

BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG CAO ĐẲNG CÔNG THƯƠNG TP.HỒ CHÍ MINH
KHOA ĐIỆN – ĐIỆN TỬ
BỘ MÔN CÔNG NGHỆ NHIỆT LẠNH



Biên soạn:
ThS. Trần Xuân An

GIÁO TRÌNH
KỸ THUẬT LẠNH

LƯU HÀNH NỘI BỘ
TP. HỒ CHÍ MINH – NĂM 2021

GIÁO TRÌNH

KỸ THUẬT LẠNH

TÀI LIỆU LƯU HÀNH NỘI BỘ – 2021

In và phát hành tại Thư viện Trường Cao đẳng Công thương TP. HCM

Cấm sao chép dưới mọi hình thức.

Mọi chi tiết xin liên hệ:

Trường Cao đẳng Công thương Tp. HCM

20 Tầng Nhon Phú, phường Phước Long B, quận 9, TP. HCM

ĐT: (84-8) 37 31 36 31, Fax: (84-8) 38978501

Website: <http://www.hitu.edu.vn>

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 và 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

Giáo trình được biên soạn để phục vụ công tác giảng dạy cho sinh viên ngành công nghệ kỹ thuật nhiệt hệ cao đẳng. Giáo trình bám sát với chương trình đào tạo của ngành và đề cương chi tiết học phần “ Kỹ thuật lạnh”

Tác giả xin chân thành cảm ơn bạn bè đồng nghiệp đã góp ý và hỗ trợ trong quá trình viết giáo trình, cảm ơn thư viện trường cao đẳng Công Thương đã hỗ trợ in ấn xuất bản

Dù đã cố gắng hết sức trong khả năng của mình nhưng không thể tránh khỏi những sai sót, mọi đóng góp xin được ghi nhận và điều chỉnh hợp lý.

Mọi góp ý xin gửi về ThS. Trần Xuân An, Trưởng bộ môn công nghệ nhiệt lạnh

Tác giả

ThS. Trần Xuân An

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 2.1: Phân loại máy nén lạnh

Hình 2.2 : Các loại công nén và tổn thất năng lượng

Hình 2.3. Nguyên lý cấu tạo và làm việc của máy nén pittông

Hình 2.4: Nguyên lý hoạt động máy nén piston kín

Hình 2.5 : Các dạng máy nén

Hình 2.6 : Máy nén trục vít Bitzer

Hình 2.7 : Hình dáng, cấu tạo của máy nén trục vít loại 2 vít

Hình 2.8 : Máy nén trục vít nửa kín Bitzer

Hình 2.9 : Mặt cắt máy nén trục vít Bitzer

Hình 2.10 : Cụm máy nén trục vít

Hình 2.11 : Nguyên lý cấu tạo và làm việc của máy nén rôto lăn

Hình 2.12 : Mặt cắt của máy nén roto lăn

Hình 2.13 : Nguyên lý làm việc của máy nén roto tấm trượt

Hình 2.14 : Máy nén xoắn ốc 3-DTM hãng TRANE

Hình 2.15 : Cấu tạo máy nén xoắn ốc Copeland

Hình 2.16: Cấu tạo dàn nóng giải nhiệt gió

Hình 2.17: Dàn nóng thực tế

Hình 2.18 : Bình ngưng ống chùm nằm ngang

Hình 2.19: Bình ngưng thực tế

Hình 2.20: Cụm máy nén – bình ngưng

Hình 2.21: Sơ đồ nguyên lý kết nối bình ngưng và tháp giải nhiệt

Hình 2.22: Tháp ngưng tụ (thiết bị ngưng tụ kiểu bay hơi)

Hình 2.23: Tháp ngưng tụ thực tế

Hình 2.24: Cấu tạo thiết bị ngưng tụ kiểu tấm bản

Hình 2.25: Cấu tạo thiết bị ngưng tụ kiểu ống lồng ống

Hình 2.26: Cấu tạo ống mao

Hình 2.27: Sơ đồ cân cấp ống mao (kiểu hở)

Hình 2.28: Sơ đồ cân cấp thực tế

Hình 2.29: Biểu đồ xác định chiều dài, đường kính ống mao theo thực nghiệm

- Hình 2.30: Van tiết lưu nhiệt cân bằng trong
- Hình 2.31: Sơ đồ nguyên lý van tiết lưu nhiệt cân bằng trong
- Hình 2.32: Sơ đồ lắp đặt van tiết lưu nhiệt cân bằng trong với dàn lạnh
- Hình 2.33: Van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài
- Hình 2.34: Điểm khác biệt giữa van tiết lưu cân bằng ngoài và cân bằng trong
- Hình 2.35: Sơ đồ lắp đặt van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài với dàn lạnh
- Hình 2.36: Sơ đồ nguyên lý và điều chỉnh van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài
- Hình 2.37 : Bình bay hơi ống vỏ amoniắc kiểu ngập lỏng
- Hình 2.38 : Bình bay hơi ống vỏ Freon kiểu ngập lỏng
- Hình 2.39: Bình bay hơi ống vỏ kiểu ngập lỏng
- Hình 2.40 : Bình bay hơi ống vỏ ống chữ U môi chất sôi trong ống
- Hình 2.41 : Bình bay hơi ống vỏ chùm ống thẳng, môi chất sôi trong ống
- Hình 2.42 : Dàn lạnh panel
- Hình 2.43 : Dàn lạnh xương cá
- Hình 2.44 : Dàn lạnh tấm bản
- Hình 2.45 : Dàn lạnh không khí
- Hình 2.46 : Thiết bị làm lạnh không khí kiểu ướt
- Hình 2.47: Thiết bị làm lạnh không khí kiểu hỗn hợp
- Hình 3.1 : Sơ đồ nguyên lý chu trình khô một cấp nén
- Hình 3.2 : Đồ thị T-s và lgp-h
- Hình 3.3: Xác định điểm nút trên đồ thị T-S
- Hình 3.4: Xác định điểm nút trên đồ thị Log-h
- Hình 3.5: Xác định các điểm nút chu trình trên đồ thị LogP-h
- Hình 3.6: Tra thông số điểm nút số 1
- Hình 3.7: Tra thông số điểm nút số 3
- Hình 3.8: Kiểm tra thông số điểm 2
- Hình 3.9: Nội suy lần 1
- Hình 3.10: Nội suy lần 2
- Hình 3.11 : Sơ đồ nguyên lý làm việc tủ lạnh gia đình
- Hình 3.12 : Sơ đồ nguyên lý làm việc máy điều hòa dân dụng hai khối

Hình 3.13 : Sơ đồ nguyên lý làm việc máy đá viên gia đình

Hình 3.14 : Sơ đồ nguyên lý tủ đông gió cỡ nhỏ

Hình 3.15 : Chu trình quá lạnh

Hình 3.16 : Đồ thị chu trình quá lạnh

Hình 3.17: Chu trình quá nhiệt sử dụng van tiết lưu nhiệt

Hình 3.18 : Đồ thị chu trình quá nhiệt

Hình 3.19: Sơ đồ hệ thống kho lạnh công nghiệp

Hình 3.20: Sơ đồ nguyên lý tủ cấp đông gió

Hình 3.21: Sơ đồ quá lạnh – quá nhiệt sử dụng thiết bị hồi nhiệt

Hình 3.22: Nguyên lý cấu tạo bộ hồi nhiệt

Hình 3.23: Đồ thị LgP-h chu trình hồi nhiệt

Hình 3.24: Đồ thị T-S chu trình hồi nhiệt

Hình 3.25 : Sơ đồ nguyên lý kho lạnh dùng thiết bị hồi nhiệt

Hình 3.26: Xác định các điểm nút chu trình qua lạnh – quá nhiệt

Hình 4.1 : Hiệu suất thể tích λ và hiệu suất chỉ thị η_i phụ thuộc vào tỉ số nén

Hình 4.2: Phân tích quá trình nén

Hình 4.3: Công nén giảm khi thực hiện làm mát trung gian đoạn 2-3

Hình 4.4 : Làm mát trung gian giữa 2 cấp nén dùng bộ trao đổi nhiệt nước

Hình 4.5 : Sơ đồ nguyên lý

Hình 4.6 : Đồ thị chu trình hai cấp một tiết lưu

Hình 4.7 : Sơ đồ nguyên lý chu trình 2 cấp 2 tiết lưu làm mát không hoàn toàn

Hình 4.8 : Đồ thị LgP-h chu trình 2 cấp 2 tiết lưu làm mát không hoàn toàn

Hình 4.9 : Sơ đồ nguyên lý chu trình 2 cấp 2 tiết lưu làm mát hoàn toàn

Hình 4.10: Đồ thị LgP-h chu trình 2 cấp 2 tiết lưu làm mát hoàn toàn

Hình 4.11 : Sơ đồ nguyên lý chu trình hai cấp 2 tiết lưu bình trung gian xoắn

Hình 4.12 : Đồ thị T-S ; LgP-H chu trình hai cấp 2 tiết lưu bình trung gian xoắn

Hình 5.1: Sơ đồ nguyên lý chu trình máy lạnh ghép tầng

Hình 5.2 : Đồ thị chu trình máy lạnh ghép tầng

Hình 5.3 : Sơ đồ nguyên lý hệ thống máy lạnh ghép tầng cho kho lạnh

MỤC LỤC

Chương I : MÔI CHẤT LẠNH VÀ CHẤT TẢI LẠNH	9
1.1. Môi chất lạnh	9
1.1.1. Định nghĩa	9
1.1.2. Yêu cầu đối với môi chất lạnh	9
1.1.3. Các môi chất lạnh thường dùng	10
2.2. Chất tải lạnh	19
2.2.1. Mở đầu	19
2.2.2. Các yêu cầu đối với chất tải lạnh	19
2.2.3. Các chất tải lạnh thường dùng	20
CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG I	21
CHƯƠNG II : ĐẠI CƯƠNG HỆ THỐNG LẠNH NÉN HƠI	22
2.1 Bốn quá trình chính trong hệ thống lạnh nén hơi	22
2.1.1 Quá trình nén	22
2.1.2 Quá trình ngưng tụ	22
2.1.3 Quá trình tiết lưu	22
2.1.4 Quá trình bay hơi	22
2.2 Các thiết bị sử dụng trong hệ thống lạnh nén hơi	23
2.2.1 Máy nén lạnh	23
2.2.2 Thiết bị ngưng tụ	41
2.2.3 Thiết bị tiết lưu	46
2.2.4 Thiết bị bay hơi	56
CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG II	69
CHƯƠNG III: CHU TRÌNH MÁY LẠNH NÉN HƠI MỘT CẤP NÉN	
3.1. Chu trình khô	70
3.1.1 Định nghĩa	70
3.1.2 Sơ đồ nguyên lý	70
3.1.3 Nguyên lý làm việc	71
3.1.4 Đồ thị	71

3.1.5 Tính toán chu trình.	75
3.2. Chu trình quá lạnh, quá nhiệt	84
3.2.1. Định nghĩa	84
3.2.2. Nguyên nhân quá lạnh, quá nhiệt	84
3.2.3. Sơ đồ nguyên lý	84
3.2.4 Tính toán chu trình quá lạnh – quá nhiệt	86
3.2.5 Ứng dụng chu trình quá lạnh quá nhiệt	87
3.3. Chu trình hồi nhiệt	88
3.3.1 Định nghĩa	88
3.3.2 Sơ đồ nguyên lý	89
3.3.4 Đồ thị LgP-h	90
3.3.5 Tính toán chu trình	90
3.3.6 Ứng dụng	91
BÀI TẬP CHƯƠNG III	95
CHƯƠNG IV : CHU TRÌNH MÁY LẠNH NÉN HƠI HAI CẤP NÉN	
4.1 Tổng quan	101
4.2. Các chu trình làm việc của máy lạnh nén hơi hai cấp nén	102
4.2.1. Chu trình 2 cấp, 1 tiết lưu làm mát trung gian không hoàn toàn	102
4.2.1.1. Định nghĩa	103
4.2.1.2. Sơ đồ nguyên lý	103
4.2.1.3. Đồ thị	103
4.2.1.4 Nguyên lý hoạt động	104
4.2.1.5 Tính toán chu trình	104
4.2.2. Chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu làm mát trung gian không hoàn toàn	105
4.2.2.1 Sơ đồ nguyên lý	105
4.2.2.2- Đồ thị	106
4.2.2.3 Nguyên lý hoạt động	106
4.2.2.4 Tính toán chu trình	106
4.2.3. Chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu, làm mát trung gian hoàn toàn	107
4.2.3.1 Cơ sở hình thành	107

4.2.3.2 Sơ đồ nguyên lý	108
4.2.3.3 Đồ thị	108
4.2.3.4 Nguyên lý hoạt động	108
4.2.3.5 Tính toán chu trình	109
4.2.4. Chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu, làm mát trung gian hoàn toàn, bình trung gian ống xoắn	110
4.2.4.1 Cơ sở hình thành	110
4.2.4.2 Sơ đồ nguyên lý	110
4.2.4. 3 Đồ thị	111
4.2.4.4 Nguyên lý hoạt động	111
4.2.4.5 Tính toán chu trình	111
BÀI TẬP CHƯƠNG IV	113
CHƯƠNG V : MÁY LẠNH GHÉP TẦNG	115
5.1 Cơ sở hình thành	115
5.2 Sơ đồ nguyên lý	115
5.3 Đồ thị	116
5.4 Sơ đồ thực tế	116
BÀI TẬP CHƯƠNG V	117
TÀI LIỆU THAM KHẢO	118
PHỤ LỤC 1: Đồ thị môi chất R134a	118
PHỤ LỤC 2: Đồ thị môi chất R22	118
PHỤ LỤC 3: Đồ thị môi chất R404a	118
PHỤ LỤC 4: Đồ thị môi chất R410a	118
PHỤ LỤC 5: Đồ thị môi chất R600a	118
PHỤ LỤC 6: Đồ thị môi chất R717	118
PHỤ LỤC 7: Bảng tra môi chất R134a	125
PHỤ LỤC 8: Bảng tra môi chất R22	149
PHỤ LỤC 9: Bảng tra môi chất R404A	166
PHỤ LỤC 10: Bảng tra môi chất R410A	182
PHỤ LỤC 11: Bảng tra môi chất R717	195

CHƯƠNG I

MÔI CHẤT LẠNH VÀ CHẤT TẢI LẠNH

1.1. Môi chất lạnh

1.1.1. Định nghĩa

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

1.1.2. Yêu cầu đối với môi chất lạnh

1) Tính chất hoá học

Bền vững về mặt hoá học trong phạm vi áp suất và nhiệt độ làm việc, không được phân huỷ và polyme hóa.

Phải trơ, không ăn mòn các vật liệu chế tạo máy, dầu bôi trơn...

An toàn, không dễ cháy nổ

2) Tính chất lý học

Áp suất ngưng tụ P_k không được quá cao: giảm chiều dày các thiết bị.

Áp suất bay hơi P_0 không được quá nhỏ, phải lớn hơn áp suất khí quyển để hệ thống không bị chân không, dễ rò lọt không khí vào hệ thống

Nhiệt độ đông đặc nhỏ hơn nhiệt độ bay hơi.

Nhiệt độ tới hạn phải cao hơn nhiệt độ ngưng tụ

Nhiệt ẩn hóa hơi và nhiệt dung riêng càng lớn càng tốt.

Năng suất lạnh riêng thể tích càng lớn càng tốt.

Độ nhớt càng nhỏ càng tốt.

Hệ số dẫn nhiệt càng lớn càng tốt.

Khả năng hoà tan nước càng lớn càng tốt.

Không được dẫn điện

3) Tính chất sinh lý

Môi chất không được độc hại với con người và cơ thể sống, không gây phản ứng với cơ quan hô hấp.

Môi chất phải có mùi đặc trưng để dễ dàng phát hiện rò rỉ.

Nếu cần có thể pha thêm chất có mùi đặc trưng vào môi chất với điều kiện chất đó không ảnh hưởng đến các tính chất khác của môi chất.

Không ảnh hưởng xấu đến chất lượng sản phẩm bảo quản.

4) Tính kinh tế

Giá thành phải rẻ.

Dễ kiểm nghĩa là môi chất được sản xuất công nghiệp, vận chuyển và bảo quản dễ dàng.

5) Tính an toàn và cháy nổ

Phải an toàn, không dễ cháy nổ.

Kết luận

Không có môi chất lạnh lý tưởng đáp ứng đầy đủ các yêu cầu trên mà chỉ có thể đáp ứng ít hay nhiều các yêu cầu trên mà thôi. Tùy trường hợp ứng dụng có thể chọn một loại môi chất này hay môi chất kia cho phù hợp.

1.1.3. Các môi chất lạnh thường dùng

Ký hiệu môi chất lạnh

A. Các frêon

Các frêon là các chất hữu cơ no hoặc chưa no mà các Hydro(H_2) được thay thế một phần hay toàn bộ bằng các nguyên tử Cl, Br hay F

Các frêon thường được ký hiệu chữ đầu tiên là R.

Xét: R 1 2 3 _____ Số lượng nguyên tử F

_____ Số lượng nguyên tử Hydrô +1

_____ Số lượng nguyên tử C – 1

Ví dụ 1: môi chất có công thức hoá học CCl_2F_2 . Tìm ký hiệu

Số thứ nhất: số nguyên tử C – 1 = 1 - 1 = 0

Số thứ 2 : số nguyên tử H + 1 = 0 + 1 = 1

Số thứ 3 : số nguyên tử F = 2

Vậy môi chất có ký hiệu : R012 hoặc R12.

Ví dụ 2: môi chất có công thức hoá học CHClF_2 . Tìm ký hiệu

Số thứ nhất: số nguyên tử C $-1 = 1-1 = 0$

Số thứ 2 : số nguyên tử H $+1 = 1+1 = 2$

Số thứ 3 : số nguyên tử F $=2$

Vậy môi chất có ký hiệu: R022 hoặc R22

Ví dụ 3 : môi chất có kí hiệu R114 tìm công thức hoá học của môi chất đó

Số thứ nhất: số nguyên tử C $-1 = 1 \Rightarrow C = 2$

Số thứ 2 : số nguyên tử H $+ 1 = 1 \Rightarrow H = 0$

Số thứ 3 : số nguyên tử F $= 4$

Vậy môi chất có công thức hoá học: $\text{C}_2\text{Cl}_2\text{F}_4$

Số lượng nguyên tử Cl xác định được nhờ hoá trị còn lại của nguyên tử từ Cacbon: 2 Cacbon $\Rightarrow \text{C}_2\text{H}_6$, có 4 F $\Rightarrow$ có 2 Cl.

B. Các chất vô cơ

Các chất vô cơ có ký hiệu đầu tiên là R và sau đó là 3 chữ số, chữ số đầu tiên là 7 còn lại hai chữ số sau là phân tử lượng của chất đó:

Ví dụ: môi chất NH_3 : R717

H_2O : R718

CO_2 : R744

Không khí: R729

➤ Môi chất lạnh thường dùng

❖ Amoniac NH_3

Amoniac có công thức hoá học NH_3 và ký hiệu môi chất là R717 là một chất khí không màu có mùi hắc đặc trưng

Ở áp suất khí quyển có $t_s = -33,4^\circ\text{C}$. Có tính chất nhiệt động tốt phù hợp với máy lạnh nén hơi dùng máy nén piston

• Tính chất hóa học

NH_3 bền vững ở khoảng nhiệt độ và áp suất làm việc. NH_3 chỉ phân huỷ thành N_2 và H_2 ở 260°C .

Khi có nước và thép làm chất xúc tác thì NH_3 phân huỷ ngay ở nhiệt độ $110 \div 120^\circ\text{C}$. Vì vậy cần làm mát tốt ở đầu xilanh và hạn chế nhiệt độ cuối tầm nén càng thấp càng tốt.

NH_3 không ăn mòn các kim loại dùng chế tạo máy nhưng ăn mòn đồng và các hợp kim của đồng, ngoại trừ đồng thau phốt phát. Do đó không sử dụng đồng và các hợp kim của đồng trong máy lạnh NH_3 .

- **Tính chất vật lý**

Ở điều kiện ngưng tụ làm mát bằng nước nếu $t_{\text{nước}} = 25^\circ\text{C}$. nhiệt độ nước ra khỏi ngưng tụ $t = 37^\circ\text{C}$ thì $t_c = 42^\circ\text{C}$ và $P_c = 16,5$ bar.

Nhiệt độ cuối tầm nén rất cao nên phải làm mát bằng nước.

Áp suất bay hơi lớn hơn 1 bar (áp suất khí quyển) nên máy lạnh làm việc ít bị chân không. Chỉ bị chân không khi nhiệt độ bay hơi nhỏ hơn $-33,4^\circ\text{C}$.

Năng suất lạnh riêng thể tích lớn nên máy nén và thiết bị gọn nhẹ (năng suất lạnh riêng thể tích là năng suất lạnh của 1 đơn vị thể tích môi chất)

Độ nhớt nhỏ, tính lưu động cao nên tổn thất áp suất trên đường ống nhỏ.

Hệ số dẫn nhiệt và trao đổi nhiệt lớn nên thuận lợi cho việc tính toán chế tạo thiết bị bay hơi và ngưng tụ.

Hoà tan nước không hạn chế nên van tiết lưu không bị tắc ảm.

Không hoà tan dầu nên khó bôi trơn các chi tiết chuyển động cơ của máy nén và hệ thống máy lạnh phải bố trí bình tách dầu.

Dẫn điện nên không sử dụng cho máy nén kín

- **Tính chất sinh lý**

Nhược điểm cơ bản nhất của NH_3 là gây độc hại đối với con người và cơ thể sống. Ở nồng độ 1% trong không khí gây ngất sau 1 phút.

Có mùi đặc trưng khó chịu nên dễ phòng tránh.

Làm giảm chất lượng sản phẩm cần bảo quản.

- **Tính kinh tế**

Là môi chất lạnh dễ tìm, rẻ tiền, dễ vận chuyển và bảo quản

- **Tính an toàn cháy nổ**

Gây cháy nổ trong không khí ở nồng độ $13,5 \div 16\%$ với nhiệt độ cháy 651°C . Vì vậy các gian máy NH_3 không được dùng ngọn lửa trần và các gian máy phải thông thoáng.

Kết luận:

Qua các tính chất trên ngày nay NH_3 trở thành môi chất quan trọng được sử dụng trong nhiều lĩnh vực từ nhiệt độ bay hơi $+10 \div -60^{\circ}\text{C}$.

Bảng tổng hợp tính chất của môi chất NH_3

Hóa tính	Lý tính	Tính sinh lý	Kinh tế, an toàn
- Bền vững trong phạm vi p và t làm việc - Phân huỷ ở 260°C. - Không ăn mòn kim loại nhưng ăn mòn đồng và hợp kim của đồng	- $T_c = 42^{\circ}\text{C}$, $P_c = 16,5\text{bar}$ - $T_c = -33,4^{\circ}\text{C}$, $P_c = 1\text{bar}$ - Nhiệt độ cuối tầm nén cao - Độ nhớt nhỏ - Không hòa tan dầu, hoà tan nước - Dẫn điện	- Gây độc hại đối với con người, nồng độ 1% trong không khí gây ngất sau 1 phút. - Có mùi trặc trung khó chịu - Làm giảm chất lượng sản phẩm bảo quản.	- Rẻ tiền, dễ kiểm, dễ bảo quản và dễ vận chuyển. - Gây cháy nổ trong không khí ở nồng độ $13,5 \div 16\%$ với nhiệt độ cháy 651°C

❖ R12

Môi chất lạnh R12 có công thức hoá học là CCl_2F_2 , là một chất khí không màu có mùi thơm rất nhẹ, nặng hơn không khí khoảng 4 lần ở 30°C . Ở áp suất khí quyển có nhiệt độ sôi $-28,9^{\circ}\text{C}$.

• Tính chất hoá học

Bền vững trong phạm vi nhiệt độ và áp suất làm việc.

Không phản ứng hoá học với dầu bôi trơn và vật liệu phụ trong hệ thống lạnh.

Không ăn mòn kim loại đen, màu và phi kim loại nhưng làm trương phồng một số chất hữu cơ như cao su và một số chất dẻo.

Bắt đầu phân huỷ ở nhiệt độ $540 \div 565^{\circ}\text{C}$ khi có chất xúc tác, đến 760°C thì phân huỷ hoàn toàn.

- **Tính chất lý học**

Áp suất ngưng tụ thuộc loại trung bình, ở nhiệt độ ngưng tụ 42°C thì áp suất ngưng tụ $P_k = 10 \text{ bar}$.

Nhiệt độ cuối tầm nén thấp.

Áp suất bay hơi lớn hơn 1 bar (áp suất khí quyển).

Năng suất lạnh riêng khối lượng nhỏ, chỉ bằng 1/8 đến 1/10 NH_3 nên lưu lượng tuần hoàn trong hệ thống lớn

Năng suất lạnh riêng thể tích bằng khoảng 60% của NH_3 nên hệ thống công kênh hơn.

Độ lưu động kém nên đường ống cửa van phải làm to.

Không dẫn điện nên sử dụng được cho máy nén kín và nửa kín.

Hoà tan dầu hoàn toàn nên rất thuận lợi cho việc bôi trơn.

Không hoà tan nước nên nhược điểm rất lớn là gây tắc ẩm ở bộ phận tiết lưu.

Có đặc tính rửa sạch cặn bẩn, cát bụi, gỉ sắt trên thành máy nén và thiết bị nên phải bố trí phin lọc cẩn thận.

Có khả năng rò rỉ rất cao, có thể rò rỉ qua cả gang có cấu trúc tinh thể thô.

- **Tính chất sinh lý**

Không độc hại đối với con người và cơ thể sống.

Với nồng độ 30% gây ngạt vì thiếu dưỡng khí.

Không ảnh hưởng xấu đến chất lượng sản phẩm bảo quản.

- **Tính kinh tế**

Giá thành đắt tuy dễ kiểm, dễ bảo quản và vận chuyển.

Do phá huỷ tầng ôzôn nên cấm sử dụng ở các nước công nghiệp từ 1/1/1996 và các nước đang phát triển từ 1/1/2006

- **Tính an toàn cháy nổ**

Không gây cháy nổ nên được gọi là môi chất lạnh an toàn.

❖ R22

Là môi chất lạnh có công thức hoá học CHClF_2 , là chất khí không màu có mùi thơm rất nhẹ.

Ở áp suất khí quyển có $T_c = -40,8^\circ\text{C}$.

• Tính chất hoá học

Bền vững ở phạm vi nhiệt độ và áp suất làm việc.

Khi có chất xúc tác là thép, phân huỷ ở 550°C .

Không tác dụng với kim loại và phi kim loại chế tạo máy nhưng hoà tan và làm trương phồng một số chất hữu cơ (cao su, chất dẻo).

• Tính chất lý học

Ở điều kiện ngưng tụ làm mát bằng nước, nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 42^\circ\text{C}$, $P_k = 16,1$ bar là môi chất có P_k khá cao. Nhiệt độ cuối tầm nén trung bình.

Ở áp suất khí quyển có $t_s = -40,8^\circ\text{C}$ nên áp suất bay hơi thường lớn hơn áp suất khí quyển.

Năng suất lạnh riêng thể tích lớn gần NH_3 nên máy gọn nhẹ.

Độ nhớt nhỏ, tính lưu động lớn.

Hoà tan hạn chế dầu nên gây khó khăn cho quá trình bôi trơn.

Không hoà tan nước nhưng mức độ hòa tan lớn gấp 5 lần của R12 nên nguy cơ tắc ẩm giảm đi.

Không dẫn điện nên có thể dùng cho máy nén kín và nửa kín.

• Tính chất sinh lý

Không độc hại đối với cơ thể sống, khi nồng độ quá cao sẽ gây ngạt do thiếu dưỡng khí.

Không ảnh hưởng xấu đến sản phẩm bảo quản.

• Tính kinh tế

Đắt tiền tuy dễ kiếm, dễ bảo quản và dễ vận chuyển.

• Tính an toàn cháy nổ

Không cháy và không nổ tuy tính an toàn thấp hơn R12.

Bảng 1.1: Tổng hợp tính chất của môi chất R22

Hóa tính	Lý tính	Tính sinh lý	Kinh tế, an toàn
- Bền vững trong phạm vi p và t làm việc - Khi có chất xúc tác là thép, phân huỷ ở 550oC. - Không tác dụng với kim loại và phi kim loại nhưng làm trương phồng cao su.	- $T_c = 42^\circ\text{C}, P_c = 16,1\text{bar}$ - $T_e = -40,8^\circ\text{C}$ - $T_{th} = 96^\circ\text{C}$ - $T_{đđ} = -160^\circ\text{C}$ - Độ nhớt nhỏ - Hoà tan hạn chế dầu - Không hoà tan nước - Không dẫn điện	- Không độc hại đối với cơ thể sống, khi nồng độ quá cao sẽ gây ngạt. - Không ảnh hưởng xấu đến sản phẩm bảo quản.	- Rẻ tiền - Phá hủy tầng ozon và gây hiệu ứng nhà kính. - Không gây cháy nổ

R22 được sử dụng trong các hệ thống máy lạnh dân dụng, kho lạnh

❖ R502

Là hỗn hợp môi chất lạnh đồng sôi gồm 48,8% R22 và 51,2% R115 theo nồng độ khối lượng

Năng suất lạnh riêng thể tích tăng 20% so với R22.

Nhiệt độ sôi ở áp suất khí quyển là $t_e = -45,5^\circ\text{C}$. Ngoài ra những tính chất khác gần giống R22.

❖ R500

Cũng là môi chất đồng sôi nhưng thành phần chính lại là R12 gồm 73.8% và 26.2% R152a theo nồng độ khối lượng, nhiệt độ sôi ở áp suất khí quyển $-33,5^\circ\text{C}$, có tính chất nhiệt động giống như R12 nhưng có năng suất lạnh riêng thể tích lớn hơn khoảng 20% so với R12.

❖ R134a ($\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$)

Bảng 1.2: Tổng hợp tính chất của môi chất R134a

Hóa tính	Lý tính	Tính sinh lý	Kinh tế, an toàn
- Bền vững trong phạm vi p và t làm việc - Không gây cháy - Không ăn mòn kim loại.	- $T_c = 40^\circ\text{C}, P_c = 10,17\text{bar}$ - $T_e = -26,2^\circ\text{C}, P_e = 1\text{bar}$ - $T_{th} = 101,15^\circ\text{C}$ - Độ nhớt nhỏ - Hoà tan hạn chế dầu - Không hoà tan nước - Không dẫn điện	- Không độc hại đối với cơ thể sống, khi nồng độ quá cao sẽ gây ngạt. - Không ảnh hưởng xấu đến sản phẩm bảo quản.	- Rẻ tiền tuy dễ kiếm, dễ bảo quản và dễ vận chuyển. - Không gây cháy nổ

R134a được sử dụng trong các hệ thống tủ lạnh gia đình, cây nóng lạnh, máy lạnh ô tô

❖ **R410a (50% CH₂F₂-50% CHF₂CF₃) (R125-R32)**

Bảng 1.3: Tổng hợp tính chất của môi chất R410a

Hóa tính	Lý tính	Tính sinh lý	Kinh tế, an toàn
- Bền vững trong phạm vi p và t làm việc - Không gây cháy - Không ăn mòn kim loại.	- $T_e = -51,6^\circ\text{C}, P_e = 1\text{bar}$ - $T_{th} = 70,7^\circ\text{C}$ - $P_{th} = 4,77\text{MPa}$ - Hoà tan hạn chế dầu - Độ hòa tan trong nước 0,28% - Không dẫn điện	- Không độc hại đối với cơ thể sống. - Không ảnh hưởng xấu đến sản phẩm bảo quản.	- Đắt tiền. - Áp suất làm việc gấp 1,6 lần so với R22 - Không gây cháy nổ.

R410a được sử dụng trong các hệ thống máy lạnh gia đình, máy điều hòa không khí công nghiệp như Water chiller, điều hòa thông minh VRV...

❖ R32 (CH₂F₂)

Gas R32 hay còn gọi là **HFC32 (Difluoromethane)** là một hợp chất hữu cơ có công thức hóa học CH₂F₂. Là loại gas đạt được tiêu chuẩn khí thải GWP (550) thấp hơn nhiều lần so với loại gas R410A (1980) giúp giảm lượng khí thải lên đến 75%, đáp ứng được yêu cầu bảo vệ môi trường, chống được sự gia tăng nhiệt dẫn đến hiệu ứng nhà kính. Đặc biệt, gas R32 bền vững về nhiệt và hóa, không tác dụng với vật liệu chế tạo máy như thép, đồng nhôm & đồng thau trừ kẽm, manhe, chì & hợp kim nhôm cần tránh Ga R32 được sử dụng nhiều nhất tại Nhật Bản.

Gas R32 được mệnh danh là loại ga an toàn nhất bởi loại gas này đạt được tiêu chuẩn khí thải GWP (550) thấp hơn nhiều lần so với loại gas R410A (1980) giúp giảm lượng khí thải lên đến 75%, đáp ứng được yêu cầu bảo vệ môi trường, chống được sự gia tăng nhiệt dẫn đến hiệu ứng nhà kính. Gas R32 được kiểm định là loại gas rất khó cháy vì vậy việc sử dụng gas R32 cho máy lạnh nhà bạn sẽ an toàn hơn so với các loại gas khác.

Bảng 1.4: Tổng hợp áp suất làm việc của các loại gas

Loại gas	Đối tượng	Dạng gas nạp	Áp suất nạp, PSIG	Áp suất nén, PSIG	Áp suất tĩnh, PSIG
R22	Máy lạnh 1HP	Lỏng, hơi	70-80	230-250	140-160
R410a	Máy lạnh 1HP	Lỏng	110-130	380-400	230-250
R32	Máy lạnh 1HP	Lỏng, hơi	110-130	380-400	230-250
R134a	Máy lạnh ô tô	Lỏng, hơi	21-35 10-15	150-200	85-95

	Tủ lạnh, tủ đông				
R600a	Tủ lạnh	Hơi	Từ dưới 0 – 1	100-130	40-50

2.2. Chất tải lạnh

2.2.1. Mở đầu

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.

2.2.2. Các yêu cầu đối với chất tải lạnh

Giống như môi chất lạnh, chất tải lạnh lý tưởng cũng cần có các tính chất sau đây:

- **Tính chất hoá học**

Không ăn mòn thiết bị.

Bền vững, không phân hủy trong phạm vi làm việc.

- **Tính chất vật lý**

Nhiệt độ đông đặc phải thấp hơn nhiệt độ bay hơi của môi chất lạnh là 5°C

Nhiệt độ sôi ở áp suất khí quyển phải cao để khi dừng máy, nhiệt độ chất tải lạnh nâng lên bằng nhiệt độ môi trường thì chất tải lạnh không bị bay hơi.

Hệ số dẫn nhiệt và trao đổi nhiệt phải lớn.

Nhiệt dung riêng càng lớn càng tốt

Độ nhớt và khối lượng càng nhỏ càng tốt vì giảm được tổn thất thủy lực.

- **Tính chất sinh lý**

Không độc hại với con người và cơ thể sống.

Không tác động xấu đến thực phẩm.

- **Tính kinh tế**

Phải rẻ tiền, dễ kiếm, dễ vận chuyển và bảo quản.

- **Tính an toàn cháy nổ**

Không gây cháy nổ.

Không làm ô nhiễm môi trường.

2.2.3. Các chất tải lạnh thường dùng

❖ Nước

Là chất tải lạnh lý tưởng, nó đáp ứng hầu hết các yêu cầu đã nêu. Nhược điểm duy nhất là đông đặc ở 0°C .

❖ Dung dịch nước muối NaCl

Đáp ứng khá đầy đủ yêu cầu trên. Nhược điểm chủ yếu là ăn mòn kim loại của hệ thống lưu chuyển môi chất tải lạnh.

❖ Dung dịch nước muối CaCl_2

Có các tính chất gần giống NaCl tuy khó tìm.

CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 1

1. Định nghĩa môi chất lạnh ?
2. Nêu các yêu cầu đối với môi chất lạnh ?
3. Nêu cách ký hiệu môi chất lạnh frêon ?
4. Tại sao môi chất lạnh R12 bị cấm sử dụng ?
5. Tại sao NH_3 không sử dụng cho máy nén kín và nửa kín ?
6. Định nghĩa chất tải lạnh ?
7. Nêu các yêu cầu đối với chất tải lạnh ?
8. Kể tên các chất tải lạnh thường dùng ?
9. Nước thường được sử dụng làm chất tải lạnh trong hệ thống nào ? Tại sao ?
10. Nước muối thường được sử dụng làm chất tải lạnh trong hệ thống nào ? Tại sao ?
11. Trình bày các tính chất vật lý nổi bật của môi chất R22, Môi chất R22 được thay thế bằng môi chất nào, tại sao? Hiện nay những hệ thống lạnh nào sử dụng loại môi chất này ?
12. Trình bày các tính chất vật lý nổi bật của môi chất R410a. Tại sao đường ống dẫn môi chất R410a có độ dày lớn hơn so với R22? Hiện nay những hệ thống lạnh nào sử dụng loại môi chất này.

CHƯƠNG II : ĐẠI CƯƠNG HỆ THỐNG LẠNH NÉN HƠI

2.1 Bốn quá trình chính trong hệ thống lạnh nén hơi

2.1.1 Quá trình nén

Quá trình nén môi chất trong hệ thống lạnh được hiểu là quá trình đoạn nhiệt đẳng entropy làm tăng áp suất và tăng nhiệt độ của môi chất sau khi nén, được thực hiện trong máy nén

2.1.2 Quá trình ngưng tụ

Quá trình ngưng tụ môi chất trong hệ thống lạnh là quá trình đẳng áp đẳng nhiệt biến đổi môi chất từ trạng thái hơi sang trạng thái lỏng và nhả một lượng nhiệt ra môi trường xung quanh, được thực hiện trong thiết bị ngưng tụ.

2.1.3 Quá trình tiết lưu

Quá trình tiết lưu môi chất lạnh là quá trình đẳng enthalpy giảm áp suất và nhiệt độ môi chất khi môi chất đi qua những khe hẹp có trở lực cục bộ đột ngột.

2.1.4 Quá trình bay hơi

Quá trình ngưng tụ môi chất trong hệ thống lạnh là quá trình đẳng áp đẳng nhiệt biến đổi môi chất từ trạng thái lỏng sang trạng thái hơi và nhận một lượng nhiệt từ môi trường cần làm lạnh, được thực hiện trong thiết bị bay hơi.

Bảng 2.1: Tổng hợp 4 quá trình chính trong hệ thống lạnh nén hơi

QUÁ TRÌNH	NÉN	NGỪNG TỤ	TIẾT LƯU	BAY HƠI
Định nghĩa	Là quá trình hút và nén hơi môi chất lạnh	Là quá trình biến hơi môi chất thành lỏng	Là quá trình giãn nở giảm áp suất dòng môi chất	Là quá trình biến lỏng môi chất thành hơi
Thực hiện ở	Môi chất được nén trong piston, xilanh của máy nén.	Trong thiết bị ngưng tụ	Van tiết lưu Cáp tiết lưu(ống mao)	Thiết bị bay hơi

Đặc điểm	Tăng áp suất và tăng nhiệt độ	-Áp suất và nhiệt độ không đổi -Nhả nhiệt làm nóng	Không sinh nhiệt Giảm áp suất, nhiệt độ	-Áp suất và nhiệt độ không đổi -Thu nhiệt làm lạnh
-----------------	-------------------------------	---	--	---

2.2 Các thiết bị sử dụng trong hệ thống lạnh nén hơi

2.2.1 Máy nén lạnh

❖ Nhiệm vụ

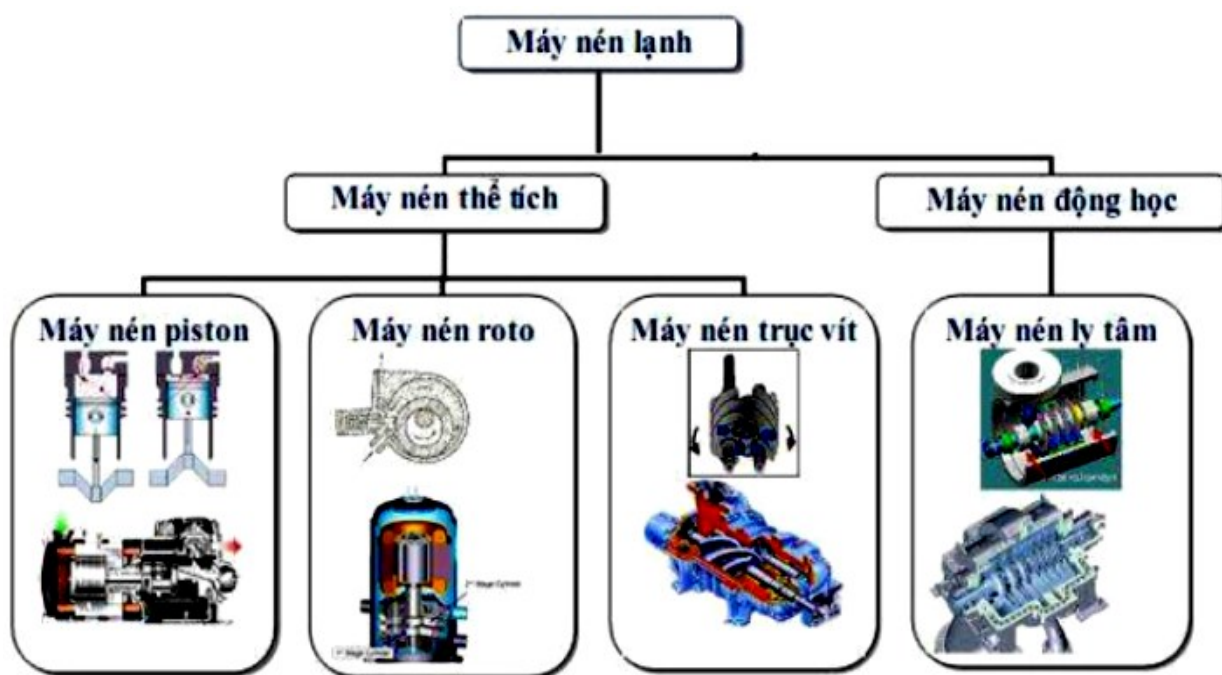
Máy nén có nhiệm vụ hút hơi ga từ dàn bay hơi nén lên áp suất cao để đẩy vào dàn ngưng tụ, đảm bảo áp suất bay hơi, ngưng tụ cũng như lưu lượng yêu cầu.

