

## Tổng quan

Các thiết bị làm lạnh và điều hòa không khí truyền thống phần lớn sử dụng nguồn điện cho hoạt động của máy nén. Nguồn điện này chủ yếu được sinh ra từ các nhà máy nhiệt điện. Khí thải của các nhà máy này là một nguyên nhân làm nhiệt độ môi trường nóng lên. Phương pháp làm lạnh và điều hòa không khí sử dụng bức xạ nhiệt của mặt trời làm giảm nguy cơ biến đổi khí hậu. Như vậy, so với máy lạnh truyền thống thì làm lạnh sử dụng năng lượng mặt trời góp phần làm giảm tiêu thụ nguồn điện năng được sinh ra chủ yếu từ nguồn hóa thạch. Điều này góp phần làm giảm lượng CO<sub>2</sub> thải ra môi trường.

Nguồn điện sử dụng cho phương pháp làm lạnh này chủ yếu cho bơm và quạt đối với hấp thụ lỏng, và chỉ với quạt đối với hấp thụ rắn. Như vậy, tiêu thụ điện năng cần thiết cho hoạt động của làm lạnh từ năng lượng mặt trời rất thấp. Việc bố trí hợp lý các trang bị phụ trợ này có ý nghĩa quan trọng trong việc nâng cao hiệu quả của thiết bị.

Trong bài viết này, chúng tôi chỉ giới thiệu phương thức sử dụng trực tiếp bức xạ mặt trời để làm lạnh mà không đề cập đến dòng điện từ pin mặt trời để chạy máy nén như cách làm lạnh thông thường.

## Nhu cầu thực tế

Làm mát và điều hòa không khí cho các tòa nhà là nhu cầu cần thiết nhằm đáp ứng tiện nghi cho con người cũng như các thiết bị hoạt động trong không gian đó. Ở các vùng khí hậu nóng ẩm như Việt Nam thì nhu cầu này không thể thiếu được và ngày càng tăng khi mức sống con người càng ngày càng được cải thiện.

Như vậy, nhu cầu cung cấp năng lượng để điều hòa không khí cho các tòa nhà cũng tăng cao. Điều đó sẽ góp phần tăng nhanh quá trình biến đổi khí hậu. Hơn nữa, nhu cầu điều hòa sẽ tăng mạnh trong những tháng mùa hè làm cho việc cấp điện sẽ gặp khó khăn khi nguồn điện chưa đủ để đáp ứng phụ tải đỉnh.

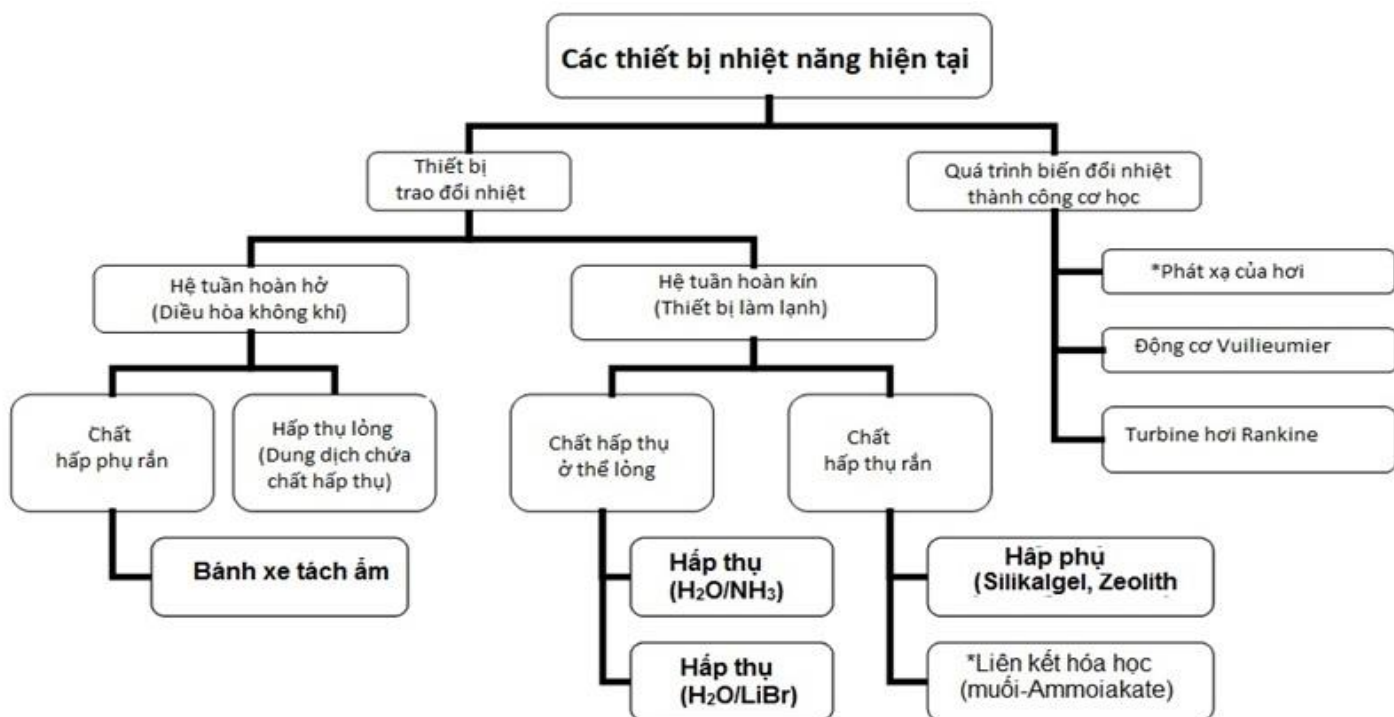
Vào buổi trưa mùa hè, nhu cầu điều hòa tăng cao có thể gây mất ổn định cho hệ thống điện. Để góp phần tháo gỡ tình hình đó, ngoài việc tiết giảm nhu cầu điều hòa đến mức tối thiểu thì có thể sử dụng công nghệ làm lạnh khác, thân thiện với môi trường để thỏa mãn điều hòa không khí theo nhu cầu [3].

