

UBND THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG CAO ĐẲNG LÝ TỰ TRỌNG TP. HỒ CHÍ MINH
KHOA NHIỆT LẠNH

BÀI GIẢNG LÝ THUYẾT

CƠ SỞ KỸ THUẬT LẠNH

Biên soạn: Hoàng Văn Viết
Bậc: Cao đẳng và Trung cấp
Năm học: 2019-2020

(Lưu hành nội bộ)

KỸ THUẬT LẠNH

Số tiết học: 45 tiết kéo dài 15 tuần (3 tiết/tuần)

Đánh giá (20%)

Thi giữa học kỳ (30%)

Thi cuối học kỳ (50%)

Email: hoangvanviethd@gmail.com

Sdt: 0937.911.988

Nguồn tài liệu tham khảo

Sách, tài liệu chính:

- [1] TS. Nguyễn Thanh Hào, Kỹ thuật Lạnh, NXB ĐHQG TP.HCM, 2016
- [2] Võ Chí Chính, *Hệ thống máy và thiết bị lạnh*, NXB Khoa học kỹ thuật, 2007.

Mua sách tại: Nhà sách giáo trình Bách Khoa, ki ốt 61-62-63, 142 Tô Hiến Thành, P.14, Q.10, TP.HCM.

SĐT: 02838. 651. 212 – 02822. 409 897

Chương I: Cơ sở nhiệt động hệ thống lạnh

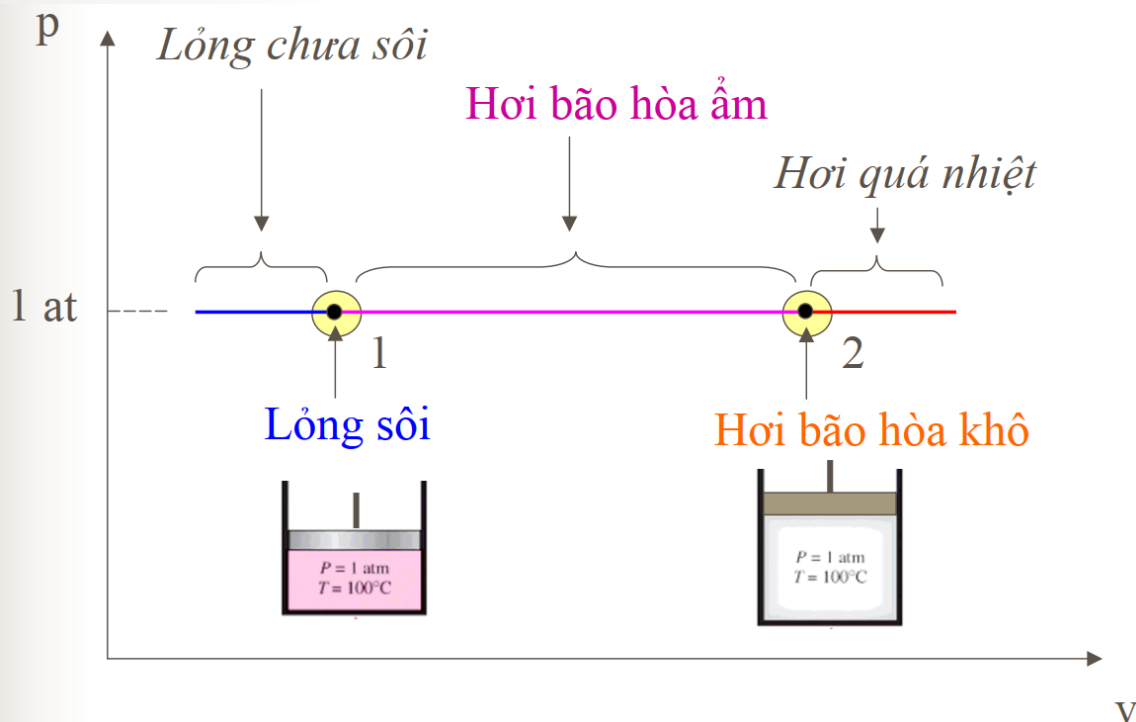
1.1. Quá trình nhiệt động

Là quá trình thay đổi **trạng thái** và **các thông số trạng thái** của các nguyên tử hay phân tử trong **chất môi giới** khi chúng di chuyển trên một quỹ đạo nhất định.

Trong giới hạn nhiệt động ta có thể qui ước:

Trạng thái

Thông số trạng thái



Nhiệt độ **T**

Áp suất **p**

Thể tích riêng **v**

Nội năng **u**

Entanpi **i**

Entropi **s**

Hệ nhiệt động (HND) là khoảng không gian chứa một lượng nhất định **CHẤT MÔI GIỚI** đang được khảo sát bằng các biện pháp nhiệt động.

Khi xem xét 1 HND, cần lưu ý

Chất môi giới ? **Nguồn nóng?** **Nguồn lạnh?**

Công và Nhiệt lượng trao đổi khi chất môi giới **biến đổi trạng thái**

Bề mặt ranh giới ngăn cách giữa chất môi giới và môi trường?

Phân loại hệ nhiệt động:

- + **HNĐ kín:** lượng chất môi giới trong hệ thống được duy trì không đổi, chất môi giới không thể đi xuyên qua bề mặt ranh giới ngăn cách giữa hệ thống và môi trường. (VD: máy lạnh)
- + **HNĐ hở:** chất môi giới có thể đi vào và đi ra khỏi hệ thống xuyên qua bề mặt ranh giới. (VD: động cơ đốt trong, tuabin khí, động cơ phản lực...)
- + **HNĐ đoạn nhiệt:** trong hệ thống này, chất môi giới *không có sự trao đổi nhiệt* với môi trường trong quá trình hoạt động.
- + **HNĐ cô lập:** trong hệ thống này, chất môi giới và môi trường *hoàn toàn không có bất kỳ sự trao đổi năng lượng nào* trong quá trình hoạt động.

Thông số trạng thái

Nhiệt độ **T**

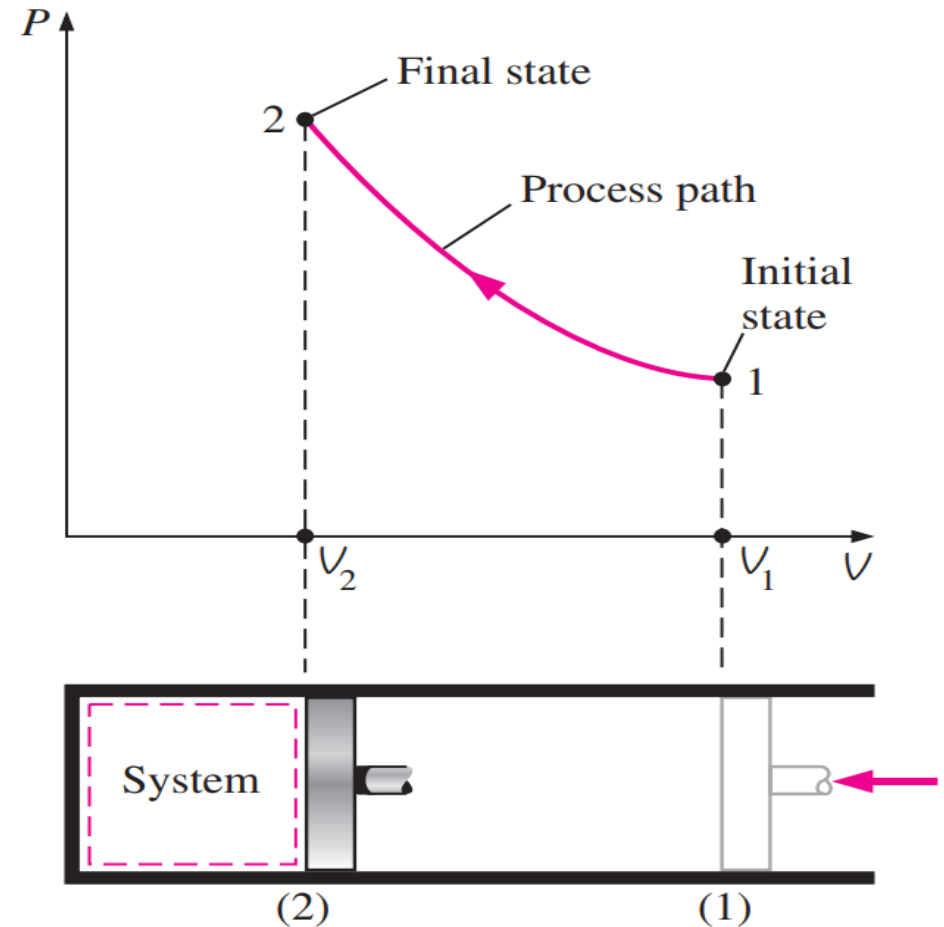
Áp suất **p**

Thể tích riêng **v**

Nội năng **u**

Entanpi **i**

Entropi **s**



1.3.1 Nhiệt độ T

- Là thông số trạng thái thể hiện **mức độ nóng lạnh** của vật
- Dụng cụ đo: Nhiệt kế (NK)

Nhiệt kế có 3 loại:

- + NK thủy ngân, NK rượu: dựa trên sự giãn nở của chất lỏng
- + NK điện trở: dựa trên sự thay đổi điện trở
- + Thermocouple: dựa trên sự thay đổi dòng điện
- Đơn vị:
 - + Độ bách phân ($^{\circ}\text{C}$):

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32)$$

- + Độ Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$):

$$^{\circ}\text{F} = 1,8^{\circ}\text{C} + 32$$

- + Độ Kelvin (K):

$$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$$

1.3.2 Áp suất p

Là lực tác dụng lên một đơn vị diện tích bề mặt ranh giới theo phương pháp tuyến với bề mặt đó.

$$p = \frac{F}{A} \left(\frac{N}{m^2} \right)$$

Đơn vị:

1 Pa (Pascal) = 1 N/m²;

1 bar = 10⁵ Pa = 750 mmHg;

1 at = 0,981 bar = 10 mH₂O = 735,6 mmHg;

1 mmHg = 133,3 N/m²

1 mmH₂O = 9,81 N/m²

1 at = 1 kgf/cm² = 9,81 N/ cm² = 9,81.10⁴ N/m² = 14,223 psi

1.3.3 Thể tích riêng v

Là thể tích ứng với một đơn vị khối lượng

$$v = \frac{V}{G} \left(\frac{m^3}{kg} \right) \qquad v = \frac{1}{\rho}$$

Trong đó:

- + G : Khối lượng của khối chất môi giới đang khảo sát (kg)
- + V : Thể tích choán chỗ của khối chất môi giới đó (m^3)
- + ρ : Khối lượng riêng của khối chất môi giới đang khảo sát (kg/m^3)

1.3.4 Nội năng u

- Nội năng là năng lượng bên trong, gây ra do chuyển động và tương tác giữa các phân tử trong vật thể. Nội năng là loại thông số trạng thái **không đo trực tiếp được** mà phải tính toán.
- Nội năng U của một hệ thống bao gồm:
 - + Động năng U_d do chuyển động tịnh tiến, chuyển động quay của các phân tử, và do các dao động trong nội bộ phân tử bên trong hệ thống
 - + Thế năng U_t do lực tương tác giữa các phân tử trong hệ thống

$$U = U_d + U_t$$

- Nếu khảo sát 1kg khối lượng chất môi giới:

$$u = u_d + u_t \text{ (kJ/kg)}$$

Trọng đó: u_d là nội động năng; u_t là nội thế năng của 1 kg khối lượng

- Đơn vị: **kJ, kcal, kWh** (hệ SI) hoặc **BTU** (British Thermal Unit)

Lưu ý: trong các bài toán về nhiệt động, nói chung không cần biết giá trị tuyệt đối của nội năng mà chỉ cần biết **lượng biến đổi nội năng**.

1.3.5 Entanpi i

- Là loại thông số trạng thái không đo trực tiếp được mà phải tính toán hoặc tra bảng.
- Entanpi của 1 kg khối lượng chất môi giới được tính theo công thức:

$$i = u + pv \quad (kJ / kg)$$

Lưu ý: trong các bài toán về nhiệt động, nói chung không cần biết giá trị tuyệt đối của entanpi mà chỉ cần biết lượng biến đổi entanpi.

1.3.5 Entropi s

- Lượng biến đổi entropi ds của 1kg khối lượng chất môi giới trong 1 quá trình thuận nghịch được tính theo công thức:

$$ds = \frac{\delta q}{T} \quad \text{hay} \quad dS = \frac{\delta Q}{T}$$

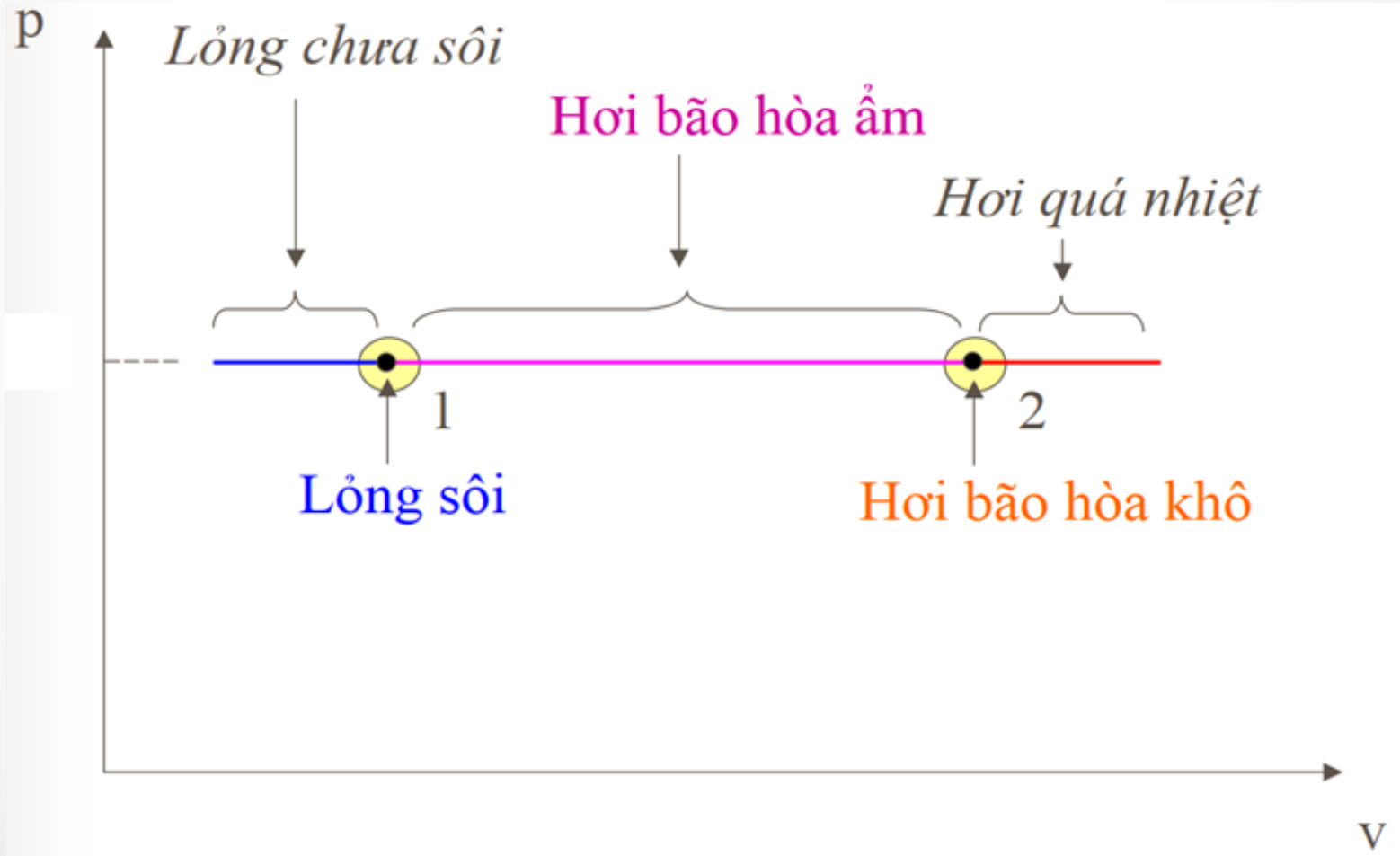
Cho G kg chất môi giới ta có $dS = G \cdot ds$

Trong đó:

- + δq là nhiệt lượng trao đổi giữa chất môi giới và môi trường trong quá trình thuận nghịch vô cùng bé
- + T là nhiệt độ tuyệt đối [K]
- Đơn vị: kJ/kg.K hoặc kcal/kg.K

1.4. Trạng thái của môi chất

Trong các hệ thống lạnh, môi chất sử dụng là chất thuần khiết, tồn tại dưới 5 trạng thái sau:



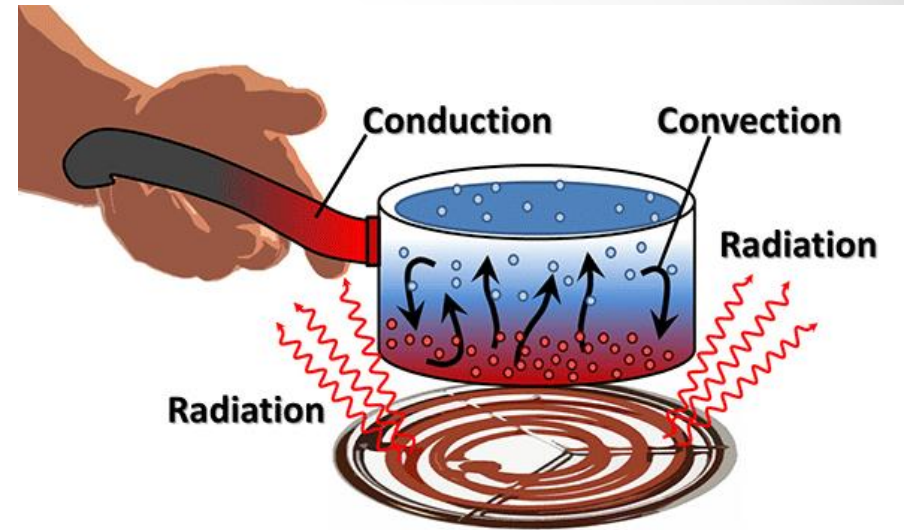
- **Lỏng chưa sôi** cũng được gọi là lỏng quá lạnh, đây là trạng thái môi chất tồn tại ở thể lỏng tương ứng với áp suất bão hòa nhưng nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ bão hòa.
- **Lỏng sôi** cũng được gọi là bão hòa lỏng hay lỏng bão hòa, đây là trạng thái môi chất tồn tại ở thể lỏng tương ứng với nhiệt độ và áp suất bão hòa.
- **Hơi bão hòa khô** là trạng thái môi chất ở thể khí hoàn toàn (Không chứa lỏng) có nhiệt độ và áp suất bão hòa.
- **Hơi quá nhiệt** là trạng thái môi chất ở thể khí hoàn toàn (Không chứa lỏng) có áp suất bão hòa nhưng nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ bão hòa.

- **Hơi bão hòa ẩm** là trạng thái môi chất tồn tại dưới dạng hỗn hợp giữa môi chất **lỏng bão hòa** và **hơi bão hòa khô**. Trạng thái cụ thể của hơi bão hòa ẩm được xác định dựa vào độ khô x , là **tỉ lệ** giữa **khối lượng hơi bão hòa khô** và **tổng khối lượng** của môi chất **lỏng bão hòa** và **hơi bão hòa khô**

$$x = \frac{G_h}{G} = \frac{G_h}{G_l + G_h}$$

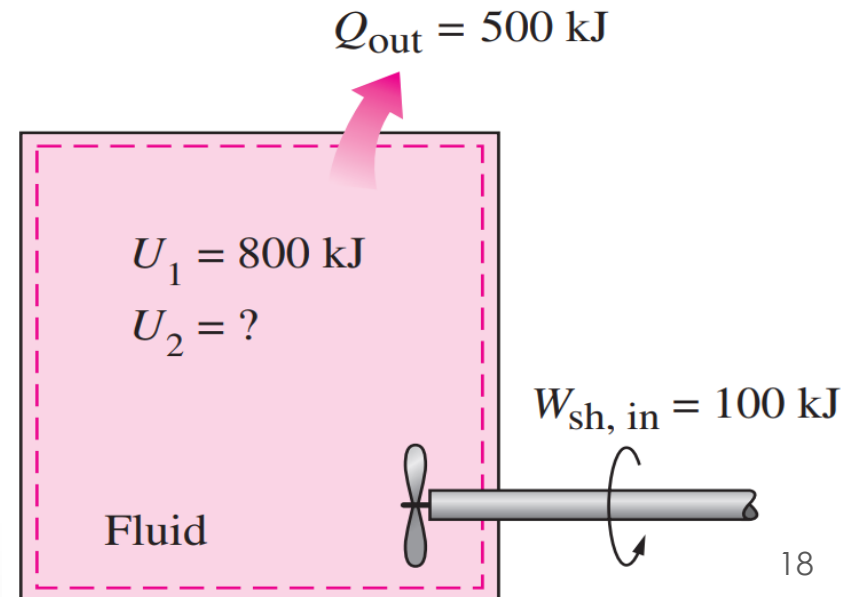
Nhiệt lượng

Là lượng nhiệt truyền từ vật có nhiệt độ ấm hơn sang vật có nhiệt độ mát hơn. Nhiệt lượng tồn tại dưới dạng động năng.



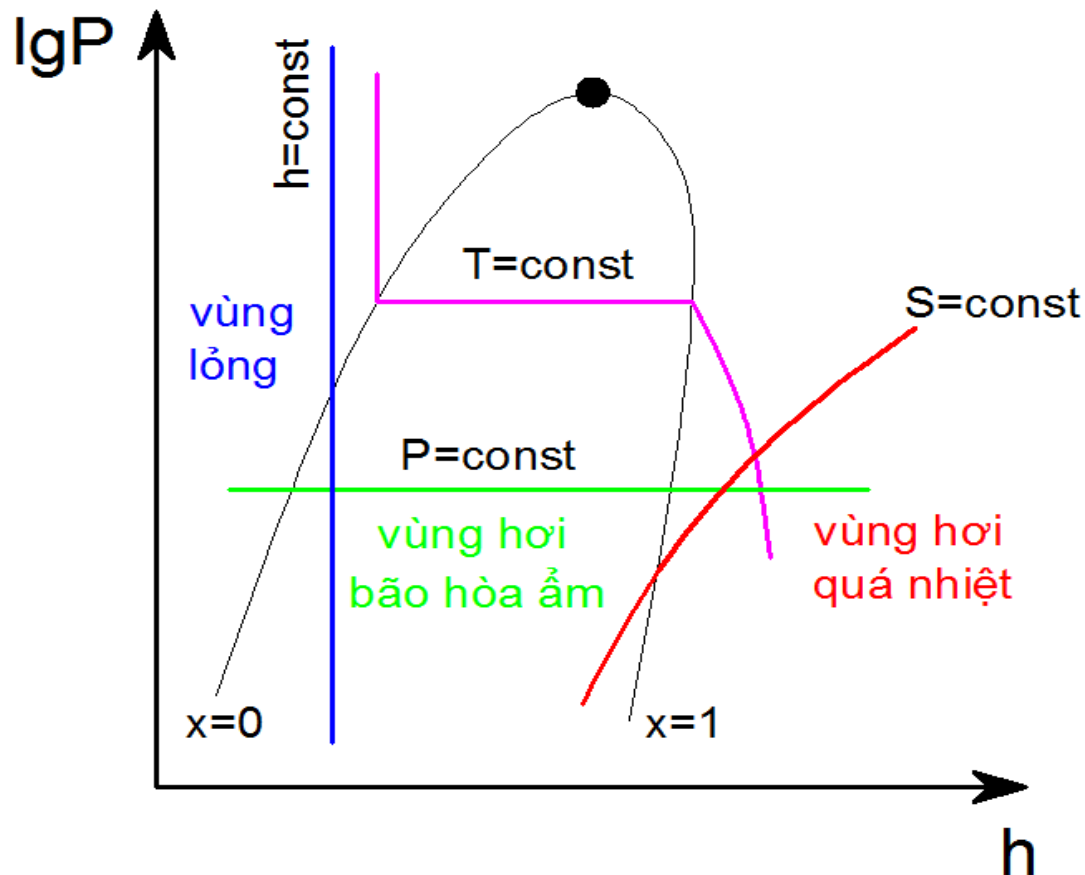
Công

Là lực tác dụng trên một quãng đường hay là quá trình truyền năng lượng qua lớp biên giữa hai hệ thống.

