

LỰA CHỌN CHU TRÌNH VÀ MÔI CHẤT LẠNH DÙNG TRONG MÁY LẠNH HẤP THỤ SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

Hoàng Dương Hùng*, Nguyễn Thành Văn**

*Trường Đại học Quảng Bình, **Trường Đại học Bách khoa-Đại học Đà Nẵng

Tóm tắt. Nhu cầu sử dụng các nguồn năng lượng sạch như năng lượng sinh khối, năng lượng gió, năng lượng mặt trời đang ngày càng được khai thác ứng dụng rộng rãi. Một trong những ứng dụng thiết thực và hiệu quả nhất đó là sử dụng năng lượng mặt trời để cấp nhiệt cho máy lạnh hấp thụ. Tuy nhiên hiện nay, tài liệu nghiên cứu về máy lạnh hấp thụ tại Việt Nam còn hạn chế, hơn nữa cũng chưa có những phân tích cụ thể để lựa chọn loại máy lạnh hấp thụ sử dụng phù hợp với điều kiện Việt Nam. Do vậy bài báo sẽ đưa ra kết quả tổng hợp các chu trình và các cặp môi chất lạnh của máy lạnh hấp thụ; đồng thời phân tích so sánh để lựa chọn loại chu trình và cặp môi chất lạnh phù hợp nhất khi tính toán, thiết kế, chế tạo máy lạnh hấp thụ sử dụng năng lượng mặt trời ở Việt Nam.

Từ khóa: năng lượng sinh khối, năng lượng gió, năng lượng mặt trời, máy lạnh hấp thụ.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Máy lạnh hấp thụ (MLHT) có ưu điểm là nguồn nhiệt cấp để hoạt động có nhiệt độ không cao ($80 - 120$)⁰C cho nên có thể tận dụng được những nguồn nhiệt thừa, phế thải, rẻ tiền như khói thải, năng lượng mặt trời... Ngoài ra, MLHT không có chi tiết chuyển động, hoặc nếu có chỉ là bơm, nên MLHT hoạt động không ồn, không rung, độ tin cậy cao. Tuy nhiên, do giá thành đắt, công kênh nên MLHT hiện chưa được sử dụng nhiều.

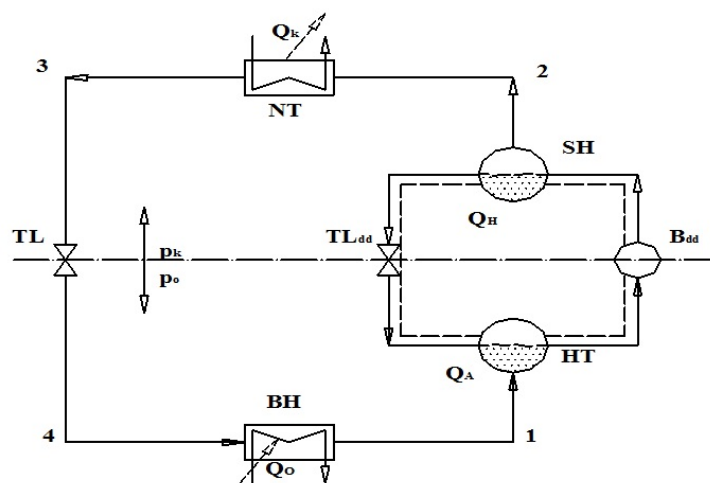
Hiện nay, trên thị trường phổ biến loại MLHT thương mại dùng nguồn nhiệt là điện trở hoặc đốt nhiên liệu hoặc tận dụng nhiệt khói thải. Riêng lĩnh vực sử dụng năng lượng mặt trời cho MLHT đang còn nghiên cứu, chưa được ứng dụng nhiều trong thực tế.

Vì vậy, bài báo tập trung nghiên cứu MLHT sử dụng năng lượng mặt trời trên cơ sở tổng hợp, phân tích các chu trình MLHT và các cặp môi chất lạnh dùng trong MLHT để đưa ra MLHT sử dụng năng lượng mặt trời phù hợp.

