

# PHÂN TÍCH VÀ LỰA CHỌN CÁC GIẢI PHÁP TRỮ LẠNH CHO CÁC HỆ THỐNG ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ CÓ KHẢ NĂNG ÁP DỤNG TẠI VIỆT NAM

Võ Chí Chính - *Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng*

Dương Hoàng Văn Bản, Lê An - *Trung tâm TKNL và Tư vấn chuyển giao công nghệ Đà Nẵng*

Email: [vochichinhdhbk@gmail.com](mailto:vochichinhdhbk@gmail.com)

Ngày nhận bài: 18/8/2020

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 21/01/2021

Ngày bài được duyệt đăng: 25/01/2021

Trữ lạnh cho các hệ thống điều hòa không khí (ĐHKK) đã được quan tâm nghiên cứu và áp dụng ở Việt Nam và trên Thế giới từ lâu. Tuy nhiên, cho đến nay việc trữ lạnh vẫn chưa được áp dụng một cách rộng rãi và phổ biến, mặc dù có nhiều ưu điểm và có khả năng mang lại nhiều lợi ích kinh tế.

Trong bài báo này, chúng tôi tập trung phân tích các đặc điểm cơ bản của hệ thống trữ lạnh cho điều hòa không khí, bao gồm: Các ưu điểm cơ bản của trữ lạnh, hệ thống điều hòa nào có thể áp dụng giải pháp này, thời gian trữ và xả lạnh hợp lý, loại môi chất trữ lạnh nào là phù hợp và phân tích ưu nhược điểm của các sơ đồ trữ lạnh. Trên cơ sở đó chúng tôi đề xuất giải pháp phù hợp nhất có thể áp dụng tại Việt Nam.

## 1. Đặt vấn đề

Trong nhiều năm qua vấn đề tiết kiệm năng lượng luôn được Nhà nước Việt Nam quan tâm. Một trong những vấn đề nghiêm trọng của mạng lưới điện Việt Nam không chỉ là vấn đề thiếu điện mà còn là vấn đề phân bố phụ tải không đều trong ngày. Việc giảm tải cho thời gian cao điểm là một giải pháp có ý nghĩa kinh tế quan trọng.

Theo nhiều tài liệu [1, 2, 3, 4, 5] cho thấy, trong phạm vi dân dụng chi phí điện ĐHKK lên đến 70% tổng chi phí điện năng của các hộ gia đình. Đặc điểm chung của các máy ĐHKK là thường hoạt động vào giai đoạn cao điểm trong ngày và cũng là lúc tiết trời nóng nhất trong ngày tức là lúc máy vận hành kém hiệu quả nhất.

Việc trữ lạnh cho các máy ĐHKK bằng cách chuyển hoạt động tiêu thụ nhiều điện năng nhất là làm lạnh vào thời gian thấp điểm và giải phóng lạnh lúc cao điểm nhằm thay thế các ĐHKK có ý nghĩa rất quan trọng. Việc làm đó mang lại nhiều lợi ích cụ thể như sau:

- Giảm công suất đầu tư của hệ thống, nhờ san bằng phụ tải lúc cao cho thời gian phụ tải thấp;
- Dịch chuyển thời gian vận hành từ ban ngày sang ban đêm nên hiệu quả làm việc của máy ĐHKK cao hơn;
- Tránh được thời gian vận hành cao điểm và chuyển sang thời gian thấp điểm của lưới điện

Quốc gia, nên giá cả điện năng tiêu thụ rẻ hơn, chỉ còn 1/3 so với cao điểm. Điều này cũng góp phần giảm phụ tải cho lưới điện Quốc gia.

Với những ưu điểm nổi bật như vậy nên nhiều năm qua, người ta đã rất quan tâm đến trữ lạnh cho các hệ thống ĐHKK. Đã có nhiều công trình nghiên cứu về lĩnh vực này. Trong các hệ thống ĐHKK thì hệ thống làm lạnh bằng nước (water chiller) là phù hợp nhất để triển khai và được nhiều nhà thầu lựa chọn [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Trong bài báo này, chúng tôi sẽ đi sâu phân tích lựa chọn các giải pháp, thời gian, môi chất trữ lạnh thích hợp nhất có thể áp dụng tại Việt Nam.

