chuyển tự nhiên giữa ống thủy tinh và bồn chứa nước. Quá trình như thế diễn ra liên tục cho đến khi nước trong bồn chứa đạt tới nhiệt độ cao nhất (80°C).

4.4 Các loại nhà máy nhiệt điện mặt trời

4.4.4 Hệ thống thu nhiệt dạng máng (Parabolic trough power plants)

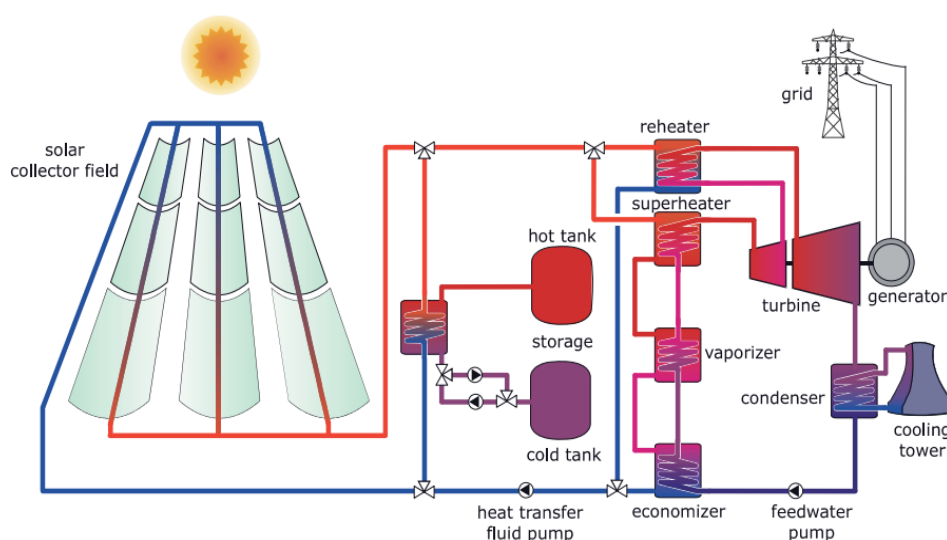
Giống như tên gọi, trong nhà máy điện dạng hình máng parabol có rất nhiều tấm gương dạng hình máng tập trung ánh sáng vào một điểm trọng tâm. Các bộ thu ánh sáng được đặt thẳng đứng cạnh nhau theo hàng với chiều dài hàng trăm mét. Nhiều hàng lại được đặt song song để hình thành nên toàn bộ vùng thu ánh sáng mặt trời.



Hình 4.3 Hệ thống thu nhiệt dạng máng

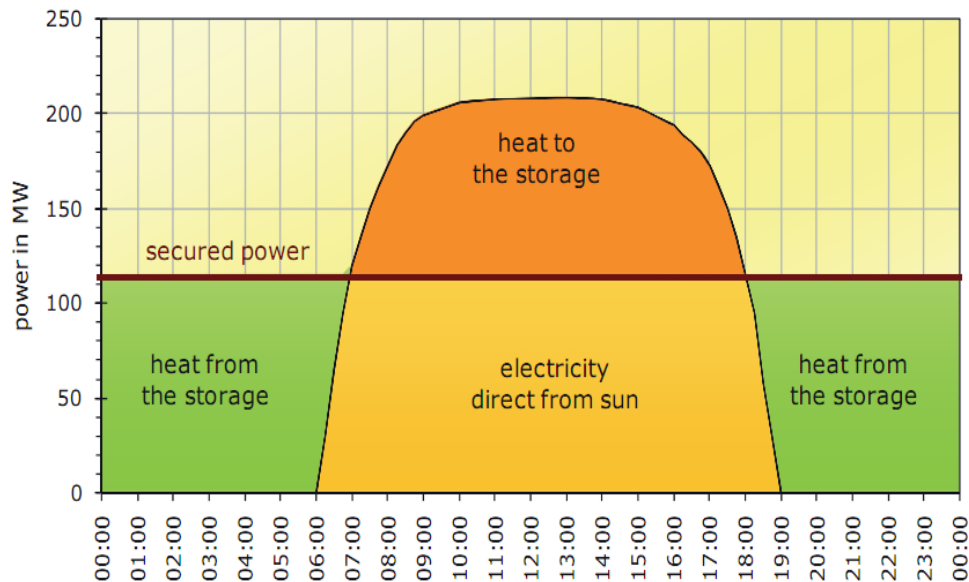
Các bộ thu ánh sáng đơn lẻ có thể quay theo chiều dọc trục để theo sát sự di chuyển của mặt trời. Các tấm gương này tập trung ánh sáng lên gấp khoảng 80 lần tại điểm trung tâm là những ống hấp thụ. Những ống này được bao bọc bởi một lớp kính để hạn chế mất mát

