

# HỆ THỐNG LÀM LẠNH VÀ ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ

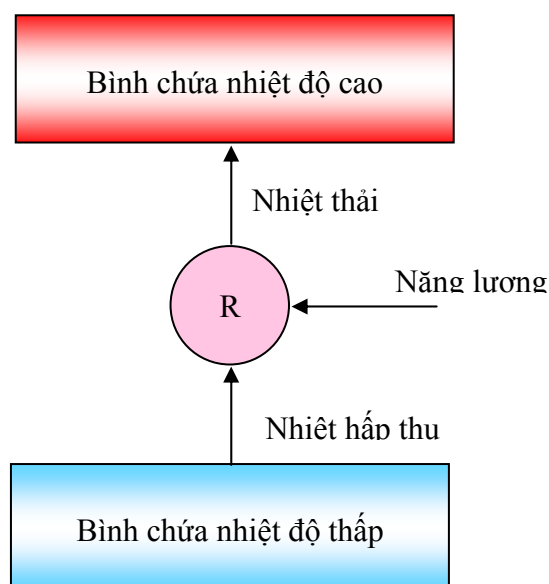
1. GIỚI THIỆU .....	1
2. CÁC DẠNG ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ VÀ LÀM LẠNH .....	3
3. ĐÁNH GIÁ ĐIỀU HOÀ KHÔNG KHÍ VÀ LÀM LẠNH .....	9
4. CÁC GIẢI PHÁP SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG HIỆU QUẢ.....	12
5. DANH SÁCH SÀNG LỌC GIẢI PHÁP .....	17
6. CÁC BẢNG TÍNH .....	19
7. TÀI LIỆU THAM KHẢO .....	21

## 1. GIỚI THIỆU

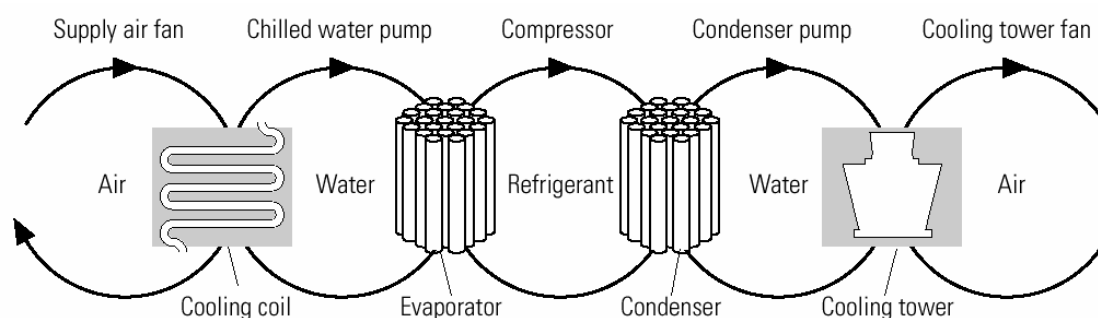
Phần này giới thiệu vắn tắt về những đặc điểm chính của hệ thống làm lạnh và hệ thống điều hoà không khí

### 1.1 Điều hoà không khí và làm lạnh là gì

Làm lạnh và điều hoà không khí được sử dụng để làm mát sản phẩm hoặc môi trường của toà nhà. Hệ thống làm lạnh và điều hoà không khí (R) hấp thụ nhiệt từ nơi cần làm mát và truyền nhiệt hấp thụ ra khu vực khác, có nhiệt độ cao hơn (xem hình 1).



Hình 1. Giải đồ hệ thống làm lạnh



**Hình 2. Một vòng trao đổi nhiệt điển hình ở hệ thống làm lạnh (Cục Sử dụng năng lượng hiệu quả, 2004)**

Hệ thống làm lạnh có một số chu trình trao đổi nhiệt, như minh họa ở hình 2. Nhiệt năng chuyển từ trái sang phải, được trích từ không gian và đưa vào các cửa ra qua năm chu trình trao đổi nhiệt:

- **Chu trình sử dụng không khí trong nhà.** Ở chu trình bên trái, quạt thổi không khí trong nhà vào dàn lạnh, tại đó không khí sẽ truyền nhiệt cho nước lạnh. Không khí mát sẽ làm mát không gian của toà nhà.
- **Chu trình sử dụng nước lạnh.** Được thực hiện bởi bơm nước lạnh, nước quay trở lại từ giàn lạnh, được đưa tới thiết bị bay hơi của bộ phận làm lạnh để được làm mát trở lại.
- **Chu trình sử dụng môi chất lạnh.** Sử dụng môi chất lạnh đổi pha, máy nén ở hệ thống làm lạnh truyền nhiệt từ môi chất lạnh sang nước ngưng.
- **Chu trình sử dụng nước ngưng.** Nước hấp thụ nhiệt từ bình ngưng của thiết bị làm lạnh, và được máy bơm nước ngưng tới tháp giải nhiệt.
- **Chu trình sử dụng tháp giải nhiệt.** Quạt của tháp giải nhiệt hút khí vào dòng hở của nước ngưng nóng, truyền nhiệt ra bên ngoài.

## 1.2 Hệ thống điều hoà không khí

Tuỳ theo các thiết bị ứng dụng, có một số giải pháp/cách kết hợp điều hoà không khí có thể áp dụng, bao gồm:

- Điều hoà không khí (cho không gian hoặc máy móc)
- Điều hoà hai cục
- Bộ giàn quạt lạnh trong hệ thống lớn hơn (FCU)
- Bộ xử lý không khí trong hệ thống lớn hơn (AHU)

## 1.3 Hệ thống làm lạnh (cho các quá trình)

Hệ thống làm lạnh dưới đây hiện có trong các quy trình công nghiệp (như dây chuyền làm lạnh) và cho các mục đích sinh hoạt (thiết bị điều biến, tức là tủ lạnh):

- Thiết bị điều biến công suất thấp dạng giãn nở trực tiếp tương tự như tủ lạnh sinh hoạt.
- Dây chuyền làm lạnh trung tâm sử dụng nước lạnh với nước lạnh là chất tải lạnh thứ cấp với dải biến thiên nhiệt độ trên 5 °C. Thiết bị này có thể sử dụng để tạo đá.
- Dây chuyền làm lạnh bằng muối sử dụng muối ở nhiệt độ thấp hơn làm môi chất lạnh thứ cấp cho các thiết bị ứng dụng cần nhiệt độ dưới không, với hệ thống điều hoà cục bộ hoặc trung tâm

- Công suất của dây chuyền đạt 50 TR (tấn lạnh) thường được xem là công suất nhỏ, 50 – 250 TR là công suất vừa và trên 250 TR là công suất lớn.

Một công ty lớn có thể có một hệ thống các tổ máy, thường có bơm nước lạnh, bơm nước ngưng, tháp giải nhiệt, là thiết bị bên ngoài. Một công ty cũng có thể có hai hoặc ba mức làm lạnh và điều hoà không khí, chẳng hạn như hệ thống gồm ba cấp:

- Điều hoà không khí (20 – 25 °C)
- Hệ thống nước lạnh (8<sup>o</sup> – 10<sup>o</sup> C)
- Hệ thống sử dụng muối (các thiết bị ứng dụng nhiệt độ dưới 0)

## **2. CÁC DẠNG ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ VÀ LÀM LẠNH**

Phần này mô tả các nguyên tắc của dây chuyền làm lạnh trong công nghiệp: Làm lạnh nén hơi (VCR) Làm lạnh hấp thụ hơi (VAR). Làm lạnh nén hơi sử dụng cơ năng làm lực phát động để làm lạnh, còn làm lạnh hấp thụ hơi sử dụng nhiệt năng làm lực phát động để làm lạnh.

### **2.1 Hệ thống làm lạnh nén hơi**

#### **2.1.1 Mô tả**

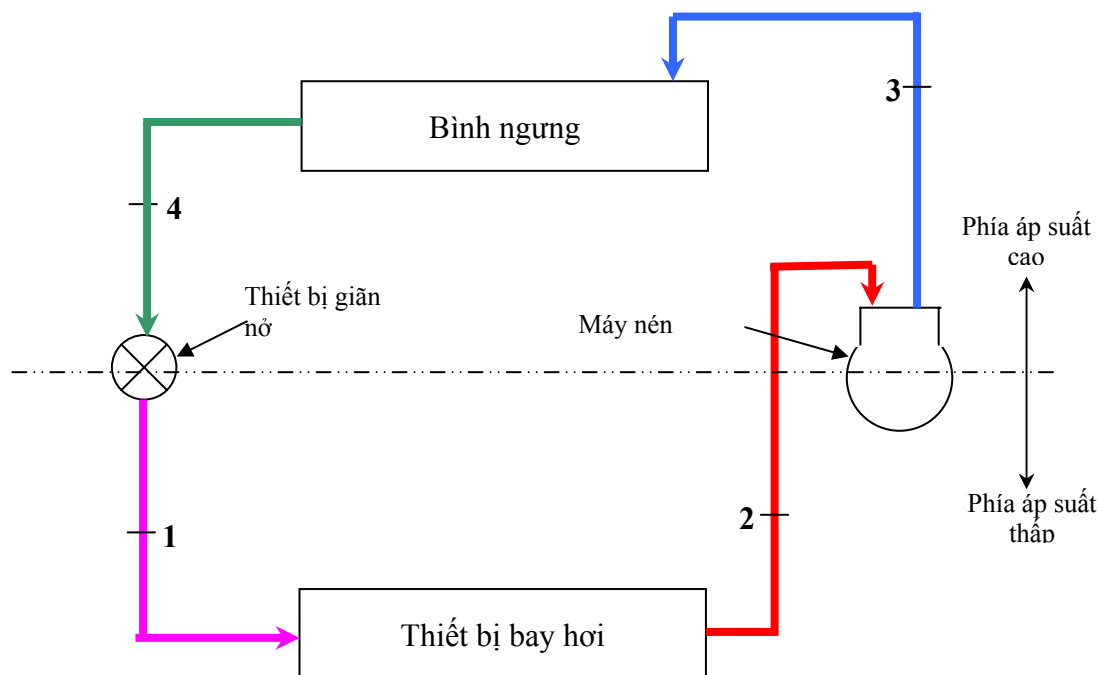
Chu trình làm lạnh nén hơi dựa trên nguyên tắc chất lỏng được nén ở nhiệt độ nhất định sẽ lạnh hơn khi chúng được giãn nở. Với mức thay đổi áp suất phù hợp, khí nén sẽ nóng hơn nguồn làm mát của chúng ta (ví dụ như không khí bên ngoài) và khí giãn nở sẽ lạnh hơn nhiệt độ lạnh chúng ta mong đạt được. Trong trường hợp này, chất lỏng được sử dụng để làm mát môi trường nhiệt độ thấp và thải khí ra môi trường nhiệt độ cao.