Một lợi thế khác khi sử dụng công nghệ này là khi bức xạ tăng cao thì nguồn nhiệt cấp cho thiết bị càng lớn, làm tăng năng suất làm lạnh của thiết bị. Sự xuất hiện đồng thời giữa năng lượng nhiệt do mặt trời cung cấp và nhu cầu điều hòa không khí cho các tòa nhà văn phòng, khách sạn, nhà ở... là khung cảnh thích hợp để sử dụng năng lượng mặt trời làm nguồn nhiệt cho hoạt động của máy lạnh.

Ở điều kiện khí hậu Việt Nam, theo nhận định của chúng tôi, thì năng lượng mặt trời có thể cung cấp trực tiếp năng lượng nhiệt cho hoạt động của máy lạnh này vào khoảng từ 8 giờ 30 đến 17 giờ. Trong khoảng thời gian đó, năng lượng mặt trời có thể đáp ứng hoàn toàn nhu cầu điều hòa không khí. Nếu hệ thống có tích trữ lượng nhiệt đã được làm lạnh thì nhu cầu điều hòa không khí ở các thời điểm khác cũng sẽ được thỏa mãn.

## Công nghệ hiện tại

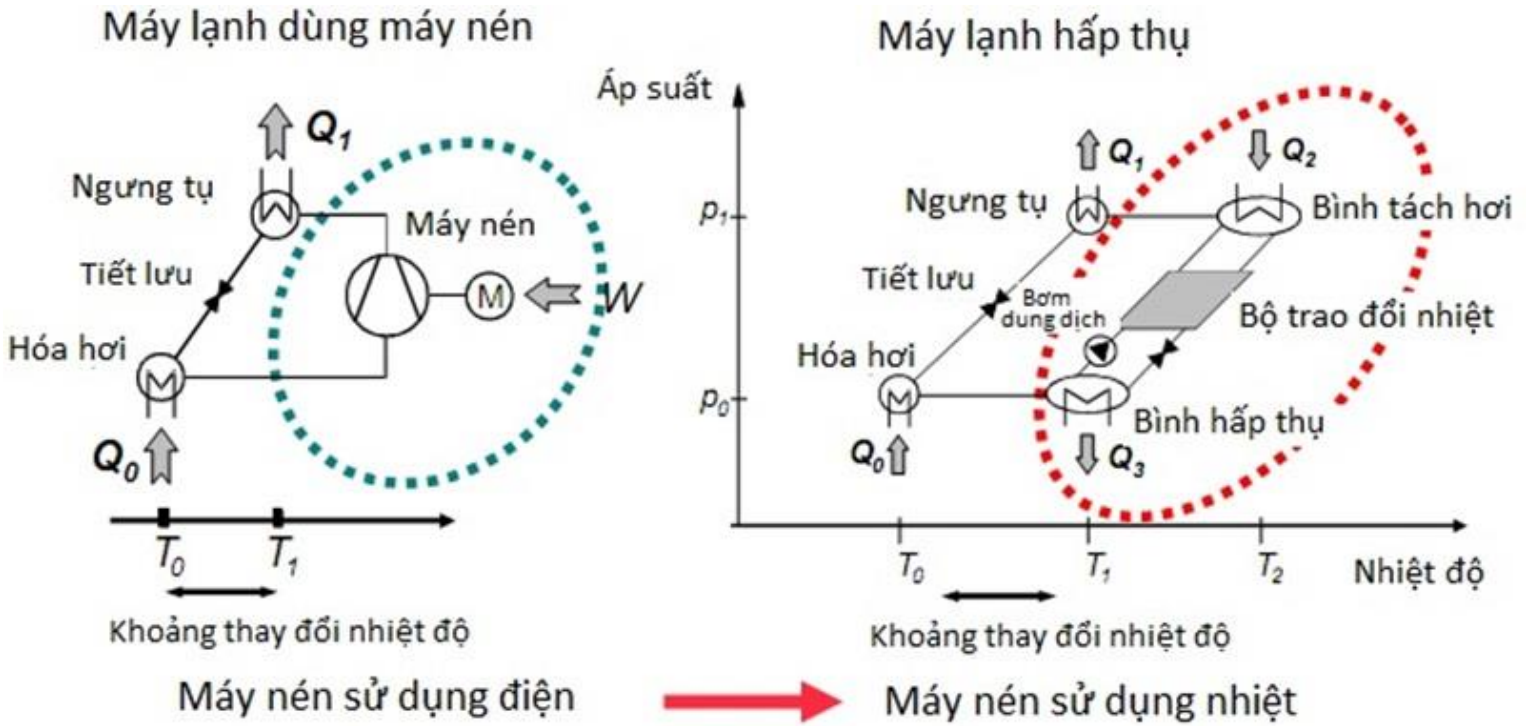
Trên cơ sở nhiệt động học kỹ thuật thì quá trình chuyển hóa bức xạ mặt trời để làm lạnh và điều hòa không khí được biểu diễn trên sơ đồ hình 1 dưới đây.



Hình 1 - Các phương pháp biến hóa năng lượng. (Ghi chú: Các ô có dấu \* chỉ mới ở dạng sơ khai, đang thử nghiệm).

