

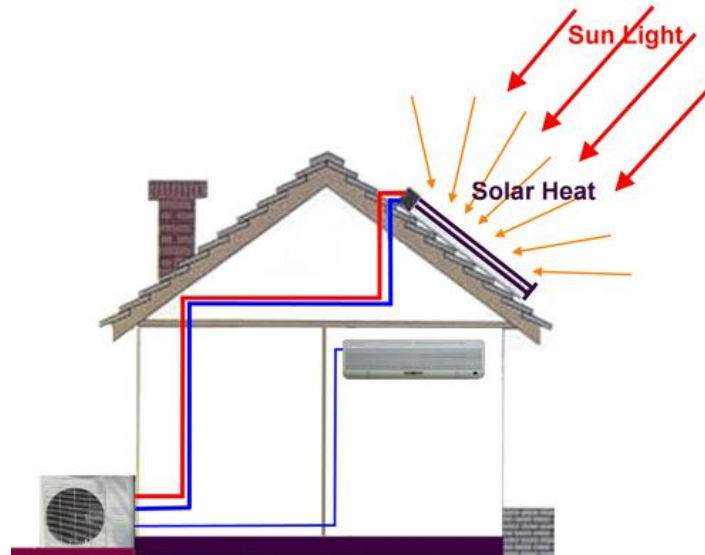
BỘ LAO ĐỘNG - THƯƠNG BINH VÀ XÃ HỘI
TỔNG CỤC DẠY NGHỀ

GIÁO TRÌNH

Tên môn học: Máy lạnh hấp thụ
NGHỀ: KỸ THUẬT MÁY LẠNH VÀ
ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ

TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP NGHỀ

Ban hành kèm theo Quyết định số: 120 /QĐ – TCDN Ngày 25 tháng 2 năm 2013 của Tổng cục trưởng Tổng cục dạy nghề



Hà Nội, Năm 2013

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo hoặc tham khảo.

Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

LỜI GIỚI THIỆU

Nhu cầu năng lượng trong xã hội hiện đại ngày càng tăng, trong khi đó các nguồn năng lượng dự trữ ngày càng cạn kiệt. Nhu cầu sử dụng hệ thống lạnh ngày một tăng việc thiết kế, chế tạo và sử dụng các hệ thống lạnh sử dụng các nguồn năng lượng nhiệt thải, năng lượng mặt trời ... là hướng quan trọng để góp phần giải quyết vấn đề năng lượng hiện nay.

Cuốn giáo trình “Máy lạnh hấp thụ” cung cấp các kiến thức về nguyên lý làm việc và các phương pháp tính toán chu trình của các loại máy lạnh hấp thụ, hấp phụ rắn.

Giáo trình được biên soạn dùng cho chương trình Trung cấp nghề KỸ THUẬT MÁY LẠNH VÀ ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ. Giáo trình được dùng để giảng dạy trong các Trường Trung cấp nghề và làm tài liệu tham khảo cho các trường có cùng hệ đào tạo vì đề cương của giáo trình bám sát chương trình khung quốc gia của nghề.

Cấu trúc của giáo trình gồm 1 chương trong thời gian 15 tiết. Giới thiệu về các chu trình máy lạnh hấp thụ và các bài tập tính toán chu trình một số máy lạnh hấp thụ.

Trong quá trình biên soạn, tác giả đã tham khảo nhiều tài liệu của các tác giả trong nước và ngoài nước. Mặc dù đã có nhiều cố gắng nhưng cuốn giáo trình chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót. Chúng tôi mong nhận được ý kiến đóng góp để giáo trình được chỉnh sửa và ngày càng hoàn thiện hơn. Mọi ý kiến xin được gửi về Bộ môn nhiệt lạnh Trường Đại học công nghiệp Hà Nội.

Hà Nội, ngày 25 tháng 12 năm 2012

Tham gia biên soạn

Chủ biên: Thạc sĩ Nguyễn Xuân Bình

MỤC LỤC

ĐỀ MỤC	TRANG
1. Lời giới thiệu	1
2. Mục lục	2
3. Chương trình môn học Máy lạnh hấp thụ	3
4. MÁY LẠNH HẤP THỤ	5
1. Đại cương	5
2. Chu trình lý thuyết	6
3. Môi chất dùng trong máy lạnh hấp thụ	8
4. Máy lạnh hấp thụ nước/Bromualiti (H ₂ O/LiBr)	12
5. Máy lạnh hấp thụ amôniắc/nước	17
6. Máy lạnh hấp thụ hai và nhiều cấp	27
7. Máy lạnh hấp thụ khuếch tán	29
8. Máy lạnh hấp thụ chu kỳ	31
5. Tài liệu tham khảo	37

TÊN MÔN HỌC: MÁY LẠNH HẤP THỤ

Mã môn học: MĐ 29

Vị trí, tính chất, ý nghĩa và vai trò của môn học:

- Môn học Máy lạnh hấp thụ được đưa vào học sau khi sinh viên đã được học các môn học, mô đun kỹ thuật cơ sở và chuyên môn;

- Là môn học thiên về lý thuyết: Các bài tập ứng dụng chủ yếu là tham quan, tìm hiểu các sơ đồ, catalog làm sáng tỏ các vấn đề lý thuyết.

Mục tiêu của môn học:

- Trình bày được chức năng, nhiệm vụ, cấu tạo, hoạt động của các thiết bị trong hệ thống lạnh hấp thụ, hấp phụ rắn

- Phân tích được những kiến thức cơ bản nhất về kỹ thuật máy lạnh và điều hòa không khí sử dụng công nghệ khác với công nghệ máy lạnh nén hơi

- Phân biệt được sự khác nhau giữa cấu tạo, nguyên lý làm việc của các hệ thống lạnh thông thường (máy lạnh nén hơi) với máy lạnh hấp thụ, hấp phụ rắn. Nắm được ưu nhược điểm, phạm vi, và hướng phát triển của hệ thống máy lạnh này;

- Nhận biết được các thiết bị trong hệ thống lạnh hấp thụ, hấp phụ rắn;

- Có lòng yêu nghề, ham thích tìm hiểu các hệ thống lạnh khác.

Nội dung của môn học:

Số TT	Tên chương/ mục	Thời gian			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành Bài tập	Kiểm tra* (LT hoặc TH)
I	Máy lạnh hấp thụ Đại cương Chu trình lý thuyết Môi chất dùng trong máy lạnh hấp thụ Máy lạnh hấp thụ nước/Bromualiti (H ₂ O/LiBr) Máy lạnh hấp thụ amôniắc/nước Máy lạnh hấp thụ hai và nhiều cấp Máy lạnh hấp thụ khuếch tán Máy lạnh hấp thụ chu kỳ: Kiểm tra	15	11	3	1
	Cộng	15	11	3	1

MÁY LẠNH HẤP THỤ

Mã chương: MH29 – 01

Giới thiệu:

Vấn đề tiết kiệm năng lượng trong giai đoạn hiện nay được toàn xã hội quan tâm và thực hiện. Máy lạnh hấp thụ có ưu điểm là không dùng nguồn năng lượng điện mà chủ yếu sử dụng nguồn năng lượng nhiệt có nhiệt độ thấp, như vậy máy lạnh hấp thụ hoàn toàn có thể tận dụng được các nguồn nhiệt thừa của các nhà máy thải ra như : Nhiệt độ của hơi, nhiệt độ khói thải...

Mục tiêu:

- Trình bày được sơ đồ nguyên lý của một số hệ thống máy lạnh hấp thụ như : Máy lạnh hấp thụ amôniac/nước; Máy lạnh hấp thụ nước/Bromualiti ($H_2O/LiBr$); Máy lạnh hấp thụ hai và nhiều cấp; Máy lạnh hấp thụ khuếch tán; Máy lạnh hấp thụ chu kỳ

- Trình bày được nguyên tắc hoạt động của các hệ thống máy lạnh hấp thụ
- Giải được các bài toán đơn giản liên quan đến hệ thống máy lạnh hấp thụ

- Giải thích được các ưu nhược điểm của hệ thống máy lạnh hấp thụ
- Tra đồ thị $h - \xi$ cho hỗn hợp NH_3/H_2O ; đồ thị $\lg P - 1/T_H$, thành thạo
- Tra các thông số tính toán trong các bảng, biểu thành thạo
- Kỹ năng giải các bài toán máy lạnh hấp thụ.

- Rèn tính cẩn thận, chính xác, trung thực, có ý thức tiết kiệm năng lượng và bảo vệ môi trường

Nội dung chính:

1. ĐẠI CƯƠNG:

Máy lạnh hấp thụ giữ một vai trò quan trọng trong kỹ thuật lạnh. Máy lạnh hấp thụ chu kỳ H_2O/H_2SO_4 do Lesli phát minh năm 1810 và máy lạnh hấp thụ liên tục NH_3/H_2O do carré phát minh năm 1850. Với chặng đường phát triển gần 200 năm, ngày nay các loại máy lạnh khác nhau đã được hoàn chỉnh và sử dụng có hiệu quả ở nhiều nước trên thế giới nhất là Liên Xô cũ và Mỹ.

Ưu điểm lớn nhất của máy lạnh hấp thụ là không cần điện năng hoặc cơ năng mà chỉ sử dụng nguồn nhiệt năng có nhiệt độ không cao ($80 \div 150^\circ C$) để hoạt động. Chính vì thế, máy lạnh hấp thụ góp phần vào việc sử dụng hợp lý các nguồn năng lượng khác nhau, tận dụng nhiệt năng thừa, phế thải, thứ cấp, rẻ tiền ở dạng nước nóng, hơi trích từ các tua bin ở các nhà máy nhiệt điện, từ các lò hơi của các nhà máy thực phẩm, công nghiệp nhẹ hoặc từ các sản phẩm cháy hoặc khí thải công nghiệp.

Ưu điểm tiếp theo là máy lạnh hấp thụ rất đơn giản, kết cấu chủ yếu là các thiết bị trao đổi nhiệt và trao đổi chất, chế tạo dễ dàng, bộ phận chuyển động duy nhất là bơm dung dịch, cũng vì vậy máy lạnh hấp thụ vận hành đơn giản, sửa chữa bảo dưỡng dễ dàng, máy làm việc ít ồn và rung. Trong vòng tuần hoàn

môi chất không có dầu bôi trơn nên bề mặt thiết bị trao đổi nhiệt không bị bám dầu làm nhiệt trở tăng như máy lạnh nén hơi NH_3 .

Máy lạnh hấp thụ cũng có nhược điểm là công kênh, diện tích lắp đặt lớn hơn so với máy lạnh nén hơi. Lượng nước làm mát tiêu thụ cũng lớn hơn, vì phải làm mát thêm bình hấp thụ.

Tuy nhiên, trong điều kiện Việt Nam, máy lạnh hấp thụ là rất phù hợp, nhất là về các mặt chế tạo và vận hành đơn giản, không cần điện năng mà có thể dùng than, củi để chạy máy.

2. CHU TRÌNH LÝ THUYẾT:

Sơ đồ nguyên lý của máy lạnh hấp thụ lý thuyết được biểu diễn trên hình 1.1

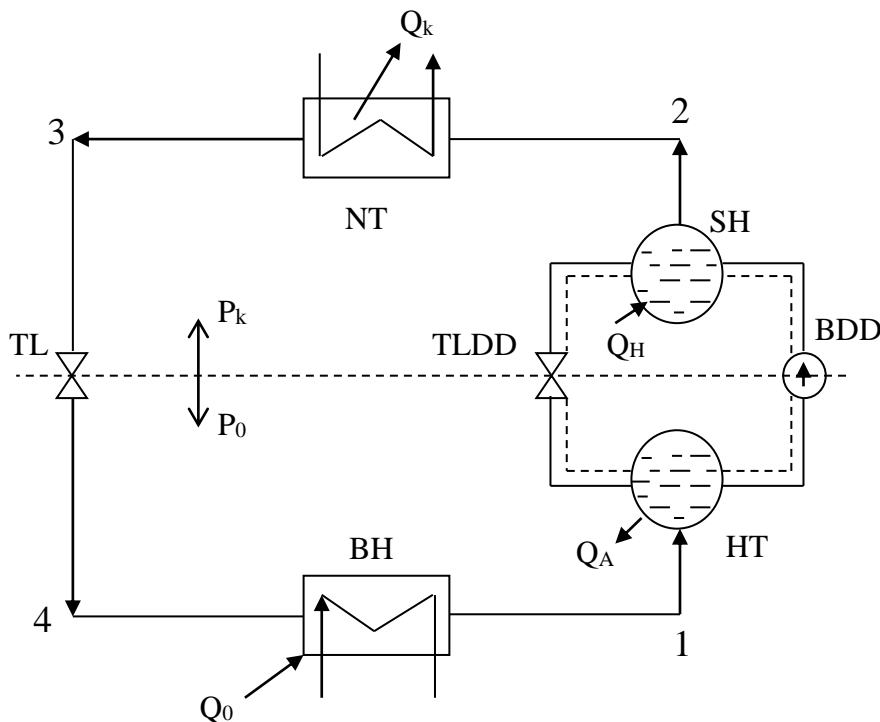
Các quá trình của máy lạnh hấp thụ:

1 - 2 - Quá trình nén, được thực hiện nhờ một vòng tuần hoàn của dung dịch qua các thiết bị hấp thụ, bơm dung dịch, bình sinh hơi và tiết lưu dung dịch. Cũng chính vì vậy tập hợp các thiết bị trên được gọi là máy nén nhiệt.

2 - 3 - Quá trình ngưng tụ xảy ra ở thiết bị ngưng tụ

3 - 4 - Quá trình tiết lưu

4 - 1 - Quá trình bay hơi thực hiện ở thiết bị bay hơi



Hình 1.1- Sơ đồ nguyên lý máy lạnh hấp thụ

SH - Bình sinh hơi

HT - Bình hấp thụ

BDD - Bơm dung dịch

TLDD - Tiết lưu dung dịch

Đường tuần hoàn môi chất lạnh —————

Đường tuần hoàn dung dịch - - - - -

Nguyên lý làm việc của máy lạnh hấp thụ hay của máy mền nhiệt như sau: Bình hấp thụ HT “hút” hấp thụ hơi môi chất sinh ra từ bình bay hơi BH, cho tiếp xúc với dung dịch loãng từ van tiết lưu dung dịch đến. Do nhiệt độ thấp dung dịch loãng hấp thụ hơi môi chất để trở thành dung dịch đậm đặc. Nhiệt toả ra trong quá trình hấp thụ thải cho nước làm mát. Dung dịch đậm đặc được bơm dung dịch bơm lên bình sinh hơi. Ở đây nhờ nhiệt độ cao, hơi môi chất sẽ bị tách ra khỏi dung dịch đậm đặc ở áp suất cao để đi vào thiết bị ngưng tụ. Ở thiết bị ngưng tụ môi chất sẽ nhường nhiệt cho môi trường làm mát và ngưng tụ lại thành lỏng môi chất vào thiết bị tiết lưu. Môi chất qua thiết bị tiết lưu áp suất và nhiệt độ giảm xuống vào bình bay hơi. Ở bình bay hơi môi chất sẽ nhận nhiệt của vật cần làm lạnh và bay hơi và được dung dịch loãng trong bình hấp thụ hấp thụ và khép kín vòng tuần hoàn môi chất lạnh. Trong chu trình bình sinh hơi được gia nhiệt bằng hơi nước hoặc khí nóng, năng lượng mặt trời... Toàn bộ các thiết bị phía trên của TL, TLDD và bơm có áp suất ngưng tụ p_k các thiết bị phía dưới có áp suất p_0 . Sau khi sinh hơi, dung dịch đậm đặc trở thành dung dịch loãng và qua van TLDD trở về bình hấp thụ, khép kín vòng tuần hoàn dung dịch.