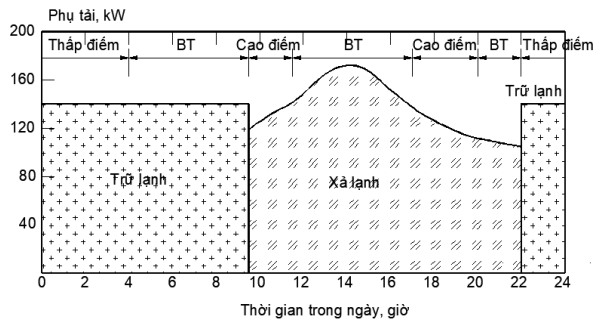
## 2. Chọn thời gian, giải pháp trữ và xả lạnh

Chọn thời gian trữ lạnh và xả lạnh liên quan đến thời gian sử dụng máy ĐHKK và phân chia thời điểm phụ tải của ngành điện lực được Bộ Công thương phê duyệt.

Thời gian trữ lạnh thích hợp nhất là từ 22h đêm ngày hôm trước cho đến 9h 30 ngày hôm sau trùng với thời gian thấp điểm và một phần thời gian bình thường. Thời gian xả lạnh trùng với thời gian sử dụng bình thường của máy ĐHKK là từ 9h30 đến 22h, thời gian này có hai giai đoạn cao điểm và hai giai đoạn bình thường (hình 1).

Có ba giải pháp trữ lạnh và xả lạnh chính, cụ thể như sau:

**Trữ lạnh toàn phần**

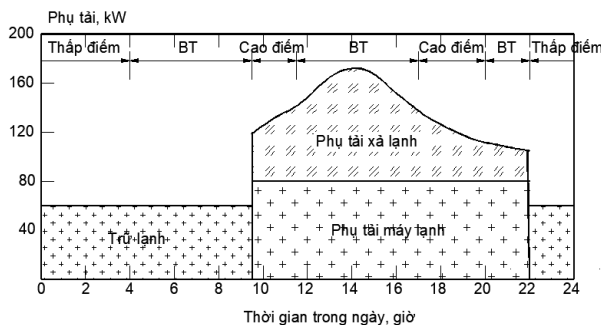


**Hình 1. Trữ lạnh toàn phần**

Là giải pháp mà hệ thống trữ lạnh đáp ứng 100% phụ tải điều hòa. Trong thời gian cần ĐHKK chỉ cần giải phóng lạnh tích trữ là đủ sử dụng cho toàn hệ thống. Sơ đồ này đòi hỏi bồn trữ lạnh đủ lớn để đáp ứng đầy đủ yêu cầu về phụ tải (hình 1).

Giải pháp này hiệu quả kinh tế không cao do phải đầu tư hệ thống trữ lạnh lớn. Mặt khác, việc thay thế hoàn toàn cho máy ĐHKK trong nhiều trường hợp không dễ thực hiện và không chủ động trong vận hành.

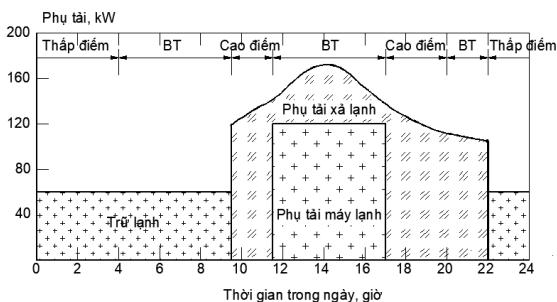
**Trữ lạnh một phần kiểu san bằng tải**



**Hình 2. Trữ một phần kiểu san bằng tải**

Là giải pháp mà hệ thống trữ lạnh chỉ đáp ứng một phần phụ tải ĐHKK. Khi vận hành máy ĐHKK vẫn hoạt động, một phần phụ tải được hỗ trợ nhờ xả lạnh. Trong giải pháp này máy ĐHKK vẫn hoạt động lúc cao điểm nên chi phí tiền điện vẫn còn cao.

**Trữ lạnh một phần kiểu giới hạn tải yêu cầu**



**Hình 3. Trữ một phần kiểu giới hạn tải yêu cầu**

Trong giải pháp này hệ thống trữ lạnh cũng chỉ đáp ứng một phần phụ tải nhiệt, nhưng nó thay thế hoàn toàn cho máy ĐHKK lúc cao điểm. Trong giai đoạn bình thường máy ĐHKK và trữ lạnh hoạt động song hành. Và đây là sơ đồ hợp lý nhất cho phép đầu tư không quá lớn nhưng máy ĐHKK không cần vận hành lúc cao điểm nên chi phí điện năng rẻ và đây là giải pháp mà các nhà đầu tư lựa chọn.