❖ Yêu cầu

Máy nén trong hệ thống lạnh quan trọng như trái tim trong cơ thể sống, nó gần như quyết định sự làm việc hiệu quả của hệ thống lạnh nên nó phải đáp ứng được các yêu cầu: làm việc ổn định, có độ tin cậy cao, làm việc lâu bền, không ồn, không rung.

❖ Phân loại

- Phân loại theo khoang chứa môi chất



Hình 2.1: Phân loại máy nén lạnh

- Phân loại theo khả năng làm kín: Máy nén kín, máy nén nửa kín, máy nén hở
- Phân loại theo công suất: Cỡ nhỏ, cỡ trung, cỡ lớn

❖ Các thông số quan trọng của máy nén:

1. Thể tích xilanh

$$V_{xl} = (\pi d^2/4).s.z$$

Trong đó:

d – đường kính pittông, cm;

s – khoảng chạy pittông, cm;

z – số xilanh.

2. Thể tích hút lý thuyết

$$V = V_{xl}.n$$

Trong đó n là vòng quay đơn vị là vòng/s.

Thể tích hút lý thuyết là thể tích mà pittông quét được trong một đơn vị thời gian, cũng chính là thể tích máy nén hút được trong một đơn vị thời gian.

3. Thể tích hút thực tế

V_{tt} là thể tích hơi ga lạnh mà máy nén hút được trong thực tế. Do máy nén có rất nhiều các tổn thất khác nhau nên thể tích hút thực tế bao giờ cũng nhỏ hơn thể tích hút lý thuyết.

4. Hiệu suất thể tích λ

Hiệu suất thể tích là tỉ số giữa thể tích hút thực tế trên thể tích hút lý thuyết:

$$\lambda = V_{tt}/V$$

Hiệu suất thể tích phụ thuộc chủ yếu vào tỷ số nén hay tỷ số áp suất ngưng tụ trên áp suất bay hơi. Tỷ số này càng lớn thì hiệu suất thể tích càng nhỏ. Khi tỷ số này đạt đến một giá trị nào đó thì hiệu suất thể tích bằng không. Để đảm bảo máy nén hoạt động hiệu quả thường người ta quy định tỷ số nén đối với freon khoảng 9 – 10 và không vượt quá 13. Khi tỷ số nén vượt quá 13 phải chuyển sang máy nén 2 cấp.

Ngoài ra, hiệu suất thể tích còn phụ thuộc vào kiểu loại máy nén, đặc biệt phụ thuộc vào độ đảo sau khi hoạt động.

5. Lưu lượng máy nén

$$m = V_{tt}/v, \text{ kg/s}$$

Trong đó v là thể tích riêng của hơi ga lạnh ở trạng thái hút, lưu lượng ga lạnh quyết định năng suất lạnh của máy nén.

6. Công suất động cơ

$N_s = m(h_2 - h_1)$, W hay là công nén lý thuyết mà máy nén tiêu tốn, trong đó $h_2 - h_1$ là hiệu enthalpy của ga lạnh ở cửa ra h_2 và cửa vào h_1 của máy nén, đơn vị là kJ/kg.

7. Năng suất khối lượng của máy nén

Năng suất khối lượng của máy nén là khối lượng môi chất mà máy nén thực hiện được trong một đơn vị thời gian hay là lưu lượng khối lượng của máy nén, đơn vị kg/s hoặc kg/h, ký hiệu là m .

$$m = \frac{V_{tt}}{v} = \rho \times V_{tt}$$

trong đó:

v - thể tích riêng của hơi hút về máy nén, m^3/kg

ρ - khối lượng riêng của hơi hút về máy nén, kg/m^3

8. Hiệu suất nén và công suất động cơ yêu cầu

Hiệu suất nén là tỷ số giữa công nén lý thuyết và công nén thực tế cấp cho máy nén.

$$\eta = \frac{N_s}{N_{el}}$$

a. Công nén lý thuyết N_s

$$N_s = m.l, \text{ kW}$$

Công nén lý thuyết (công nén đoạn nhiệt) là công lý thuyết để nén hơi môi chất lạnh từ áp suất p_0 đến p_k .

b. Công suất chỉ thị N_i

$$N_i = \frac{N_s}{\eta_i}$$

trong đó:

$$\eta_i = \lambda_w + b.t_0$$

$$\lambda_w = \frac{T_0}{T_K}$$

c. Công suất hữu ích N_e

$$N_e = N_i + N_{ms}$$

$$N_{ms} = V_{tt} \cdot P_{ms}$$

trong đó:

P_{ms} - áp suất ma sát

V_{tt} - thể tích thực tế m^3/s

$P_{ms} = 0,19 - 0,59$ với môi chất Freon

$P_{ms} = 0,49 - 0,69$ với môi chất NH₃

d. Công suất điện tiêu thụ N_{el}

$$N_{el} = \frac{N_e}{\eta_{td} \times \eta_{el}}$$

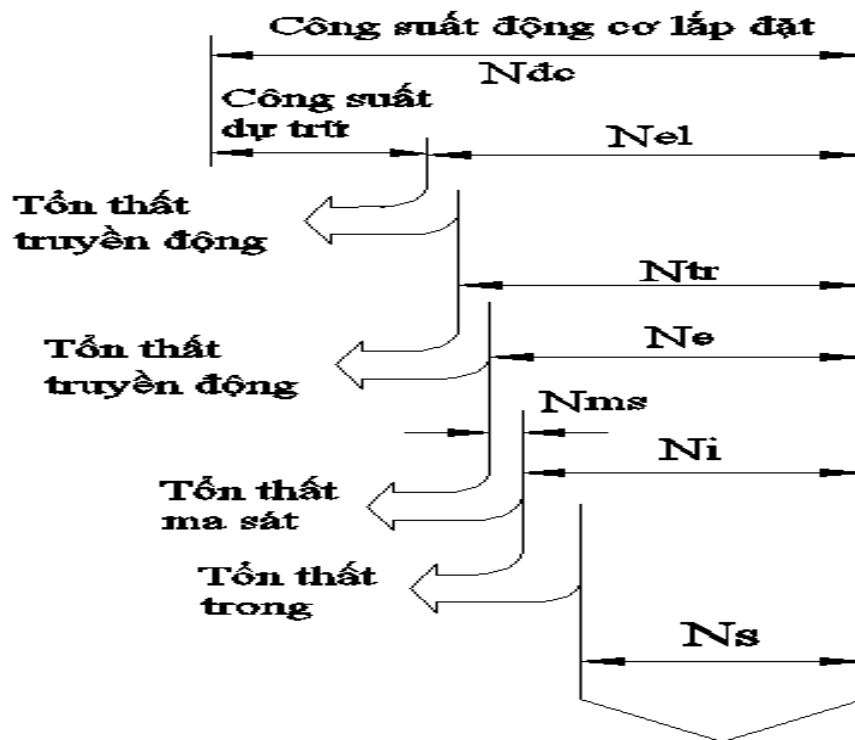
- Hiệu suất truyền động của khối đai: $\eta_{td} \approx 0,95$

- Hiệu suất truyền động của động cơ: $\eta_{el} = 0,80 \div 0,95$

Công suất động cơ lắp đặt

Để đảm bảo hoạt động an toàn

$$N_{dc} = (1,1 \div 2,1) N_{el}$$



Hình 2.2 : Các loại công nén và tổn thất năng lượng

9. Năng suất lạnh của máy nén

Năng suất lạnh của máy nén (công suất lạnh của máy nén) là tích của năng suất lạnh riêng khối lượng và năng suất khối lượng mà máy nén thực hiện được trong một đơn vị thời gian.

$$Q_e = m \cdot q_e, \text{ kW (hoặc kcal/h)}$$

Q_e - năng suất lạnh của máy nén, kW (hoặc kcal/h).

m - năng suất khối lượng, kg/s

q_e - năng suất lạnh riêng khối lượng, kJ/kg

Năng suất lạnh riêng khối lượng là năng suất lạnh của 1 kg môi chất lạnh sau khi qua tiết lưu:

$$Q_e = h_1 - h_4, \text{ kJ/kg}$$

h_1 - entanpi của hơi ra khỏi dàn bay hơi về máy nén

h_4 - entanpi của lỏng sau khi tiết lưu vào dàn bay hơi

Gọi v_1 là thể tích riêng của hơi hút về máy nén:

$$m = \frac{V_{tt}}{v_1} = \lambda \frac{V_{lt}}{v_1} = \lambda \frac{\pi d^2}{4v_1} s.n.z$$

trong đó

V_{tt} - thể tích hút thực tế của máy nén, m^3/s

v_1 - thể tích hơi hút về máy nén, m^3/s

λ - hệ số cấp

V_{lt} - thể tích hút lý thuyết của máy nén, m^3/s

d - đường kính pittông, m

s - hành trình pittông, m

z - số xilanh hay số pittông

n - số vòng quay trục khuỷu, vg/s

$$Q_e = m \times q_e = \frac{V_{tt}}{v} \times q_e = \frac{\lambda \times V_{lt}}{v} \times q_e = \frac{\lambda \times \pi \times d^2 \times s \times z \times n \times q_e}{4v_1}$$

Do q_e thay đổi và m cũng thay đổi vì λ và v_1 thay đổi theo chế độ làm việc nên Q_0 cũng thay đổi theo

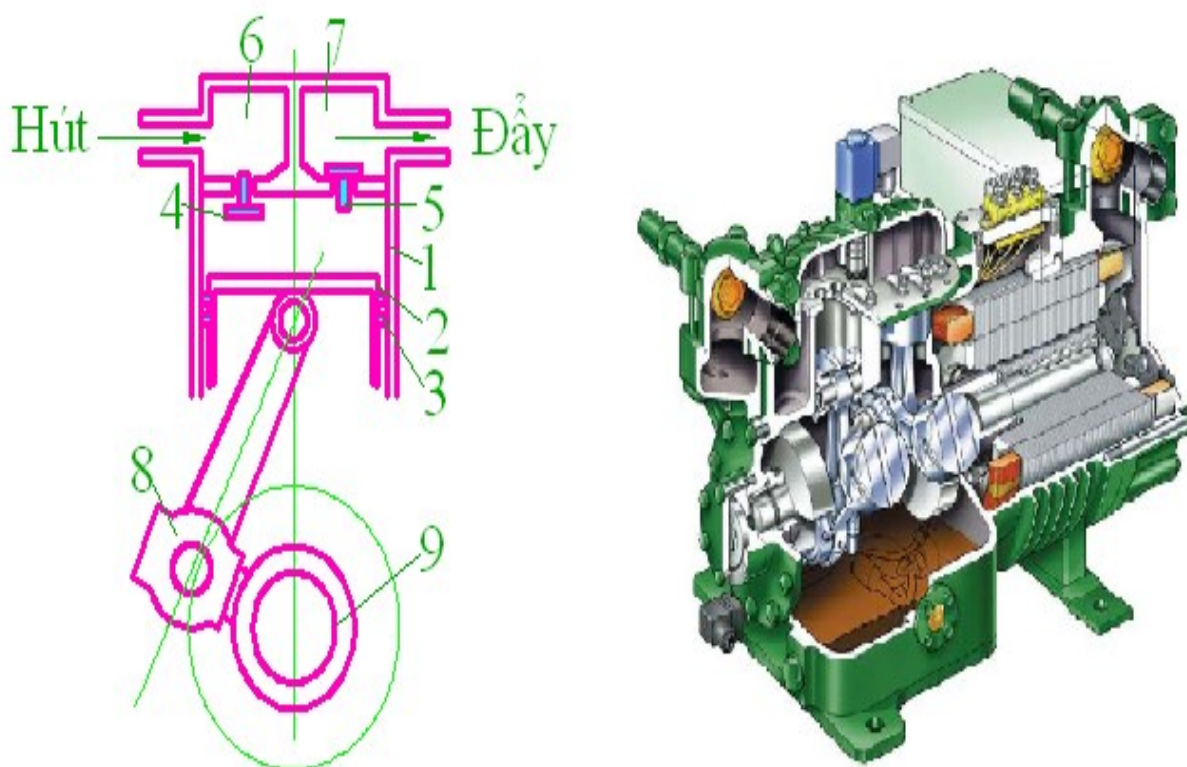
Lưu ý: *Năng suất lạnh của một máy nén lạnh không phải là cố định mà thay đổi theo nhiệt độ ngưng tụ và bay hơi. Khi nhiệt độ bay hơi giảm $1^\circ C$ thì năng suất lạnh giảm khoảng 4%, điện năng tiêu tốn tăng khoảng 1,5%. Khi nhiệt độ ngưng tụ tăng $1^\circ C$ thì năng suất lạnh giảm khoảng 1,5%, điện năng tiêu thụ cũng tăng 1,5%.*

❖ Một số loại máy nén thông dụng :

1. Máy nén pittông

❖ Nguyên lý cấu tạo máy nén pittông

Máy nén lạnh được chia ra rất nhiều loại như pittông, trục vít, rôto, xoắn ốc, tuabin. Máy nén của tủ lạnh là loại máy nén pittông. Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của máy nén pittông được trình bày trên hình 2.1.



Hình 2.3. Nguyên lý cấu tạo và làm việc của máy nén pittông

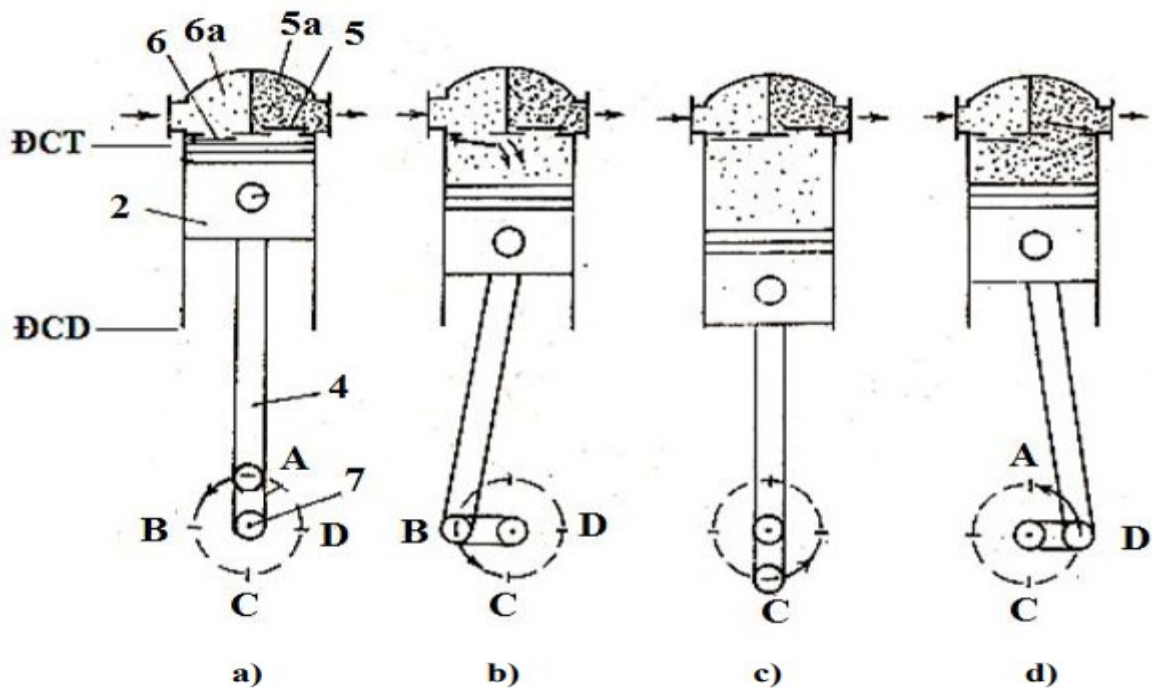
1. Xilanh; 2. Pittông; 3. Séc măng; 4. Clapê hút; 5. Clapê đẩy; 6. Khoang hút; 7. Khoang đẩy; 8. Tay biên; 9. Trục khuỷu.

Máy nén pittông bao gồm các bộ phận chính là pittông, xilanh, tay biên, trục khuỷu, khoang hút, khoang đẩy, clapê hút, đẩy pittông chuyển động tịnh tiến qua lại được trong xilanh là nhờ cơ cấu tay quay thanh truyền hoặc trục khuỷu tay biên biến chuyển động quay từ động cơ thành chuyển động tịnh tiến qua lại.

Khi pittông từ trên đi xuống, clapê hút 4 mở, clapê đẩy 5 đóng, máy nén thực hiện quá trình hút. Khi đạt đến điểm chết dưới quá trình hút kết thúc, pittông đổi hướng, đi lên, quá trình hút bắt đầu. Khi áp suất ở bên trong xilanh lớn hơn áp suất trong khoang đẩy 7, clapê đẩy mở ra để pittông đẩy hơi nén vào khoang đẩy để vào dàn ngưng tụ. Khi pittông đạt đến điểm chết trên, quá trình đẩy kết thúc, pittông lại đổi hướng đi xuống để thực hiện quá trình hút của chu trình mới.

❖ Nguyên lý hoạt động máy nén pittông

Nguyên lý hoạt động của máy nén pittông kín được thể hiện trên hình 2.4



Hình 2.4: Nguyên lý hoạt động máy nén piston kín

2: Pittông 4: Thanh truyền 5: Lá van đẩy 5a: Khoảng đẩy 6: Lá van hút 6a:

Khoang hút 7: Trục khuỷn ĐCT: Điểm chết trên ĐCD: Điểm chết dưới

- Kết thúc quá trình đẩy và bắt đầu quá trình hút Trục khuỷn quay đến vị trí A pittông đạt vị trí điểm chết trên, hai lá van hút 6 và lá van đẩy 5 đều đóng. (Hình 2.2a)
- Quá trình hút Trục khuỷn quay đến vị trí B, pittông 1 đi xuống thực hiện quá trình hút, thể tích trong khoang xi lanh lớn dần lên làm áp suất nhỏ hơn so với áp suất trong khoang hút, do đó làm lá van hút 6 mở ra, hơi từ khoang hút đi vào khoang xi lanh. Mặt khác lá van đẩy 5 vẫn đóng do áp suất ở khoang đẩy 5a cao hơn trong khoang xi lanh. (Hình 2.2b)
- Kết thúc quá trình hút, bắt đầu quá trình nén - Trục khuỷn quay đến vị trí C, pittông đến ĐCD, quá trình hút kết thúc, cả hai lá van hút và đẩy đều đóng kín. (Hình 2.2c)
- Quá trình nén và đẩy môi chất - Trục khuỷn quay đến vị trí D, Pittông di chuyển từ ĐCD đi lên, môi chất trong khoang xi lanh bị nén lại, áp suất trong xi lanh tăng lên. (Hình 2.2d) - Trục khuỷn tiếp tục quay đến vị trí A, Pittông di chuyển từ ĐCD đi lên đến ĐCT, áp suất trong xi lanh thẳng

được áp suất trong khoang đẩy, lá van đẩy mở ra nên môi chất được đẩy ra ngoài.

Quá trình cứ thế tiếp diễn.

❖ Phân loại máy nén pittông

Máy nén pittông được phân loại theo một số căn cứ sau đây :

1. Môi chất lạnh : VD máy nén amoniac, máy nén freôn
2. Cách bố trí xilanh : thẳng đứng, nằm ngang, hình V,W...
3. Số xilanh của máy nén : 1,2,4,6,8...
4. Cấp nén : máy nén 1 cấp, máy nén 2 cấp
5. Hướng chuyển động môi chất : thuận dòng và ngược dòng
6. Phương pháp giữ kín khoang môi chất :

Máy nén hở : động cơ nằm ngoài, truyền động qua đai hoặc khớp nối

Máy nén nửa kín : động cơ nằm trong vỏ máy nén, bích bắt bulông

Máy nén kín : động cơ nằm trong vỏ máy nén hàn kín

7. Năng suất lạnh Q_0

Máy nén nhỏ $Q_0 < 14 \text{ kW}$ (12000 kcal/h)

Máy nén trung bình $Q_0 = 14 \div 105 \text{ kW}$

Máy nén lớn $Q_0 > 105 \text{ kW}$ (90000 kcal/h)



Máy nén kín MATSUSHITA



Máy nén kín DANFOSS



Máy nén kín Kulthor



Máy nén nửa kín BITZER



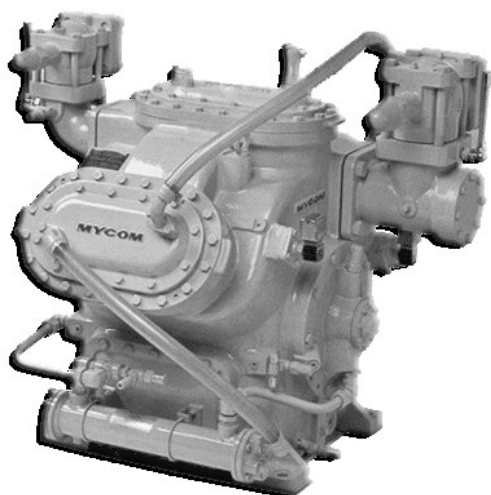
Máy nén hở BITZER



Máy nén nửa kín CARRIER



Máy nén hở MYCOM (W-Series)



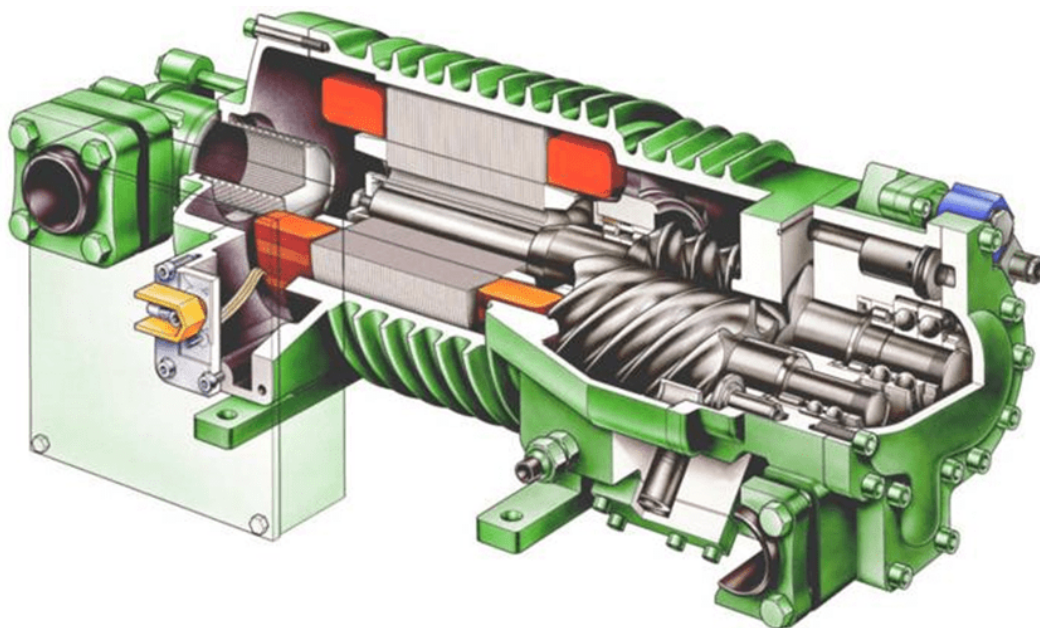
Máy nén hồ MYCOM (L-Series)



Máy nén hồ MYCOM (K-Series)

Hình 2.5 : Các dạng máy nén

2. Máy nén trục vít



Hình 2.6 : Máy nén trục vít Bitzer

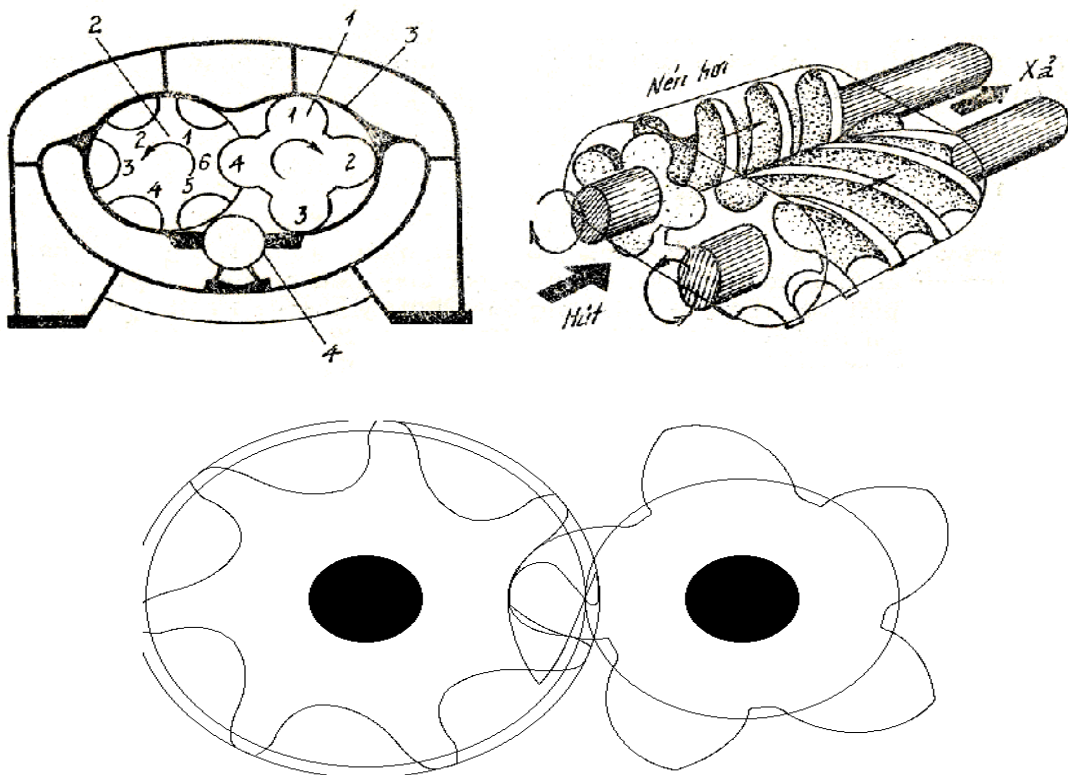
Ngày nay, máy nén trục vít càng giữ vị trí quan trọng trong kỹ thuật lạnh do máy nén trục vít có một loạt các ưu điểm nổi bật so với nén pittông như sau :

- Cấu tạo đơn giản, số lượng chi tiết chuyển động ít, độ tin cậy cao, tuổi thọ cao
- Máy nén gọn gàng, chắc chắn
- Dễ lắp đặt, truyền động quay ổn định hơn so với truyền động xung qua lại của pittông trục khuỷu

- Năng suất lạnh có thể điều chỉnh vô cấp từ 100% xuống đến 10% và tiết kiệm được công nén
- Nhiệt độ cuối tâm nén thấp hơn
- Tỷ số nén cao hơn, có thể đạt $\pi = \frac{P_c}{P_e} = 20$
- Có thể đạt nhiệt độ sôi thấp mà với máy nén pittông phải dùng chu trình 2 cấp
- Không có van hút và đẩy nên không có tổn thất tiết lưu
- Dầu phun tràn trong máy nén ngoài tác dụng làm kín, bôi trơn, hấp thụ nhiệt của quá trình nén còn có tác dụng làm giảm tiếng ồn
- Hầu như không ảnh hưởng khi hút phải lỏng

Cấu tạo máy nén trục vít

Máy nén trục vít là loại máy nén pittông quay, gồm một trục chính và một trục phụ. Trục chính có 4 răng lồi gọi là trục chủ động (trục đực), trục phụ có 6 răng lõm gọi là trục cái. Ngoài ra người ta còn bố trí các lỗ phun dầu trên thân để làm kín các khoang



Hình 2.7 : Hình dáng, cấu tạo của máy nén trục vít loại 2 vít

1 – vít chính với 4 răng lồi ; 2 – vít phụ với 6 răng lõm ;

3 – xilanh hoặc thân máy ; 4 – con trượt điều chỉnh năng suất lạnh

Ngoài máy nén trục vít kiểu 2 vít người ta còn chế tạo máy nén trục vít loại 1 vít

Nguyên lý làm việc của máy nén 1 trục vít cũng giống như máy nén 2 trục vít nhưng phải có thêm 2 bánh răng hình sao bố trí 2 bên sườn của trục vít để tạo ra các khoang có thể tích thay đổi lớn dần trong quá trình hút và nhỏ dần trong quá trình nén, đẩy.

Nhiệt độ cuối tầm nén, tỉ số nén, hệ số cấp

Nhiệt độ cuối tầm nén của máy nén pittông, đặc biệt máy nén amoniắc rất cao. Nhiệt độ cuối tầm nén của máy nén trục vít ngược lại rất thấp do phun tràn dầu trong buồng nén và dầu đã hấp thụ nhiệt lượng do quá trình nén sinh ra.

Vì vậy, tỉ số nén của máy nén trục vít đạt rất cao : $\pi = p_c/p_e = 20$ và hiệu áp suất giữa khoang đẩy và khoang hút cũng đạt rất cao $\Delta p = p_c - p_e = 20$ bar ở bất kỳ tỉ số nén nào

Với tỷ số áp suất đó, có thể đạt được nhiệt độ rất thấp trong buồng lạnh với chỉ 1 cấp nén

Ưu điểm tiếp theo là có thể đưa hơi có áp suất trung gian về hòa trộn để làm mát trung gian máy nén, nâng cao hiệu suất lạnh

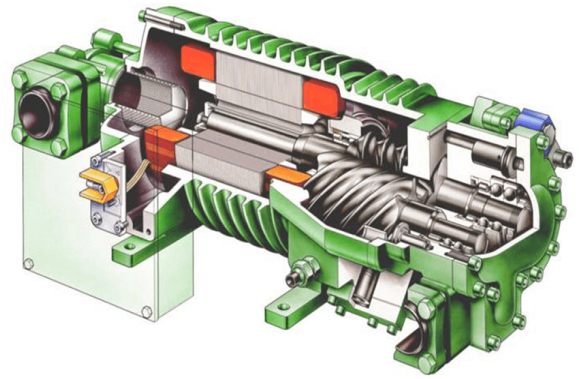
Do máy nén trục vít không có van hút, van đẩy nên không có tổn thất tiết lưu và do nhiệt độ cuối tầm nén rất thấp nên hệ số cấp λ cao hơn hẳn so với máy nén pittông

Điều chỉnh năng suất lạnh máy nén

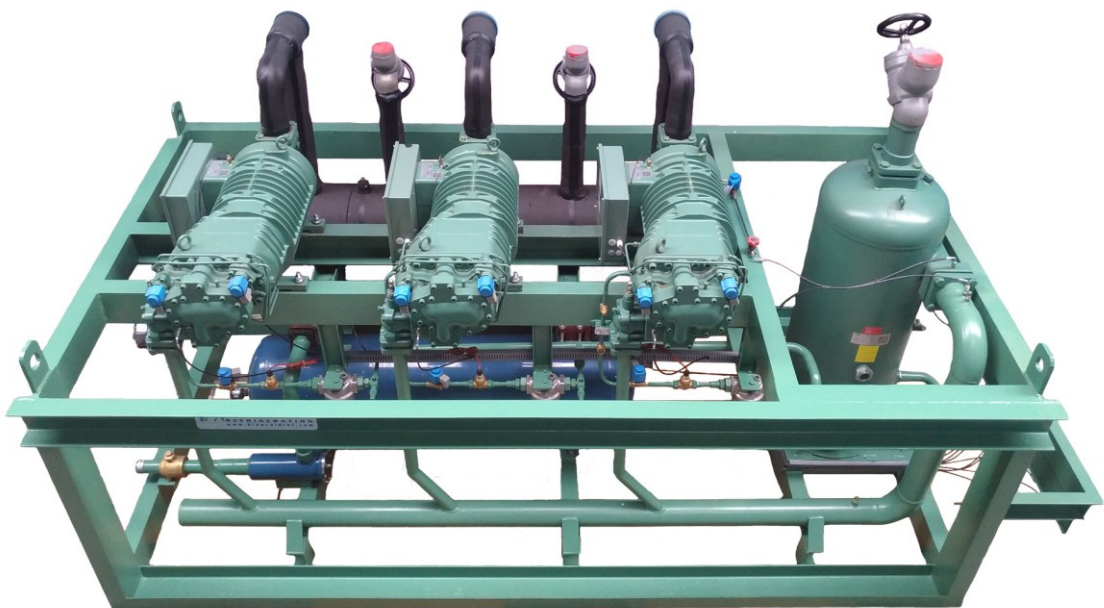
Điều chỉnh năng suất lạnh của máy nén trục vít bằng cách điều chỉnh con trượt. Khi con trượt dịch chuyển sang bên phải một phần hơi quay trở lại cửa hút đồng thời cửa xả khép lại nên năng suất hút giảm và năng suất lạnh giảm tương ứng. Khi con trượt điều chỉnh về tận cùng phía trái, cửa xả mở to nhất và khe hơi hút chảy ngược khép kín hoàn toàn, năng suất hút máy nén đạt cao nhất và năng suất đạt 100%.



Hình 2.8 : Máy nén trục vít nửa kín
Bitzer



Hình 2.9 : Mặt cắt máy nén trục vít
Bitzer



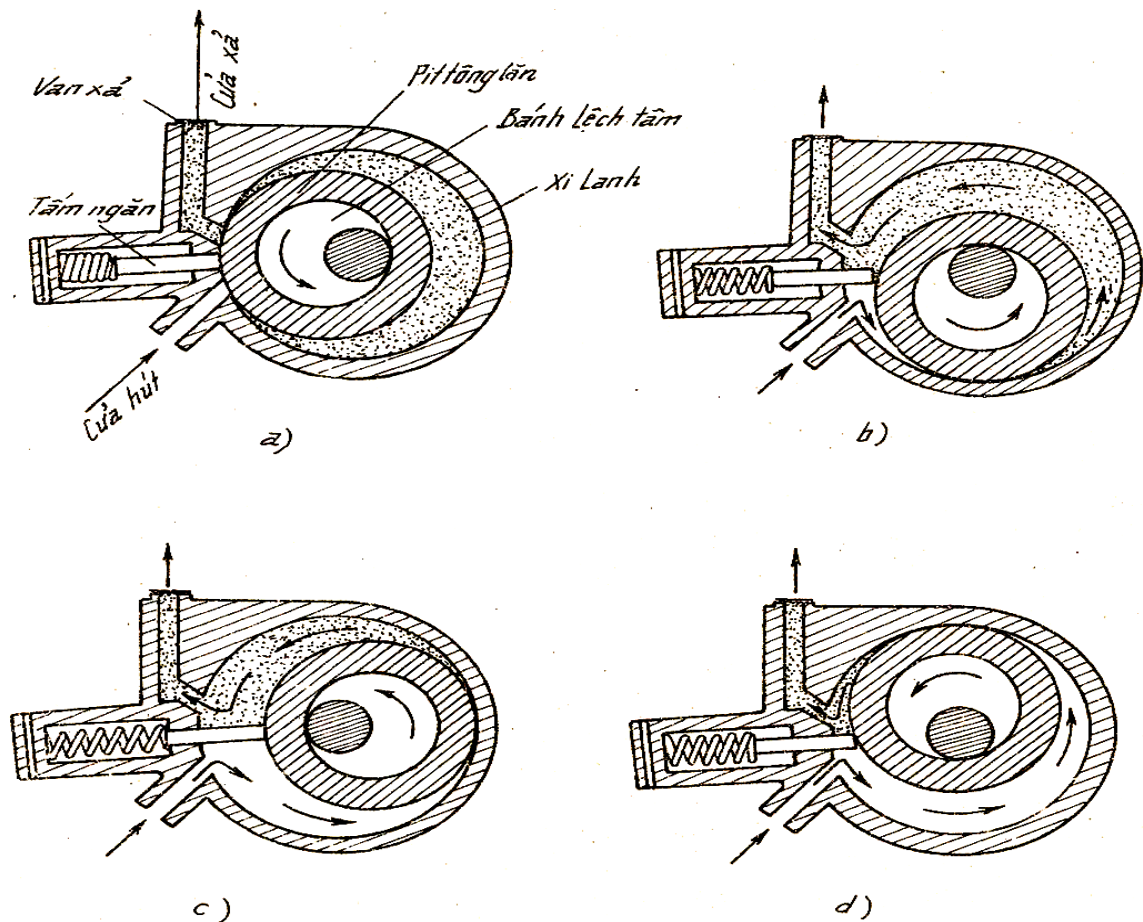
Hình 2.10 : Cụm máy nén trục vít

3. Máy nén roto

Máy nén rôto là một loại máy nén thể tích. Điều khác biệt cơ bản của máy nén rôto với máy nén pittông trượt là pittông lăn hoặc pittông quay

Máy nén roto lăn

Máy nén rôto lăn có thân hình trụ như là một xilanh, pittông cũng có dạng hình trụ nằm trong xilanh. Nhờ có bánh lệch tâm, pittông lăn trên bề mặt trong của xilanh và tạo ra 2 khoang hút và nén. Khi pittông lăn đến vị trí tắc ngăn, khoang hút đạt thể tích tối đa, quá trình hút kết thúc. Khi pittông lăn tiếp tục, quá trình nén bắt đầu và khoang hút hình thành. Cứ như vậy, khoang nén nhỏ dần và khoang hút tăng dần đến khi hơi nén được đẩy hết ra ngoài và khoang hút đạt cực đại, quá trình hút và nén mới lại bắt đầu.



Hình 2.11 : Nguyên lý cấu tạo và làm việc của máy nén rôto lăn

- a) Bắt đầu quá trình nén và hút, cửa hút và xả đóng
- b) Tiếp tục quá trình nén, bắt đầu quá trình hút

c) Tiếp tục nén và hút

d) Chuẩn bị kết thúc quá trình nén và sắp kết thúc quá trình hút



Hình 2.12 : Mặt cắt của máy nén roto lăn

Ưu điểm

- Ít chi tiết, gọn nhẹ, giảm được tổn thất tiết lưu

Nhược điểm

- Đòi hỏi chế tạo chính xác
- Khó giữ kín khoang môi chất
- Khó bôi trơn, độ mài mòn lớn

Máy nén roto tấm trượt

Cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy nén rôto tấm trượt giống như máy nén rôto lăn. Khác nhau cơ bản là các tấm trượt nằm trên pittông. Pittông không có bánh lệch tâm mà quay ở vị trí cố định. Pittông và xilanh luôn tiếp xúc với nhau ở một đường cố định. Cửa hút không có van chỉ cửa đẩy có van. Khi pittông quay, các tấm trượt văng ra do lực ly tâm và tạo ra các khoang có thể tích thay đổi, thực hiện quá trình hút, nén và đẩy.