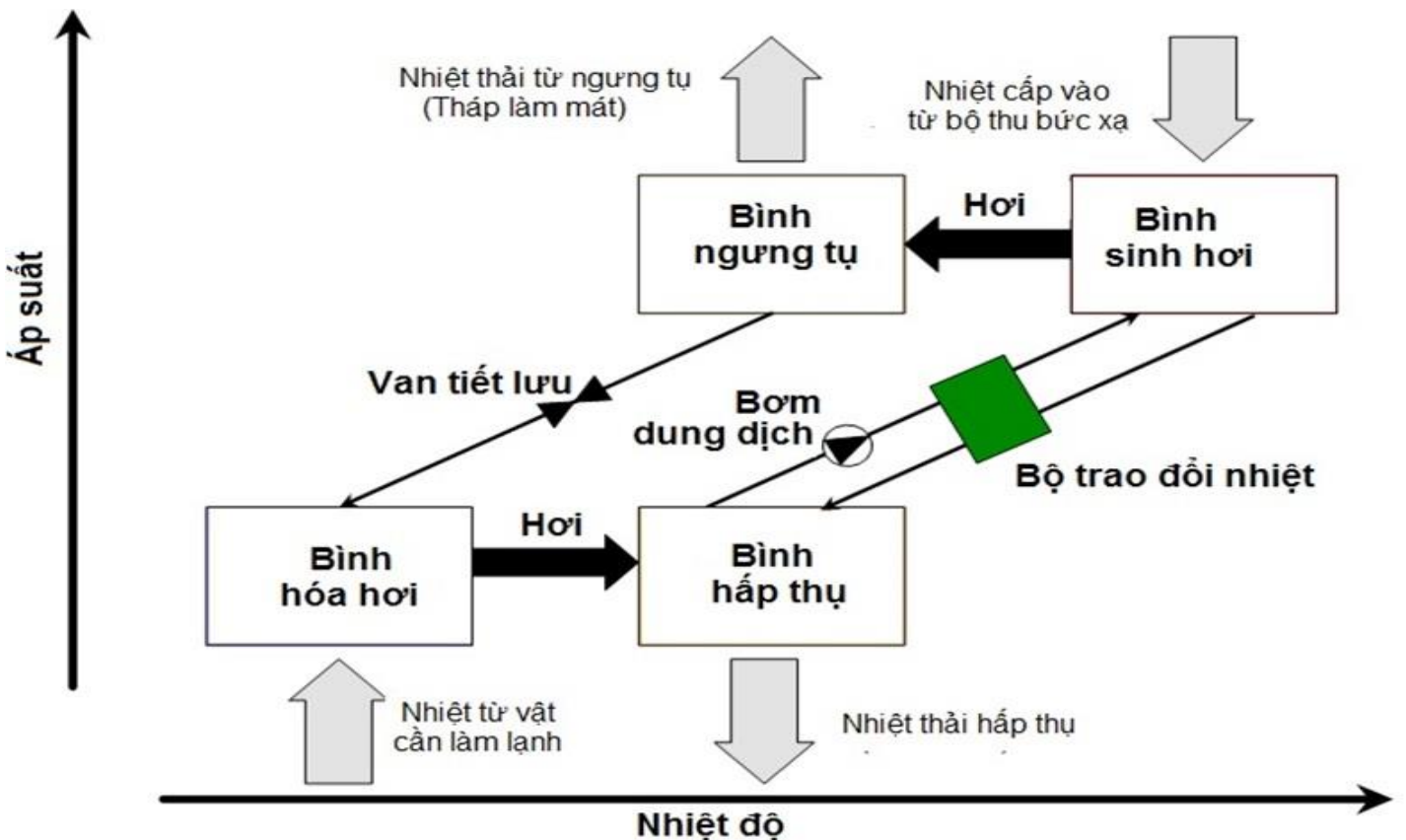
Phương pháp làm lạnh và điều hòa không khí trực tiếp bằng nhiệt năng mặt trời so với làm lạnh thông thường sử dụng máy nén chạy bằng động cơ điện có một vài khác biệt. Một bên là sử dụng máy nén để làm động lực cho môi chất lạnh lưu động tuần hoàn. Trong quá trình lưu động, môi chất lạnh thay đổi trạng thái của nó rồi hoá hơi ở áp suất nhất định, tại đó nhiệt độ hóa hơi tương ứng với áp suất. Có thể so sánh sự khác nhau giữa hai loại máy lạnh qua mô tả ở hình 2. Ở đây, bên trái là máy lạnh dùng điện năng để vận hành máy lạnh máy nén thông thường và bên phải là máy lạnh hấp thụ.

Như vậy, máy lạnh hấp thụ chủ yếu dùng nhiệt năng để vận hành quá trình làm lạnh, nó có vai trò như máy nén trong quá trình làm lạnh.



Hình 2 - Sơ đồ diễn tả sự khác nhau giữa 2 phương pháp làm lạnh [1].

Công nghệ làm lạnh sử dụng nhiệt năng mặt trời làm việc trên nguyên lý của máy lạnh hấp thụ (đối với chất hấp thụ lỏng) hoặc hấp phụ (đối với chất hấp phụ rắn). Sơ đồ quá trình lưu động cơ bản của máy làm lạnh hấp thụ một cấp được thể hiện trong hình 3.



Hình 3 - Sơ đồ máy lạnh hấp thụ 1 cấp [11].

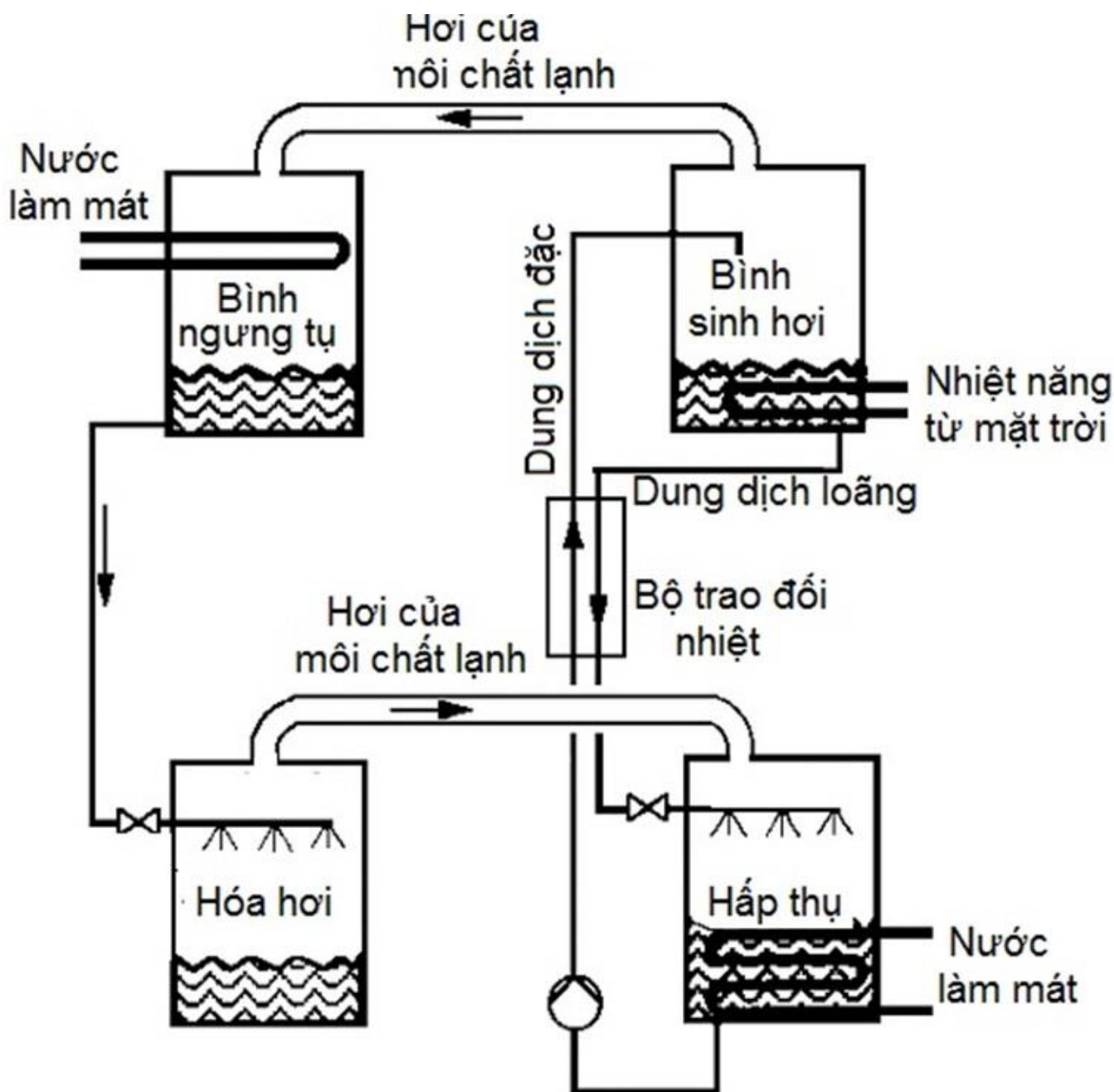
Đối với bộ thu bức xạ mặt trời phẳng, nhiệt độ đạt khoảng từ  $70^{\circ}\text{C}$  đến  $90^{\circ}\text{C}$  thì thích hợp với máy lạnh hấp thụ 1 cấp [12]. Trong máy chứa hai chất, đó là môi chất lạnh và dung dịch hấp thụ. Môi chất lạnh và dung dịch hấp thụ có chu trình tuần hoàn khác nhau.