Để hiểu rõ nguyên tắc hoạt động của máy lạnh hấp thụ ta có thể so sánh sơ đồ đơn giản của máy lạnh hấp thụ với máy lạnh nén hơi như sau:

Chu trình máy lạnh hấp thụ	Chu trình máy lạnh nén hơi
Phương trình cân bằng nhiệt	
$q_k + q_A = q_0 + q_H + q_B$ <p>Trong đó: q_k - Năng suất nhiệt riêng, kJ/kg q_0 - Năng suất lạnh riêng, kJ/kg</p>	$q_k = q_0 + l$ <p>Trong đó: q_k - Năng suất nhiệt riêng, kJ/kg q_0 - Năng suất lạnh riêng, kJ/kg</p>

q_A - Nhiệt hấp thụ riêng, kJ/kg q_H - Nhiệt riêng tiêu tốn cho quá trình sinh hơi, kJ/kg; q_B - Nhiệt riêng tiêu tốn cho bơm dung dịch, kJ/kg;	l - Công nén riêng, kJ/kg
Hệ số lạnh của máy lạnh nén hơi: $\varepsilon = \frac{q_0}{l}$	Hệ số lạnh của máy lạnh hấp thụ: $\xi = \frac{q_0}{q_H + q_B} \quad \text{Vì } q_B \ll q_H \text{ nên: } \xi = \frac{q_0}{q_H}$

Điều kiện cho một chu trình lạnh hấp thụ hoạt động được là:

$$\Delta\zeta = \zeta_r - \zeta_a > 0$$

Trong đó:

ζ_r - Nồng độ dung dịch đậm đặc;

ζ_a - Nồng độ dung dịch loãng;

$\Delta\zeta$ - Còn gọi là vùng khử khí, nghĩa là hiệu nồng độ đậm đặc và loãng hoặc vùng khử khí phải dương.

3. MÔI CHẤT DÙNG TRONG MÁY LẠNH HẤP THỤ:

Trong máy lạnh hấp thụ, đi kèm với môi chất lạnh bao giờ cũng phải có một chất hấp thụ, bởi vậy thường người ta gọi là cặp môi chất. Có hai loại cặp môi chất: hấp thụ (liên kết hóa học) và hấp phụ (liên kết cơ học).

Cặp môi chất hấp thụ: là các cặp môi chất có liên kết hóa học với nhau (lỏng và rắn) như: $H_2O/CaCl_2$; NH_3/H_2O ; $H_2O/Silicagel$...

Cặp môi chất hấp phụ là các cặp môi chất có liên kết cơ học với nhau như $H_2O/Zeolit$.

Trong các ký hiệu cặp môi chất bao giờ chất có nhiệt độ sôi thấp hơn (môi chất lạnh) cũng được viết trước, chất hấp thụ được viết sau và giữa hai ký hiệu là một gạch chéo.

* Ví dụ: NH_3/H_2O (NH_3 là môi chất; H_2O là chất hấp thụ)

$H_2O/BrLi$ (H_2O là môi chất; $BrLi$ là chất hấp thụ)

Yêu cầu đối với cặp môi chất:

- Có tính chất nhiệt động tốt
- Không độc hại, dễ cháy, dễ nổ
- Không ăn mòn đối với vật liệu chế tạo máy
- Phải rẻ tiền, dễ kiếm...

Ngoài ra cặp môi chất cần phải:

- Hòa tan hoàn toàn vào nhau nhưng nhiệt độ sôi ở cùng điều kiện áp suất càng xa nhau thì 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, đặc biệt đối với máy lạnh hấp thụ chu kỳ để tổn thất nhiệt khởi động máy nhỏ.

Để tính toán quá trình làm việc của máy lạnh hấp thụ người ta có thể dựa vào định luật Raunlt áp dụng cho các hỗn hợp “lý tưởng” hai hoặc nhiều thành phần.

Đối với hỗn hợp hai thành phần ta có:

Quan hệ giữa áp suất với nồng độ mol thành phần hợp

$$p(T) = \psi'_1 \cdot p_1(T) + \psi'_2 \cdot p_2(T)$$

Trong đó:

$p(T)$ - Tổng áp suất của hệ thống ở nhiệt độ T , MPa

ψ'_1, ψ'_2 - Nồng độ mol của từng thành phần hỗn hợp, kmol thành phần/kmol hỗn hợp;

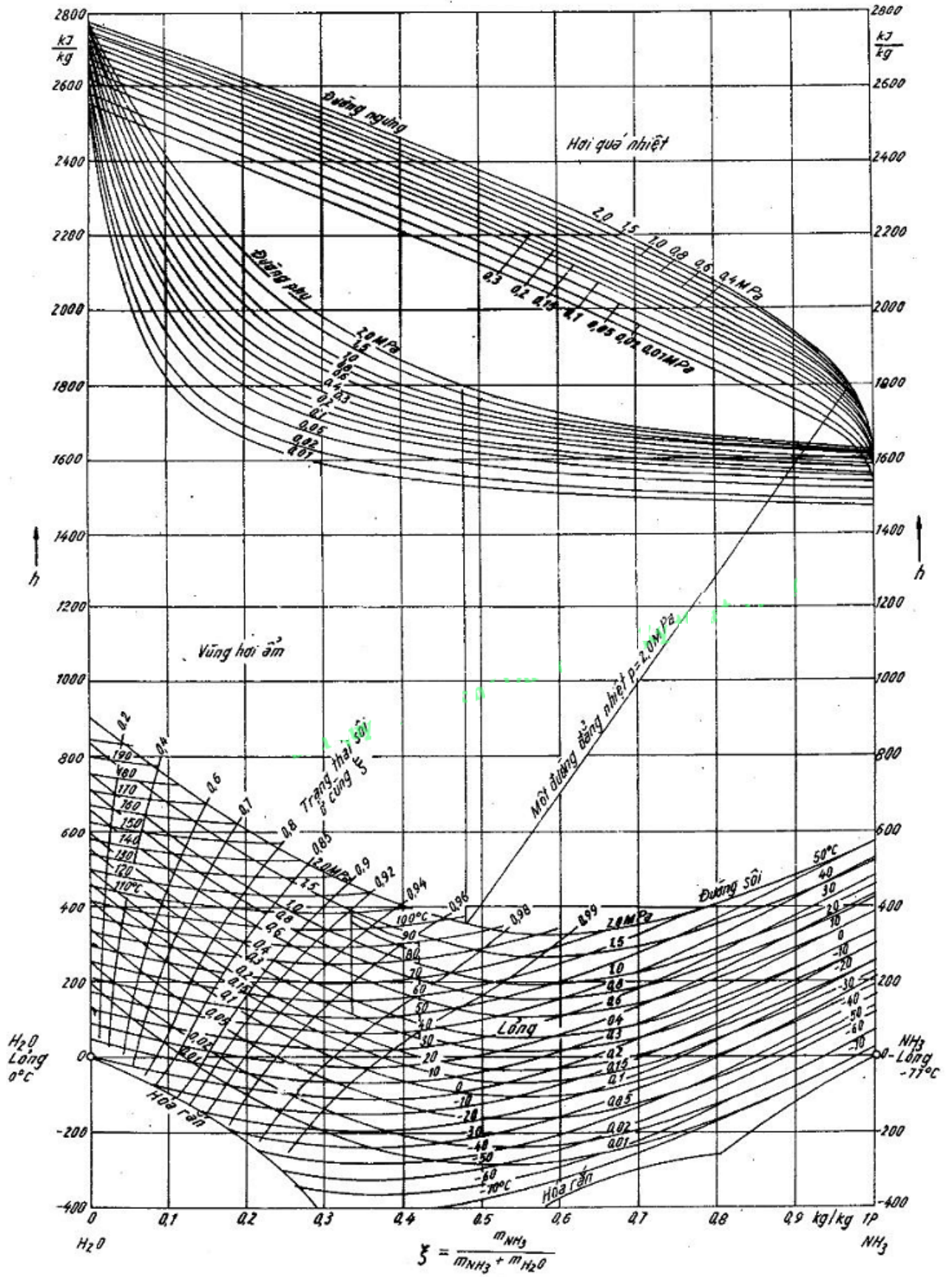
$p_1(T), p_2(T)$ - Phân áp suất của từng thành phần, MPa

Phương trình (1.3) có điều kiện phụ là: $\psi'_1 + \psi'_2 = 1$

Quan hệ giữa nồng độ khối lượng ζ và nồng độ mol như sau

$$\psi = \frac{\xi}{\xi + (1-\xi) \frac{M_2}{M_1}}$$

Ở đây $\psi = \psi_2$ và $\xi = \xi_2$ là nồng độ của môi chất lạnh trong dung dịch, ξ (kg thành phần/kg hỗn hợp)



Hình 1.2 Đồ thị h - ξ cho hỗn hợp

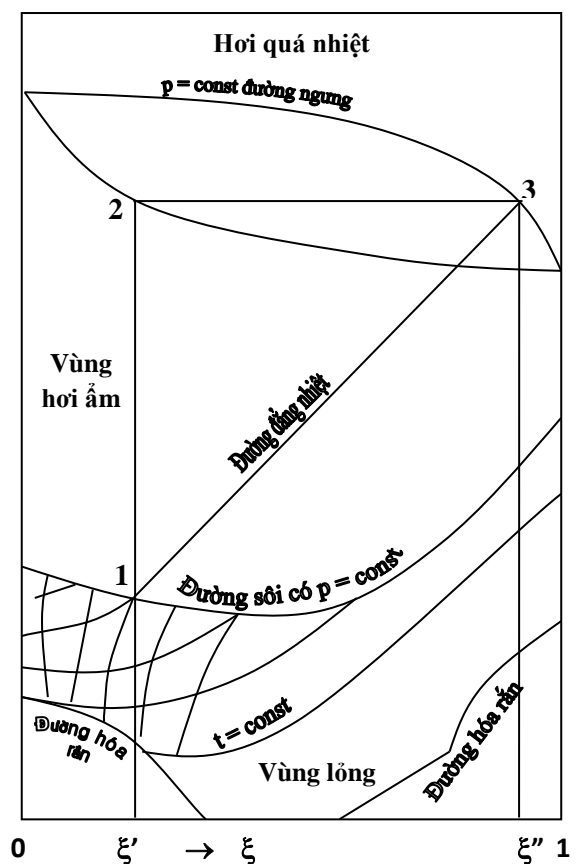
Merkel và Bosnjakovic đã biểu diễn tính chất của một hỗn hợp hai thành phần lên đồ thị $h - \xi$, trong đó entanpi h là trục tung và nồng độ khối lượng ξ trên trục hoành. Đồ thị được chia làm 4 vùng từ dưới lên là vùng rắn, vùng lỏng, vùng hơi ẩm và vùng hơi quá nhiệt, với các đường phân cách giữa các vùng là đường rắn, đường sôi và đường ngưng.

Trên đồ thị các đường cong đẳng áp chạy song song. Nhiệt độ sôi phụ thuộc vào nồng độ và áp suất. Các đường cong nhiệt độ chạy gần giống như các đường sôi. Ở bất kỳ điểm nào ta cũng có thể tìm được trạng thái lỏng và hơi bão hòa của hỗn hợp là nhiệt độ sôi t_s , áp suất sôi p_s và nồng độ sôi ξ' . Ta có thể xác định nồng độ cân bằng của pha hơi bằng đường phụ ở phía dưới đường ngưng. Trên đồ thị cũng có đường biểu thị nồng độ pha hơi ở trạng thái cân bằng bão hòa, đó là đường "Các trạng thái khi sôi có cùng nồng độ ở pha hơi". Ở mỗi vị trí của chu trình lạnh như bình sinh hơi, ngưng tụ, bay hơi và hấp thụ có các điều kiện nhiệt độ và áp suất cho trước. Từ đó ta có thể xác định được tất cả các thông số ở trạng thái khác của chu trình một cách dễ dàng.

* Ví dụ: Với nồng độ ξ' và áp suất p_1 trên đường sôi ta có thể xác định được điểm 1. Từ điểm 1 kẻ một đường song song với trục tung gặp đường phụ ở điểm 2. Từ điểm 2 kẻ một đường song song với trục hoành gặp đường ngưng p_1 ở điểm 3. Từ điểm 3 đóng vuông góc xuống trục hoành ta được nồng độ ξ'' của pha hơi ở trạng thái bão hòa cân bằng với pha lỏng có ξ' . Trạng thái có các thông số: $p_s = 2 \text{ MPa}$, $t_s = 95^\circ\text{C}$, $\xi' = 0,48$, $\xi'' = 0,968$, $h' = 350 \text{ kJ/kg}$, $h'' = 1800 \text{ kJ/kg}$.

Ngoài ra, người ta còn sử dụng đồ thị áp suất hơi của hỗn hợp. Trục tung là $\lg p$ còn trục hoành là $1/T$. Các đường áp suất sôi của các dung dịch có nồng độ không đổi là các đường thẳng. Hình 1.5 biểu diễn đồ thị $\lg p - 1/T$ của hỗn hợp $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ với chu trình lạnh hấp thụ.

* Cặp môi chất $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$: có tính chất nhiệt động phù hợp. Nhược điểm của nó là độc hại, ăn mòn đồng và các hợp kim của đồng. Nhiệt dung riêng của nước và amôniac lớn do đó không có lợi về nhiệt cho các loại máy lạnh hấp thụ có chu kỳ, vì tổn thất nhiệt cho nâng và hạ nhiệt độ toàn hệ thống khi thay đổi chu kỳ khá lớn. Trong bình sinh hơi



Hình 1.3 Đồ thị $h - \xi$

cặp môi chất này có nhược điểm cơ bản là lượng hơi nước cuốn theo hơi amôniac rất lớn, do đó trong các máy lạnh hấp thụ $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ phải bố trí thiết bị chưng cất để tinh luyện hơi amôniac trước khi đưa vào bình ngưng. Nhiệt độ phân hủy của hỗn hợp amôniac và nước thấp nên không thể sử dụng nguồn nhiệt có nhiệt độ cao để gia nhiệt. Thường nhiệt độ nguồn nhiệt không nên quá 160°C . Do lượng nước cuốn theo nhiều nên nhiệt độ gia nhiệt cho dung dịch thường không quá 120°C để tránh ngưng tụ hồi lưu quá nhiều và thiết bị tinh cất quá công kênh.