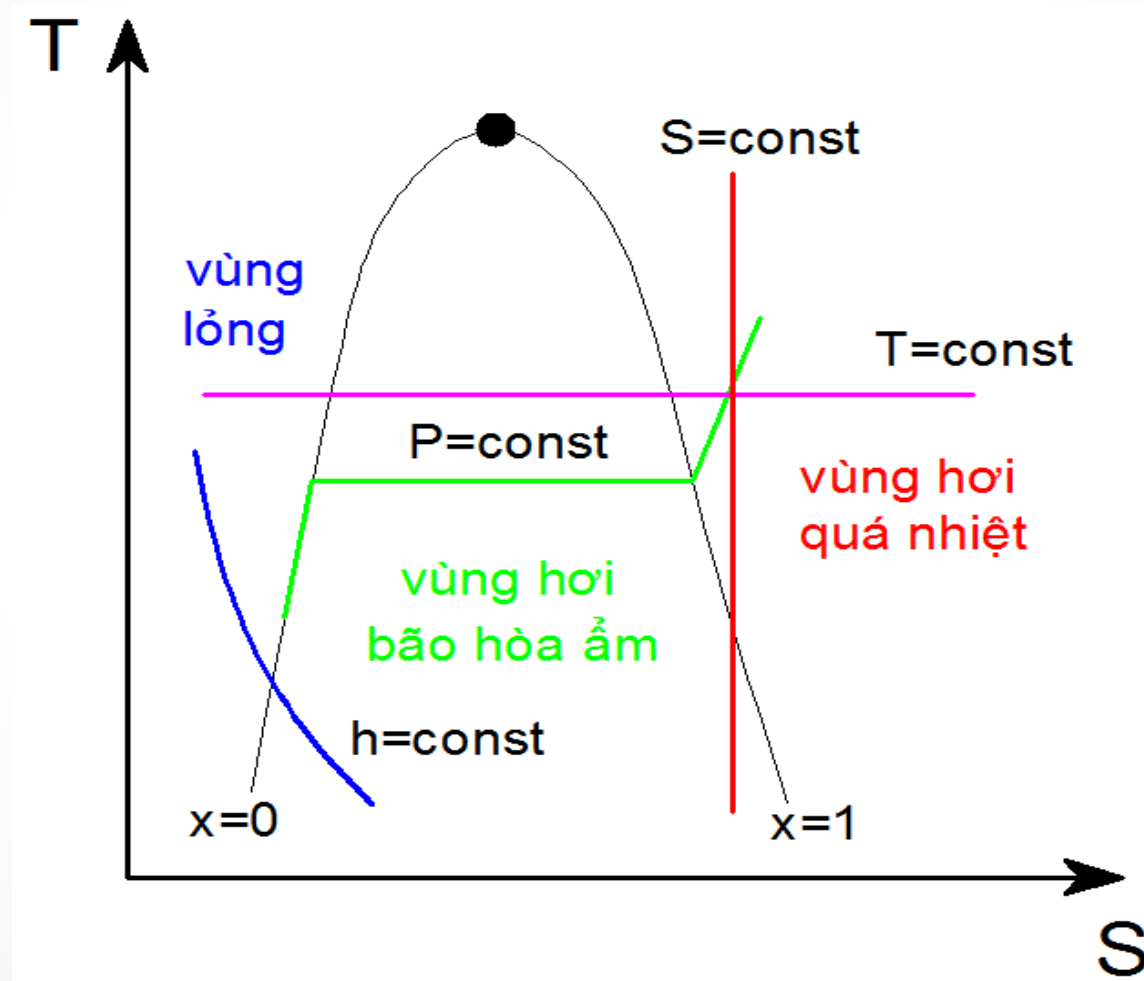


1.6.1 Giảm đồ LgP-h

Chú ý: Tùy theo sách tham khảo, có nơi gọi là Giảm đồ LgP-h, cũng có nơi gọi là giảm đồ LgP-i nhưng bản chất là giống nhau, chỉ khác ở đây cách đặt entanpi là chữ cái **h** hay **i**.



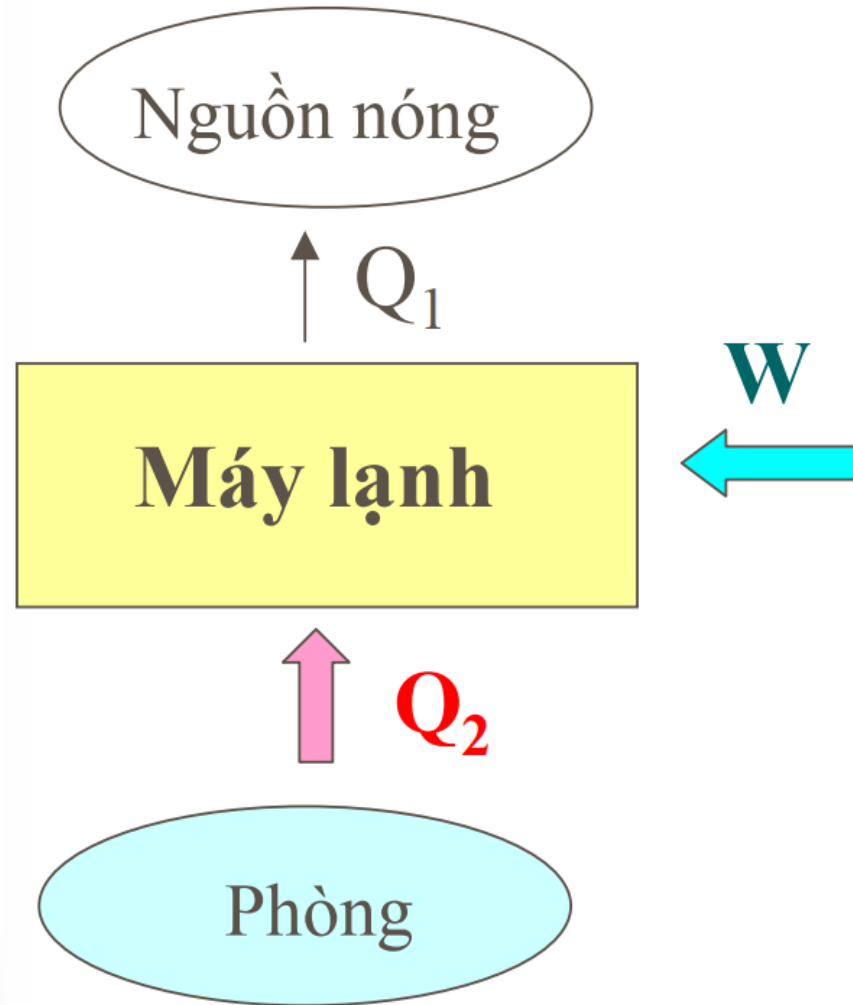
1.6.1 Giảm đồ T-s



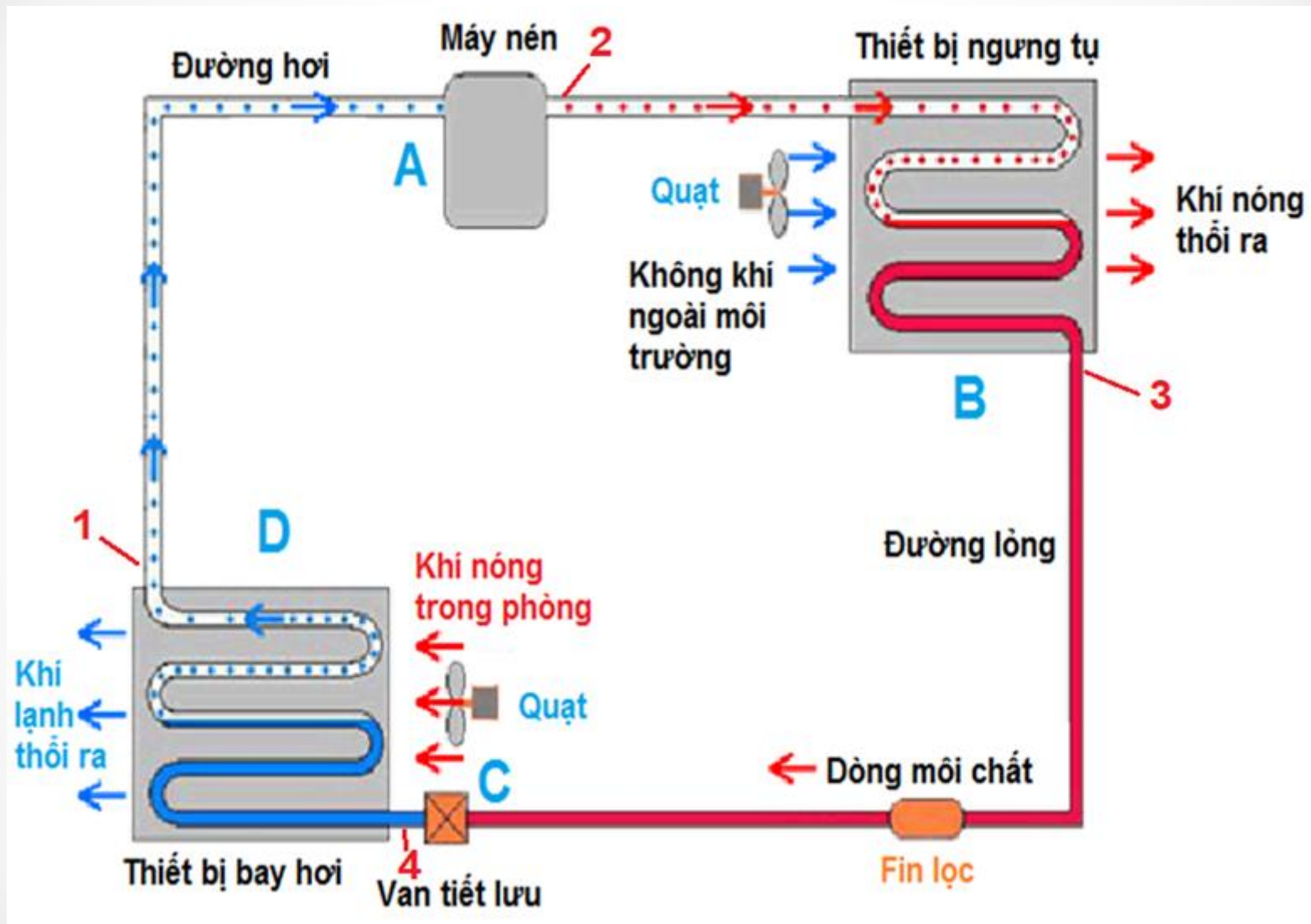
Chương II: Máy lạnh nén hơi

2.1. Nguyên lý làm lạnh của máy lạnh nén hơi

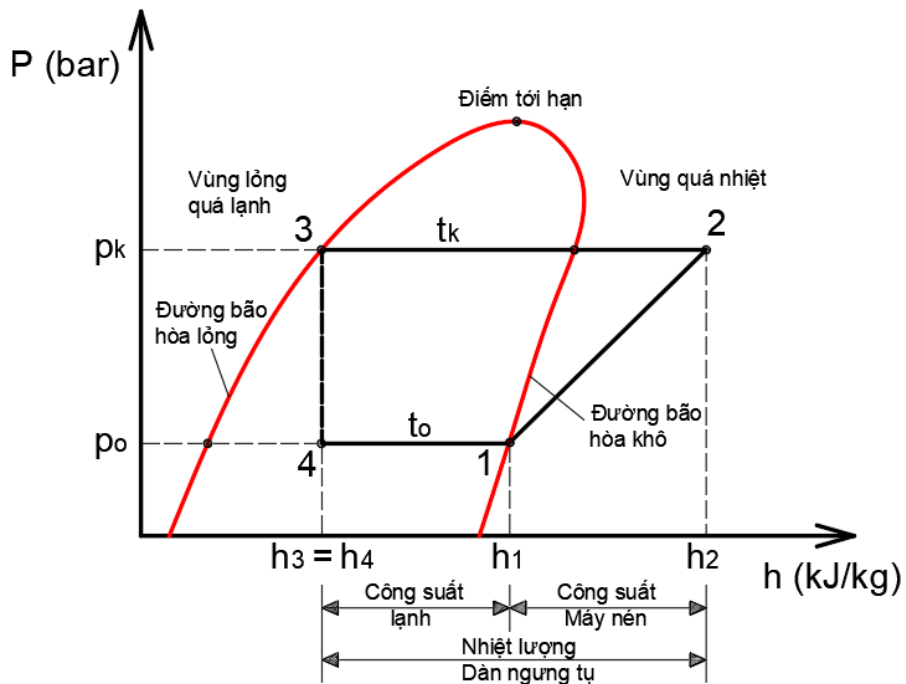
Máy lạnh nén hơi hoạt động theo chu trình ngược chiều:
 Chuyển **CÔNG** thành **NHIỆT NĂNG**



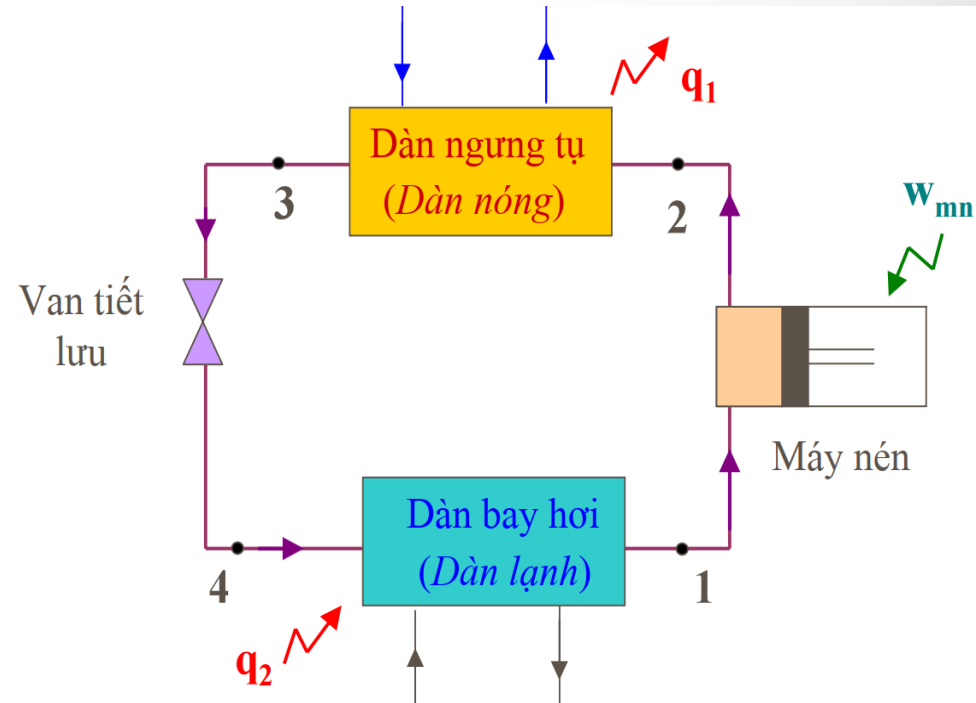
2.1. Nguyên lý làm lạnh của máy lạnh nén hơi



2.1. Nguyên lý làm lạnh của máy lạnh nén hơi



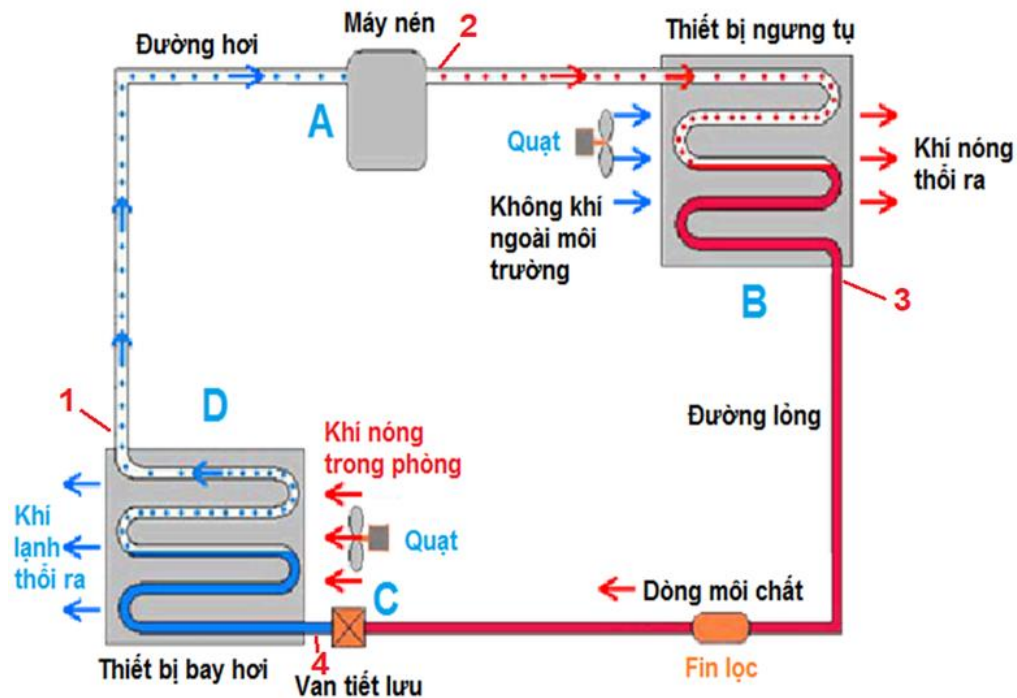
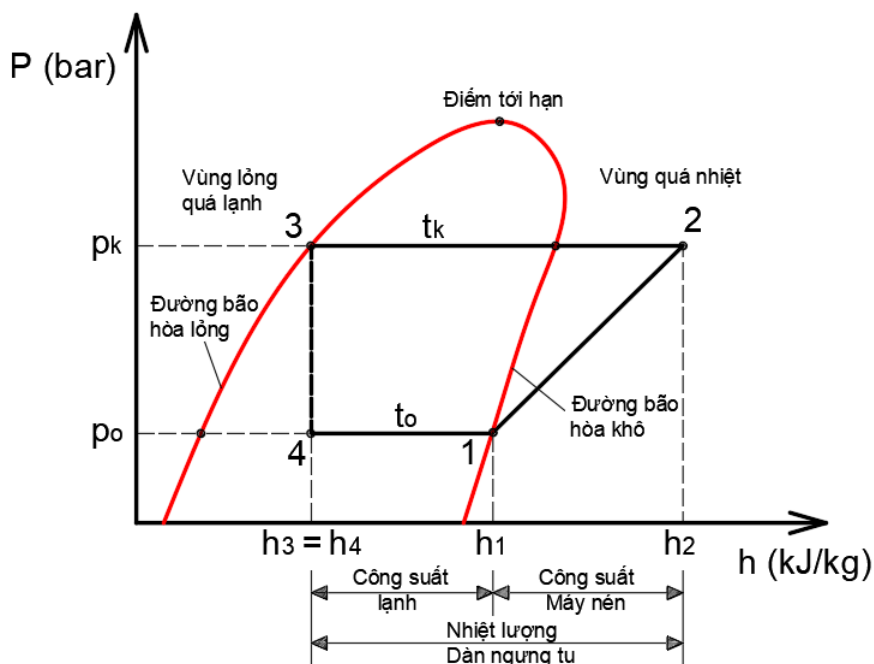
Giản đồ lgp-h



Sơ đồ nguyên lý máy lạnh nén hơi

2.2. Hiệu ứng của quá trình làm lạnh

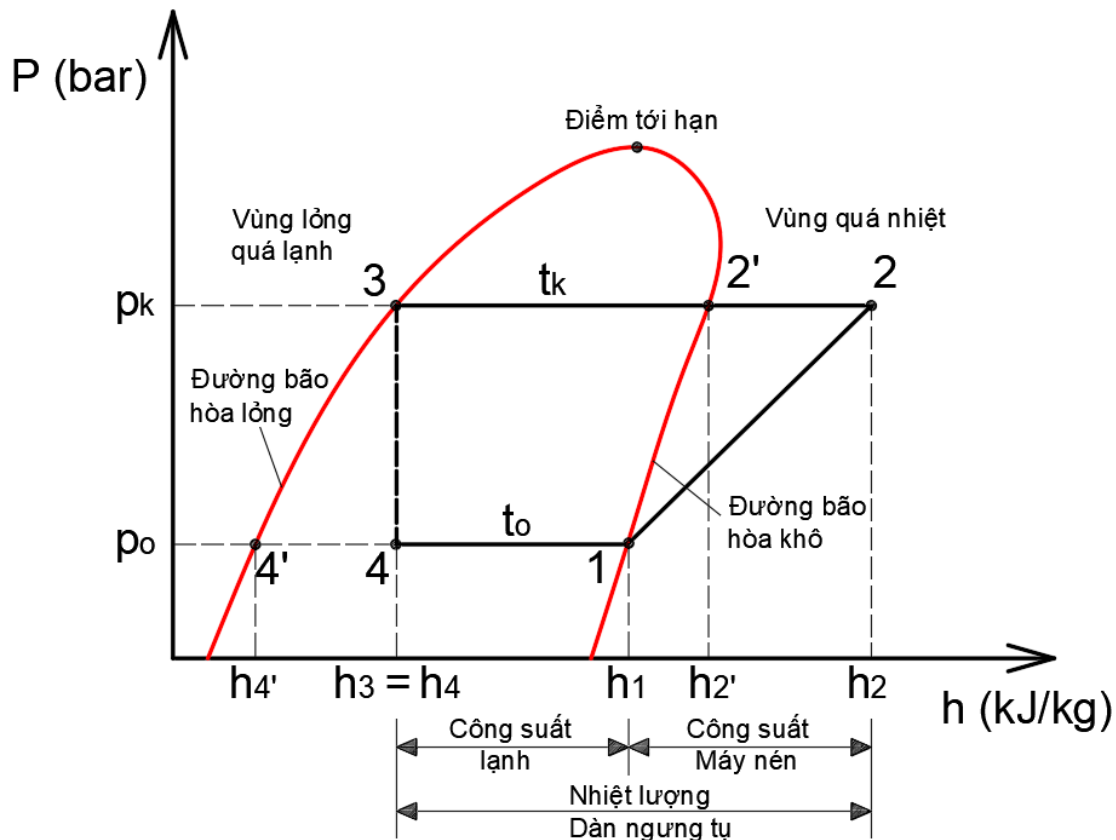
Hiệu ứng của quá trình làm lạnh diễn ra tại thiết bị bay hơi (Dàn lạnh), tác nhân lạnh đi vào dàn lạnh là hơi bão hòa ẩm (điểm 4), là hỗn hợp giữa lỏng bão hòa và hơi bão hòa khô. Sau khi nhận nhiệt từ không gian cần làm lạnh, lượng lỏng bão hòa sẽ bay hơi hoàn toàn thành hơi bão hòa khô (điểm 1)