2. TỔNG QUAN VỀ MÁY LẠNH HẤP THỤ

2.1. Sơ đồ nguyên lý

Về cơ bản thì MLHT cũng giống như máy lạnh nén hơi chỉ khác là thay vì dùng máy nén hơi người ta dùng “máy nén nhiệt” gồm thiết bị hấp thụ, bơm dung dịch, thiết bị sinh hơi và van tiết lưu dung dịch. Sơ đồ nguyên lý của MLHT được trình bày trong Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý máy lạnh hấp thụ.

Nguyên lý hoạt động của “máy nén nhiệt” như sau: hơi môi chất lạnh sau khi ra khỏi thiết bị bay hơi (BH) được hút về thiết bị hấp thụ (HT) và được dung dịch loãng hấp thụ thành dung dịch đậm đặc. Nhiệt tỏa ra trong quá trình hấp thụ Q_A được thải cho nước làm mát. Dung dịch đậm đặc được bơm dung dịch (B_{dd}) bơm lên áp suất ngưng tụ P_K rồi đi vào thiết bị sinh hơi (SH). Tại đây, dung dịch được gia nhiệt nhờ nguồn nhiệt Q_H , môi chất lạnh sôi tách ra khỏi dung dịch thành hơi cao áp đi vào thiết bị ngưng tụ (NT). Dung dịch loãng còn lại được đi qua van tiết lưu dung dịch (TL_{dd}), giảm áp xuống áp suất bay hơi về lại thiết bị hấp thụ, khép kín vòng tuần hoàn dung dịch.

2.2. Năng lượng dùng cho máy lạnh hấp thụ

Trong thực tế, có rất nhiều nguồn nhiệt đáp ứng được nhu cầu vận hành của MLHT, cụ thể là:

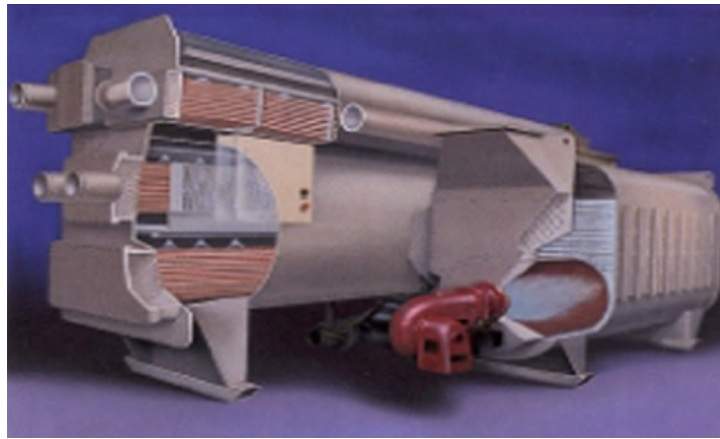
- a) MLHT dùng nguồn nhiệt đốt trực tiếp từ nhiên liệu;
- b) MLHT tận dụng nguồn nhiệt thải;
- c) MLHT dùng năng lượng mặt trời kết hợp với gia nhiệt điện trở.

2.2.1. Máy lạnh hấp thụ dùng nguồn nhiệt đốt trực tiếp từ nhiên liệu

Loại này đã được ứng dụng rộng rãi và thương mại hóa, trong lĩnh vực dân dụng và công nghiệp. Ngoài ra, có thể dùng điện trở gia nhiệt trực tiếp, sử dụng trong tủ lạnh hấp thụ gia đình.