* Cặp môi chất $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$: có ưu điểm chính là ở bình sinh hơi hầu như chỉ có nước bốc lên, không cần có thiết bị tinh luyện hơi môi chất nên thiết bị đơn giản hơn. Nhiệt độ gia nhiệt thấp hơn nhiều so với cặp $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ nên cũng là ưu điểm lớn của cặp $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$. Các nguồn nhiệt thải công nghiệp có nhiệt độ $80 \div 90^\circ\text{C}$ là có thể sử dụng để chạy máy lạnh hấp thụ $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$. Đối với cặp môi chất này người ta có thể sử dụng năng lượng mặt trời qua bộ thu phẳng, không cần có bộ thu phẳng, không cần có bộ gia nhiệt phụ thêm. Nhược điểm chủ yếu của cặp môi chất này là nhiệt độ dàn bay hơi không thể thấp hơn $5 \div 7^\circ\text{C}$ vì môi chất lạnh là nước đóng băng ở 0°C nên ứng dụng chủ yếu ở cặp môi chất này là để điều hòa không khí hoặc bảo quản rau quả ở nhiệt độ tương đối cao, khoảng 10°C .

* Cặp môi chất $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2\text{SO}_4$: có ý nghĩa lịch sử khi Lesli sử dụng đầu tiên vào năm 1810 ở Pari. Một số cặp môi chất có chất hấp thụ lỏng khác như $\text{CH}_3\text{OH}/(\text{LiBr}/\text{ZnBr}_2 + \text{CH}_3\text{OH})$ hoặc môi chất lạnh R21, R22 với các chất hấp thụ $\text{CH}_3(\text{OC}_2\text{H}_4)_4\text{OCH}_3$; $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOC}_2\text{H}_5)_2$ và CH_3COOH , cho đến nay đều ít có ý nghĩa thực tiễn.

* Chất hấp thụ rắn như CaCl_2 và hấp thụ Zeolít: có ưu điểm là không cần thiết bị tinh cất nhưng cũng được sử dụng rất hạn chế. Người ta đang nghiên cứu các cặp môi chất $\text{NH}_3/\text{CaCl}_2$, $\text{H}_2\text{O}/\text{SiO}_2$, $\text{NH}_3/\text{MgCl}_2$, $\text{NH}_3/\text{SrCl}_2$... dùng cho các loại máy lạnh hấp thụ chu kỳ sử dụng năng lượng mặt trời và năng lượng phế thải.

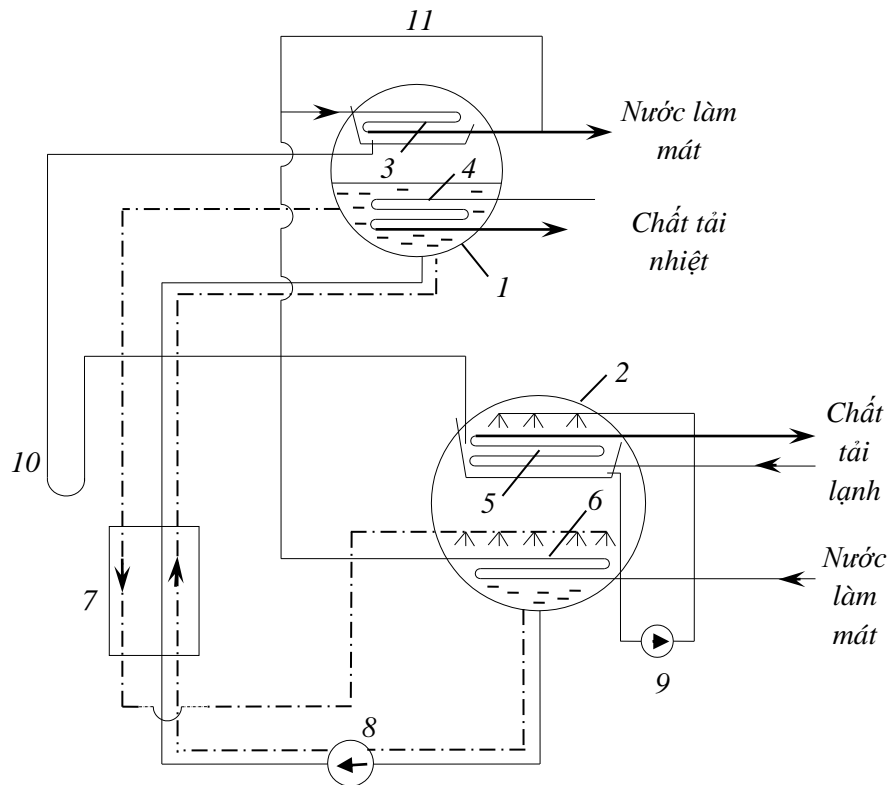
4. MÁY LẠNH HẤP THỤ NƯỚC/ BROMUALITI ($\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$) :

Máy lạnh hấp thụ nước/bromualiti ($\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$) được sử dụng rất rộng rãi. Máy lạnh hấp thụ $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ của Liên Xô có nhiều ưu việt và được sản xuất hàng loạt với năng suất lạnh rất lớn như A < BXA 1000 (1 triệu kcal/h) và A < XA 5000 (5 triệu kcal/h). Máy lạnh hấp thụ $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ có các ưu điểm chính như sau:

- Tỷ số áp suất nhỏ $p_k/p_0 = 4$. Hiệu số áp suất thấp $p_k - p_0 = 3,6 \text{ kPa}$.
- Không cần thiết bị tinh cất hơi môi chất vì từ dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ chỉ có hơi nước thoát ra từ dung dịch.

- Nhiệt độ nguồn nhiệt cấp cho bình sinh hơi cho phép thấp đến 80°C do đó có thể sử dụng các nguồn nhiệt thải rẻ tiền. Nếu có nguồn hơi nước có nhiệt

độ cao, đầu tiên có thể chạy máy lạnh tua bin, sau đó mới dùng cho máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$.



Hình 1.4 Sơ đồ máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$

- | | |
|------------------------|-----------------------------|
| 1 và 2 - Bình hình trụ | 3 - Dàn ngưng |
| 4 - Ngăn sinh hơi | 5 - Dàn bay hơi |
| 6 - Ngăn hấp thụ | 7 - Trao đổi nhiệt |
| 8 - Bơm dung dịch | 9 - Bơm môi chất lạnh |
| 10 - Xi phông | 11 - Nhánh nước làm mát phụ |

Máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ có các nhược điểm sau:

- Tính ăn mòn của dung dịch rất cao, gây hạn chế thiết bị
- Phải duy trì chân không trong thiết bị
- Nhiệt độ làm lạnh không xuống quá được $5^{\circ}C$ vì khi đó áp suất sôi p_0 đã

là $0,9 \text{ kPa} \approx 7 \text{ Torr}$

Máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ có nguyên lý làm việc như hình 1.1. Vì loại máy này có hiệu suất và hiệu áp rất nhỏ nên nó được bố trí như hình 1.4.

Những thiết bị chính được bố trí trong hai bình hình trụ 1 và 2 để dễ dàng duy trì chân không trong hệ thống. Bình 1 có áp suất ngưng tụ và bình 2 có áp suất bay hơi. Trong bình 1 có bố trí dàn ngưng tụ và bộ phận sinh hơi 5 và bộ

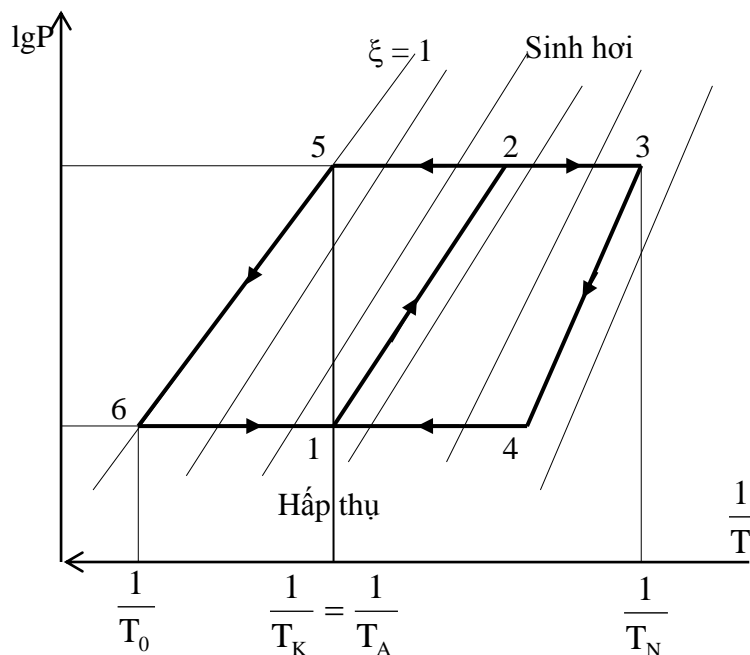
hấp thụ 6, giữa các thiết bị trên có độ chênh nhiệt độ đáng kể như ở bình 1 là nhiệt độ ngưng tụ và nhiệt độ gia nhiệt, ở bình 2 là nhiệt độ bay hơi và hấp thụ nhưng không cần cách nhiệt và chân không cao trong thiết bị là cách nhiệt lý tưởng.

Chất tải nhiệt được đưa vào bình sinh hơi 4 để gia nhiệt cho dung dịch đậm đặc $H_2O/LiBr$ (nhiệt độ $\geq 80^\circ C$). Hơi nước sinh ra bay lên trên dàn ngưng 3, thải nhiệt cho nước làm mát và ngưng tụ lại. Dung dịch đậm đặc khi mất nước trở thành dung dịch loãng và được đưa trở lại dàn hấp thụ trong bình 2. Vì vòi phun làm nhiệm vụ giảm áp nên không cần van tiết lưu đặc biệt nữa. Nhiều khi người ta phải có những biện pháp phụ để đưa dung dịch loãng đến dàn hấp thụ.

Nước sau khi ngưng tụ ở dàn ngưng 3 sẽ chảy qua xi phông 10 để cân bằng áp suất rồi chảy vào dàn bay hơi 5. Do áp suất ở đây rất thấp nước bay hơi để sinh lạnh. Hơi nước được sinh ra ở dàn bay hơi 5 sẽ được dung dịch loãng hấp thụ ở bộ phận hấp thụ 6. Nhiệt lượng tỏa ra do quá trình hấp thụ sẽ được nước làm mát lấy đi. Lạnh sinh ra ở dàn bay hơi 5 sẽ được chất tải lạnh (cũng là nước) đưa đến nơi tiêu dùng.

Dung dịch đậm đặc sau quá trình hấp thụ sẽ được bơm 8 bơm lên bình sinh hơi. Dung dịch loãng chảy từ bình sinh hơi trở lại bình hấp thụ. Thiết bị trao đổi nhiệt 7 dùng để nâng cao hiệu suất nhiệt. Ở đây dung dịch loãng được làm nguội và dung dịch đậm đặc được làm nóng.

Để làm tăng hệ số trao đổi nhiệt ở bình bay hơi 5 các ống xoắn của chất tải lạnh được tưới môi chất lạnh liên tục nhờ bơm tuần hoàn 9. Khi nhiệt độ bay hơi hạ xuống $3 \div 4^\circ C$ thì nhiệt độ chất tải lạnh đạt $7 \div 8^\circ C$.



Hình 1.5 Chu trình máy lạnh hấp thụ trên đồ thị $lg P - 1/T_H$

Nước làm mát đầu tiên đi qua bình hấp thụ, sau đó mới đến bình ngưng, do đó nhiệt độ ngưng tụ cao hơn nhiệt độ hấp thụ một chút. Nhánh nước phụ 11 có nhiệm vụ điều chỉnh nhiệt độ ngưng tụ và hấp thụ tùy ý không phụ thuộc vào nhau.

Những chi tiết chuyển động ở đây duy nhất là bơm dung dịch và bơm môi chất. Các bơm này có yêu cầu độ kín lớn và chân không cao. Ngoài ra người ta cần phải bố trí bơm chân không đặc biệt để loại trừ khí trơ hoặc không khí ra khỏi hệ thống.

Năng suất lạnh của máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ có thể điều chỉnh dễ dàng được xuống tới 10% năng suất lạnh tối đa. Khi điều chỉnh năng suất lạnh, có thể điều chỉnh hơi nóng vào bình sinh hơi và đường nước làm mát. Cũng có thể trích một phần dung dịch đậm đặc lẽ ra phải bơm vào bình sinh hơi, quay trở lại bình hấp thụ. Cũng có thể kết hợp 2 phương án trên.

* Tính toán máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ với đồ thị $\lg P - 1/T$:

Áp suất bay hơi và hấp thụ trong bình 2 (hình 1.5) là điểm cắt giữa $\xi = 1$ (kg môi chất / kg dung dịch) và nhiệt độ t_0 , áp suất ngưng tụ và sinh hơi cũng được xác định như trên với nhiệt độ ngưng tụ t_k .

Dung dịch đậm đặc ra khỏi bình hấp thụ có nhiệt độ t_k (hoặc thấp hơn một chút) và áp suất p_0 . Nồng độ dung dịch loãng được xác định bằng nhiệt độ T_H và áp suất p_k . Quá trình 2 - 3 và 2 - 5 xảy ra trong bình sinh hơi, 6 - 1 và 4 - 1 trong bình hấp thụ còn quá trình không thay đổi nồng độ 1 - 2, 3 - 4 và 5 - 6 xảy ra trong các ống dẫn, bộ phận tiết lưu và thiết bị trao đổi nhiệt. Hệ số nhiệt cực đại của máy lạnh có thể xác định bằng tỷ số của đoạn B trên A.

$$\xi_{\max} = \frac{B}{A} = \frac{\frac{1}{T_k} - \frac{1}{T_H}}{\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_k}} = \frac{T_H - T_k}{T_H} \cdot \frac{T_0}{T_k - T_0}$$

Thành phần thứ nhất của hệ số nhiệt $(T_H - T_k)/T_H$ chính là hiệu suất của chu trình Carnot thuận chiều cho máy lạnh nhiệt sinh công. Thành phần thứ hai $T_0/(T_k - T_0)$ chính là hệ số lạnh của chu trình Carnot ngược chiều.

