

NGUYỄN ĐỨC LỢI

XO MÀO LỢI

BƠM NHIỆT

TRƯỜNG CĐ. CÔNG THƯƠNG TPHCM

THƯ VIỆN

Số:

16080848

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

dụng bơm nhiệt vào các ngành kinh tế quốc dân như đun nước nóng, sấy, sưởi, hút ẩm, cô đặc, tinh luyện, tách chất và thu hồi nhiệt thải ... dân dụng, nông nghiệp, công nghiệp, nông lâm, thủy sản, thể thao, y tế ...

Mặc dù đã có nhiều cố gắng, song cuốn sách khó tránh khỏi còn thiếu sót, chúng tôi mong nhận được nhiều ý kiến đóng góp của độc giả nhằm hoàn thiện cuốn sách. Các ý kiến xin gửi về: Công ty Cổ phần Sách Đại học và Dạy nghề – Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam, 25 Hàn Thuyên quận Hai Bà Trưng, Hà Nội hoặc trực tiếp cho tác giả ở Viện Nhiệt lạnh, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, Số 1 Đại Cồ Việt, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội.

Xin trân trọng cảm ơn.

PGS. TS. Nguyễn Đức Lợi

Mob. 0982288995, loidhbk@yahoo.com

Phó Chủ tịch Hội Lạnh và Điều hòa Không khí Việt Nam

Chương 1

GIỚI THIỆU CHUNG

1.1. LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN

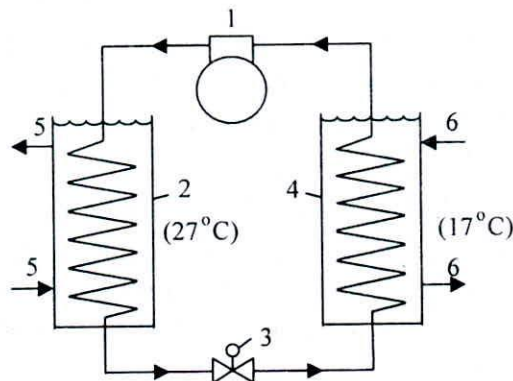
Năm 1834, Perkin đăng ký bằng phát minh đầu tiên về máy lạnh, tới năm 1852, William Thomson (còn gọi là Lord Kelvin) đăng ký bằng phát minh đầu tiên về bơm nhiệt trên thế giới. Perkin và Thomson đều là người Anh. Mục đích sử dụng của bơm nhiệt này là để sưởi ấm phòng vào mùa đông. Chu trình làm việc của bơm nhiệt giống như của máy lạnh, đó là chu trình nhiệt động ngược chiều. Khác nhau giữa tên gọi máy lạnh và bơm nhiệt chỉ là mục đích sử dụng. Ở máy lạnh, người ta sử dụng nguồn lạnh ở dàn bay hơi, còn ở bơm nhiệt người ta sử dụng nguồn nhiệt sinh ra ở dàn ngưng để sưởi ấm hoặc đun nước nóng chẳng hạn.

Thomson xây dựng thiết bị thử nghiệm với nguồn lạnh và nguồn nóng đều là nước. Theo tính toán lý thuyết, độ chênh nhiệt độ giữa hai nguồn chỉ cần 10 K, ví dụ, nguồn lạnh là 17 °C (290 K) và nguồn nóng là 27 °C (300 K), độ chênh nhiệt độ giữa nguồn nóng và nguồn lạnh 300 – 290 = 10 K, thì hệ số bơm nhiệt theo chu trình Carnot sẽ là:

$$\varphi_c = T_k / (T_k - T_o) = 300/10 = 30 \text{ kW nhiệt/kW điện}$$

Điều đó có nghĩa là chỉ cần tiêu tốn 1 kW điện cho máy nén, ta thu được 30 kW nhiệt dùng để sưởi ấm. Rõ ràng ý nghĩa kinh tế của nó thật là to lớn.

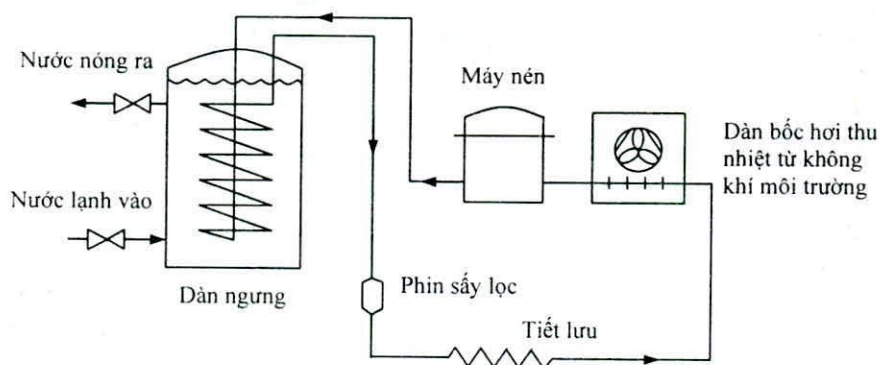
Hình 1.1 giới thiệu nguyên lý cấu tạo và làm việc của bơm nhiệt thực nghiệm của Thomson.



Hình 1.1. Nguyên lý cấu tạo và làm việc của bơm nhiệt thực nghiệm của Thomson với môi chất lạnh là không khí:

1 – Máy nén; 2 – Thùng nước nóng với dàn nóng; 3 – Thiết bị tiết lưu; 4 – Thùng nước lạnh với dàn lạnh; 5 – Nước nóng vào và ra; 6 – Nước lạnh (nguồn nhiệt) vào và ra.

thiệu sơ đồ bơm nhiệt đun nước nóng gia dụng thu nhiệt từ không khí ngoài trời đang rất thịnh hành trên thế giới.



Hình 1.2. Sơ đồ bơm nhiệt đun nước nóng gia dụng thu nhiệt từ không khí ngoài trời

Phần lớn bơm nhiệt làm việc với chu trình nén hơi có máy nén cơ và động cơ điện môi chất lạnh freon. Các bơm nhiệt loại này đặc biệt thích hợp đối với năng suất nhỏ, sử dụng trong khu vực gia đình, văn phòng, công sở, nhà hàng, quầy hàng thương nghiệp, công xưởng và khách sạn... Ngoài bơm nhiệt nén hơi chạy điện, người ta còn sử dụng bơm nhiệt nén hơi chạy bằng động cơ xăng, diesel, khí đốt... trong công nghiệp.

Tương tự như máy lạnh, ngoài bơm nhiệt nén hơi còn có bơm nhiệt hấp thụ, bơm nhiệt ejector, bơm nhiệt nhiệt điện. Tuy nhiên bơm nhiệt ejector và nhiệt điện hầu như không được ứng dụng trong thực tế. Riêng bơm nhiệt hấp thụ là có nhiều ý nghĩa kinh tế và được ứng dụng khá rộng rãi trong công nghiệp (đặc biệt công nghiệp thực phẩm, dệt may...) và thương nghiệp (điều hòa không khí cho văn phòng, khách sạn, phân xưởng tận dụng nhiệt thải và hơi thừa trong các nhà máy có nước thải nhiệt độ cao và hơi thừa), năng suất nhiệt có thể lên đến hàng ngàn kW.

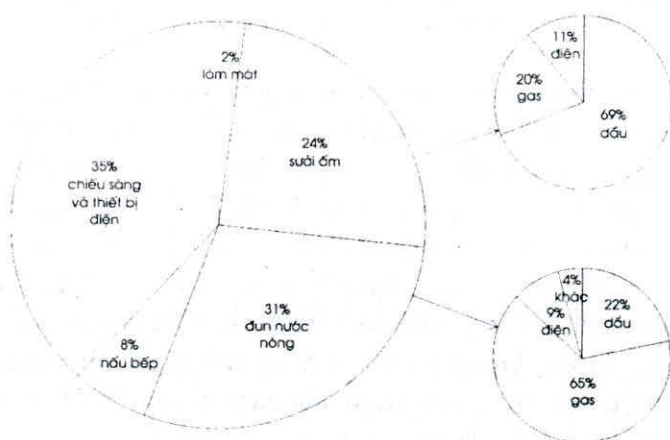
Các chính phủ và các tổ chức quốc tế đang có những chương trình đặc biệt để nghiên cứu về bơm nhiệt bởi vì bơm nhiệt giúp chúng ta sử dụng năng lượng sơ cấp một cách hiệu quả hơn, thu hồi được các nguồn nhiệt thải, tận dụng được các nguồn nhiệt môi trường từ không khí, nước, địa nhiệt, nâng cấp chúng thành các nguồn nhiệt có ích phù hợp với các yêu cầu sử dụng năng lượng ở nhiệt độ thấp để sưởi ấm, chuẩn bị nước nóng, sấy, hút ẩm, xử lý bảo quản rau quả, tẩy rửa, điều hòa không khí...

1.2. BƠM NHIỆT – CỨU TINH CỦA TRÁI ĐẤT

Trong bài “Heat Pump save the Earth on the Verge of Global Warming” (Bơm nhiệt cứu Trái đất trên bờ vực nóng lên toàn cầu), ba chuyên gia hàng

đầu của Nhật về bơm nhiệt là Giáo sư Hiroshi Kato, Chủ tịch Trung tâm KHCN Bơm nhiệt và Trữ nhiệt Nhật Bản, Giáo sư Kiyoshi Kurokawa – Đại học Keio, cố vấn đặc biệt của chính phủ và nguyên Chủ tịch Hội đồng Khoa học của Nhật Bản và Giáo sư Hiroshi Komiyama, Chủ tịch Đại học tổng hợp Tokyo đã đánh giá bơm nhiệt sẽ là cứu tinh của Trái Đất trước thảm họa môi trường, phát thải khí nhà kính vào khí quyển, nóng lên toàn cầu, biến đổi khí hậu, thiên tai hoành hành và ngập lụt.

Vì phải nhập khẩu hầu như toàn bộ nhiên liệu các loại nên Nhật Bản nổi tiếng thế giới trong lĩnh vực tiết kiệm và sử dụng hiệu quả năng lượng. Theo đánh giá của Trung tâm Nghiên cứu Bơm nhiệt và Trữ nhiệt Nhật Bản HPTCJ [3], nhờ liên tục nghiên cứu cải thiện hiệu quả năng lượng của các thiết bị trong các ngành công nghiệp mà suốt từ năm 1975 đến nay, GDP của Nhật liên tục tăng trưởng nhưng tiêu thụ năng lượng và lượng phát thải CO₂ hầu như không tăng. Tuy nhiên, tiêu thụ nhiên liệu chủ yếu là khí đốt và dầu trong khu vực gia đình Nhật Bản lại tăng đáng kể và chiếm một tỷ lệ khá lớn. Hình 1.3 giới thiệu tiêu thụ năng lượng gia dụng tại Nhật. Riêng tiêu thụ năng lượng để sưởi ấm và đun nước nóng chiếm từ 50 đến 60%. Tỷ lệ đó cũng tương tự như ở châu Âu và Mỹ. Theo đánh giá của HPTCJ thì tới 90% năng lượng này đang được cung cấp từ đốt ga và dầu. Đây chính là lĩnh vực có thể ứng dụng bơm nhiệt với khả năng mang lại hiệu quả to lớn.

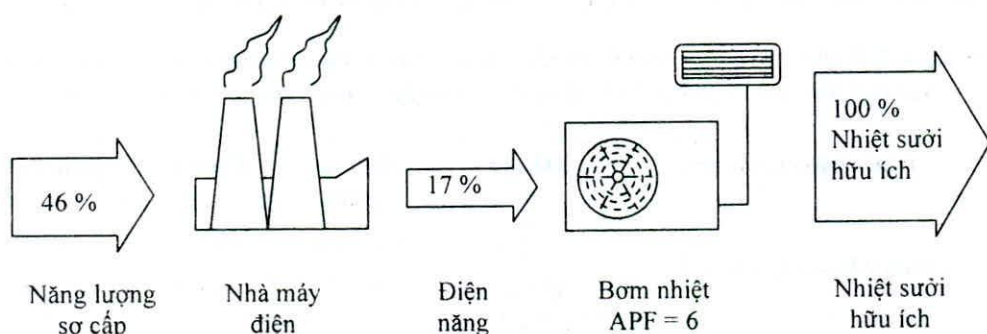


Hình 1.3. Thành phần tiêu thụ năng lượng tại Nhật Bản

Hình 1.4 giới thiệu hai phương pháp phân tích tiêu thụ năng lượng sơ cấp của hai hệ thống sưởi bằng đốt ga và bằng bơm nhiệt. Khi cùng cần 100 đơn vị nhiệt, nếu dùng lò sưởi đốt ga ta phải tốn 111 đơn vị năng lượng sơ cấp. Nếu dùng bơm nhiệt ta chỉ cần sử dụng 46 đơn vị năng lượng sơ cấp để sản xuất ra

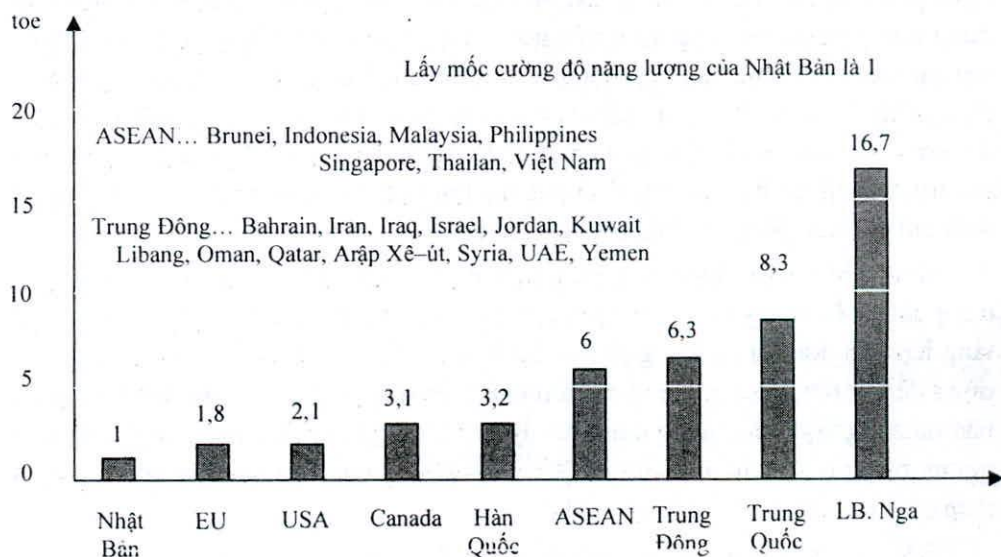
Trong tương lai gần, toàn thế giới sẽ phải nỗ lực đi tìm kiếm những nguồn năng lượng mới và năng lượng tái tạo để bù đắp cho sự thiếu hụt của năng lượng sơ cấp hóa thạch đang cạn kiệt. Bơm nhiệt sẽ đóng góp một vai trò quan trọng trong việc tái sinh, nâng cấp nhiệt từ môi trường để giảm tiêu tốn nguồn năng lượng sơ cấp.

Về mặt môi trường, để bảo vệ môi trường, làm chậm quá trình nóng lên của Trái Đất, phải giảm phát thải khí nhà kính. Muốn giảm phát thải khí nhà kính phải giảm đốt cháy nhiên liệu hóa thạch. Để đảm bảo an ninh năng lượng, việc sử dụng năng lượng với hiệu quả cao được coi là vấn đề then chốt. Hiện nay hiệu suất trung bình mới đạt khoảng 37%, nghĩa là khi đốt 100 tấn dầu chúng ta mới sử dụng được 37% nhiệt năng có ích, 63% nhiệt năng còn lại bị thất thoát vào môi trường. Ví dụ ở các nhà máy nhiệt điện đốt than, 100 % nhiệt năng sinh ra chỉ có khoảng 30% được biến thành điện, còn 70% bị tổn thất vào môi trường qua khói lò, nồi hơi, ống dẫn, tuabin, máy phát. 30% điện đó lại bị hao hụt mất khoảng 3% ở đường dây truyền tải, máy biến áp cao và hạ thế. Đến tới hộ tiêu thụ chỉ còn lại khoảng 27% hữu ích. Nếu sử dụng bơm nhiệt sưởi ấm hoặc đun nước nóng với hiệu quả nhiệt cả năm bằng 6 thì hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp được nâng lên 6 lần bằng $6 \times 27\% = 162\%$. Hình 1.8 giới thiệu hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp của bơm nhiệt sưởi ấm theo tính toán của các chuyên gia Nhật, khi sử dụng bơm nhiệt với hệ số hiệu quả năng lượng cả năm $APF = 6$ (Annual Performance Factor), với nhu cầu nhiệt sưởi là 100% thì chỉ cần 17% điện năng, và để có 17% điện năng ta chỉ cần 46% năng lượng sơ cấp (các quá trình chuyển hóa năng lượng sơ cấp ở các nhà máy điện khác nhau trung bình ở Nhật đạt $17/46 = 37\%$). Đó là ưu thế không thể phủ nhận của bơm nhiệt.



Hình 1.8. Hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp của bơm nhiệt sưởi ấm và đun nước nóng với hệ số hiệu quả năng lượng cả năm của bơm nhiệt $APF = 6$

Việc sử dụng năng lượng một cách tiết kiệm và hiệu quả ngày nay trên thế giới chưa đồng đều. Để sản xuất ra khối lượng hàng hóa trị giá 1 tỷ USD mỗi nước đang tiêu tốn năng lượng sơ cấp tính ra tấn dầu tương đương rất khác nhau. Hình 1.9 giới thiệu tiêu tốn năng lượng sơ cấp tính ra tấn dầu tương đương (toe) rất khác nhau của các nước và khu vực theo “Sổ tay Tiết kiệm năng lượng Nhật Bản, ECCJ 2009” (Japan Energy Conservation Handbook, ECCJ 2009). Tiêu thụ ít năng lượng nhất là Nhật với khoảng hơn 100 tấn toe/1 tỷ USD và cao nhất là Liên bang Nga gấp khoảng 16,7 lần (khoảng 1750 toe/1 tỷ USD).



Hình 1.9. Tiêu tốn năng lượng sơ cấp tính ra tấn dầu tương đương (toe) để đạt 1 tỷ USD

1.5. ỨNG DỤNG CỦA BƠM NHIỆT

Ứng dụng rộng rãi nhất của bơm nhiệt như đã trình bày ở trên là để sưởi ấm phòng vào mùa đông, làm mát vào mùa hè để trở thành máy điều hòa hai chiều. Đây là loại bơm nhiệt có năng suất nhỏ từ vài kW đến vài chục kW sử dụng trong khu vực gia đình và thương nghiệp. Dàn ngưng gió làm ẩm trực tiếp không khí trong phòng, còn dàn bay hơi gió thu nhiệt trực tiếp từ không khí ngoài trời. Hầu hết bơm nhiệt loại này đều là bơm nhiệt nén hơi, dùng máy nén cơ chạy điện, máy nén dạng blốc pittông, rôto hoặc xoắn ốc, có van đảo dòng 4 ngã để chuyển đổi từ chế độ làm mát mùa hè sang chế độ sưởi ấm mùa đông. Bơm nhiệt loại này còn được sử dụng trong công nghiệp sấy, hút ẩm...

Ứng dụng thứ hai cũng không kém phần quan trọng hiện nay là bơm nhiệt đun nước nóng từ $45 \div 70^\circ\text{C}$ dùng cho gia đình, công sở, thương nghiệp và công nghiệp. Bơm nhiệt loại này có dàn ngưng gia nhiệt cho nước trong bồn nước nóng. Nước nóng sẽ được bơm bơm đến hộ tiêu thụ. Dàn bay hơi chủ yếu là loại gió thu nhiệt trực tiếp từ không khí ngoài trời. Cũng có loại dàn bay hơi là dàn nước thu nhiệt trực tiếp từ nước giếng khoan, nước máy, nước ao, hồ, sông, suối hoặc nước thải có nhiệt độ cao, nước lấy từ bộ thu năng lượng Mặt Trời...

Những hệ thống bơm nhiệt lớn sử dụng trong công nghiệp hoặc thương nghiệp, thể dục thể thao, năng suất nhiệt lên đến hàng chục ngàn kW thường sử dụng máy nén tuabin, chu trình nén hơi. Ví dụ, năm 1959 hãng York của Mỹ đã lắp đặt một bơm nhiệt kết hợp nóng lạnh ở Square Walley phục vụ Olympic mùa đông. Đây là bơm nhiệt hai chiều nóng lạnh. Nguồn lạnh có năng suất 1919 kW để làm lạnh nước muối CaCl_2 ở nhiệt độ trung bình -10°C , được bơm cấp cho 4 sân trượt băng nghệ thuật. Nguồn nóng phát ra từ 6 dàn ngưng không khí dùng để sưởi ấm cho các phòng thể thao và các bể bơi.

Bơm nhiệt nóng lạnh là phương án bơm nhiệt hiệu quả nhất vì có thể sử dụng cả nguồn nóng và nguồn lạnh của bơm nhiệt, hệ số bơm nhiệt có thể nói là tăng lên gấp đôi. Ví dụ trong lò mổ, lạnh dùng để bảo quản thịt, còn nước nóng dùng để tẩy rửa. Trong các xí nghiệp chế biến thủy sản cũng vậy, lạnh dùng để bảo quản cá, còn nước nóng dùng để tẩy rửa. Trong tháp chưng cất, tách chất dàn ngưng bố trí ở đáy tháp để gia nhiệt cho đáy tháp, còn dàn bay hơi bố trí ở đỉnh tháp để thu chất dễ bay hơi ở đỉnh tháp.

Đối với một nước với nền công nghiệp còn non trẻ như nước ta, việc nghiên cứu ứng dụng bơm nhiệt hấp thụ chắc chắn sẽ mang lại hiệu quả kinh tế cao do công nghệ chế tạo bơm nhiệt hấp thụ đơn giản, hoàn toàn nằm trong tầm tay ngành cơ khí chế tạo, tạo điều kiện sử dụng hợp lý các nguồn nhiệt thải, khí thải, hơi thừa của các cơ sở công nghiệp khác nhau hiện nay.

Nói chung, bơm nhiệt có thể sử dụng hiệu quả ở các trường hợp sau:

- Khi nơi đó có nguồn nhiệt thải có nhiệt độ cao hơn nhiệt độ môi trường nhưng vẫn còn quá thấp để có thể sử dụng trực tiếp.

- Khi nơi đó có nhu cầu đồng thời nguồn nóng và nguồn lạnh như đã nói ở trên, nguồn nóng để chuẩn bị nước nóng, để sưởi, sấy; còn nguồn lạnh để bảo quản.

- Trong các cơ sở công nghiệp sử dụng nhiều nguồn nhiệt có nhiệt độ khác nhau, phù hợp với bơm nhiệt để có thể sử dụng nhiệt thải ở đầu ra cấp ngay cho nhu cầu nhiệt ở đầu vào, ví dụ trong điều hòa không khí mùa hè, thu nhiệt từ

các phòng cần làm mát để đun nước nóng sinh hoạt; thu nhiệt từ đỉnh tháp chưng cất để cấp cho đáy tháp; sử dụng nhiệt thải của khu chiết chai, thanh trùng trong các nhà máy bia, nước giải khát để cấp cho khu rửa chai...

– Trong các cơ sở công nghiệp đã có sẵn thiết bị hồi nhiệt mà bơm nhiệt có khả năng cải thiện việc thu hồi nhiệt thải.

– Khi phải truyền tải một dòng nhiệt đi xa, việc sử dụng bơm nhiệt ở cuối nguồn của dòng nhiệt để đảm bảo nhiệt độ đầu ra, có thể giảm đáng kể chi phí đầu tư ban đầu.

Bảng 1.3 giới thiệu một số khả năng ứng dụng của bơm nhiệt thông dụng, bảng 1.4 giới thiệu một số khả năng ứng dụng của bơm nhiệt nóng lạnh kết hợp và bảng 1.5 giới thiệu một số khả năng sử dụng bơm nhiệt để thu hồi nhiệt thải ở các nguồn nhiệt thải.

Bảng 1.3. Một số khả năng ứng dụng của bơm nhiệt thông dụng

TT	Mục đích sử dụng của bơm nhiệt	Năng suất nhiệt, kW	Nhiệt độ nguồn lạnh, °C	Nhiệt độ nguồn nóng, °C
1	Sưởi ấm nhà ở bằng bơm nhiệt gió gió (ATA heat pump)	2,3 ÷ 14	Nhiệt độ môi trường	45 ÷ 50
2	Đun nước nóng gia dụng bằng bơm nhiệt gió nước (ATW heat pump)	2,3 ÷ 14	Nhiệt độ môi trường	45 ÷ 50
3	Đun nước nóng thương nghiệp và công nghiệp (ATW heat pump)	14 ÷ 250	Nhiệt độ môi trường	45 ÷ 70
4	Công nghiệp sấy	2,3 ÷ 250	Nhiệt và ẩm của gió tuần hoàn	15 ÷ 50
5	Quay vòng dòng nhiệt trong công nghiệp bay hơi cô đặc, tháp chưng cất, xưởng giặt là, tẩy rửa vệ sinh thiết bị hoặc buồng sấy	250 ÷ 1000	30 ÷ 130	30 ÷ 50
6	Thu hồi nhiệt thải từ các quá trình công nghệ, khu đô thị, khu dân cư, sản xuất hơi công nghệ, kết hợp với trung tâm cấp nhiệt, cấp lạnh, thu hồi nhiệt ngưng tụ...	1000 ÷ 5000	30 ÷ 70	50 ÷ 120

TRƯỜNG CĐ. CÔNG THƯƠNG TP HCM
THƯ VIỆN
 Số: 16080848

Bảng 1.4. Một số khả năng ứng dụng của bơm nhiệt nóng lạnh kết hợp

Bơm nhiệt nóng lạnh	Nhu cầu nóng	Nhu cầu lạnh
Điều hòa không khí hai chiều	Sưởi ấm mùa đông	Làm mát mùa hè
Đun nước nóng gia dụng	Đun nước nóng	Làm mát phòng mùa hè, tủ lạnh gia đình
Bơm nhiệt đa năng	Sưởi ấm mùa đông, đun nước nóng cả năm, có thể kết hợp với bộ thu năng lượng Mặt Trời	Làm mát mùa hè
Nhà máy chế biến cá	Nước nóng để vệ sinh, tẩy rửa	Bảo quản lạnh và sản xuất nước đá
Nhà máy chế biến thịt	Nước nóng để vệ sinh, tẩy rửa	Bảo quản lạnh và sản xuất nước đá
Xí nghiệp giết mổ	Nước nóng để vệ sinh, tẩy rửa	Làm lạnh, bảo quản lạnh, kết đông và bảo quản đông
Xí nghiệp chế biến sữa	Nước nóng để vệ sinh, tẩy rửa và sinh hoạt	Làm lạnh và bảo quản lạnh sữa
Các nhà máy chế biến rau quả, nông sản	Nước nóng để vệ sinh, tẩy rửa và dùng cho máy rửa	Bảo quản lạnh, làm lạnh và bảo quản sản phẩm
Kho lạnh	Sưởi ấm phòng hoặc bán nhiệt ngưng tụ dạng nước nóng, gió nóng	Làm lạnh phòng
Xưởng bia	Nước nóng	Lạnh nhanh dịch bia, làm lạnh bia lên men và thành phẩm, bảo quản nuôi cấy men...
Trung tâm cấp nhiệt, mạng nhiệt	Nước nóng	Nước lạnh
Công trình thể thao	Sưởi phòng, sưởi ấm bể bơi	Sân trượt băng
Tháp chưng cất, tinh luyện, tách chất	Cấp nhiệt cho đáy tháp	Thu nhiệt ở đỉnh tháp
Bay hơi, cô đặc với chu trình hở	Cấp nhiệt cho quá trình bay hơi	Thu nhiệt ở quá trình ngưng tụ

Bảng 1.5. Một số khả năng sử dụng bơm nhiệt để thu hồi nhiệt thải ở các nguồn nhiệt thải

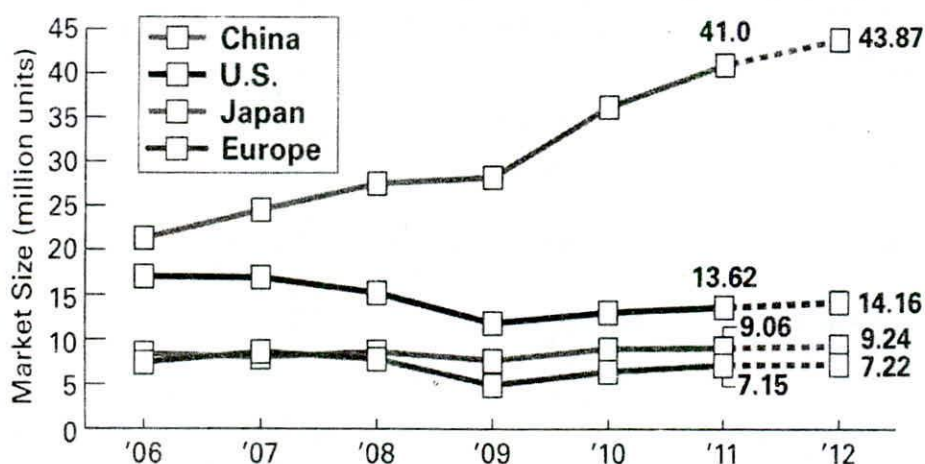
Cơ sở kinh tế	Nhu cầu nhiệt nhiệt độ thấp	Nguồn nhiệt thải
Xí nghiệp giặt là	Nước nóng	Nước thải
Khách sạn, bệnh viện	Nước nóng và nước sinh hoạt	Nước thải
Xưởng nhuộm và sợi dệt	Nước nóng	Nước thải
Nhà máy giấy và bột	Nước nóng và nhiệt cấp cho máy sấy	Nước thải và khí thải
Xưởng sản xuất mạch nha	Nhiệt cấp cho máy sấy	Khí thải
Điều hòa không khí trong xí nghiệp và chuồng trại nông nghiệp	Sưởi ấm và nước nóng	Nhiệt thải từ chuồng trại, buồng ấp trứng, buồng giống, buồng đấm hoa quả...
Xưởng dầm chuối, dầm hoa quả	Buồng dầm chuối, dầm hoa quả	Buồng bảo quản chuối, hoa quả
Xưởng sấy ...	Gia nhiệt không khí cấp cho buồng sấy	Khí thải, ẩm thải từ buồng sấy

1.6. THỊ TRƯỜNG BƠM NHIỆT GIA DỤNG VÀ THƯƠNG NGHIỆP THẾ GIỚI

1.6.1. Thị trường thế giới

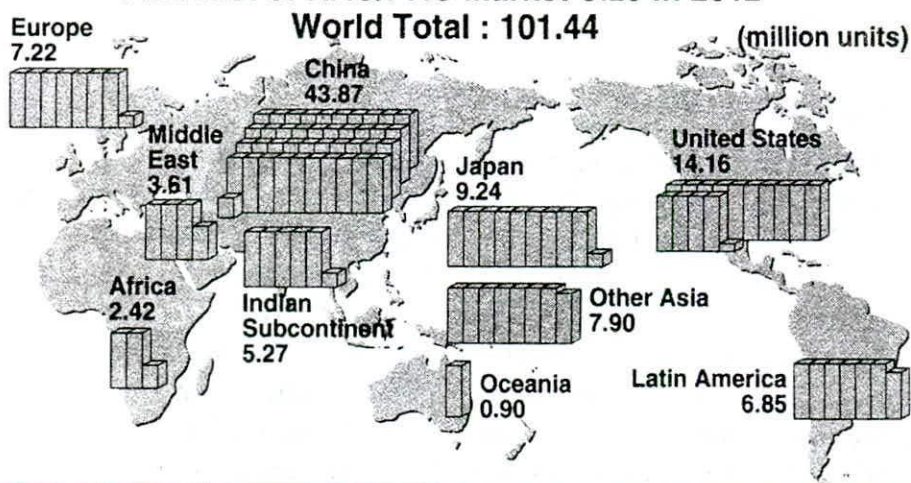
Theo tạp chí JARN trang 1 số 520-S ngày 25 tháng 5 năm 2012, tổng sản lượng máy điều hòa phòng RAC (Room Air Conditioner) và máy điều hòa tổ hợp gọn PAC (Packaged Air Conditioner) của toàn thế giới sản xuất năm 2011 là khoảng 96,7 triệu máy, tăng khoảng 7,5% so với năm 2010, trong đó máy điều hòa hai chiều (bơm nhiệt) chiếm khoảng 30%. Trung Quốc đã củng cố vị trí dẫn đầu với 41,0 triệu máy. Thị trường Mỹ đã tiêu thụ khoảng 13,6 triệu máy, tăng 7,7% so với năm 2010. Thị trường châu Âu đã tiêu thụ khoảng 7,2 triệu máy, tăng 11,5% so với năm 2010. Thị trường Nhật đã tiêu thụ gần 9,1 triệu máy, tăng nhẹ so với năm 2010. Thị trường châu Á (ngoại trừ Trung Quốc và Nhật) đã tiêu thụ khoảng 12,1 triệu máy. Hình 1.10 giới thiệu biểu đồ phát triển máy điều hòa không khí RAC/PAC của Trung Quốc, Mỹ, Nhật và châu Âu từ năm 2006 đến 2012. Hình 1.11 giới thiệu dự đoán sản lượng máy điều hòa RAC/PAC năm 2012 cho các khu vực trên thế giới.

Trends of Market Size : China, United States, Europe, Japan



Hình 1.10. Biểu đồ phát triển máy điều hòa không khí RAC/PAC của Trung Quốc, Mỹ, Nhật và châu Âu từ năm 2006 đến 2012

Forecast of RAC/PAC Market Size in 2012



Hình 1.11. Dự đoán sản lượng máy điều hòa RAC/PAC năm 2012 cho các khu vực trên thế giới

Bảng 1.6 giới thiệu số lượng máy điều hòa tiêu thụ năm 2011 và 2012 của các thị trường trên thế giới.

Bảng 1.6. Số lượng máy điều hòa RAC/PAC tiêu thụ năm 2011 và 2012 của các thị trường trên thế giới

Thị trường	Số lượng RAC/PAC năm 2011, triệu chiếc	Số lượng RAC/PAC năm 2012, triệu chiếc
Trung Quốc	41,0	43,87
Mỹ	13,62	14,16
Nhật	9,06	9,24
Châu Âu	7,15	7,22
Ấn Độ	3,80	5,27
Trung Đông	3,72	3,61
Các nước châu Á còn lại	7,45	7,90
Châu Phi	2,3	2,42
Châu Mỹ La tinh	6,3	6,85
Châu Úc	0,79	0,90
Việt Nam	0,46	0,56

Thị trường Trung Quốc, Mỹ, Nhật và châu Âu chiếm đến 70% thị trường toàn cầu. Phần còn lại 30% bao gồm châu Mỹ La tinh 6,85 triệu chiếc, Ấn Độ 5,27 triệu chiếc, Trung Đông 3,61 triệu chiếc, châu Phi 2,42 triệu chiếc và châu Úc 0,9 triệu chiếc.

Mặc dù khủng hoảng kinh tế, tình hình chính trị không ổn định, thời tiết thất thường và thiên tai hoành hành trong năm 2011, nhưng nhu cầu chung về điều hòa không khí vẫn phát triển khoảng 7,5% so với năm 2010, tuy nhiên xu hướng phát triển dần dần chậm lại.

Trong năm 2011, nền kinh tế Mỹ có những dấu hiệu được khôi phục, nên số lượng máy điều hòa gia dụng và thương nghiệp tiêu thụ trên thị trường tăng lên. Các quy chế về tiết kiệm năng lượng được thắt chặt hơn thúc đẩy mạnh mẽ sự phát triển của máy điều hòa hai cụm không ống gió và máy VRF (máy một mẹ nhiều con).

Trung Quốc tiếp tục là nhà chế tạo máy điều hòa lớn nhất thế giới và có các cơ sở chế tạo lớn nhất thế giới. Trung Quốc có ảnh hưởng sâu rộng tới toàn

bộ thị trường thế giới. Thị trường Trung Quốc không hoàn toàn đạt được mục tiêu đề ra trong năm 2011 một phần bởi Chính phủ đã dừng trợ cấp cho các sản phẩm điều hòa không khí khi mua hàng. Cung vượt quá cầu, sản phẩm tồn kho quá lớn nên tốc độ sản xuất được giảm xuống đáng kể từ nửa cuối năm 2011.

Năm 2011, nền kinh tế châu Âu trên đà suy thoái làm cho vốn đầu tư giảm và sức mua cũng giảm. Khí hậu và thời tiết châu Âu năm 2011 cũng không xảy ra nắng nóng bất thường nên nhu cầu về điều hòa không khí thụt giảm so với năm trước. Riêng thị trường Nga và Thổ Nhĩ Kỳ lại phát triển mạnh mẽ bằng và vượt cả sự mong đợi.

Các thị trường mới nổi như Ấn Độ và Brazil cũng không được mong đợi nhiều ngoài sự tăng trưởng kinh tế và thời tiết thuận lợi. Thị trường điều hòa không khí chưa đáp ứng được như mong đợi. Tuy nhiên, các nhà sản xuất lớn vẫn tiếp tục đầu tư các cơ sở chế tạo tại địa phương cũng như mở rộng mạng lưới phân phối và tiêu thụ.

Sau những năm dài hầu như không có mặt trên bản đồ điều hòa không khí của thế giới, thị trường điều hòa không khí ở châu Phi đang phát triển khá ấn tượng. Các nhà đầu tư lớn từ Nhật và Trung Quốc đang xem xét lại chiến lược phát triển của mình để bước vào thị trường đầy tiềm năng này.

Trung Đông với tình hình chính trị bất ổn có tác động không nhỏ tới thị trường điều hòa không khí, nhưng do thời tiết nóng nực nên thị trường vẫn tiếp tục phát triển bền vững.

Động đất và sóng thần ở Nhật Bản và lũ lụt nhiều tháng ở Thái Lan đã ảnh hưởng không chỉ tới các nhà sản xuất máy điều hòa ở Nhật, ở Thái Lan mà còn ảnh hưởng đến việc cung cấp các linh kiện điện tử trên toàn cầu. Các thiên tai đó tuy chỉ là nhất thời nhưng hai nước Nhật và Thái Lan cũng đã nhanh chóng hồi phục được dây chuyền cung cấp thiết bị trong một thời gian ngắn.

1.6.2. Tiết kiệm năng lượng và dán nhãn tiết kiệm năng lượng

Từ tháng 06/2010, để tiết kiệm năng lượng, Trung Quốc đã nâng cao Tiêu chuẩn hiệu quả năng lượng tối thiểu MEPS (Minimum Energy Performance Standards) lên một mức mới cho máy điều hòa thường (không biến tần). Điều đó đã thúc đẩy mạnh mẽ sự phát triển của điều hòa biến tần.

Cũng với mục đích tiết kiệm năng lượng, Tiêu chuẩn mới của Mỹ về Hiệu quả năng lượng tối thiểu cả năm SEER (Seasonal Energy Efficient Ratio) sẽ có hiệu lực bắt đầu từ 01/01/2015 đối với các loại điều hòa không khí hai cụm, bơm nhiệt hai cụm, máy điều hòa nguyên cụm và bơm nhiệt nguyên cụm.

Ở khu vực EU, phiên bản mới trong lần xuất bản thứ 5 về hướng dẫn dán nhãn tiết kiệm năng lượng cho các sản phẩm máy điều hòa không khí thay thế cho phiên bản cũ (2002/31/EC) có hiệu lực vào ngày 01/01/2013 đã nâng cao đáng kể các rào cản về COP đối với các máy điều hòa, bơm nhiệt kém chất lượng mà đặc biệt chú trọng nâng cao COP sưởi ấm vào mùa đông.

MEPS mới của Úc đã có hiệu lực từ tháng 10/2012. So với phiên bản cũ, toàn bộ MEPS mới cho tất cả các chủng loại điều hòa và bơm nhiệt tăng lên trung bình 10%. Ngày 10/07/2011 chính phủ Úc công bố “Chương trình năng lượng sạch tương lai”. Trong chương trình, từ 01/07/2012, môi chất lạnh R410A bị đánh thuế mức 23,00 Đôla Úc/tấn (khoảng 24 USD/tấn) nhân với 1975 là GWP của R410A ($23.1975 = 45.425$ Đôla Úc /tấn). Như vậy, với mức thuế đó thì giá 1 kg R410A là 47 USD/kg.

Do bị thúc ép bởi vấn đề thiếu hụt điện và vấn đề ô nhiễm môi trường, Trung Quốc với sản lượng máy điều hòa RAC chiếm đến một nửa sản lượng toàn thế giới, đã có bước đột phá vượt bậc trong việc chuyển đổi từ máy điều hòa thường sang máy điều hòa biến tần và nâng tỷ lệ máy điều hòa biến tần năm 2011 lên tới 40%. Một điều kiện tiên quyết để đưa máy biến tần đến với người tiêu dùng ở các thị trường mới nổi như Brazil hoặc Đông Nam Á, kể cả châu Âu là giá cả phải chăng. Công nghệ biến tần không chỉ sử dụng cho RAC mà còn được nghiên cứu ứng dụng rộng rãi cho các loại máy điều hòa và thiết bị khác nhằm mục đích tiết kiệm năng lượng như PAC, chiller, bơm, quạt FCU, AHU, tháp giải nhiệt, các thiết bị lạnh thương nghiệp và công nghiệp...

Tỷ lệ sử dụng điều hòa biến tần ở các thị trường khác nhau của năm 2011 được giới thiệu trong bảng 1.7. Ở đây ta thấy, Nhật Bản đi đầu với 100 % máy điều hòa biến tần, tiếp theo là Trung Quốc với 40%. Rất đáng tiếc là nước Mỹ với cung cách tiêu xài hoang phí điện năng nên tỷ lệ này còn quá thấp, chỉ khoảng 1% máy điều hòa biến tần.

Bảng 1.7. Tỷ lệ máy điều hòa biến tần năm 2011 ở các thị trường khác nhau

Thị trường	Tỷ lệ máy điều hòa biến tần RAC
Nhật Bản	100%
Úc	90%
Trung Quốc	40%
Châu Âu EU	25%
Việt Nam	6%
Mỹ và châu Mỹ La tinh	Khoảng 1%

Dựa trên cấu trúc của RAC, chi phí cho nguyên vật liệu như sau: đồng 30%; thép tấm và thép chế tạo máy nén 45%; nhôm 15%; các nguyên vật liệu còn lại 10%. Trong vòng xoáy của cơn lốc tăng giá cả, các nhà chế tạo phải tìm mọi biện pháp để duy trì giá cả hợp lý cho sản phẩm máy điều hòa. Tuy nhiên giá thành năm 2011 cũng đã tăng khoảng 7,5% so với năm trước.

Đặc biệt giá đất hiếm nhập khẩu từ Trung Quốc đã tăng đáng kể từ quý 2 năm 2011 đã gây nhiều khó khăn cho các nhà sản xuất. Nhiều nhà sản xuất đã cố gắng loại trừ thành phần đất hiếm ra khỏi sản phẩm điều hòa không khí, trong đó có việc sử dụng lại ferrite trong nam châm mô tơ thay cho các kim loại đất hiếm, nhưng với điều kiện máy điều hòa phải đảm bảo hiệu quả năng lượng tương tự như kim loại đất hiếm. Tuy nhiên cho đến nay, ferrite mới có ưu điểm về giá cả, còn hiệu suất vẫn chưa bằng được kim loại đất hiếm. Cộng tác với công nghiệp, Chính phủ Nhật đang có chương trình nghiên cứu thu hồi đất hiếm từ các động cơ ô tô đã bị loại bỏ.

Để tăng cường khả năng thương mại, nhiều nhà sản xuất đã mua lại hoặc trực tiếp tham gia liên kết với các nhà chế tạo và bán lẻ địa phương. Năm 2011, Daikin đã mua lại Công ty HVAC Airfel của Thổ Nhĩ Kỳ. Năm 2010, Midea đã mua lại 32,5% cổ phần của Công ty Điều hòa không khí Mirano của United Technologies ở Ai Cập. Năm 2011, Carrier đã liên doanh với Tập đoàn Midea để chế tạo và phân phối các sản phẩm điều hòa không khí ở Brazil, Argentina và Chilê. Ngày 06/01/2012 Midea tuyên bố cùng Carrier liên danh xây dựng nhà máy chế tạo máy điều hòa RAC tại Ấn Độ. Carrier cũng đã mua nhiều cổ phần của Công ty Shan-dong Fuerda, một công ty nổi tiếng của Trung Quốc chuyên chế tạo bơm nhiệt địa nhiệt.

1.6.3. Môi chất lạnh

Hàng loạt các quy định thắt chặt việc sử dụng và phát thải môi chất lạnh làm ô nhiễm môi trường đã được ban hành trên phạm vi toàn thế giới. Hội đồng châu Âu EU đã ra thông báo soát xét lại Quy chế Môi chất lạnh và các loại ga gây ô nhiễm môi trường, trong đó có những quy chế mới về cấm sử dụng các chất có GWP > 150 trong các xe ô tô mới từ năm 2011 và cấm hoàn toàn vào năm 2017. Các nhà chế tạo ô tô Đức đã loại bỏ hoàn toàn R134a và thay thế bằng CO₂ ngay từ năm 2006. Quốc hội Úc đã thông qua Luật Thuế mới đánh vào các môi chất lạnh gây ô nhiễm môi trường và gây hiệu ứng lồng kính làm Trái Đất nóng lên, luật này đã chính thức có hiệu lực từ 01/07/2012.

Tuy các nhà khoa học đã bỏ ra rất nhiều công sức để nghiên cứu và tìm kiếm các môi chất lạnh thay thế nhưng cho đến nay vẫn chưa tìm ra được môi chất lạnh hoàn hảo nào đáp ứng, được đầy đủ các yêu cầu về an toàn, hiệu quả,

tiết kiệm và thân thiện với môi trường. Trong hàng loạt các môi chất lạnh thay thế được công bố nổi bật lên hiện nay là các ứng viên: R32, HFO-1234yf, R290 và CO₂. Bảng 1.8 giới thiệu những tính chất vật lý, an toàn và môi trường cơ bản của các ứng viên môi chất lạnh thay thế đó.

Bảng 1.8. Tính chất vật lý, an toàn và môi trường cơ bản của các ứng viên môi chất lạnh thay thế

Môi chất lạnh		R32	HFO – 234yf	R290 (propan)	R744 (carbon dioxide)
Công thức hóa học		CH ₂ F ₂	CH ₂ CFCF ₃	C ₃ H ₈	CO ₂
Tính chất vật lý	Phân tử lượng M, kg/kmol	52,02	114	44,10	44,01
	Nhiệt độ sôi thường, °C	-51,7	-29,3	-42,1	-78,4
	Nhiệt độ tới hạn, °C	78,2	94,7	96,7	31,1
	Áp suất tới hạn, bar	57,8	33,8	42,5	73,8
Tính chất an toàn	TLV – TWA	1000	–	2500	5000
	LFL	13,3	6,2	2,3	None
	HOC	9,4	10,7	50,3	–
	Nhóm an toàn, Std 34	A2L	A2L	A3	A1
Tính chất môi trường	Vòng đời (thời gian tồn tại trong khí quyển), năm	5,6	0,05 (11 ngày)	–	> 50
	ODP	0,000	0,000	0,000	0,000
	GWP (100 năm)	880	4	20	1

GWP (Global Warming Potential): Tiềm năng làm nóng địa cầu. Chỉ số tương đối chỉ khả năng (hiệu ứng lồng kính) của một chất khí ảnh hưởng tới sự nóng lên của Trái Đất, lấy chuẩn quy ước của CO₂ là bằng 1 cho thời hạn 100 năm.

HOC (Heat of Combustion): Nhiệt trị (của ga lạnh).

LFL (Lower Flammability Limit): Giới hạn bắt lửa dưới, giới hạn nồng độ dưới mà ga lạnh trong không khí có thể lây lan lửa, thường tính theo thể tích % trong không khí.

ODP (Ozone Depletion Potential): Tiềm năng làm suy giảm ozone, chỉ số tương đối xác định khả năng phá hủy tầng ozone với quy ước ODP của R11 là bằng 1.

TLV-TWA (Threshold Limit Value – Time – Weighted Average): Nồng độ giới hạn trung bình lâu dài, giá trị nồng độ giới hạn trong không khí mà với điều kiện làm việc 8 h/ngày và 5 ngày/tuần, tất cả các công nhân tiếp xúc lâu dài với ga lạnh không bị đe dọa bởi ảnh hưởng có hại.

Bảng 1.9. Hiệu quả năng lượng tối thiểu MEPS (EER_{min})
của tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7830: 2007 và 2012

Kiểu thiết bị	Năng suất lạnh Q, W	Hiệu quả năng lượng tối thiểu MEPS, W/W	
		TCVN 7830: 2007	TCVN 7830: 2012
Một cụm	—	2,30	2,60
Hai cụm	$Q < 4500$	2,60	3,00
	$4500 \leq Q < 7000$	2,50	2,80
	$7000 \leq Q < 14000$	2,40	2,60
	$14000 \leq Q < 23000$	—	2,40

Vậy nhãn năng lượng là gì? Nhãn tiết kiệm năng lượng hay gọi tắt là nhãn năng lượng là các nhãn của cơ quan quản lý về chất lượng có số sao “*” từ 1 sao đến 5 sao năng lượng dán lên máy để phân biệt các máy điều hòa có cùng năng suất, nhưng có khả năng tiết kiệm năng lượng khác nhau. Khả năng tiết kiệm năng lượng điện này thể hiện qua Hiệu quả năng lượng EER (Energy Efficiency Ratio hay còn gọi là COP – Coefficient of Performance) mà nó đạt được. EER lớn sẽ được dán nhãn nhiều sao, còn EER thấp sẽ bị dán nhãn ít sao. Máy chỉ đạt EER bằng EER_{min} quy định thì chỉ được dán nhãn 1 sao. Các máy có EER nhỏ hơn EER_{min} sẽ bị cấm đưa ra tiêu thụ trên thị trường Việt Nam. Nhãn năng lượng là sáng kiến của Bộ Tài nguyên nước và Môi trường Singapore áp dụng cho các máy điều hòa không khí không biến tần có năng suất lạnh đến 17,6 kW (50.000 Btu/h). Ở Việt Nam, nhãn tiết kiệm năng lượng có từ 1 đến 5 sao (*), trước mắt áp dụng cho máy không biến tần (cửa sổ và 2 cụm), năng suất lạnh đến 23 kW (80.000 Btu/h). Bảng 1.10 giới thiệu năm cấp năng lượng hay cấp EER cho RAC/PAC theo TCVN 7830 – 1 : 2012 (ISO 5151 – 2010).

Bảng 1.10. Năm cấp năng lượng hay cấp EER cho RAC/PAC theo TCVN 7830 – 1 : 2012

Kiểu thiết bị	Năng suất lạnh Q, W	Năm cấp EER				
		1 sao	2 sao	3 sao	4 sao	5 sao
Một cụm	—	2,60	2,80	3,00	3,20	3,40
Hai cụm	$Q < 4500$	3,00	3,20	3,40	3,60	3,80
	$4500 \leq Q < 7000$	2,80	3,00	3,20	3,40	3,60
	$7000 \leq Q < 14000$	2,60	2,80	3,00	3,20	3,40
	$14000 \leq Q < 23000$	2,40	2,60	2,80	3,00	3,20

Việc dán nhãn năng lượng chắc chắn sẽ thúc đẩy sự phát triển mạnh mẽ các loại máy có khả năng tiết kiệm năng lượng cao, hạn chế và loại bỏ các loại máy kém chất lượng và tiêu tốn nhiều điện năng ra khỏi thị trường, ngăn chặn việc nhập khẩu bừa bãi máy điều hòa rác vào Việt Nam, giúp giảm tải lưới điện, bảo vệ môi trường và liên quan trực tiếp đến các nhà chế tạo.

Thị trường RAC hàng đầu ở Việt Nam hiện nay có LG và Samsung của Hàn Quốc và Panasonic, Daikin, Mitsubishi Electric, Fujitsu General, Toshiba Carrier... của Nhật. Các nhà chế tạo Hàn Quốc chiếm lĩnh thị trường miền Bắc, còn các nhà chế tạo Nhật Bản chủ yếu ở thị trường miền Nam. Các nhà sản xuất trong nước gồm Reetech, Funiki và Nagakawa. Reetech là công ty cổ phần đầu tiên được thành lập từ năm 2000 và cũng là công ty chế tạo điều hòa không khí đầu tiên của Việt Nam. Máy Reetech được quảng cáo với chống han gỉ, tự động khởi động lại, có nút vận hành kinh tế và có phin lọc làm trong sạch không khí... Nagakawa được thành lập từ năm 2002 và chuyển thành công ty cổ phần năm 2007. Ngoài sản phẩm chính là RAC, Reetech và Nagakawa còn chế tạo PAC các loại như loại tủ tường, cassette treo trần, giấu trần và các loại VRF (một mẹ nhiều con). Nagakawa chiếm lĩnh khoảng 9% thị phần điều hòa không khí tại Việt Nam và đã được Chính phủ tuyên dương là nhãn hiệu hàng Việt Nam nổi tiếng vào năm 2010.

Các nhà chế tạo Mỹ, Trung Quốc và Hàn Quốc đã xây dựng các nhà máy chế tạo tại Việt Nam như Carrier, Midea, Gree, LG và TCL.

Vào 01/6/2011, Mitsubishi Electric thành lập MEV (Mitsubishi Electric Vietnam) ở Thành phố Hồ Chí Minh để nghiên cứu thị trường, định hướng thương mại, tăng cường mạng lưới phân phối bán hàng, đa dạng hoá các sản phẩm, đáp ứng tốt nhất nhu cầu thị trường đang phát triển tại Việt Nam. Mục tiêu của MEV là đạt doanh thu khoảng 95 triệu USD hàng năm vào tháng 3 năm 2016. Các hãng khác như Daikin, Toshiba, Panasonic, Midea, Gree... cũng có những kế hoạch hành động để cùng cố và mở rộng thị trường tại Việt Nam. Panasonic đã xây dựng nhà máy chế tạo các thiết bị gia dụng như tủ lạnh và máy giặt... tuy nhiên máy điều hòa vẫn được chuyển từ Malaysia vào Việt Nam.

1.8. VÍ DỤ TÍNH TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG THEO NHÃN NĂNG LƯỢNG CÁC CẤP

Như đã nói, Việt Nam đã có tiêu chuẩn mới về hiệu quả năng lượng tối thiểu MEPS và các cấp tiết kiệm năng lượng. Để hiểu rõ hơn ý nghĩa của các cấp năng lượng này (bảng 1.10) chúng ta có thể theo dõi các ví dụ sau đây.

Bảng 1.11 giới thiệu điện tiêu thụ và thời gian hoàn vốn khi so sánh máy điều hòa 5 sao có và không biến tần với máy 1 sao không biến tần.

Ví dụ 1.1: Cho biết: máy 12.000 Btu/h, một chiều lạnh, lắp đặt tại Hà Nội, lắp đúng theo tải lạnh của phòng. Chế độ vận hành:

- a) C hi chạy trong 4 tháng hè, mỗi ngày chạy 8h ($122 \text{ ngày} \times 8 \text{ h/ngày} = 976 \text{ h}$).
- b) Chạy cả năm, 24/24 h.

Xác định chênh lệch tiền điện khi dùng máy điều hòa 1 sao và 5 sao loại thường và thời gian hoàn vốn với giả thiết máy 5 sao đắt hơn máy 1 sao là 1.000.000 VND.

Xác định chênh lệch tiền điện khi dùng máy điều hòa 1 sao thường với 5 sao loại biến tần và thời gian hoàn vốn với giả thiết máy 5 sao biến tần đắt hơn máy 1 sao thường là 2.000.000 VND.

Giải:

1) Phương án A: Chạy trong 4 tháng hè, 8h/ngày đêm

- Lượng lạnh khi chạy ở 100%, 75% và 50% tải:

$$Q_{100\%} = 3,516 \text{ kW} \times 976 \text{ h} = 3.432 \text{ kWh lạnh},$$

$$Q_{75\%} = 0,75 \times 3.432 = 2.425 \text{ kWh lạnh},$$

$$Q_{50\%} = 0,50 \times 3.432 = 1.716 \text{ kWh lạnh}.$$

- Lượng lạnh máy điều hòa cấp được trong 4 tháng là:

$$Q = 0,018 \times Q_{100\%} + 0,501 \times Q_{75\%} + 0,481 \times Q_{50\%} = 2.102 \text{ kWh lạnh}.$$

- Điện năng tiêu tốn:

$$N = Q / \text{IEER}$$

- Trường hợp dùng điều hòa 1 sao thường ta có $\text{IEER} = 3,26$, khi đó:

$$N = 2102 / 3,26 = 645 \text{ kWh điện}.$$

Thành tiền là: $P = 645 \cdot 2200 \text{ VND/kWh} = 1.418.000 \text{ VND/4 tháng}.$

- Trường hợp dùng điều hòa 5 sao thường ta có $\text{IEER} = 4,14$, khi đó:

$$N = 2102 / 4,14 = 508 \text{ kWh điện}.$$

Thành tiền là $P = 508 \cdot 2200 \text{ VND/kWh} = 1.117.000 \text{ VND/4 tháng}.$

Chênh lệch tiền điện giữa 2 máy 1 và 5 sao là: $\Delta P = 301.000 \text{ VND}.$

Nếu máy 5 sao đắt hơn máy 1 sao là 1.000.000 VND thì thời gian hoàn vốn sẽ là:

$$\tau_{\text{hv}} = 1.000.000 / 301.000 = 3,3 \text{ năm}.$$

- Trường hợp dùng điều hòa 5 sao biến tần ta có $\text{IEER} = 4,42$, khi đó $N = 2102 / 4,42 = 475 \text{ kWh điện}.$ Thành tiền là:

$$P = 475 \cdot 2200 \text{ VND/kWh} = 1.045.000 \text{ VND/4 tháng}.$$

Chênh lệch tiền điện giữa 2 máy 1 sao thường và 5 sao biến tần là: $\Delta P = 373.000 \text{ VND}.$ Nếu máy 5 sao biến tần đắt hơn máy 1 sao là 2.000.000 VND thì thời gian hoàn vốn sẽ là $\tau_{\text{hv}} = 2.000.000 / 373.000 = 5,3 \text{ năm}.$

2) Phương án B: Chạy cả năm, 24h/ngày đêm:

– Số giờ vận hành: $365\text{ngày} \times 24\text{h/ngày} = 8760\text{ h}$

– Lượng lạnh ở các tải khác nhau:

$$Q_{100\%} = 3,516\text{ kW} \times 8760\text{h} = 30.800\text{ kWh lạnh},$$

$$Q_{75\%} = 0,75 \times 30800 = 23.100\text{ kWh lạnh},$$

$$Q_{50\%} = 0,50 \times 30800 = 15.400\text{ kWh lạnh}.$$

– Lượng lạnh máy điều hòa cấp được trong 1 năm là:

$$Q = 0,018 \times Q_{100\%} + 0,501 \times Q_{75\%} + 0,481 \times Q_{50\%} = 19.535\text{ kWh lạnh}.$$

– Điện năng tiêu tốn:

$$N = Q/\text{IEER}$$

– Trường hợp dùng điều hòa 1 sao thường ta có $\text{IEER} = 3,26$ khi đó $N = 19535/3,26 = 5992\text{ kWh điện}$. Thành tiền là:

$$P = 5.992 \times 2.200\text{ VND/kWh} = 13.183.000\text{ VND/năm}.$$

– Trường hợp dùng điều hòa 5 sao thường ta có $\text{IEER} = 4,14$, khi đó $N = 19535/4,14 = 4719\text{ kWh điện}$. Thành tiền là:

$$P = 4719 \times 2200\text{ VND/kWh} = 10.381.000\text{ VND/năm}.$$

Chênh lệch tiền điện giữa 2 máy 1 và 5 sao là: $\Delta P = 2.802.000\text{ VND}$. Nếu máy 5 sao đắt hơn máy 1 sao là $1.000.000\text{ VND}$ thì thời gian hoàn vốn sẽ là:

$$\tau_{\text{hv}} = 1000000/2802000 = 0,36\text{ năm (hay khoảng 4 tháng)}.$$

– Trường hợp dùng điều hòa 5 sao biến tần ta có $\text{IEER} = 4,42$, khi đó $N = 19535/4,42 = 4.420\text{ kWh điện}$. Thành tiền là:

$$P = 4420 \times 2200\text{ VND/kWh} = 9.723.000\text{ VND/năm}.$$

Chênh lệch tiền điện giữa 2 máy 1 sao thường và 5 sao biến tần là:

$$\Delta P = 3.457.000\text{ VND}.$$

Nếu máy 5 sao biến tần đắt hơn máy 1 sao thường là $2.000.000\text{ VND}$ thì thời gian hoàn vốn sẽ là:

$$\tau_{\text{hv}} = 2.000.000/3457000 = 0,58\text{ năm (7 tháng)}.$$

Ví dụ 1.2: Cho biết: máy 3,5 kW (12.000 Btu/h), một chiều lạnh, lắp đặt tại Thành phố Hồ Chí Minh, lắp đúng theo tải lạnh của phòng.

Chế độ vận hành:

c) Chỉ chạy trong 6 tháng mùa khô, mỗi ngày chạy 8 h.

d) Chạy cả năm, 24/24 h.

Xác định chênh lệch tiền điện khi dùng máy điều hòa 1 sao và 5 sao loại thường và thời gian hoàn vốn với giả thiết máy 5 sao đắt hơn máy 1 sao là $1.000.000\text{ VND}$.

Xác định chênh lệch tiền điện khi dùng máy điều hòa 1 sao thường và 5 sao loại biến tần và thời gian hoàn vốn với giả thiết máy 5 sao biến tần đắt hơn máy 1 sao thường là 2.000.000 VND.

Giải:

3) Phương án A: Chạy trong 4 tháng hè, 8 h/ngày đêm

- Lượng lạnh khi chạy ở 100 % , 75 % và 50 % tải:

$$Q_{100\%} = 3,516 \text{ kW} \times 183 \text{ ngày} \times 8 \text{ h/ngày} = 3,516 \times 1464 \text{ h} = 5.148 \text{ kWh lạnh}$$

$$Q_{75\%} = 0,75 \times 5148 = 3.761 \text{ kWh lạnh,}$$

$$Q_{50\%} = 0,50 \times 5148 = 2.574 \text{ kWh lạnh.}$$

- Lượng lạnh máy điều hòa cấp được trong 4 tháng là:

$$Q = 0,018.Q_{100\%} + 0,501.Q_{75\%} + 0,481.Q_{50\%} = 3.215 \text{ kWh lạnh.}$$

- Điện năng tiêu tốn: $N = Q/\text{IEER}$

– Trường hợp dùng điều hòa 1 sao thường ta có $\text{IEER} = 3,26$ khi đó $N = 3215/3,26 = 986 \text{ kWh điện}$. Thành tiền là:

$$P = 986 \times 2200 \text{ VND/kWh} = 2.170.000 \text{ VND/6 tháng.}$$

– Trường hợp dùng điều hòa 5 sao thường ta có $\text{IEER} = 4,14$, khi đó $N = 3215/4,14 = 777 \text{ kWh điện}$. Thành tiền là:

$$P = 777 \times 2200 \text{ VND/kWh} = 1.709.000 \text{ VND/6 tháng.}$$

Chênh lệch tiền điện giữa 2 máy 1 và 5 sao là: $\Delta P = 462.000 \text{ VND}$. Nếu máy 5 sao đắt hơn máy 1 sao là 1.000.000 VND thì thời gian hoàn vốn sẽ là:

$$\tau_{\text{hv}} = 1000000/462000 = 2,16 \text{ năm.}$$

– Trường hợp dùng điều hòa 5 sao biến tần ta có $\text{IEER} = 4,42$, khi đó $N = 3215/4,42 = 728 \text{ kWh điện}$. Thành tiền là:

$$P = 728 \times 2200 \text{ VND/kWh} = 1.602.000 \text{ VND/6 tháng.}$$

Chênh lệch tiền điện giữa 2 máy 1 sao thường và 5 sao biến tần là: $\Delta P = 568.000 \text{ VND}$. Nếu máy 5 sao biến tần đắt hơn máy 1 sao thường là 2.000.000 VND thì thời gian hoàn vốn sẽ là:

$$\tau_{\text{hv}} = 2000000/568000 = 3,5 \text{ năm.}$$

4) Phương án B: Chạy cả năm, 24h/ngày đêm:

- Số giờ vận hành: $365 \times 24 = 8760 \text{ h}$

- Lượng lạnh ở các tải khác nhau:

$$Q_{100\%} = 3,516 \text{ kW} \cdot 8760 = 30.800 \text{ kWh lạnh,}$$

$$Q_{75\%} = 0,75 \cdot 30800 = 23.100 \text{ kWh lạnh,}$$

$$Q_{50\%} = 0,50 \cdot 30800 = 15.400 \text{ kWh lạnh.}$$

- Năng lượng lạnh máy điều hòa cấp được trong 1 năm là:

$$Q = 0,018.Q_{100\%} + 0,501.Q_{75\%} + 0,481.Q_{50\%} = 19.535 \text{ kWh lạnh.}$$

- Điện năng tiêu tốn: $N = Q / \text{IEER}$

- Trường hợp dùng điều hòa 1 sao thường ta có $\text{IEER} = 3,26$ khi đó $N = 19535 / 3,26 = 5992 \text{ kWh điện}$. Thành tiền là:

$$P = 5992 \cdot 2200 \text{ VND/kWh} = 13.183.000 \text{ VND/năm.}$$

- Trường hợp dùng điều hòa 5 sao thường ta có $\text{IEER} = 4,14$, khi đó $N = 19535 / 4,14 = 4719 \text{ kWh điện}$. Thành tiền là:

$$P = 4719 \cdot 2200 \text{ VND/kWh} = 10.381.000 \text{ VND/năm.}$$

Chênh lệch tiền điện giữa 2 máy 1 và 5 sao là: $\Delta P = 2.802.000 \text{ VND}$. Nếu máy 5 sao đắt hơn máy 1 sao là 1000000 VND thì thời gian hoàn vốn sẽ là $\tau_{hv} = 1000000 / 2802000 = 0,36 \text{ năm}$ (hay khoảng 4,3 tháng).

- Trường hợp dùng điều hòa 5 sao biến tần ta có $\text{IEER} = 4,42$, khi đó $N = 19535 / 4,42 = 4420 \text{ kWh điện}$. Thành tiền là:

$$P = 4420 \cdot 2200 \text{ VND/kWh} = 9.723.000 \text{ VND/năm.}$$

Chênh lệch tiền điện giữa 2 máy 1 sao thường và 5 sao biến tần là: $\Delta P = 3.457.000 \text{ VND}$. Nếu máy 5 sao biến tần đắt hơn máy 1 sao là 2000000 VND thì thời gian hoàn vốn sẽ là:

$$\tau_{hv} = 2000000 / 3457000 = 0,58 \text{ năm (6,9 tháng).}$$

Bảng 1.11. Điện tiêu thụ và thời gian hoàn vốn khi so sánh máy điều hòa 5 sao có và không biến tần với máy 1 sao không biến tần

a) Máy 1 sao thông thường

Số giờ vận hành/năm	1000 h/năm (42 ngày)	2000 h/năm (84 ngày)	3000 h/năm (126 ngày)	4000 h/năm (168 ngày)	5000 h/năm (210 ngày)	6000 h/năm (252 ngày)	8760 h/năm (1 năm)
$Q_{100\%}$, kWh	3.516	7.032	10.548	14.064	17.580	21.096	30.800
$Q_{75\%}$, kWh	2.637	5.274	7.911	10.548	13.185	15.822	23.100
$Q_{50\%}$, kWh	1.758	3.516	5.274	7.032	8.790	10.548	15.400
$Q_{\text{tổng}}$, kWh	2.230	4.460	6.690	8.920	11.150	13.380	19.535
IEER —	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26
$N_{1\text{sao}}$, kWh	684	1.368	2.052	2.736	3.420	4.104	5.992
$P_{1\text{sao}}$, ngàn VND/năm	1.505	3.010	4.515	6.020	7.525	9.030	13.184

b) Máy 5 sao thông thường (đắt hơn máy 1 sao 1.000.000 VND)

Số giờ vận hành/năm	1000 h/năm (42 ngày)	2000 h/năm (84 ngày)	3000 h/năm (126 ngày)	4000 h/năm (168 ngày)	5000 h/năm (210 ngày)	6000 h/năm (252 ngày)	8760 h/năm (1 năm)
$Q_{100\%}$, kWh	3.516	7.032	10.548	14.064	17.580	21.096	30.800
$Q_{75\%}$, kWh	2.637	5.274	7.911	10.548	13.185	15.822	23.100
$Q_{50\%}$, kWh	1.758	3.516	5.274	7.032	8.790	10.548	15.400
$Q_{\text{tổng}}$, kWh	2.230	4.460	6.690	8.920	11.150	13.380	19.535
IEER –	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14
$N_{5\text{sao}}$, kWh	539	1.078	1.617	2.156	2.695	3.234	4.722
$P_{5\text{sao}}$, Ngàn VND/năm	1.186	2.372	3.558	4.744	5.930	7.116	10.389
$\Delta P = P_5 - P_1$	319	638	975	1.276	1.595	1.914	2.794
τ_{vh} , năm	3,1	1,6	1,0	10 tháng	7,5 tháng	6,2 tháng	4,3 tháng

c) Máy 5 sao biến tần (đắt hơn máy 1 sao 2.000.000 VND)

Số giờ vận hành/năm	1000 h/năm (42 ngày)	2000 h/năm (84 ngày)	3000 h/năm (126 ngày)	4000 h/năm (168 ngày)	5000 h/năm (210 ngày)	6000 h/năm (252 ngày)	8760 h/năm (1 năm)
$Q_{100\%}$, kWh	3.516	7.032	10.548	14.064	17.580	21.096	30.800
$Q_{75\%}$, kWh	2.637	5.274	7.911	10.548	13.185	15.822	23.100
$Q_{50\%}$, kWh	1.758	3.516	5.274	7.032	8.790	10.548	15.400
$Q_{\text{tổng}}$, kWh	2.230	4.460	6.690	8.920	11.150	13.380	19.535
IEER –	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42
$N_{5\text{sao}}$, kWh	504	1.009	1.514	2.018	2.523	2.027	4.419
$P_{5\text{sao}}$, Ngàn VND/năm	1.109	2.218	3.326	4.435	5.544	6.653	9.713
$\Delta P = P_5 - P_1$	396	792	1.189	1.585	1.981	2.377	3.471
τ_{vh} , năm	5,1	2,5	1,7	1,3	1,0	10 tháng	6,9 tháng

Chương 2

NGUYÊN LÝ CẤU TẠO VÀ LÀM VIỆC CỦA BƠM NHIỆT

2.1. ĐỊNH NGHĨA

2.1.1. Định nghĩa

Bơm nhiệt là một thiết bị dùng để bơm một dòng nhiệt ở mức độ nhiệt độ thấp lên mức độ nhiệt độ cao hơn đáp ứng được nhu cầu sử dụng năng lượng nhiệt như sấy, sưởi ấm, đun nước nóng... Bơm nhiệt và máy lạnh cùng có chung một nguyên lý làm việc theo chu trình nhiệt động ngược chiều. Chúng chỉ khác nhau ở mục đích sử dụng. Gọi là máy lạnh khi sử dụng nguồn lạnh sản ra ở dàn bay hơi, còn gọi là bơm nhiệt khi sử dụng nguồn nóng sản ra ở dàn ngưng tụ.

2.1.2. Sự khác nhau giữa máy lạnh và bơm nhiệt

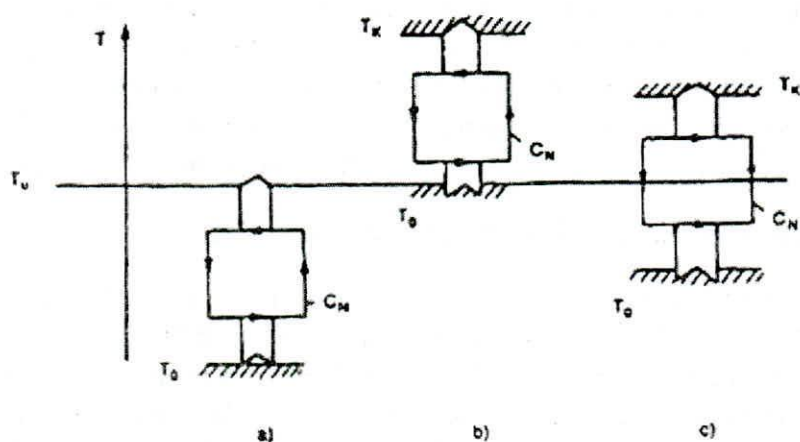
Theo định nghĩa ở trên thì có bao nhiêu loại máy lạnh thì cũng sẽ có bấy nhiêu loại bơm nhiệt như bơm nhiệt nén hơi, bơm nhiệt hấp thụ, bơm nhiệt ejector, bơm nhiệt nhiệt điện... Tuy nhiên chỉ có bơm nhiệt nén hơi và hấp thụ là có ý nghĩa trong thực tế, các loại bơm nhiệt còn lại được ứng dụng rất hạn chế. Cũng do khác nhau về mục đích sử dụng nên cũng có một số khác biệt giữa bơm nhiệt và máy lạnh. Ví dụ, do yêu cầu công nghệ, nhiệt độ nguồn lạnh có thể từ khoảng nhiệt độ trong phòng 25°C cho điều hòa không khí xuống tới -273°C cho kỹ thuật cryo, bất kể hệ số lạnh có thể giảm tới mức nào. Nhưng đối với bơm nhiệt thì hệ số nhiệt lại rất quan trọng để đánh giá hiệu quả kinh tế nên khi hệ số nhiệt nhỏ hơn 2,5 là phương án bơm nhiệt có thể bị loại bỏ, trừ bơm nhiệt nóng lạnh kết hợp. Hình 2.1 giới thiệu sự khác nhau giữa máy lạnh và bơm nhiệt cũng như phạm vi nhiệt độ ứng dụng của máy lạnh và bơm nhiệt.

Hình 2.1a giới thiệu phạm vi nhiệt độ của máy lạnh. Nhiệt độ bay hơi t_0 cao hay thấp là do yêu cầu công nghệ, còn nhiệt độ ngưng tụ t_k cao hay thấp là phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường vì nước và không khí là môi trường dùng để làm mát dàn ngưng. Do yêu cầu công nghệ, những trường hợp nhiệt độ bay hơi thấp, ngoài máy lạnh một cấp, có thể có máy lạnh hai hoặc ba cấp nén.

Hình 2.1b giới thiệu phạm vi nhiệt độ bơm nhiệt thông thường. Ở đây, ngược lại nhiệt độ bay hơi lại phụ thuộc nhiệt độ môi trường, còn nhiệt độ

ngưng tụ phụ thuộc vào yêu cầu công nghệ hoặc yêu cầu của hệ sử dụng nhiệt, ví dụ đun nước nóng là $45 \div 60^\circ\text{C}$, sưởi $35 \div 50^\circ\text{C}$, sấy $20 \div 45^\circ\text{C}$... Do bơm nhiệt phải đảm bảo hệ số nhiệt tối thiểu (khoảng 2,5) nên chỉ có bơm nhiệt một cấp, không có bơm nhiệt hai hoặc ba cấp, trừ bơm nhiệt nóng lạnh kết hợp.

Hình 2.1c giới thiệu phạm vi nhiệt độ bơm nhiệt kết hợp nóng lạnh. Ở đây nhiệt độ bay hơi và ngưng tụ đều phụ thuộc vào công nghệ vì nguồn nhiệt và nguồn lạnh đều được sử dụng một cách hữu ích và đều có yêu cầu cụ thể, ví dụ cần bảo quản lạnh thịt ở -20°C và nước nóng tẩy rửa ở nhiệt độ 45°C trong xí nghiệp chế biến thịt chẳng hạn. Do có yêu cầu công nghệ ở cả hai phía, đặc biệt phía dàn bay hơi nên có thể có bơm nhiệt nóng lạnh hai (hoặc ba) cấp nén hoặc bơm nhiệt ghép tầng.

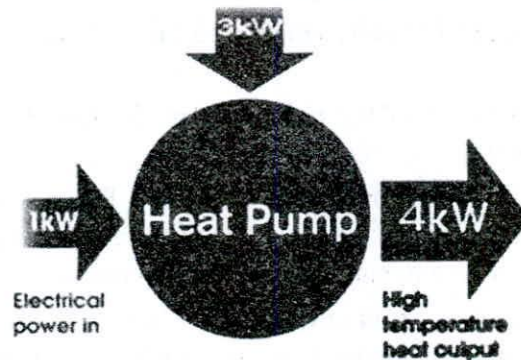


Hình 2.1. Sự khác nhau giữa máy lạnh và bơm nhiệt và phạm vi nhiệt độ ứng dụng của máy lạnh và bơm nhiệt: (C_N — Chu trình ngược chiều; T_u , T_k , T_0 lần lượt là nhiệt độ môi trường, ngưng tụ và bay hơi)

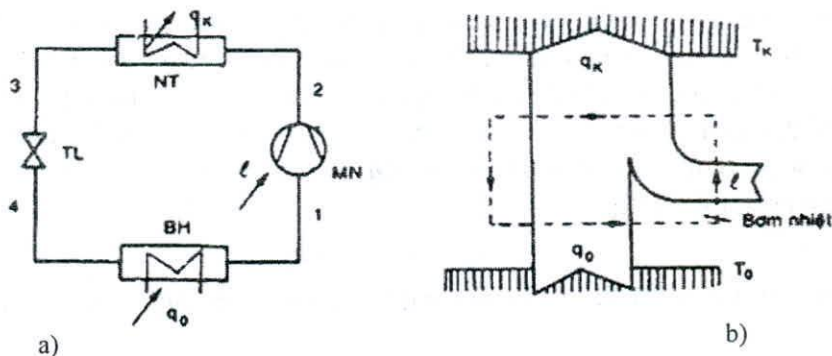
- a) Chu trình máy lạnh (nhiệt độ bay hơi t_u thấp hơn nhiệt độ môi trường)
- b) Chu trình bơm nhiệt (nhiệt độ bay hơi bằng nhiệt độ môi trường, nhiệt độ ngưng tụ phù hợp với ứng dụng nhiệt, cao hơn nhiệt độ môi trường)
- c) Chu trình bơm nhiệt kết hợp nóng lạnh (nhiệt độ bay hơi phải phù hợp với nhu cầu nguồn lạnh và nhiệt độ ngưng tụ phải phù hợp với nhu cầu sử dụng của nguồn nóng)

Hình 2.2 giới thiệu ý nghĩa cơ bản của bơm nhiệt là biến đổi và nâng cấp nhiệt môi trường, nhiệt thải vô ích trở thành hữu ích để sử dụng, giảm tiêu tốn nguồn năng lượng sơ cấp quý giá đang dần cạn kiệt và góp phần giảm phát thải khí nhà kính và bảo vệ môi trường. Ở các vùng ôn đới, tiêu tốn 1 kW điện có thể thu được khoảng 4 kW nhiệt, nhưng ở Việt Nam, do điều kiện thời tiết thuận lợi hơn (nhiệt độ môi trường nóng hơn) nên tiêu tốn 1 kW điện có thể thu được 6 kW nhiệt hoặc hơn.

Low temperature renewable heat
energy recovered from the environment



Hình 2.2. Bơm nhiệt là biến đổi và nâng cấp nhiệt môi trường, nhiệt thải vô ích trở thành hữu ích để sử dụng.



Hình 2.3. Nguyên lý cấu tạo và làm việc của bơm nhiệt nén hơi
với sơ đồ dòng nhiệt tương ứng

a) Sơ đồ thiết bị; b) Sơ đồ dòng nhiệt (bơm nhiệt “bơm” một dòng nhiệt q_0 từ nhiệt độ môi trường t_0 lên cấp nhiệt độ cao hơn t_k để phù hợp với nhu cầu sử dụng, dòng nhiệt ra bằng công nén l cộng với q_0 biến q_0 vô ích trở thành hữu ích). MN – Máy nén; NT – Dàn ngưng tụ; TL – Thiết bị tiết lưu; BH – Dàn bay hơi.

Hình 2.3 giới thiệu nguyên lý cấu tạo và làm việc của bơm nhiệt nén hơi là bơm nhiệt được ứng dụng rộng rãi nhất hiện nay cũng như sơ đồ dòng nhiệt tương ứng. Cũng như máy lạnh, bơm nhiệt làm việc theo chu trình nhiệt động ngược chiều với các thiết bị chính là máy nén MN, dàn ngưng tụ NT, van tiết lưu TL, dàn bay hơi BH với các quá trình sau:

1–2 là quá trình nén đoạn nhiệt hơi môi chất từ áp suất thấp lên áp suất cao để đẩy vào dàn ngưng tụ, phải tiêu tốn công nén riêng l (kJ/kg) cho máy nén.