Hiệu ứng của quá trình làm lạnh được đánh giá bằng năng suất lạnh:

$$q_o = h_1 - h_4 \quad (\text{kJ} / \text{kg})$$

2.3. Công suất làm việc của máy nén



+ Công suất của máy nén ứng với 1 kg môi chất lạnh:

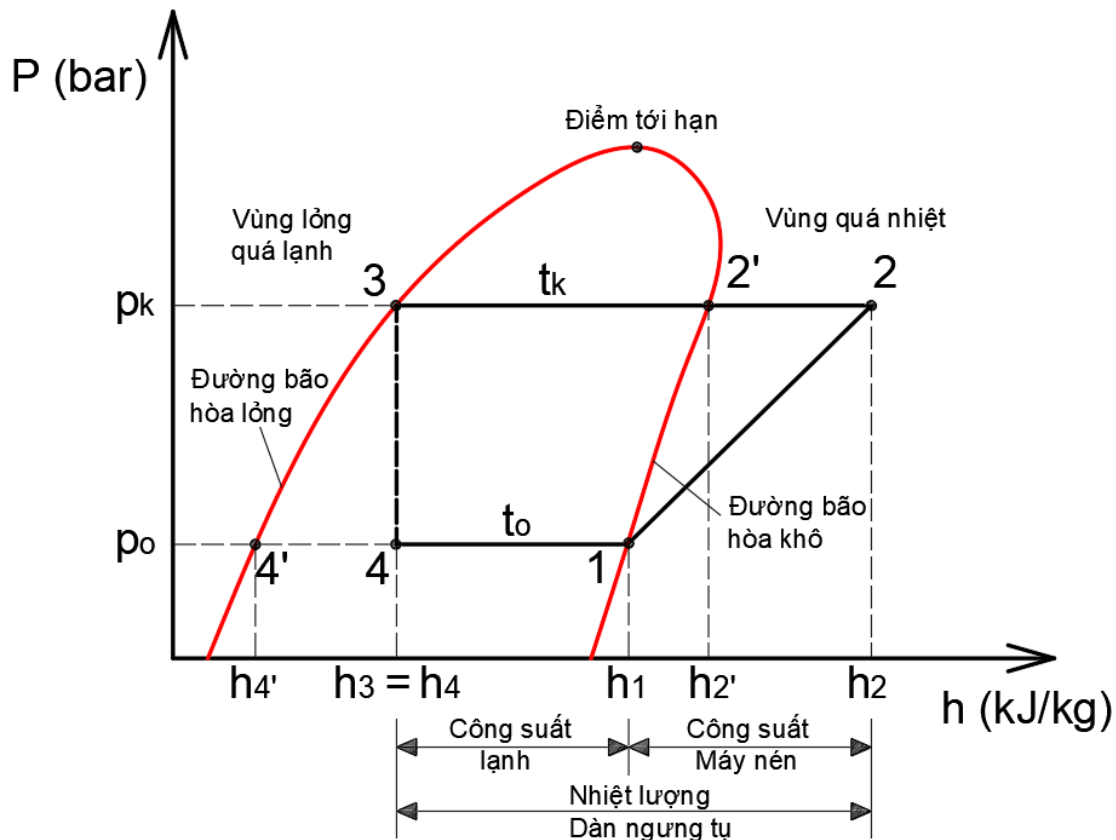
$$l_o = h_2 - h_1 \text{ (kJ / kg)}$$

+ Công suất của máy nén ứng với m (kg/s) môi chất lạnh:

$$L_o = m.(h_2 - h_1) \text{ (kW)}$$

Với m là lưu lượng môi chất lạnh (kg/s)

2.4. Nhiệt lượng của dàn ngưng



+ Nhiệt lượng 1 kg môi chất lạnh tỏa ra trong dàn ngưng:

$$q_k = h_2 - h_3 \quad (\text{kJ} / \text{kg})$$

+ Nhiệt lượng của m (kg/s) môi chất lạnh tỏa ra trong dàn ngưng:

$$Q_k = m \cdot (h_2 - h_3) \quad (\text{kW})$$

Với m là lưu lượng môi chất lạnh (kg/s)

Hiệu suất của chu trình (hệ số làm lạnh) là tỉ số giữa năng suất lạnh và công suất làm việc riêng của máy nén:

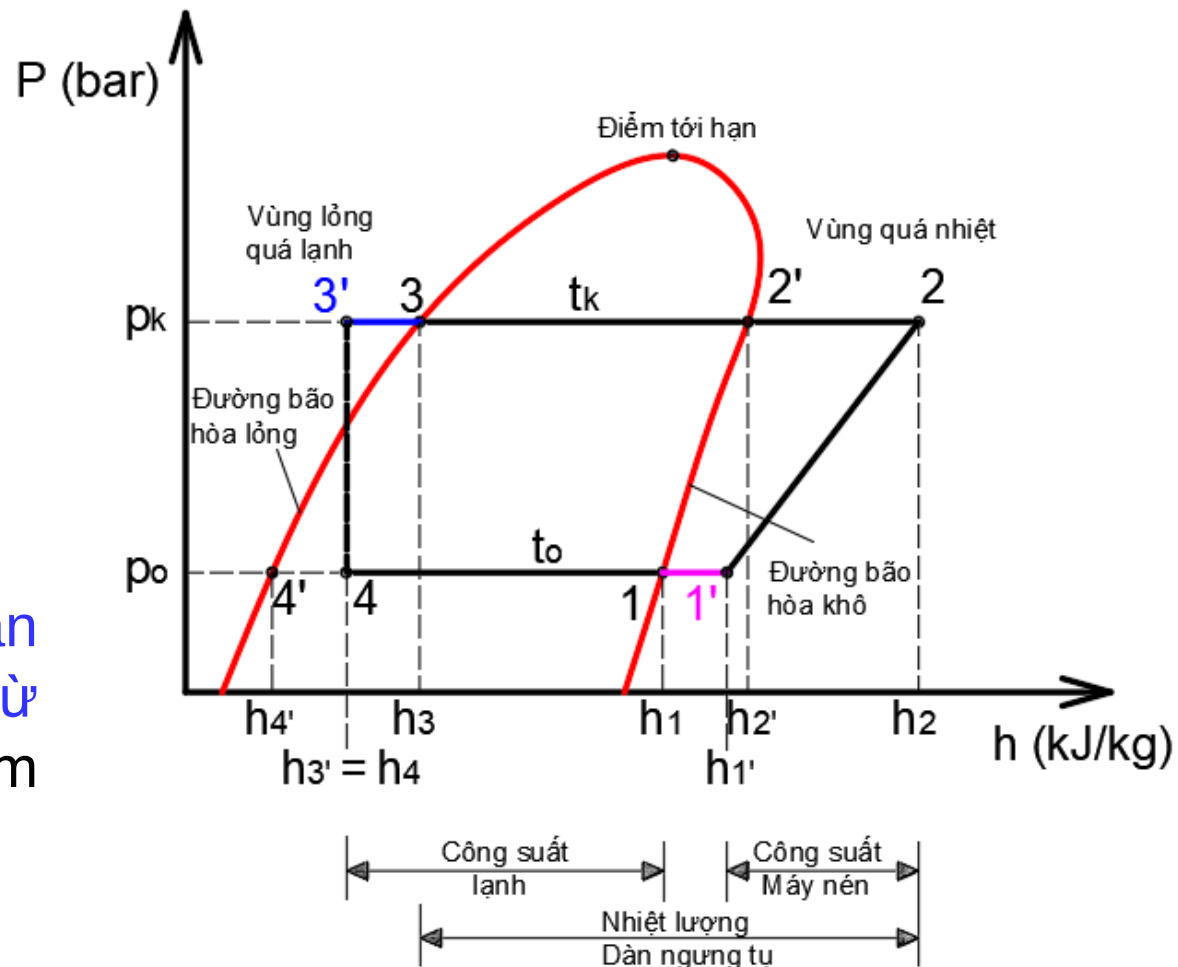
$$COP = \frac{q_o}{l_o} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

2.6. Chu trình máy lạnh nén hơi thực

Chu trình máy nén hơi thực là chu trình quá lạnh, quá nhiệt

- Hơi môi chất ra khỏi dàn lạnh được quá nhiệt từ nhiệt độ T_1 đến T_1' để bảo vệ máy nén không hút lỏng từ dàn lạnh, tránh hư hại piston, suppat.

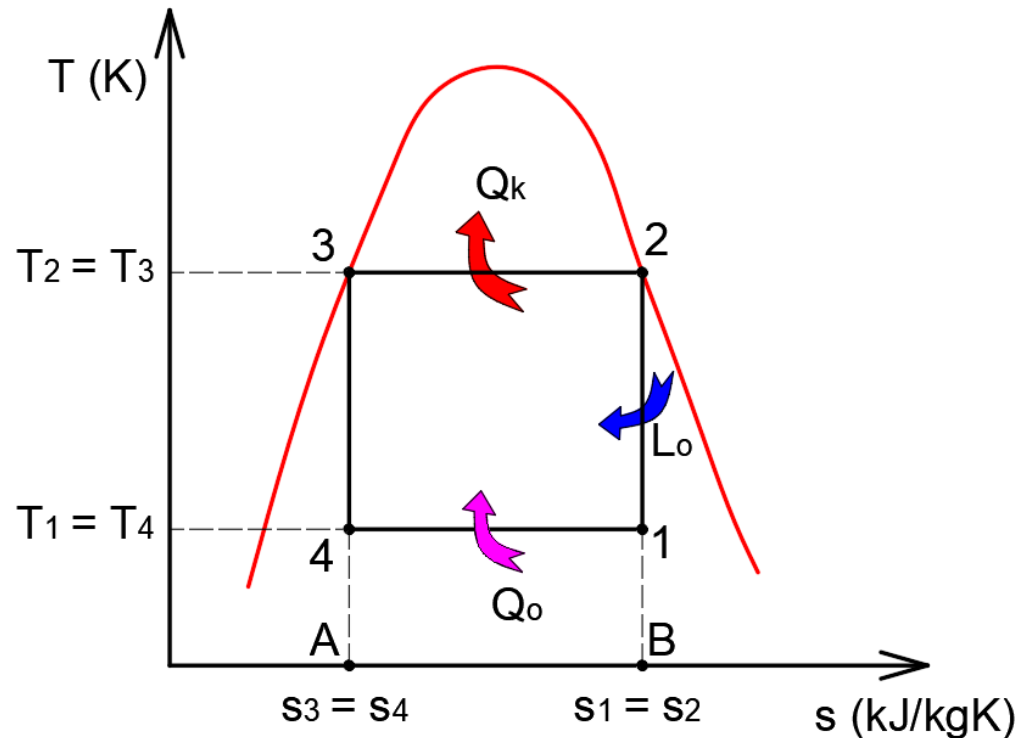
- Lỏng môi chất ra khỏi dàn ngưng được quá lạnh từ nhiệt độ T_3 đến T_3' nhằm tăng năng suất làm lạnh



Chương III: Chu trình lạnh một cấp

Chu trình Carnot ngược chiều là chu trình lạnh có hiệu suất nhiệt cao nhất. Chu trình Carnot ngược chiều bao gồm 4 quá trình đoạn nhiệt thuận nghịch.

- Quá trình bay hơi đẳng nhiệt, đẳng áp 4-1, nhận nhiệt Q_o
- Quá trình nén hơi ẩm đoạn nhiệt 1-2, nhận công L_o
- Quá trình ngưng tụ đẳng nhiệt đẳng áp 2-3, nhả nhiệt Q_k
- Quá trình giãn nở đoạn nhiệt 3-4



Hiệu suất của chu trình (Hệ số làm lạnh COP):

$$COP_{Carnot} = \frac{Q_o}{L_o} = \frac{Q_o}{|Q_K| - Q_o} = \frac{dt(A41B)}{dt(1234)} \Rightarrow COP_{Carnot} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{1}{\frac{T_1}{T_2} - 1}$$

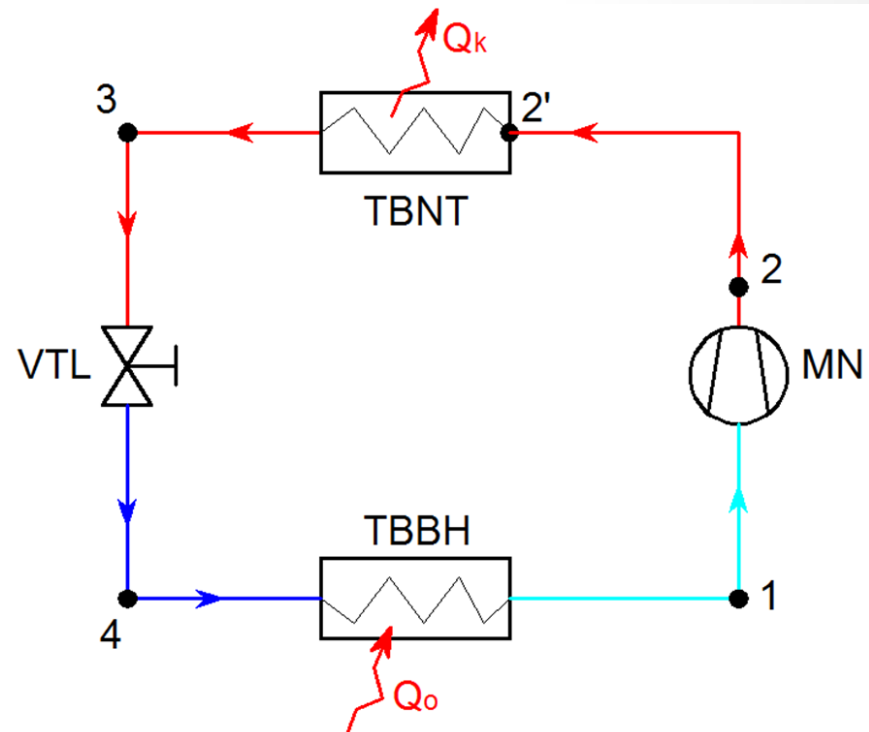
3.2.1. Định nghĩa

Chu trình khô là chu trình có hơi hút về máy nén là hơi bão hoà khô.

3.2.2. Sơ đồ nhiệt và nguyên lý hoạt động

Trạng thái điểm nút:

- 1: Hơi bão hòa khô ở P_o, t_o
- 2: Hơi quá nhiệt ở P_k, t_2
- 2': Hơi bão hòa khô ở P_k, t_k
- 3: Lỏng sôi ở P_k, t_k
- 4: Hơi bão hòa ẩm ở P_o, t_o

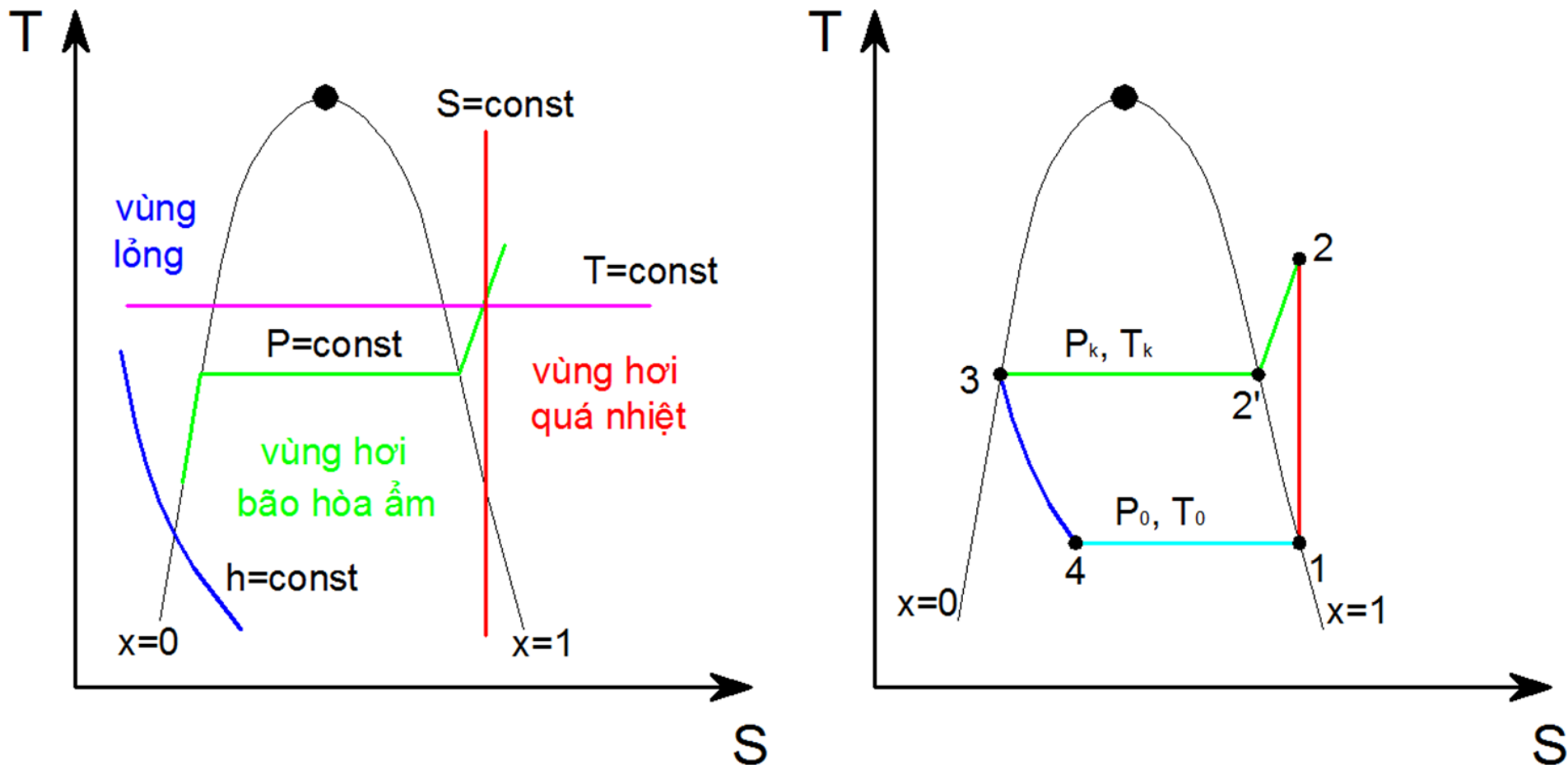


Hình 3.1: Sơ đồ nhiệt chu trình khô • 32

3.2.3. Các quá trình nhiệt động của chu trình

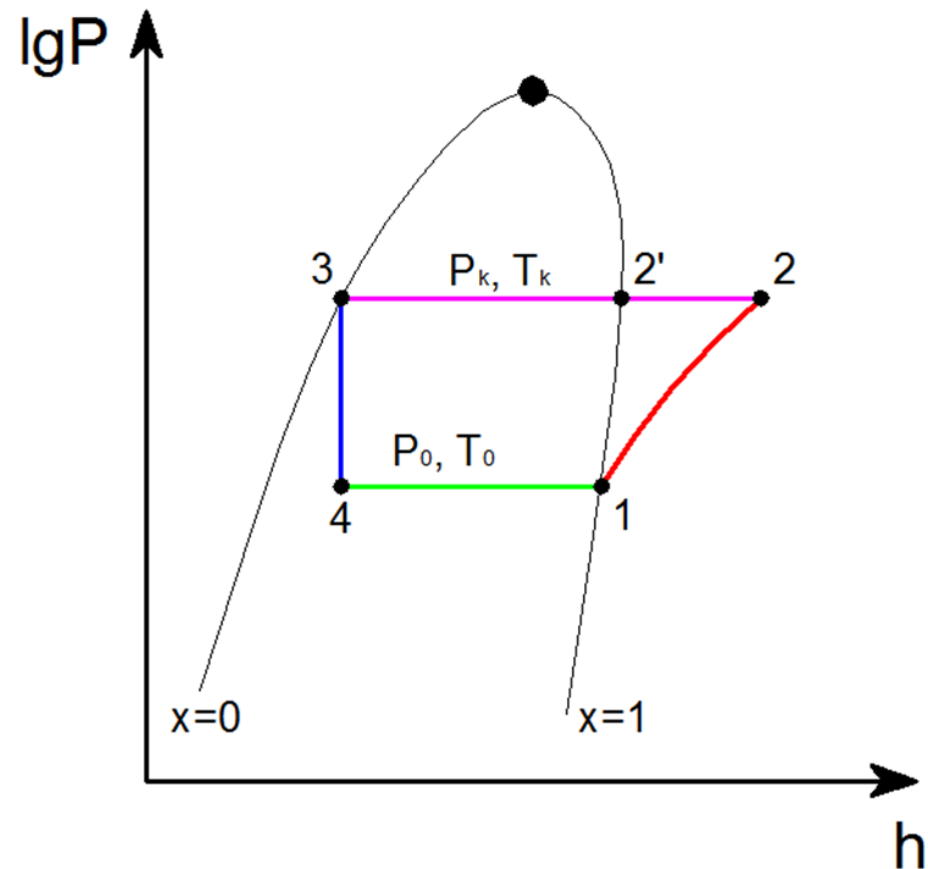
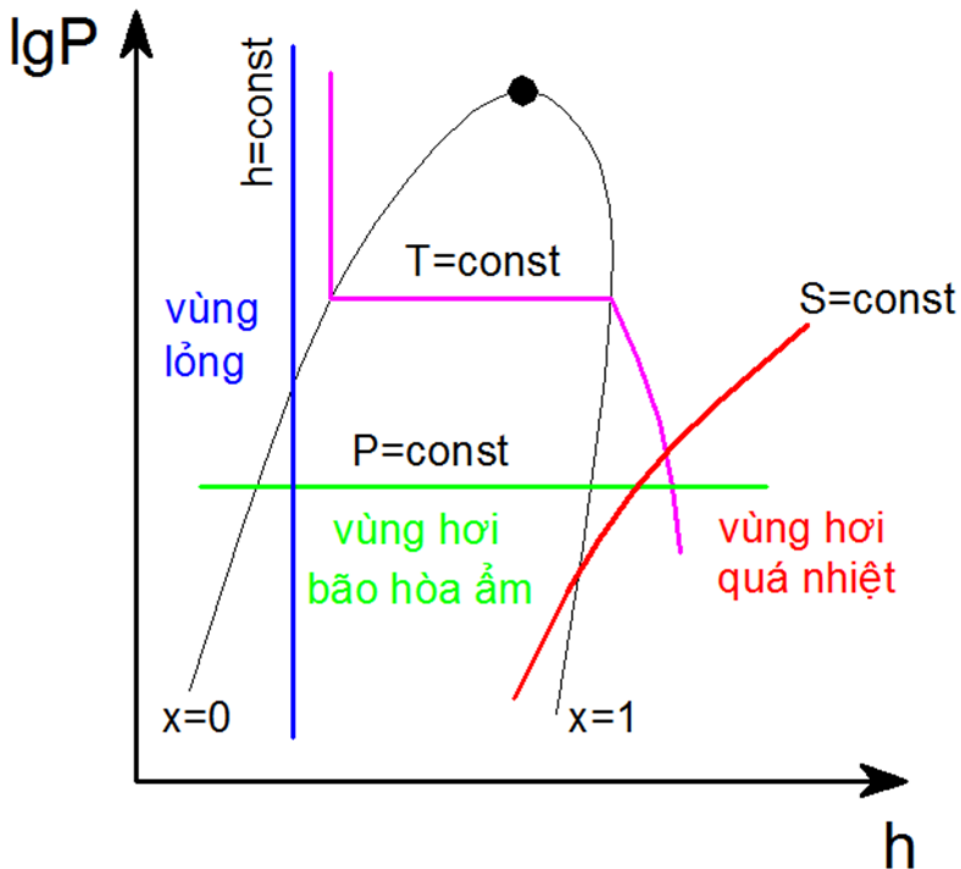
Thứ tự	Tên quá trình	Thông số không đổi	Thông số thay đổi	Biến đổi trạng thái
1-2	Nén đoạn nhiệt	s	$h; p_o, t_o \Rightarrow p_k, t_2$	Hơi bão hòa khô $\Rightarrow$ hơi quá nhiệt
2-2'	Giải nhiệt trước ngưng tụ	p_k	$h; s; t_2 \Rightarrow t_2' = t_k$	Hơi quá nhiệt $\Rightarrow$ hơi bão hòa khô
2'-3	Ngưng tụ	p_k, t_k	h, s	Hơi bão hòa khô $\Rightarrow$ lỏng bão hòa
3-4	Tiết lưu	h	$s; p_k, t_k \Rightarrow p_o, t_o$	Lỏng bão hòa $\Rightarrow$ hơi bão hòa ẩm
4-1	Bốc hơi	p_o, t_o	h, s	Hơi bão hòa ẩm (chứa nhiều lỏng mc) $\Rightarrow$ hơi bão hòa ẩm (chứa ít lỏng mc)