về nhiệt xảy ra. Một lớp vỏ bọc được chọn lựa đặc biệt bao ngoài các ống hấp thụ để ngăn cản nhiệt tỏa ra ngoài qua bề mặt các ống. Với các hệ thống truyền thống, một loại dầu giữ nhiệt đặc biệt sẽ chảy trong các ống đó, và với tác động của ánh sáng nhiệt độ sẽ lên đến 400 độ C. Lượng nhiệt này sẽ được vận chuyển qua các bộ trao đổi nhiệt nơi tạo hơi quá nhiệt để sử dụng cho chu trình hơi nước. Hơi nước quay tuabin và chạy máy phát, tạo ra điện. Sau khi qua các tầng của tuabin nó được ngưng đọng lại thành nước và thông qua bơm được đưa trở lại vòng lặp. Nguyên lý sản xuất ra điện sử dụng hơi nước gọi là chu trình Clausius-Rankin. Quá trình này được sử dụng trong các nhà máy điện hơi nước cổ điển như các nhà máy nhiệt điện.



Hình 4.4 Nguyên lý hoạt động của nhà máy nhiệt điện mặt trời

Trong lúc thời tiết xấu hay vào ban đêm một buồng đốt có thể được sử dụng song song để vận hành chu trình hơi nước. Điều này ngược lại với hệ thống quang điện, bởi nó đảm bảo công suất đầu ra suốt cả ngày, đồng thời nó cũng tăng sự hấp dẫn và sự đảm bảo trong việc lập kế hoạch cung cấp điện cho cộng đồng. Về mặt phát thải cacbon, sinh học hoặc năng lượng mới (cái tạo ra hydro) có thể được sử dụng giống như một nguồn nguyên liệu bổ trợ hoặc các buồng đốt bằng nhiên liệu hóa thạch sẽ được giới hạn hoàn toàn. Một giải pháp khác được đưa ra là sử dụng các bồn nhiệt. Hệ thống mặt trời sẽ hâm nóng các bồn nhiệt vào ban ngày khi lượng nhiệt từ mặt trời là dồi dào. Vào ban đêm hay khi thời tiết xấu các bồn chứa nhiệt này sẽ giúp vận hành chu trình hơi nước. Các bồn nhiệt phải được thiết kế chịu được nhiệt độ lên tới 300 độ C. Các muối nóng chảy được sử dụng làm môi chất giữ nhiệt trong bồn.



Hình 4.5 Nhà máy điện đảm bảo cung cấp điện cả ngày với sự hỗ trợ của bồn nhiệt

Sự phát triển của loại nhà máy này bắt đầu từ năm 1906. Tại Mỹ và nhiều vùng ở Cairo (Ai cập dưới thời kỳ cai trị của người Anh) các nghiên cứu ứng dụng đã được thực hiện và bước đầu đã thành công. Nói chung, cấu tạo và nguyên lý hoạt động của chúng hầu như không đổi cho đến ngày hôm nay. Mặc dù vậy, các vấn đề có liên quan đến vật liệu và các vấn đề kỹ thuật khác đã kết thúc nỗ lực đầu tiên về loại máy phát với công suất lớn vào năm 1914, trước chiến tranh thế giới thứ nhất.