2–3 là quá trình ngưng tụ đẳng áp và đẳng nhiệt của hơi cao áp trong dàn ngưng tụ, cấp nhiệt q_k (kJ/kg) cho nguồn nóng.

3–4 là quá trình tiết lưu đẳng entanpy từ áp suất cao xuống áp suất thấp trong thiết bị tiết lưu.

4–1 là quá trình bay hơi đẳng nhiệt và đẳng áp, thu nhiệt của nguồn lạnh q_0 , kJ/kg ở dàn bay hơi.

Trong đó: l – Công tiêu tốn cho máy nén; q_0 – Dòng năng suất lạnh riêng hay dòng nhiệt cấp cho dàn bay hơi; q_k – Dòng năng suất nhiệt riêng hay dòng nhiệt thu được ở dàn ngưng tụ cung cấp cho hệ tiêu thụ.

Nguyên lý làm việc của bơm nhiệt như sau: Hơi môi chất lạnh ra ở dàn bay hơi ở nhiệt độ thấp và áp suất thấp được máy nén hút về và nén lên áp suất cao và nhiệt độ cao rồi đẩy vào dàn ngưng tụ. Ở dàn ngưng tụ, hơi ngưng tụ lại thành lỏng và cấp nhiệt cho chất tải nhiệt (nguồn nóng) theo yêu cầu công nghệ như nước nóng hoặc không khí nóng phục vụ sấy sưởi... Lỏng áp suất cao được tiết lưu xuống áp suất thấp khi qua thiết bị tiết lưu và đi vào dàn bay hơi. Ở dàn bay hơi, lỏng bay hơi, thu nhiệt của nguồn nhiệt (nguồn nhiệt là nước, không khí môi trường hoặc nguồn nhiệt thải...). Hơi sinh ra ở dàn bay hơi lại được máy nén hút về máy nén khép kín vòng tuần hoàn môi chất lạnh. Chất tải nhiệt sẽ được đưa đến hệ tiêu thụ. Sơ đồ dòng cho thấy năng suất nhiệt riêng q_k hữu ích thu được đúng bằng năng suất lạnh riêng q_0 cộng với công nén tiêu tốn cho máy nén [19], [30], [32]:

$$q_k = q_0 + l, \text{ kJ/kg} \quad (2.1)$$

Phương trình 2.1 chính là phương trình cân bằng nhiệt của bơm nhiệt nén hơi.

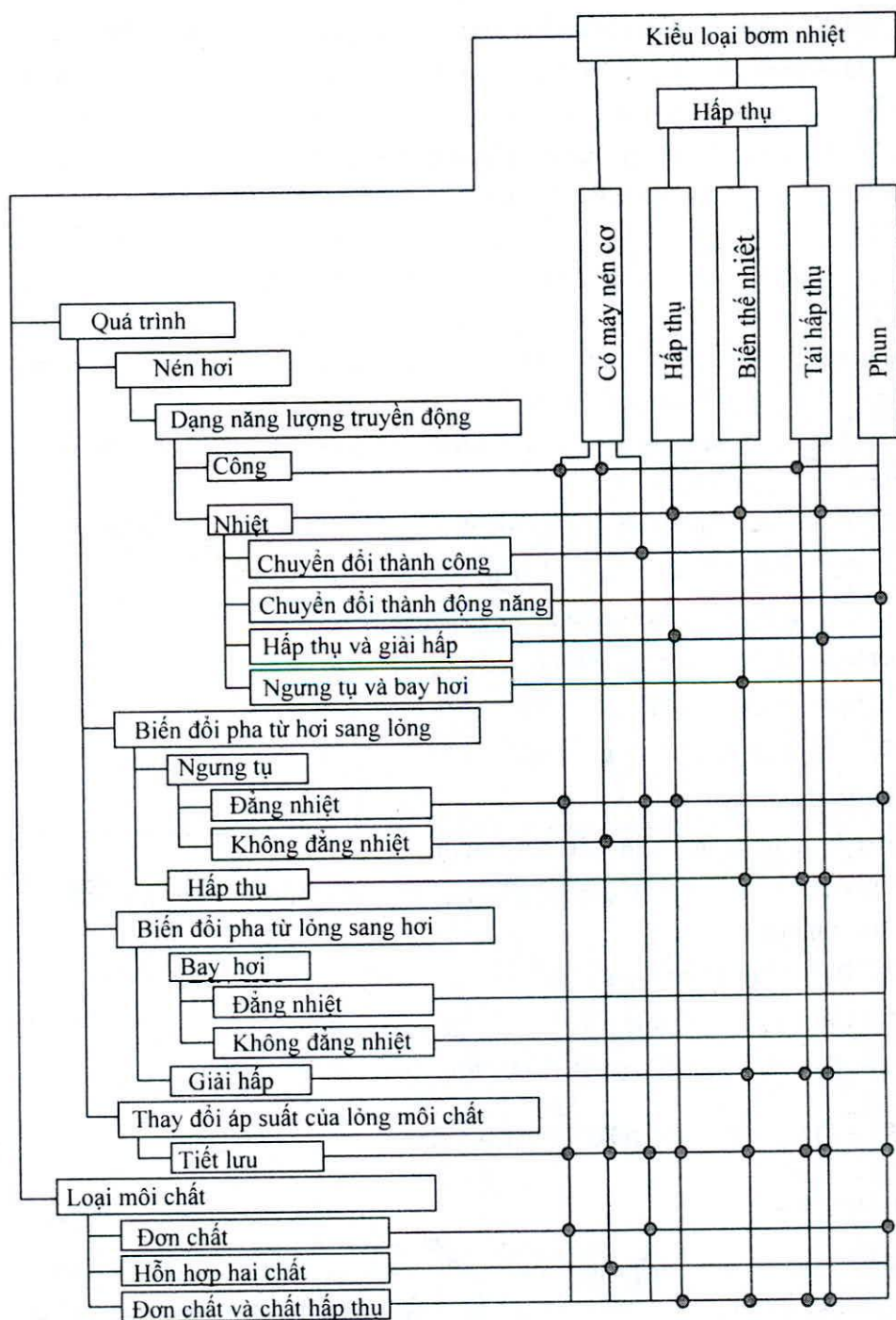
Như đã đề cập ở trên, tương tự như máy lạnh, bơm nhiệt cũng có nhiều loại khác nhau như bơm nhiệt nén hơi, hấp thụ, ejector, nhiệt điện... Sau mục tên gọi và kí hiệu viết tắt của bơm nhiệt sẽ lần lượt trình bày nguyên lý cấu tạo và làm việc của các loại bơm nhiệt đó.

2.2. PHÂN LOẠI BƠM NHIỆT

Hình 2.4 giới thiệu các loại bơm nhiệt và các đặc điểm chủ yếu trong chu trình [5].

Đầu tiên, bơm nhiệt có thể được phân làm ba nhóm chính là:

- Bơm nhiệt có máy nén cơ;
- Bơm nhiệt hấp thụ gồm ba loại là hấp thụ (absorption), biến thể nhiệt (heat transformer) và tái hấp thụ (resorption);
- Bơm nhiệt kiểu ejector.



Hình 2.4. Các loại bơm nhiệt và các đặc điểm chủ yếu trong chu trình

Sau đó bơm nhiệt được phân loại theo các quá trình và loại môi chất như:

– Quá trình nén hơi, biến đổi pha từ hơi sang lỏng, biến đổi pha từ lỏng sang hơi, sự thay đổi áp suất của lỏng môi chất.

– Các loại môi chất như môi chất lạnh đơn chất, hỗn hợp môi chất đồng sôi, hỗn hợp môi chất không đồng sôi, cặp môi chất và chất hấp thụ.

Như vậy, theo hình 2.4 với các loại bơm nhiệt chính, kết hợp với những loại bơm nhiệt suy luận từ các chu trình máy lạnh, có thể kể ra một số loại bơm nhiệt như sau:

- 1) Bơm nhiệt nén hơi môi chất đơn chất hoặc hỗn hợp đồng sôi (với chu trình Carnot, chu trình khô, chu trình hồi nhiệt...);
- 2) Bơm nhiệt nén hơi môi chất là hỗn hợp không đồng sôi (với chu trình Lorenz);
- 3) Bơm nhiệt hấp thụ thông thường, bơm nhiệt hấp thụ kiểu biến thể nhiệt;
- 4) Bơm nhiệt hấp thụ vận hành bằng truyền động cơ khí;
- 5) Bơm nhiệt hấp thụ vận hành bằng năng lượng nhiệt;
- 6) Bơm nhiệt sử dụng quá trình nén hơi;
- 7) Bơm nhiệt nén khí;
- 8) Bơm nhiệt nén hơi chu trình hơ;
- 9) Biến thể nhiệt hóa học;
- 10) Bơm nhiệt dựa trên hiệu ứng Ranque;
- 11) Bơm nhiệt dựa trên hiệu ứng khuếch tán điện (Electrodifusion-effect-based heat pump);
- 12) Bơm nhiệt nhiệt điện;
- 13) Bơm nhiệt hiệu ứng từ.

Sau đây sẽ giới thiệu về một số chu trình bơm nhiệt chủ yếu.

2.3. CHU TRÌNH BƠM NHIỆT NÉN HƠI

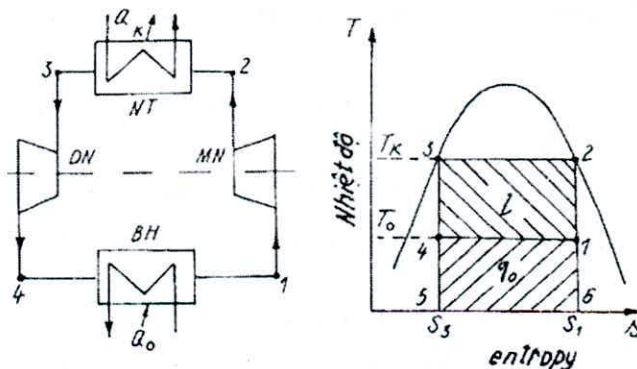
2.3.1. Đại cương

Đây là dạng bơm nhiệt quan trọng nhất và được ứng dụng rộng rãi nhất trong tất cả các lĩnh vực kinh tế, đặc biệt là để sưởi ấm trong điều hòa không khí dân dụng và công nghiệp, chuẩn bị nước nóng, sấy nhiệt độ thấp, hút ẩm, thu hồi nhiệt thải... để đáp ứng các nhu cầu năng lượng ở nhiệt độ thấp.

Như đã giới thiệu, bơm nhiệt nén hơi có thể được phân ra nhiều loại khác nhau theo loại môi chất và dạng truyền động. Về môi chất là loại đơn chất (theo chu trình Carnot) và hỗn hợp không đồng sôi (theo chu trình Lorenz). Về truyền động, chủ yếu các bơm nhiệt đều truyền động bằng điện (EHP – Ellectrically driven Heat Pumps) nhưng cũng có loại bơm nhiệt không sử dụng động cơ điện mà thay vào đó là sử dụng động cơ gas (GHP – Gas engine– driven Heat Pumps), động cơ diesel, động cơ xăng, động cơ dầu, kể cả động cơ gió, nước... để truyền động cho máy nén. Ở đây giới thiệu chu trình Carnot là chu trình lý tưởng, chu trình khô là chu trình thực tế với môi chất lạnh đơn chất và chu trình Lorenz là chu trình siêu lý tưởng với môi chất hỗn hợp không đồng sôi.

2.3.2. Bơm nhiệt nén hơi chu trình Carnot

Bơm nhiệt nén hơi chu trình Carnot được giới thiệu trên hình 2.5.



Hình 2.5. Bơm nhiệt nén hơi chu trình Carnot, sơ đồ thiết bị và chu trình biểu diễn trên đồ thị T-s

MN – Máy nén; DN – Máy dẫn nở; NT – Bình ngưng tụ; BH – Bình bay hơi; Trục máy dẫn nở nối trực tiếp lên máy nén để tận dụng công có ích sinh ra ở máy dẫn nở

Bơm nhiệt gồm bốn thiết bị chính là máy nén, dàn ngưng tụ, máy dẫn nở và dàn bay hơi. Môi chất là loại đơn chất hoặc hỗn hợp đồng sôi. Nếu biểu diễn trên đồ thị T-s thì chu trình là một hình chữ nhật với hai quá trình đoạn nhiệt và đẳng nhiệt xen kẽ:

- 1–2 là quá trình nén đoạn nhiệt trong máy nén: $s_1 = s_2$;
- 2–3 là quá trình ngưng tụ đẳng nhiệt trong dàn ngưng: $T_2 = T_3$;
- 3–4 là quá trình dẫn nở đoạn nhiệt trong máy dẫn nở: $s_3 = s_4$;
- 4–1 là quá trình bốc hơi đoạn nhiệt trong dàn bay hơi: $T_4 = T_1$.

Hệ số bơm nhiệt φ_C xác định theo biểu thức sau:

$$\varphi_C = Q_k/N = q_k/l = T_k/(T_k - T_o) \quad (2.2)$$

Trong đó:

Q_k là năng suất nhiệt ở bình ngưng, W;

N là công tiêu tốn cho chu trình (ở đây bằng công tiêu tốn cho máy nén trừ đi công hữu ích thu được ở máy dẫn nở $N = N_{MN} - N_{DN}$), W;

l là công tiêu tốn riêng cho một kg môi chất, J/kg

T_k và T_o lần lượt là nhiệt độ ngưng tụ và bay hơi, K.

Phương trình cân bằng nhiệt của bơm nhiệt là:

$$Q_k = Q_o + N, W \quad (2.3)$$

Trong đó: Q_o là năng suất lạnh của bơm nhiệt.

Ưu điểm: Chu trình bơm nhiệt ngược chiều được coi là chu trình lý tưởng vì có hệ số nhiệt là cao nhất so với các chu trình khô, hồi nhiệt... trừ chu trình Lorenz.

Nhược điểm: Chu trình Carnot có nhiều nhược điểm về vận hành không thể khắc phục được như:

- Không xác định được rõ ràng trạng thái hơi hút về máy nén (điểm 1), vì nó nằm trong vùng hơi ẩm. Do trạng thái 1 có thành phần ẩm nên nguy cơ hút phải lỏng gây va đập thủy lực phá hỏng máy nén là rất lớn.

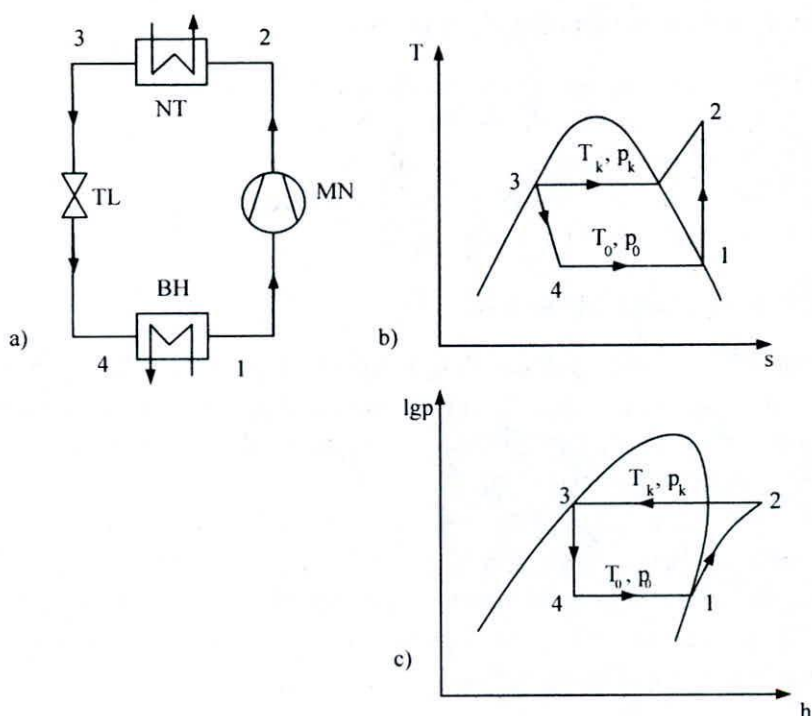
- Máy dẫn nở công kênh, giá thành cao mà công hữu ích thu được không đáng kể, do đó chu trình này không được sử dụng trong thực tế.

2.3.3. Bơm nhiệt nén hơi chu trình khô

Như đã trình bày, chu trình Carnot tuy có hệ số nhiệt là lớn nhất nhưng do có nhiều nhược điểm về vận hành nên trong thực tế người ta chỉ sử dụng chu trình khô và các chu trình khô có cải tiến như chu trình quá nhiệt, quá lạnh, hồi nhiệt...

Chu trình khô giải quyết được hai nhược điểm đó bằng cách cho máy nén hút hơi bão hòa khô và thay máy dẫn nở bằng van tiết lưu. Bơm nhiệt do đó đơn giản hơn đỡ công kênh hơn, vận hành dễ dàng và an toàn hơn, giá thành thấp hơn.

Hình 2.6 giới thiệu bơm nhiệt chu trình khô, môi chất là đơn chất, sơ đồ thiết bị và chu trình biểu diễn trên đồ thị $T-s$ và $lgp-h$.



Hình 2.6. Bơm nhiệt chu trình khô, môi chất là đơn chất
a) Sơ đồ thiết bị; b) Chu trình biểu diễn trên đồ thị $T-s$;
c) Chu trình biểu diễn trên đồ thị $\lg p-h$

Các quá trình chủ yếu là:

1–2: quá trình nén hơi đoạn nhiệt ($s_1 = s_2$) với trạng thái 1 là hơi bão hòa khô;

2–3: quá trình ngưng tụ hơi môi chất ở áp suất cao và nhiệt độ cao, cung cấp ích nhiệt cho hệ tiêu thụ;

3–4: quá trình tiết lưu đẳng entanpy $h_3 = h_4$;

4–1: quá trình bay hơi môi chất lỏng ở nhiệt độ môi trường nguồn nhiệt.

Các đại lượng cơ bản của chu trình khô là:

– Năng suất nhiệt riêng: $q_k = h_3 - h_2, \text{ kJ/kg}$ (2.4)

– Công nén riêng: $l = h_2 - h_1, \text{ kJ/kg}$ (2.5)

– Năng suất lạnh riêng: $q_0 = h_1 - h_4, \text{ kJ/kg}$ (2.6)

– Hệ số lạnh: $\varepsilon = q_0/l$ (2.7)

– Hệ số nhiệt: $\varphi = q_k/l = (q_0 + l)/l = \varepsilon + 1$ (2.8)

2.3.4. Bơm nhiệt nén hơi chu trình Lorenz

Chu trình Lorenz ngược chiều đạt được hệ số bơm nhiệt cao hơn so với chu trình lý tưởng Carnot từ 10 đến 40 % nhờ sử dụng hỗn hợp môi chất lạnh không đồng sôi để trượt nhiệt độ sôi tương ứng với chất tải lạnh và trượt nhiệt độ ngưng tụ tương ứng với chất tải nhiệt trong thiết bị bay hơi và ngưng tụ. Chu trình Lorenz được trình bày chi tiết ở mục 3.2.4.

2.3.5. Bơm nhiệt nén hơi hai cấp

Như đã đề cập, máy lạnh sử dụng nguồn lạnh nên nhiệt độ bay hơi phụ thuộc vào yêu cầu công nghệ. Thông thường có thể dùng máy lạnh một cấp, nhưng khi đòi hỏi nhiệt độ bay hơi thấp hơn người ta phải sử dụng máy lạnh hai cấp, ba cấp nén, máy lạnh ghép tầng.

Đối với bơm nhiệt thì mục đích sử dụng lại là nguồn nóng và mục tiêu thứ hai của bơm nhiệt là phải kinh tế, thời gian hoàn vốn của thiết bị phải đủ ngắn. Hệ số bơm nhiệt được cho là đạt yêu cầu cho mục đích kinh tế là $\phi \geq 2,5$ (hoặc $COP \geq 2,5$). Từ yêu cầu đó có thể tính ra là nhiệt độ ngưng tụ không thể cao hơn nhiệt độ bay hơi quá 60 K, nghĩa là:

$$\Delta t = t_k - t_o \leq 60 \text{ K} \quad (2.9)$$

Đối với bơm nhiệt gió gió, khi chọn hiệu nhiệt độ tối thiểu trao đổi nhiệt của dàn nóng và lạnh là 10 K thì nhiệt độ nguồn nóng không thể lớn hơn nguồn lạnh 40 K. Ví dụ để đảm bảo hiệu quả năng lượng tối thiểu là 2,5, thông thường, nếu nhiệt độ ngoài trời là 5 °C thì gió nóng ra khỏi dàn ngưng tụ không được vượt quá 5 + 40 = 45 °C. Nhiệt độ bay hơi trường hợp này sẽ là khoảng - 5 °C và nhiệt độ ngưng tụ sẽ là khoảng 55 °C.

Tuy nhiên khi sử dụng cả phía nóng và phía lạnh thì khi đó không còn phải tính đến COP phải bằng hoặc lớn hơn 2,5 nữa vì khi sử dụng cả nóng và lạnh, COP của bơm nhiệt đã gần như tăng gấp đôi vì nó đã là tổng của cả hệ số nhiệt và hệ số lạnh của chu trình:

$$COP = \phi + \varepsilon = 1 + 2 \varepsilon \quad (2.10)$$

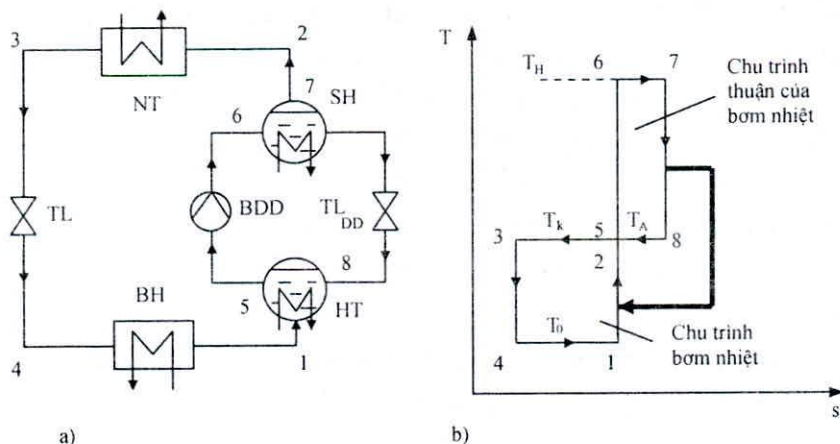
Như vậy, có thể dùng bơm nhiệt kết hợp nóng lạnh hai cấp nén, trong khi chỉ nên dùng bơm nhiệt thường một cấp nén. Ví dụ, một xí nghiệp chế biến thịt có một hệ thống lạnh hai cấp NH₃ để bảo quản thịt đã chế biến. Thông thường nước làm mát ra ở bình khoảng 37 °C được đưa vào làm mát ở tháp giải nhiệt xuống 32 °C rồi đưa trở lại làm mát bình ngưng. Nay người ta cải tiến để nước ra ở bình ngưng lên đến 43 °C và đưa đi sử dụng làm nước tẩy rửa và sinh hoạt, qua đó tiết kiệm được một nồi hơi đốt than để đun nước nóng và chi phí than cũng như vận hành nồi hơi phức tạp và tốn kém.

2.4. BƠM NHIỆT KIỂU HẤP THỤ

Bơm nhiệt hấp thụ cũng là một dạng quan trọng sau bơm nhiệt nén hơi. Bơm nhiệt hấp thụ thường được chế tạo thành tổ hợp nguyên cụm với năng suất trung bình, lớn và rất lớn, năng suất nhiệt có khi đạt tới $1 \div 5$ MW, sử dụng trong các nhà máy điện, xi măng, chế biến thực phẩm, công nghiệp nhẹ, các sân vận động hoặc các trung tâm thể thao lớn... giúp thu hồi nhiệt thải, tiết kiệm năng lượng. Theo hình 2.4, bơm nhiệt kiểu hấp thụ gồm có ba loại là hấp thụ, biến thể nhiệt và tái hấp thụ.

2.4.1. Bơm nhiệt hấp thụ

Bơm nhiệt hấp thụ có nguyên lý cấu tạo gần giống như bơm nhiệt nén hơi. Khác biệt cơ bản là máy nén cơ được thay thế bằng một hệ thống thiết bị gọi là máy nén nhiệt. Máy nén nhiệt bao gồm một bình giải hấp (còn gọi bình sinh hơi), một bình hấp thụ, một bơm dung dịch và một van tiết lưu dung dịch. Hình 2.7 giới thiệu nguyên lý cấu tạo và làm việc của bơm nhiệt hấp thụ.



Hình 2.7. Nguyên lý cấu tạo và làm việc của bơm nhiệt hấp thụ
a) Sơ đồ thiết bị; b) Chu trình được Carnot hóa và biểu diễn trên đồ thị T-s

NT – Dàn ngưng tụ; TL – Van tiết lưu; BH – Dàn bay hơi; HT – Bình hấp thụ;
B_{DD} – Bơm dung dịch; TL_{DD} – Van tiết lưu dung dịch; q_H – Nhiệt lượng riêng cấp cho bình giải hấp (để sinh được 1 kg môi chất lạnh cho dàn ngưng tụ); q_A – Nhiệt lượng riêng thải ra trong quá trình hấp thụ. Vòng tuần hoàn của môi chất lạnh: 1-HT-B_{DD}-SH-2-3-4-1.
Vòng tuần hoàn của dung dịch: HT-B_{DD}-SH-TL_{DD}-HT.

Các quá trình 2-3, 3-4 và 4-1 là tương tự như ở bơm nhiệt nén hơi. Riêng quá trình nén 1-2 là khác nhau. Ở bơm nhiệt nén hơi, hơi được nén nhờ một máy nén cơ. Ở bơm nhiệt hấp thụ, quá trình nén được thực hiện nhờ quá trình

hấp thụ ở áp suất thấp và nhiệt độ thấp, sau đó là quá trình sinh hơi (còn gọi là giải hấp) ở áp suất cao và nhiệt độ cao.

Hai quá trình hấp thụ và giải hấp được thực hiện nhờ một vòng tuần hoàn dung dịch trong một hệ thống thiết bị gồm bình hấp thụ, bơm dung dịch, bình giải hấp và van tiết lưu dung dịch. Chính vì vậy, hệ thống thiết bị này được gọi là máy nén nhiệt.

Ví dụ với cặp môi chất amoniac/nước thì quá trình “nén hơi” như sau: Hơi amoniac sinh ra ở dàn bay hơi được bình hấp thụ “hút” và cho tiếp xúc với dung dịch nghèo (còn gọi dung dịch loãng) vừa được tiết lưu từ bình giải hấp xuống. Dung dịch nghèo hấp thụ đủ hơi amoniac sẽ trở thành dung dịch giàu (còn gọi dung dịch đậm đặc) và được bơm lên bình giải hấp. Do tác động của nhiệt độ cao (khoảng 130 °C) ở bình giải hấp dung dịch giàu “xả” amoniac và hơi amoniac có nhiệt độ cao và áp suất cao đi vào dàn ngưng tụ. Chất hấp thụ (nước) có nhiệm vụ “cống” amoniac từ dàn bay hơi đến dàn ngưng còn bơm dung dịch làm nhiệm vụ “nén” từ áp suất thấp p_0 lên áp suất cao p_k .

Như vậy, trong bơm nhiệt hấp thụ có hai vòng tuần hoàn rõ rệt là vòng tuần hoàn môi chất lạnh và vòng tuần hoàn của chất hấp thụ (hay của dung dịch):

a) Vòng tuần hoàn môi chất lạnh: dàn bay hơi – bình hấp thụ – bơm dung dịch – bình giải hấp – dàn ngưng – van tiết lưu – dàn bay hơi.

b) Vòng tuần hoàn dung dịch: bình hấp thụ – bơm dung dịch – bình giải hấp – van tiết lưu dung dịch – bình hấp thụ.

Phương trình cân bằng nhiệt của bơm nhiệt hấp thụ là:

$$q_0 + q_H + l_B = q_k + q_A, \text{ kJ/kg} \quad (2.11)$$

Trong đó:

q_0 – Năng suất lạnh riêng, kJ/kg môi chất lạnh;

q_H – Năng suất nhiệt riêng giải hấp, kJ/kg;

q_k – Năng suất nhiệt riêng ngưng tụ, kJ/kg;

q_A – Năng suất nhiệt riêng hấp thụ, kJ/kg;

l_B – Công riêng tiêu tốn cho bơm, kJ/kg.

Giống như bơm nhiệt nén hơi, tất cả các đại lượng q đều tính quy ước cho 1 kg môi chất lạnh tuần hoàn trong chu trình. Nhiệt hữu ích của bơm nhiệt hấp thụ lấy từ dàn ngưng q_k và bình hấp thụ q_A . Năng lượng tiêu tốn cho chu trình là nhiệt cấp cho bình sinh hơi q_H và điện cho bơm q_B . Hệ số nhiệt của bơm nhiệt hấp thụ được tính theo biểu thức:

$$\varphi = \frac{q_A + q_k}{q_H + q_B} \quad (2.12a)$$

Do q_B rất nhỏ so với q_H nên thường bỏ qua q_B :

$$\varphi = \frac{q_A + q_k}{q_H} \quad (2.12b)$$

Cặp môi chất cho bơm nhiệt hấp thụ vẫn là các cặp môi chất truyền thống amoniac/nước ($\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$) và nước/bromualiti ($\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$). Chữ (hoặc ký hiệu) viết trước được quy định là để chỉ môi chất lạnh còn chữ viết sau là chất hấp thụ. Với cặp amoniac/nước, nhiệt độ bay hơi có thể đạt đến -30°C , nhưng với cặp nước/bromualiti nhiệt độ bay hơi chỉ đạt $5 \div 7^\circ\text{C}$ nên chỉ dùng để làm mát, điều hòa không khí và bơm nhiệt. Bơm nhiệt hấp thụ nước/amoniac cần nguồn nhiệt có nhiệt độ khoảng 130°C để vận hành nhưng đặc biệt bơm nhiệt nước/bromualiti chỉ cần nguồn nhiệt khoảng $80 \div 85^\circ\text{C}$ nên rất thuận lợi đối với những cơ sở có nguồn nhiệt thải thấp.

Bơm nhiệt hấp thụ có nhược điểm là cồng kềnh, chiếm nhiều diện tích và có hệ số bơm nhiệt tương đối thấp (khoảng 1,4), cần có nguồn nhiệt như hơi nước, nước nhiệt độ cao hoặc mỏ đốt dầu, đốt ga nên ít được sử dụng. Tuy nhiên, nếu sẵn có nguồn nhiệt thải như hơi thừa, khí thải thì bơm nhiệt hấp thụ lại tỏ ra vô cùng kinh tế và hiệu quả. Một ưu điểm khác của bơm nhiệt hấp thụ là đơn giản trong chế tạo và vận hành, độ tin cậy và tuổi thọ cao, ít chi tiết phức tạp, không đòi hỏi công nghệ chế tạo cao, hầu như không sử dụng điện trừ bơm dung dịch và có thể sử dụng các nhiên liệu khác nhau như than, dầu, khí đốt... để chạy máy. Chi tiết xin tham khảo thêm các tài liệu [30], [46].

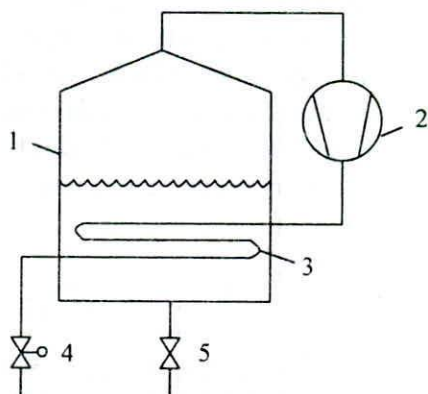
2.4.2. Biến thể nhiệt

Sơ đồ bơm nhiệt kiểu biến thể nhiệt được biểu diễn trên hình 2.8.

Khác với bơm nhiệt hấp thụ là trên đồ thị $T-s$, chu trình thuận máy nhiệt ở phía trên (có cấp nhiệt độ cao hơn), thì ở biến thể nhiệt, chu trình thuận lại nằm phía dưới. Như vậy, với nguồn nhiệt thải có nhiệt độ $t_8 (= t_7 = t_4 = t_1)$ chưa đáp ứng được nhu cầu sử dụng thì biến thể nhiệt có thể “biến thể” nhiệt độ lên đến $t_2 (= t_3)$ đáp ứng được nhu cầu sử dụng. Để trực quan, sơ đồ hệ thống cũng vẽ các thiết bị tương ứng với các cấp nhiệt độ như trên đồ thị $T-s$.

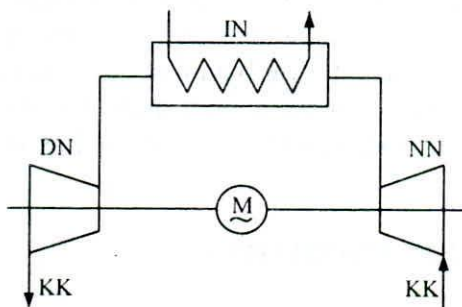
Nguyên lý làm việc như sau: Xuất phát từ bình giải hấp, hơi đi vào bình ngưng tụ NT. Bình giải hấp được coi là nguồn nhiệt thấp của biến thể nhiệt (chu trình ngược chiều), còn bình ngưng được coi là nguồn nhiệt thấp của máy nhiệt (chu trình thuận chiều). Trong bình ngưng tụ, hơi ở trạng thái quá nhiệt tương đối so với áp suất hiện tại nên đầu tiên được làm mát xuống trạng thái 5 và sau đó ngưng tụ xuống trạng thái 6. Lồng ngưng tụ được bơm lên bình bay hơi. Bình bay hơi được coi là nguồn nóng của máy nhiệt. Ở trong bình bay hơi,

cô đặc để nén lên áp suất cao đẩy trở lại dàn ngưng để cấp nhiệt cho sản phẩm. Môi chất chính là hơi nước, sau khi ngưng tụ trong dàn ngưng, nước được tiết lưu và thải ra môi trường. Do hiệu nhiệt độ giữa nguồn nóng và nguồn lạnh rất nhỏ khoảng 10 K (bằng hiệu nhiệt độ của trao đổi nhiệt của dàn ngưng) nên hệ số nhiệt có thể đạt từ 30 đến 40, nghĩa là chỉ cần tốn 1 kW điện có thể thu được 30 ÷ 40 kW nhiệt.



Hình 2.12. Bơm nhiệt chu trình hồ nén hơi nước của một thiết bị cô đặc; 1. Nồi cô đặc; 2. Máy nén hơi nước; 3. Dàn ngưng tụ; 4. Van tiết lưu; 5. Van thành phẩm.

Hình 2.13 giới thiệu bơm nhiệt chu trình hồ nén khí với môi chất lạnh là không khí. Không khí môi trường được hút vào máy nén và được nén lên áp suất cao và nhiệt độ cao. Trong dàn trao đổi nhiệt IN, ích nhiệt được truyền cho nước hoặc không khí tùy nhu cầu sử dụng. Để tăng hiệu quả trao đổi nhiệt, IN thường là trao đổi nhiệt ngược dòng, vì nhiệt độ không khí cũng giảm khá nhanh từ đầu đến cuối quá trình. Không khí sau đó được đưa qua máy dẫn nở để thu ngoại công có ích. Nếu có nhu cầu điều hòa có thể sử dụng không khí lạnh ra từ máy dẫn nở.



Hình 2.13. Bơm nhiệt chu trình hồ nén khí với môi chất lạnh là không khí; MN – máy nén; IN – Thiết bị trao đổi nhiệt của ích nhiệt; DN – Máy dẫn nở; KK – Không khí ngoài trời.

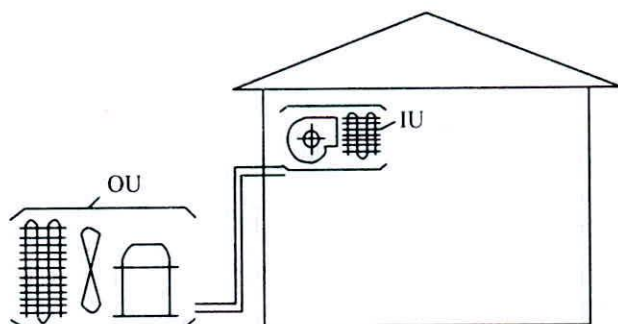
2.7. CÁC LOẠI BƠM NHIỆT KHÁC

Như đã đề cập, khi sử dụng nguồn nhiệt ở dàn ngưng thì máy lạnh được gọi là bơm nhiệt, thế nên có bao nhiêu loại máy lạnh thì có bấy nhiêu loại bơm nhiệt. Trong thực tế, ngoài bơm nhiệt nén hơi và hấp thụ được ứng dụng rộng rãi thì các loại bơm nhiệt khác lại hầu như không được ứng dụng hoặc ứng dụng rất hạn chế do các nhược điểm khác nhau như công kênh, không kinh tế, hệ số bơm nhiệt nhỏ, vật liệu khó tìm kiếm, công suất không phù hợp, vận hành khó khăn, khó tự động hóa... ví dụ, bơm nhiệt nén khí, bơm nhiệt làm việc theo hiệu ứng ống xoáy, bơm nhiệt ejector... Do khuôn khổ cuốn sách, ở đây không đi sâu giới thiệu.

2.8. KÝ HIỆU VIẾT TẮT VÀ THUẬT NGỮ CỦA BƠM NHIỆT NÉN HƠI

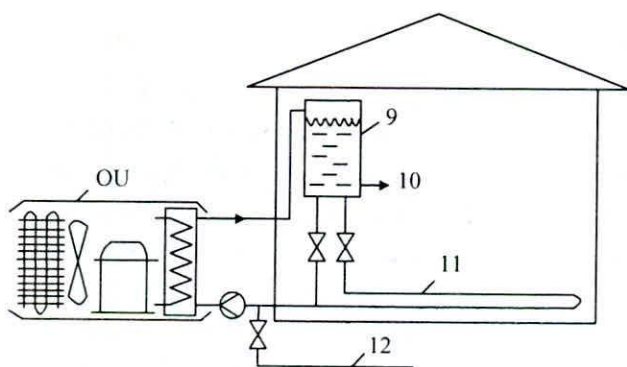
Nguồn nóng và nguồn lạnh của bơm nhiệt có thể là gió (không khí) hoặc nước nên người ta quy định tên gọi và ký hiệu viết tắt của bơm nhiệt như sau:

– **Bơm nhiệt gió gió:** Thực chất đây là máy điều hòa hai chiều giải nhiệt gió. Dàn bay hơi là ngưng tụ đều, là loại dàn ống xoắn có quạt trao đổi nhiệt trực tiếp với không khí (thu nhiệt của không khí để cấp nhiệt cho không khí). Hình 2.14 giới thiệu nguyên lý cấu tạo và làm việc của bơm nhiệt gió gió ATA.



Hình 2.14. Nguyên lý cấu tạo và làm việc của bơm nhiệt gió gió ATA:
OU – Cụm ngoài nhà; IU – Cụm trong nhà.

– **Bơm nhiệt gió nước:** Dàn bay hơi là loại ống xoắn trao đổi nhiệt với không khí, dàn ngưng tụ gia nhiệt cho nước (thu nhiệt của không khí để cấp nhiệt cho nước). Hình 2.15 giới thiệu nguyên lý cấu tạo và làm việc của bơm nhiệt gió nước ATW. Máy chủ yếu dùng để đun nước nóng và để sưởi sàn ở những vùng không cần làm lạnh vào mùa hè.

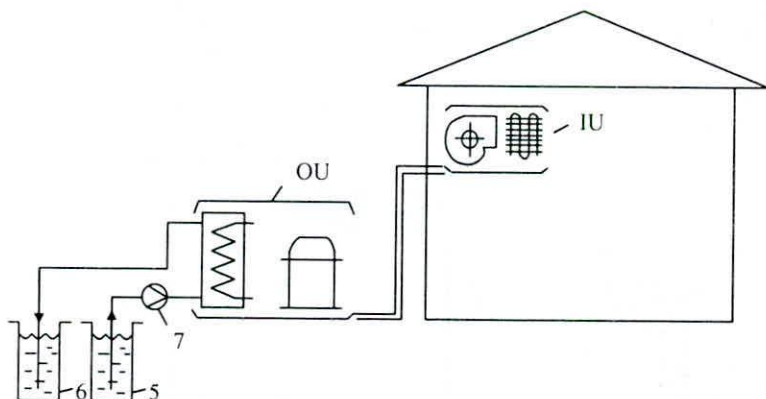


Hình 2.15. Nguyên lý cấu tạo và làm việc của bơm nhiệt gió nước ATW

OU – Cụm ngoài nhà (bơm nhiệt gió nước); 9 – Bình nước nóng;

10 – Nước nóng ra; 11 – Sưởi sàn; 12 – Nước bổ sung.

– **Bơm nhiệt nước gió:** Dàn bay hơi thu nhiệt trực tiếp từ nước, dàn ngưng loại ống xoắn có quạt cấp nhiệt trực tiếp cho không khí (thu nhiệt từ nước để cấp nhiệt cho không khí). Hình 2.16 giới thiệu nguyên lý cấu tạo và làm việc của bơm nhiệt nước gió WTA. Đây thực chất là máy điều hòa hai chiều giải nhiệt nước.

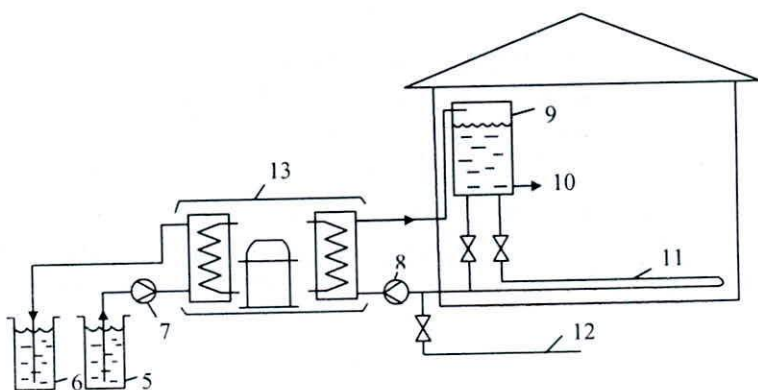


Hình 2.16. Nguyên lý cấu tạo và làm việc của bơm nhiệt nước gió WTA

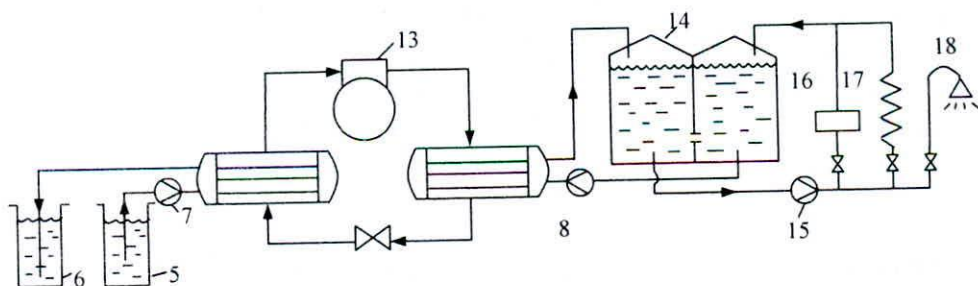
IU – Dàn trong nhà; OU – Cụm ngoài nhà (máy nén dàn bay hơi);

5 – Giếng cấp; 6 – Giếng xả; 7 – Bơm.

– **Bơm nhiệt nước nước:** Dàn bay hơi và dàn ngưng đều là loại trao đổi nhiệt trực tiếp với nước (thu nhiệt từ nước để cấp nhiệt cho nước). Hình 2.17 giới thiệu nguyên lý cấu tạo và làm việc của bơm nhiệt nước nước WTW dân dụng và hình 2.18 giới thiệu nguyên lý cấu tạo và làm việc của bơm nhiệt nước nước WTW công nghiệp.



Hình 2.17. Nguyên lý cấu tạo và làm việc của bơm nhiệt nước nước WTW dân dụng
5 – Giếng cấp; 6 – Giếng xả; 7, 8 – Bơm; 9 – Bình nước nóng; 10 – Nước nóng tiêu dùng;
11 – Sưởi sàn; 12 – Nước bổ sung; 13 – Cụm ngoài nhà (bơm nhiệt nước nước).



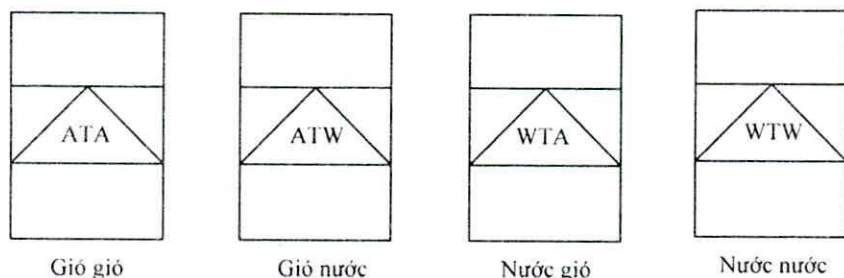
Hình 2.18. Nguyên lý cấu tạo và làm việc của bơm nhiệt nước nước WTW công nghiệp
5 – Giếng cấp; 6 – Giếng xả; 7, 8, 15 – Bơm; 13 – Bơm nhiệt nước nước (máy nén, bình ngưng, bình bốc hơi, van tiết lưu); 14 – Bồn chứa nước nóng; 16 – FCU sưởi; 17 – Dàn sưởi sàn; 18 – Nước nóng sinh hoạt.

Bảng 2.1. Tên gọi và ký hiệu của bơm nhiệt với tên tiếng Anh

TT	Tên gọi, ký hiệu	Tiếng Anh	Ứng dụng chính
1	Bơm nhiệt gió gió (Bơm nhiệt ATA)	Air-to-Air Heat Pump (ATA Heat Pump)	Sưởi ấm, sấy (máy điều hòa hai chiều sưởi ấm mùa đông, làm mát mùa hè)
2	Bơm nhiệt gió nước (Bơm nhiệt ATW)	Air-to-Water Heat Pump (ATW Heat Pump)	Đun nước nóng nguồn gió, khí thải
3	Bơm nhiệt nước gió (Bơm nhiệt WTA)	Water-to-Air Heat Pump (WTA Heat Pump)	Sưởi ấm, sấy từ nguồn nước giếng, ao, hồ, thành phố, từ nguồn nước thải...
4	Bơm nhiệt nước nước (Bơm nhiệt WTW)	Water-to-Water Heat Pump (WTW Heat Pump)	Đun nước nóng từ nguồn nước giếng, ao, hồ, thành phố, từ nguồn nước thải...

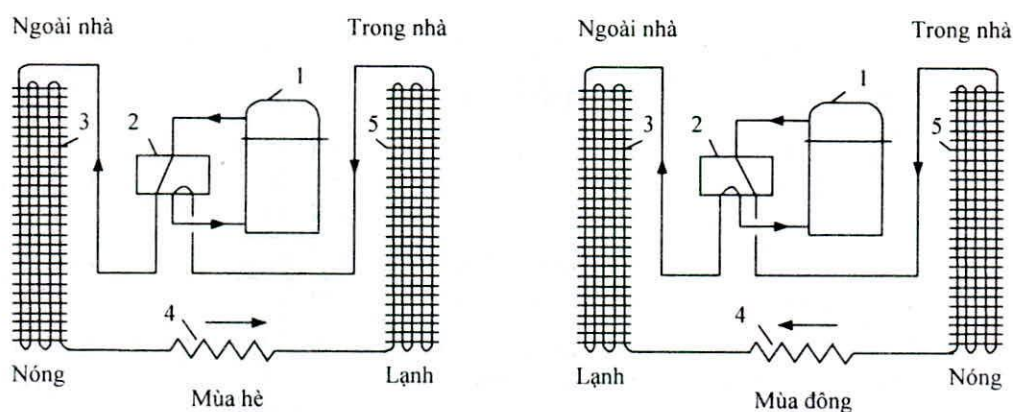
Như vậy, chữ đầu tiên “gió” hoặc “nước” là để chỉ nguồn nhiệt môi trường cấp cho dàn bay hơi, còn chữ thứ hai là để chỉ ích nhiệt (hay chất tải nhiệt ra từ dàn ngưng) đưa tới hệ tiêu thụ nhiệt. Bảng 1.2 giới thiệu ngắn gọn tên gọi và ký hiệu của bơm nhiệt với tên tiếng Anh.

Để thuận tiện cho việc thể hiện các sơ đồ hệ thống sử dụng bơm nhiệt sau này ta có thể quy ước ký hiệu bơm nhiệt như hình 2.19 biểu diễn. Bơm nhiệt là ba hình chữ nhật ghép lại, hình dưới cùng biểu diễn thiết bị bay hơi, hình giữa có thêm mũi tên hướng lên để chỉ hướng dòng nhiệt đi lên, hình trên cùng để chỉ thiết bị ngưng tụ. Ở giữa có chữ ATA, ATW, WTA và WTW để chỉ bơm nhiệt gió gió, gió nước, nước gió và nước nước.



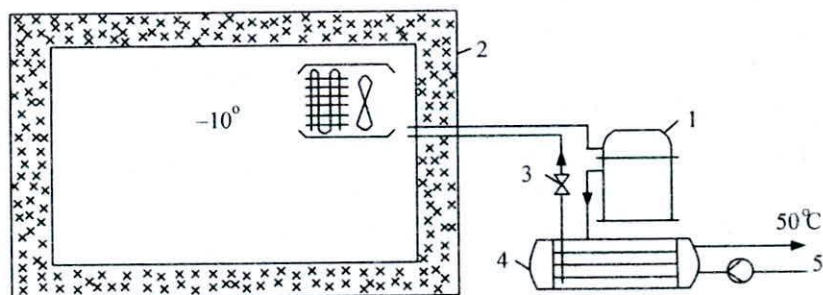
Hình 2.19. Ký hiệu bơm nhiệt ATA – gió gió, ATW – gió nước, WTA – nước gió và WTW – nước nước

– **Bơm nhiệt hai chiều** hay còn gọi là máy điều hòa hai chiều có van đảo dòng bốn ngã, dùng để làm mát mùa hè và sưởi ấm vào mùa đông. Hình 2.20 giới thiệu nguyên lý cấu tạo và làm việc của bơm nhiệt hai chiều với van đảo dòng bốn ngã.



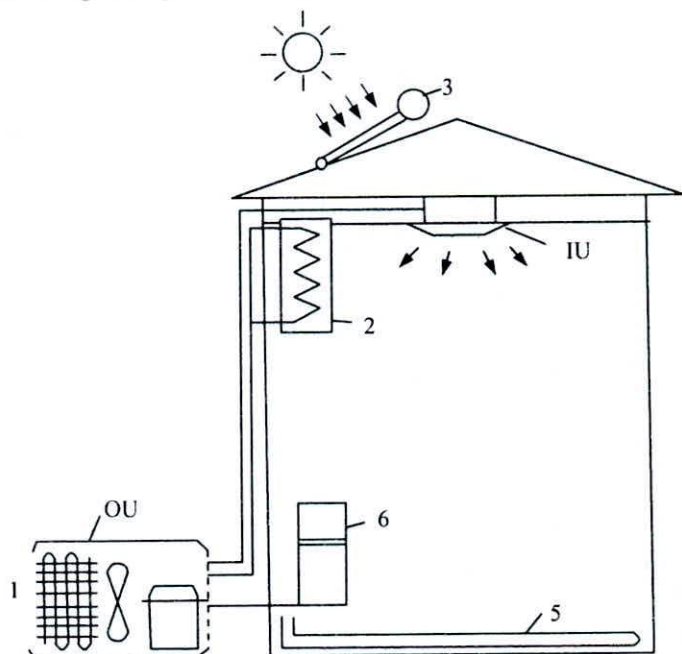
Hình 2.20. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của bơm nhiệt hai chiều với van đảo dòng bốn ngã
1 – Máy nén; 2 – Van đảo dòng; 3 – Dàn ngoài nhà OU; 4 – Tiết lưu; 5 – Dàn trong nhà IU.

– **Bơm nhiệt nóng lạnh** (tên gọi tắt cho bơm nhiệt kết hợp nóng lạnh): sử dụng đồng thời nguồn nóng ở dàn ngưng và nguồn lạnh ở dàn bay hơi. Hình 2.21 giới thiệu một bơm nhiệt nóng lạnh trong đó nguồn lạnh -10°C dùng để bảo quản lạnh, còn nước nóng 50°C ra từ bình ngưng dùng để sinh hoạt, tẩy rửa.



Hình 2.21. Một ví dụ bơm nhiệt nóng lạnh; 1 – Máy nén; 2 – Buồng lạnh -10°C ; 3 – Van tiết lưu; 4 – Bình ngưng; 5 – Ích nhiệt là nước nóng 50°C .

– **Bơm nhiệt đa năng** (Bơm nhiệt thông minh): bơm nhiệt dùng cho gia đình với một dàn nóng đặt ngoài nhà, có thể làm mát mùa hè, sưởi ấm mùa đông, đun nước nóng cả năm, có cả chức năng của tủ lạnh gia đình, có thể kết hợp với bộ thu năng lượng Mặt Trời (hình 2.22).



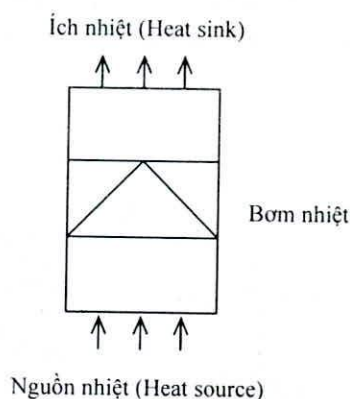
Hình 2.22. Bơm nhiệt đa năng kết hợp bộ thu bức xạ Mặt Trời: 1 – Dàn ngoài nhà OU; 2 – Bình nước nóng; 3 – Bộ thu bức xạ Mặt Trời; 4 – Dàn trong nhà IU; 5 – Dàn sưởi sàn; 6 – Tủ lạnh.

– Nguồn nhiệt và ích nhiệt:

Nguồn nhiệt (heat source) cấp cho dàn bay hơi của bơm nhiệt ngoài gió và nước môi trường còn nhiều loại khác có thể kể ra như năng lượng Mặt Trời, địa nhiệt, nền đất, nước giếng, nước ao, hồ, sông, suối, các sản phẩm công nghệ, khí thải, nước thải... Bằng cách bố trí hợp lý các đường ống của dàn bay hơi trực tiếp hoặc gián tiếp thông qua các bộ thu người ta có thể thu được các nguồn nhiệt để cung cấp cho bơm nhiệt, miễn sao các nguồn nhiệt này phải tương đối ổn định để bơm nhiệt hoạt động một cách ổn định.

Ích nhiệt ra từ thiết bị ngưng tụ có thể là nước và không khí, nhưng cũng có thể là các sản phẩm công nghệ như các chất ở đỉnh tháp chưng cất, tinh luyện... Để chỉ nhiệt lấy từ dàn ngưng tiếng Anh có từ “heat sink” phân biệt với từ “heat source”, chúng tôi đề nghị sử dụng từ “ích nhiệt” để chỉ nhiệt hữu ích do chất tải nhiệt ra từ dàn ngưng ra để đưa đến hộ tiêu thụ nhiệt.

Hình 2.23 giới thiệu ký hiệu bơm nhiệt với thuật ngữ nguồn nhiệt và ích nhiệt của bơm nhiệt. Nguồn nhiệt và ích nhiệt có thể là không khí và nước.



Hình 2.23. Ký hiệu bơm nhiệt và thuật ngữ Ích nhiệt, Nguồn nhiệt.

Chương 3

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG CỦA BƠM NHIỆT

3.1. PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG CỦA BƠM NHIỆT

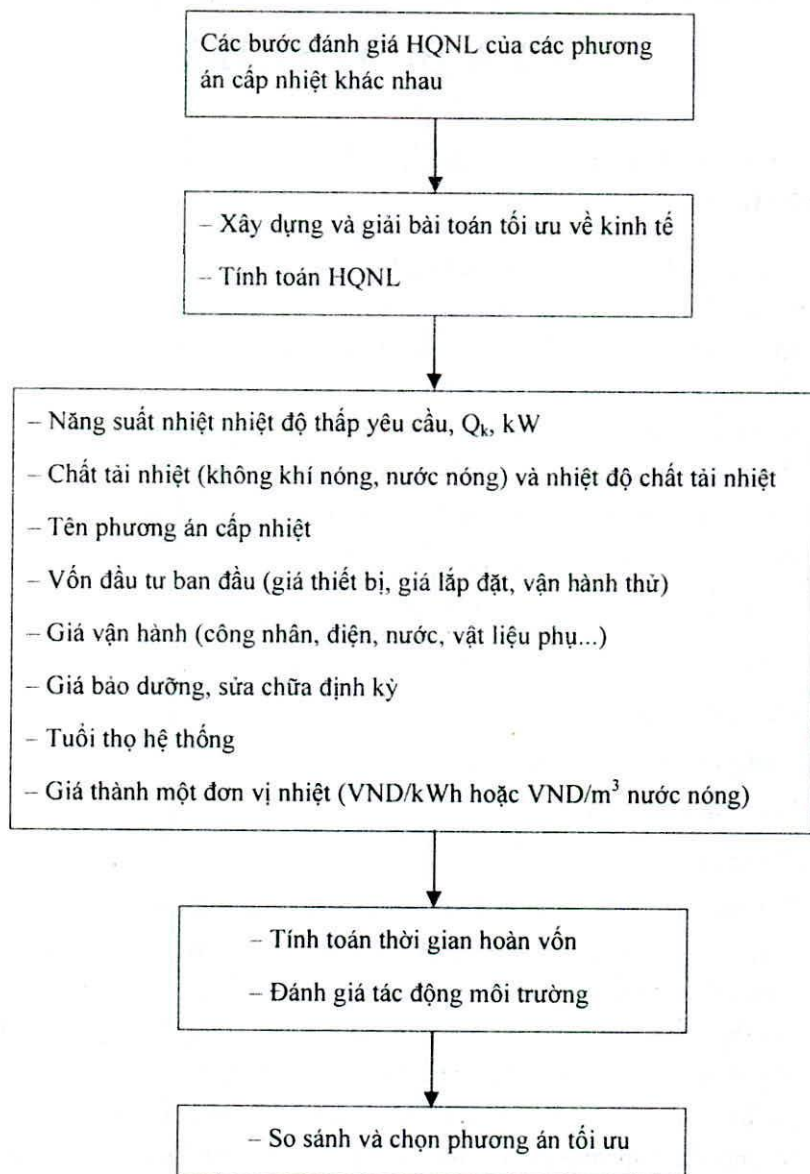
Nói chung, khi đầu tư xây dựng một hệ thống bơm nhiệt cho một mục đích sử dụng nào đó, người ta phải xây dựng luận chứng kinh tế kỹ thuật để chứng minh được hiệu quả kinh tế mà nó mang lại. Thực chất đây là bài toán kinh tế so sánh phương án cấp nhiệt bằng bơm nhiệt với các phương án cấp nhiệt truyền thống. Ví dụ, cùng cấp nhiệt để đun một khối lượng nước nóng cho một bệnh viện, người ta có thể đưa ra: Một bên là dùng bơm nhiệt nén hơi chạy điện ATW còn bên kia để so sánh là các phương án khác nhau như:

- Dùng bơm nhiệt nén hơi chạy điện WTW;
- Dùng bơm nhiệt nén hơi chạy động cơ xăng, dầu, ga;
- Dùng máy lạnh hấp thụ đốt than, đốt dầu, đốt ga;
- Dùng điện qua điện trở;
- Dùng nồi hơi đốt than;
- Dùng nồi hơi đốt dầu;
- Dùng nồi hơi đốt ga...

Để được lựa chọn, phương án bơm nhiệt phải chứng minh rằng phương án cấp nhiệt của nó là tối ưu, có giá thành (VND/kWh nhiệt hoặc VND/m³ nước nóng) thấp nhất. Ngoài ra, bơm nhiệt cũng phải chứng minh được các ưu thế về lắp đặt, vận hành, độ an toàn, độ tin cậy, tuổi thọ lâu bền, thân thiện với môi trường, ít phát thải khí nhà kính nhất. Hình 3.1 giới thiệu các bước đánh giá hiệu quả năng lượng (HQNL) của một phương án cấp nhiệt thông dụng để chọn ra phương án tối ưu. Bảng 3.1 giới thiệu các khả năng có thể xảy ra khi so sánh các phương án cấp nhiệt khác nhau.

Qua bảng 3.1 ta thấy so sánh dễ dàng nhất là so sánh các thiết bị chạy điện ở cột 2 và cột 3. Khi đó ta chỉ cần xác định hiệu quả năng lượng COP của các bơm nhiệt là có thể so sánh được với nhau và tìm ra bơm nhiệt loại

nào có COP cao nhất. So sánh với thanh điện trở cũng dễ dàng khi coi hiệu suất nhiệt của thanh điện trở bằng 1 và coi là hiệu suất COP của nó là bằng 1.



Hình 3.1. Các bước đánh giá hiệu quả năng lượng (HQNL) của một phương án cấp nhiệt thông dụng để chọn ra phương án tối ưu.

Bảng 3.1. Các khả năng có thể xảy ra khi so sánh các phương án cấp nhiệt khác nhau

Năng lượng tiêu tốn cho thiết bị	Các thiết bị điều dùng điện		Các thiết bị sử dụng các nguồn năng lượng sơ cấp khác nhau
Các đối tượng cần so sánh	Chỉ so sánh các chu trình bơm nhiệt nén hơi với nhau	So sánh các chu trình bơm nhiệt nén hơi chạy điện với thanh điện trở	So sánh các chu trình bơm nhiệt nén hơi chạy điện, chạy bằng động cơ xăng, dầu, ga với các thiết bị sử dụng năng lượng sơ cấp như than, dầu, ga
So sánh các loại bơm nhiệt với điện trở	ATA và ATW ATA và WTA ATA và WTW WTA và WTW	ATA và điện trở ATW và điện trở WTA và điện trở WTW và điện trở	Bơm nhiệt nén hơi (ATA, ATW, ATA, ATW) và bơm nhiệt hấp thụ các loại (đốt than, đốt dầu, đốt ga, chạy bằng hơi qua nồi hơi đốt than, dầu, ga). Bơm nhiệt nén hơi (ATA, ATW, ATA, ATW) và các phương án cấp nhiệt qua đốt trực tiếp bằng than, dầu, ga...
So sánh các loại bơm nhiệt với môi chất khác nhau	Máy freon và NH ₃	Máy freon và NH ₃	So sánh các bơm nhiệt nén hơi cùng chạy điện
Hệ số dùng để so sánh	Hệ số bơm nhiệt: $COP = \varphi$ (COP – Coefficient of Performance)	Hệ số bơm nhiệt: $COP = \varphi$ Hệ số điện trở (Hiệu suất điện trở): $COP_{dt} = \eta_{dt} = 1$	Hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp $\epsilon = f(\varphi_C, \varphi_A, \eta_t, \eta_{nh}...)$, trong đó $\varphi_C, \varphi_A, \eta_t$ lần lượt là hệ số bơm nhiệt nén hơi, hệ số bơm nhiệt hấp thụ, hiệu suất nhiệt của các thiết bị như của nhà máy nhiệt điện, của đường dây tải điện và η_{nh} là hiệu suất của nồi hơi...

Việc so sánh trở nên phức tạp hơn nhiều khi các thiết bị sử dụng các nguồn năng lượng sơ cấp khác nhau như điện, than, dầu, ga... Ở đây ta phải sử dụng hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp $\epsilon = f(\varphi_C, \varphi_A, \eta_t, \eta_{nh}...)$, trong đó φ_C là hệ số bơm nhiệt nén hơi, φ_A là hệ số bơm nhiệt hấp thụ, η_t là hiệu suất nhiệt của các thiết bị nhiệt như η_{nd} của nhà máy nhiệt điện, η_{dd} của đường dây tải điện và η_{nh} là của nồi hơi.

Ví dụ 3.1: Hãy tính hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp của thanh điện trở ϵ_{dt} .

Giải:

Giả sử hiệu suất của nhà máy nhiệt điện là 0,30; hiệu suất của đường dây tải điện là 0,90; hiệu suất của điện trở là 1,00 thì hệ số ϵ_{dt} của thanh điện trở là:

$$\epsilon_{dt} = \eta_{nd} \cdot \eta_{dd} \cdot \eta_{dt} = 0,30 \cdot 0,90 \cdot 1,00 = 0,27$$

Trả lời: Hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp của thanh điện trở $\epsilon_{dt} = 0,27$.

3.2. HỆ SỐ NHIỆT CỦA BƠM NHIỆT

3.2.1. Định nghĩa

Để so sánh hiệu quả năng lượng của hai chu trình bơm nhiệt với nhau, ta phải dùng hệ số bơm nhiệt. Như ta đã biết, hệ số lạnh của máy lạnh được định nghĩa là năng suất lạnh hữu ích thu được ở thiết bị bay hơi chia cho điện năng tiêu thụ hay công tiêu tốn:

$$\epsilon = \text{COP} = \frac{\text{Năng suất lạnh hữu ích}}{\text{Công tiêu tốn}} = \frac{q_o}{l}, \text{ W/W} \quad (3.1)$$

Tương tự, hệ số nhiệt của bơm nhiệt φ (từ đây chúng ta quy ước hệ số bơm nhiệt nén hơi là φ hoặc COP vì ký hiệu COP đã quen thuộc ở Việt Nam) là năng suất nhiệt hữu ích thu được ở thiết bị ngưng tụ chia cho điện năng tiêu thụ hay công tiêu tốn:

$$\varphi = \text{COP} = \frac{\text{Năng suất nhiệt hữu ích}}{\text{Công tiêu tốn}} = \frac{q_k}{l} = \frac{q_o + l}{l} = \epsilon + 1, \text{ W/W}$$

$$\varphi = \text{COP} = \epsilon + 1 \quad (3.2a)$$

Ghi nhớ: Hệ số bơm nhiệt bằng hệ số lạnh cộng thêm 1.

$$\text{COP}_{\text{heating}} = \text{COP}_{\text{cooling}} + 1 \quad (3.2b)$$

Hệ số lạnh và nhiệt trong các sách tiếng Anh Mỹ ký hiệu là COP rất ít khi có thêm ký hiệu chân heating và cooling nên người đọc phải tự hiểu theo nội dung trong sách hoặc bài báo. Từ đây chúng ta quy định là dùng COP để chỉ hệ số bơm nhiệt nén hơi còn COP_A để chỉ hệ số bơm nhiệt hấp thụ.

Đối với máy lạnh hấp thụ, năng suất nhiệt hữu ích là nhiệt thu được ở dàn ngưng và bình hấp thụ, còn năng lượng tiêu tốn là năng lượng nhiệt cấp cho bình sinh hơi và điện cấp cho bơm. Công tiêu tốn cho bơm thường rất nhỏ so với năng lượng nhiệt cấp cho bình sinh hơi nên bị bỏ qua.

$$\varphi_A = \text{COP}_A = \frac{q_k + q_A}{q_H} \quad (3.3)$$

3.2.2. Tính tiết kiệm năng lượng tương đối từ COP

COP càng cao thì hiệu quả năng lượng của bơm nhiệt càng lớn, thời gian khấu hao càng ngắn, nhưng làm thế nào để tính được tiết kiệm năng lượng tương đối (tiết kiệm điện theo %) khi so sánh các bơm nhiệt với nhau từ COP. Muốn so sánh tiết kiệm năng lượng tương đối giữa hai bơm nhiệt từ COP, ta phải tính theo các bước sau:

– Tính công suất điện tiêu thụ riêng $PIC = 1/COP$ (Power Input per Capacity – PIC chính là giá trị nghịch đảo của COP);

– Tính tiêu tốn điện năng tương đối khi giả thiết tiêu tốn điện năng của bơm nhiệt có COP thấp nhất là 100%;

– Tính tiết kiệm điện năng lượng tương đối bằng cách lấy tiết kiệm năng lượng của bơm nhiệt có COP thấp nhất bằng 0. Chúng ta có thể hiểu dễ dàng cách tính tiết kiệm điện năng lượng tương đối qua ví dụ tính toán dưới đây.

Ví dụ 3.2: Đề đun nước nóng cho nhu cầu sinh hoạt của một khách sạn, có hai nhà thầu chào bơm nhiệt đun nước nóng với các đặc tính kỹ thuật sau:

a) Nhà thầu A chào bơm nhiệt gió nước ATW với $COP = 4,1$.

b) Nhà thầu B chào bơm nhiệt nước nước WTW dùng nước giếng và nước thải sinh hoạt với $COP = 5,5$.

Hãy tính tiết kiệm năng lượng tương đối của bơm nhiệt WTW so với ATW.

Giải:

Bảng 3.2 giới thiệu các bước tính tiết kiệm năng lượng tương đối khi so sánh giữa hai phương án.

Trả lời: Bơm nhiệt WTW có $COP = 5,5$ tiết kiệm được 25% điện năng so với bơm nhiệt ATW có $COP = 4,1$. Để chọn được bơm nhiệt phù hợp, chủ đầu tư còn phải cân nhắc nhiều ưu nhược điểm của hai loại. Loại nước nước tuy có khả năng tiết kiệm điện năng cao hơn nhưng thiết bị bay hơi thu nhiệt của nước phức tạp hơn, tốn kém hơn trong khi bơm nhiệt gió nước chỉ có dàn ống xoắn có cánh với quạt rất đơn giản.

Bảng 3.2. Các bước tính tiết kiệm năng lượng tương đối khi so sánh giữa hai phương án

Thông số	Phương án A Bơm nhiệt ATW	Phương án B Bơm nhiệt WTW
COP	4,1	5,5
$PIC=1/COP$	0,2439	0,1818
Tiêu thụ điện tương đối, %	100	75
Tiết kiệm năng lượng tương đối, %	0	25

Điều quan trọng là hệ số bơm nhiệt rất nhạy cảm và phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố khác nhau, do đó người thiết kế ứng dụng bơm nhiệt phải đặc biệt lưu ý để có thể đạt được hệ số bơm nhiệt tối ưu qua đó tiết kiệm năng lượng tối đa. Sau đây trình bày những nhân tố cơ bản ảnh hưởng đến COP.

3.2.3. COP phụ thuộc vào hiệu nhiệt độ ngưng tụ và bay hơi

Đối với bơm nhiệt nén hơi, hệ số bơm nhiệt COP phụ thuộc vào:

- Nhiệt độ ngưng tụ;
- Nhiệt độ bay hơi;
- Nhiệt độ quá lạnh lỏng;
- Nhiệt độ quá nhiệt hơi hút;
- Chu trình (khô, hồi nhiệt, Carnot, Lorenz...);
- Môi chất lạnh sử dụng;
- Kiểu loại và hiệu suất máy nén;
- Mức độ hoàn thiện của hệ thống cũng như thiết bị...

Tuy nhiên hệ số bơm nhiệt phụ thuộc cơ bản vào nhiệt độ bay hơi và ngưng tụ cũng như hiệu nhiệt độ bay hơi và ngưng tụ. Hình 3.2 giới thiệu sự phụ thuộc của hệ số bơm nhiệt của chu trình lý thuyết Carnot và chu trình thực vào nhiệt độ ngưng tụ t_k và hiệu nhiệt độ $\Delta t = t_k - t_o$ [7]. Các đường nét đứt phía trên biểu diễn hệ số bơm nhiệt của chu trình lý thuyết Carnot. Hệ số chu trình Carnot chỉ phụ thuộc T_k và T_o :

$$\varphi_c = \frac{T_k}{T_o} \quad (3.4)$$

– Hệ số bơm nhiệt lý thuyết của chu trình Carnot ở $t_k = 60^\circ\text{C}$ và $\Delta t = 10\text{ K}$ là $\text{COP}_C = (273 + 60)/10 = 33,3$ (nhiệt độ sôi $t_o = 50^\circ\text{C}$).

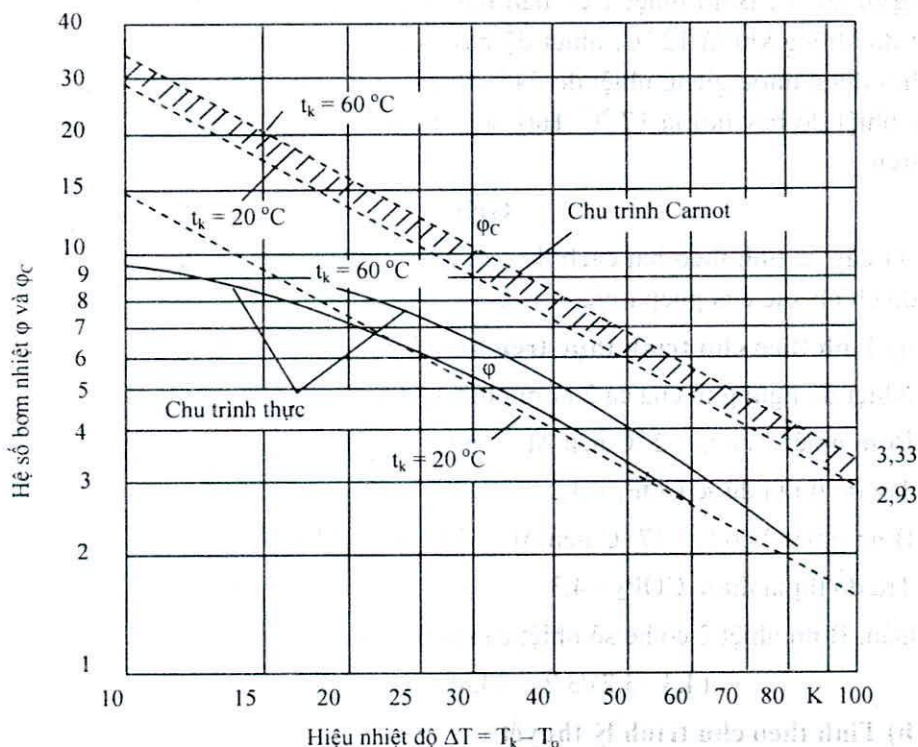
– Hệ số bơm nhiệt lý thuyết của chu trình Carnot ở $t_k = 20^\circ\text{C}$ và $\Delta t = 10\text{ K}$ là $\text{COP}_C = (273 + 20)/10 = 29,3$ (nhiệt độ sôi $t_o = 10^\circ\text{C}$).

– Hệ số bơm nhiệt lý thuyết của chu trình Carnot ở $t_k = 60^\circ\text{C}$ và $\Delta t = 100\text{ K}$ là $\text{COP}_C = (273 + 60)/100 = 3,33$ (nhiệt độ sôi $t_o = -40^\circ\text{C}$).

– Hệ số bơm nhiệt lý thuyết của chu trình Carnot ở $t_k = 20^\circ\text{C}$ và $\Delta t = 100\text{ K}$ là $\text{COP}_C = (273 + 20)/100 = 2,93$ (nhiệt độ sôi $t_o = -80^\circ\text{C}$).

Các đường nét liền là hệ số bơm nhiệt của chu trình thực. Đường nét liền phía trên là chu trình thực với nhiệt độ ngưng tụ là 60°C còn đường nét liền phía dưới là chu trình thực với nhiệt độ ngưng tụ là $t_k = 20^\circ\text{C}$. Với nhiệt độ ngưng tụ từ 20 đến 60°C , ta có thể nội suy từ các đường trên. Tuy nhiên nhiệt độ ứng

dụng của bơm nhiệt sưởi ấm và đun nước nóng thường từ 50 đến 55 °C nếu chọn nhiệt độ ngưng tụ cho bơm nhiệt bằng 60 °C là thích hợp.



Hình 3.2. Sự phụ thuộc của hệ số bơm nhiệt của chu trình lý thuyết Carnot và chu trình thực vào nhiệt độ ngưng tụ t_k và hiệu nhiệt độ $\Delta T = t_k - t_o$ [1]

Tỷ số giữa hệ số bơm nhiệt thực và lý thuyết được gọi là hiệu suất exergy hay độ hoàn thiện chu trình:

$$\nu = \frac{\varphi_t}{\varphi_c} \quad (3.5)$$

Thay $\varphi_c = T_k / \Delta t$ vào biểu thức 3.5 ta có:

$$\nu = \varphi_t \cdot \frac{\Delta t}{T_k} \quad (3.6)$$

Khảo sát đồ thị hình 3.2 ta thấy trong khoảng $\Delta t = 30$ đến 60 K, và $t_k = 60$ °C (khoảng nhiệt độ làm việc thông thường của bơm nhiệt ta thấy ν biến thiên không nhiều từ 0,56 đến 0,59). Chính vì vậy, khi so sánh 2 chu trình bơm nhiệt về hiệu quả năng lượng có thể bỏ qua ν mà vẫn thu được kết quả tương đối chính xác. Ta có thể theo dõi ví dụ 3.3 để thấy rõ điều đó.

Ví dụ 3.3: Hãy so sánh hệ số bơm nhiệt sưởi ấm mùa đông của cả 2 bơm nhiệt cho biết dàn ngưng tụ của cả 2 đều là dàn ngưng tụ trực tiếp nhiệt độ ngưng tụ 60°C . Bơm nhiệt 1 có dàn bay hơi đặt ngoài không khí tại Hà Nội, nhiệt độ không khí là 12°C , nhiệt độ bay hơi 2°C . Bơm nhiệt 2 sử dụng bình bay hơi dùng nước giếng nhiệt độ 24°C (bằng nhiệt độ trung bình cả năm ở Hà Nội), nhiệt độ bay hơi là 17°C . Hãy so sánh hệ số bơm nhiệt của 2 bơm nhiệt nêu trên.

Giải:

Ở đây sẽ tính theo hai cách để có thể rút ra kết luận về hai cách tính này đến độ chính xác của phép tính.

a) Tính theo chu trình thực trên hình 2.5

Nhiệt độ ngưng tụ của cả 2 bơm nhiệt $t_k = 60^{\circ}\text{C}$ nên $T_k = 333\text{ K}$.

Bơm nhiệt 1 có $t_0 = 2^{\circ}\text{C}$ nên $\Delta t = 60 - 2 = 58\text{ K}$.

Tra đồ thị ta được $\text{COP}_1 = 3,2$

Bơm nhiệt 2 có $t_0 = 17^{\circ}\text{C}$ nên $\Delta t = 60 - 17 = 43\text{ K}$.

Tra đồ thị ta được $\text{COP}_2 = 4,3$

Kết luận: Bơm nhiệt 2 có hệ số nhiệt cao hơn bơm nhiệt 1 là :

$$(4,3 - 3,2)/3,2 = 34,4\%$$

b) Tính theo chu trình lý thuyết

Bơm nhiệt 1 có $t_0 = 2^{\circ}\text{C}$, $\Delta t = 58\text{ K}$, $T_k = 333\text{ K}$ nên:

$$\text{COP}_{C1} = 333/58 = 5,74$$

Bơm nhiệt 2 có $t_0 = 17^{\circ}\text{C}$, $\Delta t = 43\text{ K}$, $T_k = 333\text{ K}$ nên:

$$\text{COP}_{C2} = 333/43 = 7,74$$

Kết luận: Bơm nhiệt 2 có hệ số nhiệt cao hơn bơm nhiệt 1 là:

$$(7,74 - 5,74)/5,74 = 34,8\%.$$

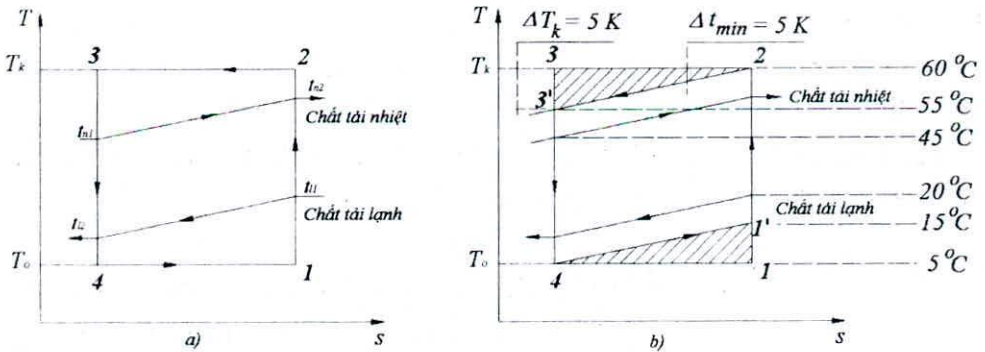
Kết quả của 2 phương pháp tính 34,4 % và 34,8 % là gần giống nhau. **Do đó hoàn toàn so sánh TKNL tính theo chu trình lý thuyết Carnot chứ không cần tính toán theo chu trình thực của bơm nhiệt vì đơn giản hơn và với sai số vẫn có thể chấp nhận được.**

Qua hệ số bơm nhiệt ta cũng có thể đánh giá, so sánh được tiêu hao điện năng. Tuy nhiên, nếu là bơm nhiệt sưởi ấm hoặc đun nước nóng cần phải đánh giá theo IPLV giới thiệu ở mục 1.8 sẽ chính xác hơn.