**3. Lựa chọn môi chất trữ lạnh**

Các môi chất hiện nay đang được sử dụng trong công nghệ tích trữ lạnh là nước, băng và muối eutectic. Mỗi chất có nhiệt độ tích trữ, nhiệt độ xả lạnh và nhiệt độ biến đổi pha khác nhau (bảng 1).

**Bảng 1. Các chất trữ lạnh**

Môi chất trữ lạnh	Nhiệt độ tích trữ, °C	Nhiệt độ xả tải, °C	Nhiệt độ biến đổi pha, °C	Dung tích, m <sup>3</sup> /kWh
Nước	4 ÷ 7	5 ÷ 8	-	0,0861 ÷ 0,169
Băng	-9 ÷ -3	1 ÷ 3	0	0,0193 ÷ 0,0265
Muối eutectic	4 ÷ 6	9 ÷ 10	8,3	0,0483

Theo tính toán của chúng tôi, nếu tích trữ bằng băng thì dung tích bể chứa chỉ còn 1/8 so với tích trữ nước và nhiệt lượng tích trữ ứng với bể 1000 lít là:

$$Q_o = G \cdot (r + C_p \cdot \Delta t_2) = 920 \times (333,550 + 4,186 \times 10) = 345\,377 \text{ kJ} = 95,94 \text{ kWh}$$

Tương tự như vậy khi so sánh giữa tích trữ bằng muối eutectic với băng thì dung tích bể muối eutectic lớn gấp đôi.

Từ các kết quả phân tích cho thấy, sử dụng băng là thuận lợi nhất vừa có kết cấu nhỏ gọn vừa dễ dàng thiết kế, hơn nữa đó là môi chất rẻ tiền.

**4. Lựa chọn sơ đồ tích trữ lạnh**

Trong phần này chúng tôi chỉ trình bày các sơ đồ trữ lạnh bằng băng và muối eutectic để trên cơ sở đó ta phân tích đánh giá và lựa chọn sơ đồ thuận lợi nhất có thể sử dụng trong điều kiện Việt Nam.

**4.1. Tích trữ dạng băng**

Tích trữ lạnh dạng băng có 4 loại:

- Tích trữ băng dạng tĩnh (Ice - on - coil)
- Tích trữ băng dạng động (Ice harvester)
- Tích trữ băng dạng băng sệt (Ice slury)
- Tích trữ băng dạng nổi (Encapsulated ice)

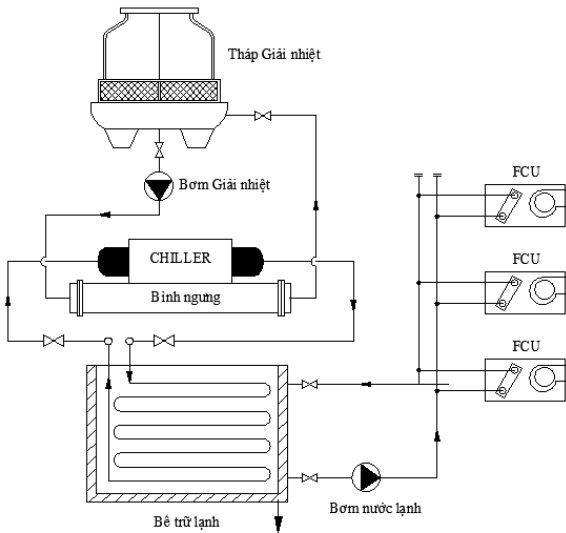
**a. Tích trữ băng dạng tĩnh (Ice - on - coil)**

Trong quá trình trữ lạnh, băng sẽ hình thành trên bề mặt ngoài của ống và trong quá trình xả

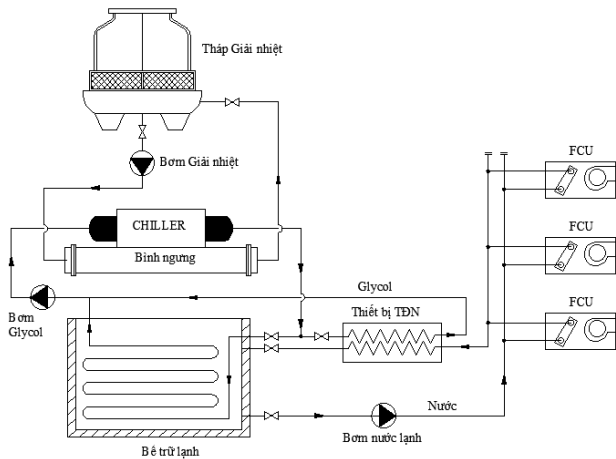
lạnh băng sẽ tan. Quá trình tan chảy có thể từ ngoài vào trong hoặc từ trong ra ngoài.