Hệ thống làm lạnh nén hơi có hai ưu điểm. Thứ nhất, vì nó sử dụng một lượng nhiệt năng lớn để chuyển chất lỏng thành hơi nên sẽ có rất nhiều nhiệt thải từ không gian được điều hoà không khí. Thứ hai, bản chất cách nhiệt của hoá hơi cho phép trích nhiệt mà không cần tăng nhiệt độ của chất lỏng tới nhiệt độ làm mát. Điều này có nghĩa là, tốc độ trao đổi nhiệt vẫn cao, vì nhiệt độ chất lỏng càng gần với nhiệt độ xung quanh, tốc độ trao đổi nhiệt càng thấp.

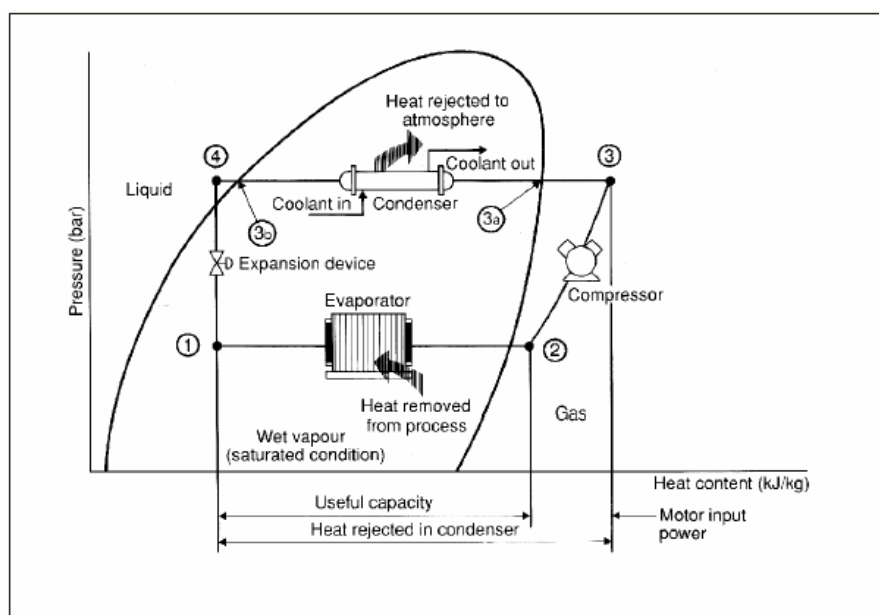
Chu trình làm lạnh được mô tả trong hình 3 và 4 và có thể chia thành các cấp như sau:

- **1 – 2.** Môi chất lạnh lỏng áp suất thấp trong thiết bị bay hơi hấp thụ nhiệt từ môi trường xung quanh, thường là không khí, nước hoặc chất lỏng khác. Trong quá trình này, nó thay đổi trạng thái từ lỏng sang khí, và sẽ bị quá nhiệt tại đầu ra của thiết bị bay hơi.
- **2 – 3.** Hơi quá nhiệt cấp vào máy nén, tại đó áp suất hơi tăng lên. Nhiệt độ cũng tăng vì một phần năng lượng đưa vào quá trình nén đã chuyển sang môi chất lạnh.
- **3 – 4.** Khí quá nhiệt áp suất cao đi từ máy nén vào bình ngưng. Bộ phận đầu tiên của quy trình làm mát (3-3a) khử quá nhiệt khí trước khi quay trở lại dạng lỏng (3a-3b). Quy trình này thường sử dụng không khí hoặc nước để làm mát. Tại bình chứa chất lỏng và hệ thống ống, nhiệt độ sẽ giảm thêm (3b - 4), và dung dịch môi chất lạnh được làm mát sơ bộ trước khi đi vào thiết bị giãn nở.

- 4 - 1 Dung dịch đã được làm mát sơ bộ với áp suất cao sẽ đi vào thiết bị giãn nở, thiết bị này giúp giảm áp suất chất lỏng và điều chỉnh lưu lượng chất lỏng đi thiết bị bay hơi.



Hình 3. Giảm đồ chu trình làm lạnh nén hơi



Hình 4. Giảm đồ chu trình làm lạnh bao gồm thay đổi về áp suất  
(Cục Sử dụng năng lượng hiệu quả, 2004)

Bình ngưng phải có khả năng thải nhiệt đầu vào kết hợp của máy nén và thiết bị bay hơi. Hay nói cách khác:  $(1 - 2) + (2 - 3)$  phải tương đương  $(3 - 4)$ . Không có tổn thất hoặc thu hồi nhiệt qua thiết bị giãn nở.

## 2.1.2 Các loại môi chất lạnh sử dụng trong hệ thống nén hơi

Có rất nhiều loại môi chất lạnh sử dụng trong hệ thống nén hơi. Nhiệt độ làm mát mong muốn sẽ quyết định việc lựa chọn chất lỏng. Các môi chất lạnh thường được sử dụng là tập hợp các flocacbon được clo hoá (CFCs, còn gọi là các Freon): R-11, R-12, R-21, R-22 and R-502. Bảng 1 tóm tắt các đặc tính của những chất làm lạnh và bảng 2 nêu hiệu suất của chúng.

**Bảng 1. Đặc tính của những chất làm lạnh thường được sử dụng** (theo Arora, C.P., 2000)

Chất làm lạnh	Điểm sôi ** (°C)	Điểm đông (°C)	Áp suất hơi * (kPa)	Lưu lượng hơi * (m <sup>3</sup> / kg)	Entanpi *	
					Lỏng (kJ / kg)	Hơi(kJ / kg)
R – 11	-23,82	-111,0	25,73	0,61170	191,40	385,43
R – 12	-29,79	-158,0	219,28	0,07702	190,72	347,96
R – 22	-40,76	-160,0	354,74	0,06513	188,55	400,83
R – 502	-45,40	---	414,30	0,04234	188,87	342,31
R – 7 (Ammonia)	-33,30	-77,7	289,93	0,41949	808,71	487,76

\* Tại -10 °C

\*\* Tại áp suất khí quyển chuẩn (101,325 kPa)

**Bảng 2. Hiệu suất của những môi chất lạnh hay được sử dụng** (theo Arora, C.P., 2000)

Môi chất lạnh	Áp suất bay hơi (kPa)	Áp suất nén (kPa)	Tỷ lệ áp suất	Entanpi hơi (kJ / kg)	COP <sup>**</sup> carnot
R – 11	20,4	125,5	6,15	155,4	5,03
R – 12	182,7	744,6	4,08	116,3	4,70
R – 22	295,8	1192,1	4,03	162,8	4,66
R - 502	349,6	1308,6	3,74	106,2	4,37
R - 717	236,5	1166,5	4,93	103,4	4,78

\* Tại nhiệt độ bay hơi -15 °C, và nhiệt độ bình ngưng 30 °C

\*\*  $COP_{carnot} = \text{Hệ số công suất} = \text{Nhiệt độ bay hơi} / (\text{Nhiệt độ bn} - \text{Nhiệt độ b,h})$

Việc lựa chọn môi chất lạnh và nhiệt độ làm mát mong muốn và tải sẽ quyết định việc lựa chọn máy nén, cũng như thiết kế của bình ngưng, thiết bị bay hơi, và các thiết bị phụ trợ khác. Các yếu tố khác như độ phức tạp của bảo trì, yêu cầu khoảng không, và sự sẵn có của các yếu tố phụ trợ khác (nước, điện, vv...) cũng ảnh hưởng đến việc lựa chọn các bộ phận trên.