3.2.4. Hệ số bơm nhiệt phụ thuộc vào chu trình

Đã từ rất sớm, người ta đã nghiên cứu cải thiện hệ số lạnh (và hệ số bơm nhiệt) cũng như khả năng giảm công nén của máy nén để tiết kiệm năng lượng. Người ta đã chứng minh được rằng, để giảm công nén, cải thiện hệ số lạnh của chu trình thì cần phải thực hiện một chế độ trao đổi nhiệt ngược dòng nghiêm ngặt (tốt nhất là dạng ống lồng ống) cho dàn bay hơi và ngưng tụ với sự trượt nhiệt độ bay hơi và ngưng tụ tương ứng với biến thiên nhiệt độ của chất tải lạnh và chất tải nhiệt.

Ngay từ cuối thế kỷ 19, nhà bác học Lorenz người Đức đã chỉ ra sự không hoàn thiện của chu trình Carnot ngược chiều và đưa ra một chu trình mới (được gọi là chu trình Lorenz) phù hợp hơn nhằm tiết kiệm công nén, qua đó tiết kiệm được năng lượng sơ cấp, đồng thời có hệ số lạnh cao hơn. Hình 3.3 giới thiệu sự so sánh của chu trình Lorenz và Carnot trên đồ thị $T-s$.



Hình 3.3. So sánh chu trình Carnot và chu trình Lorenz

a) Chu trình Carnot 1 – 2 – 3 – 4; b) Chu trình Lorenz 1' – 2 – 3' – 4

 Công tiết kiệm được của chu trình Lorenz so với chu trình Carnot

ΔT_k – độ trượt nhiệt độ ở dàn ngưng và dàn bay hơi;

Δt_{min} – hiệu nhiệt độ tối thiểu ở thiết bị trao đổi nhiệt.

Hình 3.3a là chu trình Carnot ngược chiều thuận nghịch. Theo lý thuyết về phương diện nhiệt thì chu trình Carnot là chu trình lý tưởng. Nhưng căn cứ vào thực tế, chất tải nhiệt ở dàn ngưng tụ (nước, không khí...) và chất tải lạnh ở dàn bay hơi (nước muối, không khí...) bao giờ cũng có biến thiên nhiệt độ ở đầu vào và đầu ra. Khi đi qua thiết bị trao đổi nhiệt, chất tải nhiệt sẽ nóng lên còn chất tải lạnh sẽ lạnh xuống.

Do vậy, để tiết kiệm năng lượng, Lorenz đưa ra ý tưởng thay quá trình ngưng tụ 2 – 3 đẳng nhiệt bằng quá trình ngưng tụ với nhiệt độ giảm dần 2 – 3'

để thích ứng theo đường biến thiên nhiệt độ của chất tải nhiệt và quá trình bay hơi đẳng nhiệt 4 – 1 bằng quá trình bay hơi với nhiệt độ tăng dần 4 – 1' và sử dụng thiết bị trao đổi nhiệt kiểu ngược chiều. Như vậy, có thể tiết kiệm được điện năng tiêu thụ cho máy nén. Công tiết kiệm đó được thể hiện trên hình 3.3b bằng diện tích có gạch chéo 233' và 411'. Qua đây ta cũng thấy, độ trượt nhiệt độ ΔT_k càng lớn thì khả năng TKNL càng cao.

Điều kiện tiên quyết để thực hiện chu trình Lorenz là phải sử dụng hỗn hợp không đồng sôi (hay môi chất không đồng sôi) ví dụ R404A, R407C... Không thể sử dụng môi chất lạnh đơn chất hoặc đồng sôi vì chúng không có độ trượt nhiệt độ khi sôi và khi ngưng. Điều kiện thứ hai là thiết bị trao đổi nhiệt của chu trình Lorenz nhất thiết phải làm việc theo nguyên tắc ngược dòng. Ví dụ tính toán sau sẽ làm sáng tỏ thêm khả năng TKNL cũng như khả năng TKNL phụ thuộc độ trượt nhiệt độ.

Ví dụ 3.4: So sánh khả năng TKNL giữa chu trình Carnot và chu trình Lorenz biết:

a) Chất tải lạnh và nhiệt là nước, độ trượt nhiệt độ $\Delta t_r = 5$ K. Hiệu nhiệt độ tối thiểu ở thiết bị trao đổi nhiệt là $\Delta t_{\min} = 5$ K (xem hình 3.3).

b) Chất tải lạnh và nhiệt là không khí, độ trượt nhiệt độ $\Delta T_k = 10$ K. Hiệu nhiệt độ tối thiểu ở thiết bị trao đổi nhiệt là $\Delta t_{\min} = 5$ K.

Giải:

a) Theo các thông số hình 3.3 thì hệ số lạnh và nhiệt của chu trình Carnot là:

$$\varepsilon_C = T_o / (T_k - T_o) = (273 + 5) / (60 - 5) = 5,05; \text{ hệ số tiêu thụ điện năng:}$$

$$PIC = 1/\varepsilon = 0,1980$$

$$\varphi_C = T_k / (T_k - T_o) = 6,05; \text{ hệ số tiêu thụ điện năng của chu trình Carnot là:}$$

$$PIC = 1/\varphi = 0,1653$$

Hệ số lạnh và nhiệt của chu trình Lorenz là:

$$\varepsilon_L = T_{otb} / (T_{ktb} - T_{otb}) = (273 + 7,5) / 50 = 5,61;$$

$$\text{Hệ số tiêu thụ điện năng } PIC = 1/\varepsilon = 0,1783$$

$$\varphi_C = T_{ktb} / (T_{ktb} - T_{otb}) = 6,61;$$

$$\text{Hệ số tiêu thụ điện năng } PIC = 1/\varphi = 0,1513.$$

Hệ số lạnh ε , hệ số nhiệt φ , hệ số tiêu thụ điện năng PIC và TKNL tương đối khi làm lạnh cũng như khi bơm nhiệt được trình bày trên bảng 3.3. TKNL tương đối của chu trình Lorenz là 10% khi chạy lạnh và 8,5% khi chạy bơm nhiệt.

Bảng 3.3. So sánh chu trình Carnot và Lorenz với chất tải lạnh và nhiệt là nước, độ trượt nhiệt độ 5 K và hiệu nhiệt độ tối thiểu ở thiết bị trao đổi nhiệt là 5 K.

Nội dung	Chu trình Carnot 1234	Chu trình Lorenz 1'2'2'4
Điểm 1	Nhiệt độ bay hơi $t_0 = 5^\circ\text{C}$ (278K)	
Điểm 1'		Nhiệt độ bay hơi cuối $t_0 = 10^\circ\text{C}$
Điểm 2	Nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 60^\circ\text{C}$ (333K)	Nhiệt độ ngưng tụ đầu $t_k = 60^\circ\text{C}$,
Điểm 3	Nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 60^\circ\text{C}$	
Điểm 3'		Nhiệt độ ngưng tụ cuối $t_k = 55^\circ\text{C}$
Điểm 4	Nhiệt độ bay hơi $t_0 = 5^\circ\text{C}$	Nhiệt độ bay hơi đầu $t_0 = 5^\circ\text{C}$,
t_k trung bình	60°C	$57,5^\circ\text{C}$
t_0 trung bình	5°C	$7,5^\circ\text{C}$
t_{n1}, t_{n2}	Nhiệt độ nước nóng vào 50 và ra 55°C	
t_{l1}, t_{l2}	Nhiệt độ nước lạnh vào 15 và ra 10°C	
Hệ số lạnh ε	$T_0/(T_k - T_0) = 278/(60 - 5) = 5,05$	$T_{otb}/(T_{ktb} - T_{otb}) = 280,5/50 = 5,61$
PIC = $1/\varepsilon$	0,1980	0,1783
Điện tiêu thụ, %	100%	90%
TKNL, %	0%	10%
Hệ số nhiệt φ	$T_k/(T_k - T_0) = 333/55 = 6,05$	$T_{ktb}/(T_{ktb} - T_{otb}) = 330,5/50 = 6,61$
PIC = $1/\varphi$	0,1653	0,1513
Điện tiêu thụ, %	100%	91,5%
TKNL, %	0%	8,5%

b) Theo các thông số thì hệ số lạnh và nhiệt của chu trình Carnot là không thay đổi, tương tự như trường hợp a

Hệ số lạnh và nhiệt của chu trình Lorenz sẽ tăng lên do nhiệt độ sôi trung bình tăng lên và nhiệt độ ngưng tụ giảm xuống do độ trượt nhiệt độ tăng lên. Nhiệt độ trung bình khi sôi là $(15 + 5)/2 = 10^\circ\text{C}$ và nhiệt độ trung bình ngưng tụ sẽ là $(60 + 50)/2 = 55^\circ\text{C}$.

$$\varepsilon_L = T_{otb}/(T_{ktb} - T_{otb}) = 283 / (55 - 10) = 6,29;$$

$$\text{Hệ số tiêu thụ điện năng PIC} = 1/\varepsilon = 0,1590$$

$$\varphi_C = T_{ktb}/(T_{ktb} - T_{otb}) = 328/45 = 7,29;$$

Hệ số tiêu thụ điện năng PIC = $1/\varphi = 0,1372$.

Hệ số lạnh ε , hệ số nhiệt φ , hệ số tiêu thụ điện năng PIC và TKNL tương đối khi làm lạnh cũng như khi bơm nhiệt được trình bày trên bảng 3.4. Như vậy, ở chế độ đã cho, với độ tăng nhiệt độ 10 K, chu trình Lorenz có thể tiết kiệm được 20% điện tiêu thụ khi chạy lạnh và 17% khi chạy sưởi.

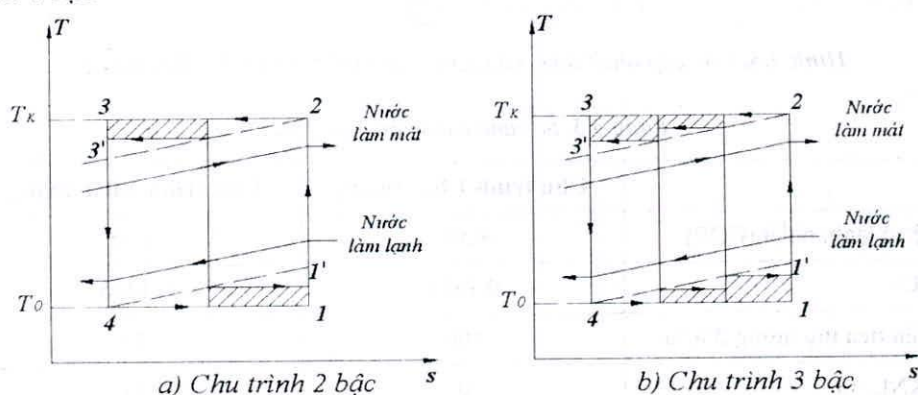
Bảng 3.4. So sánh chu trình Carnot và Lorenz với chất tải lạnh và nhiệt là không khí, độ trượt nhiệt độ 10 K và hiệu nhiệt độ tối thiểu ở thiết bị trao đổi nhiệt là 5 K

Nội dung	Chu trình Carnot 1234	Chu trình Lorenz 1'22'4
Điểm 1	Nhiệt độ bay hơi $t_0 = 5^\circ\text{C}$ (278K)	
Điểm 1'		Nhiệt độ bay hơi cuối $t_0 = 15^\circ\text{C}$
Điểm 2	Nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 60^\circ\text{C}$ (333K)	Nhiệt độ ngưng tụ đầu $t_k = 60^\circ\text{C}$, 55°C
Điểm 3	Nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 60^\circ\text{C}$	
Điểm 3'		Nhiệt độ ngưng tụ cuối $t_k = 50^\circ\text{C}$
Điểm 4	Nhiệt độ bay hơi $t_0 = 5^\circ\text{C}$	Nhiệt độ bay hơi đầu $t_0 = 5^\circ\text{C}$,
t_k trung bình	60°C	55°C
t_0 trung bình	5°C	10°C
t_{n1}, t_{n2}	Nhiệt độ không khí nóng vào 45 và ra 55°C	
t_{l1}, t_{l2}	Nhiệt độ không khí lạnh vào 20 và ra 10°C	
Hệ số lạnh ε	$T_0/(T_k - T_0) = 278/(60 - 5) = 5,05$	$T_{otb}/(T_{ktb} - T_{otb}) = 283/45 = 6,29$
PIC = $1/\varepsilon$	0,1980	0,1590
Điện tiêu thụ, %	100%	80%
TKNL, %	0%	20%
Hệ số nhiệt φ	$T_k/(T_k - T_0) = 333/55 = 6,05$	$T_{ktb}/(T_{ktb} - T_{otb}) = 328/45 = 7,29$
PIC = $1/\varphi$	0,1653	0,1372
Điện tiêu thụ, %	100%	83%
TKNL, %	0%	17%

3.2.5. Tiệm cận chu trình Lorenz bằng chu trình bậc thang để tiết kiệm năng lượng

Trong thực tế, để ứng dụng được chu trình Lorenz phải sử dụng hỗn hợp môi chất không đồng sôi đặc biệt có độ trượt nhiệt độ phù hợp với từng ứng dụng cụ thể. Điều đó là gần như không thực hiện được do đó có thể dùng nhiều phương pháp để có thể tiệm cận chu trình Lorenz nhằm tiết kiệm năng lượng. Một trong khả năng đó là sử dụng chu trình bậc thang với các môi chất đơn chất.

Hình 3.4 mô tả chu trình 2 bậc thang và 3 bậc thang để tiệm cận chu trình Lorenz. Qua đó ta thấy rằng càng nhiều bậc thang thì khả năng tiệm cận càng tốt nhưng do thực tế lắp đặt, ứng dụng và vận hành người ta chỉ thực hiện từ 2 đến 4 bậc.



Hình 3.4. So sánh công tiết kiệm được của chu trình bậc thang 2 bậc với 3 bậc.

Ví dụ 3.5: So sánh hệ số lạnh, hệ số nhiệt, hệ số tiêu thụ điện năng PIC (Power Input per Capacity) cũng như tiết kiệm năng lượng tương đối (% TKNL) giữa chu trình Carnot và chu trình 2 và 3 bậc thang tiệm cận chu trình Lorenz theo hình 3.4.

Giải:

Giả thiết buồng sấy có nhiệt độ tác nhân sấy (TNS) vào $t_{b1} = 55^\circ\text{C}$ và ra $t_{b2} = 30^\circ\text{C}$ thì chu trình 1 bậc (Carnot) sẽ là $t_0 = 5^\circ\text{C}$, $t_k = 60^\circ\text{C}$. Khi chuyển thành chu trình 2 bậc thang thì chu trình 1 sẽ có $t_0 = 10^\circ\text{C}$, $t_k = 60^\circ\text{C}$, chu trình 2 có $t_0 = 5^\circ\text{C}$, $t_k = 50^\circ\text{C}$ (xem hình 3.5) thì:

a) Hệ số nhiệt của chu trình Carnot là: $\varphi_C = T_k/\Delta T = (273 + 60)/55 = 6,05$.

b) Khi thay thế bằng chu trình 2 bậc thang như biểu diễn trên hình 3.6 sẽ có:

Ta có hệ số nhiệt φ_{C1} của chu trình “ngoài” ($T_k = 60 + 273 = 333\text{ K}$ và $\Delta T = 60 - 10 = 50\text{ K}$) là $333/50 = 6,66$ và chu trình “trong” (với $T_k = 50 + 273 = 323\text{ K}$ và $\Delta T = 50 - 5 = 45\text{ K}$) thì hệ số nhiệt $\varphi_{C2} = 323/45 = 7,18$.

Năng lượng sơ cấp, ký hiệu E_{sc} , đơn vị là tấn than tương đương (tce), tấn dầu tương đương (toe) hoặc MWh. Năng lượng sơ cấp là các nguồn năng lượng hóa thạch như than, dầu, khí đốt... và các nguồn vật chất tạo ra năng lượng nhờ phản ứng hóa học như nguyên tử, nhiệt hạch (1 kg Uranium có thể cung cấp một lượng năng lượng tương đương 35 triệu tấn than đá). Năng lượng sơ cấp nằm ở khâu đầu tiên của quá trình chuyển hóa năng lượng tạo ra năng lượng hữu ích sử dụng cho con người.

Hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp, ký hiệu ϵ , đơn vị là % là tỷ số giữa năng lượng hữu ích (khâu chuyển hóa năng lượng cuối cùng) so với năng lượng sơ cấp đầu vào, ϵ bằng tích của toàn bộ các hiệu suất nhiệt của các khâu chuyển hóa năng lượng từ năng lượng sơ cấp đến năng lượng hữu ích cuối cùng.

Ví dụ 3.7: Hãy tính hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp ϵ_{dt} của thanh điện trở dùng để đun nước nóng.

Giải:

Nếu coi than đá là năng lượng sơ cấp được khai thác tại mỏ và vận chuyển đến nhà máy nhiệt điện với hao hụt trên đường vận chuyển bằng không thì năng lượng sơ cấp đến nhà máy nhiệt điện vẫn được coi bằng 100 %. Tại nhà máy nhiệt điện, năng lượng của than được chuyển hóa thành điện với hiệu suất của nhà máy nhiệt điện $\eta_{nd} = 30\%$ (trong đó có chuyển hóa than thành hơi ở lò hơi, thành cơ năng ở tuabin hơi và thành điện năng ở máy phát), rồi được lưới điện tải đến nơi tiêu thụ bằng các máy biến áp và đường dây, hiệu suất tải điện $\eta_{ld} = 90\%$. Như vậy, năng lượng sơ cấp từ nhà máy đến người tiêu dùng chỉ còn $\epsilon = 0,30 \cdot 0,90 = 0,27$ nghĩa là tổn thất truyền tải điện năng vào khoảng 3 %. Nếu dùng trực tiếp điện để đun nước nóng bằng thanh điện trở thì hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp là:

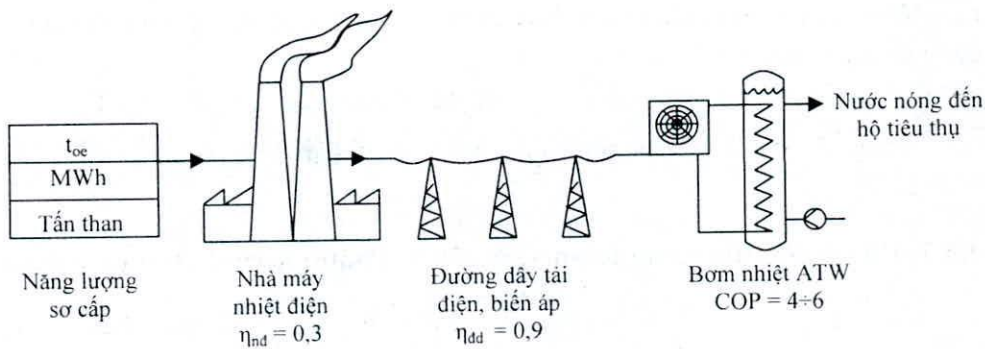
$$\epsilon_{dt} = \eta_{nd} \cdot \eta_{ld} \cdot \eta_{dt} = 0,30 \cdot 0,90 \cdot 1,00 = 27\%$$

Trong đó $\eta_{dt} = 100\%$ là hiệu suất của thanh điện trở (xem sơ đồ dòng hình 3.9). Ở đây cũng lưu ý thêm là hiệu suất nhà máy nhiệt điện $\eta_{nd} = 30\%$ là của các nhà máy truyền thống. Trong những năm qua hiệu suất đó đã không ngừng được cải thiện, các nhà máy hiện đại nhất hiện nay có thể đạt hiệu suất tới 44 %.

Ví dụ 3.8: Hãy tính hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp của bơm nhiệt nén hơi chạy điện cho biết $\phi = (4 \div 6)$.

Giải:

Hình 3.7 giới thiệu sơ đồ chuyển hóa năng lượng và cách tính hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp của bơm nhiệt nén hơi chạy điện (xem sơ đồ dòng hình 3.10).



Hình 3.6. Sơ đồ chuyển hóa năng lượng và cách tính hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp của bơm nhiệt nén hơi chạy điện

Các quá trình chuyển hóa than thành điện đã được giới thiệu ở trên. Nếu sử dụng điện để chạy bơm nhiệt nén hơi với $COP = 4 \div 6$ thì hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp ϵ_c sẽ là:

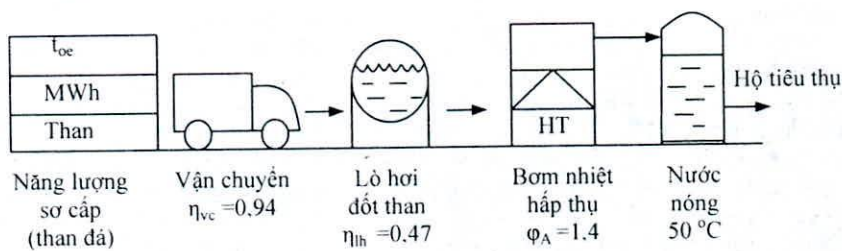
$$\epsilon_c = \eta_{nd} \cdot \eta_{dd} \cdot \varphi = 0,30 \cdot 0,90 \cdot (4 \div 6) = 1,08 \div 1,42 = 108\% \div 142\%$$

Trong đó φ là hệ số bơm nhiệt nén hơi.

Ví dụ 3.9: Hãy tính hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp của hệ thống đun nước nóng khi dùng máy lạnh hấp thụ hệ số nhiệt $\varphi_A = 1,40$ với lò hơi đốt than hiệu suất $\eta_{lh} = 66\%$.

Giải:

Hình 3.7 giới thiệu sơ đồ sử dụng năng lượng và hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp của hệ thống đun nước nóng khi dùng máy lạnh hấp thụ với lò hơi đốt than.



Hình 3.7. Hệ thống sử dụng năng lượng sơ cấp của hệ thống nước nóng sử dụng máy lạnh hấp thụ với lò hơi ϵ_A

Khác với nhà máy nhiệt điện, lò hơi là một hộ tiêu thụ than riêng lẻ nên hao hụt năng lượng sơ cấp ở khâu vận chuyển đã là 6% tương đương hiệu suất vận chuyển đạt $\eta_{vc} = 94\%$. Tổn thất ở lò hơi được tính qua hiệu suất lò hơi

$\eta_{lh} = 66\%$. Bơm nhiệt hấp thụ có hệ số nhiệt là 1,40. Như vậy hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp là:

$$\epsilon_A = \eta_{vc} \cdot \eta_{dh} \cdot \varphi_A = 0,94 \cdot 0,66 \cdot 1,40 = 0,62$$

Trong đó φ_A là hệ số nhiệt của bơm nhiệt hấp thụ (xem sơ đồ dòng hình 3.12).

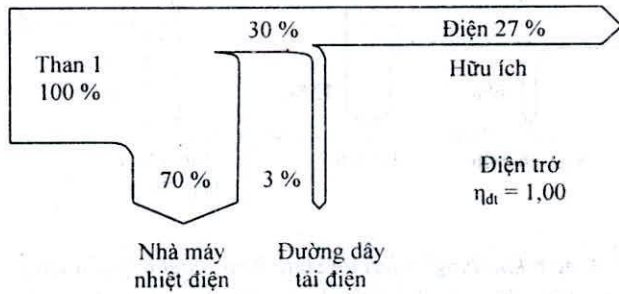
3.3.2. Hệ số tiêu thụ năng lượng sơ cấp khi năng lượng sơ cấp là than

Hiệu suất các thiết bị khác nhau khi năng lượng sơ cấp là khác nhau. Ví dụ lò hơi sẽ có hiệu suất khác nhau khi năng lượng sơ cấp là than, dầu hoặc khí đốt. Hình 3.8 đến 3.16 giới thiệu sơ đồ dòng so sánh giữa các phương án cấp nhiệt để đun nước nóng sử dụng năng lượng sơ cấp là than. Hiệu suất các thiết bị được thể hiện trong các sơ đồ dòng trong các quá trình chuyển hóa năng lượng lấy theo [1]. Các hiệu suất này nhỏ hơn so với hiệu suất các thiết bị hiện đại. Tuy nhiên, ở đây chỉ nêu ra để làm ví dụ so sánh một cách tương đối giữa các phương án cấp nhiệt khác nhau nên có thể chấp nhận được. Bảng 3.8 giới thiệu một số hiệu suất cụ thể của các thiết bị chuyển hóa năng lượng.

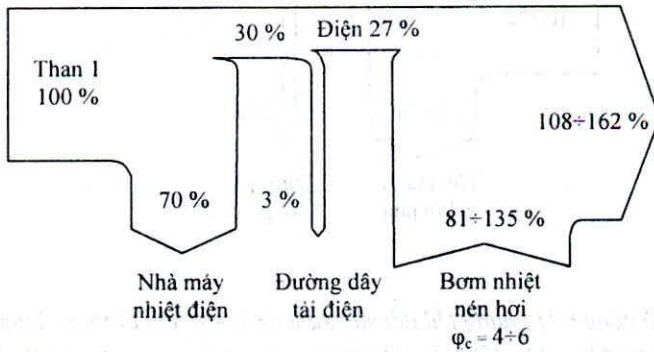
Bảng 3.8. Một số hiệu suất cụ thể của các thiết bị chuyển hóa năng lượng

Tên thiết bị	Hiệu suất, hệ số
Nhà máy nhiệt điện chạy than	$\eta_{nd} = 0,30$
Đường dây tải điện, trạm biến áp	$\eta_{dd} = 0,90 \div 0,94$
Thanh điện trở đun nước nóng	$\eta_{dt} = 1,00$
Lò hơi đốt than	$\eta_{lh} = 0,66$
Bơm nhiệt hấp thụ	$\varphi_A = 1,40$
Số bơm nhiệt nén hơi ATW	$\varphi = 4 \div 6$
Lò khí hóa than	$\eta_{lk} = 0,40$
Nhà máy điện khí hơi tích hợp (ba chu trình)	$\eta_{kh} = 0,45$
Mô đốt khí	$\eta_{md} = 1,00$
Đường ống dẫn khí đốt	$\eta_{do} = 0,95$
Động cơ ga	$\eta_{dc} = 0,34$
Bộ trao đổi nhiệt sử dụng khí thải động cơ ga	$\eta_{kt} = 0,84$

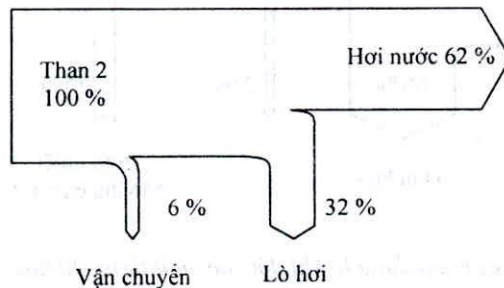
Sau đây là các sơ đồ dòng ϵ sử dụng năng lượng sơ cấp ϵ qua các trình chuyển hóa năng lượng khác nhau:



Hình 3.8. Sơ đồ dòng ϵ khi dùng thanh điện trở để đun nước: Than – Nhà máy nhiệt điện – Lưới điện – Thanh điện trở – Nước nóng: $\epsilon_{dt} = \eta_{nd} \cdot \eta_{dd} \cdot \eta_{dt} = 0,30 \cdot 0,90 \cdot 1,00 = 0,27$



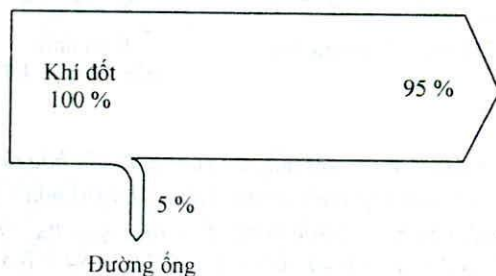
Hình 3.9. Sơ đồ dòng ϵ khi dùng bơm nhiệt nén hơi: Than – Nhà máy nhiệt điện – Lưới điện – Bơm nhiệt nén hơi – Nước nóng: $\epsilon_c = \eta_{nd} \cdot \eta_{dd} \cdot \varphi = 0,27 \cdot (4 \div 6) = 1,08 \div 1,62$



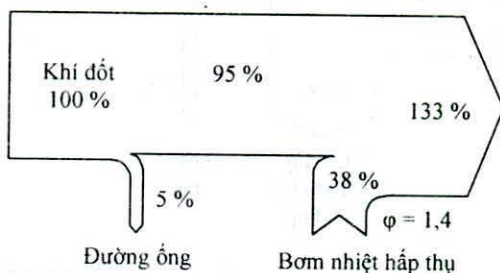
Hình 3.10. Sơ đồ dòng ϵ khi dùng lò hơi đun nước nóng: Than – Vận chuyển – Lò hơi – Nước nóng: $\epsilon_{lh} = \eta_{vc} \cdot \eta_{lh} = 0,94 \cdot 0,66 = 0,62$

3.3.3. Hệ số tiêu thụ năng lượng sơ cấp khi năng lượng sơ cấp là ga (khí đốt)

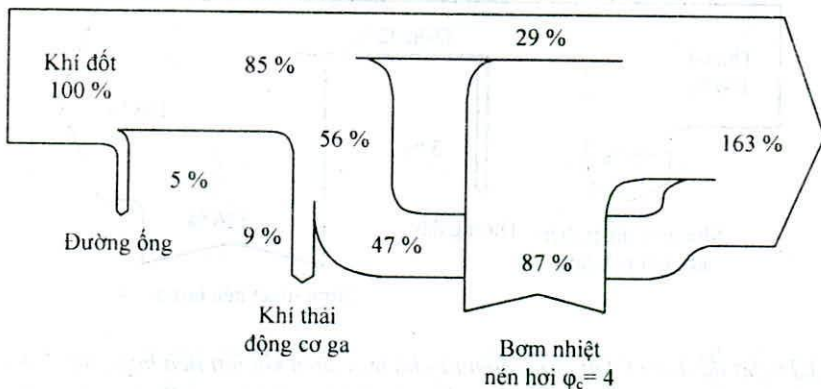
Các hình 3.17 đến 3.19 giới thiệu hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp ϵ qua các trình chuyển hóa năng lượng khác nhau:



Hình 3.17. Sơ đồ dòng ϵ khi dùng ga đốt trực tiếp để đun nước nóng:
Ga – Đường ống – Mò đốt – Nước nóng: $\epsilon_g = \eta_{đđ} \cdot \eta_{mđ} = 0,95 \cdot 1,00 = 0,95$



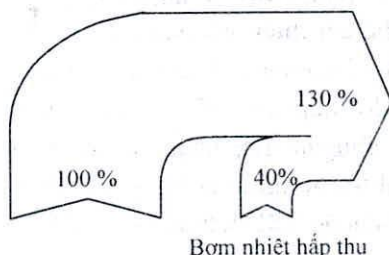
Hình 3.18. Sơ đồ dòng ϵ khi dùng ga đốt chạy bơm nhiệt hấp thụ để đun nước nóng:
Ga – Đường ống – Mò đốt – Bơm nhiệt hấp thụ ($\phi_A = 1,4$) – Nước nóng:
 $\epsilon_g = \eta_{đđ} \cdot \eta_{mđ} \cdot \phi_A = 0,95 \cdot 1,00 \cdot 1,4 = 1,33$



Hình 3.19. Sơ đồ dòng ϵ khi dùng khí đốt chạy động cơ ga để vận hành bơm nhiệt nén hơi và để cung cấp nước nóng: Ga – Đường ống dẫn khí – Động cơ ga – Bơm nhiệt nén hơi – Nước nóng: $\epsilon_c = (\eta_{đđ} \cdot \eta_{đc} \cdot \phi) + \eta_{đđ} (1 - \eta_{đc})$, $\eta_{kt} = (0,95 \cdot 0,4 \cdot 4) + 0,95 (1 - 0,34)$, $0,84 = 1,82$

3.3.4. Sơ đồ dòng khí sử dụng nước thải, hơi thải chạy bơm nhiệt hấp thụ

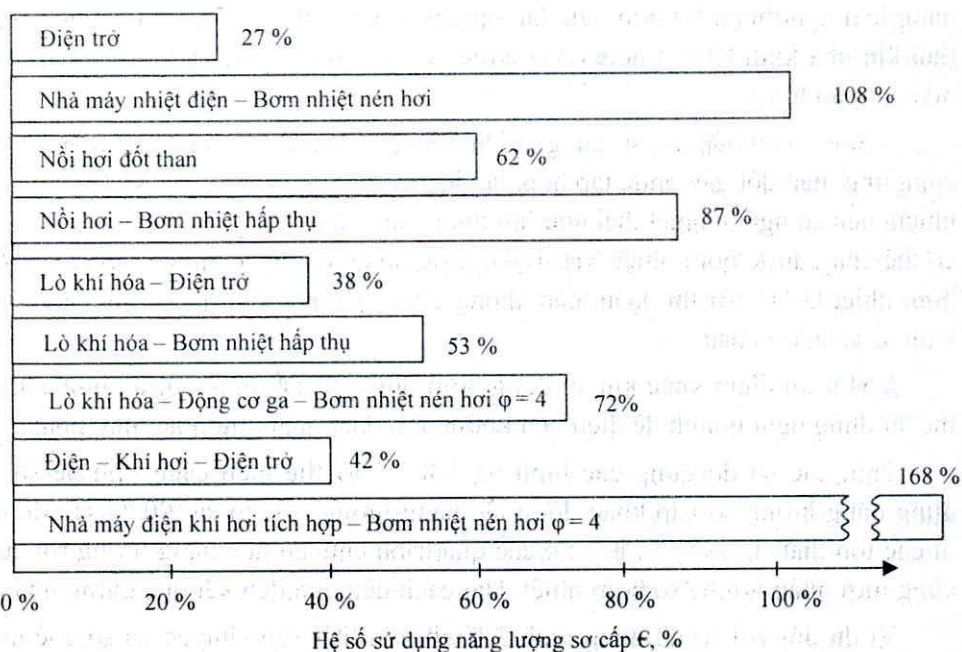
Trường hợp sử dụng nước thải, hơi thải chạy bơm nhiệt hấp thụ là không thể tính hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp, nhưng để làm rõ hiệu quả năng lượng khi sử dụng để chạy bơm nhiệt nén hơi nên có thể vẽ sơ đồ dòng như giới thiệu trên hình 3.20.



Hình 3.20. Sơ đồ dòng khí sử dụng bơm nhiệt hấp thụ chạy bằng nước thải hoặc hơi thải để đun nước nóng.

3.3.5. Kết luận

Hình 3.21 giới thiệu hệ số tiêu thụ năng lượng sơ cấp của các phương án chuẩn bị nước nóng khác nhau khi dùng than từ hình 3.8 đến 3.16.



Hình 3.21. Hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp với năng lượng sơ cấp là than với các thiết bị chuyển hóa năng lượng khác nhau để đun nước nóng theo hình 3.9.

Trên hình thể hiện ba phương án dùng điện trở đó là qua nhà máy nhiệt điện truyền thống với $\epsilon = 27\%$, qua lò hóa khí với tuabin khí tăng lên là 38% và qua nhà máy nhiệt điện khí hơi tích hợp với một chu trình tuabin khí và hai chu trình tuabin hơi thì hệ số tiêu thụ năng lượng sơ cấp đã tăng lên đến 42% (theo các thông tin mới nhất, hiệu suất của các nhà máy khí hơi tích hợp này đã tăng lên đến trên 60% ...). Tuy nhiên, ở đây ta thấy rằng bơm nhiệt nén hơi và sau đó là bơm nhiệt hấp thụ có thể cải thiện rõ ràng hệ số tiêu thụ năng lượng sơ cấp lên đến 108% hoặc 168% và có thể còn cao hơn nữa khi ứng dụng cho các nhu cầu năng lượng có nhiệt độ thấp như sấy, sưởi, đun nước nóng sinh hoạt, vệ sinh, tẩy rửa... Theo các chuyên gia Nhật, hệ số bơm nhiệt đun nước nóng ATW cả năm của Nhật đạt tới 6, nghĩa là hệ số năng lượng tiêu thụ năng lượng sơ cấp có thể đạt tới 162% hoặc 252% thay vì 108% và 168% .

Qua những phương án cấp nước nóng ở trên, ta có thể rút ra được một số kết luận sau:

- Sử dụng bơm nhiệt nén hơi chạy điện hoặc bơm nhiệt hấp thụ đều có thể nâng cao được hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp, đặc biệt khi sử dụng bơm nhiệt nén hơi;

- Bơm nhiệt nén hơi tỏ ra có ưu thế vượt trội hơn với hệ số bơm nhiệt cao hơn, hệ thống thiết bị đơn giản hơn do sử dụng động cơ điện, có thể chế tạo hàng loạt nên thuận lợi hơn, lắp đặt vận hành và tự động hóa dễ dàng hơn. Phát thải khí nhà kính CO_2 ít hơn và vì được xử lý tập trung tại nhà máy nhiệt điện nên an toàn hơn;

- Bơm nhiệt hấp thụ sử dụng nồi hơi, hoặc đốt trực tiếp công kênh hơn, việc cung ứng than đốt gây phức tạp hơn và việc tự động hóa cũng khó khăn hơn. Tuy nhiên, nếu có nguồn nhiệt thải như hơi thừa, nước thừa nhiệt độ khoảng 140°C thì có thể chạy được bơm nhiệt $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$; hoặc nhiệt độ 90°C thì có thể chạy được bơm nhiệt $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ thì hoàn toàn không dùng đến năng lượng sơ cấp. Hiệu quả kinh tế sẽ là lớn nhất;

- Một ưu điểm khác khi sử dụng bơm nhiệt để cấp nhiệt là tùy nhu cầu có thể sử dụng nguồn lạnh để điều hòa không khí, bảo quản rau quả, thực phẩm...

Trên các sơ đồ dòng các hình từ 3.8 ÷ 3.19 thể hiện cách tính hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp khác đó là lấy năng lượng sơ cấp là 100% sau đó trừ đi các tổn thất ($\text{Loss } l_1, l_2, l_3, \dots$) ở các quá trình chuyển hóa năng lượng rồi cuối cùng mới nhân với hệ số bơm nhiệt. Hai cách đều đưa đến kết quả giống nhau.

Ví dụ đối với sơ đồ dòng hình 3.10 thì tổn thất vận chuyển và sơ chế than cám ra than quả bàng $l_1 = 6\%$; tổn thất ở lò hơi là $l_2 = 32\%$ nên khi sử dụng trực tiếp lò hơi để chuẩn thì $\epsilon = (100 - 6 - 32)\% = 62\%$. Nếu sử dụng lò hơi đó

để chạy bơm nhiệt hấp thụ thì nhân thêm với hệ số bơm nhiệt hấp thụ:

$$\epsilon = 62 \% \cdot 1,4 = 87 \% \text{ (hình 3.11).}$$

3.4. TÍNH NHU CẦU NĂNG LƯỢNG HÀNG NĂM Q_H

Nhu cầu năng lượng hữu ích hàng năm (annual effective energy demand) của một hạng mục công trình cụ thể (sấy, sưởi, đun nước nóng...) ký hiệu là Q_H , đơn vị là MWh/a. Đó là nhu cầu năng lượng tính cấp cho các hệ tiêu thụ nhiệt.

Nhu cầu năng lượng hữu ích hàng năm Q_H là đại lượng chủ yếu để tính toán cân bằng năng lượng cũng như tính toán tối ưu hóa hệ thống cấp nhiệt. Nhu cầu năng lượng hàng năm có thể là ổn định với một nhu cầu công nghệ ví dụ nước nóng cho vệ sinh tẩy rửa, nhưng cũng có thể thay đổi theo tháng, theo mùa như nhu cầu sưởi ấm.

Ví dụ 3.10: Một khách sạn có nhu cầu nước nóng là 150 m^3 nước nóng mỗi ngày, nhiệt độ 50°C , nhiệt độ nước lạnh vào trung bình 25°C . Hãy xác định nhu cầu năng lượng hàng năm. Hãy so sánh giá điện khi sử dụng bình nóng lạnh chạy điện thông thường với phương án dùng bơm nhiệt nén hơi chạy điện.

Giải:

– Nhiệt lượng yêu cầu cho cả năm là:

$$Q_H = (150 \times 1000 \times (50 - 25) \times 4,186 \times 365) / 3.600.000 = 1592 \text{ MWh/a}$$

Trong đó: 150 m^3 là nhu cầu nước nóng hàng ngày của khách sạn;

1000 là quy đổi từ tấn nước ($1 \text{ m}^3 = 1 \text{ tấn} = 1.000 \text{ kg}$);

$(50 - 25)$ là hiệu nhiệt độ nước vào và ra, K;

4,186 kJ/(kgK) là nhiệt dung riêng của nước;

365 là số ngày trong năm;

$$3.600.000 \text{ kJ} = 1 \text{ MWh.}$$

– Nếu dùng phương án bình nóng lạnh chạy điện thì tiền điện hàng năm phải trả là:

$$1.592.000 \text{ kWh/năm} \times 2000 \text{ VND/kWh} = 3.184.000.000 \text{ VND/a} \approx 3,2 \text{ tỷ/a}$$

– Nếu dùng phương án bơm nhiệt ATW thì nhiệt độ ngưng tụ là 55°C , nhiệt độ bay hơi 5°C , ta có $\Delta t = 50 \text{ K}$. Tra đồ thị hình 3.2 được $\phi = 3,9$. Vậy lượng điện tiêu thụ khi dùng bơm nhiệt chỉ còn $1.592.000 \text{ kWh} / 3,9 = 408.205 \text{ kWh}$ và tiền điện chỉ còn là $408.205 \text{ kWh} \times 2000 \text{ VND/kWh} = 816.410.000 \text{ VND/a}$.

– Tiết kiệm của phương án bơm nhiệt so với phương án bình nóng lạnh là 74,4 % hay khoảng 2,4 tỷ VND/a.

3.5. NHU CẦU NĂNG LƯỢNG SƠ CẤP HÀNG NĂM E_{sc}

3.5.1. Nhu cầu năng lượng sơ cấp hàng năm E_{sc} tính theo MWh/a

Nhu cầu năng lượng sơ cấp hàng năm của một hạng mục công trình ký hiệu là E_{sc} , đơn vị là MWh/a. E_{sc} có thể được tính từ biểu thức:

$$E_{sc} = \frac{Q_H}{\epsilon}, \text{ MWh/a} \quad (3.7)$$

Trong đó:

$$\epsilon = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \dots \eta_i \cdot \varphi = (100\% - \sum l_i) \cdot \varphi \quad (3.8)$$

$\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_i$ – hiệu suất các quá trình chuyển hóa năng lượng;

l_i – tổn thất (loss) ở các quá trình chuyển hóa năng lượng;

φ – hệ số bơm nhiệt (nếu có).

3.5.2. Nhu cầu năng lượng sơ cấp hàng năm E_{sc} tính theo tấn nhiên liệu

Có thể tính nhu cầu năng lượng sơ cấp tương đương theo tấn dầu tương đương hoặc tấn than, ký hiệu là m_{sc} , đơn vị là tấn than tương đương hoặc tấn dầu/năm. Theo biểu thức:

$$m_{sc} = \frac{E_{sc}}{H}$$

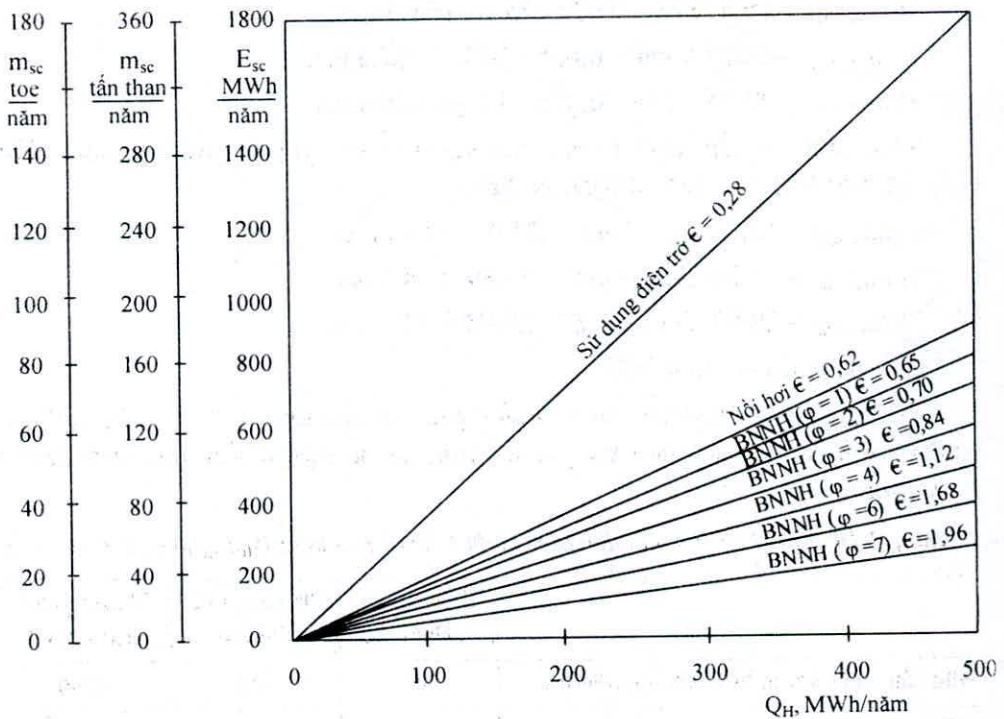
Trong đó: H là nhiệt trị của nhiên liệu. Than sử dụng ở đây chỉ có nhiệt trị thấp là 18000 kJ/kg (như vậy nhiệt lượng của 1 tấn than chỉ là 5 MWh) và dầu cũng chỉ có nhiệt trị là 36.000 kJ/kg (tương tự nhiệt lượng của 1 tấn dầu là 10 MWh) ta có thể tra nhanh chóng nhu cầu năng lượng sơ cấp hàng năm theo các phương án cấp nhiệt khác nhau trên đồ thị hình 3.21. Cần lưu ý rằng ở đây là than nhiệt trị thấp và dầu nhiệt trị thấp sử dụng thực tế cho công trình chứ không phải tấn than tương đương tce và tấn dầu tương đương toe.

Như ở chương 1, mục 1.4 đã đề cập 1 tce = 8,14 MWh lấy tròn 1 tce = 8 MWh (dựa trên nhiệt trị trung bình của than là 7.000 kcal/kg) hoặc tấn dầu tương đương toe (1 toe = 11,63 MWh dựa trên nhiệt trị trung bình của dầu là 10.000 kcal/kg) lấy tròn 1 toe = 12 MWh.

Như vậy, 1 tấn than nhiệt trị thấp nói đến ở đây chỉ bằng 0,625 tce (tấn than tương đương) và 1 tấn dầu nhiệt trị thấp ở đây cũng chỉ bằng 0,83 toe (tấn dầu tương đương) (xem bảng 3.9).

Bảng 3.9. Năng lượng sơ cấp

Ký hiệu	Tên gọi	Đổi ra MWh	Đổi ra MJ	Ghi chú
MWh	Đơn vị năng lượng sơ cấp quy đổi	1	3,6	Thông dụng
toe	Tấn dầu tương đương (Nhiệt trị dầu 10.000 kcal/kg) = 11,63 MWh lấy tròn là 12 MWh.	12	43,2	Thông dụng
tce	Tấn than tương đương (Nhiệt trị 7.000 kcal/kg) = 8,14 MWh lấy tròn là 8 MWh.	8	28,8	Ít dùng



Hình 3.22. Toán đồ xác định tiêu thụ năng lượng sơ cấp E_{sc} , MWh/năm, m_{sc} , tấn than/năm hoặc tấn dầu tương đương/năm theo nhu cầu năng lượng hàng năm Q_H , MWh/năm và hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp ϵ với nhiệt trị của than trung bình 18.000 kJ/kg và nhiệt trị của dầu trung bình 36.000 kJ/kg.

Ví dụ 3.11: Cho biết một hệ thống sây có nhu cầu năng lượng hàng năm là $Q_H = 3.500$ MWh/a. Hãy tính toán nhu cầu năng lượng sơ cấp hàng năm E_{sc} cho 3 phương án và so sánh tiêu thụ năng lượng sơ cấp của các phương án trên.

- 1) Sử dụng thanh điện trở $\eta_{dt} = 0,28$; $\epsilon = 0,28$.
- 2) Sử dụng nồi hơi $\eta_{lh} = 0,65$; $\epsilon = 0,65$.
- 3) Sử dụng bơm nhiệt nén hơi $\phi = 6$; $\epsilon = 0,28 \cdot 6 = 1,68$.

Giải:

Thay số vào biểu thức (3.7) được kết quả cho các phương án như sau:

1) $E_{sc} = 350/0,28 = 1.250 \text{ MWh/a.}$

2) $E_{sc} = 350/0,65 = 538,5 \text{ MWh/a.}$

3) $E_{sc} = 350/1,68 = 208,3 \text{ MWh/a.}$

Nếu tính ra tấn than tương đương với giả thiết nhiệt trị của than $H_t = 18000 \text{ kJ/kg} = 18000 \text{ MJ/tấn}$ được:

1) $m_{sc, \text{ than}} = 250 \text{ tấn/a} = 0,625 \cdot 250 = 156,3 \text{ tce.}$

2) $m_{sc, \text{ than}} = 107,7 \text{ tấn/a} = 0,625 \cdot 107,7 = 67,3 \text{ tce.}$

3) $m_{sc, \text{ than}} = 41,66 \text{ tấn/a} = 0,625 \cdot 41,66 = 26,0 \text{ tce.}$

Nếu tính ra tấn dầu tương đương với giả thiết nhiệt trị của dầu $H_d = 36.000 \text{ kJ/kg} = 36.000 \text{ MJ/tấn}$ được:

1) $m_{sc, \text{ dầu}} = 125 \text{ tấn/a} = 0,83 \cdot 125,0 = 103,8 \text{ toe.}$

2) $m_{sc, \text{ dầu}} = 53,84 \text{ tấn/a} = 0,83 \cdot 53,84 = 44,7 \text{ toe.}$

3) $m_{sc, \text{ dầu}} = 20,83 \text{ tấn/a} = 0,83 \cdot 20,83 = 17,3 \text{ toe.}$

Giải bằng đồ thị hình 3.22:

Với $Q_H = 350 \text{ MWh/a}$ đóng vuông góc lên gấp đường $\epsilon = 0,28$; $0,65$ và $1,68$ và đóng ngang qua trục tung ta sẽ được các số liệu về tiêu thụ năm cho cả 3 phương án.

Bảng 3.10. Giới thiệu kết quả tính toán ví dụ 3.11 và so sánh tiêu thụ năng lượng sơ cấp

			Phương án 1 Điện trở	Phương án 2 Nồi hơi	Phương án 3 Bơm nhiệt
Nhu cầu năng lượng hữu ích Q_H , MWh/a			350	350	350
Hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp ϵ , –			0,28	0,65	1,68
Nhu cầu năng lượng sơ cấp	E_{sc} , MWh/a		1250	538,5	208,3
	$m_{sc, \text{ than}}$	tấn/a	250	107,7	41,66
		tce/a	156,3	67,3	26,0
	$m_{sc, \text{ dầu}}$	tấn/a	125	53,85	20,83
		toe/a	107,8	44,7	17,3
Mức tiêu thụ tương đối khi lấy FAI là 100%			100%	43%	16,7%

Nếu lấy mức tiêu thụ năng lượng sơ cấp của phương án 1 (dùng điện trời) làm chuẩn 100 % thì phương án 2 (nồi hơi) có mức tiêu thụ năng lượng sơ cấp là 43 % và phương án 3 (bơm nhiệt nén hơi) chỉ còn là 16,7 % (bảng 3.10).

3.6. SO SÁNH TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG SƠ CẤP GIỮA CÁC PHƯƠNG ÁN

Lượng tiết kiệm năng lượng sơ cấp là khối lượng nhiên liệu sơ cấp, ví dụ toe, tce có thể biểu thị bằng nhiệt lượng (MWh) tiết kiệm được khi sử dụng phương án 2 (có bơm nhiệt hoặc có ϵ cao hơn) so với phương án 1 (thường là phương án cấp nhiệt truyền thống), ký hiệu là ΔE_{sc} (hoặc $\Delta m_{sc, \text{than}}$; $\Delta m_{sc, \text{dầu}}$):

$$\Delta E = E_1 - E_2 = \frac{Q_H}{\epsilon_1} - \frac{Q_H}{\epsilon_2} = Q_H \cdot \left(\frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{\epsilon_2 \cdot \epsilon_1} \right) \quad (3.9)$$

Ví dụ 3.12: Dầu bài giống như ví dụ 3.10. Xác định phương án 3 có mức độ tiết kiệm năng lượng sơ cấp so với phương án 2 như thế nào?

Giải:

Theo bảng 3.1 có:

$$\Delta E = E_1 - E_2 = 538,5 - 208,3 = 330,2 \text{ MWh/a.}$$

$$m_{sc, \text{than}} = 107,7 - 41,66 = 66,04 \text{ tấn/a.}$$

$$m_{sc, \text{dầu}} = 53,85 - 20,83 = 33,02 \text{ tấn/a.}$$

Ta cũng có thể thay các giá trị đã biết vào biểu thức (3.9) để tính:

$$\Delta E = Q_H \cdot \left(\frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{\epsilon_2 \cdot \epsilon_1} \right) = 350 \cdot \left(\frac{1,68 - 0,65}{1,68 \cdot 0,65} \right) = 330,2 \text{ MWh/a}$$

3.7. XÁC ĐỊNH THỜI GIAN HOÀN VỐN THIẾT BỊ

Thời gian hoàn vốn thiết bị là thời gian vận hành cần thiết để hoàn kinh phí thu được từ việc tiết kiệm năng lượng sơ cấp để bù đắp được hoàn toàn khoản kinh phí đầu tư xây dựng phương án cấp nhiệt mới thay thế cho phương pháp cấp nhiệt cũ, ký hiệu là τ_{hv} , đơn vị là a:

$$\tau_{hv} = \frac{P}{\Delta E}, \text{ a} \quad (3.10)$$

Trong đó:

P – Kinh phí đầu tư xây dựng phương án cấp nhiệt mới (hoặc kinh phí phụ thêm trong trường hợp lắp đặt thêm thiết bị mới) được quy ra MWh/a hoặc tấn than, tấn dầu tương đương. Ở đây dùng MWh/a;

ΔE – Tiết kiệm năng lượng sơ cấp hàng năm khi lắp đặt thiết bị mới thay thế cho thiết bị cũ.

Ví dụ 3.13: Một hệ thống sưởi điện công suất $Q = 240 \text{ kW}$ với nhu cầu năng lượng hữu ích hàng năm là $Q_H = 270,76 \text{ MWh/a}$ (chủ yếu sưởi vào cuối thu, mùa đông và đầu xuân) được thay thế hoàn toàn bằng hệ thống bơm nhiệt nén hơi với hệ số nhiệt bơm nhiệt cả năm là 4,7. Vốn đầu tư cho hệ thống bơm nhiệt bao gồm mua sắm thiết bị, đường ống cách nhiệt, giá lắp đặt vận hành và đưa vào sử dụng quy ra năng lượng sơ cấp $P = 990 \text{ MWh}$. Xác định thời gian hoàn vốn của hệ thống.

Giải:

Hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp của hệ thống sưởi điện $\epsilon = 0,28$.

Hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp của hệ thống bơm nhiệt :

$$\epsilon = 0,28 \times 4,7 = 1,316.$$

Mức độ tiết kiệm năng lượng sơ cấp:

$$\Delta E = Q_H \cdot \left(\frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{\epsilon_2 \cdot \epsilon_1} \right) = 270,76 \cdot \left(\frac{1,316 - 0,28}{1,316 \cdot 0,28} \right) = 761 \text{ MWh/a}$$

Thời gian hoàn vốn:

$$\tau_{hv} = 990/761 = 1,3 \text{ năm}$$

Trả lời: Thời gian hoàn vốn của hệ thống là 1,3 năm khi sử dụng bơm nhiệt thay thế cho sưởi điện, sau đó là có lãi.

Chương 4

BƠM NHIỆT VÀ CÁC THÀNH PHẦN CƠ BẢN CỦA BƠM NHIỆT

4.1. ĐẠI CƯƠNG

Bơm nhiệt và các thành phần cơ bản của bơm nhiệt cũng tương tự như của máy lạnh. Các khác biệt cơ bản của nó là nằm ở các nguồn nhiệt khác nhau cấp cho thiết bị bay hơi và môi trường ích nhiệt khác nhau cho những ứng dụng cụ thể khác nhau từ thiết bị ngưng tụ. Chính vì vậy nhiều vấn đề đã được đề cập trong các giáo trình kỹ thuật lạnh, ví dụ “Kỹ thuật Lạnh cơ sở và ứng dụng” [30], [31] và “Giáo trình Kỹ thuật lạnh” [19] hoặc giáo trình kỹ thuật lạnh cho hệ cao đẳng và trung cấp “Máy và Thiết bị lạnh” [32] ở đây không nhắc lại.

Cũng như đã nói, bơm nhiệt có nhiều loại như nén hơi, nén khí, hấp thụ, ejector, nhiệt điện... nhưng máy lạnh nén hơi là quan trọng nhất, được ứng dụng nhiều nhất và chiếm thị phần lớn nhất hiện nay nên ở đây cũng chỉ giới thiệu về bơm nhiệt nén hơi.

Các chu trình bơm nhiệt cũng rất quan trọng, tuy gần tương tự như chu trình máy lạnh nhưng cũng có nhiều khác biệt và được giới thiệu trực tiếp theo từng loại bơm nhiệt khác nhau.

4.2. MÔI CHẤT VÀ CÁC CẶP MÔI CHẤT

4.2.1. Môi chất

Môi chất dùng cho bơm nhiệt cũng tương tự như môi chất dùng cho máy lạnh. Các cặp môi chất dùng cho máy lạnh hấp thụ cũng vậy. Các yêu cầu về tính chất vật lý, hóa học, an toàn, nhiệt động và môi trường cũng tương tự như đối với môi chất lạnh. Do đặc điểm là bơm nhiệt làm việc ở cấp nhiệt độ bay hơi và ngưng tụ cao hơn nên các đặc điểm của nó gần với máy điều hòa không khí hơn là máy lạnh.

Chính xác hơn, có thể so sánh bơm nhiệt với các máy điều hòa không khí vận hành ở các chế độ khắc nghiệt nhất, nghĩa là ở nhiệt độ bay hơi và nhiệt độ ngưng tụ đặc biệt cao, tương tự như máy điều hòa dàn ngưng gió ở nhiệt độ không khí môi trường đặc biệt cao.

Vậy, những môi chất lạnh nào đang sử dụng cho các máy điều hòa không khí thì đó cũng chính là các môi chất có thể dùng cho bơm nhiệt các loại.

Sau khi các loại và các cặp môi chất chứa clo như CFC (R11, R12, R502...) bị cấm, cơ chế môi chất lạnh đã có những thay đổi cơ bản. Đối với các bơm nhiệt và máy điều hòa nhỏ RAC, ngoài các môi chất thường dùng hiện nay như R22, R410A thì một số loại ứng viên cho môi chất thay thế trong tương lai đã được giới thiệu trong mục 1.6 chương 1, đó là R32, HFO-1234yf, R290 và CO₂. Các máy PAC và chiller sử dụng thêm các loại môi chất như R134a, R407C, R507, chiller ly tâm sử dụng R123. Ngoài các chất đã được giới thiệu mục 1.6, bảng 4.1 giới thiệu các tính chất cơ bản của một số môi chất cho bơm nhiệt hiện nay.

Bảng 4.1. Các tính chất cơ bản của một số môi chất cho bơm nhiệt (xem thêm bảng 1.8)

Môi chất lạnh		R22	R123	R134a	R407C	R410A
Công thức hóa học		CHClF ₂	CHCl ₂ CF ₃	CH ₂ FCF ₃	R32/125/134a (23/25/52)	R32/125 (50/50)
Tính chất vật lý	Phân tử lượng M, kg/kmol	86,47	152,93	102,03	86,20	72,58
	Nhiệt độ sôi thường, °C	-40,8	27,8	-26,1	-43,8 -36,3	-51,6
	Nhiệt độ tới hạn, °C	96,2	183,8	101,1	87,3	72,5
	Áp suất tới hạn, bar	49,9	36,6	40,6	4,63	49,5
Tính chất an toàn	TLV-TWA	1000	50	1000	1000	1000
	LFL	none	none	none	none	none
	HOC	2,2	21	4,2	-4,9	-4,4
	Nhóm an toàn, Std 34	A1	B1	A1	A1/A1	A1/A1
Tính chất môi trường	Vòng đời (thời gian tồn tại trong khí quyển), năm	11,8	1,5	13,6	—	—
	ODP	0,034	0,012	0,000	0,000	0,000
	GWP (100 năm)	1900	120	1600	1980	2340
Ghi chú: Các chữ tiếng Anh viết tắt: GWP, HOC, LFL, ODP, TLV-TWA đã được chú giải trong bảng 1.8.						

1) R22

R22 là một trong những ga lạnh truyền thống quan trọng nhất được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật điều hòa không khí và cả trong các máy lạnh công nghiệp từ hơn 80 năm qua nên có công nghệ ổn định. Tuy nhiên, R22 là thuộc nhóm HCFC, có ODP và GWP nhỏ nên được coi là ga lạnh quá độ. Đối với các nước đang phát triển như Việt Nam, R22 được sử dụng đến năm 2040. Các máy đã nạp R22 được phép sử dụng đến hết tuổi thọ máy. Đó là ân huệ của Liên Hợp Quốc cho các nước nghèo mà chúng ta nên tận dụng vì R22 có công nghệ ổn định, có hiệu quả năng lượng cao và đã quá quen thuộc trong lắp đặt, vận hành, bảo dưỡng và sửa chữa. Trong tương lai gần R22 sẽ được thay thế bởi một môi chất nào đó chứ không phải R407C và R410A vì R407C và R410A có GWP quá cao.

Ở áp suất khí quyển, R22 sôi ở $-40,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, có áp suất trung bình gần giống như amoniac, nhưng có ưu điểm là tỷ số nén nhỏ hơn. Với máy lạnh 2 cấp nén có thể đạt được nhiệt độ sôi -60 đến $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$. Có thể dùng cho máy nén pittông, trục vít, rôto và xoắn ốc. Ở nhiệt độ thấp có thể dùng cả cho máy nén tuabin. R22 không những được sử dụng cho các máy mới mà còn được dùng để thay thế cho các hệ thống R12 và 502. Khi thay thế cho hệ thống R12 năng suất lạnh tăng khoảng 60 %, còn khi thay thế cho hệ thống R502 năng suất giảm khoảng 20 %.

R22 là ga lạnh an toàn với TVL = 1000 ppm, không cháy, không nổ, ổn định về nhiệt động và hóa học, phù hợp với hầu hết các kim loại chế tạo máy đen (sắt, thép, gang...) và kim loại màu (đồng, nhôm trừ manhê, chì kẽm và hợp kim nhôm có trên 2 % khối lượng manhê). Đối với nhựa (plastic) và elastome R22 làm trương phồng theo mức độ khác nhau, nên cần phải thận trọng khi sử dụng. Các loại cao su tổng hợp cũng vậy. R22 hòa tan dầu khoáng, tuy có khoảng không hòa tan ở nhiệt độ thấp (dưới $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) nên cần lưu ý khi sử dụng ở nhiệt độ thấp, phải trang bị bình tách dầu hoặc dùng loại dầu bán tổng hợp thích hợp. Do có ODP = 3,4 % và GWP = 1900 là quá cao nên sẽ bị loại bỏ vào năm 2030. Các nước đang phát triển có ân hạn thêm 10 năm là đến năm 2040. Việt Nam thuộc vào nhóm nước được ân hạn đến năm 2040.

2) R32

R32 là môi chất không có gì mới mẻ, đã được nghiên cứu từ lâu cùng với R22 và các freon khác. Tuy nhiên do dễ cháy hơn R22, áp suất ngưng tụ cao, nhiệt độ cuối tầm nén cao hơn R22 nên không được sử dụng. Ngày nay, do R32 có ODP = 0 và GWP = 880 [27] và = 675 [55] nên R32 trở thành ứng viên của môi chất lạnh tương lai. R32 có công thức hóa học CH_2F_2 , nhiệt độ sôi thường ở $-51,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, không làm suy giảm tầng ozone, có hiệu ứng lồng kính làm nóng

địa cầu nhỏ (chỉ bằng khoảng 1/3 của R410A là 2340 [27]), có độ an toàn cháy nổ A2L (khó cháy: A2 – nhóm có thể cháy, L – low), thời gian tồn tại trong khí quyển 5,6 năm (xem thêm bảng 1.8). Bảng 4.2 giới thiệu so sánh tính chất các ứng viên cho môi chất lạnh thay thế [55].

Bảng 4.2. So sánh tính chất các ứng viên cho môi chất lạnh thay thế

Môi chất lạnh	ODP	GWP (IPCC4th)	Áp suất ngưng tụ, bar	Năng suất thể tích q _v so với R22	COP lý thuyết so với R22	Khả năng cháy nổ	Tính độc hại
R22	0,05	1810	17,3	100	100	không	thấp
R407C	0	1770	18,6	102	99	không	thấp
R410A	0	2090	27,2	141	92	không	thấp
R32	0	675	28,0	160	97	thấp	thấp
R1234yf	0	4	11,6	57	90	thấp	thấp
HFO-Mix	0	?	?	?	?	thấp	thấp
R717(NH ₃)	0	0	17,8	116	106	thấp	cao
R290	0	3	15,3	83	98	cao	thấp
R744 (CO ₂)	0	1	10	243	41	không	thấp

R32 có hệ số lạnh tương đối lớn, bằng khoảng 97% của R22 nhưng có năng suất lạnh thể tích lớn gấp 1,6 lần R22, nên máy nén lạnh sẽ gọn nhẹ hơn khoảng 30%. Nhược điểm là nhiệt độ cuối tầm nén cao (phải có biện pháp làm mát máy nén hữu hiệu) và áp suất ngưng tụ cao (ở nhiệt độ ngưng tụ 50 °C, áp suất ngưng tụ của R32 là 31,3 bar trong khi của R22 là 19,3 bar). Cho đến nay, để tận dụng những tính chất nhiệt động tốt, R32 được sử dụng trong các hỗn hợp không đồng sôi như R407A, B, C, D, E, F và R410A, B. Theo Daikin, lượng nạp của R32 trong máy chỉ còn 70% so với R410A nên phát thải khí CO₂ có thể giảm được đến 75%.

Nhật đã chính thức chấp nhận R32 là môi chất lạnh quá độ. Một số nước khác như Indonesia, Trung Quốc, Thái Lan... cũng chấp nhận R32. Từ cuối năm 2013, Daikin của Nhật đã chế tạo RAC môi chất R32. Trong tương lai R32 sẽ được ứng dụng trong PAC và cả chiller. R32 khó được chấp nhận ở Mỹ và châu Âu do không đáp ứng yêu cầu GWP ≤ 150 của tiêu chuẩn Châu Âu.

3) R123

R123 cũng thuộc nhóm HCFC nên có tính chất vật lý, hóa học, nhiệt động và môi trường gần giống như R22 nhưng có nhiệt độ sôi cao hơn nên hầu như chỉ dùng cho chiller ly tâm thay thế cho R11 là môi chất đã bị cấm từ năm 1995. R123 cũng phải được loại bỏ vào năm 2030, nhưng thực tế đến nay các nhà khoa học cũng chưa tìm được môi chất khả dĩ nào có thể thay thế được R123. R123 cũng được sử dụng cho bơm nhiệt nhưng cần lưu ý là môi chất này ăn mòn gioăng và đệm kín. Môi chất này cũng ăn mòn mạnh sơn cách điện gây chập mạch động cơ nên không được sử dụng cho máy nén kín và nửa kín. R123 không gây cháy nổ. Chỉ số TVL – TWA của R123 nằm trong khoảng 50 ppm. Thực tế cho thấy, nồng độ ở các phòng máy chiller R123 không vượt các nồng độ trên khi làm việc bình thường. ODP của R123 = 1,2 % nên vẫn bị coi là nguy hiểm cho tầng ozone. GWP = 120 là tương đối thấp nên có thể chấp nhận được so với các môi chất còn lại trong bảng trên.

4) R134a

R134a là ga lạnh thay thế quan trọng cho R12 với ODP = 0. Nhưng do GDP = 1600 là quá lớn nên nó cũng sẽ bị thay thế trong tương lai. Tính chất vật lý, hóa học nhiệt động là gần giống với R12 và có thể thay thế cho R12 trong tất cả các loại thiết bị từ tủ lạnh gia đình, máy điều hòa ô tô, bơm nhiệt, chiller với máy nén pittông, trục vít, xoắn ốc và cả ly tâm trong điều hòa không khí trung tâm, trong máy lạnh thương nghiệp và trong vận tải lạnh.

R134a không cháy nổ và an toàn, TVL–TWA = 1000 ppm. R134a bền vững về hóa lý, không ăn mòn kim loại và phi kim loại chế tạo máy trừ kẽm, manhê, chì và hợp kim nhôm có thành phần manhê cao hơn 2%. R134a làm trương phồng plastic và elastome như polyethylene (PE), polypropylene (PP), polyvinylchloride (PVC), polyamide (PA), polycarbonat (PC)... với các mức độ khác nhau. Rây phân tử kích thước 3 Angstroem được sử dụng làm phin sấy (hút ẩm) cho R134a. Chỉ có dầu lạnh Ester là phù hợp với R134a, như dầu PAG (máy điều hòa ô tô) hoặc các loại dầu polyester khác.

Dầu polyester có nhược điểm cơ bản là tính hút ẩm cao nên chỉ đảm bảo độ ẩm khi nạp tại nhà máy. Nếu bơm nhiệt hoặc máy lạnh bị trục trặc phải nạp lại ga, dầu thì các phân xưởng dù hiện đại vẫn không thể đảm bảo độ ẩm trong hệ thống làm cho hệ thống liên tục bị trục trặc vì tắc ẩm. Chính vì vậy các máy điều hòa ô tô và máy lạnh R134a sau khi bị hỏng, thợ lạnh thường súc rửa toàn bộ hệ thống để nạp dầu và ga R12 thì máy mới hoạt động trở lại bình thường.

Một phần vì lý do trên, phần khác vì GWP quá cao nên EU đề nghị loại trừ R134a từ hơn chục năm qua. Để hưởng ứng chủ trương đó nhiều sản phẩm

trước đây dùng R134a đã được chuyển đổi ga lạnh và ngoài nhãn ghi dòng tit lớn là “Sản phẩm không dùng R134a”. Năm 2006, tám nhà sản xuất ô tô EU đã đồng loạt sử dụng CO₂ thay thế cho R134a. Tuy nhiên R134a vẫn được sử dụng ở Mỹ, Nhật.

5) R407C

R407C là một hỗn hợp môi chất không đồng sôi, nhiệt độ sôi thường đầu quá trình sôi là $-43,8^{\circ}\text{C}$ và cuối quá trình sôi là $-36,3^{\circ}\text{C}$, độ trượt nhiệt độ ngưng tụ và bay hơi là khoảng 7 K, tương đối thuận tiện cho thiết kế các chu trình bơm nhiệt Lorenz. R407C gồm các đơn chất R32/R125/R134a với thành phần khối lượng 23/25/52%. R407C dự định để thay thế cho R22 nên được hòa trộn để có tính chất nhiệt lạnh tương thích với R22. Trong điều hòa không khí, R407C có năng suất lạnh riêng thể tích tương đương với R22 nhưng lại có nhược điểm quan trọng so với R22 là hệ số tỏa nhiệt nhỏ hơn khoảng 20% nên cần phải tăng diện tích của thiết bị trao đổi nhiệt ở cùng năng suất lạnh so với R22. Ví dụ, khi thay thế R407C cho một máy chiller ống chùm mà không thay thiết bị trao đổi nhiệt lớn lên thì năng suất lạnh sẽ giảm mất khoảng 10% và hiệu quả năng lượng COP có thể giảm tới 18%. Hệ số tỏa nhiệt khi sôi và khi ngưng của các hỗn hợp giảm khoảng 15 đến 30% so với đơn chất là nhược điểm chung của các hỗn hợp ga lạnh nên khi thiết kế hệ thống mới cần đặc biệt lưu ý. Nhược điểm khi dùng hỗn hợp là phải tăng thiết bị trao đổi nhiệt, điều đó gây tốn kém thêm nguyên vật liệu làm cho giá thành thiết bị tăng.

6) R410A

R410A hỗn hợp môi chất gần đồng sôi, nhiệt độ sôi thường ở đầu quá trình sôi là $-51,6^{\circ}\text{C}$ và cuối quá trình sôi là $-51,5^{\circ}\text{C}$, nên có thể coi R410A là môi chất lạnh đồng sôi, có thể nạp bổ sung mà không cần tháo xả hết ga cũ, tuy nhiên khi nạp ga vẫn nên nạp lỏng không nên nạp hơi. R410A là bao gồm từ hai thành phần R32 và R125 với thành phần khối lượng 50/50% dùng để thay thế cho R22 và R13B1 trong các máy lạnh, máy điều hòa không khí, bơm nhiệt và cả các máy lạnh sâu.

Khác biệt cơ bản là R410A có áp suất ngưng tụ cao hơn so với R22 tới khoảng 1,6 lần. Ở nhiệt độ ngưng tụ 55°C của bơm nhiệt (để đảm bảo có nước nóng 50°C) thì áp suất ngưng tụ của R22 là 21,6 bar còn của R410A là 34,3 bar. Năng suất lạnh riêng thể tích của R410A cũng lớn hơn của R22 là 1,6 lần. Điều đó có nghĩa là bơm nhiệt hoặc máy lạnh R410A gọn nhẹ hơn máy R22, nhưng cũng không thể thay thế R410A cho các máy R22 vì khác biệt quá lớn về áp suất và năng suất lạnh. Cũng chính vì khác biệt quá lớn về áp suất và cả về dầu bôi trơn nên các dịch vụ lạnh cho hai loại máy này là hoàn toàn khác nhau. R410A đã được Nhật và một số nước thay thế bằng R22.

R410A không cháy, không độc hại, bền vững hóa học và không ăn mòn vật liệu chế tạo máy. Các tính chất khác tương tự như các môi chất HFC.

7) HFO-1234yf

HFO-1234yf (xem bảng 1.8) có ký hiệu khá xa lạ với các loại môi chất freon khác nhưng thực chất nó cũng là một loại freon nhóm HFC. HFO là viết tắt của **HydroFluoroOlefin**, công thức hóa học $\text{CH}_2=\text{CF}-\text{CF}_3$. HFO-1234yf là một trong rất nhiều đồng phân khi flo hóa propen $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$. Nếu theo quy tắc ký hiệu môi chất lạnh có ký hiệu là R1234yf (R để chỉ môi chất lạnh (Refrigerant) số 1 là để chỉ olefin (có một liên kết đôi), số 2 để chỉ 3 nguyên tử cacbon ($2 + 1 = 3$), số 3 để chỉ 2 nguyên tử hydro ($3 - 1 = 2$) và số 4 để chỉ 4 nguyên tử flo (như quy tắc ký hiệu môi chất lạnh thông thường) trong phân tử, yf là để phân biệt cấu trúc phân tử đồng phân, chữ cái y đầu là để chỉ nguyên tử liên kết với nguyên tử cacbon trung tâm là flo (nếu là Clo thì ký hiệu là x và là Hydro thì ký hiệu là z), chữ cái f đứng sau để chỉ sự liên kết của các nguyên tử với nguyên tử cacbon ghép đôi ngoài cùng là CH_2 (nếu CCl_2 ký hiệu là a, CClF ký hiệu là f, CF_2 ký hiệu là c, CHCl ký hiệu là d, CHF ký hiệu là e). Ưu điểm đặc biệt của môi chất này là thân thiện với môi trường, không phá hủy tầng ozone $\text{ODP} = 0$ và hầu như không làm nóng địa cầu với $\text{GWP} = 4$ (do thời gian tồn tại trong khí quyển rất ngắn, chỉ khoảng 11 ngày). Cộng đồng châu Âu đã ra văn bản cấm sử dụng các môi chất có tiềm năng gây nóng toàn cầu GWP lớn hơn 150 trong các xe ô tô mới từ năm 2011 và cấm hoàn toàn trong tất cả các xe ô tô từ năm 2017. Cơ quan bảo vệ môi trường của Mỹ (EPA) đã đề xuất sử dụng HFO-1234yf là môi chất dùng trong máy điều hòa cho ô tô để thay thế cho môi chất R134a với $\text{GWP} = 1600$.

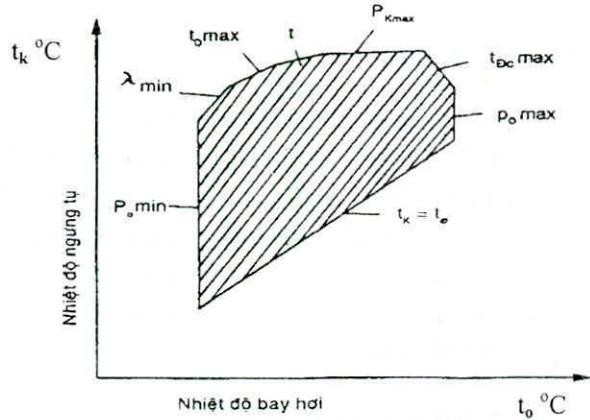
HFO-1234yf không những có thể được sử dụng làm môi chất lạnh thay thế cho R134a và một số môi chất khác mà còn có thể được sử dụng trong chu trình Rankine. Chính vì vậy chất này gần đây thu hút được sự quan tâm của nhiều nhà khoa học [36], hiện nay đã có nhiều nghiên cứu thực nghiệm để xác định áp suất bão hòa, khối lượng riêng của lỏng bão hòa và các thông số khác. HFO - 1234yf là một môi chất mới đầy hứa hẹn nhưng vẫn phải chờ đợi những kết quả nghiên cứu tiếp theo về các đặc tính nhiệt động, nhiệt lạnh, vật lý, hóa học, an toàn... của nó như phản ứng hóa học với vật liệu chế tạo máy kim loại và phi kim loại, phản ứng với dầu bôi trơn, với ẩm trong hệ thống lạnh và đặc biệt là đặc tính trao đổi nhiệt, hệ số tỏa nhiệt khi sôi và khi ngưng tụ...

Hiện nay, không chỉ HFO-1234yf mà hàng loạt đồng phân của nó (ví dụ R1234yc, R1234ye(E), R1234ye(Z), R1234zc, R1234ze(E), R1234ze(Z) và hàng loạt các đồng phân của R1225, R1243...) đang được nghiên cứu vì $\text{ODP} = 0$ và GWP rất thấp chỉ bằng $3 \div 4$ do thời gian tồn tại trong khí quyển chỉ

không khí để dùng cho bơm nhiệt. Nói chung để nâng cao hiệu quả bơm nhiệt, người ta còn cần tính toán cả các thành phần khác nữa như môi chất và các thiết bị trao đổi nhiệt cũng như cách lắp đặt, bố trí. Nhưng trong thực tế, nếu như số lượng sản xuất quá ít thì thay đổi công nghệ sản xuất là không kinh tế. Bởi vậy người ta vẫn chọn máy nén cho bơm nhiệt trong các loạt máy nén cho điều hòa không khí được sản xuất nhưng có chú ý đến các yêu cầu đặc biệt của bơm nhiệt để hiệu suất bơm nhiệt được bảo đảm. Đặc tính vùng làm việc của máy nén có thể được biểu diễn dưới dạng đồ thị trình bày trên hình 4.1.

Trên đồ thị biểu diễn các đường giới hạn như đường giới hạn nhiệt độ ngưng tụ bằng nhiệt độ bay hơi $t_k = t_0$, áp suất bay hơi cực đại cho phép p_{0max} , áp suất bay hơi cực tiểu cho phép p_{0min} , áp suất ngưng tụ cực đại cho phép p_{kmax} , nhiệt độ động cơ tối đa cho phép t_{DCmax} , nhiệt độ dầu bôi trơn tối đa cho phép $t_{dau,max}$, và đường giới hạn khi máy nén có hệ số cấp là tối thiểu cho phép λ_{min} .

Dựa vào đồ thị đặc tính này, ta có thể xem xét các điều kiện bơm nhiệt có phù hợp hay không với máy nén đã chọn.



Hình 4.1. Đồ thị đặc tính vùng làm việc của máy nén lạnh

4.3.1. Xu hướng phát triển

1) Máy nén biến tần

Tốc độ vòng quay máy nén tỷ lệ thuận với tần số dòng điện theo công thức xác định tốc độ vòng quay động cơ như sau:

$$n = (f/p) \cdot (1 - s), \text{ vg/s}$$

Trong đó: n – tốc độ vòng quay động cơ, vg/s; f – tần số dòng điện, Hz; p – số cặp cực; s – hệ số trượt. Đối với tần số 50 Hz, với số cặp cực là 1 ta có tốc độ vòng quay là 50 vg/s (3000 vg/ph). Nếu trượt mất 100 vg/ph thì tốc độ động cơ là 2900 vg/ph. Với hai cặp cực và trượt 50 vg/ph thì tốc độ động cơ là 1450 vg/ph.