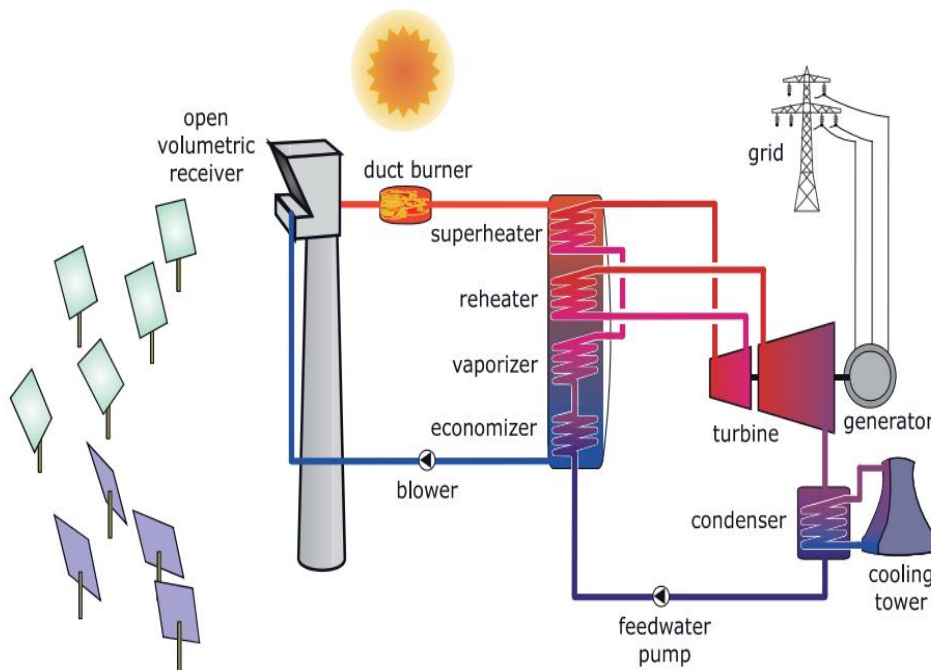
Ngày nay Mỹ và một số nước châu Âu đã đưa ra nhiều chính sách hỗ trợ để phát triển loại hình nhà máy này. Một số nhà máy lớn được xây dựng tại Nevada (Mỹ), Guadix (Tây Ban Nha). Sự phát triển của công nghệ cũng giúp tăng hiệu suất và giảm giá thành. Một sự lựa chọn mới là hóa hơi trực tiếp nước bằng ánh sáng mặt trời. Với loại mới này, nước sẽ được bay hơi dưới áp suất cao, ở nhiệt độ khoảng 500 độ C trước khi được dẫn vào tuabin.

4.4.4 Hệ thống thu nhiệt dạng tháp (Solar tower power plant)

Với nhà máy điện tháp mặt trời, hàng trăm hay thậm chí hàng nghìn các tấm gương được lắp đặt xung quanh một tháp. Được gọi là các kính định nhật, những tấm gương này được điều khiển riêng biệt bởi máy tính để dõi theo sự di chuyển của mặt trời đồng thời hướng đến đỉnh tháp. Chúng phải được hướng với độ chính xác vài phần trăm của một độ để có thể phản chiếu ánh sáng đến điểm trung tâm (tâm điểm). Một bình chứa sẽ được đặt ở đó với thiết bị thu, cái mà dưới tác dụng của ánh sáng tập trung sẽ được nung nóng lên đến

hiệt độ trên 1000 độ C. Không khí hay các muối nóng chảy vận chuyển nhiệt. Tuabin khí hay hơi sẽ điều khiển máy phát để biến đổi nhiệt thành năng lượng điện.