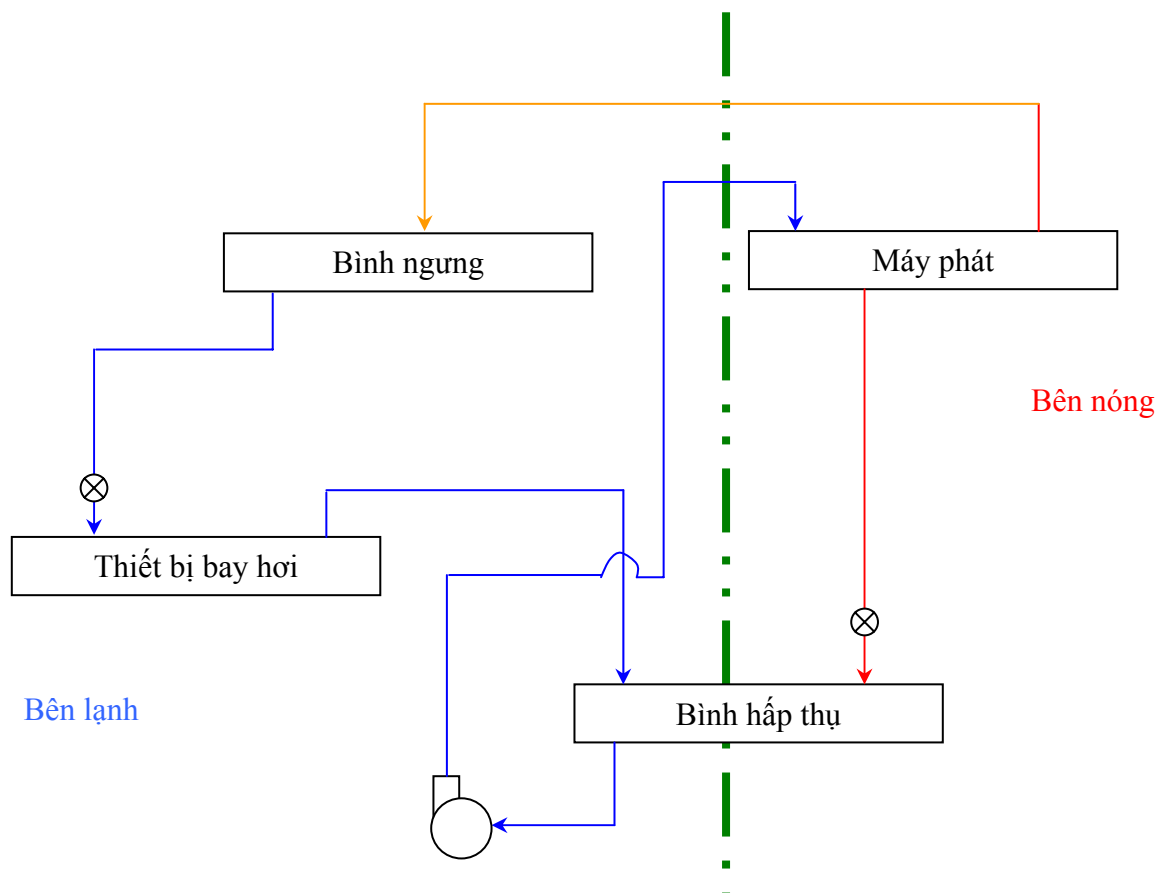
## 2.2 Hệ thống làm lạnh hấp thụ hơi

### 2.2.1 Mô tả

Hệ thống làm lạnh hấp thụ hơi bao gồm:

- Bình hấp thụ: Hấp thụ hơi môi chất lạnh bằng một chất hấp thụ phù hợp, tạo ra một dung dịch đậm đặc của môi chất lạnh trong bình hấp thụ

- Bơm: Bơm dung dịch đậm đặc và tăng áp suất của dung dịch lên tới áp suất của bình ngưng
- Máy phát: Chung hơi từ dung dịch đậm đặc, tạo ra dung dịch loãng đưa vào tuần hoàn



**Hình 5: Giải đồ hệ thống làm lạnh hấp thụ hơi**

Thiết bị làm lạnh hấp thụ là một máy tạo ra nước lạnh bằng cách sử dụng nhiệt như hơi, nước nóng, khí, dầu, vv... Nước lạnh được tạo ra dựa trên nguyên tắc là dung dịch (tức là môi chất lạnh, bốc hơi ở nhiệt độ thấp) hấp thụ nhiệt từ xung quanh khi bốc hơi. Nước tinh khiết được sử dụng làm môi chất lạnh và dung dịch lithi bromua ( $\text{LiBrH}_2\text{O}$ ) được sử dụng làm chất hấp thụ.

Nhiệt sử dụng cho hệ thống làm lạnh hấp thụ hơi có thể là nhiệt thải trích từ quá trình, từ bộ phát diesel, vv... Trong trường hợp đó, hệ thống hấp thụ chỉ sử dụng điện cho máy bơm. Tùy theo nhiệt độ yêu cầu và chi phí điện, có thể sẽ kinh tế hơn nếu tạo nhiệt/hơi để vận hành hệ thống hấp thụ.

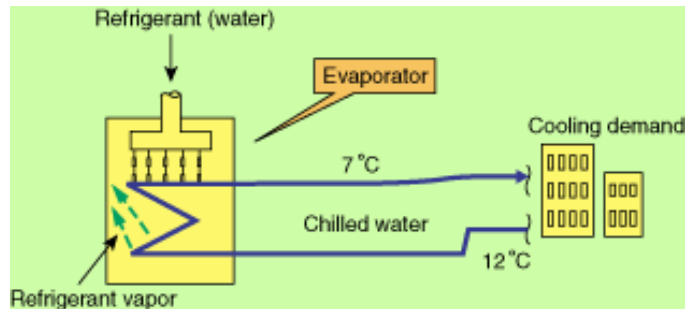
Dưới đây là mô tả khái niệm làm lạnh hấp thụ (nguồn tham khảo của tranh minh họa chưa xác định).

**Thiết bị bay hơi**

Môi chất lạnh (nước) bay hơi ở nhiệt độ khoảng 4°C trong điều kiện chân không 754 mm Hg ở thiết bị bay hơi.

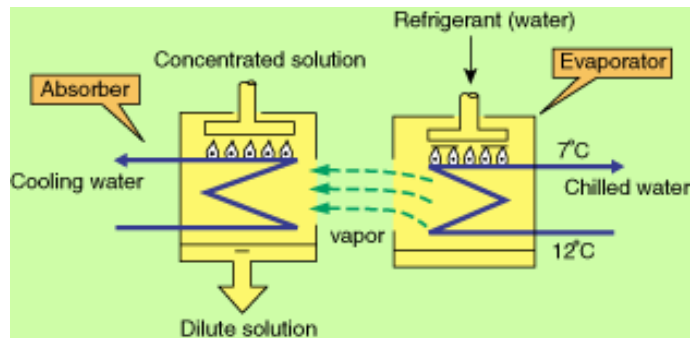
Nước lạnh đi qua ống của bộ trao đổi nhiệt trong thiết bị bay hơi và truyền nhiệt cho môi chất lạnh đã hoá hơi.

Môi chất lạnh (hơi) lại chuyển thành chất lỏng, còn nhiệt ẩn từ quá trình bay hơi làm mát nước lạnh (trong sơ đồ là từ 12 °C - 7 °C). Nước lạnh được sử dụng cho mục đích làm mát.



**Bình hấp thụ**

Để duy trì sự bay hơi, hơi môi chất lạnh phải được thải ra từ thiết bị bay hơi và cần cung cấp môi chất lạnh (nước). Hơi môi chất lạnh được hấp thụ trong dung dịch lithi bromua, rất thuận tiện hấp thụ hơi môi chất lạnh trong bình hấp thụ. Nhiệt sinh ra từ quá trình hấp thụ liên tục được loại bỏ khỏi hệ thống bằng nước mát. Quá trình hấp thụ cũng duy trì độ chân không trong thiết bị bay hơi.

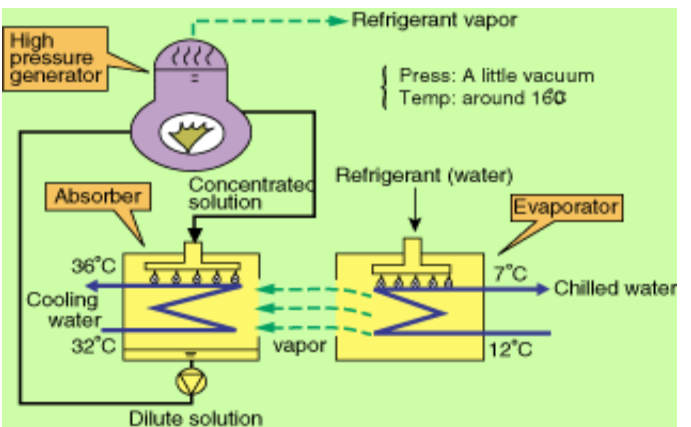


**Máy phát áp suất cao**

Vì dung dịch lithi bromua được pha loãng, khả năng hấp thụ hơi môi chất lạnh giảm. Để duy trì quá trình hấp thụ, dung dịch lithi bromua pha loãng cần được cô đặc lại.

Thiết bị làm lạnh hấp thụ được lắp cùng hệ thống cô đặc dung dịch, được gọi là máy phát. Chất gia nhiệt như hơi, nước nóng, khí hoặc dầu đóng vai trò là dung dịch cô đặc.

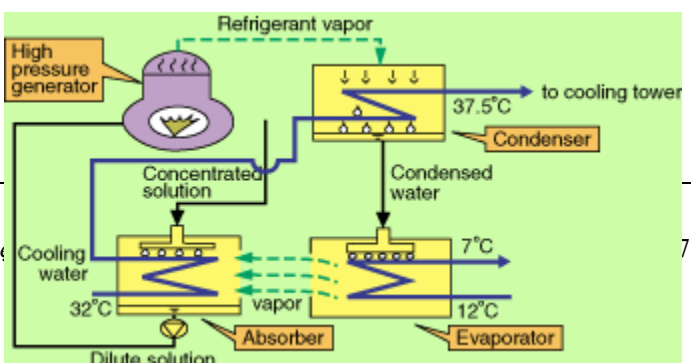
Dung dịch cô đặc được đưa trở lại bình hấp thụ để tiếp tục hấp thụ hơi lạnh.



