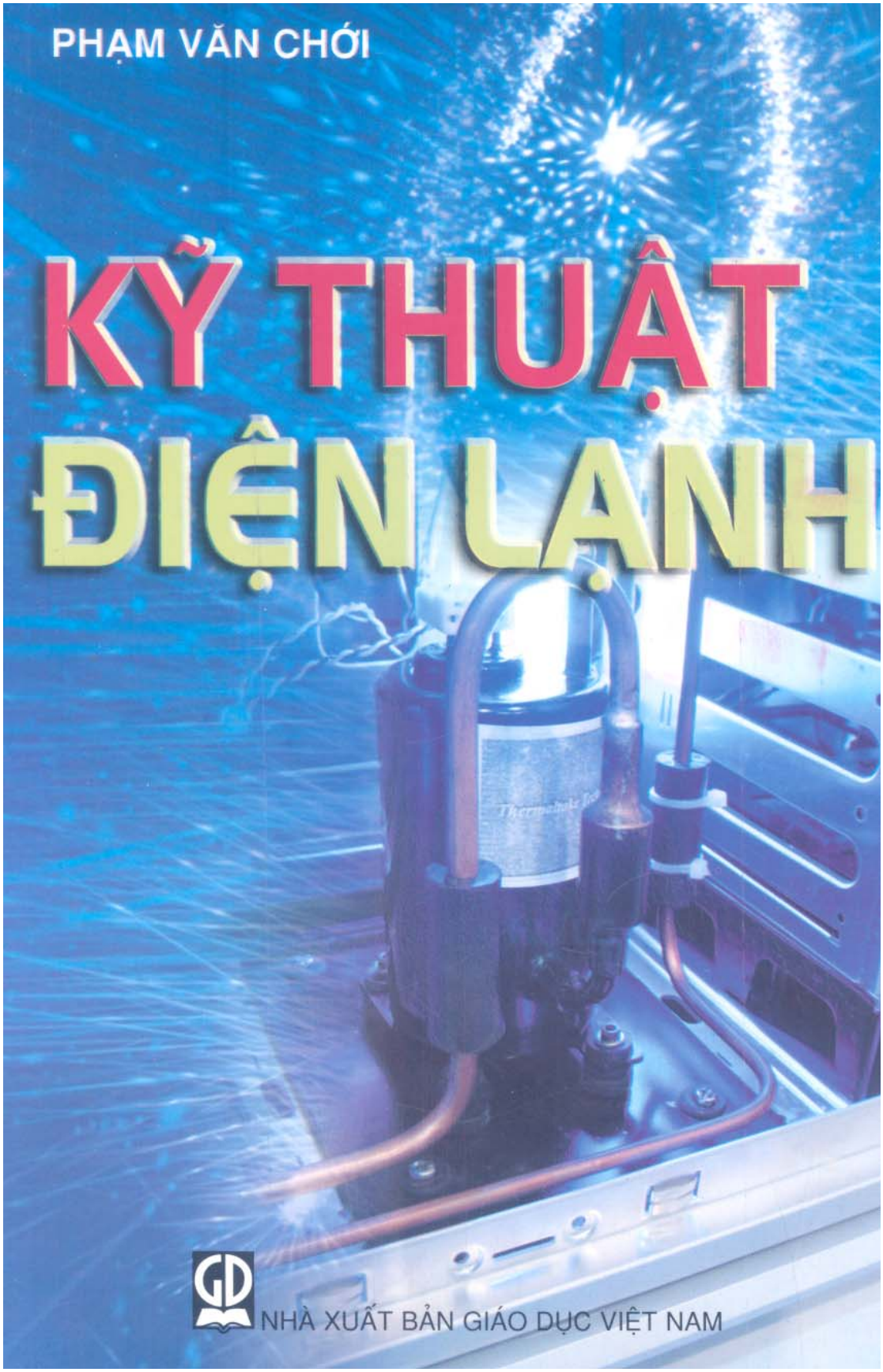
PHẠM VĂN CHỚI

KỸ THUẬT ĐIỆN LẠNH



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

PHẠM VĂN CHỚI

KỸ THUẬT ĐIỆN LẠNH

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

Công ty Cổ phần sách Đại học - Dạy nghề – Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam giữ quyền công bố tác phẩm.

05 – 2009/CXB/9 – 2170/GD Mã số : 7B712Y9 – DAI

Lời nói đầu

Sách ***Kỹ thuật điện lạnh*** dùng làm giáo trình cho sinh viên ngành Thiết bị Điện – Điện tử trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, đồng thời cũng có thể làm tài liệu tham khảo cho sinh viên các trường đại học, cao đẳng và các kỹ thuật viên có ngành nghề liên quan đến thiết bị điện lạnh.

Nội dung cuốn sách gồm 8 chương, được chia thành hai phần:

Phần I. Kỹ thuật lạnh.

Phần II. Phần điện trong hệ thống lạnh.

Phần kỹ thuật lạnh gồm 3 chương, được trình bày những khái niệm cơ bản về kỹ thuật lạnh, các bộ phận chính của máy lạnh và các chu trình dùng trong máy lạnh.

Phần điện trong hệ thống lạnh gồm 5 chương, đề cập đến các loại động cơ điện, các loại khí cụ điện bảo vệ, điều khiển, đo lường dùng trong hệ thống lạnh và giới thiệu một số loại máy lạnh thông dụng như tủ lạnh gia dụng, điều hoà không khí gia dụng đến điều hoà không khí trung tâm.

Phần *Phụ lục* giới thiệu thông số kỹ thuật của một số loại thiết bị điện thông dụng thường gặp trên thị trường Việt Nam.

Trong quá trình biên soạn. Rất mong nhận được sự góp ý của các độc giả và đồng nghiệp.

Mọi góp ý xin gửi về:

Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam – Công ty Cổ phần Sách Đại học – Dạy nghề. 25 Hàn Thuyên, Hà Nội, hoặc: Bộ môn Thiết bị Điện – Điện tử. Trường đại học Bách Khoa Hà Nội. Phòng 107. Nhà C3. Đường Đại Cồ Việt. Hà Nội.

TÁC GIẢ

PHẦN I. KỸ THUẬT ĐIỆN LẠNH

Chương 1

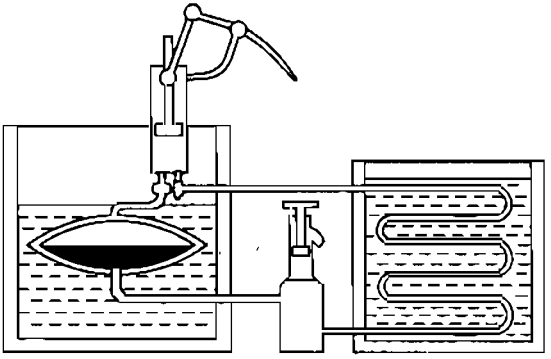
ĐẠI CƯƠNG VỀ KỸ THUẬT LẠNH

1.1. LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN VÀ ỨNG DỤNG

Cách đây hàng ngàn năm, ở Ấn Độ, Trung Quốc, Ai Cập... con người đã biết sử dụng kỹ thuật lạnh (KTL) bằng cách trộn muối với nước để được nhiệt độ thấp hơn.

KTL hiện đại được phát triển mạnh mẽ từ thế kỷ XVIII, khi các hiện tượng bay hơi chất lỏng, hoá lỏng chất khí được nghiên cứu và công bố rộng rãi ở châu Âu.

Năm 1834, máy lạnh nén hơi đầu tiên đã được đăng ký bằng phát minh ở Anh quốc bởi Jacob Perkins với đầy đủ các bộ phận như một máy lạnh nén hơi hiện đại gồm máy nén, giàn ngưng tụ, giàn bay hơi và tiết lưu (hình 1.1).



Hình 1.1. Máy lạnh nén hơi của J.Perkins

Từ đó, hệ thống máy lạnh không ngừng được cải tiến như đưa amoniac (NH_3) làm môi chất lạnh, rồi dùng freon năm 1930 đã đánh dấu một bước nhảy vọt trong KTL. Đồng thời với máy lạnh nén hơi, các loại máy lạnh làm việc trên nguyên lý hấp thụ, máy lạnh ejectơ cũng lần lượt ra đời.

Ngày nay, KTL đã đạt được những thành tựu đáng kể về kích cỡ, quy mô, hiệu suất và ứng dụng nó ngày một mở rộng trong nhiều lĩnh vực của cuộc sống.

Một trong những ứng dụng quan trọng của KTL là bảo quản thực phẩm, và theo kinh nghiệm, thời gian bảo quản thực phẩm là hàm mũ của nhiệt độ.

Quan hệ giữa số ngày bảo quản các loại thực phẩm và nhiệt độ bảo quản cho ở bảng sau:

Bảng 1.1. Quan hệ giữa số ngày bảo quản các loại thực phẩm và nhiệt độ

Nhiệt độ / Loại thực phẩm	-30^0C	-20^0C	-10^0C	0^0C	10^0C
Cá	230	110	40	15	7
Thịt bò	2300	1000	100	30	8
Gia cầm	800	230	70	7	2

Trong thực tế, thời gian bảo quản phụ thuộc vào các yếu tố khác nhau như độ ẩm, phương pháp bao gói, thành phần không khí... nhưng nhiệt độ là thông số quan trọng nhất.

Các thiết bị lạnh dùng trong công nghiệp chế biến thực phẩm, đánh bắt hải sản dài ngày trên biển, các kho lạnh bảo quản, chế biến, phân phối, các máy lạnh thương nghiệp, tủ lạnh gia dụng... ngày càng được sử dụng rộng rãi.

Một ứng dụng quan trọng của KTL là điều hoà không khí trong công nghiệp và điều hoà không khí tiện nghi. Điều hoà không khí công nghiệp như công nghiệp hoá học, công nghiệp dệt may... là để ổn định và nâng cao chất lượng sản phẩm. Điều hoà không khí tiện nghi được dùng trong các công sở, nơi công cộng, nhà hàng, khách sạn, bệnh viện, gia đình... nhằm nâng cao điều kiện làm việc và sinh hoạt cho con người.

Ngoài ra, KTL còn được sử dụng trong công nghệ sấy thăng hoa, công nghệ siêu dẫn, kỹ thuật cryo – công nghệ sinh học dùng lạnh sâu tới -200^0C để bảo quản các giống quý hiếm.

Các thiết bị lạnh hiện đại được điều khiển bằng các khí cụ điện bảo vệ, điều khiển. Vì vậy, kỹ thuật điện lạnh trang bị những kiến thức cơ bản về các thiết bị điện sử dụng trong KTL nhằm phối hợp tối ưu giữa thiết bị lạnh và thiết bị điện đảm bảo hệ thống hoàn thiện nhất.

1.2. CÁC PHƯƠNG PHÁP LÀM LẠNH NHÂN TẠO

Để hạ nhiệt độ của đối tượng, người ta sử dụng các phương pháp sau: bay hơi khuếch tán, hoà trộn lạnh, tiết lưu không sinh ngoại công, giãn nở khí có sinh ngoại công, hoá lỏng hoặc thăng hoa vật rắn, bay hơi chất lỏng và hiệu ứng điện nhiệt.

1.2.1. Bay hơi khuếch tán

Khi phun nước vào không khí khô có cùng nhiệt độ, nước sẽ bay hơi khuếch tán vào không khí, làm giảm nhiệt độ không khí xuống vài độ. Phương pháp này chỉ sử dụng ở nơi không khí khô như dùng quạt có phun hơi nước.

Trong máy lạnh hấp thụ khuếch tán, giàn bay hơi amoniac lỏng bay hơi khuếch tán vào khí hydro, làm lạnh khí này.

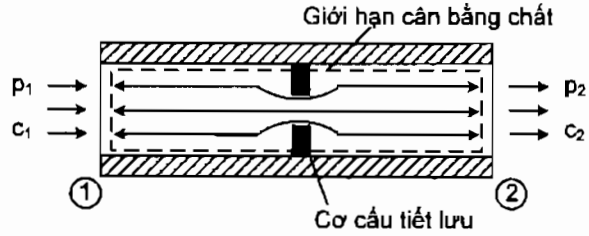
1.2.2. Hoà trộn lạnh

Cách đây 2000 năm, người Trung Quốc và Ấn Độ đã biết làm lạnh bằng cách hoà trộn muối và nước theo những tỷ lệ nhất định. Nếu hoà trộn 31 gam $NaNO_3$ và 31 gam NH_4Cl với 100 gam nước ở nhiệt độ 10^0C thì hỗn hợp sẽ giảm nhiệt độ đến -12^0C. Hoặc nếu trộn 200 gam $CaCl_2$ với 100 gam nước đá vụn, nhiệt độ sẽ giảm từ 0^0C xuống -42^0C. Hiệu ứng này cũng xảy ra khi hoà trộn muối ăn với nước hoặc nước đá nhưng ở mức độ kém hơn. Hiệu ứng lạnh phụ thuộc nồng độ và nhiệt độ điểm cùng tinh.

Cho đến đầu thế kỷ XX ở Mỹ vẫn còn bán các loại muối làm lạnh. Sau khi sử dụng, hỗn hợp dùng làm phân bón rất tiện lợi. Ngày nay, người ta vẫn sử dụng nước đá trộn muối để ướp cá mới đánh bắt khi cần bảo quản cá ở nhiệt độ thấp hơn 0^0C. Nhược điểm chủ yếu của phương pháp này là giá thành muối cao và phần lớn các loại muối đều có tính ăn mòn mạnh.

1.2.3. Phương pháp tiết lưu không sinh công

Đây chính là hiệu ứng Joule – Thomson, tiết lưu khí qua cơ cấu tiết lưu (hình 1.2) từ áp suất cao p_1 xuống áp suất thấp p_2 không có trao đổi nhiệt với môi trường ngoài thì nhiệt độ hầu hết các chất khí và hơi đều giảm, đặc biệt khi tiết lưu hơi ẩm hoặc chất lỏng.



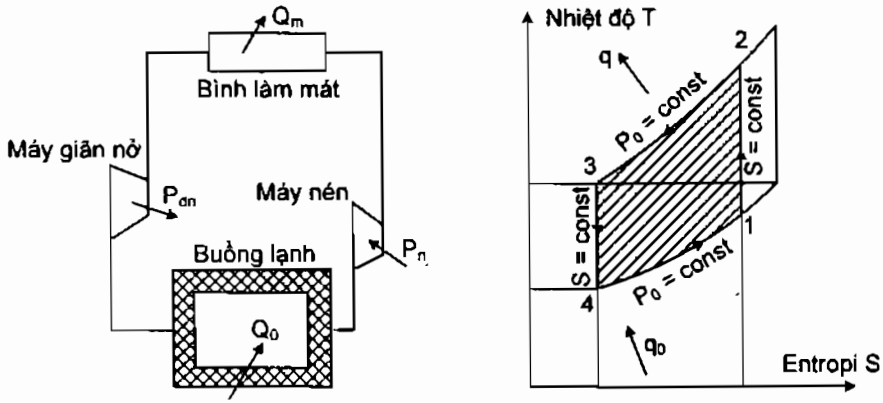
Hình 1.2. Tiết lưu không sinh ngoại công của một dòng môi chất

Trong công nghiệp, Linde (Đức) là người đầu tiên sử dụng hiệu ứng tiết lưu kết hợp với các thiết bị trao đổi nhiệt ngược dòng để hoá lỏng không khí.

1.2.4. Giãn nở khí có sinh ngoại công

Đây là phương pháp làm lạnh nhân tạo quan trọng. Các máy lạnh làm việc theo nguyên lý giãn nở khí có sinh ngoại công gọi là máy lạnh nén khí. Phạm vi ứng dụng rất rộng lớn từ máy điều tiết không khí cho đến các máy sử dụng trong kỹ thuật cryo để sản xuất nitơ, ôxy lỏng, hoá lỏng không khí và tách khí, hoá lỏng khí đốt...

Nguyên tắc làm việc của máy lạnh nén khí được trình bày trên hình 1.3.



a) Sơ đồ thiết bị *b) Chu trình lạnh biểu diễn*

Hình 1.3. Nguyên tắc làm việc của máy nén khí

Máy lạnh nén khí gồm 4 thiết bị chính: Máy nén, bình làm mát, máy giãn nở và buồng lạnh. Môi chất lạnh là không khí hoặc một chất khí bất kỳ, không biến đổi pha trong chu trình. Không khí được nén đoạn nhiệt s_1 = const từ trạng thái 1 đến trạng thái 2. Ở chu trình làm máy, không khí thải nhiệt cho môi trường ở áp suất không đổi đến trạng thái 3, sau đó được giãn nở đoạn nhiệt s_3 = const xuống trạng thái 4 có nhiệt độ thấp và áp suất thấp. Trong phòng lạnh, không khí thu nhiệt của môi trường ở áp suất không đổi và nóng dần lên điểm 1, khép kín vòng tuần hoàn. Như vậy, chu trình máy lạnh nén khí gồm hai quá trình nén và giãn nở đoạn nhiệt với hai quá trình thu và thải nhiệt đẳng áp nhưng không đẳng nhiệt.

1.2.5. Hoá lỏng hoặc thăng hoa chất rắn

Đây là phương pháp làm lạnh nhờ chuyển pha các tải lạnh như nước đá và đá khô.

Nước đá khi tan ở 0^0C thì thu một nhiệt lượng cỡ 333kJ/kg. Nếu cần nhiệt độ thấp hơn, phải trộn đá vụn với muối ăn. Đây là phương pháp làm lạnh để bảo quản hải sản ở các thuyền đánh bắt cá không có máy lạnh.

Đá khô là cacbonic ở thể rắn. Khi bay hơi nó chuyển pha từ dạng rắn qua hơi mà không qua lỏng. Nhiệt ẩn thăng hoa của đá khô là 637,3kJ/kg. Đá khô vẫn còn được sử dụng rộng rãi trong vận chuyển thực phẩm.

1.2.6. Bay hơi chất lỏng

Quá trình bay hơi chất lỏng gắn liền với quá trình thu nhiệt. Chất lỏng bay hơi đóng vai trò quan trọng trong KTL như là môi chất lạnh và tải lạnh. Các môi chất lỏng ở máy lạnh nén hơi hấp thụ và ejectơ là amoniac, nước, các freon đều thu nhiệt của môi trường khi bay hơi ở áp suất thấp và nhiệt độ thấp và thải nhiệt ra môi trường khi ngưng tụ ở nhiệt độ cao và áp suất cao.

1.2.7. Hiệu ứng điện nhiệt

Còn được gọi là hiệu ứng Peltier (Mỹ). Nếu cho dòng điện một chiều đi qua vòng dây dẫn gồm 2 kim loại khác nhau thì một đầu sẽ nóng lên, một đầu nguội đi – đó là hiệu ứng ngược với pin nhiệt điện. Hiệu ứng điện nhiệt có thể đạt tới 60K. Ưu điểm chính của loại máy lạnh dùng hiệu ứng điện nhiệt là không có phần chuyển động nên không ồn, gọn nhẹ, không cần môi chất lạnh, nhưng hiệu suất thấp, giá thành cao.

1.3. MÔI CHẤT LẠNH

Môi chất lạnh (còn được gọi là tác nhân lạnh, gas lạnh) là môi chất được sử dụng trong chu trình nhiệt động ngược chiều để thu nhiệt của môi trường có nhiệt độ thấp và thải nhiệt ra môi trường có nhiệt độ cao hơn. Môi chất được tuần hoàn trong hệ thống nhờ quá trình nén.

Ở máy lạnh nén hơi, sự thu nhiệt của đối tượng nhờ quá trình bay hơi của môi chất ở nhiệt độ thấp, áp suất thấp còn sự thải nhiệt được thực hiện bởi quá trình ngưng tụ ở nhiệt độ cao và áp suất cao. Sự tăng áp suất nhờ quá trình nén hơi, còn sự giảm áp suất nhờ quá trình tiết lưu. Ở máy lạnh nén hơi, môi chất thay đổi trạng thái từ hơi sang lỏng và ngược lại, còn ở máy lạnh nén khí, môi chất không thay đổi trạng thái, luôn ở thể khí.

1.3.1. Các yêu cầu đối với môi chất lạnh

a) Về hoá học

Trong phạm vi áp suất và nhiệt độ làm việc, môi chất không được phân huỷ, không được polymer hoá, không ăn mòn các chi tiết máy, không phản ứng với dầu bôi trơn, không cháy nổ.

b) Về vật lý

– Áp suất ngưng tụ không quá cao vì nếu cao thì độ bền chi tiết tăng làm tăng kích cỡ, trọng lượng máy và dễ rò rỉ môi chất.

– Áp suất bay hơi không quá thấp, vì nếu thấp thì độ chênh lệch áp lớn dễ rò rỉ không khí vào hệ thống.

– Nhiệt độ hoá lỏng phải cao hơn nhiệt độ bay hơi vì nhiệt độ tới hạn phải cao hơn nhiệt độ ngưng tụ.

– Nhiệt dung riêng của môi chất càng lớn càng tốt vì chỉ cần một khối lượng nhỏ môi chất vẫn có năng suất lạnh lớn.

– Độ nhớt động của môi chất càng bé càng tốt vì sẽ giảm tổn thất áp suất trên đường ống.

– Hệ số dẫn nhiệt của môi chất càng lớn càng tốt vì sẽ giảm kích cỡ của các thiết bị trao đổi nhiệt.

– Môi chất hoà tan dầu hoàn toàn thì thuận tiện hơn cho việc bôi trơn các chi tiết chuyển động.

– Khả năng hoà tan nước sẽ tránh được tắc ẩm ở tiết lưu.

– Không dẫn điện của môi chất là ưu tiên lớn vì có thể dùng môi chất cho các máy nén kiểu kín và nửa kín.

c) Về sinh lý

– Môi chất không được độc hại với người và cơ thể sống và phải có mùi đặc biệt để dễ phát hiện khi rò rỉ.

– Môi chất không ảnh hưởng xấu đến chất lượng sản phẩm bảo quản, không gây ra các hiện tượng tác hại đến môi trường.

d) Về kinh tế

Giá thành hạ, dễ bảo quản, vận chuyển.

Trên thực tế, không một môi chất lạnh nào đáp ứng đầy đủ các yêu cầu trên. Môi chất lạnh nào đáp ứng đầy đủ trường hợp này nhưng lại không thích hợp cho trường hợp khác. Ví dụ, amoniac có nhiệt độ ẩn hoá hơi lớn, rất thích hợp cho hệ thống lạnh công suất lớn vì lượng môi chất tuần hoàn nhỏ, thiết bị gọn nhẹ nhưng lại không phù hợp cho máy lạnh công suất bé như tủ lạnh, điều hoà nhiệt độ gia dụng...

1.3.2. Các môi chất lạnh thường dùng

Trong quá trình phát triển, hàng trăm loại môi chất lạnh đã được phát minh, nghiên cứu, thử nghiệm, nhưng do gặp nhiều trở ngại vì công nghệ, vận chuyển, bảo quản... nên chỉ một số môi chất được ứng dụng rộng rãi, đó là:

Amoniac (NH_3 – R717) dùng cho hầu hết các loại máy lạnh nén hơi công suất lớn.

Freon 12(R12), Freon 22(R22) cho các loại máy lạnh rất nhỏ, nhỏ (R12) và trung bình, lớn (R22), đặc biệt R22 dùng rất rộng rãi cho điều hoà không khí.

Không khí dùng cho máy lạnh nén khí.

Nước dùng cho máy lạnh hấp thụ, máy lạnh ejectơ.

Các chất hỗn hợp đồng sôi thay thế dần cho R12. Dưới đây là các môi chất lạnh thường gặp.

Bảng 1.2. Các môi chất lạnh thường gặp

Số thứ tự	Ký hiệu	Tên gọi	Công thức hoá học	Phân tử lượng	Nhiệt độ sôi (^{0}C) ở áp suất thường
Các chất vô cơ					
1	R717	Amoniac	NH_3	17	–33,4
2	R718	Nước	H_2O	18	100,0
3	R729	Không khí	–	29	–192,3
4	R744	Cacbonic	CO_2	44	–78,5
5	R744A	Nitrôoxit	N_2O	44	–88,5
6	R764	Sunfua đioxit	SO_2	64	–10,1
Các chất hydrocacbon và halogen hydro cacbon					
7	R11	Triclomônôflomêtan	CCl_3F	137,4	23, 8
8	R12	Điclođiflomêtan	CCl_2F_2	120,9	–29, 8
9	R13	Mônôclotriflomêtan	$CClF_3$	104,5	–81, 4
10	R13B1	Mônôbromtriflomêtan	$CBrF_3$	148,9	–57, 6
11	R14	Cacbontetraflorit	CF_4	88,0	–128, 0
12	R21	Điclomônôflomêtan	$CHCl_2F$	102,9	8, 9
13	R22	Mônôclođiflomêtan	$CHClF_2$	86,5	–40, 8
14	R23	Triflomêtan	CHF_3	70,0	–82, 1
15	R113	Triclotrifloêtan	CCi_2FCClF_2	187,4	47, 7
16	R114	Điclotetrafloêtan	$CClF_2CClF_2$	170,9	3, 6
17	R115	Mônôclopentafloetan	$CClCF_5$	154,5	–38, 5
18	R142b	Mônôclođifloetan	CH_3CClF_2	100,5	–9, 10
19	R143a	Trifloêtan	CH_3CF_3	83,0	–4, 67
20	R134a	Tetrafloetan	CH_2FCF3	102,0	–26, 5
21	R152a	Đifloetan	CH_3CHF_2	66,05	–25, 0
22	RC318	Ôctaflocyclôbutan	C_4F_8	200,0	–6, 4
23	R1132a	Vinyliden florit	$CH_2=CF_2$	64,0	–85, 7
24	R1150	Êtilen	$CH_2=CH_2$	28,0	–103, 8

Bảng 1.3. Hỗn hợp môi chất đồng sôi

Số thứ tự	Ký hiệu	Thành phần môi chất, kg/kg	Nhiệt độ sôi ở áp suất khí quyển (^{0}C)
1	R500	73,8% R12/26, 2% R152a	–33,5
2	R501	84,5% R22/15, 5% R12	–41,5
3	R502	48,8% R22/51, 2% R115	–45,5
4	R503	40,1% R23/59, 9% R13	–87,9
5	R504	48,2% R32/51, 8% R115	–57,2

1.3.3. Đồ thị lgP – h và T – s

5 đại lượng cơ bản của môi chất lạnh là:

– áp suất p, MPa;

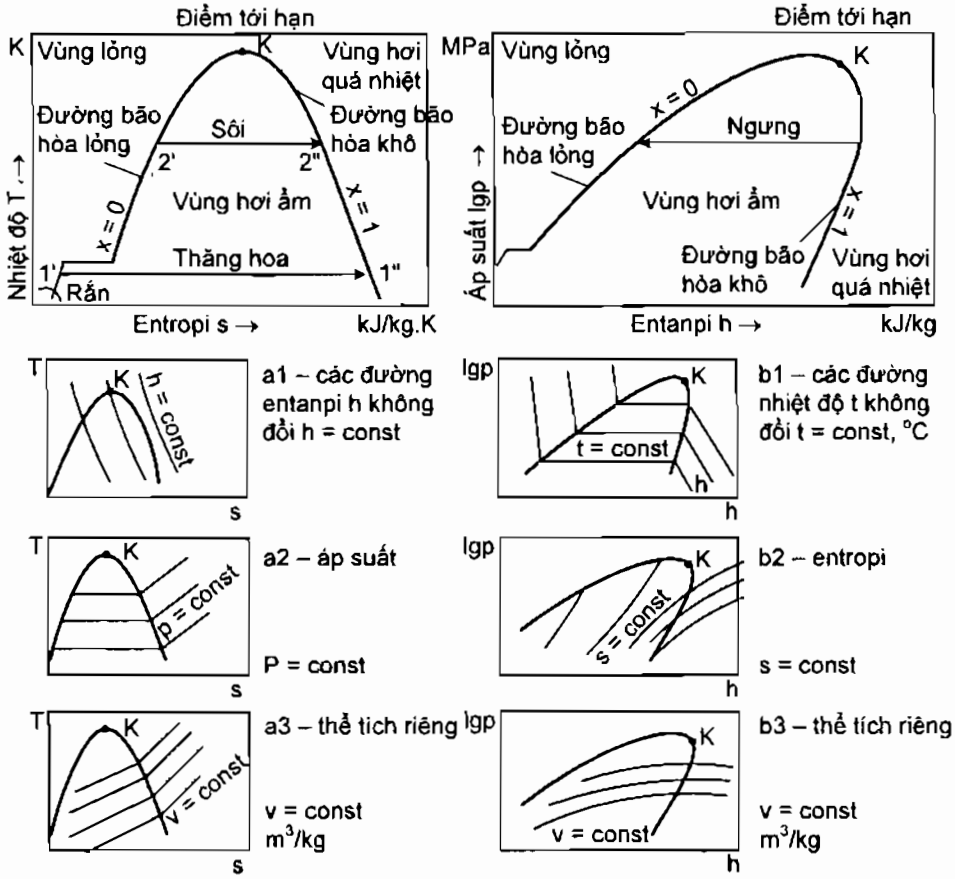
– nhiệt độ T, K, hoặc t^0C;

– entanpi h, kJ/kg;

– entropi s, kJ/kg.K;

– thể tích riêng v, m^3/kg;

chúng được biểu diễn một cách rõ ràng cho bất kỳ một trạng thái nào của môi chất trong vùng làm việc. Đồ thị lgP – h được Mollier xây dựng lần đầu tiên vào năm 1912 tại Trường Đại học Kỹ thuật TU Dresden (CHLB Đức), nên thường được gọi là đồ thị Mollier. Đồ thị lgP – h chủ yếu dùng để tính toán chu trình lạnh, còn đồ thị T – s chủ yếu dùng để so sánh ưu, nhược điểm của các chu trình (hình 1.4).



Hình 1.4. Cấu tạo đồ thị lgP – h và T – s

Đồ thị có các đường cong chính chia thành 3 vùng trạng thái lỏng, hơi ẩm và hơi quá nhiệt. Phân cách vùng lỏng và hơi ẩm là đường bão hoà lỏng (x = 0) hoặc đường sôi; giữa vùng hơi ẩm và hơi quá nhiệt là đường bão hoà khô (x = 1) hay còn gọi là đường ngưng. Ở một vài môi chất còn có đường hoá rắn phía dưới đường lỏng (CO_2), nếu vùng công tác mở rộng đến vùng thăng hoa của vật rắn. Phân cách giữa đoạn x = 0 và x = 1 là điểm tới hạn K. Tất cả các giá trị đại lượng nằm trên đường x = 0 có ký hiệu 1 dấu phẩy trên đầu biểu thị trạng thái lỏng sôi (v', h', s'), nằm trên đường x = 1 biểu thị trạng thái hơi bão hoà với 2 dấu phẩy v", h", s".

1.4. CHẤT TẢI LẠNH

Chất tải lạnh là môi chất trung gian, nhận nhiệt của đối tượng cần làm lạnh chuyển tới thiết bị bay hơi. Hệ thống lạnh dùng chất tải lạnh là hệ thống gián tiếp qua chất tải lạnh.

Người ta sử dụng chất tải lạnh trong những trường hợp sau:

– Khó sử dụng trực tiếp giàn bay hơi để làm lạnh sản phẩm.

– Môi chất lạnh có tính độc hại và có ảnh hưởng không tốt đến môi trường và sản phẩm bảo quản, chất tải lạnh trung gian được coi là vòng tuần hoàn an toàn.

– Khi có nhiều hộ tiêu thụ lạnh và khi hộ tiêu thụ lạnh ở xa nơi cung cấp lạnh. Trong trường hợp trên nếu dùng giàn bay hơi trực tiếp sẽ rất bất tiện vì đường kính ống môi chất dài và phức tạp, tốn môi chất lạnh, việc phát hiện rò rỉ khó khăn, tổn thất áp suất lớn. Nếu dùng chất tải lạnh, khắc phục được hầu hết các nhược điểm: Đơn giản hoá việc cung cấp lạnh như việc sử dụng nước muối lạnh làm lạnh cho các phòng khác nhau hoặc sử dụng nước đá trong các tàu, thuyền đánh cá, nitơ lỏng, CO_2 rắn để kết đông và bảo quản lạnh đông.

Đứng về phía mặt nhiệt động mà đánh giá thì dùng chất tải lạnh là nhược điểm, làm tăng exergie vì qua hai thiết bị trao đổi nhiệt hiệu nhiệt độ tăng lên làm giảm hệ số lạnh và hiệu quả nhiệt của chu trình lạnh.

Đứng về mặt kinh tế cũng không có lợi vì tốn thêm thiết bị trao đổi nhiệt, thiết bị tuần hoàn chất tải lạnh, mặt bằng lắp đặt, bố trí thiết bị... Do đó phương pháp chủ yếu vẫn là làm lạnh trực tiếp. Nhưng trong những trường hợp cụ thể đã nêu ở trên người ta vẫn sử dụng chất tải lạnh vì chúng có những ưu điểm nhất định, nhiều khi đơn giản và kinh tế hơn là làm lạnh trực tiếp vì khắc phục được các nhược điểm của làm lạnh trực tiếp trong trường hợp ứng dụng cụ thể đó.

Chất tải lạnh có thể ở dạng khí như không khí, dạng lỏng như nước muối các loại, dung dịch các chất hữu cơ như rượu, methanol, etanol... nitơ lỏng, dạng rắn như đá khô và nước đá...

Cũng như môi chất lạnh, chất tải lạnh cũng phải thoả mãn một số yêu cầu nhất định. Dưới đây là một số yêu cầu đối với chất tải lạnh lỏng.

– Điểm đông đặc phải thấp hơn nhiệt độ bay hơi, trong thực tế phải có hiệu nhiệt độ an toàn ít nhất là 5K, nghĩa là điểm đông đặc phải thấp hơn nhiệt độ bay hơi ít nhất là 5K.

– Nhiệt độ phải đủ cao để khi dừng máy, nhiệt độ chất tải lạnh nâng lên bằng nhiệt độ sôi môi trường thì chất tải lạnh không bị bay hơi mất. Trường hợp chất tải lạnh có nhiệt độ bay hơi thấp phải sử dụng vòng tuần hoàn kín.

– Không ăn mòn thết bị.

– Không được cháy, không gây nổ và phải rẻ tiền, dễ kiếm.

– Hệ số dẫn nhiệt và nhiệt dung riêng càng lớn càng tốt vì chất tải lạnh cần có những tính chất trao đổi nhiệt tốt và khả năng trữ nhiệt lớn.

– Độ nhớt và khối lượng càng nhỏ càng tốt vì thuận lợi cho việc tuần hoàn chất tải lạnh, hơn nữa, độ nhớt nhỏ thì hệ số trao đổi nhiệt lớn hơn.

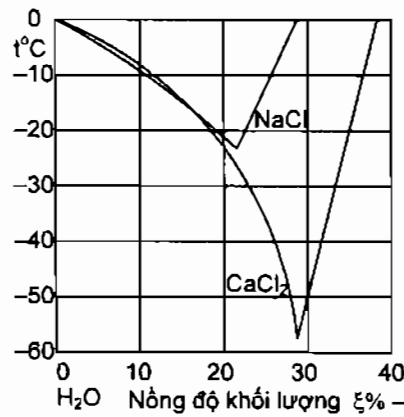
Cũng như môi chất lạnh, không có một chất tải lạnh nào đáp ứng đầy đủ những yêu cầu trên.

Đối với nhiệt độ trên 0^0C, nước là chất tải lạnh lý tưởng, nó đáp ứng hầu hết các yêu cầu đã nêu. Nhưng vì có nhiệt độ hoá rắn cao (ở 0^0C) nên nó chỉ được sử dụng trong phạm vi điều tiết không khí, các cơ sở bảo quản lạnh trên 0^0C như bảo quản rau, quả, bơ sữa và bảo quản ngắn ngày các sản phẩm từ thịt động vật.

Khi cần nhiệt độ thấp hơn, người ta sử dụng những dung dịch muối như NaCl, $CaCl_2$ hoặc các dung dịch nước với các chất hữu cơ như methanol (CH_3OH), etanol (C_2H_5OH), etilenglicol (C_2H_4–$(OH)_2$), tricloetilen (C_2HCl_3) và glycerin với hàm lượng nước nhiều nhất có thể có được.

Sử dụng dung dịch muối ăn (NaCl) là rẻ tiền nhất, nhưng nó chỉ được sử dụng cho nhiệt độ trên -15^0C, dung dịch muối $CaCl_2$ có thể đạt nhiệt độ thấp hơn $-45^0 \div -50^0$C.

Hình 1.5 giới thiệu đường cong hoá rắn của dung dịch muối thông dụng là NaCl và $CaCl_2$. Nhược điểm chủ yếu của dung dịch này là gây ăn mòn thiết bị. Người ta có thể hoà thêm một số phụ gia để đưa độ pH của dung dịch về vùng trung tính để đỡ gây ăn mòn thiết bị như các chất ức chế cromat phosphat và các chất hấp thụ.



Hình 1.5. Đường đóng băng của các dung dịch nước muối NaCl và $CaCl_2$

1.5. CÁC ĐƠN VỊ ĐO LƯỜNG TRONG KỸ THUẬT LẠNH

Tuy đã có hệ đo lường quốc tế SI, nhưng các hãng chế tạo thiết bị lạnh vẫn hay dùng các hệ đo lường khác nhau. Dưới đây là bảng chuyển đổi các đơn vị đo thường gặp sang hệ SI.

Bảng 1.4. Chuyển đổi các đơn vị đo thường gặp sang hệ SI

Chiều dài	Công, nhiệt lượng, năng lượng
1inch = 0, 0254 m 1 ft = 0, 3048 m 1 yard =0, 914 m 1 mile =1609, 35 m	1 kWh = 3600 kJ 1 kgm = 9, 81 J 1 kcal = 4, 184 kJ 1 Btu = 1, 055 kJ
Khối lượng	**Công suất, dòng nhiệt**
1 lb(pound) = 0, 4536 kg 1 zentner = 50 kg 1 ton(US long) = 1016 kg 1 ton(US short) = 907 kg	1 kg/s = 9, 81 W = 9, 81 J/s 1 HP = 745, 7 W 1 kcal/h = 1, 163 W 1 BTU/h = 0, 293 W 1 USRT = 12.000 BTU/h = 3516 W
Áp suất	**Nhiệt độ**
$1kg/cm^2$ = 1 at = 98100 N/m^2 1 bar = 100.000 N/m^2 1 mmH_2O = 1 kg/m^2 = 0, 098 mbar 1 mmHg = 1 Torr = 1, 332 mbar 1 Pascal = 1 N/m^2 = 0, 01 mbar 1Psi ($lb/inch^2$) = 6895 N/cm^2	$tK = t^0C + 273, 15$ $t^0C = 5/9.t^0F - 32$ $t^0F = 9/5.t^0C + 32$

Chương 2

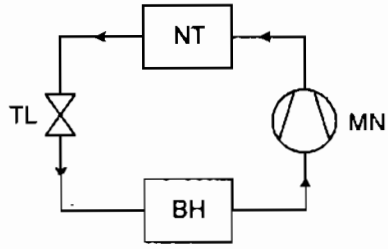
CÁC BỘ PHẬN CHÍNH CỦA MÁY NÉN HƠI

2.1. ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY LẠNH NÉN HƠI

Trong quá trình gần hai thế kỷ phát triển, KTL đã đạt được những bước tiến nhảy vọt và cho ra đời nhiều loại máy lạnh khác nhau như máy lạnh nén hơi, máy lạnh nén khí, máy lạnh hấp thụ, máy lạnh ejectơ, máy lạnh điện nhiệt..., nhưng máy lạnh nén hơi được sử dụng rộng rãi nhất, chiếm trên 90% thị phần thiết bị lạnh.

Những ưu điểm chính của máy lạnh nén hơi là tổ hợp máy nén – động cơ điện có cấu tạo đơn giản, gọn nhẹ, dễ sử dụng và độ tin cậy cao. Nhiệt độ và công suất lạnh ở máy lạnh nén hơi hầu như không giới hạn, đáp ứng mọi yêu cầu về lạnh.

Nếu nhiệt độ lạnh tới -20^0C người ta sử dụng chu trình lạnh nén hơi một cấp mà sơ đồ được trình bày ở hình 2.1. Nếu nhiệt độ lạnh thấp hơn (từ -20^0C đến -50^0C) thì dùng chu trình 2 cấp nén, còn lại sâu hơn thì dùng chu trình 3 cấp nén hoặc máy lạnh ghép tầng.



Hình 2.1. Nguyên lý làm việc của máy lạnh nén hơi một cấp

MN: máy nén; NT: ngưng tụ; TL: tiết lưu; BH: bay hơi

Công suất lạnh ở máy lạnh nén hơi có thể từ rất bé như ở tủ lạnh gia dụng, trung bình như các máy lạnh thương nghiệp và lớn hoặc rất lớn như ở điều hoà không khí trung tâm cho các hội trường, nhà ga...

Trong máy lạnh nén hơi, máy nén (MN) là một bộ phận quan trọng nhất. Nhiệm vụ của MN là:

– Hoá hơi ở thiết bị bay hơi với áp suất thấp P_0 và nhiệt độ thấp T_0.

– Nén hơi vào thiết bị ngưng tụ có áp suất cao P_k và nhiệt độ cao T_k. Tại đây môi chất được làm mát, thải nhiệt ra môi trường bên ngoài và chuyển trạng thái hơi sang trạng thái lỏng.

– Đưa lỏng qua tiết lưu vào thiết bị bay hơi thực hiện vòng tuần hoàn kín của môi chất lạnh trong hệ thống, gắn liền với việc thu nhiệt ở thiết bị bay hơi và thải nhiệt ở thiết bị ngưng tụ.

Về cấu tạo, máy nén gồm nhiều bộ phận chuyển động phức tạp nên độ tin cậy, năng suất lạnh và chất lượng của hệ thống phụ thuộc vào độ tin cậy, chất lượng và năng suất của máy nén.

Trong kỹ thuật lạnh, các máy nén được chế tạo theo nguyên lý nén thể tích và nén động lực. Theo nguyên lý nén thể tích, quá trình nén từ áp suất thấp lên áp suất cao nhờ sự thay đổi của thể tích nén của khoang hơi giữa pittông và xilanh. Các máy nén thể tích thường dùng là máy nén pittông, máy nén rôto, máy nén trục vít. Phần lớn máy nén làm việc theo chu kỳ không liên tục. Máy nén thể tích có thể tạo ra áp suất lớn với khối lượng hơi nhỏ. Trong các máy nén làm việc theo nguyên lý động học, áp suất của dòng hơi được tăng lên là do động năng biến thành thế năng. Máy nén động học thường gặp là máy nén tuabin, máy nén ejectơ. Ở máy nén tuabin, đầu tiên dòng hơi được tăng tốc nhờ đĩa quay và cánh quạt, còn sau đó dòng hơi có động năng lớn được dẫn đến buồng khuếch tán, tại đây động năng được biến thành thế năng, và áp suất tăng dần. Đặc điểm chính của máy nén động học là làm việc liên tục và không có van. Máy nén động học cần một dòng hơi với lưu lượng lớn hoặc rất lớn, tỷ số áp suất qua mỗi tầng cánh quạt phụ thuộc vào tính chất của môi chất.

Trong bảng 2.1 cho tính chất các loại máy nén thường gặp.

Bảng 2.1. So sánh các loại máy nén pittông, trục vít và tuabin

Đặc điểm \ Loại máy nén	Pittông trượt	Trục vít	Tuabin
Năng suất lưu lượng	(0, 5 ÷ 5000)m^3/h Trạng thái hút	(200 ÷ 1000)m^3/h Trạng thái hút	≥ 1000m^3/h Trạng thái nén
Tỷ số nén tối đa hoặc hiệu áp suất trong một cấp nén	8 ÷ 12	20	Phụ thuộc vào môi chất và kết cấu máy nén
Dạng nén	Xung động	Tương đối ổn định	Ổn định
Lưu lượng thể tích khi thay đổi áp suất nén	Ít phụ thuộc	Không phụ thuộc	Rất phụ thuộc
Khả năng điều chỉnh năng suất khi giữ nguyên vòng quay	Hạn chế, theo từng nấc	Điều chỉnh vô cấp đến 10%	Điều chỉnh vô cấp có giới hạn
Lỏng vào đường hút	Va đập thuỷ lực	Không trở ngại	Ít trở ngại
Số chi tiết bị mòn	Nhiều	ít	Rất ít
Diện tích lắp đặt	Lớn	Trung bình	Bé
Kiểu máy	Hở, nửa kín, kín	Hở, nửa kín	Hở, nửa kín

2.2. MÁY NÉN PITTÔNG

2.2.1. Các loại máy nén pittông

Có nhiều dạng, loại máy nén pittông khác nhau, nhưng chúng được phân theo các tiêu chí sau:

– Theo môi chất lạnh: có nhiều môi chất lạnh khác nhau nhưng chủ yếu là 3 môi chất amoniac (NH_3), freon R12 và freon R22. Các máy nén dùng môi chất R12 và R22 gần tương tự nhau, còn máy nén NH_3 khác biệt hơn bởi các tính chất hoá lý của nó.

– Theo cách bố trí xilanh: loại xilanh thẳng đứng, loại nằm ngang, loại chữ V, loại chữ W.

– Theo số xilanh của máy nén: 1, 2, 4, 6, 8 xilanh.

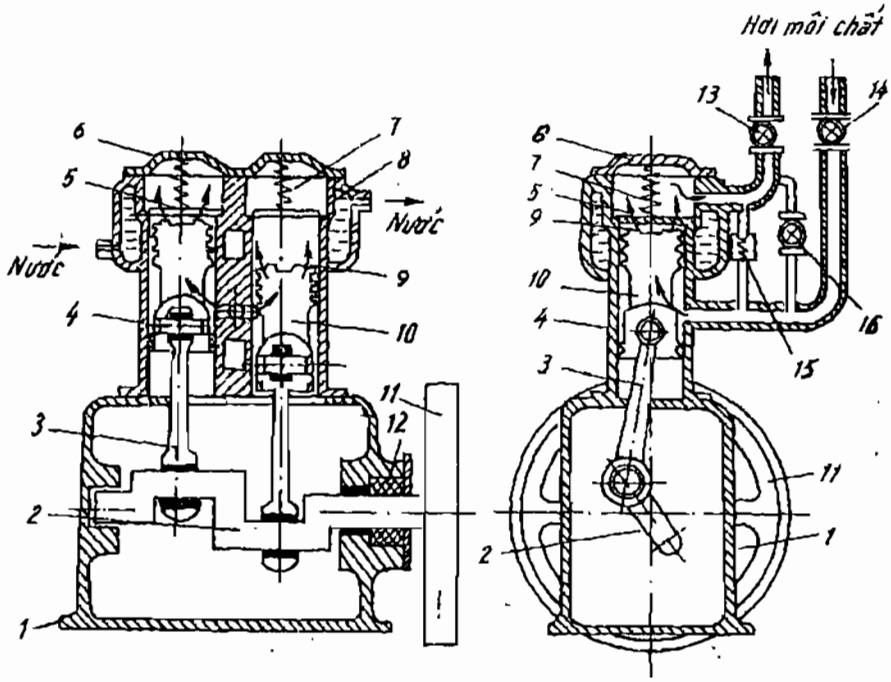
– Theo cấp nén: máy nén 1 cấp hoặc máy nén 2 cấp bố trí trên cùng một máy.

– Theo hướng chuyển động của dòng môi chất trong quá trình nén qua xilanh: Máy nén thuận dòng và máy nén ngược dòng. Ở máy nén thuận dòng, dòng hơi không đổi hướng khi đi qua xilanh, được hút vào ở thân xilanh hoặc thân máy, van hút đặt ở trên đỉnh pittông còn van đẩy đặt trên tấm nắp xilanh. Ở máy nén ngược dòng, dòng hơi đổi hướng khi đi qua xilanh, van hút và van đẩy đều đặt trên nắp xilanh nên dòng hơi chuyển hướng khi hút vào và đẩy ra khỏi xilanh. Máy nén thuận dòng thường dùng cho môi chất amoniac, còn máy nén ngược dòng thường dùng cho freon.

– Theo cách giữ kín khoang trong máy nén: có 3 cách khác nhau: máy nén hở, máy nén nửa kín và máy nén kín. Ở máy nén hở, trục của máy nén nhô ra khỏi thân máy để nối với cơ cấu truyền động (động cơ điện). Trên hình 2.2 trình bày nguyên lý cấu tạo của máy nén 2 xilanh đặt đứng, nén thuận dòng cho môi chất amoniac.

Pittông 10 chuyển động được trong xilanh là nhờ tay biên 3, trục khuỷu 2 và bánh đai 11 nhận truyền động từ động cơ. Hơi môi chất vào ở giữa xilanh, van hút bố trí trên nắp pittông và van đẩy nằm trên nắp trong của xilanh. Các loại máy nén này có công suất trung bình và lớn, nên thường trang bị van an toàn 16 và van khởi động 15 nối giữa đường hút và đường đẩy. Khi khởi động van 15 được mở, van 13 và 14 được đóng để máy nén khởi động không tải, giảm tải cho động cơ kéo. Khi khởi động xong, van 13 được mở ra và từ từ mở van 14. Nếu áp suất đẩy quá cao, van an toàn 16 sẽ tự động mở, xả hơi nén về đường hút. Bánh đà 11 ngoài việc truyền chuyển động cho trục khuỷu còn đóng vai trò của bánh đà, giúp pittông vượt qua các điểm chết của hành trình.

+ *Máy nén hở* có ưu điểm là dễ điều chỉnh năng suất lạnh nhờ thay đổi tỷ số truyền động, bảo trì dễ dàng, có thể dùng các loại động cơ nổ để kéo thuận tiện cho nơi không có điện. Nhược điểm chính của loại máy nén hở là kích thước cồng kềnh, dễ rò môi chất qua đệm đầu trục.



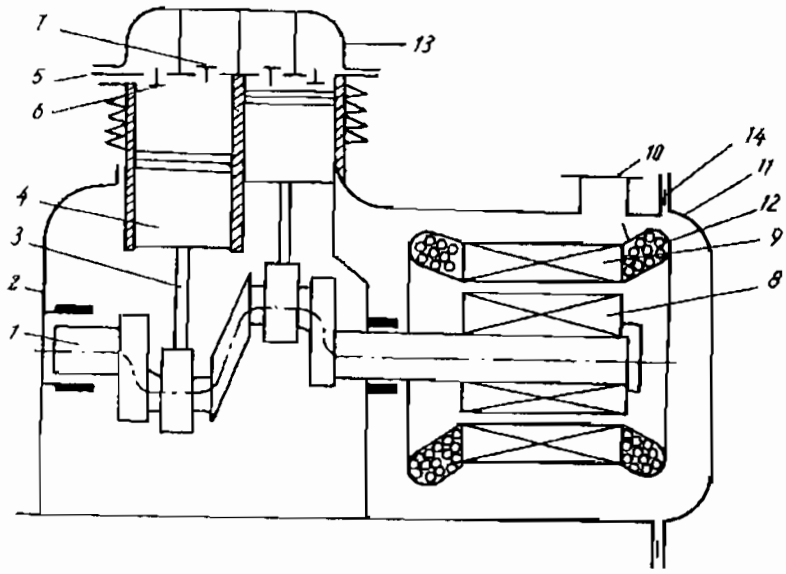
Hình 2.2. Máy nén hở, 2 xilanh đứng, thuận dòng

1– Thân máy; 2 – Trục khuỷ ; 3– Tay biên; 4– Xilanh; 5– Nắp xilanh;
6– Nắp khoang đẩy; 7– Lò xo; 8– Áo nước; 9– Clape hút;10– Pittông;
11– Bánh đai;12– Đệm kín đầu trục; 13– Van chặn đầu đẩy;
14– Van chặn đầu hút; 15– Van an toàn; 16– Van khởi động.

+ *Máy nén nửa kín* khắc phục cụm bịt đầu trục ở máy nén hở. Trên hình 2.3 trình bày nguyên lý cấu tạo của máy nén nửa kín 2 xilanh, động cơ điện được làm mát bằng môi chất lạnh hút về máy nén. Vì động cơ điện và máy nén nằm chung trong 1 vỏ máy, vì vậy không tồn tại cụm bịt đầu trục mà người ta dùng mặt bích 11 và gioăng (đệm kín) 14 để bịt kín cụm máy. Gọi là nửa kín vì khi cần tháo cụm máy phải tháo mặt bích 11. Máy nén kiểu nửa kín không có tổn thất truyền động, kích thước nhỏ gọn nhưng khó khăn cho việc điều chỉnh năng suất lạnh bằng thay đổi tốc độ máy nén. Một nhược điểm nữa là bảo dưỡng, sửa chữa khó khăn. Nhưng với sự phát triển của ngành kỹ thuật điện, kỹ thuật điều khiển tốc độ động cơ bằng biến tần được sử dụng rộng rãi. Vì vậy, ngày nay đa số các máy nén freon là dạng nửa kín.

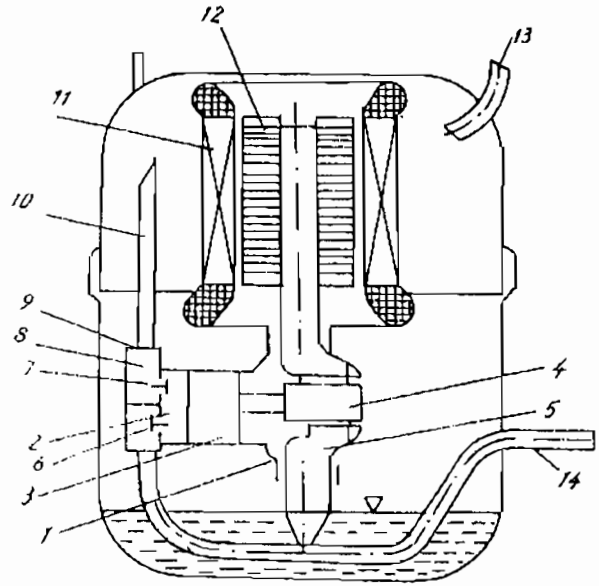
+ *Máy nén kín:* loại này có máy nén và động cơ điện được đặt trong vỏ kim loại hàn kín. Máy nén kín có các ưu điểm của máy nén nửa kín nhưng nhược điểm của nó là rất khó sửa chữa. Vì vậy, loại máy nén này chỉ được chế tạo cho công suất nhỏ, thường cho các thiết bị gia dụng như tủ lạnh, điều hoà gia dụng...

Trên hình 2.4 trình bày nguyên lý cấu tạo máy nén kiểu kín.



Hình 2.3. Sơ đồ nguyên lý máy nén nửa kín

1– Trục khuỷu ; 2– Khối vỏ xilanh đúc liền ; 3– Tay biên ; 4– Pittông;
5– Nắp trong ; 6– Clape hút ; 7– Clape đẩy ; 8– Rôto ; 9– Stato ;10– Cửa hút ;
11– Nắp bình động cơ ; 12– Cuộn dây ; 13– Nắp trên ; 14– Đệm kín.

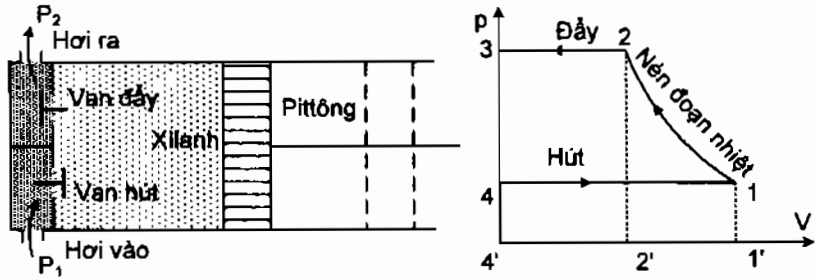


Hình 2.4. Sơ đồ nguyên lý một dạng máy nén kín

1– Thân máy nén ; 2– Xilanh ; 3– Pittông ; 4– Tay biên ; 5– Trục khuỷu ;
6– Clape đẩy ; 7– Clape hút ; 8– Nắp trong ; 9– Nắp ngoài ;
10– Ống hút ; 11– Stato ;12– Rôto ; 13– Cửa hút ;14– Ống đẩy.

2.2.2. Nguyên lý làm việc của máy nén pittông

Trên hình 2.5 biểu diễn quá trình nén lý thuyết của máy nén pittông và đồ thị p – V.



Hình 2.5. Sơ đồ nguyên lý máy nén pittông và quá trình nén lý thuyết biểu diễn trên đồ thị p – V

Pittông chuyển động qua lại trong xilanh làm thay đổi thể tích giới hạn bởi xilanh và bề mặt pittông tạo nên các quá trình hút nén và đẩy hơi môi chất. Khi pittông chuyển động từ điểm chết trên (điểm 4) xuống điểm chết dưới (điểm 1) thể tích hút thay đổi từ 0 đến V_{max}, van hút mở ra để hơi hút đi vào xilanh. Khi pittông đến điểm 1 thì quá trình hút kết thúc. Pittông đổi chiều chuyển động và bắt đầu quá trình nén. Thể tích giảm dần và áp suất tăng dần đến điểm 2.

Trong quá trình từ điểm 1 đến điểm 2, cả van hút và van đẩy đều đóng. Tại điểm 2, áp suất P trong xilanh đạt áp suất đẩy, van đẩy mở ra để pittông tiếp tục đi lên, đẩy hơi nén vào khoang đẩy với áp suất không đổi P_2.

Quá trình hút 4–1 và đẩy 2–3 không phải là quá trình nhiệt động vì hơi trong xilanh chỉ biến đổi về lượng chứ không biến đổi về trạng thái.

Quá trình nén 1–2 có thể có thể coi là quá trình nén đoạn nhiệt, có công tiêu hao cho quá trình nén nhỏ nhất, vì đây là quá trình nén lý tưởng.

Trong quá trình nén thực, có nhiều loại tổn thất khác nhau như: tổn thất do thể tích chết là thể tích còn lại giữa xilanh và pittông cũng như các không gian ở các cửa van khi pittông đã ở vị trí tới hạn. Thể tích chết chiếm khoảng từ 3 đến 5% thể tích lý thuyết.

Tổn thất trở lực van hút và van đẩy: Các van này tự động mở và đóng do chênh lệch áp suất. Vì vậy thời điểm mở van bị chậm hơn so với lý thuyết. Ngoài ra, còn có các tổn hao khác như tổn hao do môi chất bị nóng lên khi hút, tổn thất do rò rỉ từ khoang đẩy về khoang hút. Làm mát đầu xilanh cũng làm giảm tổn thất do môi chất nóng lên khi hút. Với amoniac, nhiệt độ cuối tấm nén khá cao nên có áo nước làm mát. Còn với R11 và R22 nhiệt độ tấm nén thấp hơn nên chỉ cần cánh tản nhiệt, làm mát bằng không khí tự nhiên.

2.2.3. Hệ số cấp và tổn thất thể tích của máy nén

Vì có sự tổn hao trong quá trình nén, nên thể tích nén thực tế V_{tt} nhỏ hơn thể tích nén lý thuyết V_{lt} và tỷ số này chính là hệ số cấp của máy nén:

$$\lambda = \frac{V_{tt}}{V_{lt}} = \frac{V_{tt}.v}{V_{lt}.v} = \frac{m_{tt}}{m_{lt}} \qquad (2.1)$$

Trong đó: v– Thể tích riêng của hơi hút về máy nén.

m_{tt}, m_{lt}– Khối lượng thực tế và lý thuyết nén.

Hệ số cấp λ không phải là đại lượng cố định mà tuỳ theo chế độ làm việc của hệ thống lạnh như loại môi chất lạnh, nhiệt độ quá nhiệt hơi hút và đặc biệt là tỷ số áp suất: $\Pi = \frac{P_k}{P_0}$. Trong đó: P_0– Áp suất hút; P_k– Áp suất đẩy.

Có thể xác định hệ số cấp theo công thức:

$$\lambda = \lambda_c.\lambda_{tl}.\lambda_w.\lambda_r.\lambda_k \qquad (2.2)$$

Trong đó:λ_c– Hệ số tính đến tổn thất do thể tích chết gây ra.

λ_{tl}– Hệ số tính đến tổn thất do tiết lưu ở van hút và van đẩy.

λ_w– Hệ số tính đến tổn thất do hơi hút bị đốt nóng.

λ_r– Hệ số tổn thất do rò rỉ môi chất từ khoang nén về khoang hút.

λ_k– Hệ số tính đến các tổn thất khác thường lấy bằng 1.

Trên hình 2.6 trình bày sơ đồ tổn thất thể tích của máy nén.

Các tổn thất thể tích có thể tính như sau:

$$\lambda_c = 1 - c(\Pi^{\frac{1}{m}} - 1) \quad (2.3)$$

Trong đó: $c = \frac{V_c}{V_{lt}}$

V_c– Thể tích chết.

V_{lt}– Thể tích lý thuyết.

m = 0, 95 ÷ 1, 1– cho môi chất NH_3.

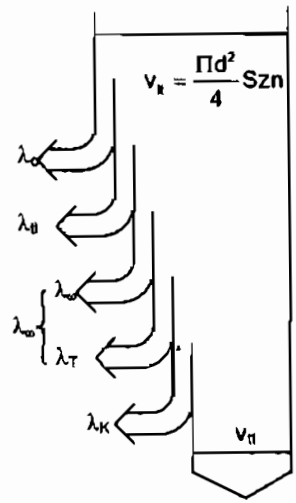
m = 0, 90 ÷ 1, 05– cho môi chất freon.

λ_{tl} = 0, 90 ÷ 1, 00.

λ_w = 0, 70 ÷ 0, 98.

$\Pi = \frac{P_k}{P_o}$ – Tỷ số nén.

λ_r = 0, 95 ÷ 0, 99.



Hình 2.6. Tổn thất thể tích của máy nén

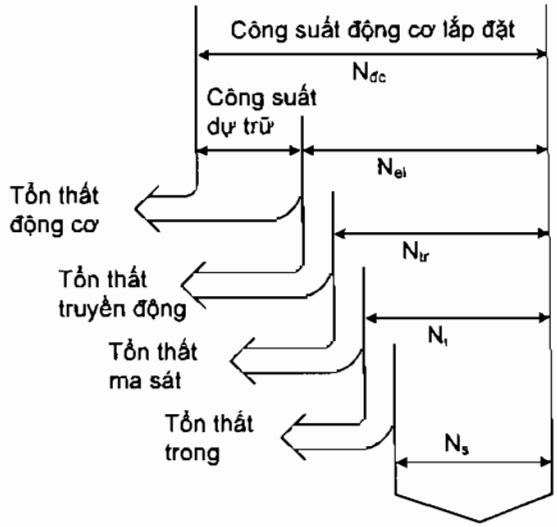
2.2.4. Tổn thất năng lượng và công suất động cơ

Công nén đoạn nhiệt N_s là công lý thuyết để nén môi chất lạnh từ áp suất P_0 đến áp suất P_k được xác định trên đồ thị lgP – h:

$$N_s = m(h_2 - h_1) \quad (2.4)$$

Trong đó : m– Năng suất khối lượng của máy nén (kg/s).

$(h_2 - h_1)$– Hiệu entanpi trên đồ thị lgP – h (kJ/kg).



Hình 2.7. Các tổn thất năng lượng trong máy nén

Công nén chỉ thị N_i là công thực có kể đến các tổn thất trong quá trình nén thực:

$$N_i = F_i.n.F \quad (2.5)$$

Trong đó: F_i – Diện tích chỉ thị của quá trình nén:

$$F_i = s.P_i$$

n– Số vòng quay trục khuỷu.

s– Hành trình pittông.

P_i– Áp suất chỉ thị trung bình trên đầu pittông.

F– Diện tích đầu pittông.

Vậy: $N_i = P_i.F.n.s = P_i.V_{lt}$ (2.6)

Công suất chỉ thị N_i bằng tích áp suất chỉ thị trung bình P_i và thể tích hút lý thuyết V_{lt} của máy nén. Hiệu suất chỉ thị η_i là tỷ số:

$$\eta_i = N_s/N_i \quad (2.7)$$

Công suất hữu ích N_e là công suất đo được trên trục khuỷu gồm công suất chỉ thị N_i và các tổn thất ma sát N_{ms} giữa các chi tiết chuyển động như pittông, xilanh, trục khuỷu, tay biên, các ổ trục đỡ, ổ trượt...

$$N_e = N_i + N_{ms} \quad (2.8)$$

Tổn thất ma sát được đặc trưng bằng hiệu suất cơ:

$$\eta_e = N_i/N_e = N_i/(N_i + N_{ms}) \quad (2.9)$$

– Với máy nén amoniac $\eta_e = 0,82 \div 0,92$.

– Với máy nén freon $\eta_e = 0,84 \div 0,97$.

Công suất điện tiêu thụ N_{el} là công suất đo trên tủ điện của động cơ có điện:

$$N_{el} = N_e/(\eta_{td}.\eta_{el}) \quad (2.10)$$

Trong đó: η_{td}– Hiệu suất truyền động $\eta_{td} = 1$– Máy nén trục kiểu kín.

$\eta = 0,95$– Truyền động kiểu đai.

η_{el}– Hiệu suất động cơ điện, có giá trị từ 0,6 đến 0,9

Công suất lắp đặt của động cơ điện N_{dc} phải lấy lớn hơn N_{el} để chống quá tải, sụt áp:

$$N_{dc} = K_{dt}.N_{el} \quad (2.11)$$

Trong đó hệ số dự trữ $K_{dt} = (1,1 \div 1,5)$

2.2.5. Hệ số lạnh của chu trình

Gồm 3 loại:

Hệ số lạnh lý thuyết: $\varepsilon = Q_o/N_s$ (2.12)

Hệ số lạnh hữu ích: $\varepsilon_e = Q_o/N_e$ (2.13)

Hệ số lạnh thực: $\varepsilon_t = Q_o/N_{el}$ (2.14)

Trong đó, hệ số lạnh lý thuyết ε thường được dùng để tính toán và so sánh các chu trình và các môi chất lạnh khác nhau.

2.2.6. Năng suất lạnh của máy nén Q_o

Q_o được xác định theo biểu thức:

$$Q_o = m.q_o \text{ (kW)} \quad (2.15)$$

Trong đó: m– năng suất khối lượng máy nén hay lượng môi chất đi qua máy nén trong một đơn vị thời gian, kg/s.

q_o– Năng suất lạnh riêng của môi chất sau khi đi qua tiết lưu, kJ/kg.

Năng suất khối lượng có thể tính theo biểu thức:

$$m = V_{tt}/v_1 = \lambda.V_{lt}/v_1 \quad (2.16)$$

Trong đó: V_{tt}– Thể tích nén thực tế của máy nén, m^3/s.

V_{lt}– Thể tích nén lý thuyết của máy nén, m^3/s.

v_1– Thể tích riêng của hơi hút vào máy nén, m^3/kg.

λ– Hệ số cấp của máy nén.

Thay (2.16) vào (2.15) ta được :

$$Q_o = m.q_o = \lambda.V_{lt}.q_o/v_1 = \lambda.q_v.V_{lt} \quad (2.17)$$

Trong đó: $q_v = q_o/v_1$ (kJ/m^3)– Năng suất thể tích của hơi hút máy nén.

Trong biểu thức (2.17), thể tích nén lý thuyết V_{lt} là cố định và có thể xác định theo các thông số của máy nén:

$$V_{lt} = \pi d^2.S.z.n/4 \ (m^3/s) \quad (2.18)$$

Trong đó: d– Đường kính pittông của máy nén, (m).

s– Hành trình của pittông, (m).

z– Số pittông của máy nén.

n– Tốc độ quay của trục khuỷu, (vòng/s).

Hai thông số còn lại λ và q_v thay đổi theo điều kiện làm việc của máy nén. Nếu giảm tỷ số nén $\pi = p_k/p_0$, nhiệt độ ngưng tụ t_k giảm và nhiệt độ bay hơi t_0 tăng thì λ và q_v tăng làm cho Q_0 tăng. Ngược lại nếu tăng hệ số nén π, t_k tăng và t_0 giảm thì λ và q_v giảm làm giảm năng suất lạnh Q_0. Vì vậy, người ta chỉ chế tạo máy nén với một cấp nén trong một giải nhiệt độ nhất định (đến -20^0C cho một cấp nén) để đảm bảo năng suất lạnh Q_0 lớn. Như vậy ở các chế độ làm việc khác nhau, máy nén có năng suất lạnh khác nhau. Các chế độ chuẩn của máy nén được cho ở bảng 2.2.

Bảng 2.2. Các chế độ chuẩn của máy nén

Các chế độ lạnh	Môi chất	Nhiệt độ sôi t_0(^{0}C)	Quá nhiệt t_{qn} (^{0}C)	Ngưng tụ t_k (^{0}C)	Quá lạnh t_{ql} (^{0}C)
Chế độ lạnh thường (một cấp nén)	NH_3	–15	–10	+30	+25
	Freon	–15	+15	+30	+25
Chế độ điều hoà không khí	Freon	+5	+15	+35	+30
Chế độ lạnh đông (hai cấp nén)	NH_3	–40	–30	+35	+30
	Freon	–35	–20	+30	+25

2.3. CÁC LOẠI MÁY NÉN HƠI KHÁC

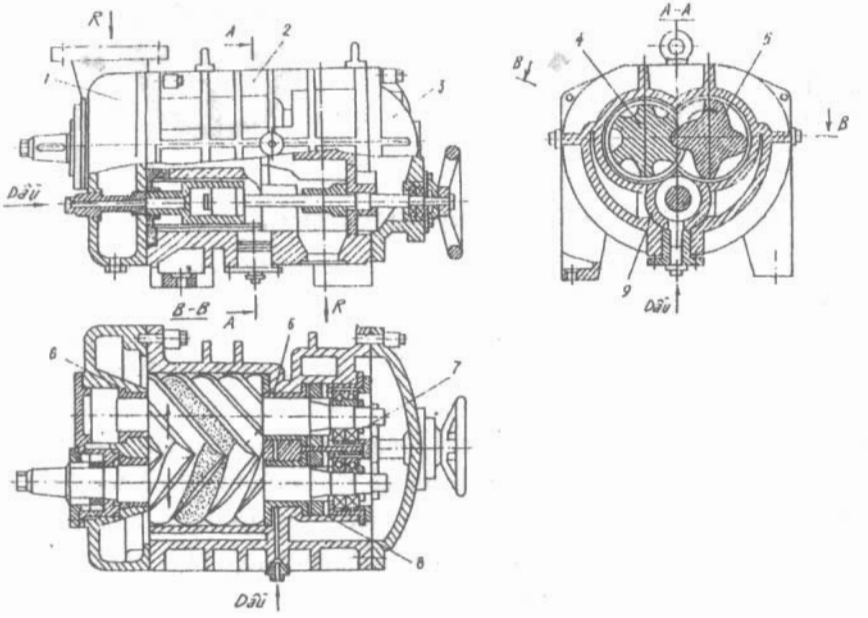
2.3.1. Máy nén trục vít

Máy nén trục vít là loại máy nén thể tích kiểu pittông quay. Hai trục quay nằm song song với nhau có răng xoắn và nằm gọn trong thân máy, cửa hút và cửa đẩy nằm ở 2 đầu thân. Khi trục quay thể tích phía cuối trục giảm dần thực hiện quá trình nén.

Có 2 loại máy nén trục vít là: loại khô và loại tràn dầu. Máy nén khô được dùng trong kỹ thuật nén khí, còn máy nén tràn dầu được dùng trong kỹ thuật lạnh. Hai trục vít khi quay không tiếp xúc với nhau và không tiếp xúc với thân máy. Các khoang nén có áp suất khác nhau được giữ kín bằng cách tràn dầu bôi trơn. Nhờ đó, các chi tiết chuyển động ít mòn và nhiệt độ môi chất cuối tấm nén thấp vì nhiệt

lượng do môi chất sinh ra trong quá trình nén được dầu bôi trơn hấp thụ. Một ưu điểm nữa của máy nén trục vít là không có van hút và van đẩy nên không có không gian chết, không có tổn thất áp suất hút và đẩy, vì vậy hệ số cấp của loại máy nén này lớn hơn nhiều so với máy nén pittông trượt.

Trên hình 2.8 trình bày cấu tạo máy nén trục vít.



Hình 2.8. Máy nén trục vít (có hai vít) kiểu tràn dầu

1– Nắp ; 2– Thân; 3– Nắp; 4– Vít bị động; 5– Vít chủ động; 6– Bạc lót; 7– Ổ bi.

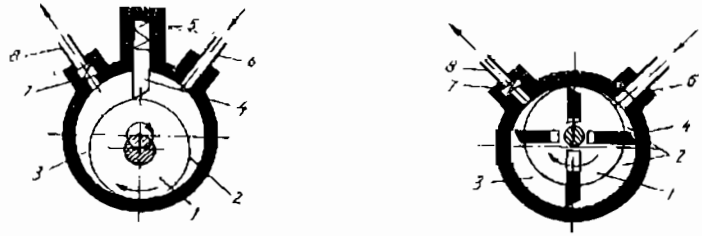
2.3.2. Máy nén rôto

Trong thời gian gần đây, máy nén rôto ngày càng được sử dụng rộng rãi trong các máy lạnh công suất bé như tủ lạnh, điều hoà gia dụng. Có nhiều loại máy nén rôto, nhưng thông dụng hơn cả là máy nén rôto kiểu lăn và máy nén rôto kiểu tấm trượt. Trên hình 2.9 trình bày cấu tạo của 2 loại máy nén này.

Máy nén rôto lăn gồm pittông 1 (hình 2.9a) hình trụ, nằm trong xilanh (vỏ máy) hình trụ. Nhờ tay quay lệch tâm nên pittông có thể lăn trên bề mặt trong của xilanh. Vì kích thước pittông nhỏ hơn xilanh nên giữa 2 bề mặt chúng chỉ có một đường tiếp xúc, và đó chính là đường ngăn cách khoang nén và khoang hút. Hai khoang này nằm tồn tại cách biệt nhau nhờ tấm ngăn 4 và lò xo đẩy 5.

Khi pittông lăn theo chiều mũi tên, thể tích khoang hút (phía phải rôto) tăng dần và đạt chỉ số cực đại nếu pittông lăn đến đỉnh cao, nơi bố trí tấm ngăn, và thể tích khoang đẩy giảm dần. Phía hút không có khoang hút, còn phía đẩy có van đẩy, tác động ở áp suất cỡ 0,03MPa.

Máy nén rôto lăn có ưu điểm là ít chi tiết, gọn gàng nhưng khó giữ kín khoang hút và khoang nén, đặc biệt 2 đầu pittông, khó bôi trơn, tấm nhăn dễ bị mòn, công nghệ chế tạo khó khăn.



a) b)

Hình 2.9. Nguyên tắc làm việc

a) Máy nén rôto lăn
1– Pittông lăn; 2– Khoang hút;
3– Khoang nén; 4– Tấm ngăn;
5– Lò xo nén; 6– Ống hút;
7– Clapê đẩy; 8– Ống đẩy.

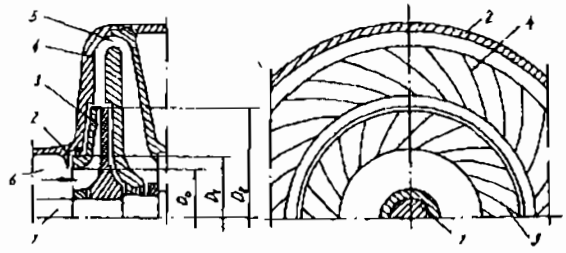
b) Máy nén rôto tấm trượt
1– Rôto; 2– Khoang hút;
3– Khoang nén; 4– Tấm trượt;
6– Cửa hút; 7– Clape đẩy;
8– Cửa đẩy.

Cấu tạo của máy nén rôto tấm trượt cũng gần giống rôto lăn. Thân máy đồng thời là xilanh hình trụ (hình 2.9b), bên trong có rôto kích thước bé hơn, trên rôto có ít nhất 2 tấm trượt. Khi rôto quay, lực ly tâm làm 2 tấm trượt văng ra tạo thành các khoang hút và các khoang nén. Máy nén rôto tấm trượt gọn nhẹ, momen khởi động bé nhưng khó bịt kín 2 đầu máy nén.

2.3.3. Máy nén tuabin

Đây là loại máy nén động học áp suất của môi chất thay đổi nhờ sự biến đổi động năng của môi chất nhận được từ bánh cánh quạt của tuabin thành thế năng. Trên hình 2.10 trình bày nguyên lý làm việc của máy nén tuabin kiểu ly tâm.

Hơi môi chất qua ống hút 6 vào máy nén. Buồng đổi hướng 5 chuyển hơi lên cấp nén cao hơn. So với máy nén pittông, máy nén tuabin có cấu tạo đơn giản, gọn nhẹ, tin cậy, không cần dầu bôi trơn, điều chỉnh vô cấp nhưng nhược điểm của loại máy nén này là hiệu suất thấp, đặc biệt là với máy có năng suất nhỏ và tỷ số áp suất lớn. Vì vậy, máy nén tuabin chỉ dùng cho hệ thống lạnh có công suất rất lớn.



Hình 2.10. Máy nén tuabin kiểu ly tâm

1– Trục; 2– Thân máy; 3– Bánh cánh quạt;
4– Ống khuếch tán; 5– Buồng đổi hướng; 6– Ống hút.

2.4. THIẾT BỊ TRAO ĐỔI NHIỆT CỦA HỆ THỐNG LẠNH

Thiết bị trao đổi nhiệt chiếm một tỷ lệ lớn (trên 50%) về khối lượng và thể tích trong hệ thống lạnh. Nó gồm thiết bị ngưng tụ và bay hơi. Thiết bị ngưng tụ dùng để biến hơi môi chất lạnh có áp suất và nhiệt độ cao sau quá trình nén thành trạng thái lỏng còn thiết bị bay hơi dùng để thu nhiệt của đối tượng cần làm lạnh nhờ sự bay hơi của môi chất lỏng.

Các thiết bị trao đổi nhiệt có ảnh hưởng lớn đến các đặc tính năng lượng của hệ thống lạnh. Nó cũng có thể khi thì làm việc như thiết bị bay hơi, khi thì làm việc như thiết bị ngưng tụ, tức là tính thuận nghịch của thiết bị trao đổi nhiệt. Ví dụ, ở điều hoà không khí hai chiều, thiết bị bay hơi nằm trong phòng, thu nhiệt độ trong phòng để giảm nhiệt độ phòng về mùa hè, còn về mùa đông nó lại làm chức năng của thiết bị ngưng tụ để toả hơi nóng sưởi ấm phòng.

Các yêu cầu chung với thiết bị trao đổi nhiệt là:

– Có hệ số trao đổi nhiệt lớn.

– Kích thước thiết bị nhỏ gọn.

– Tiêu tốn ít năng lượng cho quá trình trao đổi nhiệt.

– Thân thiện với môi trường.

– Thuận tiện cho vận hành, bảo trì, lắp đặt.

– Giá thành hạ.

Tất nhiên, không thể có loại thiết bị nào đáp ứng đầy đủ các yêu cầu trên. Tuỳ từng trường hợp cụ thể có thể sử dụng kiểu này hay kiểu khác.

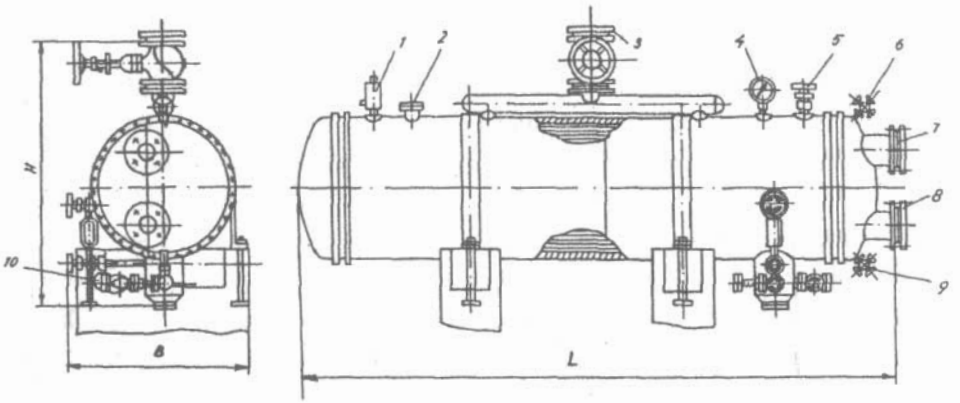
2.4.1. Thiết bị ngưng tụ

Có nhiệm vụ làm mát môi chất lạnh có nhiệt độ cao và áp suất cao sau quá trình nén để biến môi chất thành dạng lỏng. Dựa vào môi trường làm mát, các thiết bị có các nhóm: làm mát bằng nước, làm mát bằng nước và không khí (mát bay hơi), làm mát bằng không khí.

