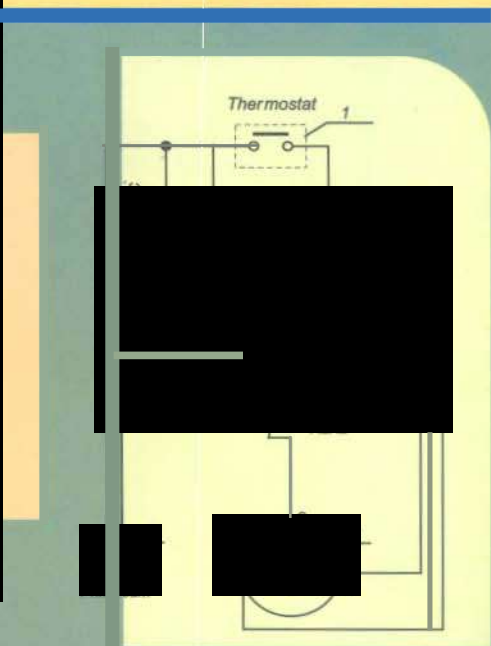


VỤ TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP VÀ DẠY NGHỀ

Giáo trình

# ĐIỆN DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP

SÁCH DÙNG CHO CÁC TRƯỜNG ĐÀO TẠO HỆ TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

VŨ VĂN TẮM

GIÁO TRÌNH

# ĐIỆN DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP

*Sách dùng cho các trường đào tạo hệ Trung học chuyên nghiệp*

*.(Tái bản lần thứ ba)*

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

## Lời giới thiệu

Việc tổ chức biên soạn và xuất bản một số giáo trình phục vụ cho đào tạo các chuyên ngành Điện - Điện tử, Cơ khí - Động lực ở các trường THCN - DN là một sự cố gắng lớn của Vụ Trung học chuyên nghiệp - Dạy nghề và Nhà xuất bản Giáo dục, nhằm từng bước thống nhất nội dung dạy và học ở các trường THCN trên toàn quốc.

Nội dung của giáo trình đã được xây dựng trên cơ sở kế thừa những nội dung được giảng dạy ở các trường, kết hợp với những nội dung mới nhằm đáp ứng yêu cầu nâng cao chất lượng đào tạo phục vụ sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa. Đề cương của giáo trình đã được Vụ Trung học chuyên nghiệp - Dạy nghề tham khảo ý kiến của một số trường như : Trường Cao đẳng Công nghiệp Hà Nội, Trường TH Việt - Hung, Trường TH Công nghiệp II, Trường TH Công nghiệp III v.v... và đã nhận được nhiều ý kiến thiết thực, giúp cho tác giả biên soạn phù hợp hơn.

Giáo trình do các nhà giáo có nhiều kinh nghiệm giảng dạy ở các trường Đại học, Cao đẳng, THCN biên soạn. Giáo trình được biên soạn ngắn gọn, dễ hiểu, bổ sung nhiều kiến thức mới và biên soạn theo quan điểm mở, nghĩa là, để cập những nội dung cơ bản, cốt yếu để tùy theo tính chất của các ngành nghề đào tạo mà nhà trường tự điều chỉnh cho thích hợp và không trái với quy định của chương trình khung đào tạo THCN.

Tuy các tác giả đã có nhiều cố gắng khi biên soạn, nhưng giáo trình chắc không tránh khỏi những khiếm khuyết. Vụ Trung học chuyên nghiệp - Dạy nghề đề nghị các trường sử dụng những giáo trình xuất bản lần này để bổ sung cho nguồn giáo trình đang rất thiếu hiện nay, nhằm phục vụ cho việc dạy và học của các trường đạt chất lượng cao hơn. Các giáo trình này cũng rất bổ ích đối với đội ngũ kỹ thuật viên, công nhân kỹ thuật để nâng cao kiến thức và tay nghề cho mình.

Hy vọng nhận được sự góp ý của các trường và bạn đọc để những giáo trình được biên soạn tiếp hoặc lần tái bản sau có chất lượng tốt hơn. Mọi góp ý xin gửi về NXB Giáo dục - 81 Trần Hưng Đạo - Hà Nội.

VỤ THCN - DN

## Mở đầu

Giáo trình ĐIỆN DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP được biên soạn để cương do vụ THCN - DN, Bộ Giáo dục & Đào tạo xây dựng và thông qua. Nội dung được biên soạn theo tinh thần ngắn gọn, dễ hiểu. Các kiến thức trong toàn bộ giáo trình có mối liên hệ lôgic chặt chẽ. Tuy vậy, giáo trình cũng chỉ là một phần trong nội dung của chuyên ngành đào tạo cho nên người dạy, người học cần tham khảo thêm các giáo trình có liên quan đối với ngành học để việc sử dụng giáo trình có hiệu quả hơn.

Khi biên soạn giáo trình, chúng tôi đã cố gắng cập nhật những kiến thức mới có liên quan đến môn học và phù hợp với đối tượng sử dụng cũng như cố gắng gắn những nội dung lí thuyết với những vấn đề thực tế thường gặp trong sản xuất, đời sống để giáo trình có tính thực tiễn cao.

Nội dung của giáo trình được biên soạn với dung lượng 90 tiết, gồm :

Chương 1. Sử dụng và sửa chữa những hư hỏng của dụng cụ do điện ;  
Chương 2. Máy điện ; Chương 3. Bảo vệ máy điện ; Chương 4. Máy lạnh ;  
Chương 5. Tự động hoá hệ thống lạnh ; Chương 6. Thiết bị gia nhiệt, sử dụng và sửa chữa những hư hỏng thường gặp ; Chương 7. Khởi động động cơ điện. Một số mạch điều khiển động cơ điện thường gặp ; Chương 8. Những mạch bảo vệ và tự động hoá trong dân dụng và công nghiệp.

Trong quá trình sử dụng, tùy theo yêu cầu cụ thể có thể điều chỉnh số tiết trong mỗi chương. Trong giáo trình, chúng tôi không đề ra nội dung thực tập của từng chương, vì trang thiết bị phục vụ cho thực tập của các trường không đồng nhất. Vì vậy, căn cứ vào trang thiết bị đã có của từng trường và khả năng tổ chức cho học sinh thực tập ở các xí nghiệp bên ngoài mà trường xây dựng thời lượng và nội dung thực tập cụ thể - Thời lượng thực tập tối thiểu nói chung cũng không ít hơn thời lượng học lí thuyết của mỗi môn.

Giáo trình được biên soạn cho đối tượng là học sinh THCN, công nhân lành nghề bậc 3/7 và nó cũng là tài liệu tham khảo bổ ích cho sinh viên Cao đẳng kĩ thuật cũng như kĩ thuật viên đang làm việc ở các cơ sở kinh tế nhiều lĩnh vực khác nhau.

Mặc dù đã cố gắng nhưng chắc chắn không tránh khỏi hết khiếm khuyết. Rất mong nhận được ý kiến đóng góp của người sử dụng để lần tái bản sau được hoàn chỉnh hơn. Mọi góp ý xin được gửi về NXB Giáo Dục - 81 Trần Hưng Đạo, Hà Nội.

TÁC GIẢ

## Chương 1

# SỬ DỤNG VÀ SỬA CHỮA NHỮNG HƯ HỎNG CỦA DỤNG CỤ ĐO ĐIỆN

### 1.1. MỞ ĐẦU VÀ CÁC ĐẶC TÍNH CƠ BẢN CỦA DỤNG CỤ ĐO

Đo lường là một quá trình đánh giá định lượng các đại lượng cần đo để có kết quả xác định so với đơn vị cần đo.

#### 1.1.1. Các đặc tính cơ bản của thiết bị đo

##### a) Độ nhạy và thang đo

Độ nhạy của dụng cụ đo là giá trị nhỏ nhất mà dụng cụ đo có thể đo được.

##### b) Độ chính xác của thiết bị đo

Chỉ tiêu quan trọng nhất của thiết bị đo là độ chính xác của nó.

Một phép đo bất kì cũng có sai lệch so với đại lượng đúng.

$$\delta_i = x_i - x_d \quad (1-1)$$

Trong đó :  $x_i$  : kết quả đo thứ  $i$  ;

$x_d$  : giá trị đúng của đại lượng đo.

Có thể xác định giá trị gần với  $x_d$  bằng cách dùng một dụng cụ đo có cấp chính xác cao hơn hoặc có thể lấy giá trị trung bình của nhiều lần đo.

$\delta_i$  : sai số của lần đo thứ  $i$ .

Sai số tuyệt đối của một dụng cụ đo là giá trị lớn nhất của các sai lệch (sai số) gây nên bởi dụng cụ đo trong quá trình đo.

$$\Delta x = \max |\delta_i| \quad (1-2)$$

Sai số tuyệt đối của dụng cụ đo không được dùng để đánh giá tính chính xác của dụng cụ đo.

Độ chính xác của phép đo được đánh giá bằng sai số tương đối của phép đo và được tính theo công thức :

$$\beta = \frac{\Delta x}{x} \quad (1-3)$$

Trong đó :  $\Delta x$  : sai số tuyệt đối của phép đo ;

$x$  : giá trị của đại lượng đo. Đối với dụng cụ đo, đại lượng  $x$  thường lấy bằng kết quả cao nhất của thang đo ;

$\beta$  : độ chính xác tương đối của một phép đo.

Đối với dụng cụ điện, độ chính xác tương đối của dụng cụ đo được tính như sau :

$$\gamma = \frac{\Delta x}{D_x} \quad (1-4)$$

Trong đó :  $\gamma$  : sai số tương đối của dụng cụ đo ;

$\Delta x$  : sai số tuyệt đối của phép đo ;

$D_x$  : khoảng đo cao nhất có thể có của mặt thang chia độ.

Giá trị  $\gamma$  được dùng để đánh giá cấp chính xác của dụng cụ đo và được ghi trên mặt đồng hồ với mỗi dụng cụ sau khi chế tạo.

Ví dụ : Mặt dụng cụ đo ghi cấp chính xác là 1, có sai số tương đối  $\gamma = 1\%$ .

Đối với mỗi cán bộ kĩ thuật và công nhân sửa chữa dụng cụ đo điện, phải biết đánh giá những sai số của dụng cụ đo sau mỗi lần sửa chữa. Đầu tiên khôi phục các tính năng của dụng cụ đo, đảm bảo độ chính xác theo nhà chế tạo. Nếu không khôi phục được độ chính xác cần thiết, có thể ghi độ chính xác sau sửa chữa, để cho người sử dụng biết với độ chính xác như vậy, nên dùng để đo trong trường hợp nào là phù hợp.

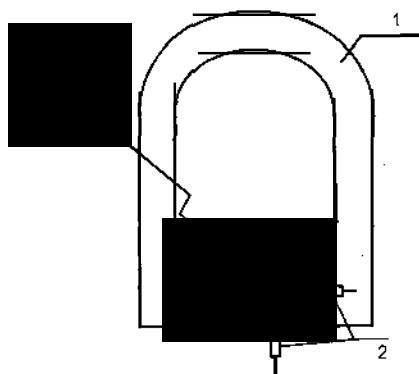
## 1.2. CƠ CẤU ĐO TỪ ĐIỆN. ỨNG DỤNG VÀ CÁCH KHẮC PHỤC NHỮNG HƯ HỎNG

### 1.2.1. Cấu tạo

Phần tĩnh của cơ cấu đo từ điện là một mạch từ khép kín, gồm có một nam châm vĩnh cửu. Trên thực tế có nhiều kết cấu mạch từ khác nhau, nhưng đều có mục đích tạo ra một từ trường mạnh và đều ở khe hở giữa mạch từ (hình 1-1). Từ trường ở khe hở có giá trị từ 0,2 ÷ 0,4 Tesla. Giữa khe hở từ đặt một lõi sắt non hình trụ, mục đích là giảm khe hở không khí, tăng từ trường ở khe hở. Bao quanh lõi sắt non đặt một khung dây hình chữ nhật. Khung dây thường làm bằng nhôm mỏng, trên đó quấn cuộn dây, dây quấn dùng dây émay (dây đồng có bọc sơn cách điện) đường kính dây từ 0,02 ÷ 0,25 mm. Trục quay gắn chặt vào khung dây, trên trục quay gắn

lò xo cân ở phía trên và phía dưới khung dây. Lò xo cân có 2 tác dụng : tạo mômen cân và làm nhiệm vụ dẫn điện vào khung dây. Lò xo là hợp kim đồng có pha beryly, đàn hồi tốt và ổn định theo nhiệt độ. Lò xo cân chế tạo thành hình xoắn ốc, một đầu gắn vào phần động của cơ cấu, còn đầu kia gắn vào giá đỡ cố định. Để giảm ma sát, tăng độ nhạy của cơ cấu, trục quay của khung dây được đặt trên ổ đỡ, đầu kia của trục quay được tì lên đá quý đặt trong ổ đỡ.

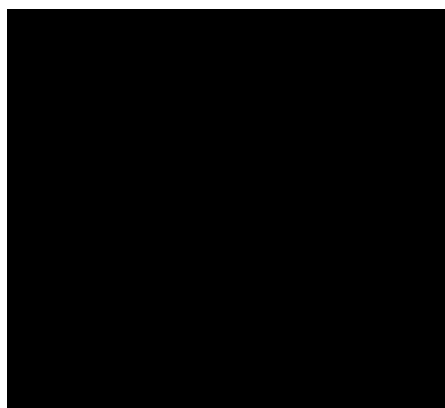
Để giảm ma sát tối đa, khung dây được treo bằng dây đàn hồi (hình 1-2).



*Hình 1-1*

Cấu tạo cơ cấu đo từ điện.

1. Nam châm vĩnh cửu ;
2. Quả đối trọng ;
3. Lò xo sắt non ;
4. Khung dây ;
5. Kim chỉ thị ;
6. Thang chia độ ;
7. Lò xo cân ;
8. Giá đỡ ;
9. Trục quay.



### 1.2.2. Nguyên lí làm việc

Khi cho dòng điện vào khung dây, từ trường ở khe hở không khí tác dụng lên dòng điện ở khung dây một lực điện từ, lực này tạo nên mô men quay và làm cho khung dây quay. Độ lớn của mô men quay bằng :

$$M_q = \frac{dW_{dt}}{d\alpha} \quad (1-5)$$

Trong đó :

$W_{dt}$  : năng lượng điện từ tích lũy của cơ cấu ;

$\alpha$  : góc quay do lực điện từ tạo ra.

Với diện một chiều, năng lượng điện từ bằng :

$$W_{dt} = \frac{1}{2} BSNI^2 \alpha$$

Trong đó :

$I$  : cường độ dòng điện ;

$\psi$  : từ thông móc vòng ;

$B$  : độ từ cảm ;

$N$  : số vòng dây của khung dây ;

Hình 1-2. Cơ cấu đo từ điện dùng dây treo.

$S$  : tiết diện mặt cắt ngang vuông góc với từ cảm của khe hở không khí.

Thay (1-6) vào (1-5) ta có :

$$M_q = \frac{dW_{dt}}{d\alpha} = \frac{d\psi}{d\alpha} = \frac{Id\psi}{d\alpha} = BSNI \frac{d\alpha}{d\alpha} = BSNI \quad (1-7)$$

Trong đó :  $d\psi = BSNd\alpha$

Dưới tác dụng của mô men quay, khung dây quay làm cho lò xo cần xoắn lại, tạo ra mô men cản của lò xo. Mô men cản lò xo bằng :

$$M_c = K\alpha \quad (1-8)$$

Trong đó :

$M_c$  : mô men cản lò xo ;

$K$  : hệ số đàn hồi của lò xo ;

$\alpha$  : góc quay của khung dây.

Khi khung dây quay đến một vị trí nào đó sẽ cân bằng với mô men cản, ta có :

$$M_q = M_c \rightarrow BSNI = K\alpha \quad (1-9)$$

$$\alpha = \frac{BSNI}{K} \quad (1-10)$$



### 1.2.3. Đặc điểm của cơ cấu đo từ điện

a) Quan hệ giữa góc quay của khung dây và dòng điện đi vào khung dây là tuyến tính, vì thế thang chia độ của mặt số dụng cụ đo là đều, do đó có thể dễ dàng chế tạo dụng cụ đo có nhiều thang đo.

b) Độ nhạy của cơ cấu đo từ điện cao vì từ trường ở khe hở không khí lớn

Có thể chế tạo dụng cụ đo trực tiếp được dòng điện nhỏ như microampe kế, miliampe kế...

c) Độ chính xác cao, có thể chế tạo dụng cụ đo có độ chính xác đến 0,05.

d) Tiêu thụ công suất nhỏ

e) Kết cấu phức tạp, giá thành cao

### 1.2.4. Ứng dụng cơ cấu đo từ điện để chế tạo các dụng cụ đo dòng điện

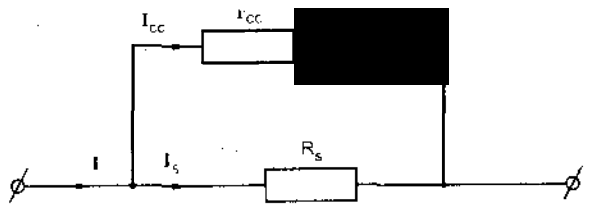
Theo công thức (1-7), mô men quay của cơ cấu đo từ điện tỉ lệ bậc nhất với dòng điện nên cơ cấu đo từ điện chỉ đo được dòng điện một chiều.

a) Đo dòng điện một chiều

Để đo dòng điện một chiều nhỏ, có thể đo trực tiếp dòng điện một chiều bằng các dụng cụ đo như microampe kế và miliampe kế.

Để đo dòng điện một chiều lớn hơn dòng điện của cơ cấu đo, người ta mắc song song với cơ cấu đo một điện trở sun  $R_s$  (hình 1-3).

Cách chọn điện trở sun  $R_s$  phù hợp với dòng điện cần đo và cơ cấu đo :



Hình 1-3. Sơ đồ ampe kế từ điện có mắc song song điện trở sun  $R_s$ .

Từ hình 1-3 ta có :

$$\text{[Redacted]} \quad (1-11)$$

$$\text{[Redacted]} \quad (1-12)$$

Lấy (1-12) thay vào (1-11) :

$$\text{[Redacted]} \quad (1-13)$$

$$R_s = \frac{I_{cc} r_{cc}}{I - I_{cc}} \quad (1-14)$$

(1-15)

Trong đó :

$r_{cc}$  : điện trở trong của cơ cấu ;

$n = \frac{I}{I_{cc}}$  : hệ số mở rộng thang đo ;

$I$  : dòng điện cần đo ;

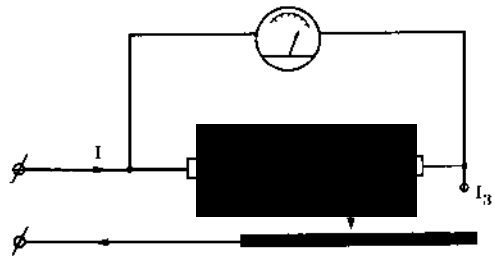
$I_s$  : dòng điện đi qua điện trở sun  $R_s$  ;

$R_s$  : điện trở sun ;

$I_{cc}$  : dòng điện lớn nhất cho phép cơ cấu đo làm việc bình thường.

Hình 1-4 biểu thị sơ đồ ampe kế từ điện có 3 thang đo ( $I_1, I_2, I_3$ ). Các điện trở sun  $R_{s1}, R_{s2}, R_{s3}$  mắc nối tiếp nhau, sau đó nối song song với cơ cấu đo từ điện. Sử dụng công thức (1-11) đến (1-15) để tính các điện trở sun.

Để giữ cho cấp chính xác của ampe kế từ điện không thay đổi ở các giới hạn đo khác nhau, phải chế tạo điện trở sun có độ chính xác cao hơn độ chính xác của cơ cấu đo một cấp. Ví dụ : Cấp chính xác của cơ cấu đo là 0,5 thì cấp chính xác của điện trở sun là 0,2.



Hình 1-4. Sơ đồ ampe kế từ điện có 3 thang đo.

Vì vậy, các điện trở sun làm bằng hợp kim đồng với mangan gọi là mangannin. Với hợp kim này, điện trở của nó ít thay đổi theo nhiệt độ. Trong khi đó điện trở của khung dây làm bằng đồng nên thay đổi theo nhiệt độ :

(1-16)

Trong đó :

$r_{cc}$  : điện trở của cơ cấu ở  $t^{\circ}C$  ;

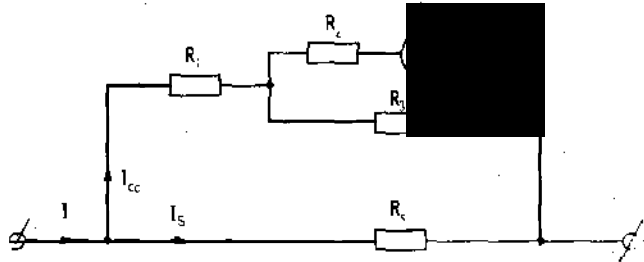
$r_{cco}$  : điện trở của cơ cấu ở  $0^{\circ}C$  ;

$\alpha$  : hệ số nhiệt độ của dây đồng bằng  $0,0004/^{\circ}C$  ;

$t^{\circ}C$  : nhiệt độ môi trường ở  $t^{\circ}C$ .

Ở những dụng cụ đo cấp chính xác cao, người ta phải tìm cách loại trừ sai số do nhiệt độ bằng cách mắc nối tiếp với cơ cấu đo một điện trở phi tuyến.

Thực tế các ampe kế từ điện có độ chính xác cao thường bù nhiệt độ bằng điện trở đồng với điện trở hợp kim đồng với mangan. Trên sơ đồ hình 1-5 các điện trở  $R_1, R_2, R_3$  bằng mangannin, các điện trở  $R_3, r_{cc}$  bằng đồng. Các điện trở này phải phối hợp với nhau sao cho khi dòng điện  $I$  không đổi, nếu có sự thay đổi nhiệt độ thì dòng điện đi qua cơ cấu đo không thay đổi.



Hình 1-5. Sơ đồ nối dây ampe kế từ điện có mắc điện trở bù nhiệt độ.

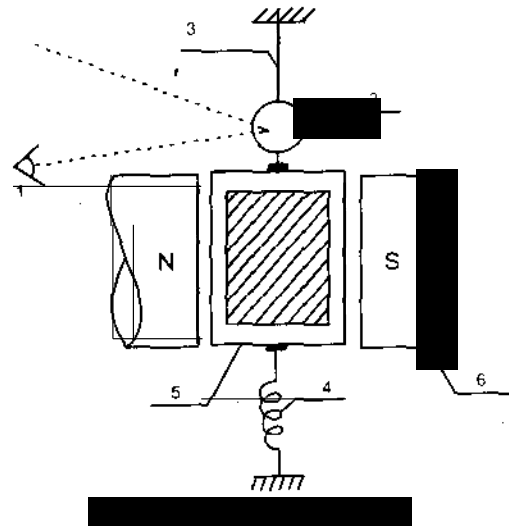
### b) Đo dòng điện một chiều cực nhỏ

Đo dòng điện cực nhỏ cỡ  $10^{-5}A + 10^{-10}A$ . Để đo được dòng điện này phải có dụng cụ đo có độ nhạy cao. Hiện nay việc nâng cao độ nhạy, hạ thấp ngưỡng làm việc của dụng cụ đo, khuếch đại ổn định, có độ chính xác cao còn gặp nhiều khó khăn.

Hình 1-6 cho ta sơ đồ điện kế từ điện khung quay. Để tăng độ nhạy bằng cách giảm trọng lượng khung dây, người ta thay kim chỉ thị bằng hệ thống quang học, gồm có : đèn chiếu sáng 1, trên dây treo 3 đặt gương phản chiếu 2. Khi khung dây quay, gương quay theo và phản chiếu ánh sáng lên mặt chia độ chỉ giá trị cần đo. Dòng điện cần đo được dẫn vào khung dây 5 trực tiếp nhờ dây treo 3 và dây không mô men 4.

Với cấu trúc trên, độ nhạy của điện kế gương có thể đạt đến  $10^{12} + 10^{14} A/m$ .

Để tăng độ nhạy, trong thực tế thường dùng các khuếch đại điện tử ; dùng các linh kiện bằng bán dẫn, vi điện tử ; dùng



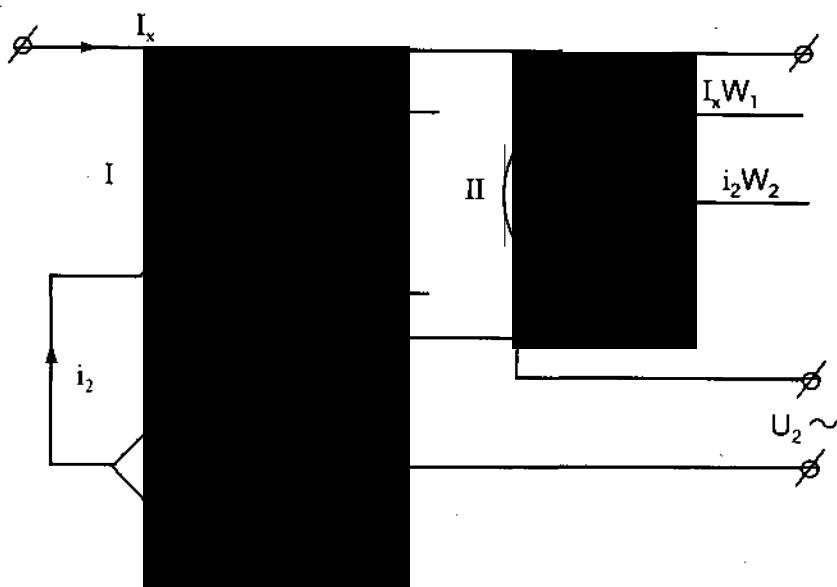
1. Đèn chiếu sáng ;
2. Gương phản chiếu ;
3. Dây treo ;
4. Dây không mô men ;
5. Khung dây ;
6. Nam châm vĩnh cửu.

điện cần đo sau khi khuếch đại đưa vào điện kế. Ưu điểm của khuếch đại điện tử là có ngưỡng độ nhạy cao, nhưng có nhược điểm độ ổn định thấp, nhất là đối với khuếch đại bán dẫn nhiều đầu vào lớn, ảnh hưởng đến sự làm việc của khuếch đại. Để giảm ảnh hưởng của nhiễu đầu vào, thường dùng các bộ khuếch đại vi sai bằng vi điện tử, vì công nghệ vi điện tử đảm bảo hai bán dẫn đồng nhất. Ngoài ra còn dùng khuếch đại một chiều có điều chế (với nhiễu đầu vào từ 5 ÷ 10 microvôn)...

### c) Đo dòng điện một chiều lớn

Đo dòng điện một chiều lớn có thể dùng phương pháp ghép song song nhiều điện trở sun, phương pháp này đơn giản nhưng không an toàn cho người sử dụng. Cũng có thể dùng phương pháp đo từ trường xung quanh dây dẫn, từ đó suy ra dòng điện cần đo. Phương pháp này có sai số và phụ thuộc vào tính chất phi tuyến của lõi sắt từ. Nếu đo từ trường bằng phương pháp cộng hưởng từ hạt nhân thì độ chính xác đạt cao hơn.

Một phương pháp thông dụng để đo dòng điện một chiều lớn là dùng máy biến dòng một chiều. Thực chất máy biến dòng một chiều là khuếch đại từ, người ta thay dòng điều khiển khuếch đại từ bằng dòng điện một chiều cần đo; dùng ampe kế đo dòng điện xoay chiều (dòng điện làm việc) sẽ tính ra được dòng điện một chiều cần đo. Hình 1-7 vẽ sơ đồ đo dòng điện một chiều lớn, sử dụng máy biến dòng một chiều gồm hai lõi hình xuyên I và II làm bằng vật liệu sắt từ (pecmaloi), có hệ số từ thẩm  $\mu$  lớn. Trên đó quấn hai cuộn dây  $W_1$  và  $W_2$ . Cuộn  $W_2$  quấn trên lõi xuyên II ngược chiều với  $W_1$  quấn trên lõi xuyên I.



Hình 1-7. Sơ đồ đo dòng điện 1 chiều lớn dùng máy biến dòng một chiều.

$W_1$  mắc vào mạch một chiều có dòng điện cần đo  $I_x$  chạy qua,  $W_2$  mắc vào mạch xoay chiều  $U_2$ . Nguyên tắc làm việc của máy biến dòng một chiều như sau : dòng điện cần đo  $I_x$  chạy qua  $W_1$ , tạo ra sức từ động  $I_x W_1$  ở cả hai lõi từ I và II theo chiều như hình 1-7. Dòng điện xoay chiều  $i_2$  đi qua  $W_2$ , tạo ra trong hai lõi hình xuyên I và II sức từ động  $i_2 W_2$ . Phương trình cân bằng sức từ động của máy biến dòng một chiều :

$$\text{[Blank]} \quad (1-17)$$

$$I_x = \frac{i_2 W_2}{W_1} \quad (1-18)$$

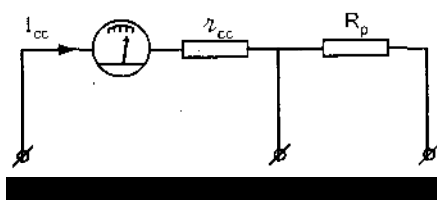
Dùng ampe kế đo dòng điện  $i_2$ , sẽ tính ra được dòng điện  $I_x$  cần đo. Tỷ số  $\frac{W_2}{W_1}$  gọi là hệ số biến dòng một chiều.

Ưu điểm của phương pháp dùng biến dòng một chiều là : Đảm bảo an toàn cho người sử dụng, thay đổi thang đo dễ dàng bằng cách thay đổi số vòng dây  $W_1, W_2$ . Hiện nay đã có thể chế tạo máy biến dòng một chiều với dòng điện định mức từ 15 ÷ 70kA, cấp chính xác 0,5.

### 1.2.5. Ứng dụng cơ cấu đo từ điện để chế tạo dụng cụ đo điện áp

#### a) Vôn kế từ điện đo điện áp một chiều

Hình 1-8 vẽ sơ đồ cấu tạo vôn kế từ điện. Để đặc trưng cho cơ cấu từ điện, trên sơ đồ ta thay thế bằng một cơ cấu chỉ thị và điện trở trong  $r_{cc}$ . Cần đo điện áp lớn hơn điện áp của cơ cấu  $U_{cc}$ , phải mắc nối tiếp với cơ cấu một điện trở phụ  $R_p$ . Tính giá trị điện trở phụ như sau :



Hình 1-8. Sơ đồ vôn kế từ điện.

$$\text{[Blank]} \quad (1-19)$$

$$R_p = r_{cc} \left[ \frac{U_x}{U_{cc}} - 1 \right] = r_{cc} (m - 1) \quad (1-20)$$

Trong đó :

$R_p$  : điện trở phụ ;

$r_{cc}$  : điện trở trong của cơ cấu ;

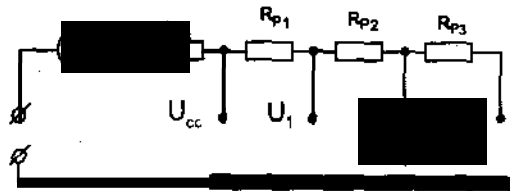
$I_{cc}$  : cường độ dòng điện đi qua cơ cấu ;

$U_x$  : điện áp cần đo ;

$U_{cc}$  : điện áp lớn nhất của cơ cấu. Với điện áp này cơ cấu làm việc bình thường và lâu dài ;

$$m = \frac{U_x}{U_{cc}} : \text{hệ số mở rộng thang đo.}$$

Bằng phương pháp này, mắc nối tiếp với cơ cấu từ điện các điện trở phụ khác nhau, sẽ tạo ra các vôn kế từ điện có nhiều thang đo (hình 1-9). Cách tính điện trở phụ  $R_p$  theo công thức (1-20).



Các vôn kế từ điện đo trực tiếp điện áp một chiều có sai số do nhiệt độ không đáng kể. Vì hệ số nhiệt độ của mạch vôn kế được xác định không chỉ hệ số nhiệt độ dây quấn của cơ cấu từ điện, mà cả hệ số nhiệt độ của điện trở phụ. Điện trở phụ được chế tạo bằng mangan là vật liệu ít thay đổi theo nhiệt độ. Hơn nữa  $r_{cc} \ll R_p$  nên việc thay đổi  $r_{cc}$  ít ảnh hưởng đến toàn bộ mạch đo.

### 1.2.6. Phạm vi ứng dụng, những nguyên nhân hư hỏng và cách khắc phục của cơ cấu đo từ điện

a) *Phạm vi ứng dụng của cơ cấu đo từ điện* : chỉ đo được điện áp và dòng điện một chiều.

b) *Những nguyên nhân hư hỏng và cách khắc phục của cơ cấu đo từ điện*

- Cho dòng điện hoặc điện áp vào cơ cấu đo, kim đứng yên, không chỉ giá trị nào. Nguyên nhân có thể :

- + Đứt khung dây ;
- + Đứt dây dẫn phụ trong cơ cấu đo ;
- + Đứt điện trở phụ của cơ cấu đo ;
- + Đứt dây treo hoặc đứt lò xo cân ;
- + Kẹt chặt khung dây vào cực từ hay lõi sắt non.

Mở cơ cấu đo, tìm nguyên nhân hư hỏng và khắc phục.

Nếu đứt khung dây, có thể quấn lại khung dây. Nếu cơ cấu đo có khung nhôm, ta chỉ việc quấn dây lên khung nhôm, thường cỡ dây có tiết diện 0,03 mm ; nên quấn trên máy quấn dây. Sau khi quấn xong, hàn dây treo hay trục quay, lò xo cân, tấm sơn cách điện, sấy khô, sau đó tháo giá đỡ và lắp đặt vào cơ cấu đo.

Có nhiều cơ cấu đo từ điện không có khung nhôm mà chỉ có khung dây. Muốn quấn lại khung dây này, nếu không có khuôn sẵn ta có thể dùng đất sét nặn đúng bằng kích thước khung dây. Sau đó quấn khung dây lên khuôn đất sét đã phơi khô, quấn xong hàn các chi tiết cần thiết, tấm sơn cách điện, sau đó ngâm khung dây vào nước, đất sẽ tan ra để lại khung dây, sấy khô khung dây và lắp đặt vào dụng cụ đo.

Các nguyên nhân hư hỏng khác nếu phát hiện hỏng do nguyên nhân nào, sẽ khắc phục hư hỏng ở nguyên nhân đó. Sau khi khắc phục xong, phải cân chỉnh với dụng cụ đo mẫu có cấp chính xác cao hơn đồng hồ hư hỏng một cấp.

- Cho dòng điện hoặc điện áp vào cơ cấu đo, cơ cấu đo chỉ sai giá trị cân đo. Nguyên nhân có thể có :

- + Lò xo cân bị xoắn quá mức hoặc bị rời ;
- + Từ cảm của nam châm vĩnh cửu bị giảm ;
- + Lò xo cân thay đổi hệ số đàn hồi ;
- + Tiếp xúc xấu ở mối nối nào đó.

Mở đồng hồ tìm nguyên nhân hư hỏng và khắc phục.

- Cho dòng điện hoặc điện áp vào cơ cấu đo. Kim chỉ một giá trị nào đó rồi mắc kẹt không trở về vị trí 0 khi không cho dòng điện vào cơ cấu. Nguyên nhân có thể có :

- + Kẹt kim vào mặt đồng hồ hoặc kẹt ở lá gió cản đũa ;
- + Kẹt khung dây vào mạch từ hay lõi sắt non.

Tháo đồng hồ, nắn lại kim, chỉnh lại khung dây cho cân bằng, cân bằng lại lá gió.

- Khi cho dòng điện hoặc điện áp vào cơ cấu, kim chỉ thị dao động rất lâu mới ổn định, hoặc kim lệch quá về giá trị không, không điều chỉnh được. Nguyên nhân có thể có :

- + Lá gió cản đũa bị hỏng ;
- + Quả đối trọng cân bằng kim bị mất hoặc sai vị trí.

Tháo đồng hồ thay lá gió, cân bằng lại kim.

Sau mỗi lần sửa chữa, phải cân chỉnh đồng hồ đo với đồng hồ mẫu.

## 1.3. CƠ CẤU ĐO ĐIỆN TỬ. ỨNG DỤNG CỦA CƠ CẤU ĐO ĐIỆN TỬ. NHỮNG NGUYÊN NHÂN HƯ HỎNG VÀ CÁCH KHẮC PHỤC

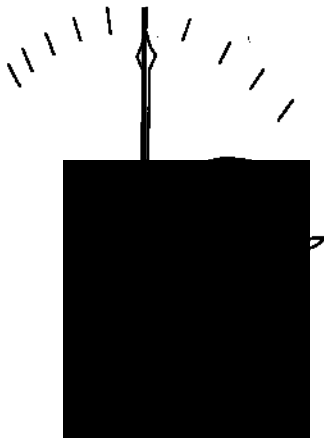
### 1.3.1. Cấu tạo

Cơ cấu điện tử có 3 loại cấu tạo khác nhau : cơ cấu cuộn dây tròn, cơ cấu cuộn dây dẹt, cơ cấu mạch từ khép kín.

Hình 1-10 vẽ sơ đồ cấu tạo cơ cấu điện tử cuộn dây tròn. Phần tĩnh gồm có một cuộn dây và đặt cố định một lá thép non uốn cong. Phần động cũng có lá thép non uốn cong và gắn chặt với trục quay. Trên trục quay có gắn lò xo cân và kim chỉ thị.

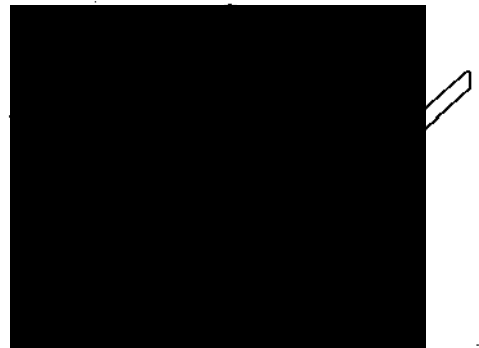
Khi có dòng điện chạy trong cuộn dây, hai lá thép tĩnh và động được từ hoá cùng cực tính và chúng đẩy nhau tạo ra mô men quay, trục quay và kim quay theo.

Hình 1-11 vẽ sơ đồ cấu tạo cơ cấu điện tử cuộn dây dẹt. Phần tĩnh là 1 cuộn dây. Phần động gồm một lá thép non mỏng gắn chặt với trục quay, trên trục quay gắn kim chỉ thị và lò xo cân. Khi trong cuộn dây phần tĩnh có dòng điện chạy qua, cuộn dây tạo ra lực hút và hút lá thép non gắn với trục quay và làm cho cơ cấu quay, kim chỉ thị quay theo.



Hình 1-10

Cấu tạo cơ cấu điện tử cuộn dây tròn.



Hình 1-11

Cấu tạo cơ cấu điện tử cuộn dây dẹt.

Hình 1-12 vẽ sơ đồ cấu tạo cơ cấu điện tử, mạch từ khép kín. Phần tĩnh gồm có cuộn dây quấn trên lõi thép. Phần động gồm có các lá thép, trên lá thép gắn chặt với trục quay, lò xo cân và kim chỉ thị. Cả lõi thép, lá thép làm bằng vật liệu có độ dẫn từ cao, tổn hao ít.



Khi trong cuộn dây có dòng điện chạy qua, lá thép đàn hồi có xu hướng tiến đến vị trí sao cho từ dẫn của mạch từ là lớn nhất, gây ra lực điện từ, tạo ra mô men quay và làm cho trục quay, kim chỉ thị quay theo.

Trong ba loại cơ cấu điện từ, loại có mạch từ khép kín có độ nhạy cao nhất. Cơ cấu điện từ cuộn dây tròn có độ nhạy thấp nhất.

Cũng như cơ cấu từ điện, mô men quay của cơ cấu điện từ được tính bằng công thức chung :

$$M_q = \frac{dW_{dt}}{d\alpha} \quad (1-21)$$

$$W_{dt} = L \frac{I^2}{2} \quad (1-22)$$

$$M_q = I^2 \frac{dL}{2d\alpha} \quad (1-23)$$

Trong đó :  $W_{dt}$  : năng lượng điện từ tích lũy trong cơ cấu đo ;

$\alpha$  : góc quay phần động ;

$L$  : điện cảm cuộn dây phần tĩnh ;

$I$  : cường độ dòng điện đi qua cuộn dây phần tĩnh.

Khi kim chỉ ở vị trí ổn định, cơ cấu đo cân bằng, ta có :

$$M_q = M_c \rightarrow I^2 \frac{dL}{2d\alpha} = K\alpha \quad (1-24)$$

$$\alpha = \frac{I^2 dL}{2Kd\alpha} \quad (1-25)$$

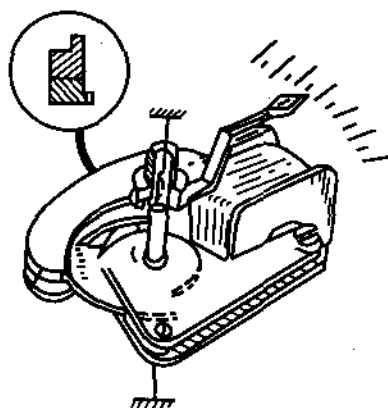
Từ góc quay  $\alpha$ , người ta chia trên thang chia độ của cơ cấu đo được các giá trị dòng điện tương ứng.

### 1.3.2. Đặc điểm của cơ cấu điện từ

a) Quan hệ giữa góc quay  $\alpha$  và dòng điện  $I$  không tuyến tính, do đó độ chia trên thang chia độ có khoảng cách không đều nhau.

b) Độ nhạy cơ cấu đo điện từ thấp vì điện cảm  $L$  của cuộn dây bé.

c) Độ chính xác không cao, do có tổn hao trong lõi thép.



Hình 1-12. Cấu tạo cơ cấu điện từ có mạch từ khép kín.