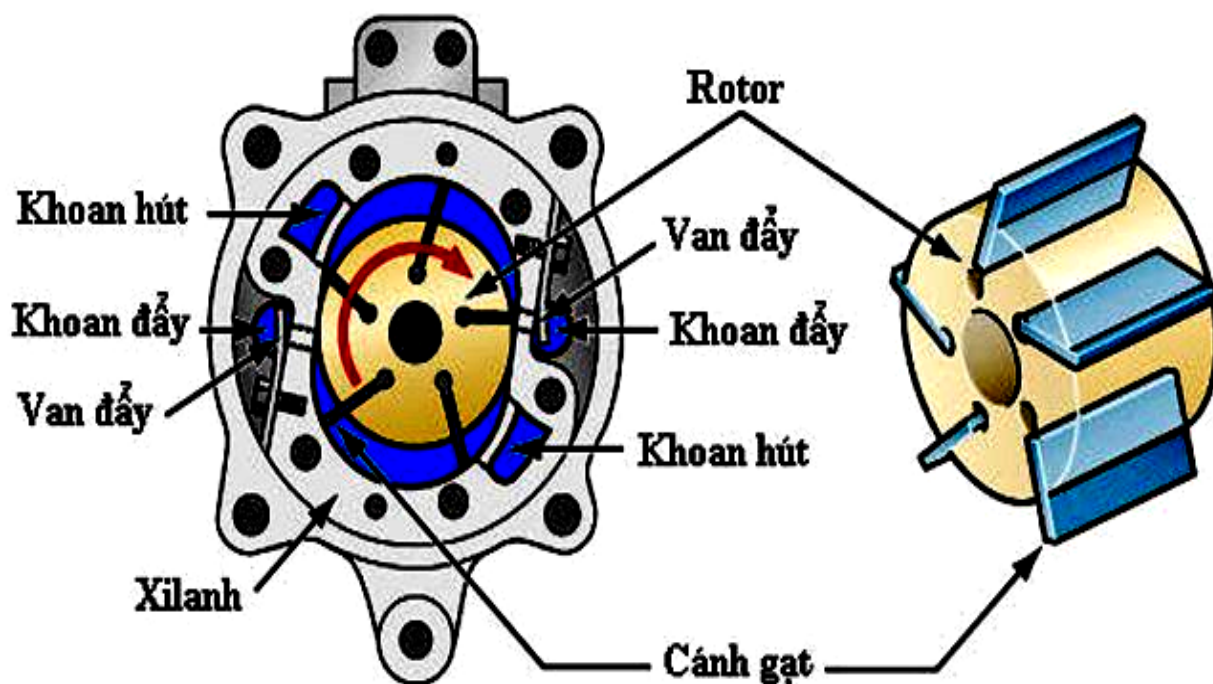
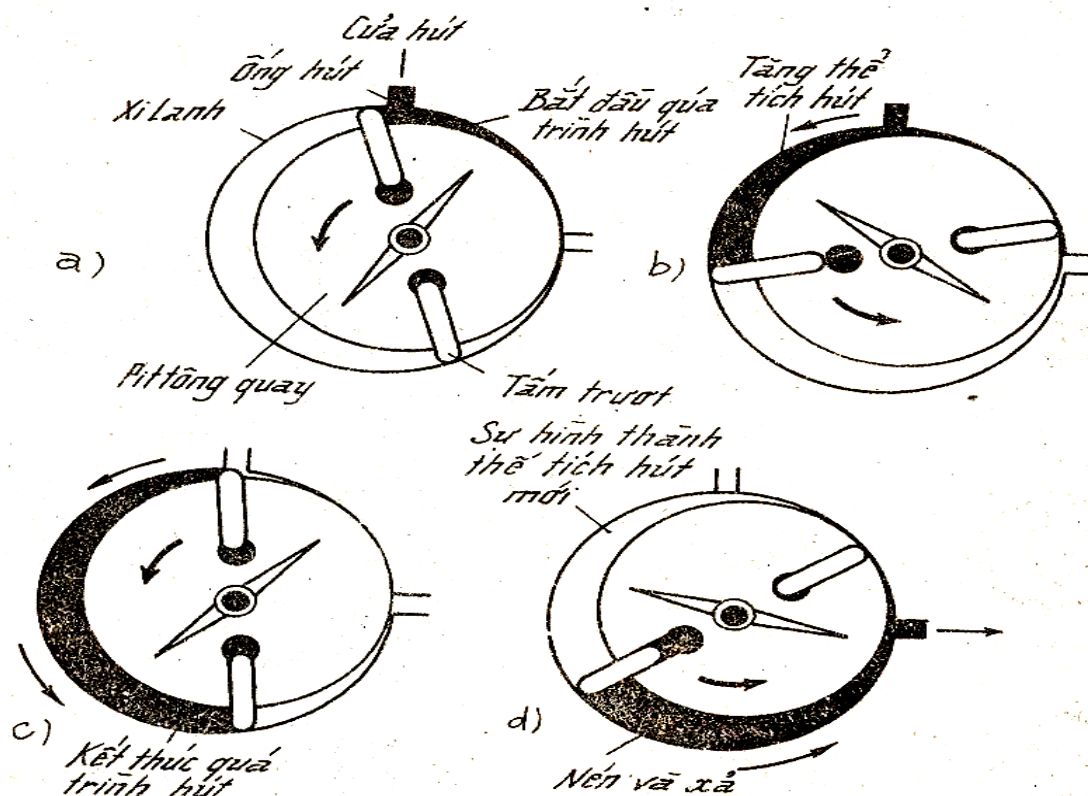
Ưu điểm

- Gọn nhẹ, ít chi tiết mài mòn
- Tự giảm tải

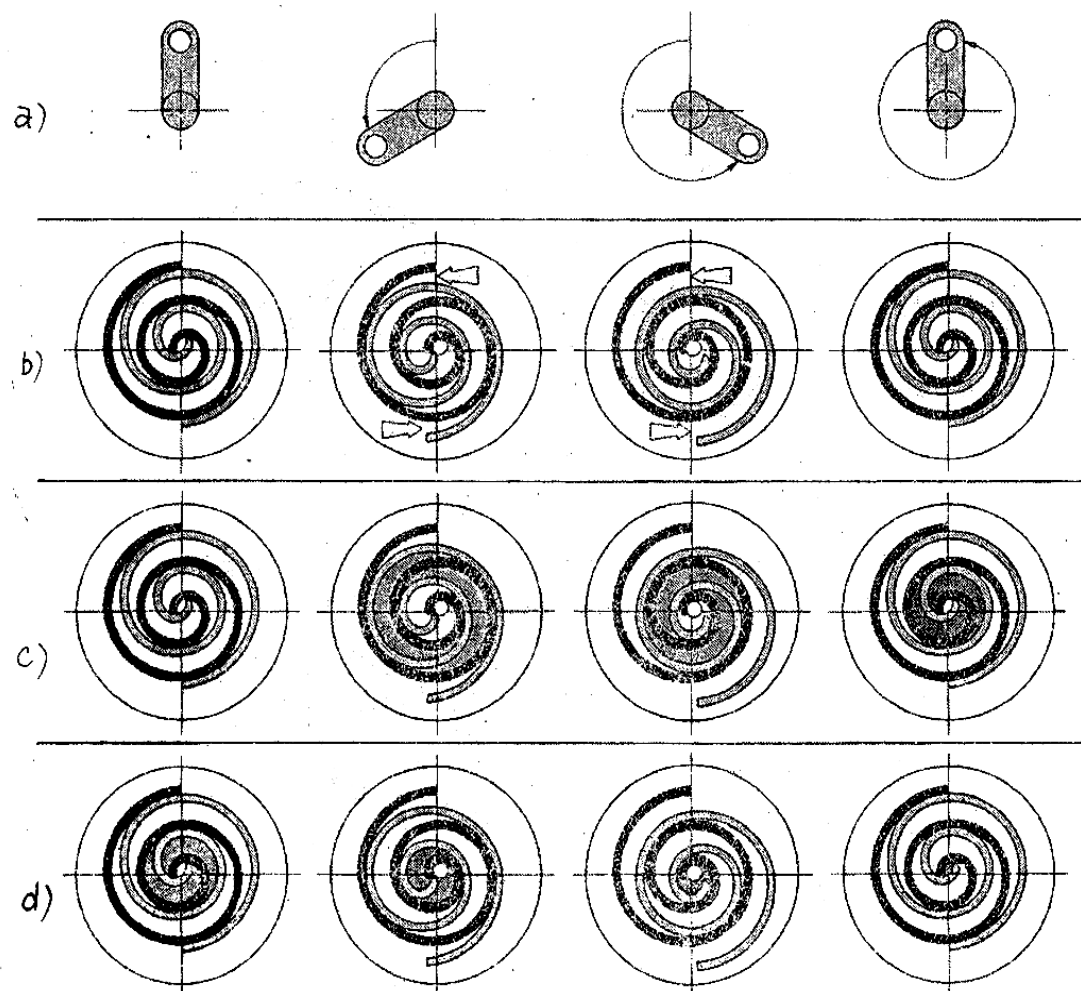
- Không có tổn thất tiết lưu đường hút, hệ số cấp lớn

Nhược điểm

- Khó bịt kín 2 đầu máy nén
- Độ mài mòn các chi tiết lớn
- Công nghệ gia công đòi hỏi cao



Hình 2.13 : Nguyên lý làm việc của máy nén roto tấm trượt

Máy nén roto xoắn ốc

Hình 2.14 : Máy nén xoắn ốc 3-D™ hãng TRANE

a) Máy nén xoắn ốc có 2 vòng xoắn. Vòng xoắn trên (xanh) đứng im, vòng xoắn dưới quay

b) Quá trình hút – khi vòng xoắn dưới quay được 1 vòng 360^0 , hai túi hơi được hình thành và khép kín ;

c) Quá trình nén : hai túi hơi khép nhỏ dần thực hiện quá trình nén ;

d) Quá trình đẩy : hai túi hơi khép nhỏ hơn và thực hiện quá trình đẩy.

Xilanh cũng như pittông đều có dạng băng xoắn. Xilanh đứng im còn pittông chuyển động. Bề mặt của pittông và xilanh tạo ra các khoang có thể tích thay đổi thực hiện quá trình hút, nén và đẩy.

Ưu điểm: ít chi tiết, độ tin cậy và hiệu quả cao.

Nhược điểm: Chế tạo khó khăn hơn, giá thành cao



Hình 2.15 : Cấu tạo máy nén xoắn ốc Copelan

2.2.2 Thiết bị ngưng tụ

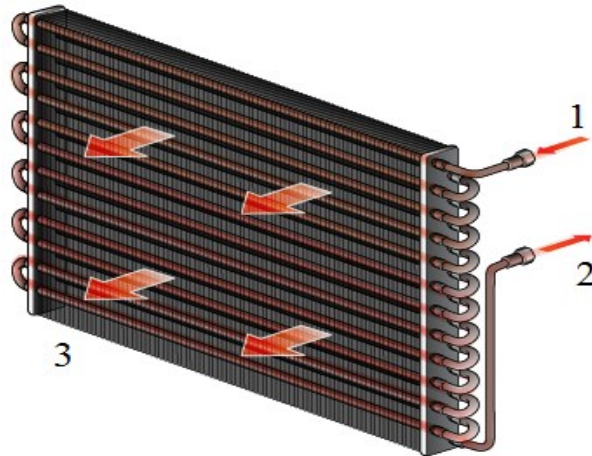
❖ Nhiệm vụ

- Là thiết bị trao đổi nhiệt có nhiệm vụ giải nhiệt môi chất ra ngoài môi trường để ngưng tụ hơi môi chất lạnh thành lỏng. Để tăng cường khả năng trao đổi nhiệt của thiết bị ngưng tụ người ta bố trí cánh tản nhiệt, quạt gió (nếu giải nhiệt bằng gió) và bơm nước (nếu giải nhiệt bằng nước)
- Điều kiện để thực hiện được quá trình trao đổi nhiệt giữa hơi môi chất lạnh và môi trường giải nhiệt (nước hoặc không khí) $T_{\text{môi chất}} > T_{\text{môi trường}}$
giải nhiệt từ $10^{\circ}\text{C} - 15^{\circ}\text{C}$ đối với không khí và từ $7^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}$ đối với nước.

❖ Phân loại

Thiết bị ngưng được phân loại theo phương pháp giải nhiệt môi chất và kết cấu trao đổi nhiệt:

- **Thiết bị ngưng tụ giải nhiệt bằng gió:** Được gọi là dàn ngưng tụ (dàn nóng)



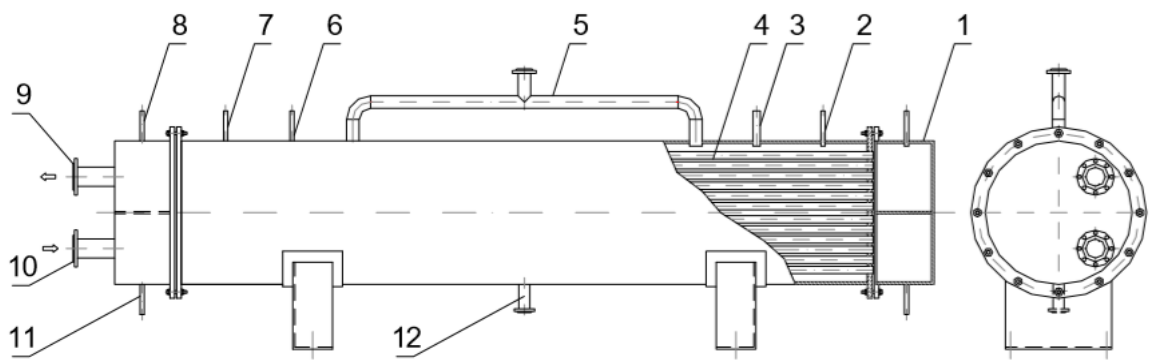
Hình 2.16: Cấu tạo dàn nóng giải nhiệt gió

1: Hơi cao áp từ máy nén vào, 2: Lồng cao áp ra, 3: Hướng gió giải nhiệt



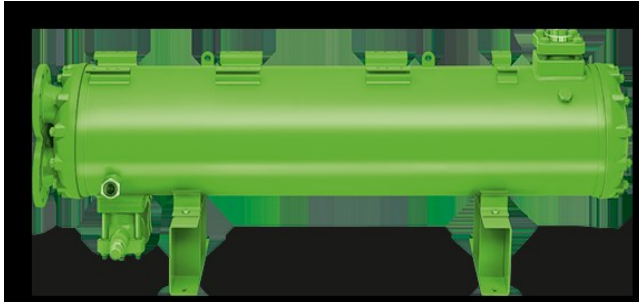
Hình 2.17: Dàn nóng thực tế

➤ **Thiết bị ngưng tụ giải nhiệt bằng nước: Được gọi là bình ngưng tụ**



Hình 2.18 : Bình ngưng ống chùm nằm ngang

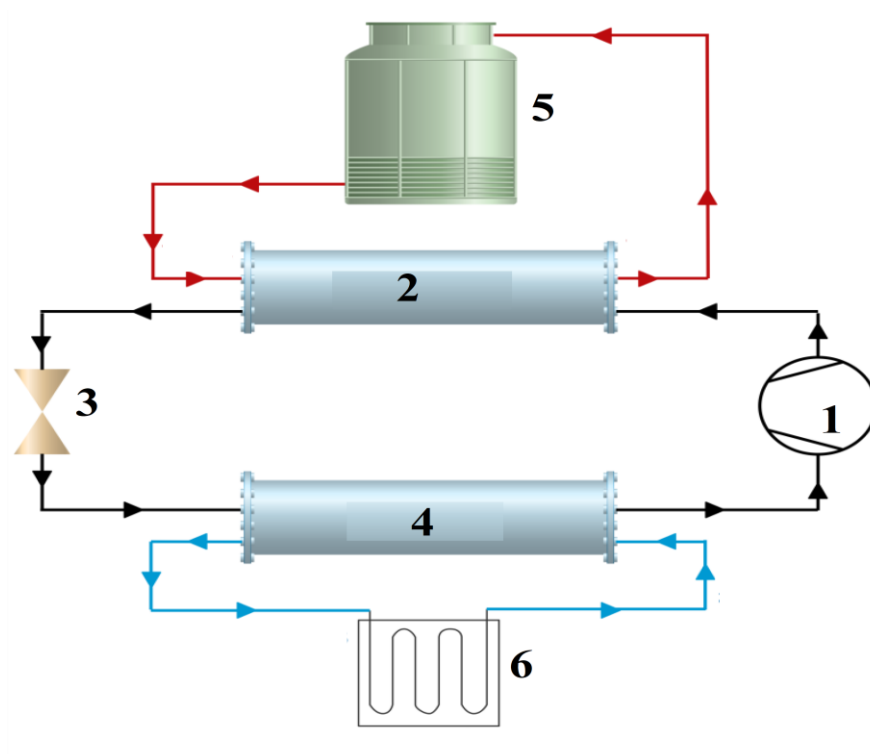
1- Nắp bình; 2- ống xả khí không ngưng; 3- ống Cân bằng; 4- ống trao đổi nhiệt; 5- ống gas vào; 6- ống lắp van an toàn; 7- ống lắp áp kế; 8- ống xả air của nước; 9- ống nước ra; 10- ống nước vào; 11- ống xả cặn; 12- ống lồng về bình chứa



Hình 2.19: Bình ngưng thực tế



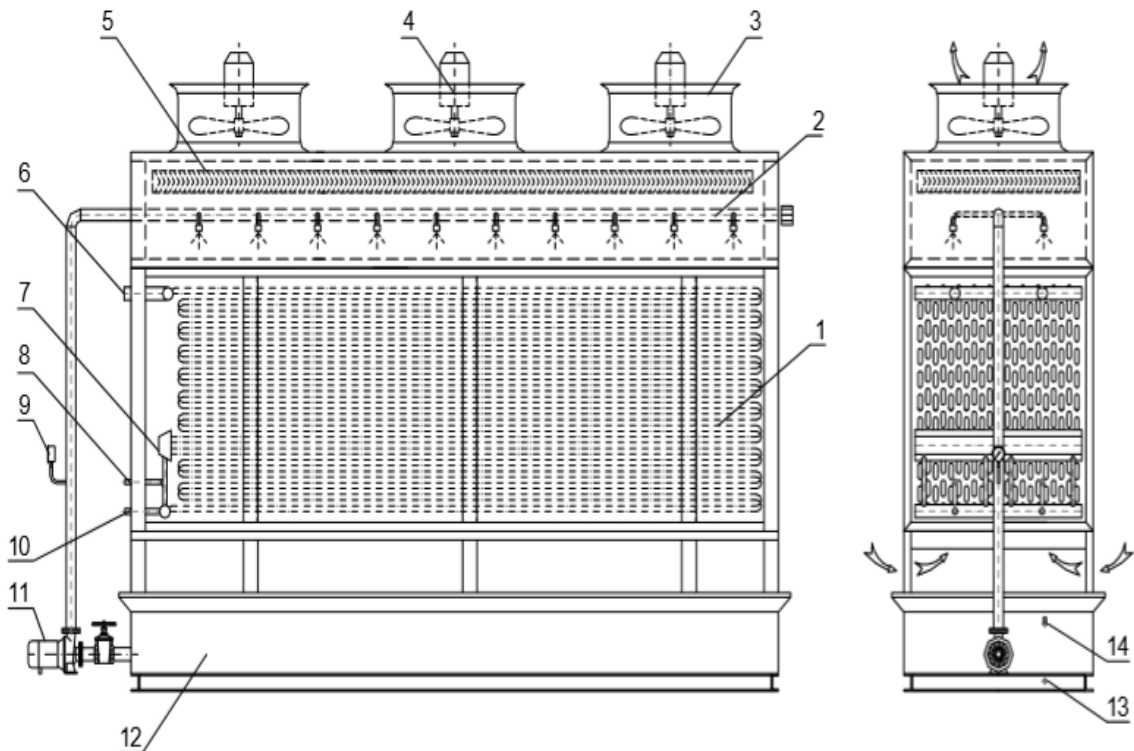
Hình 2.20: Cụm máy nén – bình ngưng



Hình 2.21: Sơ đồ nguyên lý kết nối bình ngưng và tháp giải nhiệt

1: Máy nén; 2: Bình ngưng; 3 Van tiết lưu; 4: Bình bay hơi; 5: Tháp giải nhiệt;
6: Tải tiêu thụ lạnh

➤ Thiết bị ngưng tụ giải nhiệt bằng nước và gió: Gọi là tháp ngưng tụ



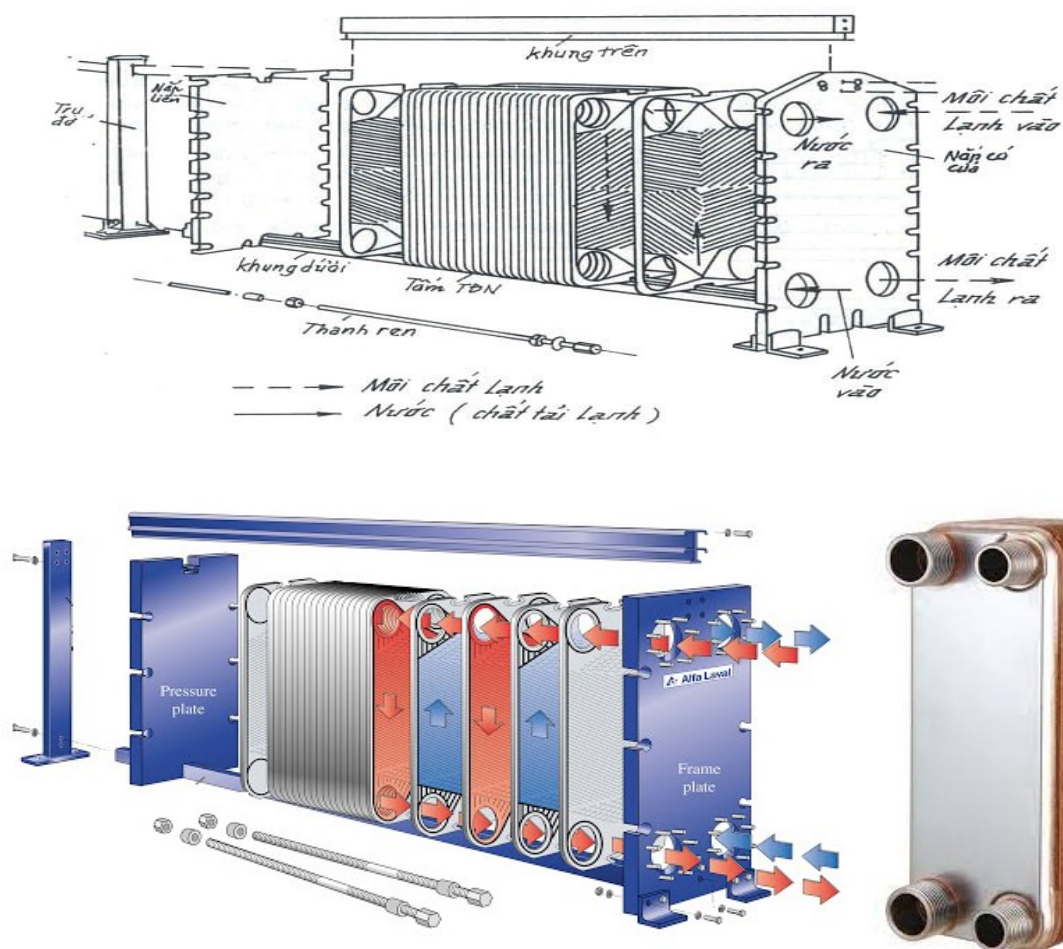
Hình 2.22: Tháp ngưng tụ (thiết bị ngưng tụ kiểu bay hơi)

1- ống trao đổi nhiệt; 2- Dàn phun nước; 3- Lồng quạt; 4- Mô tơ quạt; 5- Bộ chắn nước; 6- ống gas vào; 7- ống góp; 8- ống cân bằng; 9- Đồng hồ áp suất; 10- ống lỏng ra; 11- Bơm nước; 12- Máng hứng nước; 13- Xả đáy bể nước; 14- Xả tràn



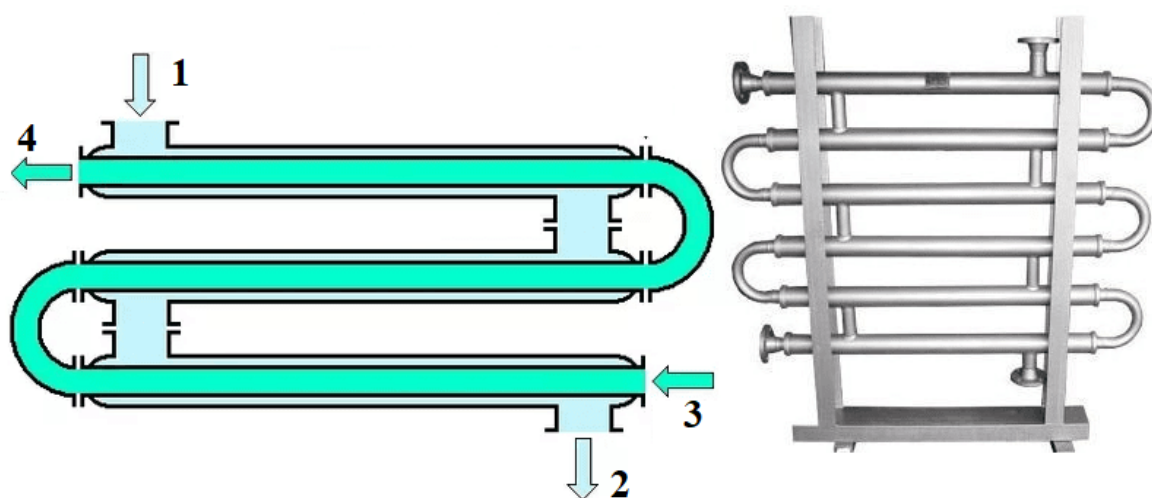
Hình 2.23: Tháp ngưng tụ thực tế

➤ Thiết bị ngưng tụ kiểu tấm bản



Hình 2.24: Cấu tạo thiết bị ngưng tụ kiểu tấm bản

➤ Thiết bị ngưng tụ kiểu ống lồng ống



Hình 2.25: Cấu tạo thiết bị ngưng tụ kiểu ống lồng ống

1: Hơi môi chất vào; 2: Lỏng môi chất ra; 3: Nước vào; 4: Nước ra

2.2.3 Thiết bị tiết lưu

❖ **Nhiệm vụ:** Giảm áp suất môi chất lạnh đảm bảo điều kiện làm lạnh

❖ **Phân loại:**

Thiết bị tiết lưu cố định: Ống mao, ống tiết lưu

Thiết bị tiết lưu tự động: Van tiết lưu nhiệt, van tiết lưu tự động và van tiết lưu điện tử, van tiết lưu phao

➤ Ống mao

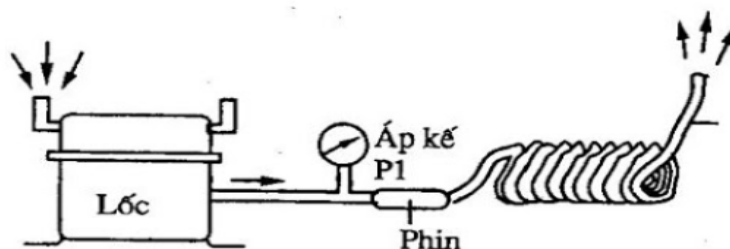
Là ống có đường kính nhỏ từ 1mm-3mm, được sử dụng cho các hệ thống lạnh công suất nhỏ ít có sự biến đổi về tải lạnh trong quá trình làm việc như: Tủ lạnh, máy điều hòa nhiệt độ, máy đá viên mini...

Ưu điểm của ống mao là đơn giản, rẻ tiền nhưng nhược điểm là không dễ điều chỉnh được lưu lượng môi chất vào dàn lạnh.



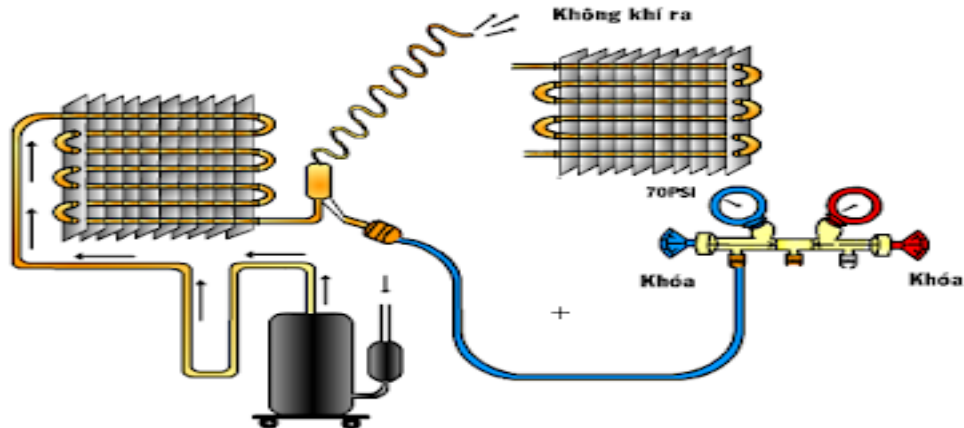
Hình 2.26: Cấu tạo ống mao

Việc cân cấp xác định chiều dài ống mao là một kỹ thuật khó trong hệ thống lạnh. Ống mao có đường kính càng nhỏ hoặc chiều dài càng lớn thì trở lực ống mao càng lớn, ngược lại ống mao có đường kính lớn hoặc chiều dài nhỏ thì trở lực ống mao càng nhỏ. Có thể hiểu một cách đơn giản là ống càng nhỏ hoặc càng dài thì ma sát trên đường ống càng lớn dẫn đến độ giảm áp suất qua ống sẽ lớn.



Hình 2.27: Sơ đồ cân cấp ống mao (kiểu hở)

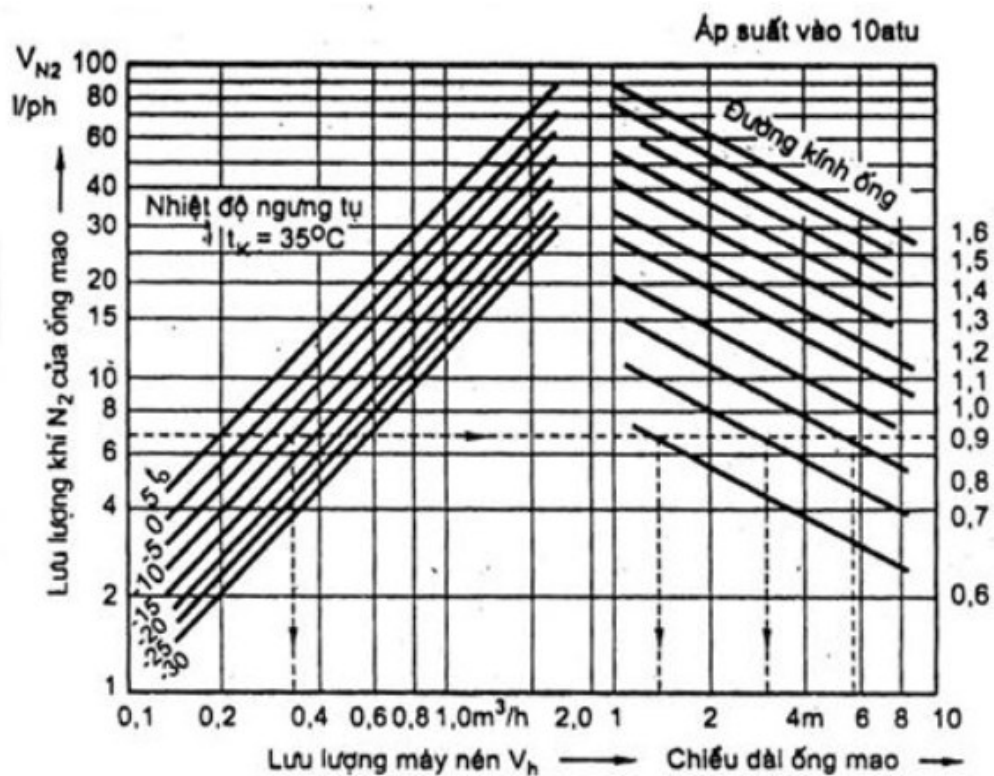
Như ví dụ hình 2.27, trở lực của ống mao được xác định trên đồng hồ áp kế P_1



Hình 2.28: Sơ đồ cân cấp thực tế

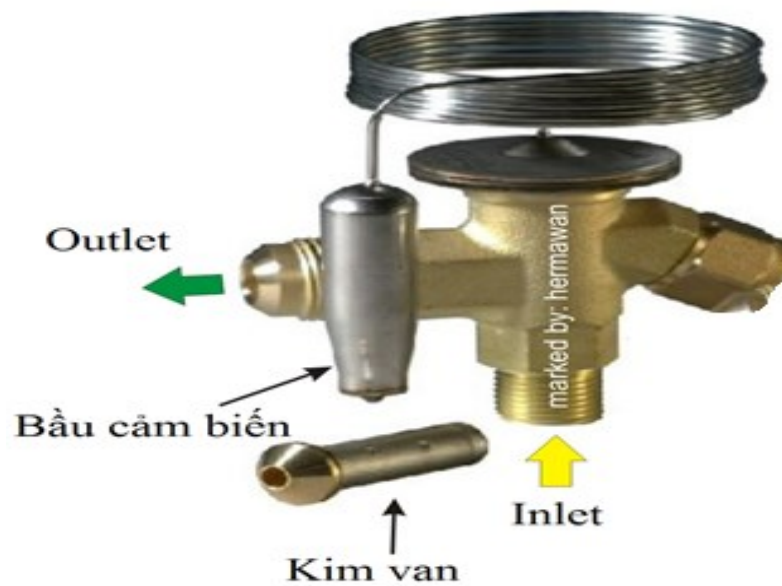
Bảng 2.2: Áp suất cân cấp của tủ lạnh, tủ kem

Tủ lạnh loại	Nhiệt độ	Giá trị P_1
*	-6oC	130-150psi
**	-12oC	150-170psi
***	-18oC	170-190psi
Tủ kem	<-18oC	200-220psi



Hình 2.29: Biểu đồ xác định chiều dài, đường kính ống mao theo thực nghiệm

➤ Van tiết lưu nhiệt cân bằng trong



Hình 2.30: Van tiết lưu nhiệt cân bằng trong

Thông số kỹ thuật van tiết lưu Danfoss TX2

- Model: 068Z3209
- Loại van: Tiết lưu cân bằng ngoài
- Nhiệt độ: $-40^{\circ}\text{C} \rightarrow 10^{\circ}\text{C}$
- Môi chất lạnh: R22/R407C
- Chiều dài dây cảm biến: 1.5m
- Nhiệt độ làm việc lớn nhất của bầu cảm biến: 100°C .
- Nhiệt độ làm việc thấp nhất của bầu cảm biến: -60°C .
- Áp suất kiểm tra lớn nhất: 38bar
- Áp suất làm việc lớn nhất: 34bar.
- Đường kính ống kết nối van tiết lưu danfoss TEX2 là: 10/12mm
- SS: static superheat: độ quá nhiệt tĩnh của van
- OS: opening superheat: độ quá nhiệt hoạt động của van
- SH: $\text{SS} + \text{OS} = \text{total superheat}$: tổng độ quá nhiệt
- Q_{nom} : công suất hoạt động của hệ thống
- Q_{max} : Công suất lạnh lớn nhất

* SS static superheat có thể được điều chỉnh thông qua vít điều chỉnh độ quá nhiệt trên van.

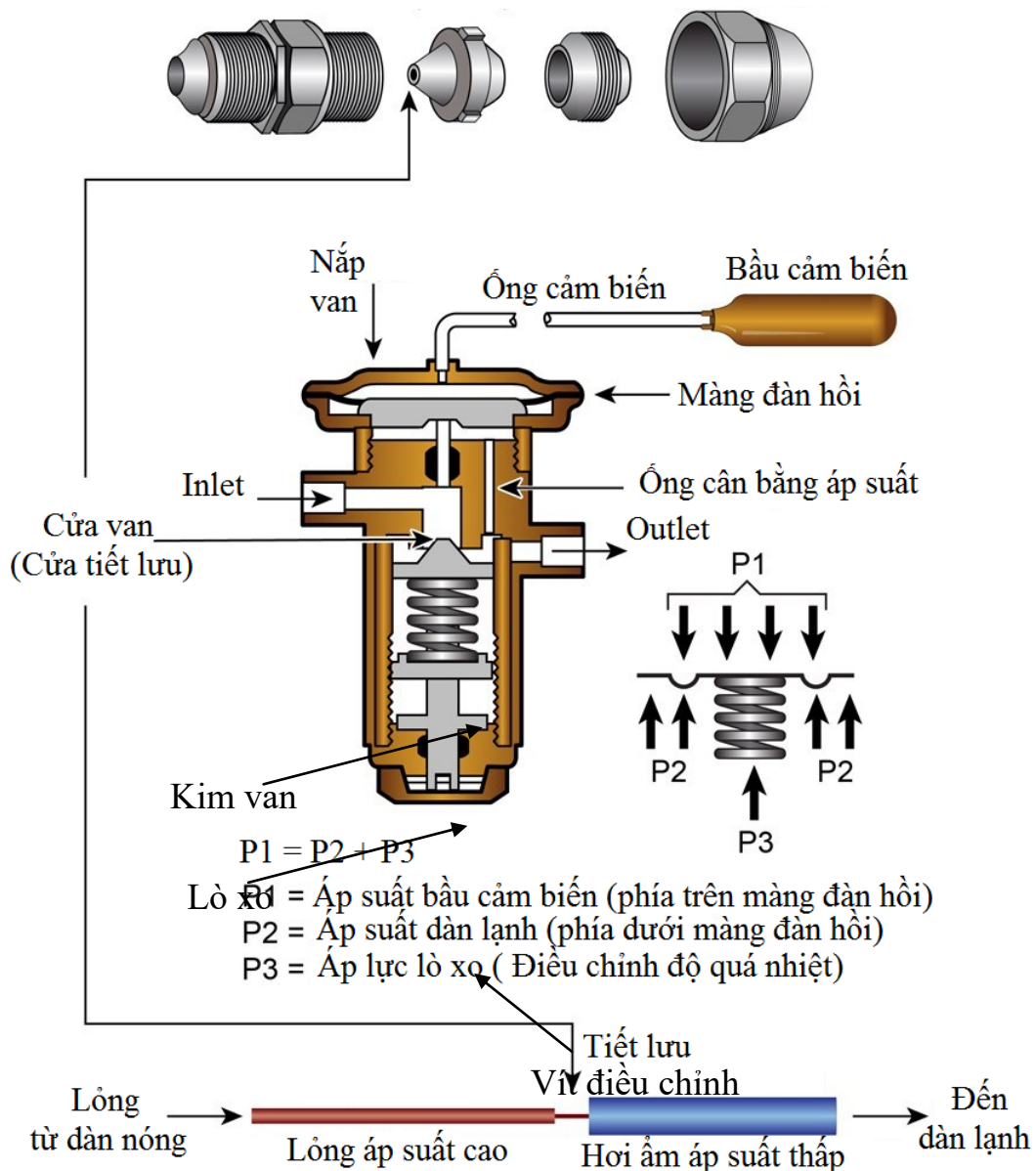
Độ quá nhiệt của van chuẩn là 5K cho các van tiết lưu danfoss TEX 2 không có MOP và 4K cho các van có MOP.

Ví dụ:

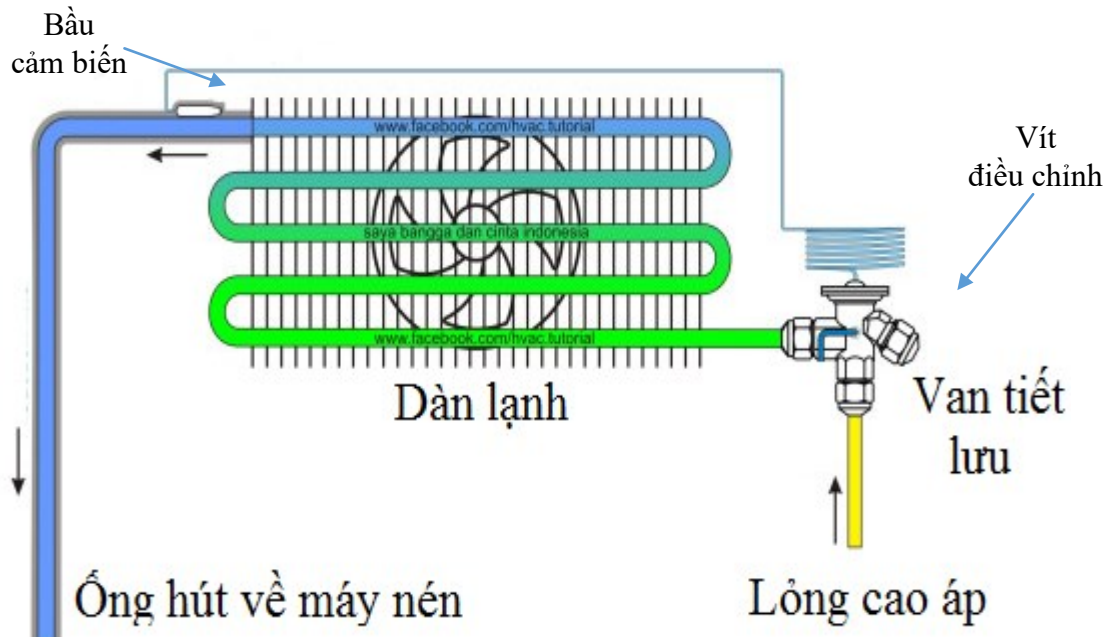
- SS: static superheat: 5K

- OS: opening superheat: 6K

SH: SS + OS = total superheat: 11K



Hình 2.31: Sơ đồ nguyên lý van tiết lưu nhiệt cân bằng trong



Hình 2.32: Sơ đồ lắp đặt van tiết lưu nhiệt cân bằng trong với dàn lạnh

Nguyên lý hoạt động van tiết lưu nhiệt cân bằng trong

- Nguyên lý làm việc của van tiết lưu nhiệt là giữ một độ quá nhiệt ổn định của môi chất lạnh sau dàn bay hơi. Độ quá nhiệt này đảm bảo cho dàn bay hơi luôn được cung cấp đủ lỏng từ van tiết lưu để làm việc có hiệu quả nhất.
- Độ quá nhiệt này cũng đồng thời đảm bảo lỏng không lọt về máy nén gây va đập thủy lực. Van tiết lưu nhiệt có khả năng thích ứng tốt cả ở điều kiện chạy 100% tải và non tải hoặc có tải biến động.
- Xem hình 2.18 ta biết được nguyên lý hoạt động của van, lỏng từ dàn nóng đi vào van theo ngõ vào **inlet**, thông thường môi chất lạnh vị trí này sẽ bố trí một phin lọc để lọc cặn bẩn tránh làm tắc van. Sau đó qua **cửa van** để giảm áp suất và đi vào dàn bay hơi theo lối ra **outlet**.
- Để van nằm cố định nhưng **kim van** được gắn liền với **màng đàn hồi** và được tỳ lên **lò xo**. Nhờ **bầu cảm biến** có nạp lỏng bên trong mà nhiệt độ quá nhiệt của hơi ra khỏi dàn bay hơi chuyển thành tín hiệu áp suất làm co giãn **màng đàn hồi**, qua đó tác động điều chỉnh đóng bớt hoặc mở rộng thêm **cửa van**. Nhờ **lò xo** và **vít điều chỉnh** ta có thể điều chỉnh được độ quá nhiệt hơi ra khỏi dàn bay hơi.

- Sự hoạt động của van tiết lưu nhiệt được quyết định bởi 3 lực cơ bản trong đó:

P_1 – Áp suất của bầu cảm nhiệt tác động lên phía trên của màng đàn hồi, để mở to thêm cửa van.

P_2 – Áp suất bay hơi tác động ngược lại ở phía dưới màng đàn hồi, để đóng bớt cửa van.

P_3 – Áp suất của lò xo có xu hướng đóng bớt cửa van, nó tác dụng lên kim van và qua chốt van, tác động lên màng dẫn nở. Lò xo này được gọi là lò xo quá nhiệt vì kết hợp với **vít điều chỉnh** có thể điều chỉnh được độ quá nhiệt của hơi hút ở cửa ra của dàn bay hơi. (Xem hình 2.32)

- Nếu môi chất lạnh lạnh phun vào dàn quá ít, áp suất bay hơi giảm, độ quá nhiệt hơi hút tăng lên, áp suất bầu cảm tăng, màng dẫn nở xuống phía dưới, cửa thoát của van được mở rộng hơn.

- Nếu môi chất lạnh lạnh phun vào dàn quá nhiều, áp suất bay hơi tăng, độ quá nhiệt làm cho áp suất bầu cảm giảm, màng co lên trên đóng bớt cửa thoát của van. Cứ như vậy, van tự động điều chỉnh đúng lượng lỏng phun vào dàn, đúng độ quá nhiệt hơi hút và đưa 3 lực vào trạng thái cân bằng.

- Trường hợp tải lạnh của dàn bay hơi tăng lên, môi chất lạnh lạnh bốc hơi mạnh, đoạn ống có hơi quá nhiệt dài hơn, độ quá nhiệt tăng lên làm cho áp suất bầu cảm tăng, màng bị đẩy xuống và van cũng mở rộng hơn cửa thoát để phun nhiều hơn môi chất lạnh lỏng vào dàn. Như vậy, khi tải lạnh tăng, van sẽ tự động mở to hơn và độ quá nhiệt hơi hút cũng tăng lên chút ít.

- Tóm lại, van tiết lưu nhiệt có khả năng duy trì việc cấp lỏng đầy đủ cho dàn bay hơi ở các điều kiện tải khác nhau.

Ưu điểm van tiết lưu nhiệt

Bầu cảm luôn luôn điều chỉnh được lượng lỏng phun vào dàn phù hợp trong cả trường hợp van và màng có nhiệt độ thấp hơn.