Tuỳ theo điều kiện làm mát có các kiểu làm mát bên ngoài và bên trong của bề mặt trao đổi nhiệt, làm mát tự nhiên và làm mát cưỡng bức.

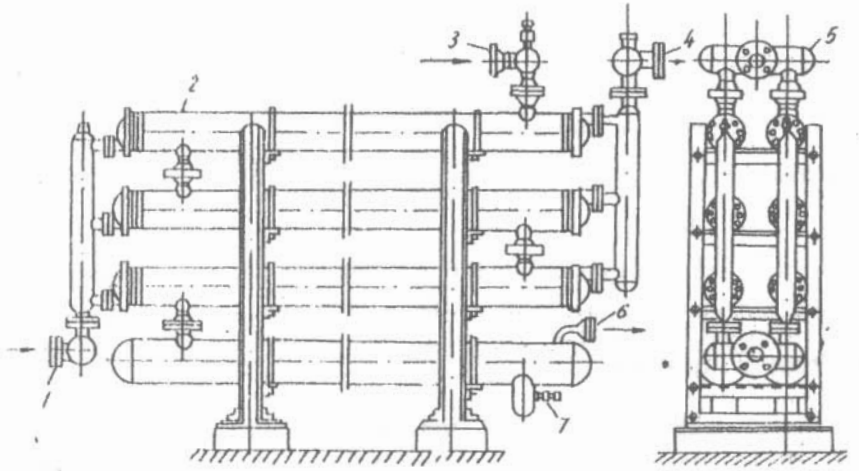
a) Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước

Vì nước dẫn nhiệt tốt, trở kháng thuỷ lực tương đối bé, hệ số dẫn nhiệt lớn, có thể đạt tới 1400W/m^{2}K, phụ tải nhiệt riêng đạt tới 9700W/m^2, vì vậy giảm được kích thước khối lượng thiết bị. Nhược điểm chính của loại này là tốn nước và nước cần xử lý các hoá chất để chống bám vào bề mặt trao đổi nhiệt. Theo kết cấu, có nhiều kiểu thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước. Trên hình 2.11 trình bày cấu tạo của loại bình trụ nằm ngang và loại kiểu nhiều phần tử.



Hình 2.11a. Bình ngưng ống vỏ nằm ngang cho NH_3

1– Van an toàn; 3– Đường cân bằng; 3– NH_3 vào; 4– Áp kế;
5– Van xả khí không ngưng; 6– Xả không khí; 7– Nước ra;
8– Nước vào; 9– Xả nước; 10– NH_3 ra.



Hình 2.11b. Thiết bị ngưng tụ kiểu phần tử

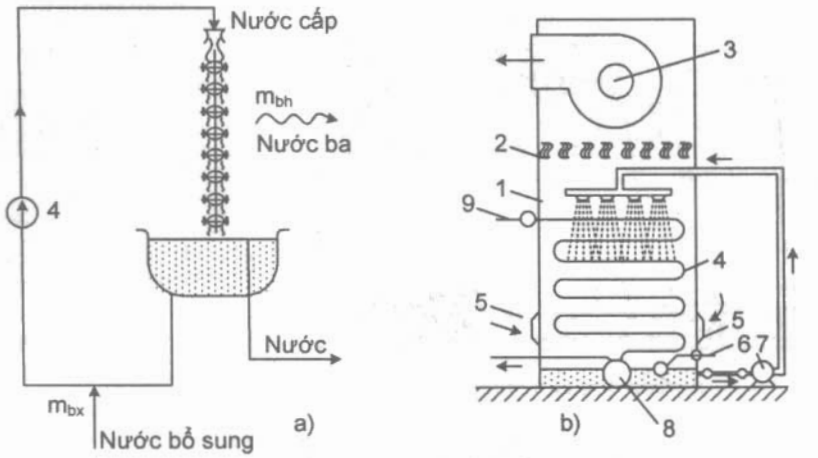
1– Ống nước vào; 2– Ống trao đổi nhiệt; 3– Ống hơi vào;
4– Ống nước ra; 5– Ống góp hơi vào; 6– Ống lỏng ra.

b) Thiết bị ngưng tụ hỗn hợp làm mát bằng nước và không khí

Thường có hai kiểu kiểu tưới và kiểu bay hơi.

Thiết bị ngưng tụ hỗn hợp kiểu tưới được trình bày trên hình 2.12a. Nước từ máy bơm chảy xuống thành ống môi chất, bị nóng lên và thu nhiệt môi chất: một phần nước bị bay hơi vào không khí, một phần rơi xuống máng hứng và trộn với nước bổ sung (khoảng 30% nước tuần hoàn) lại được tưới vào các ống ngưng tụ môi chất. Ưu điểm của loại tưới là hệ số trao đổi nhiệt tương đối lớn, đạt (700 ÷

900)W/m^{2}K; có thể dùng nước bẩn vì tưới trên bề mặt ngoài của ống nên dễ làm sạch. Nhược điểm của loại này là kích thước cồng kềnh, độ ăn mòn thiết bị tăng, chế độ làm việc phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường.



Hình 2.12. a) Kiểu tưới; b) Thiết bị ngưng tụ bay hơi

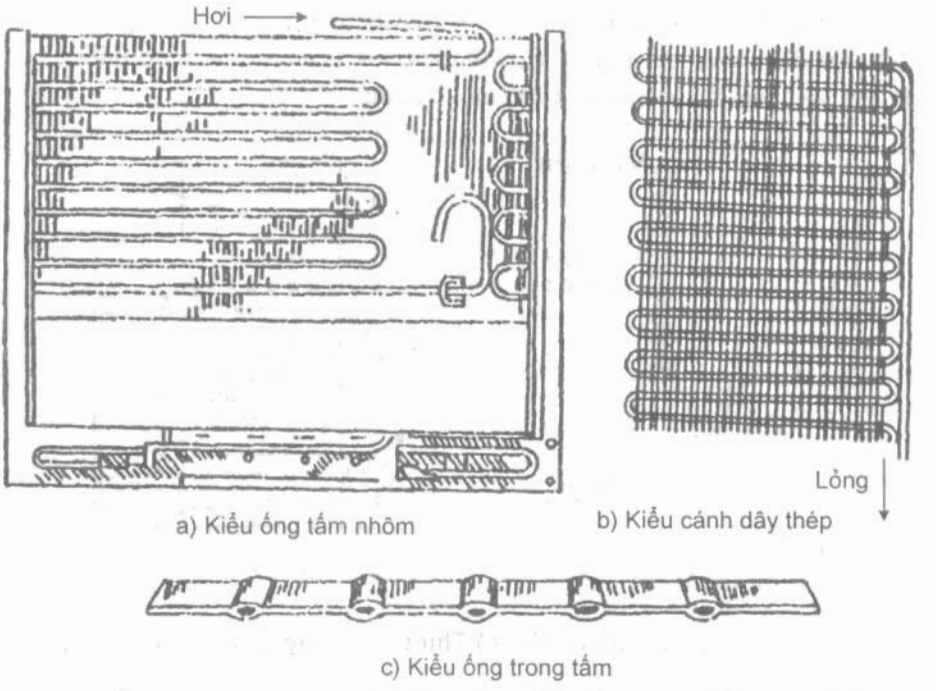
1–Miệng phun nước; 2– Tấm chắn nước; 3– Quạt gió; 4– Ống trao đổi nhiệt; 5– Cửa gió vào; 6– Nước bổ sung; 7–Bơm nước ; 8– Ống góp lỏng; 9–Ống hơi nước.

Thiết bị ngưng tụ kiểu bay hơi được trình bày ở hình 2.12b. Nước làm mát được bơm tuần hoàn chảy qua miệng phun 1 tưới vào ống môi chất 4. Hơi nóng được quạt hút 3 thổi ra ngoài, còn không khí mát từ bên ngoài được hút vào qua cửa gió 5. Tấm ngăn 2 ngăn chặn hơi nước thoát ra ngoài, giảm bớt lượng nước thất thoát. Hệ thống nước bổ sung 6 để bổ sung lượng nước tiêu hao, đảm bảo lượng nước cố định trong tháp giải nhiệt.

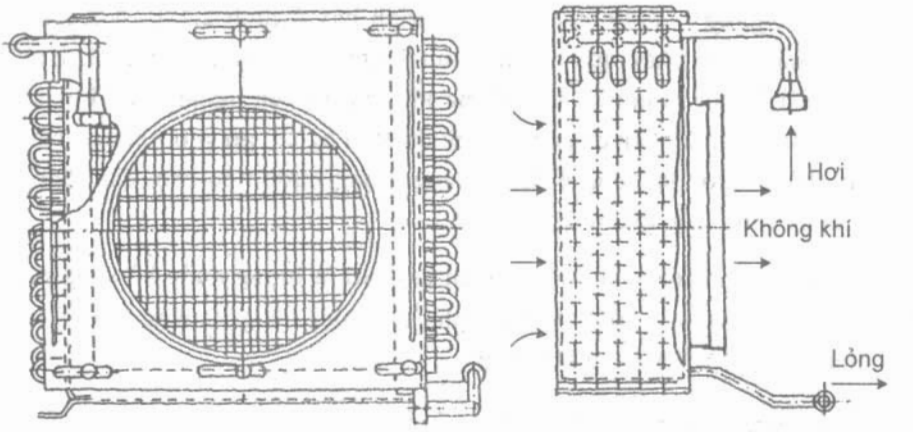
Ưu điểm chính của loại thiết bị kiểu bay hơi là lượng nước bổ sung ít, hệ số trao đổi nhiệt cỡ (450 ÷ 600) W/m^{2}K, phụ tải nhiệt riêng khoảng (1400 ÷ 1900) W/m^2 nhưng chi phí điện năng khá thấp.

c) Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng không khí

Đặc điểm của loại thiết bị này là không ô nhiễm môi trường, không làm bẩn bề mặt trao đổi nhiệt, nhưng do truyền nhiệt kém nên hệ số trao đổi nhiệt thấp cỡ (6 ÷ 7) W/m^{2}K với đối lưu tự nhiên (như ở tủ lạnh gia dụng), cỡ (23 ÷ 35) W/m^{2}K với đối lưu cưỡng bức, phụ tải khoảng (180 ÷ 340) W/m^2 do đó kích thước thiết bị trao đổi nhiệt lớn gây ra tiếng ồn lớn, nhất là quạt gió ở hệ thống công suất lớn. Trên hình 2.13 trình bày cấu tạo của loại thiết bị ngưng tụ làm mát bằng không khí đối lưu tự nhiên (hình 2.13a) và đối lưu cưỡng bức (hình 2.13b).



Hình 2.13a. Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng không khí đối lưu tự nhiên



Hình 2.13b. Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng không khí đối lưu cưỡng bức

2.4.2. Thiết bị bay hơi

Chức năng của thiết bị bay hơi là làm lạnh đối tượng nhờ nhiệt độ thấp khi bay hơi môi chất lỏng ở áp suất thấp.

Dựa vào tính chất của môi trường lạnh, có các chất tải lạnh là nước (trong water chiller), nước muối (trong máy làm đá cây), hoặc các đối tượng lạnh như sữa, bia, rượu vang... Loại làm lạnh không khí có kiểu bay hơi trực tiếp (không khí tuần

hoàn tự nhiên) như ở tủ lạnh, máy hút ẩm, hoặc làm lạnh cưỡng bức như ở điều hoà không khí.

Thiết bị bay hơi là thiết bị trao đổi nhiệt nên nguyên lý làm việc, nguyên lý cấu tạo cũng tương tự như các thiết bị ngưng tụ.

Thiết bị bay hơi làm lạnh chất lỏng kiểu ống vỏ ngập là thông dụng nhất trong hệ thống lạnh công suất trung bình và lớn. Nguyên lý cấu tạo của loại này khá giống thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước, nhưng ở đây chất lỏng được làm lạnh trong ống, còn môi chất lạnh sôi ở bề mặt ngoài, trong không gian giữa các ống.

Thiết bị bay hơi làm lạnh không khí kiểu khô là thông dụng nhất. Ở loại này, môi chất lạnh sôi trong ống, hoặc chất tải lạnh chạy trong ống, còn không khí bao bên ngoài, được làm lạnh tự nhiên hoặc cưỡng bức.

2.5. THIẾT BỊ TIẾT LƯU

Trong chu trình của máy lạnh nén hơi, thiết bị tiết lưu có nhiệm vụ điều chỉnh lưu lượng môi chất lạnh cấp cho thiết bị bay hơi. Đầu vào của tiết lưu được uốn vào thiết bị ngưng tụ, mà ở đó gas lạnh ở trạng thái lỏng, có áp suất và nhiệt độ cao. Đầu ra của tiết lưu được nối với thiết bị bay hơi mà ở đó gas lạnh được bay hơi ở áp suất thấp, nhiệt độ thấp để thu nhiệt của môi trường. Tuỳ theo công suất lạnh người ta sử dụng các loại tiết lưu khác nhau: tiết lưu không điều chỉnh, tiết lưu điều chỉnh bằng tay và tiết lưu tự động điều chỉnh.

Tiết lưu không điều chỉnh thường được chế tạo dạng ống mao, dùng cho máy lạnh nén hơi công suất nhỏ như tủ lạnh gia dụng, máy hút ẩm, điều hoà gia dụng... Trên hình 2.14 trình bày hình dáng các kiểu tiết lưu ống mao.

a) Hệ thống làm lạnh có một ống mao

b) Hệ thống làm lạnh có hai ống mao

c) Hệ thống làm lạnh có ba ống mao

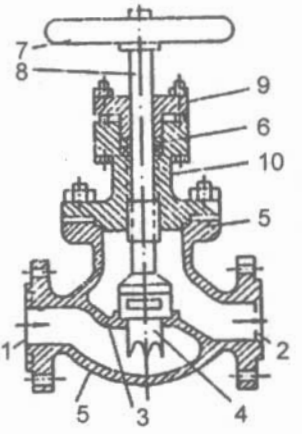
Hình 2.14. Tiết lưu kiểu ống mao

Đường kính trong của ống mao cỡ (0,6 ÷ 0,8)mm cho tủ lạnh, từ 1 đến 2mm cho điều hoà gia dụng. Chiều dài ống mao khoảng từ 1 mét đến vài mét được đặt gần ống hút của máy nén để tạo ra hiệu ứng quá lạnh cho chu trình.

Ưu điểm của tiết lưu kiểu ống mao là cấu tạo đơn giản, ít hỏng hóc, tuổi thọ cao. Khi máy nén dừng, nhờ ống mao nên áp suất bên cao (ngưng tụ) và áp suất bên thấp (bay hơi) cân bằng nhanh, tạo điều kiện cho động cơ máy nén khởi động nhẹ nhàng.

Nhược điểm chính của tiết lưu kiểu ống mao là không điều khiển được chế độ cấp lỏng tối ưu. Mặt khác, vì lỗ ống mao bé nên dễ bị tắc do bẩn lẫn trong môi chất hoặc hơi nước đóng băng ở đầu ra của tiết lưu.

Van tiết lưu điều chỉnh bằng tay thường được dùng cho các thiết bị lạnh có công suất lớn hơn đến vài kW như máy làm kem, làm nước đá... Trên hình 2.15 trình bày cấu tạo loại van này.



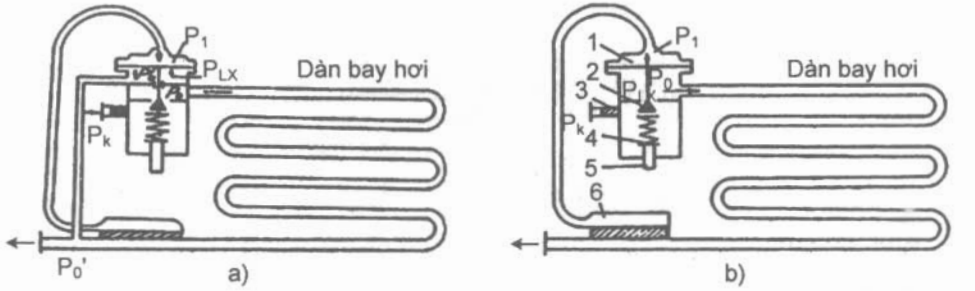
1– Cửa vào;
2– Cửa ra;
3– Đế van;
4– Kim van;
5– Thân van;
6– Ren;
7– Nắp van;
8– Trục;
9– Chèn đệm;
10– Thân ren. .

Hình 2.15. Van tiết lưu tay

Điểm khác biệt giữa van tiết lưu và van chặn là kết cấu của tấm van dạng hình trụ kéo dài có xẻ rãnh để khi trục van kéo nó lên xuống thì tiết diện tiết lưu thay đổi dễ dàng và chính xác. Khi quay tay quay, trục van quay nhưng tấm van chỉ chuyển động tịnh tiến. Ren giữa trục và thân ren chạy dạng bước ngắn nên có thể điều chỉnh chính xác đảm bảo chế độ cấp lỏng tối ưu cho từng trường hợp làm lạnh.

Cần chú ý rằng việc điều chỉnh van tiết lưu tay chỉ thực hiện bởi những chuyên gia có nhiều kinh nghiệm trong lĩnh vực này.

Van tiết lưu tự động là bộ điều chỉnh cấp lỏng liên tục hoạt động theo tín hiệu quá nhiệt của hơi. Nó thường được dùng cho các máy lạnh công suất lớn. Thường gặp hai loại tiết lưu tự động: cân bằng trong và cân bằng ngoài (hình 2.16).



Hình 2.16. Van tiết lưu tự động cân bằng trong a) và cân bằng ngoài b)

Ở van tiết lưu tự động cân bằng trong, áp lực P_1 tác động lên màng 1 là áp lực bão hoà của hơi nạp trong bầu cảm biến nhiệt 6, tiếp xúc với ống hơi đầu ra của thiết bị bay hơi, và nó sẽ cân bằng với áp lực P_0 ở lối vào thiết bị bay hơi và áp lực P_{lx} của lò xo 4. Hơi môi chất vào có áp lực P_k qua phin lọc 3 và cửa van 2, giảm đến áp suất P_0 rồi đi vào giàn bay hơi. Độ mở của van được điều chỉnh ban đầu nhờ vít 4 để khống chế độ quá nhiệt ban đầu cho phép. Với van tiết lưu kiểu cân bằng trong lỏng chỉ được điều chỉnh để giữ cho độ quá nhiệt hơi không đổi chứ không giữ được áp suất và nhiệt độ sôi là hằng.

Ở van tiết lưu tự động cân bằng ngoài, áp lực P_1 trong ống phản hồi tác dụng lên màng mỏng được cân bằng với áp suất P_0 của hơi ở lối ra của giàn bay hơi và lực đẩy của lò xo P_{lx}. Bằng cách này có thể giảm được đáng kể diện tích bề mặt thiết bị bay hơi, lẽ ra dùng để quá nhiệt hơi tạo P_1 cân bằng. Dùng tiết lưu cân bằng ngoài sử dụng hiệu quả hơn diện tích giàn bay hơi.

Khi chọn thiết bị tự động cấp lỏng, tiết lưu phải đảm bảo cấp lỏng bình thường cả khi năng suất lạnh lớn nhất và nhỏ nhất.

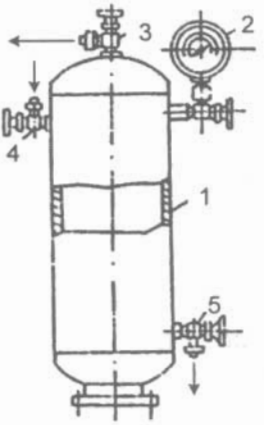
Đối với những hệ thống lạnh công suất lớn và rất lớn lượng môi chất lạnh nhiều nên người ta dùng hệ cấp lỏng phức tạp hơn kiểu nạp gián đoạn.

2.6. CÁC THIẾT BỊ PHỤ TRỢ TRONG HỆ THỐNG LẠNH

Ngoài các thiết bị chính như máy nén, thiết bị ngưng tụ, thiết bị bay hơi và thiết bị tiết lưu, các thiết bị phụ trợ trong hệ thống lạnh bao gồm: bình tách dầu, bình chứa dầu bôi trơn, các loại bình chứa môi chất: bình chứa cao áp, bình chứa hạ áp, bình tách lỏng, các thiết bị quá nhiệt, quá lạnh, phin lọc, sấy, bơm, quạt, các loại van chặn, van 1 chiều, các dụng cụ đo lường hiển thị như rơle áp suất, đồng hồ đo áp lực... Cùng với các thiết bị chính các thiết bị phụ trợ giúp cho hệ thống lạnh làm việc an toàn, tin cậy, tối ưu hơn, vận hành kinh tế hơn và tạo điều kiện dễ dàng cho việc bảo trì thay thế.

Bình tách dầu bôi trơn: Loại bình này có nhiều kiểu kết cấu khác nhau, nhưng chúng được dùng để tách dầu ra khỏi hơi môi chất để dầu không đi vào các thiết bị trao đổi nhiệt như thiết bị bay hơi và thiết bị ngưng tụ. Loại bình này chỉ được dùng ở các máy lạnh dùng môi chất không hoà tan hoặc hoà tan hạn chế dầu bôi trơn như NH_3 và vài loại freon. Bình tách dầu được lắp đặt trên đường đẩy giữa máy nén và thiết bị ngưng tụ.

Bình chứa dầu dùng để gom dầu từ các bình tách dầu và bầu dầu của toàn bộ hệ thống, giảm nguy hiểm khi xả dầu và giảm tổn thất môi chất khi xả dầu khỏi hệ thống lạnh. Bình chứa dầu có đường ống nối với máng nén. Trên hình 2.17 cho cấu tạo bình chứa dầu dùng cho NH_3. Van 3 được mở để giảm áp suất trong bình chứa đến gần áp suất khi quyển thông qua áp kế 2. Trước khi xả dầu, cần hâm nóng dầu để hơi NH_3 thoát ra khỏi dầu. Khi xả dầu, phải đóng kín van đường dầu vào và van nối với ống máy nén.



1– Thân bình;
2– Áp kế;
3– Đường ống nối với ống hút máy nén;
4– Đường dầu đến;
5– Đường xả dầu ra ngoài.

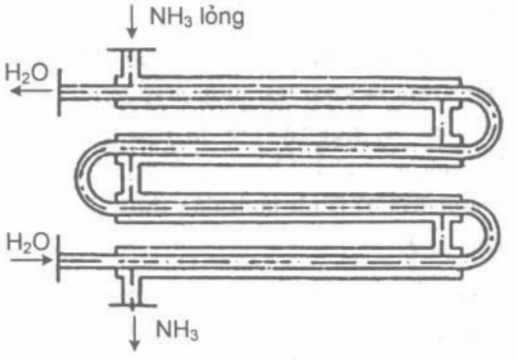
Hình 2.17. Bình chứa dầu

Bình chứa cao áp đặt ngay sau bình ngưng tụ để chứa lỏng, giải phóng bề mặt trao đổi nhiệt của thiết bị ngưng tụ, duy trì cấp lỏng liên tục tiết lưu.

Bình tách lỏng dùng trong máy lạnh NH_3. Nó có nhiệm vụ tách môi chất lỏng ra khỏi hơi hút về máy nén. Tránh trường hợp va đập thuỷ lực do lỏng vào máy nén.

Bình trung gian dùng trong máy lạnh nén hơi nhiều cấp. Nó dùng để làm mát trung gian hơi môi chất sau cấp nén áp suất thấp và để quá lạnh môi chất trước khi vào van tiết lưu bằng cách bay hơi một phần môi chất lỏng dưới áp suất trung gian.

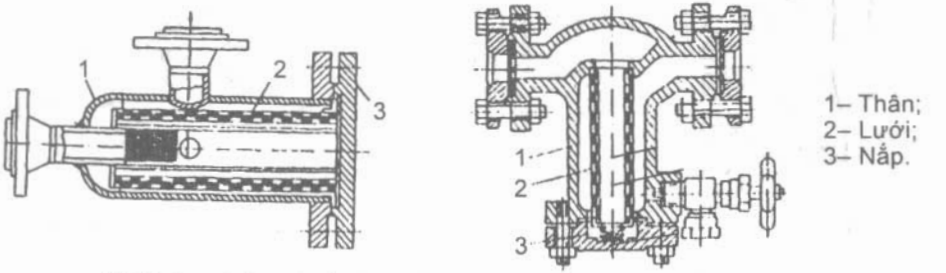
Thiết bị quá lạnh lỏng dùng để hạ nhiệt độ môi chất lỏng thấp hơn nhiệt độ ngưng tụ trước khi lỏng vào thiết bị tiết lưu. Thường gặp thiết bị quá lỏng dùng cho môi chất NH_3. Trên hình 2.18 trình bày nguyên lý cấu tạo của thiết bị quá lạnh lỏng kiểu ống lồng ngược dòng. Mục đích của việc làm quá lạnh lỏng trước van tiết lưu là nhằm mục đích tăng năng suất lạnh của hệ thống lạnh.



Hình 2.18. Thiết bị quá lạnh lỏng ngược dòng

Thiết bị hồi nhiệt, còn gọi là thiết bị quá nhiệt. Thường sử dụng trong hệ thống lạnh vì môi chất là freon. Nhiệm vụ của thiết bị này là tăng nhiệt độ của hơi môi chất sau khi bay hơi và trước khi vào máy nén nhằm tăng năng suất lạnh của máy nén.

Phin lọc: Để loại trừ cặn bẩn cơ học trên đường hơi và đường lỏng của hệ thống lạnh. Phin lọc đường hơi được bố trí trên đường hút trước máy nén bảo vệ cho bề mặt xilanh và các van tự động khỏi bị hư hỏng và bị xước khi hút phải cặn bẩn rắn. Phin lọc đường lỏng bố trí trước tiết lưu để đề phòng tắc do bẩn. Vì nhiệm vụ chính là ngăn cản bẩn dạng rắn cho nên về nguyên lý cấu tạo, hai loại phin trên đều như nhau, đều có lưới lọc và đường đi của môi chất bị đổi hướng, tạo hiệu quả lọc tốt hơn. Trên hình 2.19 cho cấu tạo của 2 loại này.



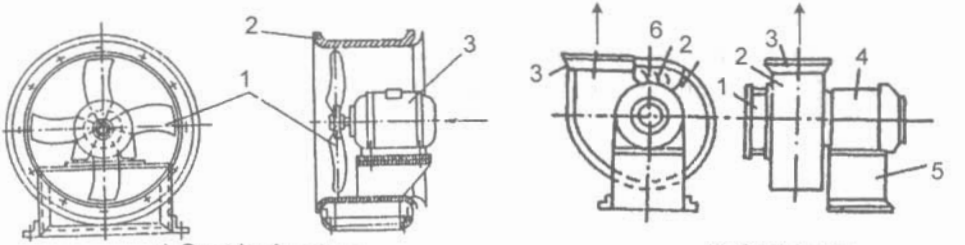
a) Phin lọc đường hơi b) Phin lọc đường lỏng

Hình 2.19. Phin lọc

Ngoài các tạp chất cơ học dạng rắn, trong hệ thống lạnh còn có nước, các hoá chất trong quá trình vận hành. Phin sấy lọc tác dụng giữ cặn rắn và ẩm để tránh tắc tiết lưu do nước đóng băng. Về cấu tạo nó có lưới lọc và bên trong lưới có những chất hấp thụ rắn, thường là Silicagel hoặc Zeolit, có tính chất ẩm cao. Phin sấy lọc được đặt trước van tiết lưu.

Bơm: dùng để tuần hoàn nước làm mát thiết bị ngưng tụ hoặc tuần hoàn nước tải lạnh. Thường bơm sử dụng là kiểu ly tâm. Tuỳ theo độ chênh lệch áp lực, có thể dùng bơm ly tâm một cấp (cho chênh áp thấp), 2 hoặc 3 cấp (cho chênh áp cao).

Quạt: dùng để tuần hoàn không khí trong thiết bị bay hơi (buồng lạnh, điều hoà nhiệt độ) và làm mát các thiết bị ngưng tụ. Thường dùng quạt hướng trục và quạt ly tâm. Trên hình 2.20 trình bày nguyên lý cấu tạo 2 loại quạt trên.



a) Quạt hướng trục b) Quạt ly tâm

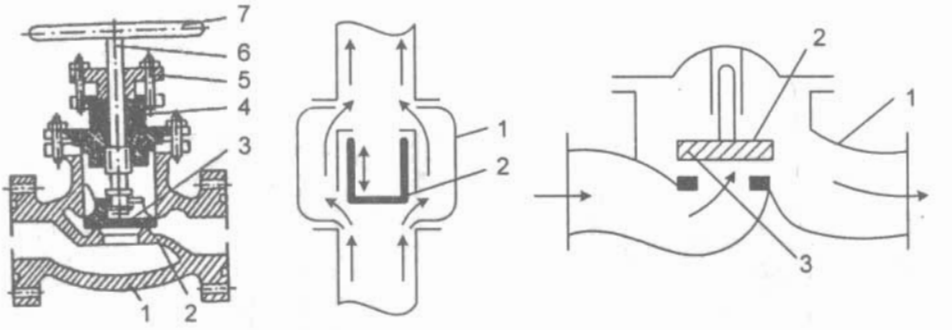
1– Cánh quạt ; 2– Hộp gió ; 3– Động cơ.

1– Miệng hút; 2– Hộp quạt; 3– Miệng thổi; 4– Động cơ; 5– Chân đế ; 6– Guồng.

Hình 2.20. Quạt

Quạt hướng trục thường có lưu lưuợng lớn, nhưng cột áp thấp (đến 500Pa), còn quạt ly tâm lưu lượng gió thấp hơn nhưng cột áp lớn hơn (1 ÷ 3 kPa).

Các loại van: gồm van chặn, van một chiều, van an toàn.



a) Van chặn b) Van một chiều kiểu cốc c) Van một chiều kiểu nấm

Hình 2.21. Van một chiều

– Van chặn dùng để khoá hệ thống khi cần phải bảo dưỡng sửa chữa, thay thế thiết bị. Tuỳ theo hướng dòng chảy môi chất trạng thái môi chất ta có các loại van chặn khác nhau về cấu trúc, kích cỡ, vật liệu van. Để tránh môi chất rò rỉ, bao giờ cũng có đệm trục (gioăng) và khi lắp đặt phía đệm trục là phía áp suất thấp khi van đóng.

– Van 1 chiều còn gọi là clape chỉ cho dòng chảy đi theo một hướng. Thường gặp 2 loại cấu trúc: van hình cốc và van hình nấm (hình 2.21b, c).

– Van một chiều được lắp đặt trên đường đẩy giữa các máy nén và thiết bị ngưng tụ, ngăn không cho môi chất chạy ngược từ bình ngưng về máy nén khi máy nén đang dừng. Ngoài ra van còn được lắp ở đầu hút của bơm nước, giữ chân không trong buồng bơm, chạy nhưng nước không lên.

– Van an toàn: chỉ mở khi hiệu áp suất ở đầu vào và đầu ra đạt đến trị số nhất định. Van an toàn được đặt ở những thiết bị có áp suất cao và chứa chất lỏng như bình ngưng, bình chứa... khi áp suất vượt quá trị số nhất định, van an toàn sẽ tự động mở, xả môi chất về phía thiết bị có áp suất thấp hoặc xả ra môi trường. Với môi chất R12, áp suất cho phép phía đầu đẩy là 1,85MPa, đường hút là 1,15 MPa. Với R22 tương ứng là 1,80 MPa và 1,20 MPa.

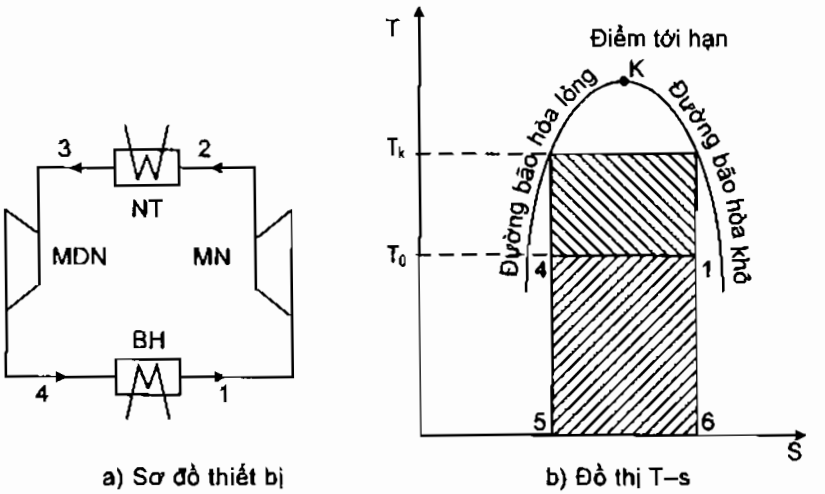
Chương 3

CÁC CHU TRÌNH MÁY LẠNH NÉN HƠI

3.1. CHU TRÌNH MÁY LẠNH NÉN HƠI MỘT CẤP

3.1.1. Chu trình Carnot ngược

Chu trình Carnot ngược được coi là chu trình lạnh đơn giản nhất, về thiết bị nó gồm bốn phần tử chính: máy nén, thiết bị ngưng tụ, máy giãn nở và thiết bị bay hơi (hình 3.1a). Quá trình nhiệt của chu trình gồm hai quá trình đoạn nhiệt và hai quá trình đẳng nhiệt xen kẽ mà đồ thị T – s của nó cho ở hình 3.1b.



a) Sơ đồ thiết bị b) Đồ thị T–s

Hình 3.1. Chu trình Carnot ngược

MN– Máy nén; NT – Thiết bị ngưng tụ; T– Nhiệt độ (K);
MDN– Máy giãn nở; S– Entropi (kJ/kgK); BH– Thiết bị bay hơi.

Quá trình 1–2 là quá trình nén đoạn nhiệt thuận nghịch vì $s_1 = s_2$. Hơi được hút từ điểm 1 trong vùng hơi ẩm có nhiệt độ T_0 ra khỏi máy nén có trạng thái bão hoà khô 2 và nhiệt độ T_k.

Quá trình 2–3 là quá trình ngưng tụ đẳng nhiệt ($T_2 = T_3 = T_k$) khi môi chất thải nhiệt ra môi trường xung quanh nhờ giải nhiệt bằng nước hoặc không khí. Điểm 3 nằm trên đường bão hoà lỏng.

Quá 3–4 là quá trình giãn nở đoạn nhiệt có sinh ngoại công của môi chất trong máy giãn nở $s_3 = s_4$, nhiệt độ môi chất giảm xuống T_0. Quá trình 4–1 là quá trình bay hơi đẳng nhiệt ($T_4 = T_1 = T_0$) thu nhiệt của môi trường lạnh hoặc chất tải lạnh.

Năng suất lạnh riêng q_0 của chu trình Carnot ngược biểu diễn trong đồ thị T – s là diện tích hình chữ nhật 6–1–4–5, còn công tiêu tốn cho chu trình l_c là diện tích hình chữ nhật 1–2–3–4. Nhiệt lượng thải ra ở thiết bị ngưng tụ q_k là tổng diện tích 6–2–3–5.

Hệ số lạnh của chu trình là:

$$\varepsilon_c = \frac{q_0}{l_c} = \frac{S_{6145}}{S_{1234}} = \frac{T_0.\Delta s}{(T_k - T_0)\Delta s} = \frac{T_0}{T_k - T_0} \qquad (3.1)$$

Chu trình Carnot ngược có hệ số lạnh ε_c lớn nhất và được coi là chu trình lý tưởng và được dùng để so sánh với các chu trình lạnh khác.

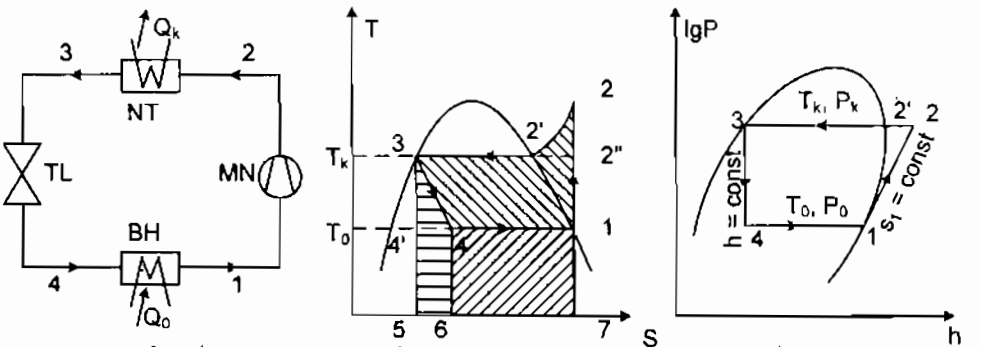
Nhược điểm của chu trình Carnot ngược là:

– Điểm hút 1 nằm trong vùng hơi ẩm nên độ ẩm phải điều chỉnh sao cho điểm 2 phải nằm trên đường bão hoà khô. Điều này khó thực hiện, mặt khác lỏng và hơi trong vùng 1 phân bố không đồng đều nên máy nén dễ hút lỏng, gây va đập thuỷ lực.

– Máy giãn nở có sinh ngoại công nhưng kích cỡ lớn, vốn đầu tư tăng.

3.1.2. Chu trình khô

Ở chu trình này hai nhược điểm của chu trình Carnot ngược được khắc phục bằng cách cho máy nén hút hơi bão hoà khô (điểm 1 nằm trên đường bão hoà khô) và thay máy giãn nở bằng thiết bị tiết lưu nên máy lạnh đơn giản hơn, vận hành dễ dàng hơn và giá lắp đặt giảm nhiều.Trên hình 3.2 trình bày sơ đồ thiết bị và các đồ thị của chu trình khô.



a) Sơ đồ thiết bị b) Đồ thị T – s c) Đồ thị lgP – h

Hình 3.2. Chu trình khô

Điểm hút 1 luôn nằm trên đường bão hoà khô nhờ thiết bị tách lỏng bố trí giữa máy nén và thiết bị bay hơi, và quá trình tiết lưu có tổn thất không thuận nghịch với nhiệt độ lỏng trước van tiết lưu bằng nhiệt độ ngưng tụ. Các quá trình chính của chu trình khô gồm:

1–2: Quá trình nén hơi đoạn nhiệt ($s_1 = s_2$) trong cùng hơi quá nhiệt.

2–2': Làm mát hơi quá nhiệt từ nhiệt độ cuối tầm (điểm 2) đến nhiệt độ ngưng tụ (điểm 2').

2'–3: Ngưng tụ hơi môi chất ở áp suất cao p_k và nhiệt độ cao T_k nhờ thải nhiệt cho môi trường làm mát.

3–4: Tiết lưu môi chất lỏng từ nhiệt độ T_k và áp suất cao p_k xuống nhiệt độ thấp T_0 và áp suất thấp p_0, với entanpi không đổi ($h_3 = h_4$), $s_4 > s_3$ ($\Delta s > 0$). Đây là quá trình tiết lưu đoạn nhiệt không thuận nghịch có entropi tăng ($s_4 > s_3$).

4–1: Quá trình bay hơi đẳng nhiệt của môi chất lỏng ở nhiệt độ thấp và áp suất thấp ($T_4 = T_1 = T_0$) để thu nhiệt của môi trường. Từ đồ thị hình 3.2, nhận thấy rằng:

– Năng suất lạnh riêng q_0 của chu trình khô là diện tích hình 7–1–4–6, nhỏ hơn của chu trình Carnot một khoảng diện tích 6–4–4'–5.

– Công nén riêng l là diện tích hình 1–2–2'–3–5–6–4–1, lớn hơn công tiêu tốn trong chu trình Carnot ngược.

– Hệ số lạnh của chu trình khô:

$$\varepsilon_k = \frac{q_{0k}}{l_k} \tag{3.2}$$

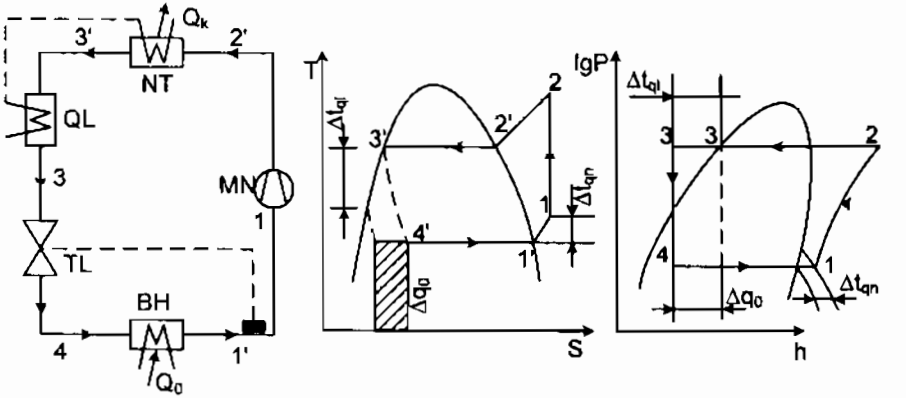
– Dễ dàng nhận thấy rằng, hệ số lạnh của chu trình khô bé hơn hệ số lạnh của chu trình Carnot ngược vì:

$$q_{0k} < q_{0c},\ l_k > l_c \Rightarrow \varepsilon_c > \varepsilon_k \tag{3.3}$$

Chu trình khô chủ yếu sử dụng cho môi chất NH_3.

3.1.3. Chu trình quá lạnh và quá nhiệt

Đây là chu trình mà nhiệt độ môi chất lỏng trước khi đi vào tiết lưu được giảm vài độ so với nhiệt độ ngưng tụ (quá lạnh) và nhiệt độ hơi hút về máy nén được nâng lên lớn hơn nhiệt độ bay hơi (quá nhiệt). Trên hình 3.3 giới thiệu chu trình này.



a) Sơ đồ thiết bị b) Đồ thị T – s c) Đồ thị lgP – h

Hình 3.3. Chu trình quá lạnh, quá nhiệt

QL– Quá lạnh; 1–1' độ quá nhiệt hơi hút;
3–3' độ quá lạnh lỏng trước khi vào van tiết lưu.

Từ các đồ thị hình 3.3 của chu trình quá lạnh và quá nhiệt, nhận thấy rằng:

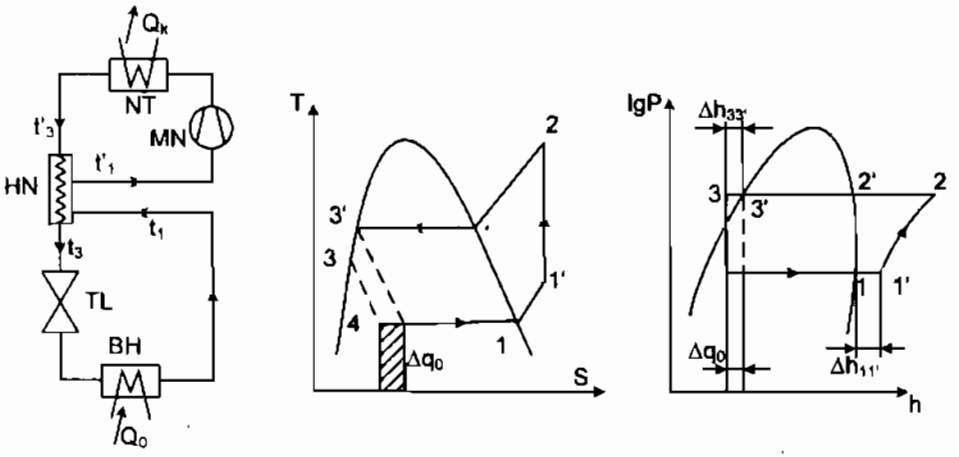
– Độ quá nhiệt hơi hút: $\Delta T_{qn} = T_1 - T'_1 = T_1 - T_0$.

– Độ quá lạnh lỏng: $\Delta T_{ql} = T'_3 - T_3 = T_k - T_3$.

So sánh với chu trình khô, do có độ quá nhiệt hơi hút nên công nén riêng lớn hơn, năng suất hút giảm do thể tích riêng tăng. Do có độ quá lạnh lỏng nên năng suất lạnh riêng tăng một khoảng Δq_0.

3.1.4. Chu trình hồi nhiệt

Chu trình hồi nhiệt là chu trình có thiết bị trao đổi nhiệt trong giữa môi chất lỏng nóng (trước khi vào tiết lưu) và hơi lạnh trước khi về máy nén (hình 3.4).



Hình 3.4. Chu trình hồi nhiệt

HN– Thiết bị hồi nhiệt

Chu trình hồi nhiệt cũng có đặc điểm như chu trình quá lạnh và quá nhiệt. Chu trình hồi nhiệt được ứng dụng cho các hệ thống lạnh môi chất freon, nhất là R12 với hiệu quả rõ rệt, như ở tủ lạnh gia dụng.

3.1.5. Các tổn thất trong máy lạnh

Trong quá trình vận hành máy lạnh thường gặp các tổn thất sau:

– *Tổn thất không thuận nghịch* do độ chênh nhiệt ở thiết bị ngưng tụ và nhiệt độ bay hơi. Tổn thất này được trình bày trên hình 3.5.

Nếu không có tổn thất không thuận nghịch trong quá trình trao đổi nhiệt thì công tiêu tốn cho chu trình sẽ đạt cực tiểu:

+ l_{min} = diện tích (1'–2'–3'–4') và năng suất lạnh riêng đạt cực đại.

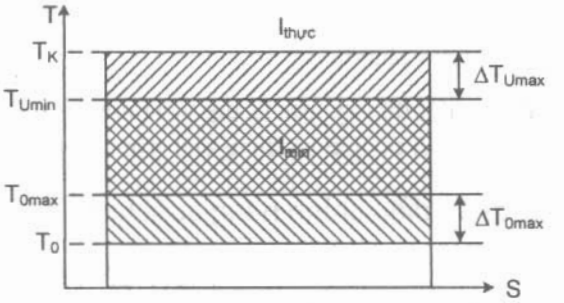
+ q_{0max} = diện tích (5–4'–1'–6)

Do có tổn thất không thuận nghịch nên:

+ Công tiêu tốn thực: $l_{thực}$ = diện tích (1–2–3–4).

+ Năng suất lạnh riêng q_{ot} = diện tích (5–4–1–6).

Muốn giảm tổn thất này, phải giảm độ chênh lệch ΔT bằng cách tăng diện tích trao đổi nhiệt, tăng hệ số trao đổi nhiệt. Điều này dẫn đến tăng kích thước thiết bị, tăng chi phí vận hành. Vì vậy, chọn ΔT tối ưu dựa vào các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật.



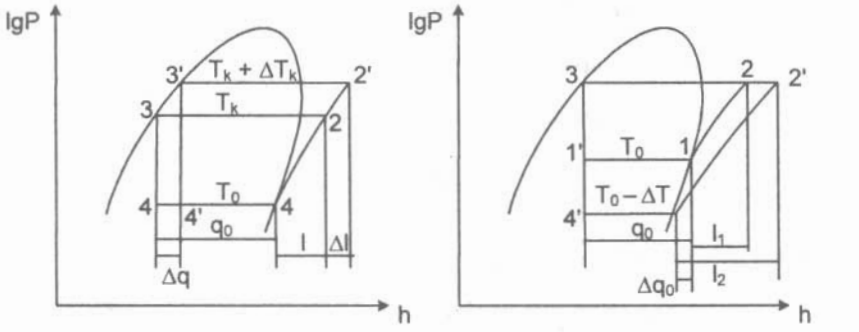
Hình 3.5. Tổn thất do quá trình trao đổi nhiệt không thuận nghịch ở thiết bị ngưng tụ và ngưng hơi

– *Tổn thất do tiết lưu:* Quá trình tiết lưu là quá trình không thuận nghịch. Khi tiết lưu lỏng, môi chất bay hơi một phần do ma sát và dòng xoáy. Vì vậy máy giãn nở có q_0 lớn hơn tiết lưu.

Tổn thất quá trình nén được trình bày ở chương 2, ngoài ra tổn thất áp suất ở các thiết bị ngưng tụ, bay hơi, trong đường ống, van... cũng làm tỷ số nén tăng đáng kể.

3.1.6. Ảnh hưởng của nhiệt độ tới năng suất lạnh

Ảnh hưởng của nhiệt độ ngưng tụ và nhiệt độ bay hơi được biểu diễn trên hình 3.6.



a) Sự phụ thuộc của năng suất lạnh vào nhiệt độ ngưng tụ

b) Sự phụ thuộc của năng suất lạnh $q_0 = f.t_k$ vào nhiệt độ bay hơi

Hình 3.6. Ảnh hưởng của nhiệt độ tới năng suất lạnh

Từ trên hình 3.6a, ta nhận thấy rằng, khi T_k tăng lên một giá trị ΔT thì q_0 giảm đi một khoảng Δq_0 và công nén tăng lên một khoảng Δl, do đó năng suất lạnh $Q_0 = mq_0$ giảm đi và ngược lại.

Ảnh hưởng của nhiệt độ bay hơi đến năng suất lạnh được cho trên đồ thị lgP–h ở hình 3.6b. Nếu giảm nhiệt độ bay hơi xuống một khoảng ΔT thì năng suất lạnh riêng q_0, làm tăng thể tích riêng của hơi hút vào máy nén v_1, tăng tỷ số nén $\Pi = \frac{p_k}{p_0}$, làm tăng hệ số cấp nén λ, dẫn đến giảm năng suất khối lượng m nên làm năng suất lạnh $Q_0 = q_0 m$ giảm nhanh.

Ngược lại nếu tăng nhiệt độ bay hơi T_0 tuỳ ý, vì nếu T_0 thấp thì năng suất lạnh Q_0 giảm nhanh, cho nên người ta phải sử dụng chu trình lạnh có nhiều cấp nén.

3.1.7. Các phương pháp điều chỉnh năng suất lạnh

Năng suất lạnh của máy lạnh nén hơi phụ thuộc vào nhiều yếu tố và được biểu diễn bằng công thức:

$$Q_0 = m.q_0 \tag{3.4}$$

Trong đó: m– Năng suất khối lượng của máy nén (kg/s).

q_0– Năng suất lạnh riêng của môi chất (kJ/kg).

Năng suất khối lượng của máy nén có thể tính theo công thức:

$$m = \frac{V_{tt}}{v_1} = \frac{\lambda . V_{lt}}{v_1} \tag{3.5}$$

Trong đó: V_{tt}– Thể tích nén thực tế của máy nén (m^3/s).

V_{lt}– Thể tích nén lý thuyết của máy nén (m^3/s).

v_1– Thể tích riêng của hơi hút (m^3/kg).

λ– Hệ số cấp của máy nén.

Với máy nén pittông trượt thì:

$$V_{lt} = v_{lt} = \frac{\pi d^2}{4} s.z.n \tag{3.6}$$

Trong đó: d– Đường kính pittông (m).

s– Hành trình của pittông (m).

z– Số pittông của máy nén.

n– Tốc độ quay trục khuỷu (vòng/s).

Thay (3.6) vào (3.3), ta được:

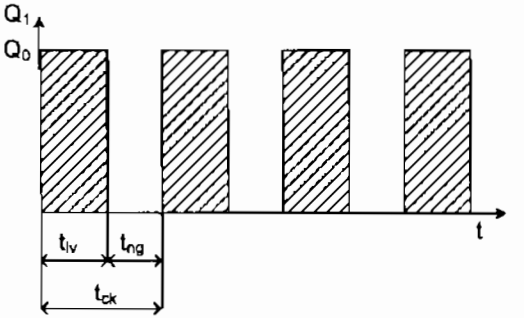
$$Q_0 = \lambda \frac{\pi d^2}{4 v_1} s.z.n.q_0 \qquad (3.7)$$

Từ (3.7) nhận thấy rằng, muốn điều chỉnh Q_0 thì phải thay đổi các thông số bên vế phải.

Các thông số hình học như đường kính d của pittông, hành trình s của pittông là không thay đổi được, còn các thông số còn lại đều có thể thay đổi được.

Các phương pháp điều chỉnh năng suất lạnh thường gặp sau:

Cho máy lạnh làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại (chế độ điều chỉnh ON – OFF). Trong một chu kỳ có thời gian làm việc t_{lv} của máy lạnh (Q_0) và thời gian nghỉ t_{ng}, được cho trên hình 3.7.



Hình 3.7. Chế độ làm việc ngắn hạn lặp lại

Năng suất lạnh trung bình sẽ là:

$$Q_{0tb} = Q_0 \frac{t_{lv}}{t_{ng} + t_{lv}} = Q_0 \frac{t_{lv}}{t_{ck}} \qquad (3.8)$$

Thay đổi t_{lv} và t_{ng}, ta có thể điều chỉnh dễ dàng năng suất lạnh kiểu nhảy cấp. Phương pháp này chỉ dùng cho các máy lạnh bé như tủ lạnh gia dụng, máy hút ẩm, điều hoà gia dụng...

Thay đổi hệ số cấp nén λ bằng cách thay đổi không gian chết. Trước đây ở các máy nén công suất lớn, các xilanh có thể điều chỉnh được không gian chết. Nếu cần năng suất lạnh lớn cần phải điều chỉnh không gian chết. Đây là phương pháp cổ điển chỉ còn áp dụng cho các máy nén có công suất lớn.

Giữ van hút ở trạng thái mở. Đây là phương pháp ưu việt để điều chỉnh năng suất lạnh và được áp dụng rộng rãi cho các máy nén lạnh trung bình và lớn. Khi giữ van hút ở trạng thái mở (thay đổi z). Pittông làm việc không tải nên chỉ có tổn thất ma sát giữa xilanh và pittông. Việc duy trì trạng thái mở của van hút được thực hiện khá đơn giản nhờ chốt hãm, điều chỉnh bằng thuỷ lực, bằng cơ khí hay bằng van điện từ. Phương pháp này điều chỉnh theo nấc (nhảy cấp).

Xả hơi nén theo đường phụ. Nếu năng suất lạnh cao quá mức cần thiết, có thể mở van đường phụ nối giữa đường hút và đường đẩy, và hơi thừa sẽ được tiết lưu trở lại đường hút. Phương pháp này bất lợi về mặt năng lượng nên chỉ dùng cho máy nén công suất lạnh cỡ dưới 50kW.

Phương pháp thay đổi nhiệt độ bay hơi và nhiệt độ ngưng tụ. Ta biết rằng, năng suất lạnh riêng phụ thuộc vào nhiệt độ bay hơi và nhiệt độ ngưng tụ. Tuy vậy phương pháp này ít được ứng dụng vì phải thay đổi chế độ làm việc tối ưu của chu trình nhiệt làm giảm hiệu suất của thiết bị và chu trình.

Phương pháp thay đổi tốc độ quay n của máy nén. Đây là phương pháp được áp dụng rộng rãi ở các loại máy nén công suất trung bình, và thậm chí cả máy lạnh công suất bé như điều hoà gia dụng. Người ta thay đổi tốc độ máy nén bằng các cách sau:

+ Thay đổi tỷ số truyền giữa động cơ điện và máy nén bằng dây đai hoặc hộp số tốc độ. Phương pháp này được dùng cho các máy nén kiểu hở. Đây là phương pháp điều chỉnh nhảy cấp.

+ Thay đổi số đôi cực p của động cơ điện là: $n = \frac{60f}{p}$. Trong đó f là tần số của lưới điện (ở nước ta f = 50Hz). Nếu thay đổi p, n sẽ thay đổi. Ví dụ, p = 1 thì n = 3000 vòng/phút. Khi p = 2 thì n = 1500 vòng/phút. Phương pháp thay đổi số đôi cực là phương pháp điều chỉnh nhảy cấp, thường dùng cho các máy nén trung bình kiểu nửa kín.

+ Thay đổi tần số f của nguồn điện. Đây là phương pháp hiện đại, nhờ sử dụng biến tần để cấp nguồn cho động cơ điện kéo máy nén. Phương pháp này điều chỉnh vô cấp năng suất lạnh, có rất nhiều ưu điểm nên ngày càng được sử dụng rộng rãi, thậm chí cho những máy lạnh bé như điều hoà gia dụng.

3.2. CHU TRÌNH MÁY LẠNH NÉN HƠI NHIỀU CẤP

Chu trình máy lạnh nén hơi một cấp chỉ dùng cho nhiệt độ bay hơi đến -20^0C. Nếu muốn tạo lạnh sâu hơn, người ta sử dụng các chu trình lạnh nén hơi hai cấp, ba cấp và máy lạnh ghép tầng cho nhiệt độ lạnh tới -210^0C.

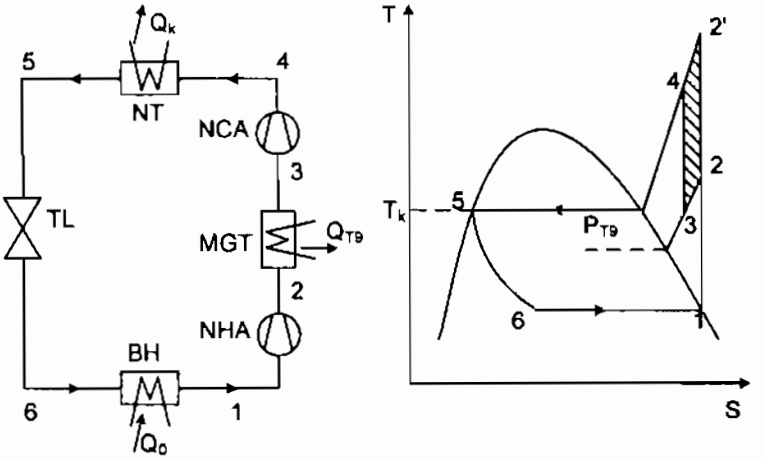
Dưới đây khảo sát chu trình lạnh nén hơi hai cấp, loại thông dụng trong kỹ thuật đông lạnh.

3.2.1. Chu trình hai cấp nén, làm mát trung gian không hoàn toàn, một tiết lưu

Đây là chu trình 2 cấp nén đơn giản nhất được trình bày trên hình 3.8.

Quá trình ngưng tụ, tiết lưu và bay hơi giống như ở chu trình nén hơi một cấp. Riêng quá trình nén có 2 cấp : Nén hạ áp (NHA) và nén cao áp (NCA), giữa chúng có thiết bị làm mát trung gian (MTG).

Hơi môi chất ở thiết bị bay hơi ra có trạng thái bão hoà 1 được máy nén hạ áp nén lên trạng thái 2, sau đó được làm mát trung gian xuống điểm 3 có nhiệt độ ngưng tụ T_k, sau đó được máy nén cao áp nén lên trạng thái 4. Sau khi được làm mát và ngưng tụ, môi chất lỏng đi qua van tiết lưu vào thiết bị bay hơi.



Hình 3.8. Chu trình 2 cấp nén, một tiết lưu làm mát trung gian không hoàn toàn

NHA– Nén hạ áp; MTG– Thiết bị mát trung gian; NCA– Nén cao áp.

So với chu trình một cấp nén, ưu điểm chính của chu trình này là công tiêu tốn giảm một khoảng Δl, chính là diện tích 2–2'–4–3.

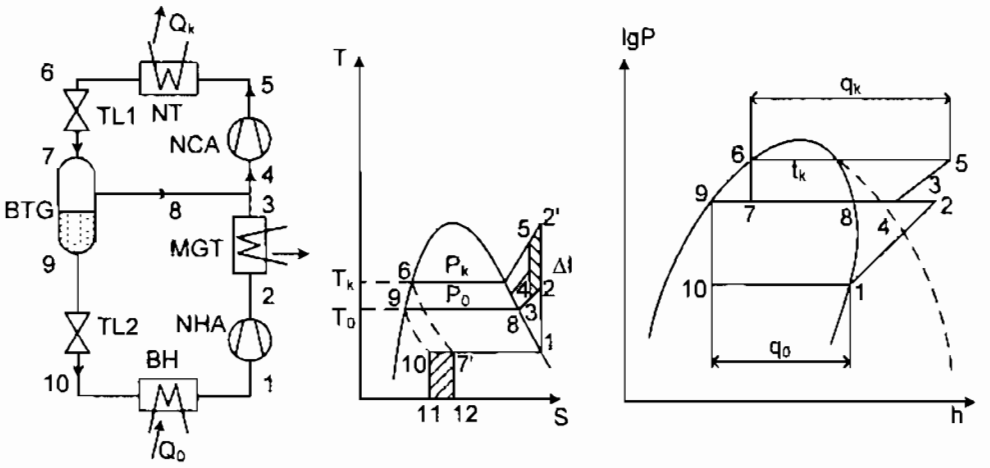
3.2.2. Chu trình hai cấp nén, hai tiết lưu, làm mát trung gian không hoàn toàn

Trên hình 3.9 trình bày nguyên lý thiết bị và các đồ thị nhiệt động T – s và lgP – h của chu trình này.

Về thiết bị, chu trình 2 cấp nén, 2 tiết lưu phức tạp hơn chu trình 2 cấp nén một tiết lưu vì có thêm một bình trung gian (BTG) và đường ống nối bình trung gian với đầu hút của máy nén cao áp.

Hơi môi chất ở trạng thái 1 trên đường bão hoà khô được máy nén hạ áp lên trạng thái quá nhiệt 2. Trong thiết bị làm mát trung gian giải nhiệt đến độ $T_k = T_6 = T_3$ ở trạng thái 3. Trong các máy nén hiện đại với 2 cấp nén trên một máy, người ta không dùng bình MTG mà bố trí thiết bị tự động phun môi chất lỏng vào để làm mát. Hơi quá nhiệt ở trạng thái 3 được trộn với hơi bão hoà ở trạng thái 8. Sau khi hoà trộn, hơi được hút về máy nén cao áp nén lên trạng thái 5, sau đó được làm mát và ngưng tụ xuống trạng thái bão hoà lỏng 6. Qua tiết lưu thứ nhất, môi chất có trạng thái 7. Lượng hơi 8 được đưa ngay vào máy nén cao áp để hoà trộn với hơi ra từ thiết bị làm mát trung gian có trạng thái 3. Lượng gas lỏng 9 từ bình trung gian được tiết lưu 2 đưa xuống trạng thái 10 rồi đi vào thiết bị bay hơi.

So với chu trình 1 cấp nén, chu trình này có năng suất lạnh riêng tăng thêm một lượng Δq_0 (diện tích hình 10–7'–12–11) và công tiêu hao giảm đi một khoảng Δl (diện tích hình 2–2'–5–4) trên hình 3.9.



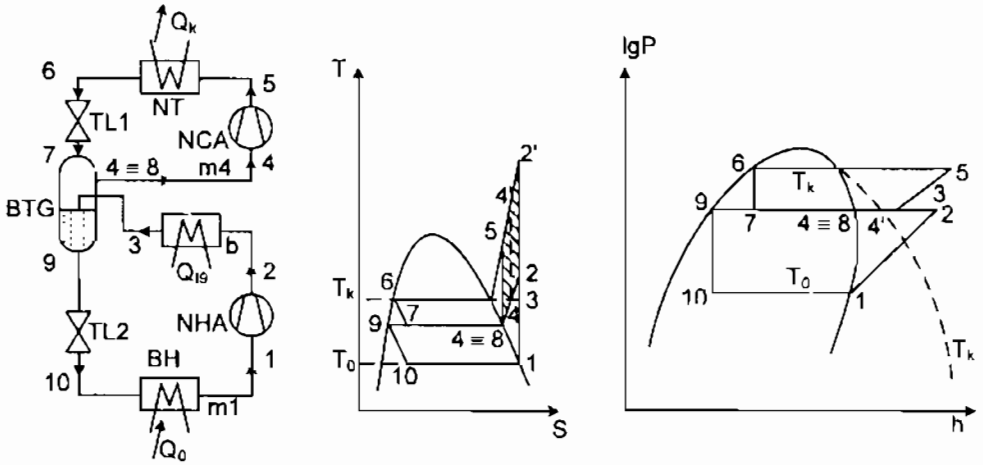
Hình 3.9. Chu trình 2 cấp nén, 2 tiết lưu làm mát trung gian không hoàn toàn

BGT– Bình trung gian

So với chu trình 2 cấp nén, một tiết lưu, chu trình này có tổn hao công nén thấp hơn, năng suất lạnh riêng lớn hơn.

3.2.3. Chu trình hai cấp nén, hai tiết lưu, làm mát trung gian hoàn toàn

Sơ đồ thiết bị và các đồ thị T – s, lgP – h của chu trình này cho ở hình 3.10.



Hình 3.10. Chu trình 2 cấp, 2 tiết lưu làm mát trung gian hoàn toàn

Chu trình này khắc phục được nhược điểm của chu trình 2 cấp nén làm mát trung gian không hoàn toàn, là trạng thái hơi môi chất hút vào máy nén cao áp chưa hạ xuống đường bão hoà khô. Nhiệt độ cuối quá trình nén cao áp vẫn còn khả năng vượt quá ngưỡng cho phép, chưa tận dụng hết khả năng giảm công nén đến mức tối thiểu. Ở chu trình này, hơi nén ở cấp nén hạ áp. Sau khi làm mát trung gian xuống nhiệt độ T_k được đưa thẳng vào bình trung gian. Một phần môi chất lỏng sau tiết lưu thứ nhất TL_I được dùng làm mát hoàn toàn hơi hút và máy nén cao áp xuống trạng thái bão hoà khô 8.

So với chu trình 2 cấp nén, làm mát trung gian không hoàn toàn, chu trình làm mát trung gian hoàn toàn có công nén riêng giảm một lượng bằng diện tích hình 4'–4''–5–8. Và nếu so với chu trình một cấp nén thì công nén giảm một lượng bằng diện tích hình 2–2'–5–8.

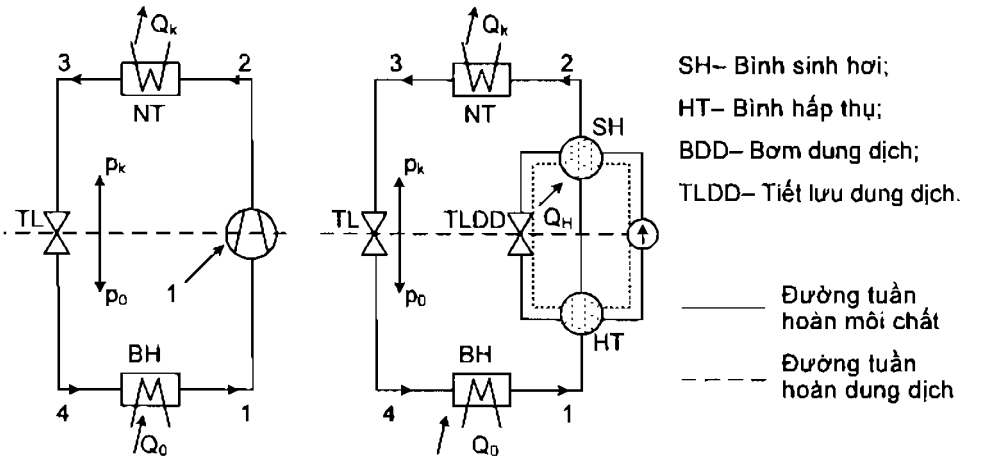
Chu trình 2 cấp nén làm mát trung gian hoàn toàn được sử dụng nhiều trong thực tế.

3.3. CÁC LOẠI MÁY LẠNH KHÁC

Trong kỹ thuật lạnh, ngoài các máy lạnh nén hơi chiếm đa số còn gặp máy lạnh hấp thụ và máy lạnh ejectơ. Dưới đây sẽ lần lượt xét nguyên lý làm việc, đặc điểm của các loại máy lạnh này.

3.3.1. Máy lạnh hấp thụ

Để hiểu rõ nguyên lý làm việc của máy lạnh hấp thụ ta có thể so sánh sơ đồ nguyên lý của máy lạnh nén hơi và máy lạnh hấp thụ, trình bày trên hình 3.11.



a) Máy lạnh nén hơi b) Máy lạnh hấp thụ

Hình 3.11. Sơ đồ nguyên lý máy lạnh nén hơi và máy lạnh hấp thụ

Trên sơ đồ nguyên lý hình 3.11, các quá trình ngưng tụ 2–3, tiết lưu 3–4 và bay hơi 4–1 của 2 chu trình máy lạnh nén hơi và hấp thụ là hoàn toàn giống nhau. Ở máy lạnh nén hơi quá trình nén 1–2 được thực hiện bằng máy nén cơ khí, còn ở máy lạnh hấp thụ, quá trình này được thực hiện bằng vòng tuần hoàn của dung dịch qua các thiết bị hấp thụ (HT), bơm dung dịch (BDD), bình sinh hơi (SH) và tiết lưu dung dịch (TLDD).

Bình hấp thụ hút sinh ra từ bình bay hơi, hơi này tiếp xúc với dung dịch loãng từ van tiết lưu dung dịch đến. Do nhiệt độ thấp, dung dịch loãng hấp thụ hơi môi chất để trở thành dung dịch đậm đặc. Nhiệt toả ra trong quá trình hấp thụ thải cho nước làm mát. Dung dịch đậm đặc này được BDD đưa lên BSH. Ở đây, nhờ nhiệt độ cao đi vào thiết bị ngưng tụ. Quá trình diễn ra ở thiết bị ngưng tụ, tiết lưu và bay hơi giống như ở máy lạnh nén hơi. Bình sinh hơi được gia nhiệt bằng hơi nước hoặc khí nóng. Sau khi sinh hơi, dung dịch đậm đặc trở thành loãng và qua TLDD trở về bình hấp thụ, khép kín vòng tuần hoàn dung dịch.

Trong máy lạnh hấp thụ, môi chất lạnh bao giờ cũng đi kèm với môi chất hấp thụ, tạo thành cặp môi chất. Có hai loại cặp môi chất: hấp thụ và hấp phụ. Cặp môi chất hấp thụ là cặp môi chất có liên kết hoá học với nhau như các cặp $H_2O/CaCl_2$, NH_3/H_2O, H_2O/silicagel, H_2O/LiBr...

Còn cặp môi chất hấp phụ có liên kết cơ học với nhau như nước/Seolit...

Trong cặp môi chất, loại có nhiệt độ sôi thấp hơn bao giờ cũng viết trước, còn chất hấp thụ viết sau.

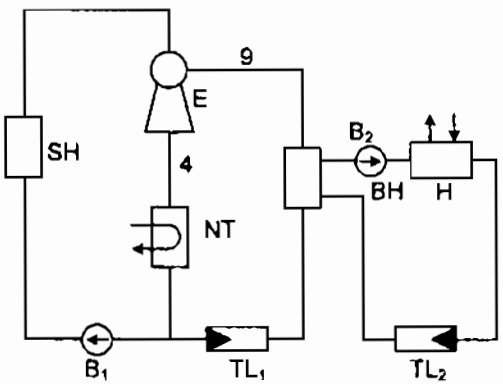
Ưu điểm lớn nhất của máy lạnh hấp thụ là không cần điện năng hoặc cơ năng mà chỉ cần nguồn nhiệt năng với nhiệt độ không cao (khoảng 80 ÷ 150^{0}C) để hoạt động. Vì vậy, máy lạnh hấp thụ có thể tận dụng các nguồn nhiệt năng thừa, phế thải từ các ngành công nghiệp khác. Ngoài ra, cấu trúc của máy lạnh hấp thụ đơn giản, làm việc ít ồn.

Nhược điểm chính của loại máy lạnh này là cồng kềnh, diện tích lắp đặt lớn, lượng nước làm mát lớn vì phải làm mát bình hấp thụ.

3.3.2. Máy lạnh ejectơ

Máy lạnh loại này cũng làm việc theo nguyên lý chu trình ngược, nhưng quá trình nén hơi môi chất được thực hiện nhờ ejectơ. Sơ đồ nguyên lý của loại máy lạnh này được trình bày trên hình 3.12.

Chu trình thuận gồm thiết bị sinh hơi (SH), ejectơ (E), thiết bị ngưng tụ (NT) và bơm (B_1).



Hình 3.12. Sơ đồ nguyên lý máy lạnh ejectơ

Phần chu trình ngược gồm: ejectơ, thiết bị ngưng tụ, thiết bị tiết lưu (TL_1) và thiết bị bay hơi (BH).

Hơi được dẫn từ SH đến vòi phun của E. Trong ống phun, thế năng của hơi biến thành động năng và tốc độ chuyển động của hơi tăng, cuốn theo hơi lạnh tạo thành từ thiết bị bay hơi. Hỗn hợp hơi nóng và hơi lạnh đi vào ống tăng áp của ejectơ, áp suất tăng cao từ p_0 đến p_k tại thiết bị ngưng tụ NT. Tại đây, hơi nóng áp suất cao được giải nhiệt và ngưng tụ. Môi chất ngưng tụ (thường là nước trong máy lạnh ejectơ) được chia thành hai dòng: dòng hơi làm việc được bơm B_1 bơm vào thiết bị sinh hơi SH, phần còn lại đi qua van tiết lưu TL_1 đi vào thiết bị bay hơi BH. Do nước bay hơi nên xảy ra quá trình làm lạnh. Hơi tạo thành từ thiết bị bay hơi được ejectơ hút liên tục, nên trong BH luôn duy trì áp suất không đổi và quá trình bay hơi liên tục tiếp diễn. Nước lạnh được máy bơm B_2 đưa qua hộ dùng lạnh H và thu nhiệt của hệ dùng lạnh làm nhiệt độ đầu ra của nước tăng lên, qua tiết lưu giảm áp TL_2 phun vào BH.

Nhược điểm chính của máy lạnh ejectơ là hiệu suất thấp, vì có tổn hao năng lượng lớn trong ejectơ và cần duy trì độ chân không cao trong thiết bị bay hơi và thiết bị ngưng tụ.

Loại máy lạnh này thường đặt nơi có nguồn năng lượng thứ cấp lớn như các xí nghiệp công nghiệp nhẹ, công nghiệp thực phẩm, tàu thuỷ...

PHẦN II. CÁC THIẾT BỊ ĐIỆN TRONG HỆ THỐNG LẠNH

Chương 4

CÁC LOẠI ĐỘNG CƠ ĐIỆN TRONG MÁY LẠNH

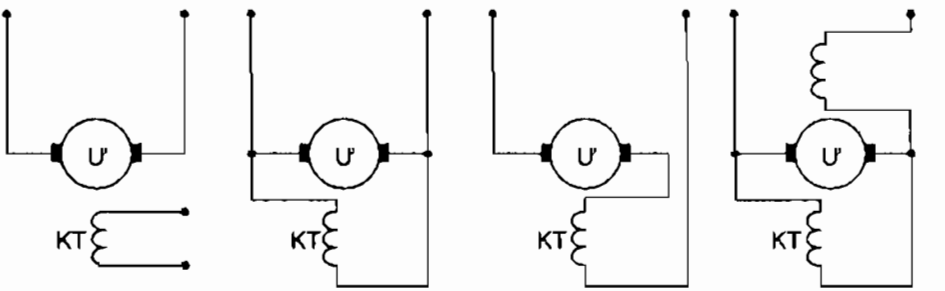
4.1. ĐẠI CƯƠNG VỀ ĐỘNG CƠ ĐIỆN

Động cơ điện có vai trò rất quan trọng trong máy lạnh. Chúng được dùng để kéo các máy nén, quạt gió, bơm nước cho hệ thống trao đổi nhiệt... Vì vậy, việc nắm vững các đặc tính, thông số của các động cơ điện sẽ giúp ích cho các khâu thiết kế, vận hành, bảo trì các thiết bị lạnh một cách hiệu quả nhất.

Theo nguyên lý làm việc, người ta chia ra các loại động cơ điện sau: động cơ điện một chiều, động cơ điện đồng bộ, động cơ điện không đồng bộ và động cơ vạn năng. Theo cách nối động cơ vào lưới điện, ta có động cơ điện một pha và động cơ điện ba pha. Động cơ điện một pha thường dùng cho các tải công suất bé, còn động cơ điện ba pha dùng cho công suất lớn.

4.1.1. Động cơ điện một chiều

Động cơ điện một chiều có nguồn cấp là điện một chiều. Tùy theo phương pháp kích từ ta có động cơ kích từ độc lập, động cơ kích từ song song, động cơ kích từ nối tiếp và động cơ kích từ hỗn hợp, được trình bày trên hình 4.1.



a) Kích từ độc lập b) Kích từ song song c) Kích từ nối tiếp d) Kích từ hỗn hợp

Hình 4.1. Động cơ một chiều

Ở động cơ kích từ độc lập, dòng điện kích từ lấy từ một nguồn điện độc lập với nguồn nuôi phần ứng, nên khi thay đổi dòng điện phần ứng trị số dòng kích từ vẫn không thay đổi.

Ở động cơ kích từ song song, dây quấn kích từ được nối song song với phần ứng thì trị số dòng kích từ cũng thay đổi theo.

Ở động cơ kích từ nối tiếp, dây quấn kích từ được đấu nối tiếp với mạch phần ứng.

Còn ở động cơ kích từ hỗn hợp tồn tại hai loại dây quấn kích từ: nối tiếp và song song.

Đặc tính cơ của động cơ n = f(M) – quan hệ giữa tốc độ quay của phần ứng và momen điện từ có dạng khác nhau: ở động cơ kích từ độc lập, đặc tính này cứng, có nghĩa là tốc độ quay ít phụ thuộc vào momen điện từ. Ở động cơ kích từ nối tiếp, đặc tính này mềm, nghĩa là tốc độ quay thay đổi nhiều khi momen thay đổi. Còn ở loại hỗn hợp tùy theo phần kích từ song song đấu thuận hay ngược ta sẽ có được đặc tính cơ phù hợp.

Động cơ điện một chiều có ưu điểm lớn là khả năng điều chỉnh tốc độ trong phạm vi rộng. Tuy vậy loại thiết bị này phức tạp, giá thành cao, không an toàn, có thể gây cháy nổ, vì vậy nó không được sử dụng trong các thiết bị lạnh.

4.1.2. Động cơ điện đồng bộ

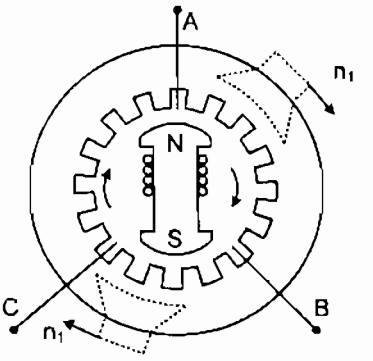
Động cơ điện đồng bộ là loại động cơ điện xoay chiều, làm việc trên nguyên lý đồng bộ. Nếu cho dòng điện 3 pha đối xứng vào dây quấn stato, trong stato sẽ sinh ra từ trường quay với vận tốc:

$$n = \frac{60f}{p}$$

Trong đó: f-- Tần số dòng điện.

p– Số đôi cực stato.

Nếu trong dây quấn rôto có dòng điện một chiều (dòng điện kích từ) thì hai từ trường của stato và rôto tác động tương hỗ, sinh ra momen quay với vận tốc $n = \frac{60f}{p}$, đồng bộ với vận tốc từ trường quay.



Hình 4.2. Động cơ đồng bộ

Ưu điểm chính của động cơ đồng bộ là trong chế độ đồng bộ, tốc độ không đổi khi momen thay đổi, nếu tần số điện lưới là hằng. Tuy vậy, loại động cơ này có cấu tạo phức tạp, cần nguồn một chiều để cấp cho cuộn kích từ, khởi động, vận hành phức tạp nên nó chỉ được dùng cho các loại tải công suất lớn và rất lớn (máy bơm, quạt gió công suất từ vài trăm kW trở lên) hoặc cho các thiết bị đặc biệt cần tốc độ quay không đổi.

Động cơ không đồng bộ là loại động cơ cảm ứng, có tốc độ quay của rôto bé hơn tốc độ của từ trường quay của stato. Khi cho dòng điện ba pha tần số f vào 3 dây quấn stato, sẽ tạo ra từ trường quay với tốc độ $n = \frac{60f}{p}$, trong đó f là tần số dòng điện, còn p là số đôi cực của động cơ. Từ trường quay cắt các thanh dẫn của rôto tạo ra sức điện động trên dây quấn rôto. Vì dây quấn rôto nối ngắn mạch (qua hai vành ở đầu và cuối của rôto của động cơ lồng sóc hoặc qua điện trở phụ mạch ngoài của động cơ rôto dây quấn) nên sức điện động cảm ứng sinh ra dòng điện cảm ứng chạy trong thanh dẫn rôto quay với tốc độ n_1 bé hơn tốc độ từ trường quay. Hệ số trượt của động cơ là:

$$s = \frac{n - n_1}{n}$$

Khi rôto đứng yên ($n_1 = 0$) thì $s = 1$.