2.2.2. Máy lạnh hấp thụ tận dụng nguồn nhiệt thải

Loại này đã được nghiên cứu và ứng dụng tại những nơi có sẵn nguồn nhiệt thải. Các nguồn nhiệt thải gồm:



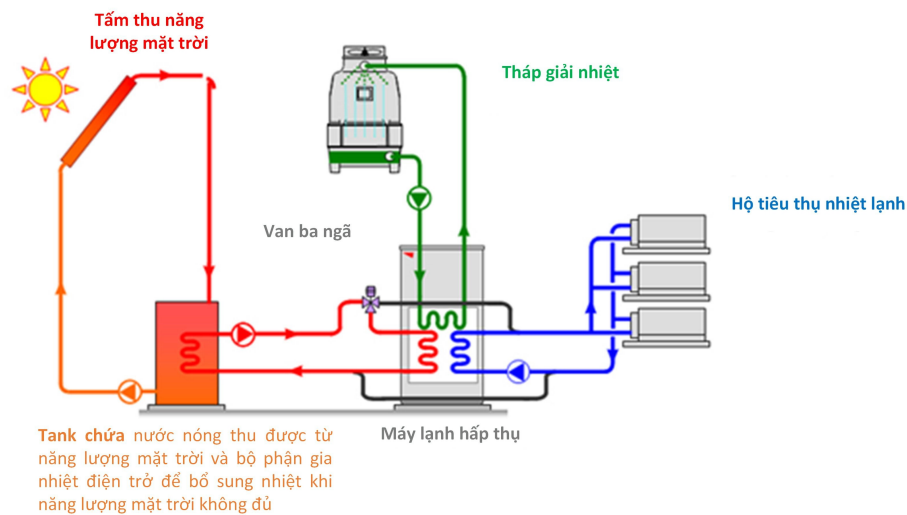
Hình 2. Máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ đốt gas hoặc dầu.

- a) Khói thải từ lò hơi, máy nổ, các nhà máy luyện kim, thủy tinh, đốt chất thải rắn;
- b) Hơi nước từ tua bin đối áp;
- c) Nước làm mát động cơ, nước làm mát lò tôi kim loại có nhiệt độ trên 900°C .

Với hai nguồn nhiệt thải a và b; người ta thường sử dụng gián tiếp với chất tải nhiệt trung gian là nước.

2.2.3. Máy lạnh hấp thụ dùng năng lượng mặt trời kết hợp với gia nhiệt điện trở

Chất tải và trữ nhiệt ở đây là nước [1].



Hình 3. Máy lạnh hấp thụ năng lượng mặt trời.

2.3. Chu trình máy lạnh hấp thụ

MLHT có các dạng chu trình sau:

- a) MLHT dùng bơm

- b)** MLHT chu kỳ
- c)** MLHT khuếch tán
- d)** Một số MLHT khác không dùng bơm

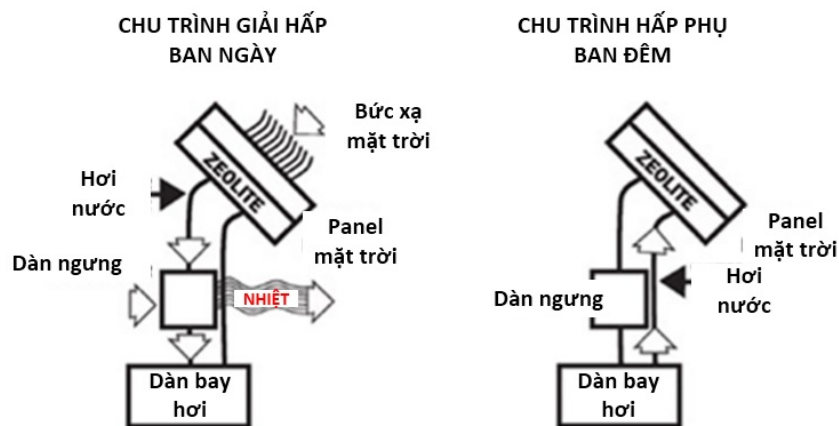
2.3.1. Máy lạnh hấp thụ dùng bơm

Đây là dạng MLHT cơ bản. Chu trình này có ưu điểm là làm lạnh liên tục, dải công suất từ nhỏ đến rất lớn nhưng có nhược điểm là bơm môi chất dễ gây rò rỉ và đắt tiền. Tuy nhiên, hiện nay MLHT đã dần được sử dụng rộng rãi nên giá bơm dung dịch ngày càng hạ và không còn là vấn đề lớn

2.3.2. Máy lạnh hấp thụ chu kỳ

Chu trình MLHT này thường sử dụng khi cấp nhiệt bằng năng lượng mặt trời: chu kỳ gia nhiệt vào ban ngày và chu kỳ cấp lạnh vào ban đêm.