Nhược điểm van tiết lưu nhiệt

- Khi máy nén khởi động, áp suất hút và áp suất trong dàn bay hơi giảm xuống, nhưng vì bầu cảm của van chưa giảm nhiệt độ đồng thời nên áp suất trong bầu cảm tương đối cao, van mở quá lớn làm cho:

- + Độ quá nhiệt thấp và có nguy cơ tràn lỏng về máy nén.
- + Áp suất hút giảm chậm dần đến nguy cơ quá tải cho động cơ máy nén.
- Ở cùng một chế độ điều chỉnh van, nếu nhiệt độ sôi cao mà nhiệt độ quá nhiệt đạt yêu cầu thì ở nhiệt độ sôi thấp, độ quá nhiệt sẽ tăng quá cao. Độ quá nhiệt tăng quá cao sẽ làm cho năng suất lạnh giảm xuống.
- Ở chu kỳ máy nghỉ, nếu bầu cảm được cố định ở vị trí “ấm” tương đối so với buồng lạnh thì áp suất bầu cảm sẽ đủ cao để mở van và lỏng sẽ tràn ngập dàn lạnh. Đây cũng là nguyên nhân dẫn đến quá tải và tràn lỏng vào máy nén. Trong trường hợp này thường phải lắp đặt thêm 1 van điện từ trước van tiết lưu để khắc phục. Đôi khi người ta còn mở trễ van điện từ 30 ÷ 120 giây sau khi máy nén khởi động.
- Các van tiết lưu nhiệt thông thường không có các đặc tính đặc biệt tránh được các nguy cơ va đập thủy lực hoặc gây quá tải cho máy nén.

Ví dụ 1: Kho mát sử dụng môi chất R22 có nhiệt độ bay hơi là 5°C, nhiệt độ quá nhiệt là 10°C, xác định áp lực cần thiết điều chỉnh lò xo để mở van tiết lưu.

- Áp suất bầu cảm biến (bão hòa ở 10°C) $P_1 = 6.80 \text{ bar}$ (tra bảng hơi bão hòa R22)
 - Áp suất bay hơi (bão hòa ở nhiệt độ bay hơi 5°C) $P_2 = 5.84 \text{ bar}$
 - Áp suất lò xo $P_3 = P_1 - P_2 = 0.96 \text{ bar}$
- => Cần điều chỉnh vít tương ứng với áp lực lò xo 0.96bar

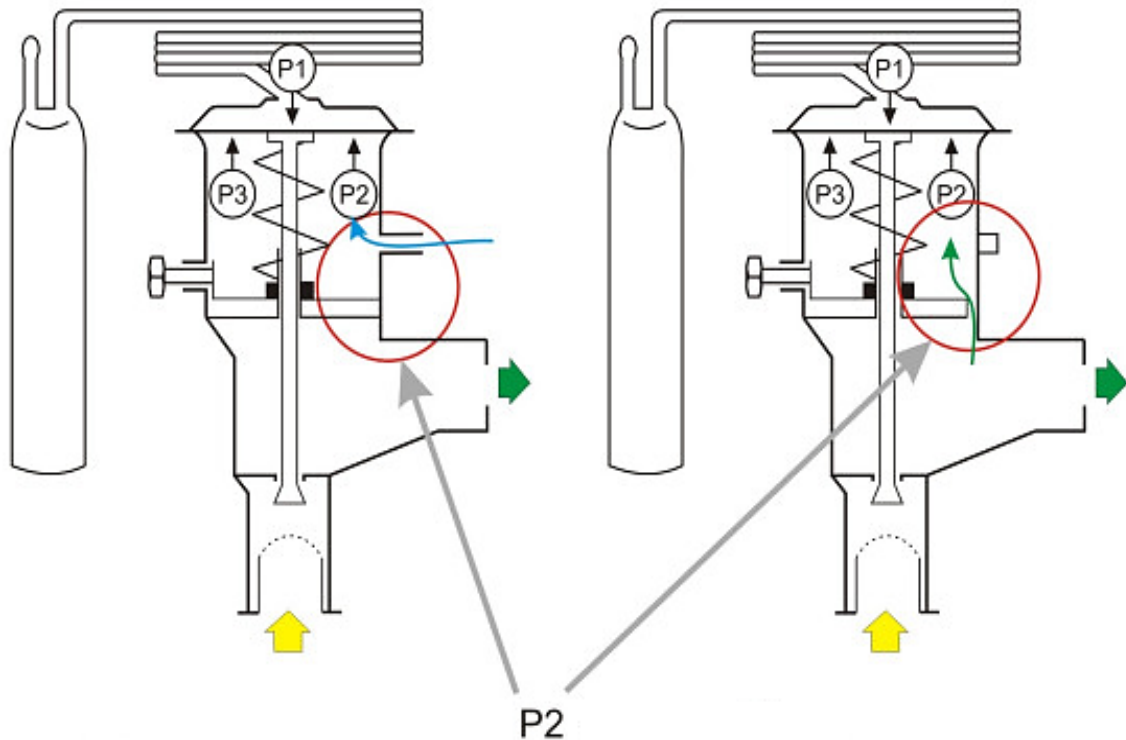
Lưu ý: Khi điều chỉnh cho độ quá nhiệt tăng lên, nhiệt độ bay hơi sẽ giảm, năng suất lạnh sẽ giảm và ngược lại.

➤ **Van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài**



Hình 2.33: Van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài

- Đối với các dàn bay hơi có tổn thất áp suất nhỏ, người ta sử dụng van tiết lưu nhiệt cân bằng trong. Tuy nhiên đối với các dàn bay hơi có tổn thất áp suất lớn, sử dụng van cân bằng trong ít hiệu quả người ta phải sử dụng van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài.
- Đối với van cân bằng ngoài, áp suất phía dưới của màng dẫn nở không phải là áp suất bay hơi môi chất lạnh ở cửa phun của van mà là áp suất hút. Áp suất hút này được lấy ở môi chất lạnh đầu ra của dàn lạnh và chuyển tới khoang phía dưới màng bằng một ống tín hiệu là ống đồng $\Phi 6$. (hình 2.21)
- Khác biệt cơ bản đối với van cân bằng trong là ống cân bằng áp suất nối khoang bên dưới màng dẫn nở với ống hút về máy nén. Khoang này được cách ly với khoang phun của van bằng tấm ngăn và đệm kín quanh ti van. Vị trí nối ống cân bằng ngoài là cửa ra dàn bay hơi, phía sau bầu cảm biến.



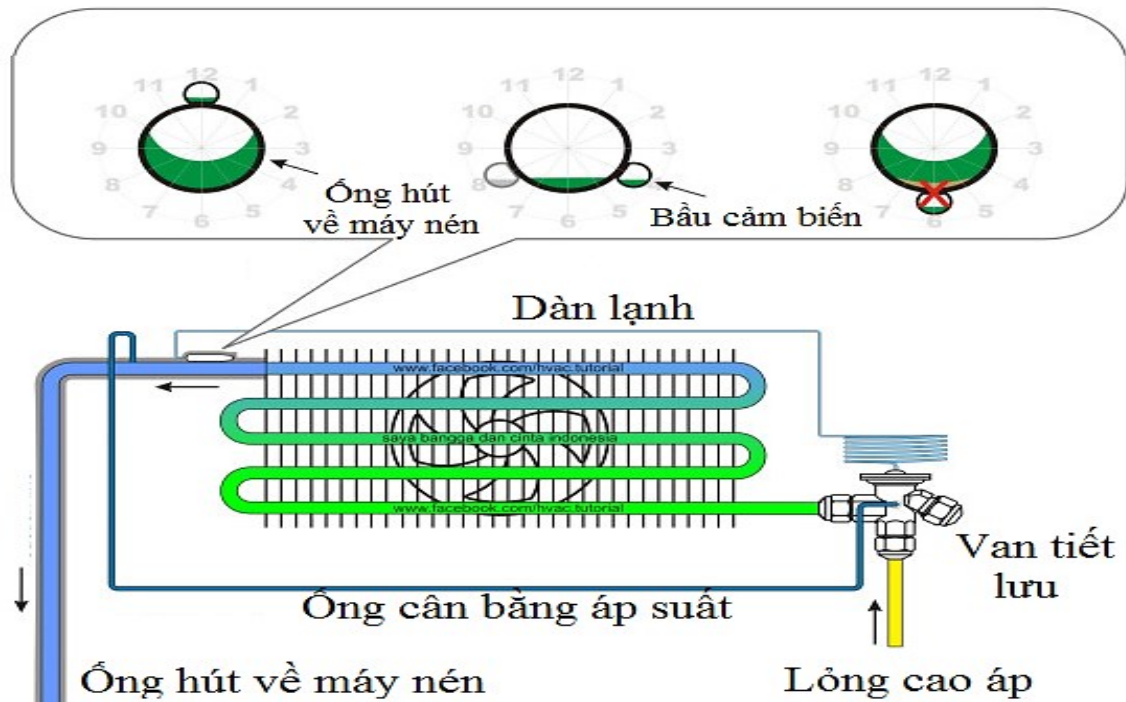
a) Van tiết lưu cân bằng ngoài

b) Van tiết lưu cân bằng trong

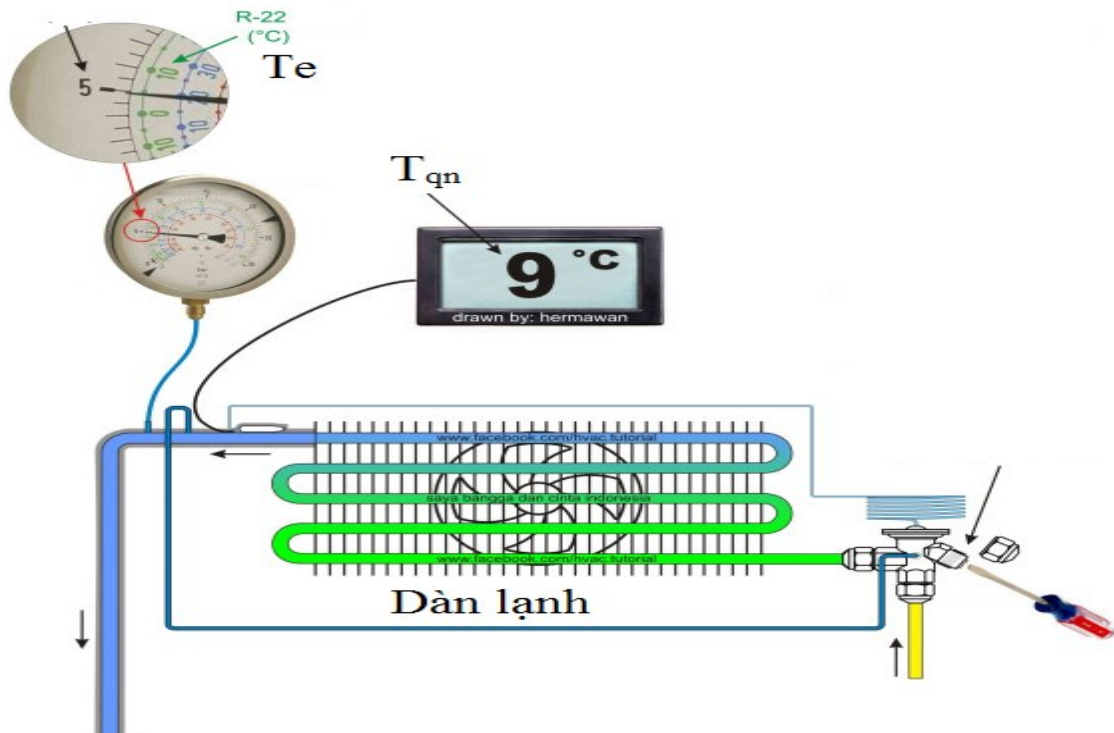
P_1 : Áp suất bầu cảm biến, P_2 : Áp suất hút phía đầu ra dàn lạnh, P_3 : Áp lực lò

xo.

Hình 2.34: Điểm khác biệt giữa van tiết lưu cân bằng ngoài và cân bằng trong



Hình 2.35: Sơ đồ lắp đặt van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài với dàn lạnh



Hình 2.36: Sơ đồ nguyên lý và điều chỉnh van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài

Ví dụ 2: Hệ thống kho lạnh sử dụng van tiết lưu cân bằng trong làm việc với nhiệt độ bay hơi $T_e = 5^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ quá nhiệt đo được ở bầu cảm biến $T_{qn} = 9^{\circ}\text{C}$. Xác định độ quá nhiệt và áp suất cần thiết để mở van. Cho biết hệ thống sử dụng môi chất lạnh R22 và tổn thất áp suất qua dàn lạnh bằng 0, áp lực lò xo của van $P_{LX} = 0.5\text{bar}$

Giải:

Độ quá nhiệt $\Delta T_{qn} = T_{qn} - T_e = 9 - 5 = 4^{\circ}\text{C}$

$T_e = 5^{\circ}\text{C}$ tra bảng hơi bão hòa R22 ta có áp suất vào dàn lạnh $P_e = 5.8$ bar

Áp suất cần thiết để mở van là áp suất được chuyển đổi từ tín hiệu nhiệt độ của bầu cảm biến tác động trực tiếp lên màng đàn hồi.

$P_1 = 6.3\text{bar}$ (tương ứng với nhiệt độ bão hòa R22 ở 9°C)

Ở trạng thái cân bằng:

Áp suất bầu cảm biến = Áp suất vào dàn bay hơi + Áp lực lò xo

Áp lực lò xo: $P_{LX} = P_1 - P_e = 6.3 - 5.8 = 0.5\text{bar}$

Do tổn thất áp suất qua dàn bằng 0 nên áp suất đầu vào dàn bay hơi là 5.8 bar và đầu ra (ở vị trí bầu cảm nhiệt) cũng là 6.3 bar. Áp suất đóng van gồm áp suất bay hơi 5.8bar cộng với áp suất lò xo là 0.5 bar bằng 6.3 bar.

Để van làm việc bình thường, áp suất phía trên màng dẫn nở cũng phải là 6.3 bar. Vậy nhiệt độ quá nhiệt tương ứng với áp suất bầu cảm này sẽ là 9°C. Độ quá nhiệt là 4°C.

Ví dụ 3: Hệ thống kho lạnh sử dụng van tiết lưu cân bằng trong làm việc với nhiệt độ bay hơi $T_e = 5^{\circ}\text{C}$, tổn thất áp suất qua dàn lạnh là 0.75bar. Xác định độ quá nhiệt, nhiệt độ quá nhiệt tại bầu cảm biến và áp suất cần thiết để mở van. Cho biết hệ thống sử dụng môi chất lạnh, áp lực lò xo của van $P_{LX} = 0.5\text{bar}$.

Giải:

Do có tổn thất áp suất qua dàn lạnh nên áp suất vào dàn lạnh bằng áp suất bay hơi cộng với độ tổn thất áp suất qua dàn: $5.8\text{ bar} + 0.75\text{ bar} = 6.55\text{bar}$

Áp suất cần thiết để mở van = Áp suất vào dàn lạnh + Áp lực lò xo

$$P_1 = 6.55 + 0.5 = 7.05\text{ bar}$$

Do đó nhiệt độ bầu cảm biến tương ứng với $P_1 = 7.05\text{ bar}$ là 11.5°C (tra bảng hơi bão hòa R22)

Độ quá nhiệt tương ứng: $\Delta T_{qn} = T_{qn} - T_e = 11.5 - 5 = 6.5^{\circ}\text{C}$

Kết luận:

- ✓ Qua VD2 và VD3 ta thấy khi có sự tổn thất áp suất qua dàn bay hơi thì nhiệt độ quá nhiệt sẽ tăng lên điều này sẽ ảnh hưởng đến hiệu suất làm việc của van tiết lưu và máy nén lạnh.
- ✓ Do đó để khắc phục vấn đề này người ta sẽ sử dụng van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài khi có sự tổn thất áp suất qua dàn lạnh lớn.

2.2.4 Thiết bị bay hơi

Là thiết bị trao đổi nhiệt dùng để thu nhiệt của môi trường cần làm lạnh hoặc sản phẩm bảo quản lạnh nhờ quá trình bốc hơi của gas lạnh lỏng. Thiết bị bay hơi cũng được chia làm hai dạng chính là để làm lạnh chất lỏng (được gọi là bình bay hơi) và để làm lạnh trực tiếp không khí trong phòng lạnh (được gọi

là dàn bay hơi). Để tăng cường trao đổi nhiệt, dàn ống xoắn bốc hơi thường được làm cánh và bố trí quạt gió cưỡng bức.

Vai trò, vị trí của thiết bị bay hơi

Thiết bị bay hơi là thiết bị trao đổi nhiệt, trong đó gas lạnh ở áp suất thấp, nhiệt độ thấp thu nhiệt từ môi trường cần làm lạnh, sôi và hoá hơi để chuyển từ lỏng sang hơi.

Cùng với thiết bị ngưng tụ, máy nén và thiết bị tiết lưu, thiết bị bay hơi là một trong những thiết bị quan trọng nhất không thể thiếu được trong các hệ thống lạnh.

Đặc điểm của thiết bị bay hơi

Nhiệt độ ngưng tụ t_k trong hệ thống lạnh luôn lớn hơn nhiệt độ môi trường xung quanh, còn nhiệt độ bay hơi t_0 lại luôn luôn nhỏ hơn nhiệt độ của môi trường bị làm lạnh (hay của đối tượng làm lạnh khi làm lạnh trực tiếp).

Để giảm tổn thất năng lượng ở các thiết bị trao đổi nhiệt thì phải vận hành các thiết bị này ở các độ chênh nhiệt độ kể trên với giá trị nhỏ nhất có thể được.

Với điều kiện áp suất thấp trong thiết bị bay hơi, áp suất cao trong thiết bị ngưng tụ và các tính chất rất riêng của môi chất lạnh khi sôi và khi ngưng, máy lạnh làm việc trong điều kiện phụ tải nhiệt riêng (công suất nhiệt tính cho 1m^2 bề mặt truyền nhiệt) thấp, chỉ khoảng $1100 - 11000 \text{ W/m}^2$, và đồng thời thiết bị trao đổi nhiệt này sẽ phải được tính toán theo các phương pháp và quan hệ riêng không phải theo cách tính thông thường.

Phân loại thiết bị bay hơi

Có nhiều cách phân loại thiết bị bay hơi:

- **Theo môi trường làm lạnh :**

- Thiết bị bay hơi làm lạnh chất tải lạnh lỏng như nước, nước muối, glycol...

- Thiết bị bay hơi làm lạnh không khí. Trong loại này lại chia làm hai nhóm : Bộ lạnh bay hơi trực tiếp (không khí tuần hoàn tự nhiên) và thiết bị làm lạnh không khí bay hơi trực tiếp (không khí tuần hoàn cưỡng bức)

• **Theo mức độ choán chỗ của môi chất lạnh lỏng trong thiết bị :**

- Ở thiết bị bay hơi kiểu ngập thì môi chất lạnh lỏng bao phủ toàn bộ bề mặt trao đổi nhiệt

- Ở thiết bị bay hơi kiểu không ngập thì môi chất lạnh lỏng không bao phủ toàn bộ bề mặt trao đổi nhiệt mà một phần bề mặt này được dùng để làm tăng độ quá nhiệt môi chất lạnh

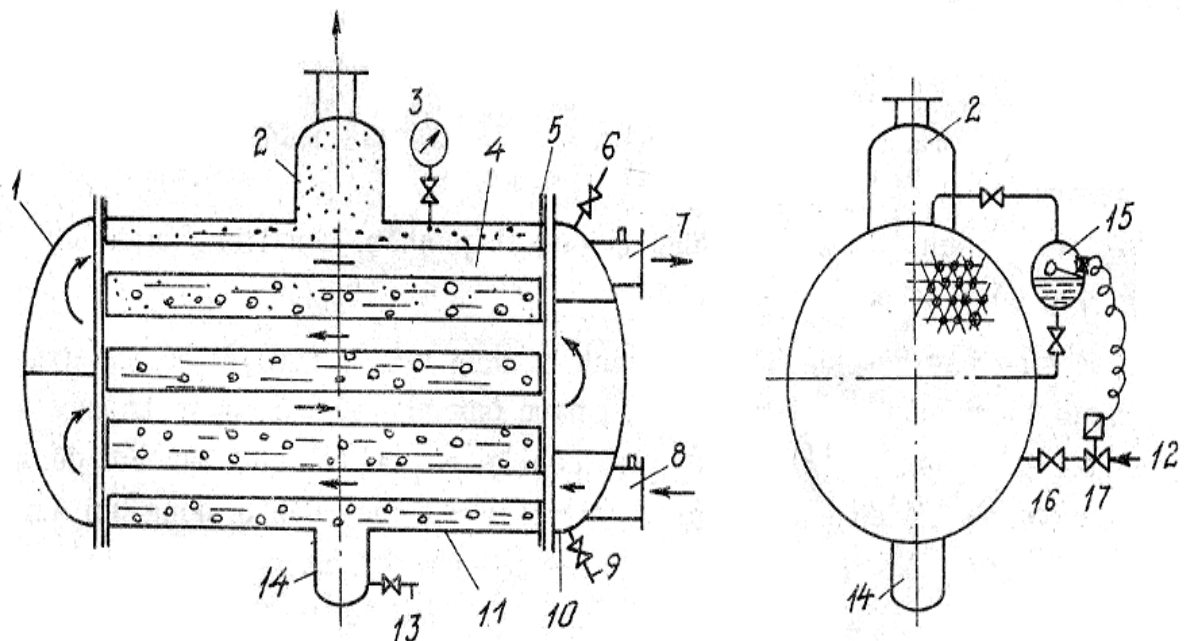
• **Theo điều kiện tuần hoàn của chất tải lạnh :**

- Thiết bị bay hơi có chất tải lạnh tuần hoàn kín như bình bay hơi ống vỏ
- Thiết bị bay hơi có chất tải lạnh tuần hoàn hở như thiết bị bay hơi kiểu panel

Thiết bị bay hơi làm lạnh chất lỏng

1) Thiết bị bay hơi ống vỏ kiểu ngập

➤ **Cấu tạo :**



Hình 2.37 : Bình bay hơi ống vỏ amoniắc kiểu ngập lỏng

1, 10 – nắp bình ; 2 – tách lỏng ; 3 – áp kế ; 4 - ống trao đổi nhiệt ; 5 – mặt sàng; 6 - ống xả không khí ; 7,8 - ống nước (muối) vào và ra ; 9 – xả nước ; 11 – thân ; 12 - ống amoniắc lỏng vào ; 13 – xả dầu ; 14 – bầu dầu ; 15 – bộ điều chỉnh mức lỏng ; 16 – van tiết lưu ; 17 – van điện từ

➤ **Nguyên lý làm việc :**

Đây là loại TBBH được dùng phổ biến nhất trong các hệ thống lạnh công suất trung bình và lớn. Nguyên lý cấu tạo và quá trình truyền nhiệt giống như bình ngưng tụ làm mát bằng nước, nhưng ở đây chất lỏng được làm lạnh chảy trong ống còn môi chất sôi ở bề mặt ngoài trong không gian giữa các ống. Lỏng hạ áp được đưa vào trong thiết bị nhận nhiệt của chất lỏng, sôi và hoá hơi để tạo thành hơi hạ áp, tiếp tục đi qua bình tách lỏng nhằm tách các hạt lỏng trước khi về máy nén.

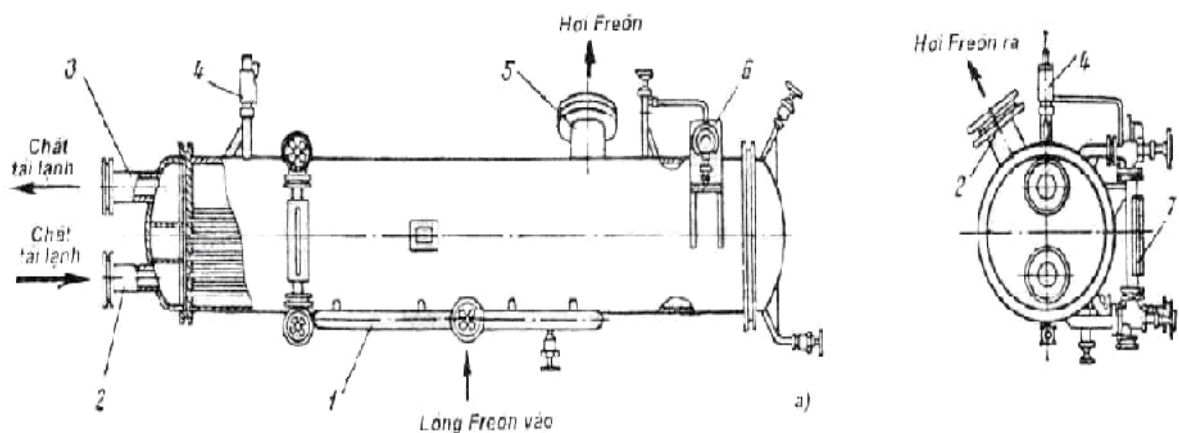
➤ **Ưu và nhược điểm :**

❖ **Ưu điểm :**

- Kết cấu chắc chắn ,dễ vệ sinh.
- Bề mặt trao đổi nhiệt lớn nên phụ tải nhiệt lớn từ $4000 - 4600\text{W/m}^2$.
- Ít tốn kém nguyên liệu.

❖ **Nhược điểm:**

- Có nguy cơ nứt ống do chất lỏng đóng băng.
- Khó chế tạo.



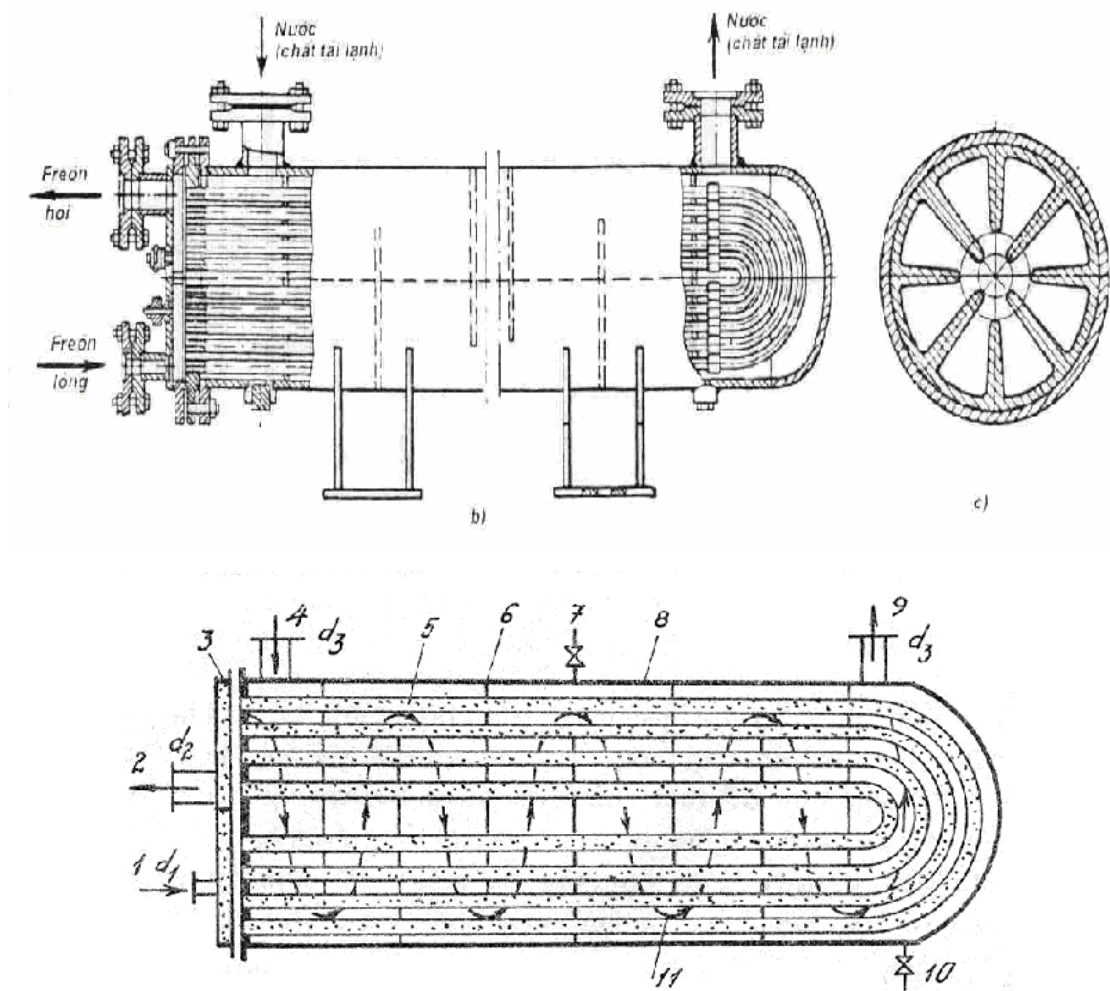
Hình 2.38 : Bình bay hơi ống vỏ Freon kiểu ngập lỏng



Hình 2.39: Bình bay hơi ống vỏ kiểu ngập lỏng

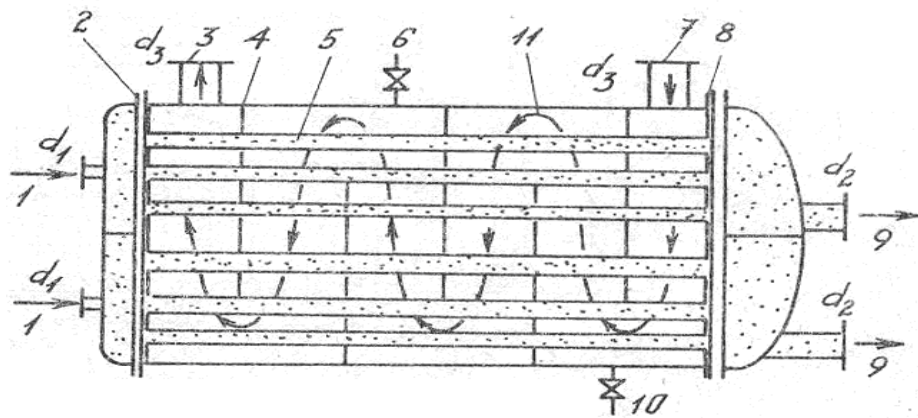
2) **Thiết bị bay hơi ống vỏ, môi chất sôi trong ống và trong kênh.**

➤ **Cấu tạo:**



Hình 2.40 : Bình bay hơi ống vỏ ống chữ U môi chất sôi trong ống

- 1, 2 – môi chất lạnh vào ra ; 3 – nắp bình ; 4, 9 - ống vào, ra của chất tải lạnh ; 5 – ống sôi ; 6 – tấm chắn ; 7 - xả khí ; 8 – thân bình ; 10 – xả chất tải lạnh ; 11 – đường zic zắc chất tải lạnh



Hình 2.41 : Bình bay hơi ống vỏ chùm ống thẳng, môi chất sôi trong ống
 1 – môi chất lạnh vào ra ; 2 – nắp trước ; 3, 7 – lối ra, vào của chất tải lạnh ;
 4 – tấm chắn ; 5 - ống chứa môi chất sôi ; 6 – van xả khí ; 8 – mặt sàng ;
 10 – xả chất tải lạnh ; 11 – đường chất tải lạnh đi zic-zắc

➤ **Nguyên lí làm việc :**

Là thiết bị bay hơi kiểu chất lỏng làm lạnh không ngập. Môi chất lạnh lưu động sôi và bay hơi ở phía bên trong ống nhận nhiệt của chất lỏng chuyển động bên ngoài ống làm cho môi chất lạnh sôi. Các tấm chắn thẳng đứng đặt trong không gian giữa các ống bên trong vỏ để tăng tốc độ chuyển động của chất tải lạnh, tốc độ trung bình khoảng 0,3 – 0,8 m/s.

➤ **Ưu và nhược điểm :**

❖ **Ưu điểm :**

- Phụ tải nhiệt tương đối lớn.
- Tránh được sự cố đóng băng và nổ ống.

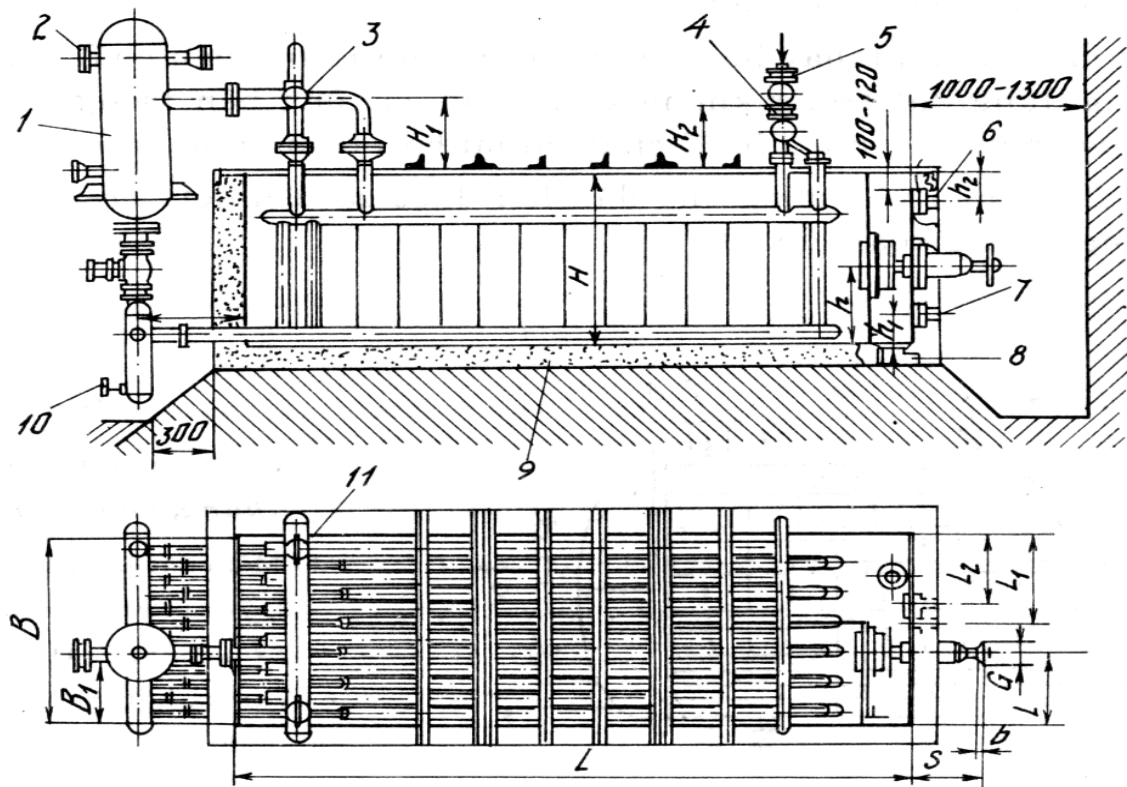
❖ **Nhược điểm :**

- Dễ bị ăn mòn và rò rỉ.
- Khó chế tạo, khó vệ sinh.

3) **Dàn lạnh panen**

Để làm lạnh các chất lỏng trong chu trình hờ người ta sử dụng các dàn lạnh panel.

➤ **Cấu tạo:**



Hình 2.42 : Dàn lạnh panel

- 1 - Bình giữ mức-tách lỏng ; 2 - Hơi về máy nén ; 3- Ống góp hơi ;
 4 - Góp lỏng vào ; 5 - Lỏng vào ; 6 - Xả tràn nước muối ; 7 - Xả nước muối
 8 - Xả cạn ; 9 - Nền cách nhiệt ; 10 - Xả dầu ; 11 - Van an toàn

Cấu tạo của dàn gồm 2 ống góp lớn nằm phía trên và phía dưới, nối giữa 2 ống góp là các ống trao đổi nhiệt dạng ống tròn thẳng đứng.

➤ **Nguyên lí làm việc :**

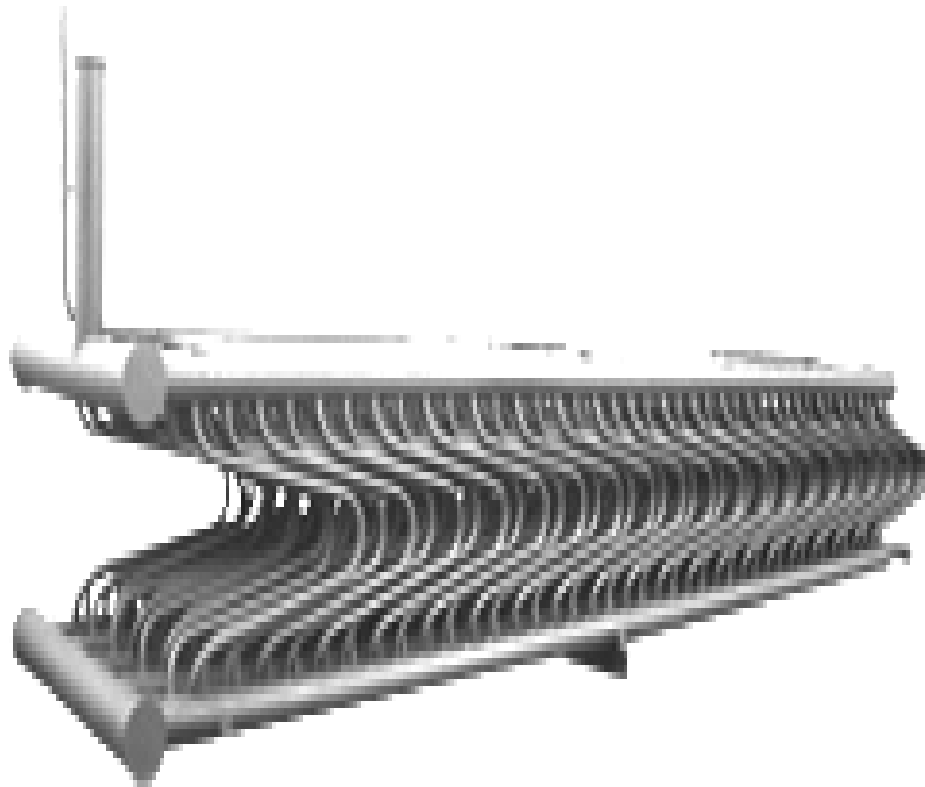
Môi chất chuyển động và sôi trong các ống, chất lỏng cần làm lạnh chuyển động ngang qua ống. Các dàn lạnh panen được cấp dịch theo kiểu ngập lỏng nhờ bình giữ mức - tách lỏng. Môi chất lạnh đi vào ống góp dưới và đi ra ống góp trên.

Tốc độ luân chuyển của nước muối trong bể khoảng $0,5 \div 0,8$ m/s, hệ số truyền nhiệt $k = 460 \div 580$ W/m²K. Khi hiệu nhiệt độ giữa môi chất và nước muối khoảng $5 \div 6$ K, mật độ dòng nhiệt của dàn bay hơi panen khá cao khoảng $2900 \div 3500$ W/m²

Dàn lạnh panen kiểu ống thẳng có nhược điểm là quãng đường đi của dòng môi chất trong các ống trao đổi nhiệt khá ngắn và kích thước tương đối cồng kềnh. Để khắc phục điều đó người ta làm dàn lạnh theo kiểu xương cá.

4) Dàn lạnh xương cá

Dàn lạnh xương cá được sử dụng rất phổ biến trong hệ thống làm lạnh nước, nước muối và được sử dụng nhiều trong sản xuất đá cây.

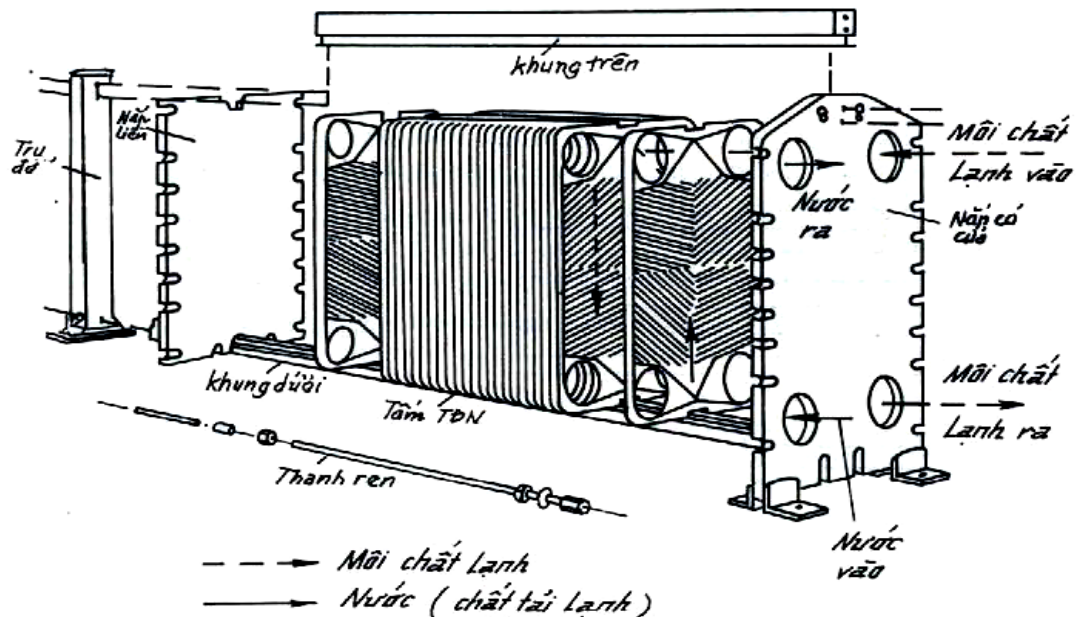


Hình 2.43 : Dàn lạnh xương cá

Về cấu tạo, tương tự dàn lạnh panen nhưng ở đây các ống trao đổi nhiệt được uốn cong, do đó chiều dài mỗi ống tăng lên đáng kể. Các ống trao đổi nhiệt gắn vào các ống góp trông giống như một xương cá khổng lồ. Đó là các ống thép áp lực dạng trơn, không cánh. Dàn lạnh xương cá cũng có cấu tạo gồm nhiều cụm (môđun), mỗi cụm có 1 ống góp trên và 1 ống góp dưới và hệ thống 2÷4 dãy ống trao đổi nhiệt nối giữa các ống góp.

Mật độ dòng nhiệt của dàn bay hơi xương cá tương đương dàn lạnh kiểu panen tức khoảng $2900 \div 3500 \text{ W/m}^2$

5) Dàn lạnh tấm bản



Hình 2.44 : Dàn lạnh tấm bản

Ngoài các dàn lạnh thường được sử dụng ở trên, trong công nghiệp người ta còn sử dụng dàn bay hơi kiểu tấm bản để làm lạnh nhanh các chất lỏng. Ví dụ hạ nhanh dịch đường và glycol trong công nghiệp bia, sản xuất nước lạnh chế biến trong nhà máy chế biến thực phẩm ...