Phương trình cân bằng môi chất lạnh:

$$\xi_r \cdot m_r = \xi_a \cdot m_a + 1 \cdot m_d$$

Phương trình cân bằng dung dịch tuần hoàn:

$$m_r = m_a + m_d$$

Trong đó:

m_r : Khối lượng dung dịch đậm đặc, kg/s

m_a : Khối lượng dung dịch loãng, kg/s

m_d : Khối lượng môi chất lạnh, kg/s

Có thể tính m_d từ năng suất lạnh yêu cầu Q_0 và nhiệt ẩn hóa hơi của môi chất $r(t_0)$ vì tổn thất tiết lưu không đáng kể:

$$m_d = \frac{Q_0}{r(t_0)}$$

* Bài tập:

Xác định chu trình máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ cho biết:

- Máy lạnh hấp thụ dùng để sản xuất nước lạnh $t_0^* = 8^\circ C$ cho điều hòa không khí,

- Nước làm mát vào có nhiệt độ $t_{w1} = 30^\circ C$,

- Nước nóng dùng gia nhiệt bình sinh hơi chó nhiệt độ $t_H^* = 90^\circ C$,

- Hiệu nhiệt độ tối thiểu trong các thiết bị trao đổi nhiệt $\Delta t_{\min} = 5K$,

- Năng suất lạnh $Q_0 = 100 kW$.

Hãy xác định lưu lượng môi chất lạnh và lưu lượng dung dịch tuần hoàn cũng như các điều kiện cực đoan của t_{w1} và t_H^* với các điều kiện tương tự để máy lạnh hấp thụ vẫn có khả năng hoạt động được về mặt nhiệt động.

Lời giải:

Sơ đồ nguyên lý máy lạnh được biểu diễn trên hình 1.4

Sử dụng đồ thị $\lg p - 1/T$ của dung dịch nước/Brômualiti (hình 1.5) để giải bài toán này.

Từ nhiệt độ nước lạnh ra $t_0^* = 8^\circ C$ có thể tìm được nhiệt độ bay hơi

$$t_0 = t_0^* - \Delta t_{\min} = 3^\circ C \text{ và } p_0 = 0,8 \text{ kPa.}$$

Tương tự :

$$t_k = t_A = t_u + \Delta t_{\min} = 35^\circ C \text{ và } p_k = 5,6 \text{ kPa.}$$

Từ điểm cắt của p_0 và p_k có thể xác định được nồng độ dung dịch đậm đặc $\xi_r = 0,42 \text{ kg } H_2O/\text{kg}$ dung dịch. Từ p_k và $t_H = t_H^* - \Delta t_{\min}$ có thể xác định được nồng độ của dung dịch loãng $\xi_a = 0,365 \text{ kg } H_2O/\text{kg}$ dung dịch. Như vậy ta có vùng khử khí.

$$\Delta t_\xi = \xi_r - \xi_a = 0,055 \text{ kg } H_2O/\text{kg} \text{ dung dịch là dư.}$$

Để tính toán lưu lượng tuần hoàn cần phải cân bằng chất ở bình hấp thụ hoặc bình sinh hơi. Nếu gọi m_d là lưu lượng qua dàn ngưng tụ và dàn bay hơi ta có:

$$\xi_r m_r = \xi_a m_a + 1.m_d \text{ (cân bằng môi chất lạnh) và}$$

$$m_p = m_a + m_d \text{ (cân bằng dung dịch và môi chất lạnh)}$$

Lưu lượng môi chất lạnh:

$$m_d = \frac{Q_0}{q_0}, \text{ kg/s}$$

Ở đây $q_0 = r(t_0)$; $r(t_0)$ là nhiệt ẩn hóa hơi của nước ở nhiệt độ t_0 . Có thể tra $r(t_0)$ ở bảng hơi nước: $r(t_0 = 3^\circ\text{C}) = 2500 \text{ kJ/kg}$

$$m_d = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{100}{2500} \frac{\text{kJ.kg}}{\text{s.kJ}} = 0,04 \text{ kg/s}$$

Như vậy:

$$m_d = \frac{1 - \xi_a}{\xi_r - \xi_a} \cdot m_d = \frac{1 - 0,365}{0,42 - 0,365} \cdot 0,04 \text{ kg/s} = 0,46 \text{ kg/s}$$
 và

$$m_a = m_r - m_d = 0,42 \text{ kg/s}$$

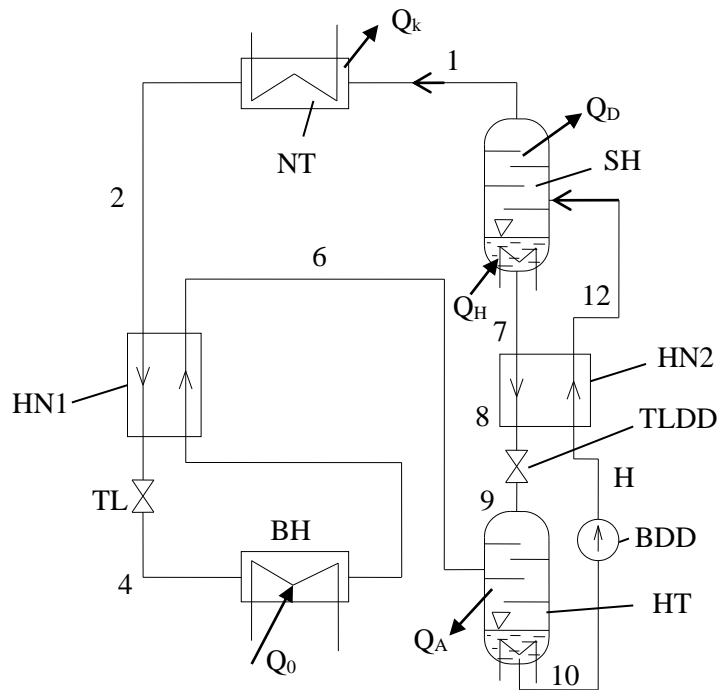
Lưu lượng dịch tuần hoàn rõ ràng lớn hơn rất nhiều so với lượng môi chất lạnh tuần hoàn. Các điều kiện cực đoan cần xác định là các giá trị t_{we} và t_H đạt được khi $\Delta\xi$ tiến dần tới 0, hay nồng độ dung dịch đậm đặc tiến gần tới nồng độ dung dịch loãng $\xi_r \rightarrow \xi_a$. Khi $\xi_a \rightarrow \xi_r$, t_H đạt giá trị $t_{H,\min} = 73^\circ\text{C}$. Như vậy nhiệt độ của nguồn nước nóng không được thấp hơn $t_{H,\min}^* = t_{H,\min} + \Delta t_{\min} = 73 + 5 = 78^\circ\text{C}$.

Khi nhiệt độ ngưng tụ t_k tăng, không chỉ p_k mà ξ_a cũng tăng và qua đó đẩy nồng độ dung dịch đậm đặc xuống một cách nhanh chóng. Qua đây ta cũng có thể thấy tầm quan trọng của nhiệt độ nước làm mát. Mùa hè ở các nước ôn đới có thể dễ dàng tìm được nước làm mát có nhiệt độ khá thấp $12 \div 15^\circ\text{C}$ nhưng ở Việt Nam khó có thể tìm được làm mát thấp hơn 32°C . Đây là nhược điểm cơ bản của máy lạnh hấp thụ hoạt động tại Việt Nam, cần phải giải bài toán trên bằng phương pháp lặp và tìm được $t_k = 40^\circ\text{C}$ khi ξ_r và ξ_a trùng vào nhau. Như vậy nhiệt độ nước làm mát không được vượt quá 35°C .

$$t_{w1,\max} = t_{k,\max} - \Delta t_{\min} = 40 - 5 = 35^\circ\text{C}.$$

5. MÁY LẠNH HẤP THỤ AMÔNIA/CỦƠC ($\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$):

Hình 1.1 biểu diễn sơ đồ nguyên lý của máy lạnh hấp thụ liên tục một cấp. Trong thực tế, để tăng hiệu quả năng lượng người ta còn bố trí hai thiết bị trao đổi nhiệt cho môi chất lạnh trước khi vào và ra khỏi bình bay hơi, và cho dung dịch trước khi vào và ra khỏi bình hấp thụ. Hình 1.6 biểu diễn sơ đồ hoàn chỉnh của máy lạnh hấp thụ liên tục với cặp môi chất $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$.



Hình 1.6 Sơ đồ máy lạnh hấp thụ $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$

Nhưng trong máy lạnh nén hơi, thiết bị trao đổi nhiệt I nhằm mục đích quá lạnh môi chất lỏng trước khi vào van tiết lưu để nâng cao năng suất lạnh. Thiết bị trao đổi nhiệt thứ 2 dùng để thu hồi nhiệt lượng của dung dịch lỏng nhiệt độ t_H để làm nóng dung dịch đậm đặc lạnh được bơm từ bình hấp thụ lên.

Trong bình sinh hơi có bố trí thiết bị tinh luyện tách hơi nước ra khỏi hơi nước ra khỏi hơi NH_3 . Ta có thể coi NH_3 đi vào bình ngưng là nguyên chất $\xi_d = 1 \text{ kg/kg}$. Để tinh luyện hơi NH_3 cần phải bố trí thiết bị ngưng tụ hồi lưu Q_D . Chính vì vậy nhiệt lượng dùng để gia nhiệt cho bình sinh hơi Q_H cũng phải lớn hơn một lượng Q_D so với chế độ làm việc không có ngưng tụ hồi lưu.

* Tính toán máy lạnh hấp thụ amôniac liên tục một cấp:

Việc tính toán thuận tiện nhất là dựa vào đồ thị $h - \xi$. Các điểm trạng thái theo hình 1.6 và tương ứng là hình 1.7

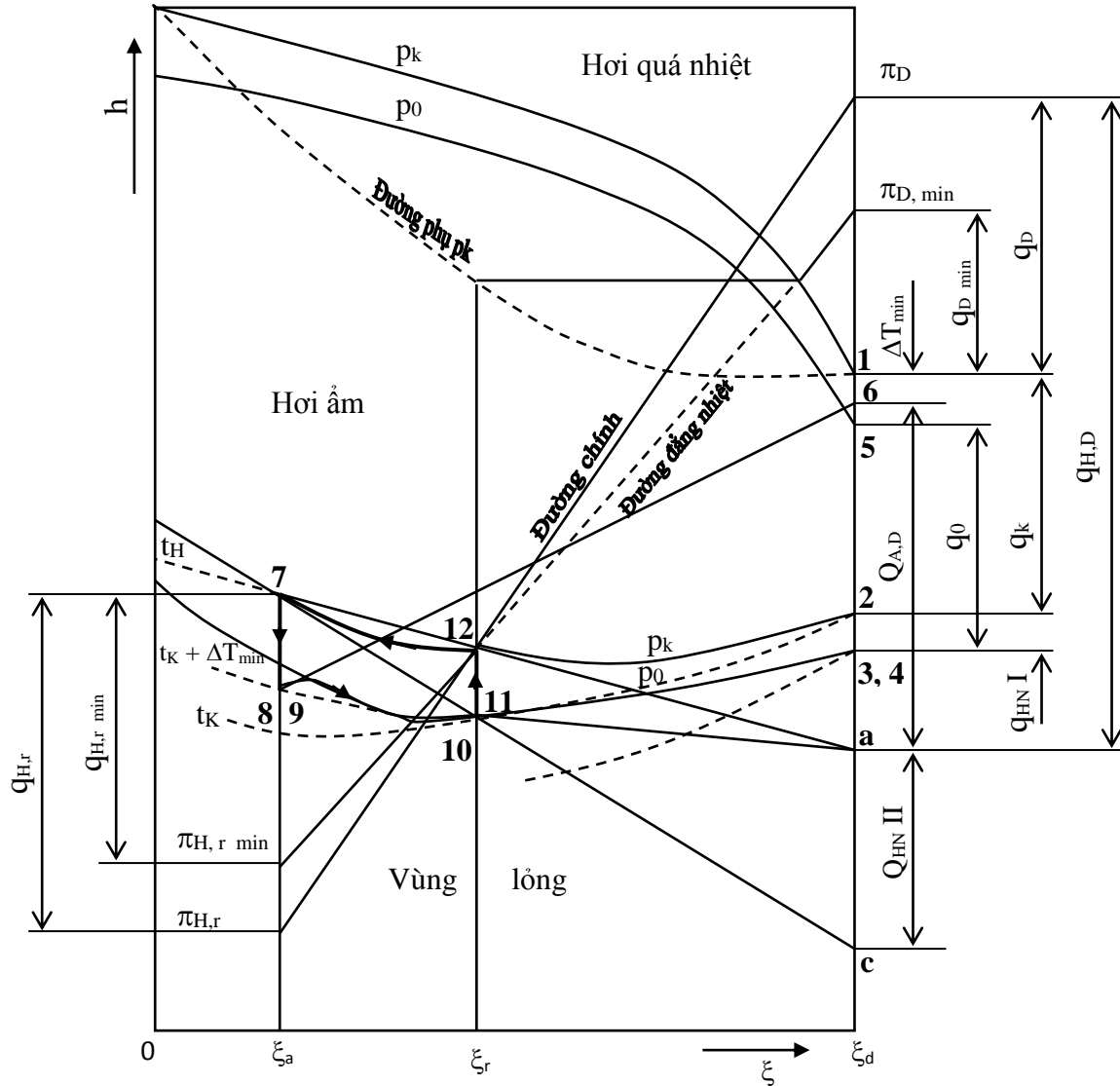
Những số liệu cho trước là t_0 , t_H và t_k trực tiếp hoặc gián tiếp qua các hiệu nhiệt độ của các thiết bị trao đổi nhiệt trong bình sinh hơi, ngưng tụ và bay hơi.

Đầu tiên cần giả thiết rằng quá trình tinh luyện được tiến hành cho đến khi chỉ còn hơi NH_3 tinh khiết với $\xi_d = 1 \text{ kg/kg}$. Trong bình ngưng chỉ có lỏng NH_3 tinh khiết. Đầu tiên ta có thể xác định được áp suất ngưng tụ bằng điểm cắt giữa t_k và $\xi = 1 \text{ kg/kg}$ vì đường áp suất sôi p_k phải đi qua điểm cắt đó (điểm 2 trên đồ thị).

Áp suất p_0 ở bình bay hơi cũng được xác định tương tự qua điểm cắt của t_0 và ξ_d .

Môi chất lạnh lỏng được làm lạnh ở thiết bị trao đổi nhiệt I từ điểm 2 xuống điểm 3. Điểm 4 trùng với điểm 3 vì khi đi qua tiết lưu entanpi không đổi. Như vậy điểm 3, điểm 4 nằm trên giao điểm của đường đẳng nhiệt của đường đẳng nhiệt $t_0 = t_1 = t_5$, đường đẳng áp p_0 và ξ_d .

Hiệu nhiệt độ nhỏ nhất ΔT_{\min} ở thiết bị trao đổi nhiệt I nằm ở phía đầu nóng vì $C_{p2} > C_{p5}$.