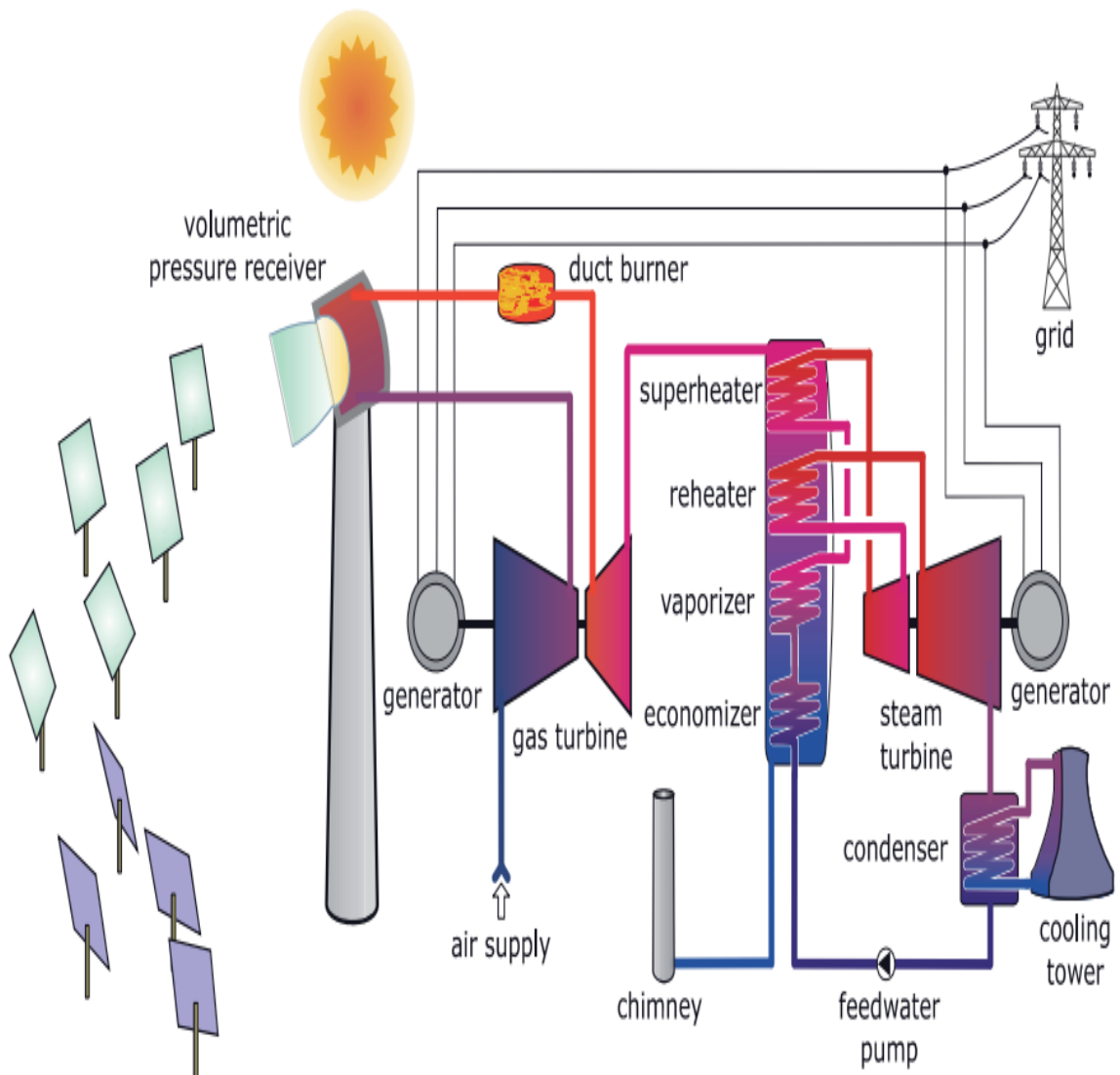
Có hai loại nhà máy điện tháp, loại bình chứa thể tích không áp suất và loại bình chứa có áp suất. Với loại bình chứa thể tích không áp suất, không khí từ môi trường sẽ được chuyển đến bình chứa (nơi nhận các tia sáng phản xạ từ các tấm gương) bởi một quạt gió. Bình chứa được nung nóng bởi các tia bức xạ mặt trời và chuyển nhiệt độ đó qua cho không khí xung quanh (ở trong bình chứa). Không khí trước khi vào bình chứa có nhiệt độ thấp. Nhiệt độ cao chỉ đạt được trong bình chứa. Loại nhà máy này giảm mất mát nhiệt do phát xạ. Không khí được tăng nhiệt độ lên từ 650 độ C đến 850 độ C, trước khi đưa vào lò hơi để làm bay hơi nước, điều khiển chu trình hơi trong tuabin. Trong trường hợp đòi hỏi, có thể nó sẽ được kết hợp với các loại nhà máy điện khác.



Hình 4.6 Loại bình chứa không áp suất

Loại thứ hai là nhà máy điện tháp mặt trời với bình chứa có áp suất. Loại này đang cho thấy nhiều tương lai hứa hẹn. ánh sáng được tập trung để đốt nóng không khí trong bình chứa có áp suất khoảng 15 bar và nhiệt độ lên tới 1100 độ C. Không khí nóng được sử dụng để chạy tuabin. Không khí nóng sau khi được sử dụng một lần ở tuabin lại được tái sử dụng để tạo hơi nóng cho một chu trình khác.

Với loại nhà máy này, hiệu suất sẽ tăng từ 35% đến 50%.



Hình 4.7 Nhà máy điện với bình chứa áp suất

Trái với nhà máy điện hình máng parabol, chúng ta hiện không có nhiều kinh nghiệm về loại nhà máy này trên thị trường. Mặc dù vậy, mọi nghiên cứu ứng dụng để tối ưu hóa các thành phần cấu tạo hay kiểm tra chúng hiện đã được tiến hành ở Almeria (Tây Ban Nha), Daggett (Mỹ), và Rehovot (Israel).

Nhà máy điện tháp đầu tiên được xây dựng có công suất 11 MW ở Seville, Tây Ban Nha năm 2006. Mặc dù vậy, thay vì đốt nóng không khí thì bình chứa của nhà máy này lại làm bay hơi nước. Do nhiệt độ thấp, hiệu suất của nó tương đối thấp. Năm 2006 người ta cũng khởi động việc xây dựng một nhà máy có công suất 20 MW gần Seville cũng như các nhà máy khác trong giai đoạn thiết kế.