Cấu tạo dàn lạnh kiểu tấm bản hoàn toàn giống dàn ngưng tấm bản, gồm các tấm trao đổi nhiệt dạng phẳng có dập sóng được ghép với nhau bằng đệm kín. Hai đầu là các tấm khung dày, chắc chắn được giữ nhờ thanh giằng và bulông. Đường chuyển động của môi chất và chất tải lạnh ngược chiều và xen kẽ nhau. Tổng diện tích trao đổi nhiệt rất lớn. Quá trình trao đổi nhiệt giữa hai môi chất thực hiện qua vách tương đối mỏng nên hiệu quả trao đổi nhiệt cao. Các lớp chất tải lạnh khá mỏng nên quá trình trao đổi nhiệt diễn ra nhanh chóng. Dàn lạnh tấm bản NH_3 có thể đạt $k = 2500 \div 4500 \text{ W/m}^2\text{K}$ khi làm lạnh nước. Đối với R22 làm lạnh nước hệ số truyền nhiệt đạt $k = 1500 \div 3000 \text{ W/m}^2\text{K}$. Đặc điểm của dàn lạnh kiểu tấm bản là thời gian làm lạnh rất nhanh, khối lượng môi chất lạnh cần thiết nhỏ.

Nhược điểm là chế tạo phức tạp nên chỉ có các hãng nổi tiếng mới có khả năng chế tạo. Do đó khi hư hỏng, không có vật tư thay thế, sửa chữa khó khăn

5. Thiết bị bay hơi làm lạnh không khí

Thiết bị bay hơi làm lạnh không khí kiểu khô

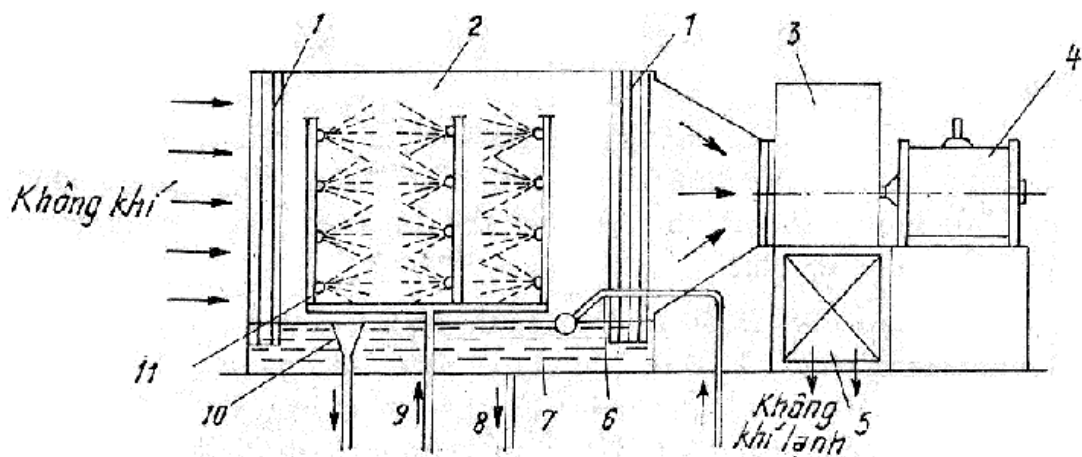
Là thiết bị trao đổi nhiệt bề mặt, trong đó không khí (lưu động ngoài chùm ống) thải nhiệt cho môi chất sôi trong ống hoặc cho chất tải lạnh chảy trong ống. Nếu không khí được làm lạnh do truyền nhiệt cho môi chất sôi trong ống ta gọi là thiết bị làm lạnh trực tiếp, còn nếu không khí được làm lạnh do truyền nhiệt cho nước hay chất tải lạnh lỏng đi trong ống được gọi là thiết bị làm lạnh gián tiếp



Hình 2.45 : Dàn lạnh không khí

Thiết bị làm lạnh không khí kiểu ướt

➤ Cấu tạo :



Hình 2.46 : Thiết bị làm lạnh không khí kiểu ướt

1 – máng chắn nước ; 2 – buồng phun ; 3 – quạt gió ; 4 – động cơ ; 5 - cửa gió lạnh ; 6 – van phao ; 7 – đáy nước ; 8 - ống xả đáy ; 9 – ống dẫn nước lạnh ; 10 - ống xả tràn ; 11 – vòi phun nước

➤ Nguyên lý làm việc :

Được sử dụng rộng rãi trong điều hoà không khí, không khí được làm lạnh nhờ tiếp xúc trực tiếp với nước hoặc nước muối lạnh phun ra từ các vòi phun nhờ quạt.

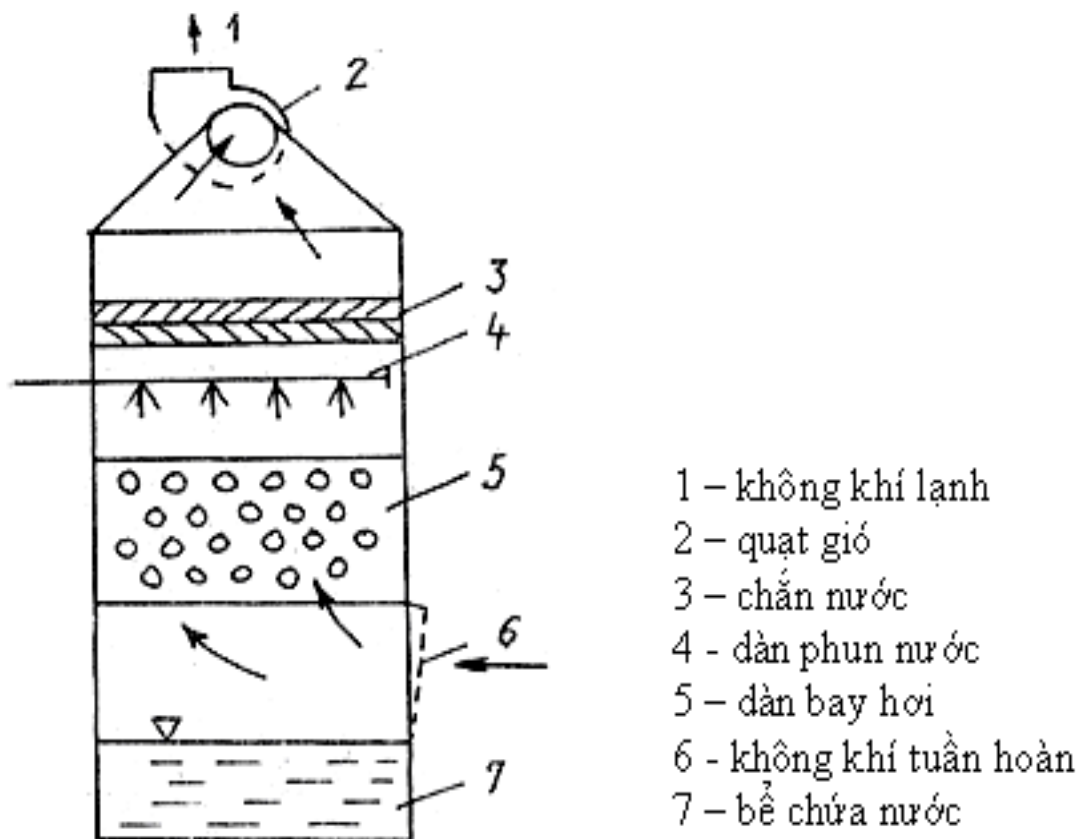
➤ Ưu và nhược điểm :

❖ Ưu điểm :

- Thực hiện các quá trình trao đổi nhiệt ở độ chênh lệch nhiệt độ nhỏ giữa nước và chất tải lạnh và hạ nhiệt độ không khí thấp hơn, đồng thời thay đổi độ ẩm không khí theo yêu cầu.

6. Thiết bị làm lạnh không khí kiểu hỗn hợp

➤ Cấu tạo :



Hình 2.47: Thiết bị làm lạnh không khí kiểu hỗn hợp

➤ Nguyên lý làm việc :

Không khí trong phòng qua cửa gió tiếp xúc với dàn lạnh truyền nhiệt cho môi chất sôi trong ống hạ nhiệt độ xuống rồi lại được làm lạnh nhờ được tiếp

xúc trực tiếp với nước lạnh phun từ ống phun nước. Tấm chắn giữ không cho nước bay theo vào phòng.

➤ Ưu và nhược điểm :

❖ Ưu điểm

- Được dùng trong điều hoà không khí nên thay đổi được nhiệt độ và độ ẩm không khí theo yêu cầu.

❖ Nhược điểm

- Thiết bị công kênh.

Tính toán thiết bị bay hơi

Có 2 bài toán tính toán thiết bị bay hơi : Tính kiểm tra và tính thiết kế

Tính toán thiết bị bay hơi là xác định diện tích bề mặt trao đổi nhiệt cần thiết để đáp ứng phụ tải nhiệt đã cho

- Thông số ban đầu:

+ Chế độ nhiệt ẩm của buồng lạnh

+ Loại thiết bị bay hơi

+ Công suất lạnh cần Q_o

- Thông số cần xác định : Diện tích trao đổi nhiệt, bố trí và kết cấu thiết bị bay hơi.

❖ *Các bước tính toán dàn lạnh*

1) Chọn loại thiết bị bay hơi

Chọn kiểu loại dàn lạnh cho hệ thống lạnh cũng dựa trên nhiều tiêu chí khác nhau như đặc điểm cấu tạo, yêu cầu về làm lạnh ...

2) Tính diện tích trao đổi nhiệt

$$Q_e = k.F.\Delta t_{tb} = q_{ef}.F$$

$$F = \frac{Q_e}{k.\Delta t_{tb}} = \frac{Q_e}{q_{ef}}$$

k - hệ số truyền nhiệt của thiết bị, W/m^2K (có thể chọn)

Δt_{tb} - hiệu nhiệt độ trung bình logarit, K

q_{ef} - mật độ dòng nhiệt, W/m^2 .

Q_e – công suất lạnh yêu cầu của thiết bị bay hơi, W

3) Xác định độ chênh nhiệt độ trung bình Δt_{tb}

$$\Delta t_{tb} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}}$$

$\Delta t_{\max}$, $\Delta t_{\min}$ - hiệu nhiệt độ lớn nhất và bé nhất ở đầu vào và ra của thiết bị trao đổi nhiệt.

4) Xác định lưu lượng chất lỏng hoặc không khí làm lạnh

* Lưu lượng chất lỏng

Lưu lượng chất lỏng được làm lạnh ở thiết bị bay hơi được xác định theo công thức sau:

$$G = \frac{Q_e}{C \cdot \rho \cdot \Delta t}, \text{ kg/s}$$

C – nhiệt dung riêng của chất lỏng, J/kg.K

ρ – khối lượng riêng của chất lỏng, kg/m³

Δt - độ chênh nhiệt độ của chất lỏng vào, ra thiết bị bay hơi, °C.

* Lưu lượng không khí

Lưu lượng không khí làm lạnh được xác định theo công thức sau:

$$G_{KK} = \frac{Q_e}{C_{KK} \cdot \rho_{KK} \cdot \Delta t_{KK}}, \text{ kg/s}$$

C_{KK} – nhiệt dung riêng của không khí, $C_n = 1,0 \text{ kJ/kg.K}$

ρ_{KK} – khối lượng riêng của không khí, kg/m³, $\rho_{KK} = 1,15 \div 1,2 \text{ kg/m}^3$

Δt_{KK} - độ chênh nhiệt độ của không khí vào, ra thiết bị bay hơi, °C.

CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG II

1. Vẽ hình trình bày nguyên lý quá trình nén và so sánh với quá trình tiết lưu trong hệ thống lạnh.
2. Trình bày nguyên lý quá trình ngưng tụ môi chất lạnh và so sánh với quá trình bay hơi trong hệ thống lạnh.
3. Lập bảng so sánh các quá trình làm việc chính trong hệ thống lạnh.
4. Trình bày đặc điểm quá trình nén môi chất lạnh trong máy nén, điều kiện để thỏa mãn áp suất nén của máy nén trong hệ thống lạnh.
5. Trình bày nguyên lý quá trình bay hơi, điều kiện để thỏa mãn quá trình bay hơi trong hệ thống lạnh.
6. Trình bày nguyên lý quá trình ngưng tụ, điều kiện để thỏa mãn quá trình ngưng tụ trong hệ thống lạnh.
7. Trình bày nguyên lý quá trình tiết lưu, điều kiện để thỏa mãn quá trình tiết lưu trong hệ thống lạnh.
8. Vẽ hình, trình bày nguyên lý làm việc của máy nén lạnh Rôto. So sánh máy nén lạnh Rôto với máy nén pittông
9. Vẽ hình, trình bày nguyên lý làm việc của dàn ngưng trao đổi nhiệt bằng không khí. So sánh dàn ngưng trao đổi nhiệt không khí với bình ngưng trao đổi nhiệt nước.
10. Vẽ hình, trình bày nguyên lý làm việc của van tiết lưu nhiệt cân bằng trong. So sánh van tiết lưu nhiệt cân bằng trong với van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài.
11. Xác định nhiệt độ không khí sau khi qua dàn lạnh T_{kkra} của máy điều hòa không khí dân dụng. Cho biết công suất máy nén lạnh $W = 8kW$, hệ số làm lạnh $\varepsilon = 3,75$, lưu lượng không khí qua dàn lạnh $G_{kk} = 5kg/s$, nhiệt dung riêng của không khí $C_{pkk} = 1,2 \text{ kJ/kgK}$, nhiệt độ không khí vào dàn lạnh $T_{kkvào} = 30^{\circ}C$.
12. Hệ thống lạnh sử dụng R22 làm việc với nhiệt độ bay hơi $T_e = 5^{\circ}C$, nhiệt độ ngưng tụ $T_c = 45^{\circ}C$, xác định:
 - Độ tăng áp quá trình nén ΔP
 - Công tiêu hao của máy nén
13. Nêu và phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến năng suất lạnh máy nén

CHƯƠNG III: CHU TRÌNH MÁY LẠNH NÉN HƠI MỘT CẤP NÉN

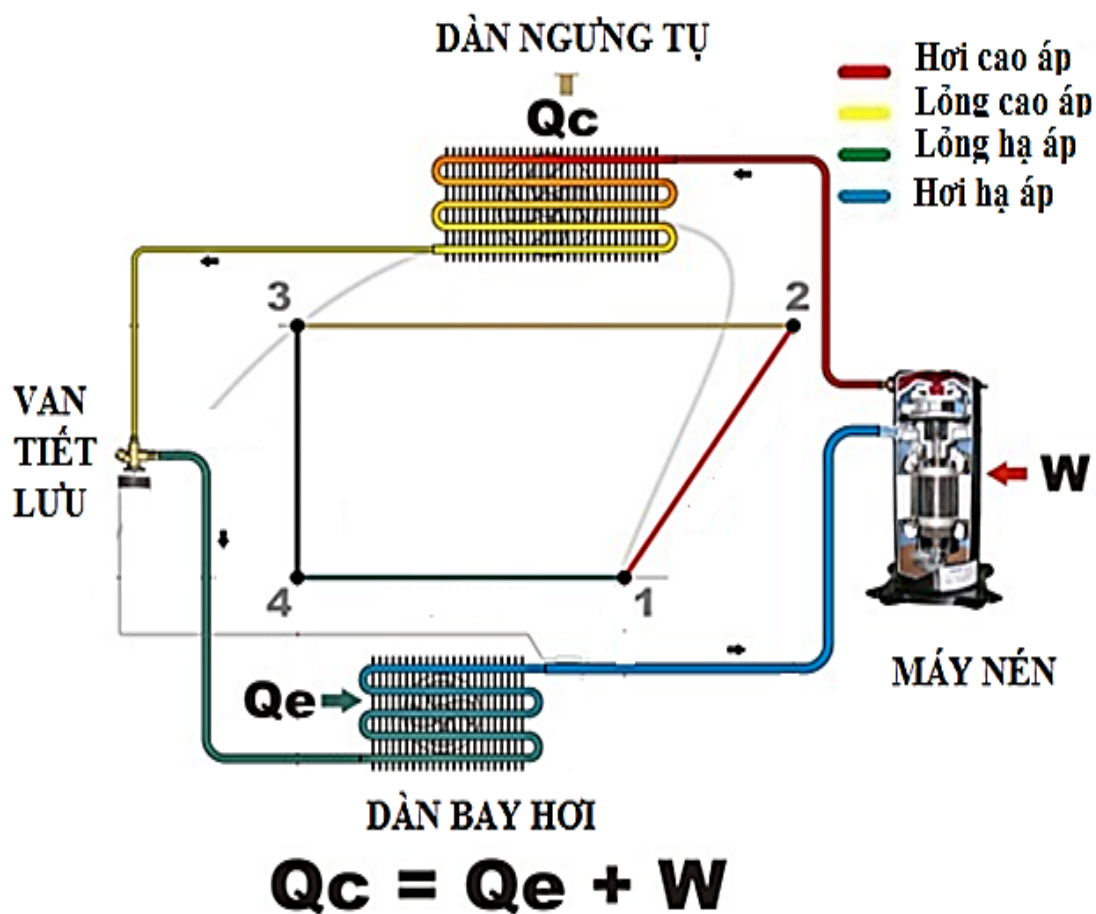
3.1. Chu trình khô

3.1.1 Định nghĩa

Máy nén làm việc ở vùng 2 pha rất dễ bị va đập thủy lực. Mặt khác máy dẫn nở rất cồng kềnh nên trong thực tế người ta cho máy nén làm việc ở vùng hơi bão hòa khô hoặc quá nhiệt và thay máy dẫn nở bằng van tiết lưu

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

3.1.2 Sơ đồ nguyên lý



Hình 3.1 : Sơ đồ nguyên lý chu trình khô một cấp nén

Q_c : Công suất nhiệt nhả ra ở thiết bị ngưng tụ

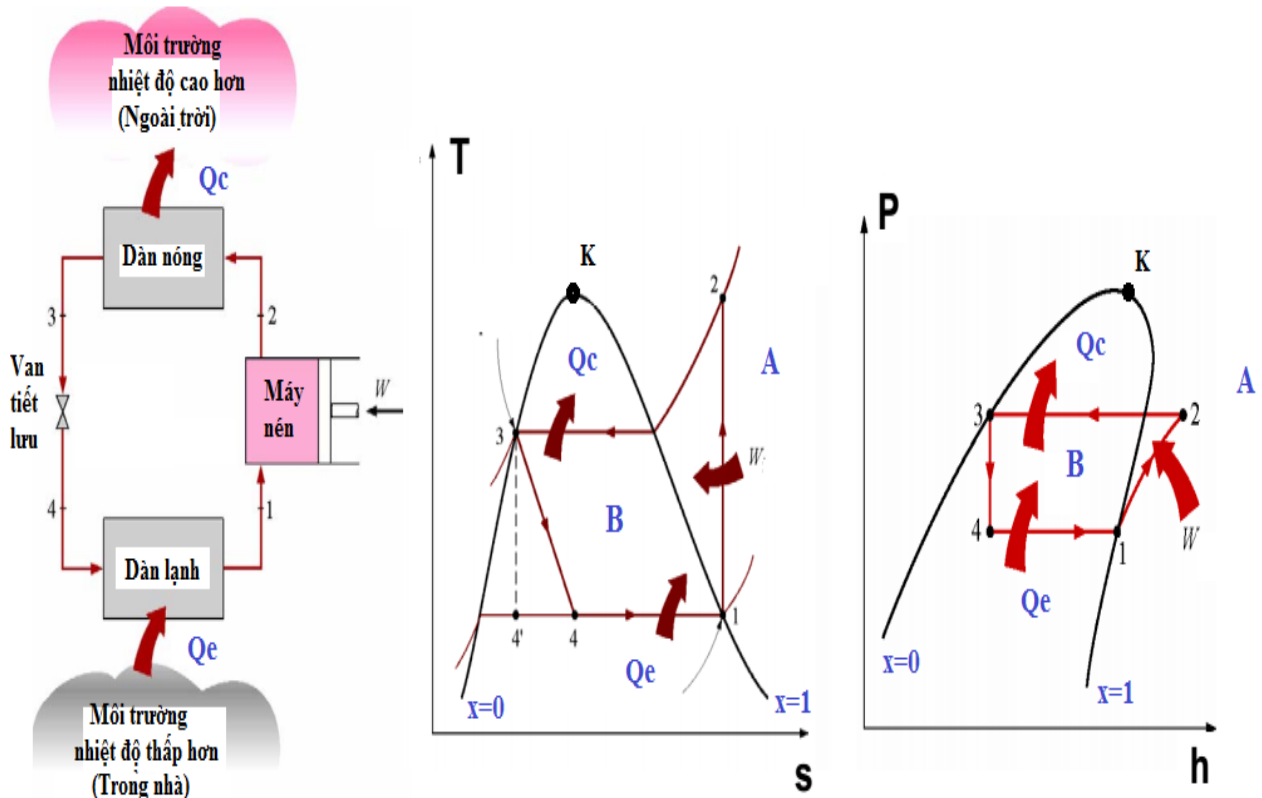
Q_e : Công suất lạnh thiết bị bay hơi ; W : Công tiêu hao máy nén

1-2 : Quá trình nén ; 2-3 : Quá trình ngưng tụ ; 3-4 : Quá trình tiết lưu ; 4-1 : Quá trình bay hơi

3.1.3 Nguyên lý làm việc

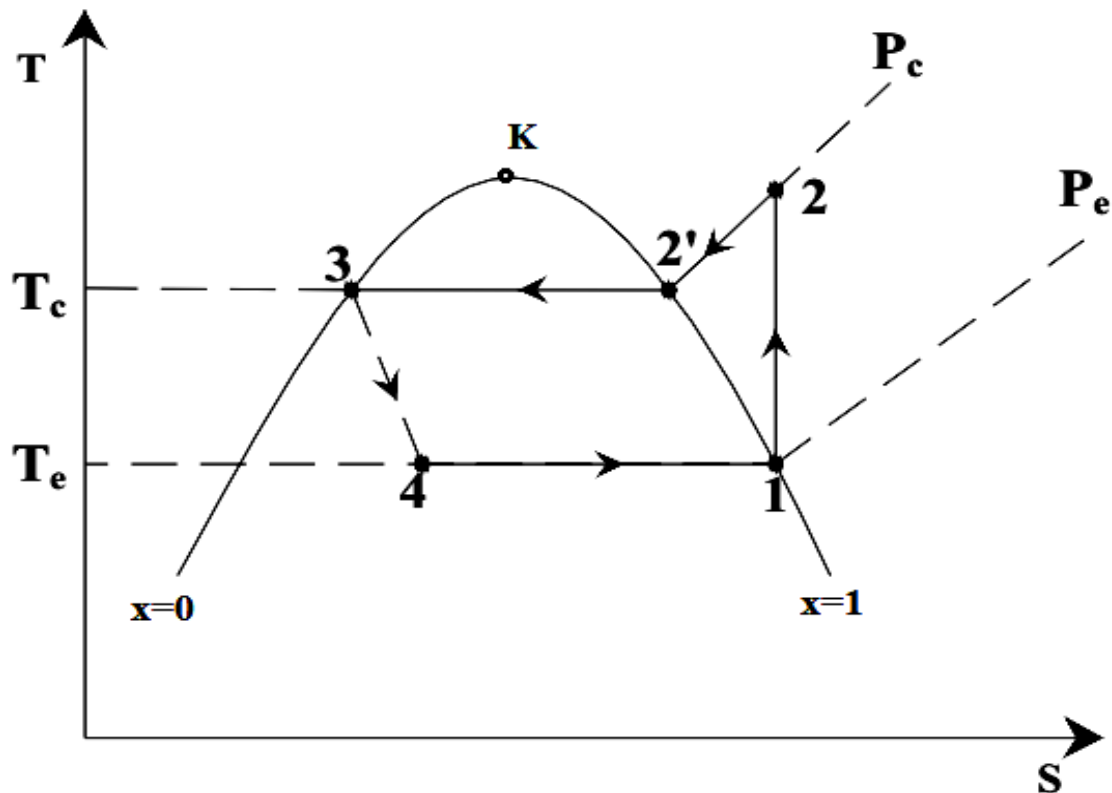
- Hệ thống lạnh nén hơi thực hiện tuần hoàn môi chất lạnh theo bốn quá trình làm việc chính thông qua 4 thiết bị làm lạnh chính: Máy nén, TBNT, TBBH, TB tiết lưu.
- Hơi môi chất sau khi ra khỏi thiết bị bay hơi được máy nén hút về, nén thành hơi có áp suất cao và nhiệt độ cao đi vào thiết bị ngưng tụ. **(1-2)**
- Tại thiết bị ngưng tụ hơi cao áp nhả nhiệt cho môi trường làm mát (không khí, nước hoặc cả nước và không khí) ngưng tụ thành lỏng cao áp đến thiết bị tiết lưu. **(2-3)**
- Tại thiết bị tiết lưu, lỏng cao áp được tiết lưu giảm áp suất và nhiệt độ thành lỏng hạ áp đi vào thiết bị bay hơi. **(3-4)**
- Tại thiết bị bay hơi, môi chất nhận nhiệt của môi trường cần làm lạnh, sôi hóa hơi và được máy nén hút về, kết thúc chu trình. **(4-1)**

3.1.4 Đồ thị



Hình 3.2 : Đồ thị T-s và lgP-h

Xác định các trạng thái các điểm nút trên đồ thị T-S



Hình 3.3: Xác định điểm nút trên đồ thị T-S

Dữ kiện ban đầu:

-Cho T_e , P_c hoặc P_e , T_c .

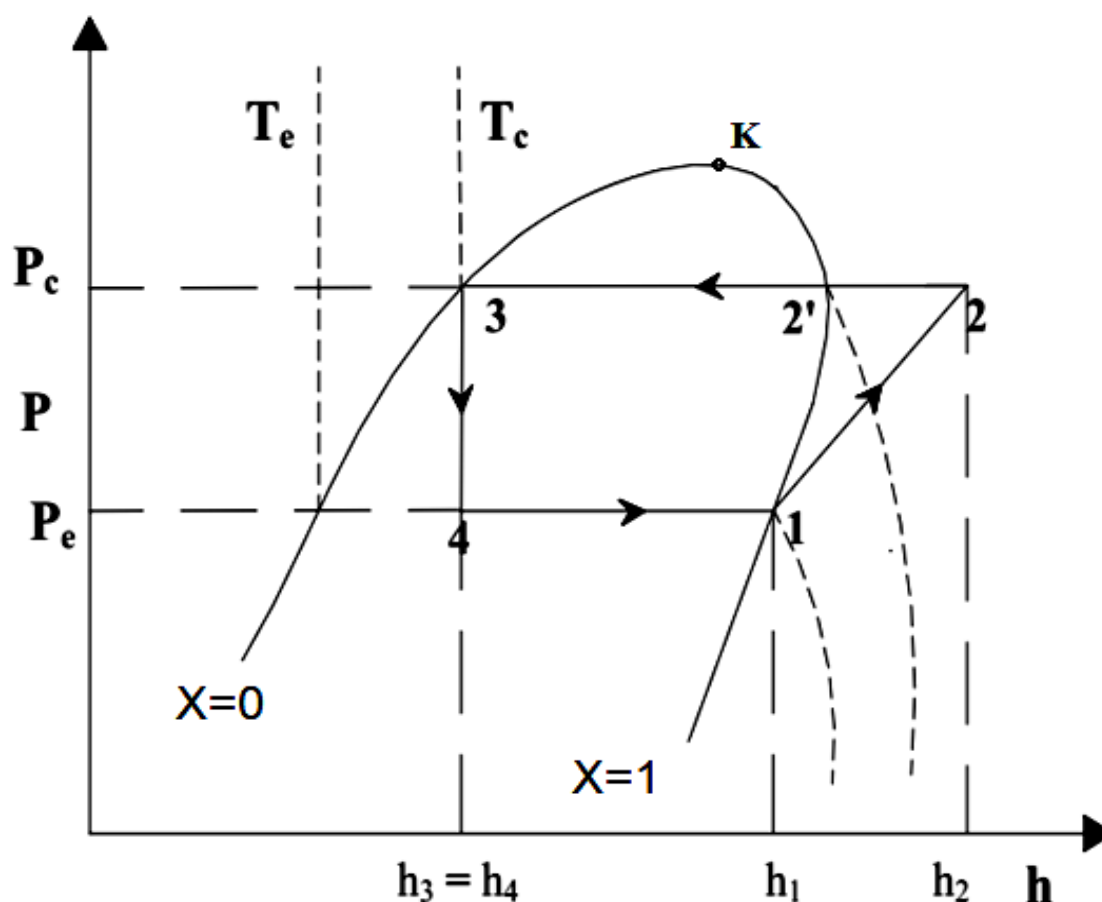
=> Xác định được 2 giá trị T_e , T_c

- Kẻ hai đường thẳng T_c , T_e song song với trục S
- Điểm 1: giao của $x=1$ và T_e
- Điểm 2: Từ điểm 1 kẻ vuông góc với trục S cắt P_c

(Quá trình nén $S_1=S_2$)

- Điểm 3: Giao của $x=0$ và T_c
- Điểm 4: Giao của $h_3=h_4$ với T_e

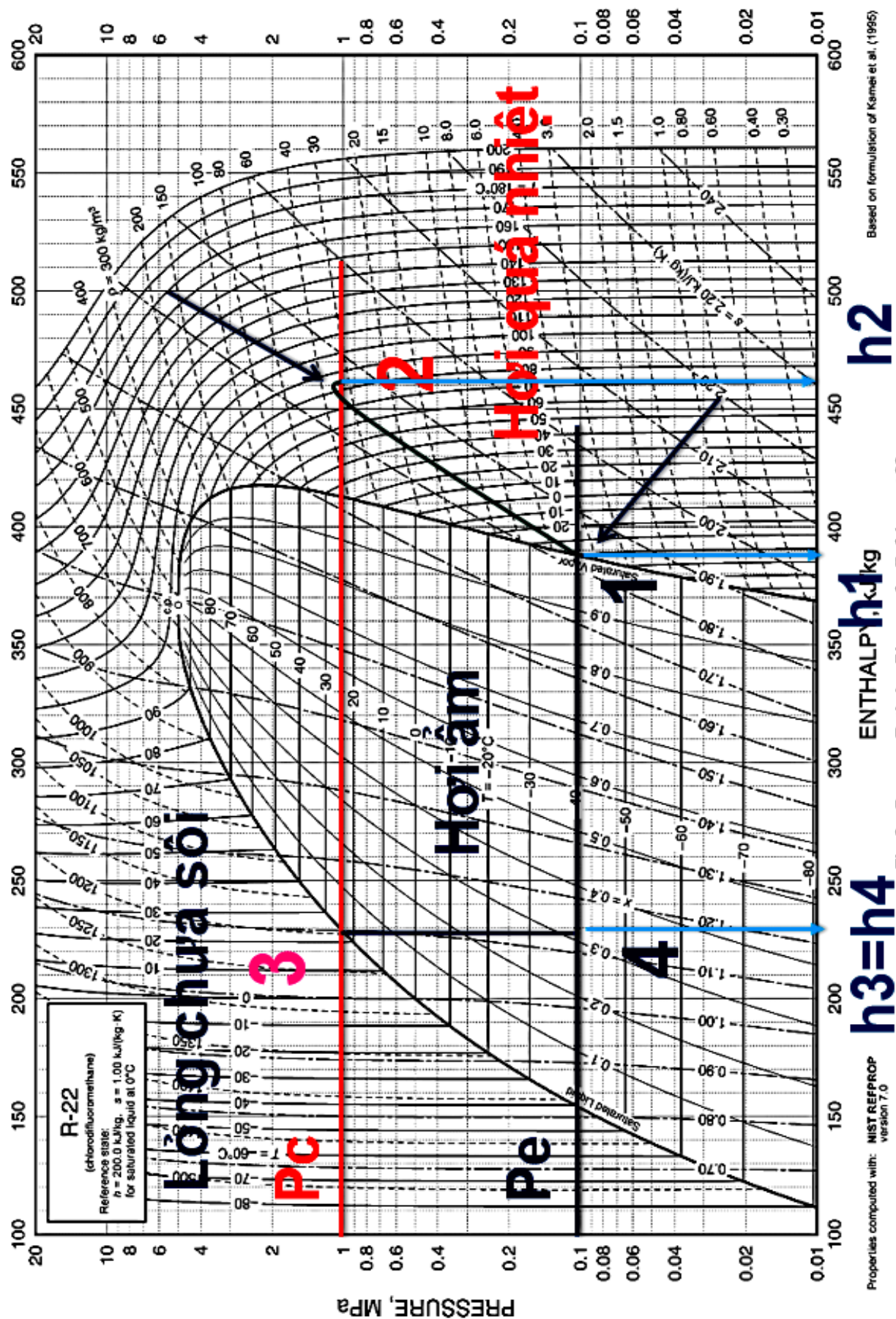
Xác định các trạng thái các điểm nút trên đồ thị LgP-h



Hình 3.4: Xác định điểm nút trên đồ thị Log-h

Dữ kiện ban đầu: Cho T_e , P_c hoặc P_e , T_c . $\Rightarrow$ Xác định được 2 giá trị P_e , P_c

- Kẻ hai đường thẳng P_c , P_e song song với trục h
- Điểm 1: giao của $x=1$ và P_e
- Điểm 2: giao của $S_2=S_1$ với P_c (Quá trình nén $S_1=S_2$)
- Điểm 3: Giao của $x=0$ và P_c
- Điểm 4: Kẻ vuông góc với đường P_e từ điểm 3. (Quá trình tiết lưu $h_3=h_4$)



Hình 3.5: Xác định các điểm nút chu trình trên đồ thị LogP-h

Bảng 3.1: Tổng hợp thông số các điểm nút

Điểm nút	1	2	3	4
Trạng thái	Hơi bão hòa khô	Hơi quá nhiệt	Lỏng bão hòa	Hơi ẩm (Hơi + Lỏng)
T(°C)	T _e	T ₂	T _c	T _e
P(bar)	P _e	P _c	P _c	P _e
h (kJ/kg)	h ₁	h ₂	h ₃	h ₃
S(kJ/kgđộ)	S ₁	S ₁	S ₃	S ₄

3.1.5 Tính toán chu trình.

Mục đích:

- Để tính chọn máy nén, thiết bị ngưng tụ, thiết bị bay hơi, thiết bị tiết lưu và các thiết bị phụ khác.
- So sánh để lựa chọn các chu trình máy lạnh phù hợp cho hệ thống
- Đánh giá hiệu quả làm việc của hệ thống lạnh

Các công thức tính toán:

- Công nén riêng : $w = h_2 - h_1$ (kJ/kg)
- Công suất máy nén: $W = m \cdot w$ (kW)
- Nhiệt lượng nhận được ở thiết bị bay hơi : $q_e = h_1 - h_4$ (kJ/kg)
- Công suất thiết bị bay hơi (công suất lạnh) $Q_e = m \cdot q_e$ (kW)
- Nhiệt lượng thải ra ở thiết bị ngưng tụ : $q_c = h_2 - h_3$ (kJ/kg)
- Công suất thiết bị ngưng tụ: $Q_c = m \cdot q_c$ (kW)
- Định luật bảo toàn khối lượng: $q_c = w + q_e$ (kJ/kg)
- Hệ số làm lạnh (Hiệu suất chu trình máy lạnh): $\varepsilon = \frac{q_e}{w} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$
- Lưu lượng môi chất tuần hoàn qua máy nén: $m = Q_e / q_e$, kg/s

- Tỷ số nén (tỷ số tăng áp) : $\pi = \frac{P_c}{P_e}$

Bài tập ví dụ :

Hệ thống máy điều hòa không khí dân dụng làm việc với nhiệt độ bay hơi $T_e = 7^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ ngưng tụ $T_c = 42^{\circ}\text{C}$. Lập bảng thông số điểm nút và tính toán chu trình máy lạnh, cho biết hơi hút về máy nén là hơi khô, máy lạnh sử dụng môi chất R22:

- a) Sử dụng đồ thị
- b) Sử dụng bảng tra

Bài giải**a) Phương pháp dùng đồ thị**

Bước 1: Xác định các thông số đầu vào từ dữ kiện bài toán:

- $T_e = 7^{\circ}\text{C}$
- $T_c = 42^{\circ}\text{C}$
- Môi chất R22
- Chu trình khô
- Hệ thống lạnh nén hơi một cấp (Vì là hệ ĐHKK dân dụng)

Bước 2: Xác định các điểm nút trên đồ thị:

- Sử dụng đồ thị LgP-h của môi chất R22
- Xác định 4 điểm nút
- Chú ý:
 - + Đơn vị và loại đồ thị sử dụng
 - + Biên dạng của các đường đặc tính t, p, h, s trên đồ thị LgP-h.