Trong quá trình tuần hoàn của dung dịch hấp thụ, nồng độ dung dịch thay đổi với hai dải nồng độ: dung dịch loãng tương ứng với nồng độ môi chất lạnh thấp và dung dịch đặc tương ứng với nồng độ môi chất lạnh cao.

Như vậy, sẽ tồn tại hai cực điểm là điểm có nồng độ cao nhất và thấp nhất. Hiện tại có 2 cặp môi chất được sử dụng rộng rãi. Cặp thứ nhất là  $\text{LiBr}/\text{H}_2\text{O}$ , trong đó  $\text{LiBr}$  là dung dịch hấp thụ,  $\text{H}_2\text{O}$  là môi chất lạnh. Khi sử dụng cặp  $\text{LiBr}/\text{H}_2\text{O}$ , độ lạnh sâu nhất chỉ đạt tới đa gần  $0^{\circ}\text{C}$ . Cặp thứ 2 là  $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ , trong đó  $\text{NH}_3$  là môi chất lạnh,  $\text{H}_2\text{O}$  là dung dịch hấp thụ. Với  $\text{NH}_3$  là môi chất lạnh thì nhiệt độ làm lạnh có thể đạt tới nhiệt độ  $-60^{\circ}\text{C}$ . Hình 4 là sơ đồ khối của máy lạnh hấp thụ.

Như vậy, máy lạnh hấp thụ có những thành phần như sau: Buồng hóa hơi; Bình hấp thụ; Bơm dung dịch; Bình sinh hơi; Van tiết lưu dung dịch và môi chất lạnh; Bình ngưng tụ.

Năng lượng mặt trời cấp nhiệt cho bình sinh hơi, hơi của môi chất lạnh bay ra từ dung dịch rồi qua bình ngưng tụ. Tại đó, hơi được làm mát rồi ngưng tụ thành lỏng, nó tiếp tục qua van tiết lưu, hóa hơi trong buồng lạnh. Hơi môi chất lạnh đó được dung dịch loãng trong bình hấp thụ, hấp thụ vào. Nồng độ môi chất lạnh trong bình sinh hơi sẽ giảm dần và trong bình hấp thụ sẽ tăng dần. Dung dịch loãng trong bình sinh hơi sẽ qua van tiết lưu trở về bình hấp thụ và dung dịch đặc trong bình hấp thụ sẽ được bơm dung dịch đưa vào bình sinh hơi. Sự lưu động của hơi môi chất lạnh do chênh lệch áp suất giữa bình sinh hơi và buồng hóa hơi. Và từ buồng hóa hơi tới bình hấp thụ do áp lực của cặp môi chất. Duy chỉ có bơm dung dịch là phần động sử dụng nguồn điện, các bộ phận còn lại luôn tĩnh tại.



Hình 4 - Sơ đồ khối của máy lạnh hấp thụ [13].