Về lý thuyết, khi biến đổi vô cấp tần số thì cũng điều chỉnh được vô cấp tốc độ

động cơ và qua đó điều chỉnh được vô cấp năng suất lạnh và năng suất nhiệt. Tuy nhiên, do yêu cầu đơn giản hóa công nghệ nên máy nén biến tần cũng chỉ được điều chỉnh theo một số bậc (thường từ 10 đến 21 bậc) đủ mịn để đáp ứng sự thay đổi năng suất lạnh và nhiệt.

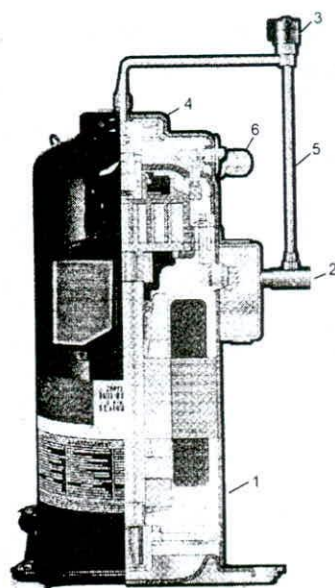
Trước đây, máy điều hòa không khí thông thường điều chỉnh năng suất lạnh theo phương pháp đóng/ngắt (on-off) máy nén. Ngày nay, máy điều hòa không khí có máy nén biến tần điều chỉnh năng suất lạnh theo kiểu biến tần, làm việc liên tục, tạo ra nhiều ưu điểm so với loại on – off ví dụ chạy êm hơn, nhiệt độ và tiện nghi trong phòng tốt hơn, nhưng đặc biệt là hiệu quả năng lượng tăng đáng kể khoảng $15 \div 30 \%$.

Do có khả năng tiết kiệm năng lượng cao so với máy điều hòa không khí thông thường nên máy điều hòa biến tần đã được phát triển một cách mạnh mẽ. Ngày nay, toàn bộ máy điều hòa sản xuất và tiêu thụ tại Nhật là máy biến tần. Nước Nhật cũng là nước dẫn đầu về tiết kiệm năng lượng trong sưởi ấm, làm mát và đun nước nóng cả trong khu vực gia đình, thương nghiệp và công nghiệp (xem thêm chương 1 và [24]). Ưu điểm là hiệu quả năng lượng cao hơn nhiều so với máy on – off, tiện nghi hơn, nhiệt trong nhà cũng cao hơn nhưng máy biến tần có nhược điểm là gây nhiễu đối với các thiết bị điện tử như tivi, radio. Dân nóng và lạnh cần đặt cách xa những thiết bị này từ 1 đến 1,5 m để tránh nhiễu.

2) Máy nén xoắn ốc kỹ thuật số

Ngoài công nghệ biến tần, hãng Copeland (Mỹ) đã phát minh một công nghệ mới để điều chỉnh năng suất lạnh cho máy nén xoắn ốc đó là máy nén xoắn ốc kỹ thuật số (Digital Scroll Compressor), có khả năng tiết kiệm năng lượng cao khi chạy giảm tải.

Máy nén kỹ thuật số lần đầu tiên được sử dụng cho hệ VRF của Samsung “DVM- System” vào năm 2000. Máy nén kỹ thuật số sau đó đã được nhiều hãng chế tạo VRF của



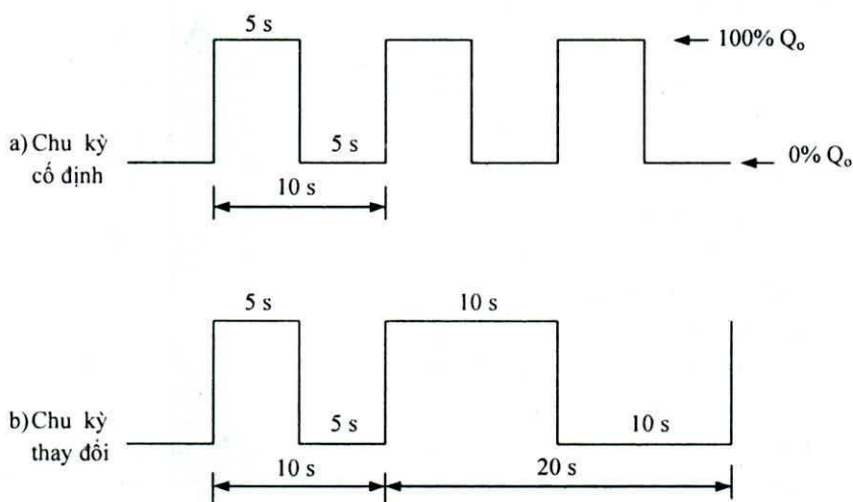
Hình 4.2. Phương pháp điều chỉnh năng suất lạnh của máy nén xoắn ốc kỹ thuật số:
1 – Máy nén xoắn ốc; 2 – Ống hút; 3 – Van điện từ PWM; 4 – Khoang áp suất phía trên băng xoắn tĩnh; 5 – Ống nối; 6 – Ống đẩy.

Trung Quốc ứng dụng như Midea (hệ MDV), Gree (hệ GMV), Shincro (hệ SDV), Hualing (hệ CRV), Tecno (hệ VRM)... Ở Việt Nam, Công ty REE cũng sử dụng máy nén xoắn ốc kỹ thuật số cho hệ VRF ký hiệu MRV và cả cho các loại chiller giải nhiệt gió hệ RCA của mình. Hình 4.2 giới thiệu phương pháp điều chỉnh năng suất lạnh của máy nén xoắn ốc kỹ thuật số.

Máy nén xoắn ốc kỹ thuật số có một số khác biệt cơ bản so với máy nén xoắn ốc thông thường là băng xoắn tĩnh phía trên có thể được điều khiển nâng lên hạ xuống nhờ áp suất thay đổi ở khoang 4 với độ nâng chỉ khoảng 1 mm. Khi băng xoắn tĩnh hạ xuống, máy nén đạt 100% tải và khi nâng lên tải máy nén bằng 0 (giảm tải hoàn toàn).

Người ta bố trí một khoang áp suất 4 phía trên băng xoắn tĩnh và sử dụng áp suất hút qua van điện từ 3 để nâng băng xoắn. Van điện từ 3 là loại thường đóng, nó chỉ mở khi có tín hiệu điện chuyển đến từ rơle nhiệt độ phòng khi phòng đã đủ lạnh hoặc đủ nhiệt. Khi van điện từ mở, khoang 4 có áp suất hút, băng xoắn bị hút lên, máy làm việc với 0% tải. Khi thiếu lạnh hoặc nhiệt, rơle nhiệt độ ngắt điện, van điện từ đóng, khoang 4 có áp suất đầy, băng xoắn bị ép xuống và máy nén làm việc với 100% tải.

Hình 4.3 giới thiệu cơ chế điều chỉnh năng suất lạnh trong chu kỳ có và không tải.



Hình 4.3. Cơ chế điều chỉnh năng suất lạnh trong chu kỳ có và không tải

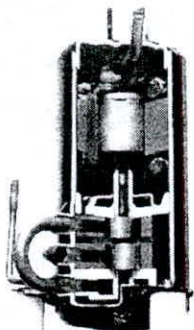
Hình 4.3a giới thiệu chu kỳ không đổi là 10 giây. Ví dụ khi chạy đầy tải 5 s và không tải 5 s thì năng suất lạnh là 50% và nếu chạy đầy tải là 7 s và không tải là 3 s thì năng suất lạnh đã được điều chỉnh lên 70%. Chu kỳ cũng có thể thay đổi, ví dụ từ 10 s lên 20 s như hình 4.3b biểu diễn. Độ dài chu kỳ cũng được

nghiên cứu để tiết kiệm năng lượng và ổn định quá trình làm việc. Chu kỳ điều chỉnh tối ưu nằm trong khoảng 15 – 17 s. Khi chạy đầy tải công tiêu tốn là 100 % và khi chạy không tải công tiêu tốn còn khoảng 10%. Những ưu điểm nổi bật của máy nén kỹ thuật số là:

- Có thể điều chỉnh được gần như vô cấp từ 10 đến 100% năng suất lạnh;
- Điều chỉnh năng suất lạnh vô cấp giúp tiết kiệm năng lượng tối đa;
- Van điện từ PWM có thể sử dụng trung bình khoảng 40 triệu lần đóng mở (tuổi thọ tương đương 30 năm);
- Máy nén ít nhạy cảm với hiện tượng ngập lỏng, hạn chế sự ma sát giữa các chi tiết do băng xoắn trên có thể được nâng lên một cách dễ dàng;
- Không làm nhiễu sóng điện từ cũng như tiêu tốn thêm điện năng cho bộ biến tần như máy biến tần.

3) Máy nén hai cấp

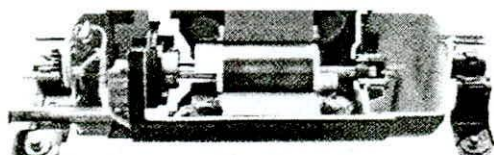
Trong các hệ thống lạnh freon, khi tỷ số nén p_k/p_0 lớn hơn 12 thì phải chuyển sang hai cấp nén để đảm bảo hiệu quả năng lượng. Tuy nhiên đối với các loại block tủ đông gia dụng và thương nghiệp, do máy nén đã quá nhỏ nên thường vẫn sử dụng loại máy nén một cấp. Ngày nay, do khả năng công nghệ được nâng cao và để tiết kiệm năng lượng cũng như nâng cao hiệu quả năng lượng, nhiều hãng sản xuất đã nghiên cứu chế tạo block máy nén hai cấp không những để dùng cho tủ lạnh, tủ đông gia dụng, thương nghiệp mà để dùng cho cả máy điều hòa không khí gia dụng RAC.



Hình 4.4. Máy nén hai cấp của Hitachi sử dụng cho máy điều hòa RAC

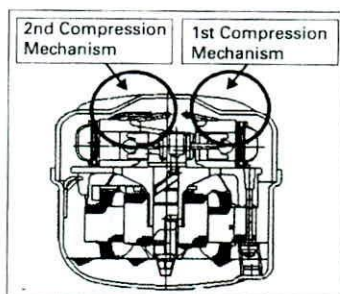
Hình 4.4 giới thiệu máy nén hai cấp của Hitachi sử dụng cho máy điều hòa RAC ngay từ năm 2005. Đây là máy nén rôto hai xilanh. Hai xilanh được nối tiếp với nhau theo hướng chuyển động của môi chất, nghĩa là khoang đẩy của xilanh cấp một nối với khoang hút của xilanh cấp hai (có thể nhìn thấy rõ ống nối hình chữ U ở phía đáy của máy nén). Hiệu suất nén đã được cải thiện rõ rệt.

Hitachi cũng là nhà sáng chế máy nén xoắn ốc đại số (Algebraic Spiral Scroll Compressor) đầu tiên trên thế giới. Hiệu quả năng lượng COP tăng $17 \div 25 \%$ so với máy nén thông thường, hiệu quả đặc biệt cao khi ứng dụng trong lĩnh vực nhiệt độ thấp như tủ đông gia dụng và thương nghiệp, tủ làm kem và bảo quản kem... (xem hình 4.5). Tư thế nằm ngang của máy nén có hai ưu điểm, một là rất thuận lợi cho việc lắp đặt trong các tủ lạnh, tủ đông, hai là chiếm rất ít diện tích và không gian lắp đặt.



Hình 4.5. Máy nén xoắn ốc đại số (Algebraic Spiral Scroll Compressor) đầu tiên trên thế giới, sáng chế của Hitachi

Hình 4.6 giới thiệu máy nén hai cấp kiểu pittông của Toshiba sử dụng cho các tủ lạnh 2 nhiệt độ ngăn đông và ngăn lạnh. Ngăn đông có nhiệt độ bay hơi thấp, cần được xilanh cấp một nén từ áp suất thấp lên áp suất trung gian. Ngăn lạnh có áp suất trung gian được xilanh cấp hai nén thẳng lên áp suất ngưng tụ.



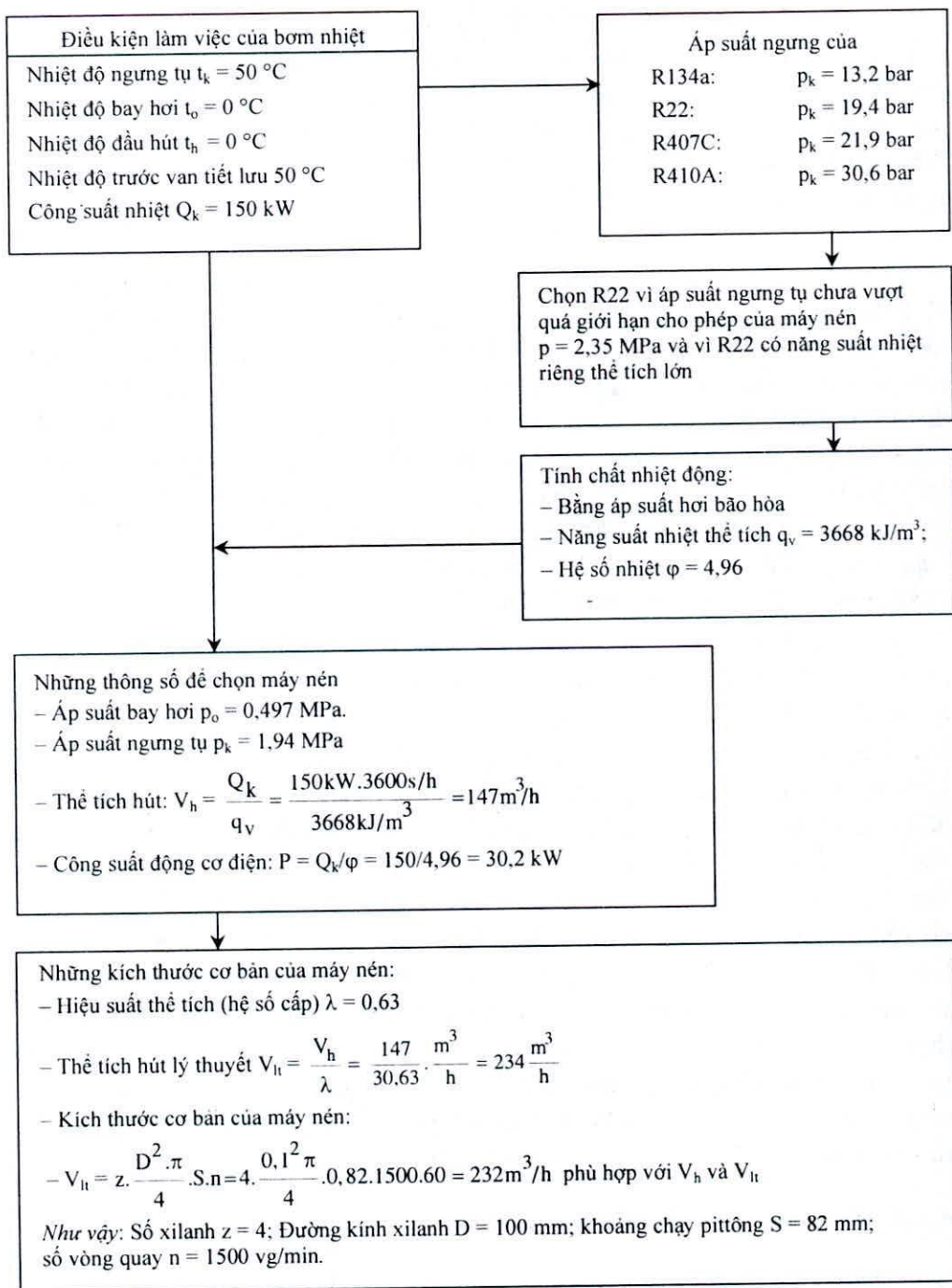
Toshiba two stage hermetic reciprocating compressor for refrigerators

Hình 4.6. Máy nén hai cấp kiểu pittông dùng cho tủ lạnh 2 nhiệt độ của Toshiba

4.3.2. Tính chọn máy nén

Có thể tính toán các thông số cơ bản để chọn máy nén theo sơ đồ hình 4.7.

Trước tiên là các điều kiện làm việc của bơm nhiệt như: nhiệt độ ngưng tụ, nhiệt độ bay hơi, nhiệt độ hút, nhiệt độ trước van tiết lưu và công suất nhiệt yêu cầu. Từ đó ta có thể so sánh các môi chất, tính toán các thông số cơ bản cần thiết và xác định được các thông số cơ bản của máy nén khi biết hiệu suất thể tích λ .



Hình 4.7. Chọn và tính toán các kích thước cơ bản cho máy nén pittông của bơm nhiệt với chế độ làm việc cho trước.

Sau đó cần kiểm tra sự phù hợp của máy nén với các điều kiện làm việc của bơm nhiệt (hình 4.2). Thường người ta chọn các loại máy nén sản xuất cho máy điều hòa không khí vì các chế độ làm việc của bơm nhiệt cũng gần giống như chế độ điều hòa nhiệt không khí khác nghiệt. Ví dụ, các loại máy nén cho điều hòa không khí vùng Trung Cận Đông với điều kiện thử nghiệm nhiệt độ ngoài trời khô 43 °C, ướt 26 °C và điều kiện trong nhà khô 32 °C, ướt 23 °C chẳng hạn.

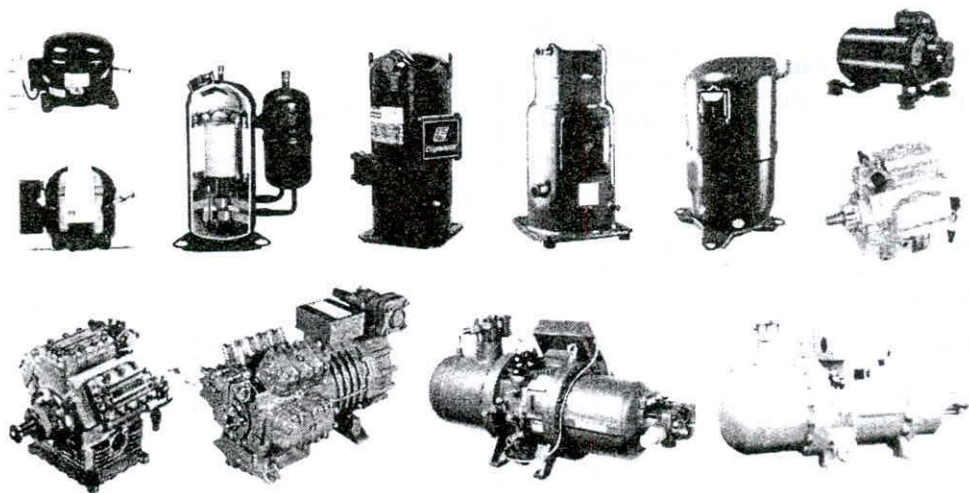
Không giống như máy lạnh làm việc với nhiệt độ bay hơi tương đối ổn định theo nhiệt độ yêu cầu ổn định của công nghệ thì nhiệt độ bay hơi của bơm nhiệt lại phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường và nhiệt độ môi trường thì luôn luôn thay đổi (trừ nước giếng khoan hoặc các nguồn nhiệt thải công nghiệp). Ví dụ khi sử dụng nguồn nhiệt là không khí môi trường thì nhiệt độ có thể thay đổi khoảng 10 K giữa ngày và đêm (ví dụ nhiệt độ trong ngày thay đổi từ 25 đến 35 °C) và có khi tới 30 K giữa mùa hè và mùa đông (mùa hè nhiệt độ có thể tới 38 °C, còn mùa đông 8 °C). Các nguồn nhiệt khác như nguồn nhiệt lấy từ bộ thu năng lượng Mặt Trời còn dao động mạnh hơn nữa khi có và không có bức xạ, và khi vận hành vào ban ngày và ban đêm.

Cũng không giống như máy lạnh, bơm nhiệt lại yêu cầu môi trường ích nhiệt ra từ dàn ngưng phải có nhiệt độ ổn định và đủ cao để phù hợp với nhu cầu sử dụng. Ví dụ, đối với nhu cầu sưởi ấm trực tiếp, nhiệt độ không khí ra ít nhất phải đạt 35 °C để duy trì nhiệt độ phòng khoảng 20 °C. Như vậy, khi thiết kế bơm nhiệt cần phải chọn nhiệt độ bay hơi và ngưng tụ thích hợp với nguồn nhiệt và ích nhiệt. Những vấn đề trên đòi hỏi phải chọn được các thông số tính toán thích hợp cho chu trình bơm nhiệt cũng như các thiết bị bảo vệ cho máy nén thích hợp, đặc biệt nhiệt độ đầu dây, tỷ số nén, thể tích hút lý thuyết, động cơ và bảo vệ quá tải cho động cơ khi nhiệt độ bay hơi dao động với biên độ lớn... Một điều cần chú ý là năng suất nhiệt của bơm nhiệt phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ bay hơi. Nhiệt độ bay hơi càng tăng thì năng suất nhiệt cũng càng tăng và công nén cũng càng lớn. Ngược lại, nhiệt độ bay hơi càng giảm thì năng suất nhiệt cũng càng giảm. Nhiệt độ bay hơi tăng 1 °C, năng suất nhiệt tăng khoảng 4% và công nén tăng khoảng 1,5%. Khi nhiệt độ bay hơi tăng cũng rất cần quan tâm đến việc bảo vệ quá tải cho máy nén.

4.3.3. Máy nén của một số hãng nổi tiếng

Hình 4.8 giới thiệu một số máy nén sử dụng cho bơm nhiệt của một số hãng nổi tiếng trên thế giới như Copeland, Danfoss, Bock, Bitzer... Hình 4.9 giới thiệu block máy nén Danfoss (Đan Mạch), bảng 4.2 giới thiệu một số thông số kỹ thuật của block máy nén theo hình 4.9. Hình 4.10 và 4.11 giới thiệu một số

máy nén kín khác lớn hơn cũng của hãng Danfoss. Phần phụ lục tài liệu [14], [20] giới thiệu thông số của các loại máy nén trên cũng như một số các loại máy nén lạnh khác có thể sử dụng được cho bơm nhiệt của các hãng nổi tiếng khác nhau trên thế giới.

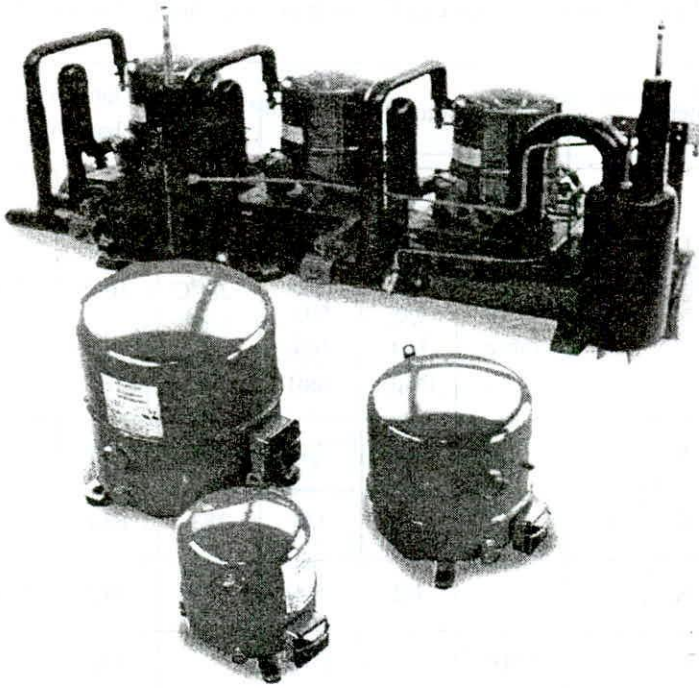


Hình 4.8. Máy nén của một số hãng nổi tiếng khác nhau trên thế giới.

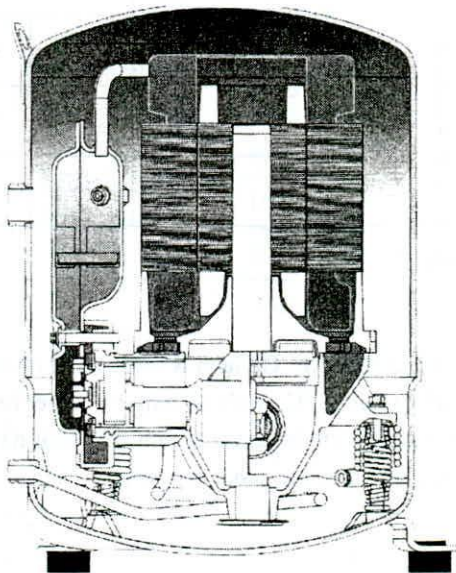


Hình 4.9. Bloc máy nén Danfoss.

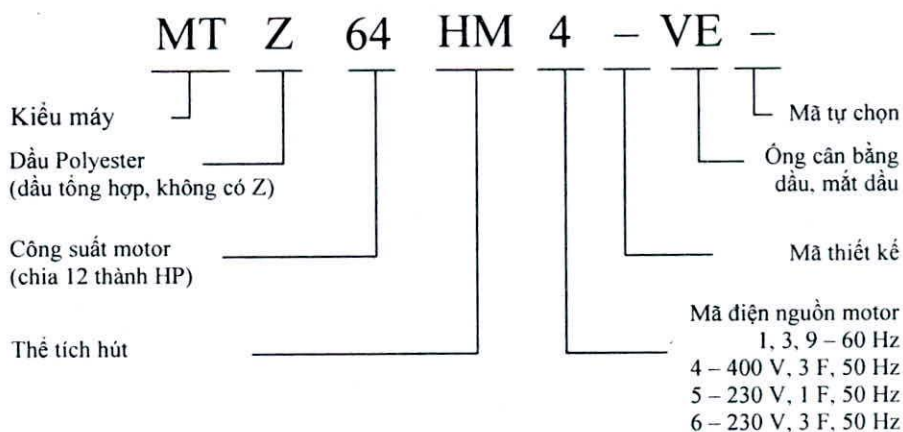
Máy nén kín pittông của Danfoss nhãn hiệu Maneurop ký hiệu MT hoặc MTZ. MT là máy nén sử dụng dầu bôi trơn thông thường còn máy MTZ sử dụng dầu polyester, gồm 22 cỡ máy, thể tích hút lý thuyết từ $5,26 \div 47,25 \text{ m}^3/\text{h}$. Nếu môi chất là R22, nhiệt độ bay hơi $7,2^\circ\text{C}$, nhiệt độ ngưng tụ $54,4^\circ\text{C}$ (theo tiêu chuẩn ARI) thì năng suất lạnh đạt $3,88 \div 38,3 \text{ kW}$, năng suất nhiệt đạt $5,33 \div 51,7 \text{ kW}$. Hình 4.10c giới thiệu ý nghĩa ký hiệu máy nén MT và MTZ. Bảng 4.3, 4.4 giới thiệu thông số kỹ thuật của một số máy nén MT và MTZ.



Hình 4.10a. Máy nén pittông kín của Danfoss (Đan Mạch)



Hình 4.10b. Hình cắt máy nén pittông kín MT và MTZ của Danfoss (Đan Mạch)



Hình 4.10c. Giới thiệu ý nghĩa ký hiệu máy nén MT và MTZ

Bảng 4.4. Thông số kỹ thuật của một số máy nén MT và MTZ

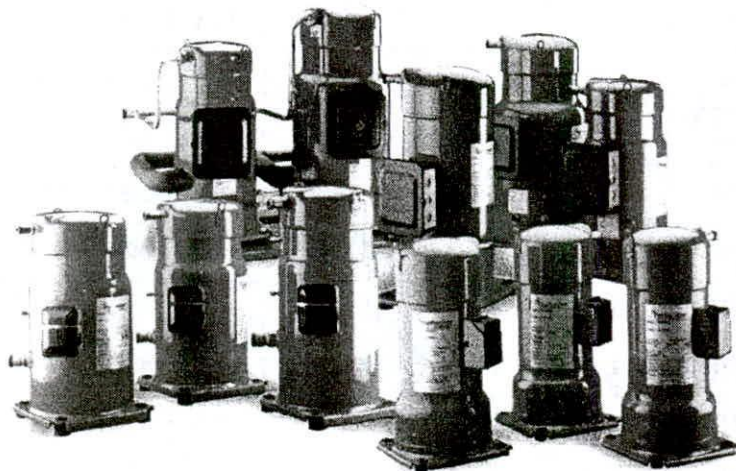
Kiểu máy nén	Thể tích hút ¹⁾	Số xi lanh	Lượng dầu nạp	Thông số với R22 ²⁾			Khối lượng
				Qo	Ne	I	
				kW	kW	A	
MT(Z) 18 JA	5,26	1	0,95	3,88	1,45	2,73	21
MT(Z) 22 JC	6,63	1	0,95	5,36	1,89	3,31	21
MT(Z) 28 JE	8,36	1	0,95	7,38	2,55	4,56	23
MT(Z) 32 JF	9,37	1	0,95	8,06	2,98	4,97	24
MT(Z) 36 JG	10,52	1	0,95	9,27	3,37	5,77	25
MT(Z) 40 JH	11,81	1	0,95	10,5	3,85	6,47	26
MT(Z) 44 HJ	13,26	2	1,8	11,0	3,89	7,37	35
MT(Z) 45 HJ	13,26	2	1,8	10,8	3,62	6,86	37
MT(Z) 50 HK	14,90	2	1,8	12,3	4,32	8,46	35
MT(Z) 51 HK	14,90	2	1,8	12,3	4,01	7,86	37
MT(Z) 56 HL	16,73	2	1,8	13,8	5,04	9,54	37
MT(Z) 57 HL	6,73	2	1,8	13,7	4,54	9,24	39

Bảng 4.4. Thông số kỹ thuật của một số máy nén MT và MTZ (tiếp)

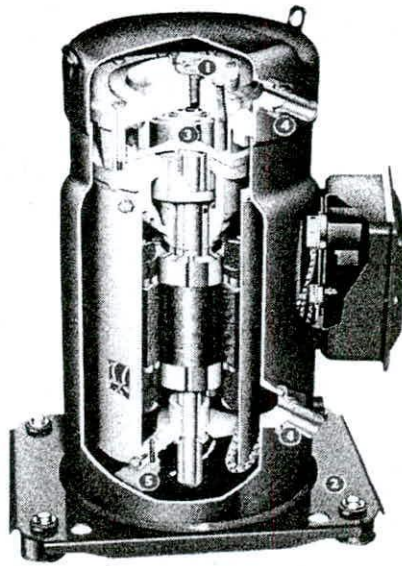
Kiểu máy nén	Thể tích hút ¹⁾	Số xi lanh	Lượng dầu nạp	Thông số với R22 ²⁾			Khối lượng
				Q _o	Ne	I	
	m ³ /h	—	lít	kW	kW	A	kg
MT(Z) 64 HM	18,74	2	1,8	15,8	5,66	10,3	37
MT(Z) 65 HM	18,74	2	1,8	15,8	5,23	8,81	39
MT(Z) 72 HN	21,04	2	1,8	17,1	6,31	10,5	40
MT(Z) 73 HN	21,04	2	1,8	17,9	5,98	9,99	41
MT(Z) 80 HP	23,63	2	1,8	19,5	7,13	11,6	40
MT(Z) 81 HP	23,63	2	1,8	20,3	6,94	11,3	41
MT(Z) 100 HS	29,80	4	3,9	23,4	7,98	14,6	60
MT(Z) 125 HU	37,49	4	3,9	30,4	10,7	17,4	64
MT(Z) 144 HV	42,09	4	3,9	34,3	12,0	22,8	67
MT(Z) 160 HW	47,25	4	3,9	38,3	13,4	22,2	69

¹⁾ Ở tốc độ vòng quay 2900 vg/min.

²⁾ Năng suất lạnh theo tiêu chuẩn ARI 50 Hz cho R22: nhiệt độ bay hơi 7,2°C; nhiệt độ ngưng tụ 54,4°C, độ quá lạnh 8,3 K; độ quá nhiệt 8,3 K.



Hình 4.11a. Máy nén xoắn ốc kín của Danfoss (Đan Mạch)



Hình 4.11b. Hình cắt máy nén xoắn ốc kín của Danfoss (Đan Mạch)

Máy nén xoắn ốc kín của Danfoss có nhãn hiệu Performer, ký hiệu SM, gồm 13 cỡ máy đơn, và 12 cỡ máy ghép đôi (tangdem), ghép ba (trio) và ghép bốn (quadro), thể tích hút lý thuyết loại đơn từ $17 \div 60 \text{ m}^3/\text{h}$. Nếu môi chất là R22, nhiệt độ bay hơi 5°C , nhiệt độ ngưng tụ 50°C (theo tiêu chuẩn ARI) thì năng suất lạnh đạt $15,9 \div 44,1 \text{ kW}$, năng suất nhiệt đạt $19,1 \div 56,5 \text{ kW}$. Khi ghép đôi, ghép ba và ghép bốn thì năng suất lạnh, nhiệt và cũng tăng lên gấp hai, gấp ba, gấp bốn tương ứng. Với dải năng suất trên các loại máy nén Danfoss đáp ứng được hầu như toàn bộ các nhu cầu bơm nhiệt dân dụng, thương nghiệp nhẹ, trung bình và lớn cũng như nhu cầu công nghiệp. Bảng 4.5 và 4.6 giới thiệu một số đặc tính máy nén xoắn ốc đơn và kép Performer của Danfoss khi sử dụng ga lạnh R22 ở nhiệt độ bay hơi t_0 và ngưng tụ t_k khác nhau.

Bảng 4.5. Một số đặc tính máy nén xoắn ốc đơn (single) Performer của Danfoss khi sử dụng ga lạnh R22 ở nhiệt độ bay hơi t_0 và ngưng tụ t_k khác nhau

Kiểu	$t_0, ^\circ\text{C}$	0		5		10		15	
	$t_k, ^\circ\text{C}$	$Q_0,$ kW	$N_e,$ kW	$Q_0,$ kW	$N_e,$ kW	$Q_0,$ kW	$N_e,$ kW	$Q_0,$ kW	$N_e,$ kW
SM 060	40	13,1	3,2	15,9	3,2	18,9	3,2	—	—
	50	11,7	4,1	14,3	4,1	17,1	4,0	—	—

Bảng 4.5. Một số đặc tính máy nén xoắn ốc đơn (single) Performer của Danfoss khi sử dụng ga lạnh R22 ở nhiệt độ bay hơi t_0 và ngưng tụ t_k khác nhau (tiếp)

Kiểu	$t_0, ^\circ\text{C}$	0		5		10		15	
	$t_k, ^\circ\text{C}$	Q_0 , kW	N_e , kW	Q_0 , kW	N_e , kW	Q_0 , kW	N_e , kW	Q_0 , kW	N_e , kW
SM 070	40	15,6	3,8	18,8	3,8	22,4	3,8	—	—
	50	14,0	4,8	17,0	4,8	20,3	4,8	—	—
SM 080	40	17,3	4,2	20,9	4,2	24,9	4,2	—	—
	50	15,5	5,3	18,9	5,3	22,6	5,3	—	—
SM 084	40	18,0	4,5	21,8	4,4	26,1	4,4	30,9	4,3
	50	16,1	5,6	19,7	5,6	23,8	5,5	28,4	5,4
SM 090	40	19,4	4,9	23,3	4,9	27,8	4,9	32,8	4,8
	50	17,5	6,0	21,1	6,0	25,3	5,9	30,0	5,9
SM 100	40	20,6	5,2	24,8	5,2	29,5	5,2	34,8	5,1
	50	18,6	6,4	22,5	6,4	26,9	6,3	31,8	6,3
SM 110	40	23,2	5,8	27,8	5,8	33,0	5,8	38,9	5,8
	50	20,9	7,2	25,2	7,1	30,1	7,1	35,5	7,1
SM 115	40	24,2	6,1	29,1	6,1	34,7	6,0	40,9	6,0
	50	22,1	7,6	26,9	7,6	32,4	7,5	38,6	7,4
SM 120	40	27,0	6,6	32,3	6,6	38,3	6,6	44,9	6,5
	50	24,3	8,2	29,3	8,2	34,8	8,1	41,0	8,1
SM 125	40	26,1	6,5	31,3	6,5	37,3	6,5	44,0	6,4
	50	23,7	8,2	28,9	8,1	34,8	8,0	41,5	7,9
SM 160	40	34,6	8,7	41,5	8,8	49,2	8,9	57,9	9,0
	50	31,5	10,5	37,9	10,6	45,2	10,7	53,4	10,8
SM 175	40	37,4	9,2	44,7	9,3	53,1	9,4	62,4	9,4
	50	33,9	11,3	40,7	11,4	48,5	11,4	57,2	11,5
SM 185	40	40,5	10,1	48,5	10,2	57,5	10,2	67,6	10,3
	50	36,7	12,4	44,1	12,4	52,5	12,5	62,0	12,6

Bảng 4.6. Một số đặc tính máy nén xoắn ốc kép (tandem) Performer của Danfoss khi sử dụng ga lạnh R22 ở nhiệt độ bay hơi t_o và ngưng tụ t_k khác nhau

Kiểu	$t_o, ^\circ\text{C}$	0		5		10		15	
	$t_k, ^\circ\text{C}$	$Q_o,$ kW	$N_e,$ kW	$Q_o,$ kW	$N_e,$ kW	$Q_o,$ kW	$N_e,$ kW	$Q_o,$ kW	$N_e,$ kW
SM 170	40	35,5	8,9	43,0	8,9	51,4	8,8	60,9	8,7
	50	31,7	11,2	38,8	11,1	46,9	11,0	55,9	10,8
SM 180	40	38,2	9,8	45,9	9,7	54,7	9,7	64,6	9,6
	50	34,4	12,0	41,6	12,0	49,8	11,9	59,1	11,8
SM 200	40	40,	10,4	48,8	10,4	58,1	10,3	68,6	10,3
	50	36,6	12,8	44,2	12,7	52,9	12,6	62,7	12,5
SM 220	40	45,6	11,6	54,8	11,6	65,1	11,5	76,5	11,5
	50	41,1	14,3	49,6	14,3	59,2	14,2	69,9	14,1
SM 230	40	47,8	12,2	57,4	12,1	68,3	12,0	80,6	11,9
	50	43,4	15,2	53,0	15,1	63,8	15,0	76,0	14,8
SM 242	40	53,1	13,2	63,6	13,2	75,4	13,1	88,4	13,1
	50	47,8	16,4	57,6	16,3	68,6	16,2	80,8	16,1
SM 250	40	51,3	13,1	61,7	13,0	73,4	12,9	86,6	12,8
	50	46,7	16,4	56,9	16,2	68,5	16,1	81,7	15,9
SM 285	40	59,8	15,3	71,7	15,3	85,2	15,4	100,4	15,4
	50	54,3	18,7	65,8	18,7	78,8	18,7	93,4	18,7
SM 310	40	65,5	16,6	78,6	16,7	93,3	16,7	110,0	16,7
	50	59,5	20,6	71,9	20,6	86,0	20,5	101,9	20,5
SM 320	40	68,2	17,4	81,8	17,6	97,0	17,8	114,1	18,0
	50	62,0	21,1	74,7	21,2	89,1	21,4	105,2	21,5
SM 350	40	73,6	18,5	88,2	18,6	104,6	18,7	123,0	18,8
	50	66,7	22,6	80,2	22,7	95,5	22,9	112,7	23,0
SM 370	40	79,7	20,2	95,5	20,3	113,3	20,4	133,3	20,5
	50	72,3	24,7	86,9	24,9	103,5	25,0	122,1	25,1

4.4. THIẾT BỊ TRAO ĐỔI NHIỆT

4.4.1. Đại cương

Các thiết bị trao đổi nhiệt (TBTĐN) cơ bản trong bơm nhiệt là thiết bị bay hơi (TBBH) và ngưng tụ (TBNT), thiết bị quá lạnh lỏng, hồi nhiệt, bình trung gian và các thiết bị trao đổi nhiệt trung gian. Giống như máy lạnh, thiết bị ngưng tụ và bay hơi của bơm nhiệt cũng có đầy đủ các dạng: ống chùm, ống lồng ngược dòng, ống xoắn, ống đứng và kiểu tấm. Các phương pháp tính toán cũng giống như đã trình bày ở phần máy lạnh. Tuy nhiên, phần lớn bơm nhiệt là loại hai chiều nóng lạnh nên thiết bị ngưng tụ và bay hơi là loại đặc biệt, phải làm việc được một cách hiệu quả cả trong vai trò là thiết bị ngưng tụ và cả trong vai trò là thiết bị bay hơi.

Như đã biết, mục đích của bơm nhiệt chủ yếu là môi trường ích nhiệt thu được ở dàn ngưng, có thể kết hợp sử dụng lạnh thu được ở dàn bay hơi, nên kèm theo năng suất nhiệt, năng suất lạnh, các chế độ nhiệt độ. Bao giờ người ta cũng cho biết dạng của chất tải nhiệt và tải lạnh là nước hoặc không khí. Ký hiệu bơm nhiệt một cách ngắn gọn nhất là môi trường nguồn nhiệt (nguồn gió hoặc nguồn nước) được viết trước và môi trường ích nhiệt gió hoặc nước được viết sau như đã định nghĩa ở chương 1:

- Bơm nhiệt nguồn gió (gồm bơm nhiệt gió gió và bơm nhiệt gió nước);
- Bơm nhiệt nguồn nước (gồm bơm nhiệt nước gió và bơm nhiệt nước nước);
- Bơm nhiệt nguồn đất (nguồn nước giếng khoan hoặc vòng tuần hoàn nước kín đặt trong lòng đất – còn gọi bơm nhiệt địa nhiệt).

Tùy theo nước cấp cho thiết bị bay hơi được thiết kế theo vòng tuần hoàn kín hoặc sử dụng một lần rồi thải bỏ mà gọi là bơm nhiệt vòng nước kín hoặc bơm nhiệt vòng nước hở. Sau đây sẽ giới thiệu thiết bị bay hơi và ngưng tụ quan trọng nhất sử dụng cho bơm nhiệt.

Để tính năng suất nhiệt (và lạnh) cho thiết bị trao đổi nhiệt có thể áp dụng:

1) Công thức tính nhiệt cơ bản

$$Q = k.F.\Delta t_{tb}, W \quad (4.1)$$

Trong đó:

Q – tải nhiệt của TBTĐN, W (nếu là thiết bị ngưng tụ là Q_k và thiết bị bay hơi là tải lạnh Q_o);

k – hệ số truyền nhiệt, $W/(m^2.K)$;

F – diện tích trao đổi nhiệt của TBTĐN, m^2 ;

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

Hệ số truyền nhiệt k được tính theo biểu thức:

Do TBĐNT chủ yếu cấu tạo từ loại ống hình trụ nên hệ số truyền nhiệt k được xác định theo biểu thức xác định hệ số truyền nhiệt cho dạng hình trụ cho 1 mét chiều dài ống:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\pi \alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\pi \lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\pi \alpha_2 d_{n+1}}}, \text{ W/(m}^2\text{.K)} \quad (4.2)$$

Trong đó: d_1 – đường kính trong của ống, m;

d_2 – đường kính ngoài của ống, m;

α_1, α_2 – hệ số tỏa nhiệt đối lưu phía trong (môi chất lạnh sôi hoặc ngưng) và phía ngoài ống (không khí, nước, nước muối hoặc chất tải lạnh), W/(m²K).
Hệ số tỏa nhiệt của một số môi chất và môi trường như sau:

Khí (và không khí) tĩnh:	3 ÷ 10 W/(m ² .K)
Khí (và không khí) chuyển động:	10 ÷ 100 W/(m ² .K)
Chất lỏng chuyển động:	1.000 ÷ 10.000 W/(m ² .K)
Chất lỏng bốc hơi:	500 ÷ 5.000 W/(m ² .K)
Hơi ngưng tụ	500 ÷ 10.000 W/(m ² .K)

λ_i – hệ số dẫn nhiệt của lớp kim loại chế tạo, lớp sơn phủ bên ngoài, lớp cách nhiệt và lớp dầu bên trong..., W/(m.K).

$$\Delta t_{tb} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}}, \text{ K} \quad (4.3)$$

Trong đó: $\Delta t_{\max}$ – độ chênh nhiệt độ có giá trị lớn ở hai đầu TBĐNT, K;
 $\Delta t_{\min}$ – độ chênh nhiệt độ có giá trị nhỏ ở hai đầu TBĐNT, K.

Hình 4.12 giới thiệu toán đồ xác định nhanh hiệu nhiệt độ trung bình logarit.

Ngoài ra còn có thể sử dụng công thức tính nhiệt phía môi chất và phía môi trường như sau:

2) Công thức tính nhiệt phía môi chất

$$Q = m \cdot q, \text{ W} \quad (4.4)$$

Trong đó:

Q – nhiệt lượng, W (nếu là thiết bị ngưng tụ: $Q_k = m \cdot q_k$ và nếu là thiết bị bay hơi $Q_0 = m \cdot q_0$);

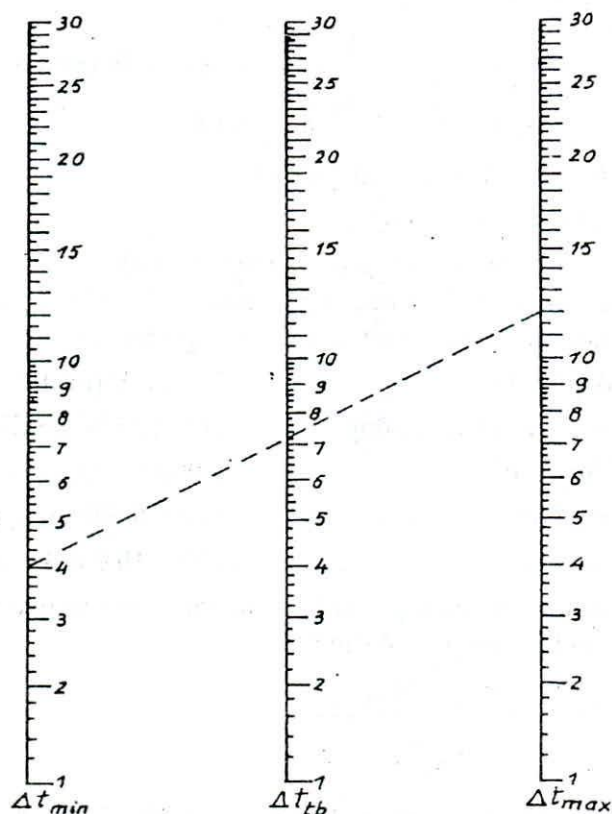
m – lưu lượng khối lượng môi chất tuần hoàn trong hệ thống, kg/s;

$q_k = h_2 - h_3$ – năng suất nhiệt riêng của 1kg môi chất lạnh, kJ/kg;

h_2, h_3 – entanpy của môi chất lạnh vào và ra TBNT, kJ/kg;

$q_0 = h_1 - h_4$ – năng suất lạnh riêng, kg/s;

h_4, h_1 – entanpy của môi chất vào và ra TBBH, kJ/kg.



Hình 4.12. Toán đồ xác định nhanh hiệu nhiệt độ trung bình logarit
với ví dụ tính $\Delta t_{min} = 4 \text{ K}$; $\Delta t_{max} = 12 \text{ K}$; $\Delta t_{tb} = 7,15 \text{ K}$

3) Công thức tính nhiệt phía môi trường

– Đối với nước (water), nước muối hoặc chất tải nhiệt:

$$Q = m_w \cdot C_{pw} \cdot \Delta t_w, \text{ W} \quad (4.5)$$

Trong đó:

m_w – lưu lượng khối lượng nước đi qua TBTĐN, kg/s;

C_{pw} – nhiệt dung riêng đẳng áp của nước 4,186 kJ/(kg.K);

$\Delta t_w = t_{w1} - t_{w2}$ – hiệu nhiệt độ nước làm mát vào và ra, K;

Đối với TBNT t_{w1}, t_{w2} – nhiệt độ nước vào và ra TBNT, °C;

Đối với TBBH t_{l1}, t_{l2} – nhiệt độ nước hoặc chất tải lạnh, °C.

– Đối với không khí:

$$Q = m_{kk} \times C_{p_{kk}} \times \Delta t_{kk}, W \quad (4.6)$$

Trong đó:

m_{kk} – lưu lượng không khí qua TBTĐN, kg/s;

$C_{p_{kk}}$ – nhiệt dung riêng đẳng áp của không khí (nếu dùng cho dàn ngưng ở 40 °C 1,1 kJ/(kg.K);

$\Delta t_{kk} = t_{kk2} - t_{kk1}$: hiệu nhiệt độ không khí, K;

t_{kk1}, t_{kk2} nhiệt độ không khí vào và ra, K.

Có hai dạng bài toán để tính toán TBTĐN là bài toán thuận và bài toán ngược. Bài toán thuận là bài toán thiết kế TBTĐN khi cho trước tải nhiệt Q còn bài toán ngược là đã có sẵn một TBTĐN cụ thể và cần tiến hành tính Q để kiểm tra xem có phù hợp với một ứng dụng thực tế nào đó không:

– Bài toán thuận còn được gọi là bài toán thiết kế, cho biết Q , tính diện tích bề mặt trao đổi nhiệt F , cách bố trí ống trao đổi nhiệt, cách tản nhiệt bơm, quạt, lối ra vào của môi trường làm mát...

– Bài toán ngược còn gọi là bài toán kiểm tra, cho biết TBTĐN cụ thể có diện tích trao đổi nhiệt F , với toàn bộ kích thước, hình dạng cụ thể, cần xác định Q .

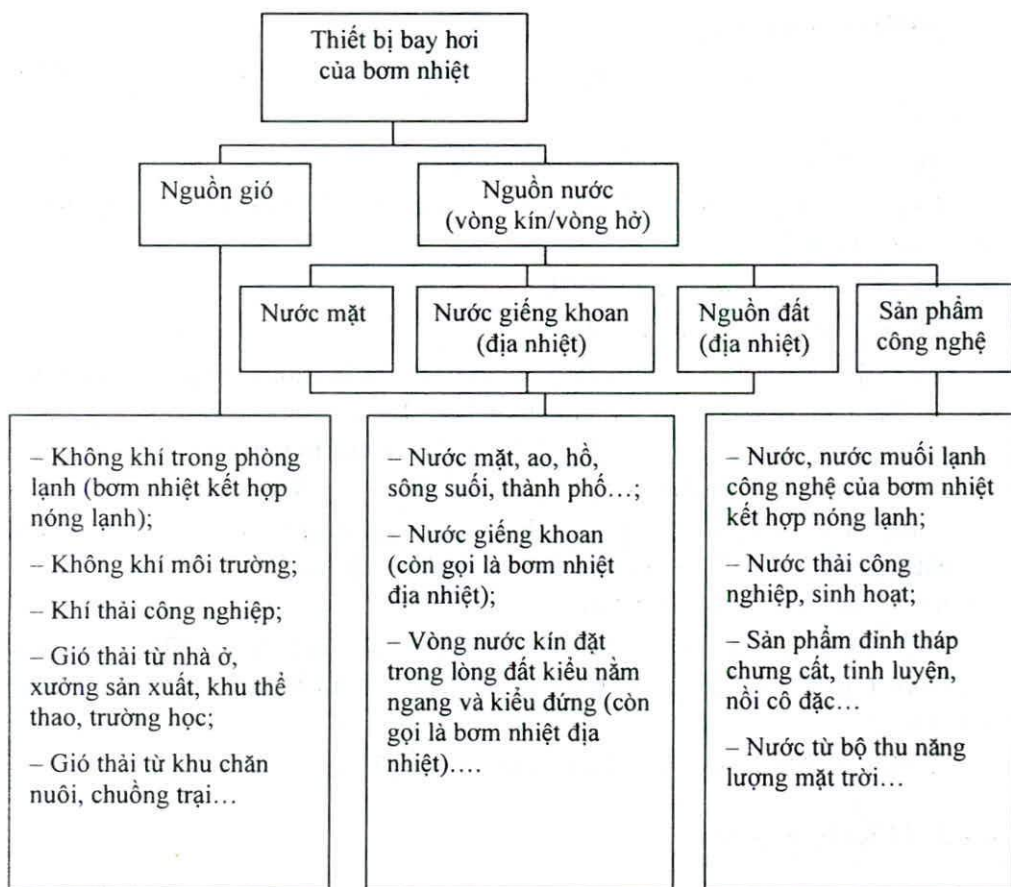
Tính toán TBTĐN có thể tham khảo tài liệu [20].

4.4.2. Thiết bị bay hơi

Nhiệm vụ của dàn bay hơi bơm nhiệt là nhận nhiệt của nguồn nhiệt bằng bay hơi lỏng môi chất ở áp suất thấp và nhiệt độ thấp. Dàn bay hơi của bơm nhiệt chủ yếu được chia làm hai loại là nguồn gió và nguồn nước. Nguồn gió thường là dàn bay hơi ống xoắn tĩnh hoặc có quạt với các nguồn nhiệt khác nhau như không khí trong buồng lạnh (trường hợp của bơm nhiệt kết hợp nóng lạnh), không khí môi trường, khí thải công nghiệp, gió thải từ nhà ở, công xưởng, khu thể thao, trường học, gió thải từ các khu chăn nuôi, chuồng trại...

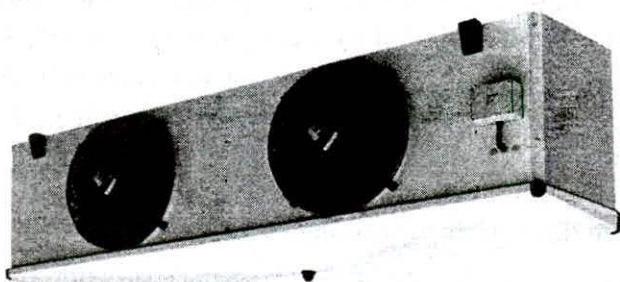
Nguồn nước (có thể là loại vòng kín và loại vòng hở) có thể chia làm bốn loại như nước mặt (ao, hồ, sông, suối, thành phố...), nước giếng khoan (thường được gọi là địa nhiệt), nước trong vòng tuần hoàn kín, đường ống đặt ngầm trong lòng đất kiểu nằm ngang hoặc thẳng đứng và sản phẩm công nghệ.

Sản phẩm công nghệ có thể kể đến là nước hoặc nước muối sử dụng để làm lạnh, điều hòa không khí của bơm nhiệt kết hợp nóng lạnh, nước thải sinh hoạt hoặc công nghiệp, sản phẩm dinh dưỡng chưng luyện, tách chất, nôi cô đặc... hoặc nước từ bộ thu năng lượng Mặt Trời. Hình 4.13 giới thiệu một cách phân loại thiết bị bay hơi của bơm nhiệt.



Hình 4.13. Một cách phân loại thiết bị bay hơi của bơm nhiệt

1) Dàn bay hơi nguồn gió

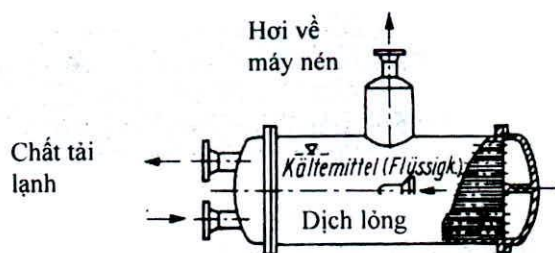


Hình 4.14. Dàn bay hơi GHN của hãng GUENTNER (sử dụng cho freon R22, 134a và 404A, năng suất lạnh từ 5,8 đến 204 kW)

Dàn bay hơi nguồn gió chủ yếu là các dàn ống xoắn cánh có quạt. Với môi chất freon, ống trao đổi nhiệt thường là ống đồng hoặc nhôm, cách nhôm, môi chất sôi trong ống còn không khí đi bên ngoài ống. Bước cánh phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ bay hơi. Nhiệt độ bay hơi càng thấp, bước cánh càng phải rộng, đặc biệt khi có băng tuyết hình thành trên bề mặt dàn. Hình 4.14 giới thiệu dàn bay hơi GHN sử dụng cho freon R22, 134a và 404A, năng suất lạnh từ 5,8 đến 204 kW.

2) Bình bay hơi ống vỏ

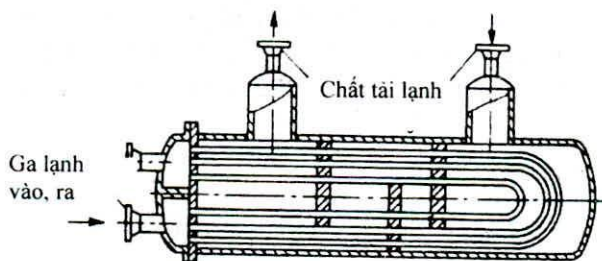
Bình bay hơi ống vỏ là loại TBTĐN hay gặp nhất khi nguồn nhiệt là chất lỏng (cũng gọi là chất tải lạnh) như nước, nước muối. Hình 4.15 giới thiệu bình bay hơi ống vỏ (ống thẳng) thường dùng cho amoniac. Môi chất lỏng sôi ngoài ống, mức lỏng trong bình ngập khoảng 2/3 đường kính bình và thường được khống chế bằng van phao. Chất tải lạnh lỏng đi phía trong ống. Ưu điểm là khả năng trao đổi nhiệt lớn, có thể vệ sinh tẩy rửa bình dễ dàng bằng phương pháp cơ khí và cả bằng hóa chất. Nhược điểm là lượng nạp môi chất lớn. Khi sử dụng ống thép làm ống trao đổi nhiệt có thể tráng một màng nhựa cứng mỏng phía trong ống để chống han gỉ, đóng cặn và lắng bùn phía nước. Màng nhựa làm giảm chút ít hiệu quả trao đổi nhiệt khi vận hành ban đầu nhưng sau đó tỏ ra hiệu quả hơn nhiều so với loại không có màng. Khi sử dụng bình bay hơi ống vỏ cần lưu ý đến tốc độ nước tối đa cho phép theo từng loại vật liệu chế tạo ống trao đổi nhiệt. Tốc độ nước trong ống thép thường chọn là 1,5 m/s nhưng khi có màng nhựa, tốc độ có thể nâng lên đến 5 m/s.



Hình 4.15. Bình bay hơi ống vỏ (ống thẳng) môi chất sôi ngoài ống, thường dùng cho amoniac: 1,2. Lồng môi chất vào và hơi ra; 3,4. Nước (nguồn nhiệt) vào và ra; 5. Đôm hơi (bình tách lỏng)

Hình 4.16 giới thiệu bình bay hơi ống vỏ (ống hình chữ U) môi chất sôi trong ống, thường dùng cho freon. Bình bay hơi ống vỏ (ống hình chữ U) có nhược điểm là khó vệ sinh tẩy rửa phía nước (không thể tẩy rửa cơ khí, chỉ có thể tẩy rửa bằng hóa chất) nhưng lại có ưu điểm rất lớn là lượng nạp môi chất không nhiều thuận lợi cho môi chất freon vì freon rất đắt tiền. Lồng môi chất cấp cho bình bay hơi thường bằng van tiết lưu cân bằng ngoài. Cấp lỏng được

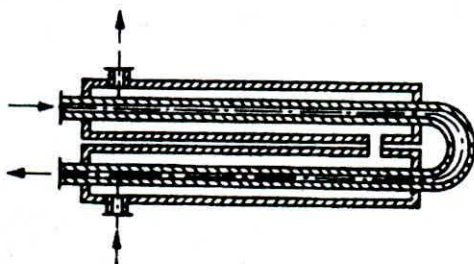
điều chỉnh sao cho hơi môi chất ra khỏi bình được quá nhiệt chút ít. Do tốc độ hơi trong bình tương đối lớn nên việc hồi dầu về máy nén không bị trở ngại và khá dễ dàng.



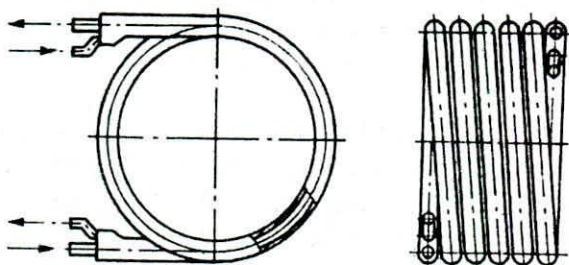
Hình 4.16. Bình bay hơi ống vỏ (ống hình chữ U) môi chất sôi trong ống, thường dùng cho freon

3) Dàn bay hơi ống lồng ống

Dàn bay hơi dạng ống lồng ống chỉ dùng cho năng suất nhỏ dưới 40 kW lạnh. Ưu điểm chính của loại dàn ống lồng là dòng môi chất và chất tải lạnh chảy hoàn toàn ngược chiều nhau. Khi sử dụng hỗn hợp không đồng sôi có thể thực hiện chu trình Lorenz để tăng hiệu quả năng lượng (xem chương 3). Hình 4.17 và 4.18 giới thiệu dàn bay hơi ống lồng dạng phẳng và xoắn (tròn hoặc ôvan).



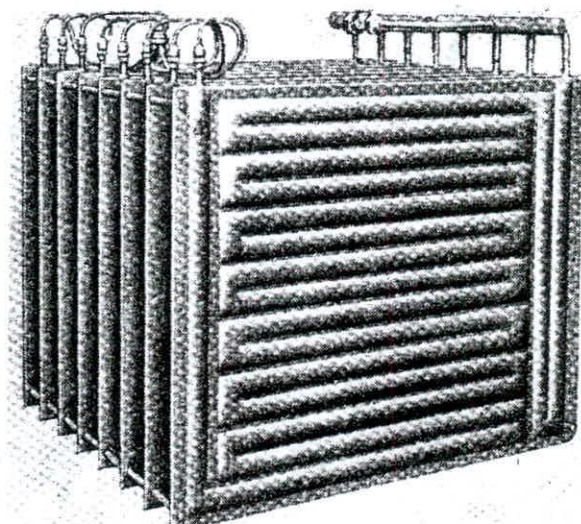
Hình 4.17. Dàn bay hơi ống lồng dạng phẳng



Hình 4.18. Dàn bay hơi ống lồng dạng xoắn

4) Dàn bay hơi kiểu tấm lắp trong bể

Hình 4.19 giới thiệu một kiểu dàn bay hơi lắp trong bể chất tải lạnh. Dàn bay hơi được ghép từ nhiều tấm có ống phân phối cho lòng môi chất và ống góp cho hơi hút về máy nén. Các tấm cơ sở được sản xuất hàng loạt bằng cách dập rãnh môi chất đối xứng từng cặp rồi được ghép lại và hàn kín chung quanh cũng như một số điểm cần thiết và hàn thêm ống nối lòng và hơi tương ứng. Các tấm cơ sở sẽ được ghép lại tùy theo yêu cầu về năng suất và kích thước bể. Các tấm cơ sở có thể được làm bằng thép đen tráng kẽm, thép không gỉ, đồng, nhôm... miễn là phù hợp với nguồn nhiệt là chất tải lạnh. Ưu điểm là hiệu quả trao đổi nhiệt cao, vệ sinh dễ dàng.



Hình 4.19. Một kiểu dàn bay hơi kiểu tấm lắp trong bể chất tải lạnh

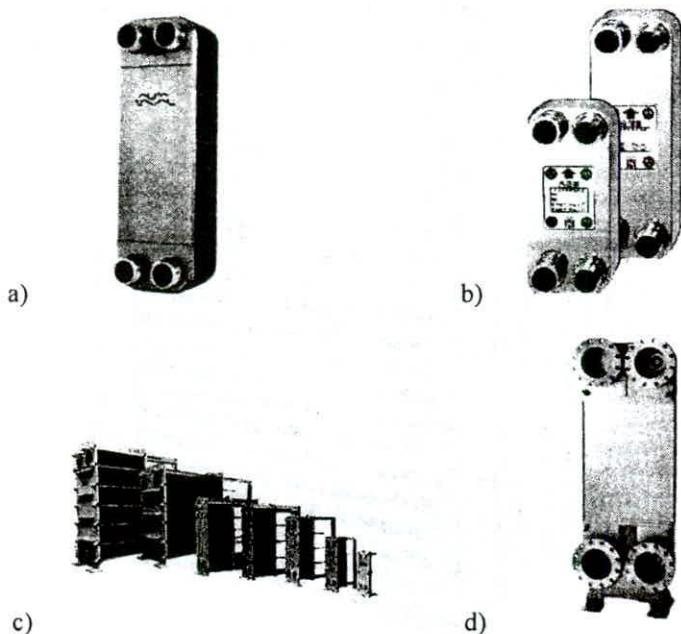
Để lắp trong bể chất tải lạnh còn nhiều dạng dàn bay hơi khác nhau được thiết kế như kiểu dàn ống xoắn, dàn ống ngang (để kết đông đá dùng cho tích lạnh), dàn ống đứng, dàn ống xương cá... có thể tham khảo trong nhiều tài liệu chuyên môn nên không giới thiệu ở đây.

5) Dàn bay hơi kiểu tấm bản

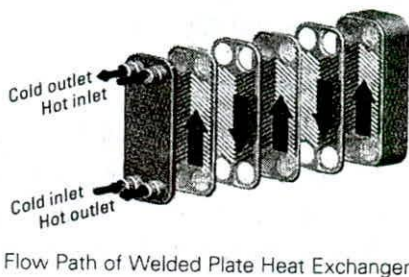
Hình 4.20 giới thiệu hình dáng một số loại dàn bay hơi kiểu tấm bản (panel) ngược dòng. Dàn bay hơi kiểu tấm bản có hai dạng là tấm rời và tấm hàn. Dạng tấm rời (hình 4.20c) có ưu điểm là dễ dàng tháo lắp để vệ sinh tẩy rửa phía chất tải lạnh, dễ dàng thêm bớt số tấm để phù hợp với năng suất lạnh yêu cầu nhưng lại có nhược điểm là cần phải có hai tấm nắp đủ cứng vững và rất nhiều đệm kín cho từng tấm cũng như các trục ren để dùng đai ốc siết làm kín giữa các tấm. Vì phải dùng đệm kín nên cũng dễ rò rỉ từ đệm kín. Loại hàn

(hình 4.20a, b, d), ngược lại không cần hai tấm nắp cứng vững, không cần đệm kín, hầu như không có nguy cơ rò rỉ nhưng không thể tháo các tấm ra vệ sinh tẩy rửa. Ở đây chỉ có thể dùng phương pháp tẩy rửa hóa chất khi cần.

Hình 4.21 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo và làm việc của các loại dàn bay hơi kiểu tấm bản khai triển. Các tấm cũng chính là các vách ngăn giữa hai môi trường trao đổi nhiệt chuyển động ngược dòng từ trên xuống và dưới lên ở hai phía của tấm trao đổi nhiệt.



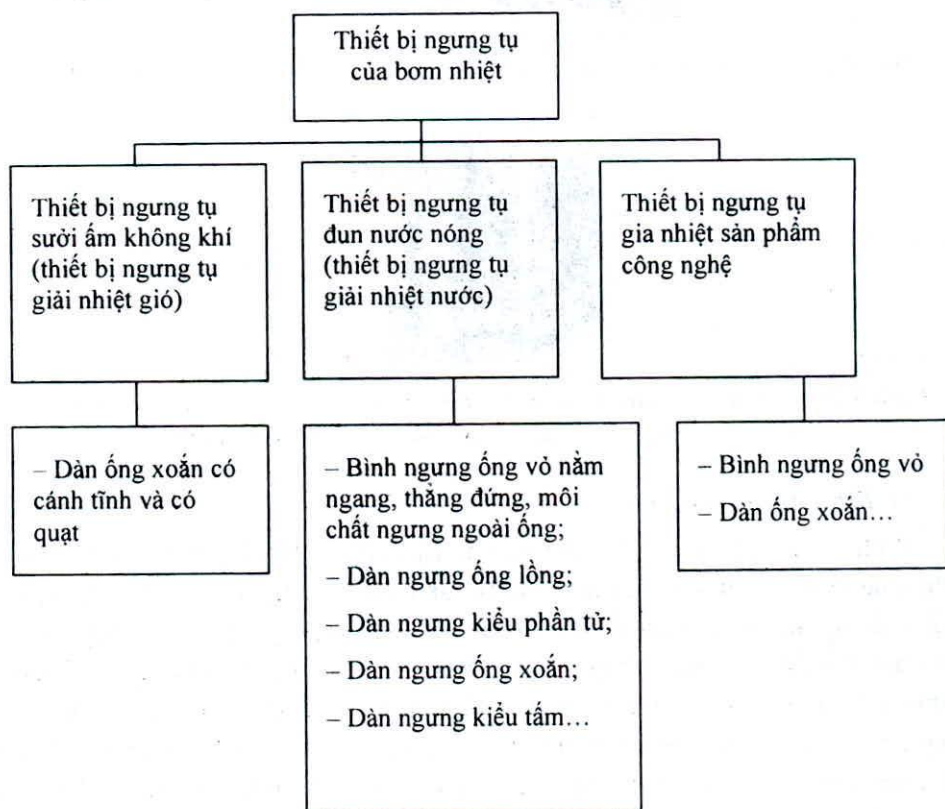
Hình 4.20. Hình dáng một số loại dàn bay hơi kiểu tấm bản:
a. Alfa-Laval (www.alfalaval.com); b. Kaori (www.kaori-taiwan.com);
c. Hisaka (www.hisaka.co.jp); d. Swep Thụy Điển (www.swep.net);
Thermokey Ý (www.thermokey.com)



Hình 4.21. Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của các loại dàn bay hơi kiểu tấm bản khai triển

4.4.3. Thiết bị ngưng tụ

Thiết bị ngưng tụ là TBTĐN giữa một bên là hơi môi chất ngưng tụ ở áp suất cao, nhiệt độ cao với một bên là môi trường ích nhiệt. Môi trường ích nhiệt của bơm nhiệt tùy theo nhu cầu sử dụng, chủ yếu có hai dạng là không khí và nước. Không khí dùng cho sưởi ấm, sấy, hút ẩm... còn nước dùng để đun nước nóng sinh hoạt, nước nóng công nghệ. Ngoài ra môi trường ích nhiệt còn có thể là các sản phẩm công nghệ như hỗn hợp ở đáy tháp chưng cất, tinh luyện, tách chất. Cũng giống như TBBH, TBNT chủ yếu có hai dạng là sưởi nóng không khí và đun nước nóng. Để thuận tiện có thể sử dụng thuật ngữ lạnh và điều hòa không khí là dàn ngưng giải nhiệt gió và giải nhiệt nước. Hình 4.22 giới thiệu một cách phân loại TBNT cho bơm nhiệt. Khác với máy lạnh, bơm nhiệt không có loại giải nhiệt gió/nước (giải nhiệt bằng không khí kết hợp với nước).

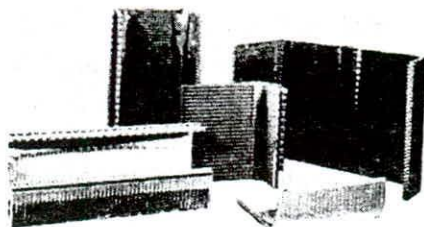


Hình 4.22. Một cách phân loại TBNT cho bơm nhiệt

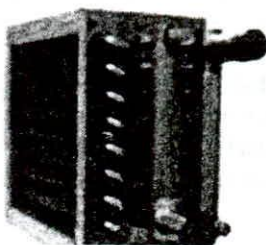
1) Dàn ngưng giải nhiệt gió

Dàn ngưng giải nhiệt gió có cấu tạo từ dàn ống xoắn gần giống như dàn bay hơi. Khác biệt cơ bản với dàn bay hơi là cánh tản nhiệt có thể dày hơn, bố

trí các lõi ống cho ga lạnh có thể khác hơn, đường kính ống có thể nhỏ hơn do áp lực lớn hơn mà thôi. Hình 4.23 giới thiệu một số loại dàn ngưng hình dáng khác nhau (L và U) của hãng Friterm (Thổ Nhĩ Kỳ) đáp ứng cho các ứng dụng khác nhau. Hình 4.24 giới thiệu dàn sưởi bổ sung để điều chỉnh độ ẩm được chế tạo liền với dàn bay hơi dạng “hai trong một” của hãng Outokumpu Heatcraft (Mỹ) với nguyên lý làm việc được biểu diễn trên hình 4.24 tài liệu “Kỹ thuật lạnh ứng dụng” [31].



Hình 4.23. Một số loại dàn ngưng hình dáng khác nhau (L và U) của hãng Friterm



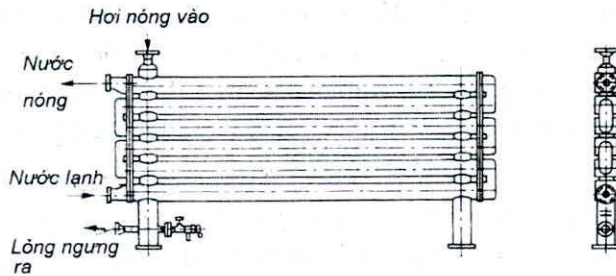
Hình 4.24. Dàn sưởi bổ sung để điều chỉnh độ ẩm được chế tạo liền với dàn bay hơi dạng “hai trong một” của hãng Outokumpu Heatcraft (Mỹ)

2) Bình ngưng ống vỏ

Bình ngưng ống vỏ (còn gọi ống chùm) là loại TBNT giải nhiệt nước phổ biến nhất dùng để đun nước nóng. Nước tuần hoàn trong ống trao đổi nhiệt còn môi chất ngưng tụ bên ngoài ống. Cấu tạo bình ngưng ống vỏ tương tự như bình bay hơi ống vỏ. Khác biệt cơ bản là bình ngưng ống vỏ không có đôm hơi (bình tách lỏng phía trên bình bay hơi) vì hơi cao áp được đưa từ trên xuống và lỏng được lấy từ đáy bình ra, ngược với dòng môi chất vào và ra khỏi bình bay hơi (xem hình 4.15). Bình ngưng ống vỏ có ưu điểm là gọn nhẹ, dễ vận hành và có hệ số truyền nhiệt lớn. Nhược điểm là chưa có nhiều đặc điểm của trao đổi nhiệt ngược dòng.

Để có thể thực hiện trao đổi nhiệt ngược dòng đối với bơm nhiệt năng suất lớn người ta bố trí dàn ngưng kiểu phần tử như giới thiệu trên hình 4.25. Các phần tử có cấu tạo giống như một bình ngưng ống vỏ thông thường nhưng số

ống trao đổi nhiệt ít hơn ví dụ 7 ống, 14 ống... rồi được ghép lại với nhau để tạo thành TBTDN ngược dòng thay cho một bình lớn với 42 ống hoặc 84 ống.

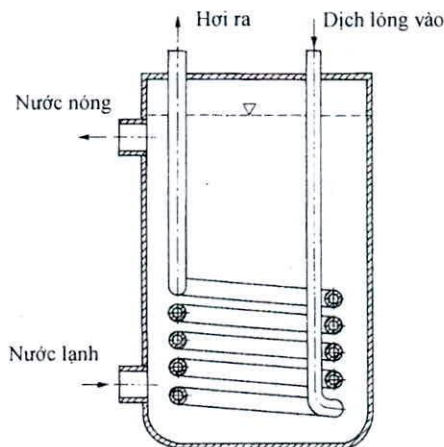


Hình 4.25. TBNT kiểu phản từ làm việc theo kiểu ngược dòng:

3) Dàn ngưng ống lồng

Dàn ngưng ống lồng có cấu tạo như dàn bay hơi ống lồng biểu diễn trên hình 4.17 và 4.18. Dàn ngưng ống lồng với chế độ chảy ngược dòng hoàn toàn có ưu điểm là tận dụng được độ quá nhiệt hơi ra từ máy nén để tăng tối đa nhiệt độ nước ra khỏi dàn ngưng. Dàn ngưng ống lồng cũng mang lại hiệu quả năng lượng cao với hỗn hợp môi chất không đồng sôi. Môi chất có thể trong ống hoặc trong không gian giữa hai ống.

4) Dàn ống xoắn đun nước



Hình 4.26. Một kiểu dàn ống xoắn để đun nước:

Hình 4.26 giới thiệu một kiểu dàn ống xoắn nhúng trong nước để gia nhiệt cho nước đơn giản sử dụng cho các loại bơm nhiệt năng suất nhỏ. Môi chất ngưng tụ đi trong ống, nước trong bể bên ngoài ống.

4.5. THIẾT BỊ PHỤ CỦA BƠM NHIỆT

Tất cả các thiết bị phụ của bơm nhiệt giống như thiết bị phụ của máy lạnh. Cũng xuất phát từ yêu cầu nhiệt độ cao hơn nên đòi hỏi về công nghệ gia công, độ tin cậy của thiết bị cao hơn. Ví dụ: đường ống, van phải chịu áp lực và nhiệt độ cao hơn nhiều so với máy lạnh nghĩa là áp suất đàn ngưng nhiều khi đạt trên 2 MPa và nhiệt độ đến hoặc hơn 100 °C. Đây cũng là vấn đề đặt ra đối với dầu bôi trơn, đệm kín các loại môi chất cũng như vật liệu khác trong hệ thống.

Do bơm nhiệt phải hoạt động ở chế độ áp suất và nhiệt độ gần sát với giới hạn tối đa nên các thiết bị tự động nói chung và tự động bảo vệ nói riêng là rất cần thiết và phải hoạt động với độ tin cậy cao để đề phòng hư hỏng thiết bị khi chế độ làm việc vượt quá giới hạn cho phép.

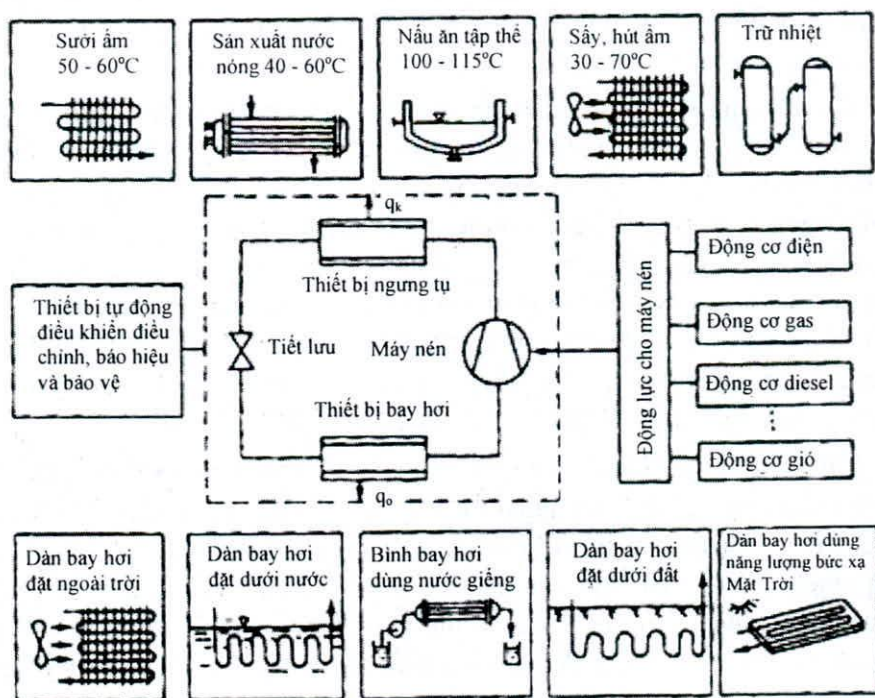
Đối với van tiết lưu, bơm nhiệt có chế độ làm việc khác máy lạnh nên cũng cần có van tiết lưu phù hợp. Để đáp ứng yêu cầu đó các hãng sản xuất thiết bị tự động đã nghiên cứu chế tạo các loại van tiết lưu cho các môi chất R134a, R22, R407C và 410A với nhiệt độ bay hơi tới +20 °C. Với nhiệt độ bay hơi trên +20 °C và đặc biệt với các loại môi chất lạnh khác, việc tìm kiếm được van tiết lưu là tương đối khó khăn. Như vậy trong hoàn cảnh Việt Nam, ta chỉ có thể xây dựng các thiết bị thí nghiệm về bơm nhiệt ứng dụng với các loại môi chất thông dụng đó và với nhiệt độ sôi cao nhất là khoảng +20 °C. Chi tiết tính chọn thiết bị tiết lưu và thiết bị phụ xin xem tài liệu [20], [21].

Chương 5

THIẾT BỊ NGOẠI VI CỦA BƠM NHIỆT

5.1. VAI TRÒ CỦA CÁC THIẾT BỊ NGOẠI VI

So với máy lạnh thông thường, bơm nhiệt cần có thiết bị ngoại vi khác nhau để có thể phát huy tác dụng và hiệu quả năng lượng cao nhất. Hình 5.1 giới thiệu các nhóm thiết bị ngoại vi khác nhau cho máy nén, thiết bị ngưng tụ, thiết bị bay hơi và những thiết bị tự động liên kết đi kèm để kết nối các thiết bị ngoại vi với chính bơm nhiệt. Chúng có nhiệm vụ kết nối các nguồn nhiệt hợp lý, kết nối các dạng năng lượng hợp lý cho máy nén và vận chuyển ích nhiệt thu được từ thiết bị ngưng tụ đến nơi tiêu thụ.



Hình 5.1. Các nhóm thiết bị ngoại vi khác nhau cho máy nén, thiết bị ngưng tụ, thiết bị bay hơi và những thiết bị tự động liên kết.