Bước 3: Sử dụng đồ thị hình 3.5 để xác định thông số các điểm nút

Bước 4: Lập bảng thông số điểm nút

Điểm nút	1	2	3	4
Trạng thái	Hơi bão hòa khô	Hơi quá nhiệt	Lỏng bão hòa	Hơi ẩm (Hơi + Lỏng)
T(°C)	7	60	42	7
P(bar)	6	16,3	16,3	6
h (kJ/kg)	407	434	253	253
S(kJ/kgđộ)	1,73	1,73		

Bước 4: Tính toán chu trình

Công nén riêng, kJ/kg (w)	H_2-h_1	434 - 407	27
Nhiệt lượng nhả ra ở TBNT, kJ/kg (q_c)	H_2-h_3	434 - 253	181
Nhiệt lượng nhận được ở TBBH, kJ/kg (q_e)	H_1-h_4	407 - 253	154
Định luật bảo toàn	$q_c = q_e + w$	181=154 +27	Thỏa mãn
Hệ số làm lạnh,	q_e / w		5,7

b) Phương pháp dùng bảng tra**Bước 1: Xác định các thông số đầu vào từ dữ kiện bài toán:**

- $T_e = 7^\circ\text{C}$
- $T_c = 42^\circ\text{C}$
- Môi chất R22
- Chu trình khô, 1 cấp nén

- Sử dụng bảng hơi bão hòa và hơi quá nhiệt của môi chất R22

Bước 2: Tra bảng tìm các thông số điểm nút

Sử dụng bảng hơi bão hòa và hơi quá nhiệt của môi chất R22

❖ Từ $T_e = 7^\circ\text{C}$ -> Tra bảng hơi bão hòa để tìm:

- P_e ($P_e = P_1 = P_4$)

- $S_1 = S_1$ và H_1 (Quá trình nén đẳng entropy)

DuPont™ Freon® 22 Saturation Properties — Temperature Table

Temp °C	Pressure [kPa]	Volume [m ³ /kg]		Density [kg/m ³]		Enthalpy [kJ/kg]			Entropy [kJ/K·kg]		Temp °C
		Liquid v_f	Vapour v_g	Liquid d_f	Vapour d_g	Liquid H_f	Latent H_{fg}	Vapour H_g	Liquid S_f	Vapour S_g	
5	584.1	0.0008	0.0403	1264.0	24.790	205.9	200.9	406.8	1.021	1.744	5
6	602.6	0.0008	0.0391	1261.0	25.560	207.1	200.1	407.2	1.025	1.742	6
7	621.5	0.0008	0.0380	1257.0	26.340	208.3	199.2	407.5	1.030	1.741	7

$T_e = T_1 = 7^\circ\text{C} \rightarrow P_1 = 621.5\text{kPa}$ (6.215 bar)

$H_1 = 407.5\text{ kJ/kg}$ (1: trạng thái hơi bão hòa khô)

$S_1 = 1.741\text{ kJ/kgK}$

Hình 3.6: Tra thông số điểm nút số 1

❖ Từ $T_c = 42^\circ\text{C}$ -> Tra bảng hơi bão hòa để tìm:

- P_c ($P_c = P_2 = P_3$) (Quá trình ngưng tụ đẳng áp)

- $T_3 = T_c$

- $H_3 = H_4$ (Quá trình tiết lưu đẳng enthalpy)

DuPont™ Freon® 22 Saturation Properties — Temperature Table

Temp °C	Pressure [kPa]	Volume [m ³ /kg]		Density [kg/m ³]		Enthalpy [kJ/kg]			Entropy [kJ/K·kg]		Temp °C
		Liquid v_f	Vapour v_g	Liquid d_f	Vapour d_g	Liquid H_f	Latent H_{fg}	Vapour H_g	Liquid S_f	Vapour S_g	
40	1534.0	0.0009	0.0151	1129.0	66.190	249.6	166.6	416.2	1.166	1.698	40
41	1571.0	0.0009	0.0147	1124.0	67.960	251.0	165.4	416.4	1.171	1.697	41
42	1610.0	0.0009	0.0143	1120.0	69.760	252.3	164.3	416.6	1.175	1.696	42

$T_c = T_3 = 42^\circ\text{C} \rightarrow P_c = P_2 = P_3 = 1610.0\text{ kPa}$ (16.1 bar)

$H_3 = H_4 = 252.3\text{ kJ/kg}$ (3: Trạng thái lỏng bão hòa)

Hình 3.7: Tra thông số điểm nút số 3

❖ Từ $P_2 = 1610\text{kPa}$ và $S_2 = 1.741$ -> **Tra bảng hơi quá nhiệt** để tìm: - T_2 và H_2

Do trong bảng tra không có giá trị $P_2 = 1610\text{kPa}$ nên ta phải tiến hành nội suy hai lần

DuPont™ Freon® 22 Superheated Vapor – Constant Pressure Tables

V = Volume in m³/kg

H = Enthalpy in kJ/kg

S = Entropy in kJ/kg·K

Saturation Properties in ()

Absolute Pressure kPa													Temp °C
Temp °C	1400			1500			1600			1700			
	(36.31°C)			(39.10°C)			(41.75°C)			(44.28°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0167)	(415.6)	(1.703)	(0.0155)	(416.1)	(1.700)	(0.0144)	(416.5)	(1.696)	(0.0135)	(416.9)	(1.693)	
40	0.0171	419.1	1.714	0.0156	417.0	1.702	-	-	-	-	-	-	40
45	0.0177	423.7	1.729	0.0162	421.8	1.718	0.0148	419.8	1.706	0.0136	417.6	1.695	45
50	0.0183	428.2	1.743	0.0167	426.4	1.732	0.0153	424.6	1.721	0.0141	422.6	1.711	50
55	0.0188	432.5	1.756	0.0172	430.9	1.746	0.0159	429.2	1.736	0.0146	427.5	1.726	55
60	0.0193	436.9	1.769	0.0177	435.4	1.759	0.0164	433.8	1.750	0.0151	432.2	1.740	60
65	0.0198	441.1	1.782	0.0182	439.7	1.772	0.0168	438.3	1.763	0.0156	436.8	1.754	65

Hình 3.8: Kiểm tra thông số điểm 2

Nội suy lần 1 với $P_2 = 1600\text{kPa}$ và $S_2 = 1.741$

DuPont™ Freon® 22 Superheated Vapor – Constant Pressure Tables

V = Volume in m³/kg

H = Enthalpy in kJ/kg

S = Entropy in kJ/kg·K

Saturation Properties in ()

Absolute Pressure kPa													Temp °C
Temp °C	1400			1500			1600			1700			
	(36.31°C)			(39.10°C)			(41.75°C)			(44.28°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0167)	(415.6)	(1.703)	(0.0155)	(416.1)	(1.700)	(0.0144)	(416.5)	(1.696)	(0.0135)	(416.9)	(1.693)	
40	0.0171	419.1	1.714	0.0156	417.0	1.702	-	-	-	-	-	-	40
45	0.0177	423.7	1.729	0.0162	421.8	1.718	0.0148	419.8	1.706	0.0136	417.6	1.695	45
50	0.0183	428.2	1.743	0.0167	426.4	1.732	0.0153	424.6	1.721	0.0141	422.6	1.711	50
55	0.0188	432.5	1.756	0.0172	430.9	1.746	0.0159	429.2	1.736	0.0146	427.5	1.726	55
60	0.0193	436.9	1.769	0.0177	435.4	1.759	0.0164	433.8	1.750	0.0151	432.2	1.740	60
65	0.0198	441.1	1.782	0.0182	439.7	1.772	0.0168	438.3	1.763	0.0156	436.8	1.754	65

S	T	H
1.736	55	429.2
1.741	T'	H'
1.75	60	433.8

$$\frac{T' - 55}{60 - 55} = \frac{1.741 - 1.736}{1.75 - 1.736} \rightarrow T' = 56.78^\circ\text{C}$$

$$\frac{H' - 429.2}{433.8 - 429.2} = \frac{1.741 - 1.736}{1.75 - 1.736} \rightarrow H' = 430.85 \text{ kJ/kgK}$$

Hình 3.9: Nội suy lần 1

Nội suy lần 2 với $P_2 = 1700\text{kPa}$ và $S_2 = 1.741$

DuPont™ Freon® 22 Superheated Vapor – Constant Pressure Tables

V = Volume in m³/kg

H = Enthalpy in kJ/kg

S = Entropy in kJ/kg·K

Saturation Properties in ()

Absolute Pressure kPa													Temp °C
Temp °C	1400			1500			1600			1700			
	(36.31°C)			(39.10°C)			(41.75°C)			(44.28°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0167)	(415.6)	(1.703)	(0.0155)	(416.1)	(1.700)	(0.0144)	(416.5)	(1.696)	(0.0135)	(416.9)	(1.693)	
40	0.0171	419.1	1.714	0.0156	417.0	1.702	-	-	-	-	-	-	40
45	0.0177	423.7	1.729	0.0162	421.8	1.718	0.0148	419.8	1.706	0.0136	417.6	1.695	45
50	0.0183	428.2	1.743	0.0167	426.4	1.732	0.0153	424.6	1.721	0.0141	422.6	1.711	50
55	0.0188	432.5	1.756	0.0172	430.9	1.746	0.0159	429.2	1.736	0.0146	427.5	1.726	55
60	0.0193	436.9	1.769	0.0177	435.4	1.759	0.0164	433.8	1.750	0.0151	432.2	1.740	60
65	0.0198	441.1	1.782	0.0182	439.7	1.772	0.0168	438.3	1.763	0.0156	436.8	1.754	65

S	T	H
1.74	60	432.2
1.741	T''	H''
1.754	65	436.8

$$\frac{T'' - 60}{65 - 60} = \frac{1.741 - 1.74}{1.754 - 1.74} \rightarrow T'' = 60.35^\circ\text{C}$$

$$\frac{H'' - 432.2}{436.8 - 432.2} = \frac{1.741 - 1.74}{1.754 - 1.74} \rightarrow H'' = 432.53 \text{ kJ/kgK}$$

Hình 3.10: Nội suy lần 2

Tổng hợp từ hai lần nội suy ở trên ta tìm được giá trị T_2 và S_2

Nội suy	P (kPa)	T (°C)	H (kJ/kg)
Lần 01	1600	56.78	430.85
	1610	T_2	H_2
Lần 02	1700	60.35	432.53

$$\frac{T_2 - 56.78}{60.35 - 56.78} = \frac{1610 - 1600}{1700 - 1600} \rightarrow T_2 = 57.14^\circ\text{C}$$

$$\frac{H_2 - 430.85}{432.53 - 430.85} = \frac{1610 - 1600}{1700 - 1600} \rightarrow H_2 = 431 \text{ kJ/kg}$$

Bước 3 : Lập bảng thông số điểm nút

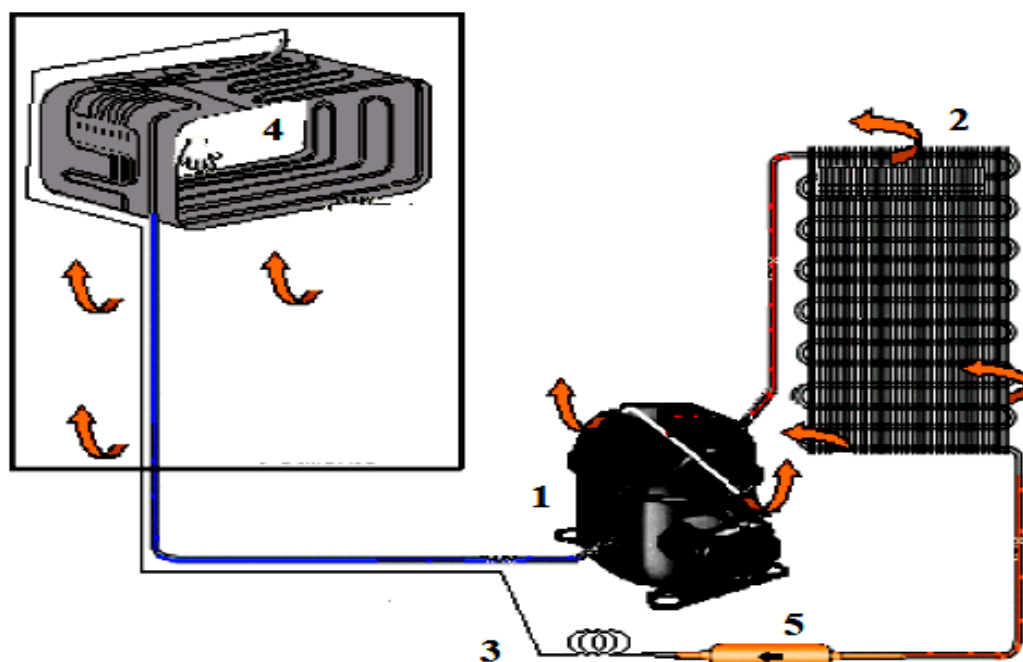
Điểm nút	1	2	3	4
T(°C)	7	57.14	42	7
P(bar)	6.215	16.1	16.1	6.215
H (kJ/kg)	407.5	431	252.3	252.3
S(kJ/kgđộ)	1.741	1.741		

Bước 4 : Tính toán chu trình

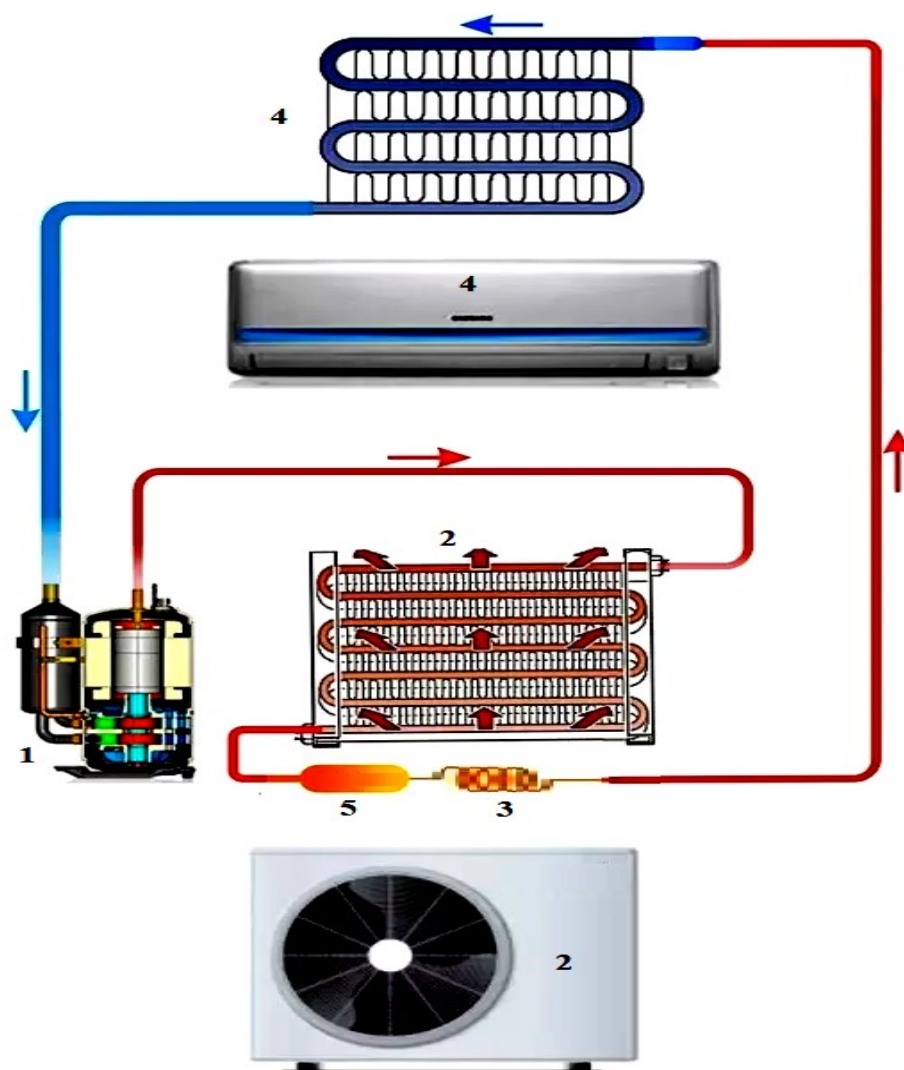
Công nén riêng, kJ/kg (w)	H_2-h_1	431 – 407.5	23.5
Nhiệt lượng nhả ra ở TBNT, kJ/kg (q_c)	H_2-h_3	431 – 252.3	178.7
Nhiệt lượng nhận được ở TBBH, kJ/kg (q_e)	H_1-h_4	407.5 – 252.3	155.2
Định luật bảo toàn	$q_c = q_e + w$	181=154 +27	Thỏa mãn
Hệ số làm lạnh,	q_e / w		6.6

3.1.6 Ứng dụng chu trình khô

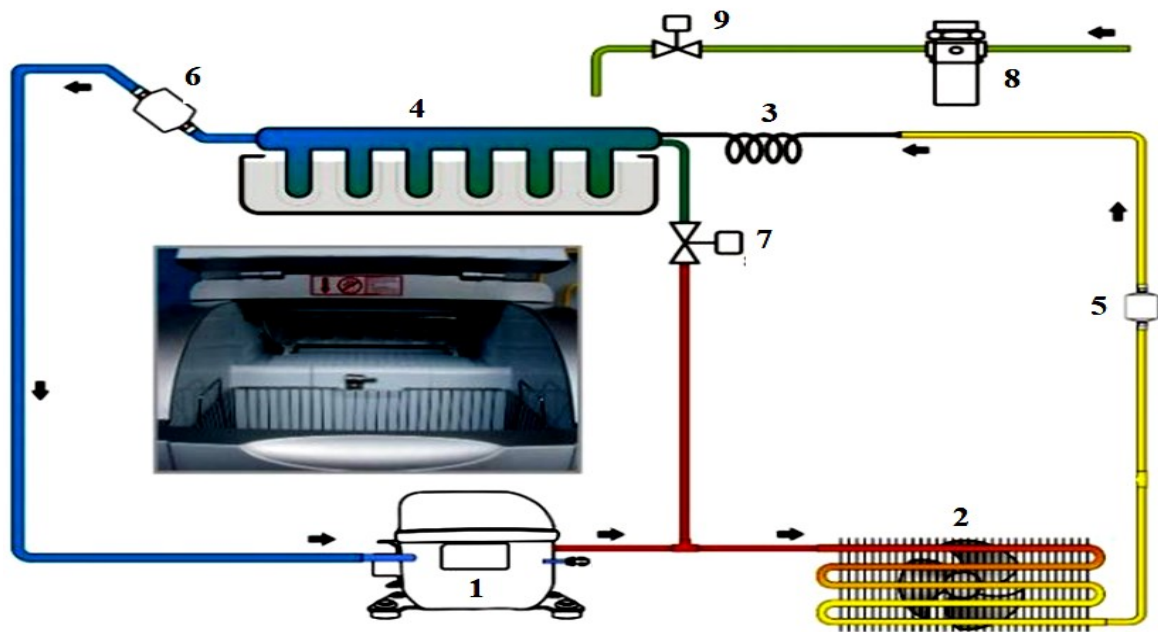
Chu trình khô một cấp thường được ứng dụng trong các hệ thống lạnh dân dụng như: Tủ lạnh, tủ kem, tủ đông, máy điều hòa không khí, cây nóng lạnh, máy đá viên mini, tủ đông mini...



Hình 3.11 : Sơ đồ nguyên lý làm việc tủ lạnh gia đình

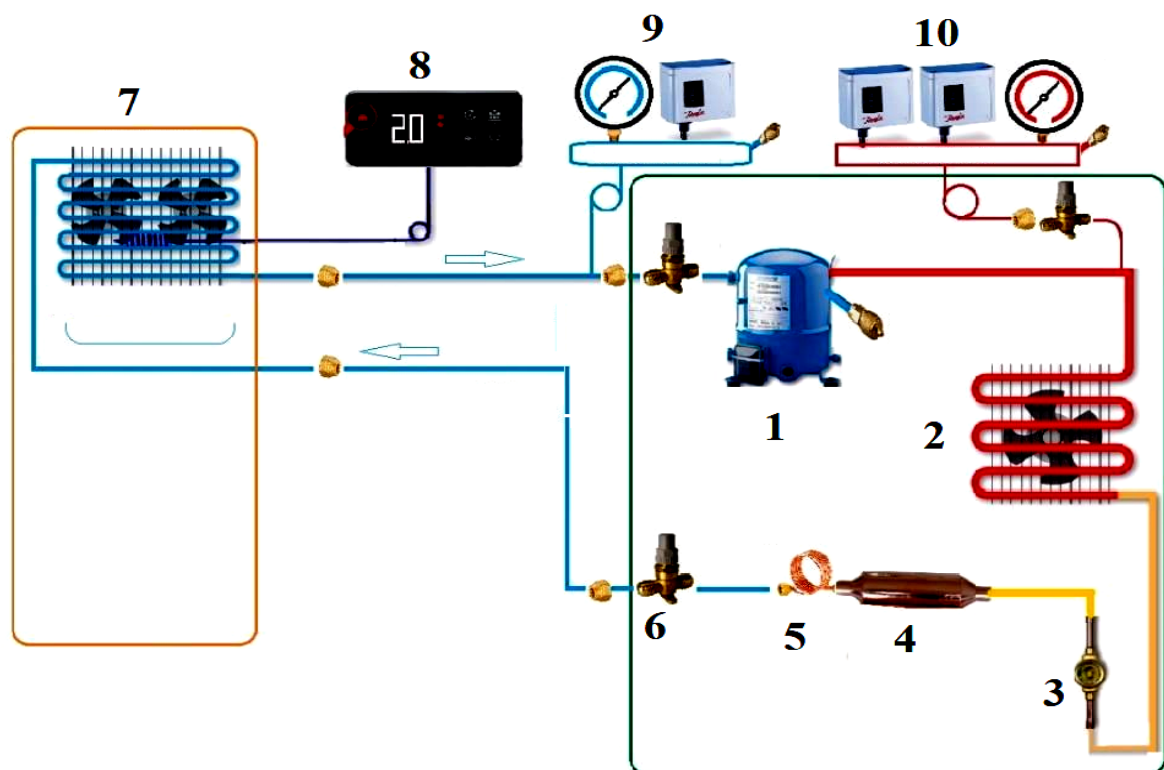


Hình 3.12 : Sơ đồ nguyên lý làm việc máy điều hòa dân dụng hai khối



Hình 3.13 : Sơ đồ nguyên lý làm việc máy đá viên gia đình

1 : Máy nén lạnh ; 2 : Dàn nóng ; 3 : Ống mao ; 4 : Dàn lạnh ; 5 : Phin lọc ;
6 : Bầu tách lỏng ; 7 : Van điện từ xả đá ; 8 : Phin lọc nước làm đá ; 9 : Van điện từ cấp nước



Hình 3.14 : Sơ đồ nguyên lý tủ đông gió cỡ nhỏ

1 : Máy nén ; 2 : Dàn nóng ; 3 : Mắt xem gas ; 4 : Phin lọc ; 5 : Ống mao ;
6 : Van chặn ; 7 : Dàn lạnh ; 8 : Bộ điều khiển nhiệt độ ; 9 : Đồng hồ và rơ le áp suất thấp ; 10 : Đồng hồ và rơ le áp suất cao

3.2. Chu trình quá lạnh, quá nhiệt

3.2.1. Định nghĩa

Quá lạnh: Là hiện tượng nhiệt độ **lỏng môi chất** trước khi đến van tiết lưu **thấp** hơn nhiệt độ **ngưng tụ**, $T_{ql} < T_c$ (Lỏng môi chất sau khi ngưng tụ được giảm nhiệt độ trước khi đến van tiết lưu)

Quá nhiệt: Là hiện tượng nhiệt độ hơi môi chất trước khi về máy nén cao hơn nhiệt độ bay hơi, $T_{qn} > T_e$ (Hơi môi chất sau khi hóa hơi tại dàn lạnh được gia nhiệt trước khi về máy nén)

3.2.2. Nguyên nhân quá lạnh, quá nhiệt

a) Nguyên nhân quá lạnh

- Do tổn thất nhiệt trên đoạn ống từ sau dàn nóng đến trước van tiết lưu.
- Sử dụng bộ quá lạnh
- Tăng chiều dài đường ống hay diện tích trao đổi nhiệt dàn nóng
- Sử dụng thiết bị hồi nhiệt

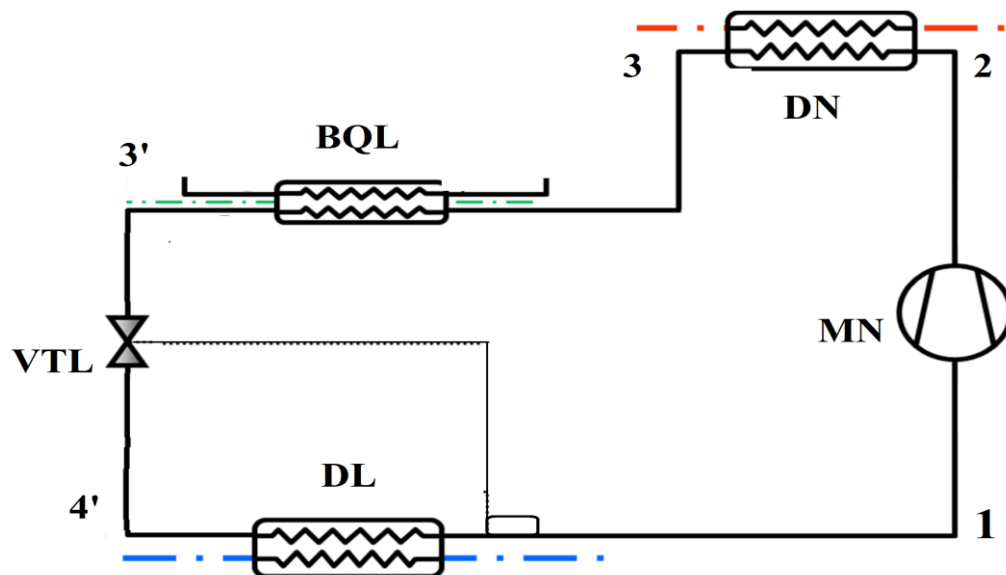
b) Nguyên nhân quá nhiệt

- 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.

3.2.3. Sơ đồ nguyên lý

Chu trình quá lạnh sử dụng bộ quá lạnh (BQL)

Sử dụng một bộ trao đổi nhiệt bằng nước hoặc không khí (Gọi là bộ quá lạnh BQL) được lắp đặt trước van tiết lưu nhằm mục đích giải nhiệt cho môi chất sau khi ngưng tụ. Tại đây môi chất nhả nhiệt cho môi trường làm mát và giảm nhiệt độ từ T_3 xuống T_3' .



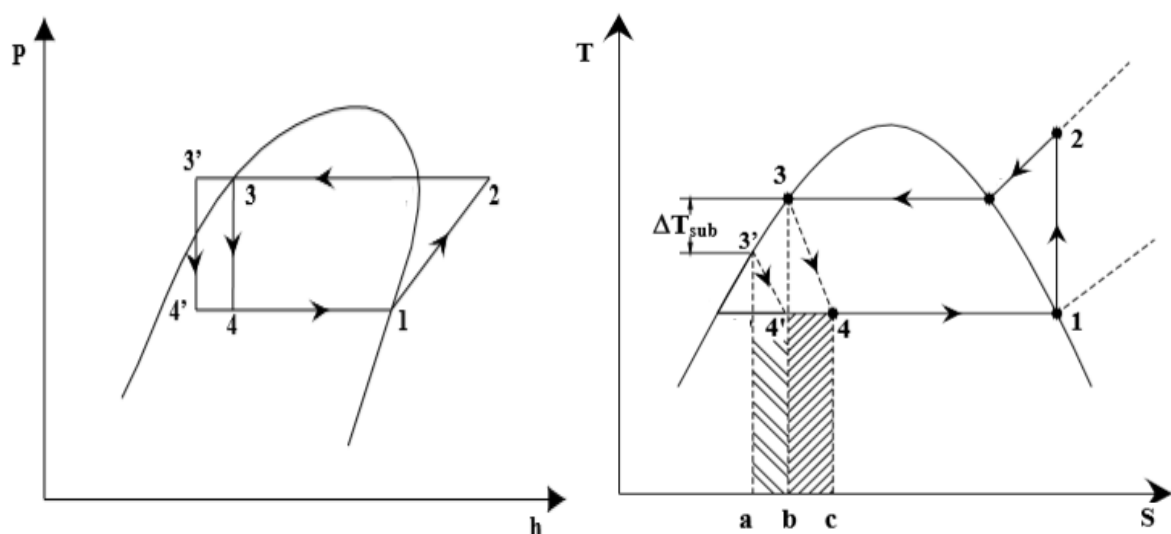
Hình 3.15 : Chu trình quá lạnh

Nguyên lý làm việc chu trình quá lạnh :

- Hơi môi chất sau khi ra khỏi thiết bị bay hơi (Trạng thái 1) được máy nén hút về và nén lên thành hơi có áp suất cao và nhiệt độ cao (Trạng thái 2).
- Hơi quá nhiệt tiếp tục đi vào thiết bị ngưng tụ nhà nhiệt cho môi trường làm mát và ngưng tụ lại thành lỏng (Trạng thái 3).

Lỏng trạng thái 3 này đi qua bộ quá lạnh được hạ nhiệt độ xuống thành trạng thái 3' tức $T_{3'} < T_3$

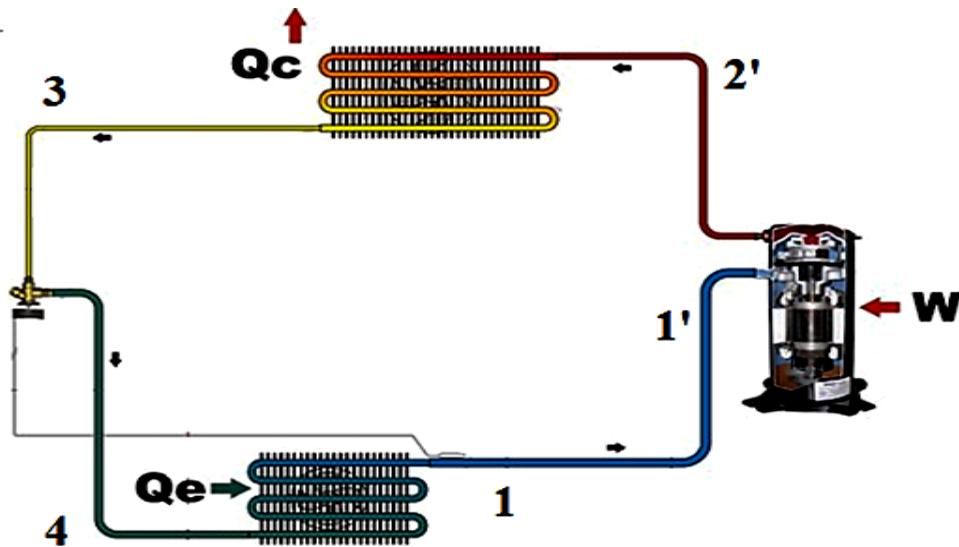
- Trạng thái trước tiết lưu lúc này là 3' có nhiệt độ thấp hơn đi vào van tiết lưu để hạ áp suất hạ nhiệt độ xuống thành trạng thái 4'

Đồ thị LgP-h và T-S

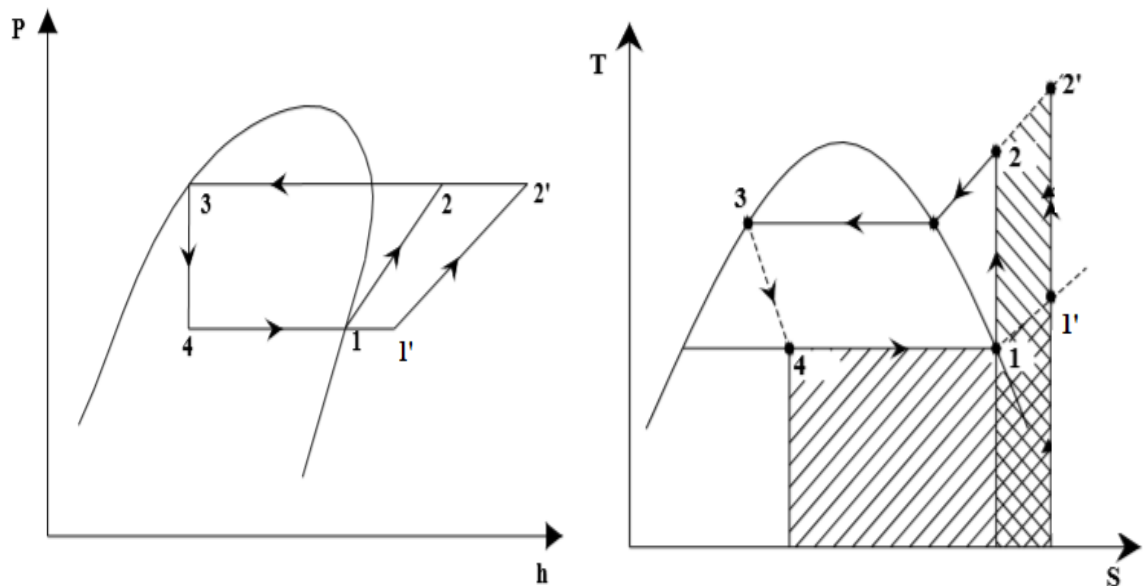
Hình 3.16 : Đồ thị chu trình quá lạnh

Chu trình quá nhiệt sử dụng van tiết lưu nhiệt

Khi sử dụng van tiết lưu nhiệt luôn tạo ra một độ quá nhiệt nhất định tại vị trí bầu cảm biến của van vì van hoạt động nhờ độ quá nhiệt hơi hút về máy nén



Hình 3.17: Chu trình quá nhiệt sử dụng van tiết lưu nhiệt



Hình 3.18 : Đồ thị chu trình quá nhiệt

3.2.4 Tính toán chu trình quá lạnh – quá nhiệt

- Nhiệt lượng nhận được ở THBH :

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

- Nhiệt lượng thải ra ở TBNT :

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

- Công nén riêng :

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

- Nhiệt lượng nhận được ở bộ quá nhiệt :

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

- Nhiệt lượng nhả ra ở bộ quá lạnh :

$$q_{ql} = h_3 - h_3' \text{ (kJ/kg)}$$

- Tỷ số nén π

$$\pi = \frac{p_c}{p_e}$$

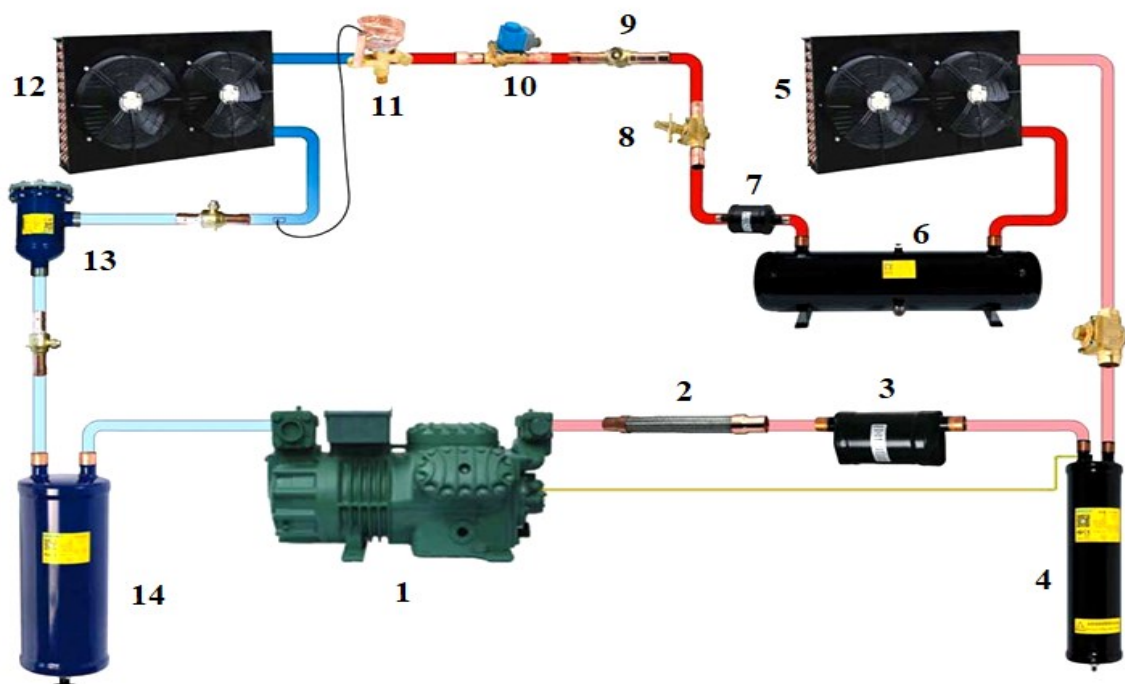
- Hệ số làm lạnh ε

$$\varepsilon = \frac{q_e}{w}$$

- Lưu lượng môi chất tuần hoàn qua máy nén: $m = Q_e / q_e$, kg/s

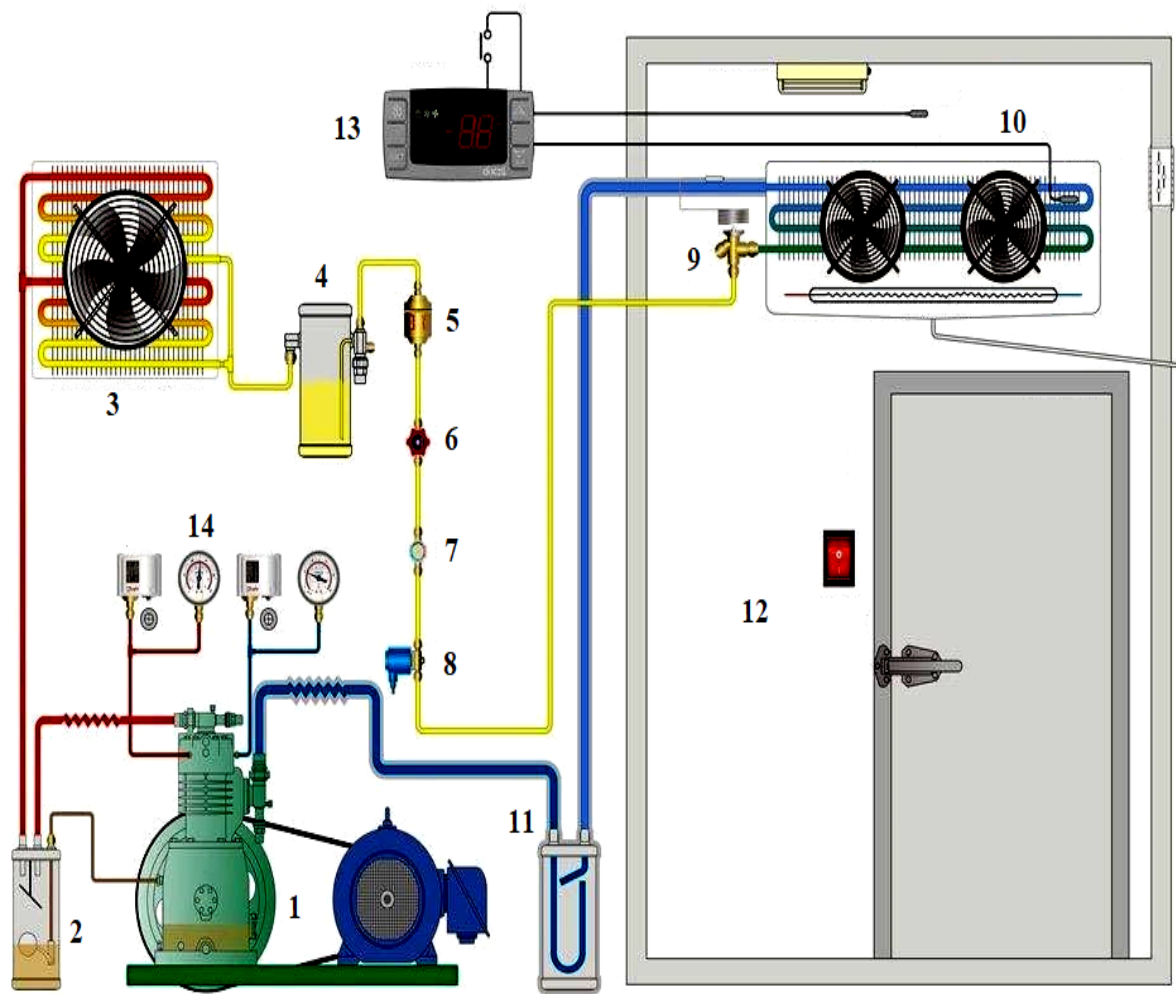
3.2.5 Ứng dụng chu trình quá lạnh quá nhiệt

Chu trình quá lạnh quá nhiệt là chu trình phổ biến nhất trong thực tế, phần lớn các hệ thống lạnh đều xảy ra quá trình quá lạnh và quá nhiệt trong lúc hoạt động.



Hình 3.19: Sơ đồ hệ thống kho lạnh công nghiệp

1: Máy nén; 2: Ống mềm; 3: Bình tiêu âm; 4: Bình tách dầu; 5: Dàn nóng; 6: Bình chứa cao áp; 7: Phin lọc; 8: Van chặn; 9: Mắt gss; 10: Van điện từ; 11: Van tiết lưu nhiệt; 12: Dàn lạnh; 13: Phin lọc; 14: Bình tách lỏng



Hình 3.20: Sơ đồ nguyên lý tủ cấp đông gió

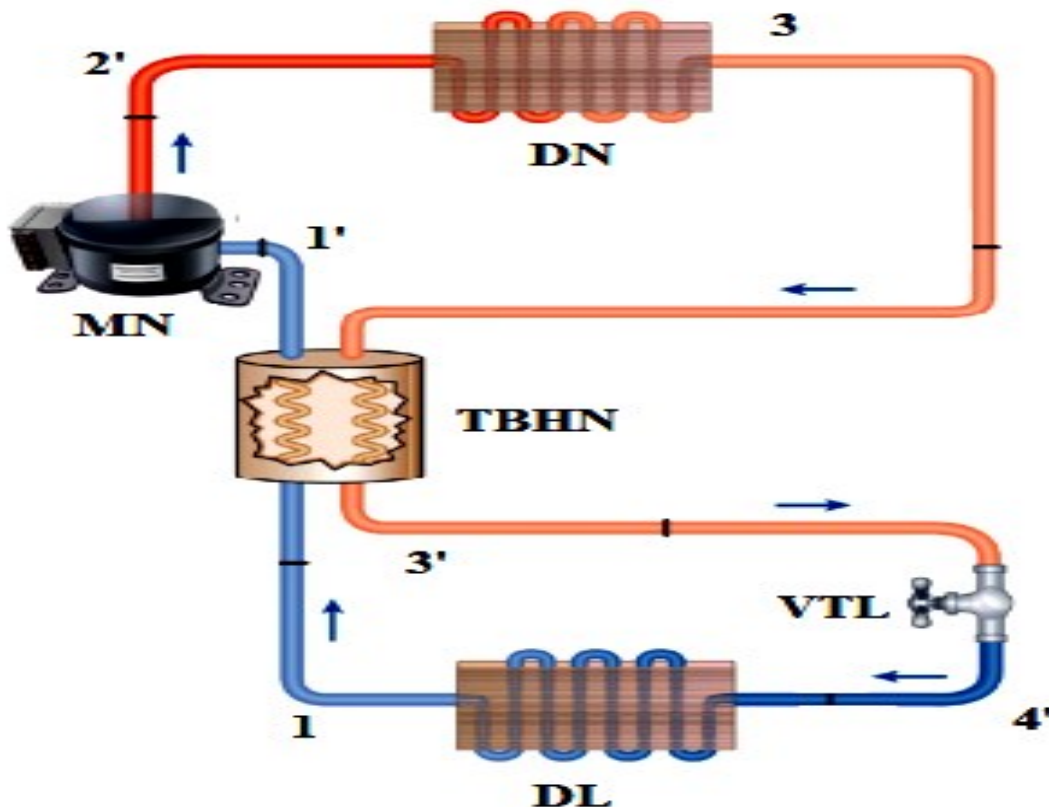
1: Máy nén; 2: Bình tách dầu; 3: Dàn nóng; 4: Bình chứa cao áp; 5: Phin lọc; 6: Van chặn; 7: Mắt gss; 8: Van điện từ; 9: Van tiết lưu nhiệt; 10: Dàn lạnh; 11: Bình tách lỏng; 12: Tủ đông gió; 13: Bộ điều khiển nhiệt độ; 14: Áp kế và rơ le áp suất

3.3. Chu trình hồi nhiệt

3.3.1 Định nghĩa

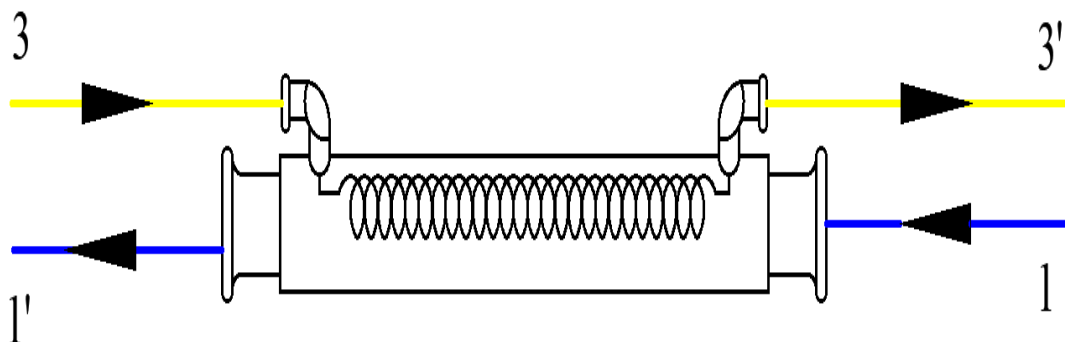
Chu trình hồi nhiệt là chu trình có thiết bị trao đổi nhiệt giữa môi chất lỏng nóng (trước khi vào van tiết lưu) & hơi lạnh trước khi về máy nén.

3.3.2 Sơ đồ nguyên lý



Hình 3.21: Sơ đồ quá lạnh – quá nhiệt sử dụng thiết bị hồi nhiệt

MN: Máy nén; DN: Dàn nóng; VTL: Van tiết lưu; DL: Dàn lạnh; TBHN: Thiết bị hồi nhiệt; 1': Độ quá nhiệt; 3': Độ quá lạnh



Hình 3.22: Nguyên lý cấu tạo bộ hồi nhiệt

1-1': Quá trình quá nhiệt ; 3-3': Quá trình quá lạnh

3.3.3 Nguyên lý làm việc

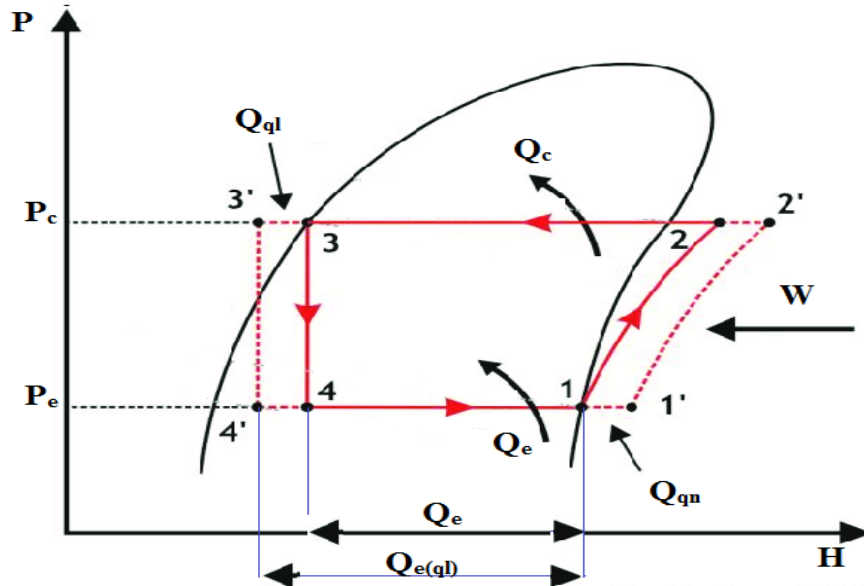
Điểm đặc biệt của chu trình này là sử dụng bộ hồi nhiệt để thực hiện cùng lúc hai quá trình quá nhiệt và quá lạnh.