## Máy lạnh hấp phụ

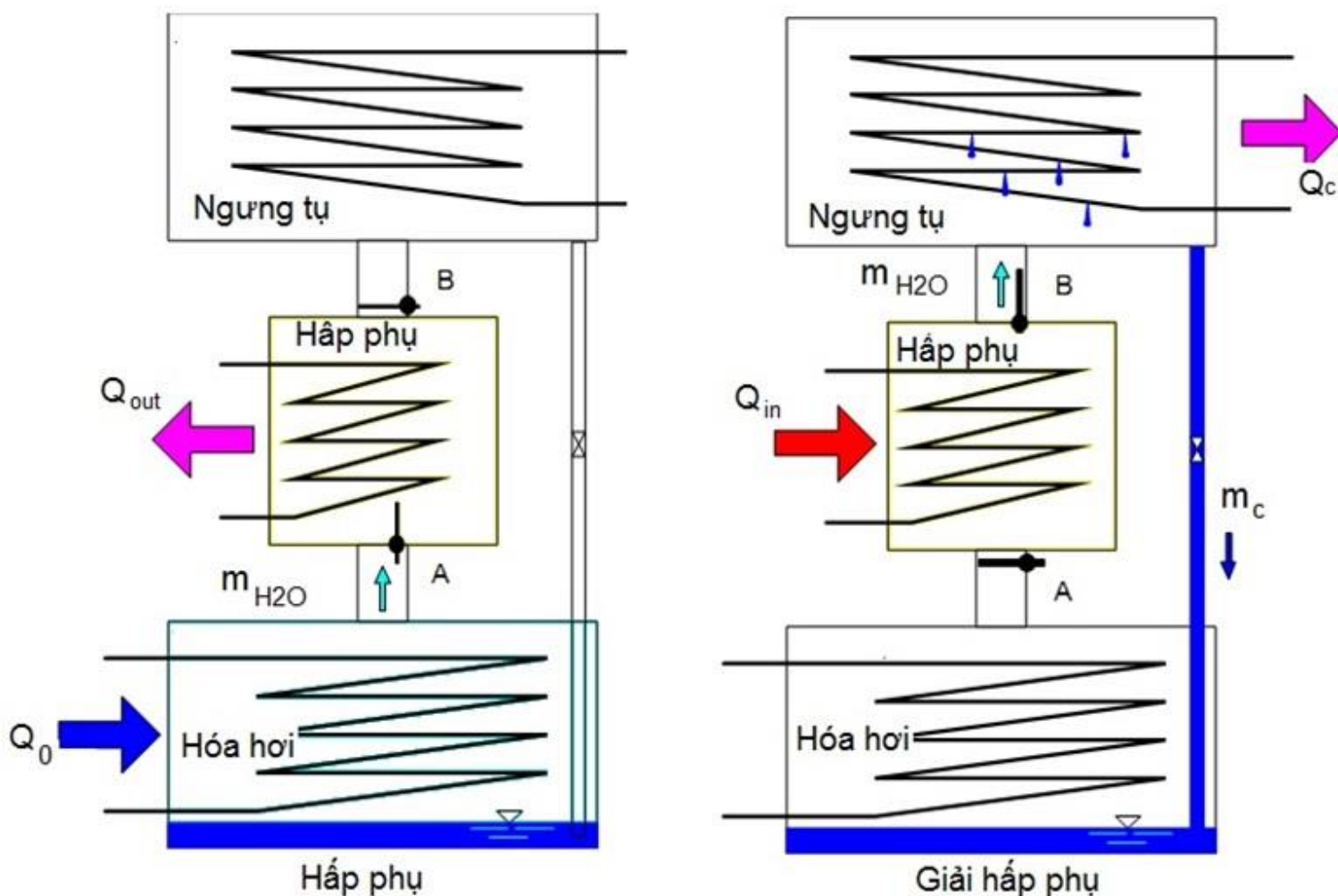
Một máy lạnh hấp phụ đơn giản bao gồm bình hóa hơi, bình hấp phụ và bình ngưng tụ như mô tả trên hình 5.

Quá trình hấp thụ hay hấp phụ đều được thực hiện theo nguyên lý nhiệt động học như sau: Nhiệt độ và áp suất chất hấp phụ và chất được hấp thụ là 2 thông số trạng thái phụ thuộc, nghĩa là với một giá trị của nhiệt độ thì tương ứng với một áp suất và ngược lại. Có thể coi bộ phận hấp phụ, một trong ba bộ phận của máy lạnh hấp phụ là máy nén nhiệt. Qua quá trình cấp/thải nhiệt cho bộ phận hấp phụ là quá trình trao đổi năng lượng cần thiết để môi chất lạnh lưu động. Như vậy máy lạnh hấp phụ sẽ không sử dụng bơm cơ học như trong máy lạnh hấp thụ.

Nguyên lý làm lạnh của máy lạnh hấp phụ cũng tương tự như trong máy lạnh hấp thụ, nhưng với chất hấp thụ không phải ở dạng dung dịch mà là một chất rắn, xốp có vô số lỗ hổng nhỏ li ti nên diện tích bề mặt của nó tiếp xúc với hơi của môi chất lạnh rất lớn.

Phần bên trái hình 5, mô tả quá trình hấp phụ. Quá trình đó được tiến hành như sau: Sau khi môi chất lạnh hóa hơi, làm lạnh trong bộ phận hóa hơi thì van A mở, chất hấp phụ hút hơi nước vào nó. Nhiệt sinh ra trong quá trình hấp phụ sẽ được thải ra ngoài môi trường thông qua bộ trao đổi nhiệt. Trong quá trình hấp phụ thì van B đóng, van A mở như mô tả trên hình 5, phía trái.

Khi chất hấp phụ đã no, nghĩa là hơi của môi chất lạnh đã chiếm hết các lỗ hổng của chất hấp phụ thì hơi đó cần phải được đưa ra ngoài chất hấp phụ đó, quá trình này được gọi là giải hấp phụ hay còn gọi là tái sinh chất hấp phụ. Trên hình 5, phía bên phải mô tả quá trình giải hấp phụ. Khi đó, van A đóng đồng thời nhiệt lượng từ bên ngoài được cấp vào làm cho hơi môi chất lạnh thoát ra, qua van B rồi ngưng tụ thành lỏng trong bình ngưng. Môi chất lạnh trong bình ngưng với áp suất cao sẽ qua van tiết lưu giảm áp rồi hóa hơi, kết thúc 1 chu kỳ làm lạnh. Tiếp theo là quá trình hấp phụ. Như vậy quá trình hấp phụ và giải hấp phụ được tiến hành luân phiên nhau trong máy lạnh hấp phụ làm lạnh gián đoạn đơn giản.



Hình 5 - Hoạt động của một máy lạnh hấp phụ [9].

Hoạt động của một máy lạnh hấp phụ đơn giản trên đây bị gián đoạn giữa 2 giai đoạn: Giải hấp phụ rồi hóa hơi, tiếp theo là giai đoạn hấp phụ. Như vậy, cần phải thực hiện hai giai đoạn mới tạo nên một chu trình làm lạnh.