**Bình ngưng**

Để hoàn tất chu trình làm lạnh, cần đảm bảo là quy trình làm lạnh diễn ra liên tục, cần có hai chức năng sau

1. Cô đặc và hoá lỏng hơi môi chất lạnh, được tạo ra trong máy phát áp suất cao.
2. Cung cấp nước ngưng cho thiết bị

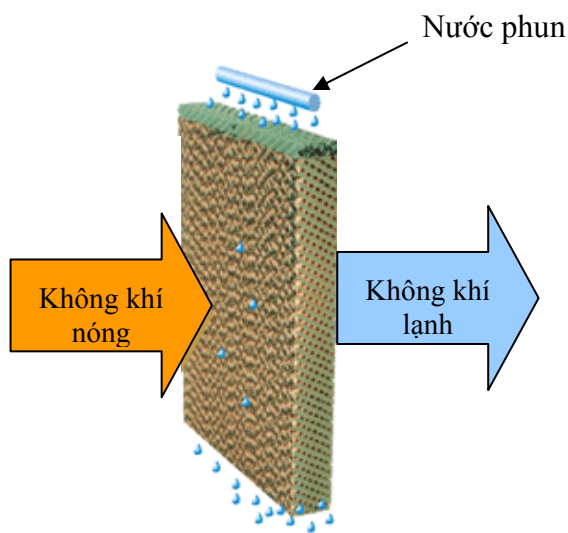


bay hơi làm môi chất lạnh (nước) Một bình ngưng được lắp đặt phục vụ cho hai chức năng trên.	
----------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Hệ thống làm lạnh hấp thụ sử dụng nước Li-Br làm môi chất lạnh có hệ số hiệu suất (COP) trong khoảng 0,65 – 0,70 và có thể cung cấp nước lạnh ở nhiệt độ 6,7 °C với nhiệt độ nước làm mát ở 30 °C. Hiện cũng có những hệ thống có thể cung cấp nước lạnh ở nhiệt độ 3 °C. Hệ thống dựa trên Amoniac hoạt động ở mức cao hơn áp suất khí quyển có thể hoạt động ở nhiệt độ thấp (dưới 0°C). Hiện bình hấp thụ đang có sẵn với công suất trong khoảng 10-1500 tấn. Mặc dù chi phí ban đầu của hệ thống hấp thụ cao hơn hệ thống nén, chi phí vận hành rẻ hơn nhiều vì nhiệt thải được tận dụng.

### 2.2.2 Làm mát bằng bay hơi trong hệ thống làm lạnh hấp thụ hơi

Có những nơi có thể thay điều hoà không khí giúp đạt mức điều chỉnh độ ẩm lên tới 50% giúp con người thoải mái hoặc cho quá trình bằng một hệ thống làm mát bằng bay hơi giúp tiết kiệm năng lượng và rẻ hơn nhiều.



**Hình 5. Giải đồ làm mát bằng bay hơi**  
Theo: Munters (2001)

Khái niệm rất đơn giản và tương tự như khái niệm ở tháp gián nhiệt. Không khí được đưa vào tiếp xúc chặt chẽ với nước để làm giảm nhiệt độ của không khí xuống gần nhiệt độ bầu ướt. Không khí mát được sử dụng phục vụ cho con người hoặc làm mát quá trình. Nhược điểm của hệ thống là độ ẩm trong không khí cao. Tuy nhiên, đây lại là một phương tiện làm mát vô cùng hiệu quả với chi phí rất thấp. Những hệ thống thương mại lớn thường dùng khối đệm bằng cellulosa để phun nước. Có thể điều chỉnh nhiệt độ bằng cách điều chỉnh lưu lượng khí và tốc độ luân chuyển khí. Ứng dụng phương pháp làm mát bằng bay hơi đặc biệt thích hợp cho làm mát ở những vùng khô hanh. Nguyên tắc này cũng được thực hiện ở các doanh nghiệp thuộc ngành dệt cho một số quá trình nhất định.



### 3. ĐÁNH GIÁ ĐIỀU HOÀ KHÔNG KHÍ VÀ LÀM LẠNH

Phần này nói về cách thức đánh giá hiệu suất của dây chuyền làm lạnh/điều hoà không khí.

#### 3.1 Đánh giá dây chuyền làm lạnh

##### 3.1.1 TR

Chúng ta bắt đầu với định nghĩa về TR.

- TR: Hiệu quả làm mát tạo ra được đo theo tấn làm lạnh, còn được gọi là “tấn lạnh”.
- $TR = Q \times C_p \times (T_i - T_o) / 3024$

Trong đó:

Q lưu lượng môi chất lạnh, kg/h

$C_p$  là nhiệt dung riêng của môi chất lạnh kCal /kg deg C

$T_i$  là nhiệt độ vào của môi chất lạnh đi vào thiết bị bay hơi (máy làm lạnh), °C

$T_o$  là nhiệt độ ra của môi chất lạnh đi ra từ thiết bị bay hơi (máy làm lạnh), °C.

1 TR môi chất lạnh = 3024 kCal/h nhiệt thái

##### 3.1.2 Mức tiêu thụ năng lượng riêng

- Mức tiêu thụ năng lượng riêng kW/TR là chỉ số hữu ích giúp tính hiệu suất của hệ thống lạnh. Bằng cách đo lượng TR và đầu vào kW, kW/TR được sử dụng làm chỉ số hiệu quả về mặt năng lượng.
- Ở hệ thống nước làm lạnh tập trung, ngoài máy nén, năng lượng còn được sử dụng cho bơm chất làm lạnh nước làm lạnh (thứ cấp), bơm nước ngưng (để loại bỏ nhiệt ra tháp giải nhiệt) và quạt trong tháp giải nhiệt. Về mặt hiệu quả, mức tiêu thụ năng lượng tổng sẽ là tổng của:
  - kW máy nén
  - kW máy bơm nước lạnh
  - kW máy bơm nước ngưng
  - kW quạt tháp giải nhiệt cho tháp hút/đổi lưu cưỡng bức
- Chỉ số kW/TR, hay còn gọi là mức tiêu thụ năng lượng riêng của một sản lượng TR nhất định là tổng của:
  - kW/TR máy nén
  - kW/TR máy bơm nước lạnh
  - kW/TR máy bơm nước ngưng
  - kW/TR quạt tháp giải nhiệt cho tháp hút/đổi lưu cưỡng bức

##### 3.1.3 Hệ số hiệu suất

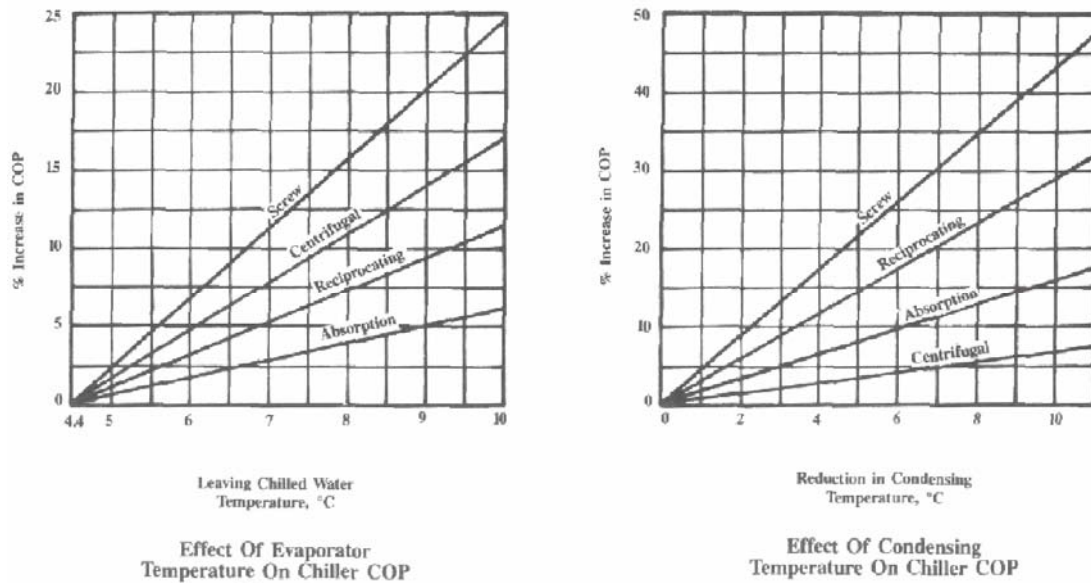
- Hệ số hiệu suất trên lý thuyết (Carnot), ( $COP_{Carnot}$ , một cách đo chuẩn hiệu suất làm lạnh của một hệ thống làm lạnh lý tưởng) phụ thuộc vào hai nhiệt độ chính của hệ thống: nhiệt độ ở thiết bị bay hơi  $T_e$  và nhiệt độ ở bình ngưng  $T_c$ . COP theo công thức:

$$COP_{Carnot} = T_e / (T_c - T_e)$$

Phương trình trên cũng cho thấy, nhiệt độ thiết bị bay hơi tăng lên và nhiệt độ ở bình ngưng giảm xuống sẽ giúp tăng chỉ số COP<sub>Carnot</sub>. Nhưng COP<sub>Carnot</sub> chỉ là một tỷ số nhiệt độ, và không xét đến loại máy nén. Vì vậy, COP thường sử dụng trong các doanh nghiệp được tính như sau:

$$\text{COP} = \frac{\text{Hiệu ứng lạnh (kW)}}{\text{Đầu vào năng lượng cấp cho máy nén (kW)}}$$

Trong đó hiệu ứng lạnh là chênh lệch entanpi trong thiết bị bay hơi và được tính bằng kW.