Tại thiết bị hồi nhiệt ga lạnh lỏng có áp suất cao nhiệt độ cao ở trạng thái 3 được trao đổi nhiệt với hơi môi chất ở trạng thái 1 có áp suất thấp và nhiệt độ

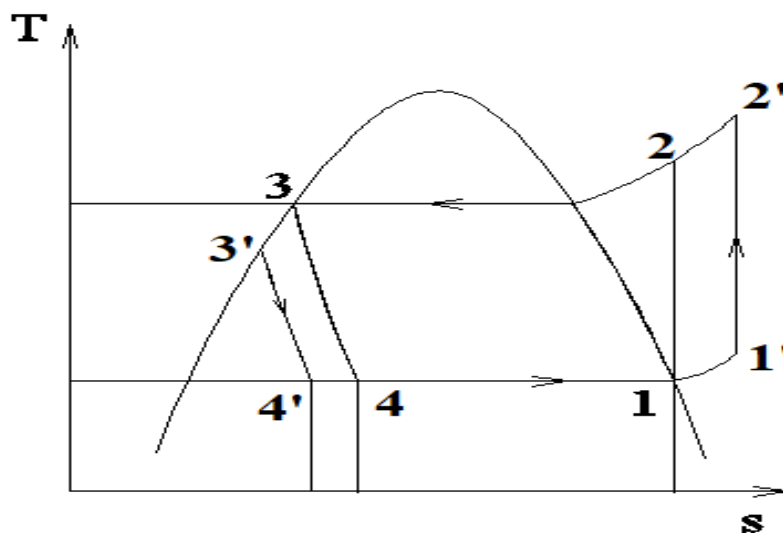
thấp. Gas lỏng nhả nhiệt cho hơi môi chất để giảm nhiệt độ xuống trạng thái 3' đồng thời hơi môi chất nhận nhiệt từ gas lỏng để quá nhiệt lên trạng thái 1'.

Cần lưu ý lượng nhiệt nhả ra của quá trình quá lạnh bằng với lượng nhiệt nhận được của quá trình quá nhiệt.

3.3.4 Đồ thị LgP-h



Hình 3.23: Đồ thị LgP-h chu trình hồi nhiệt



Hình 3.24: Đồ thị T-S chu trình hồi nhiệt

3.3.5 Tính toán chu trình

- Nhiệt lượng nhận được ở THBH :

$$q_e = h_1 - h_{4'} \quad (\text{kJ/kg})$$

- Nhiệt lượng thải ra ở TBNT :

$$q_c = h_2 - h_{3'} \quad (\text{kJ/kg})$$

- Công nén riêng :

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

- Nhiệt lượng nhận được ở bộ quá nhiệt :

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

- Nhiệt lượng nhả ra ở bộ quá lạnh :

$$q_{ql} = h_3 - h_3' \text{ (kJ/kg)}$$

- Phương trình cân bằng nhiệt tại thiết bị hồi nhiệt :

$$q_{qn} = q_{ql} \Rightarrow h_1' - h_1 = h_3 - h_3'$$

- Tỷ số nén π

$$\pi = \frac{p_c}{p_e}$$

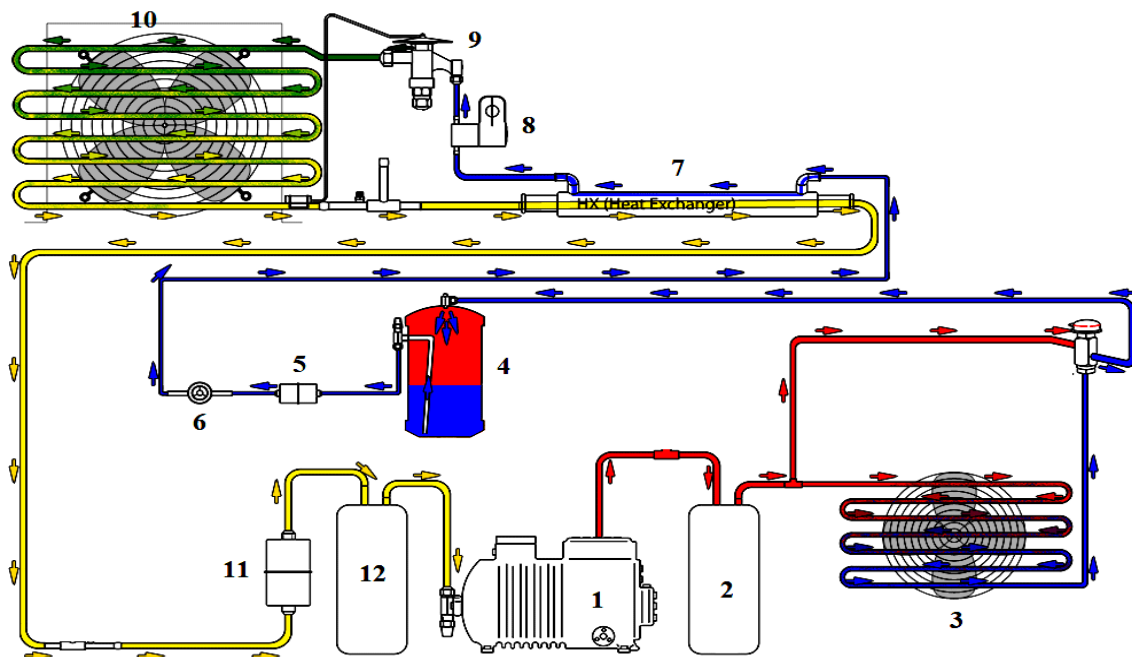
- Hệ số làm lạnh ε

$$\varepsilon = \frac{q_e}{w}$$

- Lưu lượng môi chất tuần hoàn qua máy nén: $m = Q_e / q_e$, kg/s

3.3.6 Ứng dụng

Chu trình hồi nhiệt được sử dụng cho các hệ thống lạnh sử dụng gas Freon và bắt buộc phải sử dụng thiết bị hồi nhiệt.



Hình 3.25 : Sơ đồ nguyên lý kho lạnh dùng thiết bị hồi nhiệt

1: Máy nén; 2: Bình tách dầu; 3: Dàn nóng; 4: Bình chứa cao áp; 5: Phin lọc; 6: Mất gas; 7: Thiết bị hồi nhiệt; 8: Van điện từ; 9: Van tiết lưu nhiệt; 10: Dàn lạnh; 11: Phin lọc đường hút; 12: Bình tách lỏng

Bài tập ví dụ :

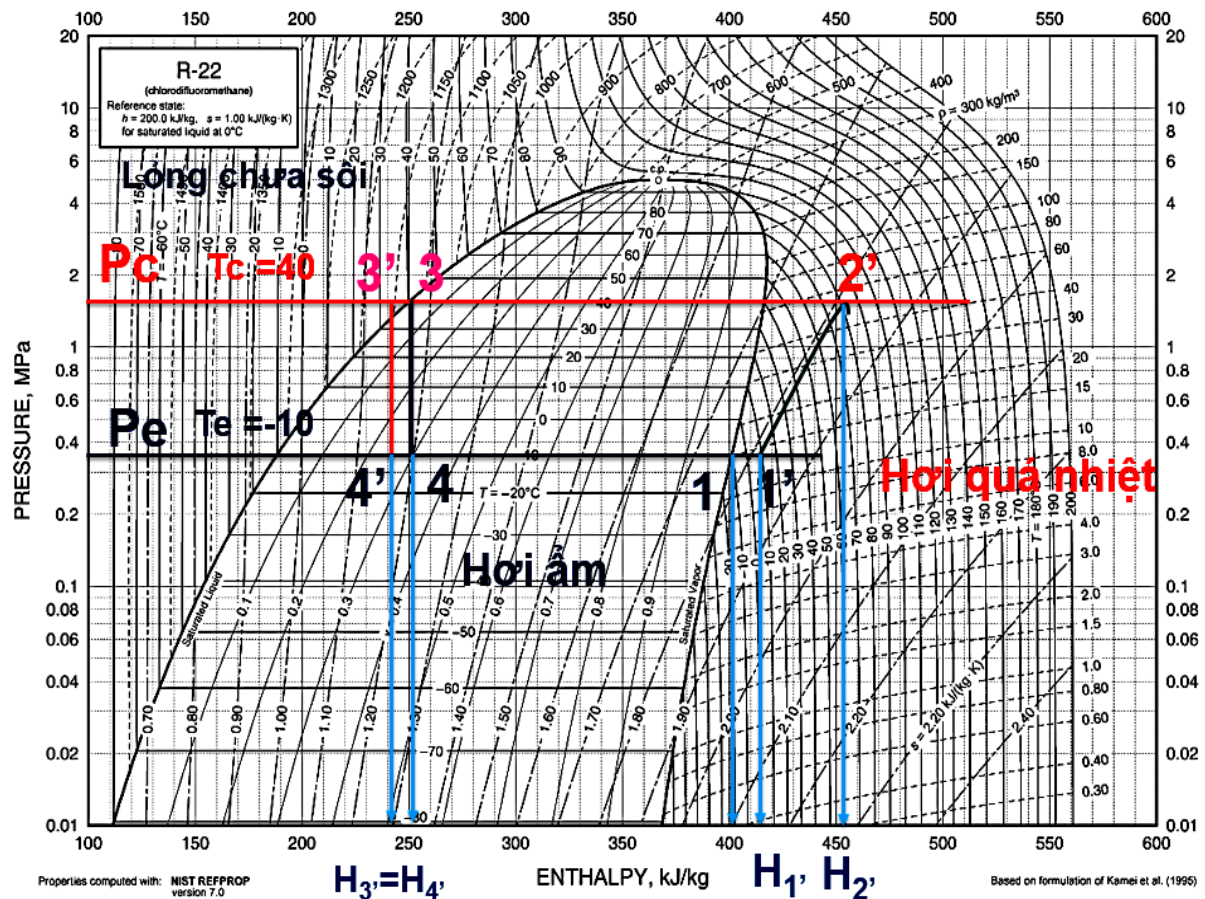
Hệ thống máy điều hòa không khí dân dụng làm việc với nhiệt độ bay hơi $T_e = -10^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ ngưng tụ $T_c = 40^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ quá lạnh $T_{ql} = 35^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ quá nhiệt hơi hút $T_{qn} = 10^{\circ}\text{C}$. Lập bảng thông số điểm nút và tính toán chu trình máy lạnh, cho biết máy lạnh sử dụng môi chất R22.

Bài giải**Phương pháp dùng đồ thị****Bước 1: Xác định các thông số đầu vào từ dữ kiện bài toán**

- Chu trình quá lạnh – quá nhiệt
- $T_e = -10^{\circ}\text{C}$
- $T_c = 40^{\circ}\text{C}$
- Môi chất R22
- Hệ thống lạnh nén hơi một cấp (Vì là hệ ĐHKK dân dụng)

Bước 2: Xác định các điểm nút trên đồ thị:

- Sử dụng đồ thị LgP-h của môi chất R22
- Xác định 4 điểm nút
- Chú ý:
 - + Đơn vị và loại đồ thị sử dụng
 - + Biên dạng của các đường đặc tính t,p,h,s trên đồ thị LgP-h.



Hình 3.26: Xác định các điểm nút chu trình qua lạnh – quá nhiệt

Bước 3: Lập bảng thông số điểm nút

Điểm nút	1	1'	2'	3	3'	4	4'
T(°C)	-10	10	80	40	35	-10	-10
P(bar)	3.7	3.7	16.5	16.5	16.5	3.7	3.7
h (kJ/kg)	400	412	457	250	240	250	240
S(kJ/kgđộ)		1.83	1.83				

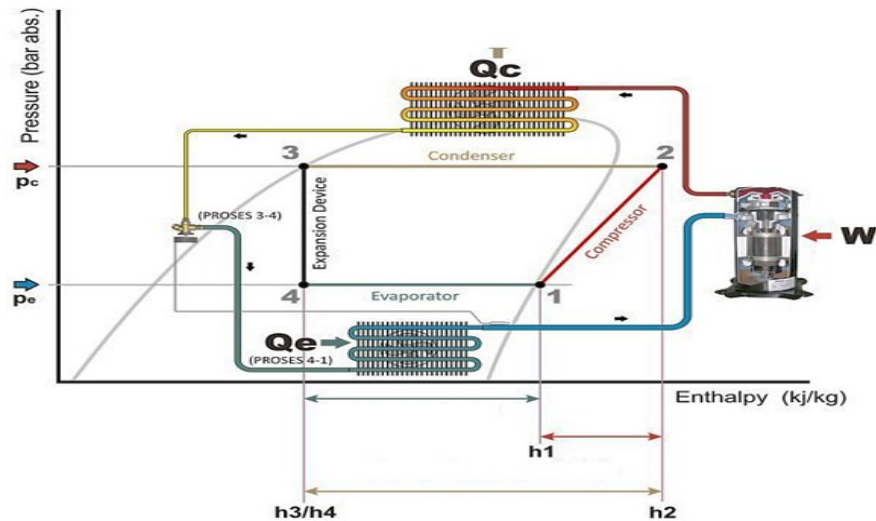
Bước 4: Tính toán chu trình

Công nén riêng, kJ/kg (w)	H _{2'} -H _{1'}	457 - 412	45
Nhiệt lượng nhả ra ở TBNT, kJ/kg (q _c)	H _{2'} -H ₃	457 - 250	207

Nhiệt lượng nhận được ở TBBH, kJ/kg (q_e)	$H_1 - H_4$	400 - 240	160
Nhiệt lượng nhả ra ở đoạn quá lạnh, q_{ql}	$H_3 - H_3'$	250 - 240	10
Nhiệt lượng nhận được ở đoạn quá nhiệt, q_{qn}	$H_1' - H_1$	412 - 400	12
Tỷ số nén (Tỷ số tăng áp)	$\pi = P_c / P_e$	16.5/3.7	4.46
Hệ số làm lạnh	q_e / w	160/45	3,5

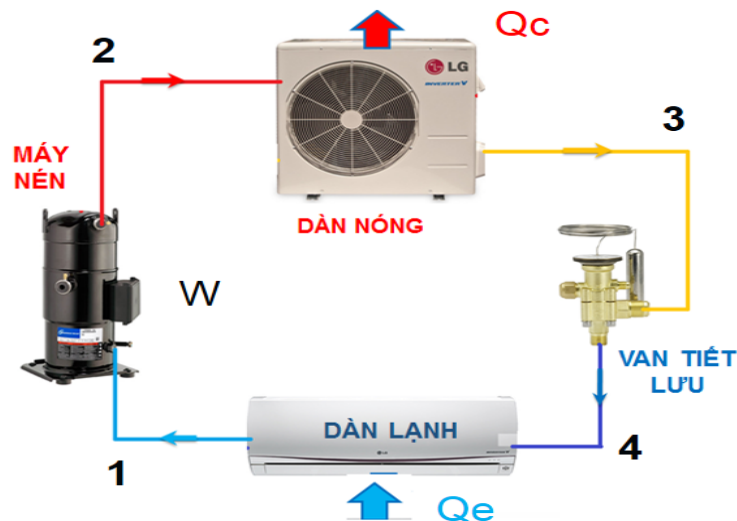
BÀI TẬP CHƯƠNG III

1. Cho sơ đồ hệ thống lạnh nén hơi một cấp như hình vẽ:



- Trình bày nguyên lý làm việc
- Cho biết trạng thái các điểm nút
- Cho biết tên gọi các quá trình

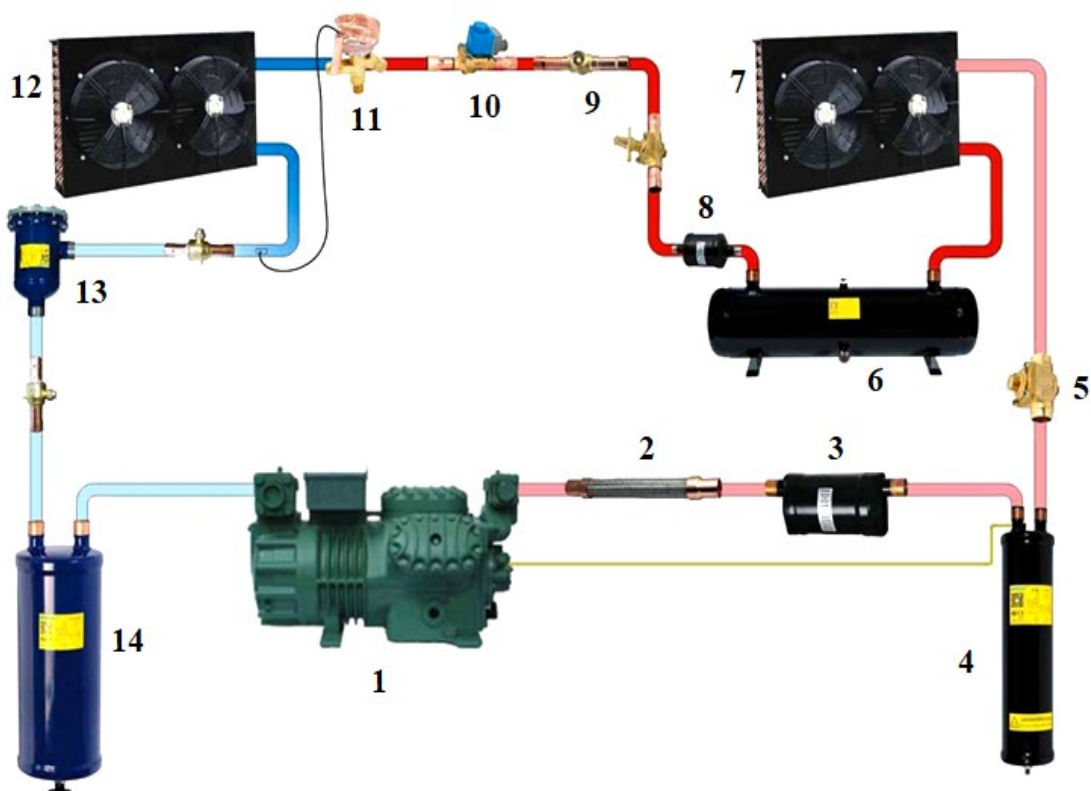
2. Cho sơ đồ hệ thống lạnh nén hơi một cấp như hình vẽ:



- Trình bày nguyên lý làm việc
- Cho biết trạng thái các điểm nút
- Cho biết tên gọi các quá trình

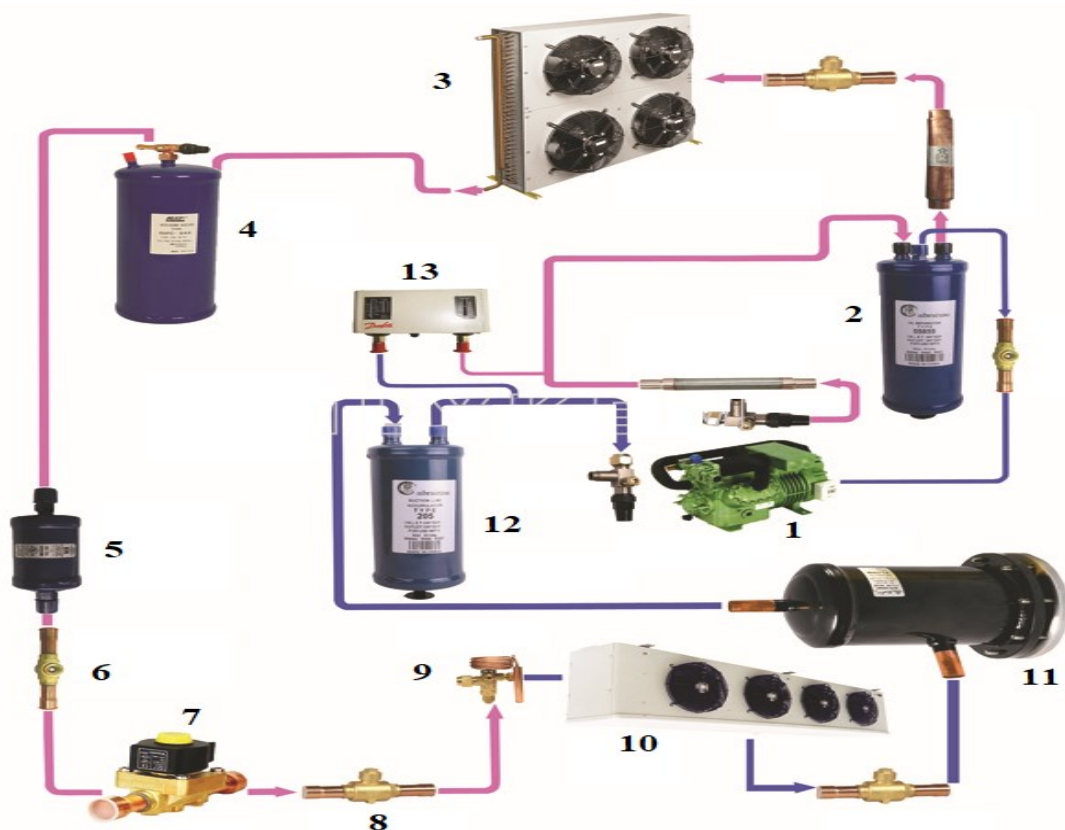
3. Cho sơ đồ hệ thống kho lạnh một cấp như hình vẽ :

- Kể tên và nêu chức năng của các thiết bị từ (1) – (14)
- Trình bày nguyên lý làm việc
- Vẽ đồ thị LgP-h và T-S



4. Cho sơ đồ hệ thống kho lạnh một cấp như hình vẽ :

- Kể tên và nêu chức năng của các thiết bị từ (1) – (13)
- Trình bày nguyên lý làm việc
- Vẽ đồ thị LgP-h và T-S



5. Lập bảng thông số và tính toán chu trình tủ lạnh gia đình sử dụng môi chất R134a, với hơi hút về máy nén là hơi khô, nhiệt độ ngưng tụ không đổi $T_c = 40^\circ\text{C}$ trong các trường hợp sau :
- $T_e = -10^\circ\text{C}$
 - $T_e = -15^\circ\text{C}$
 - $T_e = -20^\circ\text{C}$
6. Tủ lạnh gia đình sử dụng môi chất R134a, công suất 1/6HP, nhiệt độ bay hơi $T_e = -12^\circ\text{C}$, nhiệt độ ngưng tụ $T_c = 38^\circ\text{C}$
- Lập bảng thông số các điểm nút chu trình
 - Tính toán chu trình
 - Xác định lưu lượng môi chất tuần hoàn qua máy nén ?

Cho biết tủ lạnh hoạt động với chu trình khô, một cấp nén. Sử dụng phương pháp tra bảng để tính toán.

Giải

- a) Lập bảng thông số các điểm nút chu trình

Thông số	1	2	3	4
T, c	-12	44,62	38	-12
P, bar	1.854	9,63	9,63	1.854
H, kJ/kg	391,5	425,9	253,4	253,4
S, kJ/kgk	1,735			

- b) Tính toán chu trình

Công nén riêng, kJ/kg (w)	$H_2 - H_1$	425,9-391,5	34,4
Nhiệt lượng nhả ra ở TBNT, kJ/kg (q_c)	$H_2 - H_3$	425,9-253,4	172,5
Nhiệt lượng nhận được ở TBBH, kJ/kg (q_e)	$H_1 - H_4$	391,5-253,4	138,1
Hệ số làm lạnh, ε	q_e/w	138,1/34,4	4,014

- c) Xác định lưu lượng môi chất tuần hoàn qua máy nén ?

Công suất máy nén 1/6HP = 0,124kW

Công suất máy nén: $W = m \cdot w$

→ $m = W/w = 0,124/34,4 = 0,0036\text{kg/s}$

7. Kho lạnh mini sử dụng môi chất R22, công suất 5HP, nhiệt độ bay hơi $T_e = -20^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ ngưng tụ $T_c = 40^{\circ}\text{C}$
- Lập bảng thông số các điểm nút chu trình
 - Tính toán chu trình
 - Xác định lưu lượng môi chất tuần hoàn qua máy nén ?

Cho biết tủ lạnh hoạt động với chu trình khô, một cấp nén. Sử dụng phương pháp tra bảng để tính toán.

8. Máy lạnh gia đình sử dụng môi chất R22, công suất máy nén 1HP, nhiệt độ bay hơi $T_e = 7^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ ngưng tụ $T_c = 42^{\circ}\text{C}$
- Lập bảng thông số các điểm nút chu trình
 - Tính toán chu trình
 - Xác định công suất dàn lạnh, dàn nóng?

Cho biết máy lạnh hoạt động với chu trình khô, một cấp nén. Sử dụng phương pháp tra bảng để tính toán.

9. Máy lạnh gia đình sử dụng môi chất R410A, năng suất lạnh $Q_e = 5\text{kW}$, nhiệt độ bay hơi $T_e = 10^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ ngưng tụ $T_c = 45^{\circ}\text{C}$
- Lập bảng thông số các điểm nút chu trình
 - Tính toán chu trình
 - Xác định lưu lượng môi chất tuần hoàn qua máy nén và công suất dàn nóng?

Cho biết máy lạnh hoạt động với chu trình khô, một cấp nén. Sử dụng phương pháp tra bảng để tính toán.

10. Máy lạnh gia đình sử dụng môi chất R410a, lưu lượng môi chất tuần hoàn qua máy nén $m = 0,035\text{kg/s}$, nhiệt độ bay hơi $T_e = 8^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ ngưng tụ $T_c = 43^{\circ}\text{C}$
- Lập bảng thông số các điểm nút chu trình
 - Tính toán chu trình
 - Xác định công suất dàn nóng, dàn lạnh, máy nén lạnh ?

Cho biết máy lạnh hoạt động với chu trình khô, một cấp nén. Sử dụng phương pháp tra bảng để tính toán.

11. Hệ thống máy sản xuất đá cây sử dụng môi chất NH_3 , công suất lạnh $Q_e = 120\text{kW}$, nhiệt độ bay hơi $T_e = -18^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ ngưng tụ $T_c = 42^{\circ}\text{C}$
- Lập bảng thông số các điểm nút chu trình
 - Tính toán chu trình máy lạnh
 - Xác định: lượng môi chất tuần hoàn qua máy nén, công suất thiết bị ngưng tụ, công suất máy nén

Cho biết máy lạnh hoạt động với chu trình khô, một cấp nén. Sử dụng phương pháp tra bảng để tính toán.

12. Hệ thống máy sản xuất đá viên sử dụng môi chất R404A, nhiệt độ bay hơi $T_e = -16^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ ngưng tụ $T_c = 43^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ quá lạnh $T_{ql} = 35^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ quá nhiệt $T_{qn} = 10^{\circ}\text{C}$

- Lập bảng thông số các điểm nút chu trình
- Tính toán chu trình máy lạnh

Cho biết máy đá viên hoạt động với chu trình quá lạnh – quá nhiệt một cấp nén. Sử dụng phương pháp tra bảng để tính toán.

13. Hệ thống máy điều hòa không khí sử dụng môi chất R22, nhiệt độ bay hơi $T_e = 7^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ ngưng tụ $T_c = 42^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ quá lạnh $T_{ql} = 35^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ quá nhiệt $T_{qn} = 20^{\circ}\text{C}$

- Lập bảng thông số các điểm nút chu trình
- Tính toán chu trình máy lạnh

Cho biết máy điều hòa không khí hoạt động với chu trình quá lạnh – quá nhiệt một cấp nén. Sử dụng phương pháp tra bảng để tính toán.

14. Kho lạnh bảo quản thực phẩm sử dụng môi chất R22, công suất lạnh $Q_e = 80\text{kW}$, nhiệt độ bay hơi $T_e = -20^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ ngưng tụ $T_c = 45^{\circ}\text{C}$

- Lập bảng thông số các điểm nút chu trình
- Tính toán chu trình
- Xác định nhiệt độ không khí ra khỏi dàn nóng, biết lưu lượng không khí thổi vào dàn nóng $G_{kk} = 15\text{kg/s}$, nhiệt độ không khí vào $T_{kkv} = 30^{\circ}\text{C}$, nhiệt dung riêng của không khí

Giải

- Lập bảng thông số các điểm nút chu trình

Thông số	1	2	3	4
$T, ^{\circ}\text{C}$	-20	77,88	45	-20
P, bar	2,448	17,29	17,29	2,448
$H, \text{kJ/kg}$	242,1	292,3	101	101
$S, \text{kJ/kgk}$	0,9593			

b) Tính toán chu trình

Công nén riêng, kJ/kg (w)	H ₂ -H ₁	292,3-242,1	50,2
Nhiệt lượng nhả ra ở TBNT, kJ/kg (q _c)	H ₂ -H ₃	292,3-101	191,3
Nhiệt lượng nhận được ở TBBH, kJ/kg (q _e)	H ₁ -H ₄	242,1-101	141,1
Hệ số làm lạnh, ε	q _e /w	141,1/50,2	2,81

c) Xác định nhiệt độ không khí ra khỏi dàn nóng

Năng suất lạnh:

$$Q_e = m \cdot q_e \rightarrow m = Q_e / q_e = 80 / 141,1 = 0,566 \text{ kg/s}$$

Công suất dàn nóng:

$$Q_c = m \cdot q_c = 0,566 \cdot 191,3 = 108,46 \text{ kW}$$

$$Q_c = G_{kk} \cdot C_{pkk} \cdot (t_{ra} - t_{vào})$$

$$T_{ra} = t_{vào} + Q_c / G_{kk} \cdot C_{pkk} = 30 + 108,46 / (9.5 \cdot 1.005) = 37,2^\circ\text{C}$$

15. Hiện tượng quá nhiệt ảnh hưởng như thế nào đến hệ thống lạnh. Hãy chỉ ra đoạn quá nhiệt của máy điều hòa không khí dân dụng loại 2 khối.
16. Hiện tượng quá lạnh ảnh hưởng như thế nào đến hệ thống lạnh. Hãy cho biết các nguyên nhân dẫn đến quá lạnh của máy điều hòa không khí dân dụng loại 2 khối.
17. Vẽ hình phân tích ảnh hưởng của nhiệt độ ngưng tụ đến năng suất lạnh máy nén
18. Vẽ hình phân tích ảnh hưởng của nhiệt độ bay hơi đến năng suất lạnh máy nén
19. Giải thích cơ chế làm việc của bộ hồi nhiệt, tại sao bộ hồi nhiệt không được phép sử dụng cho hệ thống lạnh NH₃ ?
20. Trong thực tế thông thường các hệ thống lạnh một cấp nén hoạt động theo chu trình nào ? Giải thích ?

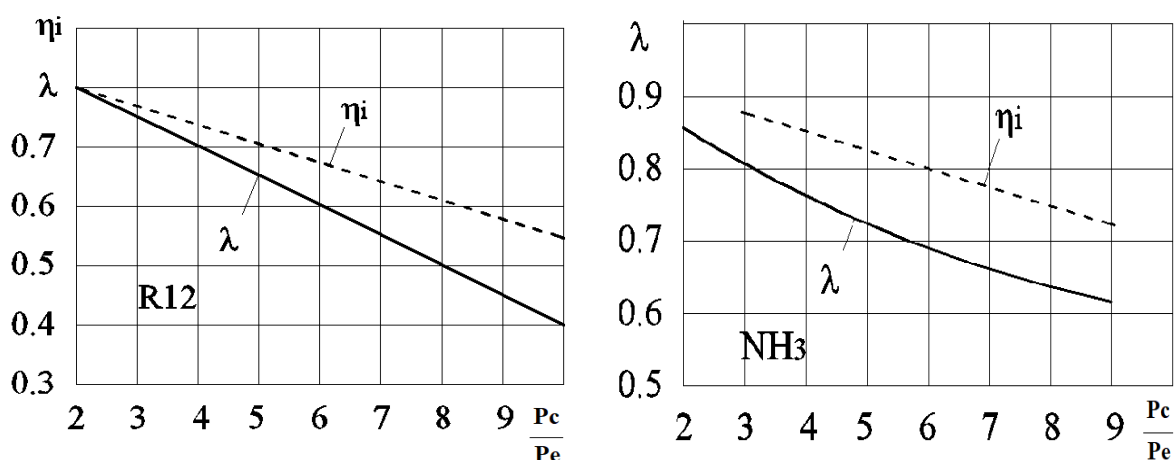
CHƯƠNG IV : CHU TRÌNH MÁY LẠNH NÉN HƠI HAI CẤP NÉN

4.1 Tổng quan

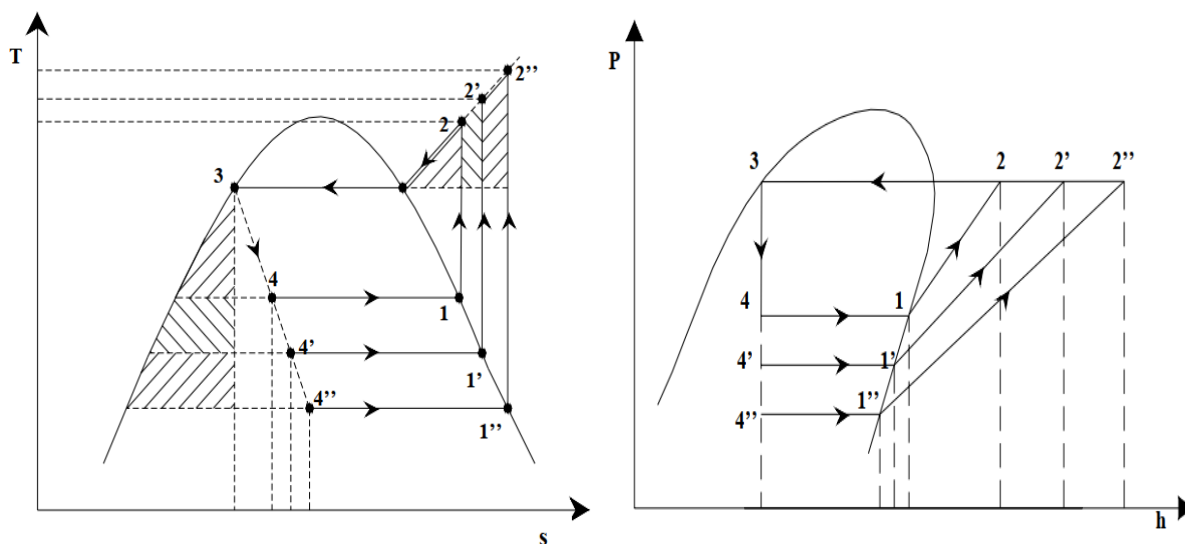
Máy nén pittông có tỷ số nén càng cao thì hiệu suất thể tích và hiệu suất làm việc của máy nén giảm, dẫn đến kém hiệu quả và tiêu hao năng lượng lớn. Khi tỷ số nén : $\pi = P_c/P_e$

- $\pi > 9$ (NH_3)
- $\pi > 13$ (Freon)

⇒ Chuyển sang chu trình máy lạnh hai hoặc nhiều cấp nén



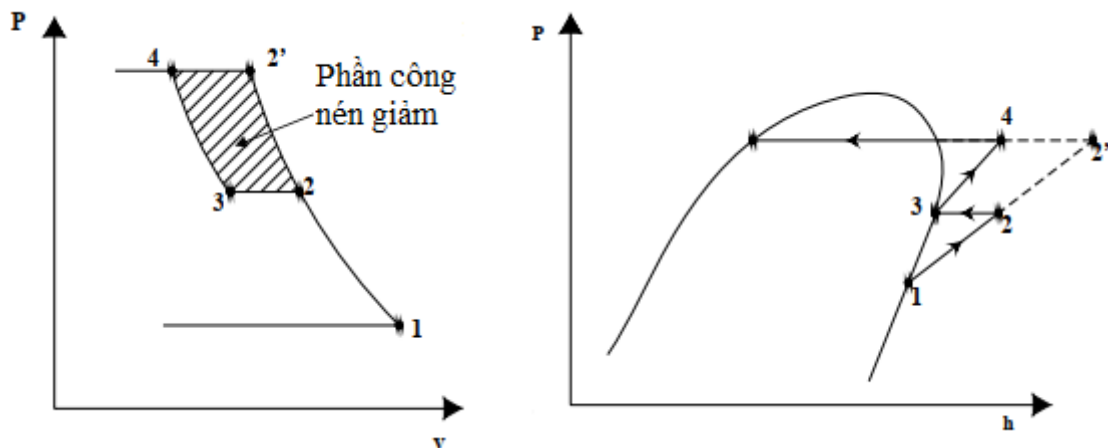
Hình 4.1 : Hiệu suất thể tích λ và hiệu suất chỉ thị η_i phụ thuộc vào tỷ số nén



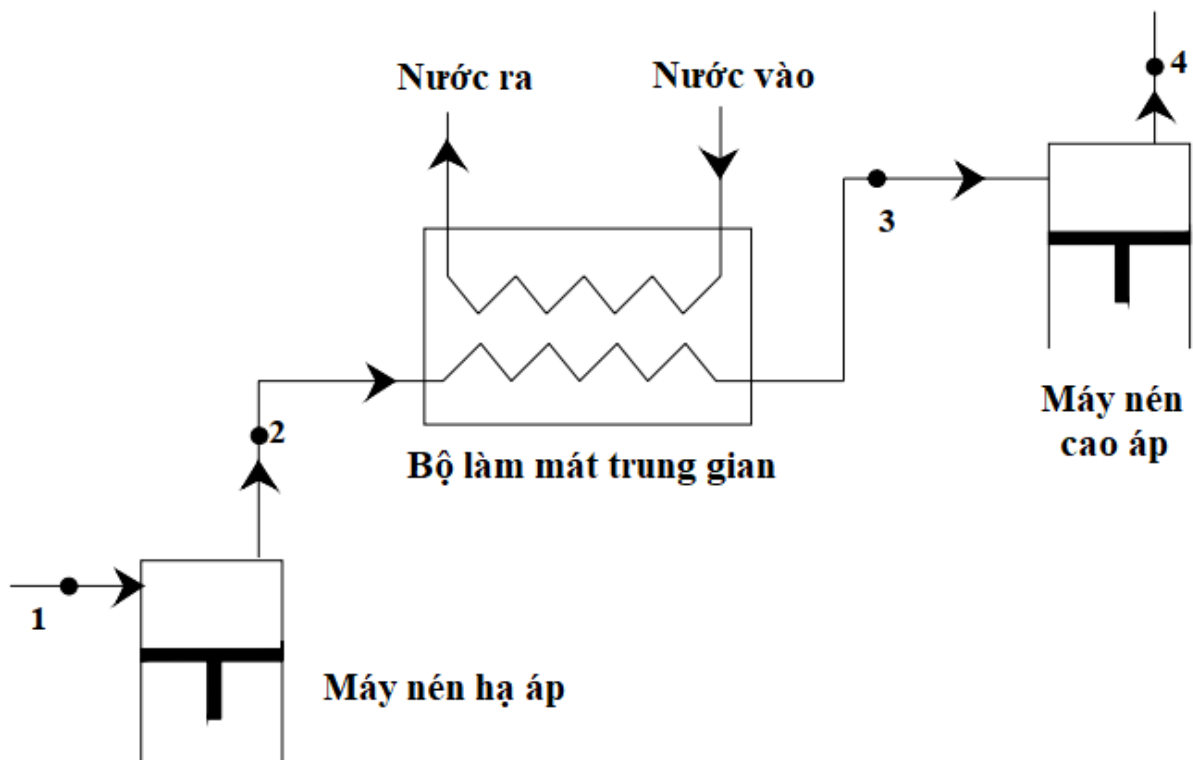
Hình 4.2: Phân tích quá trình nén

Khi có nhu cầu làm lạnh âm sâu thì nhiệt độ bay hơi T_1 của môi chất giảm xuống rất thấp lần lượt T_1 , T_1'' dẫn đến công nén sẽ tăng cao đoạn 1-2; 1'-2'; 1''-2'' điều này sẽ không có lợi làm giảm hiệu suất hệ thống.

Để khắc phục tình trạng này tức giảm công nén người ta sẽ chuyển sang chu trình hai cấp nén và làm mát trung gian hình 4.3



Hình 4.3: Công nén giảm khi thực hiện làm mát trung gian đoạn 2-3



Hình 4.4 : Làm mát trung gian giữa 2 cấp nén dùng bộ trao đổi nhiệt nước

Môi chất lạnh ở trạng thái 1 vào máy nén hạ áp và nén lên thành hơi áp suất cao nhiệt độ cao 2, sau đó được làm mát trong bộ làm mát trung gian giải nhiệt nước để hạ nhiệt độ xuống trạng thái 3 rồi mới đi vào máy nén cao áp.

4.2. Các chu trình làm việc của máy lạnh nén hơi hai cấp nén

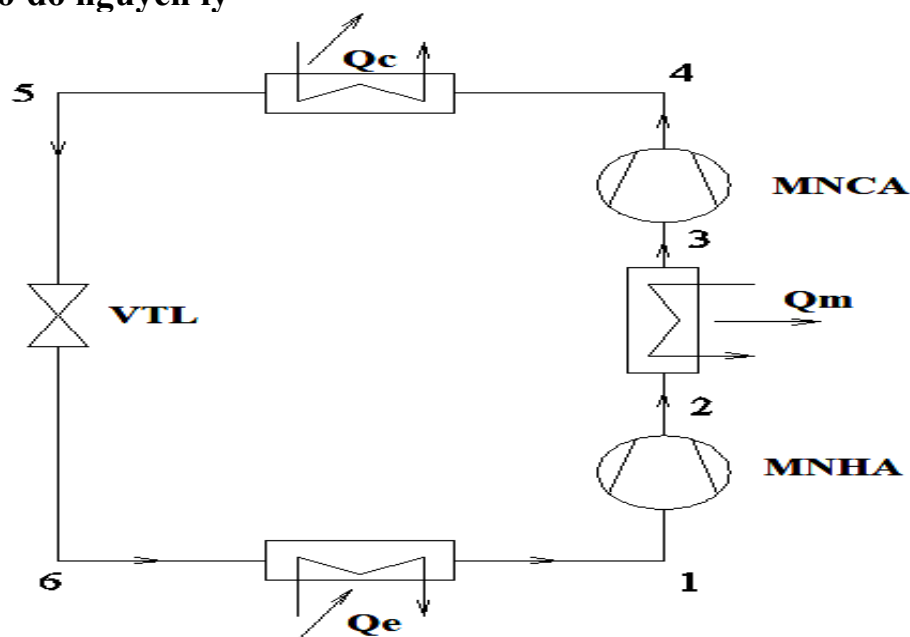
4.2.1. Chu trình 2 cấp, 1 tiết lưu làm mát trung gian không hoàn toàn

4.2.1.1. Định nghĩa

Chu trình 2 cấp, 1 tiết lưu làm mát trung gian không hoàn toàn là chu trình có hơi hút về máy nén là hơi bão hoà khô, riêng quá trình nén được phân thành 2 cấp. Hơi sinh ra ở máy nén hạ áp được làm mát trung gian trước khi về máy nén cao áp.