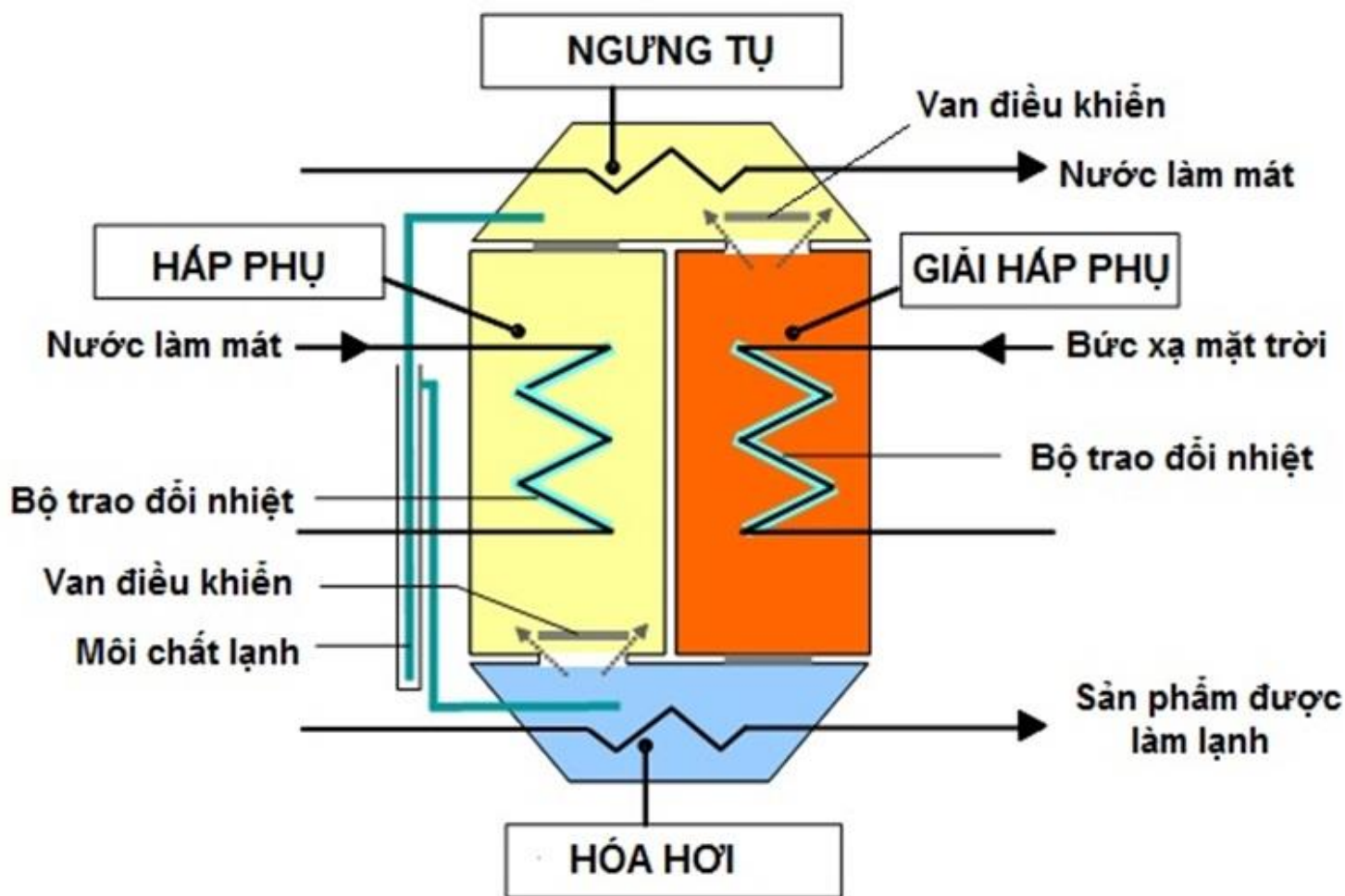
Để máy lạnh hấp phụ hoạt động liên tục, cần phải kết hợp 2 quá trình hấp thụ và giải hấp thụ luôn thực hiện đồng thời. Hình 6 là sơ đồ của một máy lạnh hấp phụ hoạt động liên tục. Hấp phụ và giải hấp phụ được tiến hành ở 2 buồng riêng biệt, khi buồng này làm nhiệm vụ hấp phụ thì buồng kia tiến hành giải hấp phụ đồng thời.



Nghĩa là, trong khi hơi môi chất lạnh được hút vào đầy chất hấp phụ thì nhiệt năng mặt trời ở nhiệt độ cao đưa vào buồng giải hấp phụ đẩy môi chất lạnh ra khỏi chất hấp phụ rồi ngưng tụ ở bình ngưng để qua van tiết lưu và hóa hơi, làm lạnh. Các quá trình này liên tục được luân phiên liên tục.

Chu trình làm việc của máy lạnh hấp phụ liên tục là:

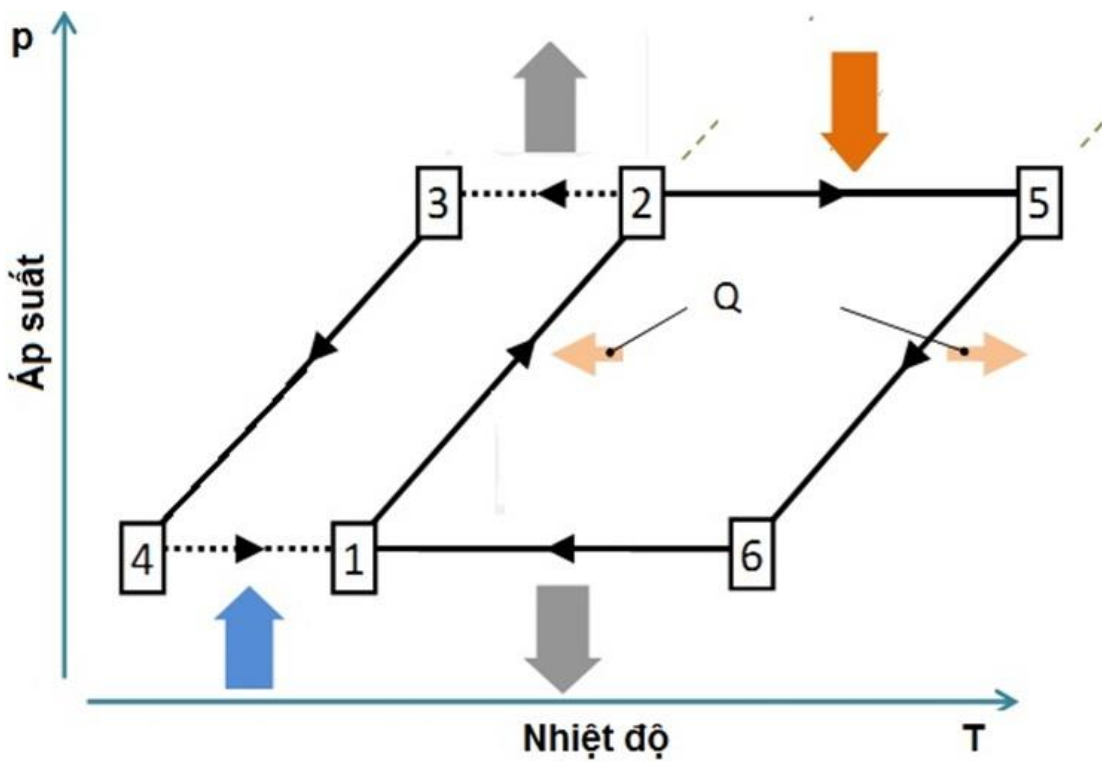
- Nhiệt năng mặt trời cấp cho chất hấp phụ, đẩy hơi môi chất lạnh vào bình ngưng tụ.
- Hơi môi chất lạnh ngưng tụ, nhiệt ngưng tụ được thải ra ngoài qua bộ trao đổi nhiệt.
- Môi chất lạnh từ bình ngưng tụ qua tiết lưu vào bình hóa hơi, trở thành dạng hơi ở áp suất thấp, tương ứng nhiệt độ thấp.
- Hơi môi chất lạnh trong bình hóa hơi lại được hút vào chất hấp phụ, nhiệt do hấp phụ sinh ra sẽ được thải ra ngoài qua bộ trao đổi nhiệt.