Khi rôto quay với tốc độ định mức, $s = 0,02 \div 0,06$.

Tùy theo cấu trúc của dây quấn rôto, có động cơ rôto dây quấn và động cơ rôto lồng sóc. Ở động cơ rôto dây quấn rôto có cấu tạo phức tạp hơn, do phải có vành trượt cùng với chổi than để nối dây quấn rôto với điện trở phụ ở mạch ngoài, cải thiện đặc tính của động cơ.

Động cơ không đồng bộ rôto dây quấn thường dùng để kéo các tải có momen cản tĩnh lớn như máy cán, trọng vật... Động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc (còn gọi là rôto ngắn mạch) có cấu tạo đơn giản hơn, vận hành tin cậy nên được dùng rất rộng rãi. Tùy theo số pha đưa vào dây quấn stato, người ta phân thành động cơ ba pha và động cơ một pha. Động cơ một pha thường dùng cho các tải công suất bé, ở những nơi chỉ có điện một pha.

Trong kỹ thuật điện lạnh, các loại động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc được sử dụng kéo máy nén, bơm, quạt. Sau đây sẽ lần lượt khảo sát các loại động cơ trên.

4.2. ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT PHA

Động cơ điện một pha làm việc ở lưới điện một pha. Như đã biết, từ trường của dòng điện trong dây quấn một pha là từ trường đập mạch, có trị số và hướng thay đổi theo thời gian, nên không làm cho rôto tự quay được. Muốn cho nó tự quay được người ta phải tạo ra từ trường quay bằng cách sử dụng từ trường hai pha lệch pha nhau nhờ các biện pháp sau:

– Động cơ một pha dùng vòng ngắn mạch (động cơ vòng chập).

– Động cơ dùng dây quấn khởi động.

– Động cơ dùng tụ làm việc (tụ ngâm).

– Động cơ dùng tụ khởi động (tụ mồi).

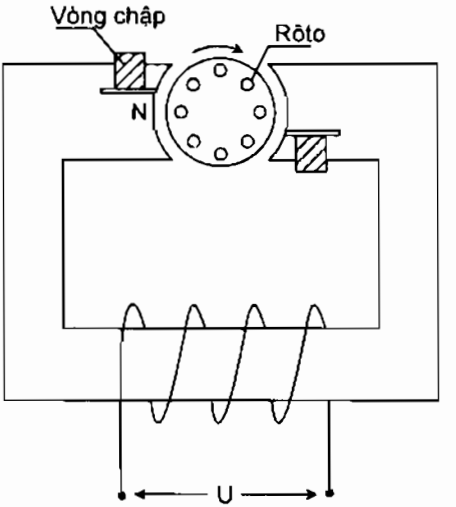
– Động cơ dùng tụ khởi động và tụ làm việc.

4.2.1. Động cơ điện kiểu vòng chập

Đây là động cơ không đồng bộ một pha có cấu tạo đơn giản nhất, cho ở hình 4.3.

Trên cực từ của stato, người ta xẻ một rãnh lệch về một phía và đặt vòng chập (vòng ngắn mạch) bằng đồng, được nối kín mạch. Thường trong vòng ngắn mạch ôm khoảng 1/3 cực từ. Khi đặt điện áp U vào dây quấn chính, dây quấn này sẽ sinh ra từ trường đập mạch.

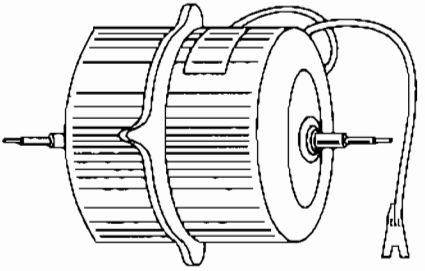
Từ thông này được chia làm hai phần: phần đi ngoài vòng chập và phần đi trong vòng chập. Từ thông đi trong vòng chập sẽ cảm ứng trên nó một sức điện động cảm ứng. Vì vòng chập được nối kín nên trong nó sẽ có dòng điện cảm ứng làm chậm pha về thời gian và lệch pha về không gian so với từ thông chính (phần đi ngoài vòng ngắn mạch). Như vậy trên stato của động cơ có hai từ thông lệch pha nhau, tạo nên từ trường quay. Chiều quay của từ trường sớm pha (từ trường chính) đến từ trường chậm pha hơn (từ trường phụ).



Hình 4.3. Động cơ có vòng chập

Động cơ kiểu vòng chập có cấu tạo đơn giản nhất, nhưng momen khởi động bé, hiệu suất tương đối thấp, hệ số cosφ thấp nên thường được chế tạo cho công suất bé (dưới 50W). Trong các thiết bị lạnh gia dụng, nó được dùng để làm quạt gió phân phối lạnh trong các tủ lạnh không đóng tuyết... Một đặc điểm của loại động

cơ này là khả năng đảo chiều quay gần như không có. Trong một số trường hợp, để có thể đảo chiều quay của tải, người ta chế tạo rôto có trục kéo dài cả hai phía (hình 4.4). Nếu lắp tải phía trước động cơ có hướng quay thuận, còn lắp phía sau, động cơ có chiều quay ngược. Nếu trục rôto kéo dài một phía, có thể tháo rôto và lắp ngược để tạo ra phía sau thì tải sẽ quay ngược chiều.

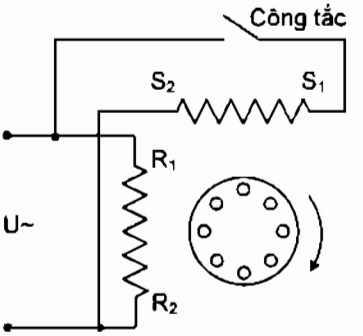


Hình 4.4. Động cơ có vòng chập hai phía

4.2.2. Động cơ có cuộn dây khởi động

Trong động cơ loại này có hai cuộn dây. Cuộn dây chính (cuộn làm việc) và cuộn phụ (cuộn khởi động) có các thông số điện trở, điện cảm khác nhau (để tạo nên lệch pha theo thời gian) và được bố trí lệch nhau về không gian trong stato. Bằng cách này trên stato tồn tại từ trường quay. Sau khi động cơ đã khởi động và tốc độ rôto đạt khoảng 3/4 tốc độ định mức thì dây quấn khởi động không cần thiết nữa nên mạch điện của cuộn khởi động sẽ được tự động cắt ra, và động cơ vẫn quay nhờ momen của từ trường chính.

Trên hình 4.5 là sơ đồ nguyên lý của động cơ có cuộn dây khởi động. Muốn đảo chiều quay của động cơ, chỉ cần đảo đầu dây của một trong hai cuộn dây.



Hình 4.5. Động cơ có cuộn khởi động

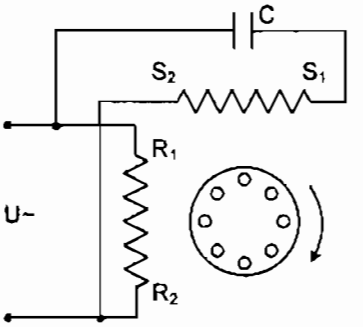
Động cơ có cuộn dây khởi động có momen khởi động tương đối lớn so với loại vòng chập nên nó được chế tạo với công suất lớn hơn (đến 750W), dùng để kéo máy nén, bơm, quạt ly tâm.

4.2.3. Động cơ có tụ làm việc

Còn gọi là động cơ có tụ ngâm, vì tụ này vừa làm nhiệm vụ khởi động và tham gia cả trong quá trình làm việc của động cơ.

Trên hình 4.6 cho sơ đồ nguyên lý của loại động cơ này. Để tạo nên sự lệch pha giữa hai dòng điện, cuộn dây phụ được nối với tụ C.

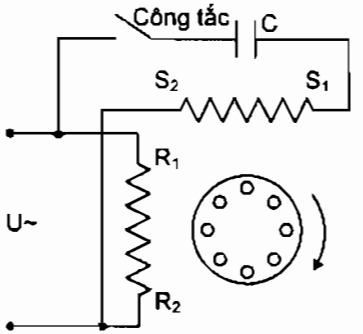
Động cơ loại này có momen khởi động bé hơn loại có cuộn khởi động nhưng hiệu suất và hệ số cosφ cao hơn nên thường dùng cho quạt và máy bơm vì loại này cần momen khởi động không lớn. Cách đảo chiều quay của loại động cơ này cũng tương tự như loại động cơ có dây quấn khởi động.



Hình 4.6. Động cơ có tụ làm việc

4.2.4. Động cơ dùng tụ khởi động

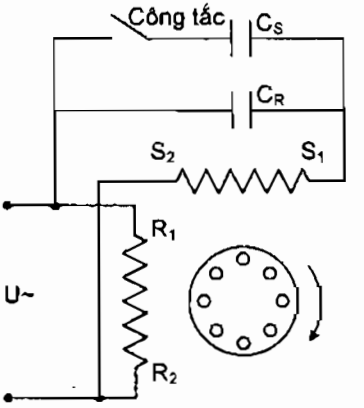
Đây là loại động cơ mà cuộn phụ được nối tiếp với tụ khởi động và chỉ làm việc trong thời gian khởi động (tương tự như động cơ có cuộn dây khởi động). Trên hình 4.7 cho sơ đồ điện càm loại động cơ này. Tụ đấu nối tiếp thường dạng tụ hoá, có trị số điện dung lớn. Một công tắc tự động (có thể theo tốc độ, theo dòng điện...) cắt mạch phụ ra khỏi lưới khi tốc độ đạt cỡ 70% tốc độ định mức. Loại động cơ này có momen khởi động lớn nên thường được dùng để kéo máy nén trong thiết bị lạnh công suất bé và nó cũng có thể đảo chiều quay như loại động cơ có tụ điện làm việc.



Hình 4.7. Động cơ có tụ khởi động

4.2.5. Động cơ có tụ khởi động và tụ làm việc

Đây là loại động cơ có momen khởi động lớn (nhờ tụ khởi động) và hiệu suất cao (nhờ tụ làm việc). Sơ đồ điện của loại động cơ này được cho trên hình 4.8. Tụ khởi động C_S có điện dung lớn nên thường là tụ hoá, đấu nối tiếp với công tắc khởi động và được đấu song song với tụ làm việc C_R. Tụ điện làm việc có trị số điện dung bé, thường dùng tụ dầu. Cả hai tụ điện đấu song song và được đấu nối tiếp với cuộn dây phụ S_1, S_2.



Hình 4.8. Động cơ có tụ khởi động và tụ làm việc

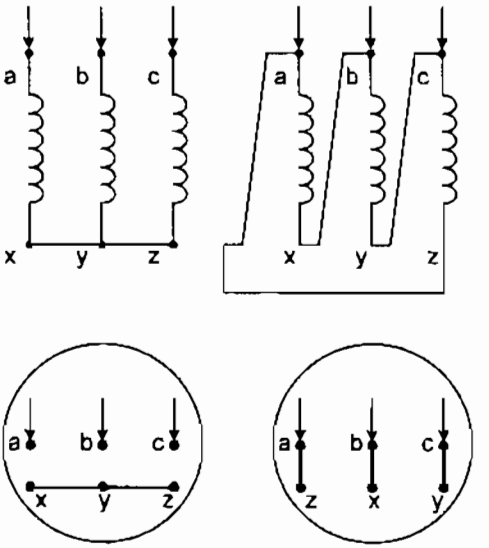
Trong các động cơ không đảo chiều quay, thường các cuộn dây stato được đưa ra ba đầu: hai đầu cuối của hai cuộn dây S_2 và R_2 đấu chung, gọi là đầu C (common), đầu kia của cuộn làm việc ký hiệu R (Run), đầu còn lại của cuộn khởi động ký hiệu là S (Start). Ta có thể dễ dàng dùng đồng hồ đo điện trở để xác định các đầu S, R, C vì cuộn làm việc thường dây quấn lớn hơn nên điện trở bé hơn cuộn khởi động.

4.3. ĐỘNG CƠ ĐIỆN ĐỒNG BỘ BA PHA RÔTO LỒNG SÓC

Ở động cơ ba pha, trong stato có đặt ba dây quấn của ba pha, có thông số giống nhau và lệch nhau 120 độ điện, được nối với nhau kiểu "sao" Y hay tam giác Δ, phụ thuộc vào trị số điện áp ba pha.

Khi cấp điện ba pha cho động cơ, trong stato sẽ hình thành từ trường quay. Từ trường này sẽ cảm ứng lên rôto dòng điện cảm ứng. Sự tác động tương hỗ giữa từ trường stato và dòng điện trong rôto sẽ tạo momen quay làm rôto quay. Muốn đảo chiều quay của động cơ, chỉ việc đảo hai trong ba pha dây nguồn cấp cho động cơ. Trên hình 4.9 trình bày cách nối dây quấn động cơ ba pha. Trên hộp cực của động cơ ba pha có 6 bulông ứng với đầu và cuối của ba cuộn dây. Cáp ba pha đấu vào ba đầu một phía. Khi đấu "sao", dùng hai miếng đồng cầu đấu 3 bulông phía dưới, còn khi đấu "tam giác" thì dùng ba miếng đồng cầu đấu nối tắt theo chiều dọc.

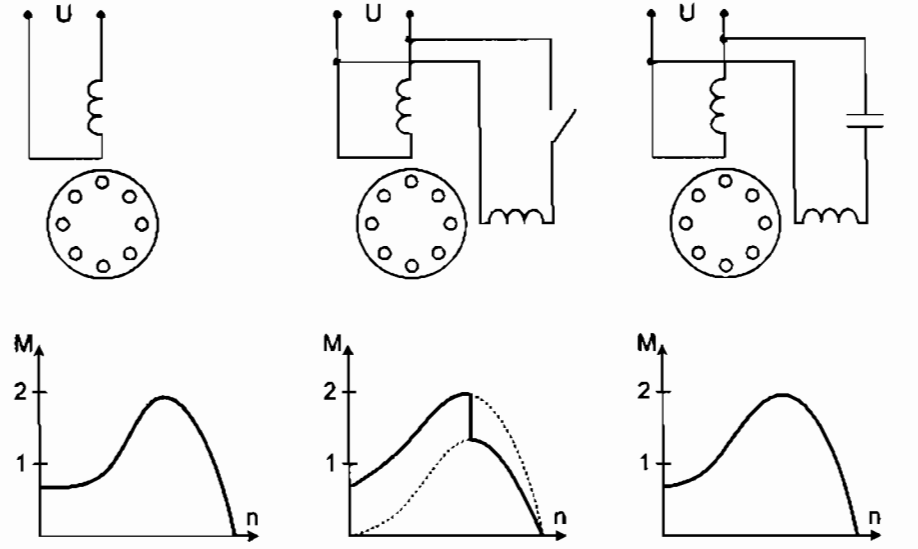
Mỗi động cơ điện ba pha thường được chế tạo để làm việc ở hai lưới điện có điện áp khác nhau theo tỷ số $\frac{1}{\sqrt{3}}$. Ví dụ, trên nhãn động cơ ghi công suất động cơ 17kW, điện áp làm việc $\frac{220}{380}$, tốc độ 1420 vòng phút thì động cơ này nếu làm việc ở lưới điện có điện áp dây định mức là 220V thì phải nối "tam giác", còn nếu làm việc ở lưới điện ở 380V thì phải nối "sao". Từ sơ đồ hình 4.9, thấy rằng, trong trường hợp lưới điện 220V, động cơ được nối "tam giác" thì điện áp đặt lên mỗi cuộn dây của động cơ là 220V. Còn khi làm việc ở lưới điện 380V động cơ được nối "sao" thì điện áp đặt lên mỗi cuộn dây vẫn là 220V, do đó công suất của động cơ trong hai trường hợp vẫn không đổi.



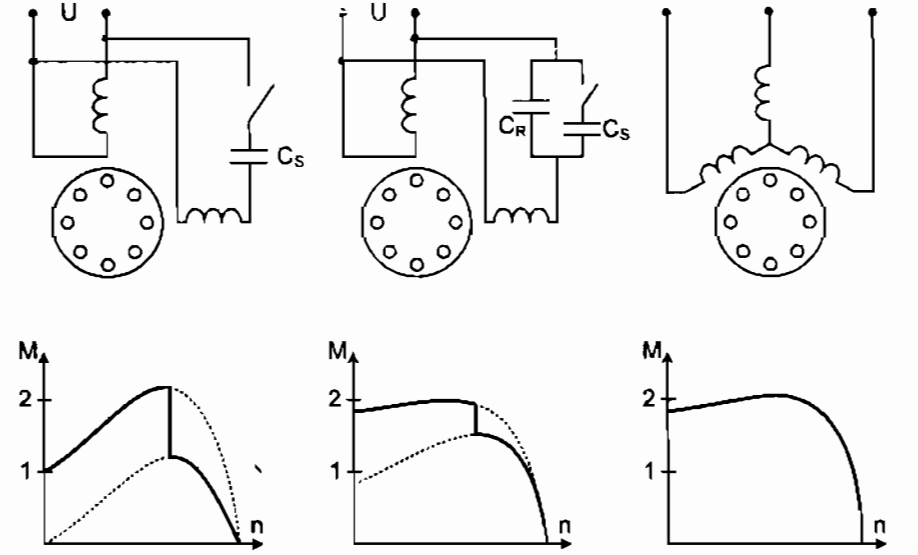
a) Nối sao b) Nối tam giác

Hình 4.9. Cách đấu động cơ ba pha

Động cơ ba pha không cần dây quấn khởi động, momen điện từ lớn, hiệu suất cao, dễ dàng đảo chiều quay. Việc đảo chiều quay dễ dàng (thay thứ tự 2 trong 3 dây nguồn cấp cho động cơ) cũng gây ra phiền phức trong vận hành, vì động cơ dễ dàng quay ngược khi lưới điện cung cấp bị đổi thứ tự pha. Mặt khác, nếu động cơ ba pha bị mất một pha thì sẽ bị sự cố gây cháy động cơ. Trên hình 4.10 trình bày nguyên lý và đặc tính cơ của các loại động cơ không đồng bộ.



a) Động cơ vành chập b) Động cơ có cuộn khởi động c) Động cơ có tụ làm việc



d) Động cơ có tụ khởi động e) Động cơ có tụ khởi động và làm việc f) Động cơ ba pha

Hình 4.10. Sơ đồ điện và đặc tính cơ của các loại động cơ điện

Động cơ ba pha có momen khởi động lớn, hiệu suất cao nên thường dùng cho các tải công suất lớn, từ vài trăm wat đến hàng trăm ngàn wat.

4.4. ĐỘNG CƠ HAI TỐC ĐỘ

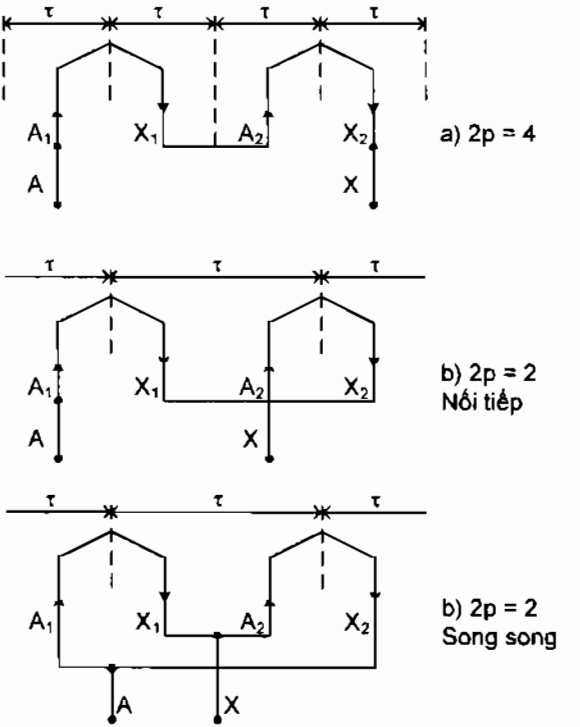
4.4.1. Nguyên lý thay đổi tốc độ

Một trong những phương pháp điều chỉnh tốc độ của động cơ lồng sóc là thay đổi số đôi cực của động cơ. Như đã biết, rôto quay với tốc độ gần bằng tốc độ đồng bộ của từ trường quay $n = \frac{60f}{p}$. Nếu thay đổi số đôi cực p, sẽ làm thay đổi tốc độ của động cơ.

Dây quấn stato có thể nối thành bao nhiêu số đôi cực khác nhau thì có bấy nhiêu tốc độ. Trong thực tế, thường gặp động cơ hai tốc độ bằng cách đổi nối dây quấn để có hai tốc độ theo tỷ lệ 2:1.

Trên hình 4.11 trình bày phương pháp thay đổi số đôi cực, bằng cách thay đổi cách nối, để thay đổi chiều dòng điện trong nửa bối dây.

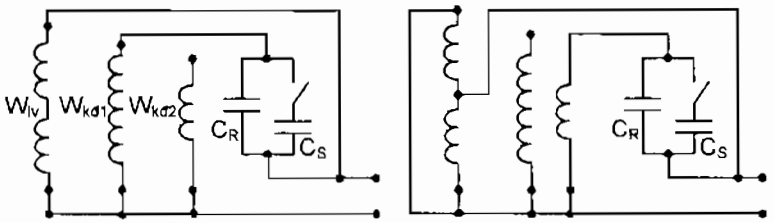
Trường hợp 4.11a suy ra p = 2 còn ở trường hợp 4.11b suy ra p = 1, hai cuộn dây đấu nối tiếp, ở trường hợp 4.11c, hai cuộn dây đấu song song được thực hiện theo yêu cầu của điện áp, dòng điện, công suất của động cơ và phụ tải.



Hình 4.11. Thay đổi số đôi cực

4.4.2. Động cơ một pha hai tốc độ

Ở động cơ hai tốc độ, cuộn dây làm việc được chia thành hai phần giống nhau. Khi động cơ chạy ở tốc độ thấp (2p = 4), hai nửa cuộn dây được đấu nối tiếp, còn khi chạy ở tốc độ cao (2p = 2), chúng được đấu song song. Phần dây quấn khởi động có hai cuộn dây riêng biệt: một cho tốc độ thấp (trở kháng lớn hơn) và một cho tốc độ cao (trở kháng bé hơn), còn phần tụ điện dùng chung cho hai tốc độ. Trên hình 4.12 trình bày sơ đồ điện của loại động cơ này.

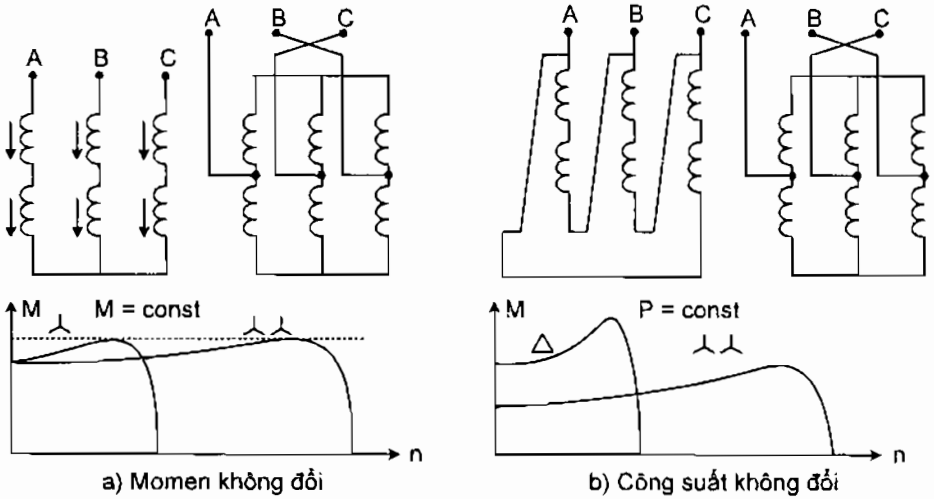


a) Tốc độ thấp b) Tốc độ cao

Hình 4.12. Động cơ một pha hai tốc độ

4.4.3. Động cơ ba pha hai tốc độ

Cũng tương tự như ở động cơ một pha hai tốc độ, ở động cơ ba pha dây quấn mỗi pha được chia thành hai nửa và tùy theo cách đấu, ta có động cơ hai tốc độ có momen không đổi (hình 4.13a) và động cơ hai tốc độ với công suất không đổi (hình 4.13b). Ở tốc độ cao để chiều quay cùng chiều với tốc độ thấp, phải đổi thứ tự pha. Trên hình 4.13 trình bày sơ đồ điện và đặc tính cơ của các loại động cơ hai tốc độ.



a) Momen không đổi b) Công suất không đổi

Hình 4.13. Động cơ ba pha hai tốc độ

Thường gặp các loại động cơ hai tốc độ có momen không đổi. Với loại động cơ này, hộp đầu cực đưa ra 6 đầu, còn đấu "sao" cố định thì được đấu ẩn trong dây quấn stato. Từ đó dùng đồng hồ để đo điện trở (thông mạch) có thể xác định được đâu là động cơ ba pha thường (một tốc độ) và đâu là động cơ hai tốc ba pha độ kiểu Y/YY. Với động cơ ba pha hai tốc độ công suất không đổi (Δ/YY), hộp đầu cực phải đưa ra 9 đầu nối.

4.5. CHỌN ĐỘNG CƠ ĐIỆN

Việc tính toán, chọn công suất động cơ điện rất quan trọng. Nếu chọn động cơ quá lớn so với tải, không chỉ lãng phí về vốn đầu tư thiết bị mà còn giảm hiệu suất truyền động, tăng tổn thất năng lượng, giảm hệ số công suất cosφ của động cơ. Ngược lại, nếu chọn động cơ bé hơn so với yêu cầu, động cơ có thể không kéo được tải hoặc làm việc quá tải, giảm tuổi thọ hoặc hỏng động cơ.

Động cơ có các cấp cách điện A, E, B, F, H và C tương ứng với nhiệt độ cho phép là 105^0C, 120^0C, 130^0C, 155^0C , 180^0C và lớn hơn 180^0C... Thông dụng nhất là động cơ có cấp cách điện E, B, F. Thường động cơ công suất bé có các cấp E, B, còn động cơ công suất lớn được chế tạo với cấp cách điện cấp F.

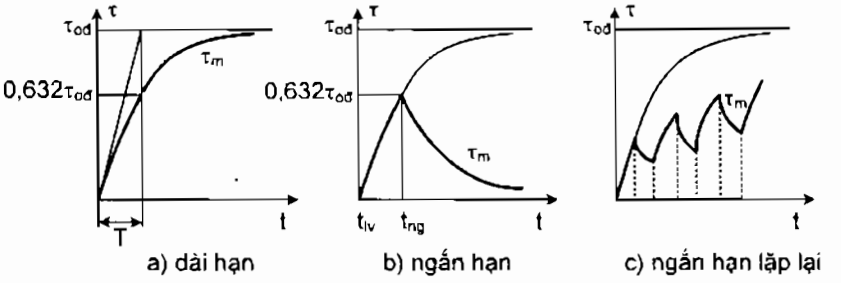
Tùy theo chế độ làm việc của động cơ điện mà có các chế độ làm việc khác nhau: chế độ dài hạn, ngắn hạn và ngắn hạn lặp lại.

Ở chế độ dài hạn, thời gian làm việc của động cơ đủ lớn, nhiệt độ phát nóng đạt đến trị số xác lập. Để tận dụng hết khả năng chịu nhiệt của động cơ, khi nó làm việc với công suất định mức thì độ tăng nhiệt đạt tới trị số cho phép. Vì vậy ở chế độ làm việc dài hạn, động cơ không được quá tải, nhiệt độ sẽ vượt trị số cho phép, ảnh hưởng đến tuổi thọ của động cơ. Đồ thị quan hệ giữa tốc độ tăng nhiệt của động cơ theo thời gian làm việc cho ở hình 4.14. Trong thực tế, chế độ làm việc dài hạn là khi độ tăng nhiệt đạt tới lớn hơn hoặc bằng 98% trị số xác lập, hay thời gian làm việc $t_{lv} \geq 4T$ – Trong đó, T là hằng số thời gian phát nóng của động cơ.

T = 5 ÷ 20 phút với máy nhỏ, kiểu hở.

T= 20 ÷ 40 phút đối với máy trung bình, kiểu hở.

T= 30 ÷ 50 phút đối với máy có quạt ngoài



Hình 4.14. Các chế độ làm việc của thiết bị điện

Ở chế độ làm việc ngắn hạn, thời gian làm việc bé nên độ phát nóng $\tau_m < \tau_{od}$ (hình 4.14b) ứng với công suất P_{dm} cho ở chế độ làm việc dài hạn. Để tận dụng khả năng chịu nhiệt của động cơ, có thể tăng công suất của nó sao cho sau thời gian làm việc, độ tăng nhiệt đạt giá trị cho phép (τ_{od}). Nếu vậy hệ số quá tải của động cơ ở chế độ ngắn hạn:

Theo công suất: $K_p = \frac{P_{qt}}{P_{dm}} = \frac{\tau_{od}}{\tau_m} = \frac{1}{1 - e^{\frac{-t_{lv}}{T}}}$

Theo dòng điện: $K_I = \sqrt{K_p} = \frac{1}{\sqrt{1 - e^{\frac{-t_{lv}}{T}}}}$

Hệ số quá tải càng lớn khi thời gian làm việc t_{lv} bé và hằng số thời gian phát nóng T càng lớn.

Ở chế độ làm việc ngắn hạn lập lại, động cơ làm việc theo chu kỳ. Trong mỗi chu kỳ t_{ck} có thời gian làm việc t_{lv} và thời gian nghỉ t_{ng}. Quá trình nhiệt ở chế độ này cho trên hình 4.14c. Sau số chu kỳ đủ lớn, độ tăng nhiệt đạt giá trị τ_{max} và τ_{min} không đổi, nhưng $\tau_{max} < \tau_{min}$. Vì vậy ở chế độ này, động cơ cho phép quá tải với hệ số quá tải là:

Theo công suất: $K_p = \frac{P_{qt}}{P_{dm}} = \frac{\tau_{od}}{\tau_{max}} = \frac{1 - e^{\frac{-t_{ck}}{T}}}{1 - e^{\frac{-t_{lv}}{T}}}$

Theo dòng điện: $K_I = \sqrt{K_p}$

Ở chế độ ngắn hạn lặp lại, hệ số quá tải của động cơ sẽ lớn hơn khi thời gian chu kỳ lớn và thời gian làm việc bé.

Để minh hoạ cho các chế độ làm việc, ta sẽ xét ví dụ sau: một động cơ có công suất định mức P_{dm} = 5,5kW, tốc độ 1440 vòng/phút, điện áp $^{220}/_{380V}$, dòng điện $^{19,7}/_{11,4}$ A , cosφ = 0,86, hiệu suất 85%, bội số momen khởi động 2,0, bội số dòng điện mở máy 5,5, hằng số thời gian phát nóng T = 5 phút. Tính dòng điện làm việc của động cơ ở 3 chế độ làm việc:

– Dài hạn: t_{lv} = 8 giờ

– Ngắn hạn với: t_{lv} = 5 phút

– Ngắn hạn lặp lại với: t_{lv} = 10 phút, t_{lv} = 5 phút (TĐ = 50%).

Giải:

Ở chế độ làm việc dài hạn ($t_{lv} \geq 4T \rightarrow 8$ giờ > 5 phút), dòng điện làm việc của động cơ chính là dòng điện định mức ở chế độ đấu "sao" cho lưới 380V:

$$I_{lv} = I_{dm} = 11,4 \text{ A}$$

Ở chế độ làm việc ngắn hạn (t_{lv} = 5 phút = T), hệ số quá tải công suất:

$$K_p = \frac{1}{1 - e^{-t_{lv}/T}} = \frac{1}{1 - e^{-1}} = 1,58$$

Hệ số quá tải dòng điện:

$$K_I = \sqrt{K_p} = \sqrt{1,58} = 1,26$$

Vậy dòng điện làm việc trong trường hợp này là:

$$I_{lv} = K_I I_{dm} = 1,26.11,4 = 14,4A$$

Ở chế độ làm việc ngắn hạn lặp lại, hệ số quá tải công suất:

$$K_P = \frac{1 - e^{-t_{lv}/T}}{1 - e^{-t_{ck}/T}} = \frac{1 - e^{-2}}{1 - e^{-1}} = 1,37$$

Vậy hệ số quá tải dòng điện làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại sẽ là :

$$K_I = \sqrt{K_p} = \sqrt{1,37} = 1,17$$

Để chọn được động cơ hợp lý, cần phải tính toán công suất tải hợp lý. Mặt khác phải biết dạng momen tải: momen không đổi hoặc phụ thuộc vào vận tốc và phối hợp giữa đặc tính của tải và động cơ. Thông thường chọn động cơ điện lớn hơn tải một chút:

$$P_{dc} = K_{dt}.P_{tải} = (1,1 \div 1,3)$$

4.6. CÁC PHƯƠNG PHÁP MỞ MÁY ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ RÔTO LỒNG SÓC

Muốn mở máy động cơ, momen điện từ của động cơ phải lớn momen cản của phụ tải. Khi động cơ đứng yên (n = 0), dòng điện mở máy khá lớn, từ 4 đến 7 lần dòng điện định mức nên công suất mở máy lớn, ảnh hưởng đến tuổi thọ của động cơ và gây nên sụt áp lưới lớn. Đặc tính mở của động cơ được cho trên hình 4.15.

Các yêu cầu đối với quá trình mở máy là:

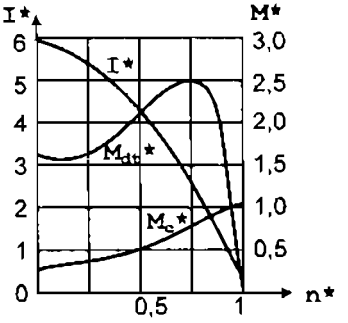
– Momen mở máy đủ lớn để thời gian mở máy nhỏ.

– Dòng điện mở máy càng nhỏ càng tốt.

– Thiết bị mở máy đơn giản, rẻ tiền, tin cậy.

Những yêu cầu trên thường đối kháng nhau như muốn công suất mở máy nhỏ thì thời gian mở máy lại kéo dài. Vì vậy căn cứ vào điều kiện cụ thể để chọn phương pháp mở máy thích hợp.

Thường tồn tại các phương pháp sau: mở máy trực tiếp, mở máy "sao – tam giác", mở máy bằng biến áp tự ngẫu (BATN), mở máy qua cuộn kháng nối tiếp và mở máy bằng bộ khởi động mềm.



Hình 4.15. Đặc tính mở máy của động cơ không đồng bộ

– Mở máy trực tiếp: Đây là phương pháp mở máy đơn giản nhất, chỉ việc đóng trực tiếp động cơ vào lưới điện. Phương pháp này có momen điện từ lớn, thời gian mở máy nhanh, thiết bị đơn giản. Nhược điểm chính của nó là công suất khởi động lớn từ 4 đến 7 lần công suất động cơ nên chỉ sử dụng cho các động cơ công suất bé, thường dưới 10kW. Sơ đồ nguyên lý của phương pháp mở máy này cho trên hình 4.16a.

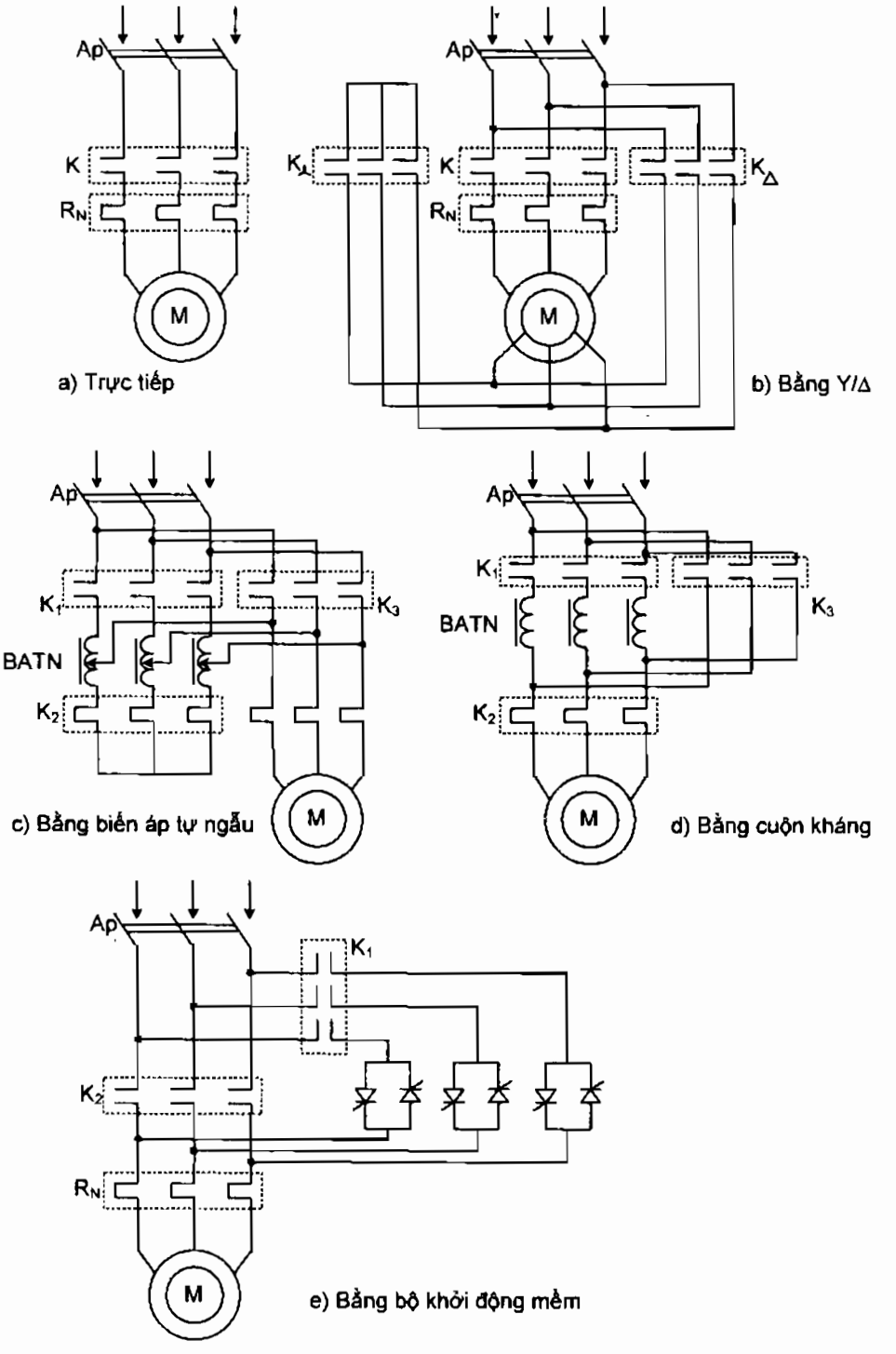
– Mở máy bằng đổi nối Y – Δ. Phương pháp này chỉ thích ứng với các động cơ làm việc bình thường khi nối Δ. Khi mở máy nó được nối Δ, như vậy điện áp đặt vào hai đầu dây quấn của một pha giảm đi $\sqrt{3}$ lần, nên momen giảm đi 3 lần, còn công suất và dòng điện lấy từ lưới giảm đi 3 lần. Trên thực tế trường hợp này tương tự như dùng một biến áp tự ngẫu có tỷ số biến áp K = $1/\sqrt{3}$ để mở máy động cơ. Sơ đồ điện của trường hợp này được cho trên hình 4.16b, c. Phương pháp này được dùng rộng rãi để mở máy các động cơ làm việc khi nối tam giác. Công suất mở máy lúc đó chỉ còn $1/3$ so với công suất mở máy trực tiếp.

Thời điểm chuyển từ "sao" qua "tam giác" thường được thực hiện theo tốc độ, theo dòng điện của động cơ hoặc theo thời gian (theo kinh nghiệm), trong đó theo thời gian là đơn giản nhất.

– Mở máy bằng nối tiếp điện kháng vào mạch stato. Phương pháp này cho trên hình 4.16d. Với cuộn kháng có thông số thích hợp, điện áp giáng trên động cơ giảm, dòng điện mở máy giảm, momen giảm bình phương dòng điện, còn công suất giảm tương tự như momen.

Ví dụ, nếu dùng cuộn kháng hạ điện áp đặt vào động cơ U_{dc}= 0,6U_{dm} thì dòng điện khởi động giảm 0,6 lần, còn công suất khởi động và momen khởi động giảm còn 0,36 so với trường hợp khởi động trực tiếp.

– Mở máy bằng bộ khởi động mềm (hình 4.16e). Tương tự như biến áp tự ngẫu điều chỉnh vô cấp. Nhưng trong quá trình mở máy, dạng sóng điện áp đặt vào động cơ không sin, vì vậy có nhiều sóng điều hoà bậc cao, gây tăng tổn hao cho động cơ.



Hình 4.16. Các phương pháp mở máy động cơ lồng sóc

Chương 5

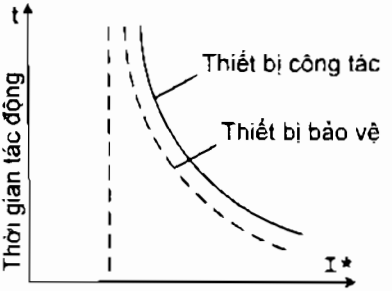
CÁC THIẾT BỊ ĐIỆN BẢO VỆ

5.1. ĐẠI CƯƠNG VỀ THIẾT BỊ ĐIỆN BẢO VỆ

Thiết bị điện bảo vệ có vai trò quan trọng trong hệ thống kỹ thuật, công nghệ. Nó có chức năng nhanh chóng loại trừ các phần tử hỏng hóc hoặc làm việc không bình thường ra khỏi hệ thống công tác, hạn chế đến mức tối đa các thiệt hại do hỏng hóc, sự cố gây nên.

Yêu cầu chính của thiết bị bảo vệ là tác động chính xác, độ tin cậy, chọn lọc cao, dễ vận hành, hiệu chỉnh, lắp đặt. Các thiết bị bảo vệ làm việc theo các nguyên lý khác nhau và có những chức năng bảo vệ khác nhau như nguyên lý làm việc kiểu điện từ, nhiệt, áp lực, khoảng cách...

Nếu dòng điện trong động cơ điện vượt quá trị số định mức, nhiệt độ dây quấn tăng cao làm hỏng cách điện dẫn đến cháy động cơ. Tuỳ theo trị số quá dòng điện, thiết bị bảo vệ phải tác động không quá sớm cũng không quá muộn.



Hình 5.1. Đặc tính bảo vệ theo dòng điện

Trên hình 5.1 cho đặc tính bảo vệ theo dòng điện của thiết bị công tác (động cơ) và thiết bị bảo vệ. Đường bảo vệ phải nằm thấp hơn đường của thiết bị công tác và chúng càng gần nhau thì càng tốt. Dưới đây sẽ lần lượt khảo sát các thiết bị bảo vệ dùng trong kỹ thuật lạnh.

5.2. CẦU CHÌ

5.2.1. Khái niệm chung về cầu chì

Cầu chì (còn gọi là cầu chảy) là loại khí cụ điện (KCĐ) bảo vệ, nó tự động cắt mạch điện khi có sự cố quá tải hay ngắn mạch. Cầu chì là loại KCĐ đơn giản, về cấu tạo gồm 3 phần chính: dây chảy, vỏ và tiếp điểm.

– Dây chảy là bộ phận chính của cầu chì, được đặt trong vỏ bằng vật liệu cách điện. Dây chảy là bộ phận chính của cầu chì, được đặt trong vỏ bằng vật liệu cách điện. Dây chảy được nối với các điện cực và các điện cực này nối với mạch điện qua các dạng tiếp xúc như liên kết ốc vít, bulông, ngàm. Dây chảy khi có dòng điện lớn đi qua sẽ bị nóng chảy và bị đứt, nên cắt mạch điện. Dây chảy thường làm bằng đồng, bạc, thiếc, chì.

– Vỏ cầu chì có nhiệm vụ cách điện, ngăn chặn không khí nóng khi cầu chì tác động và là buồng dập hồ quang. Vỏ thường làm nhựa cách điện, sứ hay thuỷ tinh.

Yêu cầu chung của cầu chì là:

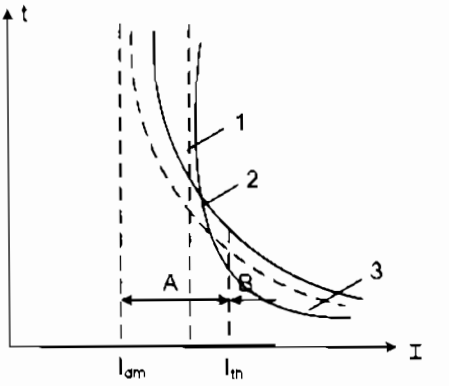
– Đặc tính bảo vệ của cầu chì phải thấp hơn đặc tính của đối tượng bảo vệ.

– Độ tin cậy và tính bảo vệ chọn lọc cao.

– Dễ thay thế, bảo dưỡng.

Quá trình tác động của cầu chì được chia thành 3 giai đoạn: Giai đoạn 1 từ thời điểm xảy ra sự cố đến thời điểm dây chảy bắt đầu nóng chảy; giai đoạn 2 là từ cuối giai đoạn 1 đến khi hồ quang xuất hiện, còn giai đoạn 3 là thời gian cháy của hồ quang.

Trên hình 5.2 cho đặc tính bảo vệ (Ampe – giây) của cầu chì và của đối tượng cần bảo vệ: đường 1 là của đối tượng, đường 2 là đặc tính lý thuyết của cầu chì, còn đường 3 là đường đặc tính thực tế của cầu chì. Khi dòng điện đi qua dây chảy lớn hơn trị số dòng điện tới hạn I_{th}, dây chảy sẽ nóng chảy, cầu chì sẽ cắt mạch.



Hình 5.2. Đặc tính bảo vệ của cầu chì

Từ hình 5.2 ta nhận thấy rằng khi dòng điện tăng, thời gian tác động giảm. Mặt khác trong vùng dòng điện quá tải bé (vùng A), cầu chì không tác động, nó chỉ bảo vệ được đối tượng ở vùng dòng điện lớn (vùng B).

Để tránh cho các phần tử của cầu chì bị đốt nóng quá mức khi dòng điện gần bằng dòng tới hạn I_{th}, thường chọn dòng điện định mức của dây chảy bé hơn dòng tới hạn. Theo kinh nghiệm :

$I_{th}/I_{dm} = 1,6 \div 2$ với dây chảy bằng đồng;

$I_{th}/I_{dm} = 1,25 \div 1,45$ với dây chảy bằng chì;

$I_{th}/I_{dm} = 1,15$ với dây chảy bằng thiếc.

Người ta còn sử dụng hai biện pháp để hạn chế sự quá nhiệt của cầu chì khi làm việc ở dòng quá tải bé: dùng dây chảy dẹt có những chỗ thắt nhỏ lại và dùng hiệu ứng luyện kim với dây chảy tiết diện tròn. Dây chảy dẹt có diện tích toả nhiệt tốt. Với dây chảy tròn, người ta hàn các giọt kim loại có nhiệt độ nóng chảy thấp hơn như hàn các giọt thiếc lên dây chảy bằng đồng. Khi quá tải bé, các chỗ yếu (tiết diện thu nhỏ ở dây chảy dẹt và các giọt thiếc trên dây chảy đồng) sẽ bị nóng

chảy trước. Cần lưu ý rằng các biện pháp này chỉ có tác dụng đối với dòng điện quá tải, không có tác dụng đối với dòng ngắn mạch.

Để tăng khả năng dập hồ quang của cầu chì, người ta còn dùng các chất nhồi (thường là cát thạch anh) cho cầu chì vỏ sứ hoặc thuỷ tinh, và dùng loại vỏ nhựa thuộc vật liệu tự sinh khí.

5.2.2. Các loại cầu chì

a) Cầu chì hạ áp

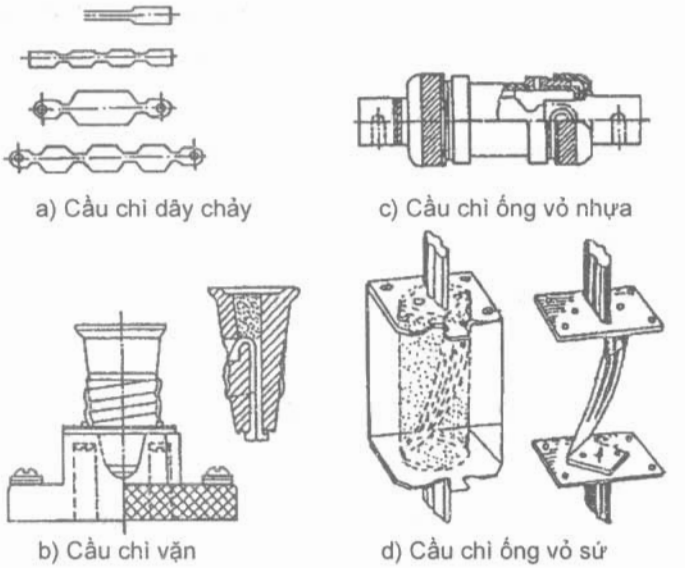
Cầu chì hạ áp: có điện áp định mức đến 660V, dòng điện định mức theo dãy, từ 5A đến 1000A.

Cầu chì hở: không có vỏ bọc, thường là dây chảy dạng tròn hay dẹt, bắt trực tiếp vào các điện cực như ở cầu dao có cầu chì. Loại này chỉ dùng cho dòng điện bé, đến 60A.

Loại vặn: có phần động vặn vào chân đế. Thường vỏ bằng sứ, bên trong có chất nhồi. Loại này dùng cho dòng điện bé, cũng đến 60A.

Loại ống: có vỏ bằng ống cách điện dạng tròn hoặc hộp, dây chảy dạng dẹt, đặt bên trong. Nếu vỏ bằng nhựa dạng vật liệu tự sinh khí thì bên trong không có chất nhồi, còn vỏ bằng sứ hay thuỷ tinh thì bên trong có chất nhồi. Loại này thường dùng cho dòng điện lớn.

Trên hình 5.3 trình bày nguyên lý cấu tạo của các loại cầu chì này.



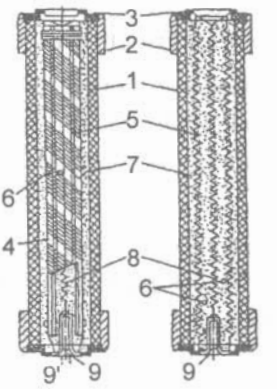
Hình 5.3. Các loại cầu chì hạ áp

b) Cầu chì cao áp

Cầu chì cao áp: có điện áp định mức trên 1000V trở lên. Quá trình tác động của cầu chì cao áp cũng tương tự như ở cầu chì hạ áp, nhưng việc dập hồ quang ở cầu chì cao áp khó khăn hơn, do đó dây chảy thường dùng bằng đồng, bạc vì có điện trở suất bé nên tiết diện bé, khi chảy lượng hơi kim loại ít, thuận lợi cho việc dập tắt hồ quang. Mặt khác khi hồ quang tắt, điện áp phục hồi trên hai điện cực của cầu chì lớn, vì vậy chiều dài của cầu chì cao áp cũng lớn hơn.

Cầu chì cao áp thường có hai loại : loại có chất nhồi và loại không có chất nhồi.

Trên hình 5.4 trình bày cấu tạo của hai loại cầu chì có chất nhồi, điện áp từ 6 đến 10kV.



Hình 5.4. Cầu chì cao áp có chất nhồi

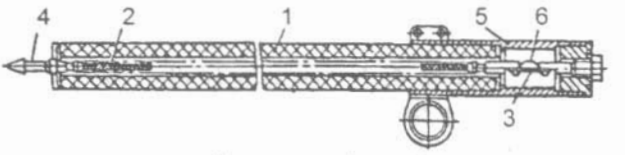
Trên ống sứ 1 có gắn 2 vành đồng 2, là 2 điện cực của cầu chì. Cát thạch anh được đưa và cầu chì trước khi hàn miếng bịt 3.

Ở cầu chì có dòng điện không lớn (dưới 7,5A) dây chảy 5 được cuốn trên khung 4, mục đích để tăng chiều dài dây chảy và tăng hiệu quả hạn chế dòng điện. Ở cầu chì có dòng định mức lớn hơn 7,5A, dây chảy được chế tạo dạng lò xo xoắn, nối song song nhiều dây để dòng điện tổng có thể đạt tới hàng trăm ampe.

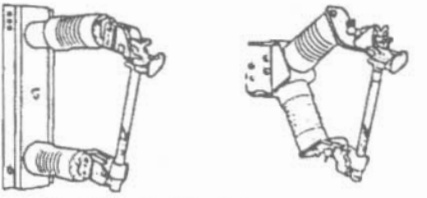
Trên dây chảy có hàn các giọt kim loại 6 có nhiệt độ nóng chảy thấp hơn dây chảy. Đây chính là hiệu ứng luyện kim để giảm sự quá nhiệt khi dòng điện quá tải lâu dài và tăng tính hạn chế dòng điện khi tác động. Nút chỉ thị tác động 9 được nối với dây chảy đặc biệt 8, và dây chảy này đứt sau dây chảy chính 5.

Loại cầu chì có chất nhồi dùng để bảo vệ các máy biến áp đo lường (loại dòng điện bé) và các phụ tải khác (loại dòng điện lớn) như tụ điện, máy biến áp phân phối...

Trên hình 5.5 trình bày cấu tạo của loại cầu chì không có chất nhồi kiểu tự rơi (còn gọi là cầu chì bắn) được sử dụng rộng rãi để bảo vệ dòng điện phía cao áp của máy biến áp phân phối.



a) Cấu tạo của cầu chì tự rơi



b) Các kiểu lắp đặt

Hình 5.5. Cầu chì kiểu tự rơi

Bên trong ống cách điện bằng vật liệu tự sinh khí 1 đặt dây dẫn mềm 2, một đầu nối với dây chảy 3, còn đầu kia nối với điện cực 4. Điện cực này chịu tác động của tay đòn dạng ngàm, có lò xo kéo (không biểu thị trên hình vẽ được) điện cực theo chiều mũi tên.

Dây chảy gồm hai phần tử uốn song song: sợi dây thép 3 và sợi dây đồng 6, được nối với điện cực 5 dạng ống. Ở chế độ định mức dòng điện chủ yếu đi qua dây chảy đồng vì nó có điện trở bé, còn dây chảy thép 3 giữ điện cực 4 không bị lò xo kéo ra. Khi có sự cố, dây đồng đứt trước, dây thép đứt sau, lò xo kéo điện cực 4 và dây dẫn mềm làm hồ quang chạy vào ống 1, ống bị sinh khí làm hồ quang tắt nhanh. Thời gian cháy của hồ quang khoảng 0,04s với dòng điện lớn, còn với dòng điện bé thời gian này dài hơn (khoảng 0,3s).

5.2.3. Tính toán cầu chì

Việc tính toán cầu chì dẫn đến giải hai bài toán :

– Tìm dòng điện tới hạn của dây chảy khi biết vật liệu và kích thước của nó.

– Tìm quan hệ phụ thuộc giữa thời gian và dòng điện tác động của cầu chì: $t = f(I)$.

Khi làm việc với dòng điện tới hạn I_{th} phương trình cân bằng nhiệt ở chế độ xác lập nhiệt của dây chảy có dạng :

$$RI^2_{th} = k_T S_T(\theta_{nc} - \theta_o) \qquad (5.1)$$

Trong đó: R– Điện trở dây chảy, (Ω).

k_T– Hệ số toả nhiệt dây chảy, ($W/m^2.^oC$).

S_T– Diện tích toả nhiệt dây chảy, (m^2).

θ_{nc}, θ_o– Nhiệt độ nóng chảy của dây chảy và nhiệt độ của môi trường xung quanh, (^0C).

Điện trở dây chảy được tính theo công thức :

$$R = \rho_0 (1+\alpha\theta_{nc}).\frac{l}{S} \qquad (5.2)$$

Trong đó: ρ_0– Điện trở suất của vật liệu dây chảy ở 0^oC.

α– Hệ số nhiệt điện trở của vật liệu dây chảy.

l– Chiều dài dây chảy.

S– Tiết diện dây chảy.

Diện tích toả nhiệt của dây chảy được tính theo công thức:

$$S_1 = p.l \qquad (5.3)$$

Trong đó: p chu vi của tiết diện dây chảy.

Thay (7.2), (7.3) vào (7.1) và giải phương trình theo I_{th}. Nếu dây chảy có tiết diện tròn, ta được:

$$I_{th} = \sqrt{\frac{\pi^2 k_T (\theta_{nc} - \theta_0).d^3}{4\rho_0(1+\alpha\theta_{nc})}} \qquad (5.4)$$

Để đơn giản hoá việc tính toán, người ta thường dùng công thức kinh nghiệm :

$$I_{th} = A_0 d^{3/2} \qquad (5.5)$$

Trong đó: A_0– Hệ số kinh nghiệm phụ thuộc vào vật liệu.

d– Đường kính dây chảy tính theo mm.

Trị số A_0 của vật liệu dây chảy như sau :

Vật liệu	Bạc	Đồng	Chì	Thiếc
A_0	44	60	28	24,6

Bài toán thứ hai là tìm quan hệ t = f(I) của cầu chì.

Thời gian tác động t của cầu chì có thể chia ra ba giai đoạn:

+ t' từ khi sự cố đến khi dây chảy đạt nhiệt độ nóng chảy θ_{nc}.

+ t'' từ khi dây chảy đạt θ_{nc} đến khi thời điểm phát sinh hồ quang.

+ t''' thời gian cháy của hồ quang.

Để đơn giản hoá việc tính toán, quá trình tác động của cầu chì được coi là quá trình đoạn nhiệt (chỉ đúng với trường hợp ngắn mạch), nghĩa là toàn bộ nhiệt năng do dòng điện cung cấp chỉ đốt nóng dây chảy chứ không toả ra xung quanh. Do đó, phương trình cân bằng nhiệt có dạng :

$$RI^2dt = c.\gamma.V.d\theta \qquad (5.6)$$

Trong đó: c– Tỷ nhiệt của vật liệu dây chảy, (J/kg.°C).

γ– Khối lượng riêng của vật liệu dây chảy, (kg/m^3).

$V = S.l$– Thể tích của dây chảy, (m^3).

$R = \rho_0 (1+\alpha\theta_{nc}).\frac{1}{S}$ – Điện trở dây chảy, (Ω) .

Biến đổi phương trình (5.6) ta được:

$$dt = S^2/I^2 . \frac{\gamma c}{\rho(1+\alpha\theta)} d\theta \qquad (5.7)$$

Tích phân (5.7) cận thời gian từ 0 đến t', còn cận nhiệt độ từ θ_0 đến θ_{nc}:

$$t' = \frac{S^2}{I^2}\frac{\gamma c}{\alpha\rho_0}\ln\frac{1+\alpha\theta_{nc}}{1+\alpha\theta_0} \qquad (5.8)$$

Đặt:

$$A' = \frac{\gamma c}{\alpha\rho_0}\ln\frac{1+\alpha\theta_{nc}}{1+\alpha\theta_0}$$

cho nên:

$$t' = A'\frac{S^2}{I^2} \qquad (5.9)$$

Giai đoạn hai t'' là thời gian từ khi nhiệt độ dây chảy bắt đầu nóng chảy đến khi hồ quang xuất hiện. Trong giai đoạn này quá trình nóng chảy ban đầu chỉ xảy ra trên một phân đoạn ngắn của dây chảy, và nhiệt lượng do dòng điện cung cấp tiếp tục là dây chảy thêm cho tới lúc đứt mạch.

Phương trình cân bằng nhiệt trong trường hợp này có dạng:

$$dW_1 = dW_2 \qquad (5.10)$$

Trong đó: dW_1 là năng lượng do dòng điện cung cấp cho dây chảy:

$$dW_1 = I^2Rdt = (R_1 + R_2)I^2dt \qquad (5.11)$$

$$R_1 = \rho_1\frac{l - l_{nc}}{S} \;; R_2 = \rho_{nc}\frac{l_{nc}}{S}$$

Trong đó: R_1– Điện trở đoạn dây chưa nóng chảy.

R_2– Điện trở đoạn dây đã nóng chảy.

dW_2 là năng lượng hấp thụ của dây chảy:

$$dW_2 = c_{nc}.\gamma.S.dl_{nc} \qquad (5.12)$$

Trong đó: c_{nc}– Tỷ nhiệt của vật liệu khi nóng chảy .

γ– Khối lượng riêng của vật liệu dây chảy.

Thay (5.11) và (5.12) vào (5.10) ta được:

$$dt = \frac{S^2}{I^2}\frac{c_{nc}\gamma}{1}\frac{1}{\rho_1 + (\rho_{nc} - \rho_1)\frac{l_{nc}}{l}}dl_{nc} \qquad (5.13)$$

Tích phân 2 vế của (5.13) ta tìm được thời gian t'' khi $l = l_{nc}$:

$$t'' = \frac{S^2}{I^2}\frac{c_{nc}\gamma}{\rho_{nc} - \rho_1}\ln\frac{\rho_{nc}}{\rho_1} \qquad (5.14)$$

Đặt: $A'' = \frac{c_{nc}\gamma}{\rho_{nc} - \rho_t} \ln \frac{\rho_{nc}}{\rho_t}$

Ta có: $t'' = A'' \frac{S^2}{I^2}$ (5.15)

Thời gian cháy của hồ quang t''' phụ thuộc vào nhiều yếu tố nên việc tính toán thường khó khăn và thường được đánh giá theo kinh nghiệm.

Thời gian tác động của cầu chì được tính toán theo công thức kinh nghiệm sau:

Cầu chì hở: $t = (1,2 \div 1,3)(A' + \frac{A''}{3})\frac{S^2}{I^2}$ (5.16)

Cầu chì có chất nhồi: $t = (1,7 \div 2)(A' + A'')\frac{S^2}{I^2}$ (5.17)

Các hằng số vật lý của các vật liệu dây chảy làm cầu chì dùng để xác định thời gian tác động của cầu chì cho ở bảng 5.1.

Bảng 5.1. Các hằng số vật lý của các vật liệu làm dây chảy cầu chì

Vật liệu	ρ_0 [$\Omega mm^2/m$]	θ_{cp} [°C]	θ_{nc} [°C]	A' [$A^2.s/mm^4$]	A'' [$A^2.s/mm^4$]	A'+A'' [$A^2.s/mm^4$]
Đồng	0,0153	250	1038	80.000	11.600	91.600
Bạc	0,0147	250	961	62.000	8.000	70.000
Chì	0,217	200	961	9.000	3.000	12.000
Kẽm	0,059	150	420	1.200	400	1.600

5.2.4. Chọn cầu chì

Đặc tính bảo vệ của cầu chì cho ở hình 5.6. Cầu chì được chọn sao cho khi làm việc ở chế độ dòng điện dài hạn, nhiệt độ phát nóng của dây chảy bé hơn trị số cho phép, còn ở chế độ quá độ như khi mở máy động cơ điện, cầu chì không được tác động. Mặt khác, việc chọn cầu chì phải đáp ứng được yêu cầu bảo vệ chọn lọc, nghĩa là cầu chì ở xa nguồn (gần tải) phải tác động trước so với cầu chì ở gần nguồn (xa tải).

Đối với cầu chì bảo vệ động cơ điện phải thoả mãn hai điều kiện:

$$I_{co} \geq I_{lt} \text{ và } I_{cc} \geq I_{kd}/C$$

Trong đó : I_{cc}– Dòng điện định mức của dây chảy.

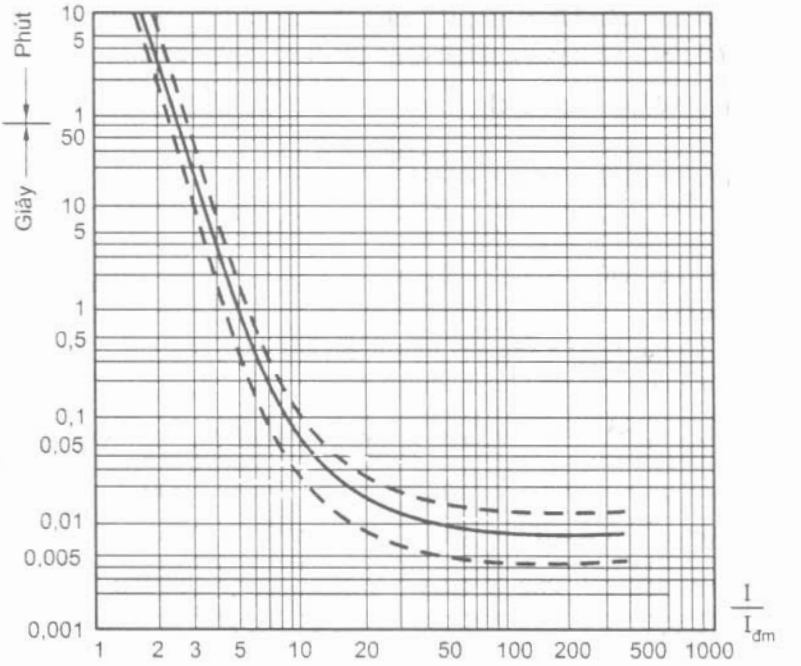
$I_{kđ}$– Dòng điện khởi động max của tải.

I_{tt}– Dòng điện tính toán tương ứng công suất tính toán phụ tải.

C– Hằng số phụ thuộc vào chế độ khởi động của tải.

+ C = 2,5 đối với động cơ có thời gian khởi động bé (3 ÷ 10s).

+ C = 1,6 ÷ 2 với thời gian khởi động lớn (đến 40s).



Hình 5.6. Đặc tính bảo vệ của cầu chì

5.3. MÁY CẮT HẠ ÁP (APTOMAT)

5.3.1. Khái niệm chung

Máy cắt hạ áp (còn gọi là aptomat) là khí cụ điện tự động cắt mạch điện khi có sự cố như: quá tải, ngắn mạch, điện áp thấp, dòng rò, công suất ngược... Đôi khi nó cũng được dùng để đóng cắt không thường xuyên các mạch điện ở chế độ bình thường.

Yêu cầu chung với aptomat là :

– Ở chế độ làm việc dài hạn với trị số dòng điện định mức đi qua, nhiệt độ phát nóng của aptomat phải bé hơn nhiệt độ phát nóng cho phép.

– Ở chế độ sự cố, trong đó sự cố nguy hiểm nhất là ngắn mạch, dòng điện ngắn mạch không được làm hư hỏng các bộ phận của aptomat, tức là nó phải có độ bền điện động và bền nhiệt cao.

– Khả năng cắt của aptomat phải lớn.

– Thời gian tác động của aptomat càng bé càng tốt. Nếu thời gian bé, nó sẽ hạn chế được dòng điện cắt, tăng được khả năng cắt.

Thời gian tác động của máy cắt gồm ba thành phần:

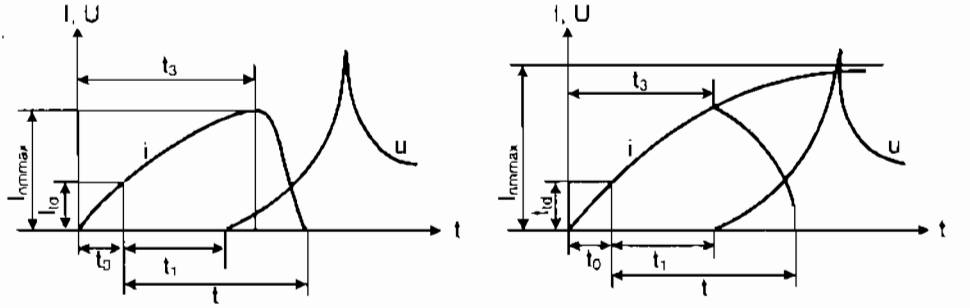
$$t_{td} = t_0 + t_1 + t_2$$

Trong đó: t_0– từ thời điểm xảy ra sự cố đến khi dòng điện đạt trị số tác động I_{td}. Thời gian này phụ thuộc vào giá trị đặt I_d và $\frac{di}{dt}$ thông số mạch.

t_1– thời gian từ khi dòng điện bằng trị số tác động đến lúc hồ quang phát sinh. Thời gian này phụ thuộc vào các phần tử của máy cắt hoặc quán tính của máy cắt.

t_2– thời gian cháy của hồ quang, phụ thuộc vào giá trị dòng điện cắt và biện pháp dập hồ quang.

Trên hình 5.7 trình bày dạng dòng điện và điện áp trên tiếp điểm trong quá trình cắt của máy cắt. Với máy cắt tác động nhanh (hình 5.7b) vì thời gian t_1 bé nên hạn chế được dòng điện cắt, vì hai tiếp điểm tách nhau khi dòng điện còn bé hơn nhiều so với trị số ngắn mạch xác lập nên năng lượng cắt không lớn, nâng cao được tuổi thọ cũng như khả năng cắt.



a) tác động chậm b) tác động nhanh

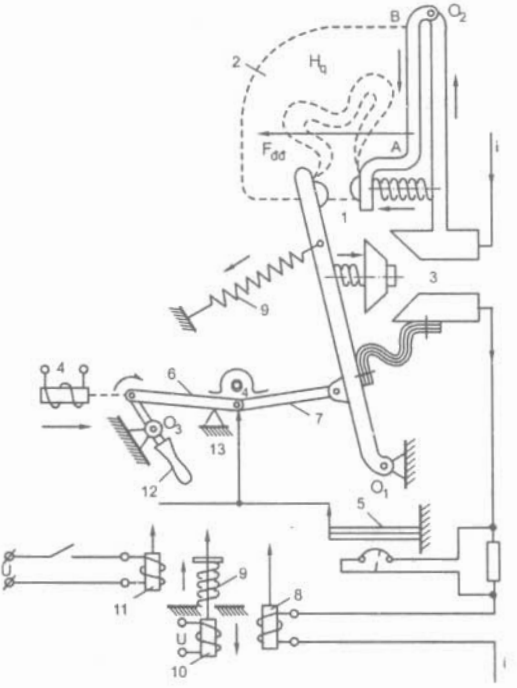
Hình 5.7. Thời gian tác động của máy cắt

Tuỳ theo kết cấu, ta có aptomat 1 cực, 2 cực, 3 cực và 4 cực. Tuỳ theo chức năng ta có aptomat vạn năng và aptomat định hình. Ngoài ra còn có aptomat chống điện giật (aptomat bảo vệ dòng điện rò).

5.3.2. Các bộ phận chính của aptomat

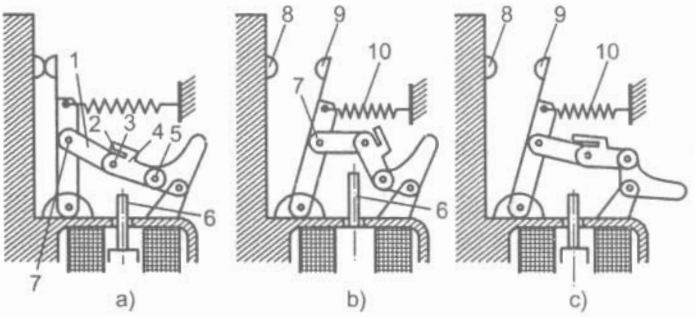
Gồm có hệ thống tiếp điểm, hệ thống dập hồ quang, cơ cấu truyền động và các phần tử bảo vệ. Trên hình 5.8 trình bày nguyên lý cấu tạo của aptomat vạn năng ở trạng thái cắt. Hệ thống mạch vòng dẫn điện gồm tiếp điểm hồ quang 1, tiếp điểm làm việc 3 với các lò xo tiếp điểm tương ứng. Hệ thống dập hồ quang 2 thường là loại buồng dập hồ quang kiểu dàn dập, đặt ở phía tiếp điểm hồ quang. Trong quá

trình đóng, tiếp điểm hồ quang đóng trước, tiếp điểm làm việc đóng sau. Trong quá trình cắt, tiếp điểm làm việc cắt trước còn tiếp điểm hồ quang cắt sau, vì vậy hồ quang chỉ cháy ở tiếp điểm hồ quang. Các phần tử bảo vệ gồm bảo vệ quá tải bằng rơle nhiệt 5, bảo vệ ngắn mạch bằng rơle dòng điện cực đại 8, bảo vệ điện áp thấp bằng rơle điện áp 10, bộ phận cắt từ xa bằng nam châm điện 11. Cơ cấu truyền động gồm các thanh 6, 7, cần thao tác 12 được nối với thanh dẫn động mà trên nó gắn các tiếp điểm động. Nam châm điện 4 dùng để đóng từ xa... Lò xo cắt 9 dùng để cắt các tiếp điểm bằng cách kéo thanh dẫn động về phía trái.



Hình 5.8. Nguyên lý cấu tạo của aptomat vạn năng

Khâu truyền động trung gian dùng phổ biến nhất ở aptomat là cơ cấu tự do tuột khớp, có nguyên lý làm việc được mô tả trên hình 5.9.



Hình 5.9. Cơ cấu tự do tuột khớp

Ở trạng thái đóng, các thanh 2 và 4 được nối cứng vì tâm quay 3 nằm thấp hơn đoạn thẳng nối hai tâm quay 5 và 7. Lúc này mẫu đỡ 3 giữ không cho thanh 2 và thanh 4 gập lại được, do đó hệ thống ở vị trí chết.

Khi bị sự cố, nam châm điện hút làm chốt 6 gắn trên phần ứng đẩy vào thanh 4, điểm 3 thoát khỏi vị trí chết, hai thanh 2 và 4 không được nối cứng nữa. Dưới tác dụng của lò xo cắt 10, tiếp điểm động 9 rời khỏi tiếp điểm tĩnh 8 với vận tốc lớn: máy cắt tác động.

Muốn đóng lại aptomat, ta phải kéo tay cầm xuống phía dưới để thanh 2 và 4 duỗi thẳng (hình 5.9c).

Với kết cấu của cơ cấu tự do tuột khớp, aptomat nhớ trạng thái cắt: nếu cắt bình thường, vị trí tay cầm nằm phía dưới, còn khi cắt sự cố tay cầm nằm ở vị trí trung gian giữa đóng và cắt.

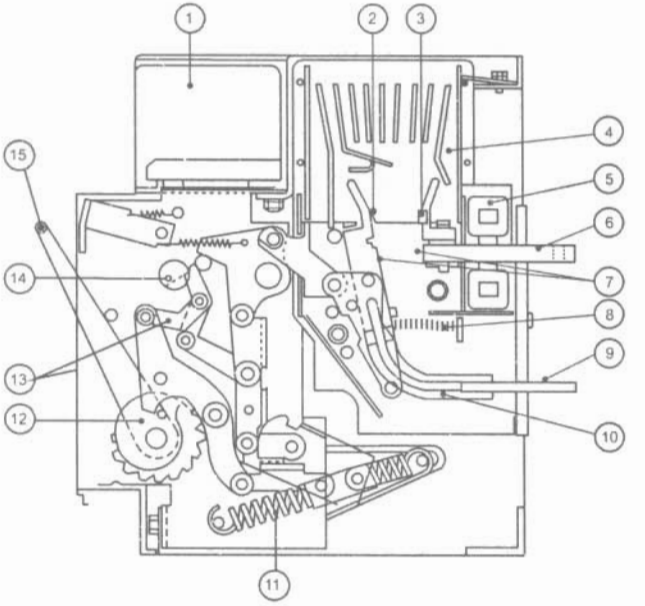
5.3.3. Các loại aptomat

Gồm aptomat vạn năng, aptomat định hình, aptomat chống điện giật.

a) Aptomat vạn năng

Aptomat vạn năng là loại được chế tạo cho mạch điện hạ áp công suất lớn, có nhiều loại bảo vệ và có thể chỉnh định trong phạm vi rộng. Loại này thường có kết cấu hở, dập hồ quang trong môi trường không khí tự nhiên bằng buồng dập kiểu giàn, thường gọi là loại ACB (Air Circuit Breaker). Loại này có điện áp định mức đến 660V, dãy dòng điện định mức 630A, 800A, 1000A, 1250A, 1600A, 2500A, 3200A, 4000A, 5000A và 6300A với hai kết cấu: 3 cực và 4 cực. Khối bảo vệ là các vi mạch nên có khả năng điều chỉnh thông số trong phạm vi rộng, vì vậy loại aptomat này còn được gọi là máy cắt điện tử.

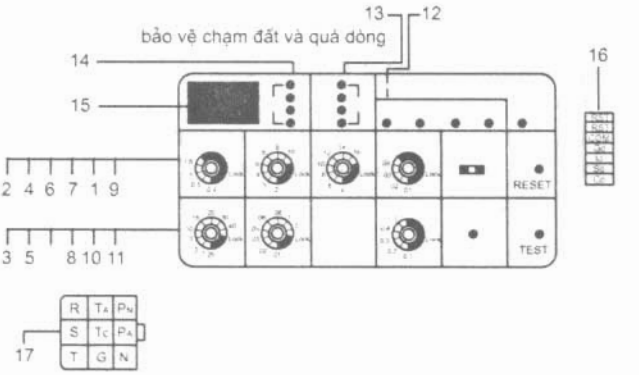
Trên hình 5.10 trình bày nguyên lý cấu tạo của loại máy cắt này.



1– Khối các phần tử bảo vệ
2– Tiếp điểm động hồ quang
3– Tiếp điểm tĩnh hồ quang
4– Buồng dập hồ quang
5– Máy biến dòng điện
6– Thanh cái đầu vào
7– Tiếp điểm chính
8– Lò xo tiếp điểm
9– Thanh cái đầu ra
10– Dây dẫn mềm
11– Lò xo đóng
12– Cơ cấu nạp năng lượng cho lò xo đóng
13– Thanh truyền
14– Chốt cắt
15– Cần nạp năng lượng bằng tay

Hình 5.10. Các bộ phận của aptomat vạn năng

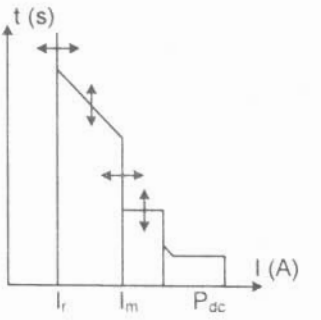
Các nút đóng (ON hoặc 1) và (OFF hoặc 0) được bố trí cùng các bộ phận thao tác, chỉnh định ở mặt trước của máy cắt. Trên hình 5.11 trình bày bảng các thông số đặt trị số tác động, các núm thao tác, còn trên hình 5.12 cho dạng đặc tính bảo vệ của máy cắt loại này. Mũi tên chỉ trên hình 5.12b chỉ dải điều chỉnh của các thông số bảo vệ.



Hình 5.11. Bảng các thông số đặt trị số tác động, các núm thao tác

1– Núm đặt dòng điện tiêu chuẩn; 2– Núm đặt thời gian cắt dài;
3– Núm đặt thời gian cắt dài; 4– Núm đặt dòng điện ngắn hạn;
5– Núm đặt thời gian cắt bảo vệ chạm đất; 9– Công tắc hồi phục;
10– Công tắc kiểm tra dòng điện các pha; 11– Công tắc thử; 12– Chỉ thị tác động;
13– Chỉ thị bắt đầu tác động; 14– Công tắc chọn dòng điện các pha;
15– Chỉ thị dòng thứ cấp; 16– Chuyển đổi tín hiệu bên ngoài; 17– Cầu nối.

Muốn đóng máy cắt, trước tiên phải nạp năng lượng cho lò xo đóng qua tay cầm 15 hoặc bằng môtơ nạp. Khi năng lượng được nạp đủ, chốt giữ lò xo đóng giữ lò xo ở trạng thái sẵn sàng đóng. Muốn đóng máy cắt, ta ấn nút ON, tác động lên chốt giữ lò xo đóng. Năng lượng trong lò xo được giải phóng, lò xo cắt được giải phóng, sẽ kéo các tiếp điểm động rời khỏi tiếp điểm tĩnh với vận tốc lớn. Việc tác động chốt giữ lò xo cắt có thể thực hiện bằng tay (khi ấn nút OFF), hoặc tự động khi có sự cố, thì hệ thống bảo vệ, tín hiệu sự cố sẽ cấp nguồn điều khiển nam châm điện cắt, giải phóng chốt lò xo cắt.