Hình 4 trình bày sơ đồ nguyên lý máy lạnh hấp phụ chu kỳ cấp nhiệt bằng năng lượng mặt trời. Trong sơ đồ này, collector có thể chứa các chất hấp phụ ở thể rắn như Zeolite, Silicagel, than hoạt tính hoặc CaCl_2 .



Hình 4. Máy lạnh hấp phụ chu kỳ dùng năng lượng mặt trời.

Vào ban ngày, mở van chặn đến dàn ngưng, đóng van tiết lưu. Trong giai đoạn này, dưới tác động của các tia bức xạ mặt trời, tác nhân lạnh sẽ bốc hơi khỏi chất hấp phụ và được ngưng tụ trong thiết bị ngưng tụ và chứa tại bình chứa (giữa panel và thiết bị bay hơi, lắp van một chiều). Vào cuối giai đoạn tích trữ tác nhân lạnh, van chặn đến dàn ngưng được đóng lại.

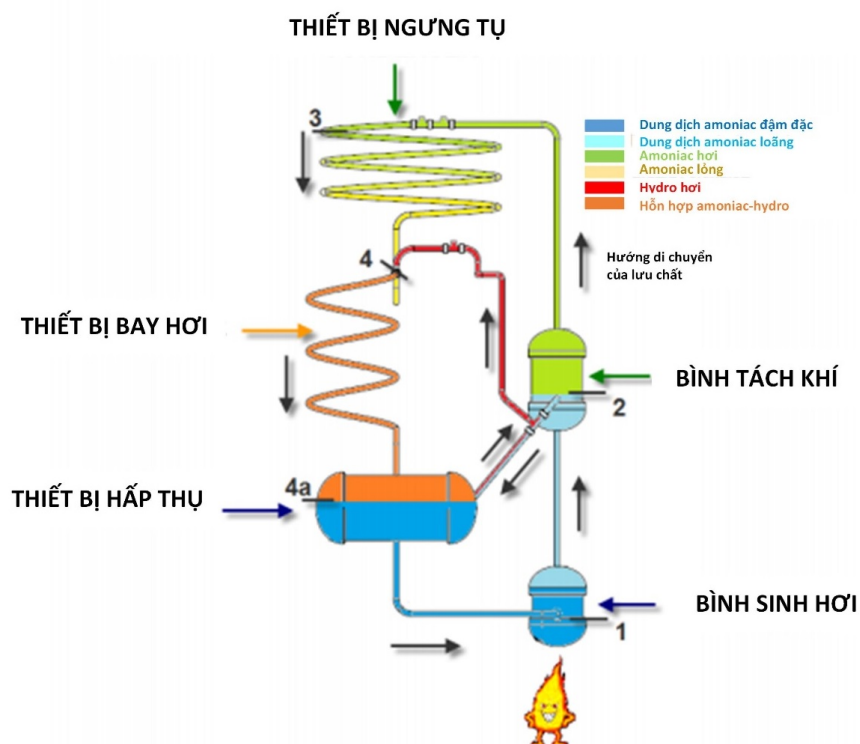
Vào ban đêm, xảy ra quá trình làm lạnh. Khi nhiệt độ của hệ thống giảm, áp suất trong hệ thống giảm xuống; khi áp suất đạt đến áp suất bay hơi thì mở van tiết lưu. Môi chất lạnh sẽ được tiết lưu vào thiết bị bay hơi, thu nhiệt sản phẩm và bay hơi; hơi môi chất lạnh được chất hấp phụ, hấp phụ hết. Trong giai đoạn này cần phải chú ý để thiết bị hấp phụ được giải nhiệt dễ dàng vì quá trình hấp phụ là quá trình sinh nhiệt.