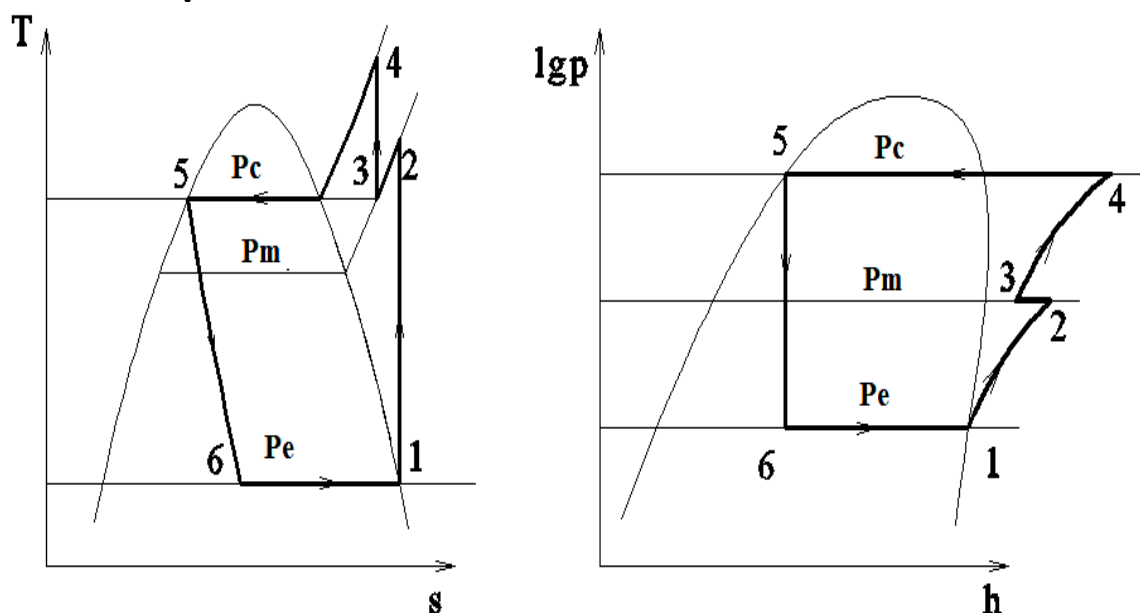
Làm mát trung gian không hoàn toàn nghĩa là hơi sau khi được làm mát vẫn ở trạng thái hơi quá nhiệt tức chỉ được làm mát một phần.

4.2.1.2. Sơ đồ nguyên lý



Hình 4.5 : Sơ đồ nguyên lý

4.2.1.3. Đồ thị



Hình 4.6 : Đồ thị chu trình hai cấp một tiết lưu

4.2.1.4 Nguyên lý hoạt động

Hơi bão hoà khô sau khi ra TBBH có thông số trạng thái p_0, t_1 được máy nén hạ áp hút về nén đoạn nhiệt đến trạng thái 2 có áp suất p_{tg}, t_2 , sau đó hơi môi chất được đưa vào thiết bị làm mát trung gian, môi chất nhả nhiệt cho môi trường làm mát theo quá trình 2-3. Đây là quá trình làm mát không hoàn toàn, hơi quá nhiệt trung áp ở trạng thái 3 được đưa vào máy nén cao áp và được nén đoạn nhiệt đến áp suất p_k, t_4 . Sau đó môi chất được đưa đến thiết bị ngưng tụ và ngưng tụ thành lỏng hoàn toàn đến trạng thái 5. Lỏng sau TBNT được đưa đến van tiết lưu và tiết lưu từ p_k xuống p_0 ứng với trạng thái 6 rồi đi vào TBBH nhận nhiệt trở về trạng thái 1

4.2.1.5 Tính toán chu trình

- Công nén riêng:

$$w = w_{MNHA} + w_{MNCA} = (h_2 - h_1) + (h_4 - h_3), \text{ kJ/kg}$$

- Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị làm mát trung gian:

$$q_m = h_2 - h_3, \text{ kJ/kg}$$

- Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị ngưng tụ:

$$q_c = h_4 - h_5, \text{ kJ/kg}$$

- Nhiệt lượng nhận được ở thiết bị bay hơi:

$$q_e = h_1 - h_6, \text{ kJ/kg}$$

- Áp suất trung gian:

$$P_m = \sqrt{P_e \cdot P_c}$$

- Tỷ số nén :

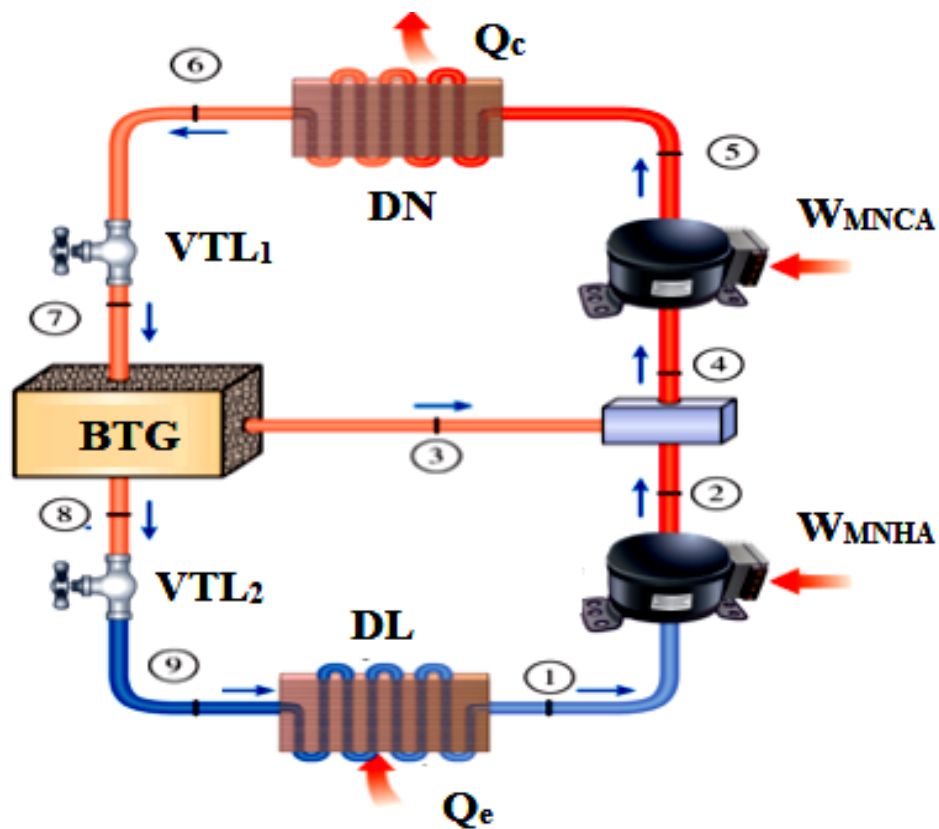
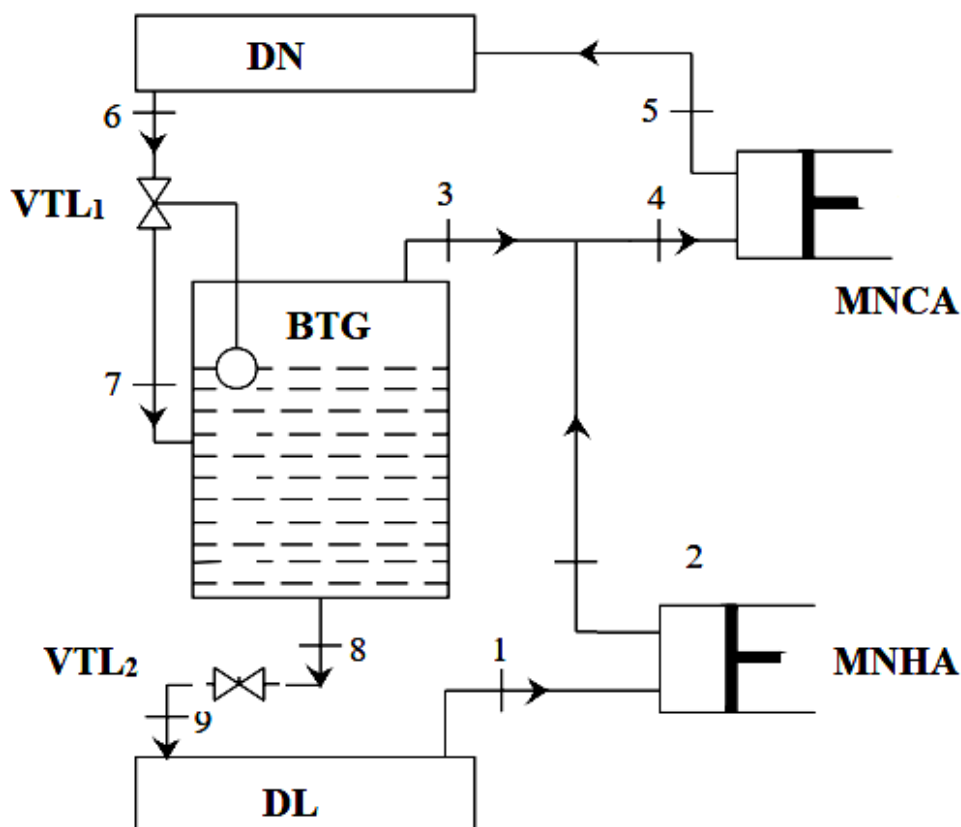
$$\pi = \frac{P_c}{P_e}$$

- Hệ số làm lạnh ε

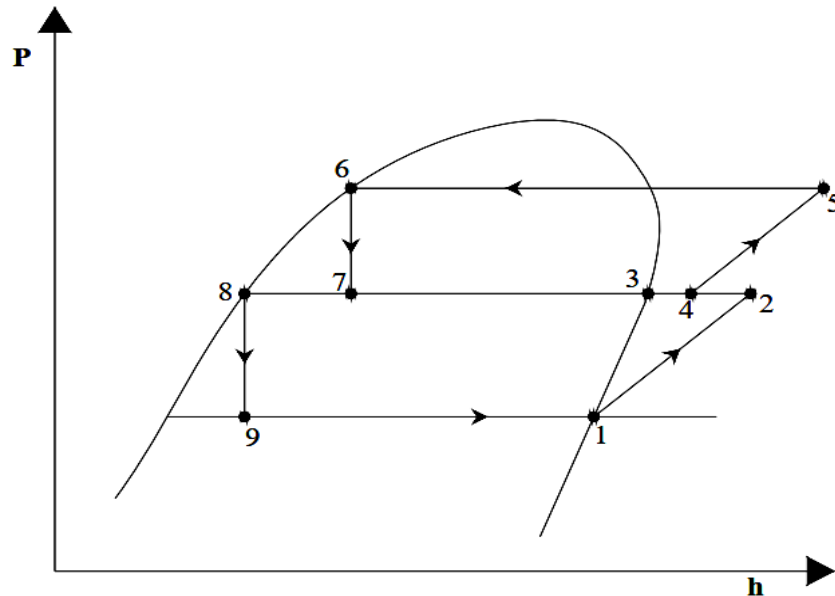
$$\varepsilon = \frac{q_e}{w}$$

4.2.2. Chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu làm mát trung gian không hoàn toàn

4.2.2.1 Sơ đồ nguyên lý



Hình 4.7 : Sơ đồ nguyên lý chu trình 2 cấp 2 tiết lưu làm mát không hoàn toàn

4.2.2.2- Đồ thị

Hình 4.8 : Đồ thị LgP-h chu trình 2 cấp 2 tiết lưu làm mát không hoàn toàn

4.2.2.3 Nguyên lý hoạt động

Hơi bão hoà khô sau khi ra khỏi dàn lạnh có thông số trạng thái 1 được máy nén hạ áp hút về nén lên thành hơi có áp suất trung gian trạng thái 2

Lỏng sau khi ngưng tụ có áp suất cao ở trạng thái 6 qua VTL₁ thành trạng hơi ẩm có áp suất trung gian trạng thái 7, tại bình trung gian chia thành hai vùng môi chất :

- + Vùng hơi trung áp trạng thái 3 được hỗn hợp với hơi quá nhiệt trạng thái 2 thành hơi quá nhiệt trạng thái 4 và đi về máy nén cao áp. Sau đó được nén lên thành hơi có áp suất cao nhiệt độ cao trạng thái 5

- + Vùng lỏng trung áp trạng thái 8 tiếp tục qua VTL₂ thành hơi ẩm hạ áp trạng thái 9 và đi vào dàn lạnh thực hiện quá trình thu nhiệt làm lạnh thành hơi hạ áp trạng thái 1 và đi về máy nén hạ áp.

4.2.2.4 Tính toán chu trình

Gọi m_1 là lượng môi chất vào MNHA

m_4 là lượng môi chất vào MNCA

Ta có lượng môi chất bão hoà khô ra khỏi BTG là m_3 và lượng lỏng môi chất ra khỏi BTG vào van tiết lưu 2 là m_1

Vậy tại bình trung gian ta có:

* Cân bằng chất : $m_4 = m_1 + m_3$ (1)

* Cân bằng Entanpi : $m_4 h_7 = m_1 h_8 + m_3 h_3$ (2)

$$\rightarrow m_4 h_7 = m_1 h_8 + (m_4 - m_1) h_3$$

$$\frac{m_4}{m_1} = \frac{h_8 - h_3}{h_7 - h_3}$$

- Công nén riêng:

$$W = W_{MNHA} + W_{MNCA} = (h_2 - h_1) + (h_5 - h_4) ,$$

kJ/kg

- Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị ngưng tụ:

$$q_c = h_5 - h_6 , \text{ kJ/kg}$$

- Nhiệt lượng nhận được ở thiết bị bay hơi:

$$q_e = h_1 - h_9 , \text{ kJ/kg}$$

- Áp suất trung gian:

$$P_m = \sqrt{P_e \cdot P_c}$$

- Tỷ số nén :

$$\pi = \frac{P_c}{P_e}$$

- Hệ số làm lạnh:

$$\varepsilon = \frac{Q_e}{W} = \frac{m_1 q_e}{m_1 w_{MNHA} + m_4 w_{MNCA}} = \frac{q_e}{w_{MNHA} + \frac{m_4}{m_1} w_{MNCA}}$$

4.2.3. Chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu, làm mát trung gian hoàn toàn

4.2.3.1 Cơ sở hình thành

Nhược điểm chính của chu trình 2 cấp làm mát trung gian không hoàn toàn là hơi hút về máy nén chưa phải là hơi bão hoà khô $\rightarrow$ công nén chưa giảm tối đa và nhiệt độ cuối tầm nén cao.

Để khắc phục nhược điểm trên, cụ thể là làm mát hoàn toàn hơi nén hạ áp sau khi qua làm mát trung gian người ta cho sục thẳng hơi vào bình trung gian.

toàn thành trạng thái 3 (Hơi bão hòa khô trung áp), hơi này được làm mát nhờ trao đổi nhiệt với lượng hơi và lượng lỏng sinh ra sau quá trình tiết lưu thứ 1 (VTL₁).

Hơi trạng thái 3 được máy nén cao áp hút về và nén lên thành hơi có áp suất cao nhiệt độ cao ứng với trạng thái 4, sau đó tiếp tục đi vào dàn nóng thực hiện quá trình nhả nhiệt ngưng tụ lại thành lỏng trạng thái 5.

Lỏng trạng thái 5 đi qua van tiết lưu 1 giảm từ áp suất cao áp xuống trung áp ứng với trạng thái 6 và đưa vào bình trung gian (BTG) để thực hiện quá trình trao đổi nhiệt làm mát hơi quá nhiệt ở trạng thái 2.

Mặt khác lỏng cao áp ở trạng thái 5 tiếp tục qua van tiết lưu 2 tiết lưu từ cao áp xuống thấp áp ứng với trạng thái 7 để thực hiện quá trình thu nhiệt làm lạnh ở dàn lạnh.

4.2.3.5 Tính toán chu trình

Gọi m_1 là lượng môi chất vào MNHA ; m_3 là lượng môi chất vào MNCA

Phương trình cân bằng tại bình trung gian ta có:

$$* \text{Cân bằng chất : } m_3 = m_1 + m_6$$

$$* \text{Cân bằng Entanpi : } m_1 h_7 + m_3 h_3 = m_6 h_6 + m_1 h_2$$

$$m_1 h_7 + m_3 h_3 = (m_3 - m_1) h_6 + m_1 h_2$$

$$\Rightarrow \frac{m_3}{m_1} = \frac{h_7 + h_6 - h_2}{h_6 - h_3}$$

$$\text{Mặt khác: } h_5 = h_6 = h_7 \text{ (Quá trình tiết lưu)}$$

$$\Rightarrow \frac{m_3}{m_1} = \frac{2h_5 - h_2}{h_5 - h_3}$$

- Công nén riêng:

$$w = w_{\text{MNHA}} + w_{\text{MNCA}} = (h_2 - h_1) + (h_4 - h_3),$$

kJ/kg

- Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị ngưng tụ:

$$q_c = h_4 - h_5, \text{ kJ/kg}$$

- Nhiệt lượng nhận được ở thiết bị bay hơi:

$$q_e = h_1 - h_7, \text{ kJ/kg}$$

- Áp suất trung gian:

$$P_m = \sqrt{P_e \cdot P_c}$$

- Tỷ số nén :

$$\pi = \frac{P_c}{P_e}$$

- Hệ số làm lạnh:

$$\varepsilon = \frac{Q_e}{W} = \frac{m_1 q_e}{m_1 w_{MNHA} + m_3 w_{MNCA}} = \frac{q_e}{w_{MNHA} + \frac{m_3}{m_1} w_{MNCA}}$$

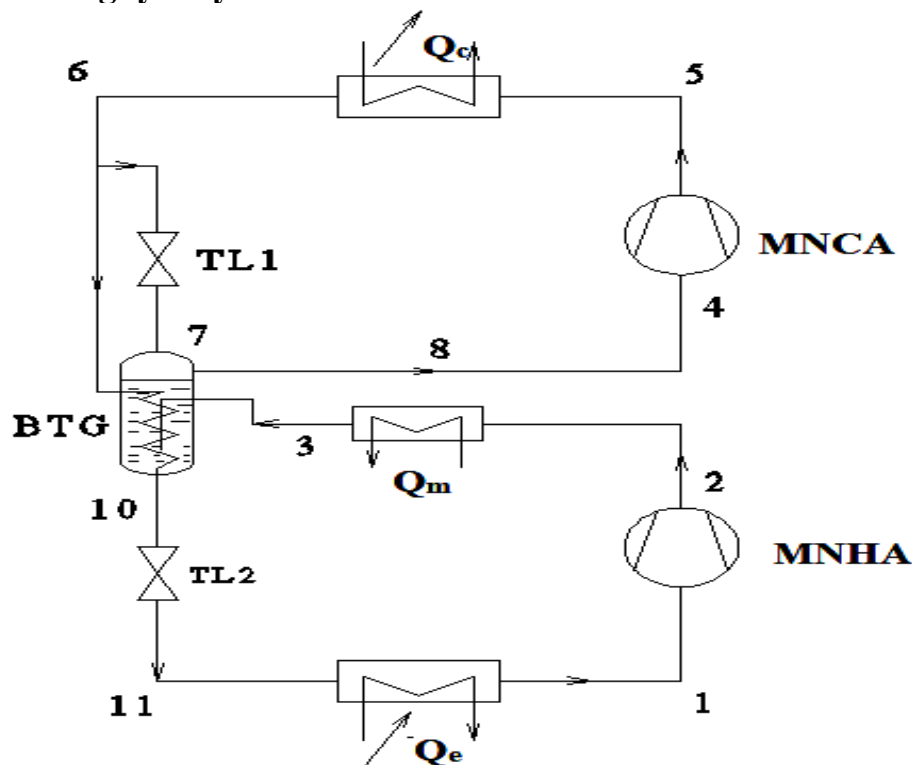
4.2.4. Chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu, làm mát trung gian hoàn toàn, bình trung gian ống xoắn

4.2.4.1 Cơ sở hình thành

Ống xoắn lò xo nhằm làm quá lạnh môi chất trước van tiết lưu.

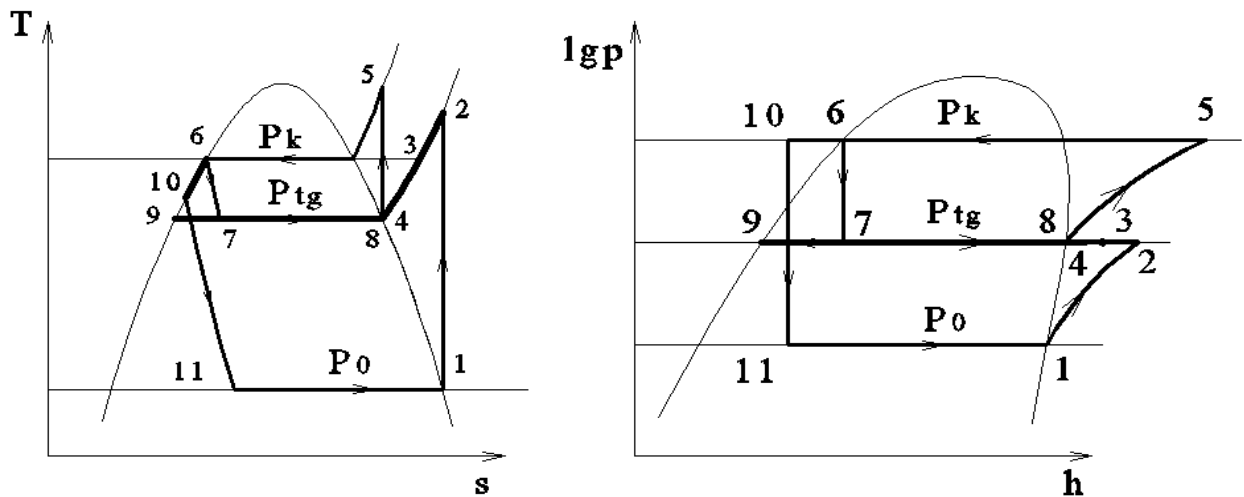
Cấp lỏng với áp suất p_c nên môi chất có thể đưa đi xa.

4.2.4.2 Sơ đồ nguyên lý



Hình 4.11 : Sơ đồ nguyên lý chu trình hai cấp 2 tiết lưu bình trung gian xoắn

4.2.4.3 Đồ thị



Hình 4.12 : Đồ thị T-S ; LgP-H chu trình hai cấp 2 tiết lưu bình trung gian xoắn

4.2.4.4 Nguyên lý hoạt động

Chu trình cơ bản giống chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu làm mát trung gian hoàn toàn. Sự khác biệt cơ bản là dòng môi chất từ TBNT đi ra chia làm 2 nhánh:

Nhánh 1: qua van tiết lưu 1, nhiệt độ và áp suất hạ xuống từ p_c , t_c xuống p_m , t_m . Hơi sinh ra sau van tiết lưu 1 với thông số trạng thái 8 được đưa trở lại đầu hút máy nén cao áp cùng lượng lỏng bay hơi để làm mát hơi từ máy nén hạ áp và lượng lỏng bay hơi để quá lạnh lỏng cao áp.

Nhánh 2: phần lớn lượng môi chất qua nhánh này đi qua ống xoắn trong bình trung gian và được làm quá lạnh trước khi đến TBBH và chỉ tiết lưu 1 lần.

4.2.4.5 Tính toán chu trình

Gọi m_1 là lượng môi chất vào NHA

m_4 là lượng môi chất vào NCA,

m_4 = lượng môi chất vào NHA + lượng hơi hình thành sau van tiết lưu 1 + lượng lỏng bay hơi ở bình trung gian để làm mát hoàn toàn hơi trung áp + lượng lỏng bay hơi ở bình trung gian để quá lạnh lỏng cao áp.

Theo phương trình cân bằng Entanpi tại bình trung gian :

$$m_1 h_6 + m_1 h_2 + (m_4 - m_1) h_7 = m_1 h_{10} + m_4 h_8$$

$$\frac{m_4}{m_1} = \frac{h_6 + h_2 - (h_7 + h_{10})}{h_8 - h_7}$$

- Công nén riêng:

$$W = W_{MNHA} + W_{MNCA} = (h_2 - h_1) + (h_5 - h_4) , \text{ kJ/kg}$$

- Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị làm mát trung gian:

$$q_m = h_2 - h_3 , \text{ kJ/kg}$$

- Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị ngưng tụ:

$$q_c = h_5 - h_6 , \text{ kJ/kg}$$

- Nhiệt lượng nhận được ở thiết bị bay hơi:

$$q_e = h_1 - h_{10} , \text{ kJ/kg}$$

- Áp suất trung gian:

$$P_m = \sqrt{P_e \cdot P_c}$$

- Tỷ số nén :

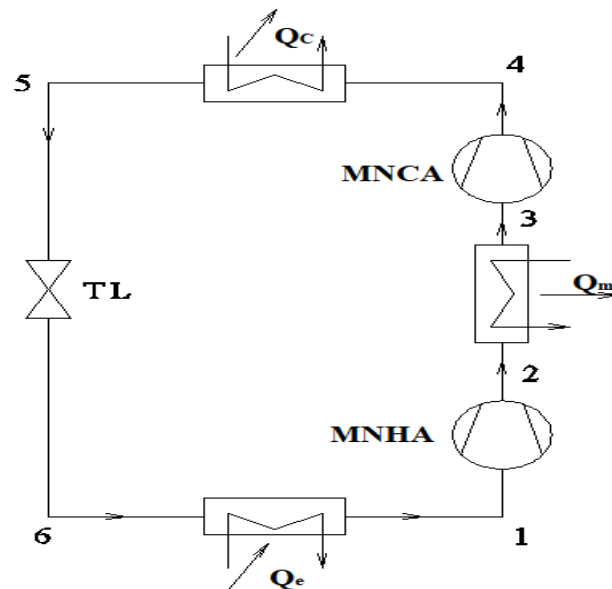
$$\pi = \frac{P_c}{P_e}$$

- Hệ số làm lạnh ε

$$\varepsilon = \frac{m_1 q_e}{m_1 w_1 + m_4 w_2} = \frac{q_e}{w_1 + \frac{m_4}{m_1} w_2}$$

BÀI TẬP CHƯƠNG IV

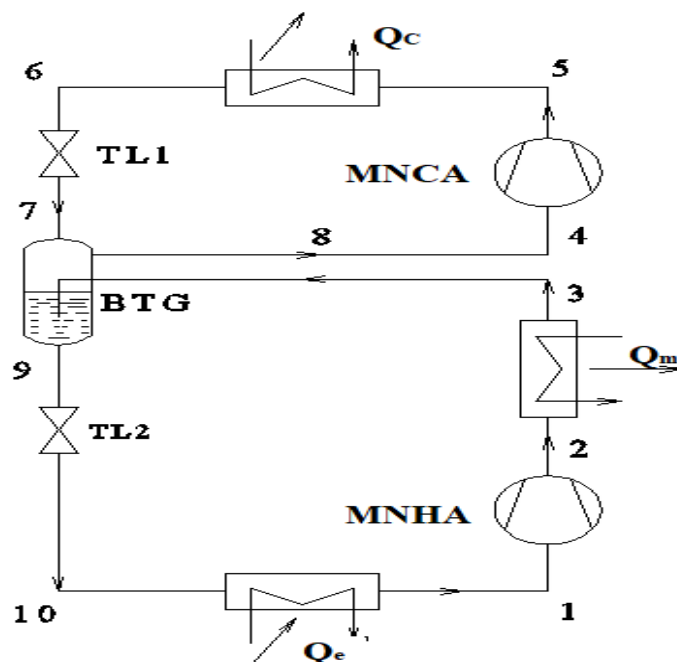
1. Cho chu trình máy lạnh nén hơi hai cấp làm mát không hoàn toàn 1 tiết lưu như hình vẽ:



MNHA: Máy nén hạ áp; MNCA: Máy nén cao áp; TL: Tiết lưu

- Trình bày nguyên lý làm việc
- Cho biết trạng thái các điểm nút
- Cho biết tên gọi các quá trình

2. Cho chu trình máy lạnh nén hơi hai cấp làm mát hoàn toàn bình trung gian ống rộng như hình vẽ



MNHA: Máy nén hạ áp; MNCA: Máy nén cao áp; TL: Tiết lưu; BTG: Bình trung gian

- a) Trình bày nguyên lý làm việc
 - b) Cho biết trạng thái các điểm nút
 - c) Cho biết tên gọi các quá trình
3. Tại sao phải sử dụng máy lạnh nén hơi 2 cấp nén ? So sánh chu trình 2 cấp 1 tiết lưu làm mát trung gian không hoàn toàn với chu trình 1 cấp nén.
4. Tại sao phải sử dụng máy lạnh nén hơi 2 cấp nén ? So sánh chu trình 2 cấp 1 tiết lưu làm mát trung gian không hoàn toàn với chu trình 2 cấp 2 tiết lưu làm mát trung gian không hoàn toàn
5. Tại sao phải sử dụng máy lạnh nén hơi 2 cấp nén ? So sánh chu trình 2 cấp 2 tiết lưu làm mát trung gian hoàn toàn bình trung gian ống rồng với chu trình 2 cấp 2 tiết lưu làm mát trung gian hoàn toàn bình trung gian ống xoắn.
6. Giải thích tại sao thực tế với cùng một nhiệt độ làm lạnh -40°C , đối với máy nén Pittông phải sử dụng 2 cấp nén, trong khi với máy nén trục vít chúng ta chỉ sử dụng 1 cấp nén.
7. Vẽ biểu đồ và thiết lập biểu thức xác định hệ số làm lạnh của chu trình máy lạnh 2 cấp 2 tiết lưu làm mát trung gian không hoàn toàn, bình trung gian ống rồng
8. Thiết lập biểu thức xác định hệ số làm lạnh của chu trình máy lạnh 2 cấp 2 tiết lưu làm mát trung gian hoàn toàn, bình trung gian ống xoắn
9. Tính chu trình 2 cấp, 1 tiết lưu làm mát trung gian không hoàn toàn. Tính chọn máy nén, cho biết môi chất R22 :

a) $Q_e = 150 \text{ kW}$

$t_c = 40^{\circ}\text{C}$

$t_e = -35^{\circ}\text{C}$

b) $Q_e = 150 \text{ kW}$

$t_c = 40^{\circ}\text{C}$

$t_e = -50^{\circ}\text{C}$

10. Tính chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu làm mát trung gian hoàn toàn. Tính chọn máy nén, cho biết môi chất NH_3 :

a) $Q_e = 150 \text{ kW}$

$t_c = 40^{\circ}\text{C}$

$t_e = -35^{\circ}\text{C}$

b) $Q_e = 150 \text{ kW}$

$t_c = 40^{\circ}\text{C}$

$t_e = -50^{\circ}\text{C}$

CHƯƠNG V : MÁY LẠNH GHÉP TẦNG

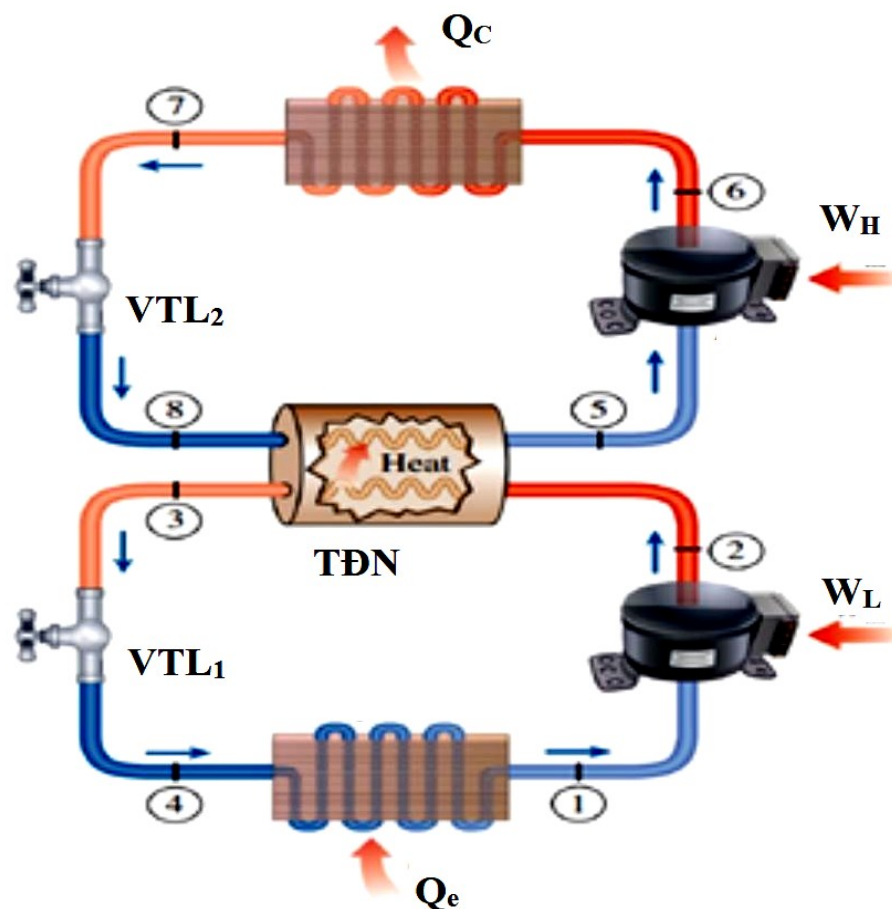
5.1 Cơ sở hình thành

Nguyên lý của chu trình ghép tầng là ghép các chu trình lạnh đơn giản một cấp với nhau theo kiểu : thiết bị bay hơi của cấp trên dùng làm thiết bị ngưng tụ của cấp dưới

Toàn bộ nhiệt thải ra ở thiết bị ngưng tụ ở tầng dưới phải được thải cho thiết bị bay hơi của tầng trên nên năng suất nhiệt tầng dưới phải bằng năng suất lạnh tầng trên. Để đảm bảo sự truyền nhiệt, nhiệt độ ngưng tụ tầng dưới phải lớn hơn nhiệt độ bay hơi tầng trên

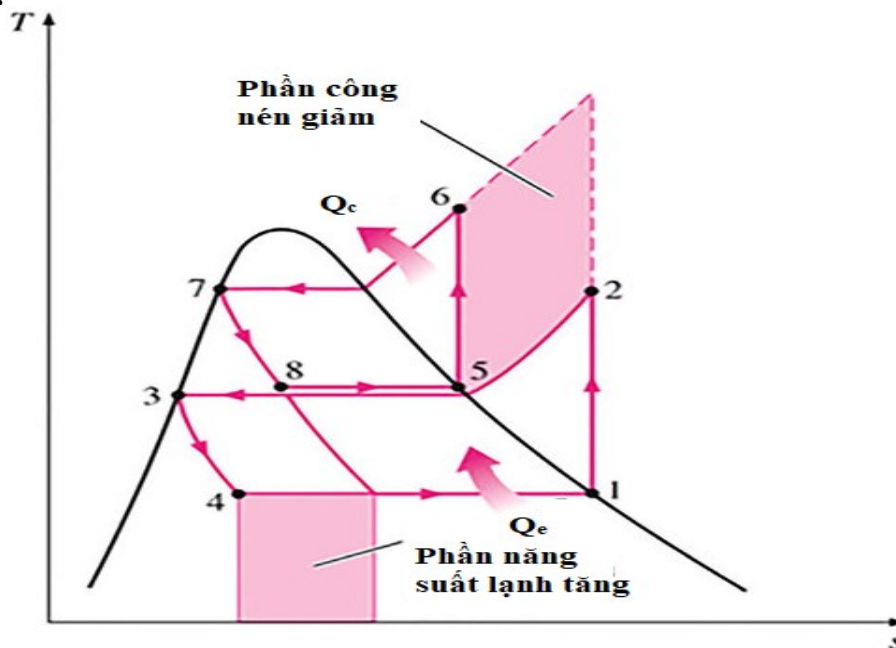
Trong máy lạnh ghép hai tầng, môi chất tầng trên thường là R22 và tầng dưới là R13. Vì vậy, áp suất vận hành trong máy lạnh ghép tầng không quá cao ở thiết bị ngưng tụ và quá thấp ở thiết bị bay hơi như máy lạnh hai hoặc ba cấp nén

5.2 Sơ đồ nguyên lý



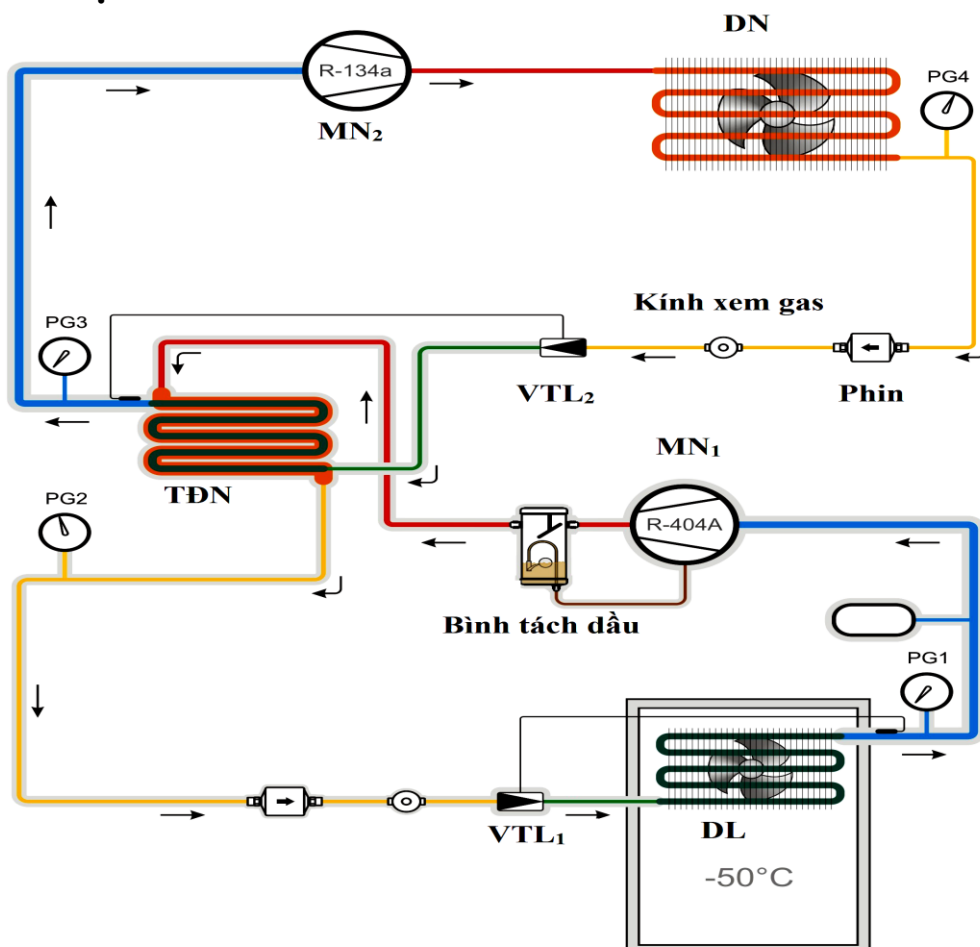
Hình 5.1: Sơ đồ nguyên lý chu trình máy lạnh ghép tầng

5.3 Đồ thị



Hình 5.2 : Đồ thị chu trình máy lạnh ghép tầng

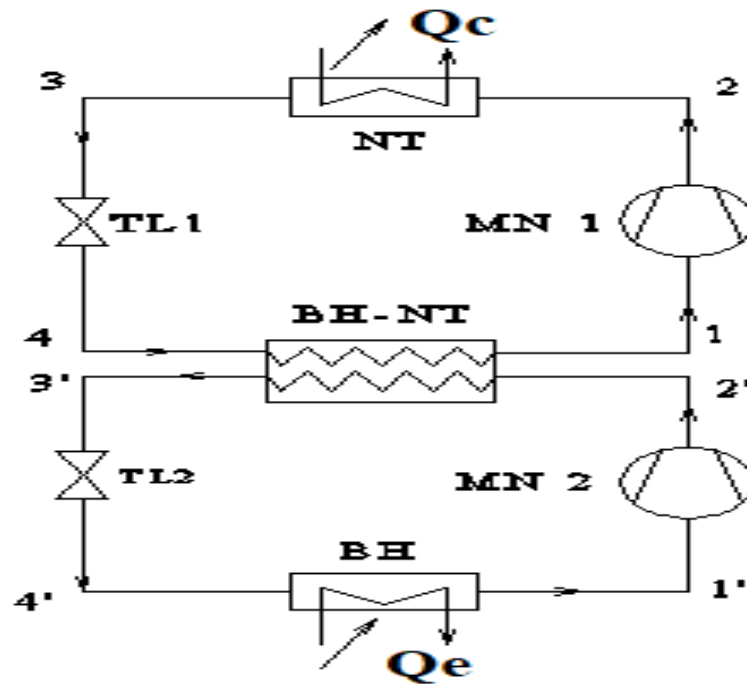
5.4 Sơ đồ thực tế



Hình 5.3 : Sơ đồ nguyên lý hệ thống máy lạnh ghép tầng cho kho lạnh

BÀI TẬP CHƯƠNG V

1. Cho chu trình máy lạnh ghép tầng như hình vẽ:



MN: Máy nén; TL: Tiết lưu; BH-NT: Bay hơi-ngưng tụ

- Trình bày nguyên lý làm việc
 - Cho biết loại môi chất sử dụng của các tầng
- Hãy so sánh áp suất, nhiệt độ làm việc của các tầng trong hệ thống máy lạnh ghép tầng
 - Trình bày ưu và nhược điểm của máy lạnh ghép tầng
 - So sánh máy lạnh ghép tầng với máy lạnh nén hơi 1 cấp nén
 - So sánh máy lạnh ghép tầng với máy lạnh nén hơi 2 cấp nén 1 tiết lưu.
 - Trình bày đặc điểm của máy lạnh ghép tầng, áp suất vận hành của máy lạnh ghép tầng như thế nào so với máy lạnh hai cấp nén.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. PGS. TS. Nguyễn Đức Lợi – PGS. TS. Phạm Văn Tùy. *Kỹ thuật lạnh cơ sở*. Nhà xuất bản giáo dục, 2005.
2. PGS. TS. Đinh Văn Thuận – PGS. TS. Võ Chí Chính. *Hệ thống Máy và Thiết Bị Lạnh*. Nhà xuất bản Khoa Học Kỹ Thuật, 2005.
3. PGS.TS Nguyễn Đức Lợi. *Môi chất lạnh*. Nhà xuất bản giáo dục, 1998.
4. TS. Lê Xuân Hòa. *Bài giảng Kỹ thuật lạnh cơ sở*