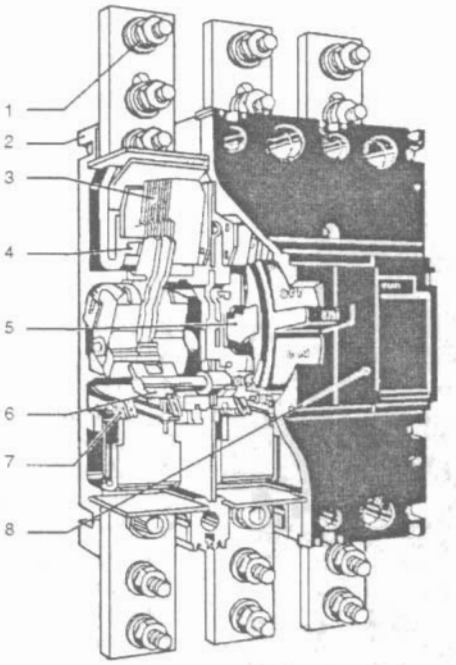


Hình 5.12. Đặc tính bảo vệ của máy cắt

I_r– Dòng điện quá tải; I_m– Dòng điện ngắn mạch; P_{dc}– Khả năng cắt của máy cắt

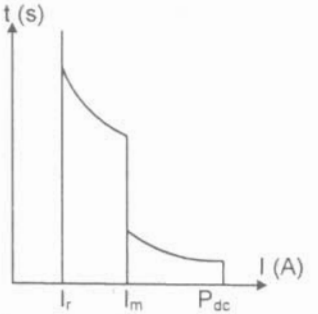
b) Aptomat định hình

Aptomat định hình: còn gọi là MCB, là loại máy cắt có vỏ nhựa định hình, thao tác bằng cần gạt hoặc núm vặn, thường có dòng điện định mức từ 6A đến 1600A. Loại máy cắt này được dùng rất thông dụng và không cần bảo trì. Nó thường dùng bảo vệ quá tải và ngắn mạch cho các phụ tải gia dụng, công nghiệp và các loại tải khác. Vì kết cấu, nó thường có loại 1 cực, 2 cực, 3 cực và 4 cực. Trên hình 5.13 trình bày nguyên lý cấu tạo của aptomat loại 3 cực. Khi bị sự cố bất cứ pha nào, máy cắt sẽ cắt cả 3 pha, vì vậy sẽ không có hiện tượng mất pha như ở tổ hợp cầu dao và cầu chì 3 pha khi 1 pha bị sự cố. Đường đặc tính của loại máy cắt này cho ở hình 5.14.



Hình 5.13. Aptomat định hình 3 cực

1– Đầu nối; 2– Vỏ nhựa; 3– Buồng dập hồ quang; 4– Tiếp điểm; 5– Cơ cấu đóng; 6– Rơle nhiệt bảo vệ quá tải; 7– Rơle dòng bảo vệ ngắn mạch; 8– Nút cắt.



Hình 5.14. Đặc tính bảo vệ của máy cắt định hình

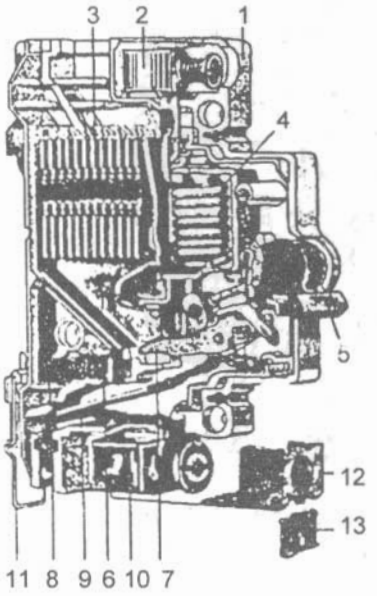
I_r– Cắt nhiệt; I_m– Cắt từ; P_{dc}– Khả năng cắt.

Phần cắt nhiệt có thời gian phụ thuộc vào dòng điện, còn phần cắt từ (khi ngắn mạch) có thời gian tác động rất nhanh, dưới 0,01s. Tùy theo phụ tải, trị số dòng cắt từ so với dòng cắt định mức của tải được chia làm 3 loại: B, C và D tương ứng cho chế độ dòng quá độ nhẹ, trung bình và nặng:

Bảng 5.2. Trị số dòng cắt từ so với dòng cắt định mức của tải

Loại	B	C	D
I_m/I_{dm}	3 ÷ 5	5 ÷ 10	10 ÷ 20

Trên hình 5.15 trình bày cấu tạo của loại aptomat 1 cực dùng để bảo vệ phụ tải 1 pha, có phần tử bảo vệ từ và nhiệt, dùng để bảo vệ ngắn mạch và quá tải. Đây là thiết bị thế hệ mới, lắp ráp theo môđun, có dòng điện định mức đến 63A, dùng cho cả điện một chiều và điện xoay chiều.



1– Vỏ
2– Đầu nối vào
3– Buồng dập hồ quang
4– Cuộn dây dòng điện
5– Cần gạt
6– Tiếp điểm tĩnh
7– Tiếp điểm động
8– Thanh dẫn hồ quang
9– Thanh lưỡng kim nhiệt
10– Đầu nối ra
11– Cơ cấu kẹp thanh ray
12– Nắp che
13– Mặt đánh dấu ngõ vào

Hình 5.15. Cấu tạo aptomat một cực

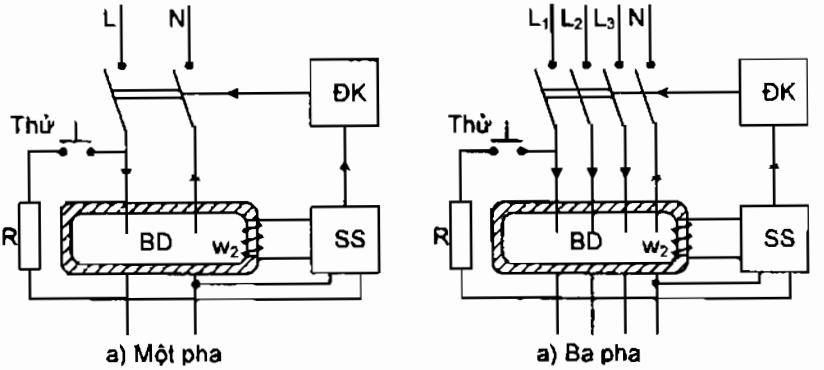
Ở aptomat thế hệ cũ, khi có ngắn mạch, lực điện từ do cuộn dây dòng điện sinh ra sẽ tác động vào cơ cấu tự do tuột khớp, lò xo cắt sẽ cắt máy cắt, vì vậy thời gian từ lúc có sự cố đến lúc tiếp điểm động chuyển động bị chậm lại chút ít, do đó dòng điện ngắn mạch đạt đến trị số lớn.

Ở aptomat thế hệ mới, lực điện từ của nam châm điện được tác động trực tiếp lên tiếp điểm động, không phụ thuộc vào các khâu truyền động trung gian, do đó giảm được thời gian cắt đáng kể, tăng vận tốc cắt của tiếp điểm, hạn chế được trị số dòng điện cắt, giảm khả năng nóng chảy và hàn dính của tiếp điểm, tăng khả năng cắt của tiếp điểm lên tới 3 lần so với thiết bị cũ cùng cỡ thế hệ trước.

c) Aptomat chống điện giật

Aptomat chống điện giật, còn gọi là thiết bị chống dòng điện rò hay aptomat vi sai, là thiết bị tự động cắt mạch điện khi dòng điện rò (dòng điện chạy từ dây dẫn xuống đất rồi trở về nguồn) đạt tới trị số nguy hiểm cho cơ thể người (từ 30mA trở lên), hoặc có thể gây ra phóng tia lửa điện (cỡ 500mA), gây ra hỏa hoạn.

Trong quá trình làm việc hoặc không làm việc, cách điện của các thiết bị điện sẽ bị già hoá theo thời gian, do tác động của nhiệt độ, môi trường... nên điện trở cách điện của chúng bị giảm, dòng điện rò tăng. Trị số dòng rò không lớn nên thiết bị bảo vệ theo dòng điện (quá tải, ngắn mạch) không tác động. Nếu vỏ thiết bị bằng kim loại không nối đất, khi điện rò, người chạm vào vỏ sẽ rất nguy hiểm. Aptomat chống điện giật sẽ tác động, cắt phụ tải ra khỏi lưới, bảo vệ an toàn cho con người. Nguyên lý làm việc của aptomat chống điện giật loại 2 cực (dây pha và dây trung tính) và loại 4 cực (3 dây pha và dây trung tính) được trình bày trên hình 5.16.



Hình 5.16. Nguyên lý của aptomat chống giật

Bộ phận nhạy cảm với dòng điện rò là một máy biến dòng vi sai (còn gọi là biến dòng thứ tự không) với cuộn dây sơ cấp là các dây của mạch lực. Khi không có dòng điện rò, dòng điện đi sẽ bằng dòng điện về trên các dây dẫn mạch lực qua lõi thép của biến dòng, do đó trong mạch từ của biến dòng BD sẽ không có từ thông, đầu ra của cuộn dây w_2 không có tín hiệu. Khi xuất hiện dòng điện rò, dòng điện đi (từ các dây pha) và dòng điện về (dây N) khác nhau, nên trong lõi thép của máy BD có từ thông, sinh ra tín hiệu mẫu ở cơ cấu SS, nếu đủ lớn, nó được truyền tới cơ cấu điều khiển ĐK để cơ cấu này cắt máy cắt. Điện trở R và nút ấn thử nghiệm dùng để kiểm tra chế độ làm việc của thiết bị.

Các aptomat chống giật được chế tạo loại 2 cực và 4 cực, với các trị số dòng điện rò định mức là 30mA, 100mA, 300mA với dòng điện định mức 25A, 40A và 60A dùng cho gia dụng, còn các loại 4 cực cho công nghiệp.

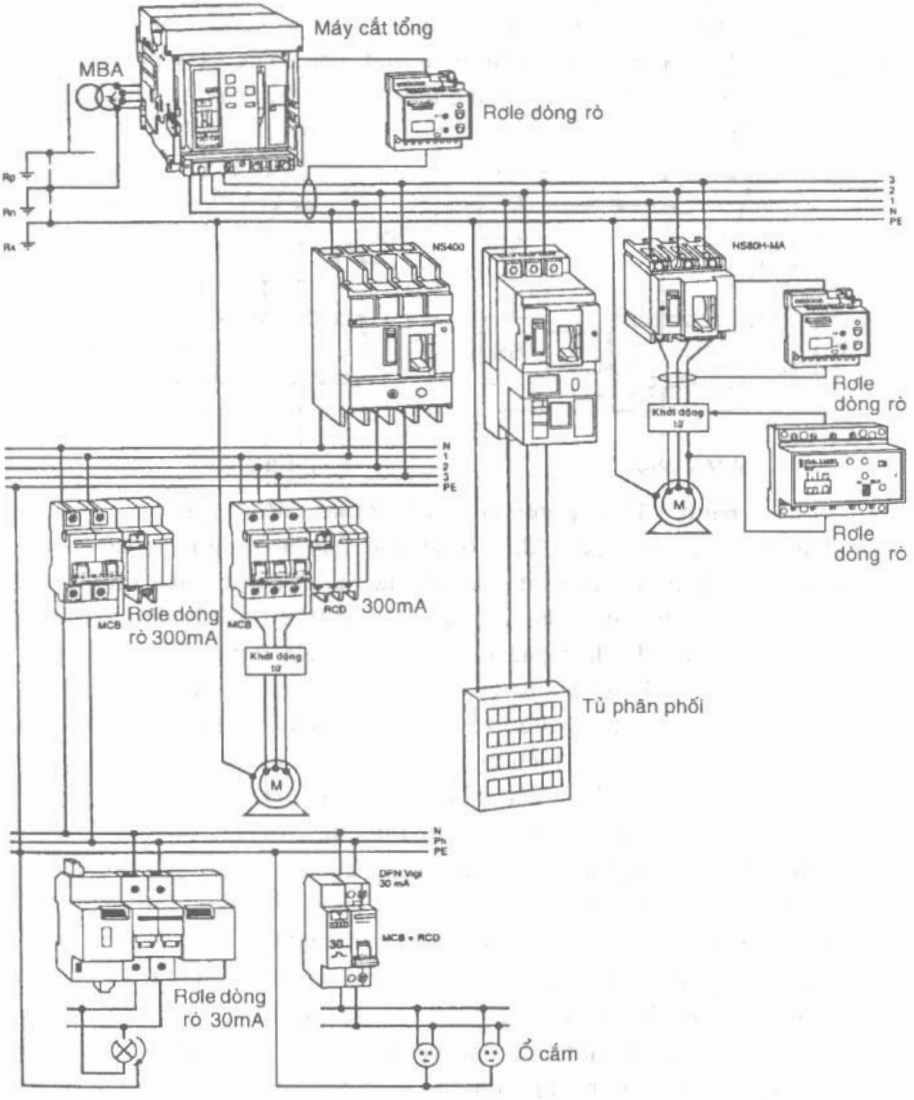
Cần lưu ý rằng aptomat chống giật không bảo vệ được quá tải và ngắn mạch, vì vậy nó được đặt sau cầu chì hoặc aptomat bảo vệ quá dòng.

Hiện nay đã có tổ hợp aptomat bảo vệ dòng điện rò và aptomat bảo vệ quá dòng điện đặt chung một vỏ, rất tiện lợi cho việc bảo vệ các phụ tải gia dụng như: bình nóng lạnh, bếp điện,...

5.3.4. Lựa chọn aptomat

Tùy theo thông số, kết cấu của phụ tải, mức độ bảo về để chọn loại, thông số của aptomat. Nguyên tắc lựa chọn aptomat như sau: điện áp định mức của aptomat phải ít nhất bằng điện áp định mức của lưới điện, còn dòng điện định mức của aptomat phải lớn hơn dòng điện định mức của tải khoảng (1,1 >> 1,2) lần. Tùy theo dạng tải, chọn loại dòng cắt từ B, C hoặc D (bảng 5.2).

Trên hình 5.17 trình bày sơ đồ bảo vệ dùng các loại aptomat cho hệ phân phối có trung tính làm việc N và dây nối đất an toàn PE.



Hình 5.17. Sơ đồ bảo vệ lưới điện hạ áp

5.4. RƠLE NHIỆT

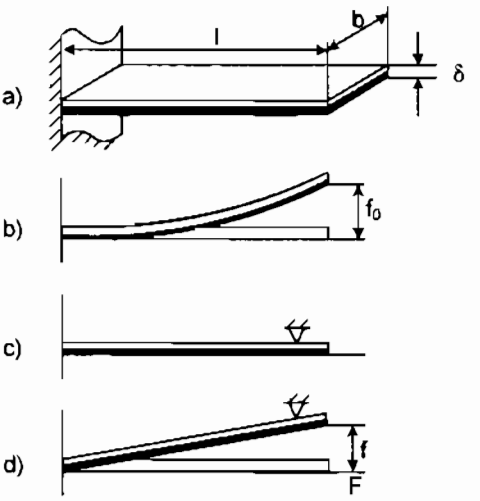
Nguyên lý làm việc của rơle nhiệt là dựa vào sự thay đổi kích thước của vật thể khi nhiệt độ của nó thay đổi.

Một thanh kim loại với hệ số giãn nở nhiệt α, có chiều dài l_1 ở nhiệt độ ϕ_1, khi nhiệt độ tăng tới ϕ_2, độ dài của nó tăng thêm:

$$\Delta_1 = l_1.\alpha.(\phi_2 - \phi_1)$$

Nếu hạn chế sự giãn nở dài thì thanh kim loại sẽ sinh ra ứng lực và có thể dùng ứng lực này để tác động lên tiếp điểm. Đại lượng đầu vào của rơle nhiệt là nhiệt độ, còn đại lượng đầu ra là trạng thái tiếp điểm của rơle.

Dựa vào chức năng, rơle nhiệt được chia thành hai loại: rơle nhiệt bảo vệ và rơle nhiệt điều chỉnh nhiệt độ. Rơle nhiệt sử dụng lò xo lá phẳng làm bằng lưỡng kim được cho trên hình 5.18.



Hình 5.18. Lò xo lá phẳng làm bằng lưỡng kim trong rơle nhiệt

5.4.1. Rơle nhiệt bảo vệ

Rơle nhiệt bảo vệ theo dõi nhiệt độ của đối tượng và phát tín hiệu cho mạch bảo vệ khi nhiệt độ đối tượng vượt quá nhiệt độ cho phép. Phần tử nhạy cảm nhiệt là tấm kim loại kép, còn gọi là lưỡng kim hoặc bimetan. Nếu hai thanh kim loại có hệ số giãn nở khác nhau α_1 và α_2, được gắn chặt chặt với nhau bằng cán dính, khi ở nhiệt độ môi trường nó ở trạng thái thẳng (hình 5.18), còn khi nhiệt độ cao với độ tăng nhiệt τ, nếu một đầu cố định, còn một đầu tự do (kiểu kết cấu congson), đầu tự do sẽ bị cong và nếu nó bị cản trở thì sẽ sinh ra lực tác dụng lên vật cản. Độ dời f_0 và lực tác dụng F_0 lên vật cản được tính bằng công thức:

$$f_0 = \frac{4}{3}\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\delta} l^2 \tau \qquad (5.20)$$

$$F_0 = \frac{3}{16}(\alpha_1 - \alpha_2)\frac{b\delta^2}{l}E\tau \qquad (5.21)$$

Trong đó: f_0 – Độ dời của đầu tự do tấm kim loại kép nếu không bị cản trở (hình 5.18b).

F_0– Lực tác dụng lên đầu cuối nếu nó bị cản trở hoàn toàn. Trong trường hợp này f = 0 (hình 5.18c).

α_1, α_2– Hệ số giãn nở nhiệt của tấm chủ động tấm bị động.

δ– Độ dày của tấm kim loại kép.

l– Chiều dài; b– Chiều rộng tấm kim loại kép.

$E = \frac{E_1 + E_2}{2}$ – Môđun đàn hồi của tấm kim loại kép.

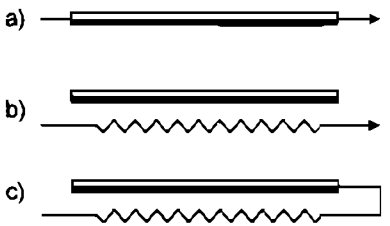
τ– Độ tăng nhiệt độ của tấm kim loại kép so với khi nó thẳng.

Nếu để kim loại kép cong đi một đoạn rồi mới cản (hình 5.18d) thì lực tác dụng sẽ là:

$$F = F_0 \frac{f_0 - f}{f_0} \qquad (5.22)$$

Ở rơle nhiệt bảo vệ, người ta lợi dụng độ dời f và lực F để thay đổi trạng thái của tiếp điểm.

Tấm kim loại kép được đốt nóng bằng dòng điện phụ tải. Có ba phương đốt nóng: trực tiếp, gián tiếp và hỗn hợp (hình 5.19); đốt nóng gián tiếp thực hiện bằng một phần tử nhiệt có dòng điện tải đi qua, đặt gần kim loại kép (5.19b), còn đốt nóng hỗn hợp kết hợp cả 2 hình thức trên (hình 5.19c). Đốt nóng trực tiếp có hằng số thời gian nhiệt bé, nhưng lại phức tạp cho việc chế tạo lưỡng kim vì khi dòng điện định mức thay đổi, kích thước của tấm kim loại kép cũng phải thay đổi. Đốt nóng gián tiếp có hằng số thời gian nhiệt lớn, nhưng lại tiện cho việc chế tạo rơle, vì khi dòng điện định mức thay đổi, ta chỉ việc thay đổi phần tử đốt nóng.



Hình 5.19. Các phương pháp đốt nóng

Năng lượng nhiệt mà phần tử nhạy cảm nhiệt thu nhận phụ thuộc vào tổn thất điện năng trên phần tử đốt nóng.

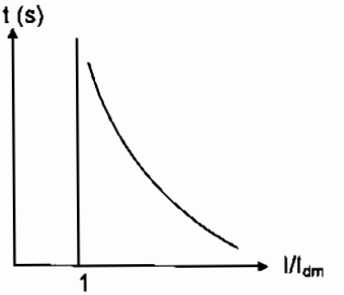
$$W = I^2Rt \qquad (5.23)$$

Trong đó: I– dòng điện của phụ tải.

R– điện trở của phần tử đốt nóng.

t– thời gian làm việc của phụ tải.

Từ (5.23) ta nhận thấy rằng, quan hệ giữa thời gian tác động t và dòng điện tác động I (còn gọi là đặc tính bảo vệ của rơle nhiệt) t = f(I) có dạng hypecbol, cho ở hình (5.20).



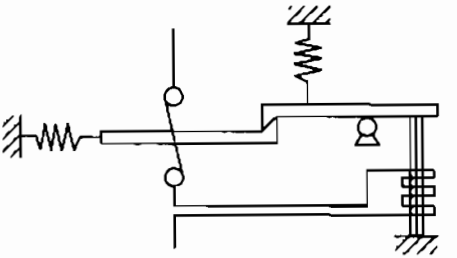
Hình 5.20. Đặc tính bảo vệ của rơle nhiệt

Khi $I < I_{dm}$ rơle không tác động, vì nhiệt độ thấp, độ chuyển rời của kim loại kép bé, chưa tạo ra được lực cần thiết nên tiếp điểm chưa thay đổi trạng thái. Khi dòng điện càng tăng, thời gian tác động càng giảm.

Nhiệt độ làm việc của kim loại kép trong các rơle nhiệt nằm trong khoảng $90^{\circ} \div 150^{\circ}C$.

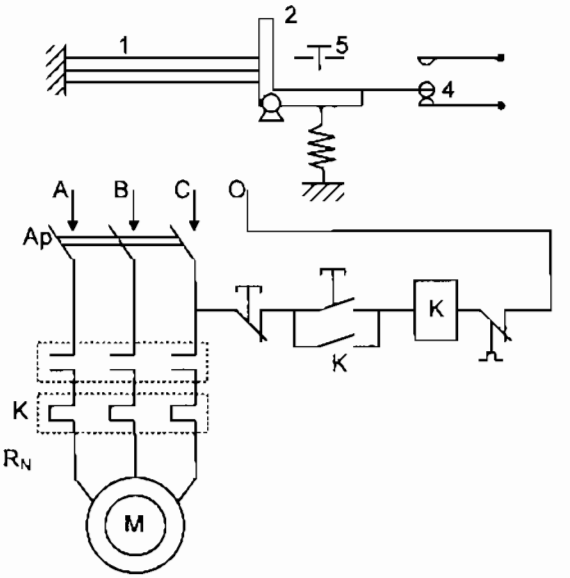
Rơle nhiệt bảo vệ được dùng để bảo vệ quá dòng trong các aptomat định hình, phần bảo vệ nhiệt và dùng để bảo vệ quá tải cho các động cơ điện trong khởi động từ.

Trên hình 5.21 trình bày nguyên lý làm việc của rơle nhiệt trong aptomat định hình. Khi dòng điện $I \leq I_{dm}$, tấm kim loại kép cong ít nên aptomat vẫn đóng. Khi dòng điện $I \geq I_{dm}$, nhiệt độ kim loại kép cao, bị cong về phía tay phải nên không giữ được trạng thái nằm ngang của tay đòn 2, lò xo 3 kéo đòn 2 làm bật móc với thanh truyền động 4 nên lò xo cắt 5 kéo tiếp điểm động cắt khỏi tiếp điểm tĩnh: mạch điện bị cắt.



Hình 5.21. Phần tử bảo vệ nhiệt trong aptomat

Trên hình 5.22 trình bày nguyên lý làm việc của rơle nhiệt dùng trong khởi động từ để bảo vệ quá tải cho động cơ điện. Khi động cơ điện bị quá tải, phần tử nhạy cảm nhiệt 1 (kim loại kép) được đấu nối với động cơ bị cong, nên thanh 2 bị mất cân bằng, lò xo 3 đẩy là thanh 2 quay đi một góc quanh trục O làm tiếp điểm thường đóng 4 bị hở, cắt điện cuộn hút K của công tắc tơ làm cắt điện mạch động lực. Muốn cho tiếp điểm 4 đóng trở lại, phải ấn nút hồi phục 5 sau khi lưỡng kim nguội.

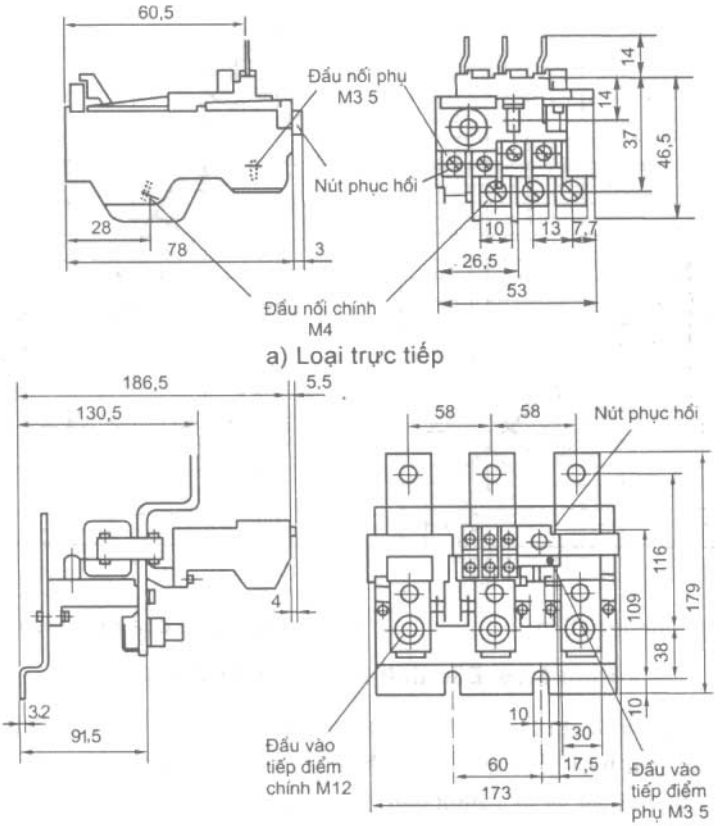


Hình 5.22. Rơle nhiệt của khởi động từ bảo vệ quá tải cho động cơ điện

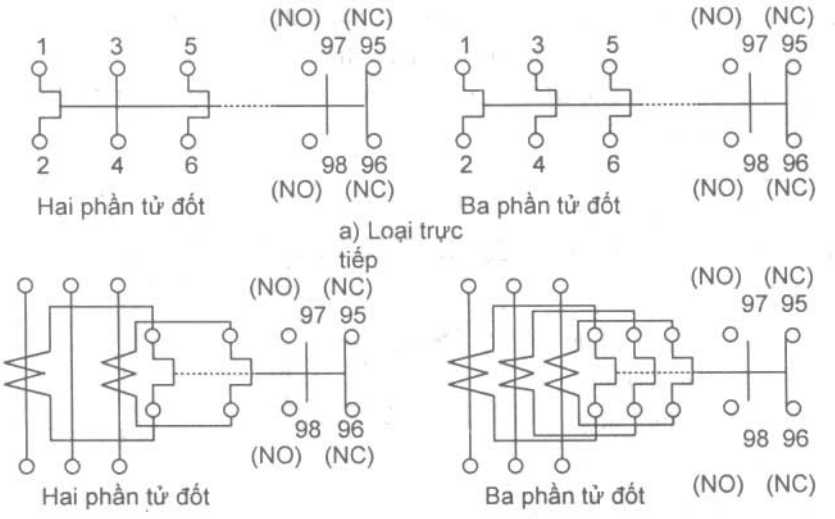
Rơle nhiệt trong khởi động từ được dùng rất rộng rãi để bảo vệ quá tải cho động cơ điện. Để đảm bảo tuổi thọ và độ tin cậy cho động cơ, đường đặc tính bảo vệ của rơle nhiệt phải nằm thấp hơn đặc tính của động cơ. Trị số dòng điện tác động của rơle nhiệt có thể thay đổi được trong một phạm vi hẹp.

Rơle nhiệt có loại hai phần tử đốt nóng và loại ba phần tử đốt nóng. Với các động cơ điện có công suất lớn, dòng điện làm việc khá lớn nên người ta còn chế tạo rơle nhiệt có máy biến dòng để giảm kích thước, giảm tổn hao ở phần tử đốt nóng. Các phần tử đốt nóng ở rơle không có biến dòng được đấu nối tiếp với mạch động lực, còn ở loại có máy biến dòng điện, mạch động lực được đấu nối tiếp với biến dòng. Mỗi rơle thường có 1 cặp tiếp điểm thường đóng (NC) và thường mở (NO), công suất cắt khoảng 5A, 250V.

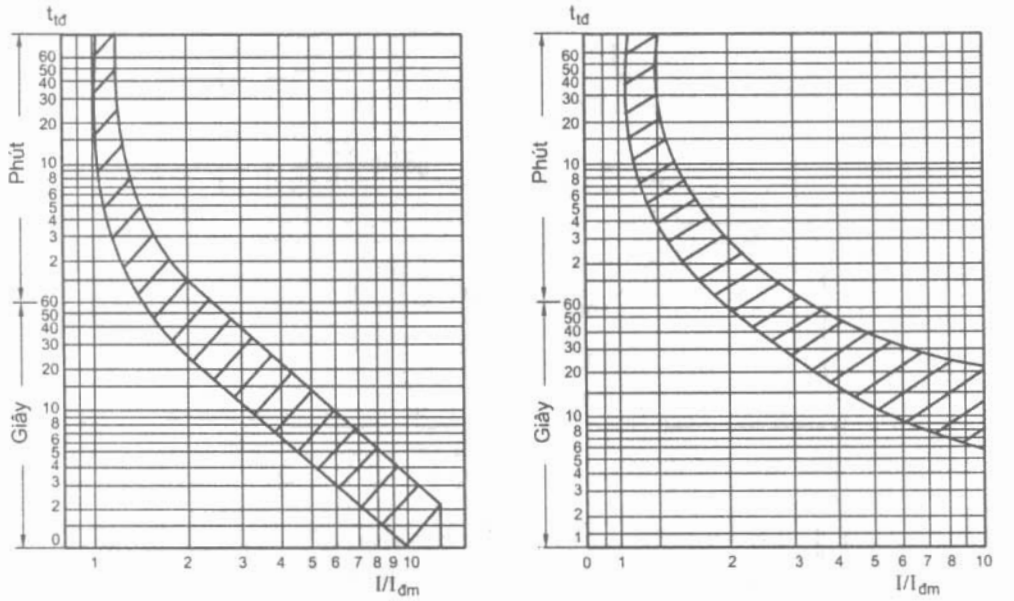
Trên hình 5.23 cho kết cấu của rơle nhiệt, trên hình 5.24 là các sơ đồ điện, còn trên hình 5.25 là đặc tính bảo vệ của chúng.



Hình 5.23. Cấu tạo của Rơle nhiệt



Hình 5.24. Sơ đồ điện của rơle nhiệt



a) Loại đốt nóng trực tiếp b) Loại đốt nóng qua máy biến dòng điện

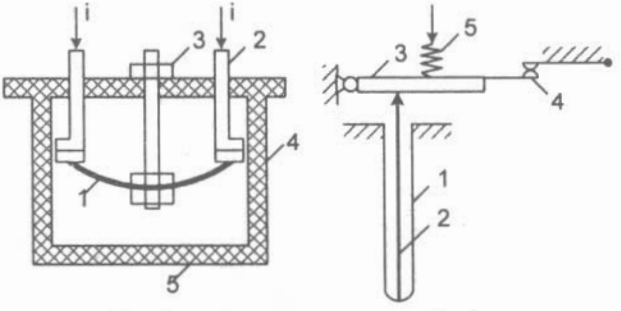
Hình 5.25. Đặc tính bảo vệ của rơle nhiệt

Người ta có thể kiểm tra rơle nhiệt bằng cách cho dòng điện cỡ 2 lần dòng định mức đi qua nó, nếu thời gian tác động khoảng từ 40s đến 60s đối với loại đốt nóng không có máy biến dòng và từ 1 phút đến 2 phút đối với loại có biến dòng là được.

5.4.2. Rơle điều chỉnh nhiệt độ

Chức năng của loại rơle này là theo dõi nhiệt độ của đối tượng. Khi nhiệt độ đạt đến giá trị đặt, rơle phát tín hiệu cho mạch điều khiển nhằm duy trì nhiệt độ của đối tượng trong phạm vi cho trước. Loại rơle này thường được sử dụng trong các lò sấy, bình đun nước nóng, bàn là... Yêu cầu của loại rơle là cần độ nhạy cao, hệ số nhả lớn để duy trì nhiệt độ trong phạm vi dao động bé.

Trên hình 5.26 trình bày nguyên lý cấu tạo của hai loại rơle điều chỉnh nhiệt độ thường gặp: rơle kiểu đồng tiền (hình 5.26a) và rơle kiểu ống (hình 5.26b).



a) Kiểu đồng tiền b) Kiểu ống

Hình 5.26. Rơle điều chỉnh nhiệt độ

Ở rơle nhiệt kiểu đồng tiền (hình 5.26a), tấm kim loại kép 1 hình đồng tiền được uốn lõm về một phía và trên nó có gắn hai tiếp điểm động. Ở nhiệt độ bình thường, mạch điện từ hai cọc nối điện 2 đi qua hai tiếp điểm và tấm kim loại kép, Vít điều chỉnh 3 dùng để điều chỉnh nhiệt độ tác động. Vỏ 4 bằng nhựa cách điện, còn mặt tiếp xúc 5 được tiếp xúc trực tiếp với vỏ thiết bị công tác. Khi nhiệt độ thiết bị công tác cao, nhiệt độ của rơle tăng cao làm lưỡng kim bị cong và bật phía lõm về hướng ngược lại làm cắt mạch điện. Loại rơle này trong bình đun nước nóng, trong lò sưởi...

Ở rơle nhiệt kiểu ống (hình 5.26b), ống 1 làm bằng đồng thau có hệ số dãn nở α lớn, còn đũa 2 làm bằng kim loại invar có hệ số giãn nở nhiệt không đáng kể. Một đầu của đũa 2 được gắn chặt với đáy của ống 1, còn đầu kia tỳ vào thanh 3 với tiếp điểm động. Khi nhiệt độ thấp, tiếp điểm động sẽ đè lên tiếp điểm tĩnh, mạch điện sẽ thông. Khi nhiệt độ cao, ống 1 dài ra phía đầu tự do nên kéo đũa 1 xuống phía dưới, lò xo 4 đẩy thanh 3 làm tiếp điểm động tách khỏi tiếp điểm tĩnh nên mạch điện bị cắt. Loại rơle này có phạm vi điều chỉnh nhiệt độ tới 200°C, thường dùng trong các tủ sấy.

5.5. RƠLE DÒNG ĐIỆN KIỂU ĐIỆN TỪ

Rơle dòng điện kiểu điện từ có cuộn dây mắc nối tiếp trực tiếp với phụ tải hoặc qua máy biến dòng điện. Khi dòng điện qua phụ tải đạt tới trị số đặt, sức từ động do cuộn dây sinh ra đủ lớn nên từ thông trong mạch từ tạo nên lực điện từ lớn hơn lực cản làm rơle tác động tức thời.

Rơle dòng điện được sử dụng rộng rãi để bảo vệ quá dòng điện, dùng trong tự động điều khiển, mở máy động cơ điện. Các loại rơle dòng điện thông dụng gồm: rơle dòng điện cực đại, rơle dòng điện điều khiển truyền động điện, rơle dòng điện khởi động động cơ không đồng bộ một pha.

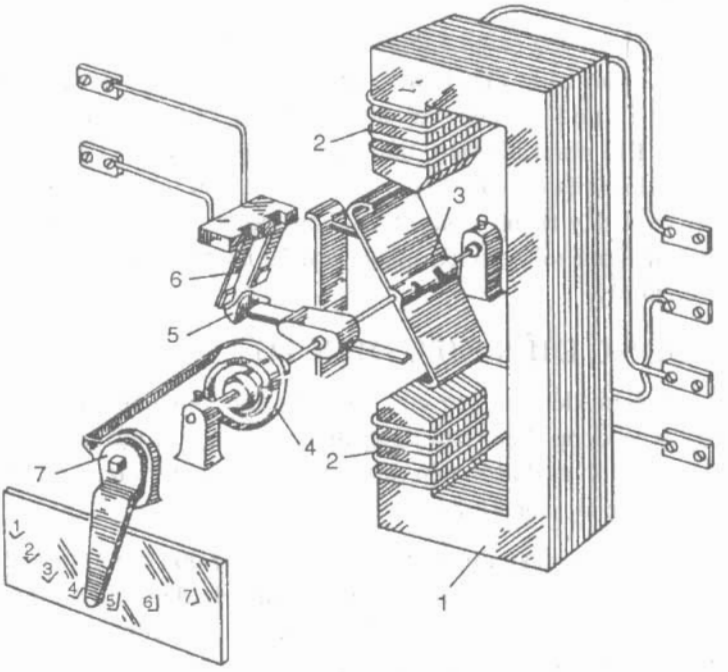
5.5.1. Rơle dòng điện cực đại

Dùng để bảo vệ lưới điện, các thiết bị điện có công suất lớn khi dòng điện vượt quá trị số chỉnh định. Trên hình 5.27 trình bày nguyên lý cấu tạo của loại rơle này. Mạch từ 1 hình chữ C làm bằng các là thép kỹ thuật điện để giảm tổn hao trong lõi thép. Cuộn dây 2 gồm hai nửa giống nhau, có thể đổi nối song song hoặc nối tiếp để thay đổi dải làm việc của dòng điện. Phần ứng 3 hình chữ Z, làm bằng vật liệu dẫn từ và gắn trên trục quay.

Khi dòng điện trong cuộn dây đạt tới trị số tác động, từ thông trong mạch từ đủ lớn, momen điện từ do nó sinh ra làm quay phần ứng theo chiều kim đồng hồ làm tiếp điểm động 5 đóng vào tiếp điểm tĩnh 6, rơle tác động.

Kết cấu phần động kiểu quay làm phần ứng chóng bão hoà và cho phép tạo ra dạng đặc tính momen điện từ và đặc tính momen cản của lò xo nhả tương tự nhau, do đó hệ số nhả của rơle tương đối lớn (đến 0,85). Lò xo kiểu xoắn ốc một đầu gắn

lên trục quay, còn đầu kia gắn lên tay đòn 7, do đó khi quay 7, độ căng của lò xo 4 thay đổi nên thay đổi được dòng điện tác động. Loại rơle này dùng được cả cho dòng điện 1 chiều và dòng điện xoay chiều, dòng điện dài hạn qua cuộn dây đến 10A nên phải đấu qua biến dòng với tỷ số thích hợp. Công suất tiêu thụ dưới 1W, công suất cắt của tiếp điểm đến 50W điện một chiều và 400VA với điện xoay chiều. Thời gian tác động khoảng (0,02 ÷ 0,03s) nếu trị số dòng tác động đạt 2 lần dòng đặt, độ chính xác cắt của rơle đạt ± 5%.



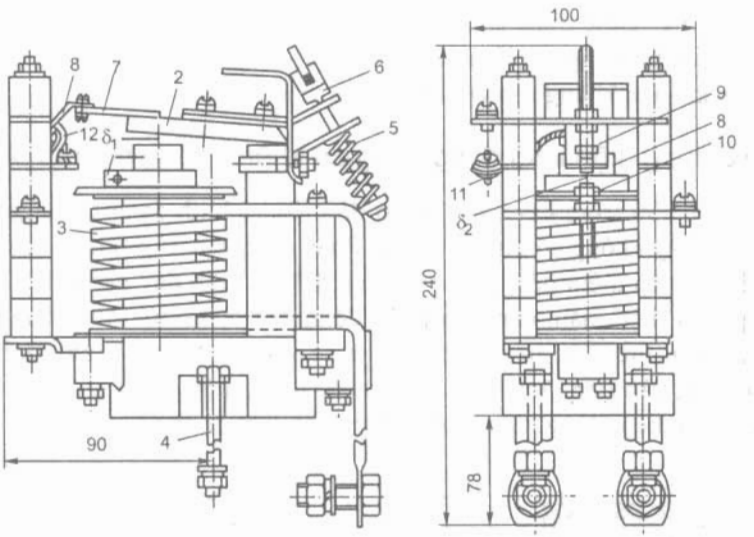
Hình 5.27. Rơle dòng điện cực đại

1– Mạch từ; 2– Cuộn dây; 3– Phần ứng hình Z; 4– Lò xo nhả;
5– Tiếp điểm động; 6– Tiếp điểm tĩnh; 7– Tay đòn chỉnh dòng điện

5.5.2. Rơle dòng điện điều khiển truyền động điện

Trên hình 5.28 trình bày cấu tạo rơle điện một chiều kiểu PƎB có hệ số nhả tương đối cao, thường sử dụng bảo vệ trong truyền động điện động cơ điện 1 chiều. Mạch từ 1 kiểu hút chập, lõi tròn. Nắp từ phẳng, quay trên cạnh rãnh trụ đảm bảo độ chống mòn cao. Cuộn dây dòng điện 3 quấn trên lõi có tiết diện lớn, tương ứng với cấp dòng điện của dãy động cơ. Đai ốc 6 để điều chỉnh lực căng của lò xo nhả 5. Nắp 2 nối với tiếp điểm động 8 qua tấm cách điện 7. Vít 4 để cố định rơle.

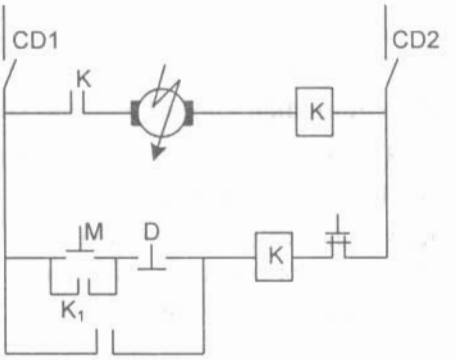
Rơle có hệ số nhả cao nhờ khe hở dư của mạch từ lớn (đến 5mm) mà độ chuyển dời của nắp lại nhỏ (dưới 1mm). Điều chỉnh dòng điện tác động bằng cách thay đổi độ căng của lò xo nhả 5 qua vít chỉnh 6.



Hình 5.28. Rơle dòng điện РЭВ.300

1– Mạch từ; 2– Phần ứng (nắp từ); 3– Cuộn dây dòng; 4– Vít lắp đặt; 5– Lò xo nhả; 6– Vít điều chỉnh; 7– Thanh cách điện; 8– Tiếp điểm động; 9– Tiếp điểm tĩnh thường đóng; 10– Tiếp điểm tĩnh thường mở; 11– Đầu nối; 12– Dây dẫn mềm.

Trên hình 5.29 trình bày sơ đồ đơn giản bảo vệ động cơ điện một chiều khi bị ngắn mạch.



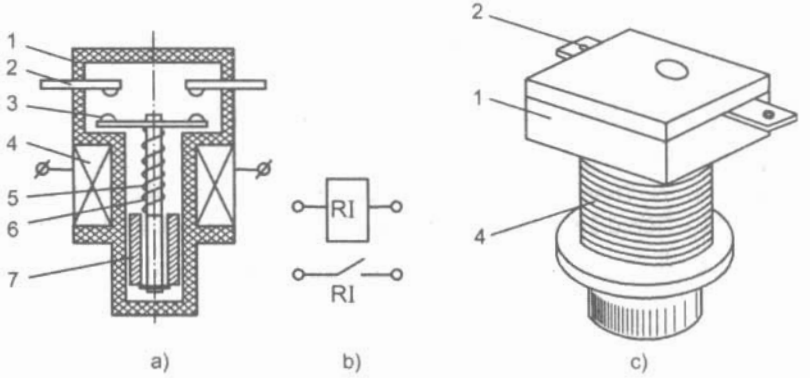
Hình 5.29. Bảo vệ động cơ một chiều khi ngắn mạch

Khi bị ngắn mạch dòng điện đi qua động cơ lớn, rơle dòng điện RI tác động, tiếp điểm thường kín của nó trên mạch cuộn hút của công tắc tơ K nhả, cắt điện cấp cho động cơ, đồng thời cuộn dây RI mất điện, tiếp điểm rơle thông mạch nhưng mạch cuộn hút của công tắc tơ bị hở ở nút ấn "chạy". Trong trường hợp mạch cuộn hút của công tắc tơ không dùng nút ấn mà dùng công tắc, để tránh trường hợp khi rơle nhả, động cơ lại được cấp điện, người ta chế tạo thêm một bộ phận đặc biệt, không cho nắp rơle trở về vị trí ban đầu khi nó mất điện: đây là loại rơle không tự phục hồi.

Kiểu rơle này cũng dùng cho dòng điện xoay chiều để bảo vệ dòng ngắn mạch như phần tử cắt từ trong các loại aptomat. Vì dòng điện định mức rất bé so với dòng ngắn mạch nên không cần có vòng ngắn mạch.

5.5.3. Rơle dòng điện khởi động động cơ không đồng bộ một pha

Trên hình 5.30 trình bày cấu tạo, sơ đồ điện và hình dạng bên ngoài của rơle này. Loại rơle này không có mạch từ tĩnh. Phần động của mạch từ là lõi sắt từ hình trụ, trên có gắn tiếp điểm động và lò xo tiếp điểm. Cuộn dây dòng điện được quấn trên khung cách điện, nằm cao hơn phần động của mạch từ. Khi dòng điện trong cuộn dây đủ lớn, lực điện từ do nó sinh ra sẽ kéo lõi thép lên phía trên làm tiếp điểm động đóng vào tiếp điểm tĩnh. Khi trị số dòng điện giảm, trọng lực của phần động sẽ kéo tiếp điểm động xuống phía dưới, cắt điện đi qua tiếp điểm.

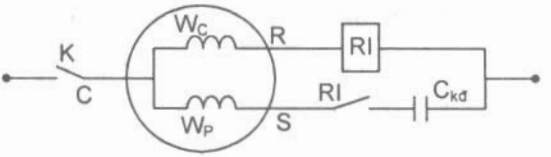


a) Cấu tạo b) Sơ đồ điện c) Hình dáng bên ngoài

Hình 5.30. Rơle dòng điện khởi động động cơ một pha

1) Nắp; 2– Tiếp điểm tĩnh; 3– Tiếp điểm động; 4– Cuộn dây dòng; 5– Lò xo tiếp điểm; 6– Giá tiếp điểm; 7– Lõi sắt.

Với kiểu kết cấu mạch từ hở, rơle có hệ số nhả khá cao (đến 0,9) nên thích hợp cho việc khởi động động cơ một pha công suất bé cần momen khởi động lớn như ở tủ lạnh gia dụng. Trên hình 5.31 cho mạch khởi động động cơ một pha có tụ khởi động $C_{kđ}$.



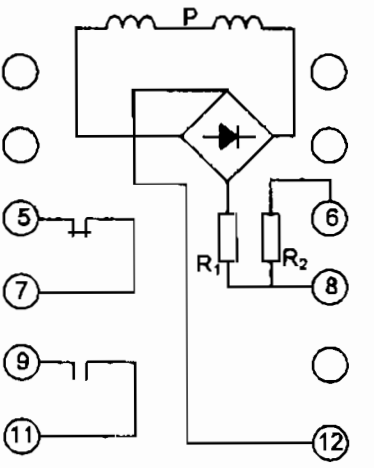
Hình 5.31. Sơ đồ khởi động động cơ một pha bằng rơle dòng và tụ điện

Khi đóng khoá K, cuộn dây chính W_C nối tiếp với cuộn dây dòng điện RI của rơle có điện. Vì động cơ đứng yên nên dòng điện lúc này khá lớn (5 ÷ 7) lần dòng định mức, sức từ động của rơle lớn, làm lõi sắt bị hút lên, đóng điện cho cuộn phụ

W_P, nối tiếp với tụ khởi động C_{kd}. Lúc này trong động cơ có hai từ thông lệch pha nhau (do hai dòng điện qua W_C và W_P) tạo nên, sinh ra momen quay lớn, động cơ tăng tốc nhanh, và dòng điện vào động cơ giảm dần. Khi tốc độ động cơ đạt khoảng 75% tốc độ định mức, dòng điện trong RI giảm xuống trị số rơi xuống, cắt mạch điện. Thời gian mở máy thường dưới 2s, nên điểm bị kẹt, dễ cháy cuộn khởi động.

5.5.4. Rơle điện áp kiểu điện từ

Dùng để bảo vệ thiết bị điện, lưới điện khi điện áp tăng quá phạm vi cho phép. Về cấu tạo, rơle gần giống rơle dòng điện cực đại, có hai nửa cuộn dây điện áp, được nối qua chỉnh lưu cầu và đấu nối tiếp với hai điện trở R_1 và R_2. Vì có chỉnh lưu nên điện kháng của cuộn dây không tham gia vào độ lớn của dòng điện mà trị số dòng điện chỉ phụ thuộc vào điện áp nguồn. Rơle có hai tiếp điểm: một thường kín, một thường hở. Rơle có hai dải điện áp làm việc. Ở dải điện áp thấp, cuộn dây rơle nối tiếp với điện trở R_1 còn ở điện áp cao rơle nối tiếp với cả hai điện trở. Điều chỉnh trị số tác động của điện áp bằng cách điều chỉnh độ căng của lò xo phản lực.



Hình 5.32. Sơ đồ điện của rơle điện áp cực đại

Sau đây là các thông số của rơle điện áp cực đại loại PH – 53 của Liên Xô:

– Hệ số nhả không bé hơn 0,8.

– Công suất tiêu thụ không lớn hơn 1VA.

– Thời gian tác động không lớn hơn 0,1s.

– Công suất tiếp điểm: 2A, 250V.

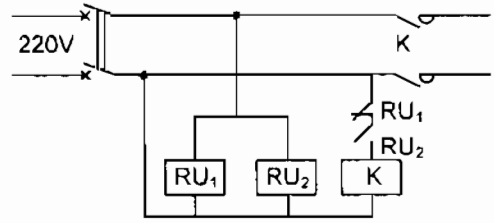
Bảng 5.3. Dải điện áp của rơle điện áp cực đại loại PH – 53

Dải điện áp	I		II	
Rơle	U_{td}[V]	U_{dm}[V]	U_{td}[V]	U_{dm}[V]
PH 53/60	15 – 30	30	30 – 60	60
PH 53/200	50 – 100	100	100 – 200	200
PH 53/400	100 – 200	200	200 – 400	400

Rơle điện áp cực tiểu dùng để bảo vệ thiết bị khi điện áp giảm quá mức cho phép. Người ta cũng có thể dùng rơle điện áp cực đại nhưng giá trị tác động bé để bảo vệ điện áp thấp.

Trên hình 5.33 trình bày sơ đồ bảo vệ điện áp cao và điện áp thấp cho tải định mức 220V. Rơle điện áp thấp RU_1 có điện áp đặt là 180V, còn rơle RU_2 bảo vệ điện áp cao có điện áp đặt là 250V.

Tiếp điểm thường mở của RU_1 đấu nối tiếp với tiếp điểm thường đóng RU_2 và nối tiếp với cuộn dây của công tắc tơ K, còn tiếp điểm động lực của công tắc tơ được đấu nối tiếp với tải. Với sơ đồ này tải chỉ cấp nguồn trong dải điện áp từ 180 đến 250V.



Hình 5.33. Bảo vệ điện áp cao và thấp

Một trong những nhược điểm của rơle điện áp kiểu điện từ là khi điện áp biến động trong một quãng thời gian ngắn (dưới 1s) rơle tác động, tải bị cắt điện, mặc dù biến động điện áp với thời gian bé có thể coi như nhiễu, chưa ảnh hưởng lớn để phải cắt tải.

5.6. RƠLE ĐIỆN TỬ BẢO VỆ DÒNG ĐIỆN VÀ ĐIỆN ÁP

5.6.1. Rơle bảo vệ quá dòng điện kiểu điện tử (EOCR)

Cấu trúc của rơle gồm khối vi xử lý, các vi mạch chuyên dụng và ba biến dòng đầu vào.

Chức năng của rơle gồm:

– Bảo vệ quá dòng điện, mất pha, đảo pha, mất cân bằng pha...

- Hiển thị các dòng điện làm việc, trạng thái sự cố.

– Khả năng chọn lọc đặc tính bảo vệ.

– Chỉnh định độc lập thời gian khởi động và thời gian tác động.

Thường gặp ba loại rơle quá dòng:

– Loại EOCR – 3DD: cảnh báo tải.

– Loại EOCR – 3DS: bảo vệ dòng ngắn mạch.

– Loại EOCR – 3SS: bảo vệ chạm đất.

Thông số, sơ đồ nối dây của các loại rơle này được cho ở Phụ lục 9.

5.6.2. Rơle điện áp kiểu điện tử (EVR)

Loại rơle này có cấu trúc trên cơ sở khối vi xử lý và các mạch chuyên dụng. Đây là rơle điện tử ba pha đa chức năng, có hai loại: loại tương tự và loại số. Chức năng của chúng gồm:

– Bảo vệ quá điện áp có trễ.

– Bảo vệ sụt áp có trễ.

– Bảo vệ mất pha và đảo pha.

Riêng loại rơle số còn có thêm chức năng bảo vệ không cân bằng pha và có thêm chức năng hiển thị điện áp các pha và thời gian chỉnh định lớn hơn. Thông số, sơ đồ nối dây của loại rơle này được cho ở Phụ lục 10.

Chương 6

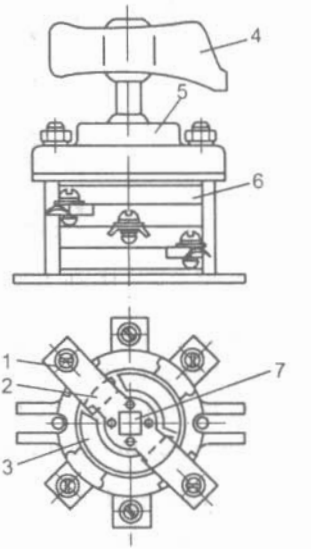
CÁC KHÍ CỤ ĐIỆN ĐIỀU KHIỂN

6.1. CÁC KHÍ CỤ ĐIỆN ĐIỀU KHIỂN BẰNG TAY

6.1.1. Chuyển mạch

Chuyển mạch là thiết bị đóng cắt bằng tay, dùng để đóng cắt, chuyển mạch không thường xuyên các mạch điều khiển và mạch động lực hạ áp.

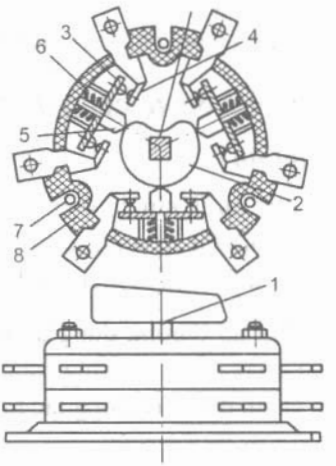
Trên hình 6.1 trình bày hình dạng một chuyển mạch kiểu hộp, có dòng điện định mức đến vài ampe. Khi xoay núm 4 nhờ lò xo xoắn nằm trong ổ 5 xoắn lại, lực lò xo làm trục 7 quay. Các tiếp điểm động 2 gắn trên trục 7 sẽ chém vào các tiếp điểm tĩnh 1. Lực ép tiếp điểm nhờ lực đàn hồi của hai má tiếp điểm tĩnh. Mỗi tầng được ngăn cách với nhau bằng đĩa cách điện 6. Các miếng đệm 3 bằng vật liệu cách điện, có tính dẫn hướng cho tiếp điểm động chuyển động dễ dàng. Loại trên hình vẽ có ba pha, hai vị trí đóng và cắt. Nó được dùng cho nguồn ba pha công suất bé.



Hình 6.1. Chuyển mạch ba pha

Nhược điểm chính của loại này là hệ thống tiếp điểm chóng bị mòn, tuổi thọ đạt khoảng 2.10^{-4} lần đóng cắt.

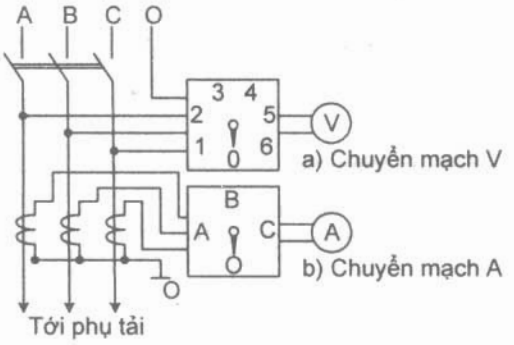
Đối với dòng điện định mức lớn hơn, dùng cơ cấu truyền động kiểu cam, có lò xo tiếp điểm. Trên hình 6.2 trình bày kết cấu của loại chuyển mạch này. Trên vỏ 8 bằng vật liệu cách điện được gắn các tiếp điểm tĩnh 4. Khi quay trục 1, cam 3 quay theo làm đóng mở các tiếp điểm tương ứng. Loại này có ưu điểm lớn hơn vì có lò xo tiếp điểm, tuổi thọ gấp mười lần loại trên.



Hình 6.2. Chuyển mạch kiểu cam

Chuyển mạch đo điện áp và chuyển mạch đo dòng điện được dùng phổ biến trong các tủ bảng điện ba pha.

Chuyển mạch đo điện áp (còn gọi là chuyển mạch vôn) có bốn đầu vào cho ba pha và dây trung tính, có hai đầu ra đấu với vôn mét. Với 7 nấc chuyển mạch, ta có thể kiểm tra ba điện áp pha, ba điện áp dây, còn nấc thứ bảy là cắt vôn mét. Sơ đồ hình đấu dây của loại chuyển mạch này được cho ở hình 6.3.



Hình 6.3. Sơ đồ đấu dây chuyển mạch V–A

Chuyển mạch đo dòng điện (còn gọi là chuyển mạch ampe) dùng để kiểm tra cách điện của các pha. Dòng điện định mức đi qua tiếp điểm của loại chuyển mạch dòng điện là 16A. Với các tải lớn, dòng điện đo qua các máy biến dòng điện. Sơ đồ đấu dây của chuyển mạch dòng điện cho ở hình 6.3.

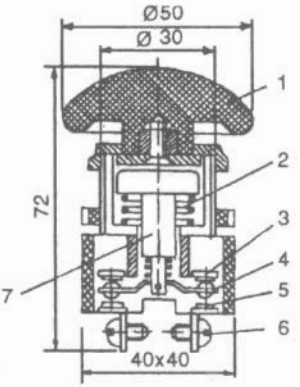
Ở chuyển mạch điện áp, khi đo điện áp của pha nào thì vôn mét được nối với pha đó, còn các pha khác hở mạch. Còn ở chuyển mạch dòng điện, khi đo dòng của pha nào thì thứ cấp của pha đó được nối với ampe mét, còn thứ cấp của hai biến dòng còn lại được nối ngắn mạch. Vì vậy, không được dùng chuyển mạch áp cho đo dòng và chuyển mạch dòng cho đo áp.

6.1.2. Nút ấn và công tắc hành trình

a) Nút ấn

Nút ấn là khí cụ điện điều khiển bằng tay, dùng để điều khiển từ xa các khí cụ điện đóng cắt bằng điện từ, điện xoay chiều và điện một chiều hạ áp.

Nút ấn thường dùng để khởi động, dừng và đảo chiều quay động cơ bằng cách đóng cắt các cuộn dây nam châm điện của công tắc tơ, khởi động từ.



Hình 6.4. Nút ấn

Trên hình 6.4 trình bày cấu tạo của một nút ấn. Khi ấn nút 1, tiếp điểm động kiểu cầu 4 gắn trên trục 7 sẽ mở tiếp điểm thường kín 3 và đóng tiếp điểm thường hở 5. Khi không ấn nữa, lò xo nhả 2 sẽ đưa tiếp điểm động về vị trí ban đầu. Điện được đưa vào và lấy ra qua các vít 6.

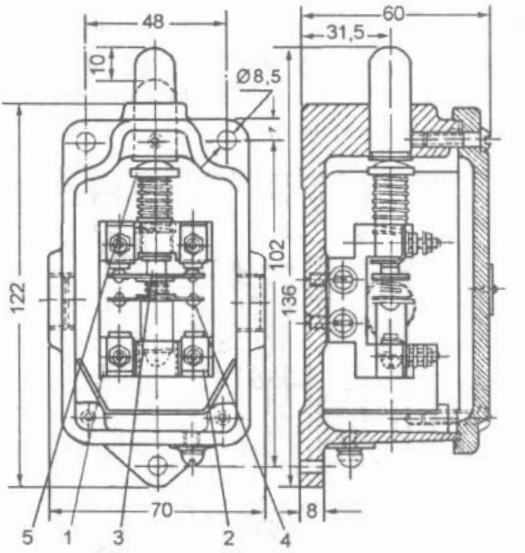
Các loại nút ấn thông dụng có dòng điện định mức 5A, điện áp định mức 400V, tuổi thọ đóng cắt đến 200000 lần đóng cắt, tuổi thọ cơ đến 1000000 lần đóng cắt. Các nút ấn hiện đại đều có hai cặp tiếp điểm độc lập, một thường hở và một thường kín, có cấp bảo vệ chống bụi và nước cao. Nút ấn màu đỏ thường dùng để dừng máy, còn nút màu xanh dùng cho khởi động máy.

b) Công tắc hành trình

Công tắc hành trình dùng để đóng cắt, chuyển mạch điều khiển trong truyền động điện tự động theo tín hiệu "hành trình" của các cơ cấu truyền động cơ khí nhằm điều khiển hành trình làm việc hoặc cắt điện ở cuối hành trình để đảm bảo an toàn. Loại công tắc này được dùng rộng rãi trong công nghiệp cũng như trong thiết bị gia dụng như công tắc phanh của xe cơ giới, công tắc cửa tủ lạnh, các công tắc cầu thang máy, cầu trục.

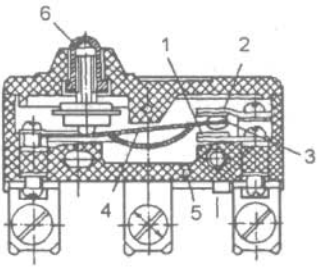
Yêu cầu đối với công tắc hành trình là độ tin cậy, tuổi thọ cao, tốc độ cắt của tiếp điểm động phải lớn để tránh phát sinh hồ quang khi đóng cắt và phải đủ độ bền cơ, chịu va đập khi làm việc. Tùy theo kết cấu và vị trí lắp đặt, ta có các loại công tắc hành trình khác nhau.

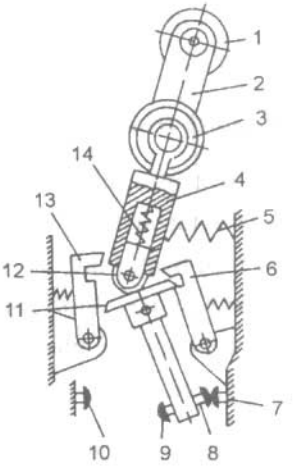
Trên hình 6.5 trình bày cấu tạo của công tắc hành trình kiểu nút ấn, dòng điện 6A, điện áp 500V. Trên đế cách điện 1 được lắp các cặp tiếp điểm tĩnh và tiếp điểm động. Vỏ và đầu hành trình đều làm bằng kim loại nên chịu lực va đập cao. Hành trình của công tắc này đạt 10mm. Khi tác động lên đầu hành trình 6, trục 3 sẽ bị đẩy xuống dưới làm mở cặp tiếp điểm thường đóng phía trên và đóng cặp tiếp điểm thường mở phía dưới. Khi hết tín hiệu hành trình (không còn lực ấn lên đầu hành trình) lò xo nhả sẽ đưa phần động về vị trí ban đầu. Tiếp điểm động có lò xo tiếp điểm, đảm bảo tiếp xúc điện tốt. Loại công tắc hành trình này thường đặt ở cuối hành trình.



Hình 6.5. Công tắc hành trình kiểu nút ấn

Trên hình 6.6 cho kết cấu của công tắc hành trình tế vi, loại cần hành trình bé, chính xác (dưới 1mm). Trên hình 6.7 cho nguyên lý kết cấu của công tắc hành trình kiểu đòn.



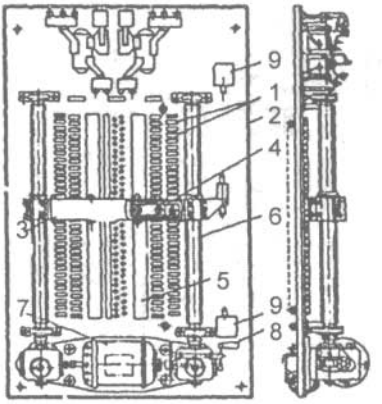


Hình 6.6. Công tắc hành trình tế vi **Hình 6.7. Công tắc hành trình kiểu đòn**

6.1.3. Các bộ khống chế và điều khiển

Là loại khí cụ điện chuyển mạch bằng tay gạt hay vô lăng, dùng để thực hiện gián tiếp hay trực tiếp các chuyển mạch điều khiển, khởi động, điều chỉnh tốc độ, đảo chiều quay các phụ tải điện năng và các thiết bị công tác.

Tùy theo cấu tạo, các bộ khống chế chia thành kiểu phẳng, kiểu trống hoặc kiểu cam. Trên hình 6.8 cho cấu tạo bộ khống chế kiểu phẳng, điều khiển động cơ điện cũng có thể điều khiển bằng tay quay. Bộ khống chế kiểu phẳng có nhiều tiếp điểm, điều khiển được nhiều đối tượng. Tuy vậy hạn chế của tiếp điểm loại này là khả năng tải của tiếp điểm bé.

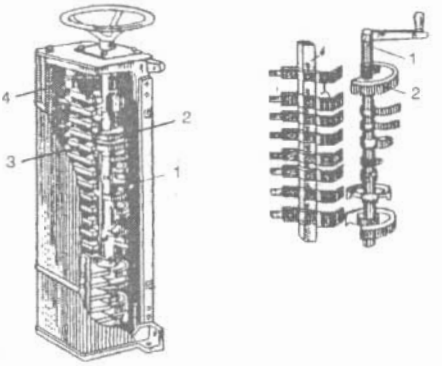


1– Tiếp điểm tĩnh
2– Đế cách điện
3– Xà ngang
4– Tiếp điểm động
5– Thanh dẫn điện
6– Vít truyền động
7– Động cơ
8– Tay quay
9– Công tắc điểm đầu cuối

Hình 6.8. Bộ khống chế kiểu phẳng

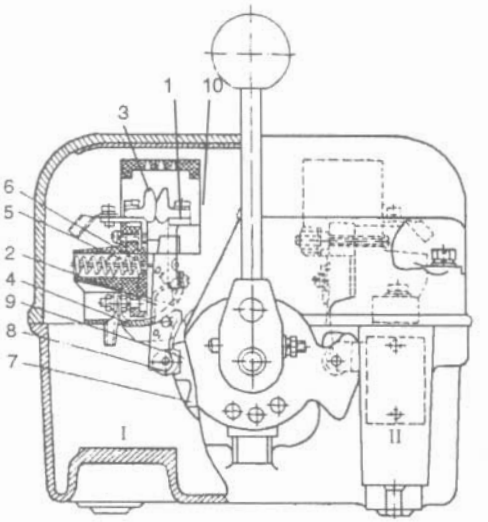
Công tắc tơ hành trình 9 đặt ở đầu và cuối của hành trình xà ngang 4, không cho phép xà này vượt quá giới hạn hành trình cho phép.

Bộ khống chế kiểu chống được cho ở hình 6.9. Trên trục 1 bọc cách điện được cố định các cung bằng đồng 2 có độ lớn khác nhau. Các tiếp điểm tĩnh 3 bằng đồng đàn hồi, cố định đặt trên thanh cách điện 4. Khi quay trục 1, các đoạn vòng trượt 2 tiếp xúc với các tiếp điểm tĩnh 3. So với bộ không chế kiểu phẳng, loại kiểu trống có khả năng chuyển mạch tốt hơn và dễ dàng thay thế tiếp điểm khi bị mòn.



Hình 6.9. Bộ khống chế kiểu chống

Trên hình 6.10 trình bày bộ khống chế kiểu cam. Tiếp điểm loại khống chế này cho phép dòng điện lớn đi qua, vì có buồng dập hồ quang. Loại không chế kiểu cam có tốc độ đóng cắt nhanh, đóng cắt bằng lò xo và cắt bằng cam, do đó dù tiếp điểm có bị hàn dính thì khi cắt vẫn tách ra được. Loại này thường để chuyển mạch các mạch động lực, dòng điện đến hàng trăm ampe.



1– Tiếp điểm động
2 – Giá đỡ tiếp điểm động
3– Tiếp điểm tĩnh
4– Dây dẫn mềm
5– Lò xo tiếp điểm
6– Thanh dữ lò xo
7– Cam
8– Con lăn
9– Trục chính
10– Buồng dập hồ quang

Hình 6.10. Bộ khống chế kiểu cam

6.2. CÁC THIẾT BỊ HẠN CHẾ DÒNG ĐIỆN

Điện trở, biến trở, cuộn kháng là các loại dùng để hạn chế và điều chỉnh dòng điện trong mạch điện.

6.2.1. Điện trở và biến trở

Điện trở được đặc trưng bởi trị số R, dùng để hạn chế dòng điện mở máy đối với động cơ điện một chiều, điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ rôto dây quấn, điều chỉnh kích từ trong các máy điện, đốt nóng các thiết bị gia nhiệt... Điện trở có trị số thay đổi được gọi là biến trở.

a) Vật liệu điện trở

Các yêu cầu đối với vật liệu điện trở là: điện trở suất cao để giảm khối lượng, có nhiệt độ nóng chảy cao, hệ số nhiệt điện trở bé, không bị môi trường ăn mòn, dễ gia công và giá thành hạ.

Những vật liệu thường dùng để chế tạo điện trở được cho ở bảng 6.1.

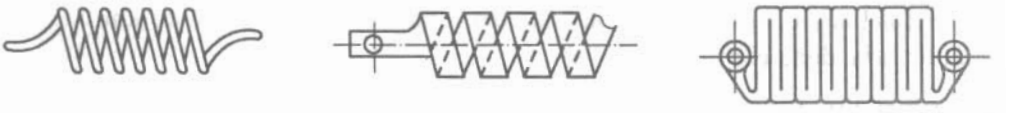
Bảng 6.1. Những vật liệu thường dùng để chế tạo điện trở

Vật liệu	Thành phần (%)	Điện trở suất ở 20^0C ($\Omega mm^2/m$)	Hệ số nhiệt độ ($1/^0C$)	Nhiệt độ cho phép (^0C)
Constantan	Cu60, Ni40	0,42 – 0,48	0,00003	500
Nicrom A	Ni87; Cr11; Mn2	0,87	0,00017	1000
Nicrom B	Ni61; Cr15; Fe20; Mn4	1,13	0,00017	1000
Fecran	Fe80; Cr15; Al15	1,18	0,00008	850
Gang	Fe92,8; C3,6; Si1,72; Mn0,75	0,8	0,001	400
Nikeline	Cu62; Ni18; Zn20	0,42	0,0003	200
Dây thép		0,11 – 0,13	0,0024 – 0,0048	200 – 300
Thép lá kỹ thuật điện		0,3	0,002	150 – 200

Thép có điện trở suất bé, đã bị oxy hoá, vì vậy chỉ làm cho biến trở ngâm dầu. Gang có điện trở lớn nhưng dễ gãy vì giòn, thường làm điện trở dạng gang đúc để mở máy. Constantan có điện trở suất tương đối lớn, chịu ăn mòn, hệ số nhiệt điện trở bé nhưng nhiệt độ nóng chảy nên thường làm điện trở cho mục đích đo lường, thí nghiệm. Nicrom có điện trở suất cao, nhiệt độ làm việc lớn nên được dùng làm phần tử gia nhiệt như lò nung. Fecran có điện trở suất lớn, nhưng nhiệt độ làm việc thấp hơn Nicrom nhưng giá thành hạ nên dùng khá phổ biến.

b) Kết cấu của điện trở: có loại phần tử không có khung và loại có khung

Ở loại không có khung, dây điện trở được quấn theo dạng xoắn ốc, vòng nọ sát vòng kia trên một lõi quấn hoặc định hình kiểu ziczac. Để tạo khoảng cách cách điện giữa hai vòng, phải kéo hai đầu bằng móc vào sứ cách điện. Trên hình 6.11 trình bày loại phần tử không có khung. Ưu điểm của loại này là cấu tạo đơn giản, hệ số tỏa nhiệt tốt nên có thể chọn mật độ dòng điện lớn. Nhược điểm của kết cấu này là dễ bị rung khi làm việc ở nhiệt độ cao và các vòng chạm nhau gây ngắn mạch cục bộ.

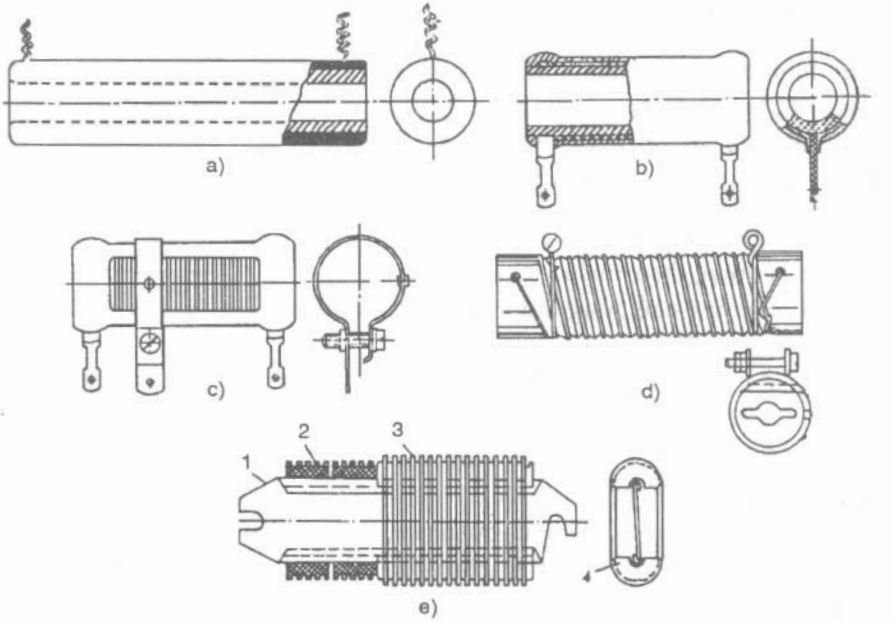


a) Dạng xoắc ốc b) Dây dẹt c) Dạng ziczac

Hình 6.11. Phần tử điện trở không có khung

Ở loại phần tử điện trở có khung, dây điện trở dạng tròn hay dẹt được quấn trên khung bằng vật liệu cách điện chịu nhiệt như sứ, samốt... Ưu điểm chính của loại có khung là kết cấu chắc chắn, nhiệt độ làm việc được nâng cao mà không sợ bị ngắn mạch giữa các vòng dây cạnh nhau. Tuy vậy, vì có khung nên bề mặt tỏa nhiệt bị hạn chế.

Trên hình 6.12 trình bày kết cấu vài loại điện trở có khung.



Hình 6.12. Các phần tử điện trở có khung

1– Cốt thép; 2– Khung cách điện ; 3– Dây điện trở

Loại khung sứ không có rãnh (hình 6.12a, b) thường để quấn dây điện trở có đường kính bé, bên ngoài có tráng cách điện (tương tự như dây men quấn động cơ điện) chịu nhiệt, có công suất từ vài wat đến hàng trăm wat, điện trở từ vài ôm đến hàng chục kilo ôm, nhiệt độ làm đến 150^0C.

Loại khung sứ có rãnh (hình 6.12c, d) dùng quấn điện trở đường kính tròn lớn hơn loại không có rãnh, nhiệt độ loại này chịu được cao hơn, đến 300^0C.

Loại có khung thép (hình 6.12e) có ốp 2 bên nẹp có rãnh bằng sứ hoặc samốt, có thể quấn dây điện trở dạng tròn hoặc dẹt. Loại này có cường độ cơ khí tốt, tỏa nhiệt tốt hơn, dùng cho công suất lớn.

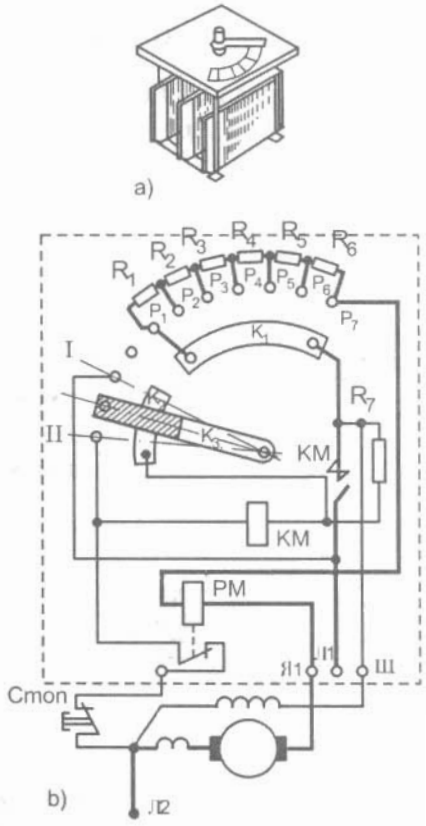
c) Các loại biến trở

Tùy theo môi trường làm việc của phần tử điện trở, ta có biến trở khô (biến trở không khí), biến trở dầu và biến trở dung dịch.

Biến trở khô có các phần tử điện trở đặt trong không khí. Vỏ hộp của biến trở có cấu tạo thuận lợi cho luồng không khí đối lưu tự nhiên làm sạch và làm mát các phần tử đốt nóng. Nhiệt độ lớn nhất của vỏ biến trở không được vượt quá 60^0C, còn nhiệt độ chỗ tiếp xúc không vượt quá 110^0C.

Trên hình 6.13a trình bày hình dạng bên ngoài của một biến trở không khí. Hình 6.13b là sơ đồ điện của biến trở mở máy động cơ điện một chiều với 6 cấp điện trở R_1 đến R_6.

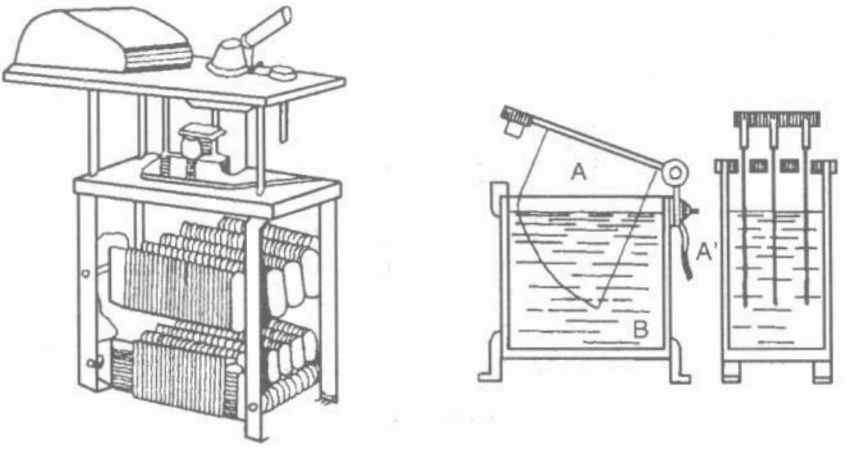
Khi mở máy, tay quay K_3 được quay theo chiều kim đồng, theo chiều giảm dần của các cấp điện trở, hạn chế dòng điện mở máy của động cơ. Khi dừng máy, tay quay K_3 quay theo chiều ngược lại làm điện trở nối với phần ứng động cơ tăng dần, giảm dòng điện trong động cơ, thuận tiện cho việc cắt điện (vì dòng điện bé nên hồ quang bé).