Hình 1.17 Đồ thị $h - \xi$ biểu diễn quá trình máy lạnh hấp thụ $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$

Như vậy:

$$t_6 = t_2 - \Delta T_{\min}$$

Nhiệt lượng quá nhiệt:

$$h_6 - h_5 = f(t_6; t_5; p_0)$$

Không thể đọc được trên đồ thị $h - \xi$. Nó có thể được xác định nhờ đồ thị $l_{gp} - h$ theo đồ thị 1 của phụ lục hoặc có thể tính toán bằng cách tra bảng. Ta cũng có thể xác định nhiệt lượng đó bằng công thức:

$$h_6 - h_5 = C_p(t_6 - t_5).$$

Trong đó t_6 và t_5 đã biết còn $C_p = f(t, p)$ có thể tra đồ thị hoặc tra bảng.

Tính cân bằng nhiệt của thiết bị trao đổi nhiệt ta có thể xác định được entanpi của điểm 3.

$$h_3 = h_4 = h_2 + h_5 = h_6$$

Điểm 3 và điểm 4 có entanpi bằng nhau nhưng điểm 3 có áp suất p_k còn điểm 4 nằm trong vùng hơi ẩm có áp suất p_0 .

Trong điều kiện làm việc lý tưởng thì bình hấp thụ có áp suất p_0 và nhiệt độ hấp thụ $t_A = t_k$. Nhưng thực tế do có tổn thất áp suất ở đường ống nên áp suất trong bình hấp thụ có thấp hơn p_0 khoảng $0,02 \div 0,04$ MPa.

Nếu nước làm mát song song cho bình ngưng và bình hấp thụ thì nhiệt độ $t_A = t_k$. Nhưng nhiều trường hợp mắc nối tiếp. Nước làm mát đầu tiên đi qua bình ngưng sau đó mới vào bình hấp thụ, khi đó $t_A = t_k + \Delta T$ nghĩa là nhiệt độ hấp thụ cao hơn nhiệt độ ngưng tụ.

Dung dịch loãng 7 với nồng độ $\xi_r = f(p_k, t_H)$ ở trạng thái bão hòa ẩm ra khỏi bình sinh hơi để được tiết lưu trở lại bình hấp thụ. Như vậy vùng khử khí sẽ là:

$$\Delta\xi = \xi_r - \xi_a$$

Với điều kiện $\Delta\xi > 0$ để thiết bị lạnh có thể hoạt động được.

Bơm dung dịch đậm đặc với lưu lượng $m_{10} = m_r$ từ trạng thái 10 lên trạng thái 11. Vì entanpi trong trường hợp này không phụ thuộc vào áp suất do đó $h_{10} = h_{11}$ nghĩa là điểm 11 trùng lên điểm 10. Trong tính toán máy lạnh hấp thụ người ta bỏ qua năng lượng tiêu tốn cho bơm vì rất nhỏ, thường chỉ một vài phần trăm so với những phần năng lượng khác. Phần năng lượng tổn thất của bơm biến thành nhiệt năng làm nóng dung dịch đậm đặc cũng bị bỏ qua. Hiệu suất của bơm $\eta_B = 0,5 \div 0,7$. Để kiểm tra người ta có thể tính công suất bơm bằng công thức.

$$N_B = m_{10} \cdot (p_k - p_0) \cdot \frac{v_{10}}{B}$$

Trong đó: v_{10} là thể tích riêng của trạng thái 10, coi dung dịch là không nén được.

Lưu lượng tuần hoàn trong hệ thống được tính như sau:

Trước hết có thể xác định được lưu lượng tuần hoàn trong hệ thống cân bằng chất trong bình sinh hơi, bình hấp thụ.

Để dễ dàng tính toán ta qui ước:

$$\bar{m}_a = \frac{m_a}{m_d}; \quad \bar{m}_r = \frac{m_r}{m_d}$$

Như vậy khối lượng không thứ nguyên. \bar{m}_a , \bar{m}_r , \bar{m}_d có đơn vị là kg/kg môi chất vì $\bar{m}_d = \frac{m_d}{m}$ nên $\bar{m}_d = 1$. Ta còn có thể xác định m_d qua năng suất lạnh Q_0 đã cho và năng suất lạnh riêng q_0 xác định được trong chu trình.

$$\bar{m}_d = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{Q_0}{h_5 - h_4}, \text{ kg/h hoặc kg/s}$$

Lưu lượng dung dịch đậm đặc và dung dịch loãng là:

$$\bar{m}_r = \frac{\xi_d - \xi_a}{\xi_r - \xi_a} \quad ; \quad \bar{m}_a = \bar{m}_r - 1$$

Entanpi của trạng thái 7 đến 12 của dung dịch tuần hoàn có thể xác định như sau: Cân bằng nhiệt của thiết bị hồi nhiệt II ta có:

$$Q = C_{p1a} \cdot m_a (t_7 - t_8) = C_{p1r} \cdot m_r (t_{12} - t_{11})$$

Qua phương trình cân bằng nhiệt này ta có thể xác định được ΔT_{\min} nằm ở đầu lạnh của hồi nhiệt vì:

$$C_{p1a} \approx C_{p1r}; m_a < m_r \text{ nên } (t_7 - t_8) > (t_{12} - t_{11})$$

Hay:

$$(t_7 - t_{12}) > (t_8 - t_{11})$$

$$t_8 - t_{11} = \Delta T_{\min} \Rightarrow t_8 = t_{11} + \Delta T_{\min}$$

Cân bằng nhiệt của thiết bị hồi nhiệt II ta có:

$$m_a(h_7 - h_8) = m_r(h_{12} - h_{11})$$

hay:

$$\frac{h_{12} - h_{11}}{h_7 - h_8} = \frac{m_a}{m_r} = \frac{\bar{m}_a}{\bar{m}_r} = \frac{\xi_d - \xi_r}{\xi_d - \xi_a}$$

Như vậy ta có thể xác định được trạng thái 12 của dung dịch đậm đặc chảy vào bình sinh hơi bằng phương pháp phân tích. Cũng có thể dùng phương pháp đồ thị để xác định. Theo phương pháp đồ thị ta phải kéo dài đường 8 - 11 trên hình 1.7 đến đường ξ_d (ở đây $\xi_d = 1$). Hai đường cắt nhau tại điểm. Điểm 12 chính là giao điểm của đường thẳng a - 7 với đường ξ_r là nồng độ dung dịch đậm đặc. Giao điểm đó có thể nằm trên nằm dưới hoặc trùng ngay trên đường sôi đẳng áp p_k của đồ thị. Sự chênh lệch nhiệt lượng sẽ được hiệu chỉnh lại trong bình sinh hơi bằng cách thay đổi nhiệt lượng gia nhiệt Q_H .

Như vậy đối với tất cả các điểm trạng thái cần thiết ta đều đã biết các thông số áp suất, nồng độ, entanpi và nhiệt độ. Cần lưu ý thêm rằng những điểm không nằm trên đường sôi và đường ngưng, nhất thiết phải biết ba trong bốn thông số trên thì mới có thể xác định được điểm đó.

Tính toán nhiệt:

Nếu cân bằng nhiệt toàn thiết bị khi bỏ qua công suất bơm N_B ta có:

$$Q_0 + Q_H = Q_k + Q_A + Q_D \quad ; \quad \text{kJ/h}$$

Năng suất lạnh riêng của môi chất lạnh là:

$$q_0 = h_5 - h_4 \quad ; \quad \text{kJ/kg}$$

Năng suất nhiệt riêng ngưng tụ được tính tương tự:

$$q_k = h_1 - h_2 \quad ; \quad \text{kJ/kg}$$

Ta cũng có thể xác định q_0 và q_k một cách dễ dàng trên đồ thị $h - \xi$.

Cân bằng nhiệt của bình hấp thụ ta có:

$$m_6.h_6 + m_a.h_9 = Q_A + m_r.h_{10}, \quad \text{kJ/h}$$

Ở đây $m_6 = m_d$ là lưu lượng môi chất lạnh tuần hoàn trong hệ thống. Nếu chia phương trình cho m_d ta có:

$$\bar{m}_a.h_9 + h_6 = \frac{Q_A}{m_d} + \bar{m}_r.h_{10}, \quad \text{kJ/kg}$$

Gọi $q_{A,D}$ là nhiệt lượng hấp thụ riêng cho 1 kg môi chất lạnh ta có:

$$Q_{A,D} = \frac{Q_A}{m_d} = \bar{m}_a.h_9 + h_6 - \bar{m}_r.h_{10}, \quad \text{kJ/kg}$$

Trên đồ thị, đường thẳng 8-6 chính là đường biểu diễn quá trình hấp thụ. Đoạn thẳng b -10 trên đường ξ_r song song với trục tung, tương ứng với $q_{A,r} = Q_A/m_r$. Nếu lấy $q_{A,D} = Q_A/m_d$ làm chuẩn thì đoạn 6-a trên đường ξ_d chính là nhiệt lượng hấp thụ riêng $q_{A,D}$. Như đã nói ở trên, kí hiệu phụ D chỉ rõ thêm nhiệt lượng đó đã lấy chuẩn theo 1 kg môi chất lạnh. Cũng có thể ký hiệu đơn giản là q_A . Còn ký hiệu phụ r để chỉ nhiệt lượng đó lấy chuẩn theo 1 kg dung dịch đậm đặc, thí dụ $q_{A,r}$.

Nhiệt lượng ngưng tụ hồi lưu q_D và nhiệt lượng gia nhiệt q_H được xác định bằng cách cộng thêm một nhiệt lượng vào các giá trị tối thiểu q_{D1min} và $q_{H,rmin}$. Khi kéo dài đường đẳng nhiệt t_{12} trong vùng hơi ẩm các đường ξ_a và ξ_d ta sẽ được các giá trị tối thiểu trên. Giá trị cộng thêm phụ thuộc vào hiệu suất thiết bị biểu thị bằng đường chính trên đồ thị.

Điểm cực tối thiểu $\Pi_{D,min}$ là giao điểm của các đường đẳng nhiệt t_{12} kéo dài và đường ξ_d . Điểm cực tối thiểu $\Pi_{Hr,min}$ là nhiệt lượng hồi lưu tối thiểu lấy chuẩn cho một kilôgam môi chất.

Trong thực tế, q_D bao giờ cũng lớn hơn $Q_{D,min}$ nên Π_D nằm phía trên $\Pi_{D,min}$. Nối Π_D với điểm 12 ta sẽ được đường chính của quá trình cấp và thải nhiệt trong chu trình sinh hơi và hấp thụ của máy lạnh hấp thụ.

Theo các giá trị trên đồ thị $h - \xi$ ta có thể chứng minh dễ dàng phương trình cân bằng nhiệt của toàn hệ thống.

$$q_0 + q_{H,D} = q_k + q_{A,D} + q_D$$

Cũng từ hình trên ta có thể xác định được nhiệt lượng trao đổi ở hai thiết bị hồi nhiệt I và II.

Thiết bị hồi nhiệt I:

$$q_{HNI} = h_2 - h_3 = h_6 - h_5$$

Thiết bị hồi nhiệt II:

$$q_{HNII} = (h_{12} - h_{11}) \frac{\bar{m}_r}{\bar{m}_d}$$

$$\bar{m}_d = 1 ; \quad \bar{m}_r = \frac{\xi_d - \xi_a}{\xi_r - \xi_a}$$

Thay \bar{m}_d và \bar{m}_r vào phương trình và xét các tam giác đồng dạng 7 – 10 – 12 và 7 – c – a ta có:

$$q_{HNII} = h_a - h_c$$

Hay cũng chính bằng đoạn thẳng a - c. Nhiệt lượng đó cũng chính là nhiệt lượng thu hồi cấp trở lại trong bình sinh hơi. Ở bình hấp thụ người ta cũng đỡ tốn một lượng nước làm mát để lấy đi lượng nhiệt thừa đó.

* Bài tập chu trình máy lạnh hấp thụ $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$:

Bài tập 1: Cho máy lạnh hấp thụ $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ có nhiệt độ gia nhiệt $t_H = 100^\circ\text{C}$ với dòng nhiệt cấp công suất $Q_H = 1 \text{ MW}$. Hãy xác định năng suất lạnh của máy lạnh trong 2 trường hợp.

a) $t_0 = 5^\circ\text{C}$

b) $t_0 = -30^\circ\text{C}$

Nhiệt độ ngưng tụ trong cả hai trường hợp là $t_K = 25^\circ\text{C}$ và hiệu suất exergi $\nu = 0,3$.

Lời giải:

Hiệu suất exergi của chu trình được tính theo công thức:

$$\nu = \frac{E_0}{E_H}$$

Trong đó:

E_0 – Dòng exergi của năng suất lạnh:

$$E_0 = \frac{T_u - T_0^*}{T_0^*} \cdot Q_0$$

E_H – Dòng exergi của dòng nhiệt cấp:

$$E_H = \frac{T_H^* - T_u^*}{T_H^*} \cdot Q_H$$

Hệ số lạnh của máy lạnh hấp thụ:

$$\xi = \frac{Q_0}{Q_H} = \frac{Q_0}{E_0} \cdot \frac{E_H}{Q_H} \cdot \frac{E_0}{E_H} = \frac{T_0^*}{T_u - T_0^*} \cdot \frac{T_H^* - T_u^*}{T_H^*} \cdot \nu$$

Ở đây:

$$\begin{aligned} Q &= \xi \cdot Q_H = \frac{T_0}{T_k - T_0} \cdot \frac{T_H - T_k}{T_H} \cdot \nu \cdot Q_H \\ &= \frac{T_0}{298 - T_0} \cdot \frac{(373 - 298)}{373} \cdot 0,3.1 \text{ MW} \end{aligned}$$

$$Q_0 = 0,06 \cdot \frac{T_0}{298 - T_0} \text{ MW}$$

Vậy với:

$$t_0 = 5^{\circ}\text{C}, T_0 = 278 \text{ K}; Q_0 = 0,84 \text{ MW}$$

$$t_0 = -30^{\circ}\text{C}, T_0 = 243 \text{ K}; Q_0 = 0,27 \text{ MW}$$

Bài toán đã bỏ qua sự giảm hiệu suất exergi khi giảm nhiệt độ sôi, chúng ta vẫn thấy năng suất lạnh giảm mạnh khi nhiệt độ sôi giảm.

Bài tập 2: Cho biết máy lạnh hấp thụ $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ vận hành với $t_H = 130^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 30^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ bay hơi $t_0 = -15^{\circ}\text{C}$. Giả sử quá trình chưng cất làm việc hoàn thiện tới $\xi_d = 1 \text{ kg/kg}$ và nhiệt độ nước làm mát cho dàn ngưng tụ, dàn hấp thụ và dàn ngưng phụ là giống nhau.

Hãy xác định các chế độ làm việc của các thiết bị cao áp và hạ áp, giả thiết các chế độ làm việc không có tổn thất cũng như nồng độ của dung dịch đậm đặc và loãng.