Các nhóm thiết bị ngoại vi của bơm nhiệt gồm:

- Các phương án truyền động cho máy nén: động cơ điện, động cơ ga, động cơ xăng, động cơ gió...
- Các thiết bị sử dụng ích nhiệt thu được ở dàn ngưng tụ tùy theo nhu cầu

cụ thể của hệ tiêu thụ nhiệt. Nếu là sưởi ấm, tối ưu nhất là sử dụng dàn ngưng giải nhiệt gió để cấp nhiệt trực tiếp cho phòng, sau đó là dùng nước nóng (chất tải nhiệt) từ thiết bị ngưng tụ (TBNT) giải nhiệt nước để sưởi ấm phòng gián tiếp qua dàn quạt FCU hoặc AHU. Do phải sử dụng nhiệt qua chất tải nhiệt, hiệu suất tăng nên hiệu quả năng lượng của bơm nhiệt sẽ bị giảm. Chất tải nhiệt do đó chỉ được sử dụng cho điều hòa trung tâm nước hai chiều hoặc kết hợp với đun nước nóng gia dụng ở gia đình. Nếu là sấy và hút ẩm chỉ nên dùng dàn bay hơi với dàn ngưng trực tiếp. Dùng bơm nhiệt để nấu ăn đòi hỏi nhiệt độ dàn ngưng cao hơn 100°C nên phải có nguồn nhiệt thích hợp mới có thể thực hiện được. Nếu là đun nước nóng công nghệ hoặc sinh hoạt thì nên dùng trực tiếp bình ngưng giải nhiệt nước ngược chiều. Nhu cầu nước nóng có đặc điểm là biến động rất mạnh theo thời gian, ví dụ vào buổi sáng khi ngủ dậy, trước bữa cơm chiều, trước khi đi ngủ, sau ca làm việc đối với nước nóng sinh hoạt hoặc theo mẻ hồ sợi, theo mẻ nhuộm... đối với nước nóng công nghệ. Khi đó nhất thiết phải bố trí thiết bị tích nhiệt để dàn trải thời gian vận hành và công suất lắp đặt.

– Các phương án nguồn nhiệt cấp cho dàn bay hơi. Trường hợp bơm nhiệt nóng lạnh kết hợp thì có thể là dàn bay hơi đặt ngay trong buồng lạnh hoặc là bình bay hơi làm lạnh chất tải lạnh. Nếu là nguồn gió thì dàn bay hơi là dàn quạt đặt ngoài trời. Nếu là nguồn nước thì đó là bình bay hơi làm lạnh chất tải lạnh. Nếu là hệ thống nước hở thì chỉ cần có bơm, còn nếu là vòng kín thì ngoài bơm còn cần có dàn trao đổi nhiệt với nguồn nhiệt như dàn trao đổi nhiệt đặt ở ao, hồ, sông, suối hoặc đặt trong lòng đất hoặc từ bộ thu năng lượng Mặt Trời. Các thiết bị đó đôi khi tương ứng về cấu tạo, hình dáng, tính toán nhưng thường có những khác biệt so với thiết bị bay hơi của máy lạnh.

– Các thiết bị điều chỉnh, điều khiển, đo kiểm, bảo động và bảo vệ tự động của bơm nhiệt và các thiết bị ngoại vi: Đây là các thiết bị tự động kết nối các thiết bị ngoại vi với chu trình bơm nhiệt. Ví dụ đối với bơm nhiệt sử dụng nguồn nhiệt bức xạ Mặt Trời cần phải có thiết bị cảm biến tự động để ngừng bơm nhiệt khi nhiệt độ nước ra từ bộ thu năng lượng Mặt Trời đủ cao và đưa thẳng nước nóng đó trực tiếp đến hệ tiêu thụ chứ không cho đi qua bơm nhiệt.

5.2. BỘ THU NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

Bộ thu năng lượng Mặt Trời còn gọi là bộ thu bức xạ Mặt Trời (BXMT) là một trong các thiết bị ngoại vi của bơm nhiệt, tận dụng nguồn năng lượng vô tận của Mặt Trời để cấp nhiệt cho các nhu cầu cần nhiệt độ thấp như sưởi ấm và đun nước nóng. Bộ thu năng lượng Mặt Trời là thiết bị biến đổi trực tiếp quang năng (ánh sáng, bức xạ) thành năng lượng nhiệt. Năng lượng Mặt Trời là sạch

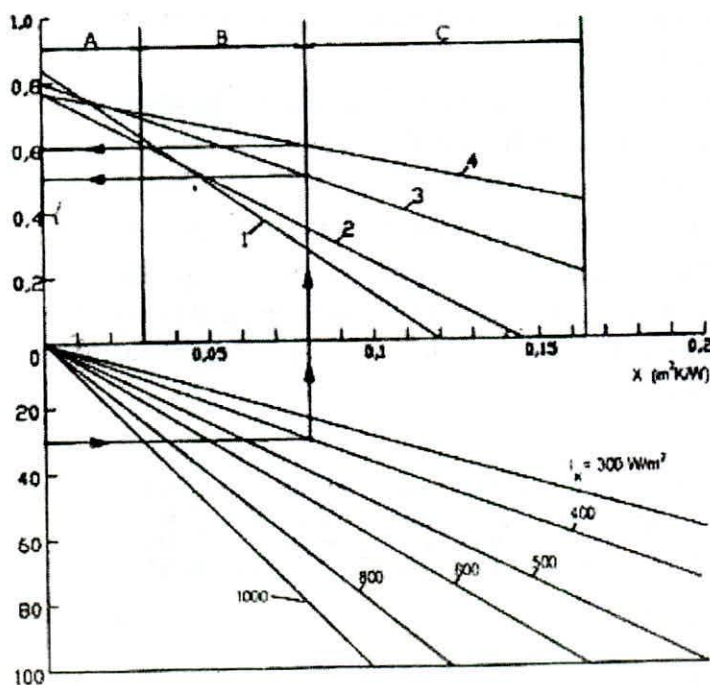
và vô hạn nhưng lại có nhược điểm là tàn mạn, luôn luôn thay đổi và không liên tục nên cần phải có thiết bị thu khá tốn kém. Đó là các loại bộ thu khác nhau như bộ thu kiểu gương parabol cầu, gương parabol trụ, bộ thu tấm phẳng, bộ thu kiểu ống chân không.

Bộ thu gương parabol cầu có khả năng tập trung bức xạ cao nên có thể đạt nhiệt độ cao (cao hơn 100 °C) có thể dùng để nấu ăn nhưng giá thành cao và phải điều chỉnh liên tục theo hướng Mặt Trời để có thể hội tụ bức xạ vào tiêu điểm thu nhiệt. Nếu lệch, gương cầu mất khả năng thu nhiệt. Bộ thu loại này loại nhỏ thường được dùng để nấu ăn, đun nước sôi, loại lớn (gồm nhiều gương chạy trên ray tập trung bức xạ vào nồi hơi) được sử dụng trong nhà máy điện Mặt Trời.

Bảng 5.1. Tổng BXMT ở một số địa phương của nước ta, kWh/(m².ngày)

TT	Địa phương	Tổng xạ bức xạ Mặt Trời của các tháng trong năm, kWh/(m ² .ngày)					
		1 7	2 8	3 9	4 10	5 11	6 12
1	Cao Bằng	2,28	2,42	2,90	3,53	4,67	4,88
		5,23	5,31	4,89	3,77	3,13	2,60
2	Móng Cái	5,23	5,31	4,89	3,77	3,13	2,60
		4,88	5,06	4,47	4,38	3,59	2,88
3	Sơn La	3,12	3,51	4,01	4,68	4,97	4,85
		3,12	3,51	3,96	4,68	4,97	4,85
4	Hà Nội	2,41	2,40	3,09	3,46	5,26	5,31
		5,59	5,06	4,78	4,18	3,44	2,96
5	Vinh	2,47	2,26	2,56	4,03	5,56	5,49
		6,05	4,55	4,42	3,66	2,84	2,50
6	Đà Nẵng	3,46	4,13	5,01	5,63	6,16	5,84
		6,34	5,77	4,98	3,97	2,90	2,35
7	Cần Thơ	4,86	5,58	5,82	5,80	4,64	4,17
		4,63	4,23	4,55	4,32	4,24	4,55
8	Đà Lạt	4,63	4,23	4,55	4,32	4,24	4,55
		5,26	4,89	4,17	4,13	4,37	2,80

Từ hình 5.3 chúng ta có thể thấy là với cường độ bức xạ nhất định, chỉ có thể đạt được $\Delta t = t_k - t_u$ nhất định. Và năng suất nhiệt riêng q sẽ càng nhỏ khi Δt càng lớn, $q = 0$ khi Δt vượt khỏi giá trị max. Những tính năng của bộ thu phụ thuộc hoàn toàn vào tính toán và thiết kế của bộ thu như cách nhiệt xung quanh và đáy, kính và số lớp kính sử dụng, độ đen bề mặt hấp thụ cũng như lưu lượng nước và nhiệt độ nước đi qua. Cũng từ hình 5.3 ta thấy với cùng cường độ bức xạ, bộ thu hai lớp kính với $\tau = 0,7$ tuy có tổn thất nhiệt nhỏ hơn nhưng lại có phạm vi có năng suất nhiệt riêng nhỏ hơn bộ thu một lớp kính. Như vậy, khi sử dụng nước nhiệt độ thấp chỉ nên dùng bộ thu một lớp kính. Chỉ khi cần nhiệt nước nhiệt độ cao mới nên sử dụng bộ thu hai lớp kính. Hình 5.4 giới thiệu đặc tuyến của một số bộ thu khác nhau như bộ thu phẳng 1, 2 lớp kính, bộ thu chọn lọc 1 lớp kính và bộ thu ống chân không.



Hình 5.4. Đặc tuyến của một số bộ thu khác nhau:

1. Bộ thu phẳng 1 lớp kính; 2. Bộ thu phẳng 2 lớp kính; 3. Bộ thu 1 lớp kính chọn lọc;
4. Bộ thu ống chân không.

Các bộ thu phẳng 1 và 2 lớp kính thường (loại 1 và 2) có hiệu suất η_k thấp. Để nâng cao hiệu suất bộ thu, người ta sử dụng lớp kính hấp thụ bức xạ chọn lọc (loại 3) có hệ số hấp thụ lên đến 97%. Nhưng nói chung, bộ thu ống thủy tinh chân không có hiệu suất cao nhất. Hiệu suất bộ thu η_k còn phụ thuộc rất

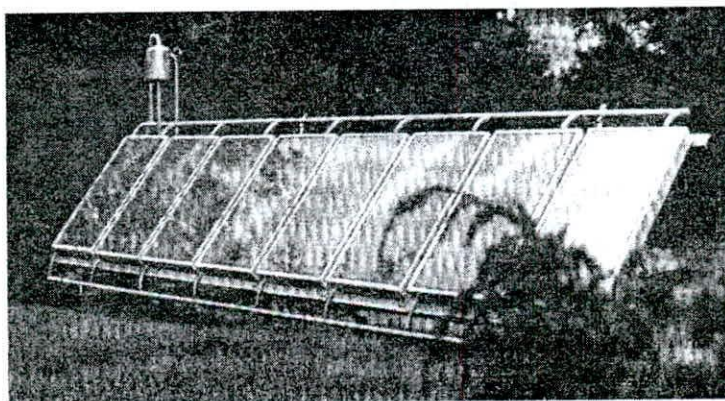
nhiều vào hiệu nhiệt độ nước vào và ra $\Delta t = t_r - t_v$. Hiệu nhiệt độ này càng cao thì hiệu suất càng giảm.

Ví dụ 5.1: Cho biết $\Delta t = t_r - t_v = 30$ K, cường độ bức xạ $I = 400$ W/m². Tính hiệu suất của bộ thu bức xạ chọn lọc và bộ thu chân không.

Giải:

Từ trục $\Delta t = 30$ K dóng ngang gặp $I = 400$ W/m², dóng thẳng lên ta được các điểm cắt với các đặc tuyến và từ các điểm này dóng ngang ta được hiệu suất của bộ thu bức xạ chọn lọc là 0,52 và của bộ thu ống chân không là 0,60.

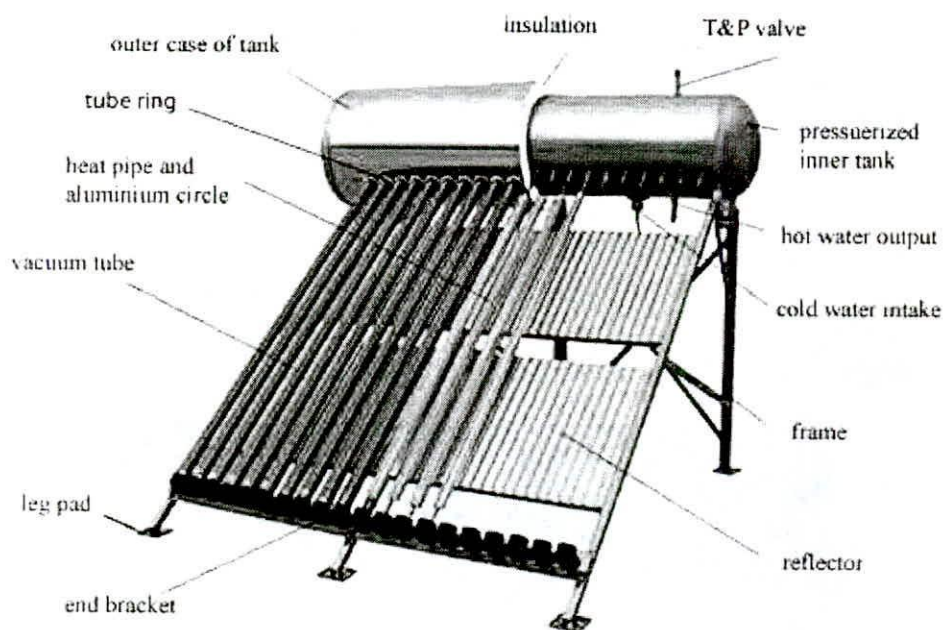
Hình 5.5 giới thiệu bộ thu tấm phẳng lắp đặt ngoài nhà.



Hình 5.5. Bộ thu BXMT tấm phẳng lắp đặt ngoài sân, vườn.

5.2.2. Bộ thu ống chân không

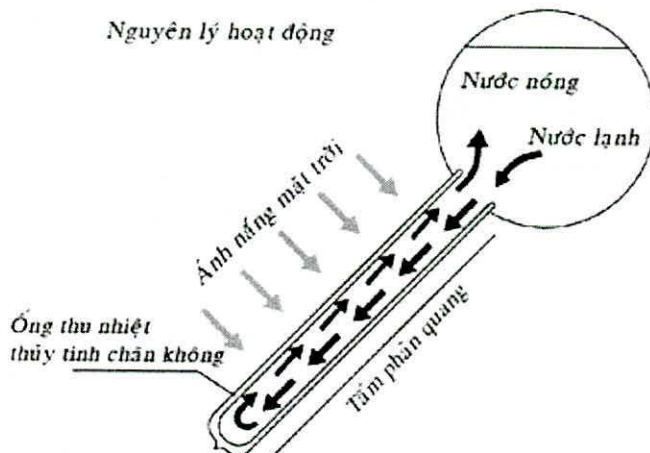
Hình 5.6 giới thiệu nguyên lý cấu tạo của bộ thu ống chân không. Bộ thu gồm chủ yếu là các ống chân không để thu BXMT và bồn chứa nước nóng. Ống chân không hiện nay có hai loại là ống chân không kiểu ống nước và ống chân không kiểu ống nhiệt. Bình nước nóng có dạng hình trụ nằm ngang có bảo ôn cách nhiệt và có bố trí các lỗ để lắp ống chân không. Các lỗ có gioăng cao su để đảm bảo kín nước. Phía dưới bình có đường ống nước lạnh vào và nước nóng ra. Đôi khi phía dưới bình còn có cửa bố trí thanh điện trở phòng khi không có nắng phải đun nước bằng điện. Phía trên bình còn có lỗ thông xả khí. Thông thường phải có bể nước để cấp nước cho bộ thu. Mực nước thấp nhất (min) của bể nước cần phải cao hơn điểm cao nhất của bồn chứa. Bộ thu còn có đệm đỡ đầu ống, khung đỡ bộ thu, chân đế, tấm phản xạ để tận dụng bức xạ lọt qua khe ống. Độ nghiêng dàn ống của bộ thu được thiết kế tùy theo phương độ Mặt Trời của vùng địa lý nơi lắp đặt để bộ thu đạt cường độ BXMT là cực đại.



Hình 5.6. Nguyên lý cấu tạo của bộ thu kiểu ống chân không.

5.2.2.1. Ống chân không kiểu ống nước

Nguyên lý hoạt động



Hình 5.7. Nguyên lý làm việc của ống chân không kiểu ống nước.

Hình 5.7 giới thiệu nguyên lý làm việc của ống chân không kiểu ống nước. Ống chân không có cấu tạo giống như vỏ phích nước nhưng có hình trụ với hai lớp vỏ thủy tinh giữa là chân không để cách nhiệt, đường kính khoảng $40 \div 60$ mm. Lớp ngoài trong suốt, lớp trong được tráng màu đen để hấp thụ tốt BXMT. Bức xạ

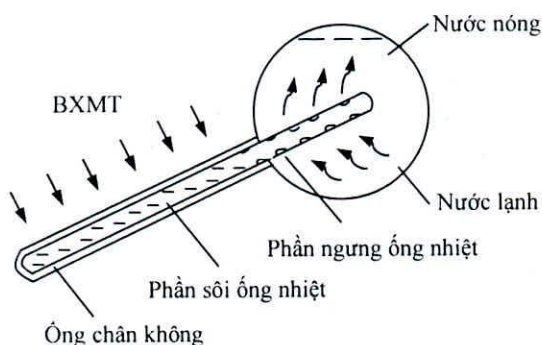
đi qua lớp vỏ ngoài và chuyển thành nhiệt năng khi gặp lớp vỏ trong để gia nhiệt cho nước. Nước nóng có mật độ nhỏ hơn nên bốc lên trên nhường chỗ cho nước lạnh đi xuống khép kín vòng đối lưu nhiệt. Các ống này được biểu diễn bằng 10 ống nghiêng bên trái của bộ thu trên hình 5.6.

Hình 5.8 giới thiệu hình ảnh bộ thu BXMT ống chân không kiểu ống nước “Thái Dương Năng” của Công ty Sơn Hà. Đây là bộ thu ống chân không rất phổ biến hiện nay trên thị trường với nhiều cỡ khác nhau từ 120 đến hàng ngàn lít sử dụng cho cả khu vực gia đình thương nghiệp và công nghiệp.



Hình 5.8. Hình ảnh bộ thu BXMT ống chân không kiểu ống nước “Thái Dương Năng” của Công ty Sơn Hà

5.2.2.2. Bộ thu ống chân không kiểu ống nhiệt



Hình 5.9. Nguyên lý cấu tạo và làm việc của ống chân không kiểu ống nhiệt.

Ống chân không kiểu ống nước có nhược điểm là nếu bị va chạm hoặc bị mưa đá, ống chân không bằng thủy tinh có thể bị vỡ, nước chảy khỏi bồn và bộ thu ngừng hoạt động. Để khắc phục nhược điểm đó người ta thiết kế ống chân không kiểu ống nhiệt. Ống nhiệt làm bằng kim loại nên không thể bị phá hủy. Ống chân không chỉ làm nhiệm vụ cách nhiệt đoạn nhận bức xạ. Dù ống chân không có bị vỡ thì bộ thu vẫn hoạt động, chỉ kém hiệu quả hơn.

Việc thay thế ống chân không cách nhiệt cũng dễ dàng hơn. Hình 5.9 giới thiệu nguyên lý cấu tạo và làm việc của ống chân không kiểu ống nhiệt. Ống nhiệt là một ống hình trụ chân không kín hai đầu, trong nạp môi chất. Phần trên của ống nhiệt được gọi là phần ngưng, phần dưới là phần sôi. Khi nhận nhiệt bức xạ, môi chất sôi ở phần sôi. Hơi môi chất bay lên trên ngưng lại ở phần ngưng để truyền nhiệt đun nóng nước. Trên hình 5.6 có giới thiệu 4 ống chân không kiểu ống nhiệt làm ví dụ.

Một số sơ đồ đun nước nóng với bộ thu BXMT được giới thiệu ở chương 7.

5.3. THIẾT BỊ TRAO ĐỔI NHIỆT ĐỂ THU NHIỆT CỦA CHẤT TẢI LẠNH LỎNG VÀ ĐƯỜNG ỐNG

5.3.1. Bình ống vò

5.3.1.1. Giới thiệu chung

Bình ống vò (còn gọi bình ống chùm) là thiết bị trao đổi nhiệt với những ưu điểm vượt trội so với các thiết bị trao đổi nhiệt khác như hiệu quả trao đổi nhiệt lớn, rất gọn nhẹ, chiếm ít diện tích lắp đặt, vận hành dễ dàng nên được sử dụng rất rộng rãi trong máy lạnh và bơm nhiệt với nhiều chức năng như bình ngưng, bình bay hơi hoặc là thiết bị trao đổi nhiệt giữa hai chất lỏng... Bảng 5.2 giới thiệu phân loại và đặc điểm bình ống vò. Bình ống vò được chia làm hai loại chính là kiểu ngập cho amoniac và freon còn kiểu khô chỉ sử dụng cho freon nhưng cũng rất đa dạng về thiết kế và kết cấu tùy theo hãng sản xuất. Bình ống vò gồm một chùm ống trao đổi nhiệt lắp trên mặt sàng, được bọc trong một vỏ ngoài hình trụ hai đầu có nắp mặt sàng bắt kín bằng bu lông. Nếu là kiểu ngập (hình 5.10a) thì môi chất ở phía ngoài ống (trong không gian giữa các ống và vỏ), và nếu là kiểu khô (hình 5.10b), môi chất đi phía trong ống trao đổi nhiệt.

Đường kính vỏ có thể từ 150 đến 1500 mm. Đường kính ống trao đổi nhiệt từ 15 đến 50 mm. Số lượng ống trao đổi nhiệt trong chùm ống có thể từ vài chục đến hàng ngàn ống. Ống trao đổi nhiệt sử dụng cho amoniac được chế tạo bằng ống trơn thép đen, sử dụng cho các loại môi chất freon được chế tạo bằng đồng có cánh phía môi chất lạnh để tăng cường truyền nhiệt phía môi chất. Đối với bình kiểu khô cánh tỏa nhiệt được tạo dọc theo phía trong ống trao đổi nhiệt. Đối với bình kiểu ngập cánh tỏa nhiệt được tạo phía ngoài ống, chiều cao cánh chỉ khoảng 1,6 mm.

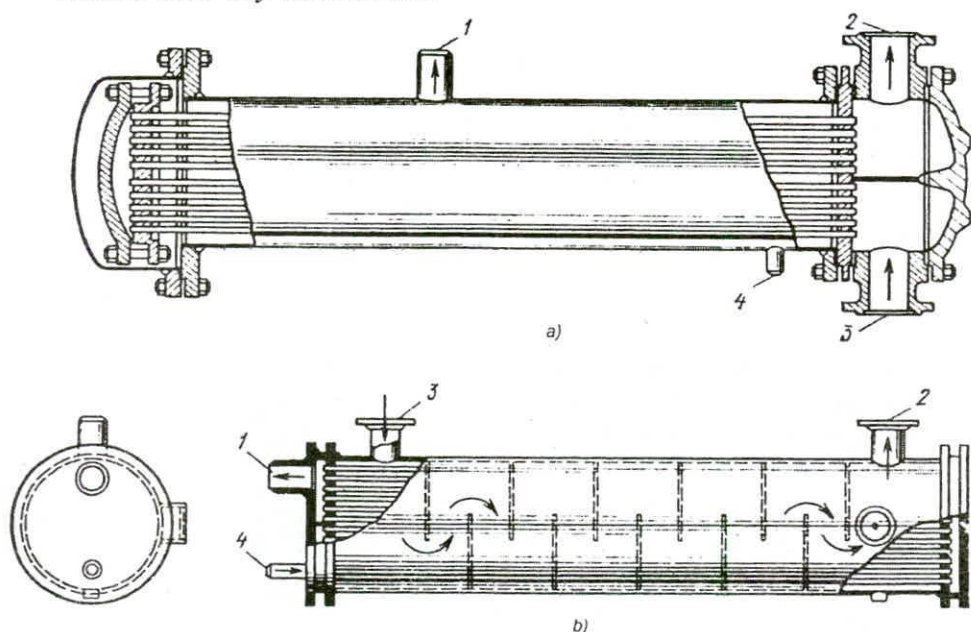
Bình bay hơi kiểu ngập thường dùng cho các chiller năng suất lạnh lớn và rất lớn từ 350 đến 20.000 kW trong khi bình bay hơi kiểu khô chỉ dùng cho các chiller có năng suất lạnh nhỏ và trung bình từ 7 đến khoảng 900 kW.

Bình ống vỏ để thu nhiệt của môi trường nước chính là bình bay hơi của bơm nhiệt và đã được đề cập đến ở chương 4. Hình 5.10 giới thiệu hai loại bình bay hơi ống vỏ sử dụng cho chiller làm lạnh nước của hãng Worthington (Mỹ). Hình 5.10a là bình ống vỏ môi chất sôi ngoài ống (trao đổi nhiệt). Ưu điểm là hiệu quả trao đổi nhiệt cao hơn, dễ dàng vệ sinh đường ống, độ quá nhiệt độ hơi hút về máy nén có thể khống chế thấp ($5 \div 10$ K) qua đó khống chế được nhiệt độ cuối tầm nén nằm trong phạm vi cho phép. Nhược điểm là lượng nạp môi chất lớn. Hình 5.10b là bình ống vỏ môi chất sôi trong ống. Loại bình này có ưu điểm là cần lượng nạp môi chất nhỏ, phù hợp với freon vì giá freon đắt.

Bảng 5.2. Phân loại và đặc điểm bình bay hơi ống vỏ

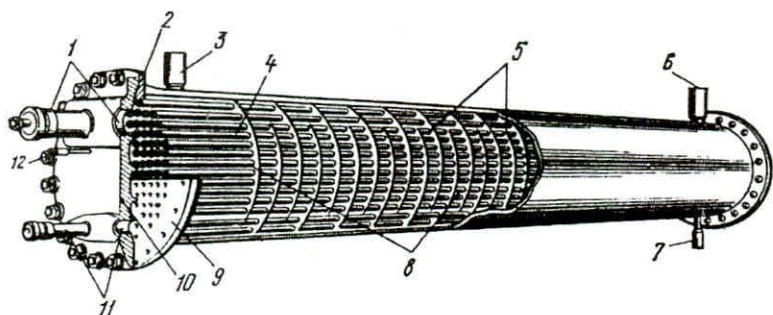
Kiểu bình	Đặc điểm	Năng suất lạnh Q_0 , kW	Môi chất	Một số đặc điểm khác
Kiểu ngập	Môi chất sôi ngoài ống	$350 \div 20000$	NH ₃ Freon	NH ₃ : Ống trao đổi nhiệt là ống thép trơn, không có cánh. Freon: Ống trao đổi nhiệt là ống đồng có cánh phía ngoài; tiết lưu bằng van phao duy trì mức lỏng. Ưu điểm: Hệ số truyền nhiệt lớn, độ quá nhiệt nhỏ. Nhược điểm: Lượng nạp lớn; khó tuần hoàn dầu về máy nén; có nguy cơ đóng băng chất tải lạnh làm vỡ ống.
Kiểu khô	Môi chất sôi trong ống	$7 \div 900$	Freon	Ống trao đổi nhiệt là ống đồng có cánh phía trong dọc theo ống; thiết bị tiết lưu là van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài. Ưu điểm: Lượng nạp nhỏ; dễ tuần hoàn dầu về máy nén; không có nguy cơ đóng băng chất tải lạnh làm vỡ ống. Nhược điểm: Hệ số truyền nhiệt nhỏ; độ quá nhiệt lớn; khó vệ sinh tẩy rửa.

5.3.1.2. Bình bay hơi kiểu khô



Hình 5.10. Bình ống vò: a) Môi chất sôi ngoài ống; b) Môi chất sôi trong ống
1 – Hơi môi chất ra để về máy nén; 2 – Nước lạnh ra; 3 – Nước lạnh vào; 4 – Dịch lỏng vào

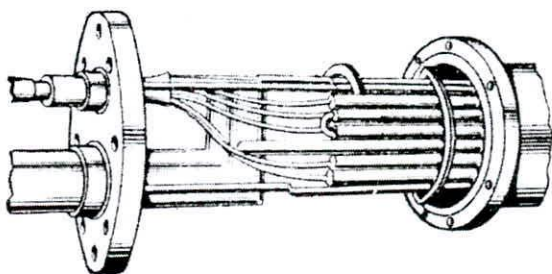
Hình 5.10 giới thiệu một bình bay hơi kiểu khô. So với kiểu ngập, bình bay hơi kiểu khô có ưu điểm là lượng nạp nhỏ, dễ tuần hoàn dầu về máy nén và không có nguy cơ đóng băng chất tải lạnh làm vỡ ống vì chất tải lạnh nằm phía ngoài ống trao đổi nhiệt. Bình kiểu khô sử dụng van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài và thường dùng đầu chia lỏng để phân phối lỏng cho các lõi ống đảm bảo tối ưu tỷ số hiệu suất nhiệt và tổn thất áp suất.



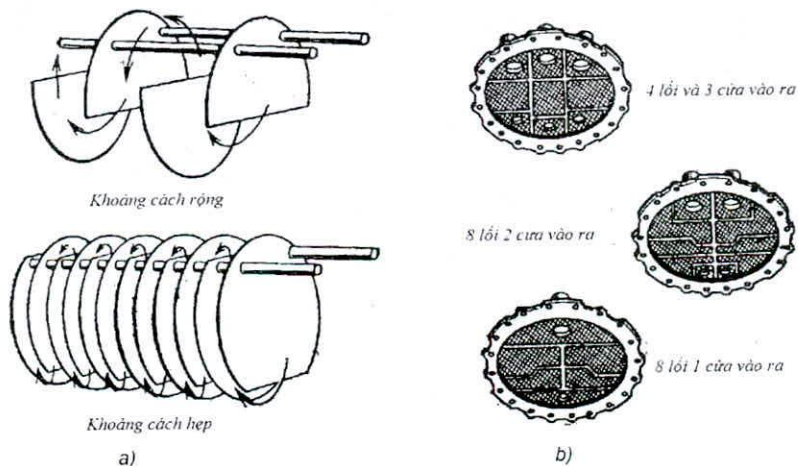
Hình 5.11. Hình cắt bình bay hơi kiểu khô:

- 1 – Hơi về máy nén; 2 – Đệm kín giữa mặt sàng và nắp; 3 – Chất tải lạnh lỏng vào;
4 – Không gian giữa các ống trao đổi nhiệt; 5 – Tấm ngăn chuyển dòng chất tải lạnh;
6 – Chất tải lạnh lỏng ra; 7 – Xà lỏng; 8 – Ống trao đổi nhiệt; 9 – Mặt sàng; 10 – Nắp;
11 – Dịch lỏng vào; 12 – Ống cân bằng.

Hình 5.12 giới thiệu một kiểu đầu chia lòng bố trí cho chùm ống bay hơi của bình bay hơi kiểu khô khi tháo tụt vỏ ngoài. Tốc độ chất tải lạnh được khống chế nhờ bố trí hợp lý khoảng cách các tấm ngăn chuyển dòng.



Hình 5.12. Một kiểu đầu chia lòng bố trí cho chùm ống bay hơi của bình bay hơi kiểu khô khi tháo dỡ vỏ ngoài.



Hình 5.13. Các tấm chuyển hướng dòng chảy cho chất tải lạnh cũng như nắp có gân để chuyển hướng dòng phía môi chất lạnh của bình bay hơi kiểu khô: a) Tấm chuyển hướng chất tải lạnh, trên: khoảng rộng, dưới: khoảng hẹp; b) Nắp chuyển hướng phía môi chất, trên: bốn lỗ với ba đường vào, giữa: tám lỗ với hai đường vào, dưới: sáu lỗ với một đường vào.

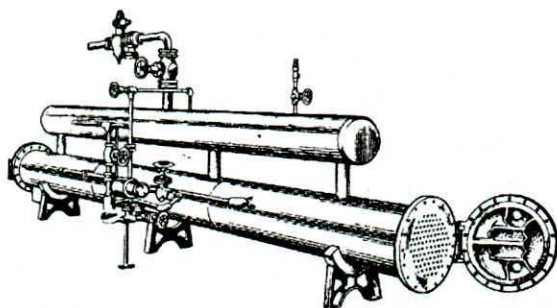
Hình 5.13 giới thiệu các tấm chuyển hướng dòng chảy cho chất tải lạnh cũng như nắp có gân để chuyển hướng dòng phía môi chất lạnh của bình bay hơi kiểu khô. Khi lưu lượng chất tải lạnh lớn, độ nhớt cao thì các tấm ngăn có chiều cao nhỏ và có khoảng cách bố trí xa nhau để giảm bớt tốc độ và tổn thất áp suất của bình. Ngược lại khi lưu lượng chất tải lạnh nhỏ, độ nhớt thấp thì các tấm ngăn có chiều cao lớn và có khoảng cách gần nhau để tăng tốc độ nhằm tăng hiệu quả trao đổi nhiệt (hình 5.13a). Cũng tương tự như vậy, chiều dài và số lỗ phía môi chất lạnh cần thiết để duy trì tốc độ môi chất lạnh hợp lý đi qua ống trao đổi nhiệt phụ thuộc vào năng suất lạnh của bình và quan hệ giữa lưu lượng và hiệu nhiệt độ logarit. Như vậy, để đảm bảo vận hành tối ưu, bình bay hơi ống vỏ kiểu khô cần được tính toán thiết kế cụ thể đối với từng trường hợp

ứng dụng cụ thể. Khi phải chọn một bình bay hơi có sẵn, ngoài năng suất lạnh yêu cầu, cần phải tính toán kiểm tra các thông số kỹ thuật khác như tốc độ dòng chảy môi chất lạnh, chất tải lạnh... về mức độ phù hợp.

Các loại bình kiểu khô, chất tải lạnh đi phía ngoài ống nên dễ bị bẩn nên thường là loại vỏ rời (có thể tháo vỏ ra khỏi chùm ống trao đổi nhiệt như hình 5.12 giới thiệu) để có thể tiếp cận chùm ống, dễ dàng vệ sinh hoặc thay thế ống. Để có thể tháo vỏ, có thể thiết kế theo hai cách là sử dụng ống trao đổi nhiệt hình chữ U (xem chương 6 [19]) hoặc dùng nắp phụ ở bên trong tương tự hình 5.10a. Tuy nhiên cũng có những bình chế tạo theo kiểu vỏ liền (không thể tháo vỏ ra khỏi chùm ống trao đổi nhiệt như hình 5.10b và 5.11 giới thiệu), chỉ có hai mặt sàng liền với vỏ và ống được hàn trực tiếp lên mặt sàng. Phương pháp vệ sinh duy nhất phía chất tải lạnh cho loại bình này là hóa chất vì không thể vệ sinh theo kiểu cơ khí.

5.3.1.3. Bình bay hơi kiểu ngập

Đối với bình bay hơi kiểu ngập (hình 5.14), môi chất sôi trong không gian giữa các ống còn chất tải lạnh đi phía trong ống trao đổi nhiệt. Về nguyên tắc, để đảm bảo tốc độ tối ưu của chất tải lạnh, tùy theo số lượng ống người ta có thể thiết kế bình bay hơi một hay nhiều lối cho chất tải lạnh. Bình một lối khi số lượng ống nhỏ, chất tải lạnh chỉ đi theo một hướng, vào ở một nắp và ra ở nắp kia. Bình hai lối, khi có số lượng ống lớn hơn, chất tải lạnh đi theo cả hai hướng, vào và ra trên cùng một nắp (hình 5.10a), nắp còn lại làm nhiệm vụ chuyển hướng cho chất tải lạnh. Đối với các bình lớn, để đảm bảo tốc độ chất tải lạnh có thể thiết kế ba, bốn hoặc nhiều lối bằng cách chia dòng trên nắp bình. Hình 5.14 giới thiệu hình ảnh một bình bay hơi kiểu ngập có bình tách lỏng nằm ngang với nắp chia lối chất tải lạnh, chất tải lạnh vào ra trên cùng một nắp. Với số lối là chẵn (2, 4, 6, ...) chất tải lạnh vào và ra trên cùng một nắp, còn với số lối là lẻ chất tải lạnh vào trên một nắp và ra trên nắp kia.



Hình 5.14. Hình ảnh một bình bay hơi kiểu ngập có bình tách lỏng nằm ngang với nắp chia lối chất tải lạnh

Các loại bình kiểu ngập thường là loại vỏ liền vì không gian giữa các ống là môi chất lạnh sôi, ít có nhu cầu vệ sinh. Tuy nhiên cũng có những bình kiểu ngập có vỏ rời như biểu diễn trên hình 5.10a. Ngoài nắp chính phía ngoài còn có nắp phụ phía trong. Khi tháo nắp ngoài có thể kiểm tra được các ống trao đổi nhiệt.

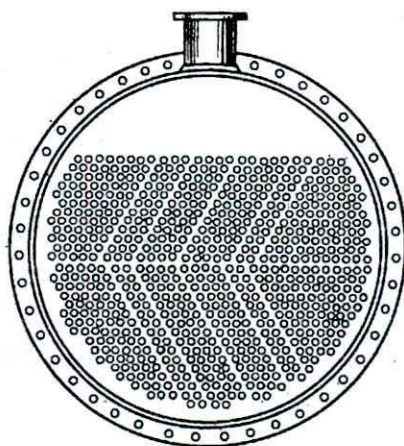
Về nguyên tắc, chỉ hơi khô mới được phép về ống hút máy nén. Nếu hơi ẩm (có lẫn lỏng) lọt vào đường hút có thể gây va đập thủy lực cho máy nén. Để tránh tốc độ hơi quá cao phía trên bình trong trường hợp tải lạnh lớn và đột ngột, dẫn tới việc lỏng bị cuốn về đường hút có thể có các giải pháp sau:

- Bố trí bình tách lỏng nằm ngang (hình 5.14);
- Bố trí một hoặc hai hoặc nhiều đôm hơi (đôm là ống tách lỏng đứng có đường kính và chiều cao đủ lớn ngay trên bình bay hơi – xem chương 6 [19]);
- Bố trí khoảng không để thoát hơi (không có ống trao đổi nhiệt) hợp lý phía trên bình (xem hình 5.15). Như vậy, môi chất lạnh lỏng chỉ ngập khoảng 0,7 đến 0,8 chiều cao của bình.

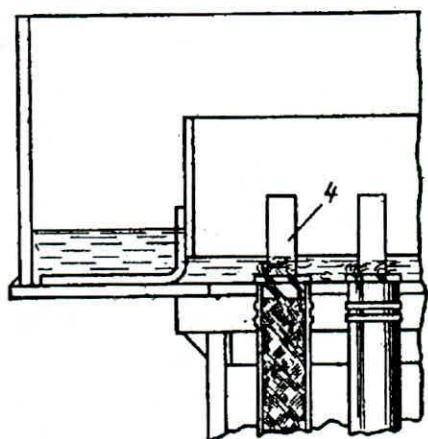
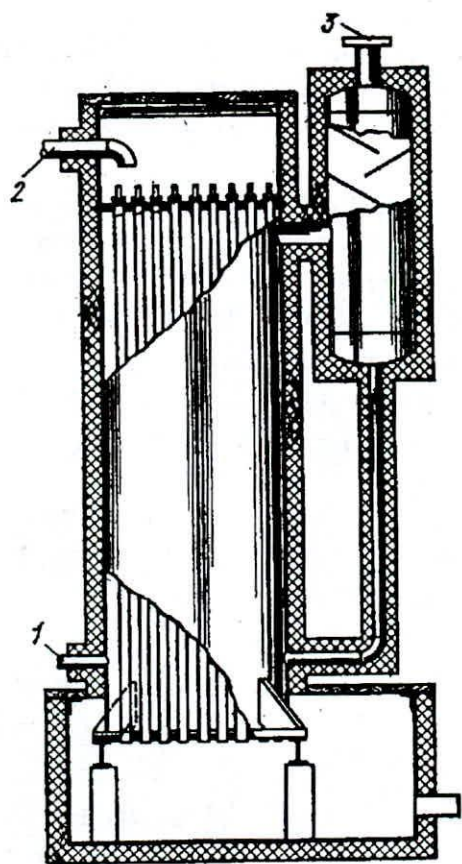
Quá lạnh lỏng trước van tiết lưu cũng là một biện pháp vừa để nâng cao hiệu quả làm lạnh vừa tránh được nguy cơ lỏng bị cuốn về đường hút do phân ga bốc bay sau tiết lưu giảm. Quá lạnh lỏng càng sâu, hiệu quả làm lạnh đạt được càng cao.

Để tiết kiệm diện tích lắp đặt, trong một vài ứng dụng cụ

thể người ta sử dụng bình bay hơi ống vỏ kiểu đứng. Hình 5.16 giới thiệu một bình bay hơi ống vỏ kiểu đứng. Bình tách lỏng đặt đứng, phía trên là hơi bão hòa về máy nén còn phía dưới là đường dẫn lỏng quay trở lại bình bốc hơi. Nước được dẫn vào từ phía trên theo ống 2. Phía trên mỗi ống trao đổi nhiệt có bố trí một hộp xoáy phân phối nước 4. Ngoài nhiệm vụ phân phối đều nước cho các ống, hộp xoáy có nhiệm vụ khác là tạo một màng nước chảy xoáy trên bề mặt trong của ống từ trên xuống dưới để tăng cường trao đổi nhiệt. Ưu điểm cơ bản của bình bốc hơi ống chùm đứng là hiệu suất trao đổi nhiệt cao và chất lượng nguồn nước không cần cao, có thể sử dụng nước mặt, ao hồ, sông suối, thậm chí cả nước thải sinh hoạt hoặc công nghiệp.



Hình 5.15. Bình bay hơi với khoảng không phía trên để tránh lỏng bị cuốn theo về đường hút gây va đập thủy lực máy nén



Hình 5.16. Bình bay hơi ống vỏ kiểu đứng:
 1 – Môi chất lạnh vào; 2 – Nước vào; 3 – Bình tách lỏng; 4 – Hộp xoáy

5.3.1.4. Tính chọn bình bay hơi ống vò

Việc tính chọn bình bay hơi ống vò ngày nay thường được lập trình và thực hiện nhờ máy tính. Tuy nhiên, phần lớn các bơm nhiệt tự chế phải sử dụng các thiết bị có sẵn. Trường hợp bình bay hơi cũng vậy. Như vậy khi chọn một bình bay hơi có sẵn cho thiết kế của mình cần phải tính toán kiểm tra những thông số kỹ thuật nào?

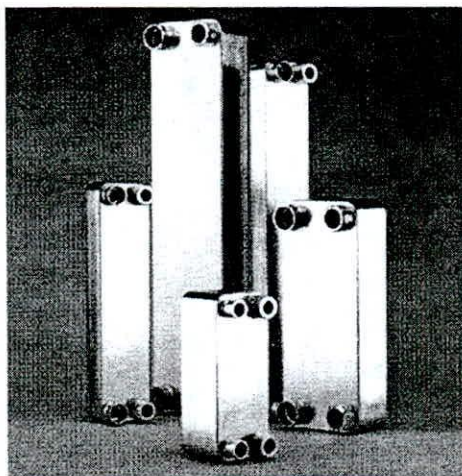
Các thông số cần kiểm tra là:

- Năng suất lạnh của bình bay hơi thông qua diện tích trao đổi nhiệt có đủ hay không;
- Tốc độ hơi hút và tốc độ lỏng môi chất có đảm bảo không;
- Tốc độ chất tải lạnh (nước hoặc nước muối...) có nằm trong phạm vi cho phép hay không.

Chi tiết hơn có thể tham khảo cuốn “Bài tập Tính toán Kỹ thuật lạnh”. Việc tính chọn bình bay hơi đã được giới thiệu khá chi tiết ở tài liệu này, ở đây không trình bày.

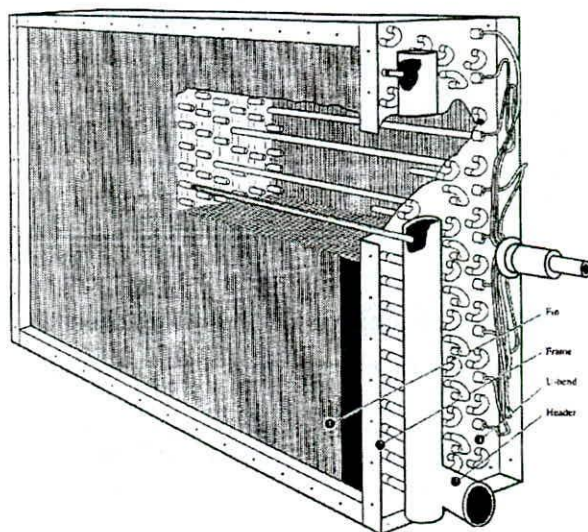
5.3.2. Dàn bốc hơi tấm bản thu nhiệt từ nguồn nước

Dàn bốc hơi tấm bản thu nhiệt từ nguồn nước chính là thiết bị trao đổi nhiệt tấm bản đã được đề cập đến ở chương 4. Nó có thể được ứng dụng làm dàn bốc hơi làm lạnh nước, dàn ngưng giải nhiệt nước hoặc thiết bị quá lạnh, quá nhiệt... Hình 5.17 giới thiệu hình ảnh một số dàn trao đổi nhiệt tấm bản dùng trong bơm nhiệt của hãng SSWEP (Thụy Điển).



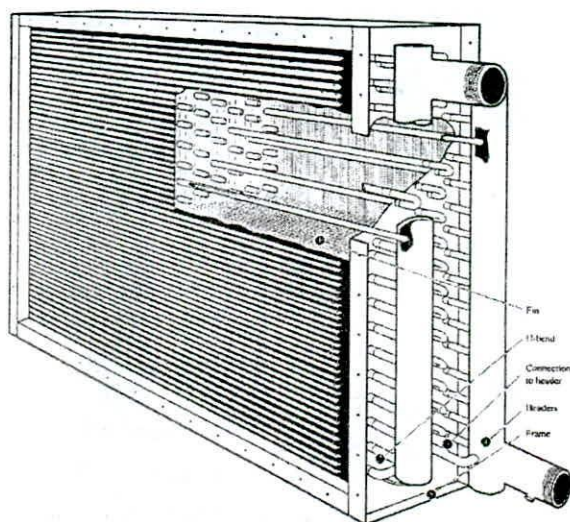
Hình 5.17. Một số dàn trao đổi nhiệt tấm bản dùng trong bơm nhiệt của hãng SSWEP (Thụy Điển)

5.4. DÀN BỐC HƠI, DÀN NƯỚC LẠNH



Hình 5.18. Cấu tạo của một dàn bốc hơi có đầu chia lòng

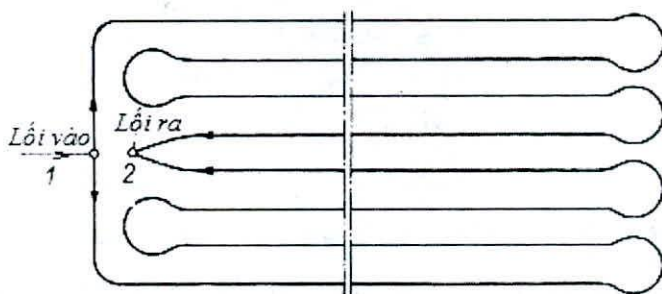
Hình 5.18 giới thiệu cấu tạo của một dàn bốc hơi có đầu chia lòng. Hình 5.19 giới thiệu một dàn lạnh (hoặc sưởi) bằng nước AHU/FCU. Qua 2 hình trên ta thấy được sự khác nhau giữa dàn bốc hơi và dàn nước. Dàn bốc hơi có 2 ống góp chỉ có một ống góp ra. Lối vào có đầu chia lòng để chia đều lòng sau van tiết lưu cho các lối ống. Dàn nước một để phân phối nước và một để thu nước nhằm giảm tổn thất áp suất đến mức thấp nhất.



Hình 5.19. Cấu tạo của một dàn nước (AHU/FCU)

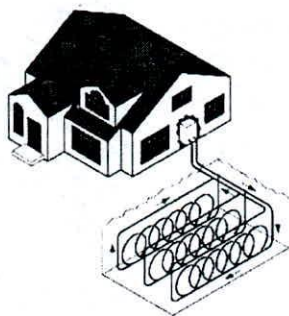
5.5. DÀN TRAO ĐỔI NHIỆT ĐẶT DƯỚI ĐẤT

Dàn trao đổi nhiệt đặt dưới đất viết tắt theo tên tiếng Anh là GHX (Ground Heat Exchanger) chia ra 2 loại là nằm ngang và thẳng đứng. Nước tuần hoàn trong vòng tuần hoàn kín, nhận nhiệt của nền đất tải đến bơm nhiệt trong mùa đông và nhận nhiệt ngưng tụ trong mùa hè để thải vào lòng đất.



Hình 5.20. Một phương pháp bố trí ống trao đổi nhiệt nằm ngang dưới đất

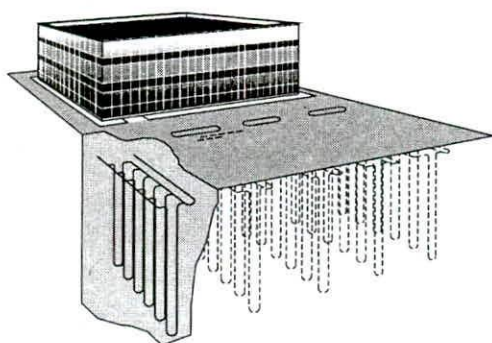
Hình 5.20 giới thiệu một phương pháp bố trí ống trao đổi nhiệt nằm ngang dưới đất. Loại nằm ngang có ưu điểm là thi công dễ dàng, chi phí lắp đặt đường ống thấp, thích hợp với những bơm nhiệt gia dụng. Ống cần đặt ở các rãnh sâu ít nhất là 1,2 m. Nói chung nên sử dụng hệ thống 2 đường ống, trong đó một ống chôn ở độ sâu 1,8 m và ống kia ở độ sâu 1,2 m. Nếu đặt 2 ống cùng độ sâu thì các ống phải cách nhau ít nhất 0,6 m. Hình 5.21 giới thiệu phối cảnh một kiểu ống nằm ngang dạng xoắn. Nước từ bơm nhiệt ra được phân phối đều qua 3 ống xoắn, rồi trở lại bơm nhiệt. Diện tích đất yêu cầu $30 \div 60 \text{ m}^2/1 \text{ kW}$ lạnh.



Hình 5.21. Phối cảnh một kiểu ống nằm ngang nhưng có dạng xoắn

Hệ thống ống đứng yêu cầu kinh phí lắp đặt lớn hơn nhưng có ưu điểm là mật độ dòng nhiệt lớn hơn, hiệu quả nhiệt cao hơn, thích hợp với các tòa nhà cao tầng, công trình lớn nhưng thiếu diện tích mặt bằng và nhiệt độ nguồn cũng ổn định hơn, hầu như không bị nhiệt độ môi trường tác động như đối với kiểu nằm ngang. Hình 5.22 giới thiệu phối cảnh một hệ thống ống đứng. Hệ thống

ống đứng còn có ưu điểm là thích hợp cho các công trình lớn nơi mà đá gốc nằm gần mặt đất. Diện tích đất yêu cầu $3 \div 9 \text{ m}^2/\text{kW}$ lạnh.

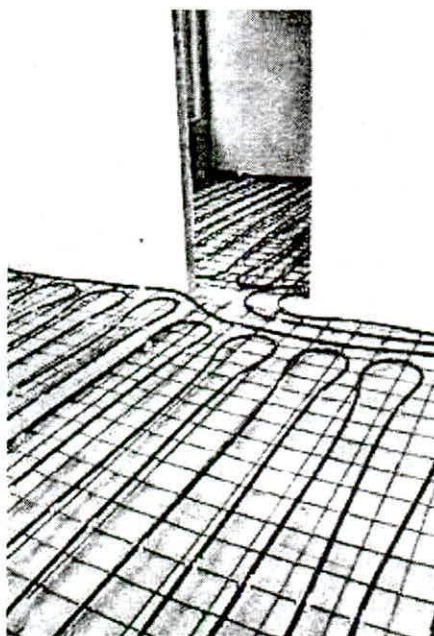


Hình 5.22. Phối cảnh một hệ thống ống đứng thu nhiệt từ nền đất

Các lỗ khoan được khoan bằng máy có độ sâu từ 45 đến 150m. Một hoặc hai ống trao đổi nhiệt hình chữ U được bố trí vào trong lỗ khoan. Sau khi ống được đưa vào, các lỗ được lấp lại và bơm vữa. Vữa ngăn ngừa nước mặt từ hệ thống thoát nước xâm nhập vào lỗ khoan và nước ngầm, và cũng ngăn không cho nước rò rỉ giữa các lỗ khoan lân cận. Sau khi san lấp, các đường ống thẳng đứng chữ U được kết nối với ống góp và phân phối ngầm nằm ngang.

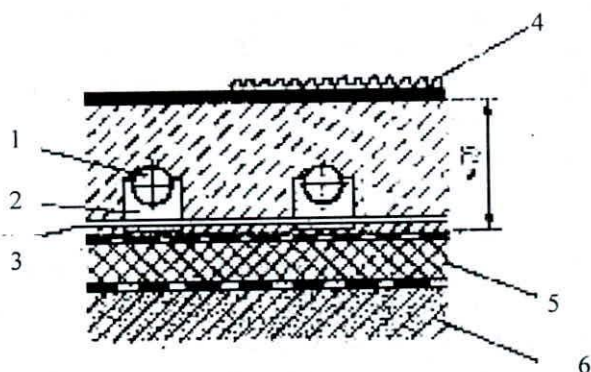
5.6. DÀN ỐNG SƯỜI NỀN

Hình 5.23 giới thiệu hình ảnh lắp đặt một dàn ống sườn nền. Ống sườn thường là loại ống nhựa PP (polypropylen) hoặc các loại nhựa khác nhau, đường kính 12 mm $\times$ 2 mm đến 20 mm $\times$ 2,2 mm. Ống được bố trí trên các giá đỡ bằng nhựa hoặc sắt, và được cố định lên khung lưới sắt rồi được phủ một lớp bê tông hoặc vữa dày khoảng 70 mm. Kết cấu cần đảm bảo sự dẫn nore nhiệt khi nhiệt độ thay đổi, dự tính với nhiệt độ nước bên trong ống cao nhất khoảng 45 °C, mật độ dòng nhiệt khoảng 75 W/m².



Hình 5.23. Hình ảnh lắp đặt một dàn ống sườn nền

Hình 5.24 giới thiệu mặt cắt ngang nền có bố trí sưởi nền.



Hình 5.24. Mặt cắt ngang nền có bố trí sưởi nền: 1 – Ống trao đổi nhiệt; 2 – Giá đỡ; 3 – Khung lưới sắt; 4 – Thảm trải nền; 5 – Lớp cách nhiệt; 6 – Mặt sàn thô

Bảng 5.3 giới thiệu nhiệt độ tối đa nền để đảm bảo tiện nghi nhiệt, không gây nóng chân và khó chịu cho người sử dụng.

Bảng 5.3. Nhiệt độ tối đa nền để đảm bảo tiện nghi nhiệt

TT	Loại phòng	Nhiệt độ nền tối đa cho phép, °C
1	Phòng làm việc (phải đứng nhiều)	25 (÷ 28)
2	Phòng ở, văn phòng	25 ÷ 28
3	Hành lang, phòng giải lao	26 ÷ 30
4	Phòng tắm, bể bơi	30 ÷ 32
5	Các phòng ít người qua lại	29 ÷ (35)

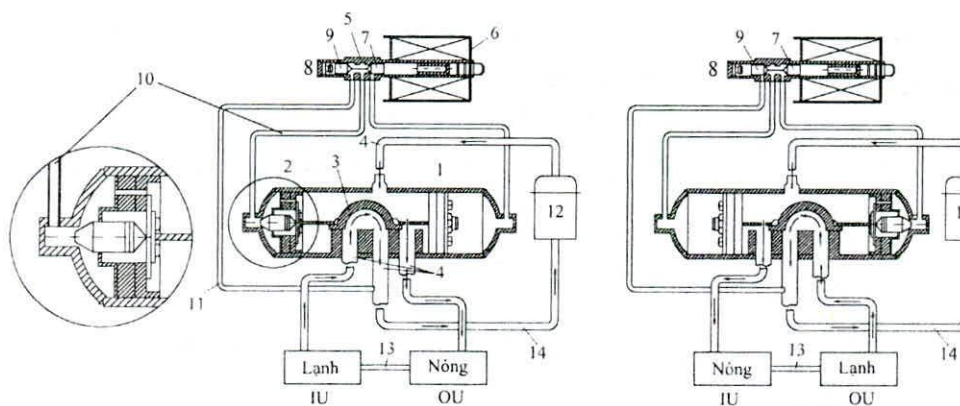
5.7. MỘT SỐ THIẾT BỊ PHỤ CỦA BƠM NHIỆT

5.7.1. Van đảo chiều của Ranco

Hình 5.25 giới thiệu nguyên lý cấu tạo và làm việc của van đảo chiều hãng Ranco (Mỹ).

Thân van là một ống hình trụ, phía trên có một cửa cho hơi nén từ máy nén vào. Phía dưới có 3 cửa, cửa giữa cho hơi hút về máy nén, cửa trái nối với dàn trong nhà IU, cửa phải nối với dàn ngoài nhà OU. Để có thể đảo chiều dòng chảy, người ta bố trí một nắp trượt. Khi nắp trượt hết cỡ sang trái, hơi nóng ra từ máy nén được lái vào dàn ngoài nhà OU để thực hiện làm lạnh trong phòng. Khi nắp trượt hết cỡ sang phải, hơi nóng được lái vào dàn trong

nhà để thực hiện sưởi ấm. Để có thể di chuyển được nắp trượt, nắp được cố định lên hai pittông ở hai đầu. Để có thể dịch chuyển được pittông, phải tạo chênh lệch áp suất thấp ở hai đầu pittông. Để điều khiển van và thiết lập chênh lệch áp suất người ta làm như sau. Bố trí van điện từ 3 ngả cho van đảo chiều. Ngả giữa nối với đường hút, ngả trái và phải nối với 2 đầu của thân van. Khi van đóng ngả bên phải, đường hút sẽ thông với đầu trái và đầu trái có áp suất hút. Trên thân pittông có khoan một lỗ rất nhỏ thông hai bên nên đầu phải dần dần có áp suất ngưng tụ. Do có lỗ thông trên thân pittông nên vẫn có một lượng hơi nóng đi vào khoang đầu trái của pittông nhưng vì lưu lượng rất nhỏ, nên bị hút ngay về đường hút và áp suất không bị tăng lên. Pittông từ từ dịch chuyển về phía trái, chế độ làm lạnh được thiết lập. Khi sưởi ấm, phải tiếp điện cho van điện từ. Ngả trái sẽ đóng và ngả phải mở ra thông với đầu hút. Chênh lệch áp suất được thiết lập, pittông từ từ chuyển động về phía phải và chế độ sưởi ấm được thiết lập.



Hình 5.25. Nguyên lý cấu tạo và làm việc của van đảo chiều của hãng Ranco

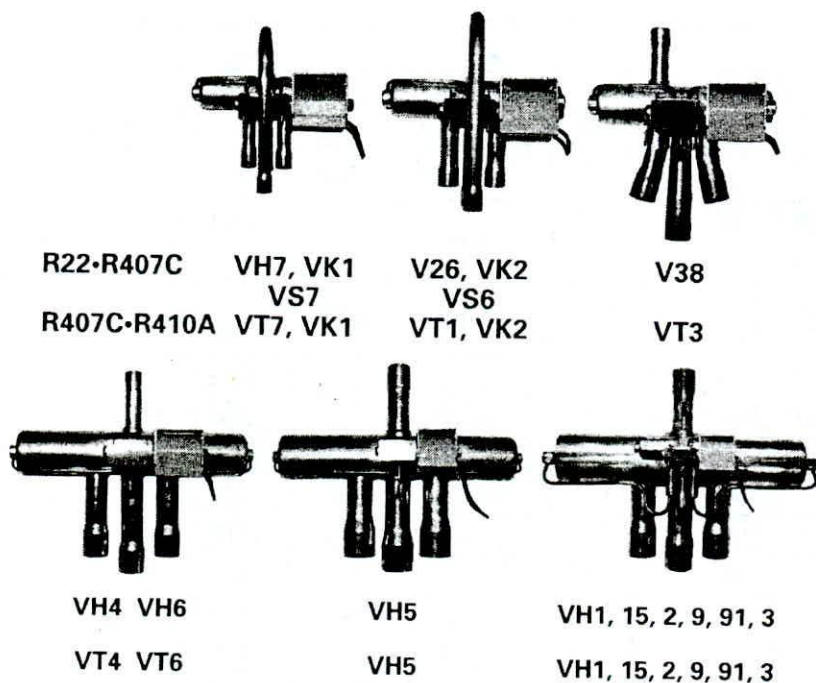
1 – Thân van hình trụ; 2 – Pittông; 3 – Nắp van (cơ cấu chuyển dòng chảy); 4 – Đường ống dẫn; 5 – Van điện từ; 6 – Lỗ sắt; 7 – Kim van phải; 8 – Lò xo; 9 – Kim van trái; 10 – Ống nối tín hiệu điều khiển; 11 – Đường nối với ống hút; 12 – Máy nén; 13 – Ống mao; 14 – Ống hút; IU – Dàn trong nhà; OU – Dàn ngoài nhà.

Hình 5.25 giới thiệu hình ảnh một số van đảo chiều của Ranco.

Bảng 5.4 giới thiệu thông số kỹ thuật của các loại van đảo chiều Ranco. Năng suất lạnh sử dụng cho các môi chất lạnh khác nhau có thể khác nhau chút ít. Dải năng suất lạnh cho R22 có phạm vi từ $1,23 \div 580$ kW. Ống nối có thể là kiểu hàn cho đường kính nhỏ nhưng cũng có thể là kiểu nối bích đối với các van lớn. Đường kính ống nối từ 8 mm đến 41 mm. Rò rỉ môi chất qua đế van có thể từ 1 lít/ph đến 60 lít/ph và khối lượng của van từ 235 gam đến 82 kg. Nhiệt độ làm việc cao nhất của van là 120 °C.

Bảng 5.4. Thông số kỹ thuật của các loại van đảo chiều Ranco

Kiểu	Năng suất lạnh			HP R22	Cỡ ống	Ống nối		Rò rỉ ở đế van L/ph	Khối lượng	Cỡ quạt dây
		R22 kW	407C kW			Đẩy	Hút			
VH71000B	Max	4.92	4.92	3/4~1.5	φ 8.0	φ 8.0	φ 9.52 3/8"	1	235g	LB6
VH7100D	Min	1.23	1.23							LB7
VK1100B	Max	4.92	4.92	3/4~1.5	φ 8.0	φ 8.0	φ 9.52 3/8"	1	235g	LB8
	Min	1.23	1.23							
VS7100D	Max	4.92	4.92	3/4~1.5	φ 8.0	φ 8.0	φ 9.52 3/8"	1	165g	LD2
VS7101D	Min	1.23	1.23							
V26110B	Max	7.03	7.39	3/4~2.0	φ 11.1	φ 9.52 3/8"	φ 12.7 1/2"	2 (1.5)	360g	LB6
	Min	1.76	1.76							LB7
V26110D	Max	9.85	10.2	2.0~2.8	φ 11.1	φ 9.52 3/8"	φ 12.7 1/2"	2 (1.5)	360g	LB6
	Min	2.64	2.64							LB7
VK2100B	Max	7.03	7.39	3/4~2.0	φ 11.1	φ 9.52 3/8"	φ 12.7 1/2"	2 (1.5)	360g	LB8
	Min	1.76	1.76							
VS6100B	Max	7.03	7.39	3/4~2.0	φ 11.1	φ 9.52 3/8"	φ 12.7 1/2"	2 (1.5)	255g	LD2
VS6101B	Min	1.76	1.76							
V38110B	Max	12.7	13.0	2.0~4.0	φ 11.1	φ 12.7 1/2"	φ 15.88 5/8"	2	375g	LB6
V38110C	Min	2.64	2.64							LB7
VH40100	Max	21.1	21.8	2.0~6.0	φ 15.5	φ 12.7 1/2"	φ 19.05 3/4"	4	790g	LB6
VH4100F	Min	3.52	3.52							LB7
VH60100	Max	42.2	43.6	3.0~12	φ 19.9	φ 19.05 3/4"	φ 22.23 7/8"	6	1.25kg	LB6
VH6100F	Min	10.6	10.6							LB7
VH61100	Max	42.2	43.6	3.0~12	φ 19.9	φ 22.23 7/8"	φ 28.58 1 1/8"	6	1.26kg	LB6
VH61110	Min	10.6	10.6							LB7
VH5110D	Max	52.8	54.5	4.5~15	φ 23	φ 22.23 7/8"	φ 28.58 1 1/8"	6	1.35kg	LB6
	Min	15.8	15.8							LB7
VH10110	Max	70.3	72.5	5.0~20	φ 26	φ 25.4 1"	φ 31.75 1 1/4"	10	3.9kg 3.4kg	LB6
VH1310A	Min	17.6	17.6							LB7
VH10112	Max	70.3	72.5	5.0~20	φ 26	φ 28.58 1 1/8"	φ 34.93 1 3/8"	10	3.9kg 3.4kg	LB6
VH1312A	Min	17.6	17.6							LB7
VH15100	Max	106	109	7.5~30	φ 34.5	φ 31.75 1 1/4"	φ 38.1 1 1/2"	10	3.3kg	LB6
VH15101	Min	26.4	26.4							LB7
VH20311	Max	141	145	12~40	φ 41	φ 38.1 1 1/2"	φ 44.45 1 3/4"	15	7.5kg	LB6
	Min	42.1	42.2							LB7



Hình 5.26. Hình ảnh một số van đảo chiều của Ranco

5.7.2. Đầu cảm biến, van một chiều, van điện từ và mô tơ

Hình 5.27 giới thiệu hình ảnh các loại đầu cảm biến, van một chiều, van điện từ và mô tơ cũng của hãng Ranco sử dụng trong bơm nhiệt.

Controls sold by Ranco Japan Ltd. Tokyo are as follows:

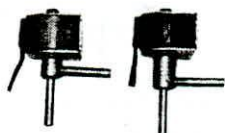
- **Sensors**



- **Check Valves**



- **Solonoid Valves**



- **Motors**



Hình 5.27. Hình ảnh các loại đầu cảm biến, van một chiều, van điện từ và mô tơ của hãng Ranco

5.8. TÍCH NHIỆT

5.8.1. Yêu cầu và nhiệm vụ

Thiết bị tích nhiệt thuộc về thiết bị ngoại vi của bơm nhiệt. Thiết bị tích nhiệt được ứng dụng trong những điều kiện kinh tế kỹ thuật sau:

- Sản xuất và tiêu thụ nhiệt không trùng nhau về mặt thời gian;
- Đáp ứng tải đỉnh trong một thời gian ngắn, ví dụ nước nóng tắm rửa cho công nhân sau giờ tan ca, nước nóng công nghệ cấp theo mẻ sản xuất; chất tải lạnh để làm lạnh dịch bia theo mẻ.
- Đơn giản hóa khâu điều khiển (điều khiển on – off);
- Tận dụng giá điện rẻ khi chạy bơm nhiệt vào ban đêm;
- Phải ngừng máy vào giờ cao điểm;
- Sản lượng được công suất theo thời gian, qua đó giảm được công suất lắp đặt.

Tích lạnh TES (Cool Thermal Energy Storage) ngày nay được xem là biện pháp cơ bản để cân bằng tiêu thụ điện năng giữa ngày và đêm. Tích lạnh bằng nước lạnh, nước đá hoặc các dung dịch biến đổi pha phù hợp. Ban đêm khi điện năng dư thừa, các chiller làm lạnh nước hoạt động để tích lạnh vào các bình, bể tích lạnh. Ban ngày, các chiller nghỉ, bơm nước hoạt động để đưa chất tải lạnh đi làm lạnh phòng.

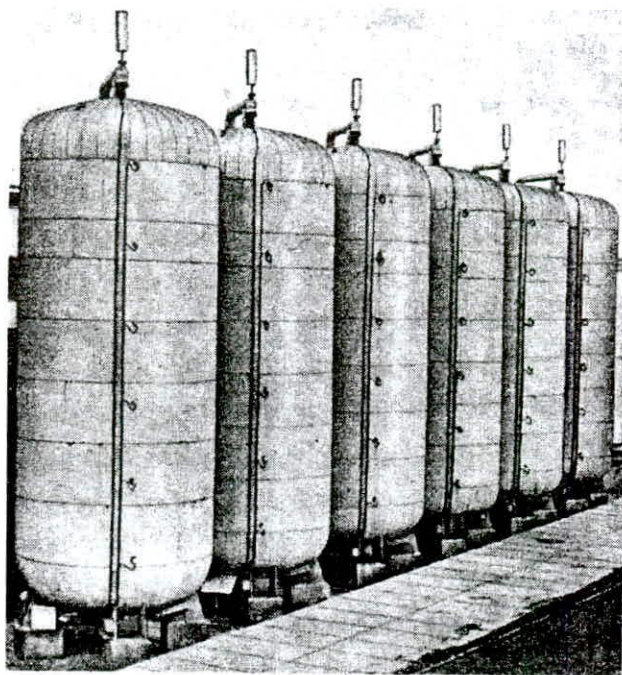
Ngoài ưu điểm là có thể cân bằng tiêu thụ điện năng ngày và đêm, hệ thống tích lạnh còn có ưu điểm khác là có hiệu quả năng lượng cao hơn do nhiệt độ ban đêm thấp hơn ban ngày (đôi khi đến $9 \div 10\text{ }^{\circ}\text{C}$), chiller làm việc hiệu quả hơn. Do chiller làm việc hiệu quả hơn nên công suất máy yêu cầu nhỏ hơn. Công suất yêu cầu nhỏ hơn thì vốn đầu tư cũng nhỏ hơn. Tuổi thọ, độ tin cậy cao và chi phí bảo dưỡng, sửa chữa lại nhỏ hơn.

5.8.2. Tích nhiệt bằng chất tải nhiệt không biến đổi pha

Khi tích nhiệt bằng chất tải nhiệt không biến đổi pha, người ta chỉ có thể ứng dụng được nhiệt dung riêng của chất lỏng hoặc chất rắn. Chất tích nhiệt rắn thường là đá, tuy nhiên ít khi được sử dụng vì nhiệt dung riêng nhỏ và khó vận chuyển từ nơi sản xuất nhiệt đến nơi tiêu thụ nhiệt. Đá chỉ được sử dụng trong một số trường hợp đặc biệt. Nhiệt dung riêng của đá chỉ bằng một nửa của nước. Chất tích nhiệt lỏng thông dụng nhất là nước vì nước sẵn có ở mọi nơi, giá thành rất thấp, không độc hại, không ăn mòn và không làm han gỉ thiết bị, không ảnh hưởng đến môi trường, nhiệt dung riêng tương đối cao

là $4,186 \text{ kJ}/(\text{kg.K})$, nếu tính theo thể tích là $4,186 \text{ MJ}/(\text{m}^3\text{K})$. Khí tích lạnh có thể sử dụng nước muối NaCl hoặc CaCl_2 hoặc các dung dịch của nước với các chất hữu cơ như cồn, glycol.

Nước nóng hoặc lạnh được tích vào các bồn chứa cách nhiệt để đáp ứng tải đỉnh trong những thời gian ngắn giới hạn trong một ngày đêm. Việc tích nhiệt dài hạn chưa thể đặt ra vì tổn thất nhiệt lớn và yêu cầu cách nhiệt cao. Bồn chứa thường có dạng hình trụ đứng hoặc nằm ngang cách nhiệt bằng polyurethane thiết kế mới hoặc được chế tạo sẵn với các dung tích khác nhau từ $0,5 \text{ m}^3$ đến hàng trăm mét khối. Bồn đứng có ưu điểm là diện tích lắp đặt nhỏ nhưng áp suất tĩnh cao hơn. Hình 5.28 giới thiệu các bồn tích nhiệt đứng của nhà máy Liên hợp Lạnh và ĐHKK ở Dresden CHLB Đức.



Hình 5.28. Bồn tích nhiệt đứng của nhà máy Liên hợp Lạnh và ĐHKK ở Dresden CHLB, dung tích mỗi bình 52 m^3 .

Các bồn có đường kính 3 m , cao 8 m , dung tích mỗi bình 52 m^3 , cách nhiệt bằng polyurethane dày 80 mm . Ngoài cùng là vỏ tôn hoa để bảo vệ lớp cách nhiệt bên trong, đồng thời để bảo vệ khi lắp đặt ngoài trời. Lớp tôn hoa phải đảm bảo kín ẩm trong trường hợp tích lạnh để lớp cách ẩm không bị đọng sương. Lớp cách nhiệt polyurethane được phun vào không gian giữa vỏ bồn và vỏ bảo vệ sau khi vỏ bảo vệ đã thi công xong. Tổn thất truyền nhiệt được xác định trung bình là $k = 0,42 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$. Dòng nhiệt tổn thất vào môi

trường ở hiệu nhiệt độ nước nóng trong bồn và nhiệt độ môi trường 40 K là khoảng $Q_{tt} = 1,4 \text{ kW}$.

Tính theo năng suất nhiệt của bơm nhiệt thì tổn thất chiếm khoảng 0,6 % năng suất bơm nhiệt với thời gian tích nhiệt dưới 12 h. Tổn thất sẽ tăng lên khi thời gian tích nhiệt tăng lên.

Ở Nhật và Trung Quốc [59, 60] những bể chứa hình hộp có kích thước (dài $47,84 \times$ rộng $17,29 \times$ cao $5,8$) m với dung tích 4.700 m^3 tiêu chuẩn được xây dựng phục vụ cho những tòa nhà cao tầng hoặc cả một khu nhà cao tầng. Có bể tích nhiệt có dung tích lên tới 20.000 m^3 . Do có bể tích nhiệt lớn nên hệ thống điều hòa không khí chiller làm lạnh mùa hè và bơm nhiệt sưởi ấm mùa đông chỉ chạy vào ban đêm với giá điện chỉ bằng 20% giá ban ngày. Hóa đơn tiền điện giảm xuống một cách đáng kể.

5.8.3. Tích nhiệt bằng chất tải nhiệt có biến đổi pha

Khi tích nhiệt bằng chất tải nhiệt có biến đổi pha, ta có thể lợi dụng được nhiệt ẩn nóng chảy hoặc nhiệt ẩn thăng hoa của các chất tải nhiệt (hoặc tải lạnh). Nhiệt ẩn nóng chảy của nước là $333,6 \text{ kJ/kg}$ ở 0°C . Nhiệt ẩn thăng hoa của đá khô CO_2 là 574 kJ/kg ở $-78,9^\circ\text{C}$. Tích nhiệt ở nhiệt độ từ 5 đến 70°C người ta thường sử dụng dung dịch nước và muối hydrat cũng như các dung dịch cùng tinh của chúng, nhiệt ẩn khoảng từ 150 đến 250 kJ/kg . Tích nhiệt ở nhiệt độ từ 5 đến 32°C có thể sử dụng Natriumsulphat – Decahydrat $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ với điểm nóng chảy ở 32°C hoặc các dung dịch cùng tinh của nó với chloride. Các chất tích nhiệt biến đổi pha ngày nay vẫn được tiếp tục nghiên cứu ứng dụng trong những trường hợp cụ thể. Tuy nhiên chúng đều là các sản phẩm công nghiệp có giá thành cao hơn nhiều so với nước nên chỉ có thể sử dụng ở các quy mô nhỏ.

Theo ASHRAE [62] thì:

- 87 % hệ thống điều hòa không khí có tích lạnh của Mỹ sử dụng nước đá, 10 % sử dụng nước và 3 % sử dụng nước muối cùng tinh.

- Năng suất hệ thống tích lạnh có biến đổi pha nằm trong khoảng từ 350 kWh đến 102 MWh , trung bình tích lạnh có biến đổi pha nằm trong khoảng từ $10 \div 15 \text{ MWh}$.

- Năng suất hệ thống tích lạnh không biến đổi pha là $2,3 \div 24 \text{ MWh}$, trung bình 8 MWh .

Chương 6

BƠM NHIỆT SỬI ẤM TRONG HỆ THỐNG ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ

6.1. ĐẠI CƯƠNG

Bơm nhiệt (heat pump) để sưởi ấm mùa đông trong kỹ thuật điều hòa không khí chính là máy điều hòa 2 chiều. Do máy điều hòa hai chiều rất quen dùng trong tiếng Việt nên chúng tôi kiến nghị sử dụng các từ thông dụng của điều hòa và thêm ký hiệu ATA, ATW... để có thể biết rõ hơn dàn bay hơi và ngưng tụ là loại trao đổi nhiệt với nước hoặc không khí. Bảng 6.1 giới thiệu quy ước tương thích thuật ngữ bơm nhiệt trong kỹ thuật điều hòa không khí.

Bảng 6.1. Quy ước tương thích thuật ngữ bơm nhiệt trong kỹ thuật điều hòa không khí

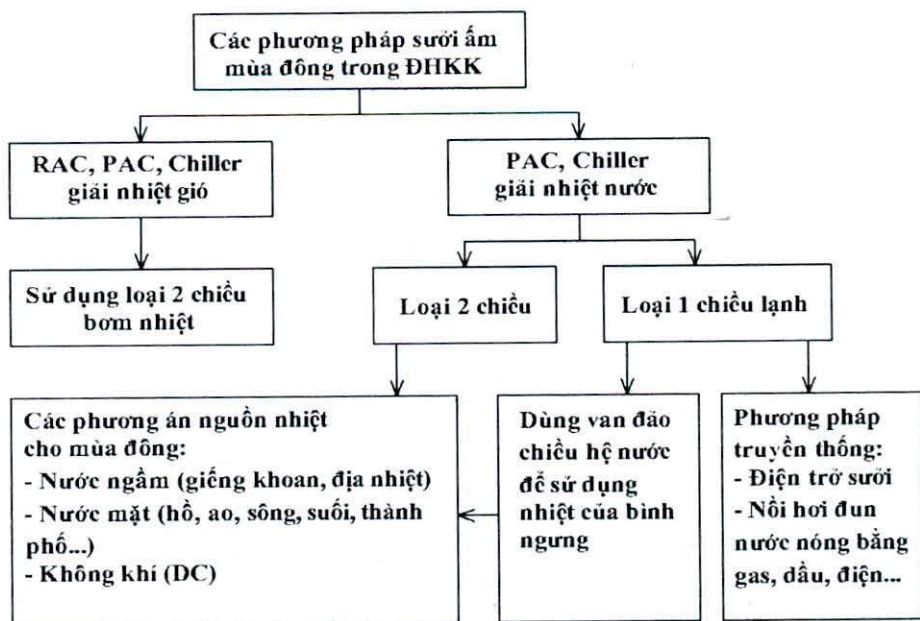
Bơm nhiệt	Điều hòa không khí
Bơm nhiệt	Máy điều hòa 2 chiều
Bơm nhiệt nguồn gió	Máy điều hòa 2 chiều giải nhiệt gió
Bơm nhiệt ATA	Máy điều hòa 2 chiều (gió gió) ATA
Bơm nhiệt ATW	Máy điều hòa 2 chiều (gió nước) ATW (PAC và Chiller 2 chiều giải nhiệt gió)
Bơm nhiệt nguồn nước	Máy điều hòa 2 chiều giải nhiệt nước
Bơm nhiệt WTA	Máy điều hòa 2 chiều (nước gió) WTA (PAC 2 chiều giải nhiệt nước)
Bơm nhiệt WTW	Chiller 2 chiều giải nhiệt nước (WTW)

Nhiệm vụ chủ yếu của hệ thống ĐHKK là làm lạnh về mùa hè và sưởi ấm về mùa đông. Mùa đông ở miền Nam không có nên không cần chức năng sưởi ấm. Mùa đông ở miền Bắc tuy ngắn, không khắc nghiệt lắm nhưng vẫn không thể thiếu, nên hệ thống ĐHKK phải có cả hai chức năng là làm lạnh và sưởi ấm. Đối với máy điều hòa phòng **RAC (Room Air Conditioner)** và điều hòa tổ hợp gọn **PAC (Packaged Air Conditioner)** thì việc sưởi ấm là rất đơn giản vì chỉ cần chọn máy ĐHKK 2 chiều là đủ. Đối với hệ thống trung tâm nước lạnh

chiller cần phải phân biệt ra chiller giải nhiệt gió và giải nhiệt nước. Đối với chiller giải nhiệt gió việc sưởi ấm dễ dàng như đối với PAC vì chỉ cần sử dụng loại chiller hai chiều. Đối với chiller giải nhiệt nước thì việc sưởi ấm khó khăn hơn nhiều. Do thực tế là hầu hết các chiller giải nhiệt nước đều dùng tháp giải nhiệt nên không thể thu nhiệt từ không khí vào mùa đông để sưởi ấm phòng. Thông thường người ta sử dụng lò hơi đun nước nóng hoặc điện trở sưởi. Các phương án trên có nhiều nhược điểm về thiết bị, vận hành hoặc tiêu tốn điện năng cao. Ở đây chúng tôi trình bày các phương án sưởi ấm kiểu bơm nhiệt vừa tiết kiệm điện năng vừa đơn giản về thiết bị cũng như an toàn.