Hình 6 - Sơ đồ của máy lạnh hấp phụ liên tục [7].

Hình 7 biểu thị chu trình của máy lạnh hấp phụ trên biểu đồ p - T. Các quá trình trong chu trình là:

- Điểm 4: Môi chất lạnh (nước) ở thể lỏng đi vào buồng hóa hơi ở áp suất thấp.
- 4 - 1: Môi chất lạnh hóa hơi, làm lạnh ở buồng lạnh.
- 6 - 1: Quá trình hấp phụ hơi của môi chất lạnh, nhiệt hấp phụ Q được tải ra ngoài.
- 1 - 2: Tại điểm 1, chất hấp phụ đã bão hòa (no) và bắt đầu giải hấp phụ được thực hiện bởi nhiệt thu hồi Q đến điểm 2 trên hình vẽ.
- 2 - 5: Nhiệt lượng Q cấp cho hoạt động của máy lạnh ở nhiệt độ cao để giải hấp phụ, tái sinh chất hấp phụ.
- 5 - 6: Nhiệt được lấy ra trong quá trình thu hồi nhiệt làm mát chất hấp phụ, là bước đầu chuẩn bị cho quá trình hấp phụ của máy lạnh.
- 2 - 3: Quá trình ngưng tụ, môi chất lạnh chuyển sang pha lỏng.
- 3 - 4: Môi chất lạnh ở thể lỏng để tiết lưu vào buồng lạnh.



Hình 7 - Chu trình của máy lạnh hấp phụ [2].

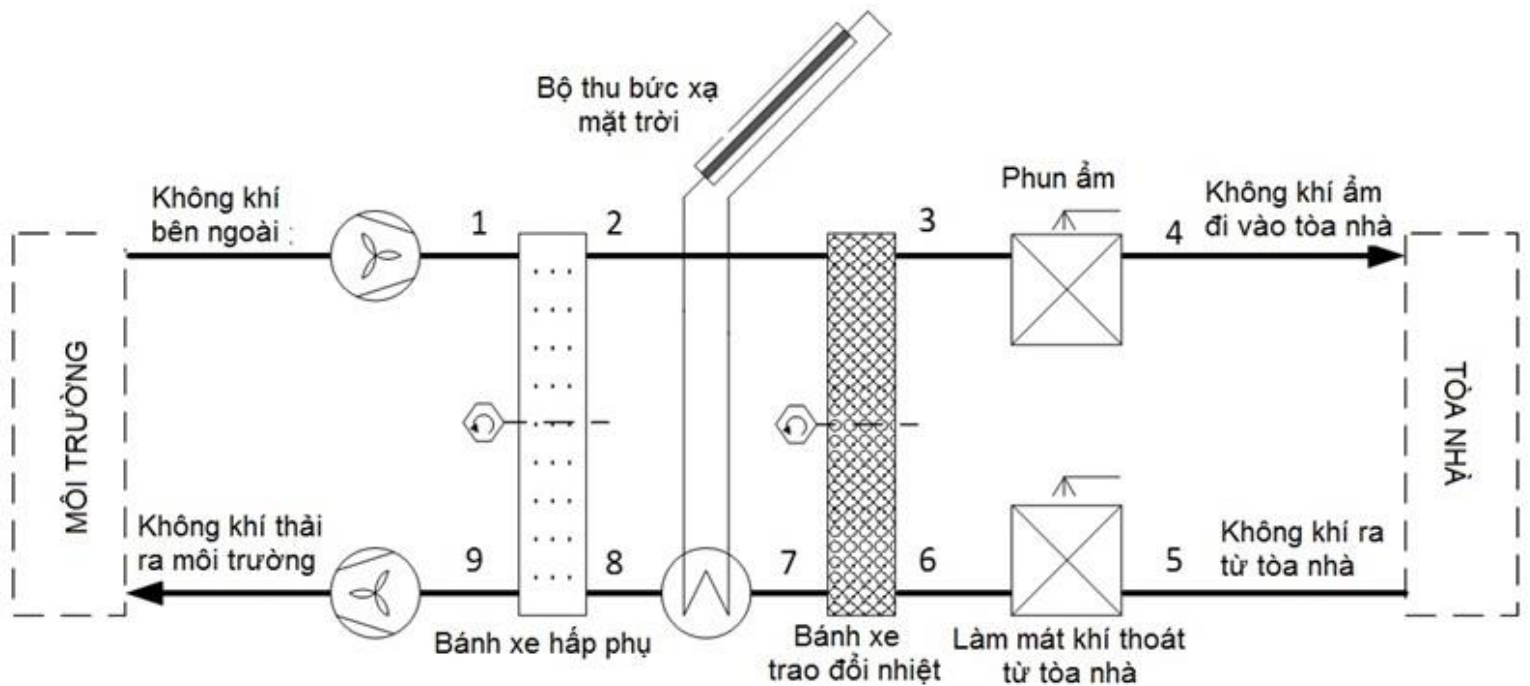
### Làm mát không khí qua hệ thống phun ẩm DEC

DEC viết tắt từ tiếng Anh là Desicative and Evaporative Cooling. Sơ đồ của DEC được biểu diễn trên hình 8.