Lời giải:

Chu trình máy lạnh hấp thụ $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ được biểu diễn trên hình 1.17.

Từ đồ thị $h - \xi$ của dung dịch $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ hình 1.2 chúng ta tra được các điểm nút của quá trình như sau:

Áp suất sôi p_0 và áp suất hấp thụ p_A là điểm cắt giữa $\xi_d = 1 \text{ kg/kg}$ và đường đẳng nhiệt $t_0 = -15^{\circ}\text{C}$ (điểm 3 trên đồ thị); tra được $p_0 = p_A = 0,23 \text{ MPa}$

Áp suất ngưng tụ bằng áp suất bình sinh hơi là điểm cắt giữa $\xi_d = 1 \text{ kg/kg}$ và đường đẳng nhiệt $t_k = 130^\circ\text{C}$ (điểm 2 trên đồ thị); tra được $p_k = p_H = 1,2\text{MPa}$

Nồng độ của dung dịch đậm đặc và dung dịch loãng chúng ta tra được như sau:

- Dung dịch đậm đặc ra khỏi dàn hấp thụ (trạng thái điểm 10) là giao điểm giữa p_0 với t_k . Từ đồ thị chúng ta tra được: $\xi_r = 0,42 \text{ kg/kg}$

- Dung dịch loãng ra khỏi bình sinh hơi (trạng thái điểm 7) là giao điểm giữa t_k với t_H . Từ đồ thị chúng ta tra được $\xi_a = 0,2 \text{ kg/kg}$

Vùng khử khí: $\Delta\xi = \xi_r - \xi_a = 0,42 - 0,2 = 0,22 \text{ kg/kg} > 0$

Bài tập 3: Xác định thông số các điểm nút cho máy lạnh hấp thụ $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ hình 1.6, chu trình được biểu diễn trên hình 1.17 cho biết:

- $t_H = 130^\circ\text{C}$; $t_k = 30^\circ\text{C}$; $t_0 = -15^\circ\text{C}$

- Tháp tinh luyện làm việc hoàn thiện đến $\xi_d = 1 \text{ kg/kg}$

- Nhiệt độ nước làm mát cho dàn ngưng, dàn hấp thụ và dàn ngưng phụ là giống nhau.

- Các hồi nhiệt I và II tính toán với $\Delta t_{\min} = 5\text{K}$

Lời giải:

Giả thiết bình sinh hơi và hấp thụ làm việc lý tưởng, không có quá lạnh sau ngưng tụ và quá nhiệt sau bay hơi.

Theo đầu bài chúng ta có:

$$t_1 = t_2 = t_{10} = t_k = 30^\circ\text{C}$$

$$t_4 = t_5 = t_0 = -15^\circ\text{C}; t_7 = t_H = 130^\circ\text{C}$$

Từ kết quả bài tập 2 chúng ta có: $p_0 = p_A = 0,23\text{MPa}$; $p_k = p_H = 1,2\text{MPa}$

Từ đồ thị $h - \xi$ của dung dịch $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ hình 1.2 chúng ta tra được các điểm nút của quá trình như sau:

Bảng 1.1 Thông số điểm nút của chu trình máy lạnh $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P, Mpa	1,2	1,2	1,2	0,23	0,23	0,23	1,2	1,2	0,23	0,23	1,2	1,2
t, °C	30	30	10	-15	-15	25	130	35	35	30	30	85
h, kJ/kg	1620	480	380	380	1480	1580	480	270	270	30	30	330
ξ , kg/kg	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,2	0,42	0,42	0,42
M	1	1	1	1	1	1	2,64	2,64	2,64	3,64	3,64	3,64

Đối với hồi nhiệt I hiệu nhiệt độ tối thiểu Δt_{\min} nằm ở phía nóng, như vậy:

$$t_6 = t_2 - \Delta t_{\min} = 30 - 5 = 25^\circ\text{C}$$

Từ đồ thị $lgp - h$ của NH_3 , nhiệt lượng do quá trình hơi trượt khi về bình hấp thụ có thể được xác định một cách dễ dàng:

$$h_6 - h_5 = 100 \text{ kJ/kg} \text{ mà } h_6 = 1580 \text{ kJ/kg} \Rightarrow h_5 = 1480 \text{ kJ/kg}$$

Phương trình cân bằng entanpi ở hồi nhiệt I ta có:

$$h_2 - h_3 = h_6 - h_5 \Rightarrow h_3 = h_2 - (h_6 - h_5) = 480 - 100 = 380 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{mà: } h_4 = h_3 = 380 \text{ kJ/kg}$$

Nhiệt độ điểm 3 (trạng thái lỏng quá lạnh) được đọc trên đồ thị $h - \xi$:

$$t_3 = 10^\circ\text{C}$$

Nếu quy định:

$$m_d = \frac{\dot{m}_d}{\dot{m}_d} = 1; \quad m_r = \frac{\dot{m}_r}{\dot{m}_d} = 1; \quad m_a = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_d} = 1$$

Là các đại lượng không thứ nguyên trong đó:

$$m_d = \frac{Q_0}{q_0} \text{ kg/s}$$

$$\text{Thì:} \quad m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = m_5 = m_6 = 1$$

Lưu lượng dung dịch đậm đặc không thứ nguyên:

$$m_r = \frac{\xi_d - \xi_a}{\xi_r - \xi_a} = \frac{1 - 0,2}{0,42 - 0,2} = 3,64$$

Lưu lượng dung dịch loãng không thứ nguyên:

$$m_a = m_r - m_d = 3,64 - 1 = 2,64$$

Công suất bơm có thể tính gần đúng theo công thức sau:

$$\frac{N_b}{m_d} = m_{10} (p_k - p_0) \cdot \frac{v_{10}}{\eta_b} \quad \text{với } v_{10} \cong 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg} \quad \text{và } \eta_b = 0,6$$

$$\text{Ta có:} \quad \frac{N_b}{m_d} = 3,64 (1,2 - 0,23) \cdot 10^6 \cdot \frac{10^{-3}}{0,6} = 6 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Và:} \quad (1 - \eta_b) \frac{N_b}{m_d} = 0,4 \cdot 6 = 2,4 \text{ kJ/kg}$$

Đó là giá trị rất bé, nằm trong phạm vi sai số khi đọc từ đồ thị nên có thể bỏ qua.

$$\text{Do đó:} \quad h_{11} \cong h_{10} = 30 \text{ kJ/kg}$$

Ở thiết bị hồi nhiệt II, hiệu nhiệt độ tối thiểu $\Delta t_{\min} = 5\text{K}$ nằm ở phía nhiệt độ thấp của hồi nhiệt, như vậy:

$$t_8 = t_{11} + \Delta t_{\min} = 30 + 5 = 35^\circ\text{C}$$

$$\text{Suy ra:} \quad h_8 = 270 \text{ kJ/kg} \quad (\text{lỏng quá lạnh})$$

Từ đồ thị có thể tra được điểm 8 (dung dịch loãng sau tiết lưu) vẫn ở trạng thái lỏng, do đó cả entanpi lẫn nhiệt độ đều không đổi.

$$h_9 = h_8 = 270 \text{ kJ/kg}; \quad t_9 = t_8 = 35^\circ\text{C}.$$

Entanpi của điểm 12 có thể xác định phương trình cân bằng năng lượng ở hồi nhiệt II.

$$h_{12} = \frac{m_a}{m_r} (h_7 - h_8) + h_{11} = 330 \text{ kJ/kg}$$

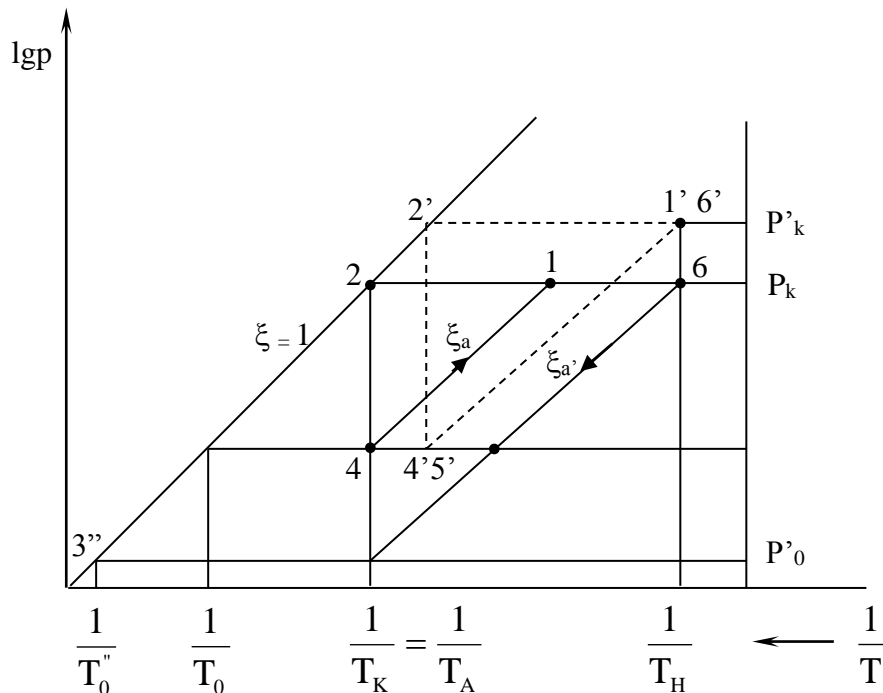
Điểm 12 nằm trên đường bão hòa lỏng có áp suất p_k . Nhiệt độ có thể xác định qua đường đẳng nhiệt đi qua điểm 12:

$$\text{Từ đồ thị tra được:} \quad t_{12} = 85^\circ\text{C}.$$

6. MÁY LẠNH HẤP THỤ HAI VÀ NHIỀU CẤP:

Đối với máy lạnh hấp thụ, điều kiện vùng khử khí phải dương $\Delta\xi > 0$ chỉ là điều kiện nhiệt động để duy trì máy lạnh hấp thụ hoạt động, nếu các điều kiện dẫn tới tỷ số nhiệt quá nhỏ thì người ta sử dụng máy lạnh hấp thụ hai hay nhiều cấp.

Đối với máy lạnh hấp thụ một cấp, các thông số t_k , t_0 và t_H có giá trị giới hạn không vượt qua được. Ta có thể thấy rõ giá trị giới hạn đó trên đồ thị $\lg p - (1/T)$.

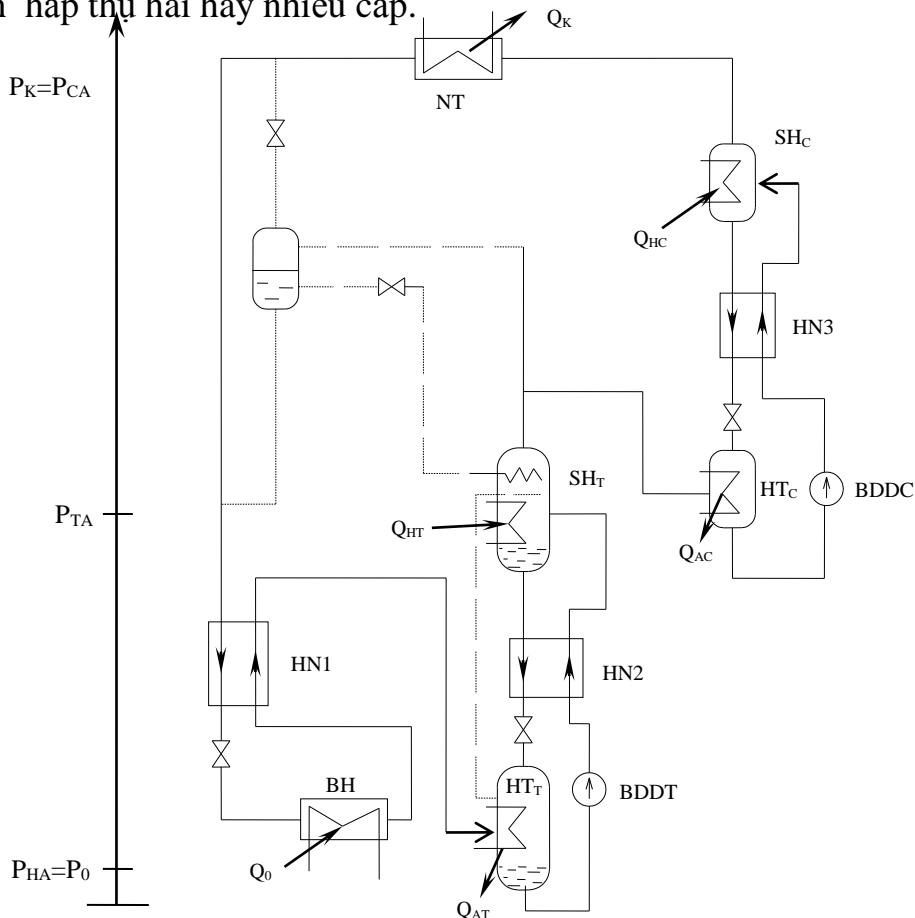


Hình 1.18 - Giá trị giới hạn của máy lạnh hấp thụ một cấp trên đồ thị $\lg p - 1/T$

Chu trình máy lạnh một cấp bình thường bao gồm quá trình sinh hơi 4 - 1 - 2 và 4 - 1 - 6.

Quá trình hấp thụ 6 – 5 - 4 và điểm 2 là ngưng tụ là 3 là bay hơi. Nếu giữ nguyên nhiệt độ gia nhiệt t_H khi t_k lớn lên, dịch dần về phía trái trong khi ξ_r nhỏ đi và dịch dần về phía phải. Khi nhiệt độ ngưng tụ tiến tới điểm 2' thì điểm 1' và 6' trùng lên nhau. Nồng độ dung dịch đậm đặc và dung dịch loãng bằng nhau, vùng khử khí bằng không, như vậy p'_k và ứng với nó là t'_k là giới hạn áp suất và nhiệt độ ngưng tụ. Tương tự như vậy khi giữ nguyên t_H và t_k hạ t_0 xuống t''_0 thì nồng độ dung dịch đậm đặc sẽ tiến tới nồng độ dung dịch loãng. Vùng khử khí bằng không. t''_0 là giới hạn nhiệt độ bay hơi.