6.2. PHÂN LOẠI CÁC PHƯƠNG PHÁP SƯỞI ẤM

Hình 6.1 giới thiệu các phương pháp sưởi ấm mùa đông khác nhau trong ĐHKK với máy điều hòa không khí 2 chiều hay ngắn gọn là máy điều hòa 2 chiều.



Hình 6.1. Các phương pháp sưởi ấm mùa đông khác nhau trong ĐHKK

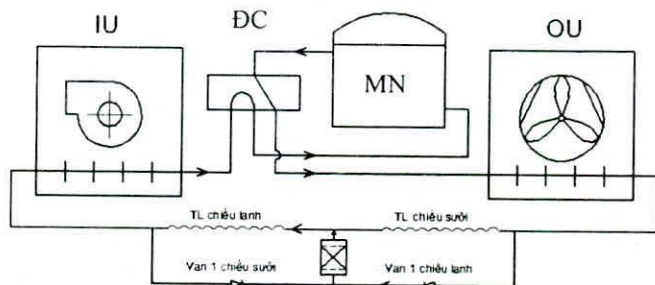
Các hệ thống ĐHKK được phân làm ba loại chính là RAC (Room Air Conditioner), PAC (Packaged Air Conditioner) và trung tâm nước với máy làm lạnh nước (water chiller). Nhưng theo tiêu chí làm lạnh mùa hè và sưởi ấm mùa đông thì phân ra loại giải nhiệt gió và giải nhiệt nước sẽ thuận lợi hơn. Với máy giải nhiệt gió, để sưởi ấm mùa đông chỉ cần chọn loại máy hai chiều nóng lạnh.

Chiller (hoặc PAC) giải nhiệt nước cũng phải phân làm hai loại là 1 chiều lạnh và 2 chiều nóng lạnh. Loại 2 chiều có van đảo chiều dòng môi chất lạnh. Bình bay hơi trở thành bình ngưng tụ và bình ngưng tụ mùa hè trở thành bình bay hơi trong mùa đông. Bình bay hơi thu nhiệt của nguồn nhiệt để chuyển lên bình ngưng. Nguồn nhiệt có thể là nguồn nước hoặc từ không khí môi trường. Sau đây sẽ giới thiệu chi tiết hơn sơ đồ nguyên lý với các nguồn nhiệt khác nhau.

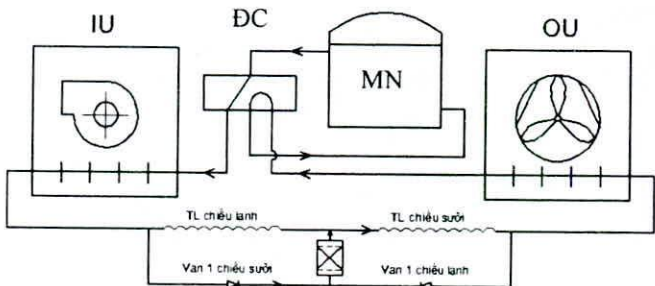
Để tính toán tiết kiệm năng lượng (TKNL), ở đây sẽ không xét đến các phương án sưởi ấm truyền thống là dùng nồi hơi đun nước nóng hoặc dùng điện trở sưởi, mà chỉ xét đến loại chiller hai chiều và chiller 1 chiều lạnh đã biến thành 2 chiều nhờ hệ thống van đảo chiều cho hệ thống nước qua bình ngưng và bình bay hơi.

6.2.1. Máy điều hòa giải nhiệt gió hai chiều (bơm nhiệt gió gió ATA)

Như hình 6.1 đã giới thiệu, để sưởi ấm mùa đông, đối với máy điều hòa giải nhiệt gió thì chỉ cần chọn loại hai chiều là đủ (RAC, PAC, VRF, VRV và chiller hai chiều giải nhiệt gió).



Làm lạnh mùa hè



Sưởi ấm mùa đông

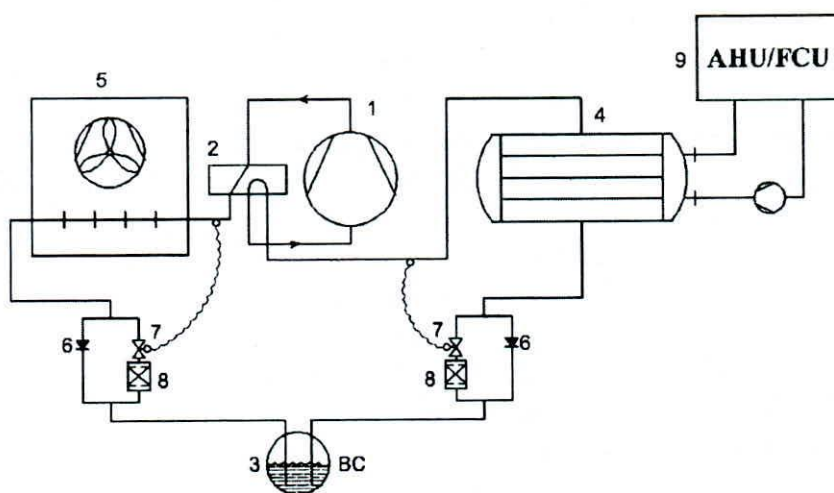
Hình 6.2. Sơ đồ nguyên lý đơn giản của máy điều hòa hai chiều RAC với van đảo chiều ĐC – Van đảo chiều; IU – Dàn trong nhà (Indoor Unit) với quạt ly tâm; MN – Máy nén; OU – Dàn ngoài nhà (Outdoor Unit) với quạt hướng trục; TL – Thiết bị tiết lưu (ở đây là ống mao).

Loại máy điều hòa hai chiều RAC, PAC, VRF có dàn trong nhà và ngoài nhà đều là dàn quạt trao đổi nhiệt giữa môi chất lạnh và không khí nên có thể gọi là bơm nhiệt gió gió ATA. Riêng chiller giải nhiệt gió là loại bơm nhiệt gió nước ATW.

Hình 6.2 giới thiệu sơ đồ nguyên lý đơn giản của máy điều hòa hai chiều RAC với van đảo chiều, thiết bị tiết lưu là ống mao. Mùa hè (hình trên), hơi môi chất lạnh sinh ra từ dàn trong nhà (IU– Indoor Unit) được máy nén 1 hút và nén lên áp suất cao đẩy qua van đảo chiều ĐC vào dàn ngoài nhà OU (thông thường OU là cụm dàn ngoài nhà bao gồm cả máy nén và van đảo chiều), đi qua ống mao chiều lạnh vào dàn trong nhà, khép kín vòng tuần hoàn, thực hiện việc làm lạnh phòng. Vào mùa đông, van đảo chiều chuyển dòng hơi nóng có nhiệt độ cao và áp suất cao vào dàn trong nhà để thực hiện việc sưởi ấm phòng.

6.2.2. Chiller giải nhiệt gió 2 chiều (bơm nhiệt gió nước ATW)

Hệ thống điều hòa không khí trung tâm có chiller giải nhiệt gió cũng có nguyên lý cấu tạo tương tự với van đảo chiều. Khác biệt cơ bản là bình bay hơi, mùa hè là bình sản xuất lạnh nước còn mùa đông trở thành bình ngưng đun nước nóng để đưa đến AHU/FCU để làm lạnh hoặc sưởi ấm phòng, thiết bị tiết lưu là van tiết lưu, sơ đồ có thêm bình chứa cao áp. Hình 6.3 giới thiệu sơ đồ nguyên lý chiller giải nhiệt gió 2 chiều.



Hình 6.3. Sơ đồ nguyên lý chiller giải nhiệt gió 2 chiều: 1 – Máy nén; 2 – Van đảo chiều; 3 – Bình chứa cao áp; 4 – Bình bay hơi làm lạnh nước mùa hè và là bình ngưng tụ vào mùa đông; 5 – Dàn ngưng vào mùa hè và là dàn bay hơi thu nhiệt từ không khí ngoài trời vào mùa đông; 6 – Van 1 chiều; 7 – Van tiết lưu; 8 – Phin sấy lọc; 9 – Hệ thống AHU/FCU và bơm.

Mùa hè, van đảo chiều 2 ở vị trí “làm lạnh”, hơi môi chất được máy nén 1 nén vào dàn ngưng giải nhiệt gió 5, ngưng tụ thành lỏng, chảy qua van 1 chiều 6 xuống bình chứa, sau đó qua phin sấy lọc 8 bên phải, qua van tiết lưu 7 để vào bình bốc hơi, ở đây lỏng bốc hơi để làm lạnh nước để đưa đi làm lạnh phòng, biến thành hơi và lại được hút về máy nén, khép kín vòng tuần hoàn.

Mùa đông, van đảo chiều ở vị trí “sưởi ấm”, hơi môi chất được máy nén nén vào bình ngưng (lúc trước là bình bốc hơi), cấp nhiệt cho nước (để đưa đi sưởi ấm phòng), hóa lỏng và chảy qua van 1 chiều về bình chứa, đi qua phin sấy lọc, van tiết lưu vào dàn bay hơi (lúc trước là dàn ngưng tụ) thu nhiệt từ không khí để biến thành hơi và được hút về máy nén, khép kín vòng tuần hoàn.

6.2.3. Sơ đồ sưởi ấm truyền thống bằng nồi hơi với chiller 1 chiều lạnh

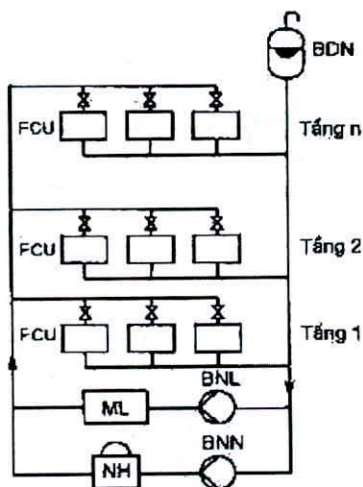
Các máy chiller giải nhiệt nước (kể cả PAC, VRF giải nhiệt nước) thường là loại 1 chiều lạnh vì chúng sử dụng tháp giải nhiệt để giải nhiệt vào mùa hè. Tuy nhiên do tháp giải nhiệt không thể thu nhiệt được từ không khí trong mùa đông nên sưởi ấm mùa đông phải thực hiện bằng các phương pháp khác như:

- Lò hơi đun nước nóng đốt bằng than, dầu, khí hoặc điện;
- Sử dụng trực tiếp điện trở sưởi đặt trong đường ống gió, trong AHU/FCU;
- Sử dụng lò sưởi cục bộ.

Phương án sử dụng nồi hơi đun nước nóng để sưởi cho các hệ thống điều hòa dùng chiller có rất nhiều nhược điểm như không an toàn từ nồi hơi và từ kho chứa nhiên liệu dễ cháy nổ, công kênh do gồm cả hệ chiller và hệ thống lò hơi, vận hành khó khăn do người vận hành phải thông thạo vận hành cả hệ thống chiller, cả hệ thống nồi hơi... Đặc biệt do an toàn cháy nổ, nồi hơi và kho nhiên liệu khó được các công trình cao cấp chấp nhận. Các công trình cao cấp bao gồm khách sạn, văn phòng, trung tâm thương mại, khu điều dưỡng, bệnh viện... Phương án dùng điện trở sưởi tuy đơn giản nhưng lại có nhược điểm là tốn điện, kém an toàn cháy nổ do sử dụng trực tiếp thanh điện trở. Việc sử dụng lò sưởi cục bộ cũng có rất nhiều nhược điểm về lắp đặt, vận hành vì rất thủ công và không được chấp nhận ở những toà nhà như khách sạn, văn phòng, bệnh viện, trung tâm thương mại...

Hình 6.4 giới thiệu sơ đồ nguyên lý của hệ thống điều hòa không khí trung tâm nước chiller 1 chiều có nồi hơi sưởi ấm mùa đông. Mùa hè, chiller giải nhiệt bình ngưng bằng tháp giải nhiệt để sản xuất ra nước lạnh, đưa đến AHU/FCU làm lạnh phòng. Mùa đông, nước nóng được đun ở nồi hơi rồi được bơm lên dàn AHU/FCU để sưởi ấm phòng. Nhiên liệu sử dụng cho nồi hơi có

thể là điện, khí, dầu, thậm chí là than đá. Nhiệt độ nước nóng có thể từ 45 đến 50 °C tùy theo mức an toàn của thiết bị.



Hình 6.4. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống điều hòa không khí trung tâm nước chiller một chiều có nồi hơi sưởi ấm mùa đông

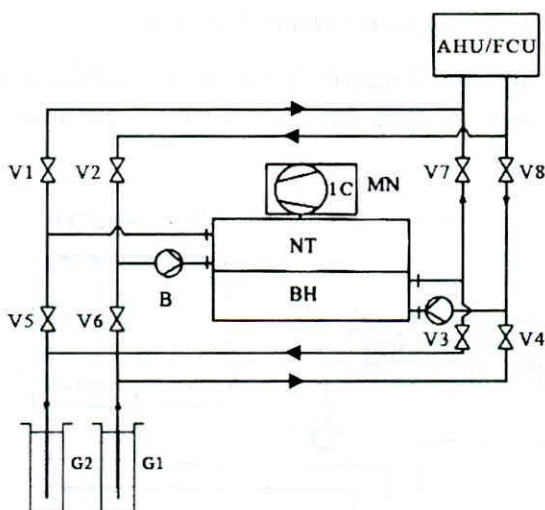
Hệ thống ĐHKK gồm máy làm lạnh nước chiller (ML), nồi hơi (NH), bơm nước lạnh (BNL), bơm nước nóng (BNN), hệ thống dàn trao đổi nhiệt (AHU/FCU) và bình dẫn nở (BDN). Mùa hè, chiller sản xuất ra nước lạnh 7 °C để bơm bơm lên các dàn làm mát phòng, nồi hơi không hoạt động. Mùa đông, chiller không hoạt động, nồi hơi đun nước nóng để bơm bơm lên các dàn AHU/FCU để sưởi ấm phòng. Bình dẫn nở được bố trí ở vị trí cao nhất trong hệ thống nước để bù nước cho hệ thống do thể tích của nước thay đổi bởi nhiệt độ của nước ở các chu kỳ làm lạnh, dừng và sưởi ấm thay đổi.

6.2.4. Sơ đồ sưởi ấm với chiller 2 chiều giải nhiệt nước

a) Sử dụng nước giếng mùa hè và đông

Hình 6.5 giới thiệu sơ đồ nguyên lý của hệ thống ĐHKK trung tâm nước chiller 2 chiều sử dụng nước giếng mùa hè và đông (bơm nhiệt nước WTW).

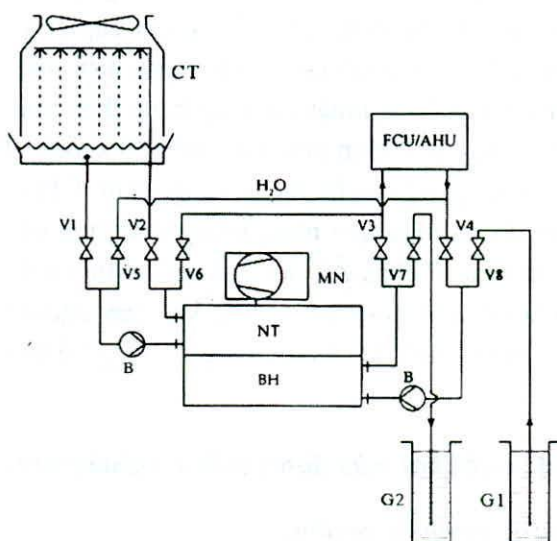
Mùa hè nước giếng đóng vai trò giải nhiệt cho bình ngưng, mùa đông nước giếng lại đóng vai trò nguồn cấp nhiệt cho bình bốc hơi (khi trước là bình ngưng). Đây là phương án có khả năng tiết kiệm năng lượng cao nhất nhưng chưa khả thi vì chưa có những nghiên cứu cơ bản về nguồn nước ngầm (xem thêm mục 6.4).



Hình 6.8. Sơ đồ nước giếng khoan cả mùa hè và đông, chiller 1 chiều

Mùa hè, nước giếng dùng để giải nhiệt cho bình ngưng còn mùa đông nước giếng đóng vai trò nguồn cấp nhiệt cho bình bay hơi. Mùa hè, AHU/FCU nối với bình bay hơi và mùa đông nối với bình ngưng. Đây là phương án có hiệu quả năng lượng tốt nhất nhưng khó khả thi như trên đã nêu.

b) Sử dụng tháp giải nhiệt mùa hè và nước giếng mùa đông (Sơ đồ lại I)



Hình 6.9. Sơ đồ tháp giải nhiệt mùa hè và nước giếng mùa đông với chiller 1 chiều.

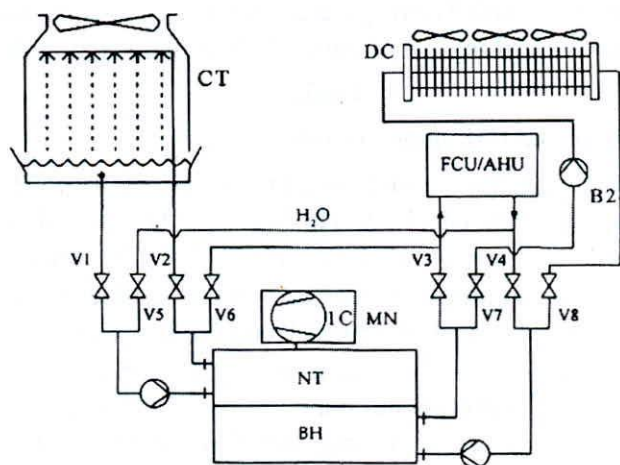
Hình 6.9 giới thiệu sơ đồ tháp giải nhiệt mùa hè và nước giếng mùa đông với chiller 1 chiều. Mùa hè tháp giải nhiệt nối vào bình ngưng, AHU/FCU nối vào bình bay hơi, mùa đông, tháp giải nhiệt được tách ra khỏi hệ thống, nước giếng nối vào bình bay hơi còn AHU/FCU nối với bình ngưng.

c) Sử dụng tháp giải nhiệt mùa hè và dàn khô mùa đông (Sơ đồ lai II)

Hình 6.10 giới thiệu sơ đồ tháp giải nhiệt cho mùa hè và dàn khô cho mùa đông với chiller 1 chiều.

Mùa hè, tháp giải nhiệt nối với bình ngưng, AHU/FCU nối với bình bay hơi (V1, 2, 3, 4 mở, V5, 6, 7, 8 đóng), mùa đông, dàn khô nối với bình bay hơi còn AHU/FCU nối với bình ngưng (V1, 2, 3, 4 đóng, V5, 6, 7, 8 mở).

Ở đây cũng cần lưu ý là trong tất cả các sơ đồ có tháp giải nhiệt, có thể thay tháp giải nhiệt bằng dàn ướt (Wet Coil – WC). Khi đó nước tuần hoàn trong vòng kín. Ưu điểm là bình trao đổi nhiệt không bị lắng bùn đóng cặn do nước tuần hoàn là nước sạch. Nhược điểm là phải dùng tới 3 bơm là bơm sơ cấp, thứ cấp cho vòng nước kín và 1 bơm cho vòng nước hở. Nhược điểm khác là nhiệt độ nước ra ở bình ngưng tăng lên chút ít và hiệu suất năng lượng giảm đi chút ít, khoảng $2 \div 5 \%$.



Hình 6.10. Sơ đồ tháp giải nhiệt cho mùa hè và dàn khô cho mùa đông với chiller 1 chiều

d) Sơ đồ với dàn khô DC cho cả mùa hè và mùa đông

Hình 6.11 giới thiệu sơ đồ chiller 1 chiều sử dụng dàn khô cho cả mùa hè và mùa đông có van đảo chiều hệ nước.

Hai sơ đồ này rất đơn giản, nhưng độ an toàn kém, hiệu quả năng lượng rất thấp, COP không đạt yêu cầu của Quy chuẩn Xây dựng Việt nam QCVN 09:2013, do đó không nên sử dụng.

rủi so với các sơ đồ lai, không đáp ứng yêu cầu COP tối thiểu của Quy chuẩn Xây dựng Việt Nam và chế độ làm việc nằm ngoài phạm vi làm việc của chiller thông thường [64], [65].

6.3. MÁY ĐIỀU HÒA HAI CHIỀU GIẢI NHIỆT GIÓ

6.3.1. Máy điều hòa hai chiều (Bơm nhiệt gió gió ATA)

Máy điều hòa gió gió chính là bơm nhiệt gió gió có năng suất nhiệt từ khoảng 2,6 kW (9000 Btu/h) đến khoảng 100 kW, tuy nhiên ở đây không có giới hạn rõ rệt. Cỡ máy và công suất phụ thuộc chủ yếu các điều kiện vận chuyển, lắp đặt và sử dụng. Do dàn ngưng tụ và dàn bay hơi đều là các dàn trao đổi nhiệt với không khí, hệ số tỏa nhiệt nhỏ ($10 \div 30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$) nên dàn rất cồng kềnh. Để đảm bảo cho việc vận chuyển từ nhà máy chế tạo đến nơi lắp đặt sử dụng, các tổ máy phải có kích thước phù hợp với các phương tiện vận chuyển nên thường chỉ có năng suất trung bình và nhỏ đặc biệt các loại nguyên cụm.

Ngược lại, các dàn trao đổi nhiệt với nước có hệ số truyền nhiệt cao hơn so với không khí khoảng 100 lần nên thiết bị gọn nhẹ. Chính vì lý do đó nên các tổ hợp máy với bình ngưng giải nhiệt nước và bình bay hơi làm lạnh nước (hoặc nước muối) gọn nhẹ và có năng suất lớn và rất lớn đến hàng ngàn kW, thậm chí cả chục ngàn kW.

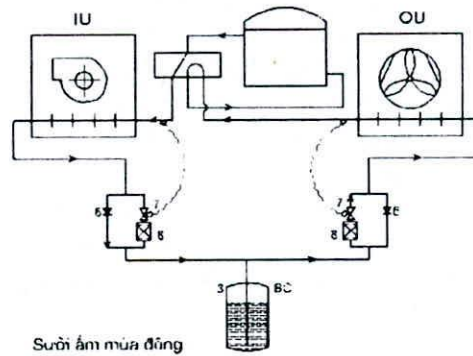
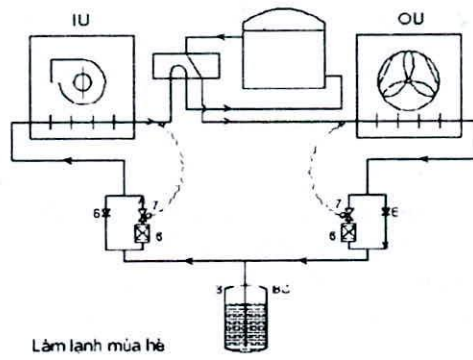
Bơm nhiệt gió gió dùng để sưởi ấm hầu hết là loại điều hòa hai chiều, chiều làm lạnh để làm lạnh phòng trong mùa hè còn chiều bơm nhiệt để sưởi ấm phòng trong mùa đông. Chỉ có những vùng ôn đới và hàn đới như Bắc Mỹ, Canada, Bắc Âu... không có nhu cầu làm lạnh mùa hè thì mới sử dụng máy điều hòa một chiều sưởi (bơm nhiệt chỉ có một chiều sưởi).

6.3.1.1. Nguyên tắc cấu tạo và làm việc

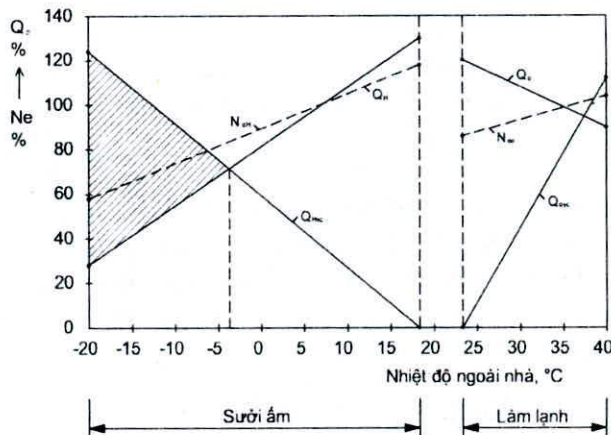
Hình 6.14 giới thiệu hai sơ đồ đơn giản có 2 van tiết lưu và 2 van một chiều cho chiều lạnh và chiều sưởi với 2 phin sấy lọc. Sơ đồ này thích hợp cho đường ống ga giữa hai cụm dàn xa nhau, còn khi hai dàn cùng nằm trong một khối có thể sử dụng sơ đồ biểu diễn trên hình 6.18. Nguyên tắc làm việc tương tự như đã mô tả ở phần trên.

6.3.1.2. Đặc tính của máy điều hòa 2 chiều gió gió ATA

Hình 6.15 giới thiệu đặc tính của bơm nhiệt và đặc tính nhiệt của phòng ở thông thường theo nhiệt độ ngoài nhà khác nhau [37] với giả thiết nhiệt độ trong nhà ở chế độ làm lạnh 27°C và sưởi 20°C tương ứng chế độ tiêu chuẩn là không đổi.



Hình 6.14. Sơ đồ đơn giản bố trí van tiết lưu chiều lạnh và chiều sưởi với hai phin sấy lọc:
 IU – Dàn trong nhà có quạt ly tâm; OU – Dàn ngoài nhà với quạt hướng trục;
 1 – Máy nén; 2 – Van đảo chiều; 3 – Bình chứa cao áp;
 6 – Van 1 chiều; 7 – Van tiết lưu; 8 – Phin sấy lọc.



Hình 6.15. Đặc tính của bơm nhiệt và đặc tính năng suất nhiệt của phòng ở theo nhiệt độ ngoài trời với giả thiết nhiệt độ trong nhà ở chế độ làm lạnh 27 °C và sưởi 20 °C tương ứng chế độ tiêu chuẩn. Ý nghĩa của các ký hiệu được giới thiệu ở bảng 6.4.

Bảng 6.4. Các định nghĩa và ký hiệu về năng suất và công nén

Hạng mục	Định nghĩa	Ký hiệu	
		Làm lạnh	Sưởi ấm
Năng suất	Năng suất lạnh/sưởi của máy điều hòa ở chế độ làm việc bất kỳ nào đó. Năng suất này phụ thuộc vào điều kiện trong nhà t_T , φ_T và nhiệt độ ngoài trời t_N , còn gọi là năng suất thực Q_{0b} , Q_{Hb} , kW	Q_0	Q_H
Năng suất tiêu chuẩn	Năng suất lạnh/sưởi của máy điều hòa 2 chiều ở chế độ làm việc tiêu chuẩn. Chiều lạnh nhiệt độ ngoài nhà $t_N = 35\text{ }^\circ\text{C}$ và nhiệt độ trong nhà $t_T = 27\text{ }^\circ\text{C}$, nhiệt độ ướt trong nhà $t_{Tur} = 19\text{ }^\circ\text{C}$. Chiều sưởi ở nhiệt độ trong nhà $t_T = 20\text{ }^\circ\text{C}$ và nhiệt độ ngoài nhà $t_N = 7\text{ }^\circ\text{C}$, nhiệt độ ướt ngoài nhà $t_{Nur} = 6\text{ }^\circ\text{C}$, kW	Q_{0TC}	Q_{HTC}
Năng suất yêu cầu (tải lạnh, tải nhiệt)	Năng suất lạnh/sưởi yêu cầu của phòng điều hòa là năng suất tính toán được theo yêu cầu vi khí hậu trong nhà và điều kiện khí hậu ngoài nhà của địa phương, kW	Q_{oyc}	Q_{Hyc}
Công nén hữu ích	Công nén hữu ích Ne ở chiều lạnh/sưởi, kW	Ne_0	Ne_H
Năng suất không thứ nguyên	Tỷ số của năng suất lạnh/sưởi của máy điều hòa trên năng suất lạnh/sưởi tiêu chuẩn Q/Q_{TC} , %	Q_0/Q_{0TC}	Q_H/Q_{HTC}
Công nén không thứ nguyên	Tỷ số của công nén chiều lạnh/sưởi của máy điều hòa trên công nén chiều lạnh/sưởi tiêu chuẩn Ne/Ne_{TC} , %	Ne_0/Ne_{0TC}	Ne_H/Ne_{HTC}

Do năng suất lạnh, năng suất sưởi (cùng với nó là công suất hữu ích Ne , hệ số lạnh ε , hệ số nhiệt φ hay hiệu suất năng lượng, dòng điện tiêu thụ) của máy điều hòa không phải là cố định mà thay đổi rất mạnh theo nhiệt độ cài đặt trong nhà và nhiệt độ ngoài nhà nên người ta gọi đó là các đặc tính của một máy điều hòa hay bơm nhiệt. Các đặc tính đó là:

$$Q_0 = f(t_N, t_T), Q_H = f(t_N, t_T)$$

$$Ne = f(t_N, t_T), Ne_H = f(t_N, t_T)$$

$$\varepsilon = f(t_N, t_T), \varphi = f(t_N, t_T)$$

$$I_0 = f(t_N, t_T), I_H = f(t_N, t_T),$$

Như vậy, ở chế độ tiêu chuẩn, năng suất và công nén đạt 100 %. Ở chế độ làm lạnh (hình phải), khi nhiệt độ ngoài nhà giảm, năng suất lạnh tăng (nhiệt độ ngoài nhà 23 °C năng suất lạnh đạt 115%). Ở chế độ sưởi (hình trái) thì ngược lại, năng suất sưởi tăng khi nhiệt độ ngoài nhà tăng (ở nhiệt độ ngoài nhà 18 °C, năng suất sưởi đạt 130% và ở nhiệt độ ngoài nhà – 20 °C, năng suất sưởi chỉ còn 27%).

6.3.1.3. Đặc tính tải sưởi của phòng, của bơm nhiệt và điểm cân bằng

Đặc tính tải sưởi của phòng ở (hay của tòa nhà) chính là nhiệt tải yêu cầu để sưởi mùa đông Q_{Hyc} . Từ 18 °C đến 23 °C thì không cần sưởi ấm hoặc làm lạnh. Khi nhiệt độ ngoài nhà thấp hơn 18 °C, cần phải sưởi. Nhiệt độ càng thấp tải sưởi lớn, ngược lại năng suất sưởi của máy (đặc tính bơm nhiệt) lại càng giảm. Khi tải sưởi bằng năng suất của máy thì điểm đó được gọi là điểm cân bằng. Điểm cân bằng trong trường hợp này là –4 °C. Nếu chọn máy lớn hơn, điểm cân bằng sẽ lùi về phía trái và nếu chọn máy nhỏ hơn, điểm cân bằng sẽ tiến về phía phải. Bên trái điểm cân bằng, năng suất sưởi của máy không đủ. Muốn duy trì thông số vi khí hậu thiết kế trong phòng, phải có nhiệt sưởi bổ sung. Vùng có gạch chéo chính là vùng cần có nhiệt sưởi bổ sung.

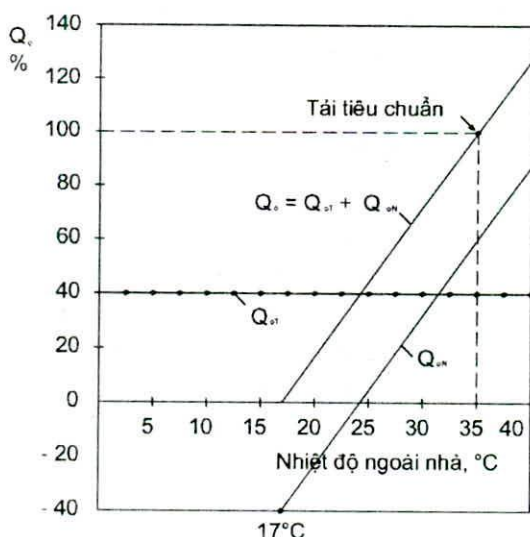
Đối với vùng làm lạnh khi nhiệt độ ngoài nhà từ 23 ÷ 40 °C thì ngược lại, nhiệt độ càng cao tải lạnh càng lớn, nhưng năng suất của máy lại càng giảm. Điểm cân bằng ở đây nằm ở khoảng 37 °C. Khi nhiệt độ ngoài nhà vượt quá điểm cân bằng, năng suất lạnh của máy cũng không đủ, kết quả là điều kiện vi khí hậu trong nhà không đảm bảo như thiết kế.

Tuy nhiên, đối với mỗi loại phòng (phòng ở, văn phòng, cửa hàng thương nghiệp...) điểm bắt đầu làm lạnh hoặc bắt đầu sưởi có khác nhau do cơ cấu tải nhiệt và tải lạnh khác nhau. Cơ cấu tải lạnh phụ thuộc vào nhiều yếu tố như nguồn tỏa nhiệt và cường độ tỏa nhiệt khác nhau của từng phòng theo công năng sử dụng, theo dân tộc như các dân tộc ưa lạnh (như Na Uy, Thụy Điển...) hoặc ưa nóng (như vùng Trung Cận Đông, châu Phi...), theo lứa tuổi như trẻ em, người già hoặc người đứng tuổi, vào kết cấu cách nhiệt của tường nhà dày hay mỏng... Ví dụ, cơ cấu tải lạnh (năng suất lạnh yêu cầu) được coi là tổng hợp từ hai thành phần tỏa nhiệt từ trong nhà và tỏa vào từ bao che bên ngoài gọi tắt là tải lạnh trong Q_{oT} và tải lạnh ngoài Q_{oN} [38]:

$$Q_o = Q_{oyc} = Q_{oT} + Q_{oN}$$

Tải lạnh trong được coi là không đổi bao gồm các thành phần nhiệt như tỏa ra từ con người, máy móc, chiếu sáng, thông gió... còn tải lạnh ngoài được coi là thay đổi tuyến tính với nhiệt độ không khí bên ngoài bao gồm nhiệt tổn thất qua kết cấu bao che như tường, trần, nền, cửa. Hình 6.16 giới thiệu cơ cấu

tải lạnh cho văn phòng hay tòa nhà văn phòng. Do tải nhiệt trong lớn, chiếm đến 40 % tổng tải lạnh nên tải lạnh bằng không khí nhiệt độ ngoài trời giảm xuống đến 17 °C.



Hình 6.16. Cơ cấu tải lạnh cho văn phòng hay tòa nhà văn phòng $Q_{oyc} = Q_{oT} + Q_{oN}$

Cũng do tải nhiệt trong lớn ở khu vực văn phòng nên chỉ cần bật chế độ sưởi khi nhiệt độ ngoài nhà xuống thấp hơn 12 °C. Tương tự, nhiệt độ cân bằng sưởi giảm xuống -9 °C. Nhiệt độ cân bằng sưởi -4 °C hay -9 °C là thấp hơn nhiều so với nhiệt độ ngoài trời mùa đông ở Hà Nội nói riêng và ở miền Bắc nói chung nên có thể khẳng định là bơm nhiệt hai chiều lắp đặt ở miền Bắc luôn luôn dư thừa năng suất sưởi nên không cần tính kiểm tra năng suất sưởi mùa đông khi đã tính đủ năng suất lạnh.

6.3.1.4. Chu trình bơm nhiệt và thiết bị

Bơm nhiệt hai chiều vận hành cả vào mùa hè và mùa đông. Dàn trong nhà và ngoài nhà thay nhau làm dàn ngưng tụ và dàn bay hơi, áp suất và nhiệt độ thay đổi theo chu kỳ chứ không ổn định như loại máy một chiều. Thời gian vận hành cả năm cũng lớn hơn nhiều loại một chiều. Chính vì những lý do đó, người thiết kế phải nghiên cứu kỹ lưỡng chức năng từng thiết bị để có thể thiết kế bơm nhiệt vận hành với độ tin cậy cao.

So với máy một chiều, tính năng của một số thiết bị đòi hỏi cao hơn, các thiết bị bảo vệ đa dạng hơn và yêu cầu có độ tin cậy cao hơn, do đó người thiết kế phải lựa chọn được các thiết bị tương ứng phù hợp cho ứng dụng đặc biệt này.

Để một hệ thống bơm nhiệt vận hành với độ tin cậy và hiệu quả cao cần đặc biệt chú ý đến các vấn đề sau:

- Dẫn trao đổi nhiệt ngoài nhà;
- Xả băng và thoát nước ngưng;
- Thiết bị tiết lưu khác nhau giữa chiều sưởi và chiều lạnh;
- Lượng ga nạp và điều chỉnh cân đối ga trong hệ thống chiều sưởi và chiều lạnh;
- Lựa chọn máy nén phù hợp.

a) Dẫn trao đổi nhiệt ngoài nhà

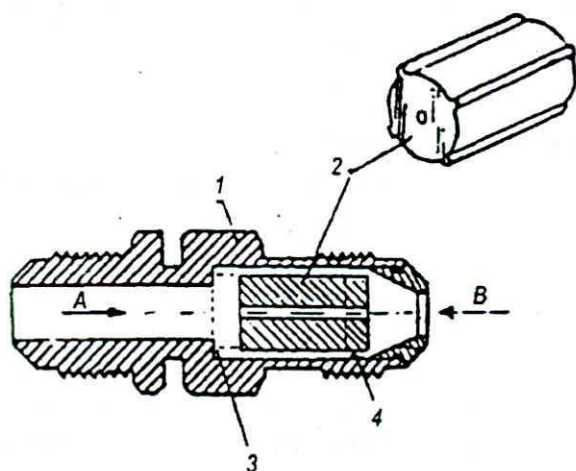
Khi chạy chiều sưởi, dàn ngoài nhà đóng vai trò dàn bay hơi, ga lạnh có nhiệt độ và áp suất thấp nên mật độ ga lạnh nhỏ hơn nhiều so với khi đóng vai trò là dàn ngưng. Để tránh tổn thất áp suất quá lớn khi chạy sưởi, cần phải bố trí kết nối ống xoắn dàn ngoài nhà hợp lý (khác với dàn ngưng thông thường của máy một chiều lạnh) để dàn hoạt động hiệu quả cả khi là dàn ngưng, cả khi là dàn bay hơi.

b) Xả băng và thoát nước ngưng

Khi nhiệt độ không khí ngoài nhà xuống thấp dưới 10°C và độ ẩm cao trên 50% thì nhiệt độ bay hơi có thể tụt xuống dưới 0°C và băng tuyết có thể tích tụ trên bề mặt trao đổi nhiệt, ngăn cản quá trình trao đổi nhiệt hiệu quả của dàn, nên phải xả băng. Quá trình xả băng được tiến hành tự động bằng phương pháp xả băng bằng hơi nóng. Khi lớp băng đủ dày, đầu cảm xả băng (cảm biến xả băng) sẽ tác động lên van đôi dòng để hơi nóng từ máy nén tràn vào làm tan lớp băng trên dàn. Quá trình xả băng kéo dài khoảng 4 đến 10 phút. Trong khi xả băng, thông thường quạt ngoài nhà ngừng chạy, đôi khi còn thấy hơi nước bốc lên từ dàn ngoài nhà. Tất nhiên, trong khi xả băng quá trình sưởi ấm bị gián đoạn. Bởi vì xả băng là quá trình chuyển đổi dòng ga lạnh nên năng suất, công nén của bơm nhiệt cũng như áp suất, nhiệt độ ở các bộ phận trong hệ thống thay đổi liên tục trong quá trình này.

c) Thiết bị tiết lưu

Do hiệu nhiệt độ tiêu chuẩn thiết kế khác nhau khi chạy lạnh ($\Delta t = t_N - t_T = 35^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C} = 8\text{K}$) và khi chạy sưởi ($\Delta t = t_T - t_N = 20^{\circ}\text{C} - 7^{\circ}\text{C} = 13\text{K}$) nên mỗi chế độ vận hành cần có thiết bị tiết lưu riêng như đã biểu diễn trên hình 6.14. Bởi dòng chảy bị đảo chiều ở hai chế độ vận hành nên cần bố trí hai van một chiều để vô hiệu hóa dòng chảy ngược. Có thể loại bỏ hai van một chiều khi dùng ống tiết lưu. Hình 6.17 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo và làm việc của một ống tiết lưu.



Hình 6.17. Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của một ống tiết lưu

1 – Thân; 2 – Ruột tháo rời được; 3 – Vị trí khóa khi chảy chiều B (chỉ chảy qua tâm);
4 – Vị trí chảy vòng khi chảy chiều A (chảy qua tâm và rãnh xung quanh).

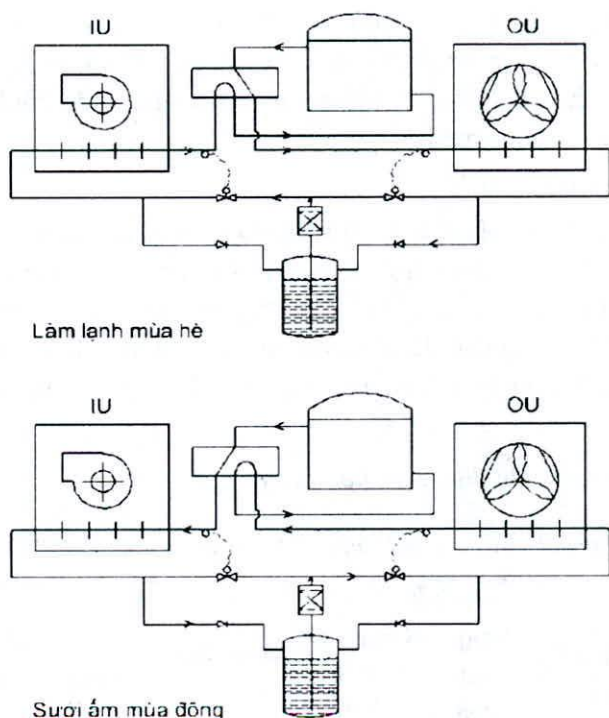
Ống tiết lưu, có nhiệm vụ tương tự như ống mao là tạo ra độ chênh áp suất cần thiết giữa bên cao áp và hạ áp trong hệ thống nhưng được kết cấu rất gọn. Do đơn giản nên được sử dụng rộng rãi cho bơm nhiệt hai chiều gia dụng. Áp suất hai bên sẽ cân bằng khoảng 3 phút sau khi dừng máy nên tránh được mô men khởi động lớn.

Ruột ống thường có độ dài $5 \div 30$ mm với đường kính trong từ $0,7 \div 2$ mm. Đường kính của ống tiết lưu quan trọng hơn rất nhiều so với chiều dài khi điều tiết lưu lượng ga lỏng đi qua.

Ống tiết lưu có hai loại cố định và di động. Loại cố định là loại không có khả năng thay đổi lưu lượng khi dòng đổi hướng. Loại di động là loại có ruột di động như biểu diễn trên hình 6.17. Khi chảy theo hướng B chỉ có dòng chảy qua tâm còn khi chảy theo hướng A, lưu lượng tăng lên nhờ chảy qua cả các rãnh xung quanh ruột ống. Khi sử dụng, ống tiết lưu, nguy cơ máy nén bị tràn lỏng là cao và cần có biện pháp bảo vệ máy nén bị tràn lỏng.

Để khắc phục hiện tượng tràn lỏng cho máy nén có thể hạn chế lượng nạp tối thiểu, sử dụng van tiết lưu nhiệt, van tiết lưu điện tử hoặc các loại thiết bị tiết lưu khác.

Hình 6.18 giới thiệu sơ đồ đơn giản bố trí van tiết lưu và van một chiều cho chiều lạnh và chiều sưởi với một phin sấy lọc. Sơ đồ này thuận tiện khi hai dàn cùng nằm trong một khối.



Hình 6.18. Sơ đồ đơn giản bố trí van tiết lưu chiều lạnh và chiều sưởi với một phin sấy lọc.

d) Nạp ga và điều tiết ga lạnh

Trong bơm nhiệt 2 chiều cần đặc biệt quan tâm đến việc bảo vệ máy nén bị tràn lỏng cả khi chạy lạnh và chạy sưởi. Điều đặc biệt cần quan tâm là vấn đề gom lỏng. Lưu lượng ga tuần hoàn khi chạy lạnh lớn hơn khi chạy sưởi. Do đó lượng ga lỏng tích lại trước van tiết lưu khi chạy sưởi lớn hơn khi chạy lạnh. Khi thiết kế dàn trong nhà và ngoài nhà cần lưu ý thể tích đủ lớn của các vòng ống xoắn trước van tiết lưu để đủ chứa lượng ga lỏng thừa đó. Thông thường thể tích ống của dàn trong nhà bằng khoảng $110 \div 70 \%$ dàn ngoài nhà. Thể tích hai dàn cần được hiệu chỉnh sao cho các ống xoắn không chỉ làm nhiệm vụ trao đổi nhiệt mà cả để chứa ga dự trữ.

Khi sử dụng ống mao hoặc ống tiết lưu thì ga lạnh có thể được chứa ở bình tích lỏng đặt trên ống hút hoặc trong bình chứa cao áp có khả năng rút ga khỏi vòng tuần hoàn khi bơm nhiệt có khả năng bị tràn lỏng ở máy nén.

Khi sử dụng van tiết lưu thì nguy cơ tràn lỏng giảm xuống, tuy nhiên phải có bình chứa cao áp ở cuối dàn ngưng. Bơm nhiệt hai chiều hai cụm nên có cả bình chứa cao áp, cả bình tích lỏng.

Đề bơm nhiệt vận hành với độ tin cậy cao, lượng ga trong hệ thống phải được kiểm tra và hiệu chỉnh theo yêu cầu của nhà chế tạo máy nén. Ví dụ, nhà chế tạo thường yêu cầu bố trí bình tích lỏng ở đường hút để tránh tràn lỏng máy nén và hồi dầu tốt về máy nén.

e) Lựa chọn máy nén

Máy nén được lựa chọn trên cơ sở năng suất nhiệt, độ tin cậy và các ứng dụng cụ thể của thiết bị. Điều đặc biệt cần lưu ý là máy nén dùng cho bơm nhiệt phải làm việc với nhiệt độ và áp suất hút thay đổi rất mạnh, nhiệt độ và áp suất đầu đẩy rất cao và cũng dao động mạnh. Do đó cần phải lưu ý đến việc bảo vệ bôi trơn máy nén, tràn lỏng máy nén và bảo vệ nhiệt độ đầu đẩy (xem thêm mục 4.3).

6.3.1.5. Một số máy điều hòa hai chiều

Bảng 6.5. Máy điều hoà cửa sổ hai chiều (RAC) Carrier, điện áp 220 V, 1 pha, 50 Hz

Kiểu	Năng suất lạnh, kW (Btu/h)	Năng suất nhiệt sưởi, kW (Btu/h)	Công suất tiêu thụ, kW, làm lạnh (sưởi ấm)	Dòng làm việc, A, làm lạnh (sưởi ấm)	Năng suất hút ẩm, L/h	Kích thước phù bì, mm Rộng W Cao H Sâu D	Khối lượng, kg
77QRA009	2,55 (8700)	2,35 (8000)	0,95 (0,73)	4,4 (3,4)	0,94	560 378 600	42
51QCB612	3,93 (13400)	3,58 (12200)	1,14 (1,13)	6,5 (5,2)	1,7	620 395 716	55
51QGA118	5,57 (19000)	5,51 (18800)	2,33 (2,14)	10,0 (9,9)	2,0	660 445 738	75
51QG222	6,68 (22800)	6,65 (22000)	2,62 (2,30)	12,1 (10,7)	3,2	660 445 738	77

Bảng 6.5 đến 6.7 giới thiệu một số tính năng bơm nhiệt loại cửa sổ hai chiều RAC không biến tần của hãng Carrier (Mỹ), hai cụm hai chiều có biến tần của Daikin. Bảng 6.8 đến 6.11 giới thiệu một số bơm nhiệt hai chiều PAC của Daikin. Năng suất lạnh và nhiệt lớn hơn, đến 14 kW, 28 kW và riêng loại lắp mái đến 125 kW. Đây là loại không biến tần loại thông thường (máy nén bố trí ở dàn ngoài nhà) hoặc loại dàn ngưng đặt xa (condenserless) như biểu diễn trên hình 6.19 hoặc loại lắp mái. Năng suất lạnh và sưởi của tất cả các loại máy điều hòa gió gió 2 chiều này là năng suất tiêu chuẩn: Năng suất lạnh tính theo nhiệt độ trung bình trong nhà $t_T = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{Tu} = 19\text{ }^{\circ}\text{C}$ và nhiệt độ ngoài trời $t_N = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{Nu} = 24\text{ }^{\circ}\text{C}$, tốc độ quạt cao nhất (Hi). Năng suất sưởi dựa trên nhiệt độ trong nhà $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ và nhiệt độ ngoài trời $t_N = 7\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{Nu} = 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ở tốc độ quạt cao nhất (Hi). Điện áp danh định 220 V.

Bảng 6.6. Máy điều hoà 2 cụm 2 chiều biến tần RAC, của DAIKIN điện áp 220 V, 1 pha 50 Hz

Kiểu	Cụm trong nhà		FTY25FV1A	FTY35FV1A	FTY50GV1A	FTY60GV1A
	Cụm ngoài nhà		RY25FV1A	RY 35FV1A	RY50GV1A	RY60GV1A
Năng suất lạnh	kW Btu/h		2,50	3,75	5,20	6,15
			8530	12800	17750	21000
Năng suất sưởi	kW Btu/h		3,26	4,22	5,80	7,00
			11130	14400	19800	23900
Dòng làm việc	Làm lạnh	A	4,2	6,8	9,7	11,2
	Sưởi ấm		4,5	6,4	8,8	11,0
Công suất tiêu thụ	Làm lạnh	kW	0,87	1,39	1,90	2,30
	Sưởi ấm		0,95	1,30	1,70	2,26
COP	Hệ số lạnh	kW/kW	2,87	2,70	2,74	2,67
	Hệ số nhiệt		3,45	3,25	3,41	3,10
Đường ống gas	Lồng Hơi	mm	$\Phi 6,4$			
		mm	$\Phi 9,5$	$\Phi 12,7$	$\Phi 15,9$	

Bảng 6.6 (tiếp)

Cụm trong nhà (loại treo tường, màu trắng hạnh nhân)			FTY25FV1A	FTY35FV1A	FTY50GV1A	FTY60GV1A
Lưu lượng gió (Hi) quạt 5 tốc độ và Auto	Làm lạnh	m ³ /h	7,2	9,5	14,0	14,0
	Sưởi ấm		7,8	10,6	16,3	16,3
Độ ồn	Làm lạnh	dB(A)	29 ÷ 38	32 ÷ 39	35 ÷ 45	37 ÷ 46
	Sưởi ấm		29 ÷ 38	32 ÷ 39	33 ÷ 44	34 ÷ 46
Kích thước (cao x rộng x sâu)		mm	275x750x179	289x790x189	298x1050x190	
Khối lượng		kg	7	9	12	
Điều chỉnh gió			Trái, phải, ngang và xuống			
Cụm ngoài nhà (màu trắng ngà)			RY25FV1A	RY35FV1A	RY50GV1A	RY60GV1A
Máy nén kín rôto công suất		kW	0,75	1,30	1,70	2,20
Lượng nạp R22		kg	1,02	1,12	1,55	1,75
Độ ồn	Làm lạnh	dB(A)	47	47	49	54
	Sưởi ấm		48	48	51	54
Kích thước (cao x rộng x sâu)		mm	540x750x270	540x750x270	685x800x300	685x880x350
Khối lượng		kg	38	41	51	75

Ghi chú: Kiểu FVY là loại dàn lạnh đặt trên sàn.

Bảng 6.7. Loại máy điều hòa 2 cụm 2 chiều RAC ký hiệu FT(Y) biến tần, tự chọn 4 loại dàn lạnh

Ký hiệu	Cụm trong nhà		FTY25FV1A	FTY35FV1A	FTY50GAV1A	FTY60GAV1A
	Cụm ngoài nhà		RY25FV1A	RY35FV1A	RY50GAV1A	RY60GAV1A
Năng suất lạnh (danh định)	kW		2,50	3,75	5,20	6,15
	Btu/h		8500	12800	17750	21000
Năng suất nhiệt	kW		2,8	4,2	5,8	6,9
	Btu/h		9500	14300	19900	23500
Nguồn nhiệt		1 pha, 220 – 240 V, 50 Hz				
Kích thước (H x D x W)	mm		275x750x179	298x790x189	298x1050x190	
Khối lượng	kg		7	9	12	
Kích thước (H x D x W)	mm		540x750x270		685x800x300	685x880x350
Khối lượng	kg		38	41	51	75
Phạm vi làm việc	Làm lạnh	°C khô	19,4 đến 46			
	Sưởi ấm	°C ướt	-10 đến 15			

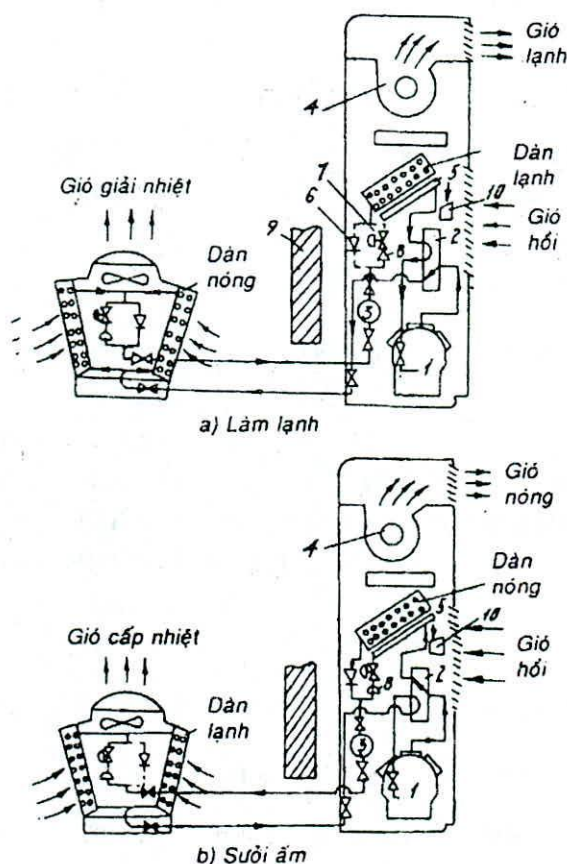
Bảng 6.8. Một số loại máy điều hòa 2 cụm 2 chiều PAC của Daikin, điện áp 220 V (380 V), 50 Hz

Kiểu	Cụm trong nhà	FHYC35F FHY35F FHYB35F FHYK35F	FHYC45F FHY45F FHYB45F FHYK45F	FHYC60F FHY60F FHYB60F FHYK60F	FHYC71F FHY71F FHYB71F FHYB71F FAY71F FVY71F	FHYC100F FHY100F FHYB100F FVY100F FVY100F	FHYC125F FHY125F FHYB125F
	Cụm ngoài nhà	RY353	RY45E	RY60E	RY71F	RY100F	RY125F
Năng suất lạnh	kW	3,5	4,5	6,15	7,7	10,4	12,8
	Btu/h	11900	16600	21000	26200	35300	43600
Năng suất nhiệt	kW	4,05	5,5	7,1	7,9	11,2	14,2
	Btu/h	13800	18800	24200	27000	38100	48400

Bảng 6.9. Một số máy điều hòa 2 cụm 2 chiều PAC có ống gió quạt áp cao của hãng Daikin, điện áp 220 V, 380 V, 50 Hz

Kiểu		Năng suất lạnh		Năng suất nhiệt	
Cụm dàn lạnh	Cụm dàn nóng	kW	Btu/h	kW	Btu/h
FDY05J	RY6L	14,9	50800	15,7	53600
FDY08J	RY8L	19,2	65000	19,8	67500
FDY10J	RY10L	25,6	87000	26,7	91300

Hình 6.19 giới thiệu bơm nhiệt hai chiều kiểu tủ loại dàn ngưng đặt xa của Daikin năng suất lạnh từ 7,3 ÷ 123,3 kW, năng suất nhiệt từ 8,2 ÷ 125,0 kW (xem bảng 6.10).



Hình 6.19. Bơm nhiệt hai chiều kiểu tủ loại dàn ngưng đặt xa: 1 – Máy nén; 2 – Van đổi dòng; 3 – Bình chứa cao áp; 4 – Quạt; 5 – Phin lọc gió; 6 – Van một chiều; 7 – Van tiết lưu; 8 – Phin sấy lọc; 9 – Tường bao; 10 – Máy phun ẩm khi chạy sưởi nếu cần.

Bảng 6.10. Một số máy điều hoà 2 chiều PAC dàn ngưng đặt xa
(của DAIKIN, điện áp 220, 380 V, 50 Hz)

Kiểu máy		Năng suất lạnh		Năng suất nhiệt	
Cụm dàn lạnh	Cụm dàn nóng	kW	Btu/h	kW	Btu/h
FRYPJ80P	CRYJ80P	7,3	24900	8,2	28000
FRYPJ140P	CRYJ140P	12,8	43700	13,2	45000
FRYPJ200J	CRYJ200P	18,6	63500	20,0	68300
FRYPJ280J	CRYJ280P	25,9	88400	26,5	90400
FRYJ400J	CRYJ200Px2	36,9	126000	40,0	136500
FRYJ560P	CRYJ280Px2	52,3	178500	56,0	191100
FRYJ630P	CRYJ315Px2	58,3	199000	63,0	215000
FRYJ800P	CRYJ400Px2	74,5	254300	80,0	273000
FRYJ1120P	CRYJ560Px2	105,7	360800	106,0	361800
FRYJ1400P	CRYJ710Px2	132,3	451500	125,0	426600

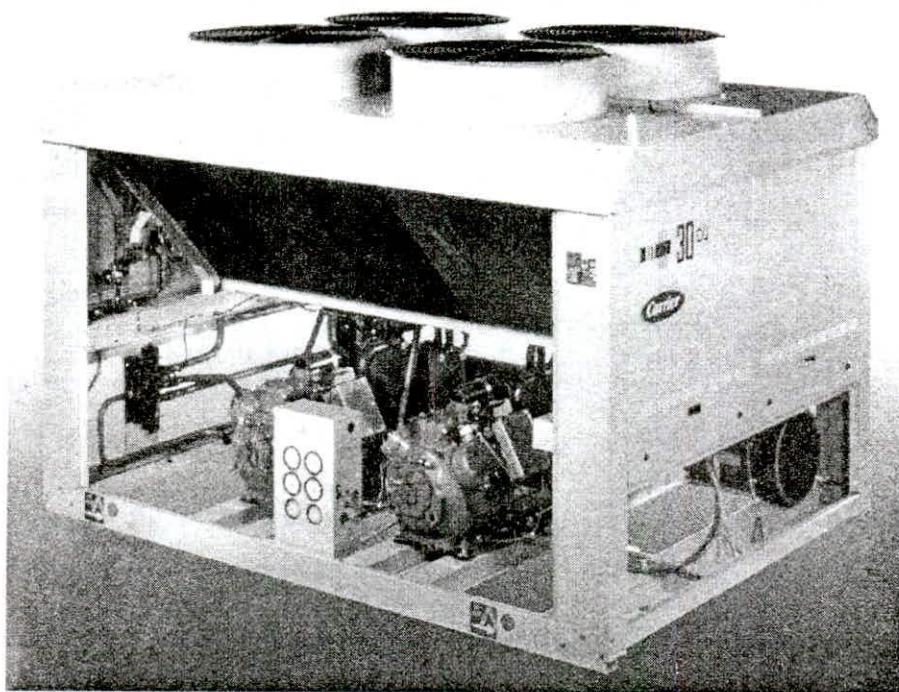
Bảng 6.11. Thông số kỹ thuật một số máy điều hoà lắp mái 2 chiều PAC của DAIKIN,
nguồn điện Y1: 3 pha, 380 – 415 V, 50 Hz

Kiểu máy	Năng suất lạnh kW	Năng suất nhiệt, kW	Kích thước H × W × D	Khối lượng
UATY06KY1	17,7	18,1	1490 × 690 × 1750	230
UATY08KY1	22,0	23,0	1270 × 1600 × 1280	329
UATY09KY1	26,4	26,9	1270 × 1600 × 1280	329
UATY10KY1	31,4	32,1	1490 × 1600 × 1280	344
UATY15KY1	43,9	46,1	1270 × 1980 × 1980	650
UATY18KY1	52,7	54,2	1270 × 1980 × 1980	656
UATY21KY1	61,6	62,8	1490 × 1980 × 1980	686

Đặc điểm của bơm nhiệt là máy nén được bố trí trong cụm dàn lạnh nên tiếng ồn trong phòng lớn, chỉ thích hợp với các phân xưởng sản xuất, cửa hàng thương nghiệp... Khi sử dụng cho điều hoà tiện nghi, cần đặt tủ trong phòng tiêu âm có ống gió tiêu âm để phân phối gió cho phòng điều hoà. Bơm nhiệt này sử dụng van tiết lưu nên phải có van một chiều đi kèm.

6.3.2. Chiller giải nhiệt hai chiều (Bơm nhiệt gió nước ATW)

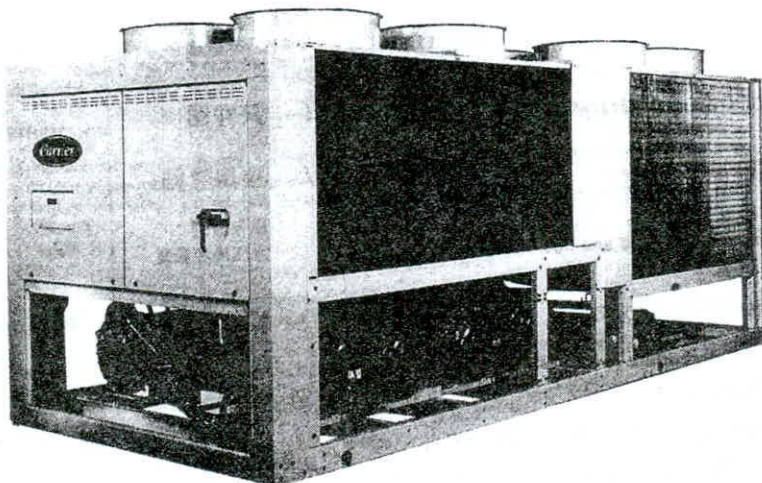
Bơm nhiệt gió nước đầu tiên phải kể đến là các loại chiller giải nhiệt gió hai chiều (Air Cooled Water Chiller heat pump type) rất thông dụng trong điều hòa không khí (gọi tắt là chiller giải nhiệt gió hai chiều). Hình 6.20 và bảng 6.12 giới thiệu chiller giải nhiệt gió 2 chiều kiểu 30DQ 012–070 năng suất lạnh từ $26 \div 182$ kW, năng suất nhiệt từ $27 \div 188$ kW, có một hoặc hai chu trình, van tiết lưu điện tử, điện nguồn 220/380 V/3 pha 50 Hz của Carrier. Hình 6.21 và bảng 6.13 giới thiệu chiller giải nhiệt gió hai chiều kiểu 30DQ 090–120 năng suất lạnh từ $251 \div 390$ kW, năng suất nhiệt từ $250 \div 391$ kW, van tiết lưu điện tử, điện nguồn 220/380 V/3 pha 50 Hz cũng của Carrier. Năng suất lạnh tiêu chuẩn ở nhiệt độ không khí vào dàn ngưng là 35°C và nhiệt độ nước lạnh ra khỏi bình bay hơi là 7°C . Năng suất nhiệt tiêu chuẩn cho trong bảng ở nhiệt độ không khí vào dàn ngoài nhà là 7°C , nhiệt độ ướt 6°C và nhiệt độ nước ra khỏi bình ngưng là 45°C .



Hình 6.20. Chiller giải nhiệt gió hai chiều kiểu 30DQ 012–070

Bảng 6.12. Chiller giải nhiệt gió hai chiều kiểu 30DQ 012–070 năng suất lạnh từ 26 ÷ 182 kW, năng suất nhiệt từ 27 ÷ 188 kW của Carrier

30 DQ	012	014	016	022	026	032	036	050	060	070
Năng suất lạnh, kW	25,5	31,5	39,3	48,4	61,2	73,7	93,7	122,8	147,2	181,5
Năng suất nhiệt, kW	27,4	36,7	41,9	53,7	67,6	78,5	100,4	128,4	145,7	188,2
Khối lượng khí vận hành, kg	340	400	640	810	870	980	1020	1760	1830	1875
Kích thước, dài, rộng, cao, mm	1388 1173 1420	1388 1388 1420	2168 1388 1670	2168 1388 1805	2168 1388 2262	2168 1388 2262	2168 1388 2262	2900 2156 2005	2900 2156 2005	2900 2156 2005
Lượng nạp ga, kg	6,0	6,0	10,0	18,0	18,5	22,0	23,0	28,5	30,0	36,0
Số chu trình	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Số máy nén	1 máy nén kín		1 x 06 máy nén nửa kín					2 x 06 máy nén nửa kín		
Số bậc điều chỉnh năng suất	1	1	1	2	2	2	2	4	4	4
Số quạt gió	1	1	2	2	2	2	2	4	4	4



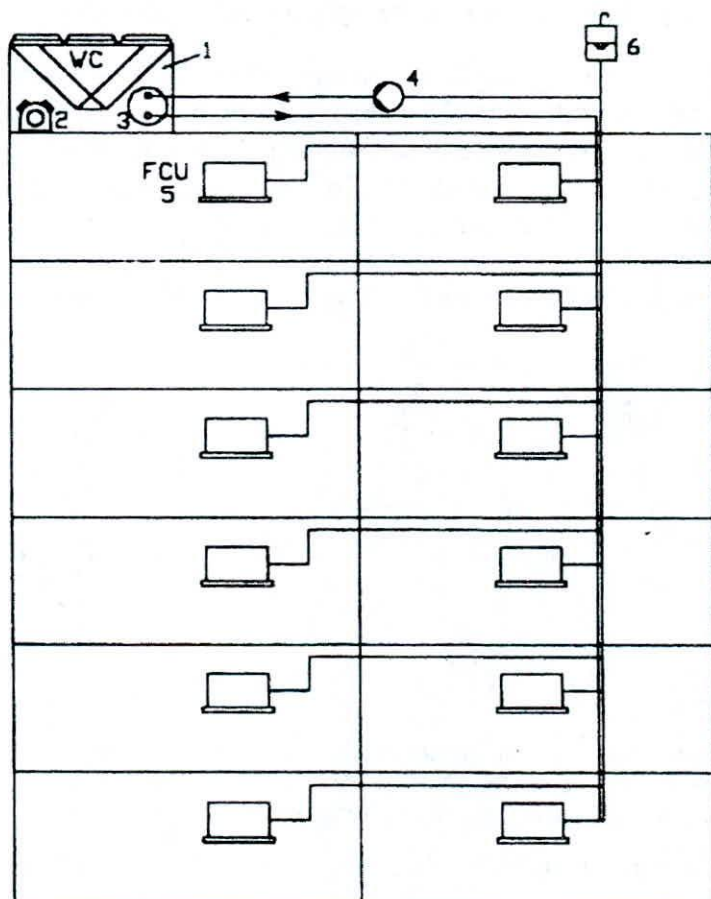
Hình 6.21. Chiller giải nhiệt gió hai chiều kiểu 30DQ 090–120

Bảng 6.13. Chiller giải nhiệt gió hai chiều kiểu 30DQ 090–120 năng suất lạnh từ 251 ÷ 390 kW của Carrier

30 DQ		090	100	120
Năng suất lạnh, kW		251	295	390
Năng suất nhiệt, kW		249	294	391
Khối lượng khí vận hành, kg		3550	3800	4180
Kích thước, Dài x Rộng x Cao, mm		4338 × 2333 × 2471	4338 × 2333 × 2471	5645 × 2333 × 2471
Ga lạnh		R22	R22	R22
Số chu trình		2	2	2
Máy nén	Loại	06E pittông, nửa kín, 24,2 r/s, 1450 r/min		
	Kiểu	2 × 275	2 × 299	2 × 299
		1 × 299	1 × 299	2 × 299
	Bậc điều chỉnh Q _o	6	6	6
Q _{omin} , %		20	33	25
Số quạt gió				
Dàn trao đổi nhiệt gió		Ống xoắn bằng đồng cánh nhôm		
Dàn trao đổi nhiệt nước		Bình trao đổi nhiệt ống chùm		

Hình 6.22 giới thiệu sơ đồ điều hòa với chiller giải nhiệt gió hai chiều với hệ thống nước lạnh/nóng và các FCU, AHU. Ngoài các FCU và AHU, ở nhiều vùng ôn đới còn sử dụng sưởi sàn, sưởi nền bằng các loại ống nhựa dẫn nước nóng cách nhau khoảng nửa mét (xem mục 5.6). Ở các vùng này người ta sử dụng cả loại bơm nhiệt năng suất nhỏ trong gia đình vừa để chuẩn bị nước nóng, vừa để sưởi sàn. Ở các vùng có nhu cầu làm lạnh vào mùa hè thường ít sử dụng loại sưởi sàn do khi làm lạnh sàn có thể bị đọng sương và gây lạnh chân. Tuy nhiên, sân bay Suvanabhumí ở Băng Cốc Thái Lan đã sử dụng sưởi sàn, làm giảm đáng kể dàn lạnh nổi.

Ưu điểm của chiller giải nhiệt gió 2 chiều là kết cấu, vận hành đơn giản. Nhược điểm là công kênh, vận chuyển khó khăn và phải bố trí máy trên tầng thượng, có thể gây rung và ồn cho tòa nhà.



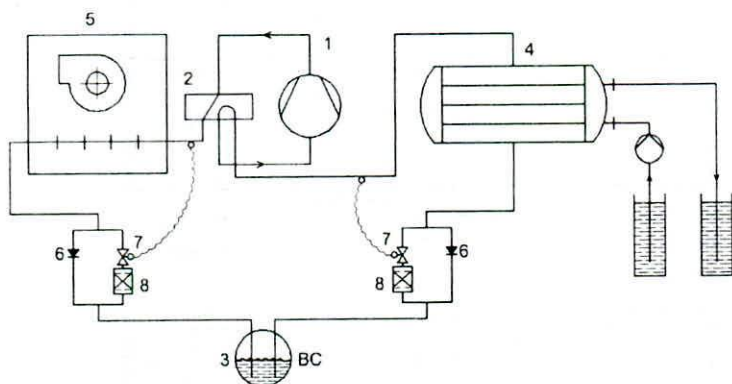
Hình 6.22. Sơ đồ điều hòa với chiller giải nhiệt gió hai chiều
 1– Chiller giải nhiệt gió hai chiều; 2– Máy nén; 3– Bình trao đổi nhiệt nước;
 4– Bơm nước; 5– Dàn FCU; 6– Bình dẫn nở

6.4. MÁY ĐIỀU HÒA HAI CHIỀU GIẢI NHIỆT NƯỚC (BƠM NHIỆT NGUỒN NƯỚC)

Bơm nhiệt nguồn nước thường là loại nguyên cụm, hai chiều nóng lạnh chủ yếu dùng để sưởi ấm mùa đông và làm lạnh mùa hè. Khi chạy sưởi, nước là nguồn nhiệt, còn khi chạy lạnh nước làm nhiệm vụ thải nhiệt (giải nhiệt). Nước cung cấp cho bơm nhiệt khi chạy sưởi có thể sử dụng nước tuần hoàn qua hệ thống ống lắp vào mạng nước thành phố, ao, hồ, sông suối hay đặt ngầm dưới đất nhưng không phải qua tháp giải nhiệt. Lưu lượng nước trong vòng tuần hoàn khoảng $130 \div 190 \text{ m}^3/\text{h}$ cho mỗi kW năng suất lạnh ($36 \div 53 \text{ L/s}$). Khi dùng nước giếng khoan (bơm nhiệt địa nhiệt), lưu lượng nước có thể giảm đi đáng kể.

6.4.1. Máy điều hòa hai chiều WTA (Bơm nhiệt nước gió)

Hình 6.23 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo và làm việc của bơm nhiệt 2 chiều nước gió (xem thêm hình 2.4). Bơm nhiệt nước gió bao gồm các thiết bị cơ bản là máy nén, dàn trao đổi nhiệt gió, dàn trao đổi nhiệt nước, thiết bị tiết lưu cũng như van đảo chiều. Dàn trong nhà là dàn ống xoắn trao đổi nhiệt gió/ga lạnh. Dàn ngoài nhà là bình trao đổi nhiệt nước/ga lạnh. Nếu là loại năng suất nhỏ, gia dụng, chúng thường là dàn ống lồng xoắn trao đổi nhiệt ngược chiều. Nếu là loại năng suất lớn chúng thường là loại trao đổi nhiệt kiểu ống chùm.



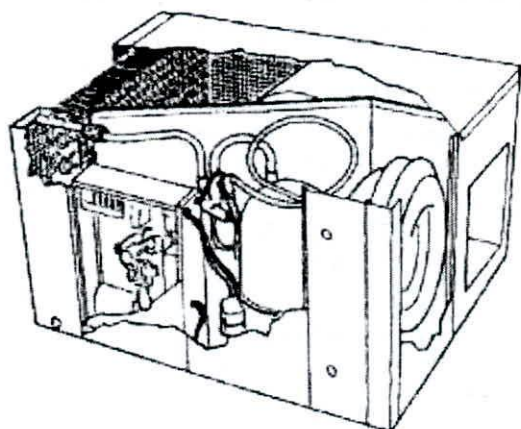
Hình 6.23. Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của bơm nhiệt 2 chiều nước gió WTA
1- Máy nén ; 2 - Van đảo chiều ; 3 - Bình chứa cao áp ; 4 - TĐN ngoài nhà (bay hơi);
5 - TĐN trong nhà (dàn ngưng) ; 6 - Van 1 chiều ; 7 - Van tiết lưu ; 8 - Phin sấy lọc.

Các loại bơm nhiệt WTA gia dụng thường được thiết kế theo hai dạng, ngang và đứng. Loại ngang thường được lắp đặt trên trần hoặc mái, còn dạng đứng thường được lắp đặt trên sàn.

Bơm nhiệt nước gió được sử dụng trong các hệ thống khác nhau như:

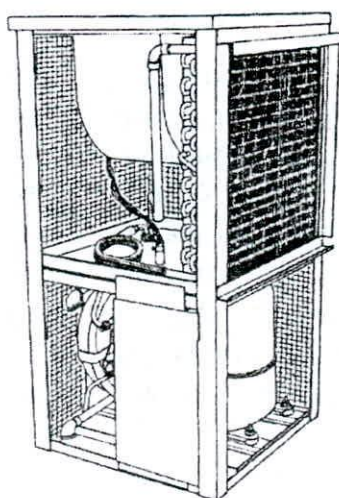
- Hệ thống bơm nhiệt vòng nước;
- Hệ thống bơm nhiệt địa nhiệt vòng nước kín;
- Hệ thống bơm nhiệt địa nhiệt vòng nước hở (nước giếng khoan);
- Hệ thống bơm nhiệt vòng nước kín sử dụng nước mặt (ao, hồ, sông, suối...);
- Hệ thống bơm nhiệt sử dụng nước mặt (ao, hồ, sông, suối...).

Bơm nhiệt nước gió gia dụng, năng suất vừa và nhỏ được ứng dụng nhiều trong thực tế và có nhiều hình dạng kết cấu khác nhau tùy theo thiết kế của nhà sản xuất, nhưng có thể chia ra hai loại chính là kiểu nằm ngang và kiểu đứng. Kiểu nằm ngang hay được lắp trên trần hoặc giấu trần, kiểu đứng được đặt trên sàn như dạng tủ. Hình 6.24 giới thiệu một dạng bơm nhiệt nước gió gia dụng kiểu nằm ngang.



Hình 6.24. Một dạng bơm nhiệt nước gió gia dụng kiểu nằm ngang (xem bảng 6.14)

Dàn gió và quạt được bố trí ở ngăn phía bên trái, block máy nén và dàn nước kiểu ống lồng ống ngược dòng được bố trí ở ngăn phía phải của bơm nhiệt. Hình 6.25 giới thiệu một dạng bơm nhiệt nước gió kiểu đứng của Mỹ đã tháo vỏ.



Hình 6.25. Một dạng bơm nhiệt nước gió kiểu đứng của Mỹ đã tháo vỏ

Dàn gió với quạt được bố trí ở ngăn phía trên còn block máy nén và dàn ngưng dạng ống lồng ống ngược chiều được bố trí ở ngăn phía dưới. Bảng 6.14 giới thiệu một số thông số cơ bản của bơm nhiệt nước gió nằm ngang và đứng của Mỹ.

Bảng 6.14. Một số thông số cơ bản của bơm nhiệt nước gió nằm ngang và đứng của Mỹ

Kiểu	Năng suất lạnh, kW	Kích thước đài x rộng x cao, m	Khối lượng, kg
Nằm ngang	5	0,6 x 0,6 x 0,9	80
Nằm ngang	10	0,8 x 0,8 x 1,2	110
Thẳng đứng	10	1,1 x 0,6 x 0,6	110
Nằm ngang	15	0,9 x 0,8 x 1,2	150
Nằm ngang	40	1,1 x 0,9 x 1,8	330
Nằm ngang	90	1,1 x 1,9 x 1,8	700
Chi tiết hơn phải tham khảo catalog của nhà chế tạo			

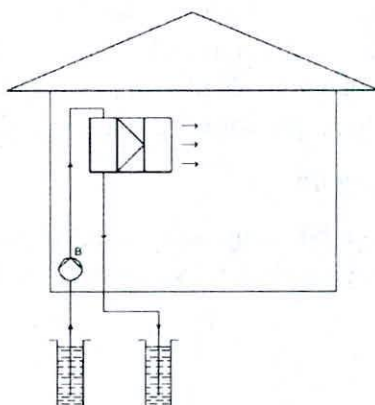
Khả năng ứng dụng của bơm nhiệt nước gió rất đa dạng. Sau đây chúng tôi sẽ lần lượt giới thiệu những khả năng ứng dụng của nó trong kỹ thuật điều hòa không khí dân dụng và thương nghiệp.

6.4.1.1. Nước giếng khoan vòng hở

Bơm nhiệt nước gió gia dụng có thể ứng dụng trong các gia đình một cách đơn giản khi chỉ sử dụng duy nhất nguồn nước giếng để giải nhiệt mùa hè và là nguồn cấp nhiệt cho mùa đông. Như đã phân tích ở mục 6.2, tiết kiệm năng lượng có thể đạt $30 \div 40 \%$ so với máy điều hòa 2 chiều giải nhiệt gió. Hình 6.26 giới thiệu sơ đồ bơm nhiệt gia dụng dùng nước giếng khoan vòng hở. Do nước được bơm từ giếng 1 và xả trở lại giếng 2 nên gọi là vòng hở.

Nước ngầm được bơm từ một giếng khoan cấp cho bơm nhiệt, sau đó được thải ra ao, hồ hoặc thải vào một giếng khoan khác để trở lại nguồn nước ngầm (xem thêm hình 2.16). Đặc điểm của nước ngầm là có nhiệt độ ổn định bằng nhiệt độ trung bình năm của địa phương (ví dụ Hà Nội có nhiệt độ trung bình $24,5^{\circ}\text{C}$ nên nhiệt độ nước ngầm cũng ổn định ở $24,5^{\circ}\text{C}$ suốt cả năm) nên rất thuận lợi cho bơm nhiệt hoạt động cả khi chạy lạnh và khi chạy sưởi với hiệu quả cao hơn hẳn bơm nhiệt nguồn gió. Theo [11], [13], hệ số lạnh và hệ số nhiệt của bơm nhiệt nước ngầm có thể cao hơn bơm nhiệt nguồn gió ở Hà Nội đến 30% nên khả năng tiết kiệm năng lượng là rất lớn. Tuy nhiên cần có những nghiên cứu tiếp theo để có những định hướng và đánh giá bao quát về việc khai thác nước ngầm phục vụ cho bơm nhiệt nước ngầm ví dụ trữ lượng, sự ổn định nguồn nước, tạp chất ảnh hưởng tới bơm nhiệt, vì nước ngầm thay đổi rất nhiều

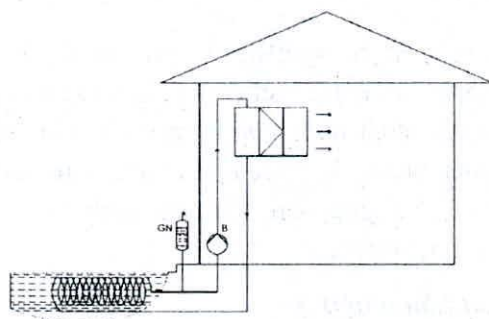
tùy theo từ vùng này đến vùng khác từ mùa hè qua mùa đông và từ mùa khô qua mùa mưa.