Hình 6.13. Biến trở khô

Trên hình 6.14a trình bày các bộ phận bên trong của một biến trở dầu. Các phần tử điện trở được ngâm trong dầu cách điện nên điều kiện làm máy tốt hơn vì dầu có độ dẫn nhiệt và nhiệt dung riêng lớn hơn không khí. Biến trở dầu thích hợp với chế độ làm việc ngắn hạn. Nhược điểm của loại này là có thể gây cháy nổ. Nó thường dùng làm biến trở mở máy động cơ không đồng bộ rôto dây quấn từ 50 đến 500kW.

Trên hình 6.14b cho cấu tạo của biến trở dung dịch. Ở loại biến trở này, phần tử điện trở là dung dịch (chất lỏng điện giải hoặc muối). Trị số điện trở của loại biến trở này phụ thuộc vào khoảng cách giữa các bản cực, phần tiết diện của bản cực ngập trong dung dịch (được điều chỉnh bằng tay quay) và nồng độ của dung dịch. Vì điện trở suất của dung dịch phụ thuộc vào nhiệt độ nên phải hiệu chỉnh sao cho nhiệt độ dung dịch không thay đổi quá lớn. Biến trở dung dịch có thể chế tạo với công suất lớn. Nhược điểm chính của loại này là điện cực dễ bị ăn mòn điện hoá.



a) Biến trở dầu b) Biến trở dung dịch

Hình 6.14. Biến trở lỏng

6.2.2. Kháng điện

a) Khái niệm chung về kháng điện

Kháng điện là phần tử điện cảm, dùng để hạn chế dòng điện trong mạch điện.

Theo công dụng, kháng điện có các loại như kháng điện điều chỉnh điện áp để thay đổi tốc độ động cơ điện, kháng điện mở máy, kháng điện hạn chế dòng ngắn mạch trong lưới điện cao áp.

Theo môi trường làm việc, ta có cuộn kháng không khí (còn gọi là cuộn kháng khô) và cuộn kháng dầu. Cuộn kháng khô thường chế tạo cho cấp điện áp thấp (dưới 10kV), vì không có khí chưa phải có cường độ cách điện cao. Cuộn kháng ngâm dầu thường được chế tạo cho điện áp cao trên 10kV.

Yêu cầu chung đối với kháng điện là:

– Trị số điện cảm của cuộn kháng phải là hằng hoặc ít thay đổi theo dòng điện qua nó.

– Cuộn kháng không được làm méo sóng điện hình sin.

– Tổn hao năng lượng tác dụng trong cuộn kháng phải bé.

b) Các loại kháng điện

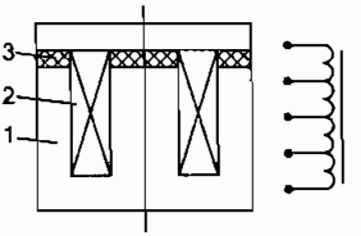
Kháng điện điều chỉnh tốc độ động cơ xoay chiều

Đây là cuộn kháng có lõi thép bằng thép lá kỹ thuật điện.

Trên hình 6.15 trình bày nguyên lý cấu tạo của loại kháng điện này. Lõi thép của mạch từ phải có khe hở phi từ tính để đảm bảo mạch từ không bão hoà. Cuộn dây nhiều dầu ra mắc tiếp với tải. Khi thay đổi số vòng dây, điện cảm của kháng điện sẽ thay đổi theo quan hệ : $L = w^2G$.

Trong đó: w– Số vòng cuộn dây.

G– Từ dẫn của mạch từ.



a) Cấu tạo b) Sơ đồ điện

Hình 6.15. Kháng điện một pha

1– Mạch từ; 2– Cuộn dây; 3– Khe hở phi từ tính.

Vì cuộn kháng mắc nối tiếp với phụ tải nên mỗi loại phụ tải nhất định cần có thông số của cuộn kháng phù hợp.

Kháng điện mở máy động cơ điện xoay chiều

Về nguyên lý cấu tạo kháng điện hạn chế dòng điện mở máy động cơ điện xoay chiều cũng tương tự như kháng điện điều chỉnh tốc độ động cơ, tức là loại có lõi thép. Ở kháng điện ba pha, tiết diện ba trụ của mạch từ là như nhau, còn trên mỗi trụ có cuộn dây với ba nấc điều chỉnh.

Ở kháng điện mở máy, vì thời gian mở máy bé (cỡ hàng chục giây) nên mật độ dòng điện trong dây quấn lớn gấp nhiều lần loại kháng điện làm việc dài hạn. Cần nhớ rằng điện kháng của kháng điện không được thay đổi trong giải biến động của dòng điện mở máy.

Với động cơ hạ áp, các kháng điện này thường chế tạo dạng khô, còn với các động cơ cao áp công suất lớn, nó có thể chế tạo dạng ngâm dầu, tương tự như máy biến áp dầu.

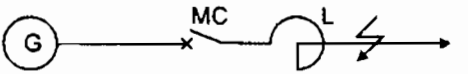
Kháng điện hạn chế dòng điện ngắn mạch trong lưới điện

Trong kỹ thuật truyền tải điện năng, kháng điện được mắc nối tiếp trên đường dây nhằm hạn chế dòng điện ngắn mạch, duy trì điện áp trên thanh cái, tăng độ tin cậy cho cung cấp điện.

Ở kháng điện loại này, vì dòng điện đi qua cuộn kháng biến đổi trong một phạm vi rộng (từ không tải, tải định mức đến ngắn mạch), kháng điện được chế tạo không lõi thép để đảm bảo điện cảm không đổi. Vì điện trở thuần R của cuộn dây rất bé so với điện kháng $R << X_L$ nên có thể coi điện kháng là thuần kháng. Yêu cầu chung với loại kháng điện này là:

Ở chế độ định mức, sụt áp trên kháng điện không đáng kể và nhiệt độ của dây quấn không vượt quá nhiệt độ cho phép.

Ở chế độ ngắn mạch kháng điện phải có đủ độ bền điện động và bền nhiệt, phải hạn chế được dòng điện ngắn mạch cần thiết.



Hình 6.16. Kháng điện hạn chế dòng ngắn mạch

Sơ đồ điện của tổ hợp máy phát điện, máy cắt và kháng điện cho ở hình 6.16. Khi chưa có kháng điện, dòng điện ngắn mạch của máy phát sẽ là:

$$I_{nm1} = \frac{U_{dm}}{\sqrt{3}X_G}$$

Trong đó: U_{dm}– Điện áp định mức của máy phát.

X_G– Điện kháng của máy phát.

Khi có cuộn kháng L, dòng điện ngắn mạch sẽ là:

$$I_{nm2} = \frac{U_{dm}}{\sqrt{3}(X_G + X_L)}$$

Nếu $X_L = X_G$ thì $I_{nm1} = 1/2 I_{nm2}$ tức dòng điện ngắn mạch giảm 2 lần.

Điện kháng tương đối (tính theo phần trăm) của cuộn kháng là:

$$X^* = \frac{I_{dm}.X_L}{U_p}.100\% = \frac{\sqrt{3}I_{dm}.X_L}{U_{dm}}.100\%$$

Độ kháng tương đối trên cuộn kháng ở chế độ tải định mức:

$$\Delta U^* = \frac{\Delta U\sqrt{3}}{U_{dm}}.100\% = \frac{\sqrt{3}I_{dm}.X_L}{U_{dm}}.\sin\varphi.100\%$$

Hoặc $\Delta U^* = X^*.\sin\varphi$

Trong đó: φ– Góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp.

Với tải định mức, $\cos\varphi$ khá lớn nên $\sin\varphi$ rất bé, vì vậy sụt áp trên điện kháng là rất bé, có thể bỏ qua.

Điện cảm cuộn dây có thể tính bằng:

$$L = \frac{X}{\omega} = \frac{U_{dm}.X^*}{2\pi f\sqrt{3}I_{dm}}$$

Với cuộn dây không có lõi thép, điện cảm L có thể tính theo công thức kinh nghiệm:

$$L = 10,5.W^2.D.\left[\frac{D}{2(b+h)}\right]^p.10^{-4}$$

Trong đó: L– Điện cảm của cuộn dây, (H).

W– Số vòng của cuộn dây.

D– Đường kính trung bình của vòng dây, (m).

h– Chiều cao của cuộn dây, (m).

$p = 3/4$ khi $0,3 \le \frac{D}{2(b+h)} \le 1$.

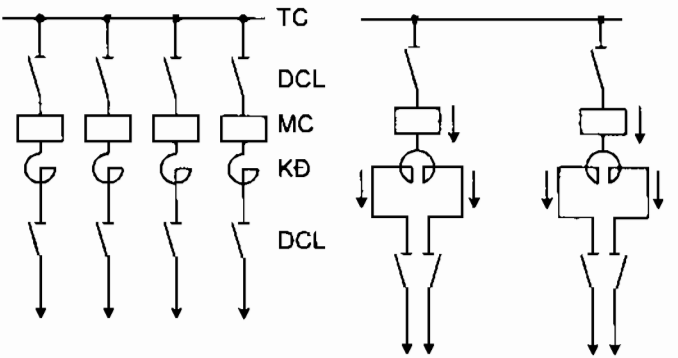
$p = 1/2$ khi $1 \le \frac{D}{2(b+h)} \le 3$.

Dung lượng định mức của cuộn kháng ba pha sẽ là:

$$Q_{dm}=3I^2_{dm}X_L$$

Tùy theo kết cấu, ta có cuộn kháng đơn và cuộn kháng kép. Tùy theo môi trường cách điện, ta có cuộn kháng bê tông (môi trường cách điện là không khí), còn bê tông để cố định cấu trúc của cuộn kháng ngâm dầu.

Cuộn kháng đơn dùng cho một mạch nhánh, còn cuộn kháng kép dùng cho trường hợp hai mạch nhánh nhưng chung một máy cắt. Sơ đồ điện của trường hợp cuộn kháng đơn và cuộn kháng kép cho ở hình 6.17.



Hình 6.17. Sơ đồ nối kháng điện

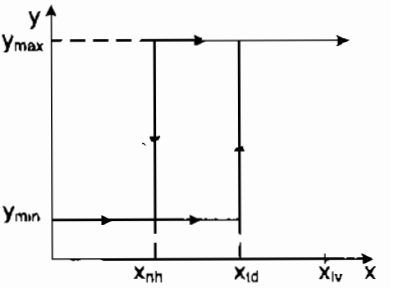
TC– Thanh cái; MC– Máy cắt; KĐ– Kháng điện; DCL– Dao cách ly.

6.3. RƠLE

6.3.1. Đại cương về Rơle

Rơle là loại khí cụ điện hạ áp tự động mà tín hiệu đầu ra thay đổi nhảy cấp khi tín hiệu đầu vào đạt những giá trị xác định. Rơle được sử dụng rất rộng rãi trong các thiết bị điện kỹ thuật và đời sống hàng ngày.

Rơle có nhiều chủng loại với nguyên lý làm việc, chức năng khác nhau như rơle điện từ, rơle phân cực, rơle cảm ứng, rơle nhiệt, rơle điện tử tương tự, rơle điện tử số, rơle dòng điện, rơle điện áp, rơle tổng trở, rơle áp lực...



Hình 6.18. Đặc tính vào ra

Đặc tính cơ bản của rơle là đặc tính "vào – ra", cho ở hình 6.18. Khi đại lượng đầu vào x tăng đến giá trị tác động x_{td}, đại lượng đầu ra y thay đổi nhảy cấp từ 0 (y_{min}) đến 1 (y_{max}). Theo chiều giảm của x, đến trị số nhả x_{nh} đại lượng đầu ra sẽ nhảy cấp từ 1 xuống 0: đây là quá trình nhả của rơle.

– Hệ số nhả của rơle: $k_{nh} = \frac{x_{nh}}{x_{td}}$ (6.1)

Trong đó: x_{nh}– Trị số nhả của đại lượng đầu vào.

x_{td}– Trị số tác động của đại lượng đầu vào.

Từ (6.1) ta nhận thấy rằng $k_{nh}<1$. Hệ số nhả lớn thường dùng cho rơle bảo vệ, còn hệ số nhả bé thường dùng cho rơle điều khiển.

– Hệ số dự trữ: $k_{dt} = \frac{x_{lv}}{x_{td}}$

Trong đó: x_{lv}– Trị số làm việc dài hạn của lượng đầu vào.

Nếu k_{dt} càng lớn, thiết bị làm việc càng an toàn.

– Hệ số điều khiển (hệ số khuếch đại) của rơle:

$$k_{dk} = \frac{P_r}{P_v}$$

Trong đó: P_r– Công suất lớn nhất phía đầu ra của rơle.

P_v– Công suất tác động của đầu vào.

P_v khoảng cỡ từ miliwat đến vài wat, còn P_r cỡ từ vài chục wat đến hàng ngàn wat, do đó k_{dk} của rơle có trị số khá lớn, có thể đạt 10^6, tùy theo chủng loại rơle.

– Thời gian tác động của rơle là khoảng thời từ khi có x_{td} đến khi đạt được y_{max}, hoặc từ khi $x = x_{nh}$ đến khi đầu ra đạt y = min. Đây là một tham số quan trọng của rơle. Tùy theo chức năng, ta có thời gian tác động nhanh ($t < 10^{-3}$s), tác động bình thường (cỡ 10^{-2}s), tác động chậm(cỡ 10^{-1} – 1s) và rơle thời gian(t > 1s).

– Các yêu cầu chính với rơle là: tính chọn lọc, độ nhạy, độ tin cậy.

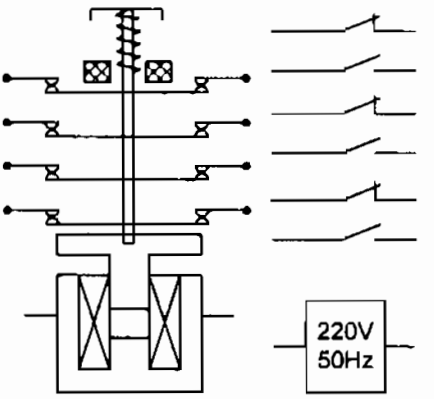
Chúng ta sẽ lần lượt khảo sát một số loại rơle thông dụng dưới đây: rơle điện từ, rơle cảm ứng, rơle nhiệt, rơle điện tử,...

6.3.2. Rơle điện từ

Làm việc trên nguyên lý điện từ, gồm một nam châm điện có phần động gắn với cơ cấu đầu ra. Tùy theo công dụng, có các loại rơle điện từ khác nhau như rơle trung gian, rơle dòng điện, rơle điện áp, rơle tín hiệu, rơle thời gian...

a) Rơle trung gian

Loại rơle này được dùng rất rộng rãi trong các sơ đồ bảo vệ hệ thống điện và các sơ đồ điều khiển tự động. Đặc điểm của rơle trung gian là số lượng tiếp điểm lớn (cả tiếp điểm thường đóng và tiếp điểm thường mở) với khả năng chuyển mạch lớn và công suất nuôi cuộn dây bé nên nó được dùng để truyền và khuếch đại tín hiệu, hoặc chia tín hiệu của rơle chính đến nhiều bộ phận khác nhau của mạch điều khiển và bảo vệ. Trên hình 6.19a trình bày nguyên lý cấu tạo của một rơle trung gian, còn trên hình 6.19b là sơ đồ điện của nó. Nếu cuộn dây của rơle được cấp điện áp định mức (qua tiếp điểm của rơle chính), sức từ động do dòng điện trong cuộn dây sinh ra (iw) sẽ tạo ra trong mạch từ từ thông, hút nắp làm cho các tiếp điểm thường mở và các tiếp điểm thường đóng. Khi cắt điện của cuộn dây, lò xo nhả sẽ đưa nắp và các tiếp điểm về vị trí ban đầu. Vì dòng điện qua tiếp điểm có giá trị bé (đến 5A) nên hồ quang khi chuyển mạch không đáng kể, vì vậy không cần buồng dập hồ quang.



Hình 6.19. Rơle trung gian

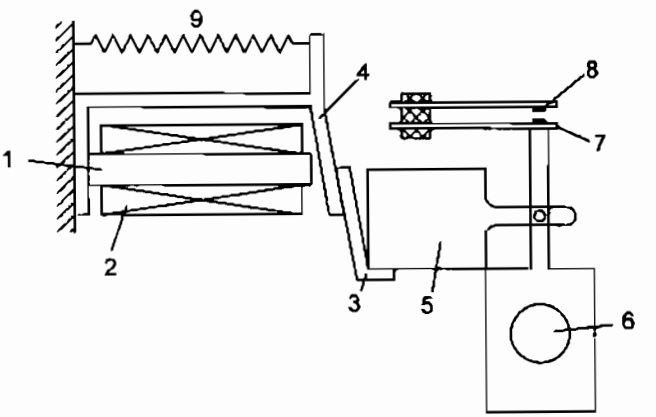
Rơle trung gian thế hệ cũ (sản xuất trước những năm 1970 – 1980, thường gặp các sản phẩm của Liên Xô, Trung Quốc và các nước Đông Âu) có kích thước, khối lượng lớn, công suất tiếp điểm đạt 5A, 400V, công suất tiêu thụ cuộn dây khá lớn (dưới 10W) gá lắp, đấu dây phức tạp.

Rơle trung gian thế hệ mới có kích thước nhỏ gọn số lượng tiếp điểm đến 4 cặp thường đóng và thường mở liên động, công suất tiếp điểm cỡ 5A, 250VAC, 28VDC, công suất tiêu thụ cuộn dây cỡ (1 ÷ 2)W, thường có đèn LED báo trạng thái làm việc của rơle, lắp ráp dạng đế và chân cắm, rất tiện lợi cho sử dụng. Nó được chế tạo cho nguồn một chiều 6, 9, 12, 24, 48VDC và 24, 48, 110, 220VAC; hệ số nhả của rơle bé hơn 0, 4; thời gian tác động dưới 0,05 giây; tuổi thọ tiếp điểm đạt 10^6 – 10^7 lần đóng cắt, cho phép tần số thao tác tới 1200 lần/giờ.

Cần lưu ý rằng ở rơle điện xoay chiều, vì công suất của nam châm điện khá bé (khoảng 1 ÷ 2VA), mạch từ được chế tạo bằng vật liệu từ thể khối như ở mạch từ một chiều, chỉ khác mạch từ một chiều là có vòng ngắn mạch đặt ở cực từ để chống rung.

b) Rơle tín hiệu

Được sử dụng trong các sơ đồ hệ thống điện, để chỉ rõ các rơle và thiết bị bảo vệ khác đã tác động. Nguyên lý cấu tạo của rơle tín hiệu được trình bày ở hình 6.20. Ở trạng thái bình thường (không có sự cố), cuộn dây 2 của rơle không có dòng điện. Khi có sự cố, các thiết bị bảo vệ tác động, đồng thời tín hiệu được truyền đến cuộn dây 2, lực điện từ hút nắp 4.

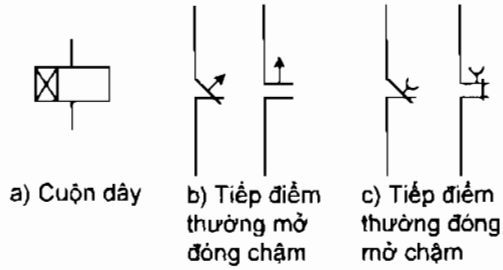


Hình 6.20. Rơle tín hiệu

6.3.3. Rơle thời gian

Trong các quá trình công nghệ, tự động điều khiển và bảo vệ, cần có những khoảng thời gian xác định giữa các thời điểm thao tác của các thiết bị. Để tạo khoảng thời gian cần thiết đó, người ta dùng rơle thời gian. Vậy rơle thời gian là loại rơle mà tín hiệu đầu ra tác động chậm một khoảng thời gian xác định so với tín hiệu đầu vào.

Yêu cầu chung đối với rơle thời gian là thời gian phải chính xác, ổn định, ít phụ thuộc vào sự dao động của điện áp nguồn, môi trường và công suất điều khiển đầu ra càng lớn càng tốt. Trên hình 6.1 cho sơ đồ điện của rơle thời gian.

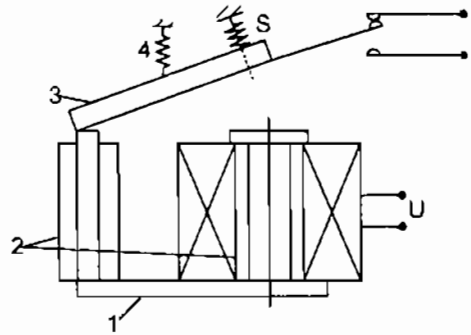


Hình 6.21. Sơ đồ điện rơle thời gian

Có nhiều loại rơle thời gian với nguyên lý làm việc khác nhau. Với giải thời gian chậm khác nhau. Sau đây ta sẽ xét đến một số loại rơle thời gian thông dụng.

a) Rơle thời gian kiểu điện từ

Loại này dùng để duy trì thời gian nhả chậm và chỉ dùng được cho điện một chiều. Nguyên lý cấu tạo của rơle này được trình bày trên hình 6.22. Mạch từ 1 làm bằng thép từ armkom, nhánh phải tiết diện tròn, nhánh trái tiết diện chữ nhật. Trên cả hai nhánh đều đặt vòng ngắn mạch 2 bằng đồng dạng ống trụ rỗng. Trên nắp 3 có gắn tiếp điểm động của rơle. Lò xo nhả 4 để đưa phần động rơle về trạng thái ban đầu khi cắt điện cuộn dây, còn lò xo 5 tạo nên lực tách nắp 3 khỏi cực từ khi nắp hút.

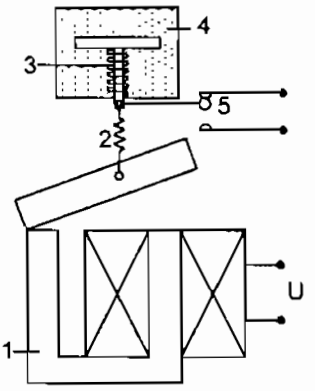


Hình 6.22. Rơle thời gian kiểu điện từ

Trong quá trình đóng hay ngắt, trong vòng ngắn mạch sẽ sinh ra dòng điện cảm ứng, từ thông của dòng điện này sẽ chống lại sự biến thiên của từ thông chính nên làm thời gian tác động của rơle chậm lại. Rơle thời gian kiểu điện từ dùng chủ yếu để duy trì thời gian mở chậm của tiếp điểm thường mở khi cắt điện cuộn dây. Muốn thay đổi thời gian này, ta thay đổi độ căng của lò xo nhả, độ căng của lò xo tách nắp và độ lớn của khe hở phụ. Thời gian chậm của loại rơle này đến vài giây. Loại này hiện nay ít được sử dụng vì kích thước và khối lượng lớn.

b) Rơle thời gian kiểu thủy lực

Có nguyên lý cấu tạo ở hình 6.23, gồm nam châm điện 1, lò xo kéo 2, lò xo nhả 3, hệ thủy lực 4 và tiếp điểm 5. Hệ thống thủy lực gồm xilanh kín, trong chứa dầu nhớt và pittông có khe hở bé với xilanh. Khi cấp điện cho cuộn dây nam châm điện 1, lực điện từ hút nắp và lò xo kéo 3 giãn với tốc độ lớn. Pittông bị dầu nhớt cản lại nên chuyển động chậm, do đó tiếp điểm 5 chuyển trạng thái chậm so với thời điểm đưa điện vào cuộn dây. Khi cắt điện, lò xo nhả 3 sẽ dần đẩy đưa phần động của rơle (nắp, tiếp điểm động, pittông) về vị trí ban đầu. Điều chỉnh thời gian trễ bằng cách thay đổi hành trình của pittông. Loại rơle này có thể tạo thời gian trễ từ 0,4 đến 180 giây, có thể sử dụng nam châm điện một chiều. Thời gian trễ của rơle không phụ thuộc vào sự dao động của điện áp nguồn, nhưng lại ảnh hưởng bởi nhiệt độ môi trường, vì nó làm thay đổi độ nhớt của dầu. Có thể bố trí các tiếp điểm tác động tức thời trên rơle bằng cách gắn một tay gạt vào nắp của nam châm điện để tay gạt này đóng mở một công tắc tơ hành trình bé.



Hình 6.23. Rơle thời gian kiểu thủy lực

c) Rơle thời gian kiểu đồng hồ

Với thời gian trễ nhỏ (đến 20 giây), rơle gồm một nam châm điện (xoay chiều hoặc một chiều) và hệ thống bánh răng, cóc phức tạp gần như trong đồng hồ cơ khí. Khi đưa điện áp vào cuộn dây nam châm điện, phần ứng bị hút làm cho hệ thống bánh răng chuyển động. Nhờ cơ cấu cóc nên tay gạt tiếp điểm chuyển động chậm nên tiếp điểm tác động chậm lại. Thay đổi thời gian tác động bằng cách thay đổi hành trình của tay gạt. Loại rơle này không thể vận hành với tần số thao tác lớn vì hệ thống cơ khí chóng bị mòn.

Với thời gian trễ dài (vài chục phút tới vài giờ), người ta dùng rơle thời gian kiểu động cơ. Về cấu tạo nó gồm một động cơ điện bé, công suất vài wat (có thể là động cơ lồng sóc một pha hay động cơ bước), nối trục với một hộp số có hệ số truyền lớn có cơ cấu cam tác động vào tiếp điểm, qua khớp ly hợp điện từ. Khi cắt điện, lò xo nhả đưa hệ thống động trở về vị trí ban đầu. Loại này thường được dùng trong các thiết bị hẹn giờ gia dụng.

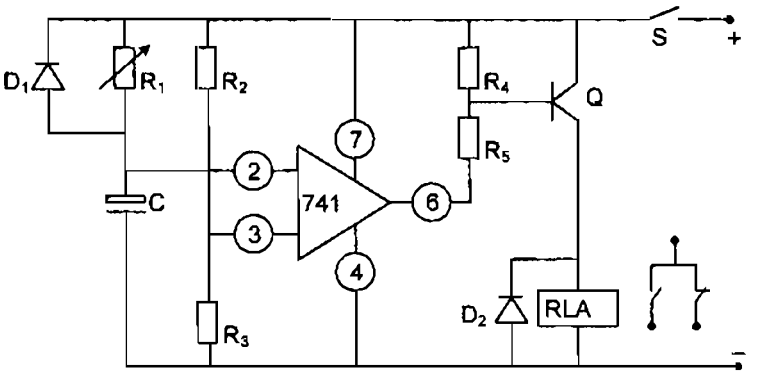
d) Rơle thời gian kiểu điện tử

Thời gian trễ trong loại rơle này thường sử dụng thời gian nạp tụ điện qua điện trở (mạch nạp RC): $t_{td} = T \ln \frac{U_0}{U_{td}} = RC \ln \frac{U_0}{U_{td}}$

Trong đó: U_0– Điện áp nguồn.

U_{td}– Trị số tác động của mạch điện tử.

Khi điện áp trên tụ C đạt trị số U_{td}, mạch điện tử phía sau sẽ tác động làm rơle trung gian đầu ra hút. Trên hình 6.24 trình bày rơle thời gian kiểu này. Đóng khoá S, tụ điện C được nạp qua biến trở R_1 có trị số lớn theo hàm mũ. Khi trị số điện áp nạp trên tụ C lớn hơn điện áp trên cực dương của khuếch đại thuật toán, nó chuyển sang trạng thái bão hoà dương làm tranzito Q chuyển sang trạng thái dẫn, rơle RLA hút. Khi cắt khoá S, tụ điện C_1 nhanh chóng phóng điện qua điốt D_1 và hai điện trở nhỏ R_2 và R_3, đưa rơle về trạng thái nhả. Thay đổi thời gian tác động của mạch bằng cách thay đổi điện trở R_1. Trị số R_1 cỡ 1MΩ, tụ C = 100μF, cho thời gian trễ đến 100 giây. Ưu điểm của hai loại rơle này là kích thước nhỏ gọn, công suất tiêu thụ bé, công suất điều khiển đầu ra lớn (do tiếp điểm của rơle trung gian đầu ra), nhưng thời gian phụ thuộc vào độ lớn của điện áp nguồn và sự thay đổi của trị số R, C. Để tăng độ chính xác của thời gian trễ, người ta thêm vào mạch phần bù nhiệt độ, nguồn ổn áp, thêm vào cả tiếp điểm tác động tức thời, các đèn tín hiệu... loại rơle này được dùng tương đối thông dụng để tạo thời gian trễ đến vài phút.



Hình 6.24. Rơle thời gian kiểu điện tử

6.3.4. Rơle kỹ thuật số

Rơle số là loại rơle mà việc xử lý các tín hiệu trong các bộ phận chức năng của rơle được thực hiện theo kỹ thuật số. Trên hình 6.25 trình bày sơ đồ khối của một rơle kỹ thuật số. Các khối chức năng gồm khối đầu vào (thường là hai đầu vào: tương tự và số), khối vi xử lý, khối đầu ra, khối giao diện và khối nguồn.

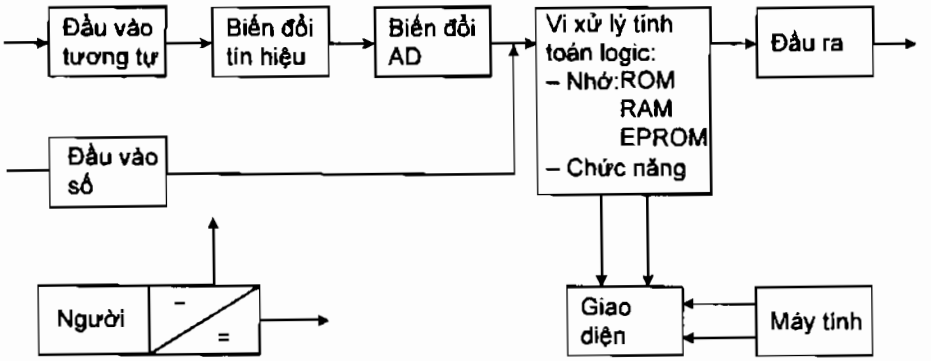
Khối đầu vào thường có hai dạng: số và tương tự. Đầu vào số nhận tín hiệu số từ các bộ phận phía trước. Đầu vào tương tự nhận tín hiệu tương tự từ các phần tử đo lường, kiểm tra thông số trạng thái của đối tượng và chuyển nó tới khâu biến đổi tín hiệu. Ở đây tín hiệu vào được gia công để phù hợp với khối sau và chuyển nó vào khối biến đổi tương tự số (chuyển đổi AD). Các tín hiệu số từ khối đầu vào được chuyển tiếp tới khối vi xử lý.

Khối vi xử lý ghi nhớ dữ liệu của khối đầu vào và thực hiện các phép tính toán logic và so sánh kết quả với trị số đặt của rơle. Bộ vi xử lý được trang bị cơ bản như AND, OR, NOT, NOR, XOR, NAND... và các bộ nhớ như ROM, RAM, EPROM... Số lượng các phần tử càng nhiều, năng lực làm việc của rơle càng lớn.

Khối đầu ra chuyển các tín hiệu từ khối vi xử lý tới thiết bị đầu ra. Khối này thường là các phần tử chuyển mạch bằng bán dẫn hoặc bằng các phần tử điện cơ như rơle trung gian.

Khối giao diện gồm bàn phím, máy tính... để người sử dụng thực hiện cài đặt, hiệu chỉnh các thông số, chức năng của rơle.

Khối nguồn cung cấp là điện lưới, được biến đổi và ổn định để cấp cho các khối chức năng của rơle. Với các rơle đa chức năng dùng trong hệ thống SCADA (hệ thống kiểm tra, điều khiển và thu thập dữ liệu), ngoài nguồn lưới còn có nguồn dự phòng là UPS (bộ lưu điện) vì yêu cầu của hệ thống SCADA là nguồn nuôi không bao giờ được gián đoạn.



Hình 6.25. Sơ đồ khối của rơle số

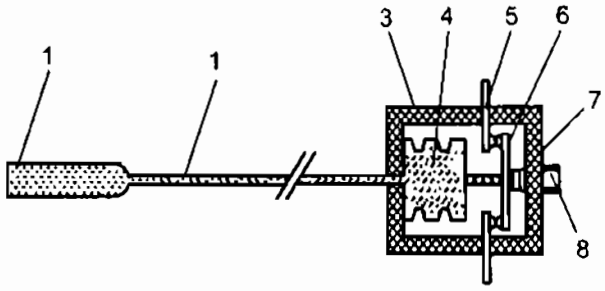
Ưu điểm chính của rơle số là độ tin cậy, chính xác cao, tác động nhanh, đa chức năng, kết nối được với máy tính, kích thước nhỏ gọn, điện năng tiêu thụ rất bé.

Vì giá thành của rơle số đa chức năng là khá cao, nên người ta vẫn sử dụng các rơle số đơn giản kết hợp với rơle tương tự để điều khiển, bảo vệ các thiết bị đơn lẻ, công suất lớn.

6.3.5. Các loại rơle khác

a) Rơle áp lực

Có đầu vào là áp lực của chất lỏng hoặc là chất khí, còn đầu ra là trạng thái của tiếp điểm. Trên hình 6.26 mô tả nguyên lý cấu tạo của rơle này.



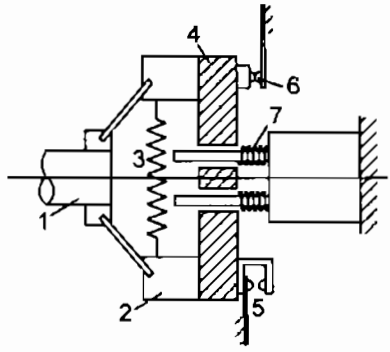
Hình 6.26. Rơle áp lực

Bầu cảm biến 1 được nối thông với đường ống dẫn lỏng hoặc khí, còn đầu kia nối với ống dẫn 2, dẫn môi chất vào buồng giãn nở kiểu xếp 4, đặt trong vỏ kín 3, được liên động với hệ thống tiếp điểm động 6. Khi áp suất trong đường ống thấp, lò xo 7 đẩy tiếp điểm động đóng vào tiếp điểm tĩnh 5. Khi áp suất môi chất lớn, buồng giãn nở đẩy tiếp điểm động tách khỏi tiếp điểm tĩnh nên mạch điện bị cắt. Núm vặn 8 dùng để chỉnh độ căng lò xo 7 nên chỉnh được áp lực tác động. Rơle áp lực tác động khá rộng rãi trong kỹ thuật.

Rơle nhiệt kiểu khí nén có cấu tạo tương tự, chỉ khác là trong hệ thống được nạp gas và bầu cảm biến 1 đặt gần giàn lạnh, để điều chỉnh nhiệt độ trong thiết bị lạnh như tủ lạnh.

b) Rơle tốc độ

Đầu vào của rơle này là tốc độ quay của thiết bị công tác, còn đầu ra là trạng thái tiếp điểm. Trên hình 6.27 trình bày nguyên lý cấu tạo của rơle tốc độ kiểu ly tâm. Trên trục quay 1 được gắn hai quả văng 2 và lò xo kéo 3. Khi tốc độ quay bé, lò xo kéo 3 kéo hai quả văng làm chúng tỳ lên đĩa cách điện 4 làm tiếp điểm 5 mở ra, còn tiếp điểm 6 đóng vào. Khi tốc độ quay cao lực ly tâm đủ lớn, thắng được lực kéo của lò xo 3 nên lò xo đẩy 7 đẩy đĩa 4 làm tiếp điểm 6 mở ra, tiếp điểm 5 đóng lại.

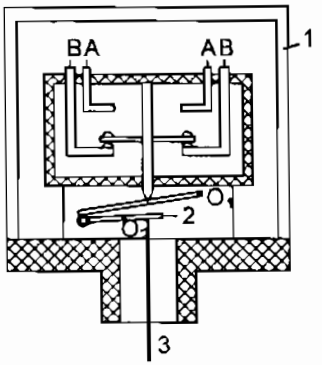


Hình 6.27. Rơle tốc độ kiểu ly tâm

Rơle tốc độ dùng để mở máy động cơ một pha, điều chỉnh và ổn định tốc độ quay của động cơ nổ...

c) Rơle mức chất lỏng

Dùng để khống chế mức chất lỏng trong các bình chứa. Trên hình 6.28 trình bày nguyên lý cấu tạo của rơle kiểu công tắc tơ phao, thường dùng trong bơm nước tự động. Hộp công tắc 1 bằng vật liệu cách điện, bên trong có bộ công tắc hành trình với một cặp tiếp điểm thường mở (đầu nối A–A) và một cặp tiếp điểm thường đóng (đầu nối B–B). Đầu mút của tay đòn 2 được nối với dây treo 3, phao thường là một ống trụ kín, bên trong có nước, gồm hai phao treo trên cùng một dây treo, cách nhau một đoạn l. Hộp công tắc được gắn trên nóc bình chính, còn phao nằm trong bình. Khi nước trong bình cạn dưới mức cho phép, trọng lượng của hai quả phao kéo xuống, hệ thống tay đòn O_2 và O_1 đẩy lên phía trên, thắng lực lò xo nhả làm tiếp điểm A–A thông mạch.



Hình 6.28. Công tắc phao

Khi cả hai phao cùng nổi (nước được bơm vào bình chứa), dây phao bị chùng, lò xo đẩy tiếp điểm động nên tiếp điểm A–A bị cắt điện, còn tiếp điểm B–B lại thông mạch. Khi mực nước ở vị trí trung gian (một trong hai phao nổi), tiếp điểm vẫn ở vị trí ban đầu.

Với nguyên lý trên, tiếp điểm A–A dùng để khống chế mực nước bể trên, còn tiếp điểm B–B dùng để khống chế mực nước bể ngầm: bể trên bơm đầy thì dừng, còn bể dưới cạn nước cũng dùng máy bơm.

6.4. CÔNG TẮC TƠ VÀ KHỞI ĐỘNG TỪ

6.4.1. Công tắc tơ

a) Khái niệm chung về công tắc tơ

Công tắc tơ là khí cụ điện dùng để thường xuyên đóng cắt các mạch điện động lực từ xa. Theo nguyên lý đóng cắt, ta có hai loại công tắc tơ: có tiếp điểm và không có tiếp điểm. Loại có tiếp điểm được thực hiện đóng cắt bằng cách đóng và cắt tiếp điểm nhờ nam châm điện. Loại không có tiếp điểm được thực hiện đóng cắt bằng các xung điện đưa vào cực điều khiển của các van bán dẫn như thyristor, triac. Theo dạng dòng điện đóng cắt, ta có công tắc tơ điện xoay chiều và công tắc tơ điện một chiều.

Các tham số chủ yếu của công tắc tơ là:

– Điện áp định mức của công tắc tơ: là điện áp định mức mà công tắc tơ phải đóng cắt. Với công tắc tơ hạ áp, U_{dm} đến 660V.

– Dòng điện định mức của công tắc tơ: là dòng điện dài hạn của phụ tải đi qua tiếp điểm chính, được chia thành nhiều ống, có trị số từ 10A đến 800A.

– Điện áp điều khiển U_{dk}: là điện áp đưa vào cuộn dây của nam châm điện để điều khiển công tắc tơ hoặc điện áp xung một chiều đưa vào cực điều khiển của công tắc tơ không tiếp xúc.

Công tắc tơ phải được điều khiển tin cậy khi điện áp điều khiển dao động trong một phạm vi cho phép, thường là từ 85% đến 110% trị số định mức.

– Số tiếp điểm chính (số cực): thường là 1 hay 2 cực với công tắc tơ điện một chiều, còn 3 hay 4 cực đối với công tắc tơ điện xoay chiều.

– Số lượng tiếp điểm phụ: thường có tiếp điểm thường mở và thường đóng, có dòng điện định mức 5A, điện áp định mức 400V.

– Khả năng đóng cắt: là trị số dòng điện lớn nhất cho phép đi qua tiếp điểm chính khi đóng và khi cắt. Thường khả năng đóng cắt của công tắc tơ đạt 10 lần dòng định mức.

– Tuổi thọ của công tắc tơ: là số lần đóng cắt tối đa cho phép. Có 2 dạng tuổi thọ: cơ và điện. Thông thường tuổi thọ cơ lớn hơn tuổi thọ điện. Với công tắc tơ hiện đại, tuổi thọ cơ đạt 2.10^7 lần đóng cắt, còn tuổi thọ điện đạt 2.10^6 lần đóng cắt.

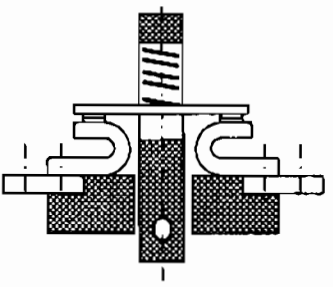
– Tần số thao tác cho phép: là số lần đóng cắt công tắc tơ cho phép trong thời gian 1 giờ. Tần số thao tác bị hạn chế bởi sự phát nóng của các bộ phận công tắc tơ do dòng điện quá độ gây ra. Tần số thao tác lớn nhất có thể đạt 1500 lần/giờ.

– Độ bền nhiệt và độ bền điện động của công tắc tơ: khả năng chịu được tác dụng nhiệt trong thời gian nhất định và chịu được tác dụng điện động của dòng điện xung kích mà công tắc tơ không bị hỏng hóc.

b) Các bộ phận chính của công tắc tơ điện từ

Công tắc tơ điện từ là loại được dùng thông dụng nhất. Các bộ phận chính của nó gồm: mạch vòng dẫn điện, hệ thống dập hồ quang, các lò xò phản lực, nam châm điện và vỏ.

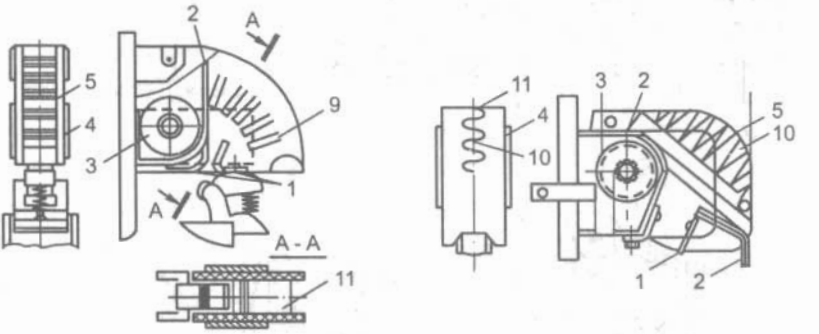
Mạch vòng dẫn điện: có vai trò quan trọng trong công tắc tơ. Nó gồm đầu nối, các thanh dẫn, hệ thống tiếp điểm, trong đó hệ thống các tiếp điểm quyết định tuổi thọ của công tắc tơ. Trên hình 6.29 mô tả kết cấu của mạch vòng dẫn điện của công tắc tơ điện xoay chiều.



Hình 6.29. Mạch vòng dẫn điện công tắc tơ

Các thanh dẫn động và tĩnh được làm bằng đồng dẫn điện tốt và có đủ độ bền cơ. Đầu nối được chế tạo dạng ốc, vít, bulông thép để tạo nên lực ép tiếp xúc lớn. Các tiếp điểm dạng ngón đối với công tắc tơ điện một chiều và dạng cầu đối với công tắc tơ điện xoay chiều, được làm từ vật liệu tiếp điểm dạng kim loại gốm, có điện trở tiếp xúc bé, chịu mài mòn và chịu hồ quang. Lò xo tiếp điểm để tạo lên lực ép tiếp điểm đủ để đảm bảo tiếp xúc điện tốt. Riêng ở một số công tắc tơ điện một chiều, có thêm cuộn thổi từ nối tiếp với tiếp điểm tĩnh để tạo nên từ trường thổi hồ quang.

Hệ thống dập hồ quang: Trong công tắc tơ, hệ thống dập hồ quang phải đảm bảo nhanh chóng dập tắt hồ quang sinh ra trong quá trình đóng cắt mạch điện.



a) Cuộn thổi từ và buồng dập kiểu giàn b) Cuộn thổi từ và buồng dập kiểu khe ziczac

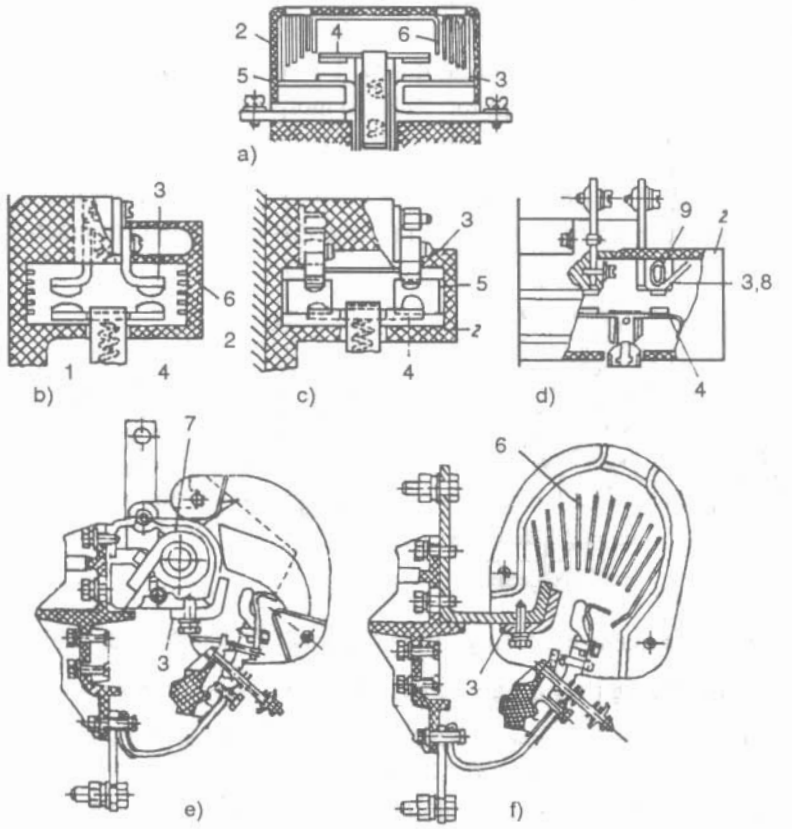
Hình 6.30. Hệ thống dập hồ quang công tắc tơ điện một chiều

1)– Tiếp điểm; 2– Sừng hồ quang; 3– Cuộn thổi từ; 4– Mạch từ; 5– Vách buồng dập; 9– Tấm thép non của giàn dập; 10– Khe hở buồng dập; 11– Buồng dập.

Hồ quang điện một chiều khó dập tắt hơn so với hồ quang điện xoay chiều. Vì thế hệ thống dập hồ quang ở công tắc tơ điện một chiều thường có kích thước lớn hơn, dập hồ quang tốt hơn. Người ta thường dùng kiểu dập hồ quang là dùng cuộn thổi từ thổi hồ quang vào buồng dập kiểu giàn dập hoặc buồng dập có khe dạng ziczac. Cuộn thổi từ được mắc nối tiếp với tiếp điểm tĩnh, để tạo lên từ trường mạnh ở vùng tiếp điểm, lực thổi hồ quang lớn, đẩy hồ quang chuyển động nhanh về phía buồng dập. Nếu vào buồng dập kiểu giàn dập, các lá thép non của giàn dập vừa tạo lên lực điện động kéo hồ quang về phía mình, vừa phân đoạn và tỏa nhiệt hồ quang làm hồ quang nhanh chóng bị dập tắt. Nếu hồ quang đi vào buồng dập kiểu khe ziczac, thân hồ quang bị kéo dài, tiếp xúc với bề mặt bằng vật liệu cách điện chịu nhiệt của buồng dập nên quá trình phản ion hoá phát triển mạnh, hồ quang nhanh chóng bị dập tắt. Trên hình 6.30 mô tả kết cấu của hệ thống dập hồ quang của công tắc tơ điện một chiều.

Ở công tắc tơ điện xoay chiều thông dụng, chế độ làm việc không nặng nề lắm nên tiếp điểm có cấu kết kiểu cầu, một pha có hai chỗ cắt và buồng dập hồ quang kiểu giàn dập. Đối với các tải nặng, hồ quang lớn thì dùng tiếp điểm kiểu ngón,

buồng dập kiểu giàn có kết hợp với cuộn thổi từ. Trên hình 6.31 cho các kiểu dập hồ quang ở công tắc tơ điện xoay chiều.

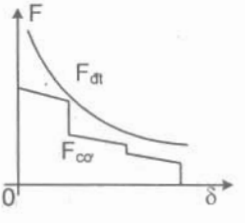


Hình 6.31. Các kiểu buồng dập hồ quang của công tắc tơ điện xoay chiều

1– Giá đỡ buồng dập; 2– Vách buồng; 3– Tiếp điểm tĩnh; 4– Tiếp điểm động; 5– Khoang dập hồ quang; 6– Tấm thép dập hồ quang; 7– Cuộn thổi từ; 8– Sừng hồ quang.

Nam châm điện: là cơ cấu truyền động của công tắc tơ. Khi cấp điện cho cuộn dây (còn gọi là cuộn hút) của nam châm điện, lực điện từ do nó sinh ra sẽ hút nắp, kéo các tiếp điểm chuyển động thường mở đóng vào các tiếp điểm tĩnh. Khi cắt điện của cuộn hút, lực của lò xo nhả sẽ đẩy phần động về vị trí ban đầu làm mở các tiếp điểm, cắt mạch điện.

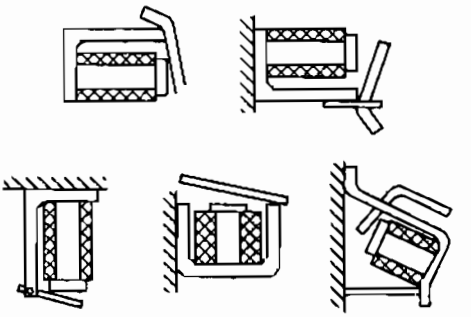
Để công tắc tơ làm việc chắc chắn, tin cậy, đường đặc tính lực điện từ theo hành trình của khe hở không khí luôn nằm cao hơn đặc tính phản lực ngay cả khi điện áp nguồn chỉ còn 85%U_{dm}. Mặt khác để năng lượng không dư thừa nhiều thì đường đặc tính lực hút càng gần đường đặc tính cơ càng tốt. Trên hình 6.32 cho hai dạng đặc tính này của công tắc tơ.



Hình 6.32. Đặc tính lực của công tắc tơ

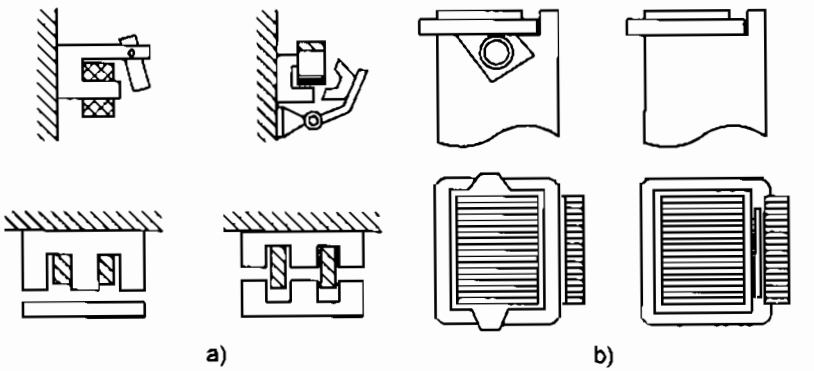
Nam châm điện được cấu tạo bởi hai phần: mạch từ và cuộn dây.

– Mạch từ của nam châm điện một chiều chế tạo từ vật liệu mềm dạng khối. Phần mạch từ có cuộn dây thường hình trụ, có mũ lõi để dễ cố định cuộn dây và tăng từ dẫn. Trên hình 6.33 cho một số dạng mạch từ của nam châm điện một chiều.



Hình 6.33. Các dạng mạch từ một chiều

Ở nam châm điện xoay chiều, mạch từ được dập từ các lá thép kỹ thuật điện dày đến 0,5mm và ghép lại bằng đinh tán để làm giảm tổn hao do dòng điện xoáy. Vì lực điện từ của nam châm điện xoay chiều biến đổi theo chu kỳ với tần số bằng hai tần số dòng điện nên khi hút nó bị rung. Để chống rung cho nam châm điện xoay chiều một pha, trên cực từ được ngắn vòng ngắn mạch bằng đồng. Nhờ vòng ngắn mạch, từ thông trong mạch từ được chia thành hai phần lệch pha nhau, nên lực hút do các từ thông này sinh ra cũng lệch pha nhau, vì vậy lực hút tổng của của hai lực thành phần được nâng cao điểm cực tiểu làm nam châm điện hút êm, không rung. Trên hình 6.34 cho các dạng kết cấu nam châm điện xoay chiều và cách cố định dòng ngắn mạch trên cực từ.



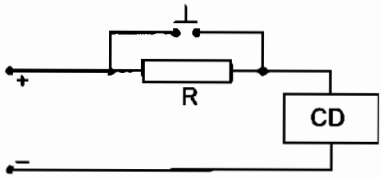
Hình 6.34. Nam châm điện xoay chiều (a) và cách cố định vòng ngắn mạch (b)

– Cuộn dây của nam châm điện được quấn trên khung, dây quấn bằng dạng tiết diện tròn, bọc men cách điện. Ở điện áp 85%U_{dm}, sức từ động do cuộn dây sinh ra phải đủ lớn để lực điện từ thắng được lực cơ, đảm bảo công tắc tơ làm việc tin cậy. Khi điện áp bằng 110%U_{dm}, nhiệt độ phát nóng của cuộn dây phải nằm trong giới hạn nhiệt độ cho phép của cấp cách điện tương ứng.

Cuộn dây của nam châm điện một chiều thường có tiết diện dây quấn bé. Số vòng rất lớn (đến vài chục ngàn vòng với điện áp 220V). Dòng điện trong cuộn dây một chiều chỉ phụ thuộc vào điện trở cuộn dây. Vì vậy trong quá trình làm việc nếu mạch từ bị kẹt (khe hở không khí của mạch từ lớn) thì cuộn dây cũng không bị cháy, vì dòng điện không tăng.

Cuộn dây của nam châm điện xoay chiều có số vòng ít hơn so với cuộn dây nam châm điện một chiều có cùng điện áp. Dòng điện trong cuộn dây xoay chiều phụ thuộc chủ yếu vào điện kháng X_L của cuộn dây (vì $R<<X_L$), nên nếu khi hút mạch từ bị kẹt, khe hở không khí lớn, cuộn dây xoay chiều sẽ bị cháy vì dòng điện lớn.

Đặc tính lực hút của nam châm điện một chiều có độ dốc lớn, cho nên nắp ở trạng thái ổn định (khe hở không khí rất bé) lực điện từ sẽ lớn hơn lực cơ nhiều lần. Có thể hạ thấp điện áp của cuộn dây khi nắp hút bằng cách đấu nối với cuộn hút với một điện trở có trị số thích hợp và mố cơ cấu đặc biệt song song với điện trở R. Khi đóng điện cho cuộn hút điện trở R được ngắn mạch, toàn bộ điện áp đặt vào cuộn dây nên lực hút lớn. Khi phần động đi hết hành trình cơ cấu đặc biệt tự động mở, điện áp rơi trên điện trở lớn, giảm công suất tiêu thụ của cuộn dây một cách đáng kể. Loại công tắc tơ có cơ cấu này gọi là công tắc tơ tiết kiệm năng lượng. Sơ đồ nguyên lý loại này cho ở hình 6.35.



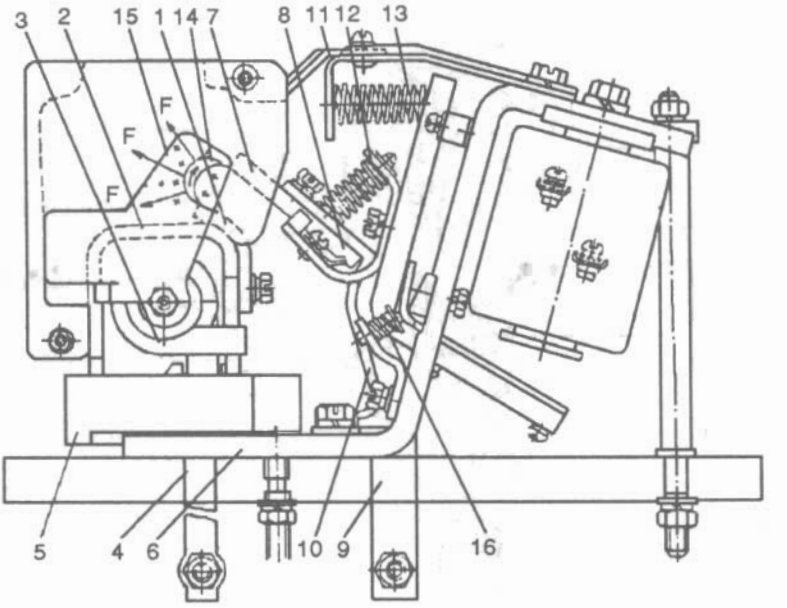
Hình 6.35. Nguyên lý công tắc tơ tiết kiệm năng lượng

c) Các loại công tắc tơ

Trong phần này, ta khảo sát công tắc tơ điện một chiều, công tắc tơ điện từ xoay chiều và công tắc tơ không tiếp xúc.

Hình 6.36 mô tả một công tắc tơ điện một chiều.

Tiếp điểm tĩnh 1 được gắn trên thanh dẫn 2, đầu kia của thanh dẫn nối với cuộn thổi từ 3, còn đầu kia cuộn thổi từ nối với đầu nối 4– cả cụm tiếp điểm tĩnh được cách điện với mạch từ tĩnh 6 bằng tấm cách điện 5. Cụm tiếp điểm động 7, lò xo tiếp điểm 12 được gắn trên mạch từ động. Điện từ đầu nối 9 đi vào tiếp điểm động qua dây dẫn mềm 10. Khi đưa điện áp vào cuộn dây nam châm điện, lực điện từ sinh ra sẽ hút nắp (mạch từ động) làm tiếp điểm động đóng vào tiếp điểm tĩnh. Lò xo tiếp điểm tạo lực ép lớn để điện trở tiếp xúc bé. Khi cắt dòng điện trong cuộn dây, lò xo nhả 13 sẽ đẩy phần động về vị trí ban đầu với vận tốc đủ lớn. Khi cắt, nhờ lực điện động giữa dòng điện và từ trường sẽ đẩy hồ quang 14 vào buồng dập. Trong quá trình đẩy, hồ quang chuyển động nhanh từ tiếp điểm theo sừng hồ quang, đảm bảo tiếp điểm ít bị hư hại.



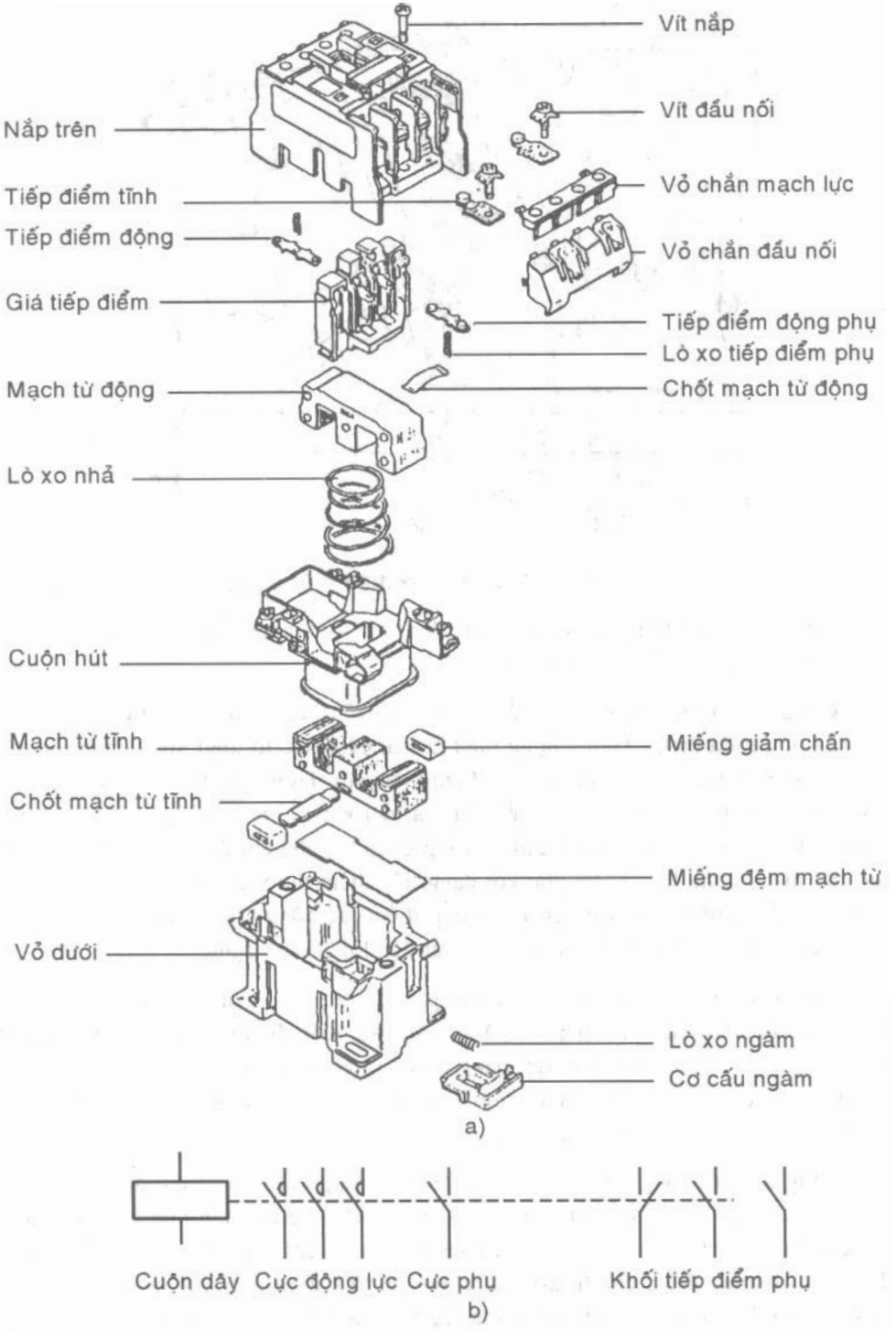
Hình 6.36. Công tắc tơ điện một chiều

Công tắc tơ điện một chiều dùng để đóng cắt các mạch điện một chiều như các động cơ điện một chiều, các mạch chỉnh lưu...

Công tắc tơ điện xoay chiều được sử dụng rộng rãi trong lưới điện hạ áp. Kết cấu của nó rất đa dạng. Thông dụng nhất là loại công tắc tơ điện xoay chiều ba pha, mạch từ hình E ngược, hút thẳng, tiếp điểm kiểu cầu. Trên hình 6.37 cho kết cấu loại này dưới dạng bóc tách từng chi tiết. Đây là loại kết cấu mới, công suất trung bình (dưới 100A). Các chi tiết có độ dung sai lắp ghép bé, chế tạo theo kiểu môđun. Có 3 cực cho mạch động lực, 1 cực phụ với dạng tiếp điểm thường mở. Trong trường hợp thiếu tiếp điểm phụ hoặc cần lắp thêm tiếp điểm tác động chậm, trên nắp của công tắc tơ có ngàm để lắp khối tiếp điểm phụ, rất tiện lợi cho sử dụng.

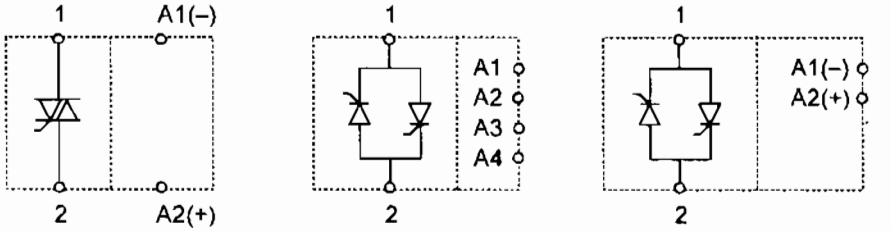
Việc kết nối giữa các bộ phận thường nhờ khớp và ngàm. Phần vỏ trên và vỏ dưới được liên kết bằng vít. Thiết bị được lắp vào bảng điện nhờ thanh ray đặt dưới đáy thiết bị, cố định với thanh ray bằng cơ cấu ngàm và lò xo ngàm. Các chỗ cầu đấu nối điện đều có nắp che chắn, đảm bảo an toàn. Lò xo nhả dạng côn, đặt ở cực từ giữa mạch từ, có độ cứng không lớn.

Công tắc tơ không tiếp xúc thực hiện việc đóng cắt mạch điện động lực bằng các van bán dẫn có điều khiển (thyristor, triac). Ưu điểm chính của loại này là có thể làm việc với tần số đóng cắt lớn, thời gian đóng cắt bé, không có hồ quang và không ồn. Nhược điểm chính của loại công tắc tơ không tiếp xúc là khả năng quá tải kém, tổn hao năng lượng trên công tắc tơ khá lớn. Vì vậy, công tắc tơ không tiếp xúc chỉ được chế tạo cho dòng điện định mức bé và vừa, lớn nhất đến 150A.



Hình 6.37. Công tắc tơ điện xoay chiều

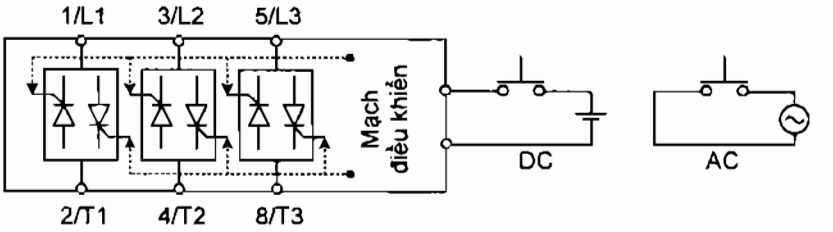
Trên hình 6.38 trình bày sơ đồ điện của các loại công tắc tơ một pha và ba pha, dùng triac và thyristor.



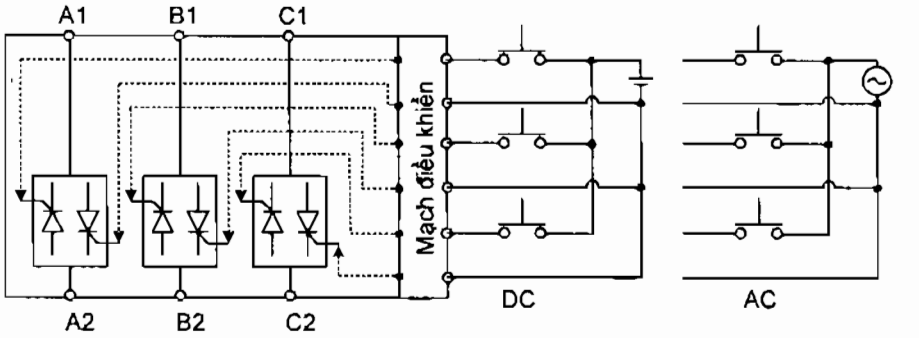
a) Một cực, dùng triac, nguồn điều khiển một chiều

b) Một cực, dùng thyristor, nguồn điều khiển xoay chiều, có tiếp điểm phụ

c) Một cực, nguồn điều khiển một chiều



d) Ba cực, điều khiển chung



e) Ba cực, điều khiển riêng rẽ

Hình 6.38. Các loại công tắc tơ không tiếp xúc

6.4.2. Khởi động từ

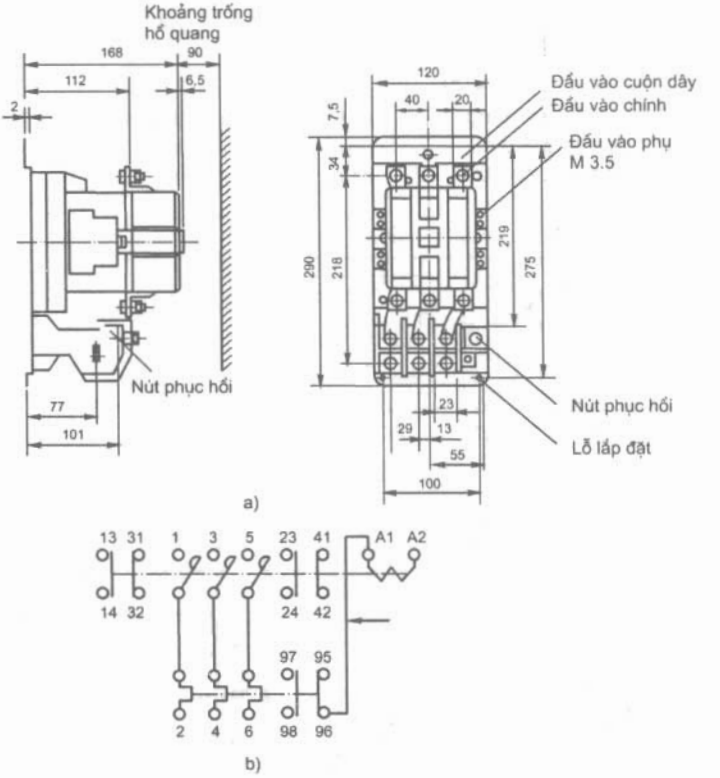
a) Khái niệm chung về khởi động từ

Khởi động từ là khí cụ điện dùng để điều khiển từ xa việc khởi động, dừng, đảo chiều quay và bảo vệ quá tải cho các động cơ điện xoay chiều.

Khởi động từ có hai bộ phận chính: công tắc tơ và rơle nhiệt. Công tắc tơ dùng để đóng cắt mạch điện của động cơ, còn rơle nhiệt để bảo vệ quá tải cho động cơ. Với động cơ không đảo chiều quay, ta dùng khởi động từ đơn, còn với động cơ

có đảo chiều quay, ta dùng khởi động từ kép. Khởi động từ đơn là tổ hợp của một công tắc tơ và rơle nhiệt, còn khởi động từ kép gồm hai công tắc tơ và một rơle nhiệt. Ở khởi động từ kép, vì hai công tắc tơ không được đóng đồng thời (nếu đóng đồng thời thì sẽ gây ra ngắn mạch lưới), nên chúng phải được khoá liên động, có nghĩa là chỉ cho phép một trong hai công tắc tơ đóng điện.

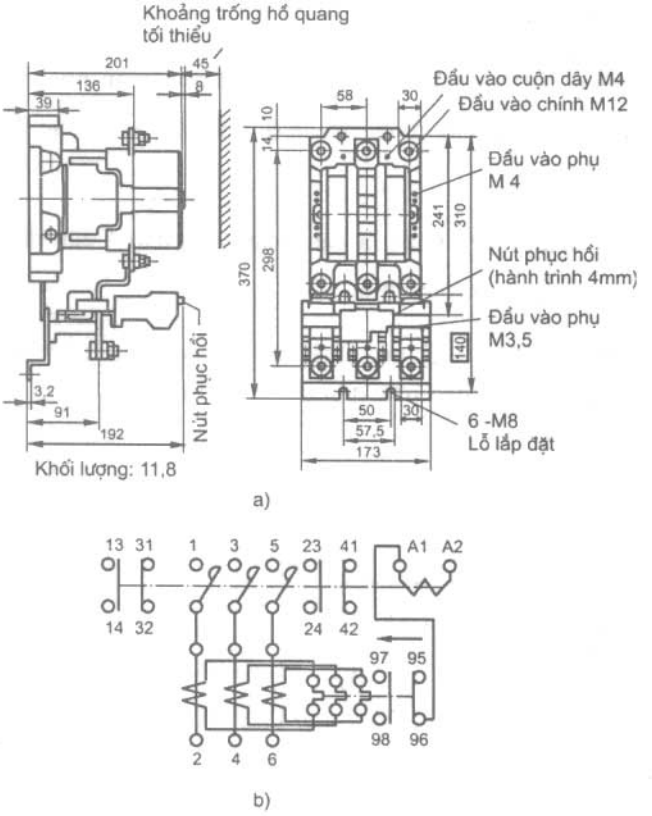
Kết cấu của khởi động từ rất đa dạng. Công tắc tơ có ba tiếp điểm chính cho mạch động lực ba pha. Số tiếp điểm phụ có thể là một thường mở, một thường đóng hay hai thường mở, hai thường đóng. Rơle nhiệt của khởi động từ có thể là loại hai phần tử nhiệt dùng cho hai pha hoặc ba phần tử nhiệt dùng cho cả ba pha. Cuộn hút của khởi động từ có thể là điện một chiều, nhưng thông dụng hơn là điện xoay chiều với các trị số điện áp điều khiển khác nhau. Rơle nhiệt thường có một tiếp điểm thường đóng và một tiếp điểm thường mở. Khi dòng điện làm việc của động cơ điện đi qua phần tử đốt nóng bé hơn hoặc bằng dòng chỉnh định của rơle nhiệt, tiếp điểm thường đóng thông mạch, cho nên nó được đấu nối tiếp với cuộn hút của công tắc tơ. Khi bị quá tải, rơle nhiệt tác động làm tiếp điểm thường đóng mở ra, cắt điện của cuộn hút làm cắt điện của động cơ. Khi tiếp điểm thường đóng mở ra thì tiếp điểm thường mở đóng vào, vì vậy tiếp điểm thường mở được đấu nối tiếp với một bóng đèn báo sự cố quá tải.



Hình 6.39. Khởi động từ đơn 150A

a) Các kích thước cơ bản; b) Sơ đồ điện

Ở các khởi động từ có dòng điện lớn (thường từ 200A trở lên) phần tử đốt nóng của rơle nhiệt được cấp nguồn từ máy biến dòng điện của mạch động lực để giảm kích thước của rơle nhiệt và giảm tổn hao điện năng trong các phần tử đốt nóng.



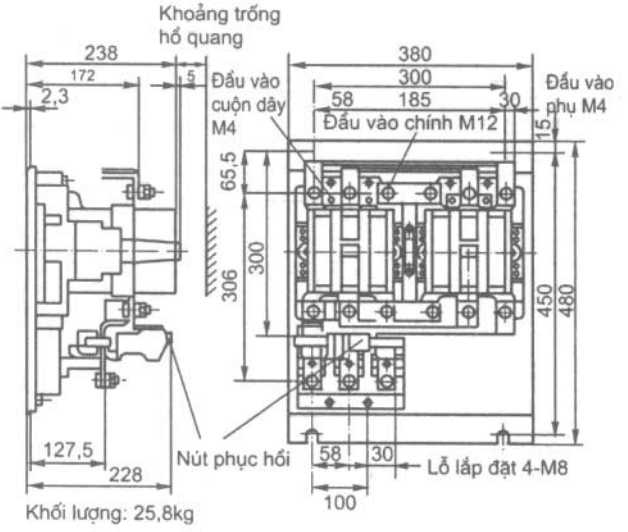
Hình 6.40. Khởi động từ đơn có I_{dm} = 300A

a) Cấu tạo; b) Sơ đồ điện

Trên hình 6.39 cho kết cấu và các kích thước lắp đặt của một khởi động từ đơn có dòng định mức 150A, điện áp định mức 660V, điện áp điều khiển 380V, dùng cho động cơ điện 75kW, 380V.

Trên hình 6.40 là kết cấu và sơ đồ điện của khởi động từ đơn có dòng điện định mức 300A, dùng cho động cơ điện 132kW, 380V. Loại này có rơle nhiệt được cấp qua máy biến dòng điện.

Trên hình 6.41 là các kích thước lắp đặt của một khởi động từ kép, có dòng điện định mức 400A, dùng cho động cơ điện công suất 220kW, điện áp 380V.



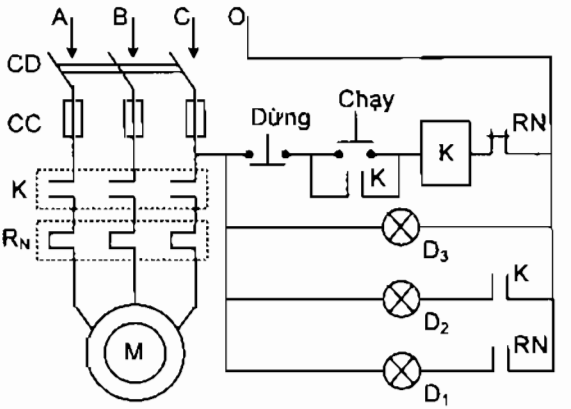
Hình 6.41. Khởi động từ kép có I_{dm} = 400A

b) Các mạch ứng dụng của khởi động từ

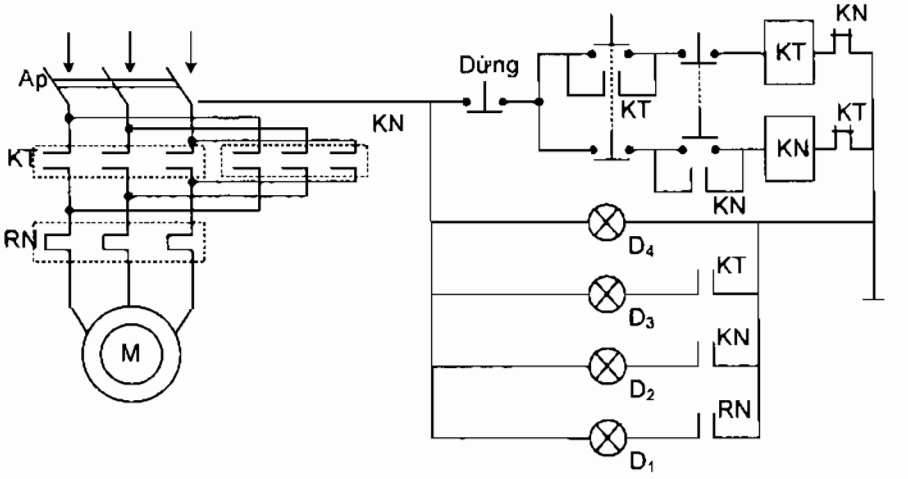
Sơ đồ mở máy trực tiếp động cơ lồng sóc ba pha là sơ đồ đơn giản nhất và được ứng dụng cho các động cơ công suất nhỏ, được mô tả ở hình 6.42a, còn sơ đồ có đảo chiều quay được cho ở hình 6.42b.

Mạch động lực được bảo vệ ngắn mạch hoặc là bằng cụm cầu dao – cầu chì, hoặc bằng aptomat. Phần bảo vệ quá tải nhờ rơle nhiệt.

Sơ đồ các đèn hiệu báo trạng thái làm việc của thiết bị: D_1 báo có nguồn, D_2 báo chạy thuận, D_3 báo chạy ngược, còn D_4 báo rơle quá tải tác động.



a) Trực tiếp không đảo chiều

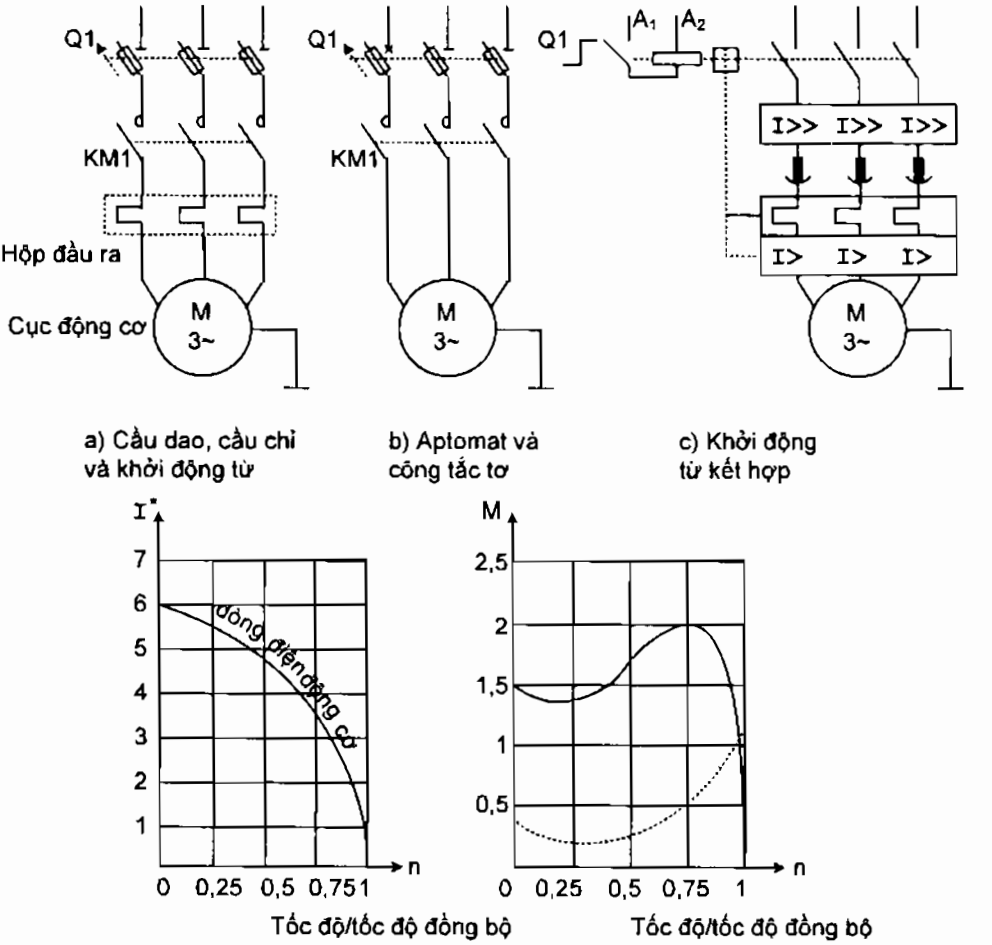


b) Trực tiếp có đảo chiều

Hình 6.42. Sơ đồ mở máy trực tiếp động cơ lồng sóc

Thông thường, người ta sử dụng cụm aptomat và khởi động từ để mở máy trực tiếp các động cơ ba pha công suất nhỏ và trung bình (dưới 10kW). Để đơn giản hoá việc nối dây, thuận tiện cho lắp đặt, cụm thiết bị này được chế tạo dưới dạng môđun, ghép thành một khối, được gọi là khởi động từ kết hợp (hay còn gọi là combo), rất tiện lợi cho sử dụng.