**Hình 6: Tác động của nhiệt độ ngưng và nhiệt độ thiết bị bay hơi đối với thiết bị làm lạnh (Cục Sử dụng năng lượng hiệu quả, 2004)**

### 3.2 Đánh giá hệ thống điều hoà không khí

Đối với thiết bị điều hoà không khí, lưu lượng không khí ở bộ giàn quạt lạnh (FCU) hoặc thiết bị xử lý không khí (AHU) có thể được đo bằng phong tốc kế. Nhiệt độ bầu ướt và khô được đo ở đầu vào và đầu ra của AHU hoặc FCU và tải lạnh theo TR được tính bằng:

$$\text{TR} = \frac{Q \times \rho \times (h_{\text{in}} - h_{\text{out}})}{3024}$$

Trong đó, Q là lưu lượng khí, m<sup>3</sup>/h  
 ρ là mật độ khí, kg/m<sup>3</sup>  
 H<sub>vào</sub> là entanpi của khí vào kCal/kg  
 H<sub>ra</sub> là entanpi của khí ra kCal/kg

Có thể sử dụng đồ thị đo độ ẩm-nhiệt độ để tính h<sub>vào</sub> và h<sub>ra</sub> từ các giá trị nhiệt độ bầu khô và nhiệt độ bầu ướt được đo qua các lần thử sử dụng âm kế. Thực hiện đo năng lượng tại máy nén, bơm, quạt AHU, quạt tháp giàn nhiệt có thể sử dụng bộ phân tích tải cầm tay.

Có thể ước tính tải điều hoà không khí bằng cách tính tải nhiệt khác nhau, ẩn và cảm nhận được, dựa trên thông số khí đầu vào và đầu ra, hệ số khí vào, số lượng người và loại nguyên vật liệu lưu trữ.

Dưới đây là một số các tải TR ở điều hoà không khí:

- Văn phòng nhỏ = 0,1 TR/m<sup>2</sup>
- Văn phòng trung bình tức là, = 0,06 TR/m<sup>2</sup>  
10 – 30 người chung một  
điều hoà không khí trung tâm
- Văn phòng lớn, tổ hợp với một = 0,04 TR/m<sup>2</sup>  
điều hoà không khí trung tâm

### 3.3 Các yếu tố cần lưu ý khi đánh giá hiệu suất hệ thống

#### 3.3.1 Độ chính xác của lưu lượng và đo nhiệt độ

Trong một đánh giá hiệu suất hoạt động, cần sử dụng những công cụ đo chính xác để đo nhiệt độ vào và nhiệt độ ra của nước lạnh và nước ngưng, tốt nhất ở mức đo thấp nhất là 0,1 °C. Để đo lưu lượng nước lạnh có thể sử dụng lưu lượng kế siêu âm trực tiếp hoặc có thể xác định dựa trên thông số hoạt động của bơm. Cần kiểm tra mức độ phù hợp của nước làm lạnh và hầu hết các thiết bị đều được thiết kế ở mức điển hình 0,68 m<sup>3</sup>/h trên mỗi TR lưu lượng nước làm lạnh (3 gpm/TR). Lưu lượng nước ngưng cũng có thể được đo bằng lưu lượng kế không tiếp xúc trực tiếp hoặc được xác định dựa trên các thông số hoạt động của bơm. Cần kiểm tra mức độ phù hợp của nước ngưng và phần lớn các thiết bị được thiết kế ở mức 0,91 m<sup>3</sup>/h trên mỗi TR (4 gpm / TR) lưu lượng nước ngưng.

#### 3.3.2 Giá trị non tải trung bình (IPLV)

Mặc dù tỷ số kW/ TR có thể được sử dụng làm thông tin tham khảo ban đầu, không nên dùng giá trị này như là một giá trị tuyệt đối vì nó dựa trên hai yếu tố quan trọng, đó là 100% công suất của thiết bị và các điều kiện thiết kế. Những yếu tố này chỉ xảy ra rất ít trên tổng số thời gian thiết bị hoạt động trong năm. Vì lý do trên, cần phải có số liệu phản ánh cách thức thiết bị hoạt động với mức non tải hoặc trong những điều kiện mà nhu cầu ít hơn 100% công suất. Để đạt được điều này, cần xác định một giá trị kW/TR trung bình với mức non tải, được gọi là Giá trị non tải trung bình (IPLV).

Giá trị IPLV là giá trị tham khảo phù hợp nhất, nhưng chưa phải là tốt nhất, vì giá trị này chỉ tính đến 4 thời điểm trong chu kỳ hoạt động: 100%, 75%, 50% and 25%. Thêm vào đó, giá trị này tính cùng một trọng số cho mỗi giá trị, và hầu hết thiết bị hoạt động trong khoảng từ 50% - 75% công suất. Đây là lý do tại sao lại cần phải có phân tích cụ thể cho mỗi trường hợp trong 4 thời điểm đã nói trên, cũng như xây dựng một nhật ký vận hành của bộ trao đổi nhiệt trong năm.

## 4. CÁC GIẢI PHÁP SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG HIỆU QUẢ

Phần này nói đến các khu vực có thể nâng cao sử dụng năng lượng hiệu quả trong dây chuyền làm lạnh.

### 4.1 Tối ưu hoá bộ trao đổi nhiệt của quá trình

Có xu hướng áp dụng biên độ an toàn cao cho việc vận hành, giá trị này có thể ảnh hưởng đến áp suất hút của máy nén/ điểm thiết lập của thiết bị bay hơi. Ví dụ như, một yêu cầu làm lạnh quy trình ở 15 °C sẽ cần môi chất lạnh ở nhiệt độ thấp hơn, nhưng dải này có thể dao động từ 6 °C đến khoảng 10 °C. Với nước lạnh ở 10 °C, nhiệt độ của môi chất lạnh phải thấp hơn (khoảng -5°C đến +5°C). Nhiệt độ môi chất lạnh quyết định áp suất hút tương ứng của chất lạnh, áp suất hút đó lại quyết định điều kiện đầu vào cho máy nén lạnh. Áp dụng lực phát động tốt ưu/tối đa (chênh lệch nhiệt độ) có thể giúp đạt được áp suất hút cao nhất có thể tại máy nén, và giảm thiểu tiêu thụ năng lượng. Điều này đòi hỏi phải định cỡ chính xác diện tích truyền nhiệt của bộ trao đổi nhiệt quá trình và thiết bị bay hơi cũng như hợp lý hoá yêu cầu về nhiệt độ để đạt giá trị cao nhất có thể. Mỗi mức tăng nhiệt độ thiết bị bay hơi thêm 1°C có thể tiết kiệm 3 % năng lượng tiêu thụ. Công suất TR của thiết bị đó sẽ tăng theo nhiệt độ thiết bị bay hơi, như cho trong bảng dưới đây.

**Bảng 3. Những giá trị điển hình minh họa tác động của sự biến đổi nhiệt độ thiết bị bay hơi đối với mức tiêu thụ năng lượng của máy nén (Hội đồng Năng suất quốc gia, không xuất bản)**

Nhiệt độ thiết bị bay hơi (°C)	Công suất lạnh* (tấn)	Tiêu thụ năng lượng cụ thể	Mức tăng kW/tấn (%)
5,0	67,58	0,81	-
0,0	56,07	0,94	16,0
-5,0	45,98	1,08	33,0
-10,0	37,20	1,25	54,0
-20,0	23,12	1,67	106,0

\* Nhiệt độ bình ngưng 40°C

Để hợp lý hoá diện tích trao đổi nhiệt, hệ số trao đổi nhiệt về phía môi chất lạnh có thể dao động trong khoảng từ 1400 – 2800 watts /m<sup>2</sup>K. Diện tích trao đổi nhiệt phía môi chất lạnh là 0,5 m<sup>2</sup>/TR và cao hơn ở thiết bị bay hơi.

Bình ngưng trong dây chuyền làm lạnh là một thiết bị rất quan trọng, ảnh hưởng đến công suất TR và nhu cầu tiêu thụ năng lượng. Với môi chất lạnh bất kỳ, nhiệt độ ngưng tụ và áp suất ngưng tụ tương ứng phụ thuộc vào diện tích truyền nhiệt, hiệu quả của quá trình truyền nhiệt và loại làm mát sử dụng. Một mức nhiệt độ ngưng tụ thấp hơn có nghĩa là máy nén phải hoạt động trong vi sai về áp suất thấp hơn do áp suất đẩy được cố định bởi thiết kế và hiệu suất của bình ngưng.

Trên thực tế, việc lựa chọn bình ngưng là giữa làm mát bằng không khí-làm mát bằng không khí với nước phun, và làm mát qua trao đổi nhiệt. Bộ trao đổi nhiệt hình ống và dạng vỏ sò lớn được sử dụng làm bình ngưng có thấp giải nhiệt hoạt động tốt cho phép hoạt động ở giá trị áp suất đẩy thấp và nâng cao công suất TR của dây chuyền làm lạnh.

Nếu môi chất lạnh R22 được sử dụng trong bình ngưng dạng ống và vỏ sò làm mát bằng nước thì áp suất đẩy là 15 kg/cm<sup>2</sup>. Nếu cũng loại môi chất lạnh này được sử dụng trong bình ngưng làm mát bằng không khí thì áp suất đẩy là 20 kg/cm<sup>2</sup>. Điều này cho thấy mức tải nén

cần thêm là bao nhiêu, với mức tải thêm này sẽ làm tăng thêm tiêu thụ năng lượng khoảng 30 % ở đây chuyên.

Một trong những giải pháp tốt nhất tại giai đoạn thiết kế là lựa chọn bình ngưng dạng ống và vỏ sò làm mát bằng nước thay cho những lựa chọn rẻ tiền hơn như loại bình ngưng làm mát bằng không khí hoặc bình ngưng không khí phun nước.