Hình 6.26. Sơ đồ bơm nhiệt gia dụng dùng nước giếng khoan vòng hở.

6.4.1.2. Nước mặt vòng kín

Cũng giống sơ đồ ở trên, nhưng khi dùng nước mặt, người ta cho nước đi trong một vòng tuần hoàn kín nên gọi là vòng kín. Hình 6.27 giới thiệu sơ đồ bơm nhiệt nước mặt vòng kín. Ưu điểm của sơ đồ này là nước trong vòng kín đảm bảo độ sạch, không gây han gỉ, đóng cặn, ăn mòn cho thiết bị trao đổi nhiệt của bơm nhiệt. Nhược điểm là hiệu nhiệt độ trao đổi nhiệt tăng lên và hiệu quả năng lượng COP giảm.



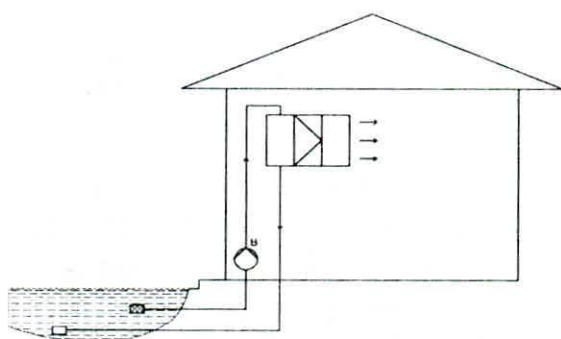
Hình 6.27. Sơ đồ bơm nhiệt WTA nước mặt vòng kín (GN– Bình dẫn nóng)

Bơm nhiệt nước mặt là bơm nhiệt sử dụng nước bề mặt của ao, hồ, sông, suối gần đó như là nguồn nhiệt khi chạy sưởi và giải nhiệt khi chạy lạnh. Sau khi đi qua bơm nhiệt (nước sẽ nóng lên khoảng 5 K khi chạy lạnh hoặc sẽ lạnh đi cũng khoảng 5 K khi chạy sưởi), rồi được đưa quay về nguồn nước. Để đảm bảo thiết bị trao đổi nhiệt nước của bơm nhiệt không bị han gỉ, đóng cặn, lắng

bùn, người ta cho nước tuần hoàn đi trong vòng tuần hoàn kín bằng dàn ống xoắn đặt ngay dưới bề mặt nước như hình trên biểu diễn. Khi đó phải chấp nhận tổn thất trao đổi nhiệt tăng lên vì quá trình trao đổi nhiệt phải thực hiện qua hai bước là trao đổi nhiệt nước mặt/nước tuần hoàn và sau đó là trao đổi nhiệt nước tuần hoàn/ga lạnh. Cả hai dàn trao đổi nhiệt cần được thiết kế chính xác để đảm bảo bơm nhiệt hoạt động hiệu quả với năng suất lớn nhất.

6.4.1.3. Nước mặt vòng hở

Khi lấy nước mặt từ ao, hồ, sông, suối... cấp trực tiếp cho bơm nhiệt, sẽ gọi là bơm nhiệt nước mặt vòng hở. Hình 6.28 giới thiệu sơ đồ bơm nhiệt WTA nước mặt hồ.



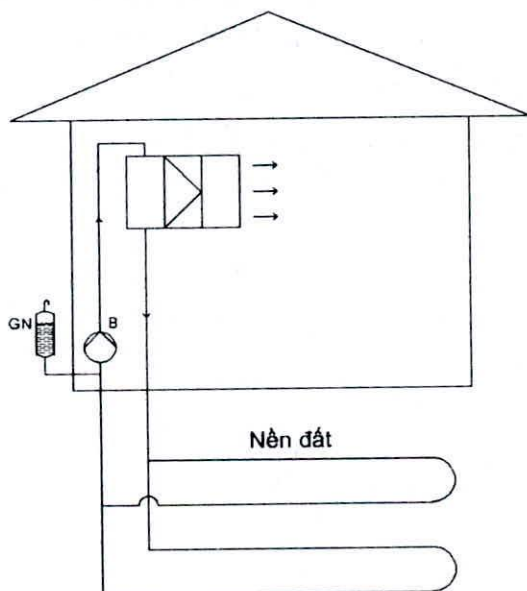
Hình 6.28. Sơ đồ bơm nhiệt WTA nước mặt hồ.

Bơm nhiệt nước mặt hở có nguyên tắc cấu tạo và hoạt động giống như bơm nhiệt nước mặt vòng kín. Khác biệt cơ bản là nước mặt được bơm trực tiếp vào thiết bị TĐN trao đổi nhiệt nước của bơm nhiệt. Ưu điểm là không bị tổn thất hai lần trao đổi nhiệt nhưng do nước mặt không đảm bảo chất lượng nên có thể gây han gỉ, đóng cặn và lắng bùn nên phải định kỳ vệ sinh, tẩy rửa, bảo dưỡng thiết bị trao đổi nhiệt nước.

6.4.1.4. Nguồn đất (địa nhiệt)

Bơm nhiệt nguồn đất (còn được gọi là bơm nhiệt địa nhiệt GSHP – Ground Source HP) được sáng chế lần đầu tiên tại Thụy Điển vào năm 1912 và đã trở thành loại công nghệ bảo vệ môi trường có hiệu quả năng lượng cao cho thế kỷ 21. Bơm nhiệt nguồn đất đã được lắp đặt ở nhiều quốc gia phát triển ở châu Âu và Mỹ cho mục đích sưởi ấm, làm mát và đun nước nóng vì hiệu quả kinh tế cao của nó. Bơm nhiệt nguồn đất chia làm 2 loại là nước gió và nước nước. Nước gió thường là loại năng suất nhỏ và trung bình

sử dụng cho gia đình còn loại nước nước có thêm loại lớn và rất lớn phục vụ cho các tòa nhà cao tầng văn phòng, khách sạn hoặc các trung tâm thương mại thể thao lớn. Bơm nhiệt nguồn đất sẽ được đề cập tới ở phần bơm nhiệt WTW nguồn đất. Hình 6.29 giới thiệu sơ đồ bơm nhiệt WTA nguồn đất.



Hình 6.29. Sơ đồ bơm nhiệt WTA nguồn đất

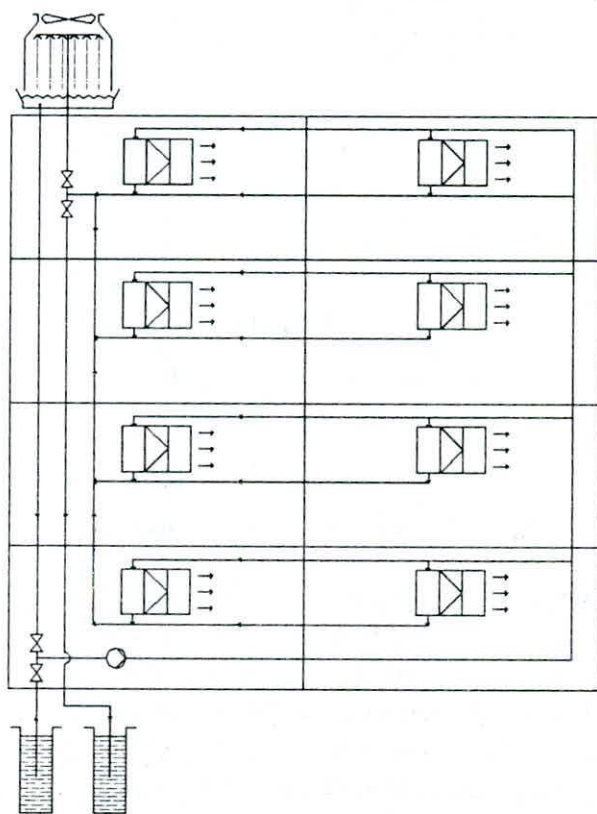
Bơm nhiệt nguồn đất có nguyên tắc cấu tạo và hoạt động giống như bơm nhiệt nước mặt vòng kín. Khác biệt cơ bản là dàn trao đổi nhiệt ngoài không phải ngâm dưới nước mà được chôn sâu dưới đất thành dàn trao đổi nhiệt đất/nước. Dàn trao đổi nhiệt này có thể là những ống xoắn đặt nằm ngang dưới mặt đất chừng $1,0 \div 1,5\text{m}$ hoặc bố trí theo chiều đứng theo những mũi khoan nếu diện tích mặt bằng không đủ rộng. Thiết kế dàn trao đổi nhiệt đất đòi hỏi phải có kiến thức sâu rộng về nhiều vấn đề như khí hậu, công trường, nhiệt độ đất, độ ẩm đất cũng như những đặc tính nhiệt của trao đổi nhiệt đất/nước.

Do nguồn nước cấp cho bơm nhiệt có nhiệt độ rất khác nhau nên nhiệt độ bay hơi cũng khác nhau. Bởi vậy có nhiều tiêu chuẩn khác nhau để tính năng suất lạnh và năng suất nhiệt tiêu chuẩn như Tiêu chuẩn ARI 320, ARI 325, ARI 330 và ARI 325, ở đây không đi sâu giới thiệu.

6.4.1.5. Ứng dụng cho chung cư cao tầng

Hình 6.30 giới thiệu sơ đồ bơm nhiệt gió nước WTA gia dụng có thể ứng dụng cho các khu chung cư cao tầng, khách sạn, bệnh viện, văn phòng. Như đã

trình bày, tải sưởi ở Hà Nội, chỉ bằng 1/9 tải lạnh. Mùa đông phải sử dụng nước giếng để cấp nhiệt sưởi. Mùa hè sử dụng tháp giải nhiệt để giải nhiệt ngưng tụ. Trong trường hợp tải lạnh lớn, tháp giải nhiệt quá tải, có thể sử dụng thêm nước giếng khoan để giải nhiệt bổ sung. Ưu điểm là việc lắp đặt bơm nhiệt không ảnh hưởng đến kiến trúc bên ngoài của tòa nhà, khả năng bố trí máy linh hoạt và có khả năng tính tiền điện riêng biệt rất thích hợp với các khu chung cư và văn phòng nhỏ (xem sơ đồ mục 6.2.5).



Hình 6.30. Sơ đồ nguyên lý cấu tạo và làm việc của hệ máy điều hòa phòng 2 chiều, giải nhiệt nước bằng tháp giải nhiệt mùa hè và sưởi bằng nước giếng vào mùa đông.

6.4.1.6. Thiết bị của bơm nhiệt WTA

a) Máy nén

Cũng giống như các loại bơm nhiệt khác, máy nén có thể là loại một hoặc nhiều tốc độ, một pha hoặc ba pha, có thể là loại pittông, trục vít, rôto hoặc xoắn ốc, có thể bố trí một hoặc nhiều máy nén cho một hệ thống. Máy nén cần được bảo vệ về cơ điện, đặc biệt bảo vệ khi nhiệt độ hút quá cao.

b) Hệ thống phân phối gió trong nhà

Các bơm nhiệt nguyên cụm thường là dạng dàn quạt hướng trực thổi trực tiếp không ống gió. Một số hệ thống lớn hơn có thể có ống gió phân phối với quạt ly tâm gắn động cơ trực tiếp. Các hệ thống phân phối gió lớn hơn sử dụng quạt ly tâm truyền động đai.

c) Thiết bị trao đổi nhiệt gió phía trong nhà

Trao đổi nhiệt gió trong nhà là loại dàn ống xoắn bằng đồng có cánh tản nhiệt bằng nhôm. Các lõi của ống xoắn và thông số kỹ thuật phải đảm bảo vận hành hiệu quả theo cả hai chiều, là dàn bay hơi khi chạy lạnh và dàn ngưng tụ khi chạy sưởi.

d) Thiết bị trao đổi nhiệt nước phía ngoài nhà

Trao đổi nhiệt nước phía ngoài nhà đối với bơm nhiệt năng suất nhỏ thường là loại ống lồng ống ngược chiều, đối với loại trung và loại lớn là bình ống chùm hoặc trao đổi nhiệt kiểu tấm. Trao đổi nhiệt phải vận hành theo cả hai chiều là bình ngưng khi chạy lạnh và bình bay hơi khi chạy sưởi, nên phải có thiết kế đặc biệt cho phía ga lạnh. Vật liệu chế tạo thông thường là đồng và thép. Tốt nhất chỉ cho nước tiếp xúc với các bề mặt bằng đồng. Có thể dùng hợp kim đồng niken thay thế cho đồng khi sử dụng nước mặn, nước lợ hoặc nước có tính ăn mòn cao. Các loại trao đổi nhiệt kiểu tấm bằng thép không gỉ cũng hay được sử dụng để thay thế cho các vật liệu đặc biệt.

e) Thiết bị tiết lưu

Do bơm nhiệt có thể làm việc ở các nhiệt độ bay hơi rất khác nhau bởi các nguồn nước khác nhau nên phải chọn thiết bị tiết lưu phù hợp cho từng ứng dụng cụ thể. Ví dụ các bơm nhiệt nguồn nước theo tiêu chuẩn ARI 320 vận hành với nhiệt độ nước tương đối ổn định nên thường dùng ống mao. Các bơm nhiệt theo tiêu chuẩn 325 và 330 thường phải sử dụng van tiết lưu nhiệt thậm chí van tiết lưu điện tử để cải thiện hiệu quả năng lượng khi nhiệt độ nước thay đổi trong một phạm vi rộng.

f) Các thiết bị khác

Van đảo dòng bốn ngã cũng tương tự như của bơm nhiệt nguồn gió. Bảng điều khiển của bơm nhiệt nguyên cụm gồm các nút vận hành chạy lạnh, chạy sưởi và các role điều chỉnh nhiệt độ như máy điều hòa nhiệt độ hai chiều thông thường

g) Một số nét đặc biệt

Thiết bị trao đổi nhiệt quá nhiệt. Đây là thiết bị trao đổi nhiệt giữa nước và hơi quá nhiệt lắp trên đường đẩy máy nén để đun nước nóng cho căn hộ hoặc tòa nhà.

Điều chỉnh năng suất. Sử dụng tổ hợp nhiều máy nén, máy nén có thể điều chỉnh được tốc độ vòng quay (máy nén với động cơ có vòng dây riêng biệt, động cơ Dahlander, máy nén biến tần hoặc máy nén kỹ thuật số...), hoặc phương pháp xả ngược hơi nóng về phía hút.

Lưu lượng gió thay đổi (VAV– Variable Air Volume). Có thể tiết kiệm năng lượng cho quạt khi điều chỉnh tốc độ quạt, thay đổi lưu lượng gió để điều chỉnh năng suất.

Van điều chỉnh nước tự động. Sử dụng van điều chỉnh nước tự động để có thể điều chỉnh lưu lượng tối ưu và khóa đường nước khi máy nén ngừng nhằm tiết kiệm nước.

Tiết kiệm năng lượng từ gió trời. Khi chạy lạnh mùa hè nước dùng để giải nhiệt, nhưng trong mùa thu và mùa xuân, nhiệt độ ngoài trời đôi khi xuống thấp hơn nhiệt độ yêu cầu trong phòng, khi đó có thể dùng gió trời để điều hòa cho phòng. Lưu lượng gió tươi có thể bật hết cỡ, đối với loại thông gió thu hồi nhiệt phải bật ở chế độ đi tắt (bypass). Người Việt Nam ưa nóng nên khi nhiệt độ ngoài trời giảm xuống $25 \div 26\text{ }^{\circ}\text{C}$, thậm chí $27 \div 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ thì chỉ cần mở hết cửa sổ đón gió trời chứ không cần chạy lạnh như ở Nhật hoặc các nước phương Tây. Ở đó người ta chạy lạnh cả khi nhiệt độ ngoài trời xuống đến $23\text{ }^{\circ}\text{C}$, thậm chí $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ [37], [38].

Tiết kiệm năng lượng từ phía nước. Trong mùa đông, khi nhiệt độ nguồn nước lớn hơn nhiệt độ yêu cầu trong phòng, có thể dùng bơm nhiệt và sử dụng trực tiếp nguồn nước để sưởi phòng. Khi đó phải có bố trí dàn quạt riêng cho nguồn nước phía trong nhà. Ví dụ, nước giếng khoan tại Hà Nội có nhiệt độ ổn định cả năm là $24,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, nếu dùng dàn trao đổi nhiệt đủ lớn có thể làm mát phòng vào mùa hè và sưởi ấm vào mùa đông, khi yêu cầu nhiệt độ phòng mùa hè khoảng $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ và mùa đông khoảng $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Một ví dụ khác là ở một số vùng ở Mỹ, nhiệt độ nguồn nước ngầm là $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ nên vào mùa hè chỉ cần bơm nước ngầm lên để làm lạnh phòng nếu cần. Mùa hè nóng bức năm 1905, Carrier đã bơm nước giếng khoan có nhiệt độ $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ vào dàn sưởi (vốn dùng để sưởi bằng nước nóng trong mùa đông), để làm mát phòng. Đó cũng chính là một trong những phát minh đầu tiên của lịch sử kỹ thuật điều hòa không khí.

6.4.2. Chiller giải nhiệt nước WTW (Bơm nhiệt nước nước)

6.4.2.1. Đặc điểm cấu tạo và ứng dụng

Bơm nhiệt nước nước đã được giới thiệu trên hình 2.17 và 2.18. Thực chất đây là máy làm lạnh nước giải nhiệt nước 2 chiều theo cách gọi trong kỹ thuật điều hòa không khí, có thể gọi tắt là chiller giải nhiệt nước 2 chiều (xem thêm hình 6.5). Bơm nhiệt nước nước thường được chế tạo thành tổ hợp nguyên cụm. Chiller giải nhiệt nước thường dùng ở Việt Nam là loại một chiều lạnh và được sử dụng với tháp giải nhiệt. Ngoài việc làm lạnh mùa hè và sưởi ấm mùa đông, bơm nhiệt loại này có thể dùng để đun nước nóng cho các mục đích khác nhau như nước nóng sinh hoạt, tẩy rửa hoặc nước nóng công nghệ.

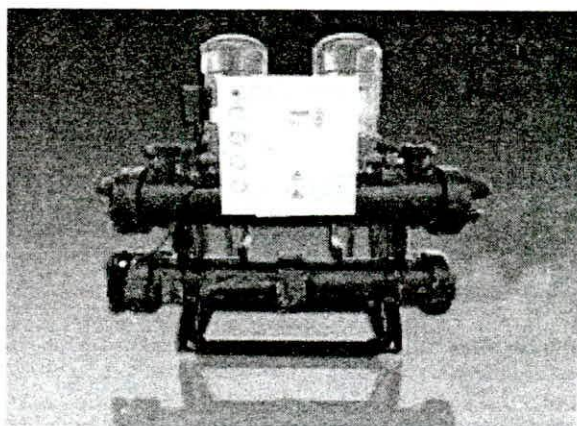


Hình 6.31. Một loại bơm nhiệt nước nước gia dụng của hãng Alibaba

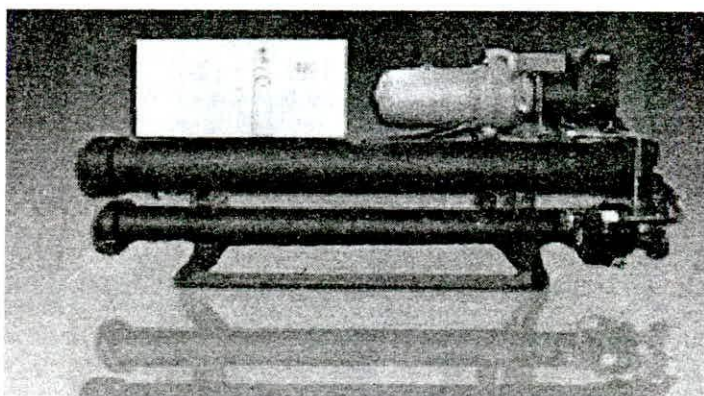
Bơm nhiệt nước nước được chia nhiều loại theo các đặc điểm như theo năng suất (nhỏ, vừa và lớn), theo nhiệt độ nước nóng ra (thấp, trung bình, cao), theo các đặc điểm chế tạo (môi chất, kiểu máy nén, kiểu thiết bị trao đổi nhiệt ngưng tụ và bay hơi), theo khả năng điều chỉnh năng suất nhiệt, phạm vi làm việc hoặc dải nhiệt độ làm việc của bơm nhiệt.

Bơm nhiệt nước nước cũng có thể làm việc với các nguồn nước khác nhau như nước giếng khoan, nước mặt và nước ngầm hay địa nhiệt, vòng kín hay vòng hở. Hình 6.31 giới thiệu một loại bơm nhiệt nước nước gia dụng của Alibaba.

Hình 6.32 và 6.33 giới thiệu bơm nhiệt nước nước công nghiệp máy nén xoắn ốc (scroll) và máy nén trực vít cũng của Alibaba.



Hình 6.32. Bơm nhiệt nước công nghiệp máy nén xoắn ốc.



Hình 6.33. Bơm nhiệt nước công nghiệp máy nén trục vít.

6.4.2.2. Đánh giá hiệu quả năng lượng của bơm nhiệt nguồn đất

So với hệ thống ĐHKK truyền thống thì hệ thống bơm nhiệt nguồn đất, nguồn nước ngầm hoặc nước giếng khoan có đầu tư ban đầu cao hơn nhưng chi phí vận hành lại thấp hơn. Một tính toán cho thấy trung bình mỗi năm hệ thống này tiết kiệm được khoảng từ $30 \div 60\%$ năng lượng sơ cấp. Hệ thống bơm nhiệt nguồn đất sử dụng tiết kiệm điện hơn hệ thống ĐHKK truyền thống từ $25 \div 50\%$. Hệ thống bơm nhiệt nguồn đất tiết kiệm được 44% năng lượng so với bơm nhiệt nguồn gió và 72% so với sưởi ấm dùng điện và các thiết bị điều hoà truyền thống khác. Ở những nơi sử dụng khí đốt thiên nhiên thì hệ thống bơm nhiệt nguồn đất tiết kiệm được 60% giá thành so với sử dụng nồi hơi để sưởi ấm, và ở những nơi sử dụng nhiên liệu hoá thạch thì hệ thống bơm nhiệt nguồn đất tiết kiệm được 30% giá thành.

a) Ưu điểm của bơm nhiệt nguồn đất

– *Tiết kiệm năng lượng, giảm chi phí vận hành.* Khả năng tiết kiệm năng lượng và giảm chi phí vận hành của công nghệ bơm nhiệt nguồn đất là không thể phủ nhận. Lấy ví dụ hệ thống ĐHKK trung tâm nước/đất của tỉnh Sơn Đông – Trung Quốc sau một năm vận hành đã thu được một kết quả khả quan, đạt giá trị COP khá cao. Chi tiết số liệu được trình bày trong bảng 6.15.

Bảng 6.15. Số liệu về hiệu suất vận hành của hệ thống bơm nhiệt nguồn đất tại tỉnh Sơn Đông – Trung Quốc tháng 6/2000

	Mùa hè, °C		Mùa đông, °C	
Nhiệt độ nước lạnh vào/ra	9	15	50	40
Nhiệt độ nước ngầm vào/ra	15	24	15	9
Nhiệt độ không khí trong phòng	26	22	> 20	
COP	4.37	3.13	3,49	2,72

Một ví dụ về khả năng tiết kiệm năng lượng và giảm chi phí của hệ thống bơm nhiệt nguồn đất là toà nhà Beijing Concordia được lắp đặt hệ thống bơm nhiệt nguồn đất. Theo kết quả điều tra phân tích năm 2002, các số liệu về giá thành đầu tư ban đầu và chi phí vận hành được thể hiện trong bảng 6.16.

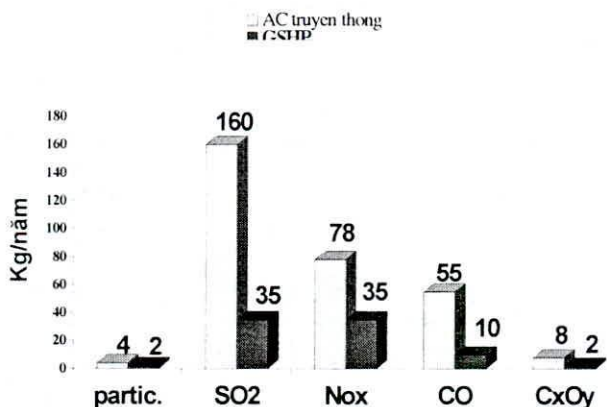
Bảng 6.16. Đầu tư ban đầu và chi phí vận hành trong một năm của hệ thống bơm nhiệt nguồn đất so với một hệ thống ĐHKK truyền thống

Các mục	Hệ thống bơm nhiệt nguồn đất		Hệ thống ĐHKK truyền thống	
	Đơn vị giá USD/m ²	Tổng giá USD	Đơn vị giá USD/m ²	Tổng giá USD
Giá thiết bị	27,0	1900000	26,46	1850000
Giá động cơ	16,4	1150000	17,76	1240000
Tổng đầu tư	43,5	3050000	44,22	3100000
Giá vận hành sưởi	1,6	181353	3,63	318968
Giá vận hành lạnh	1,0	90374	1,72	151,026
Chi phí cho không gian đặt thiết bị	302	45308	302	105719

Theo số liệu trong bảng 6.16 ta nhận thấy giá thành đầu tư ban đầu của hệ thống bơm nhiệt nguồn đất cao hơn so với hệ thống ĐHKK truyền thống, nhưng giá thành vận hành lại thấp hơn vì thế tổng giá thành cho diện tích điều hòa tính trên 1 m^2 của hệ thống bơm nhiệt nguồn đất (45.308 USD) lại có giá trị thấp hơn hệ thống ĐHKK truyền thống (105.719 USD).

– *Thân thiện với môi trường.* Hệ thống ĐHKK địa nhiệt nói riêng và các hệ thống sử dụng nguồn năng lượng địa nhiệt nói chung đều là các giải pháp thân thiện với môi trường, vì nó hạn chế được đáng kể lượng khí thải độc hại vào môi trường, nguồn nhiệt năng của nước ngầm là vô tận và có tác động gần như vô hại đến môi trường. Khi sử dụng hệ thống bơm nhiệt nguồn đất có thể giảm sự ô nhiễm môi trường tới 40 % so với hệ thống bơm nhiệt nguồn gió và giảm 70 % so với thiết bị gia nhiệt bằng điện [39]. Theo số liệu của 3 dự án bơm nhiệt nguồn đất thực hiện tại Bắc Kinh – Trung Quốc hiệu quả mang lại như sau: giảm lượng Sunfur dioxit (SO_2) 11,2 tấn mỗi năm, giảm lượng Cacbon monoxit (CO) và Cacbon dioxit (CO_2) 473 tấn mỗi năm, giảm lượng phát thải hạt bụi trong không khí 41 tấn mỗi năm, giảm lượng chất thải bã 176 tấn mỗi năm [40].

Hình 6.34 giới thiệu so sánh các lượng phát thải khí độc hại giữa hệ thống bơm nhiệt nguồn đất và một hệ thống ĐHKK truyền thống tương đương dùng nhiên liệu dầu. Kết quả được nghiên cứu tại phòng thí nghiệm của nhà máy UEG, Wetzlar CHLB Đức [41].



Hình 6.34. So sánh các lượng phát thải khí độc hại giữa hệ thống bơm nhiệt nguồn đất (cột màu sẫm – GSHP: Ground Source Heat Pump) và một hệ thống ĐHKK truyền thống tương đương dùng nhiên liệu dầu (cột màu sáng)

Qua hình 6.34 ta thấy các chất độc hại đã giảm đi đáng kể khi sử dụng bơm nhiệt nguồn đất. Ngoài ra hệ thống bơm nhiệt nguồn đất còn có những ưu điểm như:

– Vận hành êm hơn các hệ thống khác;

- Dòng không khí ổn định hơn;
- Giảm thiểu sự phát tán vi khuẩn và virus gây bệnh trong không gian điều hoà;
- Giảm thiểu khả năng gây cháy nổ do rò rỉ ga;
- Đáp ứng được các yêu cầu công nghệ đòi hỏi nhiệt độ ngưng tụ cao hoặc nhiệt độ bay hơi thấp;
- Chi phí cho một đơn vị lạnh rẻ hơn nhiều so với các phương pháp ĐHKK truyền thống khác;
- Sử dụng nguồn năng lượng sạch, có khả năng tái tạo và bền vững.

b) Nhược điểm

Bên cạnh những ưu điểm mang lại thì hệ thống này cũng tồn tại những nhược điểm cần được khắc phục như:

- Chi phí cho lắp đặt cao và đòi hỏi kỹ thuật cao;
- Cần nhiều sự chuẩn bị về thăm dò địa chất, nguồn nước và những tính toán kỹ lưỡng cho đường ống đặt ngầm dưới đất trước khi lắp đặt hệ thống;
- Cần thực hiện các biện pháp chống han gỉ đối với các thiết bị trao đổi nhiệt đặt trực tiếp trong lòng đất hoặc tiếp xúc trực tiếp với nước giếng khoan;
- Sau một thời gian sử dụng đối với các hệ thống lớn có nhu cầu về tải lạnh và tải nhiệt không cân bằng nhau sẽ làm thay đổi nhiệt độ của lòng đất nơi đặt thiết bị. Khi đó cần sử dụng các thiết bị lai ghép khác để khắc phục.

6.4.2.3. Khả năng ứng dụng bơm nhiệt nguồn đất tại Hà Nội

a) Điều kiện địa hình và yêu cầu kỹ thuật của công nghệ bơm nhiệt nguồn đất

Đối với mỗi loại hệ thống bơm nhiệt nguồn đất sẽ có một đặc điểm về điều kiện địa hình và kỹ thuật nhất định.

Những vùng có lớp địa chất là đá cuội và sỏi cứng trên diện rộng sẽ không phù hợp với loại hệ thống ống nằm ngang hoặc thẳng đứng, vì khi đó chi phí cao và mất nhiều thời gian để lắp đặt hệ thống trao đổi nhiệt dưới lòng đất. Loại đất này có thể khắc phục bằng cách sử dụng hệ thống ống đặt ngập trong ao hồ ở những nơi sẵn có tầng nước mặt, hoặc sử dụng hệ thống giải nhiệt bằng nước giếng khoan.

Những vùng có lớp đất mềm ít đá và sỏi sẽ dễ dàng cho lắp đặt các hệ thống có ống nằm ngang và thẳng đứng. Với hai loại này thì việc đảm bảo về các thông số hình dáng, kích thước, vật liệu làm đường ống cần phải được tuân thủ nghiêm ngặt. Hoạt động thăm dò địa chất, bảo quản đường ống tránh bị gỉ sét là một trong những yêu cầu cần được thực hiện chính xác.

b) Những thuận lợi và khó khăn

Về khí hậu Hà Nội: theo báo cáo của Viện Địa chất Sở KH&CN Hà Nội [42], Hà Nội thuộc vùng có khí hậu nhiệt đới gió mùa với hai mùa chủ yếu trong năm là mùa mưa nóng và mùa khô lạnh đặc trưng cho khí hậu đồng bằng và trung du Bắc Bộ.

Theo kết quả nghiên cứu địa nhiệt, tầng trung hòa nhiệt độ dưới đất ở Hà Nội có độ sâu phân bố $10 \div 15$ m, nhiệt độ ổn định $24 \div 25$ °C. Những số liệu phân tích trên cho phép đưa ra một số nhận định về điều kiện sử dụng nguồn nhiệt đất (nhiệt độ ở tầng thường ôn) cho mục đích điều hòa không khí bằng công nghệ bơm nhiệt nguồn đất tại Hà Nội:

– Thời gian có nhu cầu làm mát, khi nhiệt độ không khí cao tuyệt đối hơn 25 °C có ở tất cả các tháng trong năm. Có thể đánh giá tương đối chính xác số ngày có nhu cầu điều hòa không khí trong năm lên đến 240 ngày.

– Thời gian có nhu cầu sưởi ấm, khi nhiệt độ không khí thấp tuyệt đối nhỏ hơn 15 °C chủ yếu vào thời gian từ tháng 12 đến tháng 2 năm sau và số ngày có nhu cầu điều hòa sưởi ấm trong năm cũng đáng kể.

Như vậy, nhu cầu làm mát và sưởi ấm của Hà Nội là rất lớn, việc giải nhiệt bình ngưng và cấp nhiệt dàn bay hơi nếu thực hiện bằng không khí ngoài trời sẽ kém hiệu quả hơn vì nhiệt độ ngoài trời của khí hậu Hà Nội là cao vào mùa hè và thấp vào mùa đông. Điều này sẽ được khắc phục nếu sử dụng nguồn nhiệt địa nhiệt thay cho không khí bên ngoài.

Về nguồn nước: Hà Nội là thành phố gắn liền với những dòng sông, trong đó sông Hồng là lớn nhất. Sông Hồng bắt nguồn từ dãy Ngụ Sơn (Trung Quốc) ở độ cao 1.776 m, lưu lượng chảy lớn nhất là 12.700 m³/s, tốc độ lớn nhất 2,08 m/s. Lượng chất lơ lửng lớn nhất 13.200 kg/s hoặc 1,04 kg/m³ nước (14/7/2001). Mức nước trung bình lớn nhất 10,81 m (1998), mức nước thấp nhất 2,83 m (1/2004), mức nước trung bình cả thời kỳ 5,76 m. Sông Đuống là một chi lưu của sông Hồng có lưu lượng nước và tốc độ dòng chảy cũng khá lớn. Ngoài ra Hà Nội còn có các sông: sông Cà Lồ, sông Tô Lịch, sông Kim Ngưu, sông Nhuệ, sông Lừ, sông Sét.

Theo quan trắc ở trạm khí tượng Láng – Hà Nội từ năm 1990 đến 2008, lượng mưa hàng năm từ 1.144 ÷ 2.536 mm, bình quân 1.605 mm thuộc vào loại trung bình trong cả nước. Tuy nhiên, lượng mưa không phân bố đều theo thời gian trong năm mà tập trung vào mùa mưa. Do lượng mưa cũng tương đối cao nên Hà Nội có nguồn nước ngầm cũng tương đối phong phú. Tuy nhiên cần một nghiên cứu cụ thể về bản đồ địa chất các nguồn nước ngầm và cách khai thác sử dụng. Khả năng sử dụng nguồn nước mặt như ao, hồ, sông, suối vào điều hòa không khí là rất hạn chế do những yêu cầu của phương án này như: quỹ nước mặt và những tiêu chuẩn về độ sạch, độ an toàn còn hạn chế và việc

thì công hệ thống bị thu hẹp tại những nơi có khả năng cung cấp nguồn nước như phải gần sông, hồ.

Đối với phương án nguồn địa nhiệt là lòng đất, phương án này cũng có tính khả thi chưa cao vì việc đào bới và lắp đặt các thiết bị trao đổi nhiệt xuống độ sâu hàng trăm mét tại một thành phố đông dân và hạn chế về quỹ đất như Hà Nội là rất khó.

Trong các giải pháp đưa ra cung cấp các phương án cấp nhiệt từ nguồn đất thì phương án sử dụng nước giếng khoan như một nguồn nhiệt ổn định là có tính khả thi nhất vì các lý do sau:

- Nước giếng khoan dễ dàng khai thác trên phạm vi rộng rãi toàn thành phố và có thể thực hiện khai thác ngay tại các hộ dân đơn lẻ;
- Nước giếng khoan ở độ sâu tại lớp thường ôn tại Hà Nội (cách mặt đất $10 \div 15$ m) có nhiệt độ khá ổn định $24 \div 25$ °C;
- Nước giếng khoan có chi phí lắp đặt thấp.

Vì các lý do đó mà phương án sử dụng nguồn địa nhiệt chúng tôi đưa ra ở đây là nguồn nước giếng khoan.

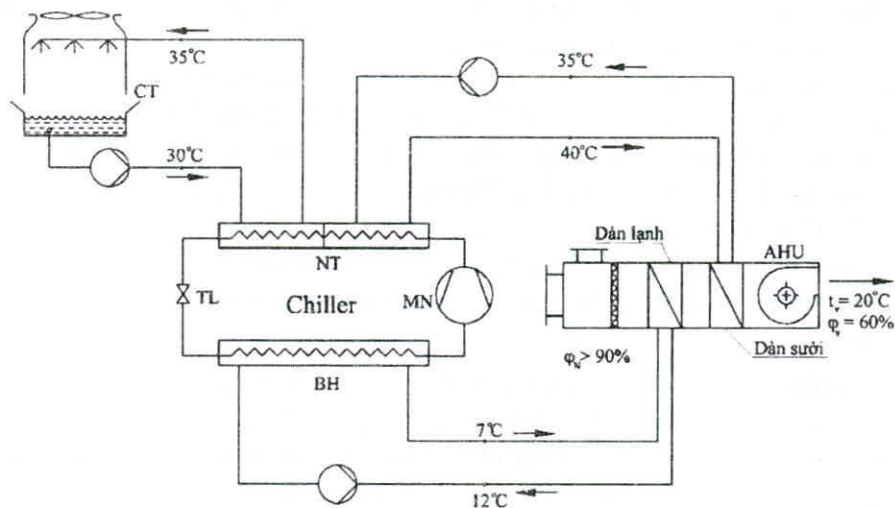
Do tiết kiệm năng lượng đang trở thành những tiêu chí hàng đầu của các ngành công nghiệp, nên các hoạt động nghiên cứu tương tự như bơm nhiệt nguồn đất cần được các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu và được sự ủng hộ của toàn xã hội.

Việc nghiên cứu và đưa hệ thống bơm nhiệt nguồn đất vào thực tế không chỉ với mục đích tiết kiệm năng lượng sơ cấp mà mục đích chính và to lớn hơn là nó xây dựng một công nghệ có khả năng khai thác nguồn năng lượng mới, sạch, có khả năng tái tạo và bền vững tạo điều kiện cho nền kinh tế phát triển vững mạnh lâu dài.

6.5. MÁY ĐIỀU HÒA THU HỒI NHIỆT

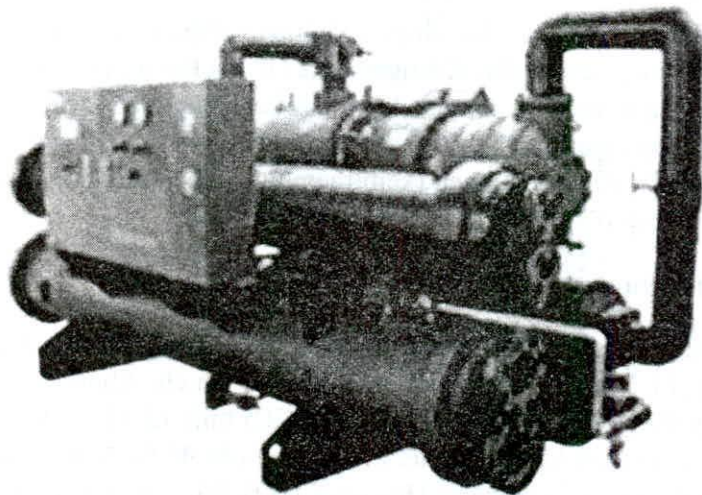
6.5.1. Máy điều hòa 3 chức năng

Máy điều hòa thu hồi nhiệt (heat recovery) là một dạng của bơm nhiệt kết hợp nóng lạnh (hệ VRV thu hồi nhiệt đã được mô tả chi tiết ở tài liệu [35]). Nhiệt thu hồi ở đây được hiểu là nhiệt ngưng tụ, đáng lẽ xả bỏ vào môi trường thì được nghiên cứu và tổ chức thu hồi toàn bộ hoặc một phần để tái sử dụng như để hút ẩm, sấy sưởi hay đặc biệt là đun nước nóng... Hình 6.35 giới thiệu máy điều hòa 3 chức năng làm lạnh sưởi ẩm và hút ẩm. Vậy các máy điều hòa 1 hoặc 2 chiều thông thường có chức năng hút ẩm khác máy điều hòa 3 chức năng như thế nào.



Hình 6.36. Một giải pháp thiết kế hệ thống điều hòa trung tâm lớn cho sân bay T1 Nội Bài có thu hồi nhiệt để khử ẩm cho không khí

Qua hình trên, ta nhận thấy mức nhiệt độ của nước thu hồi nhiệt cao hơn nhiệt độ nước qua tháp giải nhiệt là 5 K. Đạt được mức nhiệt độ đó là do cấu tạo đặc biệt của bình ngưng với phần hồi nhiệt là phần nhận nhiệt trực tiếp từ máy nén ra. Theo yêu cầu sử dụng cụ thể, phần này có thể nhiều hoặc ít, ví dụ chiếm 50 hoặc 70% nhiệt ngưng tụ. Theo yêu cầu của khách hàng, nhà sản xuất sẽ chế tạo bình ngưng đặc biệt để đáp ứng nhu cầu đó.



Hình 6.37. Hình ảnh một chiller thu hồi nhiệt (chiller 3 bình) của Hãng Midea Trung Quốc.

Khi tỷ lệ thu hồi nhiệt bằng 0, đó là chiller thải nhiệt hoàn toàn qua tháp giải nhiệt. Còn khi thu hồi nhiệt 100% thì đó là chiller chỉ có 1 bình ngưng nhưng nhiệt độ nước ra được điều chỉnh để đạt nhiệt độ sử dụng yêu cầu.

[illegible]

205

b) Công suất yêu cầu khi sử dụng bơm nhiệt với COP = 4,67 là

$$Q_{bn} = Q/COP = 104,6/4,67 = 22,4 \text{ kW}$$

Với thời gian vận hành 21 h/ngày, điện năng tiêu tốn sẽ là:

$$22,4 \times 21 = 470,4 \text{ kWh.}$$

Theo Thông tư 08/2010TT-BTC của Bộ Công thương (Quy định về giá bán điện năm 2010 và hướng dẫn thực hiện) thì giá bán lẻ điện cho kinh doanh như sau (áp dụng cho mức 22 kV trở lên):

Giờ trung điểm: 1648 VNĐ/kWh

Giờ thấp điểm: 902 VNĐ/kWh

Giờ cao điểm: 2943 VNĐ/kWh

Trong đó:

Giờ trung điểm: Từ 04 h 00 đến 09 h 30 và từ 11 h 30 đến 17 h 00;
Từ 20 h 00 đến 22 h 30

Giờ thấp điểm: 22 h 30 đến 04 h 00;

Giờ cao điểm: 09 h 30 đến 11 h 30 và từ 17 h 00 đến 20 h 00.

Ta tạm tính giá điện ở giờ trung điểm là 1648 VNĐ/kWh (tức thiết bị vận hành ở các giờ bình thường). Bảng 7.1 giới thiệu so sánh TKNL giữa hai phương án.

Bảng 7.1. So sánh TKNL giữa hai phương án

	Thanh điện trở	Bơm nhiệt
Lưu lượng nước tổng trong ngày	60.000 lít/ngày	60.000 lít/ngày
Lưu lượng nước mỗi giờ	3.000 lít/h	3.000 lít/h
Tiêu thụ điện/năm	2.289×360	$470,4 \times 360$
Giá điện, VNĐ /kWh	1.648	1648
Tiền điện hàng năm, VNĐ	1.358.017.920	279.078.912
Tiết kiệm tương đối, %	0	79,5%
Tiền điện tiết kiệm hàng năm, VNĐ	0	1.078.939.008

Như vậy, khi tiêu thụ nước nóng là ổn định cả năm như đã tính thì với phương án dùng bơm nhiệt chủ đầu tư đã tiết kiệm được khoảng hơn một tỷ đồng mỗi năm.

7.2.2. Phân loại

Hình 7.2 giới thiệu cách phân loại bơm nhiệt đun nước nóng.

Theo nguồn nhiệt cấp cho đầu tiên có thể phân ra bơm nhiệt nguồn gió và bơm nhiệt nguồn nước. Gió là không khí ngoài môi trường, còn nước là nước môi trường như nước ao, hồ, sông, suối, nước ngầm, giếng khoan, địa nhiệt... hoặc nguồn nước thải nhiệt độ cao.

Theo chức năng, có thể chia ra loại một chức năng và loại nhiều chức năng. Một chức năng là loại chỉ sử dụng để đun nước nóng. Nhiều chức năng là loại có thể vừa đun nước nóng vừa điều hoà không khí như làm lạnh về mùa hè, sưởi ấm về mùa đông...

Như vậy, theo cấu tạo và cách bố trí thiết bị có thể phân ra loại nguyên cụm (all in one) hoặc loại tách (split system) hoặc 2 cụm. Loại nguyên cụm là loại bơm nhiệt và bình nước nóng được lắp chung trong một vỏ. Loại này cũng có thể chia ra làm 2 loại là loại có dàn ngưng nhúng chìm trong bình nước nóng và loại có dàn ngưng quấn xung quanh bình nước nóng hình trụ. Loại nguyên cụm không có bơm nước nóng tuần hoàn.

Loại tách (2 cụm) là loại bơm nhiệt và bình nước nóng được thiết kế tách biệt để có thể lắp đặt cách xa nhau.

Theo môi chất lạnh, có thể phân ra bơm nhiệt R22, R134a, R407C, R410A và CO₂. Hầu hết các loại bơm nhiệt đun nước nóng sản xuất tại Nhật đều sử dụng CO₂. Tuy nhiên, bơm nhiệt sản xuất tại Trung Quốc (ví dụ bơm nhiệt của hãng MIDEA, GREE) lại chủ yếu sử dụng R22, R407C và 410A.

Theo ứng dụng có thể phân ra loại nhỏ dùng cho gia đình, loại trung bình dùng cho các cơ sở thương nghiệp, nhà trẻ, trường học, bệnh viện, nhà tắm công cộng, biệt thự lớn, ký túc xá sinh viên... Đối với ký túc xá, nước nóng có thể được dẫn tới từng hộ tiêu thụ và được tính tiền riêng rẽ theo thể tiêu thụ nước nóng.

Phân loại bơm nhiệt đun nước nóng
môi chất lạnh R22, 134a, 410a, CO₂

Bơm nhiệt nguồn gió ATW
(dàn bay hơi lấy nhiệt từ gió)
air to water heat pump

Bơm nhiệt nguồn nước WTW
(dàn bay hơi lấy nhiệt từ nước)
water to water heat pump

Loại nguyên cụm
(all in one), Bình nước nóng
và bơm nhiệt lắp trong 1 vỏ

Loại tách (split system)
Bơm nhiệt và bình nước
nóng tách thành 2 cụm

Loại dàn
ngưng được
nhúng chìm
trong bình
nước nóng

Loại dàn
ngưng quấn
xung quanh
bình nước
nóng hình
trụ

Loại có bơm
nước tuần hoàn
giữa bơm nhiệt
và bình nước
nóng (dàn
nằm ở bơm nhiệt)
(water cycle)

Loại không có
bơm nước. Dàn
ngưng nằm ở
bình nước nóng
nối với bơm nhiệt
bằng ống gas
(Refrigerant cycle)

Loại có nhiều
chức năng
- đun nước nóng
- sưởi ấm phòng
- làm lạnh phòng
- làm lạnh phòng
và đun nước nóng
- kết hợp bxmt

Hộ gia đình
3 - 5 người

Hộ gia đình
5 - 7 người

Kí túc xá sinh viên, trường
học, nhà trẻ, nhà ăn, khách
sạn, bệnh viện, nhà tắm công
cộng (có thể tính tiền nước
nóng riêng theo thẻ cho từng
hộ tiêu thụ)

Bể bơi nước
nóng mùa
đông cho
khách sạn
hoặc bể bơi
4 mùa

Tẩy rửa công
nghiệp, đặc
biệt trong các
xí nghiệp chế
biến thực phẩm

Hình 7.2. Một cách phân loại bơm nhiệt đun nước nóng.

7.2.3. Bơm nhiệt đun nước nóng gió nước ATW

Bơm nhiệt đun nước nóng gió nước tương đối đa dạng theo kích cỡ, cấu tạo và mục đích ứng dụng. Bảng 7.2 giới thiệu các sản phẩm và hãng sản xuất bơm nhiệt gió nước ATW trên thế giới.

Bảng 7.2. Một số sản phẩm bơm nhiệt ATW trên thế giới

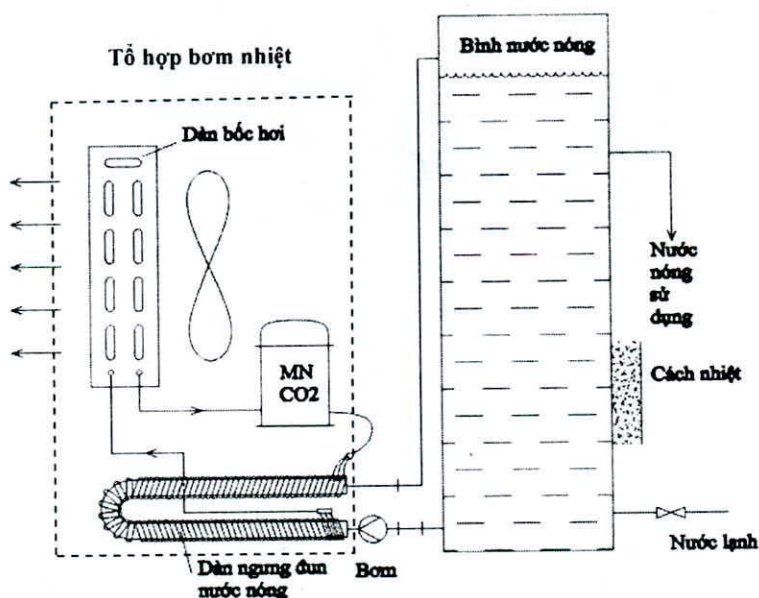
Nhà sản xuất/nước sản xuất	Nhiệt độ cao > 70 °C			Nhiệt độ trung bình 60 ÷ 69 °C			Nhiệt độ thấp 50 ÷ 59 °C			Tên sản phẩm
	t _{max} °C	Q _k kW	t _{Nmax} °C	t _{max} °C	Q _k kW	t _{Nmax} °C	t _{max} °C	Q _k kW	t _{Nmax} °C	
Daikin, Nhật	80	11 ÷ 16	-25				50	11 ÷ 16	-20	Althema
Mitsubishi Electric, nt	70	13	-20	60	8 ÷ 14	-25	55	11 ÷ 16	-20	Ecoban Zubadan
	VRF + ghép tầng									
Toshiba, nt							55	8 ÷ 14	-20	Estia
MHI							58	8 ÷ 16	-25	Hydrolusion
Melco, nt	70	13	-20	60	8 ÷ 14	-25	55	11 ÷ 16	-20	Eco-Dan
	VRF + ghép tầng									
Sanyo				65	4;5;9	-25				CO ₂ EcoHeating
							50	2 ÷ 10	-16	PACi
Hitachi				60	7,5 ÷ 14	-20				Yutaki M
Panasonic				65	9 ÷ 16	-25	55	5 ÷ 20	-20	Aquarea
Fujitsu Gen.				60	11 ÷ 16	-25	50	5 ÷ 16	-20	Waterstage
							55	8 ÷ 10	-20	
Chofu, nt							55	10	-20	Eneflow
LG, Hàn Quốc				60	10 ÷ 14	-20	55	9 ÷ 16	-20	Therma V
Samsung, nt							55	6 ÷ 16	-20	EHS (Eco HeatingSystem)
Midea, Trung Quốc	70	1,4 ÷ 3	-30	60	3 ÷ 6,5	-30	55	3 ÷ 5	-7	Midea HPWH
							55	3 ÷ 90	-10	
Gree, nt							58	9 ÷ 28	-15	Home-GMV
							55	6 ÷ 16	-20	

Bảng 7.2. Một số sản phẩm bơm nhiệt đun nước nóng ATW trên thế giới (tiếp)

Nhà sản xuất/nước sản xuất	Nhiệt độ cao > 70 °C			Nhiệt độ trung bình 60 ÷ 69 °C			Nhiệt độ thấp 50 ÷ 59 °C			Tên sản phẩm
	t _{max} °C	Q _k kW	t _{Nmax} °C	t _{max} °C	Q _k kW	t _{Nmax} °C	t _{max} °C	Q _k kW	t _{Nmax} °C	
CIAT, Pháp				65	6÷20	-20		6÷20	-10	
Airwell, nt				65	12÷18	-20	55	8÷14	-15	
Technibel, nt							55	7÷16	-15	
Buderus, Đức				65	9÷24	-25	55	9÷26	-25	Bosch
Junkers, nt				65	7÷13	-20				Bosch
Vaillant, nt							55	8÷10		
Viesmann, nt				65	4÷18	-20				
Weishaupt, nt				65	7÷22					
Wolf, nt							55	6÷12	-20	
Stiebel, nt	75	14÷20	-25	65	6÷14	-20				WPL
Dimplex, nt	75	14	-20	65	7÷34	-20				
Baxi, Anh										
De Dietrich, Hà Lan				65	11÷20	-20				
Nibe, Thụy Điển				65	12	-20				
Ferrolli, Ý				60	11÷35	-20	55	6÷19	-15	HXA/HXP

Nguồn: Heat pump overview, JARN, August 25, 2011, p.54.

Qua bảng 7.2 và qua phần giới thiệu ở chương 1, ta thấy Nhật là nước có nhiều nhà chế tạo bơm nhiệt đun nước nóng nhất, số lượng tiêu thụ cũng lớn nhất, COP đạt được cũng vào loại cao nhất. Đó là một phần do truyền thống và ý thức TKNL tuyệt vời của người dân Nhật, mặt khác do người Nhật có thói quen ngâm người trong nước nóng khoảng 30 phút mỗi ngày. Trước đây họ ngâm, sau đó mới tắm và xả bỏ. Nhưng nay để tiết kiệm, quy trình sử dụng ngược lại tắm sạch bằng vòi sen trước sau đó mới ngâm. Bể nước nóng do đó vẫn sạch và có thể dùng tiếp cho tất cả các thành viên trong gia đình xong rồi mới xả bỏ. Hình 7.3 giới thiệu sơ đồ bơm nhiệt đun nước nóng gió nước ATW gia dụng đơn giản của Daikin trong hệ thống Eco-Cut của Nhật. Hình 7.4 giới thiệu hình ảnh bơm nhiệt đun nước nóng 2 cụm của Daikin.



Hình 7.3. Sơ đồ bơm nhiệt đun nước nóng gió nước ATW gia dụng đơn giản của Daikin trong chương trình Eco-Cut của Nhật

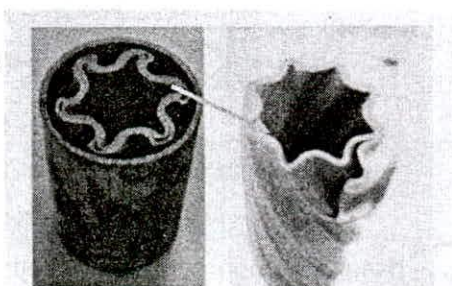
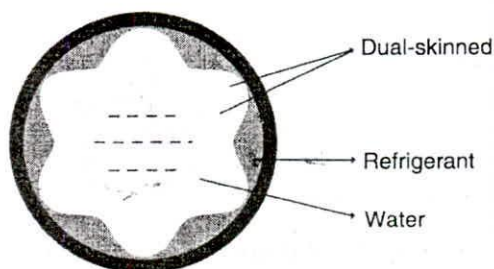
Bơm nhiệt đun nước nóng gồm cụm bơm nhiệt (máy nén, dàn ngưng đun nước nóng kèm bơm nước, ống mao, dàn bốc hơi và quạt gió) đặt ở ngoài nhà và bình nước nóng có cách nhiệt đặt phía trong nhà. Môi chất lạnh là CO_2 . Cụm ngoài nhà trông tương tự như OU của máy điều hòa 2 cụm, dàn bốc hơi ống xoắn có quạt hướng trục. Riêng dàn đun nước nóng là loại trao đổi nhiệt ngược chiều được cấu tạo đặc biệt. Nước đi trong ống xoắn có kích thước khá lớn, khoảng $14 \div 16 \text{ mm}$, CO_2 đi trong các ống nhỏ đường kính khoảng 3 mm quấn chung quanh ống nước. Tùy theo lưu lượng yêu cầu, số ống có thể nhiều hoặc

ít. Do ống nhỏ nên ống không cần quá dày vẫn có thể chịu được áp suất ngưng tụ lên đến hàng trăm bar của CO_2 . Để tạo tiếp xúc tốt, người ta cán các rãnh thích hợp trên ống nước sao cho vừa khít với ống CO_2 . Sau khi lắp ống CO_2 lên ống nước, phải tráng thiếc để tạo tiếp xúc tốt hơn. Nước được bơm qua dàn ngưng để thu nhiệt ngưng tụ rồi đưa lên bình nước nóng để đưa đi tiêu thụ.



Hình 7.4. Hình ảnh bơm nhiệt đun nước nóng của Daikin

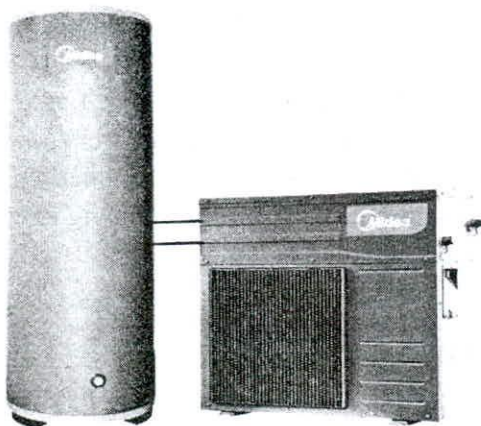
Các dàn ngưng của Midea sử dụng R22, 134a, 407C và 410A có áp suất tương đối thấp nên kết cấu của dàn là kiểu ống lồng ngược chiều với ống bên trong có dạng xoắn hình mũi khế. Hình 7.5 giới thiệu dạng TDN ống lồng kiểu này. Nước đi ở ống trong và môi chất lạnh đi ở không gian giữa các ống.



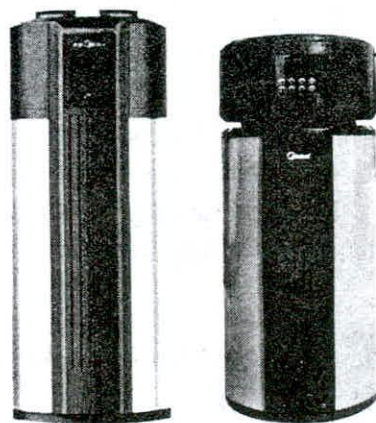
Hình 7.5. Dạng TDN ống lồng kiểu mũi khế của Midea

Cấu tạo loại tách nói chung là có 2 cụm, cụm bơm nhiệt đặt ở ngoài nhà và bình nước nóng đặt trong nhà. Tuy nhiên, đối với các bơm nhiệt nhỏ và rất nhỏ, người ta tổ hợp làm một cụm duy nhất và được gọi là loại nguyên cụm. Thường bơm nhiệt được bố trí phía trên, bình nước nóng phía dưới. Dàn ngưng tụ có hai

loại, một là loại ống xoắn tròn bố trí ngay trong thùng nước, hai là loại ống tròn quấn xung quanh thùng nước nóng. Đối với loại một, có thể nhấc cả bơm nhiệt ra khỏi thùng nước nóng, còn loại hai thì không thể nhấc bơm nhiệt ra. Do bơm nhiệt gắn vào thùng nước nên không cần bơm nước tuần hoàn. Loại nguyên cụm phải đặt ngoài ban công vào mùa đông và có thể đặt trong nhà vào mùa hè để tận dụng nguồn lạnh của dàn bốc hơi thổi ra. Có thể thiết kế ban công có cửa đặc biệt để mùa hè mở vào phía trong nhà và mùa đông mở ra phía ngoài. Hình 7.6 giới thiệu hình ảnh bơm nhiệt đun nước nóng 2 cụm của Midea (Trung Quốc). Hình 7.7 giới thiệu hình ảnh 2 loại bơm nhiệt nguyên cụm của Midea.

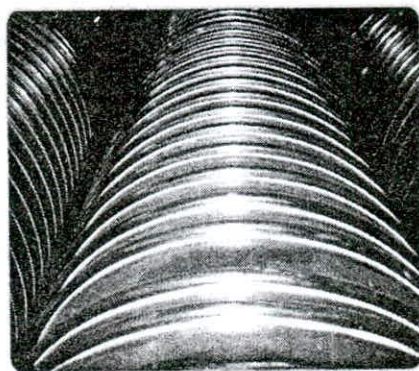


Hình 7.6. Bơm nhiệt 2 cụm Midea



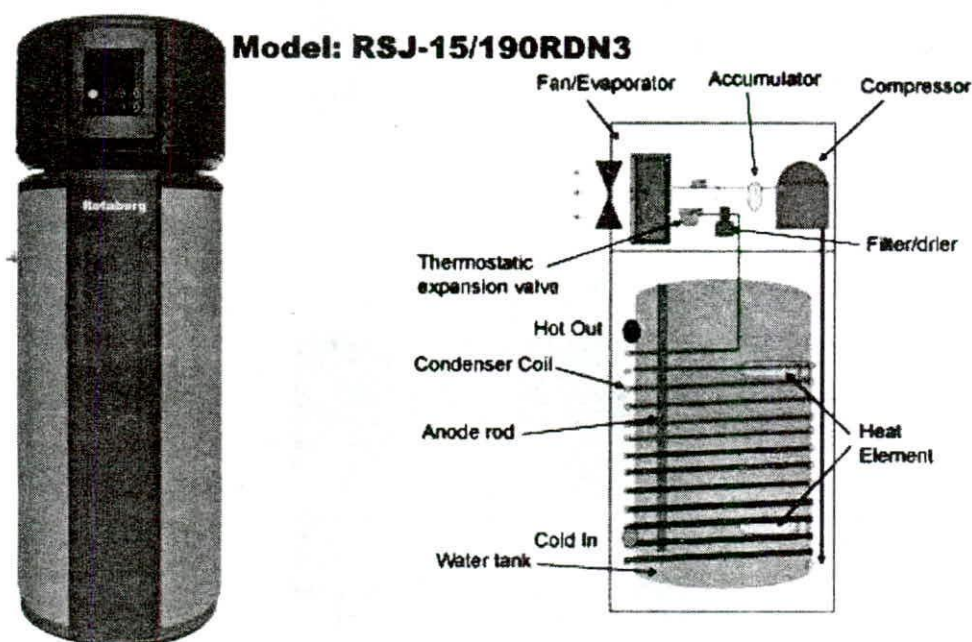
Hình 7.7. Bơm nhiệt nguyên cụm Midea

Hình 7.8 giới thiệu dàn ngưng kiểu ống tròn quấn chung quanh bình nước nóng bằng sắt tráng men của Midea.



Hình 7.8. Dàn ngưng kiểu ống tròn quấn chung quanh bình nước nóng bằng sắt tráng men của Midea

Hình 7.9 giới thiệu hình dáng và sơ đồ nguyên lý cấu tạo của bơm nhiệt nguyên cụm loại nhỏ của hãng MIDEA ký hiệu RSI-15/190RDN3 sử dụng cho căn hộ từ 3 ÷ 5 người kiểu dàn ngưng ống quấn chung quanh thùng nước nóng. Bơm nhiệt sử dụng điện 1 pha 220 ÷ 240 V, công suất cả động cơ quạt và block là 500 W, năng suất nhiệt danh định (nhiệt độ ngoài trời 20 °C và nhiệt độ nước nóng là 60 °C) là 1,5 kW tương đương hệ số hiệu quả COP = 3,0, lượng nước nóng cung cấp khoảng 32 lít/h. Nhiệt độ không khí ngoài trời cho bơm nhiệt hoạt động hiệu quả là từ 5 đến 43 °C. Khi nhiệt độ không khí ngoài trời xuống dưới 5 °C, bơm nhiệt hoạt động kém hiệu quả nên bình được trang bị thêm một thanh điện trở 2000 W để gia nhiệt bổ sung. Bình được trang bị 1 role nhiệt độ để điều chỉnh nhiệt độ nước nóng theo yêu cầu từ 38 đến 70 °C, tuy nhiên không nên điều chỉnh quá 60 °C vì nhiệt độ nước nóng càng cao thì máy chạy càng nặng nề và hiệu suất năng lượng càng giảm. Kích thước máy là 560 × 560 mm cao 1580 mm, nặng 91 kg gọn nhẹ, độ ồn thấp (48 dB), có thể lắp đặt trong khoang tường, ngoài ban công, ngoài vườn hoặc trên tầng thượng. Bơm nhiệt nguyên cụm Midea có nhiều loại, năng suất nhiệt đến 7,2 kW, bình nước nóng có dung tích lên tới 300 lít đáp ứng nhu cầu cho các gia đình lớn hơn.



Hình 7.9. Hình dáng và sơ đồ nguyên lý cấu tạo của bơm nhiệt nguyên cụm loại nhỏ của hãng MIDEA ký hiệu RSI-15/190RDN3 sử dụng cho căn hộ từ 3 ÷ 5 người kiểu dàn ngưng ống tròn quấn chung quanh thùng nước nóng

Đối với loại 2 cụm, do tách làm 2 cụm nên công suất lớn hơn và khả năng lắp đặt của loại này dễ dàng hơn, bình nước nóng có thể lắp ngay gần nơi sử dụng, còn cụm dàn quạt và máy nén gây tiếng ồn có thể lắp ngoài ban công, ngoài vườn hoặc trên tầng thượng. Loại tách cũng được chia làm 3 loại là:

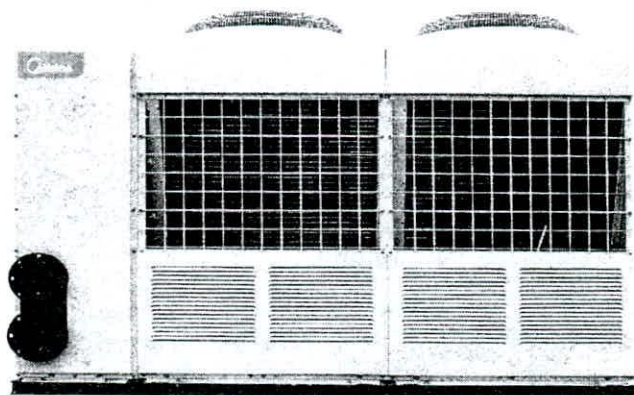
- Vòng tuần hoàn nước (water cycle);
- Vòng tuần hoàn vòng ga hay vòng môi chất lạnh (refrigerant cycle);
- Loại bơm nhiệt nhiều chức năng.

Bơm nhiệt vòng nước là loại bơm nhiệt có dàn ngưng nằm cùng với cụm máy nén, dàn bay hơi. Dàn ngưng thường là kiểu ống lồng ống kiểu múi khế để đun nóng nước. Loại này cần có bơm tuần hoàn nước giữa bình nước nóng và dàn ngưng.

Bơm nhiệt vòng ga là loại dàn ngưng nhúng chìm hoặc quấn xung quanh bình nước nóng nên nằm cách xa máy nén. Khi lắp đặt cần phải nối ống ga dài từ bình nước nóng tới máy nén. Trường hợp này không cần bơm tuần hoàn nước nóng.

Bơm nhiệt nhiều chức năng. Loại nhiều chức năng có thể là vòng ga hay vòng nước nhưng có thêm nhiều chức năng như sưởi ấm phòng, làm lạnh phòng, cung cấp nước nóng để sinh hoạt, nấu bếp, giặt bằng nước nóng và sấy quần áo. Loại này sẽ được đề cập riêng trong mục 7.2.5.

Hình 7.10 giới thiệu bơm nhiệt đun nước nóng công suất lớn (năng suất 90 kW) của Midea sử dụng trong các mục đích thương mại và công nghiệp như khách sạn, văn phòng, bệnh viện, bể bơi...



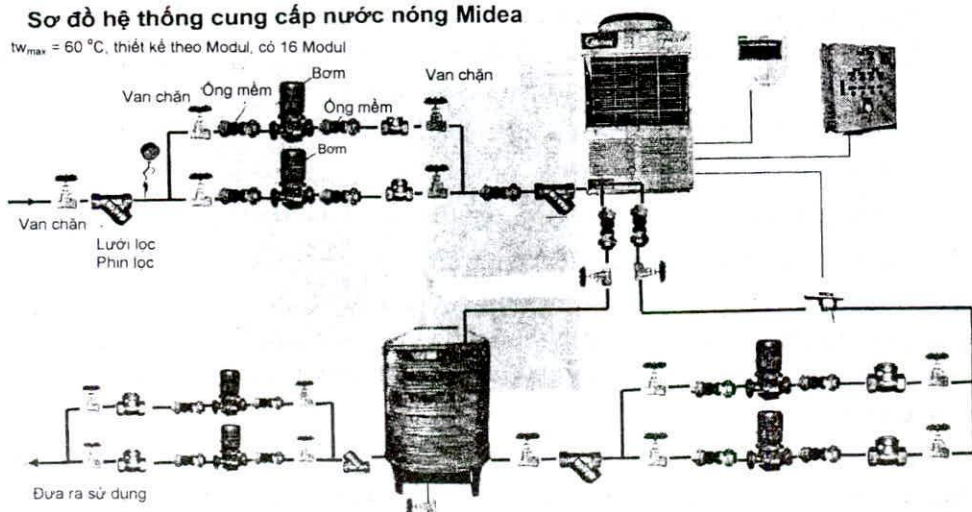
RSJ-900M/S-820

Hình 7.10. Bơm nhiệt đun nước nóng năng suất 90 kW của Midea

Hình 7.11 giới thiệu một sơ đồ đun nước nóng bơm nhiệt thương nghiệp và công nghiệp của Midea.

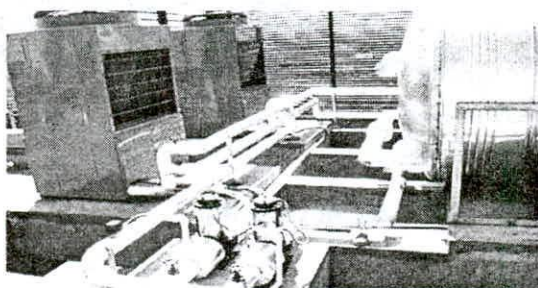
Sơ đồ hệ thống cung cấp nước nóng Midea

$t_{W_{max}} = 60^{\circ}\text{C}$, thiết kế theo Modul, có 16 Modul



Hình 7.11. Một sơ đồ đun nước nóng bơm nhiệt thương nghiệp và công nghiệp của Midea

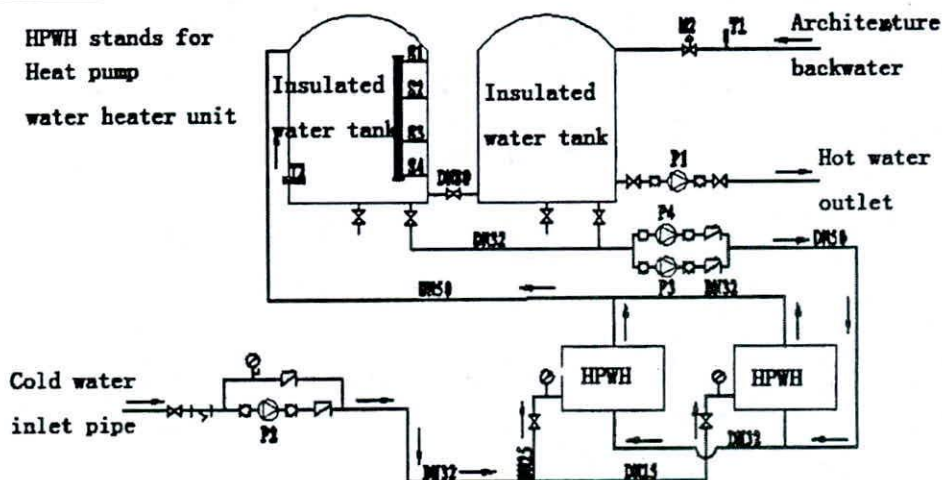
Bơm nhiệt có tủ điện và bộ điều khiển từ xa, bồn nước nóng được cách nhiệt và 3 hệ thống bơm, mỗi hệ 2 bơm, trong đó có mỗi hệ có một chiếc dự phòng. Phía hút của bơm có phin lọc cặn, van chặn, ống mềm chống rung. Phía đẩy của mỗi bơm có ống mềm, van một chiều, van chặn và có thể bố trí thêm áp kế. Bơm phía trên của hình dùng để cấp nước lạnh vào bơm nhiệt, sau khi được đun nóng trong bơm nhiệt, nước sẽ chảy vào bồn nước nóng. Bơm phía phải dùng để tuần hoàn nước từ bồn qua bơm nhiệt khi nhiệt độ nước trong bồn chưa đủ nóng để sử dụng. Bơm bên trái phía dưới là bơm đưa nước nóng tới nơi tiêu thụ. Khi bồn nước đặt trên tầng thượng tòa nhà thì nước nóng tự chảy không cần dùng bơm này.



Hình 7.12. Hình ảnh bơm nhiệt và bồn nước nóng lắp đặt trên tầng thượng của một tòa nhà

Hình 7.12 giới thiệu hình ảnh bơm nhiệt và bồn nước nóng lắp đặt trên tầng thượng của một tòa nhà.

Hình 7.13 giới thiệu một sơ đồ có hai bơm nhiệt và hai bình nước nóng của Midea.



Hình 7.13. Sơ đồ có hai bơm nhiệt và hai bình nước nóng của Midea

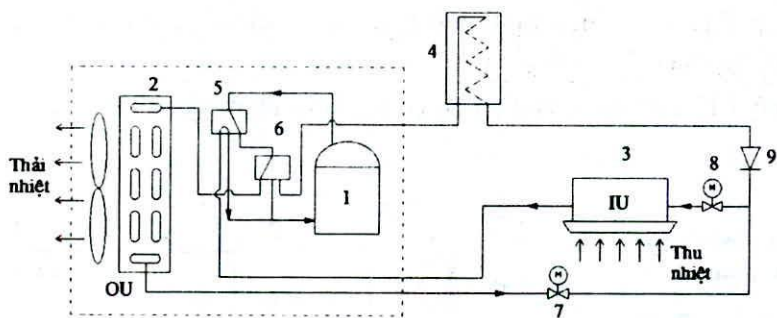
Bơm P1 dùng để bơm nước nóng đến hệ tiêu thụ như dàn sưởi nền, bể tắm, chậu rửa. Nước hồi từ các dàn sưởi nền (Architecture Backwater) được quay về bồn nước nóng; bơm P2 bơm cấp nước lạnh. Nước được bơm cấp vào bơm nhiệt, nhận nhiệt để nóng lên rồi đi vào bình chứa để tới hệ tiêu thụ. Bơm P3 là bơm tuần hoàn. Trường hợp nước trong bình chứa chưa đủ nóng, bơm tuần hoàn hoạt động để bơm nước từ bình chứa tuần hoàn qua bơm nhiệt cho đến khi đạt nhiệt độ yêu cầu. Ký hiệu HPWH (Heat Pump Water Heater) là bơm nhiệt đun nước nóng.

7.2.4. Bơm nhiệt nước nước

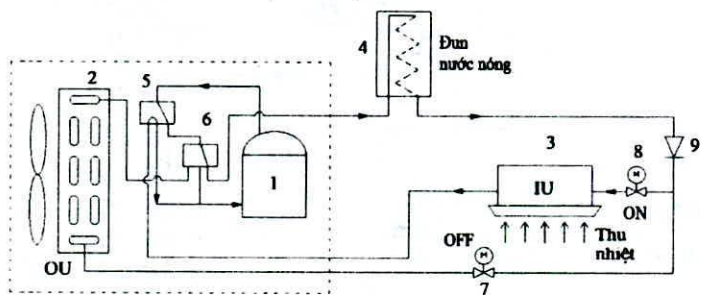
Bơm nhiệt nước nước thực chất là chiller giải nhiệt trong điều hòa không khí. Loại này đã được trình bày khá sâu trong chương 6, ở đây không nhắc lại.

7.2.5. Bơm nhiệt đa năng

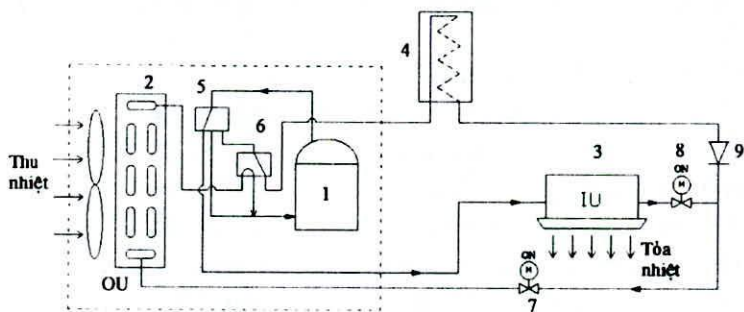
Trong hội thảo về bơm nhiệt tổ chức tại Bộ Xây dựng 1/2010, hãng Midea đã giới thiệu hàng chục loại sản phẩm khác nhau với năng suất nhiệt từ 3 đến 90 kW phù hợp với từng loại ứng dụng cụ thể.



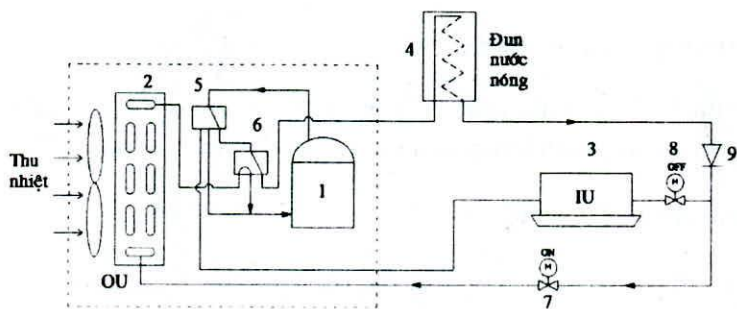
a) Làm lạnh



b) Làm lạnh và đun nước



c) Sưởi ấm



d) Đun nước

Hình 7.14. Bơm nhiệt đa năng

Hình 7.14 giới thiệu sơ đồ nguyên lý một loại bơm nhiệt nhiều chức năng đó. Đây cũng là loại bơm nhiệt gió nước ATW. Bơm nhiệt nhiều chức năng có đặc điểm là được trang bị 2 van đảo dòng để thực hiện các chức năng khác nhau như đun nước nóng, làm lạnh phòng, làm lạnh và đun nước nóng đồng thời (chế độ hồi nhiệt) và sưởi ấm phòng. Chế độ hồi nhiệt đạt hiệu quả năng lượng cao nhất $COP = 6 \div 7$.

a) Chế độ làm lạnh

Bình đun nước nóng không hoạt động. Van đảo chiều 5 và 6 ở vị trí như trên hình 7.14a. Hơi nén đi vào dàn ngoài nhà, ngưng tụ lại rồi đi qua van tiết lưu điện tử 8 để vào dàn bốc hơi IU. Van tiết lưu điện tử 7 lúc này mở hoàn toàn. Hơi hút qua van đảo chiều 5 để về máy nén.

b) Chế độ làm lạnh và đun nước

Ở chế độ làm lạnh và đun nước nóng, bơm nhiệt thu nhiệt từ trong phòng làm lạnh để đun nước nên dàn ngoài nhà không làm việc. Hai van đảo dòng 5 và 6 ở vị trí như hình 7.14b. Hơi nóng ra từ máy nén đi vào dàn đun nước, ngưng tụ lại rồi đi qua van một chiều 9, qua van tiết lưu điện tử 8 để vào dàn IU rồi qua van đảo dòng 5 để trở về máy nén. Van 7 đóng hoàn toàn. Sau khi đun nước nóng xong, van đảo chiều 6 tác động để chuyển dòng hơi nóng ra dàn ngoài nhà để chuyển sang chế độ làm lạnh như hình 7.14a.

c) Chế độ sưởi ấm

Ở chế độ sưởi ấm, hai van 5 và 6 ở vị trí như hình 7.14c. Hơi nóng ra từ máy nén được đưa vào dàn IU để sưởi phòng. Van tiết lưu 8 mở hoàn toàn, ga lỏng đi qua van tiết lưu 7 vào dàn ngoài nhà để bay hơi thu nhiệt của không khí môi trường rồi qua van đảo dòng 6 để về máy nén. Chế độ sưởi ấm thường được sử dụng trong mùa đông. Nếu cần đun nước nóng thì phải ngừng sưởi để chuyển sang chế độ đun nước.