MLHT chu kỳ có ưu điểm là không dùng bơm nhưng nhược là cấp lạnh không liên tục và thời gian khởi động lâu do phải đợi đun nóng hoặc làm nguội chất hấp thụ trong panel.

2.3.3. Máy lạnh hấp thụ khuếch tán

Sự ra đời của máy lạnh hấp thụ khuếch tán (MLHTKT) nhằm giải quyết bài toán chế tạo MLHT không dùng bơm và cấp lạnh liên tục. Để thực hiện việc này người ta thêm vào hệ thống một lượng khí trơ gọi là chất khuếch tán. Nguyên lý hoạt động của máy lạnh này dựa vào định luật Dalton về áp suất riêng phần và áp lực tại mỗi điểm của hệ thống đều như nhau, tức là cân bằng áp suất bay hơi với áp suất ngưng tụ bằng áp suất khí trơ ($P_{\text{trơ}} + P_0 = P_K$). Yêu cầu đối với loại khí trơ thêm vào là phải có khối lượng riêng nhẹ hơn nhiều so với hơi môi chất lạnh trong cùng một điều kiện nhiệt độ và áp suất [2].

Hình 5 mô tả sơ đồ nguyên lý của MLHTKT NH_3/H_2O . Nguyên lý của MLHTKT



Hình 5. Máy lạnh hấp thụ khuếch tán.

NH_3/H_2O với chất khuếch tán H_2 như sau:

Tại bình sinh hơi (1), nguồn nhiệt cấp làm dung dịch amôniac-nước sôi; hơi NH_3 bốc lên kèm theo hơi nước đi vào bình tách khí (2). Tại (2), hơi nước ngưng tụ thành lỏng về lại bình hấp thụ. Hơi NH_3 tinh khiết đi đến thiết bị ngưng tụ (3), để lại dung dịch amôniac-nước loãng đọng lại trong bình tách.

Tại thiết bị ngưng tụ (3), hơi NH_3 xả nhiệt cho môi trường làm mát ngưng lại thành

lỏng cao áp. Tại (4), lỏng NH_3 gặp hydro và đi vào thiết bị bay hơi. Ở đây, áp suất riêng phần của hydro và amôniac làm giảm nhiệt độ bão hòa của amôniac lỏng, gây nên hiện tượng bay hơi của amôniac ở áp suất bay hơi do nhận nhiệt của môi trường cần làm lạnh. Hỗn hợp khí $NH_3 + H_2$ thoát ra khỏi thiết bị bay hơi đi vào thiết bị hấp thụ (4a). Trong bình hấp thụ, do hơi amôniac có khối lượng riêng lớn hơn hydro nên chìm xuống dưới được dung dịch amôniac loãng (hồi về từ bình tách khí) hấp thụ thành dung dịch đậm đặc đi đến bình sinh hơi bắt đầu một chu kỳ mới. Hydro là khí trơ không có khả năng hòa vào nước và tiếp tục lưu chuyển lên trên cùng của thiết bị bay hơi như một chất khí thuần khiết.

Trong thực tế vẫn có hydro ở dàn ngưng, hoặc khí ra khỏi bình hấp thụ là hydro tinh khiết nhưng thực chất vẫn có lẫn amôniac và nước.

MLHTKT có ưu điểm là không dùng bơm và cấp lạnh liên tục nhưng nhược là khó chế tạo, nhất là nạp chính xác lượng khí trơ và công suất lạnh không lớn.

2.3.4. Một số máy lạnh hấp thụ khác không dùng bơm

Một loại MLHT khác không có chi tiết chuyển động là của Altenkirch (Đức) dùng cột lỏng để cân bằng áp suất ngưng tụ và bay hơi với cặp môi chất lạnh $H_2O/LiBr$.

Cũng có thể ghép hai máy lạnh chu kỳ để được một máy lạnh liên tục hoặc dùng bình cao vị trung gian để chuyển dung dịch đậm đặc từ bình hấp thụ có áp suất thấp đến bình sinh hơi có áp suất cao.