- Băng tan chảy từ ngoài vào trong

Đối với bể dạng này, người ta cho nước chảy bên ngoài ống, bên trong là môi chất lạnh hoặc chất tải lạnh có nhiệt độ thấp hơn. Nhiệt độ đá tạo thành khoảng từ  $-9 \div -3^{\circ}\text{C}$ , với lớp băng dày khoảng  $20 \div 65\text{mm}$ . Chiều dày lớp băng tạo thành phụ thuộc kết cấu của bể và thời gian quá trình trữ.



**Hình 4. Sơ đồ băng tan từ ngoài vào trong, làm lạnh trực tiếp**



**Hình 5. Sơ đồ băng tan từ ngoài vào trong, làm lạnh gián tiếp**

Có hai loại sơ đồ bể băng tan từ ngoài vào trong:

- Sơ đồ làm lạnh nước trực tiếp từ môi chất lạnh (hình 4).

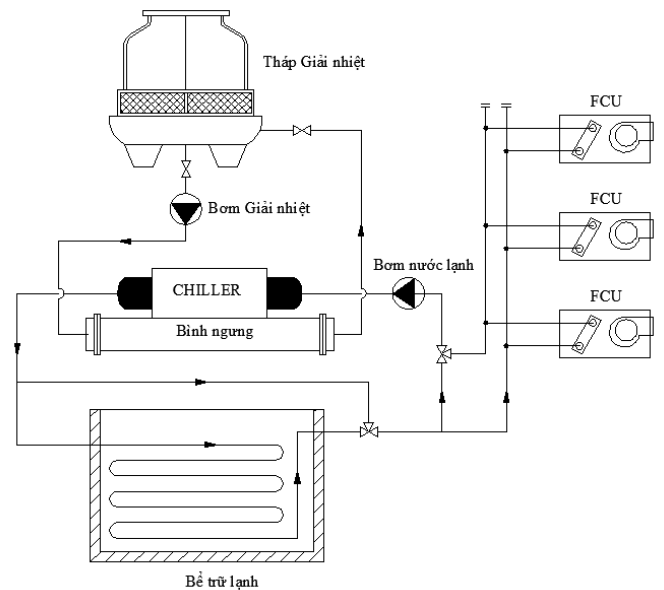
- Sơ đồ làm lạnh gián tiếp qua chất tải lạnh là rượu etylen glycol nồng độ 20 - 40% (hình 5).

Đối với sơ đồ tan băng từ ngoài vào trong, khoảng cách giữa các ống trao đổi nhiệt phải lớn và lượng băng tạo thành chỉ chiếm 50% dung tích bồn để tránh nghẽn dòng khi xả lạnh, đây là nhược điểm của kiểu bồn dạng này, kích thước đòi hỏi lớn hơn yêu cầu.

Khi làm lạnh gián tiếp, người ta sử dụng etylen glycol được làm lạnh đến khoảng  $-7^{\circ}\text{C}$ . Trong bồn dạng này, dàn lạnh chiếm khoảng 10% dung tích bồn, 10% bồn để dành cho nước dẫn nở khi đông đặc, còn lại 80% dung tích là chứa nước. Hiệu quả trao đổi nhiệt dạng này không cao bằng môi chất bay hơi, nên phải tăng diện tích trao đổi nhiệt.

- Băng tan chảy từ trong ra ngoài

Để thực hiện tan chảy từ trong ra ngoài, chất nhận tải phải chuyển động trong ống, vì vậy băng bên ngoài ống có thể kết đông 100% thể tích mà không sợ nghẽn dòng, do đó giải pháp này có kết cấu bể nhỏ gọn hơn.