Tác động của nhiệt độ bình ngưng đối với nhu cầu sử dụng năng lượng của dây chuyền được cho trong bảng dưới đây

**Bảng 7. Những giá trị điển hình minh họa tác động của sự biến đổi trong nhiệt độ bình ngưng đối với mức tiêu thụ năng lượng (Hội đồng Năng suất quốc gia, chưa được xuất bản)**

Nhiệt độ ngưng ( $^{\circ}\text{C}$ )	Công suất làm lạnh (tấn)	Tiêu thụ năng lượng cụ thể (kW / TR)	Mức tăng kW/TR (%)
26,7	31,5	1,17	-
35,0	21,4	1,27	8,5
40,0	20,0	1,41	20,5

\* Máy nén pittông sử dụng môi chất lạnh R-22.  
Nhiệt độ thiết bị bay hơi  $-10^{\circ}\text{C}$

## 4.2 Bảo trì bề mặt trao đổi nhiệt

Khi đã mua máy nén, bảo trì hiệu quả là yếu tố then chốt giúp tối ưu hoá mức tiêu thụ năng lượng. Có thể cải thiện trao đổi nhiệt bằng cách đảm bảo sự phân cách hợp lý giữa dầu bôi trơn và môi chất lạnh, làm tan băng ở giàn lạnh, và tăng vận tốc chất tải lạnh thứ cấp (không khí, nước, vv...). Tuy nhiên, vận tốc tăng sẽ dẫn đến mức sụt áp lớn hơn trong hệ thống và tiêu thụ năng lượng cao hơn ở bơm và quạt. Vì vậy, cần phân tích kỹ để xác định vận tốc tối ưu.

Ống bình ngưng bị tắc nghẽn khiến máy nén phải làm việc nhiều hơn để đạt công suất mong muốn. Ví dụ như lớp cặn bám dày 0,8 mm trong ống bình ngưng sẽ làm tăng mức tiêu thụ năng lượng lên tới 35 %. Tương tự như vậy, thiết bị bay hơi bị tắc nghẽn (do dầu bôi trơn đóng cặn trong phần lấy khí vào) sẽ làm tăng mức tiêu thụ năng lượng. Việc lựa chọn, định cỡ và bảo trì tháp giải nhiệt cũng quan trọng như vậy. Cứ mỗi mức giảm nhiệt độ nước từ tháp giải nhiệt là  $0,55^{\circ}\text{C}$  sẽ làm giảm tiêu thụ năng lượng xuống 3%.

**Bảng 8. Các giá trị điển hình minh họa tác động của việc bảo trì không phù hợp đối với mức tiêu thụ năng lượng của máy nén (Hội đồng Năng suất quốc gia)**

Điều kiện	Nhiệt độ bay hơi ( $^{\circ}\text{C}$ )	Nhiệt độ ngưng ( $^{\circ}\text{C}$ )	Công suất làm lạnh* (tấn)	Tiêu thụ năng lượng cụ thể (kW/tấn)	Tăng kW/tấn (%)
Bình thường	7,2	40,5	17,0	0,69	-
Bình ngưng bẩn	7,2	46,1	15,6	0,84	20,4
Thiết bị bay hơi bẩn	1,7	40,5	13,8	0,82	18,3
Thiết bị bay hơi và bình ngưng bẩn	1,7	46,1	12,7	0,96	38,7

\* Hệ thống máy nén pittông 15 tấn. Mức tiêu thụ năng lượng của các hệ thống thường gặp ở Ấn Độ thấp hơn. Tuy nhiên, thay đổi phân trăm của mức tiêu thụ năng lượng là do hậu quả của việc bảo trì kém.

### 4.3 Phân cấp để nâng cao hiệu suất

Để máy nén hoạt động hiệu quả, tỷ suất nén phải thấp, để giảm áp suất và nhiệt độ đẩy. Với những thiết bị ứng dụng nhiệt độ thấp có tỷ suất nén cao, và cần dải nhiệt độ rộng, sử dụng máy nén pittông đa cấp hoặc máy nén ly tâm/trục vít thường được ưa chuộng hơn và mang tính kinh tế hơn (do hạn chế trong thiết kế thiết bị).

Có hai loại hệ thống đa cấp có thể sử dụng với mọi loại máy nén: hỗn hợp và phân cấp. Với máy nén rôto hoặc pittông, nên sử dụng máy nén hai cấp với nhiệt độ tải từ  $-20^{\circ}\text{C}$  đến  $-58^{\circ}\text{C}$ , còn với máy ly tâm nên ở nhiệt độ khoảng  $-43^{\circ}\text{C}$ .

Trong hệ thống đa cấp, một máy nén cấp 1 được định cỡ để đáp ứng tải làm mát, đưa vào phần hút của máy nén thứ hai sau khi khí được làm mát trung gian. Một phần dung dịch áp suất cao từ bình ngưng được giãn áp và để sử dụng cho làm mát phụ dung dịch. Vì vậy, máy nén thứ hai phải đáp ứng tải của thiết bị bay hơi và khí giãn áp. Một môi chất lạnh đơn được sử dụng trong hệ thống, và hai máy nén cùng thực hiện nhiệm vụ nén ngang nhau. Do đó, việc kết hợp hai máy nén với tỷ suất thấp có thể mang lại tỷ suất nén cao.

Với nhiệt độ trong dải từ  $-46^{\circ}\text{C}$  đến  $-101^{\circ}\text{C}$ , hệ thống phân cấp được ưa chuộng hơn. Trong hệ thống này, hai hệ thống riêng biệt sử dụng các môi chất lạnh khác nhau được nối với nhau sao cho một hệ thống thải nhiệt sang hệ thống còn lại. Ưu điểm chính của hệ thống này là một chất lạnh nhiệt độ thấp, có nhiệt độ hút cao và thể tích riêng thấp, có thể được lựa chọn cho cấp thấp để đáp ứng yêu cầu nhiệt độ thấp.

### 4.4 Điều chỉnh công suất với tải của hệ thống

Trong quá trình hoạt động non tải, nhiệt độ của thiết bị bay hơi tăng lên và nhiệt độ của bình ngưng giảm, giúp tăng COP. Nhưng cùng lúc đó, sự sai lệch so với điểm làm việc theo thiết kế và việc tổn thất cơ học sẽ làm tăng mức tiêu thụ trong tổng số năng lượng tiêu thụ, mức tăng này vượt quá hiệu quả tiết kiệm nhờ tăng COP, khiến cho hiệu suất non tải thấp hơn.

Vì vậy, cần phải xem xét hoạt động non tải vì hầu hết các thiết bị làm lạnh đều có tải thay đổi. Tải có thể thay đổi do sự thay đổi của nhiệt độ và nhu cầu làm mát của quá trình. Việc điều chỉnh công suất với tải của hệ thống là một bài toán khó, đòi hỏi phải hiểu rõ hiệu suất của máy nén, và sự biến đổi của điều kiện xung quanh, cũng như cần nắm bắt được mức tải làm mát.

### 4.5 Điều chỉnh năng suất của máy nén và sử dụng năng lượng hiệu quả

Có một số cách để điều chỉnh năng suất máy nén. Điều chỉnh năng suất máy nén pittông thông qua trút tải xy lanh sẽ làm tăng điều biên (từng bước một). Ngược lại, việc điều biến liên tục các máy nén ly tâm thông qua điều chỉnh cánh và máy nén trục vít bằng các van trượt. Vì vậy, điều chỉnh nhiệt độ yêu cầu hệ thống phải được thiết kế cẩn thận. Thông thường, khi sử dụng máy nén pittông cho các thiết bị ứng dụng có tải biến đổi nhiều, nên điều chỉnh máy nén bằng cách đo nhiệt độ của nước đưa quay trở lại (hay là chất tải lạnh thứ cấp) thay vì đo nhiệt độ của nước ra từ thiết bị làm lạnh. Điều này giúp tránh việc quay vòng tắt-bật nhiều quá hoặc việc tải/trút tải không cần thiết của máy nén. Tuy nhiên, nếu sự dao động của tải không lớn, nên đo nhiệt độ của nước ra từ thiết bị làm lạnh. Cách này có ưu điểm là giúp tránh hoạt động ở nhiệt độ nước thấp, đặc biệt khi lưu lượng giảm ở mức tải thấp. Nên đo nhiệt độ nước ra ở máy làm lạnh ly tâm và trục vít.

Điều chỉnh công suất thông qua điều chỉnh tốc độ là giải pháp hiệu quả nhất. Tuy nhiên, khi thực hiện điều chỉnh tốc độ ở máy nén pittông, cần đảm bảo rằng hệ thống bôi trơn không bị ảnh hưởng. Với máy nén ly tâm, người ta thường giới hạn điều chỉnh tốc độ khoảng 50 % công suất để tránh bị xung. Với mức dưới 50%, có thể điều chỉnh cánh hoặc thực hiện rẽ nhánh để điều biến công suất.

Hiệu suất của máy nén trục vít ở mức non tải thường cao hơn ở máy nén ly tâm hoặc máy nén pittông, nên máy nén trục vít thường được sử dụng trong trường hợp hay phải hoạt động ở mức non tải. Có thể tối ưu hoá hiệu suất của máy nén trục vít bằng cách thay đổi tỷ suất lưu lượng. Trong một số trường hợp, điều này có thể dẫn đến hiệu suất đầy tải cao hơn so với máy nén ly tâm và pittông. Nhờ khả năng máy nén trục vít chịu được dầu nhờn, trong một số trường hợp máy nén trục vít được ưa chuộng hơn.

#### **4.6 Làm lạnh đa cấp để đáp ứng các nhu cầu của dây chuyền**

Việc lựa chọn hệ thống làm lạnh cũng phụ thuộc vào dải biến thiên nhiệt độ mong muốn của dây chuyền. Với các ứng dụng khác nhau cần dải nhiệt độ rộng, sử dụng nhiều tổ (một số tổ nằm rải rác trong dây chuyền) thay vì sử dụng một dây chuyền trung tâm lớn sẽ mang lại hiệu quả kinh tế cao hơn. Một ưu điểm nữa là sự linh hoạt và độ tin cậy. Có thể lựa chọn các tổ tùy theo khoảng cách tải làm mát cần cung cấp. Các tổ tại trung tâm tải sẽ giảm tổn thất phân phối của hệ thống. Mặc dù có sử dụng hệ thống gồm nhiều tổ có những ưu điểm này, các dây chuyền trung tâm thường có mức tiêu thụ năng lượng thấp hơn vì tại mức tải giảm xuống, mức tiêu thụ năng lượng có thể giảm đáng kể do sử dụng bình ngưng và bề mặt thiết bị bay hơi lớn.