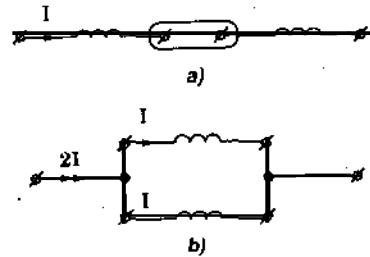
- d) Chịu ảnh hưởng nhiều của từ trường ngoài.
- e) Ưu điểm chịu được quá tải lớn.
- g) Chế tạo đơn giản, giá thành hạ.
- h) Phạm vi ứng dụng đo điện áp và dòng điện xoay chiều tần số thấp.

### 1.3.3. Ứng dụng cơ cấu đo điện từ để chế tạo các dụng cụ đo dòng điện

#### a) Ampe kế điện từ

Để chế tạo ampe kế phải dựa trên cơ cấu đo điện từ. Mỗi cơ cấu điện từ được chế tạo với số ampe vòng nhất định (IW). Đối với cơ cấu cuộn dây tròn thường có  $IW = 200 \text{ A.vòng}$ ; cuộn dây dẹt có  $IW = 100 + 150 \text{ A.vòng}$ ; loại mạch từ khép kín  $IW = 50 + 100 \text{ A.vòng}$ . Như vậy, để mở rộng thang đo ampe kế điện từ chỉ cần thay đổi số vòng dây sao cho số ampe vòng không đổi ( $IW = \text{const}$ ).

Hình 1-13 cho sơ đồ ampe kế điện từ có hai thang đo. Chia cuộn dây tính thành hai phần bằng nhau. Nếu nối nối tiếp (hình 1-13a) hai phân đoạn với nhau, sẽ đo được dòng điện I. Nếu nối song song hai phân đoạn với nhau (hình 1-13b), sẽ đo được dòng điện 2I.



Hình 1-13. Sơ đồ ampe kế điện từ :

- a) Đo được dòng điện I;
- b) Đo được dòng điện 2I.

Phương pháp phân đoạn cuộn dây tính của cơ cấu đo điện từ cũng chỉ áp dụng để chế tạo ampe kế điện từ nhiều nhất có ba thang đo, vì tăng số lượng thang đo, bố trí mạch chuyển thang đo phức tạp không thể thực hiện được. Người ta thường dùng máy biến dòng điện, kết hợp với ampe kế điện từ để mở rộng giới hạn đo dòng điện xoay chiều.

#### b) Đo dòng điện xoay chiều lớn

Để đo dòng điện xoay chiều lớn, người ta sử dụng máy biến dòng điện kết hợp với ampe kế điện từ. Về nguyên lý làm việc, máy biến dòng điện hoàn toàn giống như máy biến áp, dựa trên nguyên lý cảm ứng điện từ. Về cấu tạo, máy biến dòng điện gồm có cuộn dây sơ cấp ít vòng, tiết diện dây lớn, quấn trên lõi thép kỹ thuật điện có dạng hình vuông hay hình xuyên. Cuộn dây thứ cấp quấn nhiều vòng, tiết diện dây nhỏ trên cùng lõi thép với cuộn sơ cấp (hình 1-14). Máy biến dòng điện luôn luôn làm việc ở chế độ ngắn mạch, vì điện trở của ampe kế  $R_A$  rất nhỏ. Khi đó ta có phương trình cân bằng sức từ động :

$$(1-26)$$

Trong đó :  $K$  là hệ số biến đổi của máy biến dòng.

Trong công nghiệp các máy biến dòng tiêu chuẩn hoá dòng điện thứ cấp là 5A hay 1A. Còn dòng điện sơ cấp sẽ có những trị số phù hợp với dòng điện cần đo.

Ví dụ : dòng điện sơ cấp  $I_s = 10A ; 15A ; 30A ; 100A \div 1000A$  ; dòng điện thứ cấp  $I_T = 5A$ .

Mắc máy biến dòng điện và ampe kế vào mạch đo như hình 1-14b. Đọc kết quả đo trên ampe kế, kết hợp với hệ số biến dòng ta được dòng điện cần đo :

$$I_s = KI_T \quad (1-28)$$

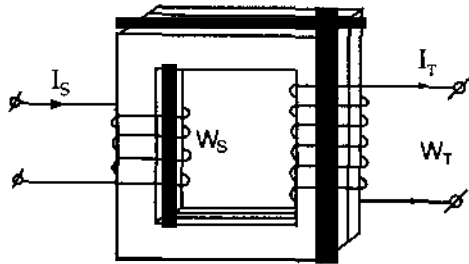
Trong đó :

$K$  : tỉ số biến đổi của máy biến dòng điện ;

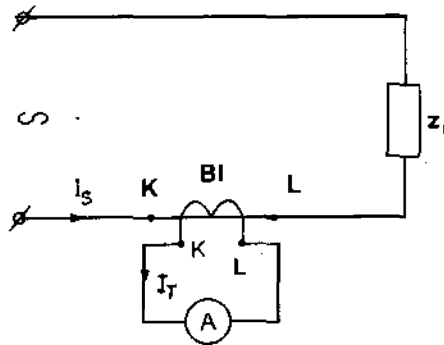
$I_T$  : dòng điện đo được ở ampe kế ;

$I_s$  : dòng điện sơ cấp cần đo.

Sai số của phép đo phụ thuộc vào sai số của máy biến dòng điện và sai số của ampe kế.



a)



b)

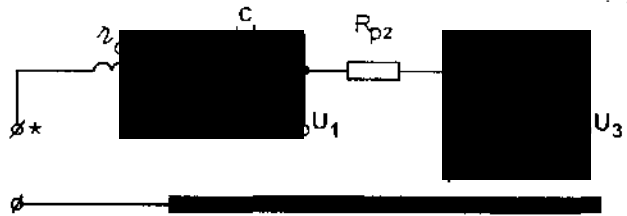
Hình 1-14. Sơ đồ cấu tạo máy biến dòng và mạch đo :

- Sơ đồ cấu tạo máy biến dòng ;
- Sơ đồ đo dòng điện.

### 1.3.4. Ứng dụng cơ cấu điện từ để chế tạo dụng cụ đo điện áp

Hình 1-15 vẽ sơ đồ cấu tạo vôn kế sử dụng cơ cấu điện từ, dùng để đo điện áp xoay chiều tần số công nghiệp. Để phép đo được chính xác, yêu cầu điện trở trong của vôn kế phải lớn, dòng điện tiêu thụ của vôn kế nhỏ ; do đó số lượng vòng dây quấn trên cuộn dây tĩnh rất lớn, khoảng 10.000 vòng. Để mở rộng thang đo của vôn kế, mắc nối tiếp với cuộn dây điện trở phụ (giống như vôn kế từ điện).

Khi đo điện áp xoay chiều ở miền tần số cao hơn tần số công nghiệp, sẽ xuất hiện sai số do tần số. Để khắc phục sai số này người ta mắc các tụ điện C (hình 1-15) song song với điện trở phụ.



Hình 1-15. Sơ đồ vôn kế điện từ có nhiều thang đo.

### 1.3.5. Phạm vi ứng dụng, những nguyên nhân hư hỏng và cách khắc phục cơ cấu đo điện từ

a) **Phạm vi ứng dụng.** Các dụng cụ đo điện từ có thể đo được dòng điện và điện áp một chiều và xoay chiều. Do độ chính xác của cơ cấu điện từ thấp, nhưng có kết cấu đơn giản, làm việc tin cậy, giá thành thấp, nên ứng dụng chủ yếu của cơ cấu điện từ ở những nơi nào không đòi hỏi độ chính xác cao, như chế tạo các dụng cụ đo dòng điện và điện áp xoay chiều đặt ở các bảng điều khiển của các nhà máy điện và trạm biến áp.

#### b) Nguyên nhân hư hỏng và cách khắc phục cơ cấu đo điện từ

- Cho điện vào cuộn dây phần tĩnh, kim đứng yên, không chỉ giá trị nào. Nguyên nhân có thể :

- + Với vôn kế dứt điện trở phụ, dứt cuộn dây, kẹt lá gió cản dùi, kẹt kim chỉ thị vào mặt đồng hồ ;
- + Với ampe kế, kẹt lá gió cản dùi, kẹt kim chỉ thị và mặt số của dụng cụ đo ;
- + Hỏng lá sắt phần tĩnh.

Dùng vạn năng kế kiểm tra mạch, tìm nguyên nhân hư hỏng và khắc phục. Sau khi sửa chữa xong, căn chỉnh với đồng hồ mẫu có cấp chính xác cao hơn ít nhất một cấp.

- Cho dòng điện hoặc điện áp vào cuộn dây phần tĩnh, dụng cụ đo chỉ sai giá trị cần đo. Nguyên nhân có thể có :

- + Lò xo cản bị xoắn hoặc bị rời ;
- + Quả đối trọng sai vị trí ;
- + Lò xo cản thay đổi hệ số đàn hồi.

Mở đồng hồ, tìm nguyên nhân hư hỏng và khắc phục. Với cơ cấu điện từ, nếu sai số quá lớn so với giá trị thực, tốt nhất là kẻ lại mặt số dụng cụ đo. Cách tiến hành như sau : dán lên mặt số cũ giấy trắng hoặc sơn trắng, dùng đồng hồ mẫu lấy

những giá trị cần đo và chấm những điểm tương ứng giữa đồng hồ mẫu và đồng hồ sửa chữa. Căn cứ vào đó kẻ lại mặt số theo như các vạch chia độ đã sửa lại.

- Cho dòng điện hoặc điện áp vào cơ cấu đo, kim mắc kẹt ở vị trí nào đó trên mặt đồng hồ, không trở về vị trí 0 khi không cho dòng điện vào cơ cấu. Nguyên nhân có thể có :

- + Kẹt kim vào mặt đồng hồ ;
- + Kẹt lá gió cản dũa ;
- + Trục quay lệch ra khỏi vị trí cân bằng.

Mở cơ cấu đo, tìm hiểu nguyên nhân ; nếu kim cong, nắn lại kim, nắn lại lá gió và chỉnh định trục quay về vị trí cân bằng.

- Khi cho dòng điện và điện áp vào cơ cấu đo, kim chỉ thị dao động quá lâu mới ổn định, hoặc kim lệch quá về giá trị 0, không điều chỉnh được. Nguyên nhân có thể có :

- + Lá gió cản dũa bị hỏng ;
- + Quả đối trọng cân bằng kim, sai vị trí hoặc bị mất.

Tháo đồng hồ, thay lá gió, cân bằng lại kim.

Sau mỗi lần sửa chữa, phải cân chỉnh đồng hồ với đồng hồ mẫu.

## **1.4. CƠ CẤU ĐO ĐIỆN ĐỘNG. ỨNG DỤNG CỦA CƠ CẤU ĐO ĐIỆN ĐỘNG. NHỮNG NGUYÊN NHÂN HƯ HỎNG VÀ CÁCH KHẮC PHỤC**

### **1.4.1. Cấu tạo**

Cơ cấu điện động gồm có 2 cuộn dây. Một cuộn dây phần tĩnh hình trụ tròn, chia làm 2 phần có số vòng dây bằng nhau, quấn ít vòng, tiết diện dây lớn, có thể trực tiếp cho dòng điện chạy qua. Ở giữa cuộn dây phần động có một khung dây, giống khung dây cơ cấu từ điện. Cuộn dây này được gắn chặt với trục quay, lò xo cân, kim chỉ thị, lá gió cản dũa (hình 1-16).

### **1.4.2. Nguyên lí làm việc**

Khi cho dòng điện  $I_1$  đi qua cuộn dây phần tĩnh và dòng điện  $I_2$  đi qua cuộn dây phần động. Dòng điện  $I_1$  tạo ra từ trường tác động tương hỗ lên dòng điện  $I_2$  chạy trong khung dây phần động, gây ra lực điện từ và tạo thành mômen quay.

$$M_q = \frac{dW_{dt}}{d\alpha} \quad (1-29)$$

$$\text{[Redacted]} \quad (1-30)$$

$$M_q = I_1 I_2 \frac{dM_{12}}{d\alpha} \quad (1-31)$$

Trong đó :

$M_{12}$  : hệ số hỗ cảm ;

$W_{\alpha}$  : năng lượng điện từ tích lũy trong cơ cấu đo ;

$I_1$  : dòng điện chạy trong cuộn dây phân tĩnh ;

$I_2$  : dòng điện chạy trong khung dây phần động ;

$\alpha$  : góc quay của phần động.

Khi phần động quay đến một vị trí nào đó cân bằng với mô men cản ta có :

$$M_q = M_c \rightarrow I_1 I_2 \frac{dM_{12}}{d\alpha} = K\alpha \quad (1-32)$$

$$\alpha = I_1 I_2 \frac{dM_{12}}{Kd\alpha} \quad (1-33)$$

Người ta chia độ trên mặt cơ cấu điện động theo góc quay  $\alpha$ , sẽ được các giá trị dòng điện tương ứng.

### 1.4.3. Đặc điểm của cơ cấu đo điện động

a) *Mô men quay tỉ lệ với tích dòng điện  $I_1 I_2$* , vì vậy cơ cấu điện động có thể đo được dòng điện một chiều và xoay chiều.

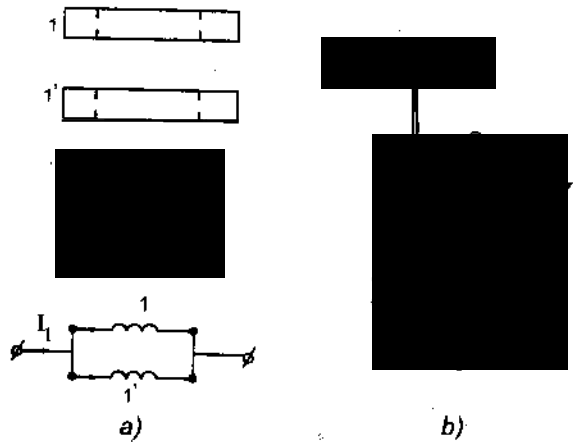
b) *Độ nhạy thấp vì hệ số hỗ cảm  $M_{12}$  nhỏ.*

c) *Độ chính xác cao* vì cơ cấu điện động không có lõi thép nên tổn hao nhỏ.

d) *Chịu ảnh hưởng nhiều của từ trường ngoài.*

e) *Không chịu được quá tải, cấu tạo phức tạp, đắt tiền.*

g) *Ứng dụng chủ yếu của cơ cấu điện động để chế tạo các dụng cụ đo công suất, các dụng cụ đo điện một chiều và xoay chiều có độ chính xác cao.*



Hình 1-16. Sơ đồ cấu tạo cơ cấu điện động :

a) Sơ đồ nối dây cuộn dây phân tĩnh

b) Sơ đồ cấu tạo

1, 1' - Cuộn dây phân tĩnh ;

2 - Cuộn dây phần động ;

3 - Lá gió cản dục ;

4 - Hộp lá gió.

### 1.4.4. Ứng dụng cơ cấu điện động để chế tạo các dụng cụ đo điện

#### a) Ampe kế điện động

Ampe kế điện động dùng để đo dòng điện ở tần số cao hơn tần số công nghiệp (từ  $400 + 2000$  Hz). Độ chính xác chế tạo có thể đạt đến  $0,2 + 0,5$ , nên được dùng làm dụng cụ đo lường mẫu. Có hai sơ đồ mạch đo ampe kế điện động, khi dòng điện cần đo nhỏ hơn hoặc bằng  $0,5$  A, cuộn dây tĩnh và cuộn dây động mắc nối tiếp với nhau (hình 1-17a).

Khi dòng điện cần đo lớn hơn  $0,5$  A, cuộn dây động và cuộn dây tĩnh ghép song song với nhau (hình 1-17b).

Các phần tử R và L trong sơ đồ ampe kế điện động (do dòng điện lớn hơn  $0,5$  A) dùng để tạo mạch bù sai số do tần số và làm cho dòng điện trong cuộn dây động, cuộn dây tĩnh cùng pha với nhau.

Cách mở rộng thang đo và chế tạo ampe kế nhiều thang đo giống như ở ampe kế điện từ.

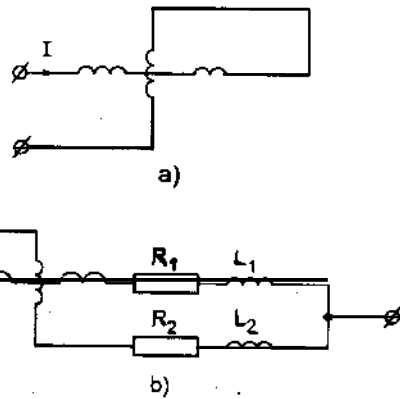
#### b) Vôn kế điện động

Vôn kế điện động khác với ampe kế điện động là số vòng dây ở phần tĩnh nhiều vòng dây hơn số vòng dây của ampe kế điện động. Vì vôn kế yêu cầu điện trở trong lớn, nên tiết diện dây phân tĩnh nhỏ. Ở vôn kế điện động, cuộn dây tĩnh B và cuộn dây động A luôn mắc nối tiếp với nhau, ta có :



$$(1-34)$$

Theo công thức 1-33, phương trình đặc tính thang đo của cơ cấu điện động cho vôn kế có thể viết :

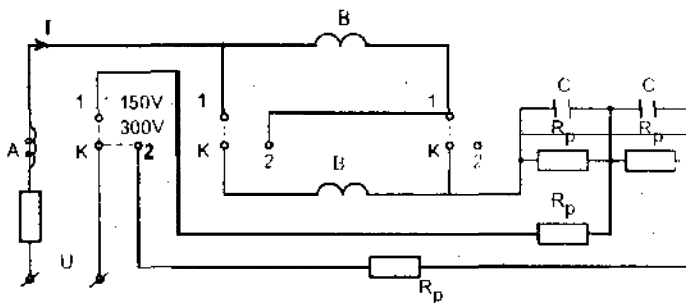


Hình 1-17. Sơ đồ cấu tạo ampe kế điện động :

- a) Mắc nối tiếp ;
- b) Mắc song song.

Trong đó :  $U$  : điện áp vào của vôn kế ;  
 $Z_v$  : tổng trở vào của vôn kế.

Trong thực tế có thể chế tạo vôn kế điện động nhiều thang đo (hình 1-18). Trong vôn kế, cuộn dây tĩnh và cuộn dây động mắc nối tiếp với nhau và nối tiếp với điện trở phụ  $R_p$ . Bộ đổi nối  $K$  làm nhiệm vụ thay đổi giới hạn đo. Nếu khoá  $K$  ở vị trí 1, giới hạn đo là 150V ; khoá  $K$  ở vị trí 2 giới hạn đo là 300 V. Các tụ  $C$  tạo mạch bù tần số cho vôn kế.



Hình 1-18. Sơ đồ cấu tạo vôn kế điện động có 2 thang đo.

### c) Watt kế điện động

Watt kế điện động được cấu tạo từ cơ cấu đo điện động, cuộn dây tĩnh cho dòng điện, cuộn dây động cho điện áp.

- Khi sử dụng đo công suất mạch một chiều.

Theo công thức 1-33, góc lệch của kim chỉ thị watt kế được tính theo công thức sau :

$$\alpha = \frac{UI d M_{12}}{K(R_u + R_p) d \alpha} \quad (1-36)$$

Trong đó :

$U$  : điện áp đặt lên cuộn dây điện áp (cuộn dây động) ;

$I$  : cường độ dòng điện đi qua cuộn dây tĩnh ;

$K$  : hệ số đàn hồi lò xo cân ;

$R_u$  : điện trở trong của cuộn dây điện áp ;

$R_p$  : điện trở phụ mắc nối tiếp với cuộn điện áp.



Để cho thang đo watt kế được chia đều, điều kiện  $\frac{dM_{12}}{d\alpha}$  phải là hằng số. Điều này phụ thuộc vào hình dáng, kích thước và vị trí ban đầu của cuộn dây.

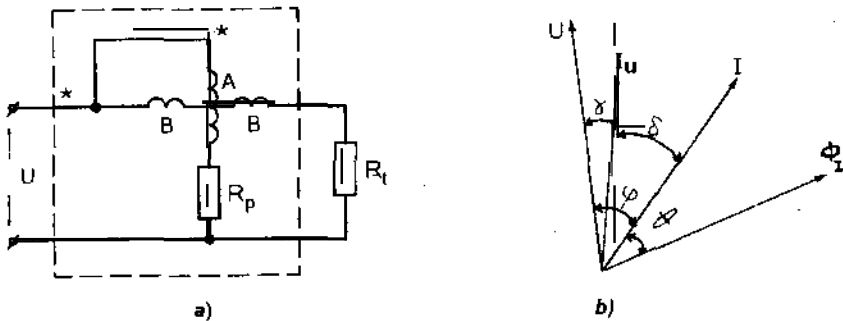
Nếu  $\frac{dM_{12}}{d\alpha} = \text{const}$  thì :

$$\alpha = \beta UI = \beta P \tag{1-37}$$

Trong đó :

$$\beta = \frac{1}{K(R_u + R_p)} \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha} \tag{1-38}$$

$\beta$  gọi là độ nhạy của watt kế theo dòng điện một chiều.



Hình 1-19. Sơ đồ watt kế điện động :

a) Sơ đồ nối dây ;

b) Đồ thị véc tơ khi đo công suất nguồn xoay chiều.

- Khi sử dụng đo công suất mạch điện xoay chiều.

Trên đồ thị véc tơ hình 1-19b, dòng điện  $I_u$  đi qua cuộn dây điện áp (cuộn dây động) do điện áp  $U$  tạo ra và lệch pha với điện áp  $U$  một góc  $\gamma$ . Dòng điện  $I$  chạy qua cuộn dây tĩnh của watt kế là dòng điện phụ tải, nếu tải  $R_t$  có tính điện cảm, dòng điện  $I$  sẽ chậm pha sau điện áp một góc là  $\phi$ . Giữa dòng điện  $I_u$  và dòng điện  $I$  lệch pha nhau một góc là  $\delta = \phi - \gamma$ .

Theo công thức 1-33 góc lệch của kim chỉ thị watt kế được tính theo công thức sau :

$$\alpha = \frac{1}{K} I_u \cos \delta \frac{dM_{12}}{d\alpha} \tag{1-39}$$

Dòng điện  $I_u$  trong mạch cuộn dây điện áp được tính theo công thức :

$$I_u = \frac{U}{(R_u + R_p)} \cos \gamma \quad (1-40)$$

Nếu  $\frac{dM_{12}}{da} = \text{const}$ , ta có :

$$\alpha = \beta UI \cos(\varphi - \gamma) \cos \gamma \quad (1-41)$$

Từ công thức (1-41), muốn cho số chỉ của Watt kể tỉ lệ với công suất, chỉ khi  $\gamma = 0$  hay  $\gamma = \varphi$ .

Điều kiện  $\gamma = 0$  đạt được bằng cách tạo ra cộng hưởng điện áp trong mạch cuộn dây động. Ví dụ có thể mắc tụ điện C song song với điện trở phụ  $R_p$ . Cộng hưởng chỉ giữ được khi tần số không đổi. Nếu tần số thay đổi, cộng hưởng không còn nữa, Watt kể sẽ có sai số do tần số.

Điều kiện  $\gamma = \varphi$  không thực hiện được vì dòng điện trong cuộn điện áp  $I_u$  không bao giờ trùng với dòng điện I trong cuộn dòng điện (cuộn dây tĩnh).

#### 1.4.5. Phạm vi ứng dụng, những nguyên nhân hư hỏng và cách khắc phục cơ cấu đo điện động

##### a) Phạm vi ứng dụng các dụng cụ đo điện động

Các dụng cụ đo điện động có thể đo được dòng điện và điện áp một chiều và xoay chiều. Do độ chính xác của cơ cấu điện động cao, cấu tạo phức tạp và giá thành cao, nên cơ cấu điện động thường được chế tạo các dụng cụ đo mẫu và những dụng cụ đo lường tần số cao hơn tần số công nghiệp.

##### b) Nguyên nhân hư hỏng và cách khắc phục của cơ cấu điện động

Cơ cấu điện động có cấu trúc phần động giống cơ cấu đo từ điện. Mọi hư hỏng của cơ cấu điện động giống như ở cơ cấu từ điện (xem mục 1.2.6).

### 1.5. CƠ CẤU CẢM ỨNG. ỨNG DỤNG CỦA CƠ CẤU CẢM ỨNG. NHỮNG NGUYÊN NHÂN HƯ HỎNG VÀ CÁCH KHẮC PHỤC

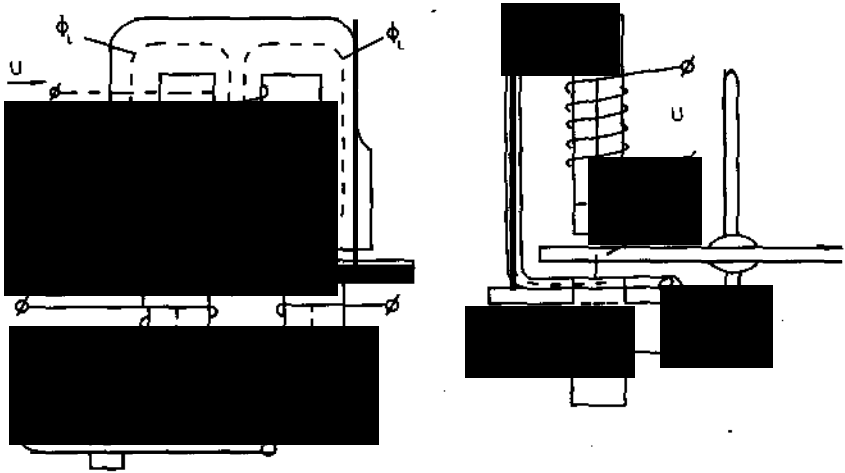
#### 1.5.1. Cấu tạo

Hình 1-20 là sơ đồ cấu tạo cơ cấu cảm ứng bao gồm :

- Cuộn dây điện áp được quấn trên lõi thép kỹ thuật điện nhiều vòng, tiết diện dây nhỏ.
- Cuộn dây dòng điện được quấn trên lõi thép kỹ thuật điện ít vòng, tiết diện dây lớn.

- Đĩa nhôm nằm giữa khe hở từ của cuộn dây điện áp và cuộn dây dòng điện. Trên đĩa nhôm gắn trục quay, trục quay gắn vít vô tận và bộ số để đếm số vòng quay của đĩa nhôm.

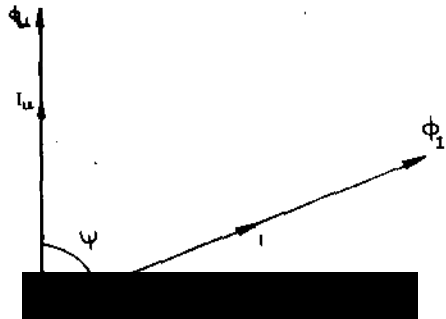
- Nam châm vĩnh cửu đặt ở đĩa nhôm làm nhiệm vụ mô men cản.



Hình 1-20. Sơ đồ cấu tạo cơ cấu cảm ứng.

### 1.5.2. Nguyên lí làm việc của cơ cấu cảm ứng

Giả thiết lõi từ không có tổn hao, cuộn dây điện áp thuần cảm, bỏ qua ma sát ở trục quay. Khi đặt điện áp vào cuộn dây điện áp sẽ có dòng điện  $I_u$  chạy qua cuộn dây điện áp ; theo giả thiết cuộn dây điện áp thuần cảm nên dòng điện  $I_u$  chậm pha sau điện áp một góc  $90^\circ$ . Dòng điện  $I_u$  tạo ra từ thông  $\Phi_u$ , với giả thiết lõi thép không có tổn hao, nên từ thông  $\Phi_u$  trùng pha với dòng điện  $I_u$ . Đồng thời cho dòng điện  $I$  đi vào cuộn dây dòng điện, dòng điện  $I$  tạo ra từ thông  $\Phi_i$ , do giả thiết lõi thép không có tổn hao, từ thông  $\Phi_i$  trùng pha với dòng điện  $I$ . Quan hệ giữa điện áp, dòng điện và từ thông được vẽ trên đồ thị véc tơ hình 1-21.



Hình 1-21. Đồ thị véc tơ, quan hệ giữa dòng điện, điện áp và từ thông ở cơ cấu cảm ứng.

- Với phụ tải có tính điện cảm nên dòng điện  $I$  lệch pha so với điện áp  $U$  một góc là  $\varphi$ .

- Từ thông  $\Phi_u$  và  $\Phi_1$  xuyên qua đĩa nhôm và cảm ứng trên đĩa nhôm dòng điện tương ứng.

- Từ thông  $\Phi_u$ ,  $\Phi_1$  tác dụng tương hỗ với dòng điện cảm ứng trên đĩa nhôm, tạo nên lực điện từ, lực điện từ tạo ra mô men quay và làm cho đĩa nhôm quay. Sự tác dụng tương hỗ rất phức tạp. Nhưng mô men quay của cơ cấu cảm ứng được tính :

$$M_q = K\Phi_u\Phi_1 \sin \psi \quad (1-42)$$

Trong đó :

$K$  : hệ số tỉ lệ ;

$\psi$  : góc lệch pha giữa  $\Phi_u$  và  $\Phi_1$ .

### 1.5.3. Đặc điểm của cơ cấu cảm ứng

*a) Mô men quay tỉ lệ với tích  $\Phi_u\Phi_1$ , tương ứng với tích của dòng điện và điện áp ( $U.I$ ), nên cơ cấu cảm ứng có thể chế tạo thành dụng cụ đo công suất.*

*b) Mô men quay khá lớn, đĩa nhôm có thể quay liên tục theo thời gian, cơ cấu cảm ứng có thể chế tạo thành bộ tích phân công suất theo thời gian, như vậy có thể dùng để đo đếm điện năng gọi là công tơ điện.*

*c) Cơ cấu cảm ứng chỉ dùng để đo dòng điện xoay chiều với tần số xác định.*

*d) Cơ cấu cảm ứng chịu ảnh hưởng nhiều các yếu tố bên ngoài như từ trường, độ ẩm, nhiệt độ...nên độ chính xác thấp.*

### 1.5.4. Đo điện năng

#### a) Công tơ 1 pha

Cấu tạo công tơ 1 pha dựa trên cấu tạo cơ cấu cảm ứng (hình 1-22).

Theo công thức (1-42) :  $M_q = K\Phi_u\Phi_1 \sin \psi$  và từ đồ thị véc tơ hình 1-22b có thể viết :

$$\Phi_1 = K_1 I \quad (1-43)$$

$$\Phi_u = K_u I_u = K_u \frac{U}{Z_u} \quad (1-44)$$

Trong đó :  $K_u$ ,  $K_1$  là hệ số tỉ lệ với điện áp và dòng điện ;

$Z_u$  : tổng trở cuộn dây điện áp.

Thay 1-43 và 1-44 vào công thức mô men quay ta có :

$$M_q = KK'_u K_1 UI \sin \psi = K' UI \sin \psi \quad (1-45)$$

Trong đó :  $K'_u = \frac{K_u}{Z_u}$



$\psi$  : góc lệch pha giữa  $\Phi_u, \Phi_1$ .

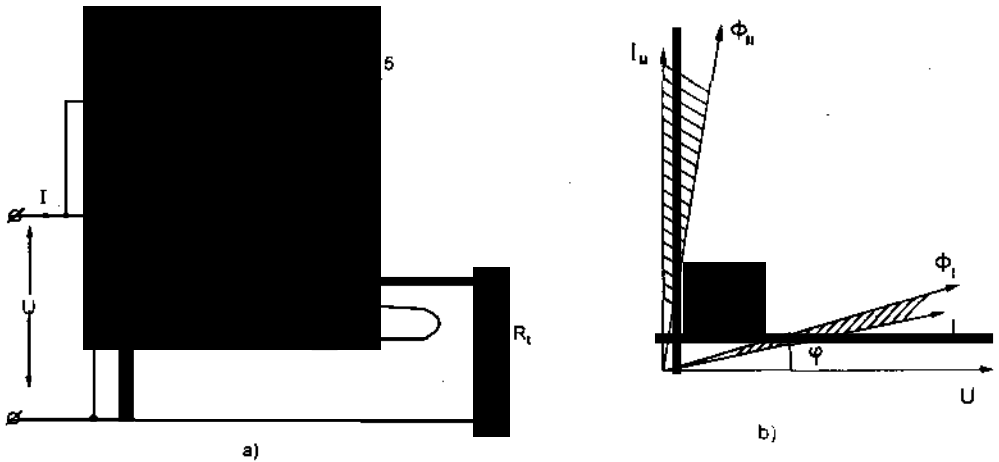
Từ đồ thị véc tơ hình 1-22b, có thể viết :

$$\psi = 90^\circ - \varphi \quad (1-46)$$

Từ 1-46 thay vào 1-45 ta có :

$$M_q = K' UI \sin(90^\circ - \varphi) = K' UI \cos \varphi = KP \quad (1-47)$$

Như vậy mô men quay tỉ lệ với công suất tác dụng và công tơ 1 pha mắc dây theo sơ đồ hình 1-22 do điện năng hữu công.



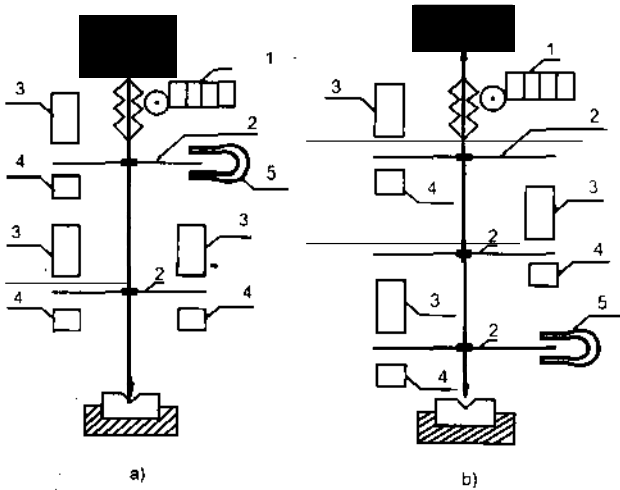
**Hình 1-22.** Sơ đồ công tơ 1 pha :

- a) Sơ đồ cấu tạo ;
- b) Đồ thị véc tơ.

- 1,2. Lõi thép kĩ thuật điện ;
3. Đĩa nhôm ;
4. Nam châm vĩnh cửu ;
5. Hộp số ;
6. Chi tiết điều chỉnh góc  $\varphi$ .

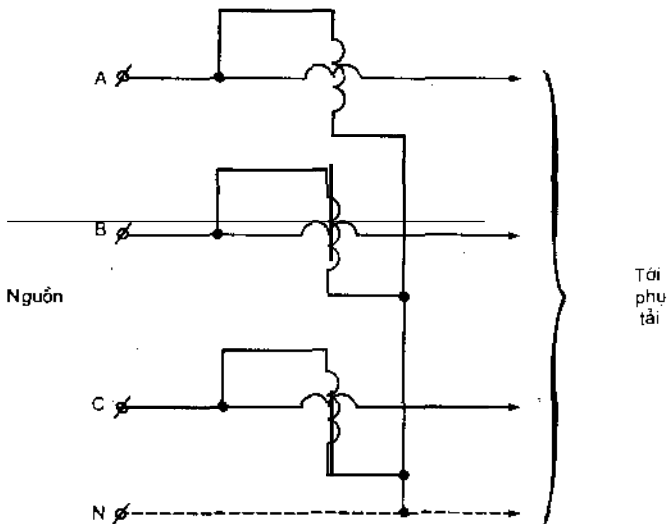
**b) Công tơ 3 pha 4 dây**

Để đo điện năng 3 pha trong mạng điện không đối xứng thường sử dụng công tơ 3 pha 4 dây hay còn gọi là công tơ 3 pha 3 phần tử. Về cấu tạo, công tơ 3 pha 3 phần tử là kết hợp 3 công tơ 1 pha đặt cùng trục có 2 hoặc 3 đĩa nhôm với kết cấu như hình 1-23. Mô men quay tác dụng lên các đĩa nhôm bằng tổng mô men của mỗi pha. Do đó công tơ đo được điện năng của 3 pha.



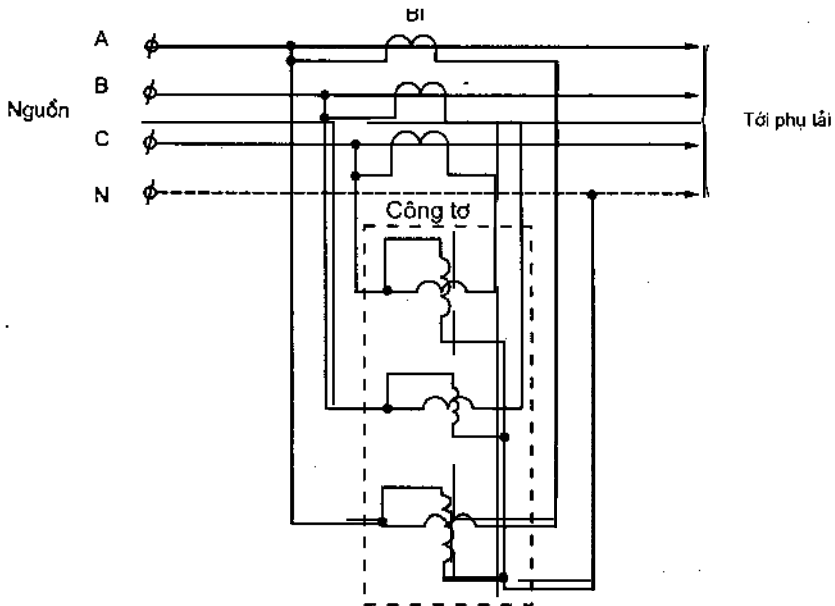
**Hình 1-23.** Sơ đồ cấu tạo công tơ 3 pha 4 dây :  
 a) Sơ đồ 2 đĩa nhôm ;  
 b) Sơ đồ 3 đĩa nhôm.  
 1. Hộp số ;  
 2. Đĩa nhôm ;  
 3. Cuộn dây điện áp ;  
 4. Cuộn dây dòng điện ;  
 5. Nam châm vĩnh cửu.

Hình 1-24 cho sơ đồ nối dây trực tiếp công tơ 3 pha 4 dây vào lưới hạ áp. Kết quả số chỉ, đọc trực tiếp được điện năng tiêu thụ.



**Hình 1-24.** Sơ đồ nối dây công tơ 3 pha 4 dây

Hình 1-25 cho sơ đồ nối dây của công tơ 3 pha qua máy biến dòng BI. Cách chọn công tơ ở lưới 3 pha 4 dây theo điện áp của lưới điện. Máy biến dòng điện BI chọn theo dòng điện phụ tải.



Hình 1-25. Sơ đồ nối dây công tơ 3 pha qua máy biến dòng điện BI.

Kết quả điện năng tiêu thụ hàng tháng phải được nhân với tỉ số biến đổi của máy biến dòng.

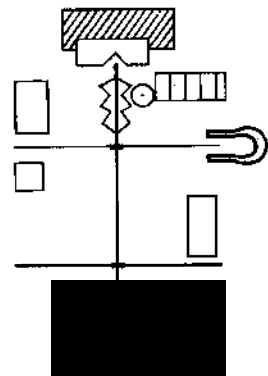
Ví dụ : Công tơ 3 pha 4 dây,  $U_{dm} = 3 \times 380 \text{ V}$ ,  $I_{dm} = 3 \times 5 \text{ A}$ . Máy biến dòng điện BI = 400/5A ; số chỉ công tơ tháng 2 là 2.050 ; số chỉ công tơ tháng 3 là 4.500. Vậy điện năng tiêu thụ của tháng 3 là :

$$(4.500 - 2.050) \frac{400}{5} = 196.000 \text{ kWh.}$$

### c) Công tơ 3 pha 3 dây

Công tơ 3 pha 3 dây hay còn gọi là công tơ 3 pha 2 phần tử. Cấu tạo công tơ 3 pha 3 dây là kết hợp 2 công tơ 1 pha đặt chung cùng 1 trục quay và cùng chung một hộp công tơ.

Hình 1-26 cho sơ đồ cấu tạo công tơ 3 pha 3 dây bao gồm hai công tơ một pha được đặt trên 2 đĩa



Hình 1-26. Sơ đồ công tơ 3 pha 3 dây.

nhôm cùng 1 trục quay. Khi đĩa nhôm quay, trục quay quay theo, thông qua vít vô tận và hộp số sẽ cho số chỉ điện năng tiêu thụ. Công tơ 3 pha 2 phần tử chủ yếu dùng cho lưới điện đối xứng mạng điện áp cao.

Hình 1-27 cho sơ đồ nối dây công tơ 3 pha 2 phần tử qua máy biến dòng BI và qua máy biến điện áp BU, để cách li điện áp cao với điện áp thấp, an toàn cho người và thiết bị. Cuộn dòng điện của công tơ nối với dòng điện pha A và pha C. Cuộn điện áp nối với điện áp dây  $U_{ab}$  và  $U_{cb}$  tương ứng.