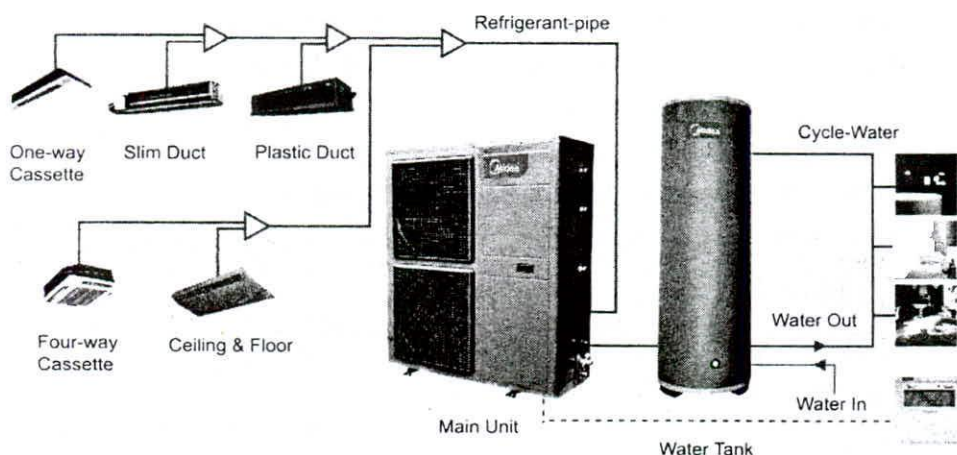
d) Chế độ đun nước nóng

Dàn IU không làm việc. Van đảo dòng 5 và 6 ở vị trí như hình 7.14d. Dàn ngoài nhà đóng vị trí dàn bốc hơi thu nhiệt từ không khí môi trường, dàn đun nước là dàn ngưng. Hơi nóng từ máy nén ra đi vào dàn đun nước, thải nhiệt cho nước, ngưng tụ lại thành lỏng, qua van một chiều 9, qua van tiết lưu 7 để vào dàn ngoài nhà OU. Lỏng bốc hơi ở dàn OU rồi về máy nén qua van đảo dòng 6.

Trong trường hợp này van tiết lưu 8 đóng hoàn toàn. Chế độ đun nước được sử dụng trong cả năm. Khi đun nước phải ngừng các chế độ chạy khác. Chỉ riêng khi làm lạnh vào mùa hè là có thể kết hợp theo kiểu thu hồi nhiệt.

Lưu ý: Trong sơ đồ này sử dụng 2 van tiết lưu điện từ 7 và 8. Đặc điểm của van là có thể đóng và mở 100% nên đáp ứng những yêu cầu đặt ra ở từng chế độ làm việc. Nếu sử dụng van tiết lưu nhiệt cần phải lắp song song một van một chiều như đã biểu diễn ở các máy điều hòa 2 chiều để vô hiệu hóa chiều không cần thiết, ví dụ hình 6.14.

Hình 7.15 giới thiệu bơm nhiệt đa năng của Midea kiểu thu hồi nhiệt kiểu CEKRSJD 160(200)/SCN2-580 thuộc loại VRF máy nén xoắn ốc điều chỉnh năng suất kỹ thuật số, năng suất lạnh 14 kW, năng suất sưởi và đun nước nóng 15 kW. Nước nóng có thể sử dụng cho sinh hoạt và cả cho sưởi nền. Các dàn IU để làm lạnh và sưởi ấm phòng.

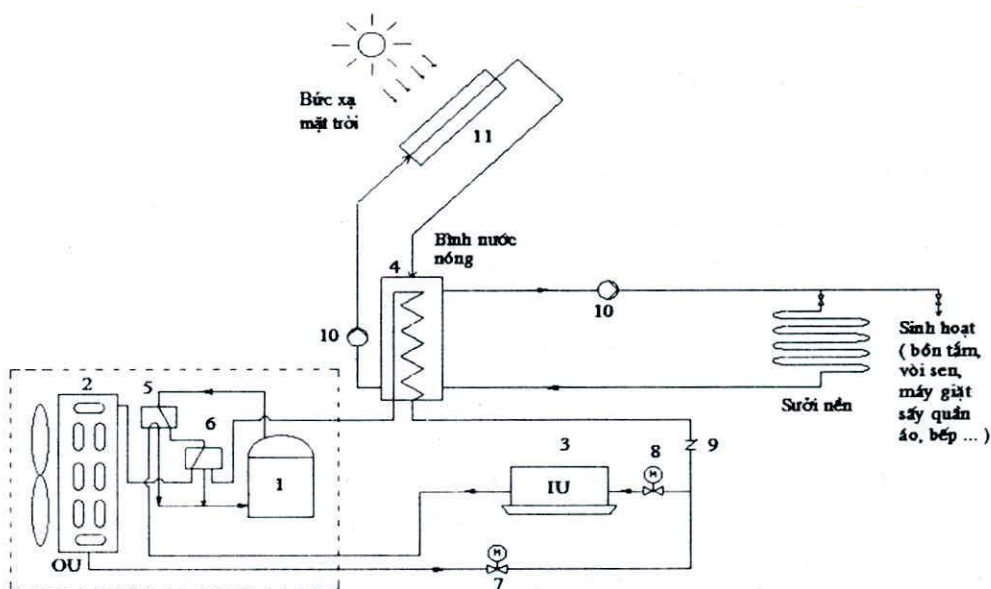


Hình 7.15. Bơm nhiệt đa năng của Midea (VRF thu hồi nhiệt)

7.2.6. Bơm nhiệt đa năng kết hợp bộ thu bức xạ Mặt Trời

Hình 7.16 giới thiệu bơm nhiệt đun nước nóng nhiều chức năng kết hợp với bộ thu BXMT.

Ban ngày, khi đủ nắng, máy nén ngừng hoạt động, bơm nước tuần hoàn nước qua bộ thu BXMT để đun nước. Nếu thiếu nhiệt, máy nén mới hoạt động để bổ sung vào phần thiếu hụt đó. Nước nóng có thể cung cấp cho nhiều nhu cầu khác nhau kể cả sưởi ấm sàn rồi lại được hồi về bình nước nóng.



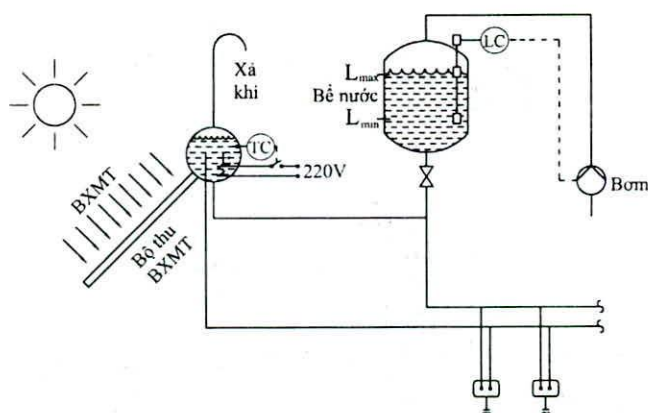
Hình 7.16. *Bơm nhiệt đun nước nóng nhiều chức năng kết hợp với bộ thu BXMT.*

7.3. MỘT SỐ SƠ ĐỒ ĐUN NƯỚC NÓNG VỚI BỘ THU BỨC XẠ MẶT TRỜI

Như đã nói, năng lượng Mặt Trời có nhược điểm là tản mạn và không liên tục. Khi không có BXMT cần phải có thiết bị đun nước khác hỗ trợ hoặc thay thế. Thiết bị đun nước khác có thể là bình đun điện, đun ga hoặc kinh tế nhất là bơm nhiệt. Sau đây giới thiệu một số sơ đồ đó.

7.3.1. Bộ thu bức xạ Mặt Trời với thanh điện trở lắp đặt bên trong

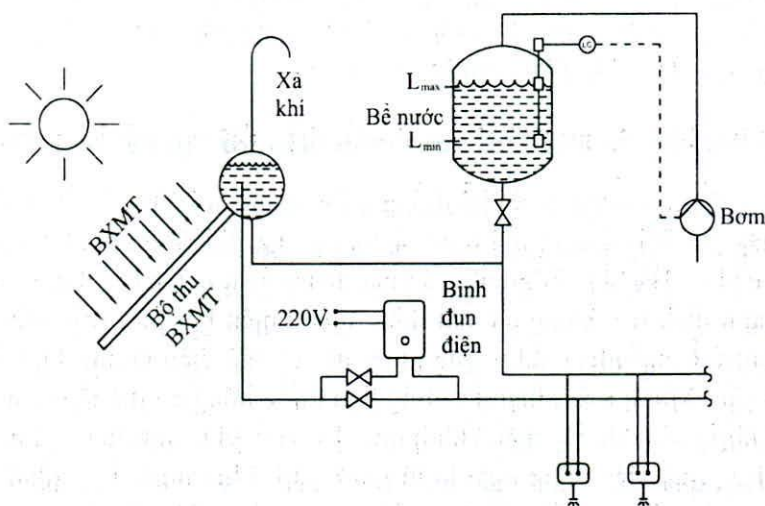
Hình 7.17 giới thiệu sơ đồ hệ thống nước nóng có bộ thu BXMT với thanh điện trở lắp đặt bên trong bình nước nóng của bộ thu BXMT. Phương án này gọn nhẹ. Khi có BXMT thì không cần bật thanh điện trở. Khi không có BXMT thì bật thanh điện trở. Công tác bật được điều khiển bởi một role nhiệt độ TC (Temperature Controller). Nhờ role nhiệt độ, có thể điều chỉnh được nhiệt độ nước yêu cầu. Muốn biết nhiệt độ trong bồn nước nóng có thể lắp một nhiệt kế từ xa. Bể nước có công tắc điều chỉnh mức LC (Level Controller) tối đa $L_{\max}$ và tối thiểu $L_{\min}$ qua việc đóng ngắt bơm nước cấp. Mức nước $L_{\min}$ phải cao hơn mép trên của bồn nước nóng. Ống xả khí phải cao hơn mức nước tối đa $L_{\max}$.



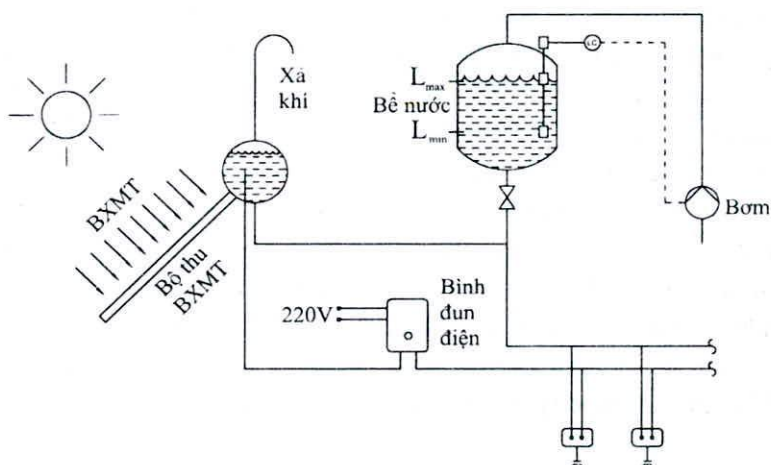
Hình 7.17. Sơ đồ hệ thống nước nóng có bộ thu BXMT với thanh điện trở lắp đặt bên trong bình nước nóng của bộ thu BXMT.

7.3.2. Sơ đồ hệ thống nước nóng với bình đun điện bên ngoài

Thanh điện trở lắp trong có ưu điểm là gọn nhẹ nhưng có nhược điểm là bình nước nóng có dung tích lớn. Loại bé nhất cũng là 120 lít. Khi chỉ cần dùng nước nóng với số lượng nhỏ ta vẫn phải đun toàn bộ khối nước đó gây lãng phí. Hơn nữa bình nước nóng thường được đặt trên tầng thượng, đường ống dẫn tới nơi sử dụng có thể khá dài gây tổn thất nhiệt. Để giải quyết nhược điểm đó có thể lắp thêm bình đun điện bổ sung ngay tại nơi sử dụng.



Hình 7.18. Sơ đồ hệ thống nước nóng với bộ thu BXMT và bình đun điện bên ngoài, lắp trên nhánh phụ của đường nước nóng ra (sử dụng bình đun điện 20–50 lít)



Hình 7.19. Sơ đồ hệ thống nước nóng với bộ thu BXMT và bình đun điện bên ngoài, mắc nối tiếp với đường nước nóng ra.

Hình 7.18 giới thiệu một sơ đồ hệ thống nước nóng với bộ thu BXMT và bình đun điện bên ngoài. Khi không có BXMT ta chỉ cần khóa van lấy nước trực tiếp và mở van cho nước đi qua bình đun điện. Nếu là bình dung tích lớn 25, 30... 50 lít, trước khi bật điện, có thể xả hết nước lạnh trong bình để lấy nước đã được sưởi ấm từ bình Mặt Trời để tiết kiệm điện. Nước lạnh xả ra có thể giữ lại tưới cây hoặc dùng vào việc khác đỡ lãng phí.

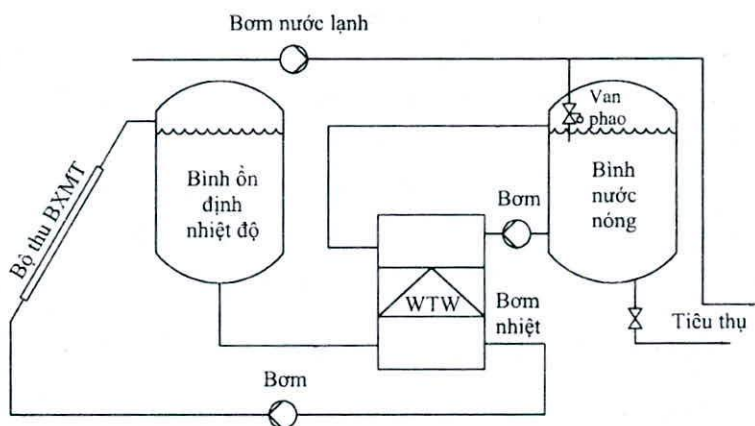
Nếu là loại bình dung tích nhỏ không đáng kể (4... 6 lít), có thể mắc nối tiếp vào đường nước nóng ra của bồn như biểu diễn trên hình 7.19.

7.3.3. Sơ đồ hệ thống nước nóng với bộ thu BXMT và bơm nhiệt nguồn gió ATW

Hình 7.20 giới thiệu sơ đồ hệ thống nước nóng với bộ thu BXMT 75 m² và 2 bơm nhiệt gió nước (nguồn gió) năng suất mỗi chiếc 17,5 kW cho một bệnh viện 200 giường tại Hà Nội. Bình nước nóng là bình cách nhiệt dung tích 3000 lít điều chỉnh mức nước bằng van phao. Bộ thu BXMT có diện tích 75 m². Hai bơm nhiệt có năng suất 17,5 kW mỗi chiếc.

Các chế độ làm việc mùa hè và mùa đông như sau:

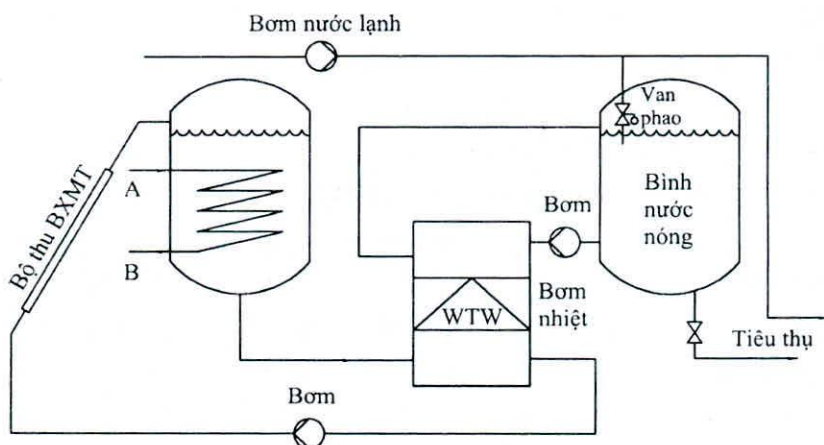
- Mùa hè khi có đủ BXMT, bộ thu làm việc còn bơm nhiệt nghỉ, khi đó van V1 mở còn van V2 và V3 đóng.
- Mùa đông xảy ra hai khả năng khi có và không có BXMT: Nếu có BXMT bộ thu vẫn làm việc nhưng nước không đủ nóng nên nước nóng đó



Hình 7.21. Một sơ đồ sử dụng bộ thu BXMT kết hợp với bơm nhiệt nước nước WTW.

7.3.5. Sơ đồ hệ thống nước nóng với bộ thu BXMT và bơm nhiệt nguồn nước WTW có bình ổn nhiệt kín và dàn trao đổi nhiệt

Để khắc phục nhược điểm mất nguồn nhiệt Mặt Trời vào mùa đông, có thể sử dụng sơ đồ biểu diễn trên hình 7.22.



Hình 7.22. Sơ đồ sử dụng bộ thu BXMT kết hợp với bơm nhiệt nước nước WTW

Khi không có nguồn nhiệt BXMT thì cần phải có nguồn nhiệt thay thế A–B để cấp nhiệt cho bơm nhiệt. Nguồn nhiệt A–B có thể có các phương án sau:

- Nguồn nước giếng khoan;
- Nguồn nước mặt;

– Nước thành phố (chỉ cần dùng một đường bypass, nghĩa là nước được trích từ mạng nước thành phố, bơm qua trao đổi nhiệt A–B rồi cho quay trở lại mạng nước thành phố, không có tổn hao nước). Có thể kết hợp sản xuất nước lạnh nếu cần;

– Nguồn nước thải của tòa nhà, thậm chí hơi thừa hoặc thanh điện trở.

Các nguồn nước có thể bố trí như hình 7.22 nhưng cũng có thể đưa thẳng vào dàn bay hơi của bơm nhiệt để tăng hiệu quả nhiệt của bơm nhiệt.

7.4. BƠM NHIỆT KẾT HỢP NÓNG LẠNH TRONG CÔNG NGHIỆP

THỰC PHẨM

Công nghiệp chế biến thực phẩm cũng là lĩnh vực có khả năng sử dụng bơm nhiệt kết hợp nóng lạnh với hiệu quả cao vì hầu hết các ngành chế biến thực phẩm như thịt, cò, bơ, sữa, đồ hộp, đường bánh kẹo, rượu bia, hoa quả đều cần lạnh để bảo quản và cần nước nóng để đun, nấu, tẩy rửa, vệ sinh, diệt khuẩn, tiệt trùng, bay hơi, cô đặc, tráng nước nóng...

Nói chung, trong một xí nghiệp thực phẩm thường phải có các kho lạnh để bảo quản và các nồi hơi để cấp nhiệt cho các quy trình công nghệ sản xuất, chế biến. Đó là điều kiện thuận lợi, có thể sử dụng bơm nhiệt kết hợp nóng lạnh để cấp nhiệt và cấp lạnh với hiệu quả kinh tế cao.

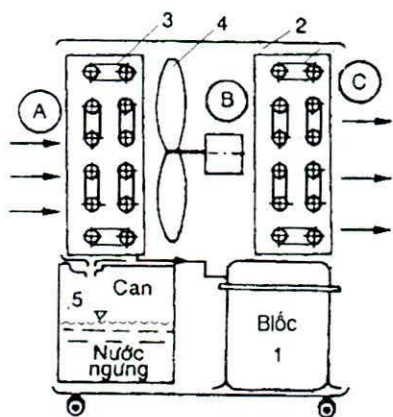
Nhiều xí nghiệp cũ trước đây có hai phần lạnh và nóng riêng biệt, nay đã cải tạo lại hệ thống để đồng thời sử dụng cả hai nguồn nóng và lạnh, tránh lãng phí nguồn nhiệt bị bỏ phí trước đây ở thiết bị ngưng tụ.

Hình 7.23 giới thiệu sơ đồ hệ thống bơm nhiệt nóng lạnh cải tạo từ hệ thống lạnh NH_3 của Xí nghiệp giết mổ và chế biến thịt ở Dresden (CHLB Đức).

Xí nghiệp đã cải tạo lại toàn bộ hệ thống lạnh để sử dụng nhiệt thải của bình ngưng để cấp nước nóng phục vụ tẩy rửa và sinh hoạt. Do hệ thống lạnh sử dụng môi chất amoniac nên người ta làm thêm một vòng tuần hoàn an toàn để gián tiếp đun nóng nước tẩy rửa, sinh hoạt, để phòng rò rỉ amoniac. Giá thành cải tạo là 139000 DM nhưng xí nghiệp đó tiết kiệm được nhiên liệu đun nước so với trước là 200.000 DM mỗi năm. Như vậy, thời gian hoàn vốn chỉ có 0,7 năm.

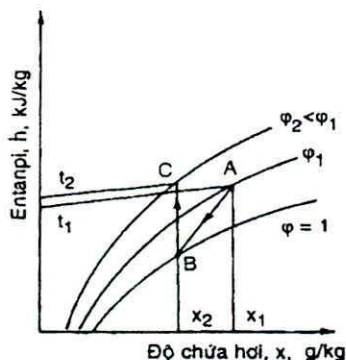
Nói chung, ngoài công nghiệp thực phẩm và các ứng dụng đã nêu, bơm nhiệt có thể ứng dụng cho mọi ngành, mọi nơi có yêu cầu năng lượng nhiệt ở nhiệt độ thấp như sấy, sưởi, chuẩn bị nước nóng...

Hình 7.25 biểu diễn trạng thái không khí trên đồ thị $h-x$. Nhiệt độ không khí ra khỏi dàn ngưng bao giờ cũng lớn hơn vì phải nhận thêm nhiệt do công của máy nén sinh ra và hơi nước ngưng tụ lại ở dàn bay hơi. Nếu yêu cầu nhiệt độ thấp hơn ta có thể có phương án sử dụng một phần nhiệt lượng dàn ngưng vào mục đích khác. Một máy hút ẩm như vậy có thể đặt ở những nơi cần thiết giảm độ ẩm không khí xuống như phòng ở, phòng làm việc, buồng phơi quần áo, thư viện, kho bảo quản các đồ dùng quang học, các kho bảo quản các sản phẩm dễ nấm, mốc như các hàng mây tre, sơn mài, cối xay, các mặt hàng công nghệ phẩm, nông lâm hải sản xuất khẩu... Đối với nước ta, một nước nóng và ẩm, nấm mốc và vi sinh vật phát triển rất nhanh làm hư hỏng và làm giảm chất lượng hầu hết tất cả các mặt hàng công, nông, lâm ngư nghiệp đặc biệt là các mặt hàng xuất khẩu gây tổn thất về kinh tế không nhỏ. Nếu ứng dụng được bơm nhiệt vào công nghiệp sấy và hút ẩm chắc chắn sẽ mang lại ý nghĩa kinh tế to lớn.



Hình 7.24. Bơm nhiệt hút ẩm đơn giản

1. Máy nén; 2. Dàn ngưng; 3. Dàn bay hơi;
4. Quạt gió.



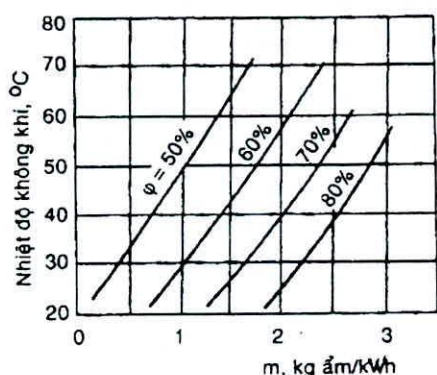
Hình 7.25. Trạng thái không khí ở quá khứ ẩm ở bơm nhiệt hút ẩm

A. Trước bay hơi; B. Sau dàn bay hơi;
C. Sau dàn ngưng

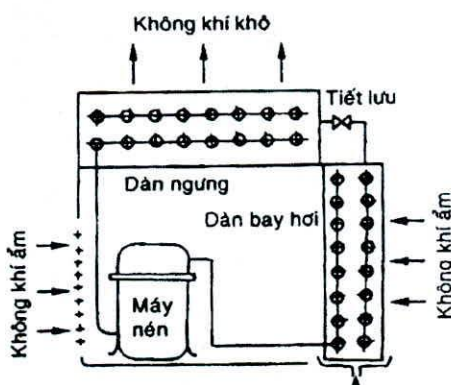
Năng suất của một máy hút ẩm thường được tính bằng khối lượng ẩm tách ra trong một giờ với đơn vị kg/h.

Để đánh giá hiệu quả của máy hút ẩm người ta sử dụng lượng ẩm riêng là khối lượng ẩm tách ra được khi tiêu tốn một đơn vị năng lượng kWh. Lượng ẩm riêng phụ thuộc vào nhiệt độ sấy và độ ẩm tương đối của không khí buồng sấy và vào (xem hình 7.26). Theo biểu đồ, nhiệt độ sấy càng cao hiệu quả tách ẩm càng lớn. Độ ẩm càng cao lượng ẩm riêng càng lớn. Ở đồ thị trên, người ta chưa đề cập đến hiệu nhiệt độ dàn ngưng và dàn bay hơi của bơm nhiệt hút ẩm. Để tách được nhiều ẩm ra khỏi không khí, người ta cố gắng sử dụng, càng

hiệu năng càng tốt, năng suất lạnh của dàn bay hơi để ngưng tụ hơi ẩm trong không khí. Một phần năng suất lạnh nhất thiết phải tiêu tốn để hạ nhiệt độ không khí xuống dưới nhiệt độ đọng sương. Năng suất để ngưng tụ hơi ẩm lớn hay bé tùy thuộc vào nhiệt độ bay hơi và ngưng tụ của môi chất. Hiệu nhiệt độ càng nhỏ năng suất lạnh sẽ càng lớn. Chính vì lý do đó người ta tìm các biện pháp để giảm hiệu nhiệt độ đến mức tối thiểu.



Hình 7.26. Sự phụ thuộc của lượng ẩm riêng vào độ ẩm tương đối và nhiệt độ sấy trong quá trình khuếch tách ẩm

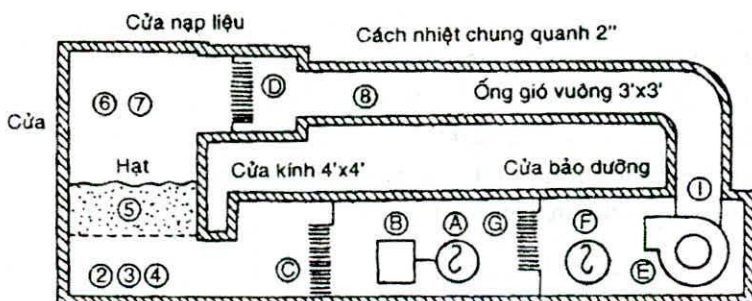


Hình 7.27. Bơm nhiệt hút ẩm có hòa trộn không khí ẩm

Hình 7.27 giới thiệu một máy hút ẩm có hòa trộn không khí ẩm cho qua dàn ngưng để giảm hiệu nhiệt độ ngưng tụ bay hơi.

1. Thí nghiệm sấy nông sản. Từ rất sớm (1950) ở Mỹ người ta đã xây dựng một thí nghiệm sấy hạt nông sản bằng bơm nhiệt.

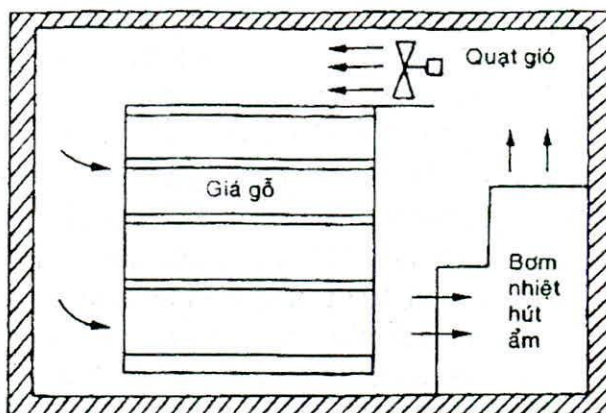
Nhiệt độ buồng sấy, dàn ngưng tụ, dàn bay hơi... cũng như độ ẩm không khí được giám sát và khống chế chặt chẽ. Buồng sấy thí nghiệm được mô tả trên hình 7.28. Buồng sấy là một phòng rộng $1,3 \text{ m}^2$ để chứa hạt nông sản. Bơm nhiệt có công suất máy nén là 570 W, môi chất lạnh R12. Quạt gió ly tâm công suất 380 W để tuần hoàn gió. Mạng ống nước G được lắp đặt để điều chỉnh nhiệt độ sấy. Quá trình sấy kết thúc khi hạt ngũ cốc đạt thủy phần (độ ẩm) khoảng 12 %. Nhiệt độ sấy từ $43 \div 54 \text{ }^\circ\text{C}$; tốc độ gió từ $550 \div 2000 \text{ m}^3/\text{h}$. Ở tốc độ gió $800 \div 1000 \text{ m}^3/\text{h}$ giá thành đạt cực tiểu. Tiêu tốn năng lượng cho 1 kg ẩm là 0,28 kWh/kg ẩm ở nhiệt độ $43 \text{ }^\circ\text{C}$ và 0,27 kWh/kg ở nhiệt độ sấy $54 \text{ }^\circ\text{C}$. Nếu so sánh với đồ thị trên hình 7.25 ta thấy bơm nhiệt này có hệ số nhiệt rất cao tuy nhiệt độ ngưng tụ tương đối thấp. Nếu so sánh với những bơm nhiệt sấy và hút ẩm ngày nay bán rộng rãi trên thị trường hệ số nhiệt của nó cũng vào loại rất cao. Kết luận công trình nghiên cứu, tác giả đưa ra rất nhiều ưu điểm nhưng nhược điểm là vốn đầu tư khá cao cho bơm nhiệt.



Hình 7.28. Bơm nhiệt thí nghiệm để sấy hạt ngũ cốc

- | | |
|------------------------|---|
| A. Động cơ | 1. Ba bộ cặp nhiệt để lấy giá trị trung bình; |
| B. Máy nén; | 2. Bốn bộ cặp nhiệt (lấy giá trị trung bình); |
| C. Dàn ngưng; | 3. Bộ cặp nhiệt ướt và khô; |
| D. Dàn bay hơi; | 4. Ẩm kế; |
| E. Quạt gió; | 5. Bộ cặp nhiệt; |
| F. Động cơ quạt gió; | 6. Bốn bộ cặp nhiệt (giá trị trung bình) |
| G. Mạng ống nước lạnh; | 7. Bộ cặp nhiệt ướt và khô; |
| | 8. Bộ đo tốc độ gió tuần hoàn. |

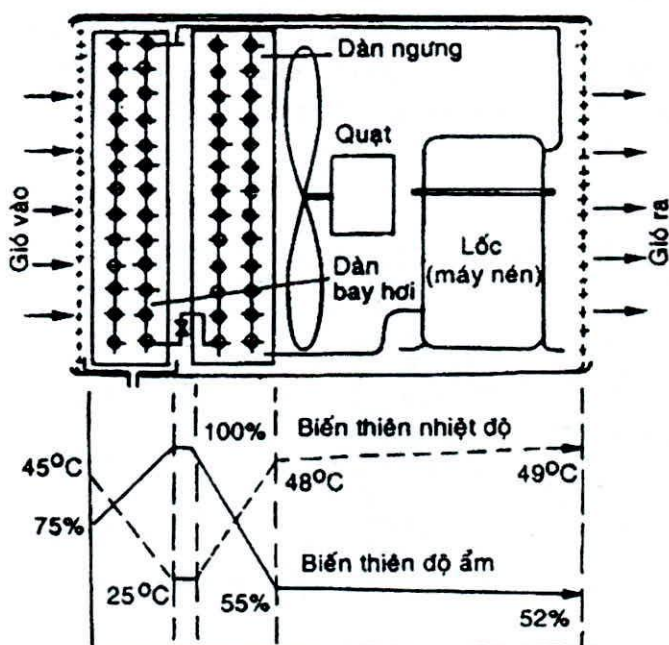
2. Bơm nhiệt sấy gỗ Westair (Anh). Một trong những ứng dụng đầu tiên của bơm nhiệt vào công nghiệp sấy trên phạm vi thương mại là sử dụng bơm nhiệt để sấy gỗ. Nhiệt độ sấy và độ ẩm là những thông số rất quan trọng đảm bảo chất lượng gỗ. Hãng Westair đã nghiên cứu và sản xuất bơm nhiệt cho mục đích này. Các công trình nghiên cứu được tiến hành hàng chục năm với hàng chục ngàn bộ thiết bị lắp đặt trên toàn thế giới. Một kiểu lắp đặt đặc biệt của bơm nhiệt Westair được mô tả trên hình 7.29.



Hình 7.29. Buồng sấy gỗ sử dụng bơm nhiệt Westair

Bơm nhiệt là một khối hoàn chỉnh, có vỏ bao che và các hướng gió vào ra qua máy. Toàn bộ bơm nhiệt được đặt trên giá có bánh xe do đó có thể di chuyển vị trí của nó một cách dễ dàng. Hình 7.30 mô tả cấu tạo bên trong của bơm nhiệt và sự biến đổi trạng thái không khí qua bơm nhiệt.

Không khí trong buồng sấy có nhiệt độ 45°C , độ ẩm tương đối là 75 %. Khi qua dàn bay hơi nhiệt độ hạ xuống 25°C và độ ẩm tăng lên 100 %. Một phần ẩm ngưng tụ chảy xuống khay theo đường ống ra ngoài. Sau đó không khí đi qua dàn ngưng tụ, nhiệt độ tăng lên 48°C và độ ẩm giảm xuống $\phi = 55\%$, khi qua quạt và máy nén $t = 49^{\circ}\text{C}$ và $\phi = 52\%$.



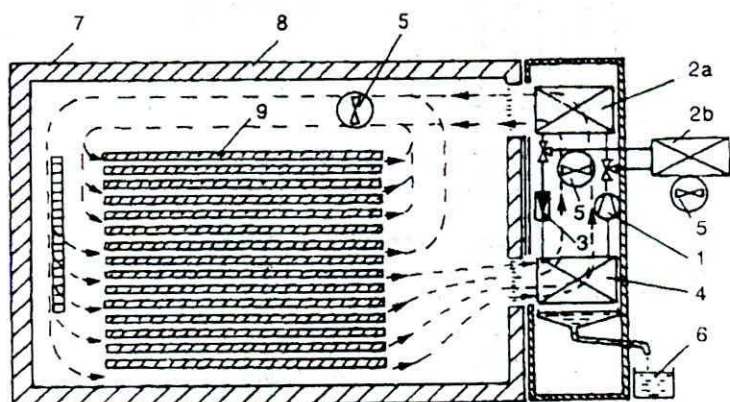
Hình 7.30. Cấu tạo bơm nhiệt Westair và các thông số của không khí khi qua bơm nhiệt

Tổ hợp bơm nhiệt Westair bao gồm một bộ cảm nhiệt và cảm ẩm, chúng có nhiệm vụ giám sát, đóng mở các vòng tuần hoàn làm lạnh và đốt nóng phù hợp với từng trường hợp cụ thể của gỗ sấy trong hầm. Sự kiểm tra có tính chất chu kỳ từ lúc gỗ ướt cho đến lúc gỗ khô. Bơm nhiệt cũng được trang bị cả các thiết bị điều chỉnh cho từng loại gỗ đặc biệt. Chế độ vận hành tối ưu được theo dõi bằng cảm kế và bộ phận ghi nhiệt ẩm. Độ ẩm của gỗ cũng có thể xác định bằng các mẫu thử. Khi đạt được thông số yêu cầu của gỗ (chủ yếu là độ ẩm) thì điều kiện cân bằng sẽ tác động vào các cơ cấu kiểm tra giám sát trước khi đưa gỗ ra khỏi buồng sấy.

Năng suất buồng sấy phụ thuộc vào thiết kế của buồng, ngoài ra còn phụ thuộc vào các yêu cầu của khách hàng như:

- Loại gỗ cần sấy;
- Độ ẩm đầu và cuối quá trình sấy,

– Số lượng gỗ cần sấy và kích thước hình học của gỗ. Sử dụng bơm nhiệt có thể hạ giá thành sấy, chất lượng gỗ được đảm bảo tốt hơn nhiều so với phương pháp sấy cổ điển. Hình 7.31 giới thiệu một bơm nhiệt sấy gỗ khác được xây dựng ở Cộng hòa Liên bang Đức. Bơm nhiệt nén hơi được lắp riêng trong kênh dẫn gió. Nhiệt độ sấy duy trì ở mức độ thấp (30°C). Chế độ sấy rất dịu dẽ đảm bảo chất lượng gỗ cao hơn nhưng thời gian sấy không lâu hơn sấy bằng phương pháp cổ điển ở 60°C năng lượng tiêu tốn chỉ còn bằng 1/5 phương pháp cổ điển. Một ưu điểm nữa của bơm nhiệt sấy gỗ là có thể đánh giá chính xác độ khô của gỗ qua lượng nước ngưng thu được từ dàn bay hơi ở bình đo lượng nước ngưng.



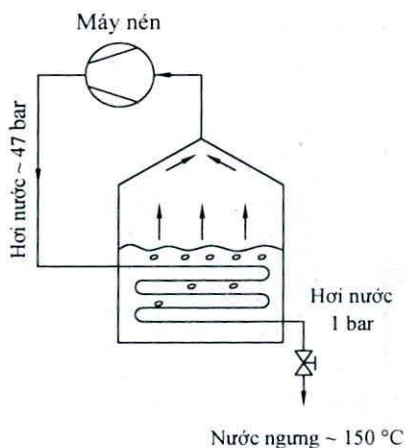
Hình 7.31. Bơm nhiệt để sấy gỗ

- 1 – Máy nén; 2a – Dàn ngưng; 2b – Dàn ngưng phụ để thải nhiệt thừa;
3 – Van tiết lưu; 4 – Dàn bay hơi; 5 – Các quạt gió;
6 – Bình đo lượng nước ngưng; 7 – Dàn gia nhiệt bằng dây điện trở;
8 – Buồng sấy gỗ; 9 – Các giá xếp gỗ

Ngoài ra các tài liệu tham khảo còn giới thiệu rất nhiều, ứng dụng của bơm nhiệt để sấy đồ sứ trong nhà máy chế tạo đồ sứ Portacel Ltd. ở Keut, sấy phim ảnh ở Berlin, sấy và bảo quản chè ở nhà máy liên hiệp chè nước cộng hòa Grudia. Tất cả các bơm nhiệt được sử dụng đều mang lại hiệu quả kinh tế cao do chất lượng sản phẩm được nâng lên rõ rệt, thứ phẩm giảm, tiêu hao năng lượng giảm, thời gian sấy giảm, mặt bằng kho bãi giảm... Thời gian hoàn vốn ngắn khoảng 1,5 đến 2,5 năm, có trường hợp chỉ 3 ÷ 4 tháng.

3. Bơm nhiệt chu trình hở sử dụng trong công nghiệp sấy.

Trong công nghiệp sấy ngoài bơm nhiệt nén hơi chu trình kín người ta còn có thể sử dụng chu trình hở. Laroche và Soliguac (Pháp) giới thiệu một chu trình bơm nhiệt hở dùng để sấy (hình 7.32). Chu trình này không có môi chất lạnh tuần hoàn trong hệ thống kín nên thiết bị rất đơn giản. Hơi nước từ vật ẩm bốc lên được hút trực tiếp vào máy nén ở áp suất khoảng 0,1 MPa nén lên áp suất cao ($\sim 0,5$ MPa) và đưa nhiệt độ ngưng tụ của hơi nước lên đến khoảng 150°C . Nhiệt ẩm ngưng tụ được cấp trở lại cho vật ẩm để làm bay hơi nước.



Hình 7.32. Bơm nhiệt chu trình hở để sấy

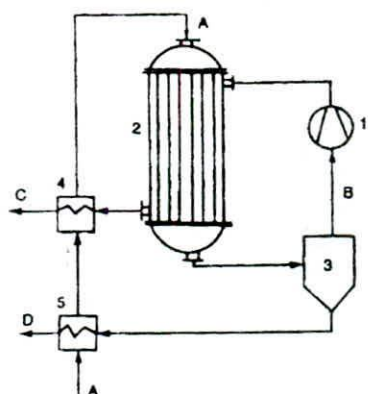
Hiệu quả sấy có thể đạt đến 1000 kJ/kg ẩm hoặc $3,6\text{ kg ẩm/kWh}$ điện tiêu thụ. Thực tế đã có rất nhiều nơi sử dụng bơm nhiệt chu trình hở với hiệu suất kinh tế rất cao như ở Pháp dùng để sấy gỗ tẩm, ở Thụy Sĩ (xây dựng từ năm 1949) để sản xuất khoảng 90 % muối ăn trong nước, ở New Zealand kết hợp nhiều kiểu bơm nhiệt dọc theo một xích truyền động sấy liên tục. Theo nhiều tài liệu tham khảo thì năng lượng sơ cấp tiết kiệm được khi sấy bằng chu trình hở ít nhất cũng đạt $35 \div 40\%$ so với các phương pháp sấy cổ điển. Nhược điểm của nó là máy nén hơi nước phải làm việc ở chế độ nhiệt độ cao (đến $150 \div 160^\circ\text{C}$) và hơi nước có thể mang theo cả những chất ăn mòn làm han rỉ máy.

7.6. BƠM NHIỆT ỨNG DỤNG VÀO CÔNG NGHIỆP CHUNG CẤT, BAY HƠI, CÔ ĐẶC

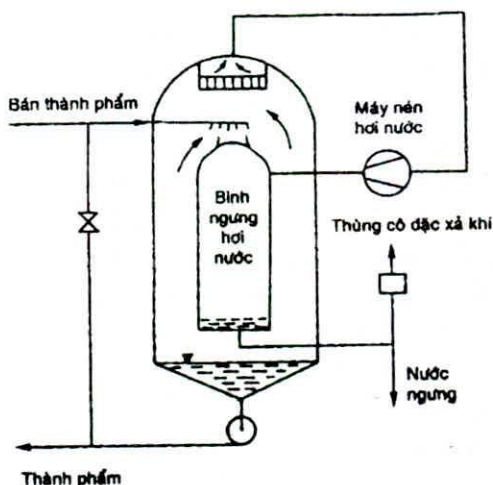
Bơm nhiệt chu trình hở được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp chung cất, tách chất, bay hơi cô đặc. Hình 7.33 giới thiệu một bơm nhiệt dùng chu trình hở để bay hơi cô đặc.

Bán thành phẩm A được làm nóng sơ bộ qua hai thiết bị trao đổi nhiệt 4 và 5 rồi đi vào tháp bay hơi kiểu ống đứng, nhận nhiệt của hơi nén có nhiệt độ cao khi ngưng tụ do máy nén tuabin 1 nén vào, sau đó được đưa xuống bộ tách lỏng 3. Hơi B được máy nén hút và nén lên áp suất cao đưa trở lại tháp bay hơi 2. Thành phẩm chảy qua thiết bị trao đổi nhiệt 5 ra ngoài. Nước ngưng hoặc chất lỏng ngưng tụ C được đưa qua trao đổi nhiệt 4 ra ngoài.

Hình 7.34 giới thiệu một thiết bị cô đặc cũng bằng chu trình hở nhưng bố trí thiết bị gọn hơn.



Hình 7.33. Bơm nhiệt chu trình hở để bay hơi cô đặc (1. Máy nén; 2. Trao đổi nhiệt; 3. Bình tách hơi; 4–5. Trao đổi nhiệt; A. Bán thành phẩm vào; B. Hơi nước hoặc hơi của chất dễ bay hơi; C. Nước ngưng hoặc lỏng của chất dễ bay hơi; D. Thành phẩm)



Hình 7.34. Thiết bị cô đặc dùng máy nén hơi nước

Bán thành phẩm cần cô đặc (đồ uống, hóa chất, dược phẩm...) được đưa vào thùng sấy và cho chảy tưới lên bề mặt ngoài của thiết bị ngưng tụ hơi nước để nhận nhiệt của hơi nước ngưng tụ. Hơi nước sinh ra sẽ được máy nén hút về và nén lên áp suất cao rồi đẩy vào bình ngưng tụ hơi nước. Như vậy, nhiệt lượng cần thiết để bay hơi, chính do nhiệt lượng từ hơi do máy nén hút ra cung cấp. Người ta chỉ cần tiêu tốn một năng lượng nhỏ để duy trì máy nén hoạt động mà thôi. Quá trình cứ thế lặp đi lặp lại cho đến khi nào đạt được nồng độ yêu cầu. Năng lượng tiêu hao cho một kg ẩm giảm từ 2790 kJ/kg ẩm đối với phương pháp cô đặc cổ điển xuống còn khoảng 70 kJ/kg ẩm khi dùng bơm nhiệt chu trình hở. Rõ ràng hiệu quả năng lượng của bơm nhiệt chu trình hở trong công nghiệp cô đặc là rất to lớn. Thực tế hiệu nhiệt độ dàn ngưng và dàn bay hơi ở đây chỉ là hiệu nhiệt độ truyền nhiệt từ vách trong ra vách ngoài của bình ngưng tụ khoảng $5 \div 6$ K. Nếu tính lý thuyết hoặc tra theo đồ thị trên hình 3.3 ta cũng tìm được hệ số nhiệt $\varphi \approx 40$ tương ứng với kết quả $2790/70 \approx 39,9$.

Tuy vậy sơ đồ bơm nhiệt chu trình hở này cũng có những nhược điểm nhất định như:

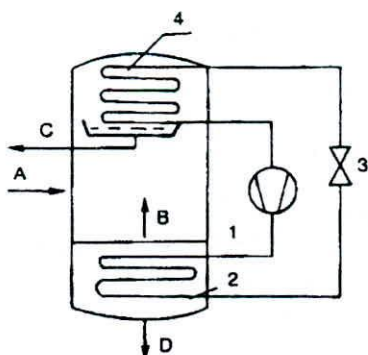
- Khó vận hành với dung dịch đặc, chỉ phù hợp với dung dịch loãng;

- Khó hoặc không thể vận hành với các dung dịch có độ nhớt quá cao;
- Tỷ số nén ở máy nén thường rất cao khi nhiệt độ bay hơi thấp.

Do hạn chế như vậy, chu trình hồ phần lớn chỉ được sử dụng để cô đặc bột và giấy phế thải, cô đặc rượu Whisky, dược phẩm và đặc biệt trong công nghiệp hóa học.

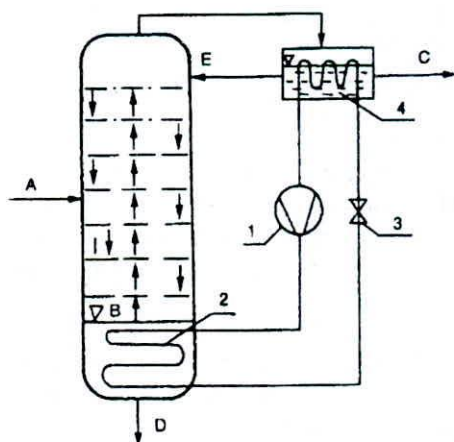
Đối với công nghiệp chưng cất người ta có thể sử dụng bơm nhiệt với hiệu quả kinh tế cao. Thường trong các tháp chưng cất dầu mỏ, hóa chất, bia rượu... người ta phải gia nhiệt ở đáy tháp và làm mát ở đỉnh tháp. Hiệu nhiệt độ giữa đỉnh tháp và đáy tháp không cao lắm. Ứng dụng bơm nhiệt ở đây, người ta bố trí dàn bay hơi ở phía đỉnh tháp để làm ngưng tụ chất dễ bay hơi, còn đặt dàn ngưng ở phía đáy tháp để gia nhiệt cho dung dịch khó bay hơi.

Hình 7.35 mô tả sơ đồ ứng dụng bơm nhiệt chu trình kín để chưng cất sản xuất sản phẩm D có độ tinh khiết cao. Cũng vậy, hình 7.36 mô tả sơ đồ bơm nhiệt để chưng cất, tinh luyện sản xuất sản phẩm C là chất cần được tinh chế.



Hình 7.35. Bơm nhiệt tách chất chu trình kín

- | | |
|--|-----------------|
| 1. Máy nén; | 2. Dàn ngưng ; |
| 3. Van tiết lưu; | 4. Dàn bay hơi; |
| A. Sản phẩm vào; B. Bay hơi; | |
| C. Sản phẩm đỉnh tháp – Sản phẩm phụ; | |
| D. Sản phẩm đáy tháp – Sản phẩm chính; | |



Hình 7.36. Bơm nhiệt chưng cất tinh luyện

- | |
|---|
| A. Sản phẩm vào; B. Bay hơi; D. Chất tải; |
| E. Hồi lưu; C. Thành phẩm; |

Do chênh lệch nhiệt độ giữa đỉnh tháp và đáy tháp không lớn nên hệ số nhiệt của bơm nhiệt đạt rất cao, có khi tới 20 hoặc 30. Con số đó thể hiện hiệu quả kinh tế rất lớn khi sử dụng bơm nhiệt trong công nghiệp chưng cất, tinh luyện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Heinrich, Najork, Nestler. *Waermepumpenanwendung in Industrie*. Landwirtschaft, Gesellschafts- und Wohnungsbau. VEB Verlag Technik Berlin, 1982.
2. Jungnickel, Agsten, Kraus. *Grundlagen der Kältetechnik*. VEB Verlag Technik Berlin 1982.
3. Plank, R.. *Handbuch der Kältetechnik Band 6A Automatic...* Waermepumpen, Springer Verlag 1969.
4. Cube, Steimle, Lotz, Kunis. *Lehrbuch der Kältetechnik*. Band 1, 2, C.F. Mueller Verlag Heidelberg 1997.
5. Brodowicz, Dyakovski. *Heat Pumps*. Butterworth Heiemann Oxford 1993.
6. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuy. *Hệ thống sấy lạnh bằng bơm nhiệt ở HaiHaCo*. Tạp chí KHCN Nhiệt số 2/1998 tr. 6 – 8.
7. Nguyễn Đức Lợi. *Môi chất lạnh R407C và R410A*. Tạp chí KHCN Nhiệt số 11/2003, tr. 7-11.
8. Nguyễn Đức Lợi. *So sánh hiệu quả năng lượng (COP) và giá trị non tải tích hợp (IPLV) của hệ điều hoà không khí VRV và chiller ở 1 toà nhà tại Hà Nội*. Tạp chí KHCN Nhiệt số 7/2009, tr. 6 – 8.
9. Nguyễn Đức Lợi. *Bơm nhiệt, cấu trúc của Trái Đất*. Tạp chí KHCN Nhiệt số 1/2010, tr. 7 – 10.
10. Nguyễn Đức Lợi. *Bơm nhiệt đun nước nóng và bơm nhiệt đa năng*. Tạp chí KHCN Nhiệt số 7/2010 tr. 15 – 18..
11. Nguyễn Đức Lợi. *Bơm nhiệt địa nhiệt và khả năng ứng dụng tại miền Bắc Việt Nam*. Tạp chí KHCN Nhiệt số 9/2010 tr.31 – 35 .
12. Nguyễn Đức Lợi, Nguyễn Mạnh Hùng. *Quá trình làm lạnh và tách ẩm trong sấy lạnh dùng bơm nhiệt*. Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải số 5/2004 tr.116-118.
13. Nguyễn Đức Lợi, Nguyễn Quốc Việt. *Investigation and application of geothermal heat pump for air conditioning system in Hanoi*. Hội thảo Việt Nhật lần thứ 2 về hiệu quả năng lượng trong tòa nhà – ứng dụng công nghệ bơm nhiệt và trữ nhiệt 6/2009.
14. Nguyễn Đức Lợi. *Hướng dẫn Thiết kế Hệ thống lạnh*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, năm 1992, in lần thứ 7 năm 2011.
15. Nguyễn Đức Lợi. *Hướng dẫn Thiết kế Hệ thống Điều hoà Không khí*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, năm 2003, in lần thứ 4 năm 2011.
16. Nguyễn Đức Lợi. *Sửa chữa Máy lạnh và Điều hoà Không khí*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, tái bản lần thứ 5, năm 2012.
17. Nguyễn Đức Lợi, Hà Mạnh Thư. *Từ điển Kỹ thuật lạnh và Điều hoà Không khí Anh – Việt – Pháp*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, năm 1998.
18. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuy. *Tủ lạnh, Máy kem, máy đá, máy điều hoà nhiệt độ*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, năm 1990, in lần thứ 10 năm 2005.
19. Nguyễn Đức Lợi. *Giáo trình Kỹ thuật lạnh (cơ sở và ứng dụng)*. NXB Bách khoa Hà Nội in lần thứ 2 năm 2013.
20. Nguyễn Đức Lợi. *Bài tập tính toán Kỹ thuật lạnh*. NXB Bách khoa Hà Nội in lần thứ 2 năm 2013.
21. Nguyễn Đức Lợi. *Thiết bị tiết lưu và thiết bị phụ*. NXB Bách khoa Hà Nội in lần thứ 2 năm 2010.
22. Nguyễn Đức Lợi. *Tủ lạnh và máy điều hoà gia dụng*. NXB Bách khoa Hà Nội, năm 2007.
23. Nguyễn Đức Lợi (chủ biên), Vũ Diễm Hương, Nguyễn Khắc Xương. *Vật liệu kỹ thuật Nhiệt Lạnh*. Nhà Xuất bản Giáo Dục, Hà Nội 1998, NXB Bách khoa Hà Nội, năm 2007.

24. Nguyễn Đức Lợi. *Tự động hoá Hệ thống Lạnh*. NXB Giáo dục, năm 2001, in lần thứ 7 năm 2010.
25. Nguyễn Đức Lợi. *Đạy nghề sửa chữa Tủ lạnh và máy điều hoà dân dụng*. NXB Giáo Dục, năm 2006, in lần thứ 3 năm 2008.
26. Nguyễn Đức Lợi. *Kỹ thuật an toàn Hệ thống lạnh*. NXB Giáo Dục, năm 2007, in lần thứ 3 năm 2009.
27. Nguyễn Đức Lợi. *Ga, Dầu và Chất tải Lạnh*. NXB Giáo Dục, năm 2005, in lần thứ 3 năm 2009.
28. Nguyễn Đức Lợi. *Giáo trình thiết kế hệ thống điều hoà không khí*. NXB Giáo Dục, năm 2008, 2010.
29. Nguyễn Đức Lợi. *Giáo trình thiết kế Hệ thống Lạnh*. NXB Giáo Dục, năm 2007, 2009.
30. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuý. *Kỹ thuật Lạnh cơ sở*. NXB Giáo Dục, năm 1990 in lần thứ 8 năm 2007.
31. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuý. *Kỹ thuật Lạnh Ứng dụng*. NXB Giáo Dục, năm 1995 in lần thứ 5 năm 2007.
32. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuý. *Máy và Thiết bị Lạnh*. NXB Giáo Dục, năm 1997 – in lần 8 năm 2009.
33. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuý. *Môi chất Lạnh*. NXB Giáo Dục, năm 1998.
34. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuý. *Bài tập Kỹ thuật Lạnh*. NXB Giáo Dục, năm 1998.
35. Nguyễn Đức Lợi. *Thiết kế hệ thống Điều hoà không khí VRV*. NXB Giáo Dục Việt Nam, năm 2010.
36. Lại Ngọc Anh. THEPROPER 1.10.02: *Thermodynamic properties of Fluid for science and engineering*, version 1.10.02, Journal of Science and Technology, 84,2011, pp. 80-84.
37. Ashrae Handbook 2004, HVAC Systems and Equipment, SI Edition, Chapter 8 (Applied Heat Pump and Heat Recovery Systems) and 45 (Unitary Air Conditioners and Heat Pump).
38. K. Yokoyama: *Methodology for Estimate of Annual Performance Factor (APF) and Application into Japanese Conditions*. MUMSS/HYBIA/VEGLIA Laboratories Inc. Representative. Hội thảo Việt nam Nhật Bản Phương pháp đánh giá hệ số đặc tính theo năm (APF) đối với các hệ thống và thiết bị điều hòa không khí, Hà nội 12/10/2011.
39. Research Institute of Refrigeration and Air Conditioning, Railway Campus Central, South University China, Ding Lixing, Chenjifai: *Advanced Prospect of GSHP Air Conditioning System in HSCW Zone of China*, 2006.
40. National Renewable Energy Laboratory: *Development of Geothermal Heat Pump Market in China*, 2006.
41. Burkhard Sanner: *Example of Ground Source Heat Pump in Germany*.
42. Đoàn Văn Tuyển, Phạm Quang Sơn, Trịnh Việt Bắc. *Nghiên cứu điều kiện khí hậu, nhiệt độ, khí tượng ở Hà Nội*. Sở KHCN – Viện Địa Chất, năm 2008.
43. Nguyễn Mạnh Hùng (Luận văn Tiến sĩ). *Nghiên cứu quá trình truyền nhiệt, truyền chất trong hệ thống sấy lạnh dùng bơm nhiệt và các giải pháp tiết kiệm năng lượng*. năm 2011.
44. Nguyễn Đình Vịnh (Luận văn thạc sĩ). *Nghiên cứu thực nghiệm bơm nhiệt đun nước nóng nguồn gió*. Đại học Bách khoa Hà Nội, năm 2005.
45. Nguyễn Thế Hùng (Luận văn thạc sĩ). *Nghiên cứu thiết kế chế tạo và thực nghiệm mô hình bơm nhiệt đun nước nóng gia dụng nguồn gió*. Đại học Bách khoa Hà Nội, năm 2009.
46. Lê Chí Hiệp. *Máy lạnh hấp thụ trong kỹ thuật điều hòa không khí*. Nhà Xuất bản Đại học Quốc Gia Tp HCM, 2004, 520 trang.

47. QCXDVN 09:2005. *Những công trình xây dựng sử dụng năng lượng hiệu quả* (Bản sửa đổi).
48. Lê Nguyên Minh. *Giải pháp TKNL trong thiết kế hệ thống điều hòa không khí công suất lớn*. Tạp chí KHCVN Nhiệt số 68 tăng 3/2006, tr. 14-16.
49. Lê Nguyên Minh. *Đánh giá hiệu quả tiết kiệm điện của hệ thống cung cấp nước nóng có sử dụng bộ thu nhiệt Mặt Trời ở các tỉnh phía Bắc*. Tạp chí KHCVN Xây Dựng số 04/2009 tr. 45-48.
50. Nguyễn Mạnh Hùng. *Nghiên cứu quá trình truyền nhiệt truyền chất trong hệ thống sấy lạnh dùng bơm nhiệt và các giải pháp tiết kiệm năng lượng*. Luận án Tiến sỹ KHKT, Đại học Bách khoa Hà Nội, năm 2012.
51. Trương Minh Thắng. *Nghiên cứu quá trình truyền nhiệt truyền chất trong quá trình sấy bơm nhiệt kiểu bậc thang*. Luận án Tiến sỹ KHKT, Đại học Bách khoa Hà Nội, năm 2013.
52. Trần Văn Phú, Lê Nguyên Đương. *Kỹ thuật sấy Nông sản*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, năm 1997.
53. Trần Đại Tiến. *Nghiên cứu phương pháp sấy và bảo quản sản phẩm mực ống khô lột da*. Luận án Tiến sỹ KHKT, Đại Học Thủy Sản Nha Trang, năm 2007.
54. Heat pump water heater system: www.mediaca.com ; www.midea.com.cn.
55. Daikin: *Môi chất lạnh thế hệ mới, giải pháp lựa chọn môi chất lạnh cân bằng nhất cho các vấn đề môi trường*. Báo cáo Khoa học tại Hội thảo Loại trừ HCFC-22 và TKNL, nâng cao hiệu suất năng lượng trong lĩnh vực làm lạnh và ĐHKK, Hà Nội 10.12.2013.
56. Choyu Watanabe. *Pioniering Industrial Heat Pump Technology in Japan*. Proceeding The 3th Asia heat pump and thermal storage Network Conference – Research and Development of heat pump and thermal storage Technologies in Industrial and Residential Sectors. Hanoi 8.10.2013.
57. Zhang Shicong. *The Development of Heat Pump and Thermal Storage in China*. Proceeding The 3th Asia heat pump and thermal storage Network Conference – Research and Development of heat pump and thermal storage Technologies in Industrial and Residential Sectors. Hanoi 8.10.2013.
58. Lai Ngọc Anh. Thermodynamic properties of 4th generation refrigerants and their application on the heat pump analysis. Proceeding The 3th Asia heat pump and thermal storage Network Conference – Research and Development of heat pump and thermal storage Technologies in Industrial and Residential Sectors. Hanoi 8.10.2013.
59. N.A. Lai, T.T.H. Huong: Description of HFO-1234ze with BACKONE equation of state, Seatuc 2012, Bangkok, Thailand.
60. Sakamoto. *Introduction of high- efficiency heat pump and thermal storage system in Japan*. The 2th Japan- Vietnam Workshop on Energy Efficiency for Buildings – Application of Heat Pump and thermal storage Technologies. Hanoi 19.6.2009.
61. Climate Master – Geothermal Heat pumps by Xiaobing Liu, Ph. D.
62. Thermal Energy Storage, JARN August, 25th 2004, jun 60.

CHỮ VIẾT TẮT

a	Hàng năm (annual)
AHU	Phòng điều không (Air Handling Unit)
APF	Hiệu quả năng lượng năm (Annual Performance Factor) theo đề xuất của Nhật thay cho COP là hệ số lạnh khi chạy đầy tải dùng cho RAC và PAC
ARI	Viện Lạnh Mỹ (American Refrigeration Institute)
ASHRAE	Hội Lạnh và Điều hòa không khí Mỹ (American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers)
ATA	Bơm nhiệt gió gió (Air to Air)
ATW	Bơm nhiệt gió nước (Air to Water)
B	Bơm
B1, B2	Bơm sơ cấp, bơm thứ cấp
BH	Bình (dàn) bốc hơi
BXMT	Bức xạ Mặt Trời
COP	Coefficient of Performance (hiệu quả năng lượng ở 100% tải, tương tự EER)
CT	Tháp giải nhiệt (Cooling Tower)
d	Hàng ngày (daily)
DC	Dàn khô (Dry Coil, Dry Cooler)
ĐHKK	Điều hòa không khí
EER	Energy Efficiency Ratio (hiệu quả năng lượng ở 100 % tải)
FCU	Dàn quạt (Fan Coil Unit)
GIZ	German Agency for International Cooperation
GN	Bình giãn nở
GWP	Global Warming Potential (tiềm năng làm nóng địa cầu)
HOC	Heat of Combustion (nhiệt trị)
HPTCJ	Viện Bơm nhiệt và Trữ nhiệt Nhật Bản (Heat Pump and Thermal Storage Technology Center of Japan)
HEMS	Home Energy Management System
HQNL	Hiệu quả năng lượng
HS	Heating System (hệ thống sưởi)
IEA	Tổ chức Năng lượng thế giới (International Energy Assessment)
IEER	Integrated Energy Efficiency (= APF)
IPLV	Integrated Part Load Value (hiệu quả năng lượng năm)

JARN	Japan Air Conditioning and Refrigeration News
LCCP	Life-cycle Climate Performance (tác động khí hậu vòng đời)
LFL	Lower Flammability Limit (giới hạn bắt lửa dưới)
m	Hàng tháng (month)
MEPS	Tiêu chuẩn hiệu quả năng lượng tối thiểu (Minimum Energy Performance Standard)
MN	Máy nén
MOIT	Bộ Công thương (Ministry of Industry and Trade)
NLMT	Năng lượng Mặt Trời
NT	Bình (dàn) ngưng tụ
ODP	Ozone Depletion Potential (tiềm năng làm suy giảm tầng ozone)
PAC	Packaged Air Conditioner (máy điều hòa tổ hợp gọn)
PIC	Power Input Capacity = $1/COP$
RAC	Room Air Conditioner (máy điều hòa phòng)
SEER	Hiệu quả năng lượng mùa (Seasonal Energy Efficiency Ratio)
TBBH	Thiết bị bay hơi
TBNT	Thiết bị ngưng tụ
TBTĐN	Thiết bị trao đổi nhiệt
TBTL	Thiết bị tiết lưu
tce	Tấn than tương đương (ton of coal equivalent), tính theo nhiệt trị của than là 7000 kcal/kg; 1 tce = 8,14 MWh nhưng thường được lấy tròn là 8 MWh, đơn vị này hầu như không được sử dụng.
TES	Thermal Energy Storage (Tích nhiệt)
TKNL	Tiết kiệm năng lượng
TL	Thiết bị tiết lưu (van, ống mao)
TLV-TWA	Threshold Limit Value – Time-weighted Average (nồng độ giới hạn trung bình lâu dài)
toe	Tấn dầu tương đương (ton of oil equivalent), tính theo nhiệt trị của dầu là 10.000 kcal/kg; 1 toe = 11,63 MWh nhưng được lấy tròn là 12 MWh
TTNL	Tiêu thụ năng lượng
w	Hàng tuần (weekly)
WTA	Bơm nhiệt nước gió (Water to Air)
WTW	Bơm nhiệt nước nước (Water to Water)

MỤC TỪ

(Ví dụ tra cứu: Bơm nhiệt gió gió 55t, 160: 55 và 160 là trang, t là tiếp theo)

A

AHU gas 205t
AHU thu hồi nhiệt 204t
APF 14t

B

Biến thể nhiệt 47t
Bình bay hơi đứng 142t
Bình bay hơi kiểu khô 138t
Bình bay hơi kiểu ngập 141t
Bình bay hơi ống vỏ 119t, 136t
Bình ngưng ống vỏ 124t
Bộ thu BXMT 128t, 223t
Bộ thu ống chân không 135t
Bộ thu tấm phẳng 130t
Bơm nhiệt chu trình hở 51t
Bơm nhiệt Daikin 213t
Bơm nhiệt đa năng 57t, 220t
Bơm nhiệt đun nước 206t, 223t
Bơm nhiệt gió gió 53t, 156t
Bơm nhiệt gió nước 54t, 156t
Bơm nhiệt 2 cấp 44t
Bơm nhiệt hấp thụ 39t, 45t
Bơm nhiệt Midea 214t
Bơm nhiệt nguồn đất 145t, 185t, 190t
Bơm nhiệt nguồn nước 159t, 185t
Bơm nhiệt nhiệt điện 51t
Bơm nhiệt nóng lạnh 36t, 57t, 227t
Bơm nhiệt nước gió 54t, 186t
Bơm nhiệt nước nước 55t, 186t, 195t
Bơm nhiệt sưởi ấm 154t
Bơm nhiệt tái hấp thụ 49t
Bơm nhiệt Thomson 5t

C

Cấp môi chất 97t
Chất tải nhiệt biến đổi pha 153t
Chất tải nhiệt không đổi pha 151t
Chiller 1 chiều 158t, 161t
Chiller 2 chiều gió nước 157t, 182t, 186t
Chiller 2 chiều nước nước 159t, 185t
Chiller 3 bình 203t
Chiller thu hồi nhiệt 203t
Chu trình bậc thang 71t
Chu trình Carnot 41t, 67t
Chu trình Lorenz 44t, 67t
Chưng cất 235t
CO₂ 6t, 25t, 96t

COP chiller 164t
COP phụ thuộc t_k , t_o 64t
Cô đặc 235t
Công nén hữu ích 170t
Cơ cấu tải lạnh 172t

D

Dàn bay hơi gió 118t, 144t
Dàn bay hơi ống lồng 120t
Dàn bay hơi tấm 121t
Dàn bay hơi tấm bản 122t, 143t
Dàn đất 145t
Dàn đất ngang 145t
Dàn đất đứng 146t
Dàn khô 163t
Dàn ngưng giải nhiệt gió 123t
Dàn nước lạnh FCU 144t
Dàn ống đun nước 125t
Dàn sưởi nền 146t
Dán nhãn TKNL 21t, 27t
Dry Coil DC 163t

Đ

Đặc tính máy điều hòa 64t, 169t
Đặc tính tải nhiệt phòng 168t
Định nghĩa bơm nhiệt 35t

F

FCU 144t

H

Hệ số nhiệt bơm nhiệt 62t
Hệ số sử dụng NLSC 14t
Hiệu nhiệt độ TB logarit 114t
Hiệu quả năng lượng 59t, 164t

K

Ký hiệu bơm nhiệt 55t

L

Lịch sử phát triển 5t

M

Máy điều hòa 2 chiều 21t, 159t, 168t, 175t
Máy điều hòa 5 sao 28t
Máy hút ẩm 229t
Máy nén 97t, 176t

Máy nén biển tần 98t
Máy nén Danfoss 104t
Máy nén hai cấp 101t
Máy nén kỹ thuật số 99t
Máy nén, vùng làm việc 98t
Mặt sàng 141t
Môi chất lạnh 24t, 89t

N

Nạp ga 175t
Năng lượng sơ cấp 13t, 15t, 73t
Năng suất lạnh, nhiệt 114t
Năng suất tiêu chuẩn 170t
Năng suất yêu cầu 170t
Nhiên liệu hóa thạch 13t
Nhân năng lượng 28t
Nhiệt độ bơm nhiệt 17t
Nhu cầu năng lượng sơ cấp 84t
Nước giếng khoan 160t, 189t
Nước vòng hở 189t
Nước vòng kín 145t, 190t

P

PAC 2 chiều 180t
Phân loại bơm nhiệt 38t
Phân loại BN đun nước 210t
Phân loại PP sưởi ấm 155t
Phân loại TBBH 118t
Phân loại TBNT 123t
Phương án cấp nhiệt 63t
Propan 26t

Q

Q_H 174t
 Q_k và Q_o phụ thuộc t_k và t_o 170t

R

R12 7t
R22 7t, 92t
R32 93t
R123-410A 92t
R1234yf 26t, 97t
R290 26t, 94t

S

Sấy chu trình hở 235t
Sấy gỗ 234t

Sấy nông sản 232t
So sánh HQNL 60t, 76t
So sánh tiêu thụ NL 164t
So sánh tiêu thụ NLSC 73t
So sánh TKNL đun nước 208t
So sánh TKNL sơ cấp 87t
Sơ đồ lai I 162t, 192t
Sơ đồ lai II 163t
Sơ đồ sưởi ấm với chiller 159t
Sưởi ấm bằng nồi hơi 159t

T

Tách chất 235t
Tái sưởi phòng 169t
tce, toe 85t
Tháp giải nhiệt 160t
Thị trường bơm nhiệt 19t
Thiết bị bay hơi 117t
Thiết bị ngoại vi BN 127t
Thiết bị ngưng tụ 123t
Thiết bị phụ BN 126t
Thiết bị ĐDN 114t
Thiết bị tiết lưu 173t
Thu hồi nhiệt 201t
Tích nhiệt 151t
Tính chọn máy nén 102t
Tính nhu cầu năng lượng 84t
Tính % TKNL 29t, 63t
Tính TKNL tương đối 63t
TKNL từ nước 194t
TKNL từ gió trời 199t
TKNL và dân nhân 21t
Trữ nhiệt 151t

U

Ứng dụng bơm nhiệt 15t

V

Van đảo chiều Ranco 147t
Ví dụ tính HQNL 164t
Ví dụ tính TKNL 27t, 164t
Vòng nước hở 160t, 189t
Vòng nước kín 145t, 190t

X

Xả băng 173t

Mục lục

Trang

Lời nói đầu.....	3
Chương 1	
Giới thiệu chung	
1.1. Lịch sử phát triển.....	5
1.2. Bơm nhiệt - cứu tinh của trái đất.....	8
1.3. Bơm nhiệt phát triển bất chấp suy thoái kinh tế	11
1.4. Lý do phát triển của bơm nhiệt.....	12
1.5. Ứng dụng của bơm nhiệt.....	15
1.6. Thị trường bơm nhiệt gia dụng và thương nghiệp thế giới.....	19
1.6.1. Thị trường thế giới.....	19
1.6.2. Tiết kiệm năng lượng và dân nhân tiết kiệm năng lượng.....	22
1.6.3. Môi chất lạnh.....	24
1.7. Thị trường bơm nhiệt Việt Nam.....	27
1.8. Ví dụ tính tiết kiệm năng lượng theo nhân năng lượng các cấp.....	29
Chương 2	
Nguyên lý cấu tạo và làm việc của bơm nhiệt	
2.1. Định nghĩa.....	35
2.1.1. Định nghĩa.....	35
2.1.2. Sự khác nhau giữa máy lạnh và bơm nhiệt.....	35
2.2. Phân loại bơm nhiệt.....	38
2.3. Chu trình bơm nhiệt nén hơi	40
2.3.1. Đại cương.....	40
2.3.2. Bơm nhiệt nén hơi chu trình Carnot.....	41
2.3.3. Bơm nhiệt nén hơi chu trình khô	42
2.3.4. Bơm nhiệt nén hơi chu trình Lorenz.....	44
2.3.5. Bơm nhiệt nén hơi hai cấp.....	44
2.4. Bơm nhiệt kiểu hấp thụ.....	45
2.4.1. Bơm nhiệt hấp thụ.....	45
2.4.2. Biến thể nhiệt.....	47
2.4.3. Bơm nhiệt tái hấp thụ có máy nén cơ.....	49
2.4.4. Bơm nhiệt tái hấp thụ có máy nén nhiệt.....	50
2.5. Bơm nhiệt nhiệt điện.....	50
2.6. Bơm nhiệt chu trình hở.....	51
2.7. Các loại bơm nhiệt khác.....	53
2.8. Ký hiệu viết tắt và thuật ngữ của bơm nhiệt nén hơi.....	53
Chương 3	
Đánh giá hiệu quả năng lượng của bơm nhiệt	
3.1. Phương pháp đánh giá hiệu quả năng lượng của bơm nhiệt	59
3.2. Hệ số nhiệt của bơm nhiệt.....	62
3.2.1. Định nghĩa.....	62
3.2.2. Tính tiết kiệm năng lượng tương đối từ COP.....	63
3.2.3. COP phụ thuộc vào hiệu nhiệt độ ngưng tụ và bay hơi.....	64
3.2.4. Hệ số bơm nhiệt phụ thuộc vào chu trình.....	67
3.2.5. Tiệm cận chu trình Lorenz bằng chu trình bậc thang để tiết kiệm năng lượng.....	71
3.2.6. COP phụ thuộc vào môi chất lạnh.....	72

3.3. Năng lượng sơ cấp và hệ số sử dụng năng lượng sơ cấp.....	73
3.3.1. Định nghĩa.....	73
3.3.2. Hệ số tiêu thụ năng lượng sơ cấp khi năng lượng sơ cấp là than.....	76
3.3.3. Hệ số tiêu thụ năng lượng sơ cấp khi năng lượng sơ cấp là ga (khí đốt).....	80
3.3.4. Sơ đồ dòng khí sử dụng nước thải, hơi thải chạy bơm nhiệt hấp thụ.....	81
3.3.5. Kết luận.....	81
3.4. Tính nhu cầu năng lượng hàng năm Q_{H+}	83
3.5. Nhu cầu năng lượng sơ cấp hàng năm E_{sc}	84
3.5.1. Nhu cầu năng lượng sơ cấp hàng năm E_{sc} tính theo MWh/a.....	84
3.5.2. Nhu cầu năng lượng sơ cấp hàng năm E_{sc} tính theo tấn nhiên liệu.....	84
3.6. So sánh tiết kiệm năng lượng sơ cấp giữa các phương án.....	87
3.7. Xác định thời gian hoàn vốn thiết bị.....	87

Chương 4

Bơm nhiệt và các thành phần cơ bản của bơm nhiệt

4.1. Đại cương.....	89
4.2. Môi chất và các cặp môi chất.....	89
4.2.1. Môi chất.....	89
4.2.2. Các cặp môi chất.....	97
4.3. Máy nén lạnh.....	97
4.3.1. Xu hướng phát triển.....	98
4.3.2. Tính chọn máy nén.....	102
4.3.3. Máy nén của một số hãng nổi tiếng.....	104
4.4. Thiết bị trao đổi nhiệt.....	114
4.4.1. Đại cương.....	114
4.4.2. Thiết bị bay hơi.....	117
4.4.3. Thiết bị ngưng tụ.....	123
4.5. Thiết bị phụ của bơm nhiệt.....	126

Chương 5

Thiết bị ngoại vi của bơm nhiệt

5.1. Vai trò của các thiết bị ngoại vi.....	127
5.2. Bộ thu năng lượng Mặt Trời.....	128
5.2.1. Bộ thu tấm phẳng.....	130
5.2.2. Bộ thu ống chân không.....	133
5.3. Thiết bị trao đổi nhiệt để thu nhiệt của chất tải lạnh lỏng và đường ống.....	136
5.3.1. Bình ống vỏ.....	136
5.3.2. Dàn bốc hơi tấm bản thu nhiệt từ nguồn nước.....	143
5.4. Dàn bốc hơi, dàn nước lạnh.....	144
5.5. Dàn trao đổi nhiệt đặt dưới đất.....	145
5.6. Dàn ống sườn nền.....	146
5.7. Một số thiết bị phụ của bơm nhiệt.....	147
5.7.1. Van đảo chiều của Ranco.....	147
5.7.2. Đầu cảm, van một chiều, van điện từ và mô tơ.....	150
5.8. Tích nhiệt.....	151
5.8.1. Yêu cầu và nhiệm vụ.....	151
5.8.2. Tích nhiệt bằng chất tải nhiệt không biến đổi pha.....	151
5.8.3. Tích nhiệt bằng chất tải nhiệt có biến đổi pha.....	153

Chương 6

Bơm nhiệt sưởi ấm trong hệ thống điều hòa không khí

6.1. Đại cương.....	154
6.2. Phân loại các phương pháp sưởi ấm.....	155
6.2.1. Máy điều hòa giải nhiệt gió 2 chiều (bơm nhiệt gió gió ATA).....	156
6.2.2. Chiller giải nhiệt gió 2 chiều (Bơm nhiệt gió nước ATW).....	157
6.2.3. Sơ đồ sưởi ấm truyền thống bằng nổi hơi với chiller 1 chiều lạnh.....	158
6.2.4. Sơ đồ sưởi ấm với chiller 2 chiều giải nhiệt nước.....	159
6.2.5. Một số sơ đồ sưởi ấm mùa đông chiller 1 chiều lạnh giải nhiệt nước.....	161
6.2.6. Tính toán hiệu quả năng lượng.....	164
6.3. Máy điều hòa hai chiều giải nhiệt gió.....	168
6.3.1. Máy điều hòa 2 chiều (Bơm nhiệt gió gió ATA).....	168
6.3.2. Chiller giải nhiệt hai chiều (Bơm nhiệt gió nước ATW).....	182
6.4. Máy điều hòa hai chiều giải nhiệt nước (Bơm nhiệt nguồn nước).....	185
6.4.1. Máy điều hòa hai chiều WTA (Bơm nhiệt nước gió).....	186
6.4.2. Chiller giải nhiệt nước WTW (Bơm nhiệt nước nước).....	195
6.5. Máy điều hòa thu hồi nhiệt.....	201
6.5.1. Máy điều hòa 3 chức năng.....	201
6.5.2. Chiller thu hồi nhiệt.....	203

Chương 7

Những ứng dụng khác của bơm nhiệt

7.1. Đại cương.....	206
7.2 Bơm nhiệt đun nước nóng.....	206
7.2.1. So sánh tiết kiệm năng lượng.....	206
7.2.2. Phân loại.....	209
7.2.3. Bơm nhiệt đun nước nóng gió nước ATW.....	210
7.2.4. Bơm nhiệt nước nước.....	219
7.2.5. Bơm nhiệt đa năng.....	219
7.2.6. Bơm nhiệt đa năng kết hợp bộ thu BXTM.....	222
7.3. Một số sơ đồ đun nước nóng với bộ thu bức xạ mặt trời.....	223
7.3.1. Bộ thu bức xạ mặt trời với thanh điện trở lắp bên trong.....	223
7.3.2. Sơ đồ hệ thống nước nóng với bình đun điện bên ngoài.....	224
7.3.3. Sơ đồ hệ thống nước nóng với bộ thu BXTM và bơm nhiệt nguồn gió ATW.....	225
7.3.4. Sơ đồ hệ thống nước nóng với bộ thu BXTM và bơm nhiệt nguồn nước WTW có bình ổn nhiệt kín.....	226
7.3.5. Sơ đồ hệ thống nước nóng với bộ thu BXTM và bơm nhiệt nguồn nước WTW có bình ổn nhiệt kín và dàn trao đổi nhiệt.....	227
7.4. Bơm nhiệt kết hợp nóng lạnh trong công nghiệp thực phẩm.....	228
7.5. Ứng dụng bơm nhiệt trong công nghiệp sấy, hút ẩm.....	229
7.6. Bơm nhiệt ứng dụng vào công nghiệp chưng cất, bay hơi, cô đặc.....	235
Tài liệu tham khảo.....	238
Chữ viết tắt.....	241
Mục từ.....	243

Chịu trách nhiệm xuất bản:

Chủ tịch Hội đồng Thành viên kiêm Tổng Giám đốc NGŨT. NGÔ TRẦN ÁI
Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập GS.TS. VŨ VĂN HÙNG

Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm nội dung:

Phó Tổng biên tập NGÔ ÁNH TUYẾT
Giám đốc Công ty CP Sách ĐH-ĐN NGÔ THỊ THANH BÌNH

Biên tập nội dung và sửa bản in:

NGUYỄN DUY MẠNH

Trình bày bìa:

KTS. NGUYỄN KHOA GIÁP

Chế bản:

MẠNH HÀ

Công ty CP Sách Đại học – Dạy nghề, Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam
giữ quyền công bố tác phẩm.

BƠM NHIỆT

Mã số: 7B902Y4-DAI

Số đăng ký KHXB : 835-2014/CXB/ 34- 604/GD.

In 700 cuốn (QĐ in số : 31), khổ 16 x 24 cm.

In tại Công ty CP In Phúc Yên.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 05 năm 2014.