Rất nhiều doanh nghiệp sử dụng một trạm máy nén tại vị trí trung tâm để đáp ứng tải. Thông thường, các thiết bị làm lạnh cấp vào thiết bị gia nhiệt chung từ đó các nhánh tỏa đi các vị trí trong dây chuyền. Với cách lắp đặt này, phải hết sức thận trọng khi vận hành non tải. Để vận hành hiệu quả, tải của mỗi thiết bị làm lạnh phải được đo chặt chẽ. Vận hành một máy làm lạnh đơn lẻ ở mức đầy tải sẽ hiệu quả hơn là vận hành hai thiết bị làm lạnh ở chế độ non tải. Hệ thống phân phối cần được thiết kế sao cho mỗi máy làm lạnh đơn lẻ có thể cung cấp cho toàn bộ các nhánh. Cần lắp đặt thêm các van cách ly để tách riêng các phần khi không cần làm mát. Việc này giúp làm giảm sụt giảm áp suất của hệ thống và giảm tiêu thụ năng lượng trong hệ thống bơm. Các máy nén trong hệ thống cần được tải hết công suất trước khi vận hành máy nén tiếp theo. Trong một số trường hợp, lắp các thiết bị làm lạnh có công suất thấp hơn riêng rẽ, có thể vận hành theo kiểm soát bật-tắt để đạt tải tối đa, với những thiết bị làm lạnh lớn hơn đáp ứng tải chính.

Điều chỉnh lưu lượng cũng là cách rất phổ biến giúp đáp ứng các mức nhu cầu khác nhau. Trong những trường hợp đó, tiết kiệm từ việc bơm ở lưu lượng thấp hơn cần được cân nhắc với sự truyền nhiệt ở dàn lạnh do vận tốc giảm. Trong một số trường hợp, việc vận hành ở lưu lượng bình thường, với việc vận hành các máy nén ở các kỳ không tải tuần tự lâu hơn (hoặc tắt hẳn) có thể giúp tiết kiệm nhiều hơn.

#### **4.7 Lưu trữ nước mát**

Tùy theo bản chất của tải, sử dụng các thiết bị lưu trữ nước lạnh được bảo ôn tốt sẽ kinh tế hơn. Có thể nạp đầy thiết bị lưu trữ để đáp ứng nhu cầu của quá trình để máy làm lạnh không phải hoạt động liên tục. Hệ thống này sẽ khá kinh tế nếu chỉ có sự thay đổi nhỏ trong nhiệt độ ở mức có thể chấp nhận được. Ngoài ra, hệ thống này còn có thêm ưu điểm là thiết bị làm lạnh hoạt động ở những lúc nhu cầu điện thấp, giúp giảm tiền điện do tải tối đa. Mức tính tiền

sử dụng điện vào thời điểm đêm của một số nhà cung cấp điện là một ưu điểm của việc sử dụng thiết bị lưu trữ. Ngoài ra giải pháp này còn có một lợi ích nữa là do nhiệt độ môi trường bên ngoài thấp hơn vào ban đêm nên nhiệt độ bình ngưng vào đêm cũng thấp hơn, vì vậy giúp tăng COP.

Nếu sự dao động của nhiệt độ trong khoảng không chấp nhận được thì việc sử dụng thiết bị lưu trữ có thể sẽ kém kinh tế hơn vì chất tải lạnh thứ cấp sẽ được lưu trữ ở nhiệt độ thấp hơn so với yêu cầu để thu nhiệt. Chi phí phát sinh để làm mát xuống nhiệt độ thấp hơn có thể vượt quá lợi ích của cách làm này. Giải pháp tùy theo từng trường hợp cụ thể. Ví dụ như, trong một số trường hợp có thể sử dụng bộ trao đổi nhiệt lớn, với mức chi phí thấp hơn so với mức vận hành thiết bị làm lạnh nhiệt độ thấp, để tận dụng lợi ích của việc sử dụng thiết bị lưu trữ kể cả khi sự dao động của nhiệt độ không chấp nhận được. Hệ thống làm đá, lưu trữ đá thay cho nước, thường mang lại hiệu quả kinh tế.

#### **4.8 Đặc điểm thiết kế của hệ thống**

Ở thiết kế toàn bộ dây chuyền, việc áp dụng những kinh nghiệm thực tế thích hợp sẽ giúp nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng đáng kể. Cần xem xét đến những khu vực sau:

- Thiết kế của tháp giải nhiệt với các bánh công tác FRP và khối đệm dạng màng, tấm chắn nước PVC, vv....
- Sử dụng nước được làm mềm cấp cho bình ngưng thay cho nước thô.
- Sử dụng độ dày bảo ôn kinh tế cho các đường ống lạnh, bộ trao đổi nhiệt, xem xét chi phí thu nhiệt và áp dụng các kinh nghiệm như phương pháp đo hồng ngoại - đặc biệt được ứng dụng trong công nghiệp xử lý/sản xuất phân bón/hoá chất lớn.
- Bao phủ mái / Hệ thống làm mát, Trần giả/nếu có thể áp dụng để giảm thiểu tải lạnh.
- Sử dụng thiết bị thu hồi nhiệt có hiệu quả sử dụng năng lượng cao như bộ trao đổi nhiệt không khí – không khí để làm lạnh sơ bộ không khí thông qua trao đổi nhiệt gián tiếp; điều chỉnh độ ẩm tương ứng nhờ bộ trao đổi nhiệt gián tiếp thay vì sử dụng bộ gia nhiệt cho đường ống sau khi làm lạnh.

Sử dụng hệ thống có lưu lượng khí biến đổi, sử dụng màng chống bức xạ mặt trời; Tối ưu hoá cường độ sáng tại khu vực cần điều hoà không khí; tối ưu hoá số lần trao đổi khí ở khu vực cần điều hoà không khí và một vài ví dụ khác.



## 5. DANH SÁCH SÀNG LỌC GIẢI PHÁP

Phần này bao gồm các giải pháp sử dụng năng lượng hiệu quả nhất.

- Bảo ôn lạnh: Bảo ôn tất cả các đường ống lạnh, sử dụng độ dày bảo ôn một cách kinh tế để giảm thiểu nhiệt thu; và chọn cách bảo ôn thích hợp.
- Che chắn xung quanh: Tối ưu hoá lưu lượng điều hoà không khí bằng các biện pháp như sử dụng trần giả, và tách riêng những khu vực quan trọng cần điều hoà không khí bằng màn hình gió.
- Giảm thiểu tải nhiệt: giảm thiểu tải điều hoà không khí bằng các biện pháp như làm mát mái, sơn mái, chiếu sáng hiệu quả, làm mát sơ bộ không khí bằng bộ trao đổi nhiệt không khí-không khí, hệ thống khí lưu lượng biến đổi, điều chỉnh nhiệt độ của không gian điều hoà không khí, sử dụng màng chống bức xạ mặt trời, etc.
- Giảm thiểu tải nhiệt của quá trình: Giảm thiểu tải nhiệt của quá trình về mặt công suất TR cũng như cấp độ làm lạnh, tức là nhiệt độ cần có bằng cách:
  - Tối ưu hoá lưu lượng
  - Tăng diện tích trao đổi nhiệt để chấp nhận được chất tải lạnh nhiệt độ cao hơn
  - Tránh những lãng phí như thu nhiệt, tổn thất nước làm lạnh, dòng không làm việc.
  - Thường xuyên làm sạch/khử cặn của bộ trao đổi nhiệt
- Tại khu vực dây chuyền A/C làm lạnh:
  - Đảm bảo thường xuyên bảo trì tất cả các bộ phận của dây chuyền A/C theo hướng dẫn của nhà sản xuất.
  - Đảm bảo chất lượng nước lạnh và lưu lượng nước làm mát, tránh dòng rẽ nhánh bằng cách đóng van của những thiết bị đang không hoạt động.
  - Giảm thiểu hoạt động non tải bằng cách điều chỉnh tải và công suất dây chuyền, sử dụng bộ điều khiển tốc độ vô cấp cho tải biến đổi của quá trình
  - Luôn luôn cố gắng tối ưu hoá các thông số bình ngưng và thiết bị bay hơi để giảm thiểu sử dụng năng lượng và tối đa hoá công suất.
  - Áp dụng hệ thống VAR được thừa nhận là dung dịch không chứa CFC
- Đảm bảo rằng điều hoà không khí không bị quá tải và kiểm tra cầu trì hoặc bộ ngắt mạch nếu AC không làm việc.
- Thay hoặc làm sạch bộ lọc và thường xuyên làm sạch thiết bị bay hơi, và ống xoắn giàn ngưng để máy điều hoà nhiệt độ làm mát hiệu quả.
- Thường xuyên làm sạch bộ ổn định nhiệt và thay thế nếu cần.
- Nếu máy nén hoạt động không tốt, cần gọi ngay cho nhân viên dịch vụ.
- Nếu máy điều hoà không khí có tiếng ồn, cần cho thợ kiểm tra ngay.
- Sử dụng bộ lọc không khí tốt sẽ giúp kéo dài tuổi thọ của máy điều hoà vì nó giúp các bộ phận quan trọng như quạt thổi, giàn lạnh và các bộ phận bên trong sạch sẽ, hoạt động hiệu quả và lâu hơn.
- Tránh không mở cửa/cửa sổ thường xuyên. Cửa mở sẽ làm tăng tiêu thụ năng lượng máy điều hoà của bạn lên gấp đôi.
- Đảm bảo là ánh nắng mặt trời và nhiệt không chiếu trực tiếp vào khu vực điều hoà, nhất là vào các buổi chiều.
- Hầu hết mọi người đều tin rằng việc thiết lập bộ ổn định nhiệt ở mức nhiệt độ thấp hơn mong muốn sẽ khiến máy điều hoà làm mát nhanh hơn, thực sự không phải như vậy, việc đó chỉ khiến máy điều hoà chạy lâu hơn. Thêm vào đó, bạn sẽ có căn phòng lạnh quá mức cần thiết và lãng phí năng lượng. Mỗi một mức giảm nhiệt độ xuống 1°C sẽ tăng mức tiêu

thụ năng lượng lên 3-4%. Vì vậy, khi bạn đã thấy nhiệt độ ở mức thích hợp và đặt bộ điều chỉnh nhiệt ở mức độ đó, tránh thay đổi cài đặt bộ điều chỉnh nhiệt.