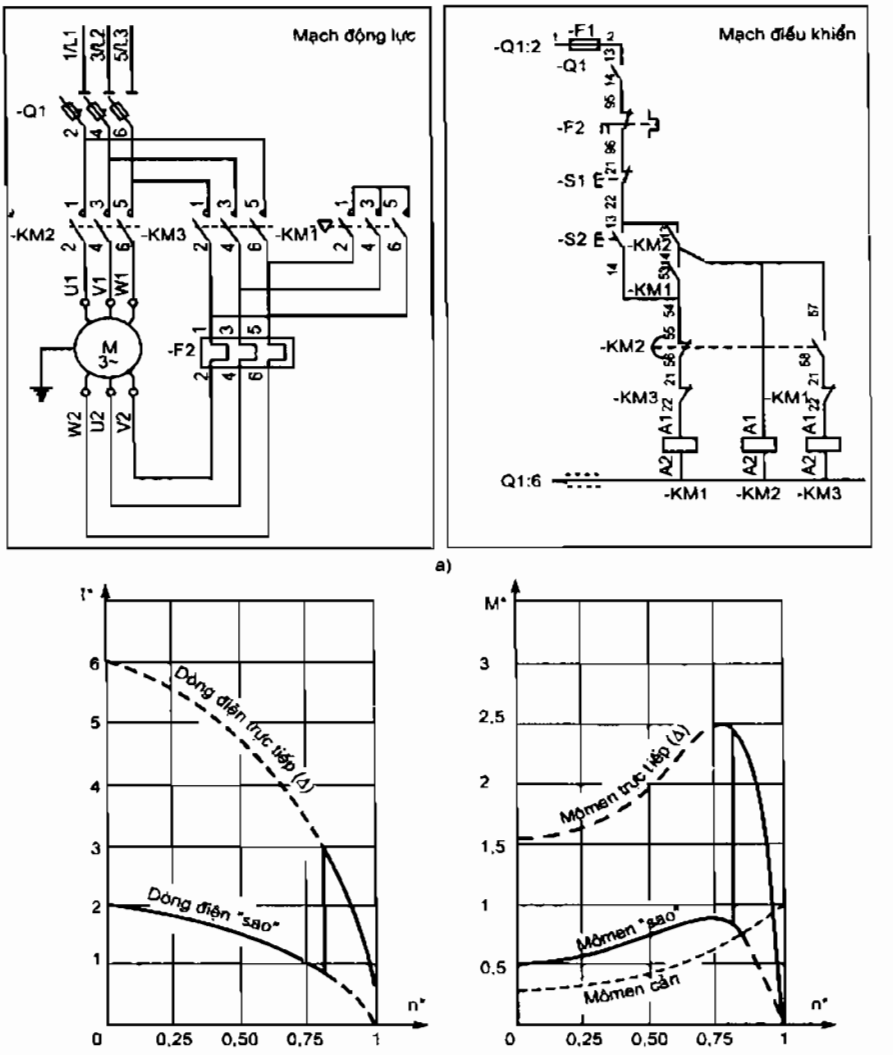
Trên hình 6.43 cho mạch động lực và đặc tính dòng điện, momen của các thiết bị mở máy trực tiếp động cơ lồng sóc.



Hình 6.43. Mở máy trực tiếp động cơ rôto lồng sóc

Để giảm công suất mở máy, các động cơ công suất lớn khởi động bằng các thiết bị khởi động đặc biệt. Một trong các phương pháp thường sử dụng là mở máy "sao – tam giác" cho các động cơ làm việc nối tam giác. Khi khởi động "sao", momen và dòng điện giảm 3 lần so với khởi động "tam giác". Quá trình chuyển từ "sao" qua " tam giác" thường tính theo thời gian đặt trước.

Trên hình 6.44 cho mạch điện và đặc tính của kiểu khởi động này.



Hình 6.44. Khởi động "sao– tam giác"

c) Chọn khởi động từ

Việc chọn khởi động từ phải dựa vào hai chức năng chính của chúng là đóng cắt và bảo vệ.

Khả năng đóng cắt của khởi động từ phụ thuộc vào công suất của phụ tải và đặc tính của phụ tải. Các phụ tải điện xoay chiều được chia thành 3 nhóm: tải nhẹ, tải trung bình và tải nặng.

Nhóm tải nhẹ là các tải thuần trở, ký hiệu AC1. Việc đóng cắt nhóm tải này tương đối dễ dàng vì hồ quang không lớn và dòng quá độ khi đóng cắt không lớn so với dòng điện định mức, vì vậy hệ số dự trữ của công tắc tơ so với tải lấy khoảng từ 1,1 đến 1,3 là thích hợp.

Nhóm tải trung bình là các tải động cơ lồng sóc không đảo chiều quay, ký hiệu AC3. Dòng điện quá độ của loại tải này có thể dao động từ 4 đến 7 lần dòng điện định mức. Do đó hệ số dự trữ của công tắc tơ phải chọn lớn hơn, từ 1,3 đến 1,6 tùy theo thời gian mở máy lớn hay nhỏ.

Nhóm tải nặng là các động cơ không đồng bộ rôto dây quấn và rôto lồng sóc làm việc ở chế độ mở máy, hãm nhanh và đảo chiều quay (ký hiệu AC2 cho động cơ có vành trượt, AC4 cho động cơ lồng sóc). Ở các chế độ đóng cắt này, dòng điện quá độ rất lớn, vì vậy hệ số dự trữ của công tắc tơ phải chọn lớn, từ 1,6 đến 1,8.

Để bảo vệ được quá tải tin cậy, đường đặc tính của rơle nhiệt phải nằm phía dưới đặc tính nhiệt của tải, nhưng càng sát đặc tính tải thì mới tận dụng được khả năng chịu nhiệt của tải. Thường đặt rơle nhiệt có trị số dòng điện tác động bằng 1,2 dòng điện định mức của tải.

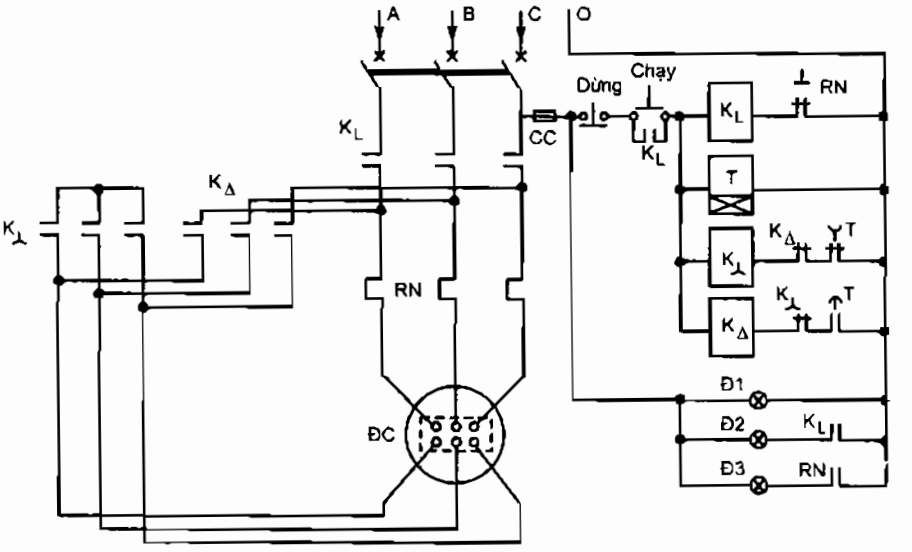
d) Ví dụ về khởi động từ

Một máy bơm nước cho nhà cao tầng có động cơ điện kéo kiểu không đồng bộ, rôto lồng sóc với các thông số sau: công suất định mức P = 40kW, tốc độ 2950 vòng/phút, điện áp 380/660 V, dòng điện 76,5/44,2 A, hiệu suất 88%, cosφ = 0,9, bội số momen khởi động k_m = 1,6, bội số dòng điện khởi động k_i = 7,0, lưới điện ba pha, 380V.

Vẽ sơ đồ khởi động động cơ điện " sao – tam giác", điều khiển bằng nút ấn.

Chọn thông số các thiết bị bảo vệ và điều khiển động cơ điện.

Bài làm: Sơ đồ khởi động, dừng động cơ máy bơm bằng nút ấn (bơm tay) cho ở hình 6.45.



Hình 6.45. Sơ đồ khởi động "sao – tam giác" bằng rơle thời gian

Trình tự hoạt động của mạch như sau: Đóng aptomat Ap, đèn $Đ_1$ báo nguồn sáng. Ấn nút " chạy", cuộn hút của K_L có điện, đồng thời cuộn hút T của rơle thời gian và cuộn hút K_λ của công tắc tơ đấu " sao" có điện, động cơ được khởi động theo sơ đồ đấu "sao". Lúc này đèn $Đ_2$ sáng, báo hiệu động cơ đang chạy, và rơle thời gian T bắt đầu đếm thời gian, Sau thời gian trễ (tùy theo quán tính của tải. thường thì từ vài giây đến vài chục giây). T tác động làm cắt mạch của K_Δ, đóng mạch của K_λ, động cơ chuyển qua chế độ đấu "tam giác", chế độ làm việc dài hạn của động cơ này. Nếu muốn dừng máy chỉ việc ấn nút dừng. Trong trường hợp động cơ bị quá tải, rơle nhiệt tác động, tiếp điểm thường đóng của nó mắc nối tiếp với cuộn hút của công tắc tơ K_L mở ra, cuộn hút K_L mất điện làm cắt điện động cơ, đồng thời tiếp điểm thường mở của rơle nhiệt đóng lại, đèn $Đ_3$ báo tải quá sáng.

Muốn cho máy chạy lại phải chờ rơle nhiệt RN nguội và ấn nút "phục hồi" trên rơle nhiệt để các tiếp điểm trở về trạng thái ban đầu.

Chọn thông số của các thiết bị.

Chọn thông số của các thiết bị dựa vào điện áp và dòng điện định mức của tải có kết hợp với dòng điện quá độ.

Đây là động cơ máy bơm làm việc ở chế độ AC3 với dòng điện định mức 76,5A, đấu tam giác ở lưới 380V. Trên cơ sở số liệu của các thiết bị điện ở Phụ lục, chọn:

– Aptomat 100AF có điện áp định mức 690V, dòng điện định mức 100A, có bảo vệ nhiệt và bảo vệ từ, số lượng 1 chiếc.

– Công tắc tơ kiểu GMC – 125, có dòng điện định mức 120A, điện áp định mức 400V, điện áp điều khiển 220V, 50Hz, số lượng 3 chiếc.

– Rơle nhiệt GTH100/3, có dòng điện định mức 80A, phạm vi chỉnh định từ 65A đến 100A, 1 tiếp điểm thường đóng, 1 thường mở.

Cuộn sơ cấp của BAB được cấp nguồn từ một biến áp tự ngẫu quay AT, điều chỉnh vô cấp bằng chổi than. Sơ cấp của AT được đấu vào đầu ra của ổn áp.

Khi điện áp thay đổi (do dao động của điện áp lưới hay do tải thay đổi), động cơ chấp hành M sẽ tự động kéo chổi than theo chiều thích hợp để điện áp trên cuộn bù cùng dấu hoặc ngược dấu với điện áp vào. Biến áp nguồn BAN làm nhiệm vụ cung cấp nguồn nuôi cho mạch điện tử EN 3014/F.

Aptomat đầu vào AP loại bốn cực, có phần bảo vệ dòng điện rò. Bộ chuyển mạch điện áp CMV để đo điện áp vào và điện áp ra của ổn áp. Bộ chuyển mạch lực CM được đấu ở đầu vào và đầu ra của ổn áp, liên động với nhau để tải có thể lấy qua ổn áp hoặc lấy trực tiếp từ lưới. Đèn L_1 và L_2 báo trạng thái cấp nguồn cho tải từ lưới hay từ ổn áp: L_1 là từ ổn áp, còn L_2 là trực tiếp từ lưới.

6.5. CƠ CẤU ĐIỆN TỪ CHẤP HÀNH

6.5.1. Khái niệm chung về cơ cấu điện từ chấp hành

Cơ cấu điện từ chấp hành là thiết bị điện làm việc trên nguyên lý điện từ, dùng để thực hiện một công đoạn xác định trong quá trình công nghệ. Nam châm điện là bộ phận chủ yếu, sinh ra lực điện từ cần thiết để cơ cấu điện từ chấp hành làm việc. Ở loại cơ cấu này, nam châm điện một chiều được dùng phổ biến hơn vì các lý do sau:

– Khi làm việc, nó không gây ra rung, ồn vì lực điện từ của nam châm điện một chiều không biến đổi theo thời gian như lực điện từ của nam châm điện xoay chiều.

– Mạch từ không bị phát nóng vì không có tổn hao sắt từ, do đó nó được chế tạo dạng khối, dễ dàng cho việc tạo hình dạng kết cấu thích hợp để có đặc tính cần thiết.

– Dòng điện trong cuộn dây của nam châm điện không phụ thuộc vào độ lớn của khe hở không dẫn từ, do đó cuộn dây ít bị cháy.

Bên cạnh các ưu điểm đó, nam châm điện một chiều còn có những nhược điểm sau:

– Khi khe hở của mạch từ lớn lực hút điện rất bé, hay đặc tính lực hút của nam châm điện một chiều dốc hơn nam châm điện xoay chiều.

– Vì cuộn dây một chiều có số vòng rất lớn nên khi đóng cắt năng lượng từ dự trữ trong cuộn dây lớn dễ gây ra quá điện áp cao khi cắt và hồ quang khó dập tắt hơn.

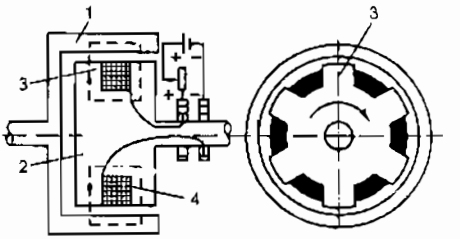
Có nhiều dạng cơ cấu điện từ chấp hành với các chức năng khác nhau, sau đây sẽ đề cập đến một số loại cơ cấu điện từ chấp hành thông dụng.

6.5.2. Khớp ly hợp điện từ

Khớp ly hợp điện từ là cơ cấu điện từ chấp hành, dùng để truyền momen từ trục dẫn sang trục bị dẫn và để điều khiển tốc độ quay của trục bị dẫn bằng các quá trình điện từ.

Dựa vào nguyên lý làm việc, khớp ly hợp điện từ được chia làm ba loại: cảm ứng, bám và ma sát.

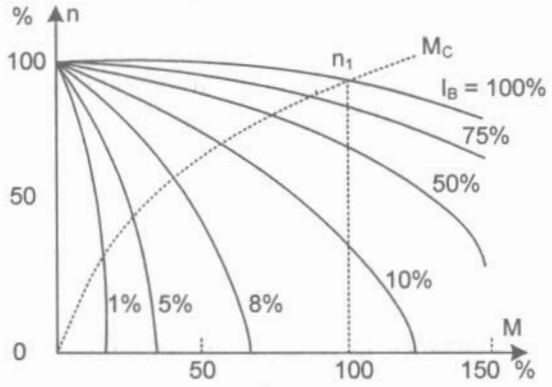
Trên hình 6.46 cho nguyên lý cấu tạo của loại khớp ly hợp cảm ứng. Trên trục dẫn được cố định phần ứng của mạch từ 1, còn trên trục bị dẫn (phía cơ cấu công tác) được cố định phần cảm 2 gồm mạch từ 3 và cuộn dây kích thích 4. Điện được đưa vào cuộn dây kích qua hệ thống chổi than vành trượt.



Hình 6.46. Khớp ly hợp kiểu cảm ứng

Khi cho dòng điện đi vào cuộn dây kích thích nó sẽ sinh ra từ thông khép kín qua mạch từ, khe hở giữa phần cảm và phần ứng. Nếu trục dẫn quay, từ trường phần cảm cắt phần ứng nên trong phần ứng sẽ sinh ra dòng điện xoáy. Sự tác động tương hỗ giữa từ trường và dòng điện xoáy sẽ sinh ra lực, truyền momen từ trục dẫn tới trục bị dẫn. Momen truyền từ trục dẫn qua trục bị dẫn sẽ lớn nếu dòng kích thích tăng. Vật liệu từ phải có độ từ thẩm cao, điện trở xoáy bé.

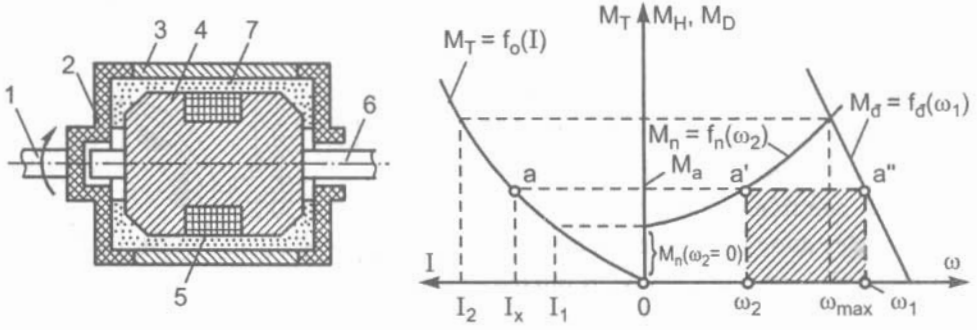
Đặc tính cơ của khớp ly hợp điện từ kiểu cảm ứng được cho trên hình 6.47. Họ đặc tính cơ (đường nét liền) với các trị số dòng kích thích khác nhau được tính theo % dòng điện định mức, còn đường đặc tính tải (đường nét đứt) theo tốc độ quay được tính theo tỷ lệ phần trăm.



Hình 6.47. Đặc tính cơ của khớp ly hợp điện từ kiểu cảm ứng

Nếu tải của khớp tăng, tốc độ quay của trục bị dẫn chậm lại làm tăng hệ số trượt giữa từ trường và dòng điện, dẫn đến dòng điện trong phần ứng tăng để cân bằng momen. Đặc tính cơ của loại khớp này phụ thuộc nhiều vào đặc tính của tải. Để ổn định tốc độ quay của trục bị dẫn cần sử dụng các mạch phản hồi tốc độ.

Nguyên lý cấu tạo và đặc tính điều chỉnh của khớp ly hợp điện từ kiểu bám được cho ở hình 6.48.



Hình 6.48. Khớp ly hợp điện từ kiểu bám

Trục dẫn 1 được nối với mặt bích 2 bằng vật liệu phi từ tính, trên đó có gắn trống tang 3 bằng vật liệu sắt từ. Nam châm điện 4 với cuộn dây 5 được cố định trên trục bị dẫn 6. Không gian 7 giữa nam châm điện và tang trống được điền đầy bột sắt từ với các hạt kích thước bé cỡ micromet. Để giảm ma sát, bột sắt từ còn được trộn lẫn với bột than chì hoặc dầu nhờn.

Khi không có dòng kích thích, trục dẫn quay tự do so với trục bị dẫn vì chưa có lực nối trục (lực ma sát trong bột sắt từ không đáng kể). Khi có dòng điện vào cuộn dây kích thích, từ trường do nó sinh ra sẽ làm bột sắt từ bám chặt với nhau nối trục dẫn với trục bị dẫn, truyền momen từ trục dẫn sang trục bị dẫn. Lực ma sát sinh ra trên một đơn vị diện tích của bề trong của tang trống được tính theo công thức:

$$f_{ms} = K_{ms}.f_{dt} = K_{ms}\frac{B^2}{2.\mu_0\mu_c} \qquad (6.14)$$

Trong đó: K_{ms}– Hệ số ma sát quy đổi.

f_{dt}– Lực điện từ vuông góc với bề mặt tang trống trên một đơn vị diện tích.

B– Từ cảm ở khe hở.

μ_o– Từ thẩm của chân khô.

μ_c– Độ từ thẩm tương đối của bột sắt từ.

Momen truyền từ trục dẫn sang trục bị dẫn là:

$$M = f_{ms}.2\pi R^2 L = \frac{K_{ms}}{\mu_o\mu_c}\pi R^2 L B^2 \qquad (6.15)$$

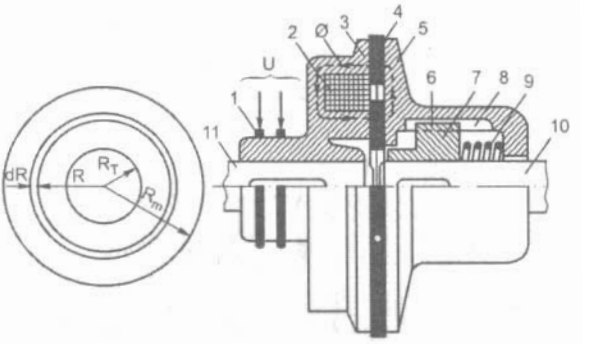
Trong đó: R – Bán kính của tang trống.

L– Chiều dài tang trống.

Nhờ có bột sắt từ nên từ dẫn của mạch từ lớn do đó chỉ cần dòng điện kích từ không lớn vẫn có thể truyền được momen lớn.

Quan hệ giữa momen và tốc độ quay, momen và dòng điện kích thích được cho ở hình 6.48b, trong đó M_T là momen truyền, M_d là đặc tính động cơ sơ cấp, M_n là momen tải.

Khớp ly hợp điện từ kiểu ma sát có cấu tạo như hình 6.49.



Hình 6.49. Khớp ly hợp điện từ kiểu ma sát

Khác với khớp ly hợp điện từ kiểu cảm ứng và kiểu bám, khớp ly hợp điện từ kiểu ma sát không điều chỉnh được tốc độ quay của trục bị dẫn mà chỉ thực hiện được thao tác "ly" và "hợp". Điện một chiều qua chổi than vành trượt 1 được cấp cho cuộn dây 2 của nam châm điện với mạch từ 3 được cố định trên trục dẫn 11 bằng then. Phần động 5 của khớp cũng là phần ứng của nam châm điện, có thể chuyển động dọc trục bị dẫn 10 qua rãnh 8 và then hoa 6 của ống dẫn hướng 7, cố định trên bị dẫn 10 bằng then.

Khi không có dòng điện vào cuộn dây, lò xo 9 đẩy phần động 5 về phía phải, tách 2 mặt ma sát 4 rời nhau, khớp ở trạng thái "ly". Khi đưa điện vào cuộn dây từ thông sinh ra trong mạch từ khép kín qua mạch ma sát làm "hợp" khớp, momen bị truyền từ trục dẫn sang trục bị dẫn qua lực điện từ nén lên bề mặt ma sát.

Momen truyền qua đĩa ma sát được tính theo công thức:

$$M_{ms} = \int_{R_t}^{R_n} dM_{ms} = 2K_{ms}\pi p_0 \frac{R_n^3 - R_t^3}{3} = \frac{2}{3}\pi K_{ms} R_n \left(1 - \beta^3\right) \qquad (6.16)$$

Trong đó: K_{ms}– Hệ số ma sát.

R_n, R_t – Bán kính ngoài và trong của mặt ma sát.

$\beta = \frac{R_n}{R_t}$ – Hệ số hình dáng của mặt ma sát.

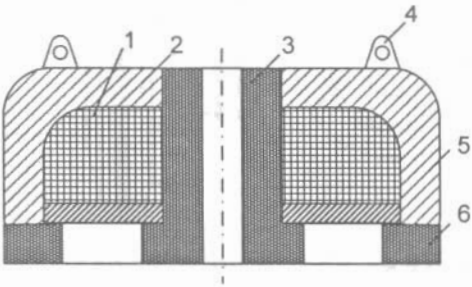
p_o – Áp suất trên bề mặt ma sát:

$$p_o = \frac{F}{S} = \frac{4,06.B_\delta^2.S}{S} = 4,06B_\delta^2$$

Momen của loại khớp điện từ ma sát tương đối lớn vì hai mặt ma sát thường làm bằng thép hợp kim dẫn từ có hệ số ma sát lớn và chịu mài mòn.

6.5.3. Cần trục điện từ

Trong cần trục điện từ, nam châm điện là bộ phận chính để bốc dỡ hàng hoá bằng vật liệu sắt từ. Nguyên lý cấu tạo của nó được trình bày ở hình 6.50. Nó là một nam châm điện một chiều chỉ có cuộn dây và mạch từ tĩnh, còn hàng hoá cần bốc dỡ chính là phần mạch từ động. Khi đưa dòng điện vào cuộn dây, lực điện từ sẽ hút giữ chặt hàng hoá bằng vật liệu sắt từ. Sau khi chuyển dời đến chỗ cần thiết, chỉ cần cắt điện của cuộn dây dỡ là xong.



1–Cuộn dây
2– Gông từ
3– Cực từ giữa
4– Móc treo
5– Tấm đệm phi từ tính
6– Cực từ xung quanh

Hình 6.50. Cần trục điện từ

Những đặc điểm chính của cần trục điện từ là:

– Khi móc hàng không cần dây buộc.

– Bốc và dỡ hàng đều được điều khiển từ xa bằng đóng và cắt điện của cuộn dây nam châm điện.

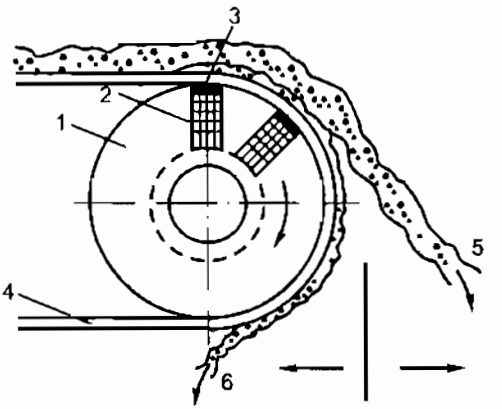
– Có thể bốc dỡ và vận chuyển các tấm sắt từ cả ở trạng thái nóng như ở các nhà máy cán thép, luyện kim đen, nhưng nhiệt độ của các tấm thép phải thấp hơn điểm Quyri, vì từ điểm này trở lên, sắt từ bị từ tính.

– Tải trọng có ích của cần trục điện từ phụ thuộc vào kích thước, hình dạng bề mặt và tính dẫn từ của hàng hoá.

– Để khắc phục sự cố khi bị mất điện lưới, phải có nguồn dự phòng song song với nguồn chính.

6.5.4. Thiết bị phân ly điện từ

Dùng để tách (phân ly) bụi sắt, sắt thép vụn... từ băng tải ra khỏi sản phẩm. Nguyên lý cấu tạo của phân ly điện từ dùng cho băng tải được trình bày trên hình 6.51. Trong mạch từ hình tang trống 1 có các rãnh, trong đó có các cuộn dây 2 được cố định bằng nêm phi từ tính 3. Sản phẩm được vận chuyển trên băng tải 4. Sau khi đi qua thiết bị phân ly, các sản phẩm không từ tính rơi ở bên phải, còn phần sắt thép vụn và các vật liệu từ rơi sang bên trái.



Hình 6.51. Phân ly điện từ

Trên nguyên lý này, người ta chế tạo ra thiết bị lọc từ dùng để tách các phần tử oxit sắt ra khỏi dung dịch cao lanh trong kỹ thuật gốm sứ.

6.5.5. Van điện từ

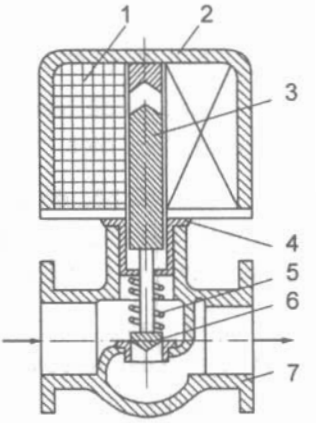
Là cơ cấu dùng để đóng mở từ xa các đường ống dẫn chất lỏng hoặc chất khí. Van điện từ được dùng rộng rãi trong kỹ thuật điều khiển thủy khí.

Trên hình 6.52 cho cấu tạo của một van điện từ thông dụng.

Cuộn dây 1 được bọc bởi mạch từ 2, có phần ứng 3 gắn chặt với mũ 6 để đóng, mở cửa van của ống dẫn 7. Toàn bộ nam châm điện được cách ly với môi chất trong đường ống qua gioăng 4. Lò xo 5 tạo nên lực ép cần thiết để đóng van. Muốn mở van, chỉ việc đưa điện vào cuộn dây, lực điện từ sẽ thắng lực đẩy của lò xo, kéo mũ khỏi cửa van.

Để có lực điện từ lớn khi khe hở làm việc lớn, nam châm điện thường được chế tạo kiểu hút ống dây, nên loại van điện từ kiểu này còn được gọi là solenoid.

Mật độ dòng điện trong cuộn dây phải chọn thích hợp vì điều khiển tỏa nhiệt của nó khá khó khăn. Các van điện từ thường làm việc trong môi trường khắc nghiệt nên phải chọn cấp bảo vệ cao. Nguồn điện cho van điện từ là nguồn một chiều hoặc nguồn xoay chiều.

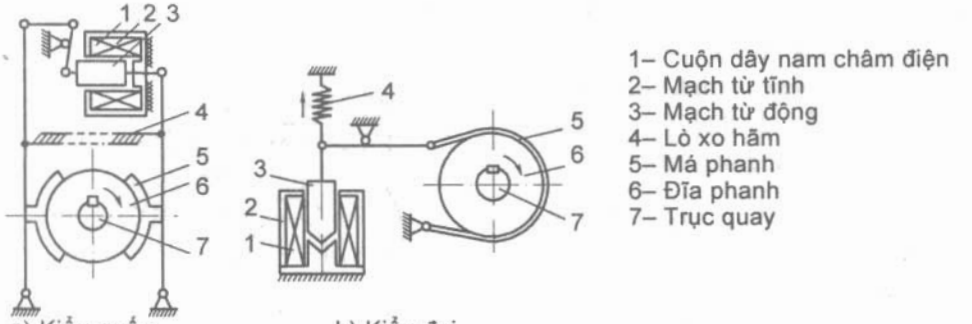


Hình 6.52. Van điện từ

6.5.6. Phanh hãm điện từ

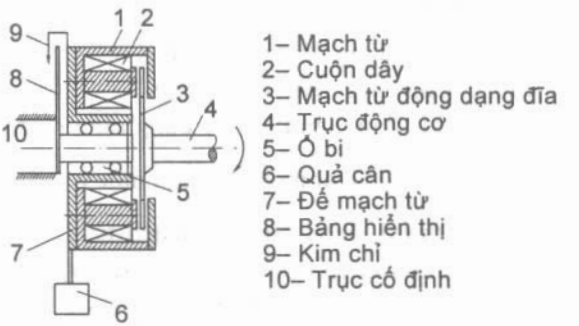
Là cơ cấu điện từ chấp hành, dùng để hãm các thiết bị điện, bắt chúng không chuyển động. Nó là bộ phận không thể thiếu được trong thang máy, cần cẩu. Ngoài ra, còn có loại phanh điện từ dùng để đo momen của động cơ điện.

Loại phanh hãm thông dụng nhất là phanh guốc phanh đai vì chúng có momen hãm lớn, kích thước nhỏ, gọn. Trên hình 6.53 trình bày nguyên lý cấu tạo của phanh điện từ. Lò xo dùng để hãm, còn nam châm điện dùng để nhả phanh.



Hình 6.53. Phanh điện từ

Phanh điện từ do momen của động cơ điện phải đo được momen của động cơ khi trục của nó vẫn quay bình thường. Yêu cầu đối với loại này là có độ chính xác cao. Nguyên lý làm việc của loại này giống như khớp ly hợp điện từ kiểu cảm ứng, được cho ở hình 6.54.



Hình 6.54. Phanh điện từ do momen

6.6. MỘT SỐ NGUYÊN TẮC ĐIỀU KHIỂN

Trong lĩnh vực điều khiển các thiết bị điện đóng cắt có tiếp xúc như nút ấn, rơle, công tắc tơ... được sử dụng rất rộng rãi vì mạch tin cậy, khả năng quá tải cao. Dưới đây là một số mạch thường gặp.

6.6.1. Điều khiển động cơ điện bằng nút ấn và khởi động từ

Sơ đồ khởi động động cơ ba pha trực tiếp không đảo chiều quay và có đảo chiều quay được cho ở hình 6.42. Với sơ đồ có đảo, cần lưu ý cách khoá liên động của hai công tắc tơ KT và KN.

Trong một số thiết bị như palăng nâng hạ trọng vật..., người ta không dùng nút "dừng" và không dùng các tiếp điểm duy trì đấu song song với nút ấn, nhưng vẫn phải có khoá liên động.

6.6.2. Điều khiển hai nơi

Trong một số trường hợp, máy công tác do động cơ kéo nằm ở hiện trường, xa tủ điện, nên thường bố trí điều khiển hai nơi, nghĩa là có thể điều khiển tại tủ điện chung và điều khiển tại hiện trường. Khi đó có 2 nút ấn điều khiển: 2 nút "chạy" đấu song song, còn 2 nút "dừng" đấu nối tiếp. Mạch điện này cho trên hình 6.55a.

6.6.3. Điều khiển đồng thời nhiều đối tượng

Dùng chuyển mạch cơ khí, hoặc chuyển mạch điện (rơle trung gian có nhiều tiếp điểm) đấu nối tiếp với cuộn hút của các khởi động từ, hoặc đấu song song các cuộn hút...

6.6.4. Điều khiển hai chế độ

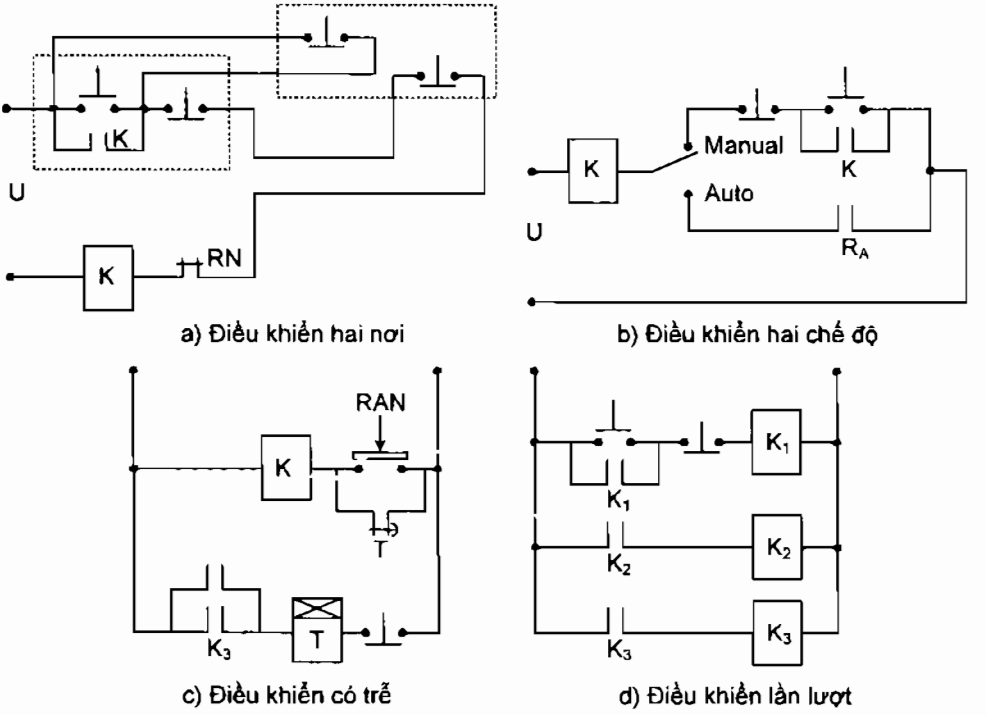
Ví dụ một đối tượng có thể điều khiển hai chế độ tự động hoặc bằng tay thông qua một chuyển mạch hai vị trí. Đầu vào nối với cuộn hút của khởi động từ, còn đầu ra nối với hai mạch chức năng: bằng tay (nút ấn) và tự động qua các tiếp điểm của thiết bị động (hình 6.55b).

6.6.5. Điều khiển có trễ

Dùng rơle thời gian: ví dụ mạch bảo vệ khi máy bơm chạy (cuộn hút của K có điện), rơle thời gian T cũng được cấp điện và bắt đầu tính thời gian. Sau thời gian chỉnh định, nếu áp lực nước không đủ, tiếp điểm thường đóng nhả chậm của T sẽ tác động, cắt điện cuộn hút K nên máy bơm dừng. Nhờ tiếp điểm tức thời của T đấu song song với tiếp điểm phụ của K, cuộn hút của T vẫn có điện, giữ cho K ở trạng thái cắt. Sau khi khắc phục sự cố, muốn cho máy chạy lại phải ấn nút RESET để cắt điện cuộn hút rơle thời gian.

6.6.6. Điều khiển lần lượt

Nếu có nhiều phụ tải cần phải tác động theo một trình tự nhất định, ta dùng tiếp điểm phụ thường mở của công tắc tơ thứ nhất đấu nối tiếp với cuộn hút của công tắc tơ thứ hai... Bằng cách này các thiết bị sẽ làm việc theo trình tự đã cho.



Hình 6.55. Một số nguyên tắc điều khiển

Chương 7

ĐO LƯỜNG ĐIỆN

7.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐO LƯỜNG ĐIỆN

7.1.1. Định nghĩa

Đo lường điện là quá trình xác định độ lớn của đại lượng cần đo so với giá trị đơn vị của nó thông qua dụng cụ đo.

Có hai phương pháp đo: đo trực tiếp và đo gián tiếp. Ở phương pháp đo trực tiếp, đại lượng đo được đưa vào dụng cụ đo và hiển thị trực tiếp trên cơ cấu chỉ thị dạng kim chỉ hoặc số như đo dòng điện, điện áp... Còn ở phương pháp đo gián tiếp, đại lượng đo được đưa vào dụng cụ đo và so sánh với một đại lượng chuẩn. Sai lệch giữa hai đại lượng sẽ được biến đổi và đưa ra cơ cấu chỉ thị, như ở cầu đo điện trở... Đo trực tiếp đơn giản hơn nên được ứng dụng rộng rãi, còn đo gián tiếp phức tạp hơn nhưng chính xác hơn.

7.1.2. Sai số và cấp chính xác

Sai số và cấp chính xác là các thông số đặc trưng cho dụng cụ đo lường.

Sai số tương đối quy đổi của dụng cụ đo được biểu diễn bằng quan hệ:

$$\delta\% = \frac{x_d - x_t}{x_{dm}}.100\% \qquad (7.1)$$

Trong đó: x_d – Giá trị đại lượng đo.

x_t – Giá trị thực.

x_{dm}– Giá trị định mức của dụng cụ đo.

Căn cứ vào sai số của dụng cụ đo, có các cấp chính xác tương ứng và thường gặp các cấp chính xác sau: 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5. Thông thường các cấp chính xác 0,1 là cho dụng cụ mẫu; cấp 0,2 và 0,5 là dùng cho đếm điện năng; cấp 1,0 và 1,5 cho các dụng cụ đo trong tủ, bảng điện; còn cấp 2,5 cho dụng cụ đo vạn năng như đồng hồ vạn năng (V_A_Ω)...

Ngoài cấp chính xác dụng cụ đo còn các thông số khác như độ tin cậy, công suất tiêu thụ, hằng số đo...

7.2. CÁC CƠ CẤU ĐO LƯỜNG

Các dụng cụ đo có hai loại: loại tương tự có cơ cấu chỉ thị dạng kim chỉ và loại số có cấu trúc mạch điện tử và cơ cấu chỉ thị dạng số. Hiện nay các dạng dụng cụ đo kỹ thuật số ngày càng phát triển và được ứng dụng rộng rãi.

Các dụng cụ đo kinh điển là loại tương tự có cơ cấu biến đổi điện cơ là bộ phận quan trọng nhất. Trong dụng cụ đo trực tiếp, có cơ cấu biến đổi điện cơ biến đổi điện năng của đại lượng cần đo thành cơ năng làm chuyển dịch cơ cấu chỉ thị.

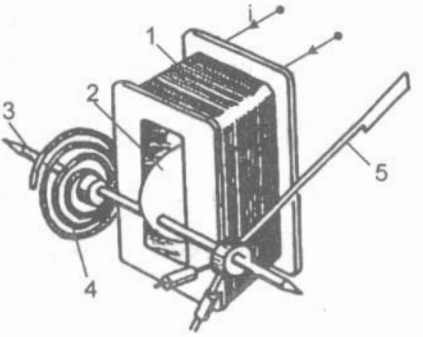
Tùy theo nguyên lý làm việc của cơ cấu biến đổi điện cơ, ta có cơ cấu điện từ, cơ cấu từ điện, cơ cấu điện động và cơ cấu cảm ứng..., ký hiệu của chúng ở bảng 7.1.

Bảng 7.1. Ký hiệu các loại cơ cấu đo

Cơ cấu đo	Kiểu điện từ	Kiểu từ điện	Kiểu điện động	Kiểu cảm ứng
Ký hiệu				

7.2.1. Cơ cấu điện từ

Nguyên lý cấu tạo và làm việc của cơ cấu đo kiểu điện từ cho ở hình 7.1. Cuộn dây tĩnh 1 có dòng điện cần đo chạy qua miếng sắt 2 đặt lệch tâm, có thể quay trong khe của cuộn dây. Trên trục quay 3 gắn cơ cấu chỉ thị 5 và lò xo phản lực 4.



Hình 7.1. Cơ cấu điện từ

Khi có dòng điện chạy trong cuộn dây, trong khe hở của cuộn dây sẽ sinh ra từ trường và từ trường này tác dụng với tấm sắt, tạo momen quay làm lệch kim chỉ. Momen này tỷ lệ với bình phương dòng điện:

$$M_q = \frac{\partial W_M}{\partial \alpha} = \frac{1}{2}.I^2.\frac{\partial L}{\partial \alpha} \qquad (7.2)$$

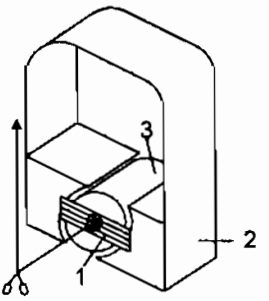
Trong đó: $W_M = \frac{1}{2}L.I^2$ – Năng lượng từ trong cuộn dây.

L – Điện cảm của cuộn dây.

α – Góc quay của cơ cấu chỉ thị .Vì momen quay tỷ lệ với bình phương dòng điện nên thang đo của loại này được chia không đều, thường hẹp ở phía đầu. Dụng cụ đo kiểu điện từ có cấu tạo đơn giản, khả năng quá tải tốt, thường dùng trong các vôn mét và ampe mét công nghiệp.

7.2.2. Cơ cấu từ điện

Cơ cấu từ điện có nguyên lý 7.2, nó gồm cuộn dây phần động 1 tiết diện bé, chuyển động trong lòng nam châm vĩnh cửu 2 có từ trường mạnh. Tang trống 3 bằng vật liệu dẫn từ để tạo từ trường có từ cảm cao ở khe hở. Ngoài ra còn có cơ cấu phản lực và cơ cấu chỉ thị.

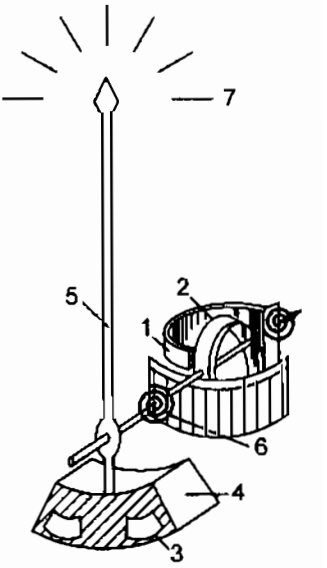


Hình 7.2. Cơ cấu điện từ

Khi dòng điện đi qua cuộn dây đặt trong từ trường của nam châm vĩnh cửu, sự tác động tương hỗ giữa chúng sẽ sinh ra momen quay tỷ lệ bậc nhất với dòng điện trong khung dây. Chiều của momen quay phụ thuộc vào chiều của dòng điện nên loại cơ cấu này có cực tính (+, –), do đó đo được dòng điện một chiều. Nếu muốn đo được dòng điện xoay chiều, cần phải có chỉnh lưu. Cơ cấu đo kiểu từ điện có độ chính xác cao, nhưng khả năng quá tải bé vì khung dây đặt trên phần động nên đường kính dây quấn rất bé.

7.2.3. Cơ cấu điện động

Về cấu tạo, cơ cấu đo kiểu điện động gồm 2 cuộn dây: cuộn tĩnh 1 và cuộn động 2. Trên trục được gắn với đây động 2, lò xo phản lực 6 và kim chỉ 5. Kim chỉ có một đầu quét trên thang đo 7, còn đầu dưới gắn với tấm cản dịu 3, quét trong cơ cấu cản dịu 4.



Hình 7.3. Cơ cấu điện động

Khi cho dòng điện cần đo I_1 và I_2 vào 2 cuộn dây tĩnh và động momen quay sẽ là:

$$M_q = \frac{\partial W_M}{\partial \alpha} = I_1.I_2.\frac{\partial W}{\partial \alpha} \qquad (7.3)$$

Trong đó: M – Hỗ cảm giữa hai cuộn dây.

α – Góc quay của kim chỉ.

Đặc điểm của loại cơ cấu này là:

– Momen quay tỷ lệ với tích của hai dòng điện. Thường dòng điện qua cuộn tĩnh là dòng điện phụ tải có trị số lớn, còn dòng điện qua cuộn dây động là dòng bé, tỷ lệ với điện áp cần đo. Loại cơ cấu này thường dùng cho wat mét, để đo công suất.

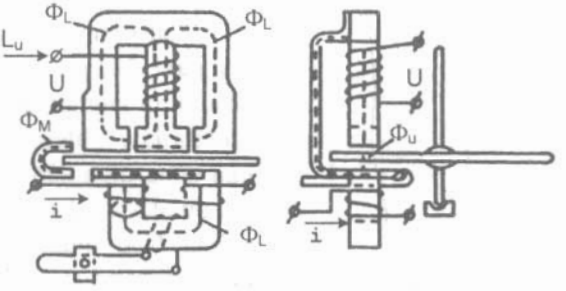
– Chịu ảnh hưởng của từ trường ngoài nên cần có vỏ chống nhiễu.

– Cấu tạo phức tạp.

7.2.4. Cơ cấu cảm ứng

Trên hình 7.4 trình bày nguyên lý cấu tạo của cơ cấu đo kiểu cảm ứng.

Phần tĩnh của cơ cấu gồm 2 cuộn dây có lõi thép: cuộn dòng điện và cuộn điện áp. Cuộn dòng điện có tiết diện lớn, số vòng ít, được mắc nối tiếp với tải, còn cuộn điện áp có tiết diện dây bé, nhiều vòng, được mắc song song với tải. Phần động là đĩa nhôm, có trục quay được gắn với cơ cấu chỉ thị. Ngoài ra còn có một nam châm vĩnh cửu hình móng ngựa, tạo ra từ trường để cản dịu cho đĩa nhôm.



Hình 7.4. Cơ cấu cảm ứng

Momen quay tác động lên đĩa nhôm là do lực tác dụng tương hỗ giữa các dòng điện cảm ứng trong đĩa và các từ thông do cuộn dòng và cuộn áp sinh ra:

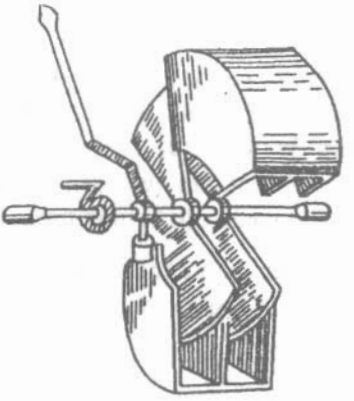
$$M_q = K.\phi_u.\ \phi_i.\sin\psi = K_pUI\cos\varphi$$

Loại cơ cấu có cấu tạo phức tạp, thường được chế tạo cho công tơ đo điện năng xoay chiều.

7.2.5. Cơ cấu tĩnh điện

Trên hình 7.5, phần tĩnh của các cơ cấu là các bản cực kim loại, còn phần động cũng là cũng là các bản cực, được cố định trên trục có gắn cơ cấu chỉ thị và lò xo phản lực.

Khi đặt điện áp vào phần động và phần tĩnh, giữa chúng tạo nên tụ điện C và năng lượng điện trường tích lũy trong tụ điện là $W_C = \frac{1}{2}CU^2$.



Hình 7.5. Cơ cấu tĩnh điện

Momen quay của cơ cấu là:

$$M_q = \frac{\partial W_c}{\partial \alpha} = \frac{1}{2}U^2\frac{\partial C}{\partial \alpha}$$

Ở vị trí cân bằng, momen quay bằng momen cản M_c do lò xo phản lực tạo nên, do đó góc quay của phần động sẽ là :

$$\partial\alpha = \frac{1}{2k_c}U^2\frac{\partial C}{\partial \alpha} \qquad (7.6)$$

Ở loại cơ cấu này momen quay tỷ lệ với bình phương điện áp hiệu dụng, nên có thể đo điện áp một chiều và điện xoay chiều đến hàng chục kV. Mặt khác cơ cấu không bị ảnh hưởng của từ trường ngoài và dạng đường cong điện áp, tiêu thụ công suất ít và có độ chính xác cao.

7.3. ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐIỆN

7.3.1. Đo dòng điện

Dùng ampe mét mắc nối tiếp với tải. Với dòng điện một chiều ta dùng ampe mét hệ từ điện hay hệ điện từ, còn đối với dòng điện xoay chiều ta phải dùng đồng hồ đo hệ điện từ hoặc từ điện có chỉnh lưu. Nếu dòng điện một chiều lớn, người ta phải dùng điện trở Shunt R_S, còn đo dòng điện xoay chiều lớn, người ta dùng máy biến dòng điện TI. Trên hình 7.6 là sơ đồ đo dòng điện. Điện trở R_S là một điện trở mẫu, có điện trở không đổi trong một giải dòng điện nhất định. Trên điện trở R_S thường các thông số: dòng điện, điện áp rơi trên R_S và cấp chính xác. Ví dụ 200A; 60mV; 0,5 – trên thực tế khi đo dòng điện một chiều đến 200A, ta dùng một milivônmét đấu song song với 2 đầu R_S và thang đo của milivônmét này được chia đến 200A. Dụng cụ đo sẽ có cấp chính xác 0,5.

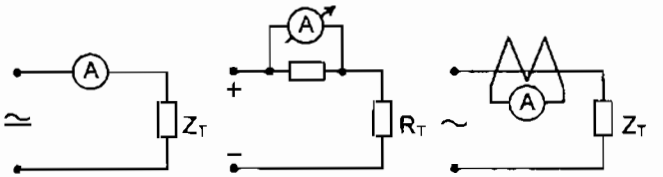
Máy biến dòng điện TI là thiết bị dùng để đo dòng điện xoay chiều có trị số lớn. Nó là phần tử làm việc theo nguyên lý cảm ứng, các thông số của máy biến dòng điện là:

Hệ số biến đổi: 200/5A

Công suất TI: S = 2,5; 5; 10; 15; 2

Điện áp định mức: 0,6kV – hạ áp

Cấp chính xác: 0,5; 1...



Hình 7.6. Mạch đo dòng điện

Thường máy biến dòng điện có dòng điện thứ cấp là 5A nên phía thứ cấp của TI được nối với đồng hồ 5A hệ điện từ. Cần lưu ý không bao giờ được hở mạch thứ cấp máy biến dòng khi có điện, vì khi bị hở mạch thứ cấp, mạch từ của TI bị bão hoà, sẽ cảm ứng điện áp cao, nguy hiểm cho người và thiết bị.

7.3.2. Đo điện áp

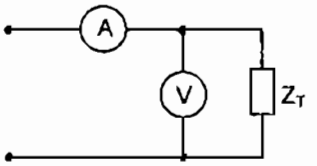
Dụng cụ để đo điện áp là vôn mét, nối song song với nguồn điện. Nếu điện áp đo là điện áp một chiều, ta dùng đồng hồ đo hệ từ điện hoặc điện từ. Nếu điện áp đo là xoay chiều thì dùng đồng hồ đo hệ điện từ hoặc từ điện có chỉnh lưu.

Khi điện áp đo có trị số lớn, ta có thể dùng vôn mét hệ tĩnh điện, dùng điện trở phân áp (cho điện một chiều) hoặc dùng máy biến điện áp (cho điện xoay chiều).

7.3.3. Đo điện trở

– Đo điện trở bằng vôn mét và ampe mét. Dùng ampe mét đấu nối tiếp và vôn mét đấu song song với điện trở cần đo ta có:

$$R_x = \frac{U}{I} \tag{7.7}$$



Hình 7.7. Đo R bằng vôn kế và ampe kế

Để loại bỏ ảnh hưởng của các dụng cụ đo đến cấp chính xác của phương pháp đo, ta sẽ đấu ampe mét trước vôn mét, nếu điện trở cần đo R_x có trị số trung bình và lớn, còn ampe mét sẽ nằm sau vôn mét nếu R_x có trị số bé.

Đo điện trở bằng các dụng cụ đo khác:

– Để đo điện trở có trị số rất lớn như đo điện trở cách điện của các thiết bị điện, người ta dùng megaômmét. Với các thiết bị điện hạ áp, dùng megaômmét loại 500V để kiểm tra cách điện giữa các phiến mang điện và đất (vỏ).

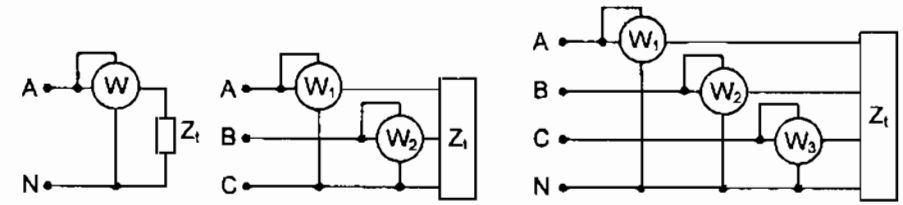
– Để đo điện trở có trị số bé, người ta dùng các cầu đo điện trở, có thể đo được điện trở cỡ $10^{3}\ \Omega$ với cầu đơn và $10^{-6}\Omega$ với cầu kép.

– Một dụng cụ đo vạn năng, có thể đo điện áp, dòng điện và điện trở là vạn năng kế. Nó có thể đo dòng điện xoay chiều lớn nhờ có biến dòng dạng kìm (ampe kìm). Nó rất tiện lợi cho các kỹ thuật viên nhưng cấp chính xác thấp (2,5).

7.3.4. Đo công suất

Muốn đo công suất mạch điện, ta dùng wat mét kiểu điện động. Cuộn dòng điện được đấu nối tiếp với phụ tải, còn cuộn điện áp đấu song song với nguồn.

Tùy theo cấu trúc mạch điện, ta có các sơ đồ đo công suất khác nhau: mạch một pha, mạch ba pha bốn dây (có dây trung tính) và mạch ba pha ba dây, cho ở hình 7.8.



a) $P = UI\cos\varphi = W$ b) $P = W_1 + W_2 = P_{3p}$ c) $P = W_1 + W_2 + W_3 = P_{3p}$

Hình 7.8. Đo công suất

Đo công suất phản kháng mạch ba pha. Dùng wat mét nhưng cuộn dòng đấu với pha A, còn cuộn áp đấu với pha B và C – chỉ số của dụng cụ đo là:

$$W = U_{BC}I_A\cos(\overrightarrow{U_{BC}}.\overrightarrow{I}) = U_{BC}I_A\cos(90^0 - \varphi)$$

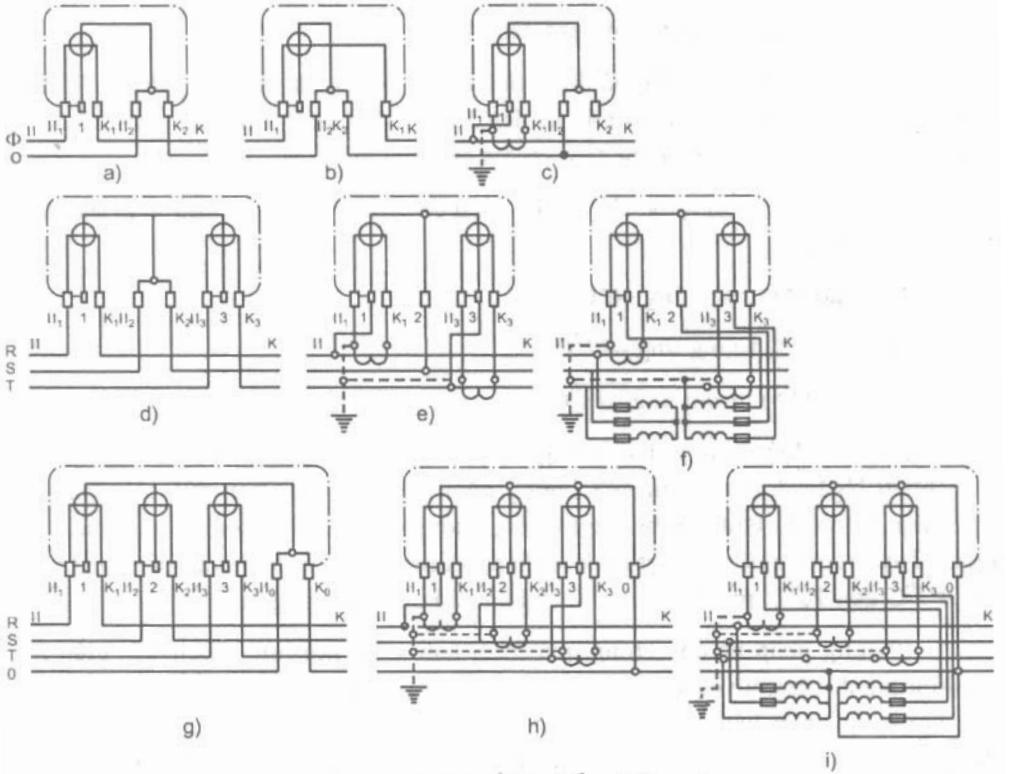
$$W = UI\sin\varphi = \frac{Q_{3p}}{\sqrt{3}}$$

Vì vậy công suất phản kháng của mạch ba pha sẽ là: $Q_{3p} = \sqrt{3}W$ (7.8)

7.3.5. Đo đếm điện năng

Dùng công tơ kiểu cảm ứng hoặc công tắc tơ tĩnh (điện từ), các sơ đồ đo đếm điện năng cho ở hình 7.9. Tùy thuộc vào cấu trúc mạch điện, trị số đại lượng đo, ta dùng thêm TU và TI. Ví dụ một công tơ ba pha dùng TI 600/5, TU loại 22/01kV có chỉ số tiêu thụ điện năng là 250 số. Vậy điện năng tiêu thụ sẽ là: chỉ số công tơ X, hệ số biến dòng X, hệ số biến áp: $250.\frac{600}{5}.\frac{22}{0,1}$ = 6 600 000 kWh.

Trên hình 7.9 cho các sơ đồ đấu dây của công tơ điện.



Hình 7.9. Các sơ đồ đo đếm điện năng

a, b) Hệ một pha, trực tiếp; c) Hệ một pha qua BI; d) Hệ 3 pha 3 dây, trực tiếp; e) Hệ 3 pha 3 dây co BI; f) Hệ 3 pha 3 dây có BI và BU; g) Hệ 3 pha 4 dây trực tiếp; h) Hệ 3 pha 4 dây co BI; i) Hệ 3 pha 4 dây có BI và BU;

Chương 8

CÁC THIẾT BỊ LẠNH THÔNG DỤNG

8.1. TỦ LẠNH

8.1.1. Đại cương về tủ lạnh

Tủ lạnh là loại thiết bị điện cần thiết cho cuộc sống hàng ngày, dùng để bảo quản thực phẩm, thức ăn... trong gia đình. Ngày nay tủ lạnh được dùng phổ biến.

Có hai loại tủ lạnh với nguyên lý làm việc khác nhau: tủ lạnh hấp thụ và tủ lạnh nén hơi. Tủ lạnh kiểu hấp thụ hiện nay được chế tạo với số lượng rất ít, vì nó không cạnh tranh được với tủ lạnh nén hơi, bởi máy lạnh nén hơi có các tính năng kỹ thuật vượt trội.

Các thông số chính của máy lạnh là:

– Dung tích hữu ích: Đây là dung tích của buồng lạnh và buồng đông. Tủ lạnh gia dụng có dung tích hữu ích từ 40 lít đến 500 lít. Thông thường dung tích hữu ích chiếm khoảng 30% đến 50% thể tích chiếm chỗ của tủ.

– Số sao (*) của tủ lạnh: Đây là ký hiệu đặc trưng cho nhiệt độ thấp đạt được ở buồng đông lạnh:

+ Một sao (*) tương ứng -6^0C.

+ Hai sao (**) tương ứng -12^0C.

+ Ba sao (***) tương ứng -18^0C.

– Kiểu tủ: Một buồng, hai buồng và ba buồng. Tủ một buồng có cấu tạo đơn giản nhất. Ngăn đông của tủ một buồng nằm trong không gian của giàn bay hơi kiểu tấm. Còn ở tủ lạnh hai buồng trở lên, buồng đông và các buồng lạnh tách biệt nhau. Tuy ở buồng đông nhiệt độ khá thấp, nhưng ở buồng lạnh vẫn đảm bảo nhiệt độ từ 7^0C đến 10^0C, phù hợp với chức năng bảo quản từng ngăn.

– Phương pháp xả đá: Trong quá trình làm việc, hơi nước bám vào giàn bay hơi làm thành băng tuyết bao quanh nó, làm giảm quá trình trao đổi nhiệt. Để đảm bảo tan băng tuyết bám vào giàn lạnh có các cách xả đá thủ công, xả đá bán tự động và xả đá tự động. Hiện nay loại tủ lạnh không bám tuyết (NO FROST) được ứng dụng rộng rãi, tiện lợi cho người sử dụng.

– Điện áp và công suất của động cơ kéo máy nén. Các tủ lạnh điều chế tạo cho điện áp xoay chiều, tần số 50Hz và 60Hz. Trị số điện áp định mức đối với nước ta

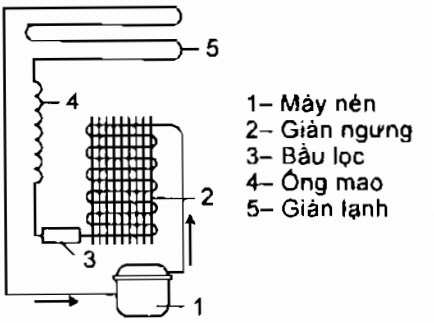
là 220V. Riêng các tủ lạnh nội địa của Nhật Bản có điện áp 100V và 200V. Công suất định mức của động cơ điện kéo máy nén của tủ lạnh thường là 60, 75, 92 và 120W tương ứng là 1/12, 1/10, 1/8 và 1/6 mã lực. Dung tích các tủ lạnh gia dụng thường là 100, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250 lít.

– Việc điều chỉnh nhiệt độ trong tủ lạnh nhờ cảm biến nhiệt độ (thermostat) thường là kiểu khí nén, có bầu cảm biến đặt trong hoặc ngoài tủ. Khi nhiệt độ đủ lạnh, thermostat cắt điện động cơ, máy nén ngừng làm việc. Khi nhiệt độ trong tủ cao, thermostat đóng lại để máy nén làm việc.

– Chỉ tiêu điện năng tiêu thụ: Điện năng tiêu thụ của tủ lạnh phụ thuộc vào nhiều yếu tố như nhiệt độ môi trường, vị trí núm đặt của thermostat, công suất định mức của động cơ máy nén, khối lượng và chủng loại thực phẩm bảo quản, số lần đóng mở cửa và thời gian mở cửa của tủ lạnh... Nói chung tổn hao điện năng phụ thuộc vào các thông số kỹ thuật và phương pháp vận hành của tủ lạnh. Tuy cùng thông số kỹ thuật nhưng nếu vận hành không thích hợp thì điện năng tiêu thụ tăng lên nhiều. Ví dụ, nếu giàn ngưng đặt ở nơi có nhiệt độ cao (gần bếp) chật hẹp, ít thông thoáng hoặc giàn lạnh để thực phẩm quá chật chội, băng tuyết đóng dày hoặc số lần mở cửa và thời gian mở cửa lâu thì điện năng tiêu thụ cũng đáng kể. Các tủ lạnh dung tích từ 100 đến 250 lít ở nhiệt độ môi trường 25^0C tiêu thụ điện năng từ 0,4 đến 1,0 kWh/24h.

8.1.2. Nguyên lý làm việc

Nguyên lý làm việc của tủ lạnh nén hơi dựa trên cơ sở chu trình của máy lạnh nén hơi một cấp, được trình bày trên hình 8.1. Các bộ phận chính của tủ lạnh gồm vỏ tủ, máy nén, giàn ngưng, phin lọc, tiết lưu dạng ống mao và giàn lạnh. Các bộ phận đó được nối với nhau bằng đường ống đẩy và ống hút.



Hình 8.1. Nguyên lý tủ lạnh

Khi máy nén chạy, nó hút môi chất lạnh ở dạng hơi có nhiệt độ thấp t_0 và áp suất thấp p_0 từ giàn lạnh và nén lên áp suất cao p_k (từ 8 đến 12 bar) và nhiệt độ t_k cao khoảng (50 ÷ 52^0C) rồi đẩy môi chất vào giàn ngưng. Ở đây môi chất được làm mát, thải nhiệt cho môi trường ngoài tủ và ngưng tụ, chuyển sang thể lỏng. Sau khi chảy qua phin lọc, môi chất được lọc sạch vào đi vào tiết lưu dạng ống mao. Ra khỏi tiết lưu, áp suất môi chất giảm (khoảng 1,2 đến 1,8 bar) và bay hơi tại giàn lạnh với nhiệt độ từ -6^0C đến -20^0C, thu nhiệt trong buồng tủ lạnh. Sau khi bay hơi, hơi môi chất lại được máy nén hút, tạo nên chu trình kín.

Giàn lạnh được đặt bên trong, còn khối máy nén, bầu lọc, giàn ngưng được đặt bên ngoài tủ lạnh. Môi chất trong tủ lạnh là môi chất R12 hoặc các môi chất tương đương. Ở tủ lạnh một cửa (một buồng) chỉ có một giàn lạnh đặt phía trên. Nhiệt độ

trong trong ngăn lạnh khá thấp, còn phía dưới nhiệt độ từ 0^0C đến 10^0C (nhiệt độ cao phía dưới dùng để bảo vệ hoa quả). Ở tủ lạnh hai buồng, có nhiệt độ buồng lạnh sâu (đông) và lạnh thường. Một máy nén cấp lạnh cho hai giàn lạnh nối tiếp nhau. Môi chất bay hơi trong ngăn đông trước, sau đó bay hơi ở giàn trong ngăn lạnh.

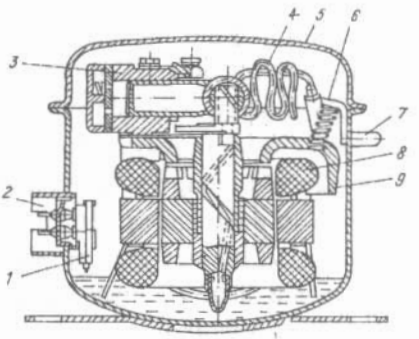
Ở loại tủ lạnh không đóng tuyết, giàn bay hơi được bố trí kín trong vách sau của vỏ tủ. Một quạt gió cưỡng bức phân phối gió lạnh cho từng buồng. Công suất quạt gió khoảng 18W, công suất trên trục động cơ khoảng dưới 5W, dùng động cơ vòng chập.

8.1.3. Các bộ phận của tủ lạnh

Các bộ phận chính của tủ lạnh gồm máy nén + động cơ (còn gọi là lốc lạnh), giàn ngưng tụ, giàn bay hơi, tiết lưu kiểu ống mao, bầu lọc, phần xả đá và phần điện.

a) Cụm động cơ và máy nén

Cụm động cơ và máy nén: còn gọi là lốc lạnh. Chúng có dạng kín, vỏ lốc gồm than và nắp. Sau khi lắp ráp máy nén, động cơ vào than, người ta hàn kín nắp với thân. Phần động của động cơ và máy nén được gắn trên cùng một trục, trên trục có rãnh để hút dầu bôi trơn. Toàn cụm máy nén được treo trên các tấm lò xo (3 hoặc 4) để giảm chấn do lốc khi máy nén khởi động hoặc dừng. Để giảm tiếng ồn khi máy nén chạy. Bên trong lốc máy có bố trí các ống giảm thanh. Trên hình 8.2 trình bày cấu tạo của lốc máy lạnh 1 xilanh.



Hình 8.2. Lốc kiểu PW của hãng Danfoss (Đan Mạch)

1– Kẹp nối điện; 2– Cọc tiếp điện; 3– Xilanh; 4– Ống nối đường dây; 5– Vỏ máy; 6– Lò xo treo chống rung; 7– Ống đẩy; 8– Stato; 9– Thân máy nén.

Động cơ điện trong lốc lạnh thường là động cơ một pha, có tụ điện khởi động và khởi động bằng rơle dòng điện cực đại. Công suất điện và công suất lạnh phụ thuộc vào dung tích của tủ và chức năng của tủ lạnh. Đặc tính kỹ thuật của lốc lạnh kiểu PW của hãng Danfoss (Đan Mạch) cho ở bảng 8.1.

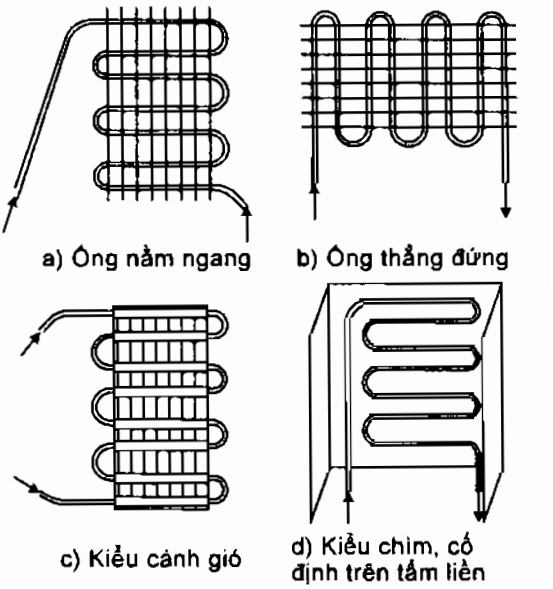
Bảng 8.1. Đặc tính kỹ thuật của lốc lạnh kiểu PW

Đặc tính kỹ thuật	Thể tích xilanh (cm^3)						
	3	3, 5	4, 5	5, 5	7, 5	9	11
Đường kính xilanh, mm	21	21	21	21	30	30	30
Hành trình pittông, mm	8, 5	10	12, 5	16	10	12, 5	16
Công suất động cơ, Hp	1/12	1/10	1/8	1/6	1/5	1/4	1/3
Công suất lạnh, W	115	140	180	230	290	360	440

Chế độ làm việc của lốc lạnh Danfoss là nhiệt độ bay hơi từ -5^0C đến -25^0C với môi trường không khí xung quanh từ 10^0C đến 35^0C. Nếu giàn ngưng có quạt làm mát thì nhiệt độ không khí cho phép có thể tới 45^0C.

b) Giàn ngưng

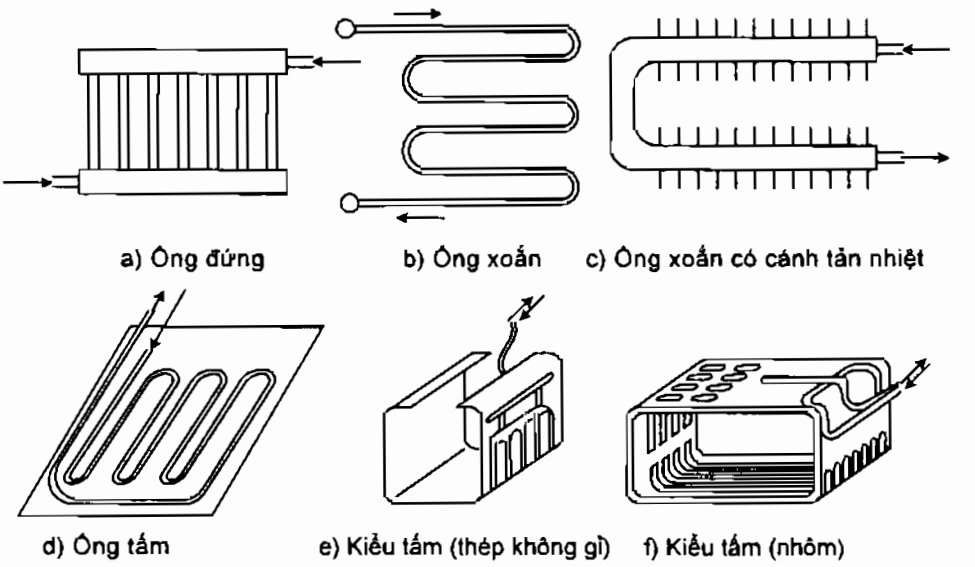
Tại giàn ngưng, môi chất được nén lên nhiệt độ cao và áp suất cao và cần được thải nhiệt ra môi trường. Giàn ngưng của tủ lạnh gia dụng thường là giàn tĩnh, tỏa nhiệt bằng đối lưu tự nhiên. Để tăng diện tích tỏa nhiệt, người ta hàn các que thép hoặc cánh liền. Giàn ngưng thường bố trí bên ngoài, phía sau tủ. Ở những tủ đời mới, giàn ngưng thường bố trí chìm trong vỏ tủ, trông mỹ quan hơn và được bảo vệ tốt hơn. Trên hình 8.3 cho cấu tạo vài loại giàn ngưng thường gặp.



Hình 8.3. Các kiểu giàn ngưng

c) Giàn lạnh

Tại giàn lạnh, môi chất bay hơi ở nhiệt độ thấp và áp suất thấp, thu nhiệt của môi trường. Trên hình 8.4 giới thiệu một số giàn lạnh. Kiểu tấm phẳng dùng cho các giàn lạnh trực tiếp, còn kiểu ống xoắn có cánh dùng cho giàn lạnh gián tiếp bằng quạt lạnh.



Hình 8.4. Một số giàn bay hơi

d) Ống mao

Ống mao làm nhiệm vụ tiết lưu môi chất, được nối từ giàn ngưng tụ đến giàn bay hơi. Ống mao là ống đồng hoặc thép có đường kính ống nhỏ (từ 0,6mm đến 2mm) chiều dài từ 0,5m đến 5m.

Ống mao có ưu điểm là độ tin cậy cao. Không cần bình chứa. Sau khi dùng máy nén từ 3 đến 5 phút, áp suất sẽ cân bằng giữa bên hút và bên đẩy nên động cơ điện khởi động dễ dàng, Nhược điểm chính của ống mao là dễ tắc do bẩn hoặc ẩm, không thay đổi được chế độ làm việc phù hợp với máy nén. Để tăng hiệu quả lạnh, ống mao thường đặt gần ống hút, tạo nên hiệu ứng hồi nhiệt. Thông thường chiều dài ống mao lớn nên người ta hay cuộn thành cuộn, đặt gần lốc ở gầm tủ.

e) Bầu lọc

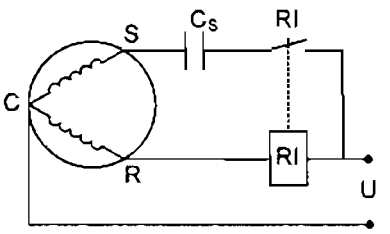
Bầu lọc còn gọi là phin sấy lọc, dùng để hút ẩm và chặn các cặn, bẩn trong môi chất trước khi qua tiết lưu. Về cấu tạo nó là một ống trụ bằng đồng, tóp hai đầu để thuận tiện nối với ống dẫn. Bên trong bầu lọc có chứa hạt hút ẩm như Silicagel hay zêolit, phía đầu ra (đáy) của bầu có lớp lưới đồng và lớp nỉ để ngăn chặn các bụi, bẩn và không cho hạt chống ẩm rơi, có thể làm tắc ống mao. Bầu lọc được đặt trên đường ống sau giàn ngưng, trước khi vào ống mao (tiết lưu).

8.1.3. Phần điện của tủ lạnh

Trong mạch điện của tủ lạnh gồm có động cơ điện, rơle khởi động, rơle bảo vệ quá tải, rơle điều chỉnh nhiệt độ trong tủ lạnh, đèn chiếu sáng trong tủ, quạt phân phối lạnh và hệ thống xả đá.

a) Động cơ điện

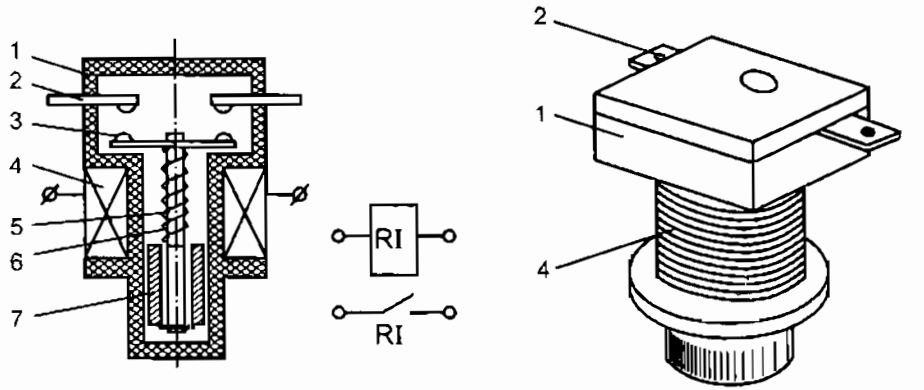
Động cơ điện của máy nén được đặc trong lốc kín, có ba cọc tiếp điện được ký hiệu C (common), R (Run) và S (Start) tương ứng là đầu chung, đầu cuộn làm việc (R) và đầu cuộn khởi động (S) (hình 8.5). Đây là loại động cơ điện không đồng bộ rôto lồng sóc một pha, công suất điện từ 60W đến 150W, khởi động bằng tụ điện, tạo nên momen khởi động lớn. Tốc độ quay của động cơ thường 2900 vòng/phút (loại hai cực) và 1400 vòng/phút (bốn cực). Tụ điện khởi động sẽ được tự động cắt ra khỏi mạch điện khi tốc độ động cơ đạt khoảng 75% tốc độ định mức. Tụ khởi động có trị số lớn, thời gian làm việc bé nên dùng tụ hoá.