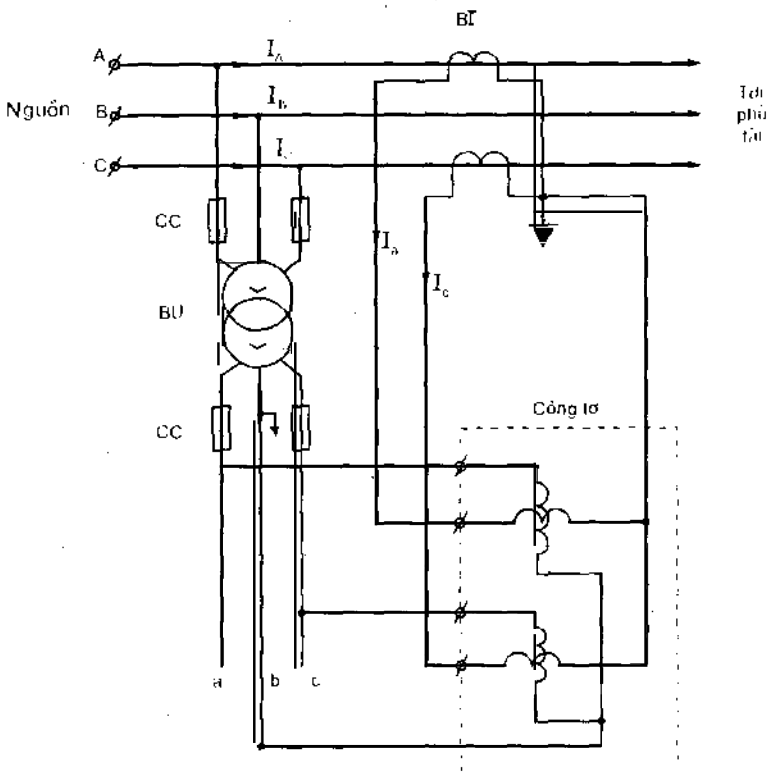
Từ đồ thị véc tơ hình 1-28 cho ta biết sự làm việc của công tơ như sau :

$$P_1 + P_2 = U_{ab}I_a \cos(30^\circ + \varphi) + U_{cb}I_c \cos(30^\circ - \varphi) = \sqrt{3}U_d I_d \cos \varphi \quad (1-48)$$

Trong đó :  $U_{ab} = U_{cb} = U_d$

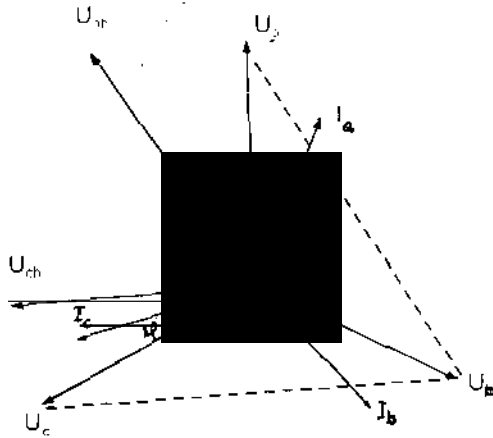
$$I_a = I_c = I_d$$

Như vậy công tơ 3 pha 2 phần tử nối dây như sơ đồ hình 1-27 sẽ làm việc theo công suất 3 pha. Với  $P_1$  công suất của phần tử thứ nhất.  $P_2$  công suất của phần tử thứ hai.



Hình 1-27. Sơ đồ nối dây công tơ 3 pha 2 phần tử.





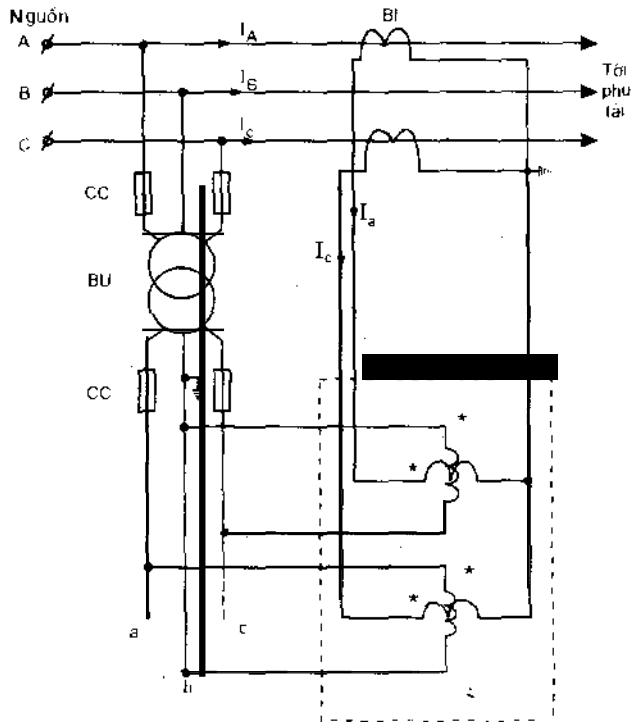
Hình 1-28. Đồ thị véc tơ dòng điện và điện áp của công tơ.

#### d) Công tơ phản kháng 3 pha

Có thể sử dụng công tơ hữu công để đo điện năng vô công. Trong thực tế người ta chế tạo công tơ phản kháng riêng. Hình 1-29 là sơ đồ nối dây công tơ phản kháng 3 pha 2 phần tử, nối vào mạng điện áp cao 3 pha đối xứng qua các máy biến dòng BI và máy biến điện áp BU.

Phần tử thứ nhất của công tơ nối vào dòng điện pha  $I_a$  và điện áp dây  $U_{bc}$ . Phần tử thứ hai nối vào dòng điện pha  $I_c$  và điện áp dây  $U_{ab}$ .

Từ hình 1-30 là đồ thị véc tơ quan hệ giữa dòng điện vào công tơ và điện áp đặt lên công tơ, có quan hệ sau :



Hình 1-29. Sơ đồ nối dây công tơ phản kháng 3 pha.

$$P_1 + P_2 = I_c U_{ab} \cos(90^\circ - \varphi) + I_a U_{bc} \cos(90^\circ - \varphi) = 2U_d I_d \sin\varphi \quad (1-49)$$

Trong đó :

$P_1$  : công suất phản từ thứ nhất ;

$P_2$  : công suất phản từ thứ hai ;

$U_d$  : điện áp dây

$$(U_d = U_{ab} = U_{bc}) ;$$

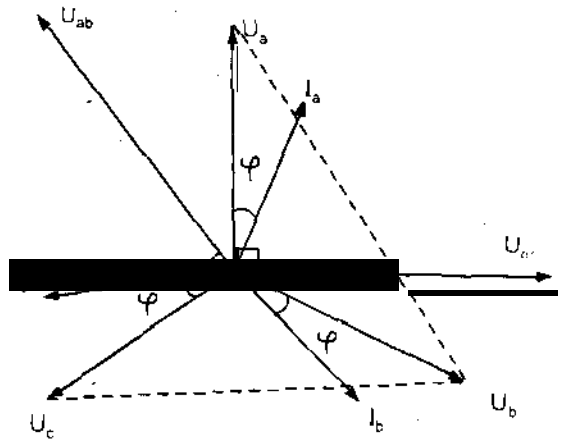
$I_d$  : dòng điện dây

$$(I_d = I_a = I_c).$$

Như vậy công tơ sẽ quay theo công suất phản kháng.

Để công tơ chỉ đúng công suất phản kháng 3 pha, bộ số phải chế tạo với hệ số nhân là

$$\frac{\sqrt{3}}{2}$$



Hình 1-30. Đồ thị véc tơ quan hệ giữa dòng điện và điện áp đặt lên công tơ phản kháng 3 pha.

### 1.5.5. Phạm vi ứng dụng cơ cấu cảm ứng. Thí nghiệm công tơ

a) *Phạm vi ứng dụng.* Cơ cấu cảm ứng chủ yếu dùng để chế tạo các công tơ đo đếm điện năng ở mạch điện xoay chiều.

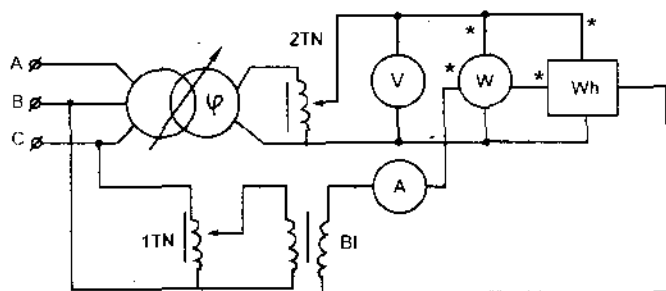
b) *Thí nghiệm công tơ*

Để công tơ chỉ chính xác, trước khi đem sử dụng phải kiểm tra, hiệu chỉnh, cấp chì.

Hình 1-31 là sơ đồ nối dây kiểm tra công tơ. Từ nguồn điện 2 pha, qua bộ điều chỉnh pha  $\varphi$ , lấy ra điện áp 1 pha có thể lệch pha với bất kì pha nào của nguồn điện từ  $0^\circ$  đến  $360^\circ$ . 1TN và BI phần từ tạo dòng điện, có thể điều chỉnh dòng điện theo ý muốn. Mạch dòng điện mắc nối tiếp ampe kế, watt kế và công tơ. Mạch điện áp được điều chỉnh điện áp bởi máy biến áp tự ngẫu 2TN. Điện áp có thể điều chỉnh phù hợp với điện áp của công tơ. Mạch điện áp mắc song song với vôn kế, watt kế và công tơ (cuộn điện áp).

Việc kiểm tra công tơ theo các bước sau đây :

- Điều chỉnh 2TN sao cho điện áp ra của 2TN bằng điện áp định mức của công tơ, điều chỉnh 1TN sao cho dòng điện vào công tơ bằng 0, ở thời điểm này watt kế chỉ 0 và công tơ phải đứng yên. Nếu công tơ quay, đó là hiện tượng tự quay công tơ.



**Hình 1-31.** Sơ đồ nối dây thí nghiệm công tơ.

Nguyên nhân của hiện tượng tự quay là do khi chế tạo, để thắng lực ma sát, người ta đã tạo ra mô men bù ma sát. Nếu mô men bù lớn hơn mô men ma sát, xuất hiện hiện tượng tự quay của công tơ.

Để loại trừ hiện tượng tự quay, điều chỉnh mấu từ trên trục quay của công tơ và điều chỉnh mô men bù cho đến khi công tơ đứng yên.

**- Điều chỉnh góc pha  $\varphi$**

Cho điện áp bằng điện áp định mức của công tơ, dòng điện bằng dòng điện định mức của công tơ, điều chỉnh góc  $\varphi = 90^\circ$ , có nghĩa là  $\cos\varphi = 0$ , ở thời điểm này watt kế chỉ 0, công tơ phải đứng yên. Nếu công tơ quay, điều đó có nghĩa là góc  $\varphi \neq 90^\circ$ , công tơ quay không tỉ lệ với công suất.

Nguyên nhân: khi nghiên cứu sự làm việc của cơ cấu cảm ứng đã giả thiết, lõi thép không có tổn hao và cuộn dây điện áp của cơ cấu cảm ứng thuần cảm. Thực tế lõi thép có tổn hao và cuộn dây có điện trở nên từ thông  $\Phi_u$  và  $\Phi_1$  không trùng pha với dòng điện  $I_u$  và  $I$  mà lệch pha theo đường gạch gạch ở hình 1-22b.

Để điều chỉnh cho góc  $\varphi$  của công tơ đúng bằng  $90^\circ$ , ta điều chỉnh bộ phận nhánh từ của cuộn điện áp (số 6 hình 1-22a) sao cho từ thông  $\Phi_u$  trùng pha với dòng điện  $I_u$ . Đồng thời điều chỉnh vòng ngắn mạch của cuộn dòng điện để từ thông  $\Phi_1$  trùng pha với dòng điện  $I$ . Ta phải điều chỉnh cho đến khi công tơ đứng yên và công tơ sẽ làm việc tỉ lệ với công suất.

**- Kiểm tra hằng số công tơ**

Cho điện áp bằng điện áp định mức của công tơ, dòng điện bằng dòng điện định mức của công tơ, điều chỉnh sao cho  $\cos\varphi = 1$ , watt kế chỉ trị số  $P = UI$ .

Ta đo thời gian quay của công tơ là  $t$  bằng đồng hồ bấm giây. Đếm số vòng  $N$  mà công tơ quay được trong khoảng thời gian  $t$ . Từ đó ta tính được hằng số công tơ :

$$C_p = \frac{N}{U_{dm} I_{dm} t} = \frac{N}{P_w t} \quad (1-50)$$

Trong đó :

$P_w = U_{dm} I_{dm}$  : đọc số chỉ của watt kế ;

$t$  : thời gian quay của  $N$  vòng đĩa công tơ.

Hằng số này thường không đổi đối với mỗi loại công tơ và được ghi trên mặt công tơ.

Ví dụ : Mặt công tơ ghi  $1\text{kWh} = 600$  vòng đĩa, điều đó có nghĩa là  $C_p = 600$  vòng/ $1\text{kWh}$ .

Nếu  $C_p$  không bằng giá trị đã ghi trên mặt công tơ, ta phải điều chỉnh vị trí của nam châm vĩnh cửu để tăng hoặc giảm mô men cản  $M_c$  cho đến khi  $C_p$  đạt được giá trị đúng như đã ghi trên mặt công tơ.

Sai số của công tơ khi thí nghiệm được tính như sau :

$$\gamma \% = \frac{C_N - C_p}{C_p} 100 \quad (1-51)$$

Trong đó :

$C_N$  : hằng số công tơ khi thí nghiệm tính toán ở  $N$  vòng đĩa công tơ ;

$C_p$  : hằng số công tơ ghi trên mặt công tơ.

Sau khi tính, nếu sai số nhỏ hơn hoặc bằng cấp chính xác của công tơ (cấp chính xác được ghi trên mặt công tơ), việc thí nghiệm kết thúc. Trường hợp lớn hơn phải sửa chữa hiệu chỉnh lại công tơ, rồi kiểm tra lại.

## CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Nêu cấu tạo và nguyên lí làm việc cơ cấu từ điện, điện từ, điện động, cảm ứng.
2. Phạm vi ứng dụng của cơ cấu từ điện, điện từ, điện động, cảm ứng.
3. Những nguyên nhân hư hỏng và cách khắc phục ở cơ cấu từ điện, điện từ, điện động.
4. Phương pháp kiểm tra công tơ.

## Chương 2

# MÁY ĐIỆN

### 2.1. MỞ ĐẦU

Điện năng ngày càng được dùng rộng rãi trong công nghiệp và trong đời sống. Các thiết bị điện ngày một cải tiến và hoàn thiện, trong đó các loại máy điện đóng một vai trò chủ yếu trong nền kinh tế quốc dân. Máy điện chia làm 2 loại chính :

- *Máy điện quay* gọi là các động cơ điện.

Động cơ điện là nguồn động lực chủ yếu ở các xí nghiệp. Động cơ điện chia thành nhiều loại :

+ Theo số pha : động cơ điện 1 pha, 2 pha, 3 pha ;

+ Theo tốc độ quay : động cơ đồng bộ, động cơ không đồng bộ ;

+ Theo loại điện áp : động cơ xoay chiều, động cơ 1 chiều ;

+ Theo dây quấn : động cơ rô to lồng sóc (động cơ lồng sóc), động cơ rô to quấn dây (động cơ dây quấn).

- *Máy điện tĩnh* gọi là máy biến áp. Nhiệm vụ của máy biến áp là truyền tải điện năng và biến đổi từ điện áp này sang điện áp khác phù hợp với mục đích sử dụng. Ví dụ trong truyền tải điện từ nhà máy điện đến các nơi tiêu thụ điện, để giảm bớt tổn hao trên đường dây tải điện, cần thiết phải nâng cao điện áp, máy biến áp loại này gọi là máy biến áp tăng áp. Khi đến hộ tiêu thụ, phải hạ thấp điện áp phù hợp với thiết bị của hộ tiêu thụ. Máy biến áp trong trường hợp này gọi là máy biến áp giảm áp. Máy biến áp chỉ làm việc được với nguồn điện xoay chiều.

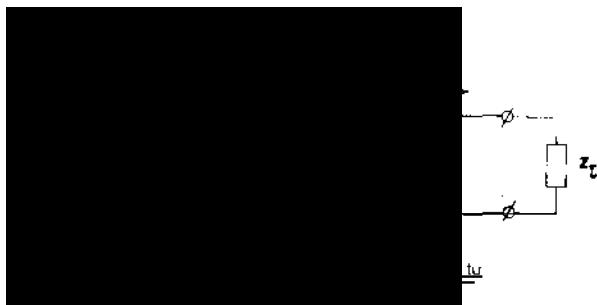
Do sự phát triển của sản xuất và tự động hoá cao, người ta chế tạo các loại máy điện đặc biệt như : khuếch đại điện tử, máy điện từ hành, sensin, máy biến áp xoay, máy điện đo tốc độ...

Vì vậy ở chương này yêu cầu học viên hiểu rõ và nắm vững cấu tạo, nguyên lí làm việc của máy điện, từ đó phát huy hiệu quả khi sử dụng máy, nâng cao tính năng và hiệu suất sử dụng máy, đảm bảo các yêu cầu kĩ thuật, hợp lí hóa sản xuất, nâng cao được tuổi thọ cho các máy điện. Mặt khác, phải nắm vững quy trình bảo dưỡng máy điện định kì, xử lí các tình huống máy điện làm việc không bình thường một cách thông minh. Khi máy điện hư hỏng, biết đưa ra các phương án và phương pháp sửa chữa thích hợp, khôi phục các tính năng làm việc của máy điện.

## 2.2. MÁY BIẾN ÁP

### 2.2.1. Nguyên lí làm việc và cấu tạo

Máy biến áp là thiết bị điện từ tĩnh, làm việc theo nguyên lí cảm ứng điện từ, dùng để truyền tải năng lượng điện từ và biến đổi điện áp này sang điện áp khác với tần số không đổi. Hình 2-1 vẽ một máy biến áp đơn giản. Máy biến áp gồm có 1 lõi từ làm bằng lá thép kỹ thuật điện. Trên đó quấn hai cuộn dây  $W_1$  và  $W_2$ . Nếu đưa điện áp xoay chiều  $U_1$  vào cuộn



Hình 2-1. Cấu trúc đơn giản của máy biến áp.

dây  $W_1$  thì cuộn dây  $W_1$  gọi là cuộn dây sơ cấp ; tương ứng có dòng điện  $I_1$  chạy qua cuộn dây  $W_1$  và dòng điện  $I_1$  tạo ra trong lõi thép một từ thông biến thiên  $\Phi$  chạy khép kín trong lõi thép, móc vòng cả 2 dây quấn  $W_1$  và  $W_2$ . Cuộn dây  $W_1$  cảm ứng trong chúng sức điện động  $E_1$ . Cuộn dây  $W_2$  sẽ cảm ứng trong chúng sức điện động  $E_2$  có điện áp ra là  $U_2$ , cuộn dây  $W_2$  gọi là cuộn dây thứ cấp. Điện áp ra  $U_2$  gọi là điện áp thứ cấp. Nếu nối điện áp  $U_2$  với tổng trở phụ tải là  $Z_t$  thì sẽ có dòng điện  $I_2$  chạy qua cuộn dây  $W_2$  và tổng trở tải  $Z_t$ . Nếu bỏ qua điện áp rơi trên các dây quấn  $W_1$  và  $W_2$ , có thể coi gần đúng  $U_1 \approx E_1$ ,  $U_2 \approx E_2$ . Nếu dòng điện  $I_1$  chạy qua dây quấn  $W_1$  biến đổi theo quy luật hình sin với tần số  $f_1$  thì dòng điện  $I_2$  chạy qua dây quấn  $W_2$  cũng biến đổi theo quy luật hình sin cùng tần số  $f_1$ .

Tỉ số biến đổi điện áp giữa các dây quấn bằng :

$$k = \frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{U_1}{U_2} \quad (2-1)$$

Máy biến áp có các đại lượng đặc trưng sau :

- Công suất (dung lượng) định mức :  $S_{dm}$  là công suất biểu kiến của máy biến áp được tính ở đầu ra thứ cấp của máy biến áp. Đơn vị của công suất VA, kVA, MVA (vôn - ampe, kilovôn - ampe, megavôn - ampe).

- Điện áp định mức của máy biến áp  $U_{sdm}$ ,  $U_{tdm}$  là điện áp dây trên các dây quấn sơ cấp và thứ cấp khi không tải. Đơn vị tính V, kV.

- Điện áp ngắn mạch tính bằng phần trăm :

$$U_N \% = \frac{U_N}{U_{dm}} 100 \quad (2-2)$$

Tổ nối dây của máy biến áp là cách nối cuộn dây sơ cấp, cuộn dây thứ cấp nối hình sao hay tam giác.

Hiện nay trong hệ thống điện có rất nhiều loại máy biến áp đang làm việc, ngoài các loại thông thường còn có các loại sau :

+ Máy biến áp đặc biệt dùng chỉnh lưu ra điện 1 chiều cho các thiết bị điện phân, lò điện, mạ điện...

+ Các máy biến áp dùng trong đo lường và điều khiển...

### 2.2.2. Phạm vi ứng dụng máy biến áp

Máy biến áp được sử dụng rất rộng rãi trong công nghiệp và trong đời sống. Ở mỗi lĩnh vực, mục đích sử dụng khác nhau dẫn đến kết cấu máy biến áp cũng khác nhau.

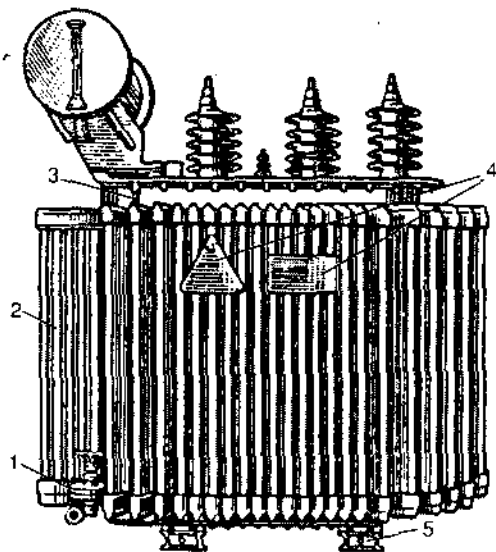
#### a) Trong công nghiệp

Các máy biến áp có công suất lớn và điện áp cao dùng cho lưới điện truyền tải. Các máy biến áp có công suất trung bình và nhỏ, điện áp trung và hạ áp từ 6 ÷ 35 kV/0,4kV dùng cho lưới điện địa phương. Các nhà máy và xí nghiệp, bệnh viện, khách sạn...

#### b) Trong đời sống

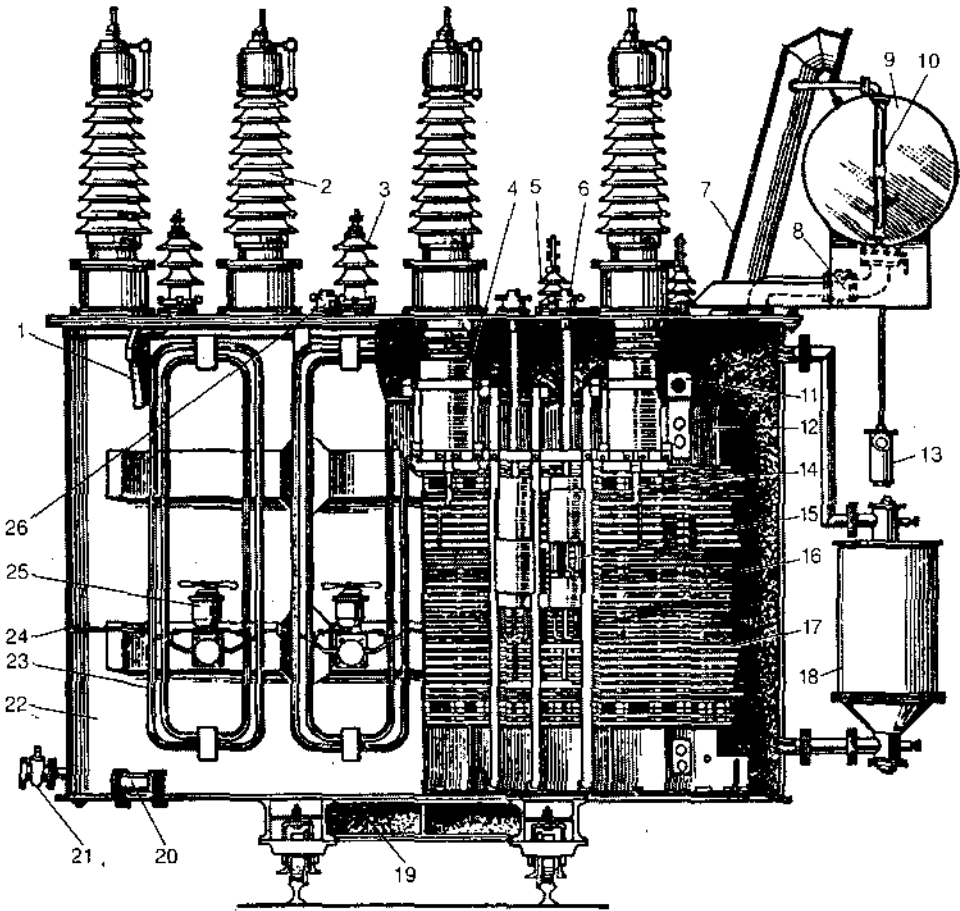
Các máy biến áp có công suất nhỏ như nhà hàng, xưởng sản xuất nhỏ, trường học, trạm xá...

c) Dưới đây là một số loại máy biến áp đang làm việc trên lưới điện (hình 2-2 ; hình 2-3).



Hình 2-2. Vỏ máy biến áp 630 kVA ; 10kV ;

1. Van tháo dầu ; 2. Bộ tản nhiệt ; 3. Vách thùng ;
4. Chỗ gắn nhãn máy ; 5. Xà đỡ có bánh xe.



**Hình 2-3.** Cấu tạo máy biến áp ngâm dầu ba pha 16000 kVA/110 kV :

1. Móc vận chuyển ; 2. Sứ cao áp 110 kV ; 3. Sứ trung áp 38,5 kV ; 4. Trụ bakelit đầu vào cao áp ;
5. Sứ hạ áp (10 kV) ; 7. Ống phòng nổ ; 8. Rơ le khí ; 9. Bình gián dầu ; 10. Thước chỉ dầu ; 11. Móc để nâng ruột máy ; 12. Xà ép gông ; 13. Bộ lọc khí ; 14. Đầu dây ra cao áp ; 15. Thiết bị chuyển mạch cao áp ; 16. Dây quấn cao áp ; 17. Các cuộn dây màn chắn của dây quấn cao áp ; 18. Bộ phin lọc đối lưu ; 19. Xà tăng cường độ cứng của đáy để vận chuyển bằng xe gông ; 20. Chỗ để kích khi cần thiết ; 21. Van tháo dầu ; 22. Vỏ thùng ; 23. Bộ tản nhiệt ; 24. Cấp cấp điện cho động cơ điện ; 25. Động cơ quạt gió làm mát bộ tản nhiệt ; 26. Bộ truyền động chuyển mạch điều chỉnh điện áp.



### **2.2.3. Những dạng hư hỏng thường xảy ra trong máy biến áp**

*a) Nhiệt độ máy biến áp tăng cao quá giới hạn cho phép do những nguyên nhân sau :*

- Dòng điện phụ tải máy biến áp lớn hơn dòng điện định mức của máy biến áp, máy biến áp bị quá tải do ngắn mạch ngoài ; -
- Do nhiệt độ môi trường quá cao làm cho máy biến áp nóng lên ;
- Quá nhiệt do mức dầu hạ thấp hoặc do đối lưu dầu trong máy biến áp kém ;
- Do ngắn mạch một số vòng dây của cùng một bối dây, dòng tại chỗ ngắn mạch lớn nhưng dòng vào máy biến áp nhỏ không đủ cho rơ le bảo vệ tác động hoặc do các lá thép lõi từ hỏng cách điện, làm tổn hao trong lõi thép tăng lên.

*b) Tiếng kêu không bình thường của máy biến áp là do những nguyên nhân sau :*

- Xà ép gông từ bị hỏng ;
- Các mối ghép giữa trụ và gông từ hở quá mức cho phép ;
- Các lá thép ở mép ngoài gông từ bị rung ;
- MBA bị quá tải hay mất đối xứng nghiêm trọng ;
- Ngắn mạch giữa các pha hay giữa các vòng dây ;
- Điện áp đặt vào MBA tăng cao quá mức cho phép ;
- Một số ít trường hợp do vỏ máy, nắp máy thùng dầu phụ lắp ráp không chặt...

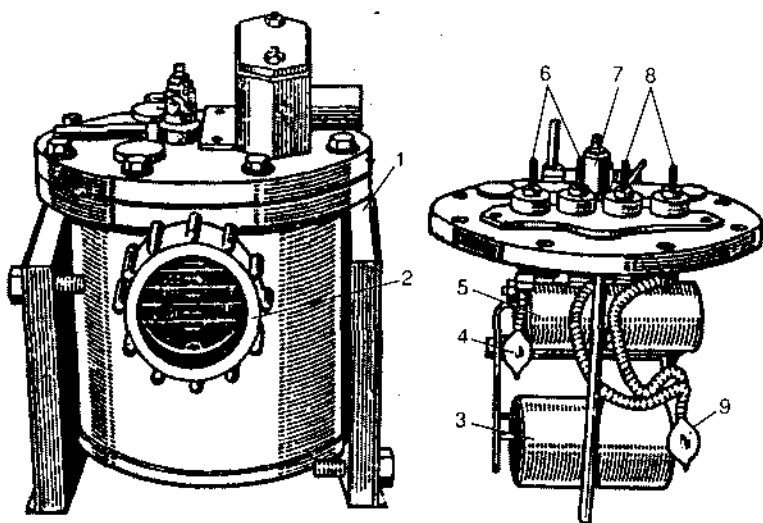
*c) Những hư hỏng khác của máy biến áp*

- Vỏ máy biến áp bị chảy dầu, do rò rỉ ở các mối hàn ; giữa vỏ máy và nắp máy do bu lông xiết không chặt, hoặc do lâu ngày gioăng cao su bị hỏng.
- Các sứ ở đầu vào, đầu ra bị vỡ nứt hoặc chảy dầu ; do xiết bu lông đầu sứ không chặt, hoặc do gioăng cao su hỏng.
- Điện áp thứ cấp khác nhau, do tiếp xúc xấu ở đầu vào, đầu ra hoặc đứt dây quấn sơ cấp của máy biến áp.

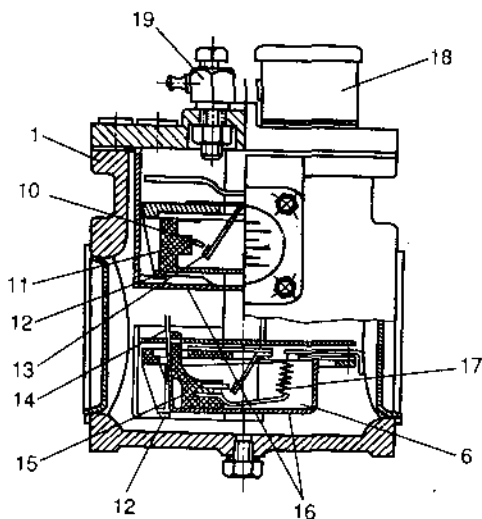
### **2.2.4. Phân tích các hư hỏng của máy biến áp**

Công việc phân tích các hư hỏng của máy biến áp một cách chính xác là việc làm vô cùng quan trọng. Dựa vào các nguyên nhân hư hỏng, từ đó phân tích đúng tình trạng của máy biến áp, sau đó đề ra các phương án sửa chữa hợp lí, tiết kiệm và kinh tế. Nếu phân tích sai dẫn đến thiệt hại về kinh tế, có thể làm cho máy biến áp hư hỏng trầm trọng hơn.

*a) Phân tích hư hỏng thông qua các biểu hiện của rơ le khí*



a)



b)

**Hình 2-4.** Sơ đồ rơ le khí lắp cho máy biến áp :

a) Rơ le kiểu phao ; b) Rơ le kiểu cốc

Rơ le khí (rơ le hơi) là thiết bị bảo vệ rất nhạy với các hư hỏng bên trong máy biến áp. Rơ le khí có 2 biểu hiện sau :

- Rơ le khí cho tín hiệu báo sự cố, nguyên nhân do máy biến áp bị cạn dầu, do chấn động mạnh gấn máy biến áp, hoặc do hư hỏng nhẹ bên trong máy biến áp.

- Rơ le khí cho tín hiệu đi cắt máy cắt. Chúng tỏ có hư hỏng nặng bên trong máy biến áp. như các vòng dây trong máy biến áp bị ngắn mạch, lõi từ máy biến áp hư hỏng cách điện do có sự phóng điện bên trong máy biến áp. Thủng thùng dầu, cạn dầu quá mức cho phép. Do động đất hay chấn động mạnh. Sau khi rơ le khí tác động cắt máy cắt điện. Người sửa chữa lên trên mặt máy biến áp bật que diêm đặt trên van xả khí của rơ le hơi, mở van xả khí ; nếu khí thoát ra bốc cháy, chứng tỏ xảy ra cháy trong máy biến áp. Trường hợp này phải rút ruột máy biến áp, tìm nguyên nhân hư hỏng bên trong, từ đó đề ra phương án sửa chữa hợp lí (hình 2-4).

### ***b) Phân tích sự hư hỏng bằng phương pháp thử nghiệm và đo lường***

- *Đo điện trở cách điện giữa các cuộn dây và giữa các cuộn dây với vỏ máy biến áp bằng megôm kế.*

Khi đo điện trở cách điện có thể xảy ra các trường hợp sau :

+ Điện trở cách điện bằng không, chứng tỏ cuộn dây MBA chạm nhau hoặc chạm vỏ ;

+ Điện trở cách điện giảm thấp dưới mức cho phép, nguyên nhân do cách điện già cỗi, do dầu máy biến áp chứa nhiều nước và các chất bẩn khác. Biện pháp khắc phục đầu tiên là lọc dầu, nếu điện trở cách điện không tăng lên được, tháo máy biến áp, rút ruột sửa chữa cách điện.

+ Đo tỉ số hấp thụ  $R_{60}/R_{15}$  (quay megôm kế 15 giây đọc kết quả và giữ nguyên tốc độ quay tiếp đến 60 giây và đọc kết quả), yêu cầu về tỉ số hấp thụ :

$$\frac{R_{60}}{R_{15}} \geq 1,3 \div 1,4 \quad (2-3)$$

Số 1,3 cho máy biến áp sau sửa chữa

Số 1,4 cho máy biến áp mới đưa vào vận hành

Tỉ số  $R_{60}/R_{15}$  lớn chứng tỏ máy biến áp cách điện tốt. Người ta xem MBA như một tụ điện, việc quay megôm kế được xem như nạp điện vào tụ điện ; ban đầu dòng nạp lớn, điện trở cách điện nhỏ, sau MBA được nạp đầy, điện trở cách điện tăng lên. Điều kiện này chỉ có được khi xem dầu và cách điện MBA là những điện môi không bị ẩm và không lẫn tạp chất. Khi đo điện trở cách điện MBA dùng megôm kế 2500V.

- *Đo điện trở cuộn dây MBA bằng cầu đo điện trở*

+ Nếu điện trở các cuộn dây sai khác quá  $2 \div 3\%$ , do tiếp xúc xấu giữa chỗ nối đầu ra dây quấn ; ngắn mạch một số vòng dây của dây quấn, tiếp xúc xấu ở thiết bị chuyển mạch điện áp (bộ phận điều chỉnh điện áp).

+ Điện trở dây quấn bằng 0 hoặc bằng  $\infty$ , do ngắn mạch hoàn toàn hoặc đứt mạch dây quấn. Khi đứt mạch dây quấn, dùng megôm kế cũng có thể phát hiện được.

- *Thí nghiệm không tải máy biến áp*

Các dụng cụ đo cần thiết là : ampe kế, vôn kế và watt kế.

Nếu thấy tổn hao và dòng điện tăng đáng kể do các nguyên nhân sau :

+ Do tổn hao trong lõi từ tăng, hư hỏng cách điện lõi thép, bu lông ép gông từ, các đai thép hỏng cách điện.

+ Nếu dòng điện 3 pha lớn và không cân bằng trong 3 pha, có thể do chập một số vòng dây của một cuộn dây nào đó.

- *Thí nghiệm ngắn mạch MBA*

Nếu điện áp ngắn mạch tăng lên đáng kể, cần quan tâm đến điểm tiếp xúc ở các đầu ra, bộ phận điều chỉnh điện áp xấu. Nếu công suất tổn hao tăng, có thể do đứt một số sợi chập của một dây quấn song song...

## **2.2.5. Sửa chữa MBA**

### ***a) Mục đích yêu cầu về công tác sửa chữa MBA***

Mục đích của công việc sửa chữa máy điện là phục hồi đầy đủ các chức năng làm việc của máy điện và đảm bảo thời gian phục vụ của nó theo như thiết kế. Các chức năng ở đây được hiểu bao gồm các thông số kỹ thuật được ghi trong lí lịch của máy.

Tất cả các chi tiết tuy không hỏng nhưng phải được kiểm tra, đo lường và hiệu chỉnh lại, không để tình trạng một chi tiết làm việc kém, dẫn đến hư hỏng các chi tiết khác.

Sau khi sửa chữa xong, máy điện phải được sơn lại, làm bổ sung hoặc làm lại lí lịch máy, để tiện cho công tác vận hành và sửa chữa lần sau.

Nếu đạt được yêu cầu trên, xem như công việc sửa chữa được hoàn thành.

Việc sửa chữa chỉ đạt hiệu quả cao về kinh tế, khi chất lượng sửa chữa đạt được các yêu cầu nêu trên và giá thành sửa chữa hạ xuống một cách hợp lí.

### ***b) Một số đặc điểm của công việc sửa chữa máy điện***

- Các dụng cụ, các máy công nghệ phải có tính vạn năng, để có thể sửa chữa được các loại máy điện.

- Các dụng cụ, các máy công nghệ phải có tính chuyên dụng đặc biệt, phù hợp với công việc sửa chữa cho các chi tiết máy điện đặc biệt.

- Sửa chữa là một loại hình sản xuất đơn lẻ, đơn chiếc, khó có thể tổ chức sản xuất hàng loạt và chuyên môn hoá cao. Chất lượng sản phẩm phụ thuộc vào trình độ chuyên môn của cán bộ kỹ thuật và công nhân sửa chữa.

- Thời gian sửa chữa yêu cầu khẩn trương do yêu cầu sản xuất.

### **c) Công tác chuẩn bị và tổ chức sửa chữa máy điện**

- Chuẩn bị mặt bằng sửa chữa. Mặt bằng sửa chữa cần rộng rãi, phù hợp với thiết bị sửa chữa, hệ thống chiếu sáng linh hoạt.

- Chuẩn bị nhân lực, cán bộ kỹ thuật và công nhân phân xưởng phải có trình độ hiểu biết và tay nghề cao, luôn học hỏi và trau dồi nghề nghiệp vì các thiết bị ngày càng phong phú, phức tạp, hiện đại và đa chức năng.

- Chuẩn bị các máy móc và dụng cụ phục vụ cho công việc sửa chữa, gồm có các nhóm máy và dụng cụ cơ khí, các nhóm máy phục vụ cho công nghệ chế tạo thiết bị thay thế, các nhóm máy và thiết bị thử nghiệm.

### **d) Sửa chữa mạch từ MBA**

- Yêu cầu về sửa chữa mạch từ

+ Không làm thay đổi các thông số kỹ thuật của lõi từ như suất tổn hao và độ từ thẩm của lõi từ. Nguyên nhân khi sửa chữa lõi từ làm thay đổi thông số trên, là do có sự thay đổi tính chất cơ lý của lá thép, do tác động cơ học trong quá trình tháo lắp, tẩy rửa và sơn lại lá thép, do chất lượng sơn cách điện, do lắp ghép không đảm bảo khe hở giữa trụ và gông.

+ Không làm tăng kích thước mạch từ, dẫn đến khó lắp ráp dây quấn, làm thay đổi khoảng cách cách điện, dẫn đến giảm độ tin cậy làm việc của MBA sau khi sửa chữa.

- Sửa chữa mạch từ MBA

Việc sửa chữa mạch từ, đầu tiên là tháo từng lá thép của một nửa gông từ, sơn và sấy lại lá thép, nếu cách điện bị hư hỏng, thay thế những lá thép bị hỏng. Sau đó lắp lá thép đã sơn lại. Trình tự tháo lắp sửa chữa nửa gông từ còn lại như giai đoạn đầu. Trong quá trình tháo lắp sửa chữa, vận chuyển không được quăng quật, đập gõ các lá tôn, dẫn đến làm giảm hệ số từ thẩm, làm tăng tổn hao không tải sau khi sửa chữa.

### **e) Sửa chữa dây quấn MBA**

- Yêu cầu về sửa chữa cuộn dây MBA

+ Không làm thay đổi tổ nối dây MBA, nếu như không có yêu cầu về thay đổi tổ nối dây.

+ Không làm tăng điện trở dây quấn sửa chữa, vì nếu tăng điện trở dây quấn, dẫn đến làm thay đổi thông số MBA và điện áp ra giữa các pha có thể không được cân pha, có hại cho việc vận hành MBA và các thiết bị dùng điện khác.

- Sửa chữa cuộn dây MBA

+ Việc sửa chữa cuộn dây MBA chỉ giới hạn khôi phục lại những cuộn dây bị hư hỏng; sau khi sửa chữa những cuộn dây bị hư hỏng, đảm bảo những tham số ban đầu của nhà chế tạo. Ở đây không đề cập đến việc sửa chữa cải tiến MBA sẽ dẫn đến phải tính toán lại cuộn dây và coi như thiết kế mới MBA.

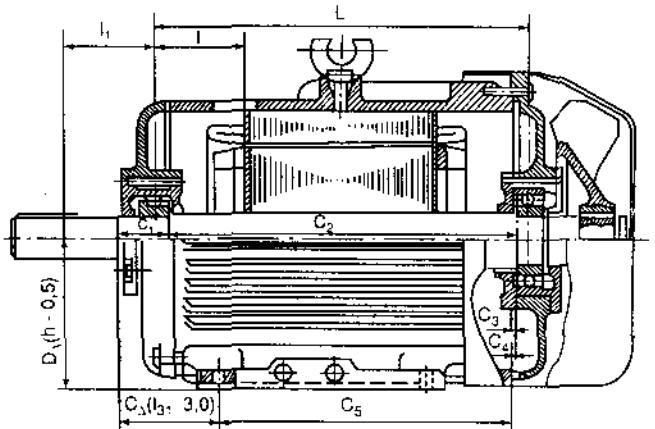
+ Nếu kích thước dây dẫn dùng làm dây quấn khi sửa chữa có thay đổi, phải căn cứ vào kích thước của số mạch từ, khoảng cách cách điện cho phép để tính lại kích thước dây, số vòng dây trong một lớp, tính số lớp, chiều dày mỗi lớp và số lớp cách điện... Ngoài ra còn phải tính các tham số khác như tổn hao, hiệu suất, điện áp ngắn mạch, dòng điện không tải.

+ Trong việc sửa chữa phục hồi lại MBA bị hư hỏng, phần lớn sử dụng lại dây quấn cũ, hoặc dùng dây quấn mới nhưng kích thước bằng dây cũ thì không phải tính toán gì thêm. Trong trường hợp này, khi sửa chữa không được làm sai lệch khoảng cách cách điện của MBA là được.