3.2.4. Xây dựng giản đồ T-s



Hình 3.3: Xây dựng chu trình trên giản đồ T-s

3.2.5. Xây dựng giản đồ LgP-h



Hình 3.4: Xây dựng chu trình trên giản đồ LgP-h

3.2.6. Công thức tính toán

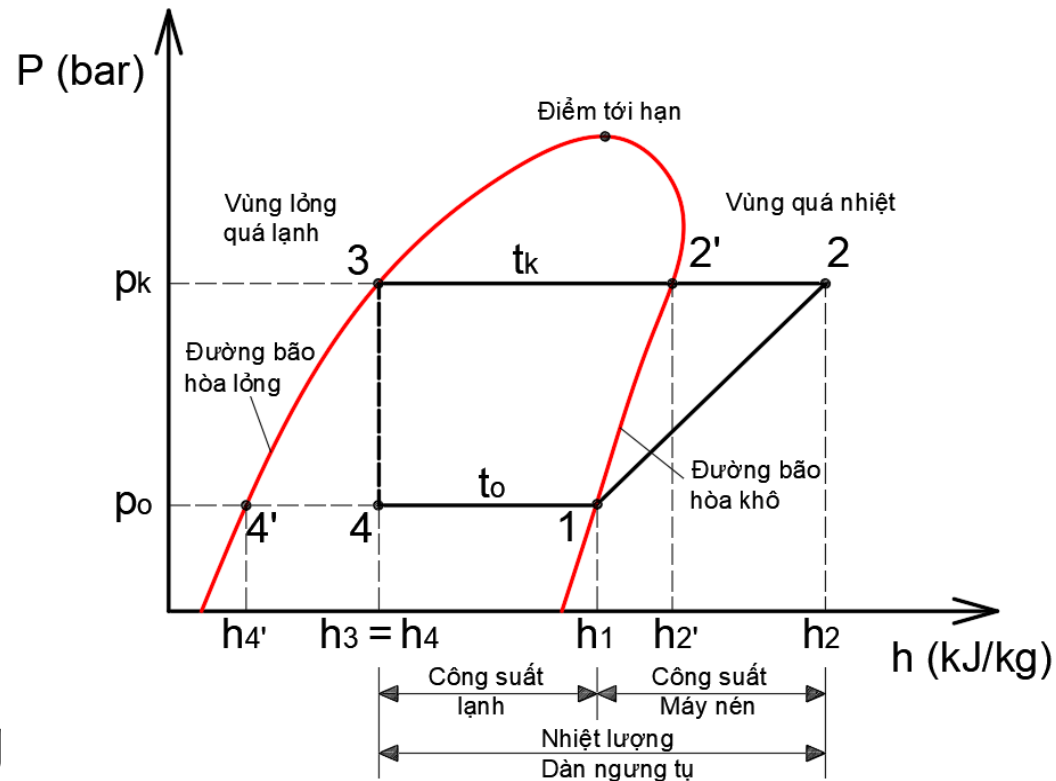
- Độ khô của tác nhân lạnh đi vào máy nén x

$$X = \frac{h_4 - h_4'}{h_4'' - h_4'}$$

Trong đó: h_4' và h_4'' lần lượt là enthalpy của điểm 4 ở trạng thái lỏng sôi ($x=0$) và hơi bão hòa khô ($x=1$)

- Năng suất lạnh ứng với 1 kg môi chất lạnh, kJ/kg

$$q_o = h_1 - h_4 \quad (\text{kJ} / \text{kg})$$



3.2.6. Công thức tính toán

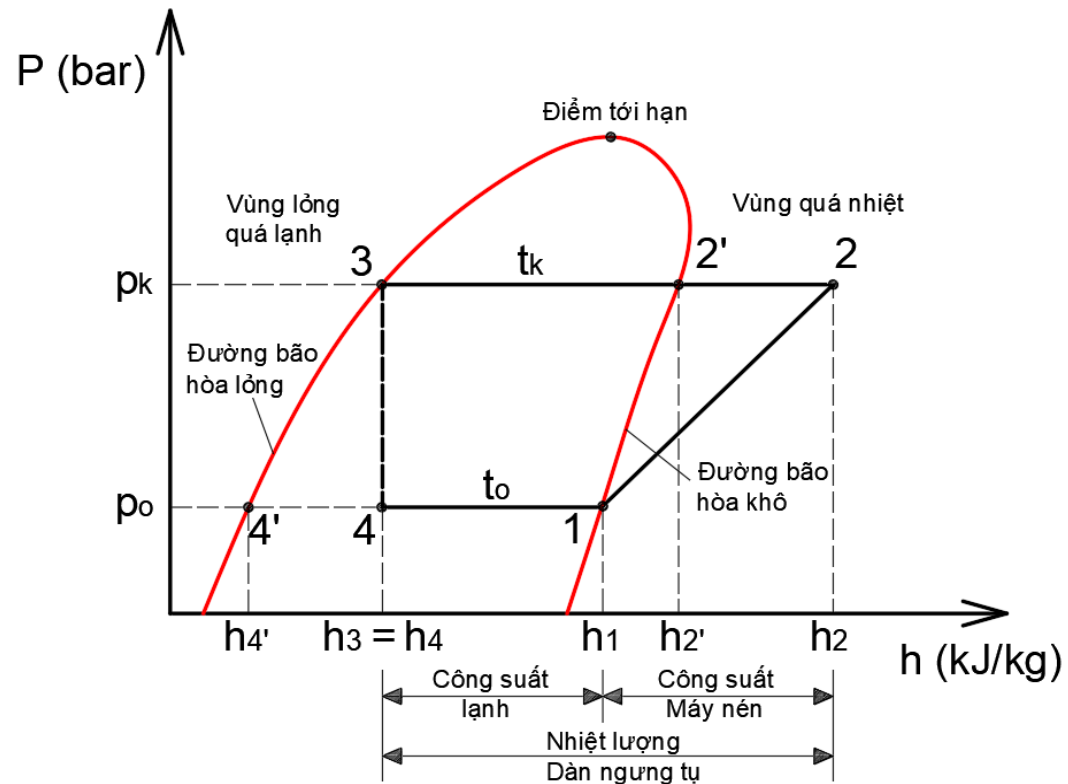
+ Công suất của máy nén ứng với 1 kg môi chất lạnh:

$$l_o = h_2 - h_1 \quad (\text{kJ} / \text{kg})$$

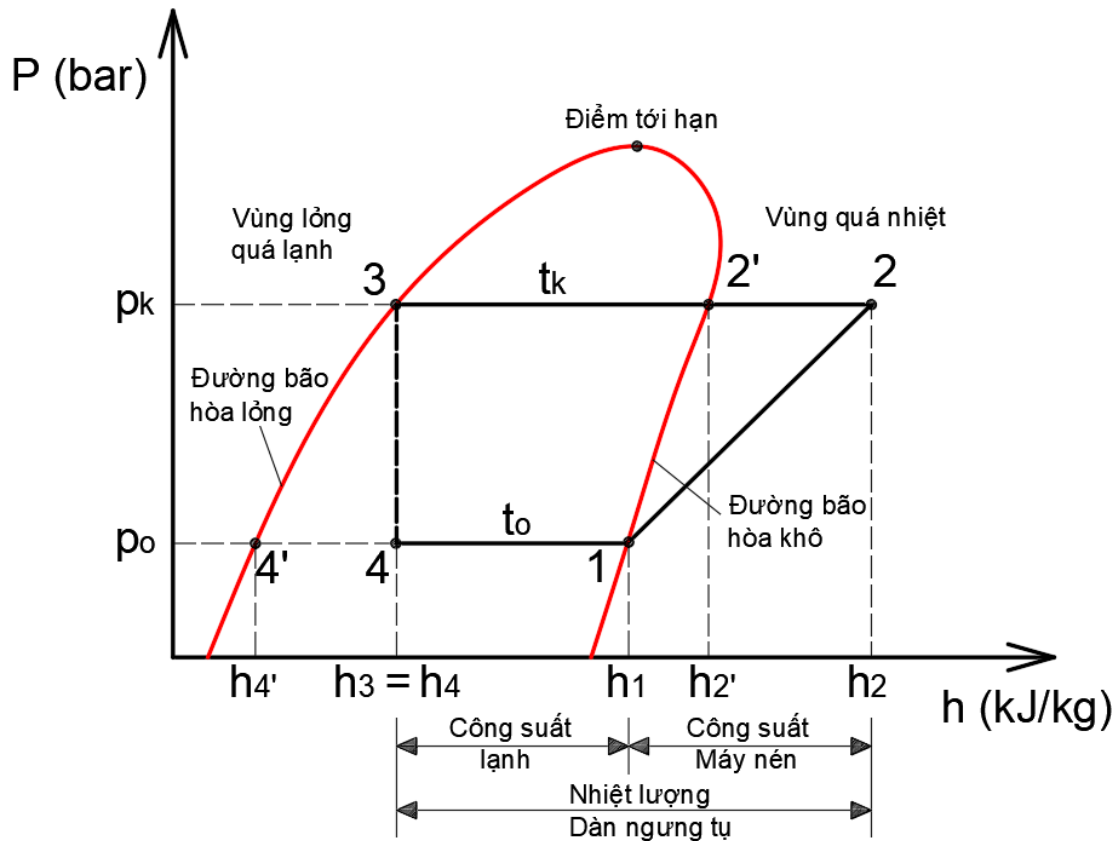
+ Công suất của máy nén ứng với m (kg/s) môi chất lạnh:

$$L_o = m.(h_2 - h_1) \quad (\text{kW})$$

Với m là lưu lượng môi chất lạnh (kg/s)



3.2.6. Công thức tính toán



+ Nhiệt lượng 1 kg môi chất lạnh tỏa ra trong dàn ngưng:

$$q_k = h_2 - h_3 \text{ (kJ / kg)}$$

+ Nhiệt lượng của m (kg/s) môi chất lạnh tỏa ra trong dàn ngưng:

$$Q_k = m.(h_2 - h_3) \text{ (kW)}$$

Với m là lưu lượng môi
chất lạnh (kg/s)

3.2.6. Công thức tính toán

Hiệu suất của chu trình (hệ số làm lạnh) là tỉ số giữa năng suất lạnh và công suất làm việc riêng của máy nén:

$$COP = \frac{q_o}{l_o} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

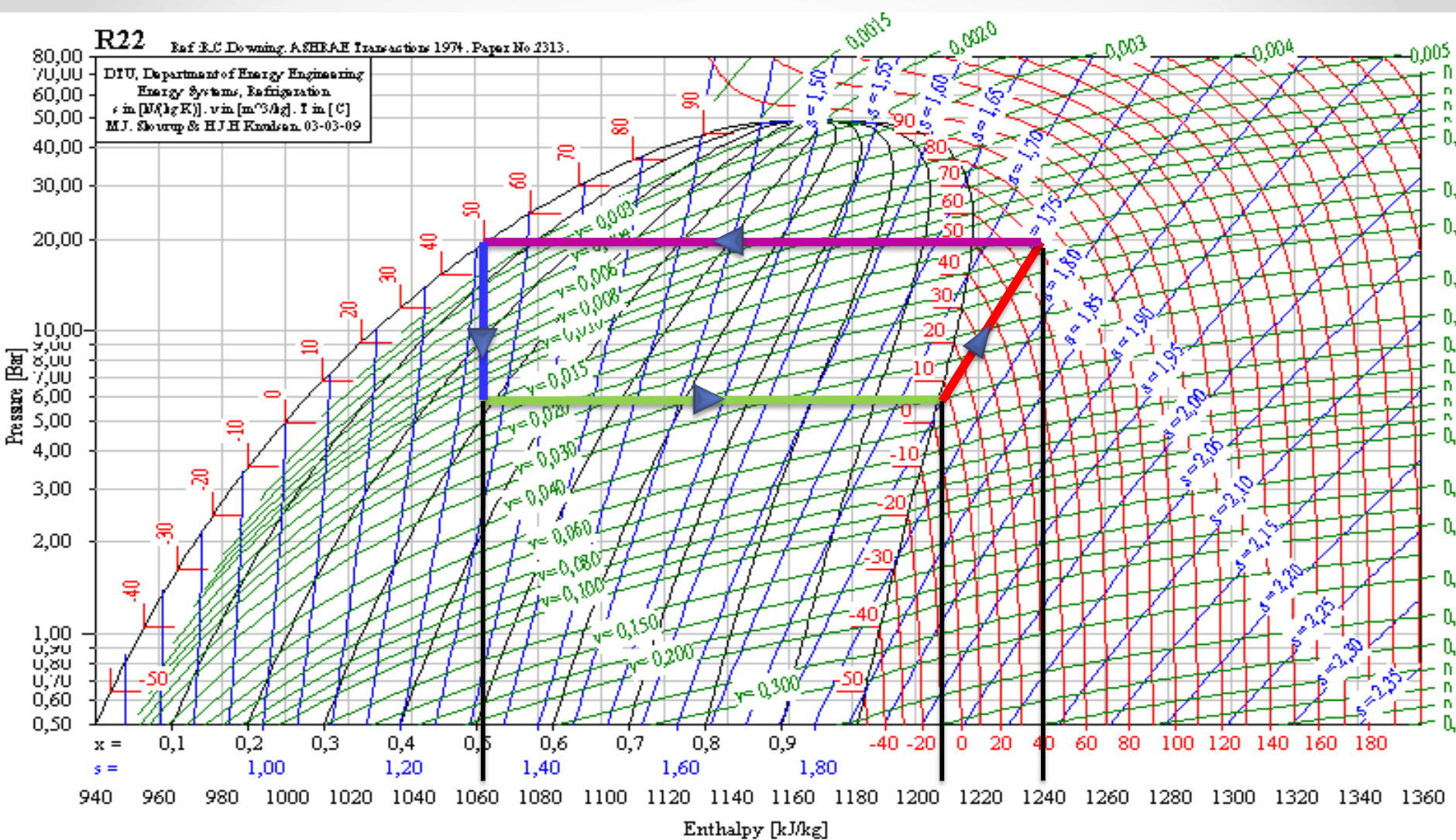
Bài tập áp dụng

Sử dụng đồ thị LgP-h và công thức để tính toán chu trình lạnh 1 cấp có bình tách lỏng, biết:

- Chu trình sử dụng môi chất lạnh R22
- Nhiệt độ bốc hơi $t_o = 5^\circ\text{C}$
- Nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 50^\circ\text{C}$

Tính toán:

- Năng suất lạnh riêng q_o
- Công nén đoạn nhiệt đối với 1 kg môi chất lạnh l_o
- Nhiệt lượng của 1 kg tác nhân lạnh mất trong bình ngưng q_k
- Hệ số lạnh COP



Hình 3.5: Biểu đồ LgP-h của môi chất R22

$$h_1 = 1207 \text{ kJ/kg}; h_2 = 1240 \text{ kJ/kg}; h_3 = h_4 = 1063 \text{ kJ/kg}$$

Tìm thông số đặc trưng tại các điểm nút

❖ Điểm 1'

$$x_{1'} = 1$$

$$t_{1'} = t_0 = 5^\circ\text{C}$$

Tra bảng thông số R22 ở trạng thái bão hòa ta được:

$$P_1 = P_0 = 5,844 \text{ bar}; h_{1'} = h_{1'}'' = 706,09 \text{ kJ/kg}; s_{1'} = s_{1'}'' = 1,7409 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

❖ Điểm 2

$t_k = 50^\circ\text{C}$ Tra bảng thông số R22 ở trạng thái bão hòa ta được $p_K = 19,395 \text{ bar}$

$$s_2 = s_{1'} = 1,7409 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$p_2 = p_K = 19,395 \text{ bar}$$

Tra bảng thông số R22 ở trạng thái hơi quá nhiệt ta được:

t_2 và h_2

- Với $P_2 = 18 \text{ bar}$

t (°C)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg°C)
60	729,65	1,7278
A_1	B_1	1,7409
70	738,96	1,7553

$$\frac{A_1 - 60}{70 - 60} = \frac{1,7409 - 1,7278}{1,7553 - 1,7278} \Rightarrow A_1 = 64,76$$

Tìm thông số đặc trưng tại các điểm nút

- Với $P_2 = 20$ bar

t (°C)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg°C)
70	735,89	1,7383
A_2	B_2	1,7409
80	745,28	1,7653

$$\frac{A_2 - 70}{80 - 70} = \frac{1,7409 - 1,7383}{1,7653 - 1,7383} \Rightarrow A_2 = 70,96$$

- Vậy với $P_2 = 19,395$ bar:

P (bar)	t (°C)	h (kJ/kg)
18	A_1	B_1
19,395	t_2	h_2
20	A_2	B_2



$$t_2 = 69,08 \text{ °C và } h_2 = 735,97 \text{ kJ/kg}$$

Tìm thông số đặc trưng tại các điểm nút

❖ Điểm 3

$x_3 = 0$
 $t_3 = t_k = 50^\circ\text{C}$ } Tra bảng thông số R22 ở trạng thái bão hòa ta được:
 $P_3 = P_K$; $h_3 = h_3' = 562,75 \text{ kJ/kg}$; $s_3 = s_3' = 1,2065 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$

❖ Điểm 4

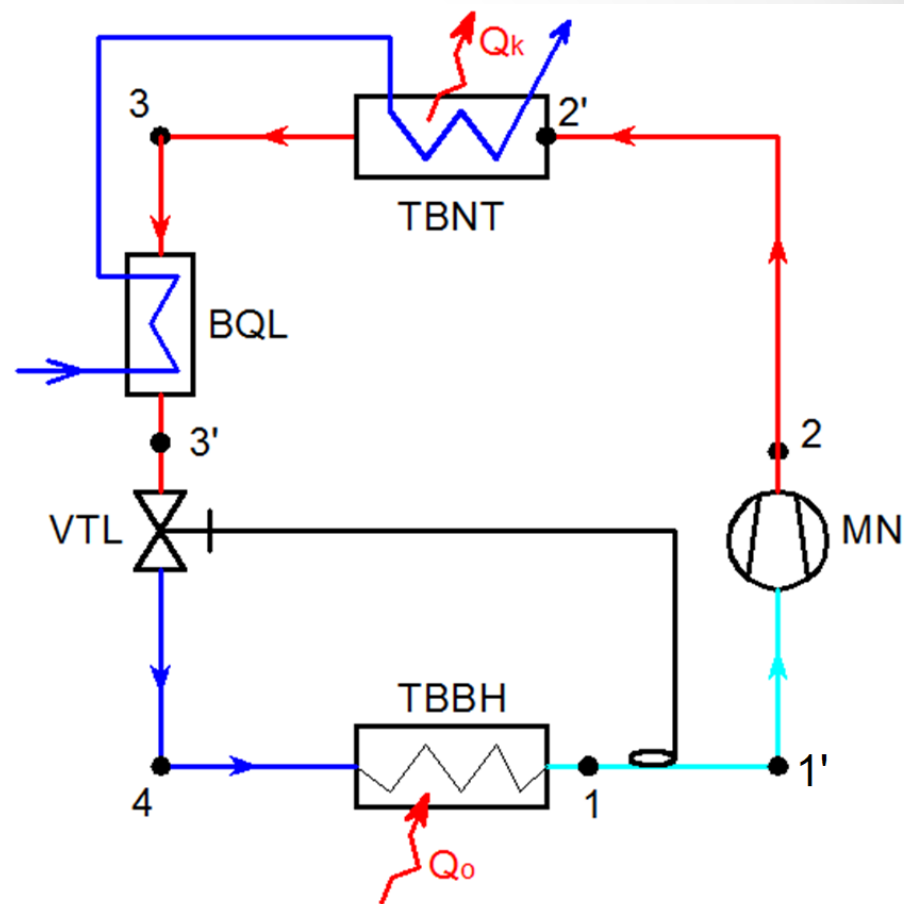
$h_4 = h_3$
 $t_4 = t_o = 5^\circ\text{C}$ } Tra bảng thông số R22 ở trạng thái bão hòa ta được:
 $P_4 = P_o$; $h_4' = 505,92 \text{ kJ/kg}$; $h_4'' = 706,09 \text{ kJ/kg}$; $x = ?$

$$X = \frac{h_4 - h_4'}{h_4'' - h_4'} = 0,284$$

Từ các thông số tại các điểm nút 1, 2, 3, 4 chúng ta sẽ tìm được q_o , l_o , q_k và COP.

3.3.1. Định nghĩa

Gọi là chu trình quá lạnh khi lỏng môi chất trước khi đi vào van tiết lưu được quá lạnh đến nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ bão hòa tương ứng với áp suất ngưng tụ và gọi chu trình quá nhiệt khi nhiệt độ hơi hút về máy nén lớn hơn nhiệt độ bay hơi (nằm trong vùng hơi quá nhiệt). Chu trình quá lạnh - quá nhiệt là chu trình kết hợp cả chu trình quá lạnh và chu trình quá nhiệt.