Hình 8.5. Sơ đồ nguyên lý mạch điện tủ lạnh

b) Rơle khởi động

Rơle khởi động là loại rơle dòng điện kiểu điện từ, mạch từ hở (không có mạch từ tĩnh) đã đảm bảo hệ số nhả cao. Phần động của rơle là lõi sắt của hình trụ. Trên có gắn tiếp điểm động và lò xo tiếp điểm (hình 8.6). Cuộn dây dòng điện ít vòng, tiết diện dây quấn lớn, được quấn trên khung cách điện, nằm cao hơn lõi sắt và được nối tiếp với cuộn làm việc – Tiếp điểm thường mở (Normal Open) của rơle điện được mắc nối tiếp mạch khởi động gồm tụ điện và cuộn khởi động. Khi đóng điện cho động cơ, dòng điện qua cuộn làm việc tương đối lớn (vì động cơ chưa quay), sức từ động do cuộn dây rơle sinh ra tạo nên từ thông lớn, kéo lõi thép lên phía trên cuộn dây làm đóng tiếp điểm, nối mạch khởi động – lúc này trong stato động cơ có hai từ trường: từ trường do dòng điện trong cuộn dây làm việc và từ trường do dòng điện trong cuộn dây khởi động sinh ra. Hai từ trường này tạo thành từ trường quay, tác động tương hỗ với dòng điện cảm ứng trong rôto, tạo nên momen quay đủ lớn làm máy nén quay. Khi tốc độ quay đạt cỡ 75% tốc độ từ trường quay, dòng điện trong động cơ giảm nhiều, lực điện từ bé, nên trọng lực của lõi sắt kéo tiếp điểm động tách ra khỏi tiếp điểm tĩnh, tự động cắt mạch điện khởi động.



a) Cấu tạo b) Sơ đồ điện c) Hình dáng bên ngoài

Hình 8.6. Rơle dòng điện khởi động động cơ một pha

1–Nắp; 2–Tiếp điểm tĩnh; 3–Tiếp điểm động; 4–Cuộn dây dòng
5–Lò xo tiếp điểm; 6–Giá tiếp điểm; 7–Lõi sắt.

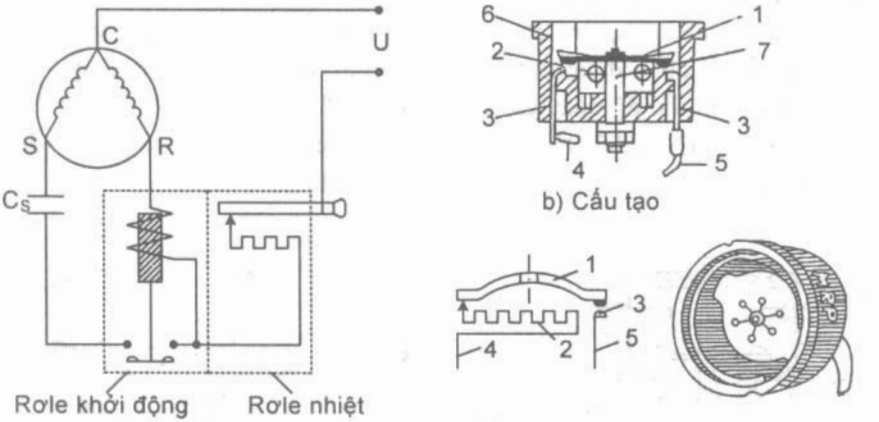
Mỗi loại động cơ có rơle khởi động tương ứng, nên không dùng rơle khởi động không thích hợp.

Nhược điểm chính của rơle dòng điện là dòng khởi động khá lớn nên trong quá trình đóng, tiếp điểm dễ bị hàn dính, rỗ. Mặt khác, nếu mạch từ hơi lệch khỏi vị trí thẳng đứng thì nó dễ bị lật, làm tiếp điểm không cắt dứt khoát mạch khởi động, gây cháy động cơ. Loại rơle khởi động kiểu dòng điện chỉ dùng cho tủ lạnh công suất bé.

c) Rơle bảo vệ quá dòng

Rơle bảo vệ quá dòng cho động cơ tủ lạnh là loại rơle nhiệt kiểu lưỡng kim, thường có thêm phần tử gia nhiệt (dây điện trở) để đốt nóng lưỡng kim. Ở trạng thái nguội và làm việc bình thường, tiếp điểm rơle nhiệt đóng, cấp điện cho động cơ. Khi bị quá dòng với thời gian đủ lớn, lưỡng kim bị đốt nóng và cong làm mở tiếp điểm, cắt điện cấp cho động cơ.

Có hai loại rơle nhiệt: loại lưỡng kim dạng thanh và loại lưỡng kim dạng tròn. Loại lưỡng kim dạng thanh thường được bố trí chung với vỏ rơle khởi động và rơle bảo vệ chung được cho ở hình 8.7a. Loại rơle dạng tròn được gắn trên vỏ lốc để tiếp cận với nhiệt độ của lốc. Trên hình 8.7b cho cấu tạo rơle dạng tròn (còn gọi là dạng đồng xu).

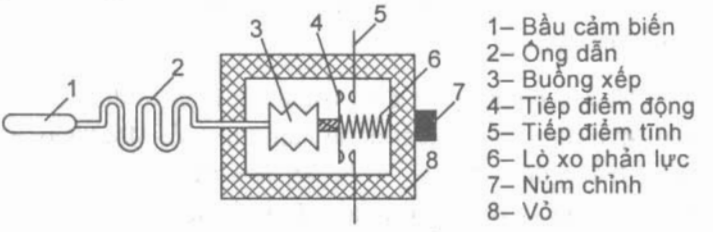


Hình 8.7. Rơle nhiệt bảo vệ quá dòng điện kiểu tròn, lắp trực tiếp trên vỏ lốc

1– Tấm lưỡng kim hình tròn; 2– Dây điện trở; 3– Tiếp điểm;
4, 5– Giắc cắm dây; 6– Vỏ bakelit màu đen; 7– Vít chỉnh.

d) Rơle nhiệt điều chỉnh nhiệt độ (Thermostat)

Thermostat dùng để đặt nhiệt độ trong tủ lạnh theo yêu cầu sử dụng. Nó tự động đóng điện cho tủ lạnh khi nhiệt độ trong tủ lạnh cao hơn nhiệt độ đặt và tự động cắt điện khi nhiệt độ trong tủ thấp hơn nhiệt độ đặt, bằng cách này nó duy trì nhiệt độ trung bình trong tủ không đổi. Có nhiều kiểu Thermostat làm việc theo các nguyên lý khác nhau, nhưng loại rơle nhiệt kiểu áp lực được dùng phổ biến trong các tủ lạnh. Trên hình 8.8 trình bày nguyên lý của loại rơle này.



Hình 8.8. Rơle nhiệt kiểu áp lực

Bầu cảm biến 1 đặt gần giàn lạnh, được nối với buồng xếp 3 bằng ống 2. Bên trong cụm này có nạp chất khí với hệ số giãn nở nhiệt lớn. Tiếp điểm động 4 được gắn trên buồng xếp.

Khi nhiệt độ trong tủ lạnh giảm, áp lực khí trong buồng xếp giảm làm buồng xếp co lại theo hướng trục đóng hệ thống tiếp điểm, cấp điện cho động cơ kéo máy nén chạy. Quá trình này được thực hiện tự động, nhằm duy trì nhiệt độ trong tủ theo trị số đặt trước. Núm vặn 7 để chỉnh độ căng của lò xo 6 nhằm thay đổi áp lực (tỷ lệ thuận với nhiệt độ trong tủ lạnh) để điều chỉnh nhiệt độ trong tủ. Thông thường núm chỉnh được chia thành các nấc để biết trị số đặt: Lạnh thấp, lạnh thường và lạnh sâu. Ở một số tủ thì cụm điều chỉnh (vỏ 8) nằm trên nóc, phía trong, còn các tủ đời mới, cụm điều chỉnh nằm bên trong tủ.

e) Đèn chiếu sáng trong tủ lạnh

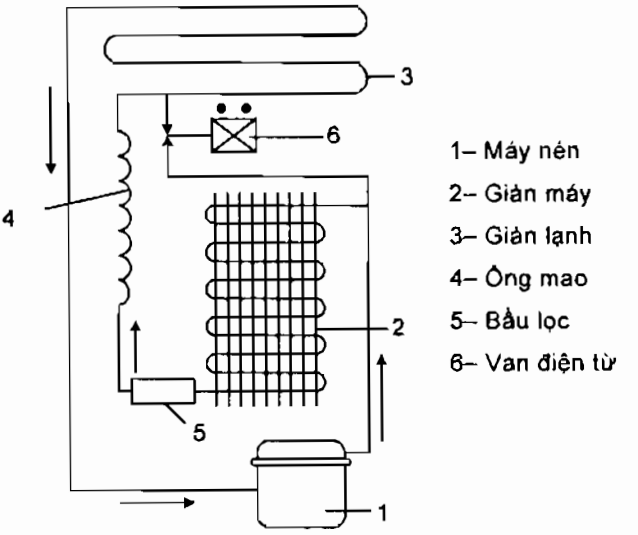
Thường dùng bóng đèn sợi đốt, công suất bé (15W hoặc 25W), được nối tiếp với công tắc cửa. Đèn sẽ tự động sáng khi cửa mở và tự động tắt khi cửa đóng.

f) Hệ thống xả đá

Hệ thống xả đá có nhiệm vụ làm tan đá và tuyết bám trên giàn lạnh để tăng hiệu quả trao đổi nhiệt của bề mặt giàn lạnh và tách các khay đá hoặc khay thực phẩm bám chặt vào giàn lạnh.

Thường gặp hai kiểu xả đá chính trong tủ lạnh gia dụng, đó là xả đá bán tự động nhờ điện trở (sôi gia nhiệt) và xả đá bán tự động nhờ hơi nóng của môi chất lạnh.

Nguyên lý làm việc của xả đá bán tự động bằng điện trở như sau: Khi ấn nút xả đá, hệ thống lạnh ngưng làm việc và được đóng điện cho hệ thống cho dây điện trở bố trí dưới giàn lạnh, nhiệt độ tăng làm băng tuyết tan. Khi hết băng tuyết, cảm biến nhiệt của hệ thống xả đá cấp tín hiệu cắt điện của điện trở và đóng điện lại cho máy nén.



Hình 8.9. Hệ thống xả tuyết bằng van điện từ

Ở hệ thống xả đá bán tự động bằng hơi nóng của môi chất tuần hoàn, người ta mắc thêm một đường ống phụ có tiết diện lớn nối tắt từ đầu máy nén đến đầu vào của giàn lạnh (hình 8.9) qua một van điện từ. Khi ấn nút xả đá, máy nén vẫn làm việc bình thường nhưng van điện từ được đóng điện, mở thông đường ống phụ. Lúc này khí gas sau khi nén chủ yếu đi bằng đường ống phụ (vì trở lực ống mao lớn), nên giàn bay hơi được cấp khí gas nóng, làm tan băng tuyết bám trên nó. Khi băng tuyết tan hết, cảm biến nhiệt phá băng tự động cắt điện van điện từ, khoá đường ống phụ đưa hệ thống lạnh trở lại hoạt động bình thường. Các hệ thống xả đá tự động hoàn toàn có một rơle tác động "bấm nút" theo chu kỳ thời gian định trước, thường là 8 giờ một lần.

g) Giàn lạnh

Ở tủ lạnh không đóng băng (NO FROSS), giàn lạnh được bố trí chìm trong mặt sau của tủ và việc phân phối lạnh được thực hiện bởi quạt gió kiểu động cơ vành chập công suất bé (đến 20W) không điều khiển tốc độ, được đấu song song với máy nén.

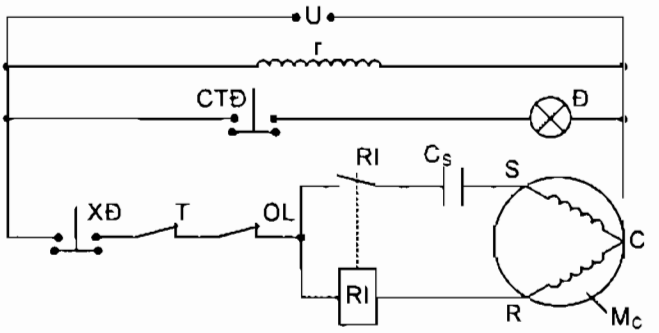
h) Điện trở sưởi gioăng cửa

Thông thường, khi bị lạnh, các gioăng cửa trở nên cứng, làm tủ lạnh không kín gây ra tổn thất nhiệt lớn. Để tránh trường hợp này, phía trong gioăng cửa người ta đặt dây điện trở công suất bé (khoảng 10W) để sưởi ấm gioăng cửa. Điện trở này đấu song song với nguồn điện.

8.1.4. Các sơ đồ điện của tủ lạnh

a) Sơ đồ điện của tủ lạnh đơn giản

Sơ đồ điện của tủ lạnh đơn giản một ngăn, khởi động bằng tụ điện, xả đá bán tự động bằng điện trở được cho trên hình 8.10.



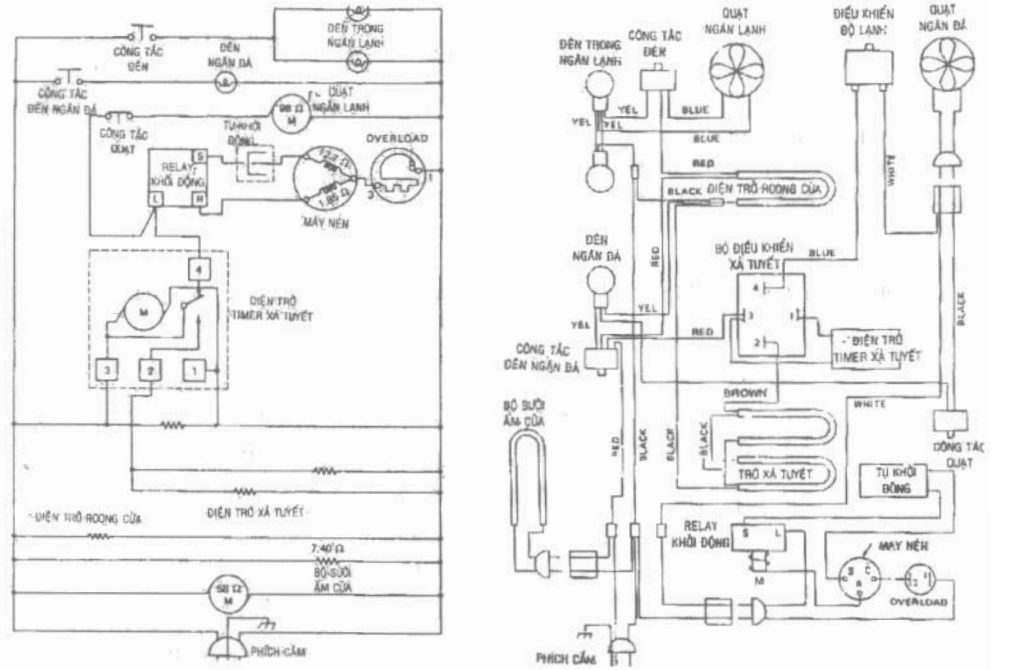
Hình 8.10. Sơ đồ tủ lạnh đơn giản

r– Điện trở sưởi gioăng cửa; CTĐ– Công tắc đèn; Đ– Đèn trong buồng lạnh; XĐ– Nút xả đá; T– Thermostat; OL– Rơle quá tải; C_S– Tụ khởi động; RI– Rơle khởi động; S– Đầu cuộn khởi động; R– Đầu cuộn làm việc; C– Đầu chung của 2 cuộn dây môtơ.

b) Sơ đồ điện của tủ lạnh hai ngăn

Đây là loại tủ lạnh tương đối hiện đại, được dùng phổ biến với tính năng kỹ thuật tương đối cao. Sơ đồ điện và sơ đồ đi dây của một tủ kiểu này được cho trên hình 8.11.

Kiểu tủ lạnh này có bộ phận xả đá tự động nhờ một rơle thời gian kiểu môtơ có cơ cấu cam và công tắc hành trình. Môtơ quay 1 vòng mất 8 giờ và thời gian duy trì trạng thái đóng công tắc hành trình, cấp điện cho điện trở xả đá là khoảng 15 phút. Khi đóng điện trở xả đá thì động cơ máy nén ngưng hoạt động.



a) Sơ đồ nguyên lý b) Sơ đồ nối dây

Hình 8.11. Mạch điện của tủ lạnh hai ngăn

8.1.5. Các hỏng hóc thường gặp và cách khắc phục

Bảng 8.2. Các hỏng hóc thường gặp và cách khắc phục

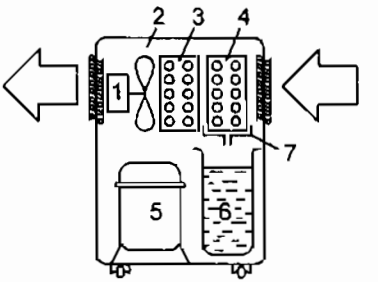
Hiện tượng	Chỗ cần kiểm tra và sửa chữa
Cắm điện, tủ lạnh không chạy, đèn không sáng.	Mất điện lưới hoặc chỗ tiếp xúc ổ cắm, dây dẫn từ phích cắm đến hộp nối dây của tủ bị đứt, mối nối mất tiếp xúc.
Cắm điện, tủ không chạy, đèn sáng bình thường.	+ Các đầu nối và dây dẫn của mạch điều khiển và mạch động cơ. + Các rơle khởi động, rơle bảo vệ, rơle điều chỉnh nhiệt độ, rơle xả tuyết, giắc cắm trên blốc bị mất tiếp xúc, dây quấn trong động cơ bị đứt

Cắm điện, tủ làm việc bình thường. Đèn không sáng.	Mạch điện đèn: dây dẫn, đui đèn, công tắc đèn trên thành tủ, mối tiếp xúc, đèn bị đứt.
Cắm điện, có tia lửa mạnh ở ổ cắm điện, đèn trong phòng tối xuống, đèn trong tủ sáng yếu, có thể nổ cầu chì nguồn hoặc aptomat nguồn ngắt (do dòng quá tải lớn hoặc dòng ngắn mạch).	Dây dẫn cắm điện của tủ bị chập. Kiểm tra động cơ của blốc bị cháy chập nặng.
Cắm điện, đèn trong tủ sáng kém bình thường, blốc không chạy được, một lát sau rơle bảo vệ ngắt, đèn trong tủ sáng trở lại bình thường. Sau một vài phút hiện tượng trên lặp lại.	+ Điện áp nguồn thấp. + Tiếp xúc của tiếp điểm khởi động, tụ khởi động, cuộn khởi động. + Rơle khởi động bị kẹt, gãy. + Tiếp xúc của giắc cắm điện trên blốc. + Động cơ blốc bị chập nhẹ. + Gas chưa hồi hết (áp suất gá giữa giàn ngưng và giàn lạnh chưa cân bằng). + Điện áp nguồn bị giảm đột ngột.
Cắm điện, tủ khởi động được, chạy một lúc sau (10 + 20 phút) rơle bảo vệ ngắt.	+ Điện áp nguồn quá cao hoặc thấp quá. + Tiếp điểm khởi động không ngắt. + Động cơ blốc bị chập ít. + Giàn nóng tỏa nhiệt bị kém. + Giàn lạnh quá tải nhiệt.
Tủ chạy bình thường, sờ vào tủ bị giật.	+ Hệ thống dây điện của tủ bị bong cách điện (do chuột gặm hoặc kẹt) chạm vào thân tủ. + Động cơ blốc bị chạm chập ra vỏ.
Tủ chạy, làm lạnh yếu, tuyết phủ không kín giàn lạnh, giàn nóng kém nóng hoặc không nóng. Trên bề mặt giàn lạnh, giàn nóng có thể thấm ướt dầu máy.	+ Tủ bị rò rỉ gas, gas còn ít hoặc hết hoàn toàn. + Máy nén bị rơ mòn (nếu có tiếng ồn), các van của máy không kín (thường phải thay blốc). + Hệ thống ống dẫn gas và phin lọc bị hở hoặc tắc nghẽn.
Tủ chạy bình thường, giàn nóng nóng tốt, giàn lạnh kém lạnh, lạnh không sâu.	+ Chế độ làm việc của gas sai. + Đặt nhiều thực phẩm trong tủ quá. + Tỏa nhiệt trong giàn nóng kém.
Như trên, kèm theo tủ chạy và dừng có chu kỳ.	+ Rơle bảo vệ ngắt sai. + Núm đặt nhiệt độ để ở vị trí nhiệt độ cao quá (lạnh ít). + Đầu đo nhiệt của giàn đặt sai.

Tủ lạnh chạy liên tục, giàn lạnh lạnh tốt, giàn nóng nóng tốt, sau 20 + 30 phút giàn nóng trở nên nguội, giàn lạnh mất (tuyết tan). Sau đó 20 + 30 phút các giàn trở lại làm việc bình thường và hiện tượng lặp lại chu kỳ. Toàn tủ kém lạnh, dưới đáy tủ có nhiều nước đọng.	Hệ thống lạnh bị tắc ẩm do có lẫn nước trong gas (đối với tủ đã sửa chữa nạp lại gas).
Tủ chạy liên tục không nghỉ, làm lạnh tốt.	+ Núm đặt nhiệt để ở vị trí nhiệt độ thấp quá (Max). + Đầu đo nhiệt của giàn lạnh đặt sai. + Tiếp điểm Thermostat bị dính không ngắt. + Cách nhiệt thân tủ kém.
Tủ hoạt động bình thường, tuyết bám trên giàn lạnh nhanh và nhiều.	+ Thực phẩm trong tủ có nhiều nước. + Cửa tủ bị hở, không kín. + Mở tủ nhiều lần và lâu quá. + Hệ thống tự động xả tuyết không hoạt động hoặc hoạt động kém hiệu quả.
Tủ hoạt động bình thường, phía ngoài tủ có "mồ hôi" bám ướt.	+ Tủ làm việc ở chế độ lạnh sâu (nhiệt độ thấp) lâu dài quá. + Cách điện vỏ tủ bị kém hoặc bị ngậm nước. + Hệ thống sưởi quanh cửa tủ không làm việc, không hiệu quả.
Đối với lạnh kiểu gián tiếp (có quạt gió): Khi chạy giàn nóng nóng tốt nhưng ngăn đá kém lạnh.	+ Hệ thống quạt gió không làm việc (cháy quạt hoặc công tắc quạt tiếp xúc kém, quạt bị kẹt). + Hệ thống xả tuyết tự động hoạt động kém, giàn lạnh bị tuyết bám dày đặc, không khí không lưu thông qua giàn được (còn gọi là hiện tượng bó giàn).

8.2. MÁY HÚT ẨM

Máy hút ẩm là thiết bị lạnh dùng để giảm độ ẩm trong một không gian kín. Trên hình 8.12 cho nguyên lý cấu tạo của một máy hút ẩm gia dụng.



1– Quạt gió
2– Vỏ
3– Giàn ngưng
4– Giàn bay hơi
5– Lốc
6– Thùng nước
7– Máng hứng nước

Hình 8.12. Cấu tạo máy hút ẩm dân dụng

Nhờ quạt hút 1, không khí đi qua giàn bay hơi, hơi nước được ngưng tụ và chảy xuống máng 7, rơi xuống thùng chứa 6. Sau khi đi qua giàn lạnh, không khí bị tách ra một phần ẩm và bị hạ nhiệt độ rồi đi qua giàn ngưng nên được hâm nóng lên chút. Máy hút ẩm được dùng những nơi chỉ cần giảm độ ẩm nhưng không cần giảm nhiệt độ không khí như các kho bảo quản các thiết bị điện tử, kho lưu giữ tài liệu...

8.3. ĐIỀU HOÀ GIA DỤNG

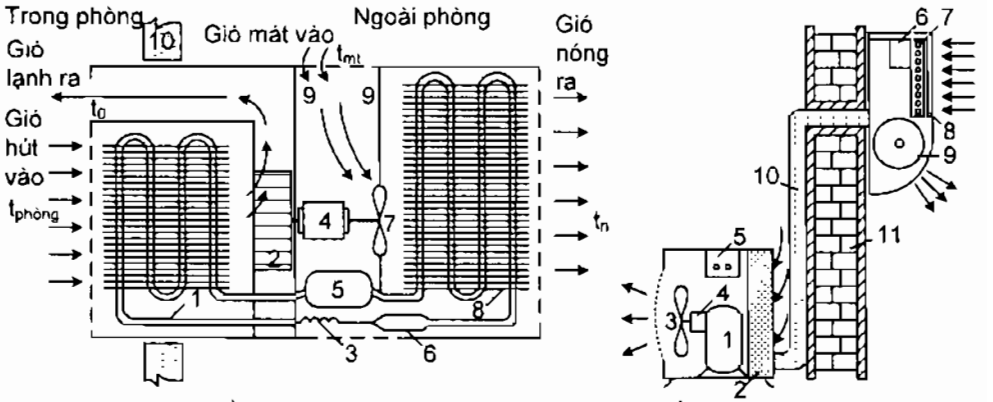
8.3.1. Đại cương về điều hoà gia dụng

Điều hoà nhiệt độ hay điều hoà không khí (Air conditioner) là thiết bị lạnh dùng để thay đổi nhiệt độ, độ ẩm, độ sạch,... của không khí tại các phòng ở, phòng làm việc, hội trường..., nhằm nâng cao chất lượng môi trường.

Các máy điều hoà không khí gia dụng thường là loại làm lạnh không khí trực tiếp, công suất lạnh thường là 7000, 9000, 12000, 18000, 24000 và 36000 BTU/h, động cơ điện kiểu một pha với công suất từ 600W đến 3000W, có tụ điện khởi động và tụ điện làm việc. Môi chất lạnh trong điều hoà là R22 hoặc các chất tương đương. Theo kiểu kết cấu, có điều hoà một cục (một khối) và điều hoà hai cục (hai khối).

Ở điều hoà một cục, toàn bộ các bộ phận của máy lạnh như máy nén, thiết bị bay hơi được đặt trong một vỏ nên gọn, xong lắp đặt phức tạp và gây tiếng ồn lớn khi chạy.

Ở điều hoà hai cục, cục nóng (gồm máy nén và giàn ngưng cùng quạt giải nhiệt giàn ngưng được lắp trong một vỏ và đặt cách ly phòng cần điều hoà. Cục lạnh gồm giàn bay hơi và quạt lạnh, hộp điều khiển từ xa được đặt trong một vỏ và được lắp bên trong phòng. Giữa hai cục có các đường ống nóng, lạnh và dây điện. Điều hoà hai cục lắp đặt đơn giản hơn (không phải đục tường thành lỗ lớn), ít ồn khi làm việc nhưng tổn thất nhiệt lớn hơn do đường ống dẫn giữa hai cục dài. Trên hình 8.13 cho nguyên lý cấu tạo của hai loại máy điều hoà trên.



a) Điều hòa một cụm b) Điều hòa hai cụm

Hình 8.13. Nguyên lý điều hoà gia dụng

1– Giàn bay hơi (giàn lạnh); 2– Cánh quạt gió ly tâm; 3– Ống tiết lưu; 4– Động cơ quạt gió; 5– Blốc máy nén; 6– Phin lọc; 7– Cánh quạt hướng trục; 8– Giàn ngưng (giàn nóng); 9– Các tấm ngăn vỏ máy; 10– Tường phòng đặt máy.

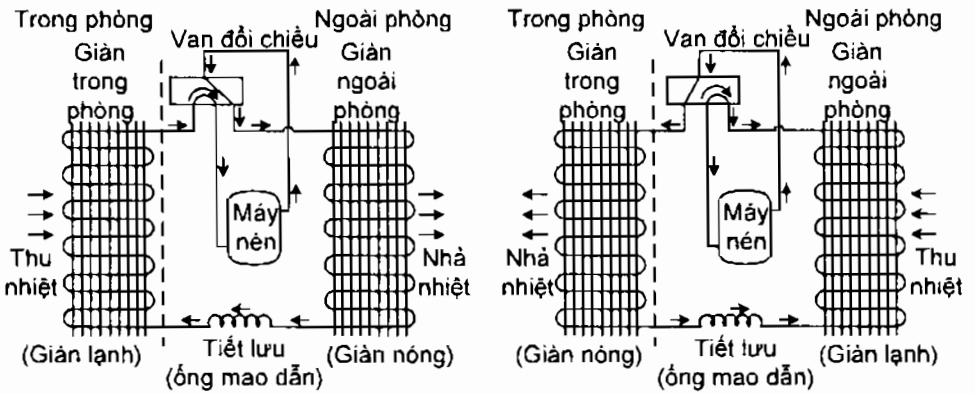
1– Lốc (động cơ máy nén); 2– Giàn ngưng; 3– Quạt giàn ngưng; 4– Động cơ quạt; 5– Hộp đấu điện; 6– Hộp điện; 7– Giàn bay hơi; 8– Phin lọc không khí; 9– Quạt kiểu trục cán; 10– Bùi ống (ống hút, ống dẫn lỏng, ống thoát nước và dây điện nối hai cọc); 11– Tường gạch.

Theo chức năng làm việc, ta có máy điều hoà một chức năng (điều hoà một chiều), chỉ tạo lạnh cho không khí trong phòng và máy điều hoà hai chức năng (điều hoà hai chiều), có thể làm việc ở chế độ lạnh cho mùa hè và sưởi ấm cho mùa đông. Điều hoà hai chiều có hai phương pháp sưởi ấm: bằng điện trở và bằng hơi nóng của môi chất.

Ở máy điều hoà sưởi ấm bằng điện trở, người ta lắp điện trở gia nhiệt trên giàn lạnh. Khi cần sưởi, ta đóng điện cho các điện trở, quạt giàn lạnh thổi không khí nóng vào phòng. Ở chế độ sưởi, máy nén, giàn lạnh, giàn nóng và quạt nóng không làm việc. Loại điều hoà sưởi nóng bằng điện trở tiêu tốn nhiều nhiệt năng và độ an toàn thấp.

Máy điều hoà hai chiều sưởi ấm bằng hơi nóng của môi chất tiêu tốn điện năng ít hơn. Người ta thay đổi chức năng của các thiết bị trao đổi nhiệt bằng một van đổi chiều đi của gas, ở chế độ lạnh, giàn bay hơi nằm bên trong phòng và giàn ngưng tụ nằm ngoài phòng. Khi chuyển sang chế độ sưởi, van đổi chiều thay đổi chiều chuyển động của dòng gas nên giàn trong trở thành ngưng tụ, sưởi ấm cho phòng, còn giàn ngoài trở thành giàn lạnh.

Trên hình 8.14 trình bày nguyên lý làm việc của điều hoà hai chiều. Cần nhớ rằng, van đảo chiều chỉ thay đổi chiều chuyển động của một chất trong các thiết bị trao đổi nhiệt, còn chiều hút và đẩy của van nén vẫn không đổi. Ở chế độ lạnh, van đổi chiều nối 1 với 4 và 3 với 2, còn ở chế độ sưởi, van đảo chiều nối 1 với 2 và 3 với 4.



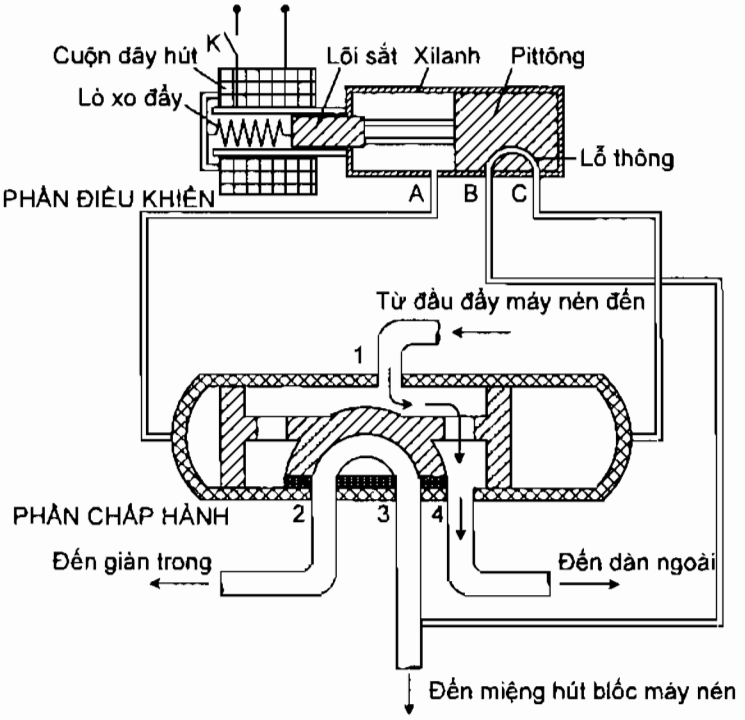
Hình 8.14. Điều hoà hai chiều

Nguyên lý cấu tạo của van đảo chiều điện từ được cho trên hình 8.15.

Van đảo chiều có hai phần: Phần điều khiển và phần chấp hành. Phần điều khiển có 3 ống nhỏ A, B, C (đường kính khoảng 2mm) được nối thông với xilanh. Pittông nằm trong xilanh được gắn với lõi sắt của nam châm điện kiểu ống dây (solenoid) và có lò xo đẩy. Cuộn hút của nam châm điện ôm lấy lõi sắt, có công suất khoảng 6 ÷ 8W.

Phần chấp hành của van đảo chiều là một xilanh, bên trong có pittông dạng đặc biệt, được nối với các ống gas tại 4 điểm: điểm 1 nối với đầu đẩy của máy nén, điểm 2 nối với giàn trao đổi nhiệt trong phòng, điểm 3 nối với đường hút của máy nén, điểm 4 nối với giàn trao đổi nhiệt bên ngoài.

Các đầu A và C của phần điều khiển được nối thông với 2 xilanh chấp hành, còn đầu B nối thông với đường ống hút của máy nén.



Hình 8.15. Nguyên lý van đảo chiều điện từ

Ở chế độ chạy lạnh, khoá K của cuộn hút nam châm điện ở vị trí mở (OFF), cuộn hút không có điện, lò xo đẩy lõi thép của nén pittông của phần điều khiển nằm bên phải xilanh điều khiển, làm áp suất đường hút đi từ ống B qua ống C, tác động lên pittông chấp hành, làm pittông này chuyển dịch về phía trái của xilanh: luồng môi chất đi từ đầu đẩy máy nén qua ống 4 đến giàn ngoài và ngưng tụ ở đó.

Ở chế độ chảy sưởi, khoá K đóng (ON), cuộn hút của nam châm điện có điện, hút lõi sắt về phía trái nên kéo pittông van điều khiển về phía làm đầu B thông với đầu A. Lúc này áp suất đẩy từ B sang A, tác động lên pittông chấp hành làm nó chuyển dịch sang phía phải trong xilanh, mở thông ống 1 với ống 2, còn ống 3 thông với ống 4. Nhờ đó dòng môi chất từ đầu ra của máy nén chạy vào trong giàn trong, tỏa nhiệt cho phòng.

Ở chế độ bơm nhiệt (chế độ sưởi), vì quạt gió ngoài có lưu lượng lớn nên giàn ngoài thu nhiệt nhanh, dễ gây ra quá tải cho máy nén (công suất điện ở chế độ bơm nhiệt bao giờ cũng lớn hơn ở chế độ lạnh). Để giảm tải, người ta đặt một cảm biến nhiệt ở giàn trong. Khi nhiệt độ giàn trong đạt 60 ÷ 65^{0}C, cảm biến phát tín hiệu dừng quạt ngoài giàn, giảm quá trình thu nhiệt của giàn ngoài làm nhiệt độ giàn trong giảm. Khi nhiệt độ trong phòng giảm xuống khoảng 50 ÷ 55^{0}C, cảm biến nhiệt lại phát tín hiệu để quạt giàn ngoài chạy trở lại, tăng tải cho máy nén. Thường thời gian dừng quạt khoảng 10 phút. Quá trình trên lặp đi lặp lại, duy trì năng suất của bơm nhiệt ổn định.

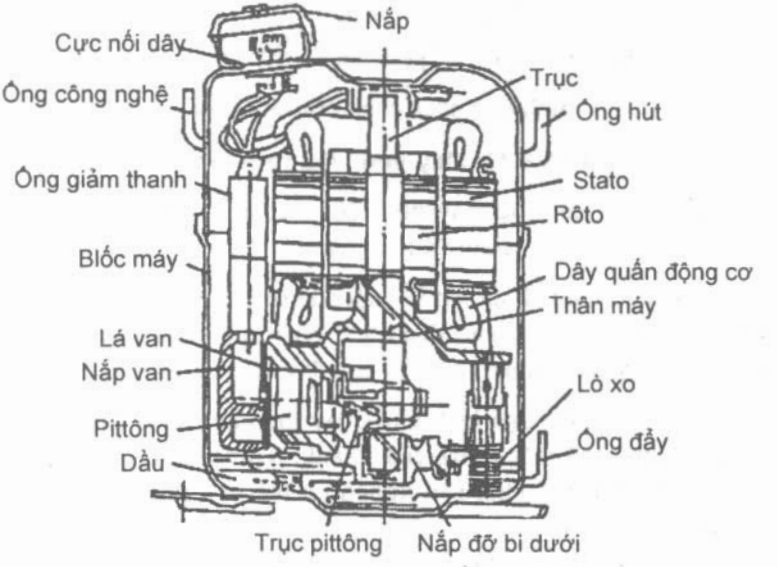
8.3.2. Các bộ phận của điều hoà gia dụng

Cũng tương tự như ở tủ lạnh gia dụng nhưng vì công suất của điều hoà lớn hơn nên phần thiết bị trao đổi nhiệt phải có quạt gió cưỡng bức.

a) Máy nén

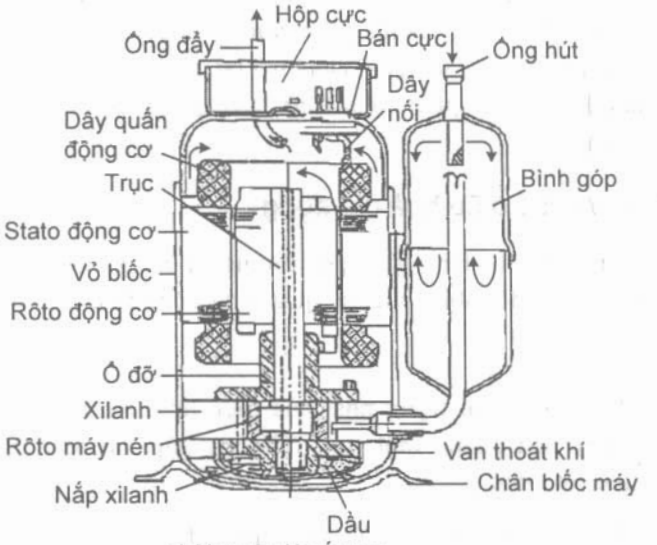
Máy nén là bộ phận quan trọng nhất của điều hoà. Nó thường là dạng kín, động cơ điện và máy nén chung một trục. Thường gặp hai loại máy nén: Kiểu pittông trượt và kiểu rôto lăn.

Trên hình 8.16 trình bày cấu tạo máy nén kiểu pittông trượt. Ở đây phần động cơ điện đặt phía trên, máy nén phía dưới, có thể có 1 hoặc 2 xilanh. Vỏ thép của blốc dày 3mm đủ chịu bền với áp suất đến 25bar. Trên vỏ máy có 3 ống: ống đẩy nối với giàn ngưng, ống hút nối với giàn lạnh, ống công nghệ dùng để nạp gas khi cần thiết. Trên thành lốc máy có 3 cọc tiếp điện cho động cơ điện.

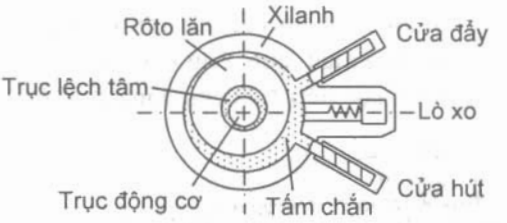


Hình 8.16. Máy nén kiểu pittông

Trên hình 8.17 trình bày nguyên lý cấu tạo của máy nén kiểu rôto lăn. Bên cạnh blốc máy có bình góp, nối thông giàn lạnh với đường hút của máy nén. Bình góp có tác dụng giảm tải động cơ khi khởi động và tránh hiện tượng va đập thủy lực tròn xilanh do phần gas lỏng chưa bay hơi hết trong giàn lạnh gây ra.



a) Nguyên lý cấu tạo



b) Các bộ phận chính của blốc máy

Hình 8.17. Máy nén kiểu rôto lăn

Các bộ phận chính của lốc máy gồm động cơ điện, trục lệch tâm, rôto lăn dạng trục ống rỗng, xilanh, tấm chắn và lò xo ép.

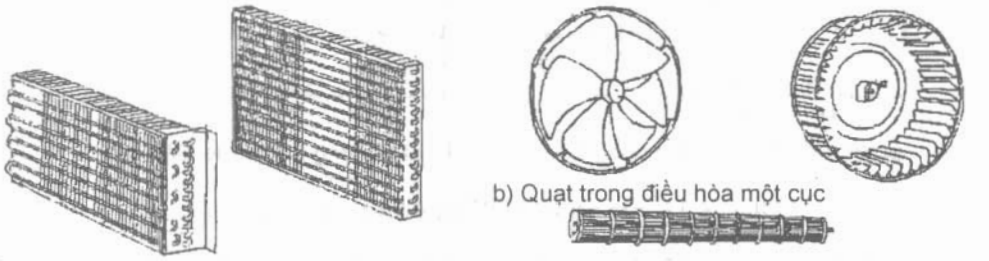
Lò xo ép tấm chắn luôn tỳ sát lên bề mặt của rôto lăn và chia không gian hình trăng khuyết giữa rôto lăn và xilanh thành hai phần, phần áp suất cao và phần áp suất thấp. Hai phần này được nối thông với cửa đẩy và cửa hút.

Khi động cơ điện quay, trục lệch tâm quay theo làm rôto lăn vừa quay trượt quanh trục vừa lăn trên bề mặt trong của xilanh. Trong một vòng quay, thể tích phần hạ áp tăng dần, hút môi chất vào xilanh và thể tích phần giảm áp giảm dần làm tăng áp suất nén để đưa môi chất vào giàn ngưng. Với cùng một công suất lạnh, khối lượng blốc và lượng dầu bôi trơn của máy nén kiểu rôto lăn nhỏ hơn máy nén pittông trượt.

b) Giàn trao đổi nhiệt

Gồm giàn nóng (ngưng tụ) và giàn lạnh (bay hơi) có cấu tạo như nhau, gồm các dãy ống đồng, đường kính 6 đến 10mm, trên đó ép các lá nhôm mỏng 0,2 đến 0,3mm để tăng diện tích trao đổi nhiệt và tăng độ liên kết giữa các ống. Để tăng hiệu quả trao đổi nhiệt, người ta dùng quạt gió thổi cưỡng bức qua không khí qua giàn. Giàn nóng dùng quạt hướng trục, còn giàn lạnh dùng quạt ly tâm để giảm tiếng ồn và gió được thổi xa hơn. Trên hình 8.18 cho các chi tiết của giàn trao đổi nhiệt.

Trong máy điều hoà một cục. Hai quạt giàn nóng và giàn lạnh được quay bởi một động cơ công suất từ 120 W đến 200W, có trục kéo dài cả hai phía và có 3 tốc độ: nhanh, vừa và chậm (hình vẽ 8.18b). Ở máy điều hoà hai cục, quạt giàn nóng kiểu hướng trục, công suất từ 100W đến 160W, còn quạt giàn lạnh công suất từ 15W đến 60W, cánh quạt kiểu ly tâm, đường kính nhỏ, thân dài (hình 8.18c).



a) Giàn trao đổi nhiệt

b) Quạt trong điều hòa một cục

c) Quạt trong điều hòa hai cục

Hình 8.18. Các chi tiết của giàn trao đổi nhiệt

c) Ống mao và phin lọc

Cũng tương tự như ở tủ lạnh gia dụng nhưng có kích thước lớn hơn và độ dày lớn hơn do áp suất làm việc cao hơn $P_k = (14 \div 16)$ bar, $P_0 = (4 \div 5)$ bar và lượng môi chất hoàn toàn lớn hơn.

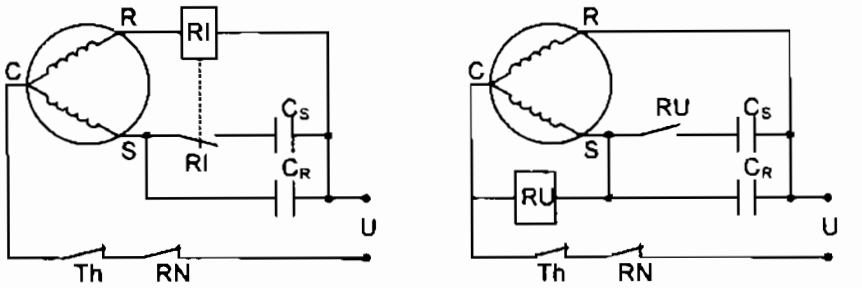
8.3.3. Phần điện của điều hoà gia dụng

a) Động cơ máy nén

So với tủ lạnh gia dụng, động cơ máy nén công suất lớn hơn và thường có tụ điện khởi động và tụ điện làm việc. Điện dung của động cơ máy nén từ 20 đến 50μF, tùy thuộc vào công suất, điện áp của động cơ, trong đó tụ khởi động có trị số từ 2 đến 3 lần lớn hơn tụ làm việc. Tụ khởi động thường là tụ hoá, kích thước bé vì thời gian khởi động bé (vài giây) còn tụ làm việc là tụ dầu.

Có hai loại rơle khởi động cho động cơ máy nén: rơle dòng điện và rơle điện áp. Sơ đồ điện của chúng cho ở hình 8.19. Sơ đồ khởi động bằng rơle dòng điện RI sử dụng tiếp điểm thường mở (NO) của rơle, do đó tiếp điểm phải chịu dòng khởi

động ban đầu, dễ bị rỗ. Còn ở sơ đồ khởi động bằng rơle điện áp RU, cuộn dây của RU nối song song với cuộn phụ và tiếp điểm thường đóng (NC) của RU mắc nối tiếp với tụ khởi động. Khi đóng điện cho động cơ, điện áp phân bố trên cuộn phụ và cụm tụ điện thay đổi như sau: khi tốc độ động cơ thấp, tổng trở của cuộn phụ bé nên điện áp rơi trên cuộn phụ (nối song song với rơle điện áp) bé, rơle chưa tác động, tiếp điểm thường kín của RU cấp điện cho tụ khởi động C_S nên động cơ có momen khởi động lớn, tăng tốc nhanh cho động cơ. Khi tốc độ quay n đủ lớn (khoảng 75% tốc độ định mức) điện áp phân bố trên tụ giảm và trên cuộn phụ tăng, rơle hút, cắt mạch khởi động.



a) Khởi động bằng rơle dòng điện b) Khởi động bằng rơle điện áp

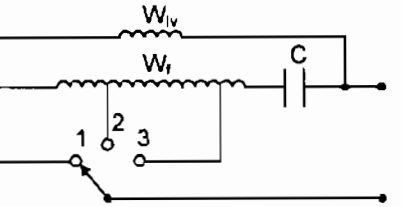
Hình 8.19. Sơ đồ khởi động động cơ máy nén

C– Đầu chung, R– Đầu làm việc, S– Đầu khởi động, RI– Rơle dòng điện, RU– Rơle điện áp, C_S– Tụ khởi động, C_R– Tụ làm việc, Th– Thermostat; RN– Rơle nhiệt quá tải.

b) Động cơ quạt gió

Động cơ quạt gió nóng là loại động cơ một pha rôto lồng sóc, công suất từ 100 đến 250W, tốc độ 1500 vòng/phút, có tụ làm việc để tăng hiệu suất và cosφ. Ở điều hoà một cục, người ta dùng một động cơ kéo quạt gió đặt ở hai phía trục động cơ. Loại động cơ này thường có ba tốc độ: cao, trung bình và thấp, điều chỉnh bằng cách thay đổi số vòng dây trong dây quấn stato. Trên hình 8.20 cho sơ đồ điện của quạt gió ba tốc độ.

Ở máy điều hoà loại hai cục, quạt giàn nóng đặt ngoài công suất lớn (công suất từ 100 đến 240W), còn quạt giàn lạnh công suất bé (đến 60W) và chỉ có một tốc độ (bình thường là 1500 vòng/phút).



Hình 8.20. Quạt gió ba tốc độ

W_{lv} – Cuộn chính; W_f – Cuộn phụ.

Ngoài ra, trong các loại điều hoà kiểu mới, còn một động cơ quay hướng cánh để thay đổi hướng gió lạnh thổi ra làm lạnh phân bố đều hơn trong phòng. Động cơ này có công suất bé (từ 4 đến 8W), tốc độ chậm hơn nhờ hộp số đi kèm.

c) Rơle điều chỉnh nhiệt độ

Bảng 8.3. Thông số máy điều hoà hai cục của DAIKIN (Điện áp 220V, 50Hz)

Kiểu máy	Cụm trong nhà Cụm ngoài nhà		FTY25FV1A RY25FV1A	FTY35FV1A RY35FV1A	FTY50GV1A RY50GV1A	FTY60GV1A RY60GV1A
Năng suất lạnh		kW BTU/h	2,50 8530	3,75 12800	5,20 17750	6,15 21000
Năng suất sưởi	(1) (2)	kW BTU/h		4,22 14400	5,80 19800	7,00 23900
Dòng làm việc	(1) (2)	A	4,2 4,5	6,8 6,4	9,7 8,8	11,2 11,0
Công suất tiêu thụ		kW	0,87 0,95	1,39 1,30	1,90 1,70	2,30 2,26
COP	Hệ số lạnh Hệ số nhiệt	kW kW	2,87 3,45	2,7 3,25	2,74 3,41	2,67 3,1
Đường ống ga	Lỏng Hơi	mm mm	Φ6,4 Φ9,5	Φ12,7	Φ15,9	

Cụm trong nhà (màu trắng hạnh nhân)			FTY25FV1A	FTY35FV1A	FTY50GV1A	FTY60GV1A
Lưu lượng gió (Hi) quạt 5 tốc độ và Auto	(1) (2)	m^3/ph	7,2 7,8	9,5 10,6	14,0 16,3	14,0 16,3
Độ ồn	(1) (2)	dB(A)	29 ÷ 38 29 ÷ 38	32 ÷ 39 32 ÷ 39	35 ÷ 45 33 ÷ 44	37 ÷ 46 34 ÷ 46
Kích thước cao×rộng×sâu		mm	275×750×179	289×790×189	298×1050×190	
Khối lượng		kg	7	9	12	
Điều chỉnh gió			Trái, phải, ngang và xuống			
Cụm trong nhà (màu trắng ngà)			FTY25FV1A	FTY35FV1A	FTY50GV1A	FTY60GV1A
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	(1) (2)	dB(A)	47 48	47 48	49 51	54 54
Kích thước cao×rộng×sâu		mm	540×750×270	540×750×270	685×800×270	685×880×270
Khối lượng		kg	38			

(1): làm lạnh; (2): sưởi ấm.

Thường có ba loại: loại áp lực như ở tủ lạnh, loại lưỡng kim kết hợp với công tắc thủy ngân và loại điều khiển số bằng mạch điện tử có cảm biến nhiệt loại nhiệt điện trở.

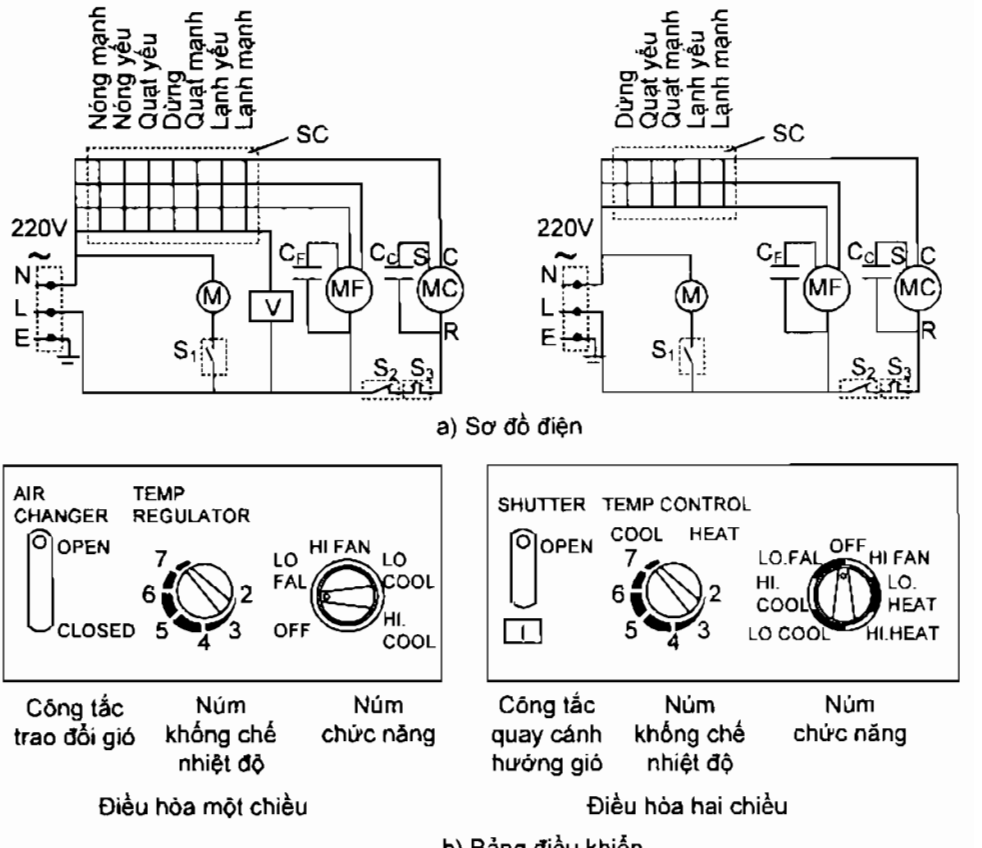
Loại rơle kiểu áp lực như ở tủ lạnh chỉ dùng cho công suất động cơ máy nén bé vì khả năng đóng cắt của tiếp điểm bé. Loại dùng công tắc thủy ngân kết hợp với cảm biến nhiệt kiểu lưỡng kim cho phép đóng cắt dòng điện lớn hơn, vì đóng cắt trong bầu thủy ngân, còn loại điều khiển số dùng cho các máy hai cục có điều khiển từ xa và các phần tử điều khiển dạng vi mạch.

Ở các máy lạnh hiện đại, người ta dùng biến tần để điều khiển năng suất lạnh, nên máy chạy liên tục. Khi công suất lạnh lớn thì máy chạy với tốc độ lớn, điện áp cao. Khi công suất lạnh bé, thì máy chạy với tốc độ thấp, điện áp thấp.

Trong bảng 8.3 cho các thông số của máy điều hoà hai cục, hai chiều điều khiển bằng biến tần của hãng DAIKIN (Nhật Bản).

d) Các sơ đồ điện

Máy điều hoà một cục gồm hai loại: loại một chiều (chỉ chạy lạnh) và loại hai chiều (lạnh và sưởi ấm). Sơ đồ điện của hai loại máy này được cho trên hình 8.21.

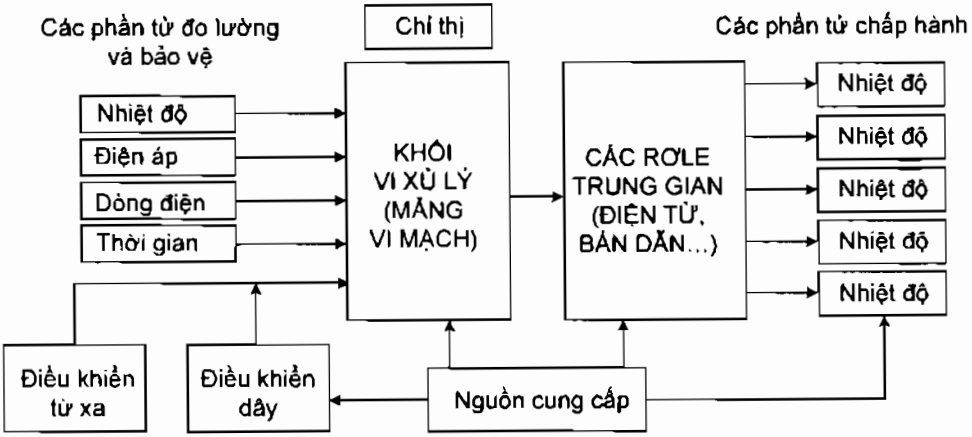


a) Sơ đồ điện

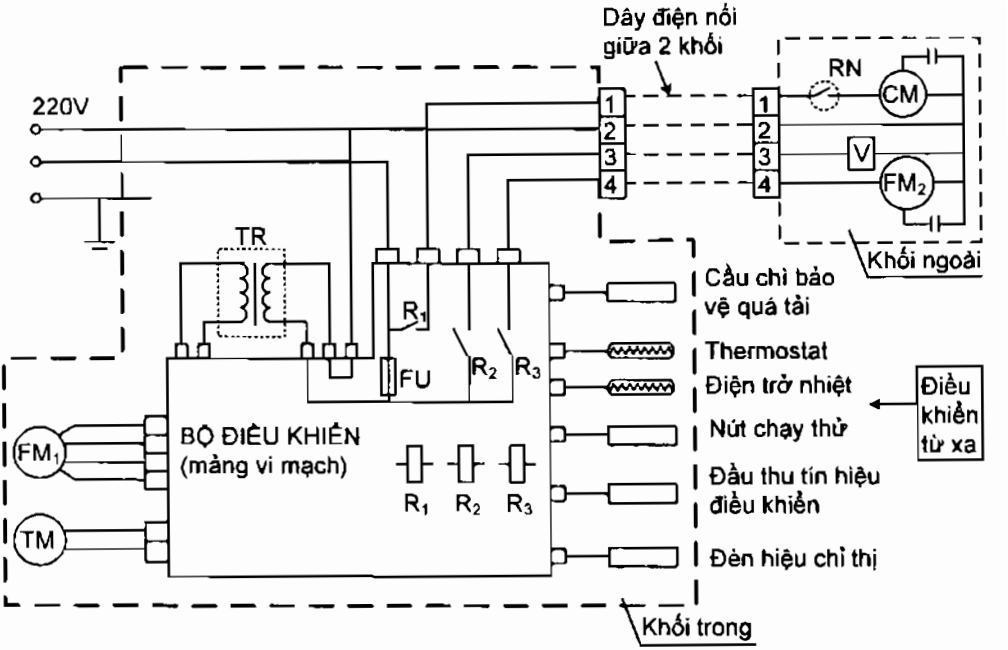
b) Bảng điều khiển

Hình 8.21. Sơ đồ điện của máy điều hoà một cụm

Máy điều hoà hai cục: Các bộ phận chính như máy nén thiết bị trao đổi nhiệt, tiết lưu, quạt gió cũng như ở điều hoà một cục. Phần điều khiển của máy hai cục phức tạp hơn nhiều vì nó dùng kỹ thuật vi xử lý điều khiển số và điều khiển từ xa, rất thuận tiện cho người sử dụng. Sơ đồ khối của hệ thống điều khiển được trình bày trên hình 8.22, còn sơ đồ điện trên hình 8.23.



Hình 8.22. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển



Hình 8.23. Sơ đồ điện máy điều hoà nhiệt độ hai khối, hai chiều (12000 BTU/h)

TR– Biến áp nguồn; CM– Động cơ máy nén; R_1, R_2, R_3– Các rơle trung gian; FM_1– Động cơ quạt gió trong; FM_2– Động cơ quạt gió ngoài; FU– Cầu chì bảo vệ; TM– Động cơ quay hướng cánh gió; V– Van đổi chiều điện từ; RN– Rơle nhiệt (Thermique).

8.3.4. Lựa chọn và sử dụng máy điều hoà nhiệt độ

a) Lựa chọn máy

Các yếu tố để lựa chọn máy là công suất lạnh (W, BTU/h, kcal/h), kiểu máy: một cụm hay hai cụm, tính năng: một chiều hay hai chiều, điện áp, tần số làm việc. Ngoài ra còn các yếu tố phụ như hình thức, giá cả, nhãn mác...

Công suất lạnh của máy phải lớn hơn công suất tỏa nhiệt trong phòng gồm các nguồn nhiệt: số người, thiết bị, độ kín, độ cách nhiệt của phòng... Tính toán bài toán nhiệt này tương đối phức tạp nên thường tính chọn theo kinh nghiệm:

$$Q_{tt} = q.S$$

Trong đó: Q_{tt}– Năng suất lạnh tính toán.

q– Năng suất lạnh riêng cho một đơn vị m^2 sàn phòng.

S– Diện tích mặt sàn của phòng.

Các số liệu về năng suất lạnh riêng q cho các dạng phòng khác nhau cho ở bảng 8.3.

Bảng 8.4. Năng suất riêng q cho các dạng phòng khác nhau

Loại phòng	Năng suất lạnh trên 1m^2 sàn (q)	
	BTU/h	kcal/h
Phòng bình thường	400 – 500	100 – 125
Phòng khách, phòng ăn	500 – 600	125 – 150
Văn phòng, phòng làm việc nhỏ	500	125
Phòng làm việc bình thường	600	150
Phòng cắt tóc	760 – 1200	190 – 300
Thư viện, bảo tàng	500 – 600	125 – 150
Cửa hàng quần áo	560 – 700	140 – 175
Cửa hàng bách hoá	600 – 760	150 – 190
Ngân hàng, quầy tiết kiệm	560 – 680	140 – 170
Hội trường trung bình (< 200 chỗ)	800 – 1000	200 – 250

Trong trường hợp các phòng có diện tích lớn thì nên chọn nhiều máy lạnh, tuy giá cả đắt nhưng vận hành tốt hơn và không khí lạnh phân bố đều hơn.

b) Chọn thiết bị cho điều hoà

– Các thiết bị bảo đảm chế độ làm việc bình thường cho máy lạnh và bảo vệ khi có sự cố. Trên máy lạnh có ghi công suất động cơ, điện áp và dòng điện làm việc. Nếu điện áp nơi làm việc ổn định (dao động trong khoảng 200 ÷ 240V) thì không cần ổn áp, còn nếu điện áp dao động lớn thì cần ổn áp.

– Chọn ổn áp: Công suất ổn áp ít nhất phải lớn hơn hoặc bằng hai lần công suất của máy nén.

– Chọn cáp điện: loại ruột đồng, nhiều sợi, điện áp 400V, tiết diện dây đồng chọn theo dòng điện làm việc: $S = \frac{I_{lv}}{J}$ Trong đó S là tiết diện dây dẫn mm^2, I_{lv} dòng điện làm việc [A], còn J là mật độ dòng điện [A/mm^2]. Thông thường, lấy J trong khoảng từ 2 ÷ 2,5 A/mm^2.

– Chọn aptomat: Đây là thiết bị bảo vệ quá tải và ngắn mạch cho máy lạnh. Có thể chọn loại một cực hay hai cực, điện áp 400V, dòng điện định mức lớn hơn dòng điện làm việc của máy lạnh khoảng 1,3 đến 1,6 lần.

Ví dụ: Máy điều hoà 1200BTU/h, dòng điện làm việc 6A, điện áp 220V. Chọn ổn áp kiểu LIOA đầu ra 220V, công suất 2500 ÷ 3000VA, dây dẫn 2×2,5mm^2. Cáp Trần Phú (Hà Nội), aptomat 1 cực CLIPSAL 250V, 10A.

8.3.5. Các hỏng hóc và biện pháp khắc phục

Dưới đây là bảng các hỏng hóc bình thường, do chưa sử dụng đúng các yêu cầu kỹ thuật hoặc chế độ làm việc chưa hợp lý.

Bảng 8.5. Các hỏng hóc thường gặp và biện pháp khắc phục

Hiện tượng	Nguyên nhân	Kiểm tra, khắc phục
Máy không chạy (máy nén và quạt gió đều không chạy).	Mất điện nguồn cấp vào máy. Công tắc chọn chế độ làm việc đang ở chế độ tắt. Bộ điều khiển từ xa (Remote control) hết hoặc yếu pin.	Kiểm tra điện áp nguồn. Kiểm tra aptomat hoặc công tắc, ổ cắm, dây điện nguồn. Các đầu nối dây cấp nguồn bị đứt hoặc bị lỏng không tiếp xúc. Thay pin mới.
Quạt gió chạy, máy nén không không chạy, gió thổi ra nhưng không lạnh (ở chế độ lạnh).	Điều chỉnh nhiệt độ Thermostat đặt không đúng. Nhiệt độ đặt cao hơn nhiệt độ trong phòng (ở chế độ lạnh). Nhiệt độ đặt thấp hơn nhiệt độ trong phòng (ở chế độ nóng).	Điều chỉnh lại nhiệt độ đặt cho thích hợp: ở chế độ lạnh (hoặc chế độ nóng), đặt nhiệt độ thấp (hoặc cao) hơn nhiệt độ trong phòng

Máy chạy nhưng gió lạnh (nóng) thổi ra yếu, kém lạnh (ở chế độ lạnh). Nhiệt độ phòng xuống quá thấp (ở chế độ lạnh).	Tấm lưới chắn, lọc bụi của giàn lạnh quá bẩn. Tải nhiệt trong phòng quá lớn. Đặt tốc độ quạt gió thấp quá. Điện áp nguồn không đủ. Nhiệt độ ngoài phòng tăng cao. Trao đổi nhiệt giàn nóng (giàn bên ngoài) kém do giàn bẩn, lượng gió thổi qua bị giảm, làm mát giàn nóng khó khăn hoặc gió bị quẩn. Nhiệt độ đặt quá thấp. Đầu cảm biến đo nhiệt độ không chính xác.	Vệ sinh, rửa sạch lưới lọc bụi. Giảm tải nhiệt (nguồn sinh nhiệt). Tăng tốc độ quạt gió. Điều chỉnh tăng điện áp nguồn. Làm vệ sinh sạch sẽ giàn nóng. Chỗ trao đổi nhiệt phải thoáng, thoát nhiệt tốt. Điều chỉnh lại nhiệt độ đặt (Thermostat). Điều chỉnh lại vị trí đặt cảm biến.
Có nước chảy trong phòng hoặc ướt tường.	Máy lắp không đủ độ nghiêng. Ống dẫn nước thải bị tắc, bẩn hoặc gấp khúc.	Điều chỉnh lại độ nghiêng dốc ra ngoài. Thông rửa lại ống cho sạch hoặc đặt lại ống, thay ống khác.
Máy nén khó khởi động.	Điện áp nguồn quá thấp. Sụt áp nguồn lớn do dây dẫn nhỏ và quá dài. Thời gian chờ mở máy lại quá ngắn.	Tăng điện áp nguồn. Thay dây dẫn cỡ lớn hơn và giảm chiều dài dây dẫn (nếu có thể được). Chờ sau 3 phút mới khởi động lại máy.
Máy chạy, dừng quá nhiều.	Nhiệt độ đặt và nhiệt độ trong phòng chênh nhau quá ít.	Điều chỉnh nhiệt độ đặt thích hợp.
Khi máy chạy có mùi khác lạ.	Giàn lạnh, máy lạnh, lưới lọc quá bẩn, mốc. Có thạch sùng hoặc chuột chết trong máy.	Vệ sinh giàn, mặt máy, lưới lọc bụi. Kiểm tra xác thạch sùng, chuột, vệ sinh máy. Phun dầu xả hoặc nước thơm.
Các tín hiệu chỉ dẫn trên màn hình của bộ điều khiển từ xa hiện lên mờ nhạt, thiếu nét. Khi nhấn nút điều khiển, máy không nhận tín hiệu điều khiển (không phát ra tiếng kêu chít chít).	Pin của bộ điều khiển từ xa hết hoặc yếu.	Thay pin mới.

8.4. ĐIỀU HOÀ CÔNG SUẤT LỚN

8.4.1. Đại cương về điều hoà không khí

Điều hoà không khí là quá trình xử lý không khí để các thông số như nhiệt độ, độ ẩm, độ sạch bụi... được điều chỉnh trong phạm vi cho trước nhờ các máy lạnh chuyên dụng

Theo mục đích sử dụng, điều hoà được chia thành điều hoà tiện nghi và điều hoà công nghệ.

Điều hoà tiện nghi được sử dụng để tạo ra nhiệt độ, độ ẩm... thích hợp cho con người nên nó được lắp đặt ở các văn phòng, khách sạn, hội trường, bệnh viện, nhà hàng...

Điều hoà công nghệ phục vụ các quá trình công nghệ nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm như trong công nghiệp dệt may, công nghiệp chế biến thực phẩm, công nghệ hoá chất, công nghệ cao...

Hệ thống điều hoà không khí khá đa dạng về chủng loại, phương pháp làm lạnh, phương pháp giải nhiệt, cách lắp đặt... và có thể tạm phân loại như sau:

– Hệ thống điều hoà không khí cục bộ là loại máy nhỏ, công suất lạnh đến 24000BTU/h (2 tấn lạnh Mỹ). Thường dùng cho gia dụng hoặc các phòng có kích thước bé (đến dưới 100m^2).

– Hệ thống điều hoà tổ hợp gọn có công suất lạnh từ 3 ÷ 240 tấn lạnh Mỹ, có giàn bay hơi làm lạnh không khí trực tiếp, thiết bị ngưng, giải nhiệt nước hoặc không khí được dùng cho điều hoà tiện nghi hoặc công nghệ, kiểu một cụm hoặc hai cụm.

– Hệ thống điều hoà không khí trực tiếp là hệ thống mà không khí được làm lạnh trực tiếp bằng giàn bay hơi và đưa vào phòng cần làm lạnh trực tiếp hoặc qua hệ thống ống gió.

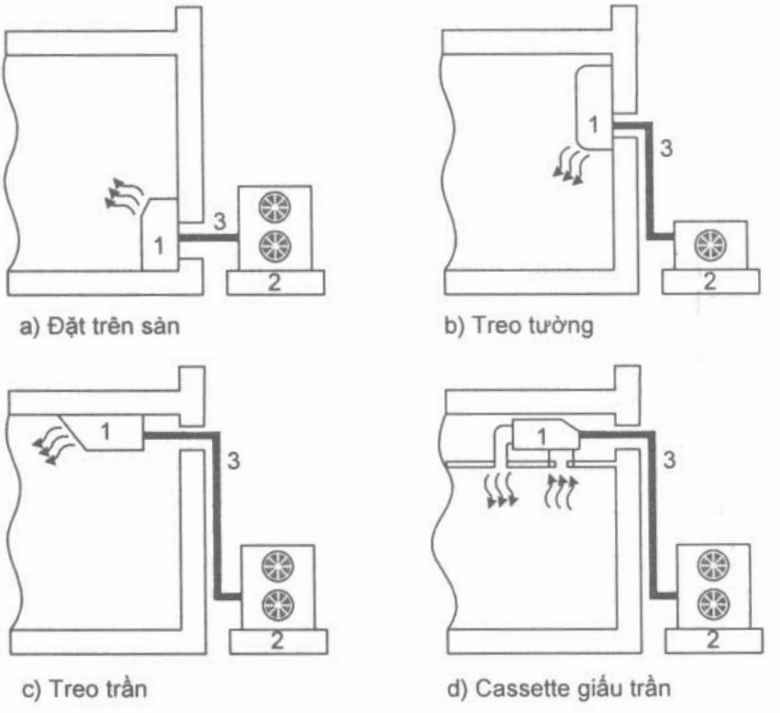
– Hệ thống điều hoà trung tâm nước là loại sử dụng máy lạnh nước (Water chiller) và các giàn lạnh làm lạnh không khí bằng nước lạnh. Nước lạnh được tuần hoàn trong hệ thống bằng máy bơm.

8.4.2. Hệ thống điều hoà tổ hợp gọn

a) Kiểu một cụm, hai cụm

Đặc điểm của loại này là công suất trung bình (đến hàng trăm tấn lạnh Mỹ), gồm hai khối được nối với nhau bằng hệ thống ống nối (hình 8.24).

Đặc điểm của loại này thường là làm lạnh trực tiếp, giải nhiệt gió, năng suất lạnh đến 4 tấn lạnh Mỹ, điện áp 220V hoặc 380V (cho loại công suất lớn hơn). Loại này không có khả năng lấy gió tươi, nên phải bố trí thêm quạt thông gió. Người ta đã cải tiến hệ thống thông gió, cung cấp được gió tươi cho phòng.

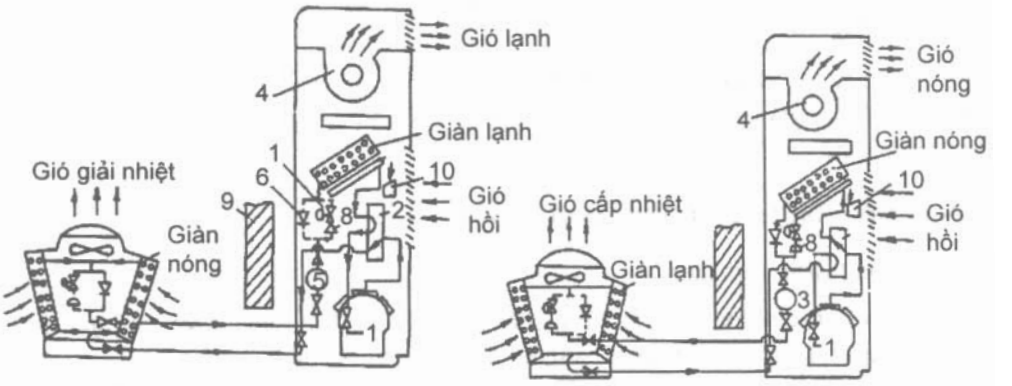


Hình 8.24. Hệ thống điều hoà tổ hợp

1) Khối bên trong; 2) Khối bên ngoài; 3) Hệ thống ống nối.

b) Máy điều hoà có giàn ngưng đặt xa

Máy điều hoà có giàn ngưng đặt xa có nguyên lý cấu tạo cho ở hình 8.25.



Hình 8.25. Máy điều hoà có cụm giàn ngưng đặt xa, hai chiều dùng van tiết lưu

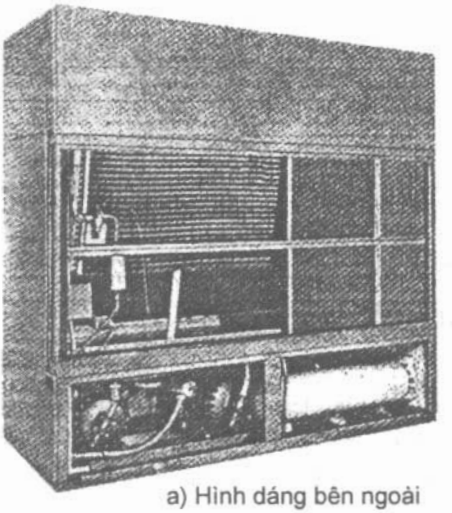
1– Máy nén; 2– Van tiết lưu; 3– Bình chứa; 4– Quạt gió lạnh;
5– Phin lọc không khí; 6 – Van một chiều; 7– Van tiết lưu; 8– Phin sấy lọc;
9– Vách ngăn trong nhà và ngoài trời; 10 – Máy gia ẩm.

Máy nén và cụm trong nhà được bố trí chung, còn giàn ngưng và giàn nhiệt gió được đặt bên ngoài. Người ta chế tạo điều hoà kiểu một chiều (làm lạnh) và kiểu hai chiều (làm lạnh và sưởi ấm), công suất nhiệt từ 7 ÷ 130kW.

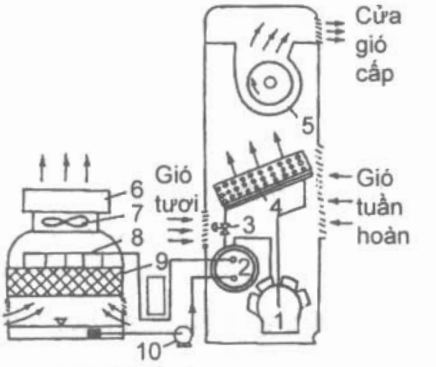
Loại máy kiểu này khi chạy gây ra tiếng ồn lớn, vì máy nén đặt bên trong, do đó chỉ được lắp đặt cho nơi ồn ào như phân xưởng sản suất, nhà hàng...

c) Máy điều hoà nguyên cụm giải nhiệt nước

Ở loại máy này các thiết bị như máy nén, bình ngưng giải nhiệt nước, giàn bay hơi trực tiếp làm lạnh không khí, van tiết lưu, quạt gió lạnh được bố trí trong một vỏ. Do bình bay hơi làm mát bằng nước nên kích cỡ gọn nhẹ, năng suất lạnh lớn, có thể tới 369kW lạnh. Cũng do bình ngưng làm mát bằng nước nên máy điều hoà nguyên cụm giải nhiệt nước thường đi kèm với tháp giải nhiệt và bơm giải nhiệt để tuần hoàn và làm mát nước sau khi ra khỏi bình ngưng.



a) Hình dáng bên ngoài



b) Nguyên lý cấu tạo

1– Máy nén; 2– Giàn ngưng; 3– Tiết lưu; 4– Giàn bay hơi; 5– Quạt lạnh; 6– Tháp giải nhiệt; 7– Quạt nóng; 8– Giàn phun nước; 9– Vách ngăn; 10– Bơm nước.

Hình 8.26. Máy điều hoà nguyên cụm giải nhiệt nước

Trên hình 8.26a trình bày hình dạng bên ngoài và hình 8.26b trình bày nguyên lý cấu tạo của loại máy điều hoà này.

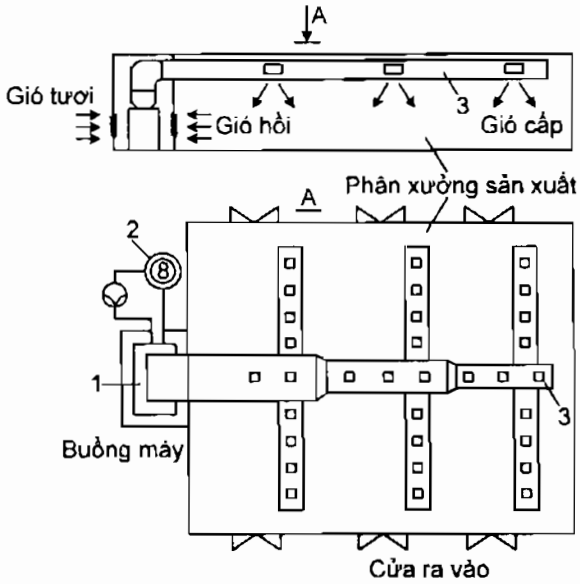
Máy điều hoà nguyên cụm giải nhiệt nước có các ưu điểm sau:

– Được chế tạo, lắp ráp hoàn chỉnh tại nhà máy nên độ tin cậy cao, giá thành hạ.

– Lắp đặt đơn giản, nhanh chóng. Chỉ cần nối với hệ thống nước làm mát (máy bơm nước tuần hoàn và tháp giải nhiệt) là hệ thống hoạt động.

– Bảo dưỡng, vận chuyển dễ dàng, đơn giản cho các phân xưởng sản xuất, các nhà hàng, siêu thị chấp nhận độ ồn. Nếu dùng cho điều hoà tiện nghi phải bố trí buồng cách âm cho cụm máy và hệ thống tiêu âm cho các ống gió.

Trên hình 8.27 giới thiệu ứng dụng của máy điều hoà, loại này cho một phân xưởng sản xuất trong ngành dệt may.



Hình 8.27. Ví dụ ứng dụng của máy điều hoà nguyên cụm giải nhiệt nước

1 – Máy điều hoà nguyên cụm giải nhiệt nước;
2 – Tháp giải nhiệt; 3– Hệ thống phân phối gió.