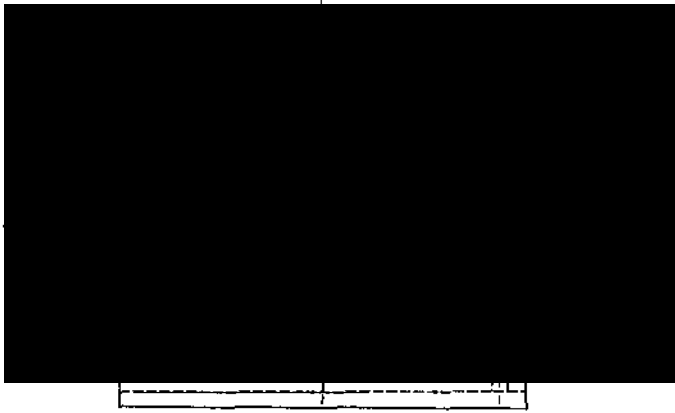
## 2.3. ĐỘNG CƠ ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

### 2.3.1. Cấu tạo

Động cơ điện không đồng bộ về kết cấu chia làm hai loại : động cơ điện không đồng bộ rôto lồng sóc (hình 2-5) và động cơ điện rôto dây quấn (hình 2-6), stato của 2 loại dây quấn này như nhau. Stato bao gồm các lá thép kỹ thuật điện ghép lại, giữa các lá thép được cách điện để hạn chế dòng điện Foucault. Chức năng của lõi thép là dẫn từ và là nơi để lấy chỗ dựa cho dây quấn, vì vậy yêu cầu của lõi thép là phải dẫn từ tốt, tổn hao sắt từ nhỏ và có kết cấu chắc chắn. Trên bề mặt trong của lõi thép có các rãnh để chứa dây quấn.



Hình 2-5. Động cơ điện không đồng bộ rôto lồng sóc.



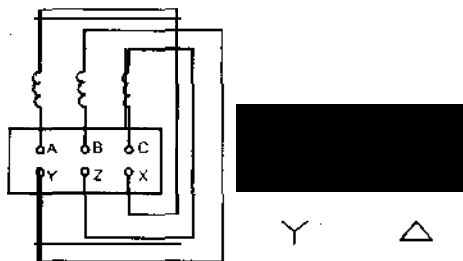
**Hình 2-6.** Động cơ điện không đồng bộ rôto dây quấn.

1. Lõi sắt stato ; 2. Lõi sắt rôto ; 3, 4. Vành ép rôto ; 5. Trục ; 6. Phần đai đầu nối rôto ; 7, 9. Quạt gió ; 8. Phần đầu nối rôto ; 10. Vỏ ; 11, 12. Chụp hướng gió ; 13. Dây ra rôto ; 14. Nắp ; 15, 19. Nắp mỡ ; 16. Ổ bi ; 17. Thân che phần vành ; 18. Cửa sổ ; 20. Vành trượt ; 21. Nắp che phần vành ; 22. Đầu nối vành trượt với dây quấn rôto.

Vỏ máy là nơi bảo vệ lõi thép, cố định lõi thép và là nơi ghép nối nắp máy, gối đỡ trục. Vỏ máy có thể làm bằng gang, nhôm hay thép. Để chế tạo vỏ máy người ta có thể đúc hay rèn...Vỏ máy có 2 loại. Vỏ máy kiểu kín và vỏ máy kiểu bảo vệ. Vỏ máy kiểu kín yêu cầu phải có điện tích tản nhiệt lớn, nên trên vỏ máy người ta làm thêm nhiều gân tản nhiệt. Vỏ máy kiểu bảo vệ có bề mặt ngoài nhẵn, gió làm mát thổi trực tiếp trên bề mặt ngoài lõi thép và trong vỏ máy.

Dây quấn được cách điện với lõi thép bằng vật liệu cách điện. Dây quấn của động cơ được nghiên cứu ở mục sau. Đầu ra của dây quấn được nối ra các hộp cực ở vỏ máy theo quy luật như hình 2-7.

Đối với các động cơ không đồng bộ công suất không lớn (đến hàng kW) nắp máy đồng thời là gối đỡ trục, nắp máy được chế tạo bằng gang hay thép.



**Hình 2-7.** Các đầu ra của dây quấn và cách chuyển cấu nối dây để có được nối hình sao Y hay tam giác Δ.

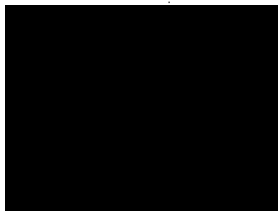
Nắp máy được lắp ghép với thân máy qua gờ lắp thân, mối lắp ghép này cùng với ổ bi xác định vị trí của rôto so với stato. Đây là mối lắp ghép quan trọng quyết định sự làm việc ổn định và lâu dài của động cơ.

Rôto của động cơ không đồng bộ bao gồm lõi thép, dây quấn và trục. Đối với động cơ dây quấn còn có các vành trượt gắn trên trục.

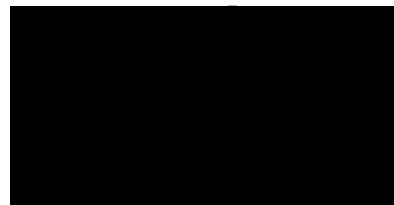
Lõi thép của rôto do các lá thép kĩ thuật điện ghép lại. Điểm khác với stato là giữa các lá thép không có cách điện, vì tần số làm việc ở rôto rất thấp, chỉ vài Hz, nên tổn hao do dòng Foucault trong lõi rôto rất thấp. Ở mặt ngoài rôto có xẻ các rãnh để chứa dây quấn.

Dây quấn rôto có hai loại : Dây quấn ngắn mạch hay còn gọi là dây quấn lồng sóc và dây quấn pha tương tự như dây quấn stato.

Dây quấn lồng sóc thường được đúc bằng nhôm, các đầu thanh nhôm ở 2 phía được đúc ngắn mạch, tạo thành vành ngắn mạch và có các cánh để quạt thông gió khi rôto quay. Ngoài ra rôto lồng sóc được chế tạo từ đồng hợp kim, có điện trở suất cao, nhằm mục đích nâng cao mô men mở máy. Rôto thanh đồng có độ tin cậy cao, tránh được hiện tượng rỗ do đúc. Rôto thanh đồng ít dùng, vì khó chế tạo và giá thành cao.



a)



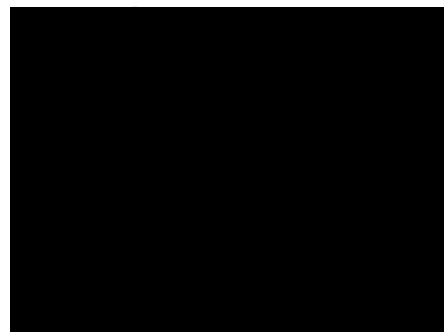
b)

**Hình 2-8.** Cấu tạo rôto ngắn mạch :

a) Dây quấn lồng sóc ; b) Rôto lồng sóc, gồm dây quấn và lõi thép.

Rãnh của rôto lồng sóc có nhiều hình dạng như hình tròn, hình quả lê, hình ôvan. Các máy lớn còn có rôto lồng sóc kép, hai lồng sóc (hình 2-9).

Rôto dây quấn là trên rôto quấn các cuộn dây tương tự như stato, như : số cực 2P, số pha. Dây quấn rôto thường nối thành hình sao, 3 đầu dây ra của 3 pha được đưa ra 3 vành trượt đặt trên trục. Các vành



**Hình 2-9.** Các dạng rãnh rôto ngắn mạch

a) Tròn ; b) Ôvan



trượt dọc cách điện với nhau và cách điện với trục. Thông qua các vành trượt, người ta đưa điện vào rôto qua điện trở phụ, để hạn chế dòng điện mở máy và điều chỉnh tốc độ quay của động cơ.

Việc sửa chữa dây quấn rôto hoàn toàn tương tự như dây quấn stato.

Trục máy được chế tạo từ thép các bon. Việc chế tạo trục khá đơn giản, trên trục có gắn lõi thép rôto, dây quấn, vành trượt và quạt gió, vì vậy trục là một chi tiết quan trọng của động cơ.

### 2.3.2. Nguyên lí làm việc của động điện không đồng bộ

Khi đưa điện vào dây quấn 3 pha, trong dây quấn có các dòng điện. Hệ thống dòng điện này tạo ra từ trường quay với tốc độ :

$$n_1 = \frac{60f_1}{P} \quad (2-4)$$

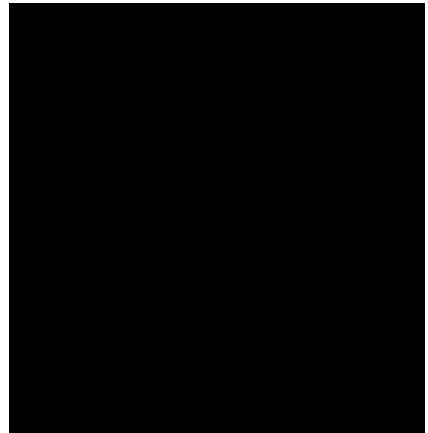
Trong đó :  $f_1$  : tần số nguồn điện vào

$P$  : Số đôi cực

Nếu tần số  $f_1 = 50$  Hz ta có :

$$n_1 = \frac{3000}{P}$$

Từ trường quay của stato, cảm ứng trong dây quấn rôto sức điện động  $E$  (chiều sức điện động xác định theo quy tắc bàn tay phải), vì dây quấn rôto nối ngắn mạch, nên trên thanh dẫn rôto hình thành dòng điện lớn. Sự tác dụng tương hỗ giữa dòng điện của rôto với từ trường của stato, tạo ra các lực điện từ tác dụng lên thanh dẫn theo phương tiếp tuyến với bề mặt rôto, tạo ra mô men, làm cho rôto quay. Chiều quay của rôto theo chiều quay của từ trường, được minh họa trên hình 2-10. Ta thấy lực tác dụng có xu hướng quay rôto theo chiều quay của từ trường. Như vậy chiều quay của rôto phụ thuộc vào thứ tự pha của điện áp lưới điện, đặt lên dây quấn stato.



Hình 2-10. Nguyên lí làm việc của động cơ không đồng bộ.

Tốc độ của rôto  $n_2$  được gọi là tốc độ làm việc và luôn nhỏ hơn tốc độ quay của từ trường. Vì nếu tốc độ quay của rôto bằng tốc độ của từ trường, có thể xem cuộn dây của rôto và từ trường đứng yên, nên không xảy ra hiện tượng cảm ứng điện từ

trên cuộn dây rôto. Vì vậy, chỉ trong trường hợp tốc độ quay của rôto nhỏ hơn tốc độ quay của từ trường mới xảy ra sự cảm ứng sức điện động trong dây quấn rôto. Hiệu số tốc độ quay của từ trường stato và rôto được đặc trưng bằng một đại lượng gọi là hệ số trượt  $s$  :

$$\text{[Redacted]} \quad (2-5)$$

Trong đó :  $s$  : hệ số trượt

$n_1$  : tốc độ quay của từ trường stato

$n_2$  : tốc độ quay của rôto.

Hệ số trượt của động cơ không đồng bộ có trị số nằm trong khoảng từ  $0 \div 1$ , khi  $s = 0$  tốc độ rôto bằng tốc độ từ trường, ở chế độ này gọi là chế độ không tải lý tưởng. Khi hệ số trượt  $s = 1$ , rôto đứng yên ( $n_2 = 0$ ) mô men trên trục bằng mô men mở máy. Khi động cơ quay ở tải định mức, có hệ số trượt định mức, tương ứng có tốc độ quay của rôto định mức. Hệ số trượt định mức nằm trong khoảng  $0,01 \div 0,06$ .

Từ công thức 2-5 có thể tính được tốc độ quay của động cơ không đồng bộ bằng :

$$\text{[Redacted]} \quad (2-6)$$

Ví dụ : Trên nhãn động cơ ghi  $f = 50\text{Hz}$ ,  $n_{dm} = 1440$  vòng/phút, ta hiểu ngay tốc độ đồng bộ  $n_1 = 1500$  vòng/phút, số đôi cực  $P = \frac{3000}{1500} = 2$ , hệ số trượt

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100 = \frac{1500 - 1440}{1500} \cdot 100 = 4\%$$

### 2.3.3. Một số đặc điểm của động cơ không đồng bộ

a) *Đặc điểm quan trọng của động cơ không đồng bộ là dây quấn rôto không được nối trực tiếp với lưới điện*, vì vậy sức điện động và dòng điện có được trong rôto là do cảm ứng, chính vì vậy người ta gọi động cơ loại này là động cơ cảm ứng. Tần số của dòng điện trong rôto rất nhỏ, nó phụ thuộc vào hệ số trượt  $s$  của rôto với từ trường stato, tức là phụ thuộc vào hiệu số  $n_1 - n_2$  :

$$f_2 = \frac{P(n_1 - n_2)}{60} \quad (2-7)$$

Trong đó :  $f_2$  : tần số của rôto

$P$  : số đôi cực của động cơ

$n_1$  : tốc độ quay của từ trường

$n_2$  : tốc độ quay của rôto.

Từ 2-4 có thể tính  $f_2$  theo hệ số trượt ta có :

$$f_2 = \frac{P(n_1 - n_2)}{60} = \frac{P(n_1 - n_2)}{60} \cdot \frac{n_1}{n_1} = \frac{(n_1 - n_2)}{n_1} \cdot \frac{Pn_1}{60} = sf_1 \quad (2-8)$$

Từ 2-8 ta thấy tần số của dòng điện rôto tỉ lệ với hệ số trượt  $s$  và rất nhỏ.

Ví dụ : Với hệ số trượt  $s = 0,04$ , tần số của dòng điện rôto bằng :

$$f_2 = sf_1 = 0,04 \cdot 50 = 2\text{Hz}$$

Dòng điện rôto tạo ra sức từ động rôto quay với tốc độ  $n_s$  so với rôto :

$$n_s = \frac{60f_2}{P} = \frac{60sf_1}{P} = n_1 s \quad (2-9)$$

Tốc độ quay của sức từ động rôto bằng :

$$n_1 s + n_2 = n_1 s + n_1(1-s) = n_1 \quad (2-10)$$

Nghĩa là sức từ động rôto quay trong không gian với tốc độ đồng bộ và không phụ thuộc vào tốc độ quay của rôto. Nói cách khác, trong động cơ không đồng bộ, các sức từ động do rôto và stato tạo ra, quay đồng bộ với nhau với tốc độ  $n_1$  và tạo thành một từ trường thống nhất.

**b) Động cơ không đồng bộ có thể làm việc ở chế độ máy phát điện.** Nếu ta dùng một động cơ khác kéo động cơ không đồng bộ quay với tốc độ lớn hơn tốc độ đồng bộ và các đầu ra của động cơ được nối với lưới điện. Động cơ không đồng bộ cũng có thể trở thành máy phát điện độc lập nếu ở đầu ra của động cơ được kích từ bằng các tụ điện. Máy phát điện không đồng bộ làm việc không ổn định nên ít được sử dụng.

**c) Động cơ không đồng bộ có thể làm việc ở chế độ 1 pha.** Về mặt kết cấu, động cơ điện không đồng bộ 1 pha không khác mấy so với động cơ không đồng bộ 3 pha. Điều khác biệt là động cơ không đồng bộ 1 pha không tự mở máy được, do đó trên dây quấn stato có quấn thêm dây quấn khởi động và dây quấn này nối với các phần tử như tụ điện hoặc điện trở để tạo mômen khởi động cho động cơ.

## 2.4. MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### 2.4.1. Cấu tạo

Máy điện đồng bộ thường được dùng nhiều để làm máy phát điện, nên cấu tạo của nó có 2 phần chính : phần ứng và phần cảm.

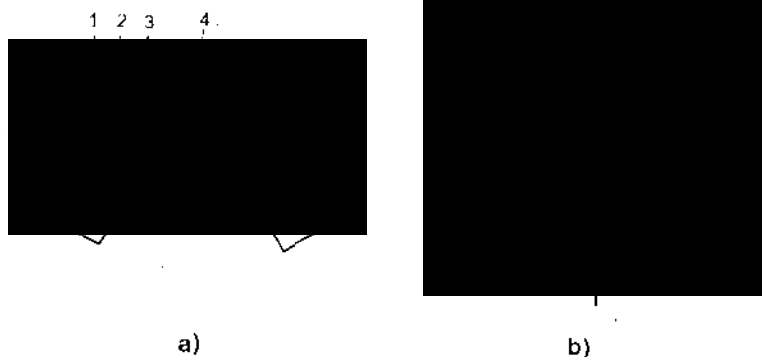
Phần ứng của máy điện đồng bộ, nếu công suất lớn nằm trên stato, còn công suất nhỏ nằm trên rôto. Cũng giống như động cơ không đồng bộ, phần ứng của máy điện đồng bộ có thể là 3 pha hoặc 1 pha. Số cực của dây quấn phần ứng phụ thuộc vào số cực của phần cảm.

Phần cảm của máy điện đồng bộ là nơi tạo ra từ trường 1 chiều, nó có thể là nam châm điện hoặc nam châm vĩnh cửu. Máy điện đồng bộ có nam châm vĩnh cửu chỉ áp dụng cho máy có công suất nhỏ.

Đối với máy điện đồng bộ công suất vừa và lớn, phần cảm phải là nam châm điện ; phần cảm bao gồm các cực từ, trên đó quấn các cuộn dây, còn gọi là dây quấn kích từ và cho dòng điện một chiều chạy qua. Dòng điện một chiều đưa vào dây quấn kích từ có thể lấy từ máy phát điện một chiều, có thể bố trí đặt cùng trục với máy phát điện đồng bộ. Dòng điện kích từ có thể lấy từ máy phát điện xoay chiều công suất nhỏ tự kích, hoặc dòng tự kích của chính máy phát điện đồng bộ. Phần cảm máy điện đồng bộ có hai loại : loại cực ẩn và loại cực lồi.

Phần cảm cực lồi (hình 2-11a) thường được dùng cho các máy phát thủy điện chạy với tốc độ chậm, như nhà máy thủy điện Hoà Bình, Trị An, Đa Nhim...

Phần cảm cực ẩn (hình 2-11b) được dùng cho các máy phát điện tua bin hơi có tốc độ cao. Thường phần cảm cực ẩn ở các máy phát điện công suất trung bình và lớn, được đặt ở rôto máy phát, trên đó quấn cuộn dây và cho dòng điện một chiều chạy qua, tạo ra từ trường một chiều, kích từ cho máy phát điện.



**Hình 2-11.** Cực lồi và cực ẩn của rôto máy điện đồng bộ :

a) Cực lồi ; b) Cực ẩn

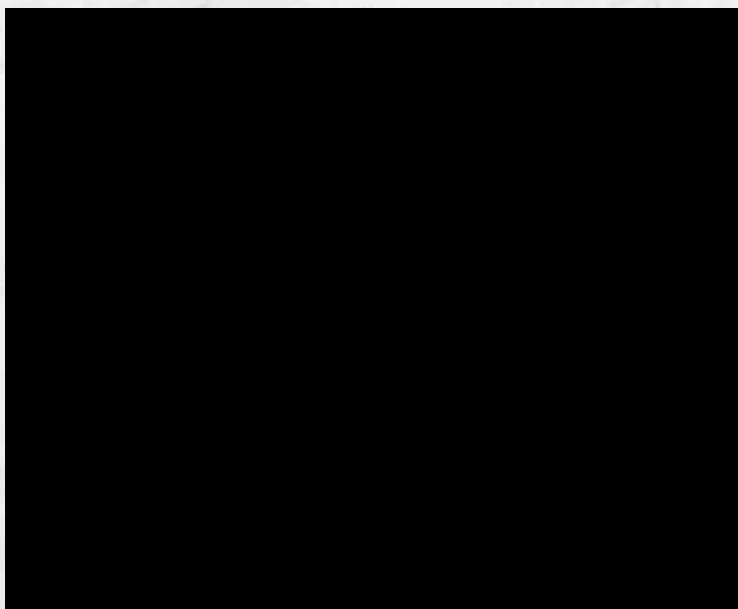
1. Thân cực từ ; 2. Mỏm cực từ ; 3. Dây quấn kích thích ; 4. Giá đỡ cực.

Ngoài các máy phát điện dùng động cơ sơ cấp là các tua bin hơi và tua bin nước, còn có rất nhiều các máy phát điện, động cơ sơ cấp là động cơ diesel hoặc các động cơ chạy bằng các nhiên liệu khác. Các loại máy phát điện này rất đa dạng, từ 1 pha đến 3 pha, công suất nhỏ và vừa. Mục đích sử dụng là làm nguồn dự phòng cho các bệnh viện, khách sạn và cho các xí nghiệp chế biến công suất nhỏ.

Máy phát điện đồng bộ có thể dùng làm động cơ điện đồng bộ, máy bù đồng bộ, nhưng số lượng sử dụng không nhiều, vì giá thành cao, vận hành phức tạp, nên ít được áp dụng.

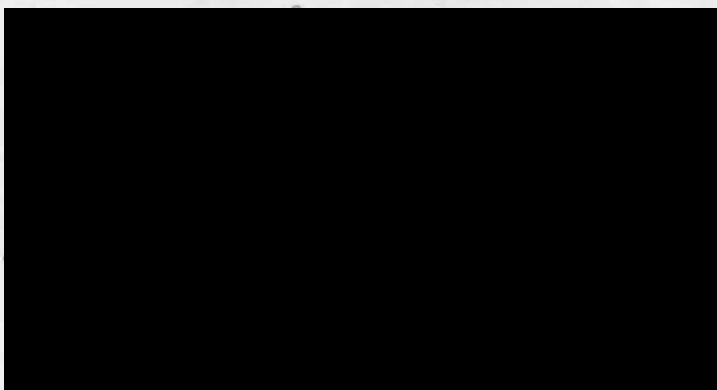
Hình 2-12 mô tả kết cấu máy phát đồng bộ tua bin nước, cực lồi.

Hình 2-13 cho kết cấu máy phát điện đồng bộ tua bin hơi cực ẩn.



**Hình 2-12.** Máy phát thủy điện (tuabin nước 105 MW, 13,8 kV) kiểu đồng bộ cực lồi :

1. Phần kích từ ; 2 . Vỏ stato ; 3 . Lõi thép stato ; 4 . Cực của rôto ; 5. Lưng rôto ; 6 . Ống lót rôto ; 7. Xà đỡ.



**Hình 2-13.** Máy phát nhiệt điện (tuabin hơi) kiểu cực ẩn :

1. Phần kích thích ; 2. Vỏ máy ; 3. Lõi thép stato ; 4. Bộ làm lạnh bằng khí hydro ; 5. Rôto.

## 2.4.2. Nguyên lí làm việc của máy điện đồng bộ

Máy điện đồng bộ làm việc theo nguyên lí cảm ứng điện từ, biến cơ năng thành điện năng.

Nếu dùng động cơ sơ cấp quay rôto máy phát điện đồng bộ và cho dòng điện kích từ vào cuộn dây rôto, dòng điện này tạo ra từ trường và quét lên dây quấn stato, cuộn dây stato sẽ cảm ứng ra sức điện động theo định luật cảm ứng điện từ (hình 2-14).

Về độ lớn, sức điện động cảm ứng bằng :

$$e = Blv \quad (2-11) \quad \text{Hình 2-14. Sơ đồ điện từ của máy điện đồng bộ có cực từ quay}$$

Trong đó :

1. Stato ; 2. Rôto

$B$  : độ từ cảm tác dụng vuông góc với thanh dẫn của cuộn dây phản ứng (stato)

$l$  : độ dài thanh dẫn nằm trong từ trường ;

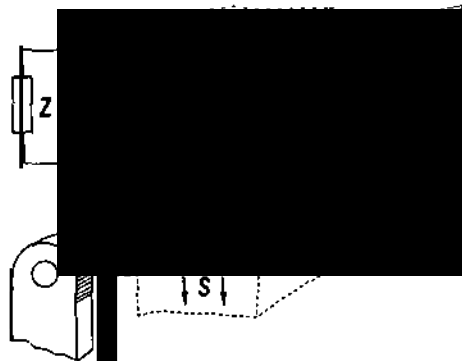
$v$  : tốc độ quay của rôto.

Trong quá trình rôto quay, từ cảm  $B$  và thanh dẫn  $l$  không phải lúc nào cũng vuông góc với nhau. Tổng quát, từ cảm  $B$  có thể tạo thành với thanh dẫn  $l$  một góc  $\alpha$ , nên ta có:

$$e = B_{\max} l v \sin \alpha \quad (2-12)$$

Trong đó :  $B_{\max}$  là độ từ cảm cực đại mà rôto (phần cảm) có thể tạo ra được.

Về nguyên lí làm việc, sự phân phối phần cảm và phần ứng ở trên stato hay rôto không quan trọng. Hình 2-15 mô tả máy phát điện đồng bộ phần cảm đặt ở phần tĩnh (stato). Phần ứng đặt ở rôto và dòng điện cảm ứng được lấy ra từ hai vành trượt, thông qua hai chổi than từ lên vành trượt, dòng điện lấy ra được nối với phụ tải  $Z$ .



Hình 2-15. Sơ đồ máy điện đồng bộ có phần ứng quay

Đối với máy phát điện đồng bộ công suất lớn, điện áp máy phát cao bắt buộc phải dùng hệ thống cực từ quay (phần cảm quay) ; vì nếu để phần ứng quay, việc lấy điện áp xoay chiều cao từ chổi than - vành trượt sẽ gặp nhiều khó khăn.

Tần số dòng điện cảm ứng tỉ lệ với tốc độ quay của rôto :

$$f = \frac{Pn_1}{60} \tag{2-13}$$

Trong đó :  $f$  : tần số ;  $P$  : số đôi cực ;  $n_1$  : tốc độ đồng bộ.

## 2.5. ĐỘNG CƠ XOAY CHIỀU CÓ CỔ GÓP

### 2.5.1. Động cơ xoay chiều có cổ góp 1 pha

Động cơ xoay chiều có cổ góp 1 pha có 2 loại : loại kích thích nối tiếp, loại kích thích song song.

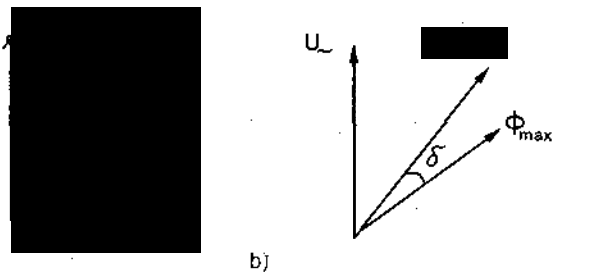
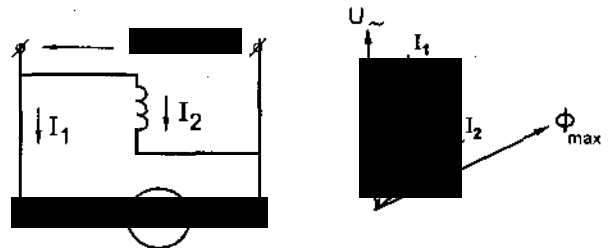
#### a) Cấu tạo

Về mặt kết cấu động cơ xoay chiều 1 pha khác với động cơ điện 1 chiều ở chỗ cực từ và gông từ được làm bằng các lá thép kĩ thuật điện ghép lại.

#### b) Nguyên lí làm việc của động cơ xoay chiều có cổ góp một pha

Về nguyên tắc tác động, động cơ xoay chiều 1 pha làm việc theo nguyên lí cảm ứng điện từ, cũng giống như động cơ một chiều có thể làm việc ở lưới điện xoay chiều một pha.

Nhược điểm của động cơ xoay chiều có cổ góp là quá trình đổi chiều diễn ra nặng nề, vì ngoài sức điện động phản kháng, sức điện động của từ trường ngoài còn có sức điện động cảm ứng từ dây quấn



Hình 2-16. Sơ đồ nối dây động cơ xoay chiều 1 pha :

1. Động cơ kích thích song song ; 2. Động cơ kích thích nối tiếp

kích từ, sức điện động này còn gọi là sức điện động biến áp có trị số bằng :

$$E_{ba} = 4,44 f_1 W \Phi_{max} \quad (2-14)$$

Trong đó :  $f_1$  : tần số của lưới điện

$W$  : số vòng dây phản ứng

$\Phi_{max}$  : từ thông do phần cảm móc vòng sang cuộn dây phản ứng tạo nên.

Tại thời điểm khởi động, sức điện động biến áp  $E_{ba}$  đạt trị số cực đại, vì vậy quá trình đổi chiều cũng nặng nề nhất. Để giảm sức điện động biến áp có thể áp dụng các biện pháp tăng số đôi cực để giảm từ thông dưới một cực, giảm số vòng dây trong một phần tử, sẽ dẫn đến tăng số phiến góp của cổ góp, làm phức tạp thêm về kết cấu của máy. Có thể đặt thêm cực từ phụ cho động cơ. Với động cơ xoay chiều một pha, chỉ có hiệu quả đối với một trị số dòng điện và tốc độ nhất định. Ngoài ra sẽ không có hiệu quả đối với dòng điện và tốc độ khác, do đó ít dùng cách đặt cực từ phụ cho động cơ xoay chiều có cổ góp 1 pha.

Việc điều chỉnh tốc độ và đảo chiều quay động cơ xoay chiều 1 pha có cổ góp tương tự như đối với động cơ điện một chiều kích thích nối tiếp.

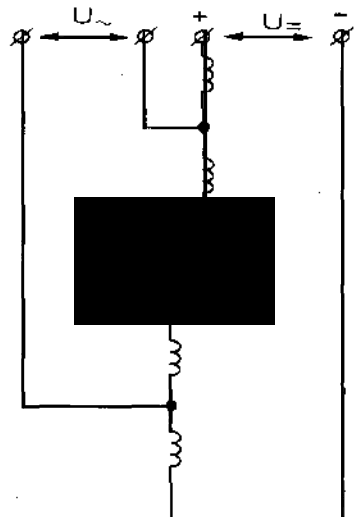
Động cơ 1 pha kích thích nối tiếp có thể làm việc trong lưới điện xoay chiều một pha hoặc lưới điện một chiều nên còn gọi là động cơ vạn năng. Trong loại động cơ này, nếu để có được điện áp một chiều và xoay chiều như nhau, ứng với tải định mức thì dây quấn kích thích được chia làm hai phần (hình 2-17). Khi làm việc với lưới điện một chiều thì dùng toàn bộ dây quấn, còn khi làm việc với lưới điện xoay chiều chỉ dùng 1 phần dây quấn.

Động cơ vạn năng được sử dụng rộng rãi trong sinh hoạt và trong công nghiệp, như máy xay sinh tố, máy bơm nước gia đình, máy khoan điện cầm tay... Ưu điểm của động cơ vạn năng là kích thước nhỏ, mô men mở máy lớn, rất thích hợp với chế độ làm việc ngắn hạn lặp lại.

### 2.5.2. Động cơ có cổ góp ba pha

#### a) Cấu tạo

Động cơ có cổ góp 3 pha kích thích song song có hình dạng bề ngoài giống động cơ xoay chiều và giống động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc. Trên stato làm



Hình 2-17. Sơ đồ nối dây động cơ nhiều chức năng.



bằng lá thép kĩ thuật điện ghép lại và quấn dây quấn ba pha như động cơ lồng sóc. Trên rôto cũng làm bằng các lá thép kĩ thuật điện ghép lại và quấn dây quấn ba pha, đầu ra của dây quấn của rôto nối với ba vành trượt tương ứng với 3 pha, giống như động cơ không đồng bộ rôto dây quấn. Trên rôto còn quấn dây quấn một chiều nối với cổ góp giống như động cơ điện một chiều. Điện áp 3 pha được đưa vào dây quấn rôto thông qua hệ thống chổi than - vành trượt.

Việc sửa chữa loại máy điện này hoàn toàn giống như động cơ không đồng bộ và động cơ điện một chiều.

Ứng dụng động cơ xoay chiều 3 pha có cổ góp trong công nghiệp chế biến gỗ, công nghệ bọc dây... Ưu điểm của động cơ là có thể điều chỉnh tốc độ trong phạm vi rộng và có thể điều chỉnh trơn bằng kín mạch nên trong nó xuất hiện dòng điện  $I_3$ . Dây quấn trên stato có tác dụng như dây quấn thứ cấp của động cơ không đồng bộ rôto dây quấn. Các đầu dây ra của dây quấn stato được nối với chổi than có thể di chuyển được trên bề mặt cổ góp.

Khi động cơ làm việc, trong dây quấn nối với cổ góp sẽ cảm ứng một sức điện động do dòng điện  $I_1$  và tần số  $f_1$  tạo nên. Nhưng vì nó được nối với cổ góp và dây quấn stato cũng được nối với cổ góp nên khi rôto quay, sức điện động cảm ứng ở dây quấn stato là  $E_3$  tương ứng có tần số  $f_3$  và sức điện động cảm ứng ở dây quấn nối với cổ góp là  $E_2$  cũng có tần số là  $f_3$ , vì vậy sức điện động  $E_2$  được coi là sức điện động  $E_r$  đưa vào dây quấn stato. Dòng điện stato  $I_3$  sẽ do sức điện động tổng của 2 dây quấn trên quyết định :

$$I_3 = \frac{E_3 \pm E_r}{Z_3} \quad (2-15)$$

Trong đó  $Z_3$  là tổng trở của cuộn dây stato.

Trị số và góc pha của dòng điện  $I_3$  quyết định trị số và chiều mô men quay của động cơ.

Nếu 2 chổi than trên cổ góp trùng nhau, thì động cơ cổ góp làm việc như động cơ không đồng bộ rôto dây quấn. Khi chổi than xa nhau, số vòng dây giữa hai chổi than tăng, sức điện động phụ  $E_r$  tăng, hệ số trượt  $s$  tăng, tốc độ động cơ giảm, khi 2 chổi than dịch chuyển ở vị trí chéo nhau, sức điện động phụ đổi chiều, hệ số trượt âm, tốc độ động cơ tăng cao hơn tốc độ đồng bộ. Phạm vi và điều kiện sử dụng ở lưới điện 3 pha thông thường. Vận hành động cơ đơn giản, điều chỉnh tốc độ không đòi hỏi thiết bị đắt tiền. Nhược điểm của động cơ là có kết cấu phức tạp, giá thành chế tạo cao.

**b) Nguyên lí làm việc của động cơ có cổ góp xoay chiều 3 pha**

Nguyên lí làm việc của động cơ theo nguyên lí cảm ứng điện từ. Giống như động cơ không đồng bộ, rôto dây quấn có kết cấu thêm sức điện động phụ vào cuộn dây của động cơ để điều chỉnh tốc độ.

Trên rôto của động cơ có 2 dây quấn, một dây quấn 3 pha có 3 đầu ra nối với 3 vành trượt đặt trên trục của rôto và một dây quấn để đưa điện một chiều nối với cổ góp đặt ở phía đối diện với vành trượt (hình 2-18).

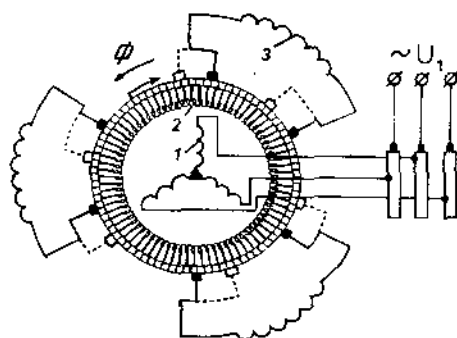
Qua hệ thống chổi than vành trượt, đưa điện vào dây quấn 3 pha, nguồn điện này tạo ra dòng điện 3 pha chạy trong dây quấn rôto và sinh ra từ trường quay, từ trường này móc vòng sang dây quấn stato và cảm ứng sức điện động có tần số :

$$f_3 = sf_1 \quad (2-14)$$

Trong đó :

$s$  : hệ số trượt

$f_1$  : tần số lưới điện.



Hình 2-18. Sơ đồ nguyên lí động cơ :

1. Dây quấn 3 pha sơ cấp ; 2. Dây quấn cổ góp ;
3. Dây quấn 3 pha thứ cấp.

Dây quấn stato cũng là dây quấn 3 pha. Phạm vi điều chỉnh tốc độ của động cơ có góc xoay chiều ba pha có thể đạt tỉ lệ  $3 : 1$ , khi hệ số trượt ở trong phạm vi  $-0,5 < s < 0,5$ .

Để nâng cao  $\cos\phi$ , di chuyển chổi than đi một góc nào đó theo hướng ngược chiều quay của rôto mà không làm thay đổi vị trí tương đối giữa các chổi than. Trong trường hợp này, sức điện động cảm ứng trên cuộn dây nối với cổ góp  $E_2$  sẽ chậm pha sau sức điện động phụ  $E_r$  một góc  $\theta$ , điều này làm tăng  $\cos\phi$  của động cơ.

## 2.6. ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU

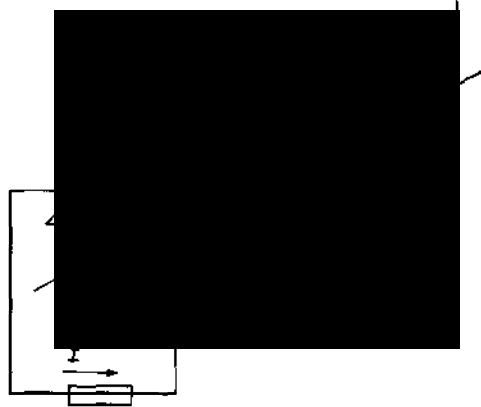
### 2.6.1. Cấu tạo

Cấu tạo động cơ điện một chiều gồm có phần cảm là nơi tạo ra từ trường không đổi, có thể là một nam châm vĩnh cửu hoặc có thể là một nam châm điện. Động cơ điện có nam châm vĩnh cửu chỉ áp dụng cho máy có công suất nhỏ. Phần cảm là một nam châm điện, gồm có một mạch từ và quấn dây xung quanh cực từ gọi là dây quấn kích từ. Trong động cơ điện 1 chiều, ngoài các cực từ chính dùng để kích từ còn có các cực từ phụ dùng để cải thiện điều kiện đổi chiều. Các cực từ phụ được bố trí xen kẽ với cực từ chính. Dây quấn cực từ phụ được nối nối tiếp với

phiến dây quấn trên rôto. Cũng để cải thiện đổi chiều, trên bề mặt cực từ chính, còn bố trí thêm dây quấn bù và dây quấn bù được nối nối tiếp với dây quấn rô to, thông qua chổi than ở phiến góp. Phần các mạch từ nối với nhau gọi là gông từ và đồng thời làm vỏ máy (hình 2-19).

## 2.6.2. Nguyên lí làm việc của động cơ điện một chiều

Động cơ điện một chiều làm việc theo nguyên lí cảm ứng điện từ. Nếu ta quay một khung dây trong một từ trường đều, khung dây sẽ cảm ứng sức điện động (hình 2-19). Đầu cuối của 2 thanh dẫn nối với 2 nửa vành đồng. Trên hai nửa vành đồng có chổi than tì lên đó để lấy điện ra. Chiều của sức điện động trong thanh dẫn thay đổi khi nó nằm dưới các cực có cực tính khác nhau.



Hình 2-19. Nguyên lí làm việc của động cơ điện một chiều.

Khi đó các chổi than luôn luôn tiếp xúc với các thanh dẫn nằm dưới một cực từ nhất định. Như vậy, cực tính của chổi than không đổi, dẫn đến ta thu được điện áp một chiều trên hai chổi than. Nếu điện áp ra nối với phụ tải, thì sẽ có dòng điện rôto, như vậy ta đã có một máy phát điện. Dòng điện cảm ứng trong khung dây là dòng điện xoay chiều, còn dòng điện mạch ngoài lấy ra từ chổi than là dòng điện một chiều. Như vậy chổi than và phiến góp làm nhiệm vụ như một chỉnh lưu.

Nếu ta đặt điện áp một chiều lên hai chổi than, sẽ có dòng điện chạy trong khung dây, theo định luật về lực điện từ, thì thanh dẫn có dòng điện sẽ chịu một lực tác dụng theo phương tiếp tuyến và sinh ra mô men quay làm quay khung dây; đây chính là nguyên lí làm việc của động cơ điện một chiều. Động cơ điện một chiều có tính thuận nghịch, nó có thể làm máy phát điện và cũng có thể làm động cơ điện. Ở chế độ động cơ, dòng điện một chiều được đưa vào phân ứng qua chổi than và các phiến đồng. Như vậy chổi than - phiến đồng thực chất là bộ nghịch lưu cơ khí, biến đổi dòng điện một chiều ở mạch ngoài thành dòng điện xoay chiều trong dây quấn rôto.

## 2.7. CÁC DẠNG HƯ HỎNG CỦA ĐỘNG CƠ ĐIỆN VÀ CÁCH KHẮC PHỤC

### 2.7.1. Khái niệm chung

Các dạng hư hỏng trong các động cơ điện rất phức tạp, bao gồm các nguyên nhân về cơ, điện, từ và các nguyên nhân khác. Đối tượng sử dụng động cơ điện rất rộng rãi, nhất là sử dụng các động cơ điện đã qua sửa chữa rất phức tạp. Vì vậy ở đây chỉ đề cập đến các dạng hư hỏng đặc trưng nhất, chủ yếu đi sâu vào các nguyên nhân và phân tích các nguyên nhân để khi gặp bất kì dạng hư hỏng nào cũng có thể xử lí được.

Đối với động cơ điện đều có 2 phần chính là phần cảm và phần ứng. Do đó khi phân tích sự cố phải lưu ý đến yếu tố này để phán đoán cho đúng. Chỉ khi có phán đoán đúng, việc khắc phục hư hỏng được nhanh chóng và không gây những tổn kém không cần thiết.

### 2.7.2. Sự phát tia lửa dưới chổi than

Chổi than dẫn điện từ nguồn điện vào rôto hoặc từ stato sang rôto và ngược lại thông qua vành góp hoặc vành trượt. Chổi than - vành góp có trong tất cả các động cơ điện một chiều. Chổi than - vành trượt có ở các động cơ điện xoay chiều có cổ góp. Chức năng của chúng trong các loại động cơ khác nhau, nhưng các hiện tượng điện từ trong chúng khác nhau không nhiều. Vì vậy gộp lại các hiện tượng về chổi than để nghiên cứu chung.