Bên cạnh chu trình kín đã được trình bày như trên, điều hòa không khí còn được thực hiện với chu trình hở theo nguyên lý khi chất lỏng bay hơi thì môi trường sẽ giảm nhiệt độ. Thiết bị làm việc theo chu trình hở này đáp ứng yêu cầu kỹ thuật điều hòa không khí. Ở đây không khí đi vào không gian điều hòa thì đã được điều chỉnh để thỏa mãn yêu cầu về nhiệt độ và độ ẩm. Thực tế công nghệ này sử dụng 3 nguyên lý điều tiết không khí như sau:

- Giảm độ ẩm không khí thông qua quá trình hấp thụ/hấp phụ.
- Phun ẩm trực tiếp để làm mát và thu hồi nhiệt.
- Làm mát do bay hơi chất lỏng nên không cần sử dụng môi chất lạnh.

Nhiệt lượng mặt trời cần thiết để tái sinh chất hấp phụ có nhiệt độ cần thiết vào khoảng 55 đến 90 °C [10]. Ở nhiệt độ này, chất hấp phụ đã qua sử dụng sẽ được tái sinh.



Hình 8 - Sơ đồ bố trí thiết bị [10].

Đầu tiên không khí đã lọc sạch ở bên ngoài được hút vào rồi đi qua bánh xe hấp phụ chứa chất hấp phụ (1-2), bánh xe quay với vận tốc phù hợp với chuyển đổi vị trí giữa chất hấp phụ đã sử dụng và chất hấp phụ đã tái sinh. Ở đây không khí được làm khô do ẩm bị hấp phụ và đồng thời giải phóng nhiệt năng hấp phụ, làm cho nhiệt độ không khí tăng lên. Sau đó không khí khô nóng này đi qua bánh xe trao đổi nhiệt (2-3), nhiệt được thu hồi làm cho không khí nguội đi. Để không khí đưa vào phòng ở trạng thái theo yêu cầu, nó được dẫn qua buồng phun ẩm (3-4), ở đây không khí tiếp tục được làm mát đồng thời tăng độ ẩm. Lượng phun ẩm được điều khiển phù hợp với nhu cầu về nhiệt độ và độ ẩm cần thiết của phòng điều hòa.

Không khí ra khỏi phòng đi qua buồng phun ẩm (5-6) được tiếp tục làm mát với độ ẩm đến gần điểm đọng sương. Không khí ẩm này đi qua bánh xe trao đổi nhiệt (6-7) để thu hồi lượng nhiệt có nhiệt độ thấp này. Lượng nhiệt này sẽ được truyền cho luồng không khí đi vào phòng. Không khí nóng sau khi hấp phụ sẽ được tiếp tục hâm nóng lên qua năng lượng mặt trời (7-8) rồi tiếp tục qua bánh xe hấp phụ để tái sinh chất hấp phụ, sau đó được quạt đưa ra ngoài.

Bánh xe hấp phụ được chia thành nhiều khoang đựng chất hấp phụ xen lẫn chất hấp phụ đã qua sử dụng (no hơi nước) và chất hấp phụ tái sinh không còn chứa hơi nước. Bánh xe quay với vận tốc phù hợp. Khi nửa bên này thực hiện hút ẩm thì nửa đối diện sẽ làm nhiệm vụ tách ẩm ra khỏi chất hấp phụ.

Bánh xe trao đổi nhiệt làm nhiệm vụ hồi nhiệt cũng quay để một nửa thu hồi nhiệt hấp phụ thì nửa bên kia xả nhiệt để tách ẩm.

DEC với lưu lượng không khí 3000 m<sup>3</sup>/h đã được hoàn thiện và lưu hành trên thị trường [10].

**Thiết bị làm lạnh và điều hòa không khí bằng NLMT đã được thương mại hóa**

Trên toàn cầu, kể từ 2004, mỗi năm có từ 150 đến 200 thiết bị làm lạnh và điều hòa không khí được hoàn thiện và lắp đặt. Bảng 1 là thống kê số lượng thiết bị cho từng năm trên toàn cầu và ở châu Âu.

**Bảng 1 - Số lượng thiết bị hàng năm được lắp đặt trên toàn cầu và châu Âu [14]**

Số lượng/năm	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Toàn cầu	250	330	450	600	750	950	1050	1200
Châu Âu	200	280	400	560	650	750	850	900

Hiện nay trên thế giới có hàng vạn hãng chế tạo các bộ phận của thiết bị như là các loại bộ thu bức xạ mặt trời, bơm và quạt, bảng điều khiển, bộ hồi nhiệt, bộ điều khiển, cảm biến... Hai quốc gia có nhiều hãng nhất là: CHLB Đức và Nhật Bản chế tạo các thành phần cấu thành cho 2 loại thiết bị này [14].

**Kết luận**

Điều hòa không khí sử dụng năng lượng mặt trời là một hướng nghiên cứu có nhiều triển vọng. Ngoài nhiệt năng mặt trời còn có thể sử dụng nguồn nhiệt lượng tái tạo khác như địa nhiệt, biogas hoặc nhiệt thải công nghiệp. Đây cũng là đòi hỏi cấp thiết để hạn chế tác động có hại tới môi trường toàn cầu. Cuộc chiến chống biến đổi khí hậu càng ngày càng hiện hữu và quyết liệt. Sử dụng năng lượng mặt trời nói riêng và tái tạo nói chung là một phương pháp hữu hiệu không những để kiểm chế biến đổi khí hậu mà còn góp phần bảo đảm an ninh năng lượng. Nhiều quốc gia đã có chính sách hỗ trợ để nghiên cứu, nâng cao hiệu quả của thiết bị sử dụng nguồn năng lượng tái tạo này nhằm hạ giá thành, thương mại hóa để sử dụng rộng rãi.