Các chu trình này vì những nhược điểm nhất định nên chỉ đang ở giai đoạn nghiên cứu [3].

2.4. Môi chất sử dụng trong máy lạnh hấp thụ

Khác với máy lạnh nén hơi chỉ cần một loại môi chất, MLHT ngoài môi chất lạnh còn có chất hấp thụ đi kèm, người ta gọi chung là cặp môi chất.

Để phân biệt, quy ước ký hiệu môi chất lạnh viết trước, chất hấp thụ viết sau và cách nhau bằng một gạch chéo.

Ngoài yêu cầu như đối với môi chất lạnh, cặp môi chất còn có hai yêu cầu sau:

- Hòa tan hoàn toàn vào nhau nhưng nhiệt độ sôi ở cùng áp suất càng xa nhau càng tốt; để hơi môi chất lạnh sinh ra ở bình sinh hơi không lẫn chất hấp thụ.
- Nhiệt dung riêng của dung dịch phải bé, để giảm thời gian khởi động máy.

Các cặp môi chất đã và đang nghiên cứu sử dụng trong MLHT được tổng hợp trong Bảng 1 [4]:

Tuy nhiên, hiện nay MLHT chỉ mới sử dụng phổ biến hai loại cặp môi chất lạnh là NH_3/H_2O và $H_2O/LiBr$; còn các cặp môi chất khác do các nhược điểm nhất định nên chỉ đang trong giai đoạn nghiên cứu và thử nghiệm [3].

Bảng 1. Cặp môi chất lạnh

Môi chất lạnh	Chất hấp thụ
1/ Amôniac NH_3	+ Nước H_2O + Kali sulfur cyanide $KSCN$ + Lithium nitrate $LiNO_3$ + Sodium thiocyanate $NaSCN$ + Clorua canxi $CaCl_2$ + Clorua magiê $MgCl_2$ + $HO(CH_2)_4OH$
2/ Nước H_2O	+ Lithium bromide $LiBr$ + Lithium chloride $LiCl$ + Clorua canxi $CaCl_2$ + Silicagel + Zeolite
3/ Metanol CH_3OH	+ Lithium bromide $LiBr$ + Zinc bromide $ZnBr_2$ + Than hoạt tính
4/ Methylamine CH_3NH_2	+ Lithium chloride $LiCl$

Cặp môi chất $H_2O/LiBr$ có ưu điểm nước là môi chất lạnh không độc và trao đổi nhiệt tốt nhưng có nhược điểm chính là dung dịch $LiBr$ ăn mòn mạnh kim loại. Do vậy yêu cầu vật liệu rất đắt tiền và phải có chất phụ gia để kìm hãm sự ăn mòn. Ngoài ra, do môi chất lạnh là nước nên phải có thiết bị duy trì độ chân không rất cao trong thiết bị và có khả năng xảy ra muối $LiBr$ kết tinh gây tắc nghẽn hệ thống. Vì thế, MLHT $H_2O/LiBr$ rất đắt.

Cặp môi chất NH_3/H_2O có ưu điểm NH_3 là môi chất lạnh có tính chất nhiệt động tốt, có thể làm lạnh ở nhiệt độ âm sâu nhưng hệ thống vẫn làm việc ở áp suất dương hoặc độ chân không thấp. Vì vậy, MLHT NH_3/H_2O dễ chế tạo, rẻ tiền. Tuy nhiên, do lượng nước cuốn theo hơi NH_3 tại thiết bị sinh hơi nhiều nên cần có thiết bị tinh luyện và nhiệt độ nguồn gia nhiệt không được quá $1200C$ và nhất là NH_3 có mùi khai, độc hại.