Hiện tượng phát tia lửa ở dưới chổi than bao gồm :

- Khi không tải và khi có tải, tia lửa ở dưới chổi than nhỏ ;
- Sự phát tia lửa dưới toàn bộ chổi than hoặc từng phần ;
- Chổi than đánh lửa mạnh ;
- Khi mang tải chổi than đánh lửa mạnh ;
- Chổi than đánh lửa thành một vệt nhỏ từ chổi này đến chổi kia ;
- Chổi than chỉ đánh lửa ở một số phiến góp nào đó.

Nguyên nhân đánh lửa ở chổi than có nhiều, phần lớn trong quá trình vận hành có cổ góp mòn không đều nên dẫn đến đánh lửa. Khi sửa chữa động cơ có cổ góp, công việc đầu tiên là làm tròn cổ góp bằng cách đưa cổ góp (rôto) lên máy tiện, tiện lại cổ góp, đảm bảo độ tròn đều của cổ góp.

Vị trí đặt chổi than không đúng trên vành góp cũng gây đánh tia lửa - đặt lại vị trí chổi than.

Cách điện giữa các phiến góp bị hỏng, gây chập một số phiến góp với nhau hoặc chập phiến góp với trục, kiểm tra cách điện của các phiến góp.

Chọn mua chổi than không đúng mã hiệu, nếu chổi than quá cứng gây mòn nhanh cổ góp, nếu chổi than quá mềm gây đánh lửa nối liền từ cực nọ đến cực kia.

Trật tự cực từ chính và cực từ phụ không thích ứng hoặc chập một số vòng dây ở cực từ chính hoặc cực từ phụ. Kiểm tra lại các vòng dây ở các cực.

Động cơ bị quá tải cũng gây ra đánh lửa ở các chổi than.

Tóm lại, việc sửa chữa những hư hỏng động cơ điện là phải nâng cao độ chính xác trong sửa chữa, bằng cách nâng cấp thiết bị sửa chữa, thiết bị kiểm tra, thử nghiệm chất lượng sản phẩm trong mỗi công đoạn sửa chữa, đồng thời nâng cao trình độ cán bộ kĩ thuật và công nhân sửa chữa.

### **2.7.3. Động cơ phát nóng quá mức cho phép**

Nguyên nhân do động cơ bị quá tải, có thể điện áp lưới thấp, động cơ bị hỏng quạt gió, nên điều kiện làm mát kém. Chạm chập một số vòng dây ở động cơ.

### **2.7.4. Động cơ có tiếng ồn và dao động không bình thường**

Nguyên nhân có thể do tốc độ tăng cao hơn định mức. Ở động cơ một chiều, do dòng kích thích giảm, có thể có ngắn mạch trong dây quấn phản ứng. Biện pháp xử lí là do dòng điện ở các pha có bằng nhau không và có tăng cao quá không. Tháo máy, kiểm tra các cuộn dây có bị hư hỏng không...

### **2.7.5. Các sự cố chạm chập các dây quấn**

Chạm chập giữa các vòng dây, giữa cuộn dây với vỏ. Nguyên nhân gây chạm chập dây quấn có nhiều, chủ yếu là động cơ để lâu ngày bị ẩm, gây chạm chập giữa các pha của cuộn dây, hoặc do điện áp tăng cao. Do quá tải lâu dài làm cho cách điện cuộn dây bị già cỗi, dẫn đến chạm chập. Biện pháp xử lí trong trường hợp này bằng phương pháp đo, kiểm tra tìm vị trí bị chạm chập để khắc phục, nếu dây quấn bị cháy, phải tiến hành quấn lại.

## **CÂU HỎI ÔN TẬP**

1. Nguyên lí làm việc và cấu tạo máy biến áp.
2. Các nguyên nhân hư hỏng máy biến áp.
3. Cách khắc phục, sửa chữa máy biến áp.
4. Nguyên lí làm việc và cấu tạo động cơ không đồng bộ, động cơ đồng bộ, động cơ điện một chiều.
5. Những nguyên nhân và hư hỏng của động cơ điện.
6. Các phương pháp khắc phục hư hỏng động cơ điện.

## Chương 3

# BẢO VỆ MÁY ĐIỆN

### 3.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Động cơ điện xoay chiều cũng như động cơ điện một chiều, được dùng nhiều trong các xí nghiệp công nghiệp. Do tính phổ cập và vai trò quan trọng của máy điện, trong quá trình vận hành máy điện, vấn đề giám sát, bảo vệ chúng chống các sự cố và hiện tượng bất thường khác có ý nghĩa đặc biệt.

Tùy theo nguồn điện sử dụng, công suất làm việc của động cơ điện, những trang thiết bị đóng cắt động cơ điện mà phương thức bảo vệ chúng có thể khác nhau. Ví dụ nếu động cơ điện dùng cầu dao đóng cắt mạch điện, ở đây chỉ có một phương thức bảo vệ cho động cơ là dùng cầu chì. Nếu muốn có phương thức bảo vệ khác, phải thay thiết bị cầu dao bằng các thiết bị đóng cắt tự động khác như công tắc tơ hay khởi động từ.

Như vậy vấn đề bảo vệ động cơ phải chia ra làm 2 trường hợp :

- Trường hợp thứ nhất là lựa chọn và tính toán bảo vệ cho các động cơ đang vận hành, căn cứ vào thiết bị đóng cắt hiện có, mức độ quan trọng của động cơ trong dây chuyền sản xuất, công suất của động cơ mà đề xuất phương án bảo vệ thích hợp với các bảo vệ cho động cơ hiện có. Ví dụ trong quá trình vận hành động cơ hay bị cháy hỏng, dễ nhận thấy bảo vệ đang có không thích hợp như cài đặt không đúng hoặc thiếu chức năng bảo vệ. Nếu động cơ đặt đủ các chức năng bảo vệ như chống ngắn mạch nhiều pha, chống ngắn mạch 1 pha chạm đất, bảo vệ chống quá tải, chống mất 1 pha, kẹt rôto và tính toán cài đặt đúng thì việc xảy ra cháy hỏng động cơ hầu như bị loại trừ do những nguyên nhân trên.

- Trường hợp thứ hai. Thiết kế lắp đặt động cơ mới. Căn cứ vào yêu cầu và nhiệm vụ sản xuất của phương án khi lựa chọn thiết bị đóng cắt cho động cơ, cần lựa chọn đồng bộ thiết bị bảo vệ cho phù hợp với động cơ và đảm bảo yêu cầu về kinh tế, kĩ thuật cho phương án.

## **3.2. NHỮNG HƯ HỎNG VÀ TÌNH TRẠNG LÀM VIỆC KHÔNG BÌNH THƯỜNG CỦA ĐỘNG CƠ ĐIỆN**

### **3.2.1. Những hư hỏng của động cơ điện**

Một trong những hư hỏng động cơ điện nguy hiểm nhất là ngắn mạch nhiều pha trong cuộn dây động cơ điện, do ngắn mạch có thể đốt cháy động cơ, làm sụt áp lưới điện sẽ ảnh hưởng đến sự làm việc bình thường của các thiết bị điện khác. Vì thế nhất thiết phải đặt bảo vệ chống ngắn mạch nhiều pha cho bất kì loại động cơ điện nào, để khi bảo vệ tác động sẽ cắt động cơ ra khỏi lưới điện.

Đối với lưới điện có trung tính máy biến áp nối đất trực tiếp, như mạng điện áp 380/220V, nếu xảy ra chạm đất một pha, dòng điện ngắn mạch rất lớn, rất nguy hiểm cho động cơ, cần đặt bảo vệ chống ngắn mạch một pha cắt động cơ ra khỏi lưới điện.

Trong các mạng điện áp mà trung tính máy biến áp không nối đất hoặc nối đất qua cuộn dây dập tắt hồ quang (Peterson), khi chạm đất một pha, dòng điện chạm đất chỉ là dòng điện điện dung rất nhỏ, không nguy hiểm cho động cơ, vì vậy chỉ cần đặt bảo vệ báo tín hiệu chạm đất. Đối với động cơ công suất lớn, nếu dòng chạm đất lớn hơn 10A, nên đặt bảo vệ chống chạm đất loại đặc biệt để loại trừ sự cố này.

### **3.2.2. Các tình trạng làm việc không bình thường của động cơ điện**

Dòng điện của động cơ điện tăng cao hơn giá trị định mức, nguyên nhân do quá tải ở các máy móc cơ khí mà động cơ phải kéo ; do điện áp đặt lên động cơ giảm thấp hơn điện áp định mức của động cơ. Do mất 1 pha làm cho dòng điện động cơ tăng cao và xuất hiện thành phần dòng điện thứ tự nghịch với tần số gấp hai lần tần số lưới điện, dòng điện này tạo ra từ trường thứ tự nghịch và trên rôto sẽ cảm ứng ra dòng điện, đốt nóng rôto. Nếu để kéo dài tình trạng động cơ làm việc mất 1 pha sẽ dẫn đến cháy động cơ, thời gian cho phép không quá hai giờ. Hoặc do kẹt rôto, tất cả nguyên nhân trên đều làm cho dòng điện động cơ tăng cao. Khi dòng điện tăng cao làm cho nhiệt độ cuộn dây nóng lên quá giới hạn cho phép, dẫn đến cách điện động cơ chóng già cỗi, giảm tuổi thọ động cơ. Vì vậy cần đặt bảo vệ chống quá tải tác động cắt động cơ, báo tín hiệu, giảm tải tùy thuộc vào tính chất của tải mà động cơ phải kéo.

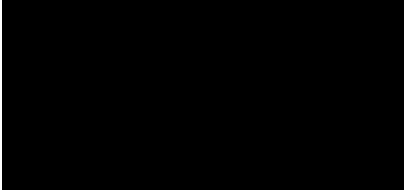
Dưới đây giới thiệu một số bảo vệ máy điện cơ bản.

## **3.3. BẢO VỆ MÁY ĐIỆN DÙNG CẦU CHÌ**

### **3.3.1. Cầu chì là thiết bị bảo vệ đơn giản nhất và rẻ tiền nhất**

Cầu chì được dùng rộng rãi để bảo vệ động cơ điện đến 100 kW. Nhiệm vụ chủ yếu của cầu chì là chống ngắn mạch nhiều pha và ngắn mạch một pha chạm đất cho động cơ điện.

Cấu tạo cầu chì xem hình 3-1, gồm có vỏ cầu chì làm bằng vật liệu gỗ phíp hay sứ. Trong vỏ cầu chì đặt dây chảy bằng đồng hay nhôm và đổ đầy vỏ cát thạch anh để dập hồ quang khi cầu chì cháy.



a)



**Hình 3-1.** Cấu tạo cầu chì :

a) Cầu chì loại PIP - 2 ; b) Cầu chì loại PIH - 2.

### 3.3.2. Nguyên tắc làm việc của cầu chì

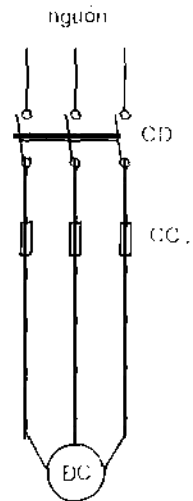
Khi dòng điện đi qua cầu chì lớn hơn dòng định mức của cầu chì, dòng điện này sẽ nung nóng dây chảy và đạt đến một nhiệt độ nào đó, dây chảy sẽ cháy đứt, tách mạch điện ra khỏi nơi xảy ra sự cố, bảo vệ được mạch điện (xem sơ đồ hình 3-2).

Cầu chì được đặc trưng bằng hai thông số là : điện áp định mức và dòng điện định mức của cầu chì.

Điện áp định mức là điện áp lớn nhất mà cầu chì có thể làm việc lâu dài. Ví dụ cầu chì PIH - 2 có điện áp định mức là 500V, do đó cầu chì chỉ làm việc được ở lưới điện từ 500V trở xuống.

Dòng điện định mức là dòng điện lớn nhất đi qua dây chảy, đảm bảo cho cầu chì làm việc lâu dài. Trong công nghiệp, cầu chì chế tạo theo dòng điện tiêu chuẩn. Ví dụ : dòng điện tiêu chuẩn 6 - 10 - 15 - 20 - 30 - 45 - 60 A... Dòng điện định mức lớn nhất cầu chì tới 1000A.

Nhược điểm của cầu chì là độ chính xác làm việc của dây chảy không cao, nó phụ thuộc vào nhiều yếu tố như vật liệu làm dây chảy, tiết diện và độ dài dây chảy, nhiệt độ môi trường...



**Hình 3-2.** Sơ đồ đơn giản nhất bảo vệ động cơ điện dùng cầu dao CD và cầu chì CC.



Hình 3-3 cho đặc tính dây chảy của cầu chì, vùng gạch chéo thể hiện vùng làm việc của dây chảy. Khi dòng điện đi qua dây chảy lớn hơn dòng điện định mức của dây chảy  $I_{lv} = 1,3 I_{dm}$ . Thời gian cháy dây chảy trong vòng 1 ÷ 2 giờ. Khi  $I_{lv} = (5 \div 7) I_{dm}$ , thời gian cháy dây chảy trong khoảng 1 ÷ 4 s...

### 3.3.3. Phương pháp chọn cầu chì cho động cơ

Chọn cầu chì theo hai điều kiện :

Điện áp định mức của cầu chì phải bằng hoặc lớn hơn điện áp định mức của động cơ :

$$U_n \geq U_{dm}$$

(3-1)

Chọn dòng điện định mức của cầu chì phải lớn hơn hoặc bằng dòng điện mở máy của động cơ với thời gian mở máy của động cơ :

$I_u \geq I_{mm}$  với  $t_{mm}$  (thời gian mở máy) (3-2)

Với động cơ lồng sóc, tải nhẹ, thời gian mở máy khoảng từ 2 ÷ 5s. Do đó dòng điện tính toán của dây chảy cầu chì bằng :

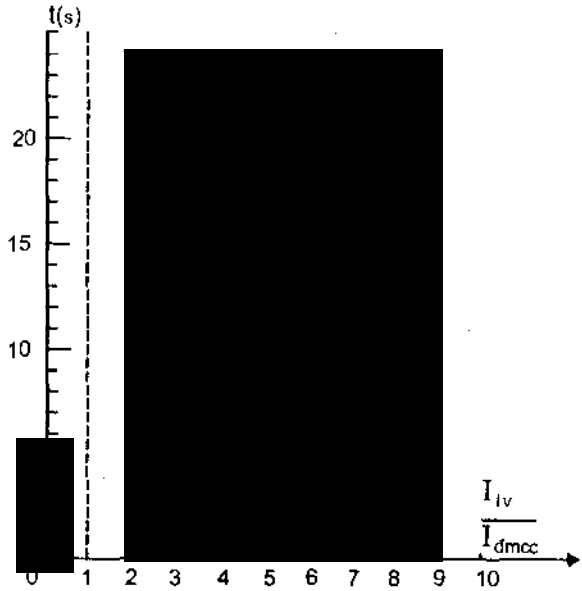
$$I_u \geq \frac{I_{mm}}{2,5} \tag{3-3}$$

Với động cơ mở máy nặng, thời gian mở máy kéo dài từ 5 ÷ 10s, dòng điện tính toán của dây chảy được tính bằng :

$$I_u \geq \frac{I_{mm}}{1,5 \div 2} \tag{3-4}$$

Đối với động cơ rôto dây quấn, nếu dòng điện khởi động  $I_{mm} \leq 2 I_{dm/c}$ , dòng điện tính toán của dây chảy được tính bằng :

$$I_u \geq I_{dm/c} \tag{3-5}$$



Hình 3-3. Đặc tính làm việc của cầu chì.

Trường hợp chọn dòng điện định mức cho một nhóm động cơ hình 3-4. Việc chọn các cầu chì ICC + 5CC theo các công thức 3-1 ; 3-2 ; 3-3 ; 3-4; 3-5. Còn cầu chì chung cho 5 động cơ được tính như sau :

Dòng điện làm việc lâu dài bằng tổng các dòng điện định mức của động cơ

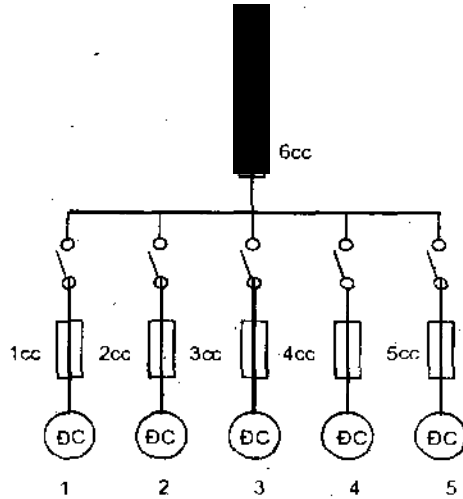
$$I_{l\ddot{u}} = \Sigma I_{dm\ddot{a}c} \quad (3-6)$$

Dòng điện tính toán của cầu chì chung cho cả nhóm 6 CC bằng :

$$I_{t\ddot{u}s\ddot{c}c} \geq \frac{\Sigma I_{dm\ddot{a}c} + (I'_{mm} - I_{dm\ddot{a}c})}{2,5} \quad (3-7)$$

Trong đó :

$\Sigma I_{dm\ddot{a}c}$  : tổng các dòng định mức của động cơ trong nhóm.



Hình 3-4. Sơ đồ chọn cầu chì cho một nhóm động cơ.

$I'_{mm}$  : dòng điện mở máy của một trong các động cơ trong nhóm có công suất lớn nhất và điều kiện mở máy nặng nề nhất.

$I_{dm\ddot{a}c}$  : dòng điện định mức của động cơ phù hợp với dòng điện mở máy  $I'_{mm}$ .

Dòng điện mở máy  $I_{mm}$  được tính theo công thức :

$$\text{[Blank Box]} \quad (3-8)$$

Trong đó :

$K_{mm}$  : hệ số mở máy, với động cơ lồng sóc  $K_{mm} = 5 + 7$  tùy thuộc vào điều kiện mở máy của động cơ.

Sau khi tính được dòng điện tính toán của dây chảy, tra bảng chọn cầu chì theo tiêu chuẩn, luôn luôn chọn dòng điện dây chảy của cầu chì lớn hơn hoặc bằng dòng điện tính toán. Khi chọn dòng điện cho dây chảy cầu chì, đồng thời chọn dòng điện chịu đựng của vỏ cầu chì để khi dây chảy cháy, gây áp lực lớn không làm phá vỡ vỏ cầu chì.

*Ví dụ 3-1.* Lựa chọn cầu chì cho nhóm gồm 5 động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc, đồng thời làm việc không lớn hơn 4 động cơ. Điều kiện mở máy các động cơ với tải nhẹ. Điện áp lưới  $3 \times 380V$ , số liệu cho ở bảng 3-1 dưới đây và có thể xảy ra hai động cơ cùng mở máy.

Xác định dòng điện định mức của dây chảy cho động cơ từ số 1 đến số 5. Số liệu dòng điện mở máy lấy ở bảng 3-1.

Đối với động cơ số 1 ta có :

Bảng 3-1

Số động cơ	Công suất (kW)	Dòng điện $I_{dm}$ (A)	Bội số dòng khởi động K	Dòng điện mở máy $I_{mm}$ (A)	Dòng điện tính toán dây chảy $I_u$ (A)	Dòng điện chọn dây chảy theo bảng $I_{dmcc}$ (A)	Dòng điện định mức vỏ cầu chì $I_v$ (A)
1	1,7	3,7	6	22,5	8,9	10	15
2	2,8	5,8	5,5	31,9	12,8	15	15
3	20	38	6	228	91,2	100	200
4	4,5	9,4	6	56,5	22,6	25	60
5	10	21,5	4,5	96,8	38,7	60	60

$$I_{ucc1} \geq \frac{22,5}{2,5} = 8,9A$$

Chọn dòng điện định mức dây chảy cầu chì trị số gần nhất là 10A. Dòng định mức vỏ cầu chì 15A.

Tương tự tính toán chọn cầu chì cho các động cơ số 2, 3, 4, 5. Kết quả tính ghi vào bảng 3-1.

Chọn cầu chì tổng cho cả nhóm 5 động cơ, đó là cầu chì số 6 hình 3-4.

Dòng điện làm việc lớn nhất của cả nhóm 5 động cơ theo công thức 3-6 bằng :

$$I_{m1} = 5,8 + 38 + 9,4 + 21,5 = 74,7A$$

Theo đầu bài có thể cả hai động cơ cùng mở máy, do đó dòng điện tính toán của dây chảy được tính như sau :

$$I_{ucc6} = \frac{74,7 + 228 - 38 + 96,8 - 21,5}{2,5} = 136A$$

Tra bảng chọn dòng điện tiêu chuẩn cho cầu chì số 6 bằng 200A, dòng điện định mức cho vỏ cầu chì 200A.

Cuối cùng điện áp làm việc của cầu chì phù hợp với điện áp lưới điện, vậy điện áp định mức cầu chì là 500V.

### 3.4. BẢO VỆ MÁY ĐIỆN DÙNG ÁP TÔ MÁT

Áp tô mát là khí cụ điện có nhiều loại, rất đa dạng và phong phú dùng để đóng, cắt mạch điện. Áp tô mát ưu việt hơn cầu dao, có thể cắt dòng điện phụ tải lớn và tự

động cắt dòng điện ngắn mạch nếu mạch điện xảy ra sự cố. Ở đây chỉ giới hạn lựa chọn dòng điện khởi động cho bảo vệ cắt nhanh đặt trực tiếp trong áp tô mát. Bảo vệ cắt nhanh là bảo vệ quá dòng điện, tác động trực tiếp cắt áp tô mát. Nguồn tác động của bảo vệ quá dòng cắt nhanh, ở áp tô mát dòng điện định mức nhỏ hơn 30A dùng trực tiếp dòng điện sơ cấp tác động trực tiếp. Ở các áp tô mát dòng điện lớn dùng nguồn dòng thứ cấp thông qua máy biến dòng tác động trực tiếp.

Những áp tô mát đặt thêm rơ le nhiệt để bảo vệ quá tải, cách tính dòng khởi động xem mục 3-5 ở phần sau.

Lựa chọn dòng điện khởi động của rơ le dòng điện cắt nhanh :

$$I_{kđt} = (1,4 \div 1,6)I_{mmd/c} \quad (3-9)$$

Nếu áp tô mát đặt cho một nhóm động cơ thì dòng điện khởi động của rơ le dòng điện cắt nhanh bằng :

$$I_{kđt} = (1,4 \div 1,6)\Sigma I_{dmd/c} + (I'_{mmd/c} - I'_{dmd/c}) \quad (3-10)$$

Trong đó :

- $I_{kđt}$  : dòng điện khởi động tính toán của rơ le dòng điện cắt nhanh
- $I_{mmd/c}$  : dòng điện mở máy của động cơ
- $\Sigma I_{dmd/c}$  : tổng công suất định mức của động cơ có trong nhóm
- $I'_{mmd/c}$  : dòng điện mở máy của 1 hay 2 động cơ đồng thời khởi động
- $I'_{dmd/c}$  : dòng điện định mức của động cơ tương ứng với dòng mở máy  $I'_{mmd/c}$

Rơ le dòng điện cắt nhanh đặt ở trong áp tô mát, bộ phận điều chỉnh dòng điện khởi động thường ghi theo bội số dòng điện định mức của áp tô mát. Do đó khi đặt dòng điện cắt nhanh, ta phải đặt ở vị trí sao cho nhân dòng định mức của áp tô mát với bội số của nó phải bằng và lớn hơn dòng điện khởi động tính toán (hình 3-5).

*Ví dụ 3-2.* Chọn áp tô mát có dòng điện định mức 40A để bảo vệ cho động cơ 11kW có  $I_{dmd/c} = 26,4A$ , dòng điện khởi động của động cơ  $I'_{mmd/c} = 134,6A$ , động cơ làm việc trong điều kiện với số lần mở máy khoảng vài chục lần trong một giờ.

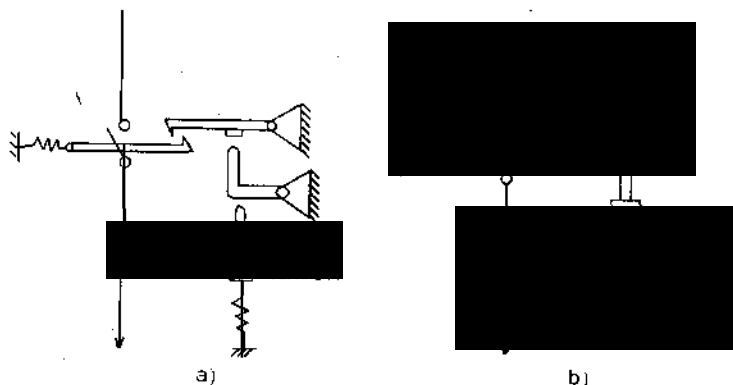
Theo công thức (3-9) ta có :

$$I_{kđt} = 1,4 \cdot 134,6 = 185A$$

Với áp tô mát 40A, bội số dòng điện đặt của rơ le cắt nhanh bằng :

$$K = \frac{185}{40} = 4,6$$

Ta di chuyển vít điều chỉnh về vị trí 4,6 ở trong áp tô mát. Với việc đặt như vậy, đảm bảo áp tô mát sẽ tác động không thời gian, cắt áp tô mát với dòng điện bằng và lớn hơn 185A như đã tính toán.



*Hình 3-5. Sơ đồ nguyên lý cấu tạo áp tô mát :*

- a) Tác động trực tiếp bằng nguồn dòng điện sơ cấp ;
- b) Tác động trực tiếp bằng nguồn dòng điện thứ cấp.

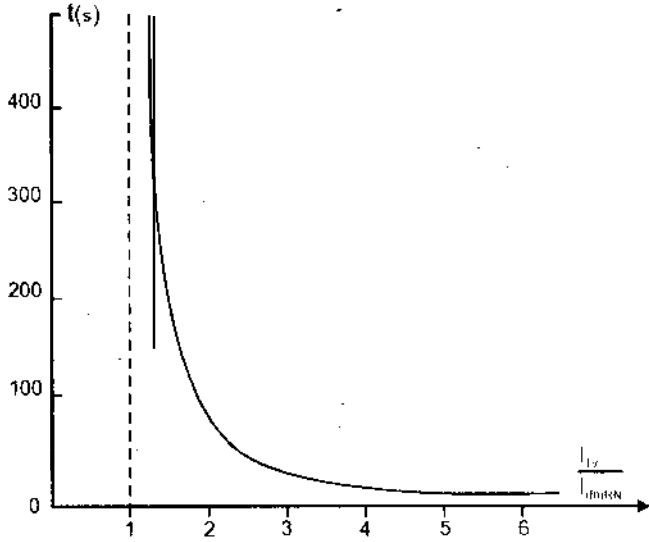
### 3.5. BẢO VỆ QUÁ TẢI CHO MÁY ĐIỆN (DÙNG RƠ LE NHIỆT)

Rơ le nhiệt dùng để bảo vệ động cơ điện có chế độ làm việc liên tục hoặc làm việc gián đoạn nhưng khoảng cách không nhỏ hơn 30 phút, với mục đích bảo vệ khỏi quá nhiệt nguy hiểm khi động cơ quá tải kéo dài. Thường rơ le nhiệt chế tạo thành rơ le riêng biệt và đặt cùng với công tắc tơ thành một khí cụ điện thống nhất gọi là khối động từ.

Cấu tạo rơ le nhiệt gồm 2 thanh lưỡng kim có hệ số giãn dài theo nhiệt khác nhau. Khi cho dòng điện đi qua bộ phận nung nóng và làm cho 2 thanh lưỡng kim cong lên, sự cong lên này có thể tác động trực tiếp giải phóng chốt mở thiết bị đóng cắt đặt trực tiếp ở trong áp tô mát. Hoặc sự cong lên của hai thanh lưỡng kim để mở tiếp điểm, dẫn đến ngắt mạch điều khiển công tắc tơ, làm cho công tắc tơ mất điện và mở tiếp điểm của nó ra.

Rơ le nhiệt có thể làm việc tin cậy để bảo vệ động cơ điện chỉ khi rơ le nhiệt cùng chung với môi trường làm việc của động cơ điện. Tuy nhiên để đạt được yêu cầu trên trong thực tế sẽ gặp khó khăn. Rơ le nhiệt dùng để bảo vệ cho động cơ chỉ có ý nghĩa khi động cơ làm việc liên tục. Còn đối với động cơ chế độ làm việc ngắn hạn lặp lại, dùng rơ le nhiệt bảo vệ cho động cơ không hiệu quả. Do vậy theo nguyên tắc làm việc của rơ le nhiệt, những trường hợp sau đây không dùng rơ le

nhiệt để bảo vệ cho động cơ : động cơ ở cầu trục, động cơ truyền động thay đổi nhanh ở máy cán kim loại, đặc biệt không nên đặt rơ le nhiệt ở cùng với buồng lạnh, buồng nóng gần lò điện trở, gần các chỉnh lưu...Đặc tính làm việc của rơ le nhiệt được biểu thị ở hình 3-6.



Hình 3-6. Đặc tính làm việc của rơ le nhiệt RN.

Khi tăng dòng điện vào rơ le lớn hơn dòng điện định mức của rơ le  $I_{đmRN}$  tới 20%, rơ le sẽ khởi động với thời gian khoảng 20 ÷ 30 phút, điều kiện này làm cơ sở cho việc lựa chọn dòng điện khởi động cho rơ le.

Dòng điện khởi động của rơ le nhiệt được xác định như sau :

$$I_{kđ} \geq I_{đmRN} \approx I_{đmđ/c} \tag{3-11}$$

Trong đó :  $I_{đmRN}$  : dòng điện định mức của rơ le nhiệt

$I_{đmđ/c}$  : dòng điện định mức của động cơ điện được bảo vệ.

Ngoài ra khi tính dòng điện khởi động tính toán  $I_{kđ}$  còn phải kể đến nhiệt độ môi trường xung quanh mà rơ le nhiệt thường xuyên làm việc. Dòng điện định mức của rơ le nhiệt ở nhiệt độ  $t^{\circ}C$  được xác định :

$$\tag{3-12}$$

Ở đây  $t^{\circ}C$  là nhiệt độ môi trường xung quanh.

Từ công thức 3-11 ta có  $I_{đmRN} \approx I_{đmđ/c}$ , kết hợp công thức 3-12, dòng điện khởi động tính toán bằng :

$$I_{kdu(t^{\circ}C)} \geq I_{dmRN(t^{\circ}C)} = \frac{I_{dmđ/c}}{\sqrt{1,6 - 0,017t^{\circ}C}} \quad (3-13)$$

Việc tính toán dòng điện khởi động trên, rơ le nhiệt đảm bảo làm việc tin cậy khi dòng điện quá tải lớn hơn từ 15 ÷ 30%.

Nếu mạch điện động cơ có máy biến dòng, dòng điện khởi động tính toán có thể đến tỉ số biến đổi của máy biến dòng :

$$I'_{kdu} = \frac{I_{kdu}}{K} \quad (3-14)$$

Trong đó : K là tỉ số biến đổi của máy biến dòng. Công thức 3-14 chỉ áp dụng khi rơ le nhiệt lấy từ nguồn thứ cấp của máy biến dòng.

Rơ le nhiệt không bảo vệ cho động cơ chống các dạng sự cố ngắn mạch, nên để loại trừ sự cố này trong mạch điện động cơ phải đặt cầu chì hay áp tô mát.

*Ví dụ 3-3.* Lựa chọn rơ le nhiệt để bảo vệ động cơ, động cơ Đ<sub>1</sub> có công suất 1,7kW. Dòng điện định mức 3,7A ; động cơ Đ<sub>2</sub> có công suất 20kW, dòng điện định mức 38A. Hai động cơ này thường xuyên làm việc ở môi trường xung quanh 35<sup>o</sup>C. Động cơ Đ<sub>3</sub> có công suất 10kW, dòng điện định mức 21,5A đặt ở trong phòng có nhiệt độ làm việc 25<sup>o</sup>C. Tất cả các động cơ đã được lựa chọn thiết bị đóng cắt là công tắc tơ. Nhiệm vụ lựa chọn rơ le nhiệt được tính như sau :

Thường rơ le nhiệt thiết kế nhiệt độ làm việc ở 35<sup>o</sup>C, ở động cơ Đ<sub>1</sub> và Đ<sub>2</sub> nhiệt độ môi trường 35<sup>o</sup>C tương tự nhiệt độ làm việc của rơ le, nên không tính đến điều kiện hiệu chỉnh theo nhiệt độ.

- Động cơ Đ<sub>1</sub> có  $I_{dmđ/cD1} = 3,7A$  theo công thức 3-11, ta có :

$$I_{kdu} = \frac{3,7}{\sqrt{1,6 - 0,017 \cdot 35}} = 4,1A$$

Do đó :  $I_{dmRND1} = I_{dmđ/cD1} = 3,7A$ , chọn rơ le nhiệt có khoảng điều chỉnh 3,61A ÷ 3,9A.

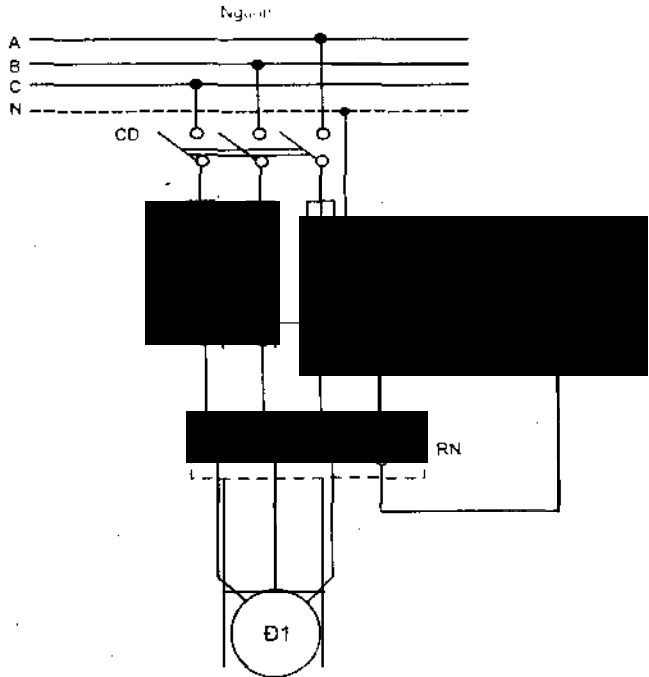
- Động cơ Đ<sub>2</sub> có  $I_{dmđ/cD2} = 38A$ . Chọn rơ le nhiệt có khoảng điều chỉnh từ 37A ÷ 45A.

- Động cơ Đ<sub>3</sub> đặt ở trong phòng có nhiệt độ làm việc 25<sup>o</sup>C, theo công thức 3-13 ta có :

$$I_{kdu} = \frac{21,5}{\sqrt{1,6 - 0,017 \cdot 25}} = 19,8A$$

Chọn rơ le nhiệt có khoảng điều chỉnh từ 18A ÷ 25A.

Sơ đồ hình 3-7 vẽ mạch điều khiển động cơ điện có sử dụng rơ le nhiệt RN. Sơ đồ này vẽ minh họa cho ví dụ 3-3, hai động cơ Đ<sub>2</sub> và Đ<sub>3</sub> vẽ cũng tương tự như động cơ Đ<sub>1</sub>. CD : cầu dao ; CC : cầu chì bảo vệ ngắn mạch ; RN : rơ le nhiệt. Khi dòng điện đi qua rơ le tăng cao hơn dòng điện định mức của rơ le. Sau một thời gian nhất định, rơ le RN mở tiếp điểm, cuộn dây K mất điện , khởi động từ KĐT mở ra, động cơ được bảo vệ. NC : nút cắt, ND : nút đóng bằng tay.



Hình 3-7. Sơ đồ điều khiển động cơ điện cho ví dụ 3-3 có sử dụng rơ le nhiệt.

### 3.6. BẢO VỆ ĐỘNG CƠ ĐIỆN DÙNG RƠ LE ĐIỆN TỬ

Để có thể sử dụng rơ le bảo vệ cho động cơ điện, các động cơ điện nhất thiết phải có khí cụ điện đóng cắt tự động như máy cắt điện hay công tắc tơ. Rơ le điện tử có nhiều loại, đa chức năng như bảo vệ quá dòng, chống mất 1 pha, kẹt rôto...

Dưới đây giới thiệu một loại rơ le quá dòng điện tử thông dụng trên thị trường dùng để bảo vệ các động cơ điện có hiệu quả.

- Các chức năng làm việc của rơ le :

- Bảo vệ quá dòng. Bảo vệ sẽ tác động khi dòng điện đi vào rơ le lớn hơn dòng điện đặt của rơ le với thời gian đặt ở bộ phận đặt thời gian "O-TIME".

- Bảo vệ mất pha. Khi mất 1 pha dòng điện trong cuộn dây động cơ tăng lên đến 150% hoặc cao hơn, dẫn đến làm tăng nhiệt độ cuộn dây, cách điện cuộn dây già cỗi, giảm tuổi thọ động cơ. Bảo vệ sẽ tác động với thời gian đặt "O-TIME".

- Bảo vệ kẹt rôto. Trường hợp này dòng điện tăng cao đột ngột, rơ le dòng điện cắt nhanh ở áp tô mát sẽ tác động, nếu áp tô mát không làm việc, chức năng bảo vệ kẹt rôto sẽ làm việc với thời gian "O-TIME + D-TIME".



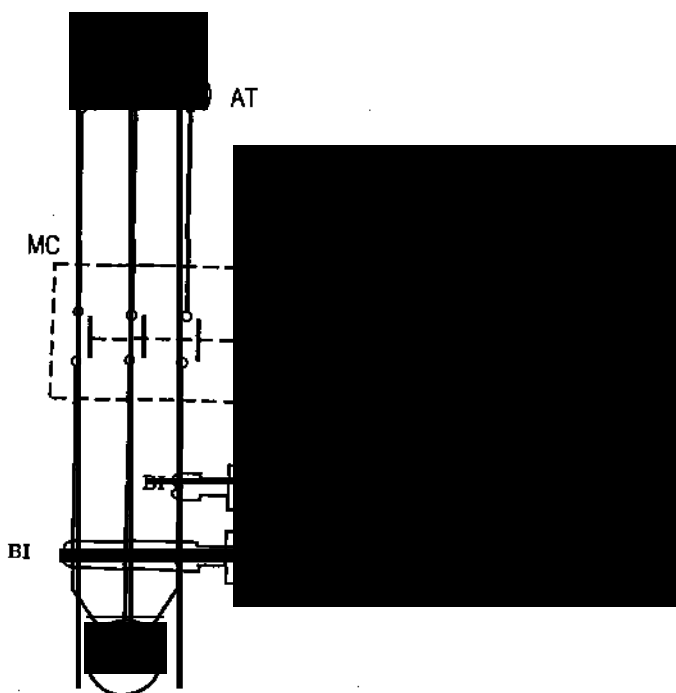
- Các chức năng khác.

Khi rơ le làm việc đèn LED màu xanh sáng lên. Rơ le tác động, đèn LED đỏ sẽ sáng lên. Khi tác động rơ le không tự trở về, muốn rơ le trở về ta ấn nút RESET hoặc ấn nút cắt, rơ le mất nguồn cung cấp cũng tự trở về. Muốn kiểm tra rơ le có làm việc hay không thì ấn nút TEST.

Hình 3-8 là rơ le điện tử, số 1 trên hình 3-8 gồm có 2 máy biến dòng để đưa dòng điện vào rơ le. Dòng điện sơ cấp được chế tạo với dòng điện từ 0,5A đến 60A. Với những động cơ công suất nhỏ có dòng điện định mức thấp hơn 60A có thể đưa trực tiếp dòng điện động cơ qua máy biến dòng. Còn những động cơ có dòng điện định mức lớn hơn 60A phải đặt thêm máy biến dòng, dòng điện thứ cấp của máy biến dòng sẽ đưa vào rơ le (hình 3-9). Số 4, số 5 ở hình 3-8 là bộ phận điều chỉnh thời gian đặt của rơ le. Số 6 là bộ phận điều chỉnh dòng điện đặt của rơ le.

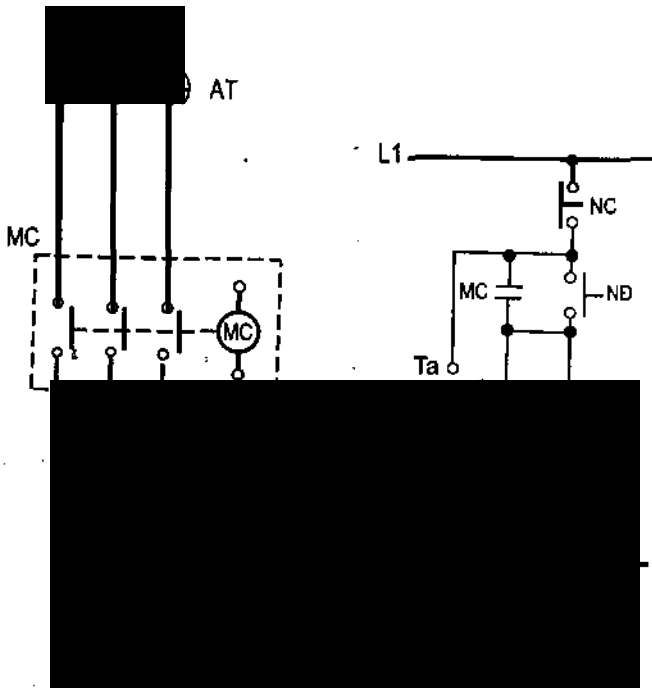


**Hình 3-8.** Rơ le dòng điện điện tử  
1. Máy biến dòng ; 2. LED màu xanh ; 3. LED màu đỏ ; 4. D-TIME ; 5. O-TIME ; 6. LOAD .



**Hình 3-9.** Sơ đồ nối dây rơ le điện tử qua máy biến dòng BI.

Sơ đồ nối dây bảo vệ động cơ dùng rơ le điện tử được thể hiện ở hình 3-10.



Hình 3-10. Sơ đồ nối dây trực tiếp dòng điện qua rơ le để bảo vệ động cơ.