- Khi hệ thống điều hoà không khí đã được thiết kế và lắp đặt, tránh các thay đổi lớn về tải nhiệt của máy. Sự thay đổi sẽ làm lãng phí năng lượng
- Đường ống thoát nước bị tắc nghẽn thường là do tảo bám bên trong ống. Máy điều hoà không khí tạo ra một môi trường mát, ẩm phù hợp với nấm mốc và nếu để chúng tự do phát triển, chúng sẽ lan vào đường ống. Loại bỏ nấm mốc bằng cách sử dụng chất khử trùng (tham khảo nhà cung cấp). Đảm bảo rằng bề mặt của giàn lạnh hoặc giàn bay hơi phải sạch để không khí có thể tự do lưu thông.
- Nếu bạn có ống hồi lưu ở khu vực nóng như ở gác mái hay ga ra, cần đảm bảo rằng ống đó không bị vỡ, nứt, hoặc bị tách ra và hút khí nóng vào.
- Bộ phận cửa sổ nên dốc nhẹ về phía bên ngoài. Bộ phận loại bỏ độ ẩm (nơi nước tích tụ) là giàn trước, ở trong nhà bạn. Thông thường sẽ có một đường máng/ống xả để xả nước ra phía sau máy. Nếu ống xả bị tắc, nước sẽ chảy ngược trở lại và gây rò rỉ ở bên trong phòng. Yêu cầu thợ cơ khí làm sạch khung và đảm bảo là các ốc vít được xiết chặt. Có thể giảm tải nhiệt bằng cách lắp thêm trần giả trong văn phòng. Lắp thêm màn cửa/tấm chắn/màng hấp thụ bức xạ mặt trời trên cửa sổ sẽ giúp giảm nhiệt vào phòng. Cách nhiệt trần nhà, là nơi ánh sáng mặt trời chiếu vào bằng tấm cách nhiệt dày 50-mm sẽ giúp giảm nhiệt vào phòng.
- Kiểm tra rò rỉ và chỗ bị bẹp ở đường ống. Cần vá chỗ rò rỉ không khí bằng chất bịt kín có chất lượng tốt(không dùng băng dán đường ống).
- Kiểm tra máy làm lạnh theo chỉ định của nhà sản xuất. Thông thường, việc kiểm tra nên được thực hiện hàng quý.
- Kiểm tra định kỳ rò rỉ chất lạnh.
- Kiểm tra áp suất hoạt động của máy nén.
- Kiểm tra mức dầu và áp suất.
- Kiểm tra điện áp và ampe của động cơ.
- Kiểm tra thiết bị khởi động điện, côngtactơ, và rơ le
- Kiểm tra khí nóng và hoạt động non tải.
- Sử dụng thông số nhiệt độ làm mát phụ và quá nhiệt để đạt hiệu suất máy làm lạnh tối đa.
- Lấy thông số nhiệt độ đường ống xả.

Một số “**Nguyên tắc chung**” bao gồm:

- Công suất làm lạnh giảm 6% với mỗi mức tăng nhiệt độ ngưng lên 3,5 °C.
- Nhiệt độ ngưng giảm 5,5 °C sẽ giúp giảm tiêu thụ năng lượng máy nén từ 20–25%
- Giảm 0,55 °C ở nhiệt độ nước làm mát tại đầu vào của bình ngưng sẽ giúp giảm tiêu thụ năng lượng của máy nén 3%
- 1 mm cặn đóng trên ống bình ngưng có thể làm tăng mức tiêu thụ năng lượng lên 40% .
- Nhiệt độ thiết bị bay hơi tăng 5,5 °C sẽ giúp giảm mức tiêu thụ năng lượng của máy nén 20–25%.

## 6. CÁC BẢNG TÍNH

Phần này bao gồm các bảng tính:

- Thông số định mức hệ thống điều hoà không khí và làm lạnh
- Hiệu suất dây chuyền làm lạnh

**Bảng tính 1: Thông số định mức hệ thống điều hoà không khí và làm lạnh**

Phần số.	Máy nén làm lạnh	Đơn vị	Tham khảo máy			
			1	2	3	4
1.	Kiểu dáng					
2.	Loại					
3.	Công suất (làm mát)	TR				
4.	<b>Máy lạnh:</b>					
A.	Số ống	--				
B.	Đường kính ống	m				
C.	Tổng diện tích trao đổi nhiệt	m <sup>2</sup>				
D.	Lưu lượng nước làm lạnh	m <sup>3</sup> /h				
E.	Chênh lệch nhiệt độ nước làm lạnh	°C				
5.	<b>Bình ngưng:</b>					
A.	Số ống					
B.	Đường kính ống					
C.	Tổng diện tích trao đổi nhiệt	m				
D.	Lưu lượng nước ngưng	m <sup>3</sup> /h				
E.	Chênh lệch nhiệt độ nước ngưng	°C				
6.	<b>Bơm nước làm lạnh:</b>					
A.	Nos.	--				
B.	Công suất	m <sup>3</sup> /h				
C.	Cột áp	mWC				
D.	Công suất định mức	kW				
E.	Hiệu suất định mức	%				
7.	<b>Bơm nước ngưng:</b>					
A.	Nos.	--				
B.	Công suất	m <sup>3</sup> /h				
C.	Cột áp	mWC				
D.	Công suất định mức	kW				
E.	Hiệu suất định mức	%				

**Bảng tính 2: HIỆU SUẤT CỦA DÂY CHUYỀN LÀM LẠNH**

STT	Tham khảo thông số	Đơn vị	Máy nén làm lạnh tham khảo			
			1	2	3	4
1.	Lưu lượng nước lạnh (sử dụng đồng hồ đo lưu lượng hoặc đánh giá theo sự chênh lệch mức độ)	m <sup>3</sup> /h				
2.	Năng lượng đầu vào của động cơ bơm nước lạnh	kW				
3.	Áp suất hút bơm nước lạnh	kg/cm <sup>2</sup> g				
4.	Áp suất đẩy bơm nước lạnh	kg/cm <sup>2</sup> g				
5.	Nhiệt độ vào của nước ở máy làm lạnh	°C				
6.	Nhiệt độ ra của nước từ máy lạnh	°C				
7.	Nhiệt độ vào của nước ngưng	°C				
8.	Áp suất hút của bơm bình ngưng	kg/cm <sup>2</sup>				
9.	Áp suất đẩy của bơm bình ngưng	kg/cm <sup>2</sup>				
10.	Nhiệt độ ra của nước ngưng	°C				
11.	Nhiệt độ môi chất lạnh ra từ máy làm lạnh (thiết bị bay hơi)	°C				
12.	Áp suất môi chất lạnh	kg/cm <sup>2</sup> (or psig)				
13.	Nhiệt độ môi chất lạnh vào bình ngưng	°C				
14.	Áp suất môi chất lạnh	kg/cm <sup>2</sup> (or psig)				
15.	Công suất làm mát thực tế [(1)*(6-5)/3024]	TR				
16.	COP [11/(10-11)]	--				
17.	Năng lượng vào động cơ máy nén	kW				
18.	Mức tiêu thụ năng lượng riêng	kW/TR				
19.	Năng lượng vào quạt CT	kW				
20.	Năng lượng vào máy bơm nước làm lạnh đang hoạt động	kW				
21.	Năng lượng vào máy bơm của bình ngưng đang hoạt động	kW				
22.	Mức tiêu thụ năng lượng riêng của toàn bộ hệ thống	kW/TR				

	[(2+17+19+20)/15]					
--	-------------------	--	--	--	--	--

## 7. TÀI LIỆU THAM KHẢO

American Society Heating Refrigeration and Air Conditioning. *ASHRAE Hand Book*. 2001

Arora, C.P. *Refrigeration and Air Conditioning*. Second edition. Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd. 2000.

Bureau of Energy Efficiency, Ministry of Power, India. *HVAC and Refrigeration Systems*. In: Energy Efficiency in Electrical Utilities, chapter 4. 2004

Compare India. [www.compareindia.com](http://www.compareindia.com)

Munters. *Pre-Cooling of Gas Turbines – Evaporative Cooling*. 2001.

[www.munters.com/home.nsf/FS1?ReadForm&content=/products.nsf/ByKey/OHAA-55GSWH](http://www.munters.com/home.nsf/FS1?ReadForm&content=/products.nsf/ByKey/OHAA-55GSWH)

National Productivity Council, Ministry of Industries, India. *Technology Menu on Energy Efficiency*.

Plant Services Magazine. [www.plantservices.com](http://www.plantservices.com)

US Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy. [www.eere.energy.gov](http://www.eere.energy.gov)

### 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 Thái 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.*