3. CHỌN MÁY LẠNH HẤP THỤ SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

3.1. Chọn chu trình và cặp môi chất

Để cấp lạnh liên tục và ổn định, không thể dùng máy lạnh hấp thụ kiểu chu kỳ. Còn máy lạnh khuếch tán tuy cấp lạnh liên tục nhưng công suất nhỏ do đó chỉ thích hợp với máy điều hòa và tủ lạnh gia đình. Tuy nhiên, do khó chế tạo và nhất là nạp chính xác lượng khí trợ nên hiện nay máy lạnh khuếch tán chưa phù hợp với công nghệ chế tạo tại Việt Nam (hiện tủ lạnh và máy điều hòa hấp thụ khuếch tán dùng trong các resort bị hư, thải ra nhiều nhưng chưa sửa được). Vì vậy, phù hợp nhất là chọn chu trình MLHT dùng bơm. Với nhu cầu sử dụng MLHT ngày càng nhiều, dẫn đến giá thành bơm dung dịch ngày càng hạ, kết quả là chu trình này rất khả thi.

Do MLHT sử dụng năng lượng mặt trời không có chi tiết chuyển động (trừ bơm), không rung, ít thao tác van làm cho khả năng rò rỉ thấp, vì vậy nên dùng cặp môi chất NH_3/H_2O để giá thành thấp. Ngoài ra, amoniắc có ưu điểm là không phá hủy tầng ôzôn gây hiệu ứng nhà kính như frêon.

3.2. Chọn cấp của chu trình máy lạnh hấp thụ

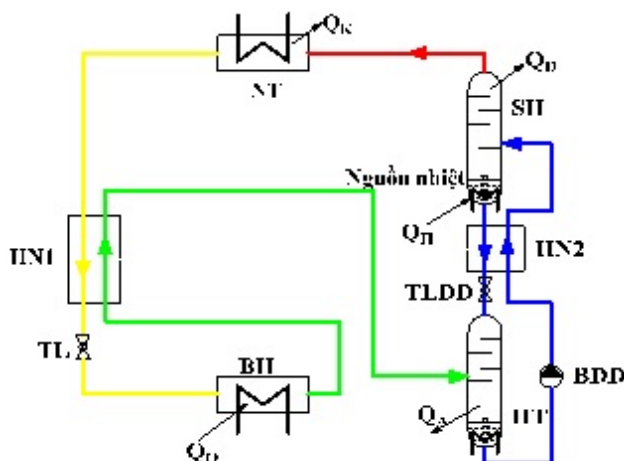
Đối với máy lạnh nén hơi, khi tỷ số nén lớn người ta chuyển sang dùng máy lạnh hai hoặc nhiều cấp nén. Đối với MLHT, điều kiện vùng khử khí $\Delta\xi = \xi_r - \xi_a > 0$ là điều kiện nhiệt độ dư trệ chu trình máy lạnh hấp thụ hoạt động. Từ điều kiện này, dẫn đến giới hạn mà các thông số nhiệt độ bay hơi t_0 , nhiệt độ ngưng tụ t_k và nhiệt độ dung dịch tH trong thiết bị sinh hơi không vượt qua được. Khi muốn đạt được nhiệt độ bay hơi thấp hơn giới hạn phải dùng MLHT hai hay nhiều cấp.

Lưu ý, kết quả tính toán theo điều kiện vùng khử khí trên được xác định với giả thiết các quá trình hấp thụ, sinh hơi, tinh cất là hoàn hảo và các quá trình trao đổi nhiệt là thuận nghịch. Còn với các chu trình thực, tùy theo chất lượng thiết bị, phải điều chỉnh các nhiệt độ giới hạn này từ $\pm 10K$ đến $\pm 20K$.

Ví dụ, xét MLHT một cấp NH_3/H_2O , với nhiệt độ gia nhiệt $t_H = 900C$, nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 400C$; thì nhiệt độ bay hơi t_0 thấp nhất có thể đạt được chỉ là $60C$ [3]. Khi muốn đạt được nhiệt độ bay hơi thấp hơn $60C$ phải dùng MLHT hai cấp.

3.3. Sơ đồ nguyên lý chu trình máy lạnh hấp thụ NH_3/H_2O một cấp dùng bơm

Hình 6 biểu diễn sơ đồ hoàn chỉnh của MLHT NH_3/H_2O một cấp dùng bơm.