Chức năng của rơ le dùng để bảo vệ quá tải, dòng điện khởi động của bảo vệ bằng:

$$(3-15)$$

Trong đó :  $K_m$  : hệ số an toàn lấy bằng  $1,3 \div 1,5$

$I_{dm\ d/c}$  : dòng điện định mức của động cơ

Thời gian của bảo vệ  $t_{bv} = 3s$

Để tránh bảo vệ tác động nhầm trong trường hợp động cơ mở máy kéo dài tải nặng, có thể kéo dài thời gian làm việc của bảo vệ lớn hơn thời gian mở máy của động cơ. Nếu việc kéo dài ảnh hưởng đến sự làm việc lâu dài của động cơ, phải tính toán thêm phần khoá bảo vệ khi động cơ khởi động, như nối ngắn mạch dòng điện vào động cơ hoặc dùng tiếp điểm nối song song với tiếp điểm của rơ le. Khi động cơ mở máy hoàn thành, sẽ mở khoá để cho bảo vệ làm việc.

Ví dụ 3-4. Chọn rơ le và tính dòng điện khởi động để bảo vệ động cơ không đồng bộ  $3 \times 380V$ ,  $7,5kW$ ,  $I_{dm\ d/c} = 19,3A$ .

Theo công thức 3-15, dòng điện khởi động của rơ le bằng :

$$I_{kđt} = K_m I_{dm\ d/c} = 1,4.19,3 = 27,02A$$

Thời gian của bảo vệ  $t_{bv} = 2s$

Với dòng điện khởi động tính toán, chọn rơ le điện tử có khoảng dòng điện làm việc từ 3÷30A. Thời gian làm việc 0÷10s. Sau khi chọn mua rơ le, mắc dây theo sơ đồ hình 3-10. Cài đặt 27A ở nút điều chỉnh LOAD và 2s ở nút điều chỉnh O-TIME.

### 3.7. BẢO VỆ ĐIỆN ÁP CỰC TIỂU

Như đã biết các động cơ không đồng bộ không cho phép làm việc ở điện áp thấp hơn điện áp định mức của động cơ với thời gian dài. Nếu điện áp thấp, động cơ phải đảm bảo đủ công suất, đương nhiên dòng điện của động cơ sẽ cao hơn định mức, làm phát nóng động cơ, nếu kéo dài sẽ gây nguy hiểm cho động cơ, nhất là ở các động cơ luôn luôn làm việc đầy tải.

Chức năng thứ hai của bảo vệ điện áp cực tiểu cho động cơ không đồng bộ tránh khỏi chế độ làm việc bất thường, khi điện áp lưới điện giảm dưới mức cho phép. Để duy trì chế độ làm việc ổn định của các động cơ quan trọng, bằng cách cắt bớt các động cơ ít quan trọng hơn khi điện áp lưới giảm, nhờ đó mà điện áp làm việc có thể tăng lên, mặt khác còn đảm bảo cho động cơ quan trọng có thể tự mở máy khi điện áp sụt trong khoảng thời gian ngắn. Các công tắc tơ và khởi động từ làm việc ổn định ở điện áp  $(0,85 \div 1,05)U_{dm}$ . Ở điện áp  $(0,4 \div 0,5) U_{dm}$  các công tắc tơ và khởi động từ tự mở tiếp điểm cắt mạch điện. Do vậy nếu để điện áp lưới giảm dưới mức  $0,5U_{dm}$  thì toàn bộ động cơ sẽ cắt điện, nếu trang bị toàn bộ động cơ, tự động đóng lại, dẫn đến đồng loạt động cơ mở máy, dòng điện tăng quá cao, làm giảm điện áp nhiều; điều này không cho phép. Do vậy không cho phép thiết kế trong trường hợp này tất cả các động cơ mở máy sau khi điện áp lưới giảm thấp, mà chỉ để các động cơ quan trọng tự mở máy trở lại.

Rơ le điện áp cực tiểu dùng để bảo vệ động cơ sử dụng loại điện tử, có ưu điểm kích thước nhỏ, tiêu thụ ít công suất; có nhiều chức năng như bảo vệ điện áp cực tiểu, điện áp cực đại, mất pha, ngược pha. Ở trường hợp mất pha, trong rơ le đã cài đặt sẵn thời gian cắt là 0,5s, ngược pha thời gian cắt là 0,5s và ở trường hợp không cân bằng pha thời gian rơ le tác động là 3s.

Điện áp khởi động của rơ le điện áp cực tiểu bằng:

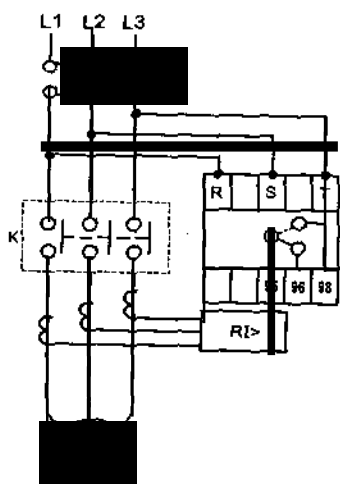
$$U_{kđ RUC} = (0,65 \div 0,85) U_{dm} \quad (3-16)$$

Trong đó:  $U_{dm}$  là điện áp định mức của lưới điện.

Thời gian làm việc của bảo vệ:  $t_{bv} = 1 \div 5s$ .

Hình 3-11 là rơ le điện áp điện tử.

Hình 3-12 biểu thị sơ đồ nối dây của rơ le để bảo vệ động cơ.



Hình 3-11. Sơ đồ nối dây bảo vệ điện áp cực tiểu.



Hình 3-12. Rơ le điện áp điện tử.

Ví dụ 3-5. Chọn rơ le điện áp và tính điện áp khởi động để bảo vệ động cơ không đồng bộ làm việc ở điện áp lưới  $3 \times 380V$

Điện áp khởi động của rơ le điện áp :  $U_{kdt} = 0,8 U_{dm} = 0,8 \times 380 = 304 V$

Thời gian làm việc của bảo vệ :  $t_{lv} = 3 s$ .

Từ điện áp khởi động tính toán, chọn rơ le điện áp có khoảng điều chỉnh  $300 \div 380V$ . Thời gian làm việc của rơ le từ  $1 \div 5 s$ .

Căn cứ vào  $U_{kdt} = 304V$ . Cài đặt ở vít điều chỉnh  $304V$  và thời gian đặt của rơ le là  $3s$ . Sơ đồ nối dây xem ở hình 3-11 và 3-12.

### CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Phương pháp tính và cách chọn cầu chì để bảo vệ động cơ điện.
2. Phương pháp tính và cách chọn rơ le nhiệt để bảo vệ quá tải cho động cơ điện.
3. Phương pháp tính và cách chọn áp tô mát để bảo vệ động cơ điện.
4. Phương pháp tính và cách chọn rơ le điện tử để bảo vệ quá tải và điện áp thấp cho động cơ điện.
5. So sánh ưu nhược điểm của mỗi phương pháp bảo vệ động cơ điện.

## Chương 4

# MÁY LẠNH

### 4.1. KHÁI NIỆM CHUNG VÀ PHÂN LOẠI

Có nhiều phương pháp làm lạnh khác nhau, mỗi phương pháp làm lạnh có nguyên lí làm việc và thiết bị riêng. Nhiều phương pháp làm lạnh chỉ có ý nghĩa về mặt lí thuyết, nhiều máy lạnh chỉ ứng dụng trong phạm vi phòng thí nghiệm. Chỉ có một số ít phương pháp làm lạnh có ý nghĩa thực tế và được ứng dụng rộng rãi trong sản xuất và trong đời sống. Chương 4 chủ yếu giới thiệu máy lạnh dùng trong gia đình, trong đó có tủ lạnh.

Tủ lạnh dùng trong gia đình là thiết bị hạ thấp nhiệt độ trong tủ, nhằm để bảo quản thực phẩm, thuốc men, rau quả hoặc làm nước đá phục vụ giải khát cho gia đình.

Hiện nay các tủ lạnh gia đình đều dùng năng lượng điện để làm lạnh, ở những nơi không có nguồn điện lưới quốc gia, có thể dùng loại tủ lạnh chạy bằng năng lượng nhiệt, hoặc nguồn điện một chiều (ắc quy...).

Thông thường vỏ tủ lạnh được chế tạo thành hai lớp, giữa 2 lớp có đệm chất cách nhiệt, hạn chế tối đa trao đổi nhiệt giữa trong và ngoài tủ. Chất làm lạnh trong tủ (tác nhân lạnh) giữ vai trò quan trọng và là phương tiện vận chuyển để tải nhiệt ở trong tủ ra bên ngoài tủ. Như vậy hệ thống làm lạnh của tủ lạnh phải có 2 phần trao đổi nhiệt : bộ phận thu nhiệt ở trong tủ (dàn lạnh) và bộ phận tỏa nhiệt ở bên ngoài tủ (dàn nóng).

Tùy theo nguyên tắc thu và tỏa nhiệt, tủ lạnh chia ra làm ba loại : loại khí nén, loại hấp thụ và loại cặp nhiệt điện.

#### *a) Tủ lạnh loại khí nén*

Ứng dụng hiện tượng thu nhiệt trong quá trình hóa khí sôi ở dàn bay hơi của khí freon đã hoá lỏng để làm lạnh, sau đó khí freon lại được đưa vào máy nén để chuyển thành freon dạng lỏng, chuẩn bị cho chu trình tiếp theo.

Tủ lạnh loại khí nén có năng suất cao, tốc độ làm lạnh nhanh, công suất lớn, nên được dùng phổ biến hiện nay. Tuy nhiên do phải dùng hệ động cơ - máy nén, nên tủ lạnh loại này làm việc ồn, hay hỏng hóc.

### b) Tủ lạnh loại hấp thụ

Ứng dụng hiện tượng thu nhiệt trong quá trình hoá hơi của amôniac. Chất hấp thụ là chất trung gian có thể là nước hay một chất nào khác hấp thụ amôniac, tạo thành dung dịch amôniac đậm đặc. Dung dịch này được nung nóng lên. Khi amôniac hấp thụ nhiệt, nó bốc hơi (sôi) tạo thành hơi amôniac áp suất cao. Hơi amôniac ở áp suất cao và nhiệt độ cao được dẫn vào dàn ngưng. Ở dàn ngưng (dàn nóng) có lắp nhiều cánh toả nhiệt, nên nhiệt độ của hơi amôniac giảm xuống nhanh chóng. Amôniac hoá lỏng, amôniac lỏng chảy vào dàn bay hơi (dàn lạnh). Tại dàn lạnh amôniac bay hơi và thu nhiệt ở dàn lạnh tạo thành buồng lạnh. Sau đó amôniac lại được chất lỏng hấp thụ để tạo thành amôniac dưới dạng dung dịch đậm đặc và chu trình sau lại tiếp diễn.

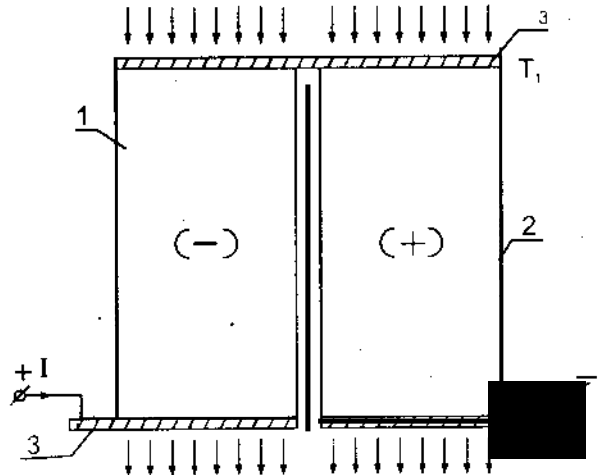
Tủ lạnh kiểu hấp thụ làm việc với năng suất thấp hơn kiểu khí nén, thời gian làm lạnh lâu, tiêu thụ năng lượng lớn hơn kiểu khí nén từ 1 ÷ 1,5 lần. Tuy nhiên do không có động cơ, tủ lạnh làm việc êm, tuổi thọ cao. Nguồn năng lượng sử dụng có thể bằng củi, dầu hoả, ga hoặc điện.

### c) Tủ lạnh loại cặp nhiệt điện

Ứng dụng hiệu ứng Peltier :  
Ông Peltier đã phát minh ra hiện tượng khi cho dòng điện đi qua hai kim loại hoặc hai chất bán dẫn có đặc tính dẫn điện khác nhau, tại chỗ tiếp xúc giữa hai kim loại đó xảy ra hiện tượng hấp thụ nhiệt. Hiện tượng đó gọi là hiệu ứng Peltier.

Người ta đã sử dụng hiệu ứng Peltier để làm máy lạnh. Nguyên lí hoạt động như sau :

Dùng hai chất bán dẫn : chất bán dẫn mà sự dẫn điện của nó là điện tử (-) và chất bán dẫn mà sự dẫn điện của nó là lỗ hổng (+), được nối với nhau bằng thanh đồng (hình 4-1). Chúng tạo thành



Hình 4-1. Sơ đồ cấu tạo cặp nhiệt điện dùng để làm máy lạnh :

1. Chất bán dẫn điện tử (-) ;
2. Chất bán dẫn lỗ hổng (+) ;
3. Thanh đồng.

cặp nhiệt điện. Nếu cho dòng điện một chiều đi từ tấm bán dẫn (-) sang tấm bán dẫn (+) thì đầu nối giữa hai tấm bán dẫn hấp thụ nhiệt (bị lạnh đi), còn đầu kia tỏa nhiệt. Lượng nhiệt mà đầu lạnh hấp thụ được  $Q_c$  được xác định theo công thức :

$$Q_c = (\alpha_1 - \alpha_2) IT_1 \quad (4-1)$$

Trong đó :

$\alpha_1, \alpha_2$  : hệ số Peltier

$I$  : cường độ dòng điện đi qua cặp nhiệt điện

$T_1$  : nhiệt độ đầu lạnh.

Do sự truyền nhiệt  $Q_c$  giữa đầu nóng với đầu lạnh và lượng nhiệt do sự phát sinh của hiệu ứng Jun  $Q_j$  khi dòng điện đi qua chất bán dẫn nên hiệu ứng lạnh thực tế có ích  $Q_h$  của đầu lạnh bằng :

$$Q_h = Q_c - (Q_j + Q_c) \quad (4-2)$$

Áp dụng hiện tượng này, có thể ghép nhiều cặp bán dẫn khác loại với nhau, đưa tất cả các đầu lạnh về một phía (dàn lạnh), các đầu nóng về một phía (dàn nóng) để chế tạo thành tủ lạnh.

Ưu điểm của tủ lạnh cặp nhiệt điện làm việc tin cậy, chạy êm, hiệu suất cao hơn loại hấp thụ. Có thể dùng nguồn điện ắc quy nên tủ lạnh có thể di động đặt trên ôtô... Tuy nhiên giá thành còn cao, hiệu suất và năng suất làm lạnh thấp hơn loại khí nên nên chưa được dùng rộng rãi.

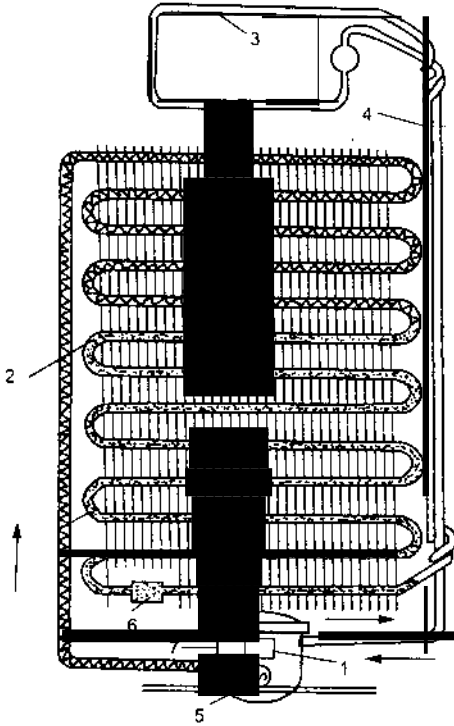
## 4.2. TỦ LẠNH GIA ĐÌNH

### 4.2.1. Nguyên lí làm việc của hệ thống lạnh loại khí nén

Hoạt động của hệ thống làm lạnh ở hình 4-2 như sau :

Khi máy nén làm việc, hơi của môi chất từ dàn bay hơi được hút vào máy nén, lượng hơi này được máy nén, nén lên đến áp suất 6 + 11 at. Do bị nén với áp suất cao, môi chất nóng lên và đi theo đường ống đến dàn ngưng. Dàn ngưng là ống dài uốn khúc có gắn các thanh tản nhiệt, nhằm tạo điều kiện đẩy nhanh quá trình tỏa nhiệt của môi chất ra ngoài không khí. Khi đó áp suất của môi chất vẫn còn cao. Tại dàn ngưng, môi chất được làm lạnh và hoá lỏng ở áp suất cao, vì thế dàn ngưng còn gọi là dàn nóng, nhiệt độ dàn ngưng bao giờ cũng cao hơn nhiệt độ môi trường khoảng từ 10 + 15°C. Môi chất lỏng ở dàn ngưng được đưa qua van tiết lưu. Van tiết lưu thực chất là một tiết diện thắt bé lại, khi môi chất lỏng qua nó bị giảm cả áp suất và nhiệt độ. Trong tủ lạnh gia đình, người ta thay van tiết lưu bằng ống mao dẫn. Khi môi chất lỏng đi qua ống mao dẫn tới dàn bay hơi, áp suất của nó giảm đột

ngọt và môi chất lỏng biến thành hơi ẩm, tức là hỗn hợp cả hơi và lỏng ở áp suất và nhiệt độ thấp. Hơi này đưa đến dàn bay hơi. Tại đây hơi ẩm sẽ sôi và nó hút nhiệt của các vật xung quanh thực hiện quá trình làm lạnh. Sau khi hút nhiệt và sôi, hỗn hợp hơi và lỏng hoàn toàn biến thành hơi và được máy nén hút về và lặp lại chu trình mới nén-hoá lỏng-bay hơi... Dàn ngưng tụ (dàn nóng) đặt ở ngoài tủ, dàn bay hơi (dàn lạnh) đặt ở trong tủ.



**Hình 4-2**

Sơ đồ hệ thống lạnh loại khí nén.

1. Máy nén ;
2. Dàn ngưng (dàn nóng) ;
3. Dàn bay hơi (dàn lạnh) ;
4. Ống mao ;
5. Động cơ điện ;
6. Phin lọc ;
7. Vỏ máy nén.

Thực chất, máy lạnh là một máy thu nhiệt, thực hiện quá trình hút nhiệt ở nguồn nhiệt độ thấp (ở dàn bay hơi) và nhả nhiệt cho nguồn có nhiệt độ cao hơn (dàn ngưng). Thực hiện quá trình này tiêu tốn năng lượng, đó là điện năng cho động cơ điện kéo máy nén làm việc.

Để đánh giá khả năng làm lạnh của tủ lạnh, người ta dùng khái niệm năng suất lạnh, tức là lượng nhiệt (kcal) mà máy hút được trong một đơn vị thời gian (giờ). Đơn vị năng suất lạnh (kcal/giờ).

Các máy lạnh khác nhau, có năng suất lạnh khác nhau. Nhưng với một máy lạnh, năng suất lạnh không phải là một trị số cố định, mà phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Nếu tăng nhiệt độ sôi và giảm nhiệt độ ngưng của môi chất thì năng suất của



máy lạnh sẽ tăng. Tất nhiên giảm nhiệt độ sôi, tăng nhiệt độ ngưng thì năng suất lạnh của máy lạnh giảm. Điều này cũng dễ hiểu vào mùa đông làm lạnh nhanh hơn mùa hè.

Năng suất làm lạnh của một máy lạnh thường được cho ở điều kiện tiêu chuẩn : nhiệt độ sôi  $t_s^o = -15^oC$ , nhiệt độ sôi là nhiệt độ của môi chất trong dàn bay hơi. Nhiệt độ ngưng  $t_k^o = 30^oC$ , nhiệt độ ngưng là nhiệt độ môi chất lỏng sau khi đã được ngưng trong dàn ngưng.

Tủ lạnh gia đình thường có năng suất lạnh ở điều kiện tiêu chuẩn khoảng từ 90÷200 kCal/giờ.

Đối với tủ lạnh gia đình, máy nén và động cơ được nối với nhau và được đặt trong một vỏ chung. Chỉ có các đầu ống và cực điện nối ra ngoài. Dùng phương pháp này khả năng rò rỉ môi chất ra ngoài ít hơn, nhưng dây quấn động cơ phải làm việc ở nhiệt độ cao trong môi trường dầu và khí freon .

#### 4.2.2. Môi chất lạnh và dầu bôi trơn

Trong tủ lạnh gia đình thường dùng là freon 12 (R12) có công thức hoá học  $CF_2CP_2$  là sản phẩm tổng hợp từ dầu mỏ. R12 là khí không màu, không độc ở nồng độ thấp. R12 chỉ độc khi nồng độ trong không khí lớn hơn 20% thể tích.

Ở áp suất khí quyển 1 at, R12 sôi ở  $-29,8^oC$  và đông thành đá ở  $-155^oC$ .

R12 trơ về hoá học, hầu như không tác dụng với bất kì kim loại nào, không dẫn điện ; khả năng rò rỉ qua các lỗ nhỏ trong kim loại cao hơn không khí nhiều. R12 có khả năng hoà tan các hợp chất hữu cơ và nhiều loại sơn, do đó dây quấn động cơ điện phải dùng loại sơn cách điện đặc biệt, không hoà tan trong R12.

R12 không hoà tan trong nước. Lượng nước cho phép trong tủ lạnh gia đình không quá 0,0006% theo khối lượng.

Ở điều kiện bình thường, R12 không độc, không ảnh hưởng gì tới chất lượng thực phẩm. Nhưng ở nhiệt độ cao hơn  $400^oC$ , R12 tiếp xúc trực tiếp với ngọn lửa bị phân huỷ thành hydroclorua và hydroflorua rất độc. Giữa áp suất và nhiệt độ sôi của R12 có quan hệ chặt chẽ với nhau.

R12 hoá lỏng và dầu bôi trơn hoà tan vào nhau không có giới hạn. Nhưng hơi R12 và dầu bôi trơn hoà tan vào nhau có giới hạn. Khi R12 hoà tan trong dầu bôi trơn, độ nhớt của dầu bôi trơn giảm xuống. Khi áp suất và nhiệt độ giảm thì độ hoà tan của hơi R12 trong dầu tăng lên.

Dầu bôi trơn trong máy nén, động cơ tủ lạnh gia đình không thể thay thế, bổ sung định kì được, hơn nữa dầu bôi trơn làm việc trong điều kiện R12 hoà tan nên dầu bôi trơn phải thoả mãn các yêu cầu đặc biệt : độ ổn định và độ nhớt cao, độ ẩm

thấp, nhiệt độ đông đặc và độ làm đục thấp. Độ ổn định cao của dầu bôi trơn là khả năng chống sự ôxy hoá của dầu cao, đó là yêu cầu đặc biệt quan trọng.

Dầu bôi trơn khô hút ẩm mạnh và dễ dàng hấp thụ nước trong không khí. Do đó khi bảo quản, vận chuyển dầu phải chứa trong thùng kín. Trước khi cho dầu vào tủ lạnh cần phải sấy dầu và kiểm tra kĩ đúng loại dầu sử dụng.

### **4.2.3. Máy nén của tủ lạnh gia đình**

#### **a) Nhiệm vụ của máy nén**

- Hút hết môi chất lạnh tạo ra ở dàn bay hơi, đồng thời duy trì áp suất cần thiết cho sự bay hơi ở nhiệt độ thấp.

- Nén môi chất ở trạng thái hơi từ áp suất bay hơi tới áp suất ngưng tụ và đẩy vào dàn ngưng.

- Phải đủ năng suất, khối lượng, lưu lượng môi chất qua máy nén, phù hợp với tải nhiệt của dàn bay hơi và dàn ngưng tụ.

#### **b) Yêu cầu của máy nén**

- Làm việc chắc chắn, ổn định, có tuổi thọ và độ tin cậy cao, có khả năng sản xuất hàng loạt.

- Hiệu suất làm việc cao.

- Khi làm việc phát sinh tiếng ồn ít nhất.

#### **c) Phân loại máy nén**

Hiện nay ở nước ta dùng rất nhiều loại tủ lạnh của nhiều hãng và nhiều nước khác nhau. Mỗi hãng, mỗi nước chế tạo máy nén có những đặc điểm khác nhau, nhưng về nguyên tắc cơ bản đều giống nhau.

Máy nén tủ lạnh gia đình dùng phổ biến nhất hiện nay là loại máy nén pittông có một hoặc hai xi lanh. Một số loại mới nhất máy nén pittông dùng cơ cấu tay quay thanh trượt. Ngoài ra còn có loại máy nén rôto, chủ yếu dùng cho máy điều hoà nhiệt độ, ít thấy trong tủ lạnh gia đình.

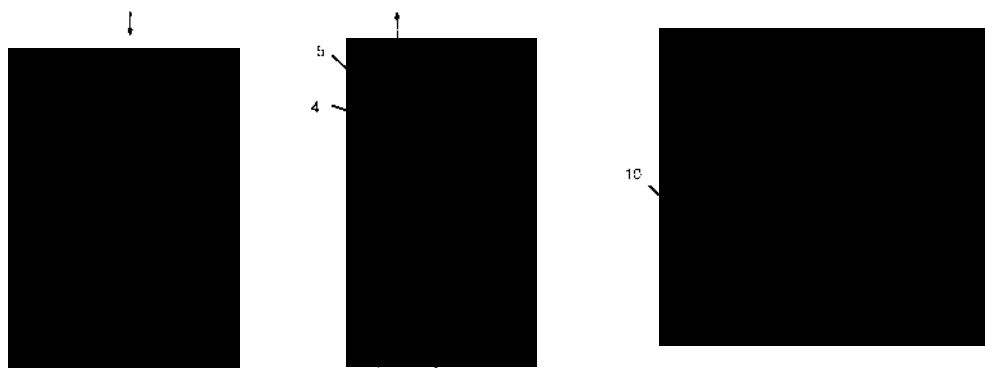
#### **d) Nguyên lí làm việc của máy nén**

- *Máy nén pittông dùng cơ cấu tay quay thanh trượt.*

Máy nén pittông dùng cơ cấu tay quay thanh trượt biến chuyển động quay của động cơ điện thành chuyển động tịnh tiến của pittông. Quá trình hút và nén thực hiện nhờ sự thay đổi thể tích của khoảng giữa pittông và xi lanh.

Hình 4-3 là sơ đồ máy nén pittông có cơ cấu tay quay thanh trượt. Sự làm việc của sơ đồ như sau :

Pít tông chuyển động lên xuống trong xi lanh. Khi pít tông di chuyển từ trên xuống dưới, áp suất khoang hút giảm, clape hút tự động mở ra do có sự chênh lệch áp suất, máy nén thực hiện quá trình hút. Khi pít tông đạt đến điểm chết dưới, quá trình hút kết thúc. Pít tông đổi hướng chuyển động lên phía trên, thực hiện quá trình nén. Khi áp suất trong xi lanh cao hơn áp suất trong khoang đẩy, clape đẩy tự động mở ra cho môi chất vào khoang đẩy. Quá trình đẩy hơi môi chất kết thúc khi xi lanh đạt điểm chết phía trên. Quá trình hút và nén lại lặp lại. Với tủ lạnh dùng môi chất freon 12 (R12), nhiệt độ sau khi ra khỏi máy nén khoảng trên 80°C.



**Hình 4-3.** Sơ đồ cơ cấu tay quay thanh truyền.

1. Xi lanh ; 2. Van hút ; 3. Tấm phẳng đặt van ; 4. Van đẩy ; 5. Nắp xi lanh ; 6. Pít tông ; 7. Chốt ;
8. Thanh truyền ; 9. Khuỷu ; 10. Gối đỡ trục.

Ưu điểm của máy nén pít tông là công nghệ gia công đơn giản, dễ bôi trơn, có thể đạt tỉ số nén pít tông :

$$n = \frac{P_k}{P_0} = 10 \quad (4-3)$$

Trong đó :

$n$  : tỉ số nén

$P_k$  : áp suất trên dàn ngưng tụ

$P_0$  : áp suất sau ống mao dẫn (dàn bay hơi).

Với tỉ số trên đúng cho một cấp nén.

Nhược điểm của máy nén pít tông là có nhiều chi tiết và cặp ma sát dễ mài mòn.

Máy nén pít tông ứng dụng rộng rãi trong tủ lạnh gia đình và cả máy lạnh có công suất lớn.

- Máy nén pít tông dùng cơ cấu thanh trượt.

Hình 4-4 là sơ đồ máy nén pittông dùng cơ cấu thanh trượt. Trên tay quay của trục lắp con chạy được đặt trong lồng và lồng đó nối cứng với pittông.



Hình 4-4. Sơ đồ máy nén pittông dùng cơ cấu thanh trượt.

Khi trục quay, chuyển động tròn của tay quay biến thành hai chuyển động quay-tịnh tiến của con chạy trong lồng và của pittông trong xi lanh. Tất cả các chi tiết của cơ cấu thanh trượt đều có dạng hình trụ, do đó đảm bảo sự chuyển dịch tự do của các chi tiết tiếp xúc với nhau, rất thích hợp với chuyển động vuông góc - song song của các chi tiết đối với xi lanh ; chế tạo dễ dàng hơn. Quá trình khác giống máy nén pittông sử dụng cơ cấu tay quay thanh trượt.

#### 4.2.4. Một số chỉ tiêu của tủ lạnh gia đình

Để đánh giá chất lượng của một tủ lạnh, người ta đưa ra một số chỉ tiêu đặc trưng sau đây :

*a) Chỉ tiêu đầu tiên mà người tiêu dùng quan tâm là khả năng bảo quản nhiều hay ít, tủ lớn hay bé, đó là dung tích chung của tủ lạnh*

Dung tích chung của tủ lạnh là thể tích giới hạn bởi các vách bên trong của tủ lạnh, khi đóng cửa và lấy hết những bộ phận tháo rời bên trong. Dung tích này do nhà chế tạo quy định. Với tủ lạnh gia đình, dung tích chung từ 40 lít đến 350 lít.

#### *b) Dung tích có ích*

Nếu lấy dung tích chung trừ đi thể tích của các bộ phận đặt trong tủ để làm khung, giá đỡ sản phẩm bảo quản, ta được dung tích có ích. Để đặc trưng cho dung tích có ích, người ta dùng hệ số sử dụng thể tích có ích kí hiệu là  $v$ , đó là tỉ số giữa dung tích có ích và dung tích chung :

$$v = \frac{V_i}{V_{ch}} \quad (4-4)$$

Trong đó :  $V_i$  : dung tích có ích

$V_{ch}$  : dung tích chung.

Hệ số này dao động trong khoảng  $0,8 \div 0,93$ .

### c) Kích thước và thể tích giới hạn

Bao gồm dung tích chung cộng với thể tích chỗ đặt máy, thể tích của vỏ và của chất cách nhiệt. Thể tích đặt máy chiếm khoảng 15÷25%, thể tích vỏ và chất cách nhiệt chiếm khoảng 20÷25% tổng thể tích giới hạn của tủ. Các dung tích chung, thể tích đặt máy, thể tích vỏ và cách nhiệt tạo thành kích thước và thể tích giới hạn của tủ lạnh.

### d) Dung tích của ngăn nhiệt độ thấp

Đây cũng là chỉ tiêu quan trọng của tủ lạnh. Trị số dung tích ngăn nhiệt độ thấp phụ thuộc vào dung tích chung của tủ lạnh. Để so sánh các tủ lạnh với nhau, người ta đưa ra đại lượng dung tích ngăn nhiệt độ thấp tương đối, đó là tỉ số giữa dung tích ngăn nhiệt độ thấp và dung tích chung của tủ lạnh :

$$\text{[Blank Box]} \quad (4-5)$$

Trong đó :

$v_1$  : tính bằng % là dung tích ngăn nhiệt độ thấp tương đối của tủ lạnh

$V_1$  : dung tích của ngăn nhiệt độ thấp của tủ lạnh

$V_{ch}$  : dung tích chung của tủ lạnh

### e) Khối lượng của tủ

Khối lượng của tủ phụ thuộc vào chất lượng vật liệu cách nhiệt, chất lượng vật liệu chế tạo các chi tiết cơ khí, điện, loại tủ, lớp tôn và nhựa làm vỏ tủ. Để so sánh các tủ lạnh với nhau, người ta dùng khối lượng riêng của tủ lạnh. Khối lượng riêng được tính là tỉ số giữa khối lượng tủ với dung tích chung của tủ :

$$\text{[Blank Box]} \quad (4-6)$$

Trong đó :

$v_2$  : khối lượng riêng của tủ lạnh

$M$  : khối lượng của tủ lạnh

$V_{ch}$  : thể tích chung của tủ lạnh.

Về nguyên tắc  $v_2$  càng bé càng tốt. Tỉ số này phụ thuộc vào nước sản xuất, có thể dao động trong khoảng 0,25 ÷ 0,44 kg/lít.

### g) Nhiệt độ trong tủ lạnh

Tùy thuộc vào nhà chế tạo, tủ lạnh có 3 cấp nhiệt độ của ngăn lạnh -6°C, -12°C và -18°C. Đây là nhiệt độ được quy định trong điều kiện tiêu chuẩn. Nhiệt độ trong

ngăn lạnh có thể thay đổi bằng cách điều chỉnh hộp số ngăn lạnh, ngoài ra còn phụ thuộc vào nhiệt độ không khí môi trường xung quanh.

Nhiệt độ phía dưới ngăn lạnh, phụ thuộc vào nhiệt độ của ngăn lạnh và mức đối lưu không khí trong tủ.

#### *h) Hệ số thời gian làm việc*

Tủ lạnh làm việc theo chu kì, máy nén có khoảng thời gian làm việc và khoảng thời gian ngừng. Tổng thời gian trong một chu kì khoảng 8÷12 phút. Nếu tính trong 1 giờ, vào khoảng từ 5÷8 chu kì trong một giờ.

Nếu gọi  $t_w$  là thời gian làm việc trong một chu kì và  $t_z$  là tổng thời gian cả chu kì (bao gồm thời gian làm việc  $t_w$  và thời gian ngừng  $t_n$ ), thì hệ số thời gian làm việc bằng :

$$b = \frac{t_w}{t_z} \quad (4-7)$$

Trị số hệ số thời gian làm việc phụ thuộc vào chế độ nhiệt trong ngăn lạnh và phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường xung quanh. Khi so sánh tủ lạnh với nhau, nếu cùng một chế độ nhiệt trong ngăn lạnh và nhiệt độ môi trường xung quanh, hệ số b càng bé thì chất lượng tủ lạnh càng tốt.

#### *i) Tiêu hao điện năng*

Điện năng tiêu hao chủ yếu là do động cơ điện kéo máy nén, năng lượng tiêu hao không cố định, phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Khi nhiệt độ trong ngăn lạnh càng thấp, hệ số thời gian làm việc càng dài, nhiệt độ không khí xung quanh càng cao thì tiêu hao điện năng càng lớn. Điện trở xả đá...cũng góp phần tiêu hao điện năng.

#### *k) Hình dáng, thẩm mỹ*

Ngoài các chỉ tiêu cơ bản trên, khi xem xét tủ lạnh còn chú ý đến một số chỉ tiêu khác như : hình dáng, độ thẩm mỹ, độ khép kín, màu sắc, đặc biệt là tiếng ồn gây ra từ máy nén...

### **4.2.5. Dàn ngưng**

#### *a) Sự làm việc của dàn ngưng*

Dàn ngưng hay còn là dàn nóng là thiết bị trao đổi nhiệt giữa một bên là môi chất lạnh ngưng tụ truyền nhiệt cho môi trường xung quanh. Trong quá trình thải nhiệt, môi chất lạnh từ dạng hơi biến thành dạng lỏng áp suất cao, áp suất này phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường xung quanh. Nếu nhiệt độ môi trường cao thì áp suất môi chất ở dàn ngưng càng cao. Ở nước ta nhiệt độ không khí dao động trong khoảng 8°C ÷ 40°C, áp suất dàn ngưng nằm trong khoảng 7 ÷ 10at.

Lượng nhiệt thải qua dàn ngưng đúng bằng lượng nhiệt mà dàn bay hơi (dàn lạnh) thu ở trong tủ cộng với điện năng tiêu thụ cho máy nén. Tủ lạnh gia đình đa số có dàn ngưng làm mát bằng không khí đối lưu tự nhiên. Một số ít tủ lạnh gia đình và tủ lạnh thương nghiệp có dàn ngưng làm mát bằng không khí cưỡng bức.

#### *b) Yêu cầu đối với dàn ngưng*

- Phải có khả năng toả nhiệt phù hợp với năng suất lạnh của máy nén trong điều kiện làm việc đã cho ;

- Bề mặt trao đổi nhiệt phải đủ và tốt ;
- Sự tiếp xúc giữa cánh tản nhiệt và ống dẫn môi chất phải tốt ;
- Chịu được áp suất và nhiệt độ cao, không bị ăn mòn ;
- Tuần hoàn không khí phải tốt ;
- Công nghệ chế tạo đơn giản, bảo dưỡng, sửa chữa thuận lợi, dễ dàng, giá thành hạ.

#### *c) Vị trí lắp đặt của dàn ngưng*

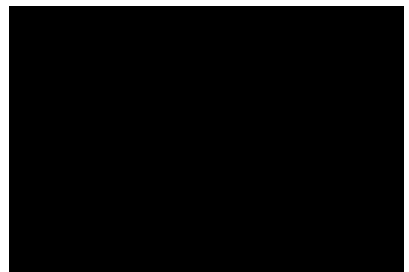
Dàn ngưng của tủ lạnh, đầu vào được lắp vào đầu đẩy của máy nén, đầu môi chất lỏng ra được lắp vào phin sấy lọc trước khi nối vào ống mao.

Dàn ngưng được lắp đặt sau tủ lạnh, dàn được bố trí sao cho việc đối lưu không khí là tốt nhất, để dàn ngưng thải nhiệt được dễ dàng.

#### *d) Cấu tạo của dàn ngưng*

Hình 4-5 là sơ đồ cấu tạo dàn ngưng của tủ lạnh nén hơi, gồm ống thép có đường kính cỡ  $\Phi 5$  với cánh tản nhiệt làm bằng dây thép cỡ  $\Phi = 1,2 \div 2$ . Môi chất đi từ trên dàn ngưng xuống, không khí đối lưu tự nhiên đi từ dưới dàn ngưng lên. Thực hiện trao đổi nhiệt ngược dòng.

Ngoài loại dàn ngưng bằng các dàn ống thép còn có loại dàn ngưng làm bằng các tấm nhôm. Các dàn ngưng này được chế tạo từ hai lá nhôm dày 1,5mm, cán dính lại với nhau, ở giữa có các rãnh cho môi chất lưu thông thay cho các ống. Khoảng giữa các rãnh có đập các khe hở để nâng cao khả năng đối lưu không khí qua dàn. Do hệ số truyền nhiệt của tấm nhôm lớn, do tạo được bề mặt trao đổi nhiệt lớn, nên loại dàn ngưng này gọn nhẹ hơn các loại dàn ngưng khác.



*Hình 4-5. Sơ đồ cấu tạo dàn ngưng.*

Hiện nay các dàn ngưng thường được bố trí ở bên trong vỏ tủ đặt phía sau hoặc cả hai bên sườn tủ, nên không thể nhìn thấy dàn ngưng. Khi đặt dàn ngưng, nên đặt

ngiêng  $5^\circ$  so với vị trí thẳng đứng để tránh hiện tượng dòng không khí nóng ở ống phía dưới lại bao bọc ống phía trên. Khoảng cách gần tù hơn của dàn ngưng ở phía dưới và khoảng cách xa hơn của dàn ngưng ở phía trên.

#### **4.2.6. Dàn bay hơi**

##### **a) Sự làm việc của dàn bay hơi**

Dàn bay hơi (dàn lạnh) là thiết bị trao đổi nhiệt, giữa một bên là môi chất lạnh sôi và một bên là môi trường cần làm lạnh như không khí, nước hoặc sản phẩm cần bảo quản. Dàn bay hơi thu nhiệt của môi trường lạnh cấp cho môi chất lạnh, sôi ở nhiệt độ thấp và áp suất thấp. Thường nhiệt độ sôi của môi chất trong dàn bay hơi từ  $-20^\circ\text{C} \div -15^\circ\text{C}$  tương ứng với áp suất  $1,5 \div 1,9 \text{at}$ . Sự trao đổi nhiệt giữa không khí trong tủ lạnh và dàn bay hơi có thể do đối lưu tự nhiên hoặc đối lưu cưỡng bức (dùng quạt khuấy không khí). Thực tế phần lớn các tủ dùng đối lưu tự nhiên.

##### **b) Yêu cầu đối với dàn bay hơi**

- Dàn bay hơi phải đảm bảo khả năng thu nhiệt của môi trường phù hợp với năng suất lạnh của máy ;

- Bề mặt trao đổi nhiệt tốt ;

- Tiếp xúc giữa sản phẩm bảo quản và dàn tốt ;

- Không bị ăn mòn do môi chất và không khí xung quanh ;

- Chịu được áp suất máy nén ;

- Công nghệ chế tạo đơn giản, làm việc tin cậy, khả năng bảo dưỡng, sửa chữa dễ dàng.

##### **c) Vị trí lắp đặt dàn bay hơi**

Dàn bay hơi đặt ở phía trên, trong phần dung tích có ích của tủ lạnh. Đặt dàn bay hơi phía trên, đảm bảo cho sự đối lưu tự nhiên của không khí ở phía trong tủ được tốt, các phần còn lại của không gian có ích không có dàn bay hơi cũng được làm lạnh, tạo nên các khoang trong tủ lạnh có nhiệt độ khác nhau.

Dàn bay hơi được nối với ống mao hoặc van tiết lưu theo chiều chuyển động của môi chất lạnh và máy nén trong hệ thống lạnh.

##### **d) Cấu tạo dàn bay hơi**

Hình 4-6 là sơ đồ cấu tạo dàn bay hơi. Dàn bay hơi được chế tạo bằng vật liệu không bị ăn mòn hoặc có thể phủ trên bề mặt một lớp chống ăn mòn, lớp đó không ảnh hưởng đến phẩm chất thực phẩm bảo quản trong đó.