3.3.2. Sơ đồ nhiệt và nguyên lý hoạt động

Trạng thái điểm nút:

1: Hơi bão hòa khô ở P_o, t_o

1': Hơi quá nhiệt ở $P_o, t_{1'}$

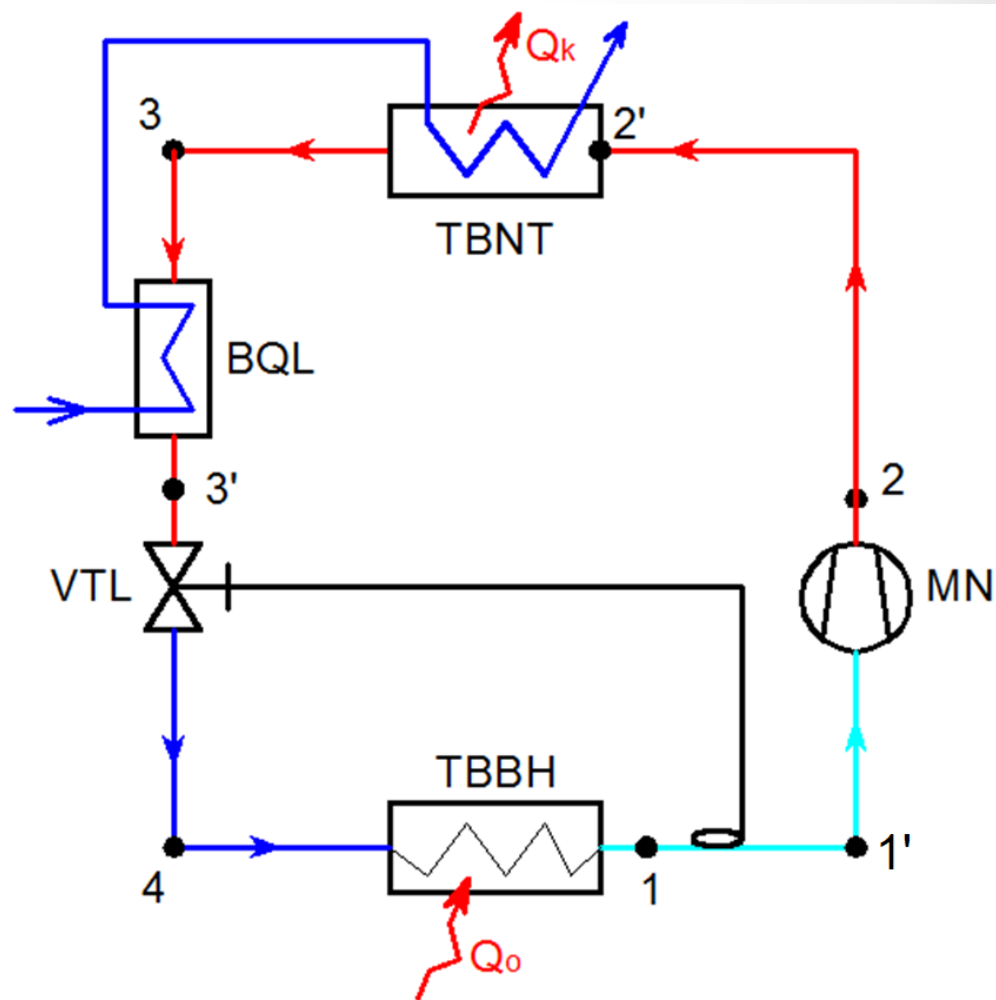
2: Hơi quá nhiệt ở P_k, t_2

2': Hơi bão hòa khô ở P_k, t_k

3: Lỏng sôi ở P_k, t_k

3': Lỏng quá lạnh ở $P_k, t_{3'}$

4: Hơi bão hòa ẩm ở P_o, t_o



Hình 3.6: Sơ đồ nhiệt chu trình quá lạnh – quá nhiệt

3.2.3. Nguyên nhân và ý nghĩa của chu trình quá lạnh - quá nhiệt

❖ Nguyên nhân

Nguyên nhân quá lạnh

- Có bố trí thêm thiết bị quá lạnh lỏng sau thiết bị ngưng tụ.
- Thiết bị ngưng tụ là thiết bị trao đổi nhiệt ngược dòng nên lỏng môi chất được quá lạnh ngay ở thiết bị ngưng tụ.
- Do lỏng môi chất tỏa nhiệt ra môi trường trên đoạn đường ống từ thiết bị ngưng tụ đến thiết bị tiết lưu.

Nguyên nhân quá nhiệt

- Sử dụng van tiết lưu nhiệt, hơi ra khỏi thiết bị bay hơi bao giờ cũng có một độ quá nhiệt nhất định.
- Do tải nhiệt quá lớn và thiếu lỏng cấp cho thiết bị bay hơi.
- Do tổn thất lạnh trên đường ống từ thiết bị bay hơi đến máy nén. ● 47

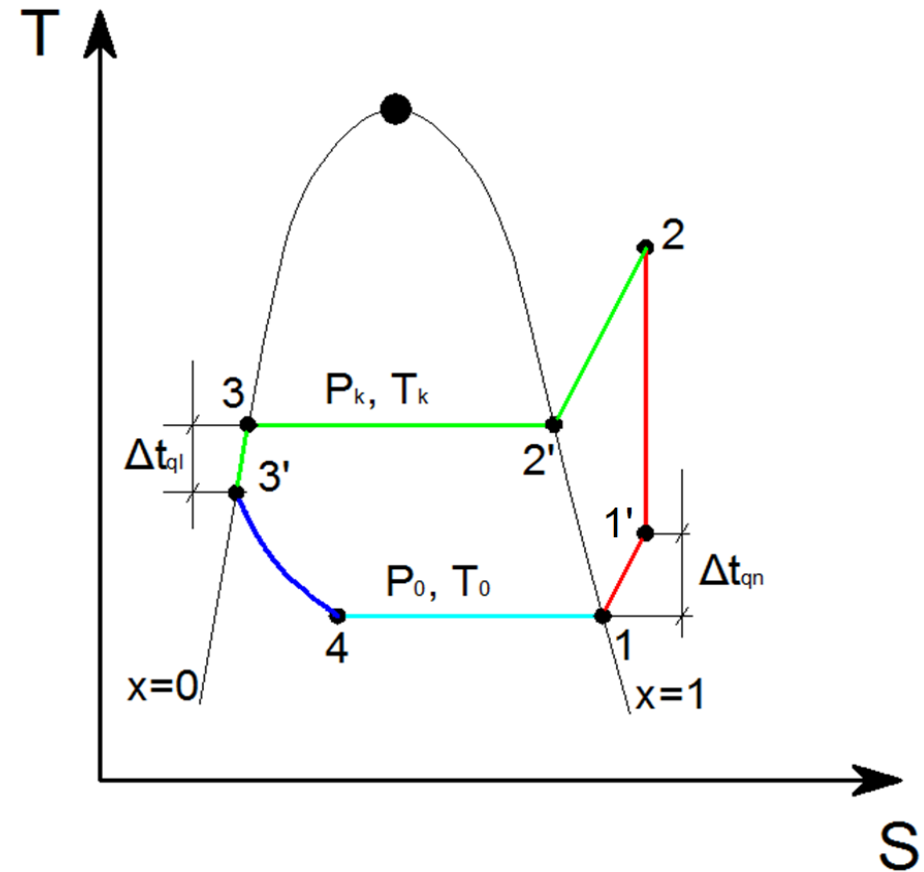
3.2.3. Nguyên nhân và ý nghĩa của chu trình quá lạnh - quá nhiệt

❖ Ý nghĩa

- Nâng cao hiệu suất lạnh
- Đảm bảo cho máy nén hoạt động an toàn, ổn định

3.2.4. Các quá trình nhiệt động của chu trình

Thứ tự	Tên quá trình	Thông số không đổi	Thông số thay đổi	Biến đổi trạng thái
1 – 1'	Quá nhiệt hơi hút về MN	p_o	$t_o \Rightarrow t_{1'}$	Hơi bão hòa khô $\Rightarrow$ hơi quá nhiệt
1' - 2	Nén đoạn nhiệt	s	$h; p_o, t_{1'} \Rightarrow p_k, t_2$	Hơi quá nhiệt $\Rightarrow$ hơi quá nhiệt
2 - 2'	Giải nhiệt trước ngưng tụ	p_k	$h; s; t_2 \Rightarrow t_2' = t_k$	Hơi quá nhiệt $\Rightarrow$ hơi bão hòa khô
2'-3	Ngưng tụ	p_k, t_k	h, s	Hơi bão hòa khô $\Rightarrow$ lỏng bão hòa
3 – 3'	Quá lạnh lỏng mc	p_k	$t_k \Rightarrow t_{3'}$	Lỏng bão hòa $\Rightarrow$ lỏng quá lạnh
3' - 4	Tiết lưu	h	$s; p_k, t_{3'} \Rightarrow p_o, t_o$	Lỏng quá lạnh $\Rightarrow$ hơi bão hòa ẩm
4 – 1	Bốc hơi	p_o, t_o	h, s	Hơi bão hòa ẩm $\Rightarrow$ hơi bão hòa khô



Hình 3.7: Giảm đồ LgP-h và T-S

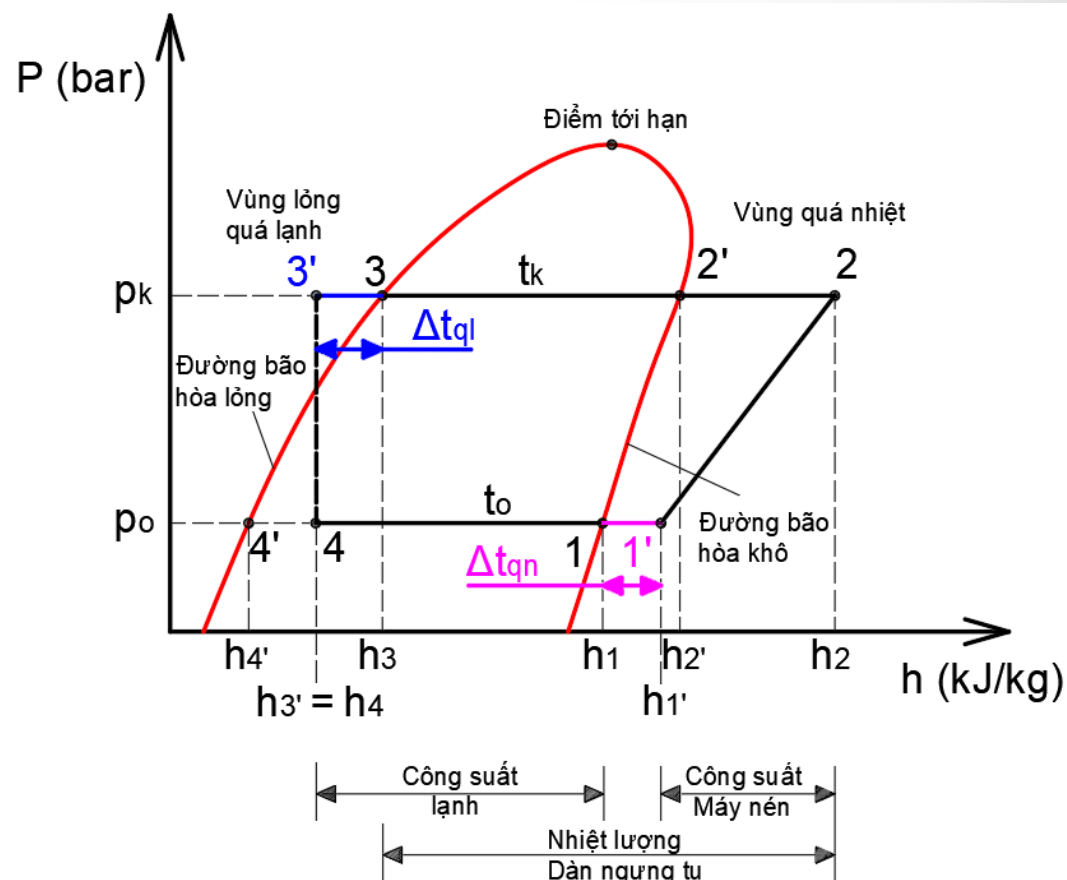
3.3.6. Công thức áp dụng

- Nhiệt lượng quá nhiệt của 1 kg môi chất lạnh, kJ/kg

$$\Delta q_{qn} = h_{1'} - h_1 \quad (\text{kJ} / \text{kg})$$

- Nhiệt lượng quá nhiệt ứng với m (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$\Delta Q_{qn} = m(h_{1'} - h_1) \quad (\text{kW})$$



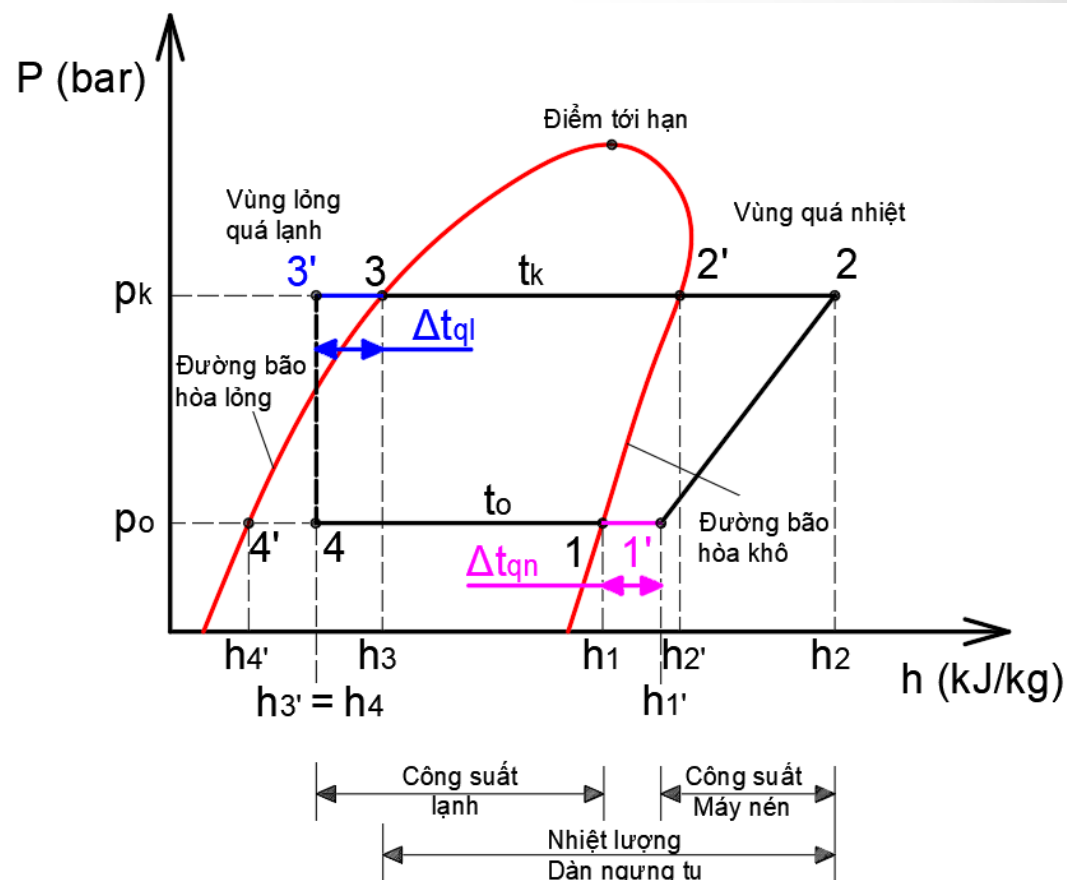
3.3.6. Công thức áp dụng

- Nhiệt lượng quá lạnh của 1 kg môi chất lạnh, kJ/kg

$$\Delta q_{ql} = h_3 - h_{3'} \quad (kJ / kg)$$

- Nhiệt lượng quá lạnh ứng với m (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$\Delta Q_{ql} = m \cdot (h_3 - h_{3'}) \quad (kW)$$



Bài tập áp dụng

Chu trình máy lạnh có quá lạnh và quá nhiệt, biết:

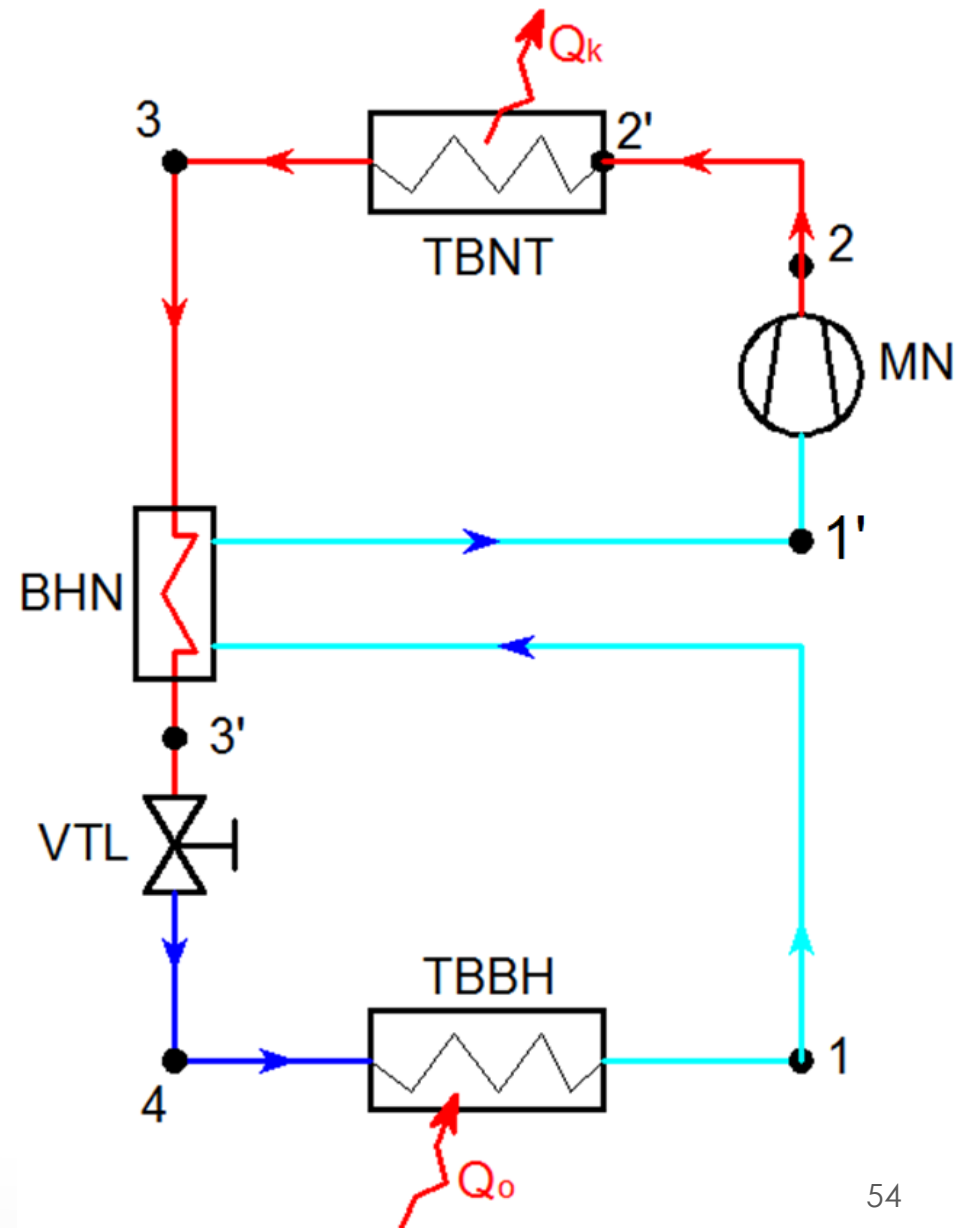
- Chu trình sử dụng môi chất lạnh NH_3
- Năng suất lạnh $Q_o = 100\text{kW}$
- Nhiệt độ bốc hơi $t_o = -10^\circ\text{C}$
- Nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 40^\circ\text{C}$
- Nhiệt độ quá lạnh $t_{ql} = 30^\circ\text{C}$
- Nhiệt độ quá nhiệt $t_{qn} = 0^\circ\text{C}$

Tính toán:

- Độ khô của tác nhân lạnh đi vào dàn lạnh x
- Lưu lượng tác nhân lạnh $m(\text{kg/s})$
- Nhiệt lượng của dàn ngưng Q_k
- Nhiệt lượng quá nhiệt ΔQ_{qn} , quá lạnh ΔQ_{ql}
- Hệ số lạnh COP

3.4.1. Định nghĩa

Chu trình hồi nhiệt là chu trình có quá lạnh và quá nhiệt nhờ thiết bị trao đổi nhiệt giữa dòng lỏng bão hòa (trước khi vào van tiết lưu) và hơi tác nhân lạnh trước khi vào máy nén



3.4.2. Sơ đồ nhiệt và nguyên lý hoạt động

Trạng thái điểm nút:

1: Hơi bão hòa khô ở P_o, t_o

1': Hơi quá nhiệt ở $P_o, t_{1'}$

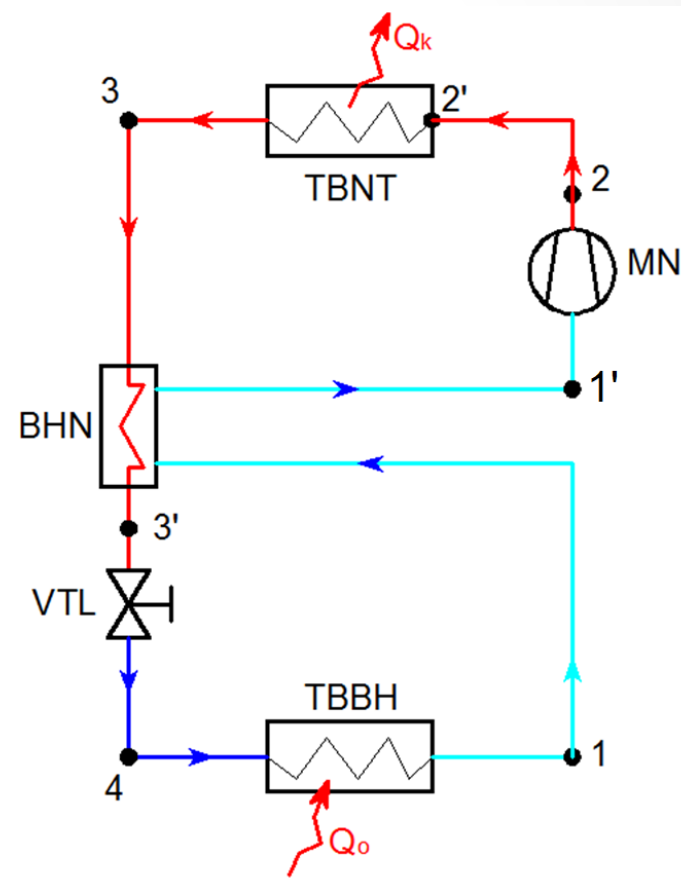
2: Hơi quá nhiệt ở P_k, t_2

2': Hơi bão hòa khô ở P_k, t_k

3: Lỏng sôi ở P_k, t_k

3': Lỏng quá lạnh ở $P_k, t_{3'}$

4: Hơi bão hòa ẩm ở P_o, t_o



Hình 3.8: Sơ đồ nhiệt chu trình hồi nhiệt

3.4.3. Nguyên nhân và ý nghĩa của chu trình quá lạnh - quá nhiệt

❖ Nguyên nhân

Do thiết bị hồi nhiệt

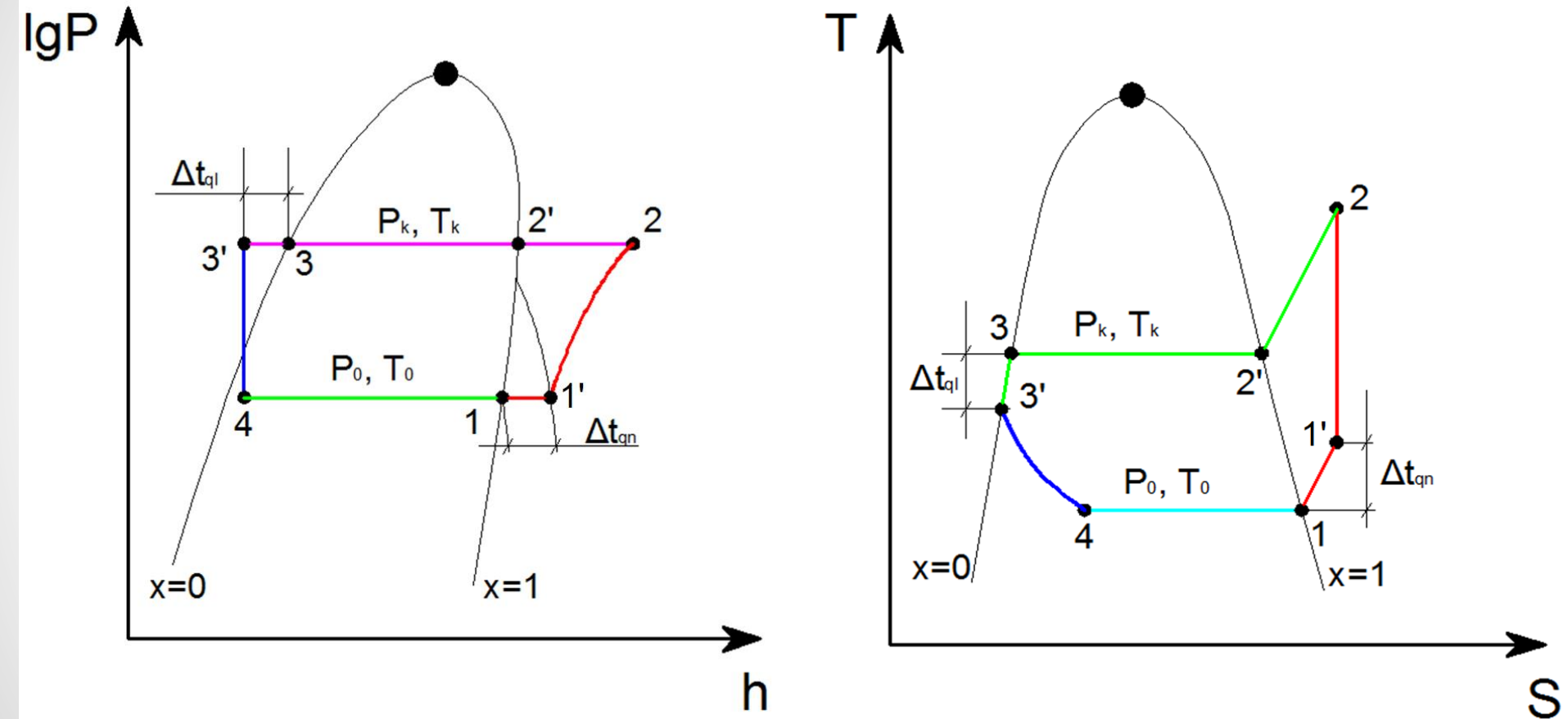
❖ Ý nghĩa

- Nâng cao hiệu suất lạnh
- Đảm bảo cho máy nén hoạt động an toàn, ổn định
- Tận dụng được nhiệt lượng giữa 2 quá trình quá lạnh và quá nhiệt