Từ phương pháp tính toán đó người ta có thể dựng được đồ thị các nhiệt độ giới hạn cho máy lạnh hấp thụ 1 cấp. Đồ thị các nhiệt độ giới hạn cho máy lạnh hấp thụ 1 cấp với cặp môi chất $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ được biểu diễn trên hình 1.17. Những đường nhiệt độ giới hạn được xác định với giả thiết vùng khử khí $\Delta\xi = 0$, các quá trình hấp thụ, sinh hơi, chưng luyện là hoàn hảo và các quá trình trao đổi nhiệt là thuận nghịch. Các nhiệt độ giới hạn do đó là cực tiểu (t_0 và t_H) hoặc cực đại là t_k . Bởi vậy với các chu trình thực, tùy theo chất lượng của thiết bị phải điều chỉnh lại ± 10 đến $\pm 20\text{K}$. Ví dụ đối với nhiệt độ gia nhiệt $t_H = 100^\circ\text{C}$ nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 40^\circ\text{C}$, ta không thể đạt được nhiệt độ $t_0 = -12^\circ\text{C}$ mà chỉ đạt được từ -2 đến -8°C mà thôi. Muốn đạt được nhiệt độ thấp hơn nữa ta phải dùng máy lạnh hấp thụ hai hay nhiều cấp.



Hình 1.19 - Sơ đồ ghép nối máy lạnh hấp thụ hai cấp

Một tiết lưu và một cấp nhiệt độ bay hơi

— Hai tiết lưu, hai cấp nhiệt độ bay hơi, có ngưng tụ hồi lưu $\bar{c}\bar{h}\bar{o}$ bình sinh hơi cấp hạ áp

Các phương pháp lắp ghép các cấp của máy lạnh hấp thụ với nhau cũng tương tự như cách lắp ghép các cấp của máy lạnh nén hơi, trừ trường hợp ghép tầng rất ít được sử dụng trong máy lạnh hấp thụ. Ngoài ra có thể ghép máy lạnh hấp thụ với máy lạnh nén hơi, máy lạnh hấp thụ thông thường với máy lạnh hấp thụ ... để đạt nhiệt độ thấp hơn. Phương pháp lắp ghép máy lạnh 2 cấp đơn giản nhất được biểu diễn trên hình 1.19

Chu trình gồm hai bình sinh hơi và hai bình hấp thụ ứng với hai cấp áp suất thấp áp và cao áp SH_C , SH_T và HT_T , HT_C . Hơi môi chất sinh ra ở bình sinh hơi cao áp SH_C được đưa vào dàn ngưng tụ, hơi môi chất sinh ra ở bình sinh hơi thấp áp SH_T được đưa vào bình hấp thụ cao áp HT_C . Bình hấp thụ thấp áp HT_T hấp thụ hơi môi chất đi ra từ bình bay hơi. Ba thiết bị hồi nhiệt $HN1$, $HN2$, $HN3$ làm nhiệm vụ trao đổi nhiệt, tăng hiệu suất nhiệt cho chu trình lạnh. Trong trường hợp một tiết lưu và một chế độ bay hơi thì môi chất ra từ bình ngưng tụ sẽ đi thẳng tới $HN1$ qua tiết lưu rồi vào dàn bay hơi. Trường hợp có hai chế độ bay hơi thì cần hai van tiết lưu. Đầu tiên môi chất lỏng qua van tiết lưu thứ nhất vào bình trung gian có áp suất trung gian. Từ đây một phần lỏng bay hơi ở bình bay hơi nhiệt độ cao. Hơi này được dẫn trực tiếp vào bình hấp thụ cao áp. Phần lỏng còn lại dẫn qua $HN1$ rồi qua van tiết lưu 2 để bay hơi ở dàn bay hơi có nhiệt độ thấp hơn. Ở sơ đồ này người ta thường tách một phần lỏng từ bình trung gian để thực hiện ngưng tụ hồi lưu ở bình sinh hơi áp thấp. Như vậy bình ngưng và bình sinh hơi cao áp có áp suất cao p_k . Bình hấp thụ thấp áp và bình bay hơi nhiệt độ thấp có áp suất thấp p_0 . Các thiết bị như bình trung gian, bình bay hơi ở nhiệt độ cao, bình sinh hơi thấp áp, bình hấp thụ cao áp có áp suất trung gian p_{tg} . Thường người ta tính chọn p_{tg} sao cho tỷ số nhiệt đạt cực đại.

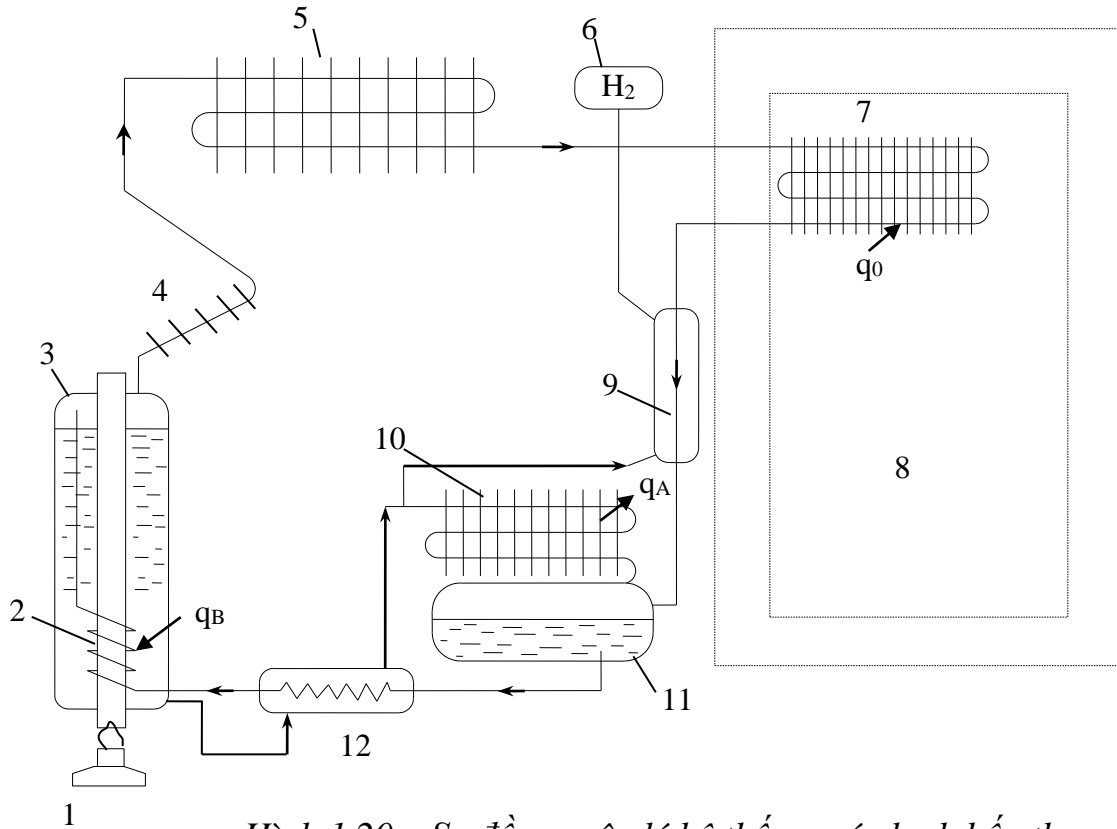
7. MÁY LẠNH HẤP THỤ KHUẾCH TÁN:

Có hai loại máy lạnh hấp thụ khuếch tán. Máy lạnh hấp thụ khuếch tán của Mauri người Thụy Điển có công suất lớn sử dụng trong công nghiệp. Máy này có nhiệt độ sôi thay đổi phù hợp với việc hạ thấp nhiệt độ không khí dàn xuống nhiệt độ yêu cầu nhằm nâng cao hiệu suất máy lạnh. Máy lạnh hấp thụ khuếch tán công suất lớn vẫn có bơm dung dịch là chi tiết chuyển động.

Nhưng ngày nay nói đến loại máy lạnh hấp thụ khuếch tán người ta thường nghĩ đến tủ lạnh hấp thụ gia đình, với công suất lạnh nhỏ. Sự ra đời của máy lạnh hấp thụ kiểu này xuất phát từ ý nghĩ chế tạo một máy lạnh hấp thụ hoàn toàn không có chuyển động. Để thực hiện điều đó phải dùng một loại khí trợ nạp vào hệ thống để cân bằng áp suất bay hơi với phần ngưng tụ và sinh hơi. Sự tuần hoàn dung dịch trong hệ thống được thực hiện bằng bơm xiphông do sự sai khác nhiệt độ dẫn tới độ chênh lệch khối lượng riêng và độ chênh cột lỏng.

Đầu tiên người ta sử dụng nito làm khí trợ nhưng thất bại vì nó có phần tử lượng gần bằng của amoniác. Ngày nay người ta dùng hydrô. Hydrô có tính khuếch tán tốt. Phần tử lượng nhỏ hơn nhiều của amoniác. Trong cùng áp suất

và nhiệt độ amôniac có xu thế lắng xuống còn hydro chuyển động lên do tỷ trọng khác nhau. Đó là điều kiện tiên quyết cho việc tuần hoàn chất trong hệ thống và cũng là lý do thử nghiệm thành công đối với hydro để cân bằng áp suất của hai kỹ sư Thụy Điển Platen và Munter.



Hình 1.20 – Sơ đồ nguyên lý hệ thống máy lạnh hấp thụ khuếch tán

1 - Đèn; 2 - Xiphông; 3 - Bình sinh hơi; 4 - Ngưng tụ hồi lưu; 5 - Dàn ngưng; 6 - Bình chứa H_2 ; 7 - Dàn bay hơi; 8 - Buồng lạnh; 9 - Hòì nhiệt dòng hơi; 10 - Dàn hấp thụ; 11 - Bình chứa dung dịch; 12 - Hòì nhiệt dung dịch lỏng.

* Nguyên tắc hoạt động:

Máy lạnh hấp thụ khuếch tán có 3 vòng tuần hoàn:

1 - Vòng tuần hoàn thứ nhất: Vòng tuần hoàn môi chất lạnh amôniac

Môi chất lạnh từ bình sinh hơi vào dàn ngưng, ngưng tụ rồi chảy vào dàn bay hơi hay còn gọi là dàn khuếch tán. Hơi NH_3 sẽ khuếch tán vào khí H_2 từ áp suất riêng phần bằng không lên đến áp suất tương ứng với nhiệt độ buồng lạnh sau đó theo khí H_2 lắng dần về dàn hấp thụ vì hỗn hợp $NH_3 + H_2$ nặng hơn. Sau khi được hấp thụ NH_3 dung dịch trở thành đậm đặc và được bơm xiphông bơm trở lại bình sinh hơi.

2 - Vòng tuần hoàn thứ 2: là vòng tuần hoàn của dung dịch.

Vòng tuần hoàn này cũng giống như ở máy lạnh hấp thụ bình thường. Dung dịch đậm đặc được bơm xiphông bơm xiphông bơm từ dàn hấp thụ vào bình sinh hơi. Dung dịch sau khi sinh hơi amôniac, trở thành dung dịch loãng. Do chênh lệch cột lỏng dung loãng tự chảy về dàn hấp thụ.

3 - Vòng tuần hoàn 3: Vòng tuần hoàn của hydro

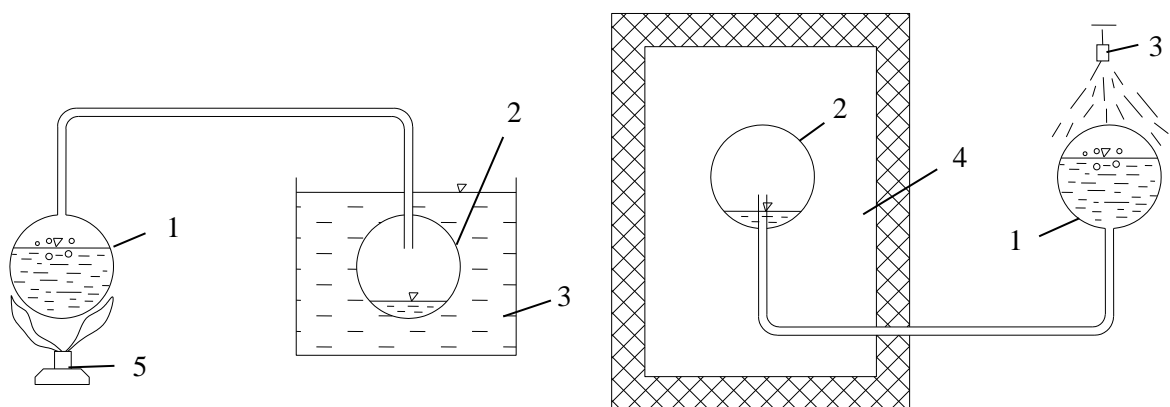
Khí hydro trong dàn khuếch tán theo hơi NH_3 lắng dần về dàn hấp thụ. Hơi NH_3 được dung dịch hấp thụ dần. Hỗn hợp càng ít hơi NH_3 càng nhẹ. Dòng hỗn hợp chuyển động dần lên đỉnh dàn hấp thụ. Khi hết hơi NH_3 , hydro chuyển động trở lại dàn bay hơi. Bình chứa hydro dùng để cân bằng áp suất khi nhiệt độ bên ngoài thay đổi.

Trong máy lạnh hấp thụ khuếch tán có bố trí hai thiết bị hồi nhiệt, một giữa NH_3 , H_2 vào và ra khỏi dàn bay hơi, một cho dung dịch loãng và dung dịch đậm đặc vào và ra khỏi bình sinh hơi. Bơm xiphông làm việc theo nguyên tắc thay đổi tỷ trọng. Dung dịch được đốt nóng sinh ra những giọt hơi nhỏ, bọt hơi có tác dụng kéo theo cả lỏng chảy vào bình sinh hơi.

Trong thực tế người ta không thể đạt được các vòng tuần hoàn lý tưởng. Ví dụ ở dàn ngưng lý thuyết là không có hydro nhưng thực tế là vẫn có lẫn một ít hydro, hoặc khi ra khỏi dàn hấp thụ hơi đó là hơi hydro tinh khiết nhưng thực chất vẫn có lẫn hơi amôniac và nước, tuy nhiên vẫn có thể bỏ qua khi tính toán.

8. MÁY LẠNH HẤP THỤ CHU KỲ:

Máy lạnh hấp thụ chu kỳ là loại máy lạnh đơn giản làm việc gián đoạn. Do nhược điểm là hệ số nhiệt nhỏ, khó tự động hóa, máy lạnh hấp thụ chu kỳ hầu như không được ứng dụng ngoài mục đích kết hợp với năng lượng mặt trời hoặc nhiệt thải công nghiệp.