**Hình 6. Sơ đồ băng tan từ trong ra ngoài**

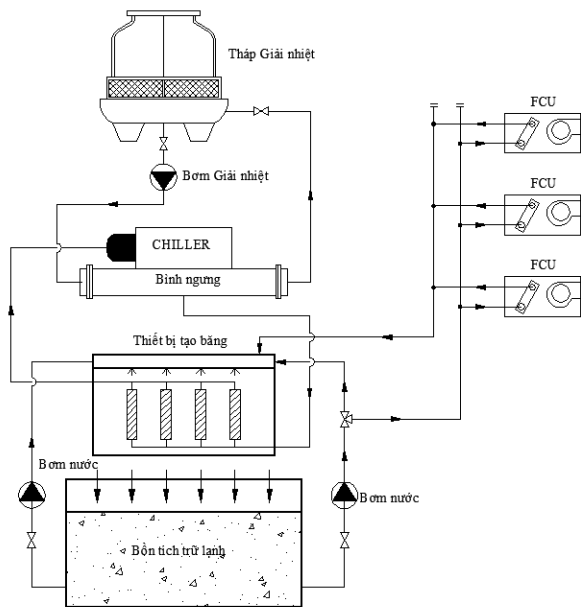
Trong sơ đồ này chỉ sử dụng chất tải lạnh để tạo băng trong quá trình trữ lạnh và cũng là chất tải lạnh trong quá trình xả lạnh. Chất tải lạnh thường dùng là etylen glycol nồng độ 25% ÷ 30% được cho chảy trong ống. Dàn lạnh ống thép đặt chìm trong bể nước. Ở chế độ trữ lạnh, chất tải lạnh được máy lạnh làm lạnh đến  $-6^{\circ}\text{C} \div -3^{\circ}\text{C}$  chuyển động trong ống và nước trong bể được đóng băng dần từ bề mặt ống ra toàn bộ thể tích bể. Ở quá trình xả lạnh, chất tải lạnh ấm từ các hộ tiêu thụ chuyển động về, trao đổi nhiệt với băng và nhiệt độ đầu ra bồn khoảng  $2^{\circ}\text{C} \div 3^{\circ}\text{C}$  đi đến

các hộ tiêu thụ. Băng tan dần từ trong sát với bề mặt ống ra ngoài.

**b. Tích trữ băng dạng động (Ice harvester)**

Trong hệ thống này thiết bị tạo băng và tích trữ băng được được thiết kế riêng biệt. Thiết bị tạo băng đặt phía trên bồn tích trữ băng. Nước được tưới lên các bề mặt dạng tấm và hình thành băng bám lên bề mặt này, còn bên trong là tác nhân lạnh bay hơi làm lạnh trực tiếp.

Ở chế độ trữ lạnh, nước được bơm từ bồn trữ cùng với nước hồi từ các hộ tiêu thụ về được tưới lên các bề mặt trao đổi nhiệt để tạo băng. Tác nhân lạnh bay hơi ở nhiệt độ  $-9^{\circ}\text{C} \div -4^{\circ}\text{C}$ . Băng hình thành trên bề mặt dày khoảng  $5 \div 10\text{mm}$  trong khoảng 10 đến 30 phút.



**Hình 7. Sơ đồ tích trữ băng dạng động (ice harvester)**

Ở chế độ xả lạnh, người ta xả gas nóng vào các tấm trao đổi nhiệt trong khoảng 20 ÷ 60 giây để cho băng rơi xuống bồn tích trữ băng tạo thành hỗn hợp nước và băng. Nước trong bồn tích trữ có nhiệt độ  $1^{\circ}\text{C} \div 2^{\circ}\text{C}$  được bơm đến các hộ tiêu thụ. Với giải pháp này, có một phần tổn thất nhiệt do xả băng nhưng thiết kế đơn giản hơn.

**c. Tích trữ băng dạng băng sệt (Ice slury)**

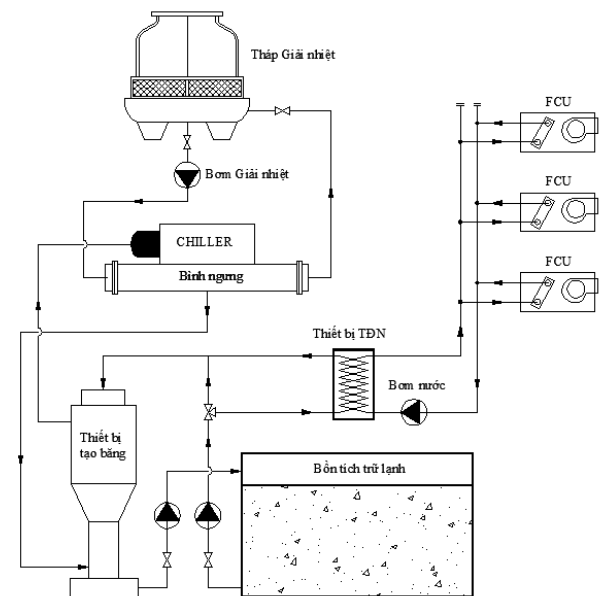
Trong hệ thống này thiết bị tạo băng và bồn tích trữ có thể tạo thành một khối hoặc tách rời.