3.4.4. Các quá trình nhiệt động của chu trình

Thứ tự	Tên quá trình	Thông số không đổi	Thông số thay đổi	Biến đổi trạng thái
1 – 1'	Quá nhiệt hơi hút về MN	p_o	$t_o \Rightarrow t_1$	Hơi bão hòa khô $\Rightarrow$ hơi quá nhiệt
1' - 2	Nén đoạn nhiệt	s	$h; p_o, t_1 \Rightarrow p_k, t_2$	Hơi quá nhiệt $\Rightarrow$ hơi quá nhiệt
2 - 2'	Giải nhiệt trước ngưng tụ	p_k	$h; s; t_2 \Rightarrow t_2' = t_k$	Hơi quá nhiệt $\Rightarrow$ hơi bão hòa khô
2'-3	Ngưng tụ	p_k, t_k	h, s	Hơi bão hòa khô $\Rightarrow$ lỏng bão hòa
3 – 3'	Quá lạnh lỏng mc	p_k	$t_k \Rightarrow t_3$	Lỏng bão hòa $\Rightarrow$ lỏng quá lạnh
3' - 4	Tiết lưu	h	$s; p_k, t_3 \Rightarrow p_o, t_o$	Lỏng quá lạnh $\Rightarrow$ hơi bão hòa ẩm
4 – 1	Bốc hơi	p_o, t_o	h, s	Hơi bão hòa ẩm $\Rightarrow$ hơi bão hòa khô

3.4.5. Xây dựng giản đồ LgP-h, T-S



Hình 3.9: Giản đồ LgP-h và T-S

3.4.6. Công thức áp dụng

- Nhiệt lượng quá nhiệt ứng với m (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$\Delta Q_{qn} = m(h_{1'} - h_1) \text{ (kW)}$$

- Nhiệt lượng quá lạnh ứng với m (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$\Delta Q_{ql} = m(h_{1'} - h_1) \text{ (kW)}$$

Đối với chu trình hồi nhiệt ta có $\Delta Q_{ql} = \Delta Q_{qn}$

Do đó: $h_3 - h_{3'} = h_1 - h_{1'}$

Bài tập áp dụng

Chu trình máy lạnh có quá lạnh và quá nhiệt, biết:

- Chu trình sử dụng môi chất lạnh NH₃
- Năng suất lạnh $Q_o = 100\text{kW}$
- Nhiệt độ bốc hơi $t_o = -10^\circ\text{C}$
- Nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 40^\circ\text{C}$
- Nhiệt độ quá lạnh $t_{ql} = 30^\circ\text{C}$

Tính toán:

- Độ khô của tác nhân lạnh đi vào dàn lạnh x
- Lưu lượng tác nhân lạnh $m(\text{kg/s})$
- Công suất của máy nén $L_o (\text{kW})$
- Nhiệt lượng của dàn ngưng Q_k
- Nhiệt lượng quá nhiệt ΔQ_{qn} , quá lạnh ΔQ_{ql}
- Hệ số lạnh COP

Kiểm tra giữa học kì I 2019-2020

KỸ THUẬT LẠNH

Thời gian: 45 phút

Chu trình máy lạnh có quá lạnh và quá nhiệt, biết:

- Chu trình sử dụng môi chất lạnh NH₃
- Năng suất lạnh $Q_o = 100\text{kW}$
- Nhiệt độ bốc hơi $t_o = -6^\circ\text{C}$
- Nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 40^\circ\text{C}$
- Nhiệt độ quá lạnh $t_{ql} = 30^\circ\text{C}$
- Nhiệt độ quá nhiệt $t_{qn} = 5^\circ\text{C}$

Tính toán:

- Lưu lượng môi chất lạnh $m(\text{kg/s})$
- Nhiệt lượng của dàn ngưng Q_k
- Nhiệt lượng quá nhiệt ΔQ_{qn} , quá lạnh ΔQ_{ql}
- Hệ số lạnh COP

Chương IV: Chu trình lạnh hai cấp

MỘT SỐ KHÁI NIỆM

+ Tỉ số nén

$$\pi = \frac{P_K}{P_0} = \frac{\text{Áp suất ngưng tụ}}{\text{Áp suất bốc hơi}}$$

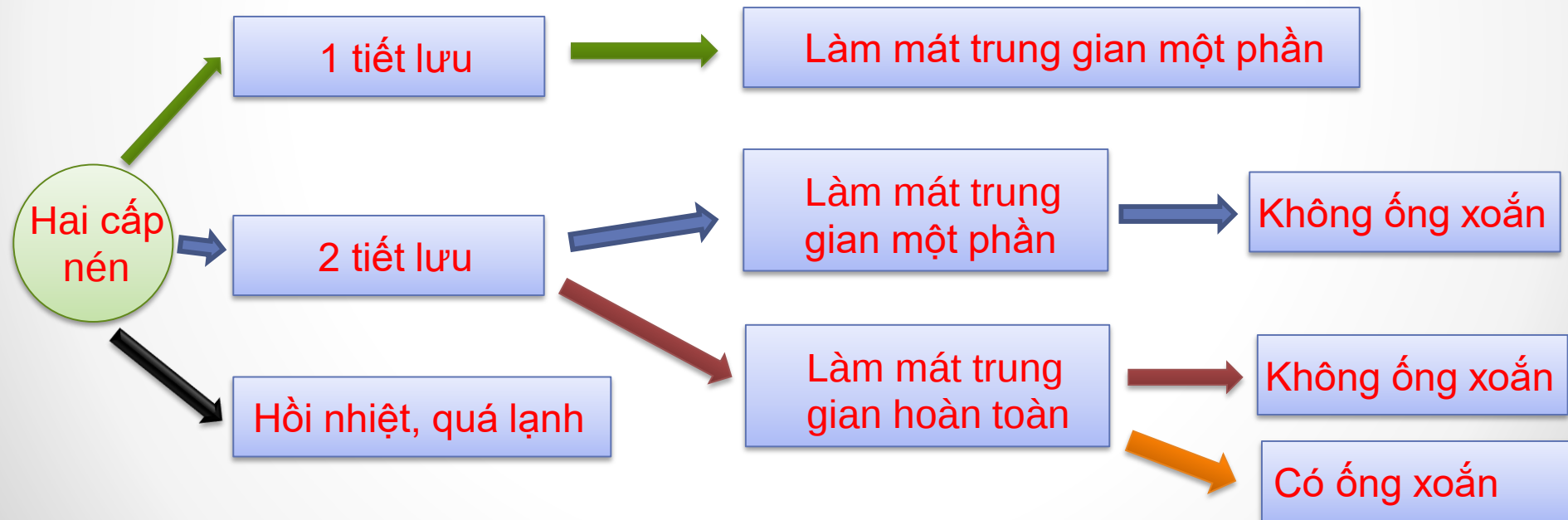
+ Vì sao phải dùng chu trình lạnh nén hơi nhiều cấp

- Tỉ số nén của mỗi cấp nén trong chu trình lạnh nén hơi nhiều cấp sẽ nhỏ hơn trong chu trình lạnh một cấp.
- Hiệu suất lạnh COP tăng vì tác nhân lạnh đi vào dàn bay hơi có enthalpy thấp hơn.
- Cho phép thay đổi tải lạnh của hệ thống dễ dàng khi nhiệt độ tác nhân lạnh trong dàn bay hơi thay đổi
- Nhiệt độ hơi ra khỏi máy nén thấp hơn so với chu trình lạnh 1 cấp khi so sánh cùng độ chênh áp suất giữa dàn ngưng và dàn bay hơi.

+ Áp suất trung gian

$$P_{tg} = \sqrt{P_K \cdot P_0}$$

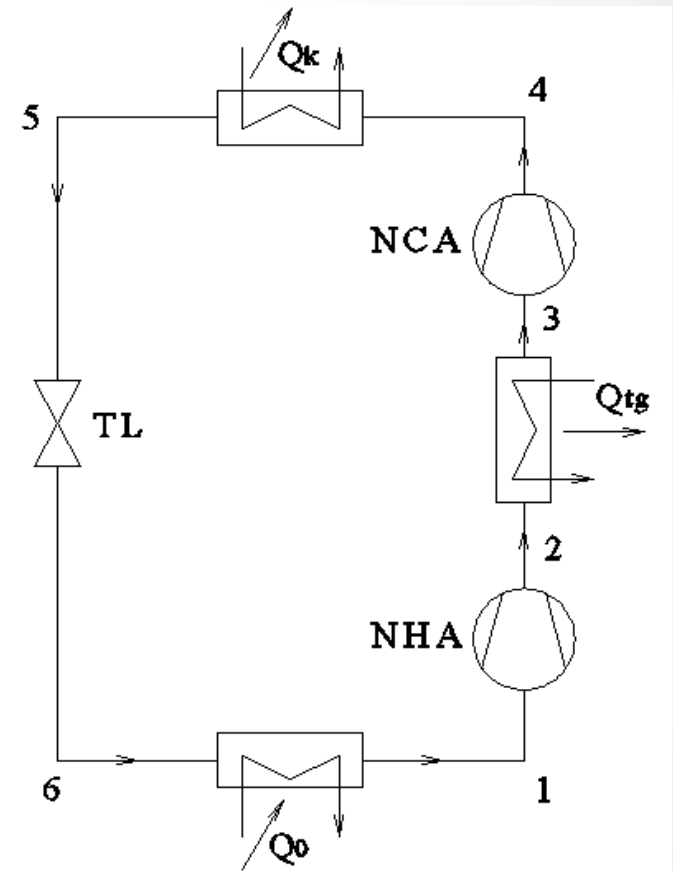
+ Các dạng chu trình lạnh nén hơi 2 cấp



4.1.1. Sơ đồ nhiệt và nguyên lý hoạt động

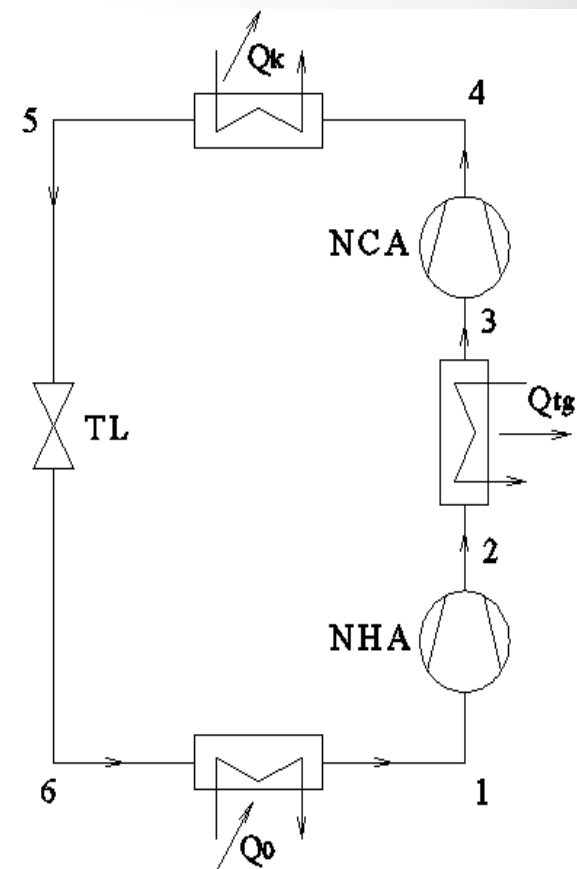
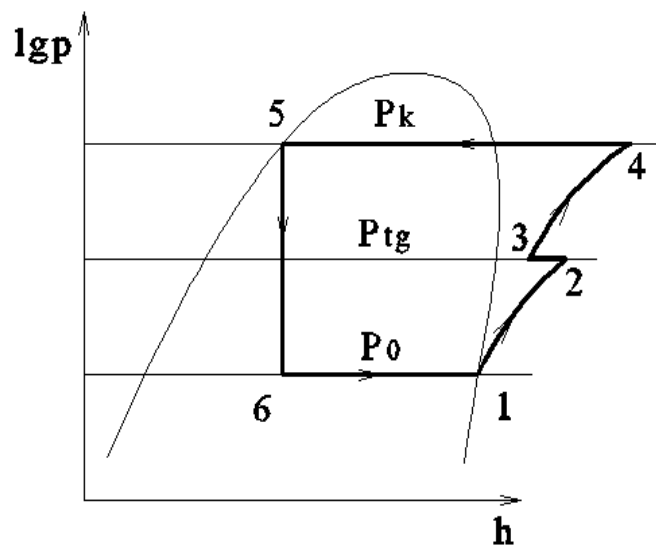
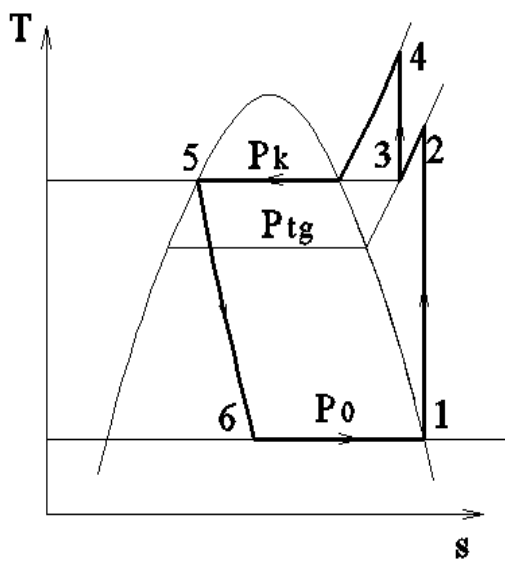
Trạng thái điểm nút:

- 1: Hơi bão hòa khô ở P_o, t_o
- 2: Hơi quá nhiệt ở P_{tg}, t_2
- 3: Hơi quá nhiệt ở P_{tg}, t_3 ($t_3 = t_K$)
- 4: Hơi quá nhiệt ở P_K, t_4
- 5: Lỏng bão hòa ở P_K, t_K
- 6: Hơi bão hòa ẩm ở P_o, t_o



Hình 4.1: Sơ đồ nhiệt chu trình lạnh 2 cấp, 1 tiết lưu, làm mát trung gian 1 phần

4.1.2. Biểu diễn chu trình trên giản đồ T-s, LgP-h



4.1.3. Công thức tính toán

- Năng suất lạnh ứng với 1 kg môi chất lạnh, kJ/kg

$$q_o = h_1 - h_6 \quad (kJ / kg)$$

- Năng suất lạnh ứng với m (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$Q_o = m.(h_1 - h_6) \quad (kW)$$

- Công nén đoạn nhiệt hạ áp đối với 1 kg môi chất lạnh, kJ/kg

$$l_{NHA} = h_2 - h_1 \quad (kJ / kg)$$

- Công nén đoạn nhiệt hạ áp ứng với m (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$L_{NHA} = m.(h_2 - h_1) \quad (kW)$$

4.1.3. Công thức tính toán

- Nhiệt lượng hơi quá nhiệt nhả ra tại bình làm mát trung gian, ứng với 1 kg môi chất lạnh, kJ/kg

$$q_{out} = h_2 - h_3 \quad (kJ / kg)$$

- Nhiệt lượng hơi quá nhiệt nhả ra tại bình làm mát trung gian, ứng với m (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$Q_{out} = m.(h_2 - h_3) \quad (kW)$$

- Công nén đoạn nhiệt cao áp đối với 1 kg môi chất lạnh, kJ/kg

$$l_{NCA} = h_4 - h_3 \quad (kJ / kg)$$

- Công nén đoạn nhiệt cao áp ứng với m (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$L_{NCA} = m.(h_4 - h_3) \quad (kW)$$

4.1.3. Công thức tính toán

- Nhiệt lượng của 1 kg môi chất lạnh tỏa ra trong dàn ngưng, kJ/kg

$$q_k = h_4 - h_5 \quad (kJ / kg)$$

- Nhiệt lượng của m (kg/s) môi chất lạnh tỏa ra trong dàn ngưng, kW

$$Q_k = m. (h_4 - h_5) \quad (kW)$$

- Hệ số làm lạnh:

$$COP = \frac{q_o}{l_{NHA} + l_{NCA}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1 + h_4 - h_3}$$

Bài tập áp dụng

Chu trình máy lạnh 2 cấp nén, 2 van tiết lưu, làm mát trung gian một phần, biết:

- Chu trình sử dụng môi chất lạnh NH₃
- Năng suất lạnh $Q_o = 100\text{kW}$
- Nhiệt độ bốc hơi $t_o = -30^\circ\text{C}$
- Nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 40^\circ\text{C}$

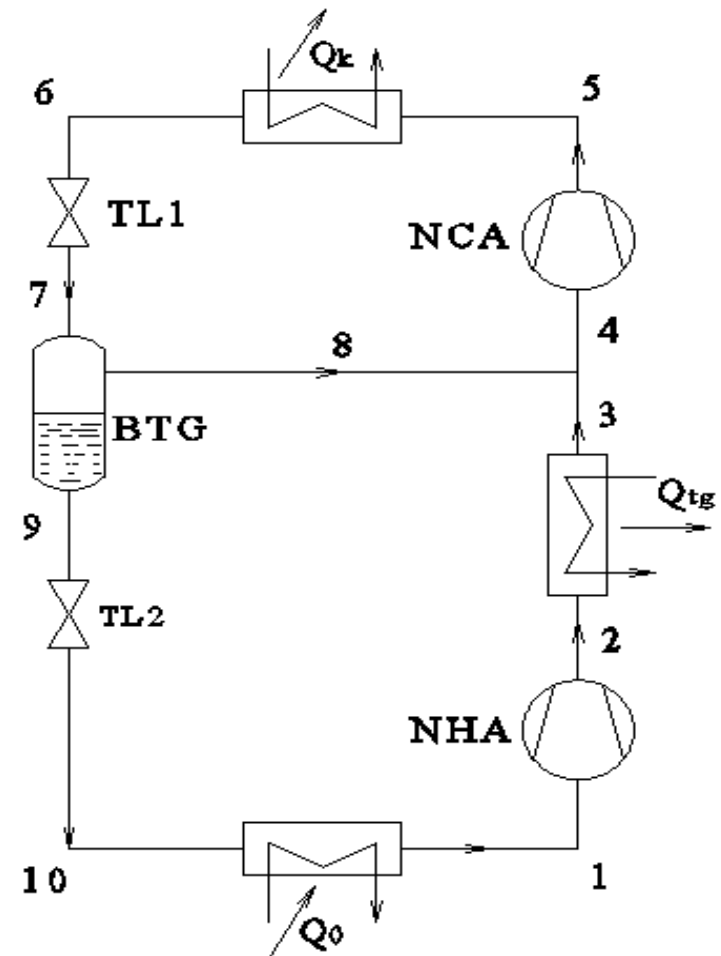
Tính toán:

- Áp suất trung gian P_{tg}
- Độ khô của môi chất lạnh đi vào dàn lạnh x
- Lưu lượng tác nhân lạnh $m(\text{kg/s})$
- Công suất của máy nén hạ áp $L_{NHA} (\text{kW})$, cao áp $L_{NCA} (\text{kW})$
- Nhiệt lượng của dàn ngưng Q_k
- Hệ số lạnh COP