Hình 1.21 - Nguyên tắc hoạt động của máy lạnh hấp thụ chu kỳ (Carre)

(a) Chu kỳ đốt nóng: 1 - Sinh hơi; 2 - Ngưng tụ; 3 - Nước làm mát; 5 - Đèn cồn. (b) Chu kỳ làm lạnh: 1 - Hấp thụ; 2 - Bay hơi; 3 - Nước làm mát; 4 - Buồng lạnh

Hình 1.21 mô tả thiết bị lạnh chu kỳ của Carré (Pháp) chế tạo vào giữa thế kỷ 19 dùng cặp môi chất NH_3 và H_2O . Thiết bị gồm hai bình chứa nối thông nhau bằng một đường ống. Bình 1 chứa đựng dung dịch đậm đặc, làm nhiệm vụ của bình sinh hơi và hấp thụ còn bình 2 là ngưng tụ và bay hơi. Ở chu kỳ đốt nóng, bình 1 (sinh hơi) được gia nhiệt bằng đèn còn bình 2 (ngưng tụ) được làm mát bằng nước. Hơi amôniac sinh ra ở bình 1 được ngưng tụ lại ở bình 2. Trong hệ thống có áp suất ngưng tụ. Đến chu kỳ làm lạnh, toàn bộ thiết bị được quay ngược lại. Bình 1 được làm mát bằng nước và trở thành bình hấp thụ, bình 2 trở thành bình bay hơi và đặt vào buồng cần làm mát để thu nhiệt của môi trường hay chất tải lạnh. Nhờ có ống nối bố trí sâu xuống giữa bình nên khi lật ngược lại NH_3 lỏng không thoát về bình hấp thụ được mà chỉ có hơi NH_3 thoát về. Do cách bố trí đầu ống phía bình 1 nên hơi dễ dàng đi vào bình ngưng tụ ở chu kỳ đốt nóng và lại sục qua dung dịch ở chu kỳ làm lạnh, làm tăng tốc độ hấp thụ lên rất nhiều.

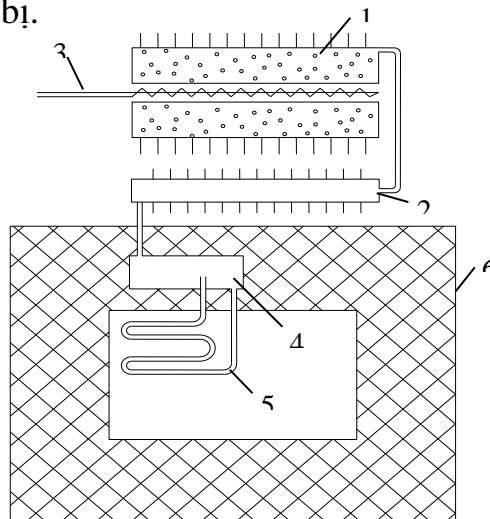
Cũng chính lý do hai chức năng ở chu kỳ đốt nóng và làm lạnh nên bình 1 còn được gọi là bình hấp thụ - sinh hơi, bình 2 là bình bay hơi - ngưng tụ.

Máy lạnh hấp thụ chu kỳ dùng chất hấp thụ lỏng có một số nhược điểm cơ bản là:

- Do đặc điểm vận hành nên khó tự động hóa chu trình
- Nước bị tích tụ lại ở dàn bay hơi sau nhiều chu kỳ làm việc
- Có nguy cơ gây nổ nếu quên chuyển chu kỳ đốt nóng sang chu kỳ làm

lạnh

- Khó bố trí đường hơi sục vào dung dịch ở chu kỳ làm lạnh. Ở trên người ta phải lật toàn bộ thiết bị.



Hình 1.22 - Nguyên tắc tủ lạnh Protos của Normeli

- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| 1 - Bình sinh hơi - hấp thụ | 4 - Bình chứa |
| 2 - Dàn ngưng | 5 - Dàn bay hơi |
| 3 - Dây điện trở | 6 - Vỏ cách nhiệt tủ lạnh |

Ngày nay máy lạnh hấp thụ chu kỳ có thể được giải quyết các tồn tại như nguy cơ gây nổ, phương pháp bố trí đường hơi, sự tích tụ nước trong dàn bay hơi và vấn đề tự động hóa. Sử dụng các chất hấp thụ rắn cũng có thể khắc phục được một số nhược điểm trên.

Hình 1.22 giới thiệu máy lạnh chu kỳ đơn giản của Normelli (Thụy Điển) do hãng Siemens chế tạo.

Máy lạnh này sử dụng cặp môi chất $\text{NH}_3/\text{CaCl}_2$ nên loại trừ được nguy cơ gây nổ khi kéo dài chu kỳ đốt nóng quá mức cũng như sự tích tụ dung dịch ở dàn bay hơi... Dây đốt điện đặt ở giữa bình sinh hơi - hấp thụ có nhiệm vụ gia nhiệt cho liên kết hóa học $\text{CaCl}_2 \cdot (2 \dots 8) \text{NH}_3$ để sinh hơi NH_3 . Hơi NH_3 sinh ra đi vào dàn ngưng tụ không khí, ngưng tụ lại và được chứa vào bình chứa. Đến chu kỳ làm lạnh, ngắt mạch điện cấp cho bình sinh hơi - hấp thụ. Nhiệt hấp thụ cũng được thải ra cho không khí làm mát bằng cánh tỏa nhiệt. Ở đây, có thể nhận ra ngay nhược điểm về mặt năng lượng của máy lạnh là: Nhiệt cấp cho bình sinh hơi trong chu kỳ đốt nóng sẽ bị tổn thất ra môi trường qua cánh tản nhiệt, hơi lạnh sôi trong dàn bay hơi cũng bị cánh tản nhiệt dàn ngưng làm nóng lên trước khi đi vào bình hấp thụ. Nhưng phải chấp nhận những nhược điểm đó để máy lạnh có kết cấu đơn giản như hình vẽ.

*** Các bước và cách thức thực hiện công việc:**

1. THIẾT BỊ, DỤNG CỤ, VẬT TƯ:

(Mỗi học sinh phải trang bị)

<i>TT</i>	<i>Loại trang thiết bị</i>	<i>Số lượng</i>
1	Giấy vở học sinh, bút viết	1 quyển, chiếc
2	Máy tính	1 chiếc
3	Giáo trình: Hệ thống máy lạnh khác	1 cuốn

2. QUI TRÌNH THỰC HIỆN:

2.1. Qui trình tổng quát:

<i>TT</i>	<i>Tên các bước công việc</i>	<i>Thiết bị - dụng cụ, vật tư</i>	<i>Tiêu chuẩn thực hiện công việc</i>	<i>Lỗi thường gặp, cách khắc phục</i>
1	Đại cương	Giấy vở học sinh, bút viết, máy tính, giáo trình	Trình bày được sự ra đời của máy lạnh hấp thụ, các ưu nhược điểm của nó.	Trình bày chưa đủ các ưu nhược điểm
2	Chu trình lý thuyết	Giấy vở học sinh, bút viết,	- Trình bày được nguyên tắc làm việc của máy lạnh hấp thụ	So sánh không hết các ưu nhược điểm

		máy tính, giáo trình	- So sánh được các ưu nhược điểm của máy lạnh hấp thụ so với máy lạnh nén hơi.	
3	Môi chất dùng trong máy lạnh hấp thụ	Giấy vở học sinh, bút viết, máy tính, giáo trình	- Trình bày được các tính chất của cặp môi chất sử dụng trong máy lạnh hấp phụ, hấp phụ. - Tra thành thạo các loại đồ thị của các cặp môi chất này.	Tra sai các thông số trên đồ thị Không biểu diễn được chu trình trên đồ thị
4	Máy lạnh hấp thụ nước/Bromualiti ($H_2O/LiBr$)	Giấy vở học sinh, bút viết, máy tính, giáo trình	-Trình bày được nguyên tắc hoạt động của chu trình. - Vẽ được đồ thị chu trình - Giải được một số dạng bài tập liên quan đến chu trình	Tra sai các thông số trên đồ thị Không biểu diễn được chu trình trên đồ thị
5	Máy lạnh hấp thụ amôniắc/nước	Giấy vở học sinh, bút viết, máy tính, giáo trình	-Trình bày được nguyên tắc hoạt động của chu trình. - Vẽ được đồ thị chu trình - Giải được một số dạng bài tập liên quan đến chu trình	Tra sai các thông số trên đồ thị Không biểu diễn được chu trình trên đồ thị
6	Máy lạnh hấp thụ hai và nhiều cấp	Giấy vở học sinh, bút viết, máy tính, giáo trình	- Vẽ được sơ đồ nguyên lý máy lạnh -Trình bày được nguyên tắc hoạt động của chu trình.	Vẽ sai sơ đồ nguyên lý Trình bày chưa đủ nguyên tắc hoạt động
7	Máy lạnh hấp thụ khuếch tán	Giấy vở học sinh, bút viết, máy tính, giáo trình	- Vẽ được sơ đồ nguyên lý máy lạnh -Trình bày được nguyên tắc hoạt động của chu trình.	Vẽ sai sơ đồ nguyên lý Trình bày chưa đủ nguyên tắc hoạt động
8	Máy lạnh hấp thụ chu kỳ:	Giấy vở học sinh,	- Vẽ được sơ đồ nguyên lý máy lạnh	Vẽ sai sơ đồ nguyên lý

		bút viết, máy tính, giáo trình	-Trình bày được nguyên tắc hoạt động của chu trình.	Trình bày chưa đủ nguyên tắc hoạt động
--	--	--------------------------------------	---	--

2.2. Quy trình cụ thể:

1. Đại cương
2. Chu trình lý thuyết
3. Môi chất dùng trong máy lạnh hấp thụ
4. Máy lạnh hấp thụ nước/Bromualiti ($\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$)
5. Máy lạnh hấp thụ amôniac/nước
6. Máy lạnh hấp thụ hai và nhiều cấp
7. Máy lạnh hấp thụ khuếch tán
8. Máy lạnh hấp thụ chu kỳ:
9. Kiểm tra

* Bài tập thực hành của học sinh, sinh viên:

1. Các dạng bài tập:

Bài 1: Xác định chu trình máy lạnh hấp thụ $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ cho biết:

- Máy lạnh hấp thụ dùng để sản xuất nước lạnh $t_0^* = 8^\circ\text{C}$ cho điều hòa không khí,

- Nước làm mát vào có nhiệt độ $t_{w1} = 30^\circ\text{C}$,
- Nước nóng dùng gia nhiệt bình sinh hơi có nhiệt độ $t_H^* = 90^\circ\text{C}$,
- Hiệu nhiệt độ tối thiểu trong các thiết bị trao đổi nhiệt $\Delta t_{\min} = 5\text{K}$,
- Năng suất lạnh $Q_0 = 100\text{ kW}$.

Hãy xác định lưu lượng môi chất lạnh và lưu lượng dung dịch tuần hoàn cũng như các điều kiện cực đoan của t_{w1} và t_H^* với các điều kiện tương tự để máy lạnh hấp thụ vẫn có khả năng hoạt động được về mặt nhiệt động.

Bài 2: Cho máy lạnh hấp thụ $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ có nhiệt độ gia nhiệt $t_H = 100^\circ\text{C}$ với dòng nhiệt cấp công suất $Q_H = 1\text{ MW}$. Hãy xác định năng suất lạnh của máy lạnh trong 2 trường hợp.

- a) $t_0 = 5^\circ\text{C}$
- b) $t_0 = -30^\circ\text{C}$

Nhiệt độ ngưng tụ trong cả hai trường hợp là $t_K = 25^\circ\text{C}$ và hiệu suất exergi $v = 0,3$.

Bài 3: Cho biết máy lạnh hấp thụ $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ vận hành với $t_H = 130^\circ\text{C}$, nhiệt độ ngưng tụ $t_K = 30^\circ\text{C}$, nhiệt độ bay hơi $t_0 = -15^\circ\text{C}$. Giả sử quá trình chưng cất làm việc hoàn thiện tới $\xi_d = 1\text{ kg/kg}$ và nhiệt độ nước làm mát cho dàn ngưng tụ, dàn hấp thụ và dàn ngưng phụ là giống nhau.

Hãy xác định các chế độ làm việc của các thiết bị cao áp và hạ áp, giả thiết các chế độ làm việc không có tổn thất cũng như nồng độ của dung dịch đậm đặc và loãng.

Bài 4: Xác định thông số các điểm nút cho máy lạnh hấp thụ NH₃/H₂O hình 1.6, chu trình được biểu diễn trên hình 1.17 cho biết:

- $t_H = 130^\circ\text{C}$; $t_k = 30^\circ\text{C}$; $t_0 = -15^\circ\text{C}$

- Tháp tinh luyện làm việc hoàn thiện đến $\xi_d = 1 \text{ kg/kg}$

- Nhiệt độ nước làm mát cho dàn ngưng, dàn hấp thụ và dàn ngưng phụ là giống nhau.

- Các hồi nhiệt I và II tính toán với $\Delta t_{\min} = 5\text{K}$

Bài 5: Máy lạnh ejector hơi nước dùng để làm lạnh nước cung cấp cho các hệ thống điều hòa không khí có công suất lạnh $Q_0 = 350 \text{ kW}$. Nhiệt độ nước lạnh ra khỏi thiết bị bay hơi $t_0 = 5^\circ\text{C}$, nhiệt độ nước làm mát vào thiết bị ngưng tụ $t_{w1} = 23^\circ\text{C}$. Hơi sử dụng là hơi nước bão hòa khô lấy từ lò hơi có hiệu suất $\eta = 80\%$, áp suất $p_H = 5\text{bar}$. Xác định các thông số nhiệt động cơ bản của máy lạnh và trình bày chu trình hoạt động trên đồ thị $h - s$.

2. **Chia nhóm:** Cả lớp

3. **Thực hiện qui trình tổng quát và cụ thể.**

* **Yêu cầu về đánh giá kết quả học tập:**

<i>Mục tiêu</i>	<i>Nội dung</i>	<i>Điểm</i>
Kiến thức	Vẽ đúng sơ đồ nguyên lý và đồ thị của chu trình Thuyết minh đúng nguyên tắc hoạt động Giải được các bài tập	4
Kỹ năng	Phân tích được các ưu nhược điểm của từng chu trình So sánh được ưu nhược điểm giữa các chu trình với nhau Biểu diễn quá trình và tra thành thạo các thông số trên đồ thị	4
Thái độ	- Chăm thận, lắng nghe, ghi chép, từ tốn, nghiêm túc, cẩn thận, tỉ mỉ, thực hiện tốt vệ sinh công nghiệp.	2
Tổng		10

* **Ghi nhớ:**

1 - Tính chất của các cặp môi chất

2 - Biểu diễn các thông số trên đồ thị

3 - Sơ đồ nguyên lý và đồ thị biểu diễn chu trình

4 - Nguyên tắc hoạt động của các chu trình

5 - Các phương pháp giải bài tập liên quan đến các chu trình

* **Kiểm tra cuối bài:**

Giảng viên thực hiện kiểm tra 1 tiết cả lý thuyết và bài tập.

*** Kiểm tra cuối bài:**

`Thực hiện kiểm tra 1 tiết cả lý thuyết và bài tập.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Kỹ Thuật lạnh cơ sở, Nhà Xuất bản GD – Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tùy
2. Bài tập kỹ thuật lạnh, Nhà Xuất bản GD – Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tùy
3. Năng lượng mặt trời lý thuyết và ứng dụng, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật – Hoàng Dương Hùng