8.4.3. Hệ thống điều hoà không khí trung tâm nước

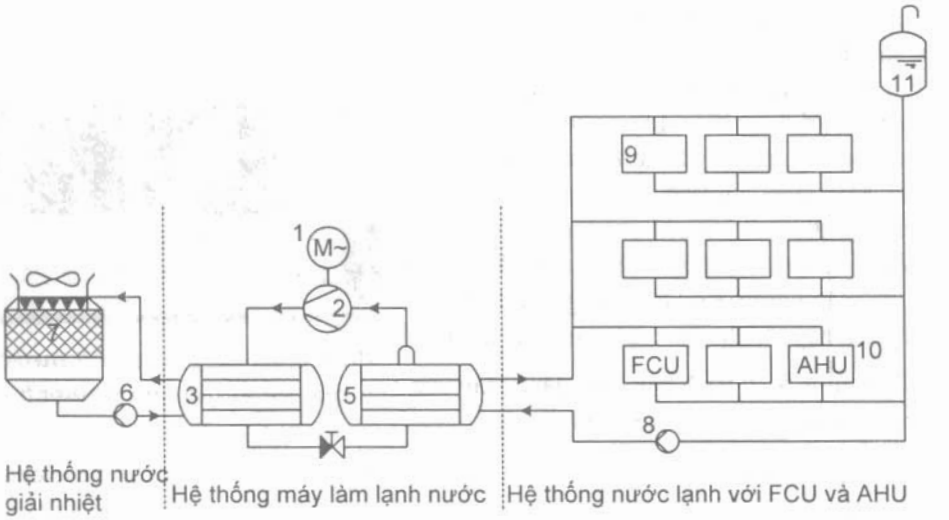
Hệ thống điều hoà trung tâm nước là hệ thống sử dụng nước lạnh (khoảng 7^0C) để làm chất tải lạnh, làm lạnh không khí qua các giàn trao đổi nhiệt kiểu FCU (Fan Coil Unit) hoặc AHU (Air Handling Unit) dạng khô hoặc ướt, có thiết bị ngưng tụ giải nhiệt bằng gió hoặc nước. Các bộ phận chính của điều hoà trung tâm gồm:

– Máy làm lạnh nước (Water chiller): Đây là hệ thống máy lạnh nén hơi, có chất tải lạnh là nước. Nhiệt độ thường được làm lạnh từ 12^0C xuống 7^0C. Phần giải nhiệt của thiết bị ngưng tụ có thể bằng gió hoặc bằng nước. Toàn bộ cụm máy nén (kiểu nửa kín hoặc kiểu hở), giàn ngưng và giàn bay hơi được chế tạo và lắp đặt trên một khối.

– Hệ thống các giàn trao đổi nhiệt để làm lạnh hoặc sưởi ấm không khí bằng nước lạnh hoặc nước nóng là các FCU và AHU.

– Nguồn nhiệt để sưởi ấm thường do nồi hơi nước nóng hoặc phần tử cấp nhiệt bằng điện trở.

Ngoài ra còn hệ thống ống dẫn nước, vận chuyển và phân phối không khí lạnh, lọc bụi, thanh trùng, rửa khí... Trên hình 8.28 giới thiệu sơ đồ nguyên lý của hệ thống điều hoà trung tâm nước đơn giản nhất.



Hình 8.28. Nguyên lý điều hoà trung tâm nước

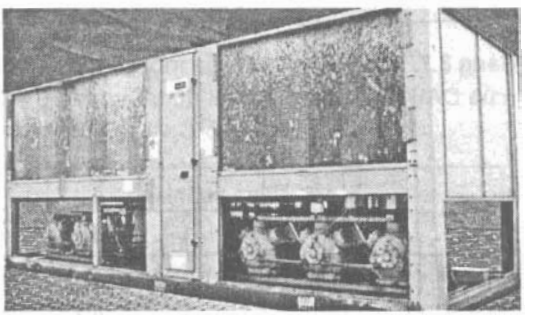
1– Động cơ điện; 2– Máy nén; 3– Bình ngưng; 4– Tiết lưu; 5– Bình bay hơi; 6– Bơm nước giải nhiệt; 7– Tháp giải nhiệt; 8– Bơm nước lạnh; 9– Giàn FCU (Fan Coil Unit); 10– Giàn AHU (Air Handling Unit); 11– Bình giãn nở.

Máy lạnh nước giải nhiệt cùng hệ thống bơm thường đặt ở tầng hầm, còn tháp giải nhiệt đặt trên tầng thượng để tránh tiếng ồn. Nước lạnh được làm lạnh ở bình bay hơi xuống 7^0C rồi bơm nước lạnh đưa đến các giàn trao đổi nhiệt FCU hoặc AHU đặt ở trên trần các phòng. Ở đây, nước thu nhiệt của không khí nóng trong phòng, nóng lên 12^0C và lại được đẩy về bình bay hơi để tái làm mát, khép kín vòng tuần hoàn nước lạnh. Đối với hệ thống lạnh kín (không có giàn phun), phải bố trí thêm bình giãn nở để tránh áp cao do nước giãn nở khi nhiệt độ thay đổi.

Ta sẽ lần lượt khảo sát các cụm chính của điều hoà trung tâm làm lạnh bằng nước.

a) Máy làm lạnh nước

Máy làm lạnh nước là bộ phận quan trọng nhất của hệ thống điều hoà trung tâm. Máy nén kiểu máy nén cơ, kiểu nửa kín hoặc hở, môi chất là R22, R134a hoặc R407c. Có hai kiểu giải nhiệt ở thiết bị ngưng tụ: giải nhiệt nước và giải nhiệt gió.



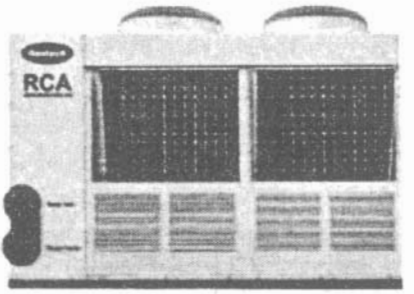
Hình 8.29. Cụm Water Chiller của Carrier

Trên hình 8.29 cho tổ máy làm lạnh nước có 4 máy nén.

Máy gồm hai bình ngưng lắp phía dưới, 4 máy nén lắp ở tầng giữa và bình ngưng cùng tủ điện lắp phía trên trong một khung đỡ. Máy là một tổ hợp hoàn chỉnh nguyên cụm. Tất cả được lắp ráp, thử nghiệm, nạp gas tại nhà máy chế tạo nên chất lượng cao.

Việc lắp ráp nhiều máy nén trong một cụm có ưu điểm là dễ dàng điều chỉnh năng suất lạnh theo bậc, cho các động cơ khởi động lần lượt để tránh công suất khởi động lớn và trong trường hợp một máy nén sự cố, các máy khác vẫn hoạt động bình thường. Máy lạnh làm lạnh nước giải nhiệt gió có giàn ngưng làm mát bằng không khí nhờ các quạt gió. Vì khả năng trao đổi nhiệt của gió kém nên diện tích giàn ngưng lớn, nên năng suất lạnh của một tổ kiểu này nhỏ hơn so với giải nhiệt nước.

Trên hình 8.30 trình bày hình dáng máy làm lạnh nước, giải nhiệt gió của hãng Reetech.



Hình 8.30. Máy làm lạnh nước, giải nhiệt gió của Reetech

Thông số và đặc tính kỹ thuật của một số loại điều hoà không khí được cho ở các bảng dưới.

Bảng 8.6. Một số loại máy điều hoà 2 cụm 2 chiều
(nóng lạnh (bơm nhiệt) của DAIKIN, điện 220V (380V), 50Hz)

Kiểu							
Cụm giàn lạnh (trong nhà)	FHYC35F FHY35F FHYB35F FHYK35F	FHYC45F FHY45F FHYB45F FHYK45F	FHYC60F FHY60F FHYB60F FHYK60F	FHYC71F FHY71F FHYB71F FHYK71F	FHYC100F FHY100F FHYB100F FHYK100F	FHYC125F FHY125F FHYB125F
Cụm giàn nóng	RY353	RY45E	RY60E	RY71E	RY100E	RY125E
Năng suất lạnh	kW BTU/h	3,5 11900	4,85 16600	6,15 21000	8,7 26200	10,4 35300	12,8 43600
Năng suất nhiệt	kW BTU/h	4,05 13800	5,5 18800	7,1 24200	7,9 27000	11,2 38100	14,2 48400

Bảng 8.7. Năng suất lạnh của một số máy điều hoà nhiệt độ nguyên cụm giải nhiệt nước
(của DAIKIN tính theo nhiệt độ trong nhà t_k = 27°C, t_u = 19°C và nhiệt độ nước làm mát vào 19,5°C và ra khỏi bình ngưng là 35°C, 50Hz)

Kiểu máy	Năng suất lạnh		Kiểu máy	Năng suất lạnh	
	kW	BTU/h		kW	BTU/h
UCPJ100N	9,2	31400	UCJ1000N	99,0	338000
UCPJ170N	17,1	58400	UCJ1320N	130,7	446000
UCPJ250N	24,1	82300	UCJ100N	147,3	503000
UCPJ335N	33,8	115400	UCJ2000N	189,6	647000
UCJ500N	49,2	167900	UCJ2500N	234,5	800000
UCJ670N	65,3	223000	UCJ3150N	291,6	995000
UCJ850N	82,9	283000	UCJ4000N	369,0	1260000

Bảng 8.8. Đặc tính kỹ thuật một số máy làm lạnh nước

(của Carrier, máy nén pittông môi chất R22, R134a, R407c)

Năng suất lạnh Q_0, nhiệt Q_k và công suất hữu ích Ne tính theo nhiệt độ nước vào 12^0C ra 7^0C ở bình bay hơi và nhiệt độ nước vào 30^0C ra 35^0C ở bình ngưng, điện 50Hz)

Kiểu máy	Q_0 (kW)	Q_k (kW)	Ne (kW)	Lượng nạp môi chất (kg)	Môi chất lạnh	Số máy nén	Bậc điều chỉnh	Khối lượng (kg)	Ghi chú
30HK040	114	146	31,6	27	R22	1	3	960	Toyo Carner kiểu pittông
30HK050	153	195	42,9	18 × 2		2	4	1270	
30HK060	184	230	45,8	21 × 2		2	4	1400	
30HK080	228	291	63,2	26 × 2		2	4	1720	
30HK0100	320	377	75,1	24 + 42		3	4	2320	
30HK0120	343	438	94,8	24 + 54		3	4	2450	
30HT091	248,4	306,6	61,3	33,5 + 16,5	R22	3	6	2020	30 HQ là bơm nhiệt 30 HW là loại dẫn ngưng đặt xa của Carrier kiểu pittông
30HT091	290,9	356,0	68,6	25,5 + 25,5		4	8	2350	
30HT091	323,0	395,5	76,5	30 + 25,5		4	8	2440	
30HT091	340,2	418,0	81,9	30 + 30		4	8	2490	
30HT091	402,6	495,7	89,0	34 + 34		4	8	2710	
30HT091	446,0	557,7	115,4	37,5 + 37,5		4	8	2810	
30HT091	517,0	713,8	145,0	48 + 41,5		5	5	3480	
30HT091	576,6	482,1	174,1	48 + 48		6	6	3780	
30HT091	781,0	976,2	205,4	46 + 45		7	7	4440	
30HT091	852,0	1,072	231,5	56 + 56		8	8	4870	
30HT260	871,6	1059,1	197	73 + 72	R22	4	4 (8)	5980	
30HT290	958,1	1169,0	222	83 + 72		5	5 (10)	6469	
30HT320	1029,4	1265,6	244	83 + 72		5	5 (10)	6624	
30HT370	1233,2	1512,3	294	92 + 92		6	6 (12)	7620	
3HG036	67,9	85,5	18,4		R134a	1	2	730	Máy nén kiểu pittông
3HG065	136,8	172,5	37,7			2	4	1296	
3HG091	193,9	245,5	54,3			3	6	2060	
3HG121	276,3	346,5	73,0			4	11	2560	
3HG195	368,4	456,9	93,1			5	5	3480	
3HG225	436,8	542,6	111,4			6	6	3780	
3HG250	493,7	615,8	128,5			7	7	4368	
3HG280	552,2	691,8	146,9			8	8	4798	
3HG32	680,3	833,1	160,8			5	5 (10)	6355	
3HG370	821,5	1005,5	193,6			6	6 (12)	7284	
30HZ018	56,4		14,8	15,0	R407C	1	2	582	Máy nén kiểu pittông
30HZ024	73,1		20,8	17,2		1	2	605	
30HZ027	80,2		23,8	18,6		1	2	654	
30HZ036	105,0		32,7	19,2		1	2	686	
30HZ043	134,0		36,7	32,4		2	4	1075	
30HZ052	153,8		46,5	33,6		2	4	1165	
30HZ065	199,1		64,7	37,1		2	4	1232	
30HZ091	231,1		65,9	57,5		3	6	2020	
30HZ101	270,4		74,1	58,0		4	8	2350	
30HZ111	300,0		82,5	63,0		4	8	2440	

Bảng 8.9. Đặc tính kỹ thuật một số máy làm lạnh nước giải nhiệt gió

(máy nén pittông, môi chất R22 của hãng Carrier (năng suất tính theo nhiệt độ nước vào 12,3°C ra 6,7°C, nhiệt độ không khí vào 35°C, điện 50Hz).

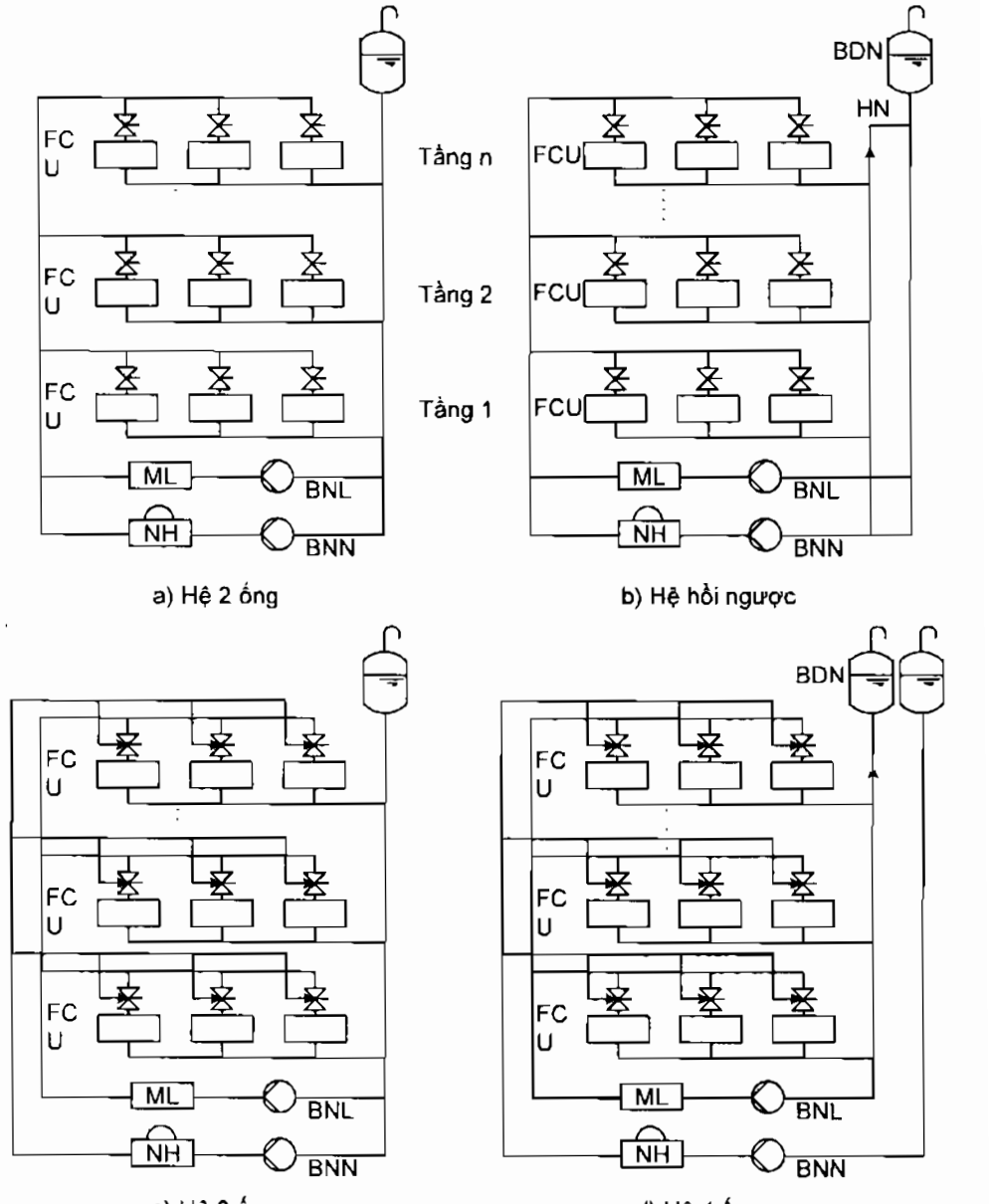
Kiểu 30GH	Năng suất lạnh (kW)	Công suất hữu ích (kW)	Lượng nạp R22 (kg)	Số máy nén	Bậc điều chỉnh Q_0	Khối lượng vận hành (kg)	Ghi chú
30GH009	21,0	7,6	5,0	1	1	265	
30GH013	32,0	13,0	8,0	1	1	283	
30GH015	40,0	12,3	9,2	2	2	400	
30GH020	51,8	16,9	13,0	2	2	460	
30GH025	64,2	22,9	13,3	2	2	510	
30GH030	73,8	24,5	14,5	2	2	682	
30GH035	93,2	35,3	15,7	2	2	725	1
30GH040	106,5	34,0	30,0	2	4	1380	chu
30GH045	124,0	46,7	30,0	2	4	1445	trình
30GH050	155,1	49,7	34,4	2	4	1710	
30GH060	198,4	71,6	39,0	2	4	1780	
30GH085	254	87	55	3	6	3012	2
30GH095	299	108	61	3	6	3067	chu
30GH100	343	125	62	4	4	3439	trình
30GH120	395	137	78	4	4	3884	
30GH060	198,4	71,6	39,0	2	4	1780	
30GH085	254	87	55	3	6	3012	
30GH095	299	108	61	3	6	3067	
30GH100	343	125	62	4	4	3439	
30GH120	395	137	78	4	4	3884	
30GH190	630	230	123	7	7	6442	
30GH220	723	268	126	8	8	6742	
30GH245	797	277	142	8	8	7992	
30GH260	847,0	306,2	192 + 84	5	5	8938	
30GH300	965,1	385,4	84 + 84	6	6	9224	
30GH340	1081,4	376,9	130 + 130	6	6	10782	
30GH380	1248,6	510,7	130 + 130	8	8	11840	
30GH400	1317,5	498,5	155 + 155	8	8	12728	

b) Hệ thống đường ống nước lạnh

Có nhiệm vụ dẫn nước sau khi đã làm lạnh đến các thiết bị trao đổi nhiệt và đưa nước từ các thiết bị trao đổi nhiệt trở về để làm lạnh. Ở chế độ sưởi, nó dẫn nước sau khi đã được đun nóng tới các thiết bị trao đổi nhiệt. Trên hình 8.31 giới thiệu các sơ đồ nguyên lý của các hệ thống nước và các thiết bị trao đổi nhiệt.

Hệ thống 2 ống (Two Pipe System) là hệ thống đơn giản nhất, gồm 2 ống góp mắc song song còn các FCU mắc nối tiếp giữa 2 ống. Vào mùa hè chỉ có hệ thống lạnh hoạt động, nước lạnh được bơm qua các FCU để làm lạnh phòng. Vào mùa đông chỉ có hệ thống nước nóng hoạt động, nước nóng được bơm từ nồi hơi đến cấp nhiệt cho các giàn FCU để sưởi phòng. Hệ thống này có ưu điểm là đơn giản,

chi phí vật liệu ít, rẻ tiền nhưng có nhược điểm lớn là khó cân bằng áp suất bơm giữa các giàn vì nước có xu hướng chỉ đi qua các giàn đặt gần. Ở đây cần đặt các van điều chỉnh để cân bằng áp suất.



Hình 8.31. Các hệ thống ống nước và FCU

ML– Máy làm lạnh nước; NH– Nồi hơi đun nước nóng sưởi mùa đông;
FCU– Giàn trao đổi nhiệt; BNL– Bơm nước lạnh; BNN– Bơm nước nóng;
V– Van điện từ 2 và 3 ngả; HN– Ống hồi ngược

Cũng do khó cân bằng áp suất nên người ta cải tiến hệ 2 ống thành hệ hồi ngược (Reverse return system), ở đây bố trí thêm một ống hồi ngược nên đảm bảo cân bằng áp suất tự nhiên trong toàn bộ các giàn vì tổng chiều dài đường ống qua các các giàn là như nhau (hình 8.31a). Tuy nhiên nhược điểm của hệ thống này là tốn thêm đường ống, giá thành cao.

Hệ 3 đường ống (three pipe system) và hệ 4 đường ống (four pipe system) nhằm mục đích sử dụng và sưởi đồng thời ở các mùa giao thời (mùa xuân và mùa thu) cho các khách sạn sang trọng 4, 5 sao hoặc các công trình quan trọng trong cùng một thời gian phòng này cần làm lạnh nhưng phòng kia lại cần sưởi ấm. Hệ 3 ống tiết kiệm hơn nhưng chỉ có một đường ống hồi nên tổn thất vận hành lớn. Nước hồi do trộn của cả nguồn nóng và nguồn lạnh sẽ làm cho cả máy lạnh và nồi hơi đều phải làm việc với công suất lớn hơn. Hệ thống 4 đường ống tốn nhiều vật liệu hơn nhưng loại trừ được nhược điểm vận hành của hệ 3 ống vì có hai đường ống hồi riêng rẽ.

Đối với các vùng không có mùa đông hoặc mùa đông ngắn thì người ta chỉ sử dụng hệ 2 ống hoặc hệ ống hồi ngược và sử dụng điện trở mắc trong FCU và AHU để sưởi cho mùa đông nếu cần. Khi toà nhà có độ cao từ 6 đến 7 tầng trở lên nên sử dụng hệ hồi ngược.

FCU (Fan coil unit)

Các FCU là các giàn trao đổi nhiệt ống xoắn có quạt. Nước lạnh (hoặc nước nóng) chảy phía trong ống xoắn, không khí đi phía ngoài. Để tăng cường trao đổi nhiệt phía không khí, người ta bố trí cánh tản nhiệt với bước cánh khoảng 0,8mm bằng nhôm. Giống như giàn bay hơi, FCU cũng có rất nhiều loại treo tường, tủ tường, đặt sàn, giấu tường, treo trần và giấu trần nhưng thông dụng nhất vẫn là loại treo trần và giấu trần. Loại giấu trần cũng chia ra làm nhiều loại khác nhau, căn cứ vào cột áp chia quạt loại cột áp thấp với đường gió ngắn hoặc không có ống gió. Loại cột áp cao với đường ống gió dài theo hàng ống chia ra loại có 2, 3 và 4 hàng ống.

Cấu tạo của một FCU giấu trần với các bộ phận chính của FCU là giàn ống lạnh và quạt để thổi cưỡng bức không khí trong phòng từ phía sau qua giàn ống trao đổi nhiệt. Phía dưới giàn bố trí máng hứng nước ngưng. Để đảm bảo áp suất gió cao cho việc phân phối gió qua ống gió và miệng thổi, các FCU thường được trang bị quạt ly tâm. FCU có ưu điểm gọn nhẹ, dễ bố trí nhưng có nhược điểm là không có cửa lấy gió tươi, nếu cần phải bố trí hệ thống lấy gió tươi riêng. Bảng 8.10 giới thiệu đặc tính kỹ thuật một số giàn FCU.

Bảng 8.10. Đặc tính kỹ thuật của một số giàn FCU giấu trần kiểu 42 CMA của hàng Carrier

(Năng suất lạnh tính theo nhiệt độ nước vào giàn lạnh 7^0C và nhiệt độ phòng $t_k = 26^0$C, $t_ư$=19, 5^0C (= 55%))

Kiểu 42 CMA	Lưu lượng nước (l/s)	Tổn thất áp suất nước (kPa)	Năng suất lạnh, W		Lưu lượng gió HiFan (m^3/h)	Khối lượng (kg)
			Hiệu	Tổng		
002	0,07	4,5	1185	1500	441	16,4
	0,09	4,9	1295	1756		
	0,12	7,2	1365	1936		
	0,14	9,2	1369	2064		
003	0,10	6,9	2003	2841	595	17,1
	0,13	10,8	2121	3091		
	0,17	14,0	2220	3321		
	0,20	20,3	2265	3415		
004	0,13	10,8	2,213	3194	685	17,1
	0,18	17,6	2610	3805		
	0,23	26,1	2707	3912		
	0,28	36,4	2803	4146		
006	0,20	11,0	3824	4879	1071	21,9
	0,25	15,4	3951	5386		
	0,30	20,1	4042	5590		
	0,35	26,6	4132	5921		
008	0,27	21,1	5292	7009	1402	25,7
	0,37	33,2	5509	7764		
	0,47	54,4	5654	8061		
	0,57	71,6	5751	8544		
010	0,33	39,8	5583	8518	1675	32,5
	0,43	51,8	6326	9109		
	0,53	73,5	6522	9364		
	0,63	91,7	6794	9692		
010	0,40	43,5	7829	10462	2014	35,8
	0,50	77,8	8119	11187		
	0,60	99,8	8228	11501		
	0,70	123,0	8372	11904		

Ghi chú: Điện áp 220V 1 pha 50Hz: các chữ cái xen giữa ký hiệu 42CMA và chữ số 002 – 012, ví dụ:

42CMA – A – 002 có nghĩa:

A: 3 hàng 12 ống cột áp cao; B: 4 hàng 14 ống cột áp thấp

D: 4 hàng 14 ống cột cáo cao; E: 2 hàng 12 ống cột áp thấp

F: 2 hàng 12 ống cột áp cao

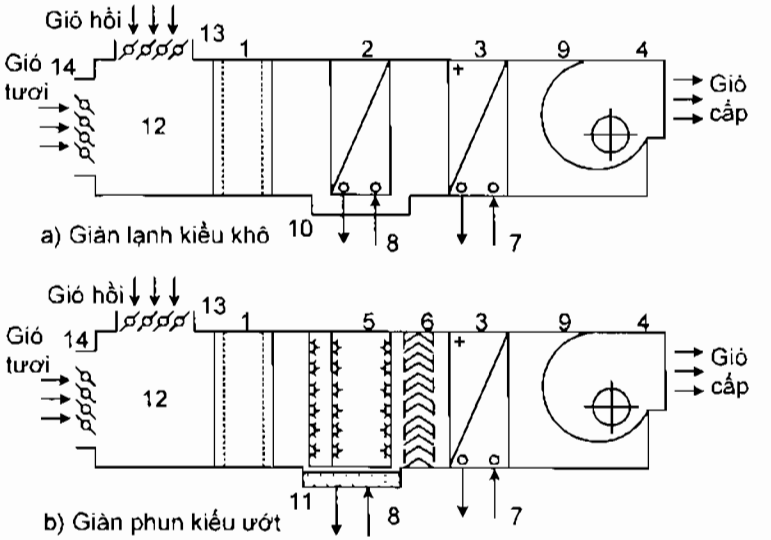
Nấc quạt trung bình, Q_0 còn 84 ÷ 87%; Nấc quạt thấp, Q_0 còn 72 ÷ 75%.

Khối lượng máy có hộp gió và phin lọc.

Các buồng xử lý không khí AHU (Air Handling Unit).

Giống như FCU cũng là các giàn trao đổi nhiệt nhưng có năng suất lạnh lớn hơn để sử dụng cho các phòng ăn, sảnh, hội trường, phòng khách..., có cửa lấy gió tươi (đây là ưu điểm so với FCU), có các bộ phận lọc khí, rửa khí, gia nhiệt để có thể điều chỉnh và khống chế chính xác nhiệt độ và độ ẩm tương đối của không khí thổi vào phòng. AHU có quạt ly tâm cột áp cao để có thể lắp với ống gió lớn. Một khác biệt cơ bản nữa là AHU có loại khô như FCU nhưng có loại ướt, loại có giàn phun nước lạnh trực tiếp vào không khí (còn gọi là kiểu hở) để làm lạnh và rửa khí.

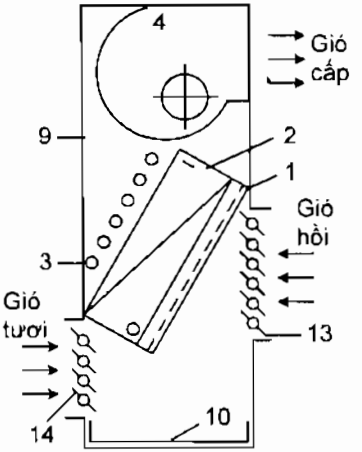
Tùy theo đặc điểm kết cấu và hoạt động, AHU cũng được phân ra nhiều loại khác nhau. Trước hết AHU được phân ra kiểu khô và kiểu ướt. Kiểu khô là nước và không khí trao đổi nhiệt qua giàn ống có cánh còn kiểu ướt là không khí và nước lạnh trao đổi nhiệt ẩm trực tiếp khí phun nước lạnh vào không khí. Hệ điều hoà có dùng FCU và AHU kiểu khô còn được gọi là hệ nước kín có bình giãn nở. Hệ điều hoà dùng AHU kiểu ướt còn được gọi là hệ nước hở không có bình giãn nở. Theo hình dạng chia ra kiểu đứng và kiểu nằm ngang. Căn cứ vào giàn gia nhiệt, có loại sử dụng giàn ống nước nóng hoặc giàn sưởi nhiệt trở, căn cứ vào áp suất có loại áp suất thấp, áp suất cao, 1 quạt hoặc 2 quạt. Hình 8.32 giới thiệu sơ đồ nguyên lý cấu tạo của AHU kiểu nằm ngang có giàn lạnh khô và giàn lạnh phun (ướt).



Hình 8.32. Nguyên lý cấu tạo của AHU kiểu nằm ngang

1– Phin lọc gió; 2– Giàn làm lạnh; 3– Giàn sưởi; 4– Quạt ly tâm;
5– Giàn phun nước lạnh; 6– Tấm chắn nước; 7– Ống cấp nước nóng;
8– Ống cấp nước lạnh; 9– Vỏ cách nhiệt; 10– Máng hứng nước;
11– Bể nước; 12– Buồng hoà trộn gió tươi và gió hồi;
13– Van điều chỉnh gió hồi; 14– Van điều chỉnh gió tươi.

Hình 8.33 giới thiệu nguyên tắc cấu tạo của một AHU đặt đứng dùng giàn lạnh kiểu khô.



1–Phín lọc gió
2– Giàn lạnh kiểu khô
3– Giàn sưởi
4– Quạt ly tâm
9–Vỏ cách nhiệt kiểu tủ
13– Van điều chỉnh gió hồi
14– Van điều chỉnh gió tươi

Hình 8.33. Nguyên tắc cấu tạo của một AHU đặt đứng dùng giàn lạnh kiểu khô

Bảng 8.11 giới thiệu đặc tính kỹ thuật một số AHU cỡ nhỏ kiểu tủ đứng và kiểu treo trần của Toyo carrier trong đó 40 CV và 40 HW là loại treo trần, 40 RW là loại tủ đứng có ống gió, 40 SW là loại tủ đứng không có ống gió (free blow).

Bảng 8.11. Đặc tính kỹ thuật của một số AHU cỡ nhỏ kiểu 40HW, RW và SW

(năng suất lạnh tính theo nhiệt độ nước lạnh vào 7°C và nhiệt độ không khí vào phòng t_k = 27°C, $t_ư$ = 19,5°C và năng suất sưởi tính theo nhiệt độ nước vào 60°C và không khí vào 18°C) lưu lượng nước trung bình và lưu lượng gió tối đa (Hí)

Kiểu AHIJ	Lưu lượng gió (l/s)	Lưu lượng nước nóng và lạnh (l/s)	Năng suất lạnh (kW)	Năng suất nhiệt (kW)	Động cơ quạt (kW)	Khối lượng máy + giàn sưởi (kg)
40CW 003	470	0,5	11,5	18,2	0,18	39 + 11
40CW 003	620	0,67	15,4	25,3	0,32	47 + 15
40CW 003	920	1,25	25,3	38,7	0,40	58 + 29
40HW, RW, SW008	1670	1,83	40,0	58,1	0,75 (1,5)	117 + 17
40HW, RW, SW012	2080	1,67	43,1	73,8	1,5 (2,2)	156 + 22
40HW, RW, 016	2870	2,50	60,7	102	2,2 (3,7)	190 + 29
40HW, RW, 024	3830	3,33	83,1	141	3,7 (3,5)	255 + 33
40HW, RW, 028	4800	4,17	107	187	3,7 (5,5)	330 + 40
40HW, RW, 034	5770	5,00	127	229	5,5 (7,5)	450 + 47
40HW, RW, 044	7670	6,67	165	304	7,5 (11)	570 + 62
40HW, RW, SW 008HE	1670	1,25	38,6	69,8	0,75 (1,5)	145 + 15
40HW, RW, SW 012HE	2080	1,67	49,9	89,7	1,5 (2,2)	180 + 19
40HW, RW, 016HE	2870	2,50	74,0	127,4	2,2 (3,7)	220 + 28

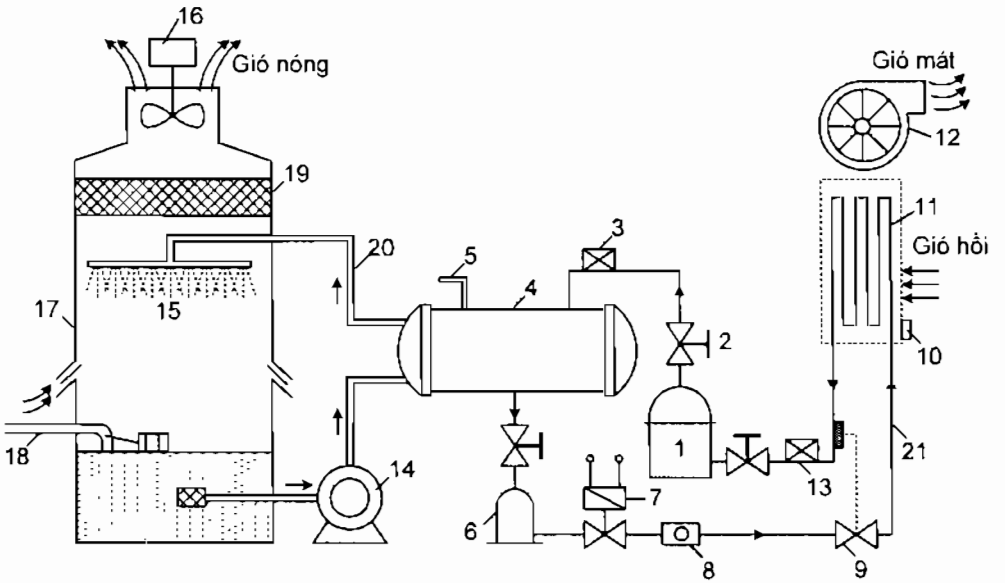
c) Hệ thống nước giải nhiệt

Hệ thống nước giải nhiệt gồm bơm nước giải nhiệt, đường ống nước, tháp giải nhiệt.

8.4.4. Phần điện của điều hoà công suất lớn

Trong hệ thống điều hoà không khí công suất lớn. Phần điện có một vai trò rất quan trọng. Nó đảm bảo cho hệ thống làm việc tin cậy, mức độ tự động hoá cao, vận hành kinh tế và bảo vệ hệ thống khi bị sự cố.

Trên hình 8.34 trình bày sơ đồ nguyên lý của một trạm điều hoà không khí trung tâm giải nhiệt nước. Giải nhiệt nước, thường được trang bị cho các phân xưởng trong các ngành công nghiệp nhẹ.



Hình 8.34. Nguyên lý hệ thống điều hoà không khí trung tâm giải nhiệt nước

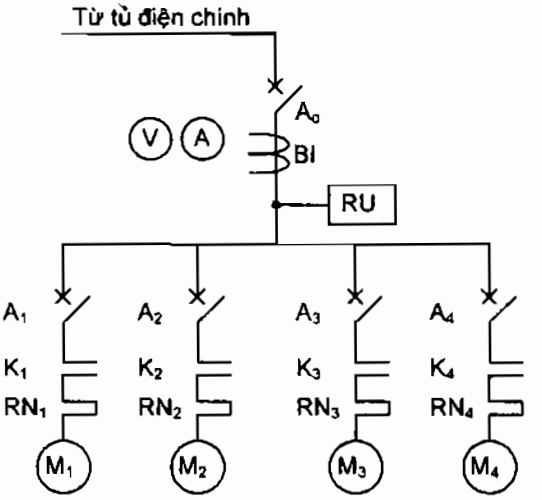
1– Máy nén; 2– Van chặn; 3– Rơle áp suất cao; 4– Bình ngưng tụ; 5– Van an toàn; 6– Phin sấy lọc; 7– Van điện từ; 8– Mắt ga; 9– Tiết lưu tự động nhiệt; 10– Thermostat; 11– Giàn bay hơi; 12– Quạt gió lạnh; 13– Rơle áp suất thấp; 14– Bơm nước; 15– Giàn phun nước; 16– Quạt tháp giải nhiệt (quạt gió nóng); 17– Tháp giải nhiệt; 18– Đường nước bổ sung; 19– Vách ngăn; 10– Đường ống nước; 21– Đường ống gas.

Máy nén hút hơi môi chất có nhiệt độ thấp và áp suất thấp ở giàn bay hơi, nén môi chất lên áp suất cao ở bình ngưng tụ. Tại đây, nhiệt độ môi chất cao và nó được giải nhiệt bằng hệ thống nước làm mát tuần hoàn nhờ máy bơm nước và tháp giải nhiệt. Sau khi giải nhiệt, môi chất chuyển thành trạng thái lỏng. Gas lỏng đi qua phin sấy lọc, qua tiết lưu kiểu tự động nhiệt và bay hơi ở giàn bay hơi, thu

nhiệt của môi trường. Quạt gió lạnh có nhiệm vụ tuần hoàn không khí trong phòng để hạ nhiệt độ phòng.

Trong hệ thống còn có các thiết bị phụ như van an toàn, các van chặn, mắt gas, rơle áp suất cao và rơle áp suất thấp dùng để bảo vệ hệ thống lạnh khi làm việc không bình thường. Mắt gas được dùng để quan sát việc cấp lỏng cho giàn bay hơi. Van điện từ dùng để thu gas về bình ngưng khi dừng máy.

Các động cơ điện dùng trong hệ thống gồm động cơ máy nén, quạt gió lạnh, quạt gió nóng và bơm nước, trong đó, động cơ máy nén công suất lớn nhất, tiếp đó là động cơ quạt lạnh, máy bơm nước và động cơ quạt nóng. Các động cơ này đều là loại động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc dùng điện ba pha. Máy nén cho điều hoà không khí thường là máy nén kiểu kín hoặc nửa kín, còn các động cơ quạt, bơm nước được nối trục với máy bơm và cánh quạt. Sơ đồ cấp điện một sợi của máy điều hoà mô tả ở hình 8.34 cho ở hình 8.35.



Hình 8.35. Sơ đồ cấp điện một sợi

Các động cơ được cấp điện khởi động, bảo bệ bởi các aptomat, khởi động từ và rơle nhiệt tương ứng. Máy cắt tổng A_0 cấp điện cho toàn bộ hệ thống và bảo vệ cho tủ điện.

Trong tủ điện còn có các thiết bị chỉ thị dòng điện, điện áp như vôn mét, ampe mét. Rơle điện áp RU dùng để bảo vệ các thiết bị khi điện áp cao hoặc thấp hơn trị số quy định, bảo vệ cắt nhanh khi mất pha và đảo pha (động cơ quay ngược).

Trình tự hoạt động của các động cơ điện như sau: Quạt gió lạnh khởi động trước, vì nó có thể chạy độc lập ở chế độ thông gió. Tiếp theo là bơm nước quạt gió nóng (quạt tháp giải nhiệt) và cuối cùng là máy nén.

Bơm nước nên có hệ thống bảo vệ khi bơm chạy nhưng không có nước (trường hợp bị mất nước mồi, gioăng kém). Vì nếu không có nước làm mát thì dễ xảy ra sự cố đối với hệ thống. Thường người ta sử dụng rơle áp lực nước hoặc rơle dòng nước để bảo vệ trường hợp này.

Máy nén chỉ được chạy khi có đủ lưu lượng nước làm mát nhờ sơ đồ liên động giữa hai khởi động từ của máy bơm nước và của khí nén. Ngoài ra, máy nén còn được khống chế bởi rơle áp lực cao (đặt ở đầu ra máy nén), rơle áp lực thấp (đặt ở đầu vào máy nén) và cảm biến nhiệt độ của đối tượng (thermostat).

Nếu áp lực đầu đẩy máy nén cao hơn trị số đặt, có thể gây nguy hiểm cho hệ thống, rơle áp lực cao sẽ cắt điện cuộn hút của khởi động từ máy nén để dừng máy nén.

Nếu áp lực đầu hút của máy nén quá thấp (khi giàn bay hơi không bình thường hoặc lỏng cấp quá ít, hiệu suất của hệ thống lạnh kín), rơle áp suất thấp sẽ cắt điện cuộn hút của khởi động từ máy nén và động cơ máy nén ngừng làm việc.

Van điện từ đặt ở đầu ra của thiết bị ngưng tụ, có chức năng gom lỏng từ giàn bay hơi về bình ngưng trước khi máy nén dừng. Muốn dừng máy nén, người ta cắt điện cuộn duy trì của van điện từ, nên có trở lại trạng thái khoá đường ống, ngừng cấp lỏng cho giàn bay hơi. Lúc này, áp suất đầu hút thấp nên sau khi thu hết môi chất về bình ngưng, áp suất hút giảm xuống quá trị số đặt, rơle áp suất thấp tác động. Hệ thống điều khiển máy lạnh có thể dùng rơle công tắc tơ và dùng nghịch lưu (biến tần). Hệ điều khiển bằng rơle – công tắc tơ có ưu điểm là đơn giản, dễ bảo dưỡng, sửa chữa, vận hành, vốn đầu tư ban đầu ít.

Hệ điều khiển bằng biến tần tương đối phức tạp, vì nó sử dụng những thành tựu mới nhất trong kỹ thuật điều khiển, do đó, dễ kiểm tra, theo dõi và điều khiển tối ưu.

Tùy theo điều kiện cụ thể để vận dụng lực điều khiển cho thích hợp.

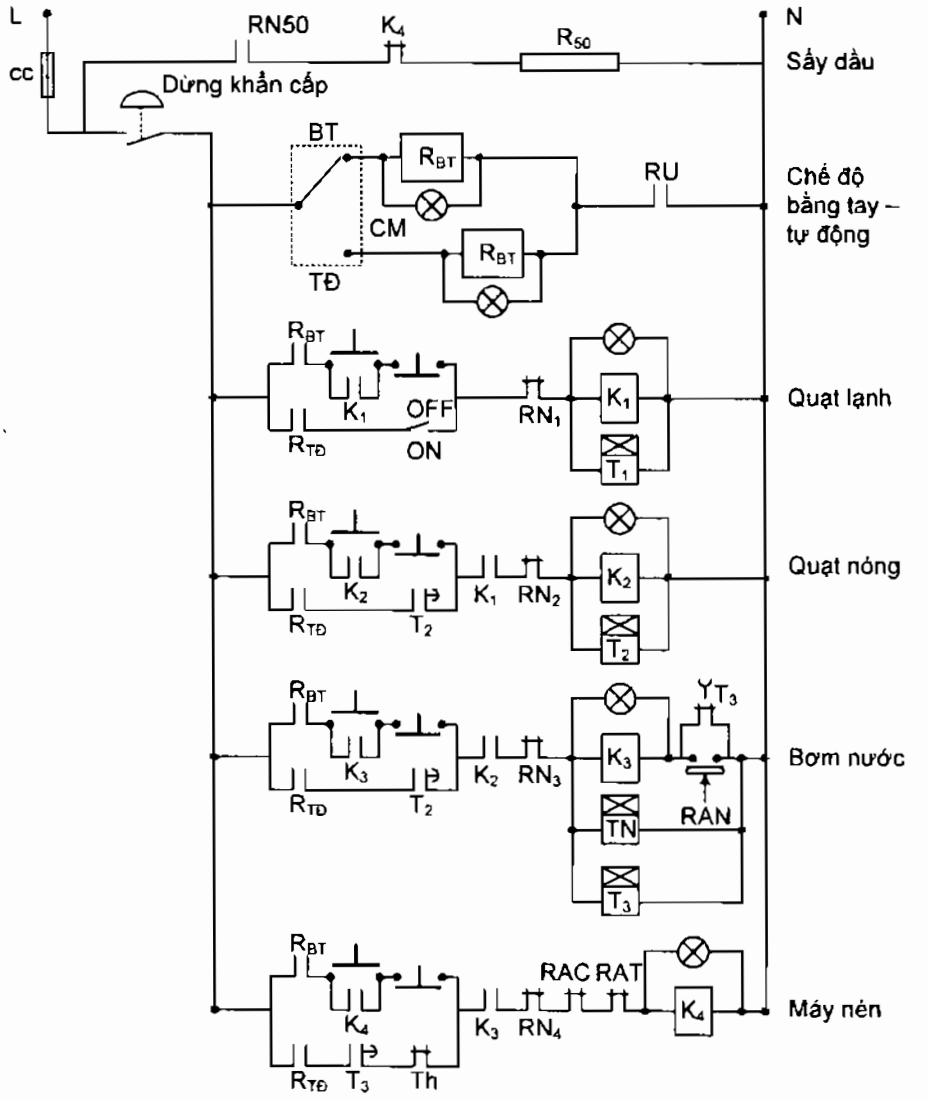
Trên hình 8.36 cho sơ đồ điện điều khiển bằng rơle công tắc tơ của hệ thống điều hoà không khi có mạch động lực trên hình 8.35.

Sơ đồ điều khiển có hai chức năng: bằng tay và tự động.

Nguồn điện điều khiển lấy từ một dây lửa (L) và dây nguồn (N), được cầu chì CC đặt ở phía dây lửa bảo vệ. Điện trở sấy dầu R_{sd} mắc nối tiếp với tiếp điểm phụ thường đóng của công tắc tơ máy nén K_4 và nối tiếp với tiếp điểm rơle nhiệt 50^0C R50. Nếu nhiệt độ dầu bôi trơn bé hơn 50^0C và máy nén không chạy. R_{sd} được đóng vào điện 220V, làm dầu nóng để đảm bảo dễ bôi trơn khi máy chạy. Toàn bộ phần điều khiển được nối qua nút "dừng khẩn cấp", để dừng hệ thống nếu có sự cố bất thường. Chế độ làm việc bằng tay và tự động được thực hiện qua công tắc chuyển mạch hai vị trí BT và TĐ, cấp nguồn cho hai rơle trung gian R_{BT} và $R_{TĐ}$. Tiếp điểm thường mở của rơle điện áp RU nối tiếp với các cuộn dây của R_{BT} và $R_{TĐ}$. Nếu điện áp có vấn đề như quá cao, quá thấp, mất pha hay ngược thứ tự pha thì các rơle R_{BT} hoặc $R_{TĐ}$ sẽ mất nguồn nuôi, nên các công tắc tơ từ K_1 đến K_4 sẽ mất nguồn, hệ thống sẽ dừng.

Nếu muốn chạy bằng tay, ta đặt công tắc chuyển mạch ở chế độ BT, sau đó lần lượt ấn của các công tắc tơ "quạt lạnh", "quạt nóng", "bơm nước" và cuối cùng là "máy nén".

Nếu ấn không theo thứ tự trên thì mạch sẽ không hoạt động, vì các cuộn hút của công tắc tơ phía sau được nối tiếp với tiếp điểm thường mở của công tắc tơ phía trước. Nếu muốn vận hành tự động, cần chuyển công tắc chuyển mạch CM sang chế độ TĐ, và bật công tắc S ở vị trí ON, mạch sẽ tự động khởi động từ quạt lạnh đến máy nén nhờ các rơle thời gian T_1 đến T_3.



Hình 8.36. Sơ đồ điện điều khiển

Chế độ đặt (TĐ hay BT) và trạng thái làm việc của các động cơ điện đều có đèn báo. Việc bảo vệ quá tải các động cơ nhờ các rơle nhiệt tương ứng, đấu nối tiếp với cuộn hút của khởi động từ.

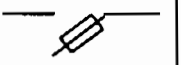
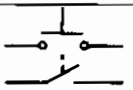
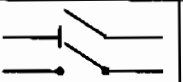
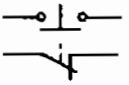
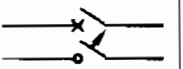
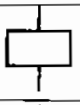
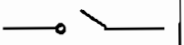
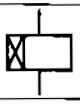
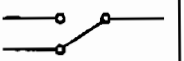
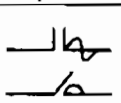
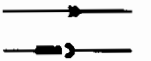
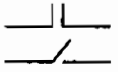
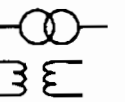
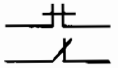
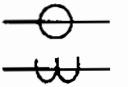
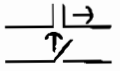
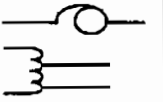
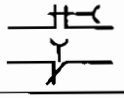
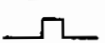
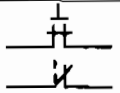
Riêng máy bơm nước có mạch bảo vệ khi máy chạy mà áp lực nước không đủ (ví dụ trường hợp mất nước mồi, hở gioăng...) nhờ rơle áp lực nước RAN và rơle thời gian TN.

Động cơ máy nén chạy tự động và dừng khi đủ lạnh nhờ cảm biến nhiệt Th và nhờ các rơle bảo vệ áp suất cao RAC và áp suất thấp RAT.

Nếu các động cơ có công suất trên 10kW, nên dùng mạch tự động khởi động "sao – tam giác", cho trên hình 6.45.

PHỤ LỤC

Phụ lục 1. CÁC KÝ HIỆU ĐIỆN THÔNG DỤNG

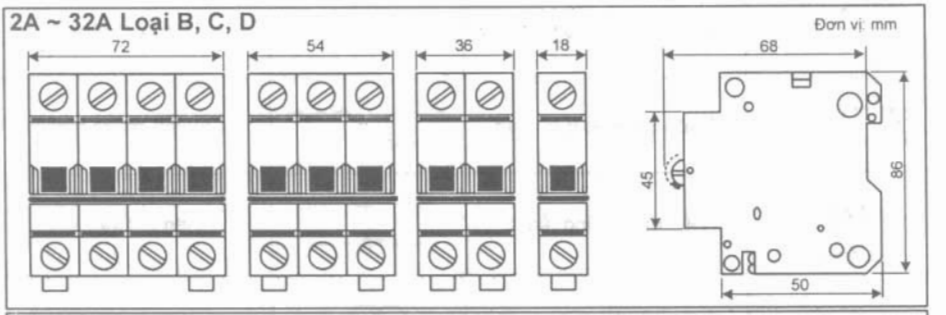
Ký hiệu	Danh mục	Ký hiệu	Danh mục
	Điện một chiều		Cầu chì
	Điện xoay chiều		Cầu chì tự nối
	Nút ấn đóng		Dao cách ly
	Nút ấn cắt		Máy cắt
	Cuộn hút rơle, công tắc tơ		Dao cắt phụ tải
	Cuộn hút rơle thời gian		Chuyển mạch hai vị trí
	Tiếp điểm công tắc tơ		Liên kết kiểu cắm
	Tiếp điểm thường mở của rơle		Biến áp hai dây quấn
	Tiếp điểm thường đóng của rơle		Biến dòng điện
	Tiếp điểm thường mở đóng chậm		Biến áp tự ngẫu
	Tiếp điểm thường đóng mở chậm		Nối đất
	Rơle nhiệt		Nối tam giác
	Tiếp điểm rơle nhiệt không tự phục hồi		Nối sao

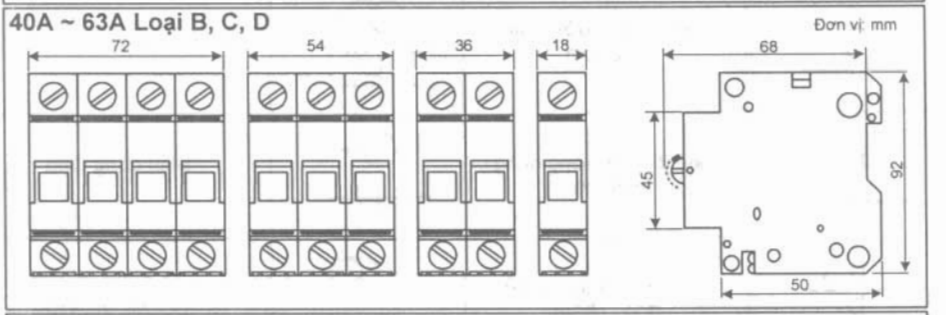
Phụ lục 2

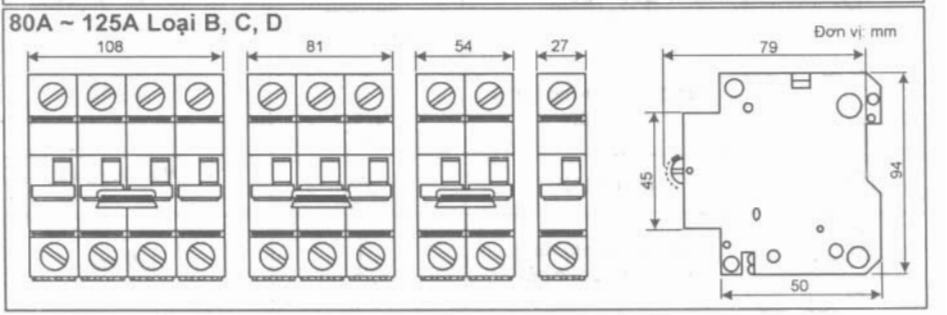
MÁY CẮT TỰ ĐỘNG KIỂU MÔĐUN, ĐIỆN ÁP 400V CỦA HÃNG CLIPSAL

Thông số kỹ thuật

Số cực	1	2	3	3P + N
Chiều rộng MCB	18	36	54	72
Chiều sâu MCB	68	68	68	68
Điện áp định mức	230/400	400	400	400
Dòng định mức cao nhất	63	100	100	63
Số lần tắt mở Điện áp 220V, cosφ = 0,9 Điện áp 415V, cosφ = 0,9	10000 10000	10000 10000	10000 10000	10000 10000
Điện trở cách điện (MΩ)	> 10^6	> 10^6	> 10^6	> 10^6
Độ bền điện áp (kV)	4	4	4	4







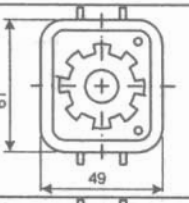
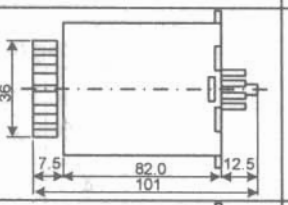
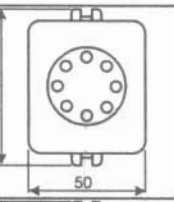
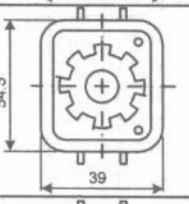
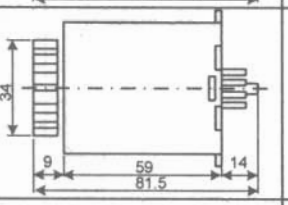
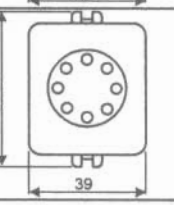
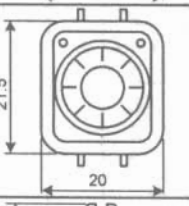
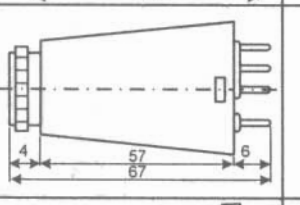
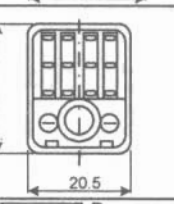
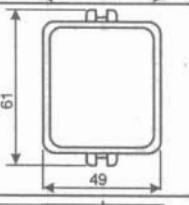
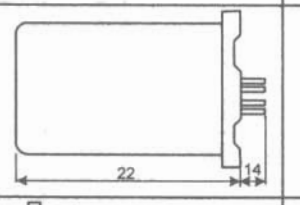
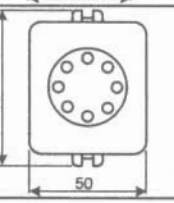
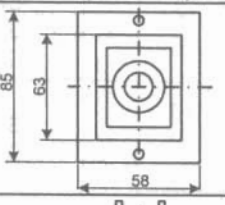
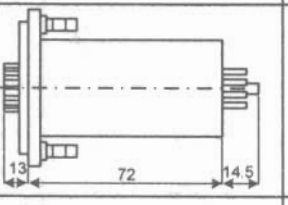
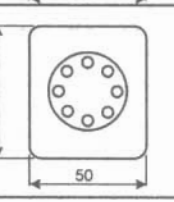
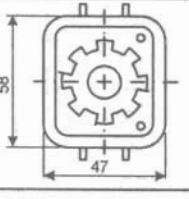
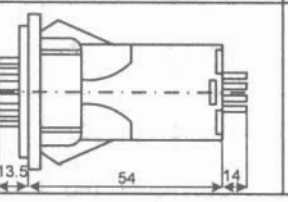
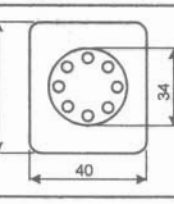
Phụ lục 3

RƠLE QUÁ TẢI NHIỆT

Kích cỡ	Loại		Mô tả và các đặc tính thiết kế					Công tắc tơ điện từ LG áp dụng
	Không vi sai	Vi sai	Dòng điện định mức			Hệ thống tiếp điểm phụ		
			Danh định	Phạm vi đặt				
				Tối thiểu	Tối đa			
			A	A	A	NO	NC	
13	TH – 3N/3	TH – 3N/3	0,1 0,15 0,24 0,36 0,48 0,64 0,8 0,95 1,4 1,7 2,2 2,8 4 5 6 7 9	0,1 0,15 0,24 0,36 0,48 0,64 0,8 0,95 1,4 1,7 2,2 2,8 4 5 6 7 9	0,15 0,24 0,36 0,54 0,72 0,96 1,2 1,45 2,2 2,6 3,4 4,2 6 8 9 11 13	1	1	SMC – 10P SMC – 10P
18	TH – 5N/3	TH – 5N/3	12	12	18	1	1	SMC – 20P
36	TH – 675N/3	TH – 675N/3	18 24	18 24	26 36	1	1	SMC – 25P SMC – 35P SMC – 48P
65	TH – 1015N/3	TH – 1015N/3	28 34 56	28 34 43	40 50 65	1	1	SMC – 50P SMC – 65P
80	TH – 20N/3	TH – 20N/3	67	54	80	1	1	SMC – 80P
100	GTH – 100N/3	GTH – 100N/3	80	65	100	1	1	SMC – 100
160	GTH – 150N/3	GTH – 150N/3	107 130	85 100	125 160	1	1	SMC – 125 SMC – 150
240	GTH – 220N/3	GTH – 220N/3	160 200	140 160	180 240	1	1	SMC – 180 SMC – 220
450	GTH – 400N/3	GTH – 400N/3	250 375	200 300	300 450	1	1	SMC – 300 SMC – 400
800	GTH – 600N/3	GTH – 600N/3	500 660	400 520	600 800	1	1	SMC – 600 SMC – 800

Phụ lục 4

RƠLE THỜI GIAN

Model	Mặt trước	Mặt bên	Mặt sau
SIS – 1			
SIS – 3			
SIS – 4			
SIFR – 3			
SIWT – 1			
SIFS – 1			

Đặc tính thời gian

Loại	1s	3s	6s	10s	30s	60s	3ph	6ph	10ph	15ph	30ph	60ph	3h	6h	12h	24h
Tối thiểu	0,1s	0,1s	0,2s	0,5s	1s	2s	6s	12s	24s	30s	1ph	2ph	6ph	12ph	24ph	48ph
Tối đa	1s	3s	6s	10s	30s	60s	3ph	6ph	10ph	15ph	30ph	60ph	3h	6h	12h	24h

Phụ lục 5

DÃY RƠLE ĐIỆN TỬ BẢO VỆ DÒNG QUÁ TẢI: EOCR – 3D

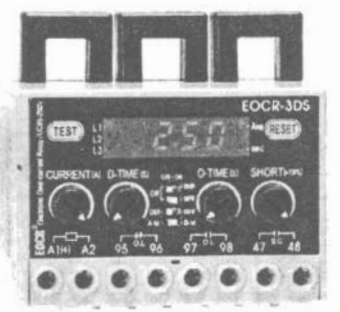
Bảo vệ

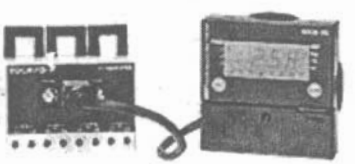
– Trên cơ sở MCU và ASIC
– 3 máy biến dòng điện bên trong
– Bảo vệ khóa rôto, đảo pha, pha mất cân bằng, mất pha, quá dòng
– Hiển thị dòng điện, trạng thái sự cố
– Đặc tính thời gian vắt chọn lọc
– Thời gian cắt và cắt trễ có điều chỉnh độc lập
+ Cảnh báo quá tải → EOCR – 3DD
+ Bảo vệ ngắt mạch → EOCR – 3DS
+ Bảo vệ sự cố đất → EOCR – 3DZ

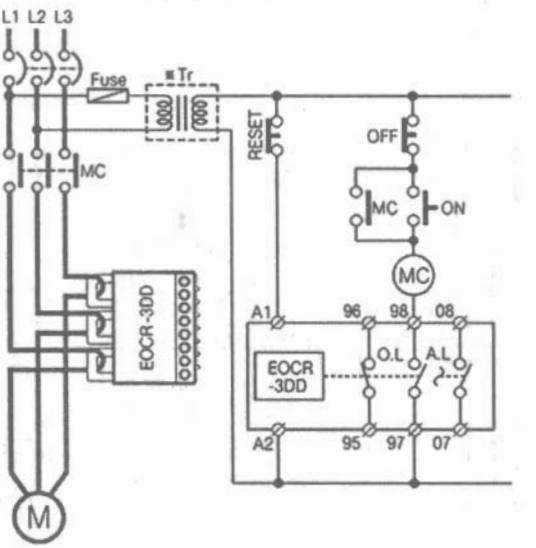
EOCR – 3DD		EOCR – 3DS		EOCR – 3DZ	
Hạng mục bảo vệ	Thời gian cắt	Hạng mục bảo vệ	Thời gian cắt	Hạng mục bảo vệ	Thời gian cắt
Quá dòng	O – Time	Quá dòng	O – Time	Quá dòng	O – Time
Mất pha	3s	Mất pha	3s	Mất pha	3s
Lệch pha	8s	Lệch pha	8s	Lệch pha	8s
Đảo pha	0,1s	Đảo pha	0,1s	Đảo pha	0,1s
Khóa rôto	D – Time	Khóa rôto	D – Time	Khóa rôto	D – Time
		Ngắn mạch	0,05s	Ngắn mạch	1 hoặc 0,03s

Đặc tính

Loại		EOCR – 3DD	EOCR – 3DS	EOCR – 3DZ
Đặt quá dòng	Kiểu		Dải đặt	
	05	0,5 – 6A	0,5 – 6A	0,5 – 6A
	20		5 – 20A	
	60	5 – 60A		5 – 60A

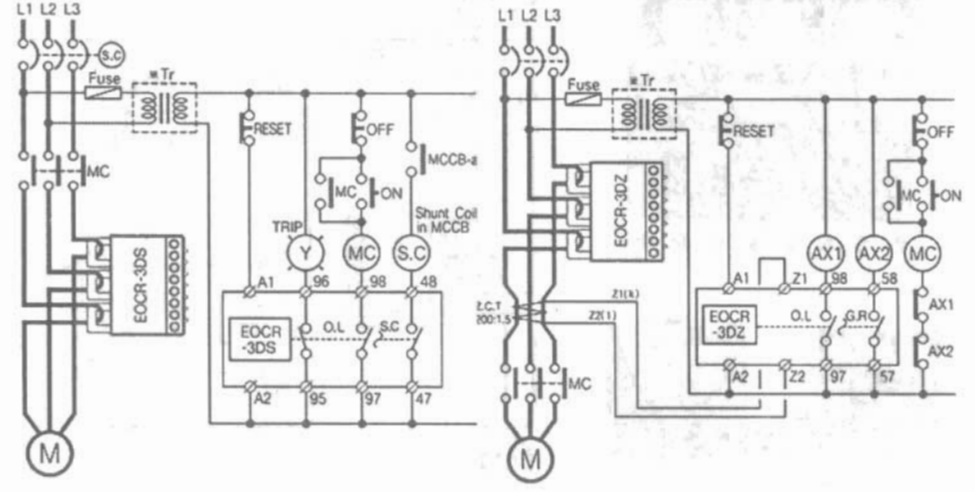






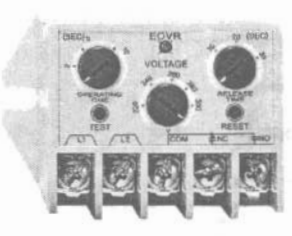
DÃY RƠLE ĐIỆN TỬ BẢO VỆ DÒNG QUÁ TẢI (tiếp theo)

Loại		EOCR – 3DD	EOCR – 3DS	EOCR – 3DZ
Đặt quá dòng	Kiểu		Dải đặt	
	100		10 – 120A	
	150		15 – 180A	
	200		20 – 240A	
	300		30 – 360A	
	400		40 – 480A	
	500		50 – 600A	
	600		60 – 720A	
	600		300 – 1800%I_s	
Đặt dòng sự cố đất				A 0,05 – 2,5A
				B 0,2 – 10A
Alert Setting				
Đặt thời gian khởi động (D – Time)	SW3 – INV/On		0 – 120s	
	SW3 – DEF/Off		1 – 120s	
Đặt thời gian cắt (O – Time)	SW3 – INV/On		1 – 30s	
	SW3 – DEF/Off		0,3 – 25s	
Điện áp điều chỉnh			85 – 250VAC/DC	
Đầu ra rơle	Rơle 1		Rơle OL	
		2 – SPTS, 5A/250VAC	2 – SPST, 5A/250VAC	1 – SPST, 5A/250VAC
	Rơle 2	Rơle AL		Rơle sự cố đất
		1 – SPST, 5A/250VAC		
Chỉ thị cắt/Sự cố		LED Display (SSD + LED)		
Cảm biến dòng		3 – CT		
Lắp đặt		35mm Kích thước ray/bảng		



Phụ lục 6

RƠLE ĐIỆN ÁP
KIỂU ĐIỆN TỬ TƯƠNG TỰ – EVR



Đặc tính
- Cấu trúc kín
- Chức năng bảo vệ đa năng
- Nhớ sự cố cắt 24h
- Chỉ thị cắt và sự cố – Nút
- Đặt tay hoặc tự động
- Nhạy cảm với môi trường

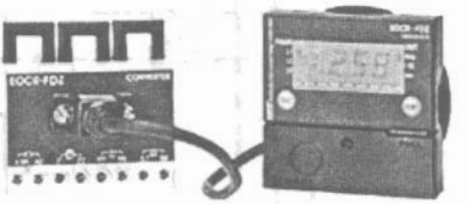
Bảo vệ

Hạng mục	Thời gian cắt
Quá điện áp	OVR – Time
Điện áp thấp	UVR – Time
Mất pha	0,5s
Đảo pha	0,5s

Đặc tính

Điện áp định mức	EVR 220 220V	EVR 380 380V	EVR 415 415V
Điện áp đặt (V)	220 ÷ 300 160 ÷ 220	380 ÷ 460 300 ÷ 380	425 ÷ 500 340 ÷ 415
Thời gian đặt (s)	Cao Thấp	0,5 ÷ 2 1 ÷ 5	
Thời gian cắt khi mất pha: 0,5s			
Thời gian cắt khi đảo pha: 5s			
Đặc tính thời gian: Xác định			
Đầu ra rơle: 5A, 250VAC, tải trở R			
Đặt: Đặt tay			
Thử nghiệm: Tự động (Reset Time = 5s) 1s sau khi ấn nút TEST			
Chỉ thị sự cố cắt: Sự cố cắt được lưu nhớ 24h và được hiển thị trên LED khi ấn nút Ascertain S/W			
Điện áp: ±5%			
Thời gian: ±15%			

RƠLE ĐIỆN ÁP
KIỂU KỸ THUẬT SỐ – EVR – PD/FD



Đặc tính
- Cấu trúc kín trên cơ sở MCU và AISC
- Chức năng bảo vệ đa năng
- Điều chỉnh điện áp riêng
- Đặt và đo điện áp kỹ thuật số
- Hiển thị sự cố/Cắt
- Đặt tay/Tự động/Điện
- Chỉnh thời gian đặt
- Nhạy cảm với môi trường

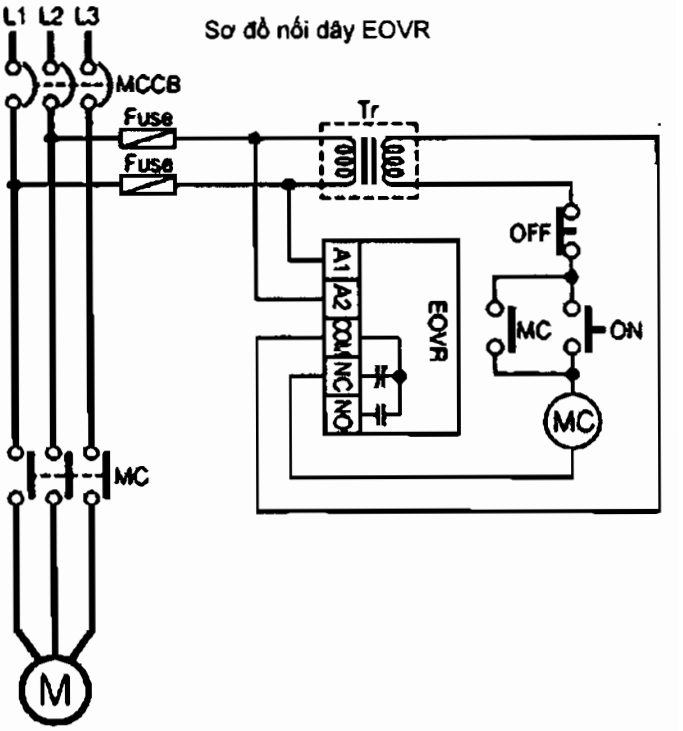
Bảo vệ

Hạng mục	Thời gian cắt
Quá điện áp	OVR – Time
Điện áp thấp	UVR – Time
Mất pha	0,5s
Đảo pha	0,5s
Điện áp mất cân bằng	3s

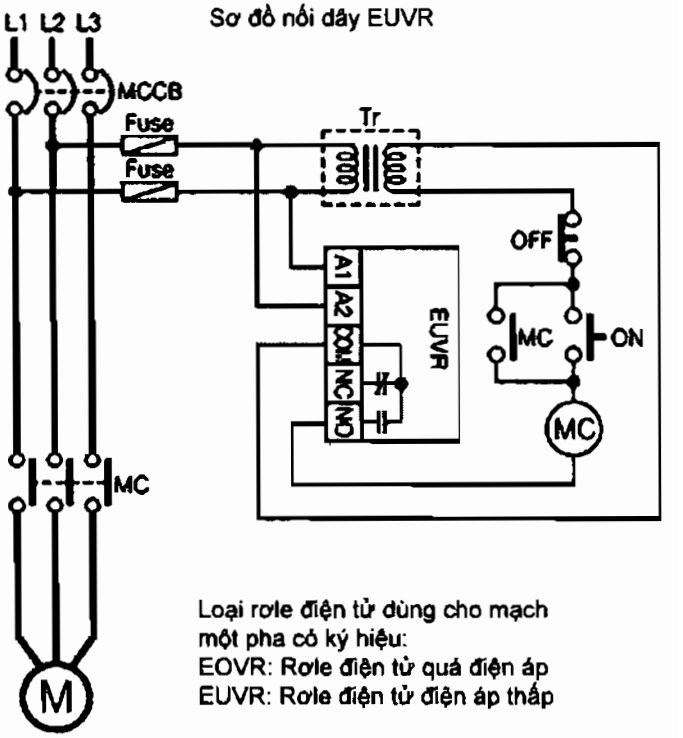
Đặc tính

Đặt điện áp	Loại	Quá áp	Thấp áp
	110 220 440	110 ÷ 150 220 ÷ 380 380 ÷ 500	80 ÷ 120 160 ÷ 240 380 ÷ 440
Đặt thời gian cắt	O – Time	0,5 – 10s	
	U – Time	0,5 – 10s	
Điện áp điều khiển	220	85 – 250VAC/DC	
	≠ 220	24 – 48VAC/DC	
Đầu ra rơle	Kiểu	1 – SPDT (1C)	
	Tốc độ	3A/250VAC tải R	
	Trạng thái	Thường mở	
Reset	SW3 = AUTO	Reset Time: 1 hoặc 5s (DIP – SW4)	
	SW3 = MAN	Nút Reset	
Lắp đặt	DCU	35mm DIN – Rail/Panel	
	PCU	Flush 35mm DIN – Rail/Panel	

Sơ đồ nối dây EOVR



Sơ đồ nối dây EUVR



Loại rơle điện tử dùng cho mạch một pha có ký hiệu:
EOVR: Rơle điện tử quá điện áp
EUVR: Rơle điện tử điện áp thấp

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Xuân Tùng. *Kỹ thuật lạnh cơ sở.* Nhà xuất bản Giáo dục, 1998.

2. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Xuân Tùng. Đinh Văn Thuận. *Kỹ thuật lạnh ứng dụng.* Nhà xuất bản Giáo dục, 2002.

3. Châu Ngọc Thạch. *Kỹ thuật điện lạnh.* Nhà xuất bản Trẻ, 2003.

4. Nguyễn Tiến Tôn. *Thiết bị điện gia dụng.* Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2000.

5. Vũ Gia Hanh, Trần Khánh Hà, Phan Tử Thụ. *Máy điện.* Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2006.

6. Đặng Văn Đào, Lê Văn Doanh. *Kỹ thuật điện.* Nhà xuất bản Giáo dục, 2000.

7. Trần Văn Thịnh, Vũ Xuân Hoà, Nguyễn Vũ Thanh. *Tự động hoá và điều khiển thiết bị điện.* Nhà xuất bản Giáo dục, 2008.

8. Phạm Văn Chới, Bùi Tín Hữu, Nguyễn Tiến Tôn. *Khí cụ điện.* Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2002.

9. Phạm Văn Chới. *Giáo trình khí cụ điện.* Nhà xuất bản Giáo dục, 2007.

10. Catalogues of companies: LG, LS, SAMWHA, DAIKIN, CARRIER, ABB, CTAMAD.

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU 3
Phần 1. KỸ THUẬT LẠNH 5
Chương 1. ĐẠI CƯƠNG VỀ KỸ THUẬT LẠNH (KTL) 4
1.1. Lịch sử phát triển và ứng dụng của KTL 4
1.2. Các phương pháp làm lạnh nhân tạo 5
1.3. Môi chất lạnh 8
1.4. Chất tải lạnh 12
1.5. Các đơn vị đo lường trong KTL 14
Chương 2. CÁC BỘ PHẬN CHÍNH CỦA MÁY NÉN HƠI 15
2.1. Đại cương về máy lạnh nén hơi 15
2.2. Máy nén pittông 17
2.3. Các loại máy nén hơi khác 24
2.4. Thiết bị trao đổi nhiệt của hệ thống lạnh 27
2.5. Thiết bị tiết lưu 31
2.6. Các thiết bị phụ trợ trong hệ thống lạnh 33
Chương 3. CÁC CHU TRÌNH MÁY LẠNH NÉN HƠI 37
3.1. Chu trình máy lạnh nén hơi một cấp 37
3.2. Chu trình máy lạnh nén hơi nhiều cấp 44
3.3. Các loại máy lạnh khác 47

Phần 2. CÁC THIẾT BỊ ĐIỆN TRONG HỆ THỐNG LẠNH 50
Chương 4. CÁC LOẠI ĐỘNG CƠ ĐIỆN TRONG MÁY LẠNH 50
4.1. Đại cương về động cơ điện 50
4.2. Động cơ điện một pha 52
4.3. Động cơ điện đồng bộ ba pha rôto lồng sóc 56
4.4. Động cơ hai tốc độ 59
4.5. Chọn động cơ điện 61
4.6. Các phương pháp mở máy động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc 63
Chương 5. CÁC THIẾT BỊ ĐIỆN BẢO VỆ 66

5.1. Đại cương về thiết bị điện bảo vệ 66
5.2. Cầu chì 66
5.3. Máy cắt hạ áp (APTOMAT) 74
5.4. Rơle nhiệt 83
5.5. Rơle dòng điện kiểu điện từ 89
5.6. Rơle điện tử bảo vệ dòng điện và điện áp 94
Chương 6. CÁC KHÍ CỤ ĐIỆN ĐIỀU KHIỂN 95
6.1. Các khí cụ điện điều khiển bằng tay 95
6.2. Các thiết bị hạn chế dòng điện 100
6.3. Rơle 107
6.4. Công tắc tơ và khởi động từ 115
6.5. Cơ cấu điện từ chấp hành 131
6.6. Một số nguyên tắc điều khiển 137
Chương 7. ĐO LƯỜNG ĐIỆN 139
7.1. Khái niệm chung về đo lường điện 139
7.2. Các cơ cấu đo lường 140
7.3. Đo các đại lượng điện 143
Chương 8. CÁC THIẾT BỊ LẠNH THÔNG DỤNG 146
8.1. Tủ lạnh 146
8.2. Máy hút ẩm 157
8.3. Điều hòa gia dụng 158
8.4. Điều hòa công suất lớn 171
PHỤ LỤC 189
TÀI LIỆU THAM KHẢO 197
MỤC LỤC 198

Chịu trách nhiệm xuất bản:

Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc NGÔ TRẦN ÁI

Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập NGUYỄN QUÝ THAO

Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm nội dung:

Chủ tịch HĐQT kiêm Giám đốc CTCP Sách ĐH–DN

TRẦN NHẬT TÂN

Biên tập nội dung và sửa bản in:

PHẠM THỊ PHƯỢNG

Biên tập mỹ thuật và trình bày bìa:

BÍCH LA

Thiết kế sách và chế bản:

THỦY TIÊN

KỸ THUẬT ĐIỆN LẠNH

Mã số: 7B712Y9 – DAI

In 1.000 bản (QĐ : 43), khổ 16 x 24 cm. In tại Công ty Cổ phần In Diên Hồng.

Địa chỉ : 187B, Giảng Võ, Hà Nội.

Số ĐKKH xuất bản : 05 – 2009/CXB/9 – 2170/GD.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 8 năm 2009.

CÔNG TY CỔ PHẦN SÁCH ĐẠI HỌC - DẠY NGHỀ
HEVOBCO
25 HÀN THUYÊN - HÀ NỘI
Website : www.hevobco.com.vn

VƯƠNG MIỆN KIM CƯƠNG
CHẤT LƯỢNG QUỐC TẾ

TÌM ĐỌC SÁCH THAM KHẢO CỦA NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

1.	Tự động hoá và điều khiển thiết bị điện	Trần Văn Thịnh (Chủ biên)
2.	Tính toán thiết kế thiết bị điều khiển	Trần Văn Thịnh
3.	Cơ sở tự động điều khiển quá trình	Nguyễn Văn Hoà
4.	Giáo trình Khí cụ điện	Phạm Văn Chới
5.	Kỹ thuật điện lạnh	Phạm Văn Chới
6.	Cơ sở đo lường học	Trần Bảo
7.	Giáo trình Tin học đại cương	Tô Văn Nam
8.	Bài tập Tin học đại cương	Tô Văn Nam
9.	Điều khiển số ứng dụng	Nguyễn Thanh Sơn
10.	Hệ thống điều khiển phi tuyến	Nguyễn Doãn Phước

Bạn đọc có thể mua sách tại các Công ty Sách - Thiết bị trường học ở các địa phương hoặc các Cửa hàng sách của Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam :

- Tại TP. Hà Nội : 25 Hàn Thuyên ; 187 Giảng Võ ; 232 Tây Sơn ; 23 Tràng Tiền.
- Tại TP. Đà Nẵng : 15 Nguyễn Chí Thanh ; 62 Nguyễn Chí Thanh.
- Tại TP. Hồ Chí Minh : Cửa hàng 451B - 453, Hai Bà Trưng - Quận 3 ; 240 Trần Bình Trọng - Quận 5.
- Tại TP. Cần Thơ : 5/5, đường 30/4.

Website : www.nxbgd.com.vn

8 934980 931172

Giá : **28.000đ**