4.2.1. Sơ đồ nhiệt và nguyên lý hoạt động

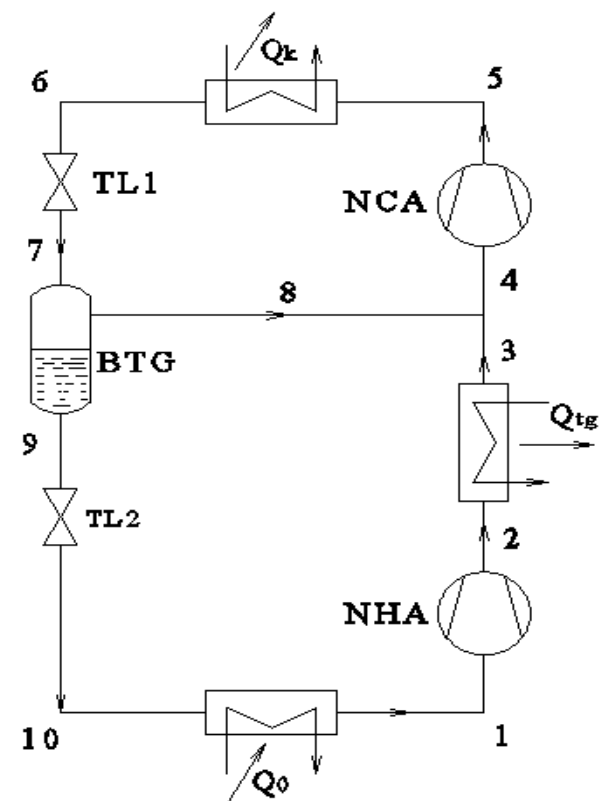
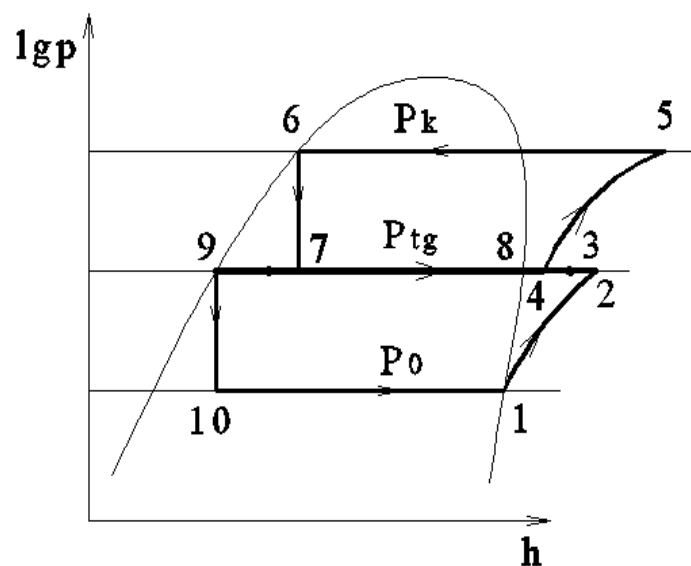
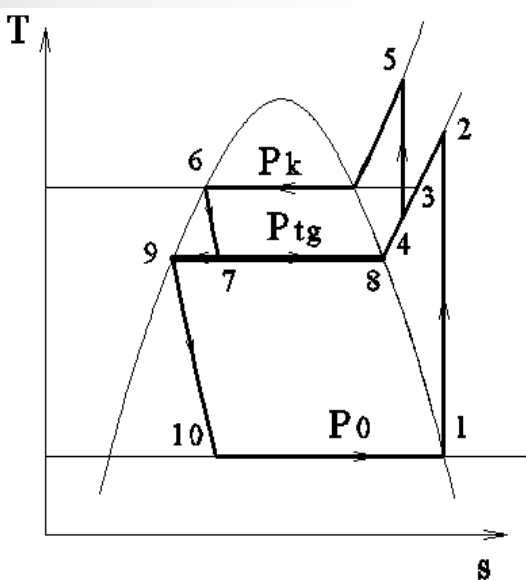
Trạng thái điểm nút:

- 1: Hơi bão hòa khô ở P_o, t_o
- 2: Hơi quá nhiệt ở P_{tg}, t_2
- 3: Hơi quá nhiệt ở P_{tg}, t_3 ($t_3 = t_k$)
- 4: Hơi quá nhiệt ở P_{tg}, t_4
- 5: Hơi quá nhiệt ở P_k, t_5
- 6: Lỏng bão hòa ở P_k, t_k
- 7: Hơi bão hòa ẩm ở P_{tg}, t_{tg}
- 8: bão hòa khô ở P_{tg}, t_{tg}
- 9: Lỏng bão hòa ở P_{tg}, t_{tg}
- 10: Hơi bão hòa ẩm ở P_o, t_o



Hình 4.2: Sơ đồ nhiệt chu trình lạnh 2 cấp, 2 tiết lưu, làm mát trung gian 1 phần, không ống xoắn

4.2.2. Biểu diễn chu trình trên giản đồ T-s, LgP-h



4.2.3. Công thức tính toán

- Năng suất lạnh ứng với 1 kg môi chất lạnh, kJ/kg

$$q_o = h_1 - h_{10} \quad (kJ / kg)$$

- Năng suất lạnh ứng với m_1 (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$Q_o = m_1 \cdot (h_1 - h_{10}) \quad (kW)$$

- Công nén đoạn nhiệt hạ áp đối với 1 kg môi chất lạnh, kJ/kg

$$l_{NHA} = h_2 - h_1 \quad (kJ / kg)$$

- Công nén đoạn nhiệt hạ áp ứng với m_1 (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$L_{NHA} = m_1 \cdot (h_2 - h_1) \quad (kW)$$

4.2.3. Công thức tính toán

- Nhiệt lượng hơi quá nhiệt tỏa ra tại bình làm mát trung gian, ứng với 1 kg môi chất lạnh, kJ/kg

$$q_{out} = h_2 - h_3 \quad (kJ / kg)$$

- Nhiệt lượng hơi quá nhiệt nhả ra tại bình làm mát trung gian, ứng với m_1 (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$Q_{out} = m_1 \cdot (h_2 - h_3) \quad (kW)$$

- Cân bằng nhiệt tại Bình trung gian (BTG):

$$m_4 h_6 = (m_4 - m_1) h_8 + m_1 h_9$$

$$\Rightarrow m_4 = m_1 \frac{h_8 - h_9}{h_8 - h_6} = m_1 \frac{h_8 - h_9}{h_8 - h_7} \quad (kg / s)$$

4.2.3. Công thức tính toán

- Công nén đoạn nhiệt cao áp đối với 1 kg môi chất lạnh, kJ/kg

$$l_{NCA} = h_5 - h_4 \quad (kJ / kg)$$

- Công nén đoạn nhiệt cao áp ứng với m_4 (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$L_{NCA} = m_4 \cdot (h_5 - h_4) \quad (kW)$$

- Nhiệt lượng của 1 kg môi chất lạnh tỏa ra trong dàn ngưng, kJ/kg

$$q_k = h_5 - h_6 \quad (kJ / kg)$$

- Nhiệt lượng của m_4 (kg/s) môi chất lạnh tỏa ra trong dàn ngưng, kW

$$Q_k = m_4 \cdot (h_5 - h_6) \quad (kW)$$

4.2.3. Công thức tính toán

- Quá trình hòa trộn đẳng áp 3-8-4 có entanpi h_4 được xác định theo pt cân bằng nhiệt:

$$m_1 h_3 + (m_4 - m_1) h_8 = m_4 h_4$$

$$\Rightarrow h_4 = \frac{m_1 h_3 + (m_4 - m_1) h_8}{m_4}$$

- Hệ số làm lạnh COP

$$COP = \frac{Q_o}{L_{NHA} + L_{NCA}} = \frac{m_1 (h_1 - h_{10})}{m_1 (h_2 - h_1) + m_4 (h_5 - h_4)}$$

Bài tập áp dụng

Chu trình máy lạnh 2 cấp nén, 2 van tiết lưu, làm mát trung gian một phần không ống xoắn, biết:

- Chu trình sử dụng môi chất lạnh NH₃
- Năng suất lạnh $Q_0 = 100\text{kW}$
- Nhiệt độ bốc hơi $t_0 = -30^\circ\text{C}$
- Nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 40^\circ\text{C}$

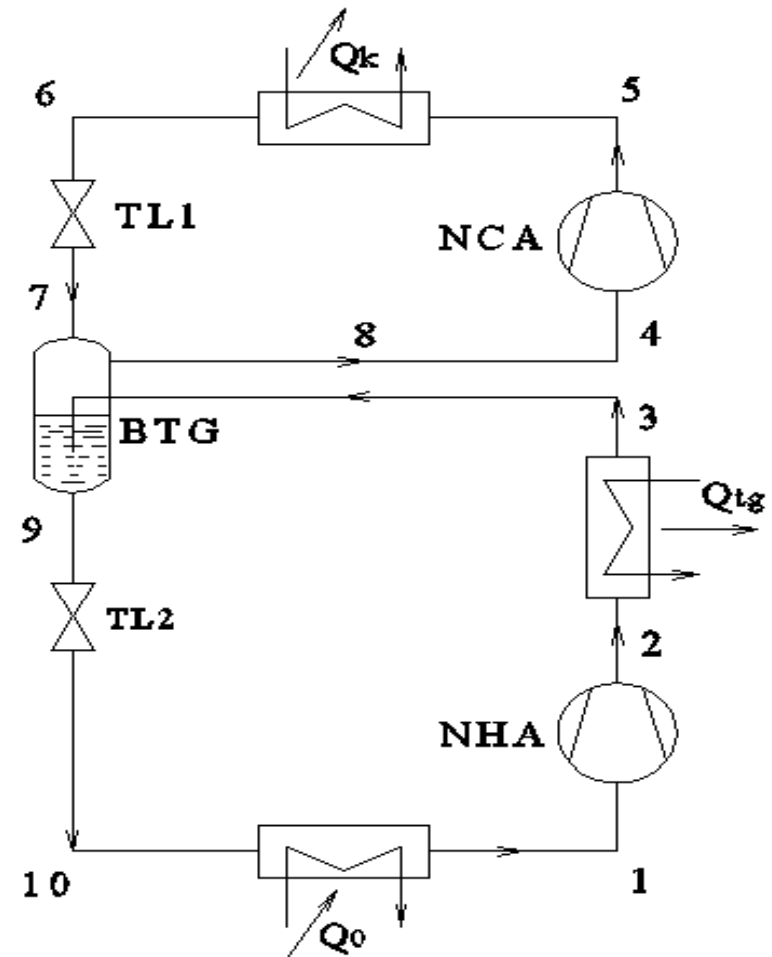
Tính toán:

- Áp suất trung gian P_{tg}
- Độ khô của môi chất lạnh đi vào dàn lạnh x
- Lưu lượng tác nhân lạnh m_1 (kg/s)
- Công suất của máy nén hạ áp L_{NHA} (kW), cao áp L_{NCA} (kW)
- Nhiệt lượng của dàn ngưng Q_k
- Hệ số lạnh COP

4.3.1. Sơ đồ nhiệt và nguyên lý hoạt động

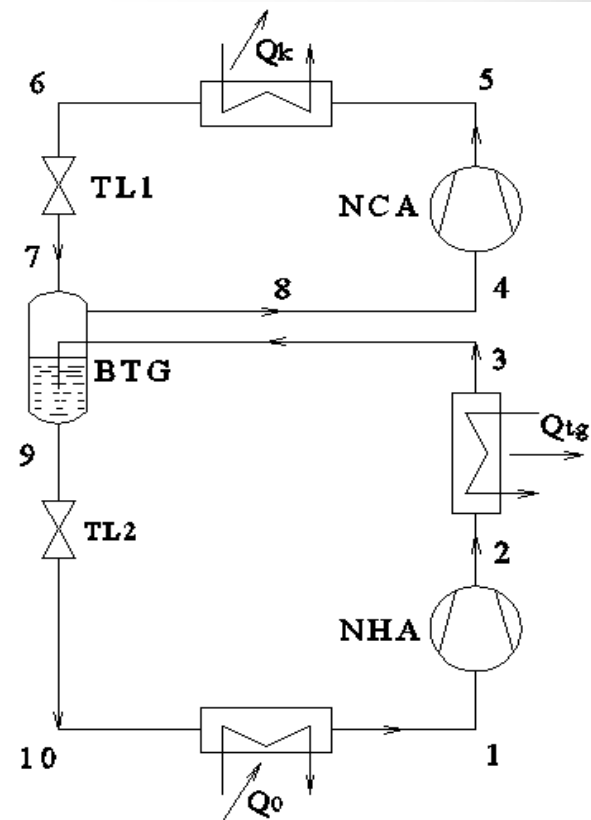
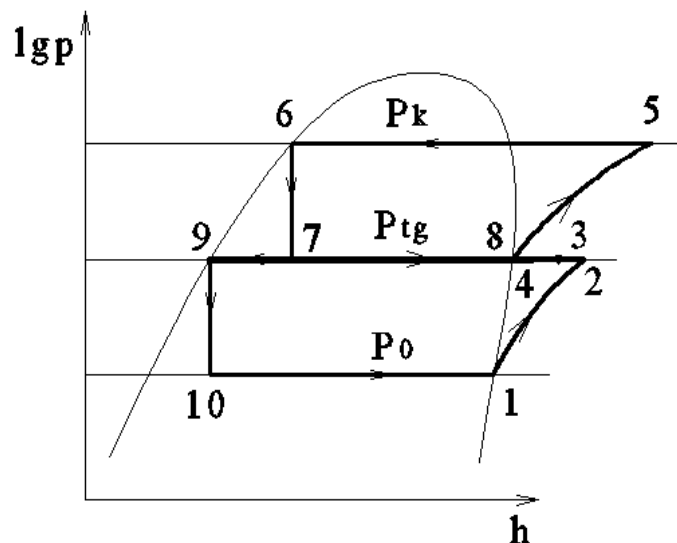
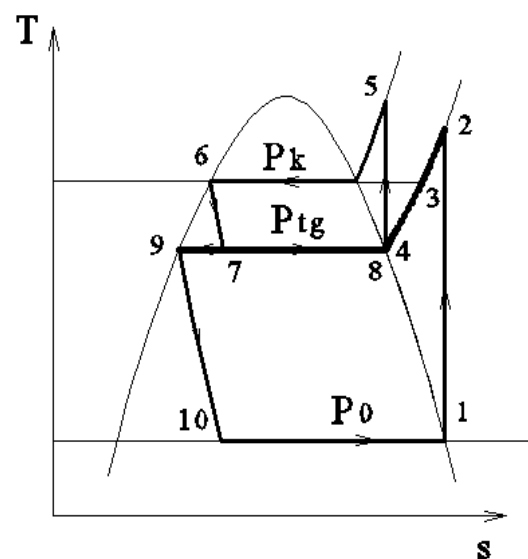
Trạng thái điểm nút:

- 1: Hơi bão hòa khô ở P_o, t_o
- 2: Hơi quá nhiệt ở P_{tg}, t_2
- 3: Hơi quá nhiệt ở P_{tg}, t_3 ($t_3 = t_k$)
- 8=4: hơi bão hòa khô ở P_{tg}, t_{tg}
- 5: Hơi quá nhiệt ở P_K, t_5
- 6: Lỏng bão hòa ở P_K, t_K
- 7: Hơi bão hòa ẩm ở P_{tg}, t_{tg}
- 9: Lỏng bão hòa ở P_{tg}, t_{tg}
- 10: Hơi bão hòa ẩm ở P_o, t_o



Hình 4.3: Sơ đồ nhiệt chu trình lạnh 2 cấp, 2 tiết lưu, làm mát trung gian hoàn toàn, không ống xoắn

4.3.2. Biểu diễn chu trình trên giản đồ T-s, LgP-h



4.3.3. Công thức tính toán

- Năng suất lạnh ứng với 1 kg môi chất lạnh, kJ/kg

$$q_o = h_1 - h_{10} \quad (kJ / kg)$$

- Năng suất lạnh ứng với m_1 (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$Q_o = m_1 \cdot (h_1 - h_{10}) \quad (kW)$$

- Công nén đoạn nhiệt hạ áp đối với 1 kg môi chất lạnh, kJ/kg

$$l_{NHA} = h_2 - h_1 \quad (kJ / kg)$$

- Công nén đoạn nhiệt hạ áp ứng với m_1 (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$L_{NHA} = m_1 \cdot (h_2 - h_1) \quad (kW)$$

4.3.3. Công thức tính toán

- Nhiệt lượng hơi quá nhiệt tỏa ra tại bình làm mát trung gian, ứng với 1 kg môi chất lạnh, kJ/kg

$$q_{out} = h_2 - h_3 \quad (kJ / kg)$$

- Nhiệt lượng hơi quá nhiệt nhả ra tại bình làm mát trung gian, ứng với m_1 (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$Q_{out} = m_1 \cdot (h_2 - h_3) \quad (kW)$$

- Cân bằng nhiệt tại Bình trung gian (BTG):

$$m_4 h_7 + m_1 h_3 = m_4 h_8 + m_1 h_9$$

$$\Rightarrow m_4 = m_1 \frac{h_3 - h_9}{h_8 - h_7} = m_1 \frac{h_3 - h_9}{h_4 - h_6} \quad (kg / s)$$

4.3.3. Công thức tính toán

- Công nén đoạn nhiệt cao áp đối với 1 kg môi chất lạnh, kJ/kg

$$l_{NCA} = h_5 - h_4 \quad (kJ / kg)$$

- Công nén đoạn nhiệt cao áp ứng với m_4 (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$L_{NCA} = m_4 \cdot (h_5 - h_4) \quad (kW)$$

- Nhiệt lượng của 1 kg môi chất lạnh tỏa ra trong dàn ngưng, kJ/kg

$$q_k = h_5 - h_6 \quad (kJ / kg)$$

- Nhiệt lượng của m_4 (kg/s) môi chất lạnh tỏa ra trong dàn ngưng, kW

$$Q_k = m_4 \cdot (h_5 - h_6) \quad (kW)$$

4.3.3. Công thức tính toán

- Hệ số làm lạnh COP

$$COP = \frac{Q_o}{L_{NHA} + L_{NCA}} = \frac{m_1(h_1 - h_{10})}{m_1(h_2 - h_1) + m_4(h_5 - h_4)}$$

Bài tập áp dụng

Chu trình máy lạnh 2 cấp nén, 2 van tiết lưu, làm mát trung gian hoàn toàn không ống xoắn, biết:

- Chu trình sử dụng môi chất lạnh NH₃
- Năng suất lạnh $Q_o = 100\text{kW}$
- Nhiệt độ bốc hơi $t_o = -30^\circ\text{C}$
- Nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 40^\circ\text{C}$

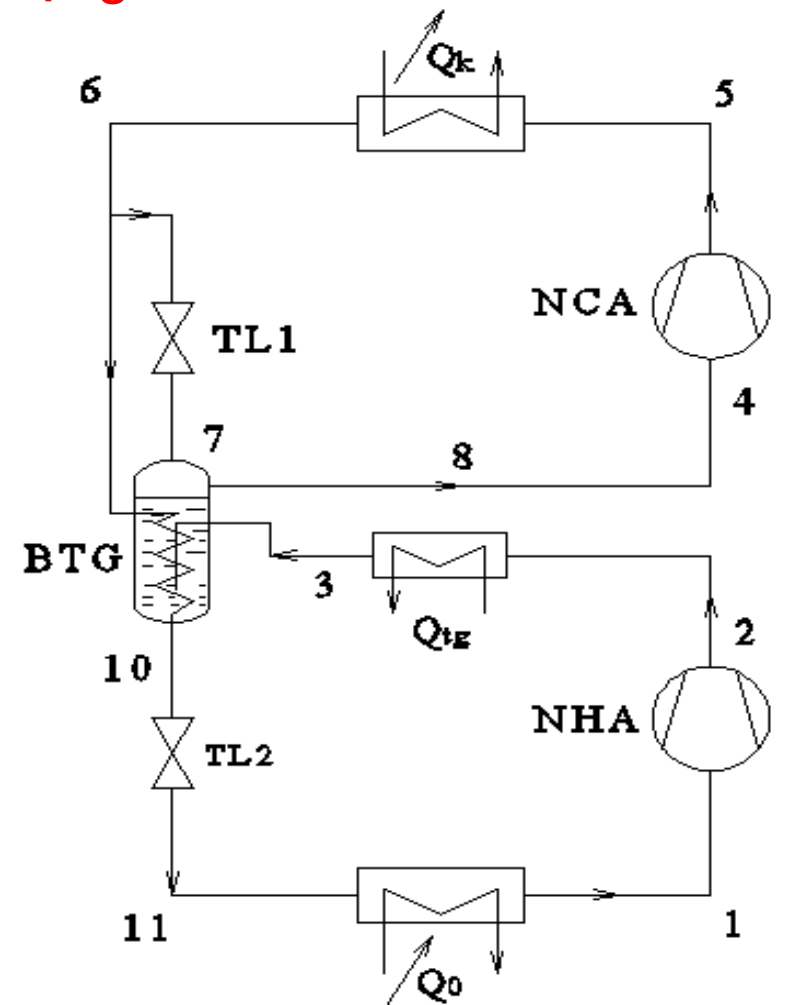
Tính toán:

- Áp suất trung gian P_{tg}
- Độ khô của môi chất lạnh đi vào dàn lạnh x
- Lưu lượng tác nhân lạnh m_1 (kg/s)
- Công suất của máy nén hạ áp L_{NHA} (kW), cao áp L_{NCA} (kW)
- Nhiệt lượng của dàn ngưng Q_k
- Hệ số lạnh COP

4.4.1. Sơ đồ nhiệt và nguyên lý hoạt động

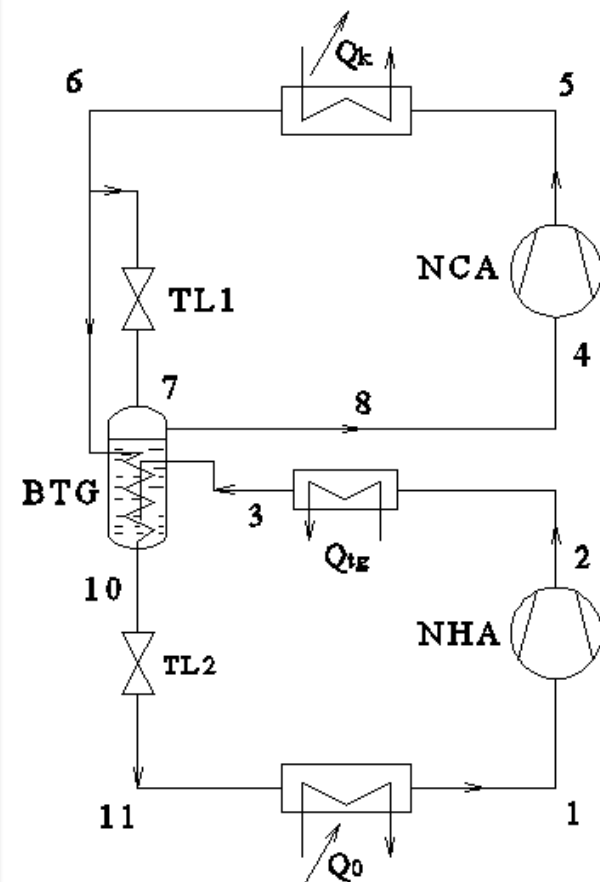
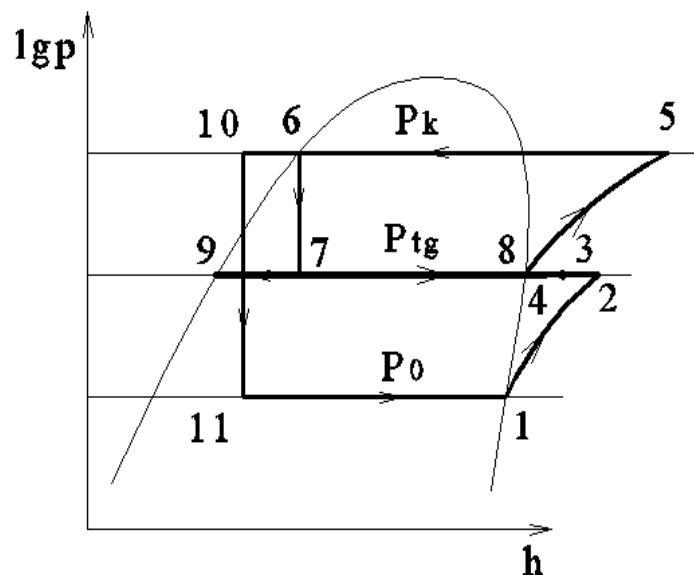
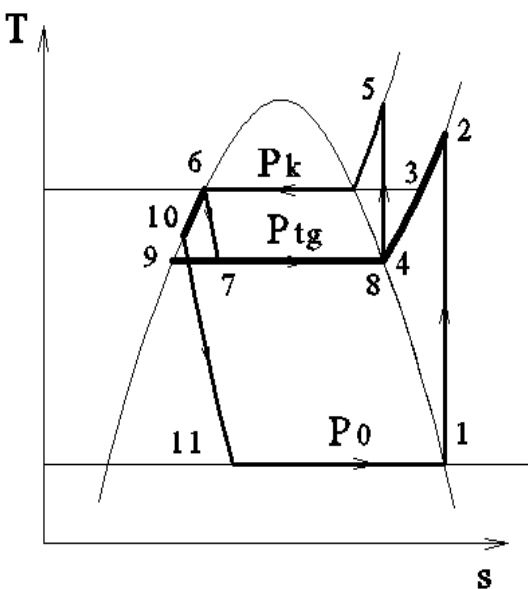
Trạng thái điểm nút:

- 1: Hơi bão hòa khô ở P_o, t_o
- 2: Hơi quá nhiệt ở P_{tg}, t_2
- 3: Hơi quá nhiệt ở P_{tg}, t_3 ($t_3 = t_k$)
- 8=4: hơi bão hòa khô ở P_{tg}, t_{tg}
- 5: Hơi quá nhiệt ở P_K, t_5
- 6: Lỏng bão hòa ở P_K, t_K
- 7: Hơi bão hòa ẩm ở P_{tg}, t_{tg}
- 10: Lỏng quá lạnh ở P_K, t_{10}
- 11: Hơi bão hòa ẩm ở P_o, t_o



Hình 4.4: Sơ đồ nhiệt chu trình lạnh 2 cấp, 2 tiết lưu, làm mát trung gian hoàn toàn, có ống xoắn

4.4.2. Biểu diễn chu trình trên giản đồ T-s, LgP-h



4.4.3. Công thức tính toán

- Năng suất lạnh ứng với 1 kg môi chất lạnh, kJ/kg

$$q_o = h_1 - h_{11} \quad (kJ / kg)$$

- Năng suất lạnh ứng với m_1 (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$Q_o = m_1 \cdot (h_1 - h_{11}) \quad (kW)$$

- Công nén đoạn nhiệt hạ áp đối với 1 kg môi chất lạnh, kJ/kg

$$l_{NHA} = h_2 - h_1 \quad (kJ / kg)$$

- Công nén đoạn nhiệt hạ áp ứng với m_1 (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$L_{NHA} = m_1 \cdot (h_2 - h_1) \quad (kW)$$

4.4.3. Công thức tính toán

- Nhiệt lượng hơi quá nhiệt tỏa ra tại bình làm mát trung gian, ứng với 1 kg môi chất lạnh, kJ/kg

$$q_{out} = h_2 - h_3 \quad (kJ / kg)$$

- Nhiệt lượng hơi quá nhiệt nhả ra tại bình làm mát trung gian, ứng với m_1 (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$Q_{out} = m_1 \cdot (h_2 - h_3) \quad (kW)$$

- Cân bằng nhiệt tại Bình trung gian có ống xoắn:

$$m_1 h_6 + m_1 h_3 + (m_4 - m_1) h_7 = m_1 h_{10} + m_4 h_8$$

$$\Rightarrow m_4 = m_1 \frac{h_6 + h_3 - h_7 - h_{10}}{h_8 - h_7} = m_1 \frac{h_6 + h_3 - h_7 - h_{10}}{h_4 - h_6} \quad (kg / s)$$

4.4.3. Công thức tính toán

- Công nén đoạn nhiệt cao áp đối với 1 kg môi chất lạnh, kJ/kg

$$l_{NCA} = h_5 - h_4 \quad (kJ / kg)$$

- Công nén đoạn nhiệt cao áp ứng với m_4 (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$L_{NCA} = m_4 \cdot (h_5 - h_4) \quad (kW)$$

- Nhiệt lượng của 1 kg môi chất lạnh tỏa ra trong dàn ngưng, kJ/kg

$$q_k = h_5 - h_6 \quad (kJ / kg)$$

- Nhiệt lượng của m_4 (kg/s) môi chất lạnh tỏa ra trong dàn ngưng, kW

$$Q_k = m_4 \cdot (h_5 - h_6) \quad (kW)$$

4.4.3. Công thức tính toán

- Hệ số làm lạnh COP

$$COP = \frac{Q_o}{L_{NHA} + L_{NCA}} = \frac{m_1(h_1 - h_{11})}{m_1(h_2 - h_1) + m_4(h_5 - h_4)}$$

4.4.3. Công thức tính toán

Bài tập áp dụng

Chu trình máy lạnh 2 cấp nén, 2 van tiết lưu, làm mát trung gian hoàn toàn có ống xoắn, biết:

- Chu trình sử dụng môi chất lạnh NH₃
- Năng suất lạnh $Q_o = 150\text{kW}$
- Nhiệt độ bốc hơi $t_o = -20^\circ\text{C}$
- Nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 45^\circ\text{C}$, nhiệt độ quá lạnh $t_{10} = t_g + 5^\circ\text{C}$

Tính toán:

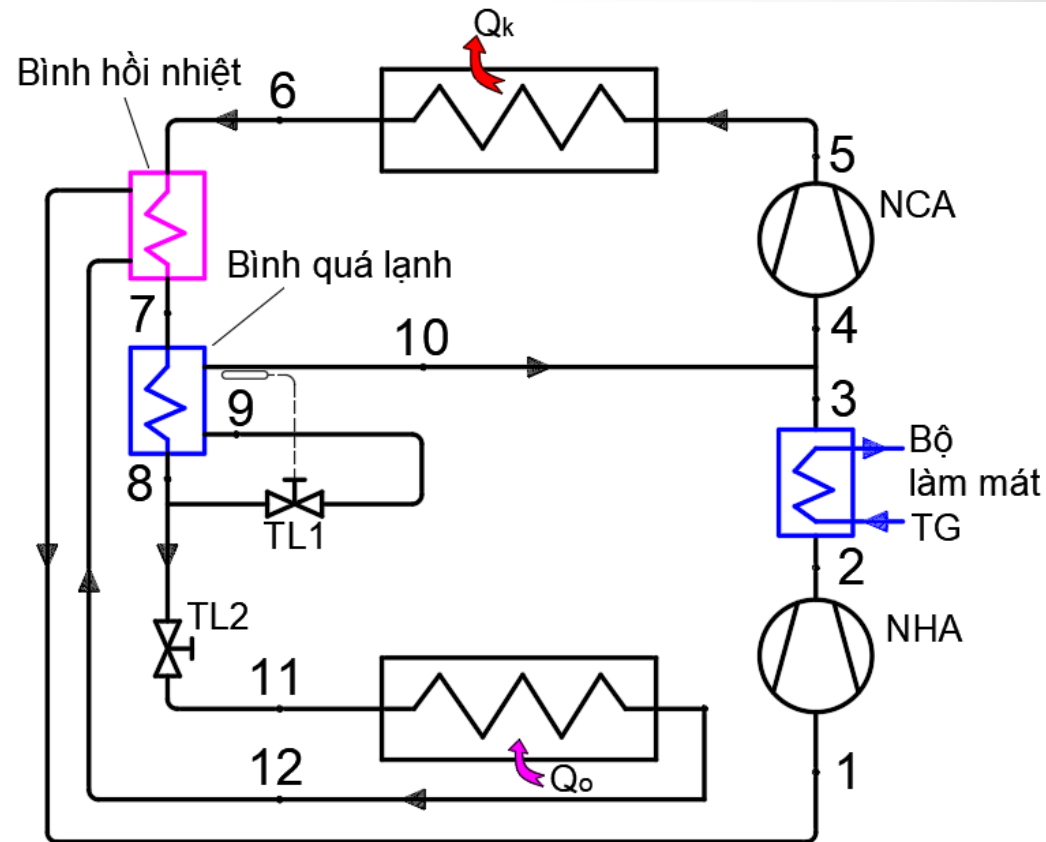
- Áp suất trung gian P_{tg}
- Độ khô của môi chất lạnh đi vào dàn lạnh x
- Lưu lượng tác nhân lạnh m_1 (kg/s)
- Công suất của máy nén hạ áp L_{HA} (kW), cao áp L_{CA} (kW)
- Nhiệt lượng của dàn ngưng Q_k
- Hệ số lạnh COP

4.5. Chu trình lạnh 2 cấp nén hồi nhiệt và quá lạnh

4.5.1. Sơ đồ nhiệt và nguyên lý hoạt động

Trạng thái điểm nút:

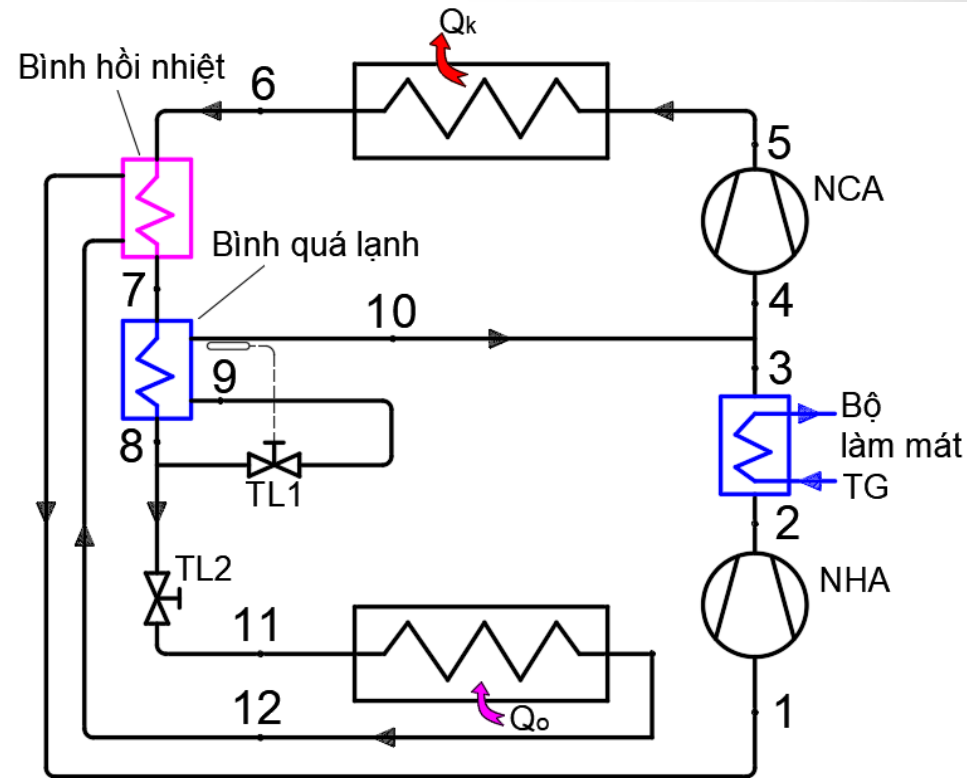
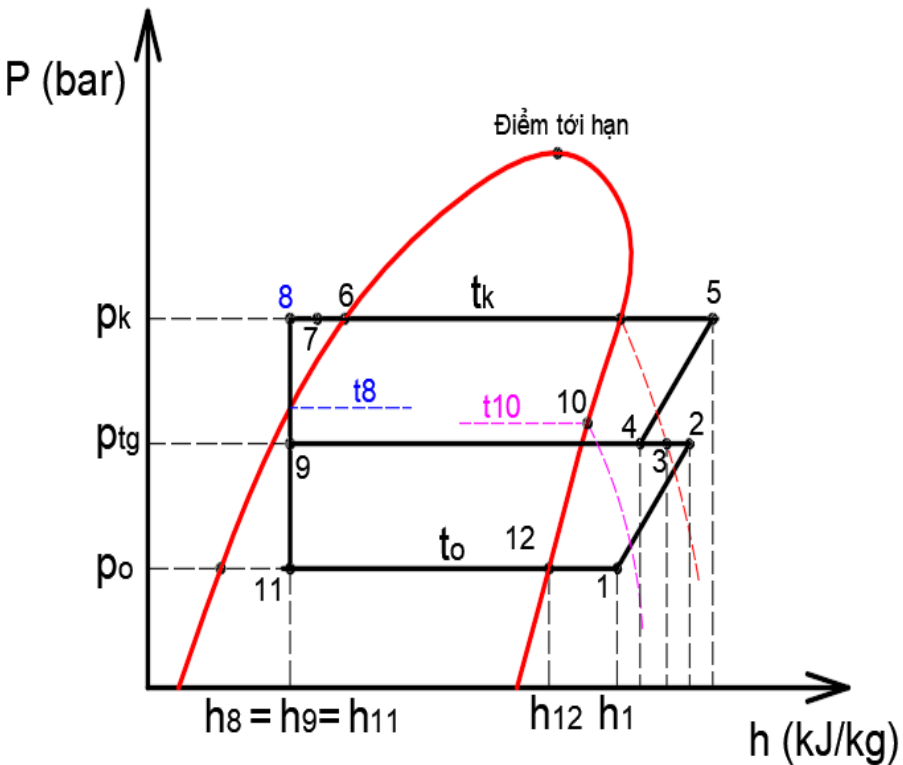
- 1: Hơi quá nhiệt ở P_o, t_1
- 2: Hơi quá nhiệt ở P_{tg}, t_2
- 3: Hơi quá nhiệt ở P_{tg}, t_3 ($t_3 = t_K$)
- 4: hơi quá nhiệt ở P_{tg}, t_4
- 5: Hơi quá nhiệt ở P_K, t_5
- 6: Lỏng bão hòa ở P_K, t_K
- 7: Lỏng quá lạnh ở P_K, t_7
- 8: Lỏng quá lạnh ở P_K, t_8
- 9: Hơi bão hòa ẩm ở P_{tg}, t_{tg}
- 10: Hơi bão hòa khô ở t_{10}
- 11: Hơi bão hòa ẩm ở P_o, t_o
- 12: Hơi bão hòa khô ở P_o, t_o



Hình 4.5: Sơ đồ nhiệt chu trình lạnh 2 cấp nén hồi nhiệt và quá lạnh

4.5. Chu trình lạnh 2 cấp nén hồi nhiệt và quá lạnh

4.5.2. Biểu diễn chu trình trên giản đồ LgP-h



4.5.3. Công thức tính toán

- Năng suất lạnh ứng với 1 kg môi chất lạnh, kJ/kg

$$q_o = h_{12} - h_{11} \quad (kJ / kg)$$

- Năng suất lạnh ứng với m_1 (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$Q_o = m_1 \cdot (h_{12} - h_{11}) \quad (kW)$$

- Nhiệt lượng 1 kg môi chất lạnh nhận được trong bình hồi nhiệt, kJ/kg

$$q_{hn} = h_1 - h_{12} \quad (kJ / kg)$$

- Trong bình hồi nhiệt, nhiệt lượng môi chất lạnh trên đường **12-1** nhận được bằng với nhiệt lượng môi chất lạnh trên đường **6-7** tỏa ra, kW

$$Q_{hn} = m_1 \cdot (h_1 - h_{12}) = m_4 \cdot (h_6 - h_7) \quad (kW)$$

4.5.3. Công thức tính toán

- Nhiệt lượng hơi quá nhiệt tỏa ra tại bình làm mát trung gian, ứng với 1 kg môi chất lạnh, kJ/kg

$$q_{out} = h_2 - h_3 \quad (kJ / kg)$$

- Nhiệt lượng hơi quá nhiệt nhả ra tại bình làm mát trung gian, ứng với m_1 (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$Q_{out} = m_1 \cdot (h_2 - h_3) \quad (kW)$$

- Lưu lượng môi chất đi vào máy nén cao áp:

$$m_4 = m_1 \frac{h_1 - h_{12}}{h_6 - h_7}$$

4.5.3. Công thức tính toán

- Công nén đoạn nhiệt cao áp đối với 1 kg môi chất lạnh, kJ/kg

$$l_{NCA} = h_5 - h_4 \quad (kJ / kg)$$

- Công nén đoạn nhiệt cao áp ứng với m_4 (kg/s) môi chất lạnh, kW

$$L_{NCA} = m_4 \cdot (h_5 - h_4) \quad (kW)$$

- Nhiệt lượng của 1 kg môi chất lạnh tỏa ra trong dàn ngưng, kJ/kg

$$q_k = h_5 - h_6 \quad (kJ / kg)$$

- Nhiệt lượng của m_4 (kg/s) môi chất lạnh tỏa ra trong dàn ngưng, kW

$$Q_k = m_4 \cdot (h_5 - h_6) \quad (kW)$$

4.5.3. Công thức tính toán

- Trong bình quá lạnh, nhiệt lượng m_4 (kg/s) môi chất lạnh trên đường 7-8 tỏa ra, kW

$$Q_{ql} = m_4 \cdot (h_7 - h_{12}) = m_{10} \cdot (h_{10} - h_9) \text{ (kW)}$$

- Quá trình hòa trộn đẳng áp 3-4-10

$$m_{10}h_{10} + m_1h_3 = m_4h_4$$

$$m_1 + m_{10} = m_4$$

- Hệ số làm lạnh COP

$$COP = \frac{Q_o}{L_{NHA} + L_{NCA}} = \frac{m_1(h_{12} - h_{11})}{m_1(h_2 - h_1) + m_4(h_5 - h_4)}$$

Chương V: Tác nhận lạnh và chất tải lạnh

A. Định nghĩa

Tác nhân lạnh (môi chất lạnh, gas lạnh hay công chất lạnh) là chất môi giới sử dụng trong chu trình nhiệt động ngược chiều để thu nhiệt từ môi trường có nhiệt độ thấp và thải ra môi trường có nhiệt độ cao.

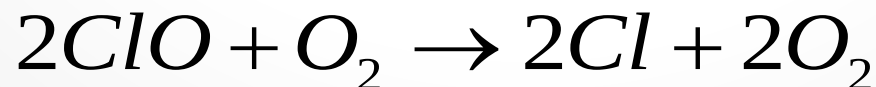
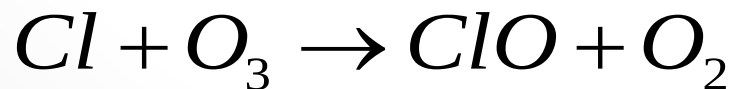
B. Yêu cầu đối với môi chất lạnh (Đọc tài liệu [1], [2])

C. Các môi chất lạnh thường dùng

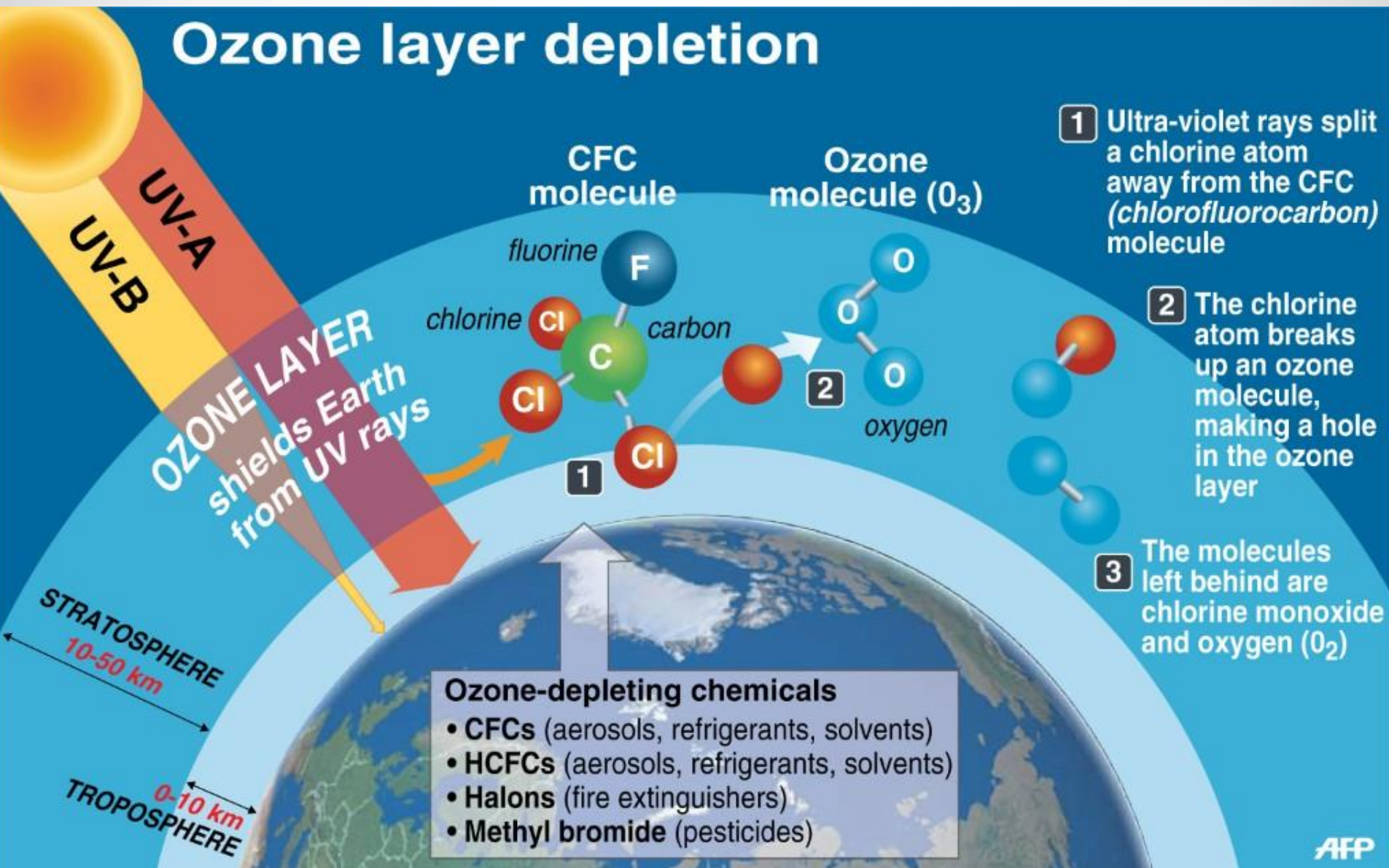
- R32
- R410a
- NH₃
- R22
- R134a

5.2. Ảnh hưởng của tác nhân lạnh đến tầng OZONE

Có khoảng 80% tác nhân lạnh được sản xuất từ các thành phần chủ yếu là clo, flo, carbon và hydro. Các loại tác nhân lạnh này thuộc nhóm halogenation nên có tên gọi là CFC (Chlorofluorocarbons). Đây là các tác nhân lạnh có cấu tạo hóa học ổn định và bền theo thời gian trong môi trường không khí sau khi rò rỉ ra bên ngoài. Tuy nhiên, khi lên đến tầng bình lưu, các phân tử này bị phá hủy và giải phóng các nguyên tử clo dưới tác động của tia bức xạ mặt trời. Khi đó sẽ có hai phản ứng hóa học xảy ra làm hư hỏng tầng ozone như sau:



5.2. Ảnh hưởng của tác nhân lạnh đến tầng OZONE



A. Định nghĩa

Là môi chất trung gian, nhận nhiệt của đối tượng cần làm lạnh chuyển tới thiết bị bay hơi cấp cho chất lạnh sôi. Chất tải lạnh còn gọi là môi chất lạnh thứ cấp.

B. Yêu cầu đối với môi chất lạnh (Đọc tài liệu [2])

C. Các chất tải lạnh thường dùng

- Nước
- Không khí
- Dung dịch nước muối NaCl
- Dung dịch nước muối CaCl_2
- Các chất hữu cơ (Glycol, Metanol, Etanol)