Dàn bay hơi kiểu tấm bằng nhôm được dùng rộng rãi vì nhôm là vật liệu có độ dẫn nhiệt cao, dễ gia công, giá thành hạ. Các tấm nhôm dày  $3 \div 4 \text{mm}$  được làm

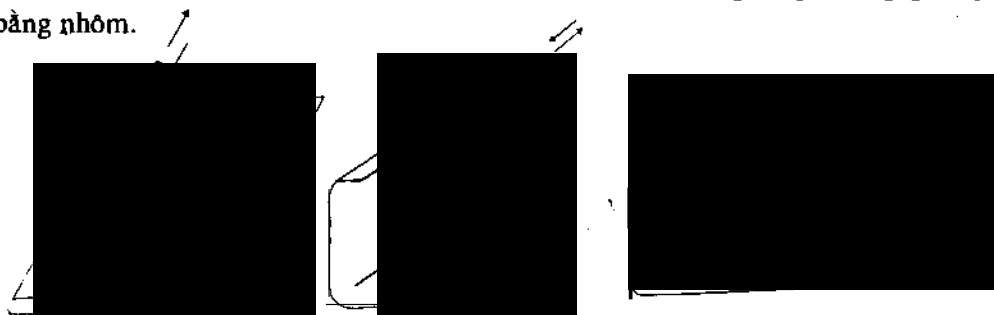


sạch bề mặt hết sức cẩn thận, trên mặt tấm, người ta dùng thuốc màu vẽ hình các rãnh môi chất theo thiết kế. Màu vẽ chống được sự khuếch tán của nhôm vào nhau khi cán. Sau khi vẽ hình, tấm nhôm được đưa vào buồng sấy đặc biệt. Sau khi sấy xong, đặt chống tấm nhôm không được đánh dấu lên trên và 2 tấm nhôm được gắn với nhau nhờ hàn điểm bằng điện ở một số chỗ. Sau đó mang đi cán, áp suất lớn ( $25\div 35\text{kg/mm}^2$ ) hai tấm nhôm dính liền với nhau, trừ các rãnh đã vẽ bằng thuốc màu. Người ta đặt tấm nhôm đã cán vào khuôn và bơm vào rãnh đã vẽ màu chất lỏng có áp suất lớn ( $80\div 100\text{at}$ ), rãnh sẽ nở ra có hình dáng và chiều cao theo yêu cầu.

Dàn bay hơi làm bằng thép không gỉ có công nghệ chế tạo khác hẳn, các tấm thép không gỉ được dập rãnh trước, sau đó ghép vào nhau và hàn kín xung quanh chỉ chừa 2 lỗ để nối ống mao và ống hút. Ở giữa người ta hàn chặm từng đoạn vì giữa các rãnh không yêu cầu kín hoàn toàn.

Hình 4-6a cho cấu tạo dàn bay hơi dạng ống tấm, dàn ống được ghép chặt lên tấm tản nhiệt, loại này được dùng trong các tủ đá khô hoặc tủ đá tự tạo.

Hình 4-6b, c cho cấu tạo của dàn bay hơi kiểu tấm bằng thép không gỉ hay bằng nhôm.



Hình 4-6. Sơ đồ cấu tạo dàn bay hơi (dàn lạnh).

Ưu điểm của dàn bay hơi bằng nhôm có công nghệ chế tạo dễ dàng, khả năng tự động hoá dây chuyền sản xuất cao, giá thành rẻ, hệ số truyền nhiệt lớn nên gọn, nhẹ. Việc bố trí các rãnh môi chất rất dễ dàng, đa dạng. Dàn bay hơi tấm nhôm cho dung tích ở ngăn đông lạnh lớn và dễ dàng bố trí dàn trong tủ lạnh.

Nhược điểm của dàn bay hơi bằng nhôm là dễ han gỉ, nên cần bảo vệ cẩn thận chống han gỉ. Cần phải xử lý tránh oxy hoá anốt (mối nối giữa dàn bay hơi với ống mao và ống hút). Cần bảo vệ đầu nối không bị thấm ướt để chống ăn mòn điện phân, phá huỷ phần nhôm. Để bảo vệ đầu nối chống ẩm, bằng cách bọc những lớp nilon mỏng hoặc nhựa quanh đầu nối. Công việc hàn nhôm cũng khó hơn hàn đồng. Nhôm bị metanol ăn mòn, nên không dùng metanol để chống ẩm cho tủ lạnh.

#### 4.2.7. Ống mao

##### a) Sự làm việc và yêu cầu của ống mao

Ống mao dùng để hạ áp suất của dòng môi chất lỏng lạnh, từ áp suất ngưng tụ ở dàn ngưng xuống áp suất thấp ở dàn bay hơi, tương ứng với nhiệt độ sôi cần thiết.

- Yêu cầu ống mao là cung cấp và điều chỉnh đủ lượng môi chất lỏng cho dàn bay hơi, phù hợp với tải nhiệt của dàn bay hơi.

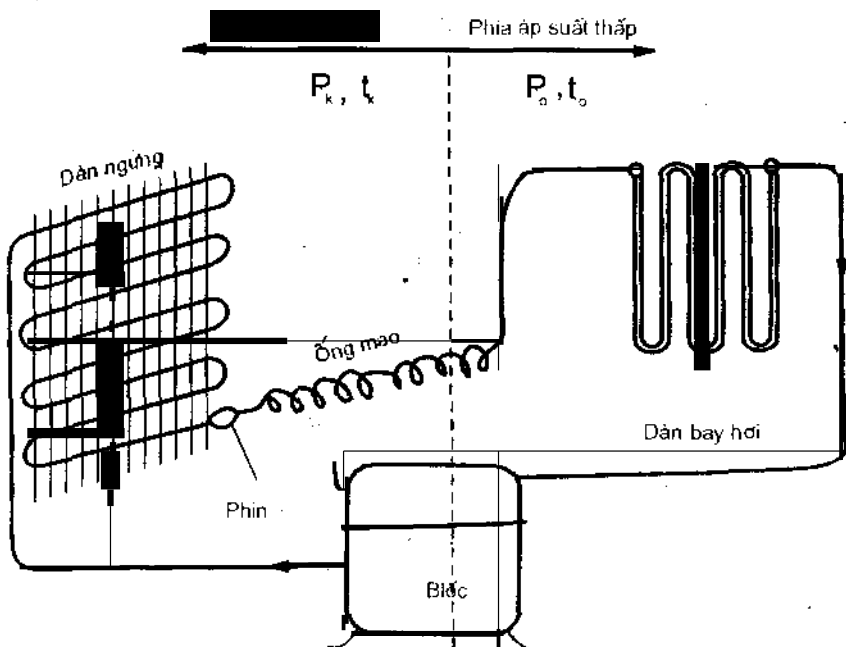
- Duy trì áp suất bay hơi ổn định và sự chênh lệch áp suất giữa dàn bay hơi và dàn ngưng tụ.

### b) Vị trí lắp đặt ống mao

Nếu có phin lọc, thứ tự lắp đặt các thiết bị theo chiều chuyển động môi chất như sau : dàn ngưng, phin lọc, ống mao, dàn bay hơi.

### c) Cấu tạo ống mao

Ống mao hay còn gọi là ống capile có cấu tạo đơn giản, là đoạn ống có đường kính rất nhỏ từ 0,5-5mm và được đặt trên đoạn giữa dàn ngưng tụ và dàn bay hơi (hình 4-7).



Hình 4-7. Sơ đồ ống mao trong vị trí tủ lạnh.

Ống mao đóng vai trò như một van tiết lưu, khi chất lỏng đi qua nó, áp suất và nhiệt độ môi chất giảm xuống. Kích thước, thông lượng của ống mao phải đủ đảm bảo bằng năng suất khối lượng của máy nén. Do đó khi cần phải thay ống mao, không thể tùy tiện thay bất kì loại ống mao nào với kích thước dài, ngắn tùy ý được vì ống mao không thể điều chỉnh được.

So với van tiết lưu, ống mao có những ưu điểm sau đây :

- *Ưu điểm* : rất đơn giản, không có chi tiết chuyển động, nên làm việc đảm bảo, độ tin cậy cao, không cần bình chứa. Sau khi máy nén ngừng làm việc vài phút, áp suất sẽ cân bằng giữa đầu đẩy và đầu hút, nên động cơ điện khởi động dễ dàng.

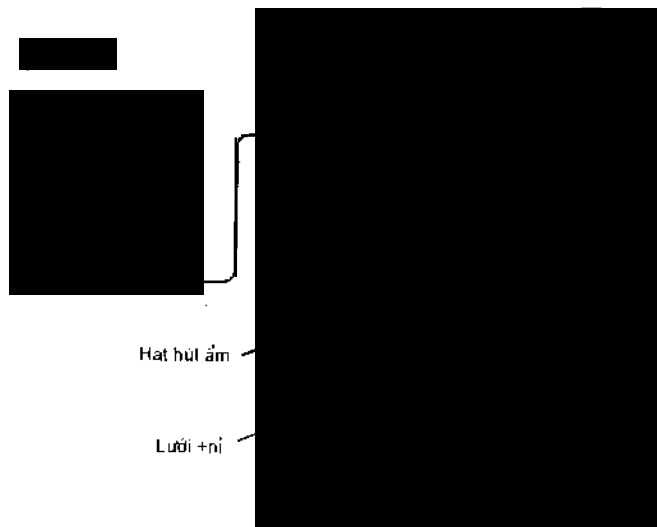
- *Nhược điểm* : dễ tắc bần, tắc ẩm, khó xác định độ dài ống, không tự điều chỉnh được theo các chế độ làm việc khác nhau, cho nên chỉ sử dụng cho các hệ thống lạnh có công suất nhỏ.

#### 4.2.8. Phin sấy và các thiết bị phụ khác

a) Phin sấy là thiết bị lắp vào hệ thống lạnh để hút ẩm (hơi nước) còn sót lại trong vòng tuần hoàn của môi chất lạnh. Ẩm là kẻ thù nguy hiểm nhất của hệ thống lạnh. Khi lắp ráp hoặc sau khi sửa chữa, dù cẩn thận đến đâu, trong hệ thống lạnh vẫn còn sót lại một chút hơi ẩm. Hơi ẩm trong tủ lạnh không những gây ra tắc ẩm, còn kết hợp với dầu bôi trơn và môi chất tạo ra khí không ngưng tụ, tạo ra axit ăn mòn các chi tiết.

Ở cửa ra của van tiết lưu hoặc ống mao, khi áp suất đột ngột giảm xuống  $P_0$ , tương ứng nhiệt độ đột ngột giảm xuống  $t_0^{\circ}\text{C}$  (dưới  $0^{\circ}\text{C}$ ) hơi ẩm sẽ đông thành đá bịt kín lối ra của môi chất lạnh, làm cho hệ thống mất lạnh hoàn toàn. Hiện tượng trên gọi là tắc ẩm. Ở tủ lạnh gia đình chỉ 15mg ẩm cũng đủ gây tắc ẩm hoàn toàn.

Hình 4-8 là sơ đồ cấu tạo phin sấy gồm một vỏ hình trụ bằng đồng hay thép, bên trong có lưới chặn và đệm thêm lớp nỉ hoặc dạ, ở giữa có các hạt hút ẩm như silicagel hoặc zeolit. Vì phin sấy bao giờ cũng có lưới chặn nên nó làm cả nhiệm vụ phin lọc. Phin sấy được lắp cho cả các hệ thống lạnh có nhiệt độ bay hơi thấp hơn  $0^{\circ}\text{C}$ . Phin



Hình 4-8. Sơ đồ cấu tạo phin sấy và vị trí của phin sấy trong hệ thống lạnh.

sấy được lắp ở cuối dàn ngưng, trước van tiết lưu hay ống mao hoặc ở cuối dàn bay hơi trước khi về máy nén.

Tuyệt đối không được cho cồn metanol vào hệ thống lạnh để chống tắc ẩm, vì cồn metanol ăn mòn nhôm và phá huỷ sơn cách điện của dây quấn động cơ điện, tạo axit ăn mòn chi tiết khác.

### **b) Phin lọc**

Phin lọc dùng để lọc bụi cơ học ra khỏi vòng tuần hoàn môi chất lạnh như cát, bụi, xỉ, vẩy hàn, hạt sắt, kim loại... để tránh tắc bẩn và tránh hỏng hóc máy nén cùng các chi tiết chuyển động khác.

Hình 4-9 vẽ cấu tạo phin lọc gồm vỏ hình trụ, bên trong đặt lưới lọc hoặc loại gốm kim loại có khả năng lọc bụi. Phin lọc thường sử dụng cho các hệ thống lạnh, có nhiệt độ bay hơi lớn hơn  $0^{\circ}\text{C}$  như máy điều hoà nhiệt độ. Khi nhiệt độ bay hơi nhỏ hơn  $0^{\circ}\text{C}$ , thường dùng phin lọc kết hợp với sấy lọc.

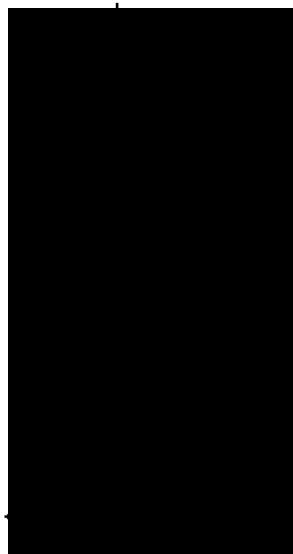
### **c) Chất chống đông**

Để tránh hiện tượng đông đá làm tắc ống mao, người ta dùng một số chất chống đông, phổ biến nhất dùng rượu metyl ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), bằng cách cho vào hệ thống khoảng 1÷2% rượu metyl so với lượng môi chất có trong hệ thống lạnh đã được khử ẩm.

Rượu metyl rất độc, dễ bay hơi, nên sử dụng phải cẩn thận. Rượu metyl đưa vào hệ thống lạnh, không có khả năng hút ẩm ra khỏi tủ lạnh mà chỉ có tác dụng hoà tan với nước làm giảm nhiệt độ đông thành đá của nước. Như vậy khi cho rượu metyl vào, hơi ẩm vẫn hoàn toàn có trong hệ thống.

Rượu metyl nguyên chất không có tác dụng ăn mòn phần lớn kim loại. Trong môi trường nước, dầu, freon, rượu metyl cũng có tác dụng ăn mòn kim loại nhất định, nhưng không đáng kể. Chỉ có nhôm, khi tác dụng với rượu metyl tạo thành metylát nhôm. Do đó trong tủ lạnh có dàn nhôm thì không cho rượu metyl vào làm chất chống đông.

Nói chung trong tủ lạnh, người ta ít dùng chất chống đông. Dù trong tủ lạnh có thiết bị hút ẩm, phin lọc hay chất chống đông, khi lắp ráp, sửa chữa các bộ phận của tủ lạnh, cũng cần giữ hết sức sạch sẽ và làm khô kể cả dầu bôi trơn và môi chất trước khi nạp vào tủ.



Hình 4-9. Sơ đồ cấu tạo phin lọc.

#### 4.2.9. Động cơ điện

Động cơ truyền động cho máy nén trong tủ lạnh thường là động cơ điện. Động cơ điện và máy nén được đặt trong một vỏ chung gọi là lốc (blocs) của tủ lạnh.

Yêu cầu đối với động cơ điện, vật liệu cách điện của dây quấn và vật liệu phụ, không phản ứng hoá học với môi chất freon R12, với dầu bôi trơn ; vì trong quá trình làm việc động cơ được ngâm trong môi chất và dầu.

Cách điện của dây quấn động cơ phải chịu được nhiệt độ cao, khi động cơ, máy nén làm việc, nhiệt độ có thể lên đến  $100^{\circ}\text{C}$ . Các dây émay bình thường không chịu được nhiệt độ này.

Động cơ cần có kết cấu gọn, đơn giản, độ bền cao, tuổi thọ động cơ từ 15÷20 năm, động cơ thích ứng ở chế độ làm việc khác nhau của máy nén, điện áp làm việc của động cơ phù hợp với điện áp lưới điện, có mô men mở máy đủ lớn, dòng điện khởi động không quá lớn.

Cấu tạo động cơ dùng cho tủ lạnh gia đình là động cơ không đồng bộ một pha rôto lồng sóc. Phần tĩnh (stato) có 2 cuộn dây : cuộn làm việc và cuộn khởi động. Cuộn làm việc của tất cả động cơ tủ lạnh quấn giống nhau và làm việc lâu dài ở điện áp định mức lưới điện. Cuộn khởi động có hai loại : loại thứ nhất dùng điện trở phụ mắc nối tiếp với cuộn khởi động để tạo mô men mở máy, thực tế chỉ cần tính toán sao cho bản thân dây quấn khởi động có điện trở tương đối lớn là được. Sau khi khởi động động cơ xong, dây quấn khởi động được cắt ra khỏi lưới điện. Mômen mở máy ở trường hợp này tương đối nhỏ.

Loại thứ hai dùng tụ điện mắc nối tiếp với cuộn dây khởi động, sau khi khởi động xong cắt tụ và cuộn dây khởi động ra khỏi lưới điện. Mômen mở máy khi dùng tụ điện lớn hơn mômen mở máy dùng điện trở phụ. Để tận dụng cuộn dây khởi động, tăng công suất động cơ một pha, sau khi khởi động xong không cắt tụ điện ra khỏi lưới điện, tụ điện ở trường hợp này vừa có nhiệm vụ tạo mô men khởi động và tăng cường thêm sự làm việc của động cơ. Do đó tụ điện được gọi là tụ làm việc. Để nâng cao mô men mở máy, người ta mắc song song với tụ làm việc một tụ khởi động, sau khi khởi động động cơ xong tụ khởi động được cắt ra khỏi lưới điện.

Nguồn điện cấp cho động cơ là nguồn xoay chiều, nên các tụ điện sử dụng phải là tụ dầu.

Mạch điện khởi động động cơ điện một pha xem ở chương 7.

#### 4.2.10. Điều chỉnh nhiệt độ

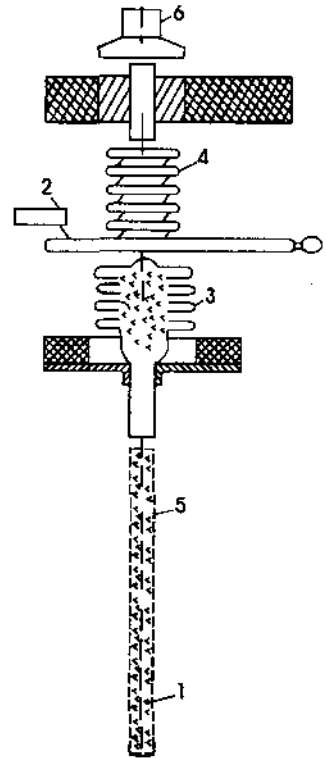
Đối với tủ lạnh gia đình, độ chính xác nhiệt độ trong tủ không yêu cầu cao, có thể dao động trong khoảng từ  $2\pm 5^{\circ}\text{C}$ . Tuy nhiên yêu cầu thiết bị điều chỉnh nhiệt độ phải đơn giản, làm việc chắc chắn, tin cậy, giá thành hạ.

Hình 4-10 là sơ đồ cấu tạo rơ le nhiệt độ được dùng phổ biến hiện nay. Rơ le nhiệt được lắp ở dàn bay hơi. Nên việc điều chỉnh nhiệt độ trong tủ là điều chỉnh nhiệt độ của dàn bay hơi.

Rơ le gồm ống xi phông 3. Ở đáy ống xi phông chịu tác dụng của áp suất chất khí chứa đầy trong phần tử cảm ứng 1 và ống nối 5. Còn đầu kia của xi phông chịu tác dụng của lò xo 4. Lò xo 4 có thể điều chỉnh sức căng nhờ núm điều chỉnh 6. Đáy của ống xi phông gắn công tắc điện 2. Công tắc 2 có thể đóng hoặc mở động cơ điện của máy nén.

Sự làm việc của rơ le nhiệt như sau. Khi nhiệt độ của dàn bay hơi thay đổi, làm cho nhiệt độ của đầu cảm ứng rơ le nhiệt thay đổi theo, khối khí chứa trong xi phông sẽ thay đổi áp suất dẫn đến đóng hay mở công tắc 2. Khi quay núm điều chỉnh, tức là thay đổi độ căng của lò xo 4, khi đó sự đóng mở công tắc 2 tương ứng với áp suất mới, nghĩa là tương ứng với nhiệt độ khác của dàn bay hơi.

Rơ le nhiệt chỉ tiếp xúc với dàn bay hơi ở đoạn cảm ứng, do đó ống nối nên bọc một lớp cách nhiệt mỏng ngăn cách ống nối với dàn bay hơi. Phần lớn tủ lạnh bộ phận cảm ứng của rơ le nhiệt được đặt phía trên dàn bay hơi.



Hình 4-10. Sơ đồ cấu tạo rơ le nhiệt độ (thermostat).

#### 4.2.11. Một số sơ đồ điện của tủ lạnh

Sơ đồ điện của tủ lạnh nói chung không phức tạp, nhưng phải đảm bảo sự làm việc liên tục, tin cậy, chắc chắn. Các rơ le tác động đóng mở mạch điện đóng vai trò của máy. Tùy loại máy mà có sơ đồ đi dây khác nhau. Tuy nhiên những phần cơ bản không khác nhau, điểm khác nhau chủ yếu của mỗi sơ đồ là sự phá tuyết ở dàn bay hơi.

##### a) Sơ đồ mạch điện đơn giản nhất của tủ lạnh

Các chi tiết xem sơ đồ hình 4-11. Sự làm việc của sơ đồ như sau :

Khi cắm phích 11 vào nguồn điện, dòng điện sẽ đi qua tiếp điểm 1 của rơ le nhiệt độ (thermostat), qua tiếp điểm 6 của rơ le nhiệt bảo vệ quá nhiệt, đi vào đầu cực R của cuộn làm việc 4 của động cơ, đi ra đầu chung C về nguồn. Cuộn dây 8 có dòng điện lớn, hút lõi thép 10, tiếp điểm 9 đóng lại, cuộn dây khởi động 5 có điện

và động cơ được khởi động. Khi động cơ khởi động hoàn thành, dòng điện khởi động giảm xuống, cuộn dây 8 không đủ lực hút lõi thép 10, nhà tiếp điểm 9, cuộn khởi động 5 được cắt ra khỏi lưới điện.

Rơ le nhiệt làm nhiệm vụ bảo vệ động cơ quá tải về nhiệt. Trong trường hợp động cơ khởi động quá lâu mà cũng không khởi động được hoặc lốc máy nhiệt độ cao quá  $100^{\circ}\text{C}$ , rơ le nhiệt 6 mở tiếp điểm, cắt động cơ ra khỏi lưới điện.

Khi tủ lạnh vận hành, nhiệt độ trong tủ lạnh đạt đến trị số yêu cầu (phụ thuộc vào vị trí núm điều chỉnh nhiệt độ), tiếp điểm rơ le nhiệt độ mở ra, động cơ điện ngừng hoạt động. Sau một khoảng thời gian nhiệt độ tủ lạnh tăng lên, nhưng không nhỏ hơn ba phút, rơ le nhiệt độ 1 lại đóng tiếp điểm, tủ lạnh lại làm việc bình thường.

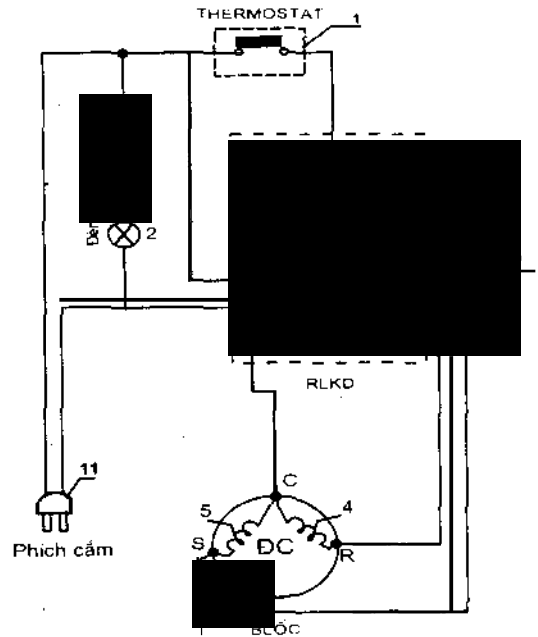
Khi mở cửa tủ lạnh, tiếp điểm 3 đóng lại, đèn 2 sáng lên chiếu sáng trong tủ lạnh.

Loại động cơ khởi động dùng tụ điện, chỉ cần mắc tụ điện ở giữa cực S và tiếp điểm 9.

Loại sơ đồ này đơn giản nhất, được dùng rộng rãi ở các tủ lạnh không có phá tuyết.

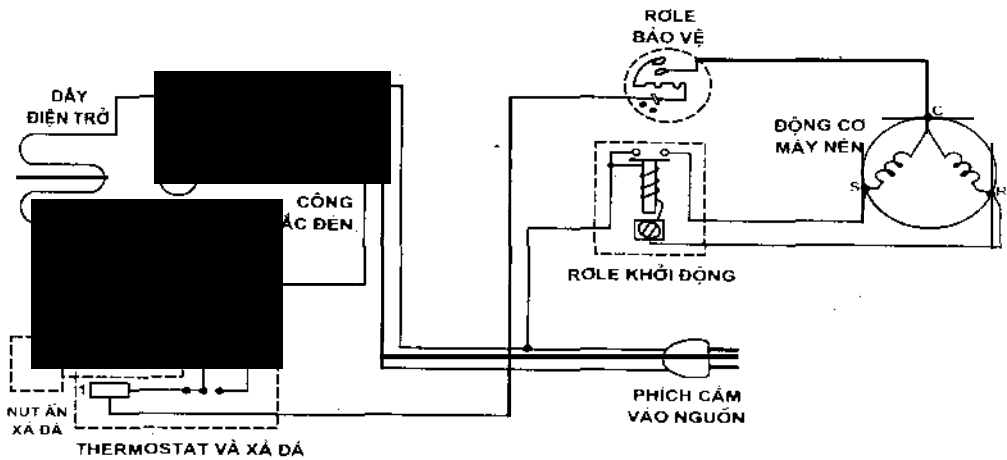
#### **b) Sơ đồ xả đá bán tự động bằng điện trở**

Hình 4-12 là sơ đồ xả đá tự động bằng điện trở, rơ le khởi động và rơ le nhiệt bảo vệ kiểu rời. Rơ le nhiệt độ (thermostat), dây điện trở xả đá, đèn chiếu sáng tủ, được nối chung với nhau. Phần còn lại giống ở sơ đồ hình 4-11.



**Hình 4-11.** Sơ đồ mạch điện tủ lạnh không có phá tuyết :

1. Rơ le nhiệt độ (thermostat) ;
2. Đèn chiếu sáng trong tủ lạnh ;
3. Công tắc cánh cửa tủ ;
4. Cuộn dây làm việc của động cơ điện ;
5. Cuộn dây khởi động của động cơ điện ;
6. Tiếp điểm rơ le nhiệt độ bảo vệ ;
7. Điện trở nung nóng của rơ le nhiệt ;
8. Cuộn dây của rơ le khởi động ;
9. Tiếp điểm của rơ le khởi động ;
10. Lõi thép của rơ le khởi động.

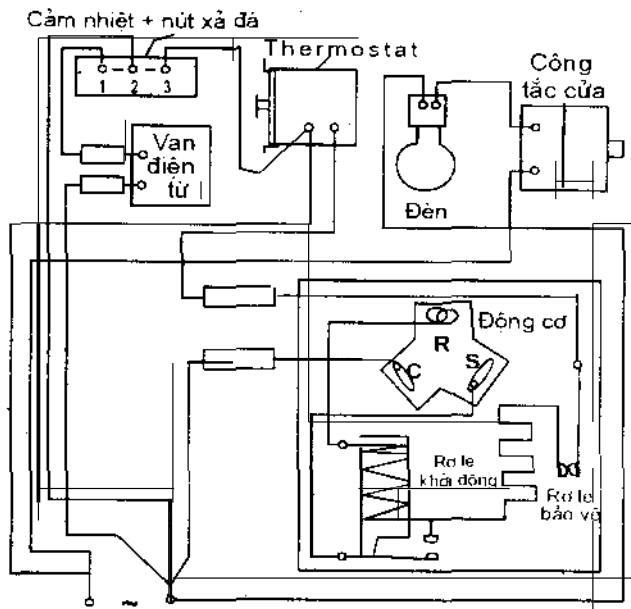


Hình 4-12. Sơ đồ xả đá bán tự động bằng điện trở.

Muốn xả đá phải ấn nút ấn xả đá ; khi đó sẽ đóng mạch dây điện trở và mở mạch động cơ điện của máy nén. Dây điện trở bị đốt nóng, dần bay hơi nóng lên, làm tuyết tan.

**c) Sơ đồ xả đá bán tự động bằng hơi nóng**

Hình 4-13 là sơ đồ điện tủ lạnh xả đá bán tự động bằng hơi nóng. Sự làm việc của sơ đồ như sau : Khi xả đá, ấn nút xả đá bằng tay, van điện từ mở, động cơ máy nén vẫn làm việc, hơi nóng không vào dàn ngưng mà đi tắt qua van điện từ vào dàn bay hơi, phá tuyết bám vào dàn. Khi nhiệt độ dàn tăng lên, báo hiệu đã xả đá xong, bộ phận cảm nhiệt của phần xả đá mở tiếp điểm, cắt nguồn điện vào van điện từ, van điện từ đóng lại, kết thúc quá trình xả đá, tủ lạnh trở lại làm việc bình thường.



Hình 4-13. Sơ đồ xả đá bán tự động bằng hơi nóng.

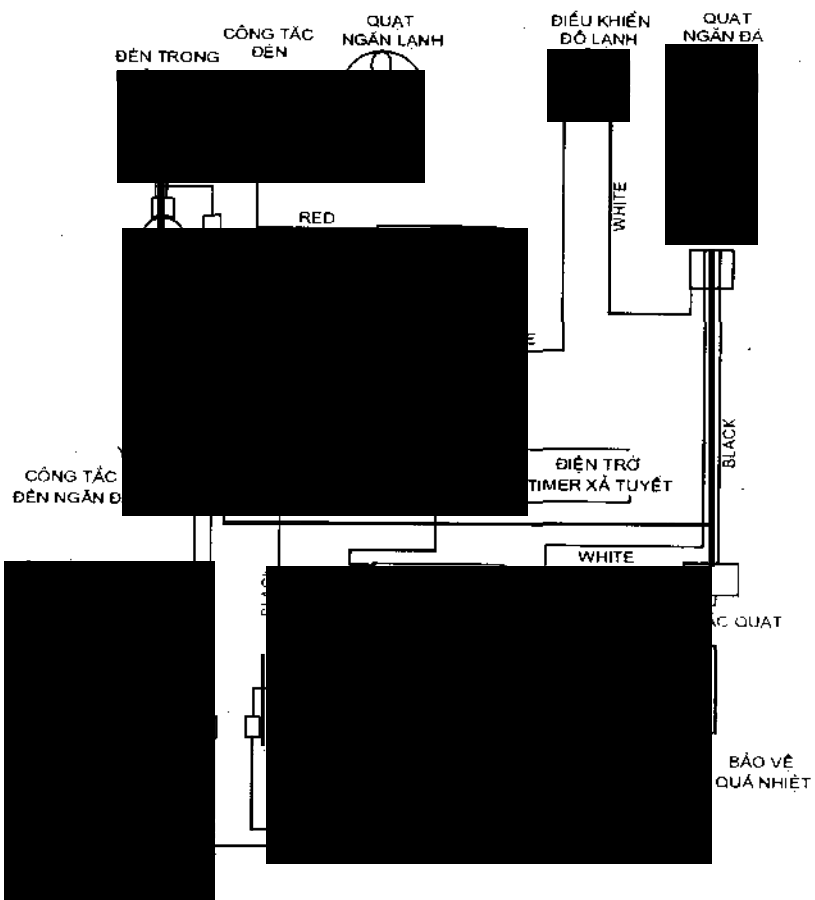


**d) Sơ đồ xả đá tự động**

Hình 4-14 cho sơ đồ khối tủ lạnh hai ngăn xả đá bằng dây điện trở. Hình 4-15 là sơ đồ mạch điện chi tiết của tủ lạnh 2 ngăn, đây là loại tủ lạnh tương đối hiện đại, đang được dùng phổ biến ở các gia đình. Mạch điện tủ lạnh loại này tương đối phức tạp. Tính năng kĩ thuật của tủ lạnh tương đối cao, ngoài việc làm lạnh, làm đá, còn có bộ phận xả tuyết tự động, điều tiết độ ẩm, sưởi ấm riềm cửa làm kín cửa tủ.

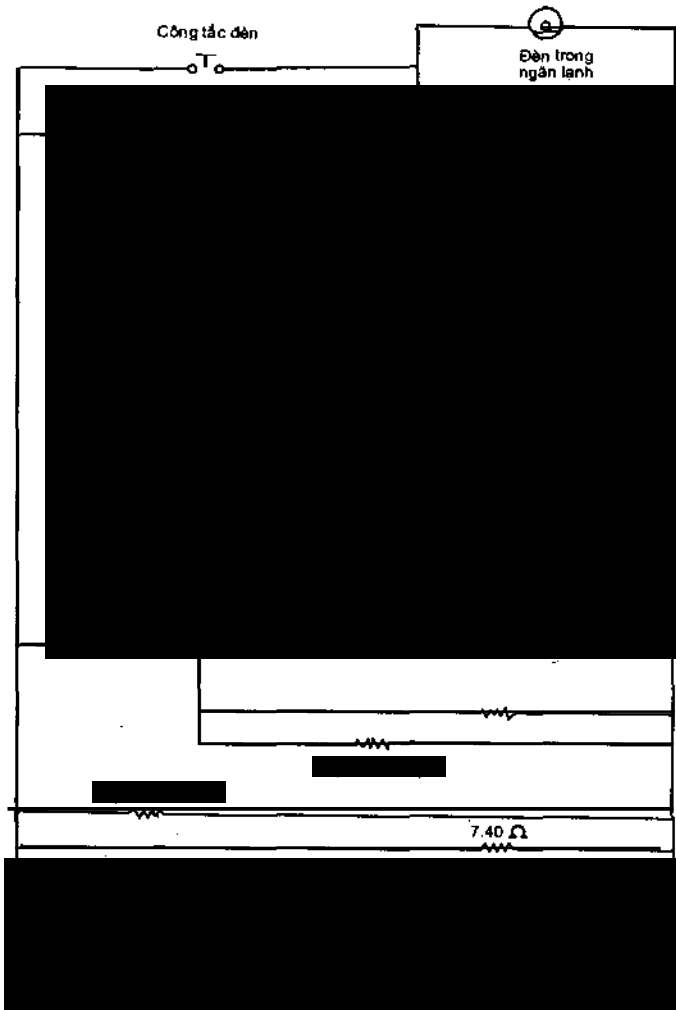
Khi cho điện vào tủ lạnh, quạt ở ngăn lạnh và bộ phận sưởi ấm riềm cửa được nối với nguồn làm việc. Đồng thời động cơ điện được cấp nguồn và khởi động, tủ lạnh bắt đầu làm việc.

Rơ le thời gian (timer) định thời gian xả tuyết, có sự phối hợp với quạt ở ngăn đá, động cơ máy nén, điện trở nung nóng xả tuyết.



Hình 4-14. Sơ đồ khối mạch điện tủ lạnh 2 ngăn.

Hoạt động của timer tùy thuộc vào từng nhà sản xuất. Một số tủ lạnh được thiết kế với timer điều khiển điện trở nung nóng xả tuyết làm việc khoảng 17 phút trong 8 giờ. Một cơ cấu cam lắp trên trục của động cơ định thời gian (timer motor) quay 8 giờ được một vòng. Cơ cấu cam tác động lên công tắc điều khiển (từ vị trí 4 xuống vị trí 2 - hình 4-15) ; đóng mạch cho điện trở nung nóng xả tuyết trong khoảng thời gian 17 phút. Khi cơ cấu cam của động cơ định thời gian đóng tiếp điểm của mạch điện trở nung nóng xả tuyết, động cơ điện máy nén bị cắt ra khỏi nguồn điện, máy nén ngừng hoạt động.



Hình 4-15. Sơ đồ khai triển mạch điện tủ lạnh hai ngăn, xả đá tự động.

## 4.2.12. Chọn tủ lạnh gia đình

### a) Các tiêu chuẩn để chọn tủ lạnh

- Độ lạnh của ngăn lạnh (dàn bay hơi). Độ lạnh càng thấp, tủ càng có khả năng bảo quản thực phẩm được lâu.

- Tốc độ làm lạnh. Tính bằng thời gian từ khi đóng điện cho tới khi ngăn lạnh đạt tới nhiệt độ phù hợp với giá trị đặt của hộp số tương ứng. Nếu thời gian này càng ngắn, thì tốc độ làm lạnh càng nhanh, hiệu quả làm lạnh càng tốt.

- Dung tích ngăn lạnh và dung tích tủ. Tủ có dung tích ngăn lạnh lớn thì khả năng tạo lạnh và trữ lạnh càng lớn.

### b) Cách thử để chọn tủ lạnh

- Khi mới đóng điện, tủ khởi động êm, động cơ điện quay có tiếng rừ rừ nhẹ, không rung, khi tủ lạnh làm việc khoảng 2 giờ, động cơ điện và máy nén đạt đến nhiệt độ ổn định, sờ tay vào vỏ lồng máy thấy nóng vừa, động cơ làm việc bình thường.

- Thử bút thử điện vào vỏ tủ lạnh đèn không sáng, sau đó đổi phích cắm điện và thử lại bút thử điện, đèn không sáng, chứng tỏ tủ lạnh không rò điện.

- Mở cửa tủ thấy đèn sáng. Lấy tay ấn nhẹ vào công tắc cửa, đèn phải tắt.

- Khi cắt điện cấp cho tủ lạnh, động cơ có thể bị rung nhẹ, sau mới dừng hẳn.

- Thử hệ thống lạnh : sau khi cấp điện cho tủ lạnh 2+3 phút, sờ vào dàn ngưng (dàn nóng), thấy nóng đều là tốt. Đặt một cốc nhôm nhỏ chứa một ít nước vào dàn lạnh (dàn bay hơi). Sau 30 phút, có tuyết bám đều và liên tục khắp mặt dàn lạnh, nước trong cốc nhôm đóng thành đá. Như vậy, hệ thống làm lạnh tốt.

- Thử hộp số : Đưa hộp số về số 1 hoặc số MIN (số nhỏ nhất), nếu cốc nhôm đã đóng thành đá thì hộp số phải mở công tắc, ngắt điện vào động cơ máy nén. Theo dõi đóng cắt một hai chu kì, sau đó đưa hộp số về số 2, chu kì đóng cắt ở số 2 phải lâu hơn ở số 1 và nếu theo dõi độ lạnh ở ngăn lạnh, thấy lạnh hơn thì hộp số làm việc tốt.

- Kiểm tra các phần khác : Cửa tủ phải kín, khít. Riềm cửa tủ phải đủ mềm. Dàn nóng và dàn lạnh không bị sần sùi, han gỉ.

- Ngoài ra, việc xem xét hình thức tủ lạnh thuộc về thị hiếu và ý muốn của người tiêu dùng quyết định.

## 4.2.13. Sử dụng tủ lạnh gia đình

### a) Cách đặt tủ lạnh

Khi đặt tủ cần chú ý điều kiện thông gió cho dàn nóng để để tỏa nhiệt, khoảng cách từ sau tủ đến tường nhà phải từ  $0,2 \div 0,3$  m trở lên. Không nên đặt tủ ở góc

nhà sẽ hạn chế điều kiện thông gió. Tránh đặt tủ ở gần chỗ nóng như gần bếp đun, nơi mặt trời chiếu vào vị trí đặt tủ lạnh.

Tủ phải đặt cân bằng và chắc chắn. Đáy tủ cách sàn nhà từ 0,2 ÷ 0,3 m để tạo điều kiện thông gió tốt.

Nên đặt cầu dao, áp tô mát, công tắc để đóng cắt mạch điện tủ lạnh, thay cho thao tác cắm và rút phích cắm. Điều này tránh đóng điện lặp lại, rất nguy hiểm cho tủ lạnh.

Có thể dùng máy biến áp điều chỉnh làm nguồn cung cấp cho tủ lạnh. Máy biến áp phải có công suất gấp 5÷7 lần công suất của động cơ tủ lạnh, nhằm đảm bảo cho tủ lạnh khởi động được dễ dàng. Bộ phận điều chỉnh điện áp của máy biến áp điều chỉnh phải liên tục, không được điều chỉnh gián đoạn, nguy hiểm cho tủ lạnh.

### **b) Sử dụng và bảo quản tủ lạnh**

- Sau khi mua tủ lạnh về, nên để sau 24 giờ mới cho điện vào tủ. Với thời gian trên đảm bảo dầu bôi trơn, môi chất trở về vị trí ổn định, tránh gây tắc, hỏng tủ lạnh.

- Khi đang vận hành, nếu mất nguồn điện, phải chờ 3÷5 phút để cho môi chất lạnh ở 2 phía đầu đẩy về đầu hút áp suất cân bằng nhau, đảm bảo cho động cơ điện khởi động không tải, vì công suất động cơ điện được thiết kế tối ưu, tiết kiệm điện năng, nên động cơ điện không có khả năng khởi động có tải. Nếu vừa mất điện, áp suất giữa 2 đầu máy nén còn lớn, đóng điện vào động cơ ngay, động cơ không khởi động được, có thể dẫn đến hư hỏng động cơ.

- Điện áp cung cấp cho tủ lạnh phải ổn định, nếu điện áp cao quá, động cơ bị quá tải. Nếu điện áp thấp quá, động cơ không khởi động được, sẽ bị cháy.

- Hộp số nên để ở số thích hợp. Mùa hè, thực phẩm bảo quản nhiều, nên để ở số cao. Mùa đông, thực phẩm ít, nên để ở số thấp.