Ở chế độ trữ lạnh, thiết bị tạo băng có cấu tạo tương tự cối đá vẩy, nước được tưới lên bề mặt bên trong thiết bị và hình thành lớp băng. Ngay

khi băng vừa hình thành thì được dao cắt rơi xuống, băng sau đó được hòa trộn với dung dịch glycol 5 - 10% tạo thành hỗn hợp sệt và được bơm đến bồn tích trữ. Tại đây, bột băng nhẹ nổi lên trên, chất tải lạnh và nước tan chảy phía dưới lại được bơm trở lại thiết bị tạo băng.

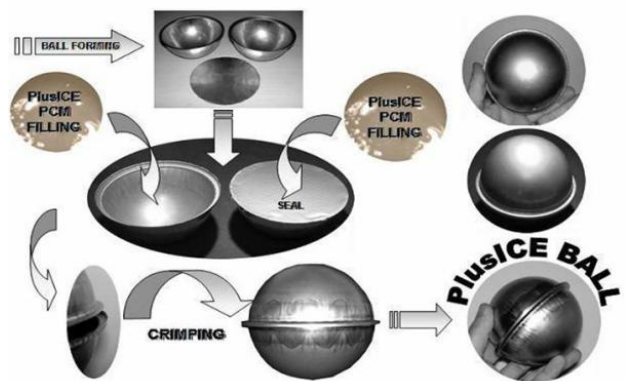
Ở chế độ xả lạnh, chất tải lạnh và nước tan chảy có nhiệt độ khoảng  $2^{\circ}\text{C}$ , được bơm từ bồn tích trữ đến thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm và trao đổi nhiệt với nước ấm từ các hộ tiêu thụ quay trở về. Nước được làm lạnh và quay trở lại các hộ tiêu thụ còn chất tải lạnh ấm lên và quay trở lại thiết bị tạo băng.

**Nhận xét:** Các mảnh băng nhỏ mịn nên trao đổi nhiệt tốt với chất tải lạnh, hệ thống có thể làm việc liên tục.

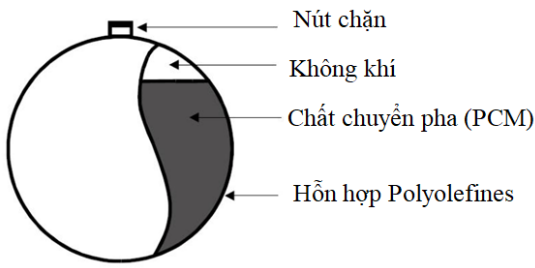


**Hình 8. Sơ đồ tích trữ băng dạng băng sệt (ice slury)**

**d. Tích trữ lạnh kiểu băng nổi (Encapsulated ice)**



**Hình 9. Cấu tạo quả cầu năng**

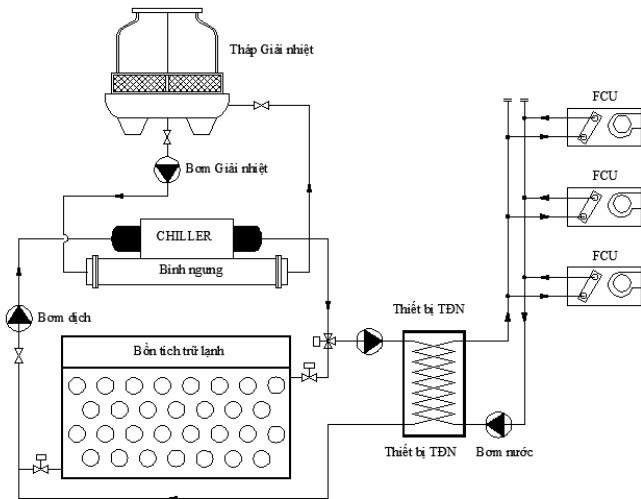


**Hình 10. Quả cầu băng**

Nước hoặc chất chuyển pha (PCM - Phase change material) được chứa trong các hộp kín bằng nhựa hoặc kim loại hình cầu hoặc hình hộp chữ nhật (gọi là Nodule). Nước không được đổ đầy, trên đỉnh quả cầu đều có các lỗ trũng được tạo ra trước, còn các hộp khối chữ nhật bề mặt được thiết kế uốn cong để chúng không bị biến dạng hoặc vỡ khi đông đặc.