Hình 6. Sơ đồ máy lạnh hấp thụ một cấp NH_3/H_2O .

Thiết bị hồi nhiệt 1 (HN1) để quá lạnh lỏng môi chất trước khi tiết lưu nhằm giảm tổn thất lạnh do tiết lưu. Thiết bị hồi nhiệt 2 (HN2) vừa để giảm lượng nhiệt đun nóng

dung dịch đậm đặc tại thiết bị sinh hơi (SH) vừa để giảm lượng nước làm mát dung dịch loãng tại thiết bị hấp thụ (HT).

Trong thiết bị sinh hơi có bố trí thiết bị tinh luyện để tách hơi nước ra khỏi hơi amôniắc.

Bơm dung dịch dễ gây rò rỉ nên yêu cầu kết cấu đặc biệt; thường dùng bơm dung dịch kiểu bơm piston màng sử dụng áp lực nước để đẩy môi chất lưu đông thông qua một màng cao su ngăn các nước và môi chất. Theo [5], một MLHT NH_3/H_2O điều hòa không khí công suất 9.000 BTU/h đã được nghiên cứu và chế tạo dùng bơm dung dịch cột áp 360PSI; công suất điện 15W, 24VDC.

4. KẾT LUẬN

MLHT sử dụng năng lượng mặt trời không có chi tiết chuyển động (trừ bơm), không rung, ít thao tác van nên khả năng rò rỉ thấp, vì vậy việc dùng cặp môi chất NH_3/H_2O có thể làm giảm giá thành. Hiện nay, giá tiền của bơm dung dịch ngày càng hạ, do đó cần tập trung nghiên cứu sử dụng chu trình máy lạnh dùng bơm. Với MLHT sử dụng năng lượng mặt trời, có nhiệt độ gia nhiệt không cao $(90 - 95)^{\circ}C$; nên nếu dùng trong lĩnh vực điều hòa không khí - nhiệt độ bay hơi $(12 - 15)^{\circ}C$ thì chỉ cần dùng MLHT NH_3/H_2O một cấp; còn nếu dùng trong lĩnh vực âm độ như bể đá, trữ đông thì phải dùng MLHT NH_3/H_2O hai cấp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] www.ahilan007.wordpress.com.
- [2] N. M. Phương, "Nghiên cứu thiết kế máy lạnh hấp thụ khuếch tán điều hòa không khí," Master's thesis, Luận văn Thạc sĩ tại Đại học Đà Nẵng, 2015.
- [3] N. D. Lợi and P. V. Tuỳ, *Kỹ thuật lạnh cơ sở*. Nhà xuất bản Giáo dục, 2007.
- [4] N. V. Tuấn, "Nghiên cứu sử dụng nhiệt khối thải để làm lạnh và điều hòa không khí," Master's thesis, Luận văn Thạc sĩ tại Đại học Đà Nẵng, 2012.
- [5] D. T. Thọ and D. T. Hùng, "Nghiên cứu chế tạo máy lạnh hấp thụ dùng nhiệt thải và năng lượng mặt trời," *Tạp chí Năng lượng Nhiệt*, no. 104, 2012.

DECIDE THE CYCLE AND THE PAIR OF AIR CONDITIONING REFRIGERANT ABSORBS USING SOLAR ENERGY

Abstract. *The demand for the use of clean energy sources such as biomass energy, wind energy, solar energy is increasingly being exploited and widely applied. It is considered to be most practical and effective to use the application of solar energy to heat the absorption refrigeration machine. However, the literature review shows that relatively very few researches have been done on absorption refrigerator in Vietnam and no specific analysis yet to select the type of absorption refrigeration machine in the conditions in Vietnam. Accordingly, the article provides aggregate results of the cycle and the pair of air conditioning refrigerant absorbs; and comparative analyzes to select the type of cycle and the best suited refrigerant pair in order to calculate, design, and manufacture solar absorption refrigeration machine currently used in Vietnam.*

Keywords: *biomass energy, wind energy, solar energy, absorption refrigeration machine.*