Các quả cầu được xếp trong bồn tích trữ bằng thép, bê tông hay polyetylen và được gọi là STL.

Thông thường các Nodule được chế tạo theo 3 loại đường kính: 77mm (loại SN), 78mm (loại IN) và 98mm (loại SN). Khả năng chịu áp của Nodule đạt được 10bar. Tùy theo kích thước mà thời gian tạo băng và xả năng khác nhau. Số lượng Nodule quyết định tốc độ truyền nhiệt giữa PCM và chất tải lạnh. Chất tải lạnh thường dùng là etylen glycol 25%.



**Hình 11. Sơ đồ nguyên lý tích trữ lạnh kiểu băng nổi**

**Quá trình trữ lạnh:** Chất tải lạnh được chiller làm lạnh xuống  $-6^{\circ}\text{C} \div -3^{\circ}\text{C}$  và được bơm tuần hoàn qua bồn tích trữ. Nước bên trong các quả cầu sẽ đóng băng và thực hiện quá trình tích trữ. Nhiệt độ bay hơi của tác nhân lạnh giảm dần và kết thúc quá trình nạp.

**Quá trình xả lạnh:** Chất tải lạnh ấm sau khi cấp lạnh cho các phụ tải hồi về bình tích trữ và tiếp xúc các cầu băng và được làm lạnh. Các quả cầu băng tan chảy dần cho đến khi tan chảy hoàn toàn thì kết thúc quá trình xả tải.

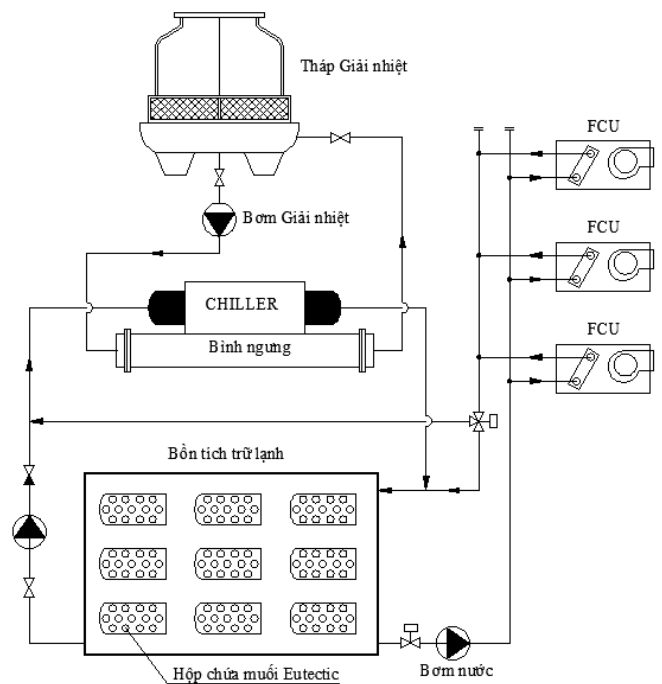
**4.2. Tích trữ dạng muối eutectic**

Sơ đồ này sử dụng nước làm chất tải lạnh nhưng nhận nhiệt ẩn đóng băng từ dung dịch muối eutectic. Dung dịch muối eutectic được chứa trong các hộp nhựa hình khối chữ nhật, được sắp xếp trong các bồn tích trữ tương tự như tích trữ băng dạng nổi. Muối eutectic có nhiều loại, có nhiệt độ biến đổi pha khác nhau nhưng thông dụng nhất trong lĩnh vực ĐHKK là có nhiệt độ đông đặc  $8,3^{\circ}\text{C}$ .

**Quá trình trữ lạnh:** Chất tải lạnh từ Chiller có nhiệt độ  $4^{\circ}\text{C} \div 6^{\circ}\text{C}$  đến bồn tích trữ trao đổi nhiệt với muối eutectic, muối giảm nhiệt độ xuống  $8,3^{\circ}\text{C}$  và đông đặc lại thực hiện quá trình nạp tải.

**Quá trình xả lạnh:** Chất tải lạnh đi ra bồn tích trữ có nhiệt độ  $9^{\circ}\text{C} \div 10^{\circ}\text{C}$  được bơm đến các hộ tiêu thụ và sau đó ấm lên và quay trở lại trao đổi nhiệt với muối Eutectic và làm muối tan chảy.

**Nhận xét:** Nhiệt độ đông đặc của muối hơi cao, nên nhiệt độ chất tải lạnh hơi cao hơn một chút. Tuy nhiên kích thước bồn tích trữ nhỏ hơn các giải pháp khác.



**Hình 12. Sơ đồ tích trữ bằng muối eutectic**

## 5. Kết luận

Qua việc phân tích và tổng hợp các giải pháp tích trữ lạnh cho ĐHKK chúng ta có thể rút ra các kết luận sau:

- Chỉ có hệ thống điều hòa làm lạnh bằng nước (water chiller) là thuận lợi nhất cho việc trữ lạnh vì trong hệ thống này không khí được làm lạnh bởi môi chất trung gian là nước, nó rất phù hợp để nhận lạnh trong quá trình xả lạnh từ bể tích trữ.

- *Thời gian trữ và xả lạnh:* Thời gian trữ lạnh thích hợp nhất là từ 22h đến 4h ngày hôm sau đó là thời gian thấp điểm, tiết trời mát mẻ nên điện năng tiêu thụ ít và rẻ. Thời gian xả lạnh thích hợp nhất là các khoảng thời gian cao điểm (từ 9h30 đến 11h30 và từ 17h đến 20h).

- *Về môi chất trữ lạnh:* Trữ bằng băng của nước là thích hợp nhất trong các giải pháp hiện nay, bể tích trữ nhỏ gọn, giảm chi phí đầu tư.

- Đối với hệ thống nhỏ có thể sử dụng sơ đồ trữ băng dạng tĩnh vì cấu tạo bể và hệ thống đơn giản. Trong sơ đồ này nên chọn kiểu băng tan từ trong ra ngoài để kết cấu bể trữ lạnh gọn do có thể đóng băng toàn bộ nước trong bể. Các kiểu trữ băng khác thích hợp cho hệ thống lớn và rất lớn.

Những phân tích đánh giá trên đây là cơ sở cho chúng tôi lựa chọn giải pháp hợp lý để triển khai ứng dụng thí điểm cho một đơn vị trên địa bàn thành phố Đà Nẵng trong thời gian sắp tới.

## Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Thị Thùy Vy - Nghiên cứu tiết kiệm năng lượng bằng bồn trữ lạnh - Luận án thạc sĩ, 2011.
2. Lê Thị Việt Hương - Nghiên cứu thiết kế thiết bị tích trữ lạnh cho hệ thống điều hòa không khí water chiller sân bay Đà Nẵng - Luận án thạc sĩ, 2014.
3. Nguyễn Thế Bảo, Trương Hồng Anh - Nghiên cứu khả năng dùng công nghệ tích trữ lạnh dạng băng tan chảy bên ngoài ống trong các hệ thống điều hòa trung tâm.
4. Nguyễn Thế Bảo, Nghiên cứu thiết kế bồn tích trữ lạnh cho các hệ thống lạnh và xây dựng mô hình thí nghiệm, Đề tài nghiên cứu cấp thành phố 2003-2004.
5. Nguyễn Thế Bảo, Bồn trữ lạnh: Một giải pháp giảm chi phí đầu tư và vận hành, Hội thảo : Sử dụng hiệu quả năng lượng và bảo vệ môi trường, Đại Học Quốc Gia và Sở Khoa Học Công Nghệ Môi Trường Thành phố Hồ Chí Minh 10/2003.
6. Võ Chí Chính, Phạm Ngọc Công - Trữ lạnh để tiết kiệm chi phí điện năng cho các hệ thống điều hòa công suất lớn - Hội thảo CLB các trường Đại học kỹ thuật.

# ANALYSIS AND SELECTION OF COLD STORAGE SOLUTIONS FOR AIR CONDITION SYSTEMS CAN APPLY IN VIETNAM

**Vo Chi Chinh - The University of Science and Technology - University of Da Nang (DUT)**

**Duong Hoang Van Ban, Le An - Danang energy conservation and and technology consultant Center**

**Email: vochichinhdhbk@gmail.com**

**ABSTRACT:** Cold storage for air conditioning systems has been researched and applied in Vietnam and the world for a long time. However, cold storage has not widely applied, despite its have many advantages and bring many economic benefits.

*In this paper, we analyze the basic characteristics of cold storage systems for air-conditioning, including: The basic advantages of cold storage, which air conditioning system can apply this solution, reasonable time for col storage and cold discharge, what kind of solvent can use well, and analyze the advantages and disadvantages of the cold storage diagrams. On that basis, we propose the most suitable solution that can be applied in Vietnam.*