- Không đặt vào tủ lạnh thức ăn còn nóng, thực phẩm ôi thiu, hoặc loại thực phẩm có mùi khó chịu. Khoảng một tháng, cần làm vệ sinh tủ một lần. Làm vệ sinh bằng vải mềm và nước sạch, có thể dùng nước ấm để lau bên trong tủ.

- Khi ngăn lạnh bị dính cục đá hoặc thực phẩm, không được cạy ngay, cấm dùng dao, cũng như các vật cứng để cạy. Gặp trường hợp đó, nên cắt điện, mở tủ, để 1 lát có thể lấy ra dễ dàng. Đàn nóng sau tủ cần được lau sạch thường xuyên bằng vải mềm và khô để toả nhiệt dễ dàng.

- Khi không sử dụng tủ lạnh, cần làm vệ sinh sạch sẽ, mở cửa tủ vài ngày để bay hơi. Khi sử dụng trở lại, cần kiểm tra kĩ các bộ phận ; nếu các bộ phận còn tốt, đóng điện cho tủ lạnh làm việc.

#### 4.2.14. Một số hư hỏng. Nguyên nhân và cách khắc phục

TT	Hiện tượng	Nguyên nhân	Cách khắc phục
1	Đóng điện, tủ lạnh không có điện.	Mất nguồn điện, đứt cầu chì, đứt mạch điện vào tủ lạnh.	Kiểm tra nguồn điện, cầu chì, phích cắm, dây dẫn, phát hiện hỏng ở đâu, sửa chữa ở đó.
2	Tủ có điện, động cơ máy nén không có điện, đèn trong tủ vẫn sáng.	Hộp số để ở vị trí số 0.	Đặt lại số của hộp số.
3	Động cơ có điện nhưng không chạy, có tiếng rú nhỏ, dòng điện tăng cao.	Rơ le mở máy hỏng, tụ mở máy hỏng, đứt mạch cuộn mở máy. Động cơ bị kẹt, điện áp nguồn quá thấp.	Cắt điện ngay, kiểm tra kỹ các bộ phận, phát hiện hư hỏng và khắc phục, sau đó đóng điện trở lại.
4	Tiếng ồn, tiếng va đập và rung.	Giá đỡ động cơ, máy nén lỏng. Bản thân máy nén bị hỏng.	Kiểm tra giá đỡ, xiết chặt bu lông, nếu vẫn không hết ồn, tiếng va đập, phải bỏ máy kiểm tra sửa chữa.
5	Rò điện ra vỏ.	Các đầu nối rơ le khởi động, rơ le bảo vệ, rơ le nhiệt độ (thermostat) các dây dẫn điện chạm vỏ tủ.	Đùng van nâng kế kiểm tra các phần tử, nếu thử bằng bút thử điện đèn vẫn sáng thì nối đất vỏ tủ.
6	Động cơ máy nén khởi động khó.	Rơ le khởi động đặt không đúng vị trí, điện áp lưới thấp, rơ le khởi động bị hỏng, động cơ điện, máy nén khí hỏng.	Đùng vôn kế đo điện áp lưới, kiểm tra rơ le khởi động ; nếu tất cả tốt, nghi hỏng lốc máy, kiểm tra lốc máy.
7	Tủ làm lạnh yếu.	Bị thiếu ga, phin lọc bị tắc, dàn ngưng tụ (dàn nóng) bị quá bẩn.	Kiểm tra các nguyên nhân, thay phin lọc và nạp ga mới.
8	Động cơ thường xuyên bị cắt do rơ le nhiệt.	Rơ le nhiệt bị sai lệch, điện áp lưới thấp, động cơ bị kẹt, hỏng.	Đo điện áp nguồn, kiểm tra hiệu chỉnh lại rơ le nhiệt, kiểm tra động cơ điện .

9	Máy nén làm việc bình thường, tủ mất lạnh hoàn toàn.	Tủ rò hết ga (môi chất), tắc ống mao, tắc phin lọc hoàn toàn, lá van bị hỏng.	Kiểm tra, tìm chỗ ga bị rò rỉ, xử lý chỗ rò, nạp ga lại. Kiểm tra ống mao và phin lọc, sửa ống mao và phin lọc. Nếu do lá van phải bố bloc thay lá van mới.
10	Tủ lạnh bị tắc ẩm, kém lạnh.	Trên dàn lạnh có tuyết, rôi tan tuyết (lúc có ẩm bị tắc), do phin lọc không có khả năng lọc ẩm.  Do nạp quá nhiều ga (môi chất).	Nếu có điều kiện thay phin lọc và nạp ga mới vào tủ. Có thể sấy ống mao (hơ trên ngọn lửa nhỏ). Nạp quá nhiều ga, tủ cũng kém lạnh, xả bớt ga qua đầu nạp của bloc máy.
11	Động cơ điện chạy liên tục.	Hồng rơ le nhiệt độ (thermostat) không ngắt được tiếp điểm.	Kiểm tra thermostat và thông thoáng chỗ đặt máy.

### 4.3. MÁY ĐIỀU HOÀ NHIỆT ĐỘ

#### 4.3.1. Đặc điểm và nguyên lí làm việc

Máy điều hoà nhiệt độ có nhiều loại, đa dạng và phong phú, được sử dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp, dịch vụ, y tế... Ở đây chỉ đề cập đến máy điều hoà nhiệt độ đặt trong phòng ở, phòng làm việc, phòng thí nghiệm và lắp đặt ngay dưới cửa sổ, nên còn gọi là máy điều hoà nhiệt độ cửa sổ.

Do yêu cầu kết cấu gọn nhẹ, nên phần lớn máy điều hoà nhiệt độ cửa sổ không thiết kế bộ phận sưởi nóng không khí trong mùa đông. Loại này gọi là máy điều hoà nhiệt độ mùa hè, hoặc máy một chiều. Các máy điều hoà nhiệt độ thiết kế bộ phận sưởi ấm không khí mùa đông, gọi là máy điều hoà nhiệt độ cửa sổ 4 mùa. Bộ phận sưởi ấm không khí chỉ đơn giản là các thanh điện trở lắp phía trên dàn bay hơi. Đến mùa đông chuyển công tắc sang nút sưởi ấm, chỉ có quạt gió hoạt động thổi không khí qua thanh điện trở nung nóng.

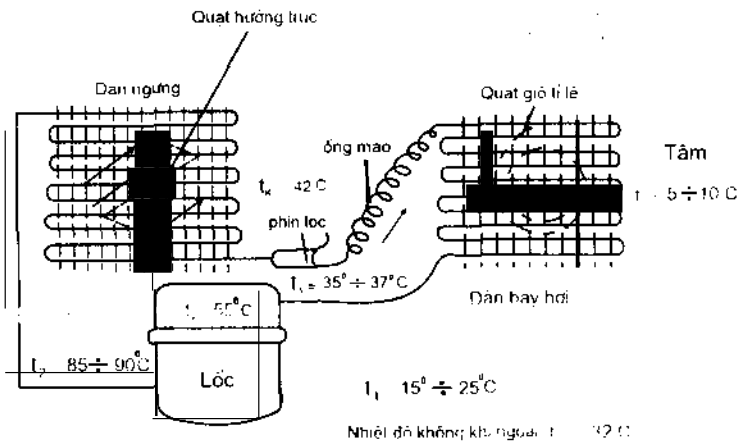
Bộ phận sưởi ấm không khí cũng có thể là chính máy lạnh, nhờ có các van đổi chiều, dòng môi chất chuyển động ngược lại, dàn bay hơi trở thành dàn ngưng phía trong nhà, dàn ngưng trở thành dàn bay hơi ở phía ngoài nhà. Máy làm việc theo kiểu bơm nhiệt từ môi trường bên ngoài vào trong nhà. Vì vậy các máy này thường gọi là bơm nhiệt (heat pumps) hoặc gọi là máy hai chiều.

Do có nhiều ưu điểm là thuận tiện, gọn nhẹ, dễ sử dụng, không đòi hỏi kĩ thuật vận hành, bảo dưỡng đặc biệt, được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau, trong sản xuất và trong đời sống. Do đó máy điều hoà cửa sổ càng ngày càng trở nên thông dụng.

Thực chất máy điều hoà nhiệt độ cũng là một máy lạnh, do đó nguyên lí làm việc của máy điều hoà nhiệt độ giống như nguyên lí làm việc của máy lạnh.

### 4.3.2. Cấu tạo máy điều hoà nhiệt độ cửa sổ

Hình 4-16 là sơ đồ cấu tạo máy điều hoà nhiệt độ cửa sổ. Giống như tủ lạnh có bốc, dàn ngưng, dàn bay hơi, phin lọc, quạt gió. Các thiết bị này được đặt trong một vỏ nhựa hoặc vỏ kim loại hình hộp chữ nhật. Mặt trước bố trí phía trong phòng, nên được trang trí hài hoà với nội thất của căn phòng. Mặt trước có các khe lấy gió và trên cửa thổi gió có các cánh để có thể điều chỉnh được hướng gió rộng nhất. Phin lọc không khí được đặt ngay trên cửa lấy gió. Bảng điều khiển ở mặt trước máy.



Hình 4-16. Sơ đồ cấu tạo máy điều hoà nhiệt độ cửa sổ.

Mặt sau máy là dàn ngưng (dàn nóng). Gió làm mát được lấy từ hai bên sườn, qua các khe cửa chớp, rồi được quạt gió thổi qua làm mát dàn ngưng (máy điều hoà nhiệt độ cửa sổ là máy làm việc theo nguyên tắc máy nén hơi, làm mát cưỡng bức) ở một số máy của Mỹ, mặt sau có cửa hút gió làm mát.

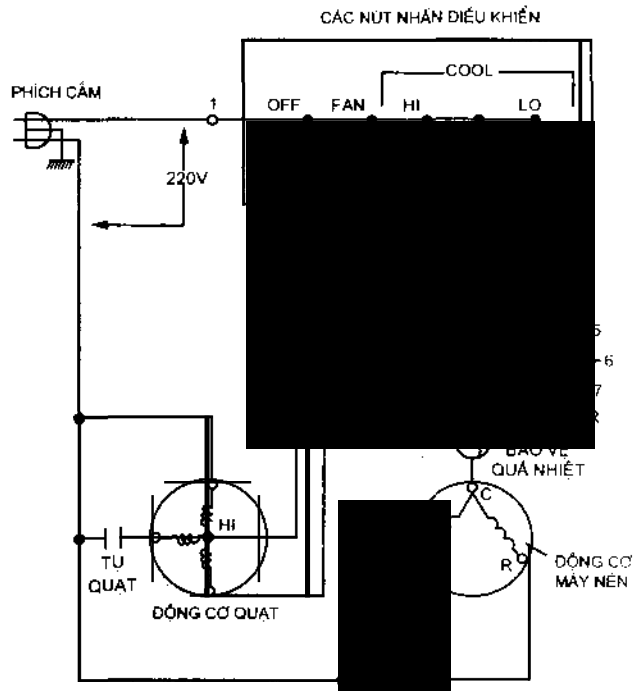
Giữa dàn ngưng (dàn nóng), dàn bay hơi (dàn lạnh) được ngăn cách với nhau bằng một vách cách nhiệt dày. Cửa lấy gió trời của quạt li tâm và cửa thổi gió từ trong phòng ra, được bố trí ở phía đáy của quạt li tâm. Để giữ sạch không khí và dàn lạnh, trên cửa lấy gió có đặt phin lọc bụi.

Núm điều chỉnh nhiệt độ trong phòng, chính là núm điều chỉnh rơle nhiệt độ (thermostat) giống như trong tủ lạnh. Khi đặt núm điều chỉnh ở một vị trí nào đó và đạt nhiệt độ yêu cầu, thermostat ngắt mạch động cơ máy nén. Khi nhiệt độ trong phòng tăng quá mức cho phép, thermostat đóng tiếp điểm, máy điều hoà nhiệt độ tiếp tục làm việc.

Cửa điều chỉnh lấy gió trời bằng cơ cấu cơ khí, có thể đóng hoặc mở theo yêu cầu.

### 4.3.3. Sơ đồ mạch điện máy điều hoà nhiệt độ

Hình 4-17 là sơ đồ tổng hợp mạch điện máy điều hoà nhiệt độ cửa sổ.



Hình 4-17. Sơ đồ tổng hợp mạch điện máy điều hoà nhiệt độ.

Sự làm việc của sơ đồ như sau :

Khi cắm phích điện vào nguồn điện, máy điều hoà nhiệt độ chưa làm việc.

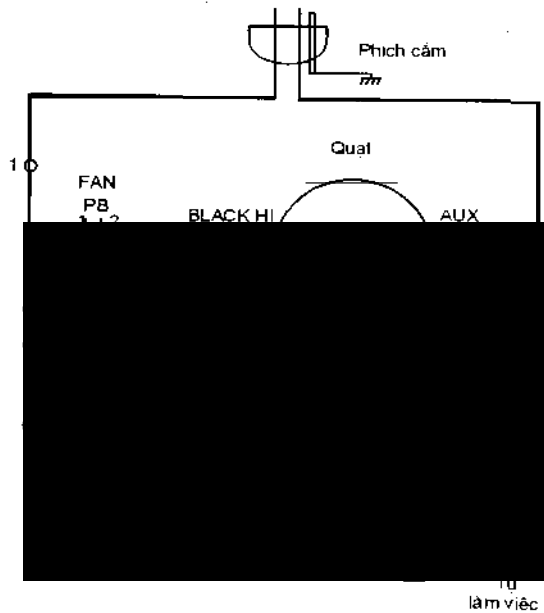
- Nếu ấn nút "FAN" tiếp điểm 1-2 đóng lại, quạt sẽ làm việc ở tốc độ cao.

- Nếu ấn nút "HI - COOL" tiếp điểm 3-4 và 5-6 đóng lại, động cơ quạt được nối với nguồn và làm việc ở tốc độ cao, đồng thời 5-6 đóng, động cơ điện máy nén khởi động, quá trình làm lạnh bắt đầu. Khi nhiệt độ trong phòng giảm xuống dưới nhiệt độ chỉnh định, tiếp điểm của thermostat mở ra, động cơ máy nén ngừng làm việc.



Do quạt làm việc ở tốc độ cao, nên sự luân chuyển không khí qua dàn bay hơi (dàn lạnh) ở mức tối đa, quá trình làm lạnh căn phòng xảy ra nhanh.

Nếu ấn nút "LO-COOL", tiếp điểm 3-4 và 5-6 tự động mở ra, tiếp điểm 7-8 và 9-10 đóng lại, động cơ máy nén làm việc như khi ấn nút "HI-COOL", tiếp điểm 9-10 đóng, động cơ quạt nối tiếp với nguồn qua cuộn dây phụ, quạt điện làm việc ở tốc độ thấp, lưu lượng không khí lưu chuyển qua dàn bay hơi (dàn lạnh) kém đi, quá trình làm lạnh không khí trong phòng xảy ra chậm.



Hình 4-18. Sơ đồ khai triển máy điều hoà nhiệt độ.

Chú ý quạt điện có 2 cánh quạt ở 2 đầu động cơ, một bộ cánh quạt dùng để thổi cho dàn bay hơi, một bộ cánh quạt thổi làm mát dàn ngưng (dàn nóng).

#### 4.3.4. Bảo dưỡng và sửa chữa máy điều hoà nhiệt độ

##### a) Bảo dưỡng

- Tắm lọc không khí. Không khí trong phòng bao giờ cũng có bụi, nếu để quá lâu, bụi bẩn có thể bám kín vào tấm lọc. Định kỳ làm vệ sinh tắm lọc, thường cứ một tuần hay nửa tháng tháo tắm lọc làm vệ sinh một lần. Có thể dùng nước và nước xà phòng để giặt hoặc cọ tắm lọc.

- Vệ sinh máy và tra dầu mỡ. Cần phải làm vệ sinh dàn ngưng tụ, dàn bay hơi, các đường ống, máy nén, quạt gió... ít nhất mỗi mùa một lần vào đầu hoặc cuối mùa sử dụng. Tốt nhất dùng khí nén áp suất cao để thổi bụi, nhưng cũng có thể dùng giẻ khô, bàn chải làm vệ sinh các chi tiết của tủ lạnh.

Tra dầu mỡ máy nén khí, hệ thống lạnh kín không cần tra dầu mỡ. Duy nhất chỉ tra dầu mỡ cho quạt gió ít nhất một năm một lần, trước hoặc sau mùa sử dụng.

##### b) Một số hư hỏng và cách khắc phục

- Máy nén, quạt không chạy sau khi đã bấm nút làm việc

Nguyên nhân có thể mất nguồn điện, đứt cầu chì, nút điều chỉnh thermostat ở vị trí 0, đứt dây dẫn hoặc chỗ tiếp xúc hư hỏng. Nếu kiểm tra các nguyên nhân trên

không hư hỏng thì kiểm tra quạt và máy nén. Kiểm tra riêng từng phần tử, tìm chỗ hư hỏng và sửa chữa.

*- Máy điều hoà và quạt đều làm việc, nhưng không lạnh hoặc lạnh ít*

Nguyên nhân có thể :

+ Dàn nóng bị bám bụi quá nhiều ;

+ Không khí làm mát dàn ngưng thiếu ;

+ Tấm lọc không khí phía trong nhà bị bịt kín ;

+ Kém lạnh hoặc mất lạnh cũng có thể do thiếu gas (môi chất lạnh R22) hoặc mất môi chất hoàn toàn. Tìm chỗ rò rỉ, sửa chữa và nạp môi chất lại ;

+ Đối với các hệ thống lạnh đã sử dụng hoặc đã sửa chữa rất dễ bị tắc phin lọc, nếu thấy đổ mồ hôi, chắc chắn phin lọc và ống mao bị tắc. Chỗ tắc nằm ngay chỗ bắt đầu đổ mồ hôi.

Có thể dùng đèn khò hơi nóng chỗ bị tắc, sau đó lấy tua vít gỡ nhẹ vài lần có thể hết tắc. Nếu không được, phải cắt phin lọc, thay cái mới và nạp môi chất lại.

*- Các máy điều hoà nhiệt độ cũ, có thời gian sử dụng nhiều, có thể do máy nén, pít tông, xéc măng bị mòn, chốt tay biên, trục khuỷu bị mòn nên năng suất hút môi chất giảm, dẫn đến năng suất lạnh giảm. Tốt nhất thay block mới phù hợp.*

### ***c) Dàn bay hơi có tuyết bám***

Bình thường môi chất sôi ở nhiệt độ từ 5÷ 10°C. Nếu dàn bay hơi có tuyết bám là dấu hiệu máy làm việc không bình thường. Dàn bay hơi bám tuyết do những nguyên nhân sau :

- Nhiệt độ không khí bên ngoài quá lạnh ;

- Nhiệt độ không khí trong phòng quá lạnh ;

- Điều chỉnh thermostat ở vị trí quá lạnh ;

- Tấm lọc không khí bị bẩn, tuần hoàn gió qua dàn bay hơi bị ngừng trệ ;

- Quạt dàn bay hơi quá yếu ;

- Hệ thống lạnh thiếu môi chất.

Cần kiểm tra, điều chỉnh lại các chế độ vận hành, kiểm tra quạt, tấm lọc không khí, vệ sinh tấm lọc.

### ***d) Máy làm việc bình thường nhưng quá ồn***

- Cân bằng động quạt gió không tốt, động cơ quạt có hư hỏng như sứt cốt, mòn bạc, cánh quạt chạm vào hộp gió...Kiểm tra quạt vì quạt dễ gây tiếng ồn nhất.

- Khi làm việc, động cơ máy nén bị rung, các ống nối và ống dẫn chạm vỏ. Sửa chữa chỗ chạm, hoặc máy nén bị mòn bạc, mòn các chi tiết chuyển động quá mức, cũng gây tiếng ồn. Tốt nhất thay bloc mới.

## CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Nguyên lí làm việc và cấu tạo tủ lạnh kiểu nén khí.
2. Cấu tạo và sự làm việc của các phần tử như dàn ngưng, dàn bay hơi, máy nén, động cơ điện, phin lọc, ống mao.
3. Phân biệt sự khác nhau giữa tủ lạnh kiểu khí nén, kiểu hấp thụ, kiểu nhiệt điện.
4. Các chỉ tiêu của tủ lạnh gia đình.
5. Phương pháp chọn tủ lạnh gia đình.
6. Những hư hỏng, nguyên nhân và cách khắc phục tủ lạnh gia đình.
7. Nguyên lí làm việc, cấu tạo máy điều hoà nhiệt độ.
8. Bảo quản, sử dụng máy điều hoà nhiệt độ.
9. Những hư hỏng, nguyên nhân, cách khắc phục ở máy điều hoà nhiệt độ.

## Chương 5

# TỰ ĐỘNG HOÁ HỆ THỐNG LẠNH

### 5.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Tự động hoá hệ thống lạnh là trang bị cho hệ thống lạnh những thiết bị, dụng cụ, mà nhờ nó có thể vận hành toàn bộ hệ thống lạnh, hoặc một phần hệ thống lạnh một cách tự động, đảm bảo vận hành ở chế độ tối ưu, hoặc một chế độ cho trước nào đó an toàn, tin cậy mà không có sự tham gia trực tiếp của nhân viên vận hành.

Trong quá trình vận hành hệ thống lạnh, nhiệt độ của đối tượng cần làm lạnh thường bị biến động do tác động của những dòng nhiệt khác nhau, từ môi trường bên ngoài vào, hoặc ngay từ bên trong buồng lạnh. Giữ nhiệt độ không đổi hay thay đổi trong phạm vi cho phép là một nhiệm vụ điều chỉnh máy lạnh.

Hệ thống tự động có chức năng điều khiển toàn bộ sự làm việc của máy lạnh, duy trì chế độ vận hành tối ưu, giảm tổn thất điện năng tiêu thụ của máy lạnh.

Ngoài chức năng điều chỉnh và điều khiển, hệ thống lạnh còn có chức năng đo lường, tín hiệu, bảo vệ hệ thống lạnh, tránh chế độ làm việc nguy hiểm.

Tự động hoá sự làm việc của hệ thống lạnh có ưu điểm giữ ổn định, liên tục chế độ làm việc hợp lí, dẫn đến tăng thời gian bảo quản thực phẩm, nâng cao chất lượng thực phẩm, giảm tiêu hao điện năng, tăng tuổi thọ và độ tin cậy làm việc của máy. Giảm chi phí vận hành và giảm chi phí lạnh cho một đơn vị sản phẩm, góp phần hạ giá thành.

Tuy nhiên việc trang bị hệ thống tự động cũng cần tính đến hiệu quả kinh tế, kĩ thuật.

Trong tất cả các quá trình tự động hoá điều khiển, điều chỉnh, tín hiệu, đo lường, bảo vệ. thì quá trình tự động điều chỉnh có ý nghĩa hơn cả.

### 5.2. YÊU CẦU VÀ NHIỆM VỤ

Đối với hệ thống lạnh nén hơi, những yêu cầu và nhiệm vụ của việc tự động hoá là :

#### 5.2.1. Máy nén

Điều chỉnh năng suất lạnh phù hợp với yêu cầu. Đối với máy nén công nghiệp, cần điều chỉnh và bảo vệ nước làm mát máy nén như nhiệt độ nước, lưu lượng

nước...Ngoài ra do có động cơ điện, cần phải có bảo vệ quá tải, chống mất pha và ngược pha. Bảo vệ quá nhiệt cho động cơ, máy nén, dầu bôi trơn. Bảo vệ áp suất.

### **5.2.2. Thiết bị ngưng tụ**

Điều chỉnh thiết bị ngưng tụ có thể chia thành 2 loại chính :

#### **a) Bình ngưng tụ làm mát bằng nước**

Điều chỉnh áp suất ngưng tụ, lưu lượng nước làm mát.

#### **b) Dàn ngưng tụ làm mát bằng không khí**

Điều chỉnh ổn định và giữ áp suất ngưng tụ tối thiểu, điều chỉnh lưu lượng không khí làm mát.

Ngoài ra các thiết bị điều chỉnh mức lỏng ở dàn ngưng tụ để cấp lỏng cho dàn bay hơi.

### **5.2.3. Thiết bị bay hơi**

Để điều chỉnh cho dàn bay hơi cân các thiết bị cấp lỏng, việc cấp lỏng phải vừa đủ để dàn bay hơi đạt hiệu quả trao đổi nhiệt cao nhất, nhưng hơi hút về máy nén vẫn phải ở trạng thái khô, không gây ra va đập thủy lực cho máy nén. Điều chỉnh nhiệt độ bay hơi, áp suất bay hơi, phá tuyết cho dàn bay hơi, tránh lớp băng quá dày cản trở quá trình trao đổi nhiệt.

### **5.2.4. Thiết bị tự động cho đối tượng cần làm lạnh**

Các thiết bị tự động để duy trì nhiệt độ và độ ẩm theo yêu cầu trong phòng lạnh. Nhiệt độ và độ ẩm phải ổn định không vượt quá giới hạn cho phép.

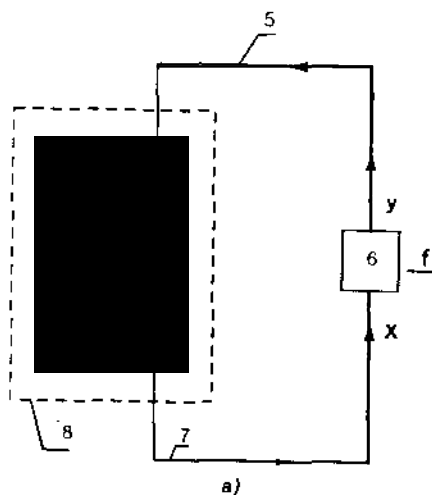
## **5.3. CÁC CHỨC NĂNG VỀ TỰ ĐỘNG HOÁ HỆ THỐNG LẠNH**

### **5.3.1. Hệ thống điều chỉnh tự động**

Hệ thống điều chỉnh tự động bao gồm đối tượng điều chỉnh, thiết bị điều chỉnh và các kênh hay ống liên hệ.

Hình 5.1 là sơ đồ minh họa mối quan hệ giữa các phần tử của hệ thống điều chỉnh tự động áp suất bình ngưng tụ.

Đối tượng điều chỉnh là bình ngưng 6, làm mát bằng nước do các ống dẫn nước 7. Còn đại lượng cần điều chỉnh  $y$  là áp suất hơi của môi chất lạnh trong khoang hơi của bình ngưng 6. Khi vận hành, áp suất này có thể thay đổi trong một giới hạn rộng, dưới tác dụng của những nguyên nhân bên ngoài  $f$  như sự thay đổi nhiệt độ nước làm mát, sự biến đổi lưu lượng và nhiệt độ hơi vào bình ngưng, sự biến động mức lỏng trong bình ngưng...

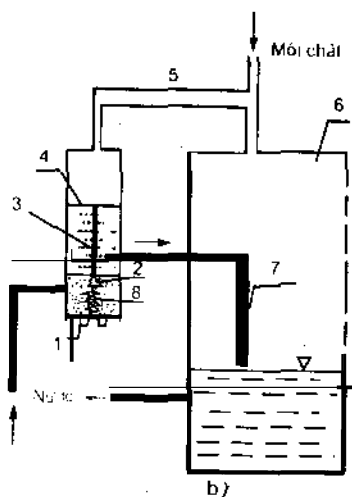


**Hình 5-1**

Hệ thống điều chỉnh tự động :

- a) Sơ đồ nguyên lí  
 b) Sơ đồ công nghệ điều chỉnh tự động áp suất ngưng tụ

1. Vít hiệu chỉnh ;
2. Vít điều chỉnh ;
3. Cân van ;
4. Màn cảm biến ;
5. Kênh liên hệ ngược ;
6. Bình ngưng ;
7. Kênh liên hệ thuận ;
8. Van điều chỉnh nước.



Hình 5.1a là sơ đồ nguyên lí hệ thống điều chỉnh tự động áp suất bình ngưng. Ở sơ đồ nguyên lí tất cả các yếu tố bên ngoài ảnh hưởng đến áp suất ngưng tụ được quy ước bằng đại lượng  $f$ . Van điều chỉnh mức nước 8 đóng vai trò thiết bị điều chỉnh tự động và được đặt trên đường nước làm mát. Khi nhiệt độ và áp suất ngưng tụ thay đổi, van 8 sẽ điều chỉnh lượng nước vào làm mát bình ngưng. Lưu lượng

nước làm mát, đặc trưng bằng tác động điều chỉnh  $x$  được truyền tới đối tượng điều chỉnh qua kênh liên hệ thuận 7. Không gian hơi của bình ngưng và không gian phía trên màng 4 của van 8 (thiết bị điều chỉnh) được thông với nhau qua kênh liên hệ 5. Do vậy đại lượng điều chỉnh là áp lực hơi  $y$  trong bình ngưng, sẽ tác động lên van điều chỉnh tự động 8, qua kênh liên hệ ngược 5.

Vít 1 dùng để hiệu chỉnh van 8. Khi vặn vít sẽ thay đổi lực nén của lò xo của van 8, dẫn đến làm thay đổi lưu lượng nước theo áp suất ngưng tụ. Màng 4 là phần tử cảm biến, nếu áp suất ngưng tụ tăng, qua kênh dẫn 5 tác động lên màng 4, cần 3 đi xuống, mở to cửa 2 của van 8, sẽ tăng lượng nước làm mát vào bình ngưng (trị số  $x$  tăng). Như vậy đại lượng điều chỉnh  $y$  là áp suất ngưng tụ do được làm mát tốt, giảm nhiệt độ dẫn đến giảm áp suất, áp lực tác dụng lên màng 4 giảm, cửa 2 của van 8 đóng bớt lại. Các quá trình tăng giảm tương tự sẽ xảy ra cho đến khi lập lại trạng thái cân bằng ban đầu, có nghĩa là áp suất ngưng tụ dao động xung quanh giá trị không đổi, do đặt vít 1 ở vị trí đã định trước.

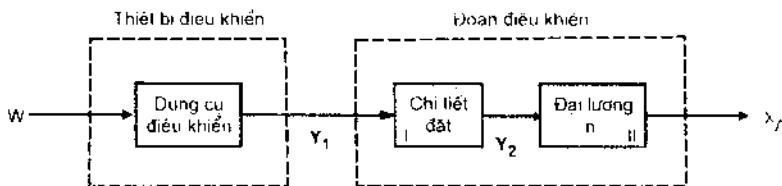
Vai trò lò xo của van 8 là phần tử chuẩn hay phần tử đặt. Áp suất ngưng tụ tác dụng lên màng 4 sẽ được so sánh với lực của lò xo thông qua cần 3. Nếu hai tín hiệu áp suất và lực lò xo không cân bằng nhau (về trị số) sẽ gây nên lực tác động lên cửa 2 của van 8 để thiết lập vị trí cân bằng mới.

Hệ thống điều chỉnh tự động trên gọi là hệ thống kín, vì đối tượng điều chỉnh và thiết bị liên hệ với nhau bằng các kênh thuận 7 và ngược 5.

### 5.3.2. Hệ thống điều khiển tự động

Hệ thống điều khiển tự động dùng để đóng ngắt theo trình tự thời gian hoặc theo những tín hiệu quy định của đối tượng điều chỉnh.

Hình 5.3 là sơ đồ chuỗi điều khiển tủ lạnh gia đình và cũng là ví dụ minh họa cho hình 5.2.

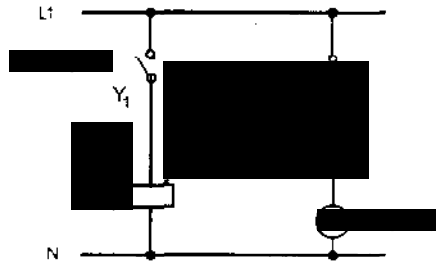


Hình 5-2. Chuỗi điều khiển.

$W$  : đại lượng dẫn ;  $Y_1$  : đại lượng đặt. Khâu 1 vào đoạn điều khiển

$Y_2$  : đại lượng đặt. Khâu 2 cho tín hiệu ra  $X_A$  ;  $X_A$  : đại lượng ra.

Ở ví dụ trên, thermostat  $B_1$  sau khi nhiệt độ vượt quá giới hạn cho phép, đóng tiếp điểm của nó, cho tín hiệu  $Y_1$  là tín hiệu điện áp, cuộn dây công tắc tơ  $K_1$  có điện, đóng tiếp điểm  $K_1$  của nó và  $Y_2$  là điện áp đưa vào động cơ. Động cơ khởi động, máy nén làm việc, nén môi chất cho tín hiệu ra  $X_A$  sẽ làm lạnh tủ lạnh.



Hình 5-3. Sơ đồ chuỗi điều khiển tủ lạnh gia đình.

- W : nhiệt độ đo đầu cảm nhiệt ghi nhận được ;
- $Y_1$  : điện áp của công tắc tơ  $K_1$
- $Y_2$  : điện áp động cơ DC ;  $X_A$  : tác động làm lạnh.

Hệ thống điều khiển tự động có thể được nối với hệ thống bảo vệ, hệ thống tín hiệu tự động, hệ thống đo lường tự động, để đảm bảo vận hành an toàn, tin cậy hệ thống lạnh ở chế độ làm việc tự động.

### 5.3.3. Hệ thống đo lường tự động

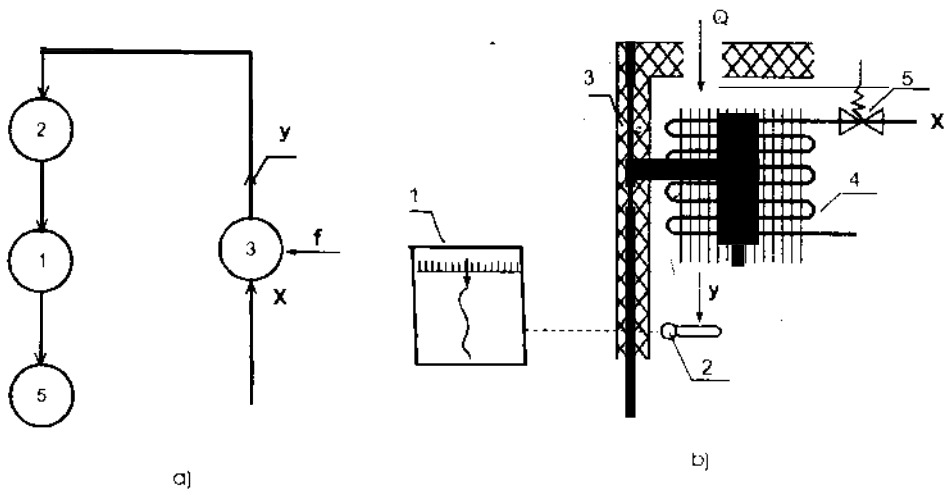
Hệ thống đo lường tự động dùng để đo liên tục hay theo chu kỳ các đại lượng cần đo, biến đổi các đại lượng đo thành số và biểu thị số đo trên thang chia độ của dụng cụ đo.

Hình 5.4 là sơ đồ hệ thống đo lường tự động nhiệt độ phòng lạnh. Bộ cảm biến nhiệt độ là nhiệt điện trở bằng đồng hay platin. Bộ cảm biến đưa tín hiệu vào dụng cụ đo nhiệt độ tự ghi 1, nhiệt kế tự ghi sẽ ghi liên tục sự thay đổi nhiệt độ trong phòng lạnh suốt thời gian vận hành thiết bị.

Ở sơ đồ này phần tử điều chỉnh 5 đặt ở đầu vào của dàn bay hơi. Nếu nhiệt độ không khí trong buồng lạnh theo số chỉ của nhiệt kế thấp hơn giá trị định trước, thì nhân viên vận hành dùng tay đóng van hoặc nhờ cơ cấu điều khiển từ xa. Khi nhiệt độ tăng đến giới hạn định trước, cơ cấu chấp hành sẽ mở van 5. Như vậy nhiệt độ không khí trong phòng được điều chỉnh tự động, do đó hệ thống đo lường tự động dùng để kiểm tra liên tục và ghi lại chế độ nhiệt trong phòng.

Hệ thống đo lường tự động là hệ thống hở, không có sự liên hệ thuận ngược giữa thiết bị đo và đối tượng kiểm tra.





**Hình 5-4.** Sơ đồ hệ thống đo lường tự động

a) Sơ đồ nguyên lí ; b) Sơ đồ công nghệ hệ thống đo lường tự động nhiệt độ phòng lạnh

1. Thiết bị tự động nhiệt độ phòng lạnh ;
2. Cảm biến nhiệt độ ;
3. Buồng lạnh ;
4. Dàn bay hơi (dàn lạnh) ;
5. Van điện từ.

### 5.3.4. Hệ thống bảo vệ tự động

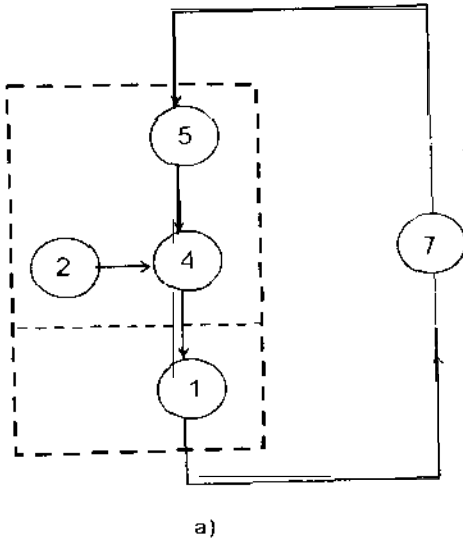
Hệ thống bảo vệ tự động dùng để ngắt đối tượng cần được bảo vệ hay các phần tử, khi đại lượng cần khống chế vượt quá giá trị định trước. Giá trị định trước là giá trị gây nguy hiểm cho đối tượng cần bảo vệ. Hệ thống bảo vệ tự động gồm có đối tượng bảo vệ, các thiết bị kiểm tra, đo lường và điều khiển tự động, các kênh dẫn liên hệ thuận và ngược.

Hình 5-5 là sơ đồ hệ thống bảo vệ động cơ điện của máy nén theo tín hiệu áp suất đầu đẩy của rô le áp suất cao. Đối tượng bảo vệ là động cơ điện 7 của máy nén lạnh, thiết bị kiểm tra là rô le áp suất cao 3, thiết bị điều khiển là khởi động từ 1, kênh liên hệ ngược là ống dẫn 6 của máy nén.

Phần tử cảm biến của rô le áp suất cao 3, được chế tạo dạng hộp xếp 5, lò xo 8 đóng vai trò là phần tử chuẩn hay phần tử đặt, khi điều chỉnh vít 2, lực ép của lò xo 8 vào hộp xếp 5 mạnh hay yếu tùy thuộc vào vị trí của vít 2.

Khi áp suất ở máy nén vượt quá giá trị quy định, tác động lên hộp xếp 5, tại đây xảy ra so sánh áp suất và lực lò xo. Nếu áp suất lớn hơn lực lò xo, rơ le áp suất cao sẽ mở tiếp điểm cắt nguồn vào động cơ điện, máy nén được bảo vệ.

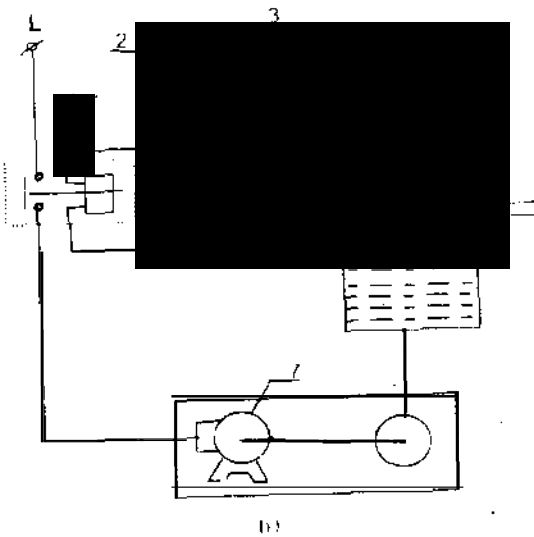
Hệ thống bảo vệ tự động có kênh liên hệ thuận và ngược thuộc hệ thống kín.



**Hình 5-5.** Hệ thống bảo vệ tự động

- a) Sơ đồ nguyên lý
- b) Sơ đồ công nghệ bảo vệ động cơ điện theo áp suất đầu dẫy

1. Công tắc tơ ;
2. Vít hiệu chỉnh ;
3. Rơle áp suất cao ;
4. Cán dẫy ;
5. Xi phông cảm biến ;
6. Kênh liên hệ ngược ;
7. Động cơ máy nén ;
8. Lò xo.

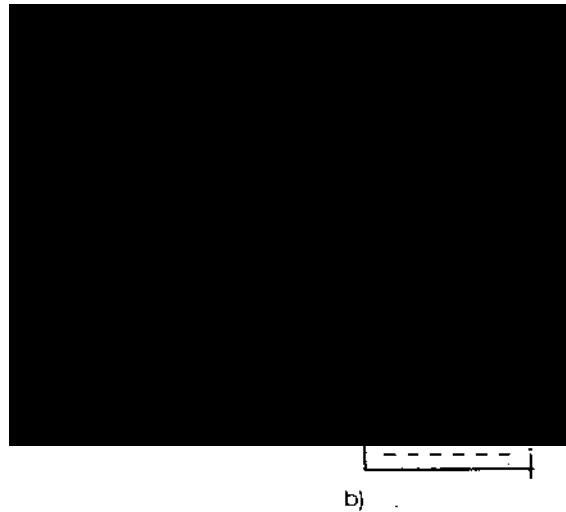
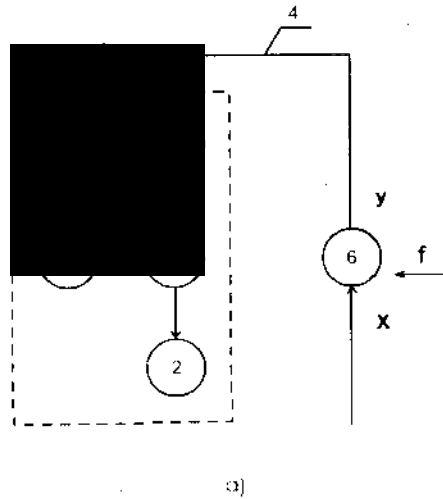


### 5.3.5. Hệ thống tín hiệu tự động

Hệ thống tín hiệu tự động dùng để truyền các tín hiệu âm thanh hay ánh sáng, khi tín hiệu kiểm tra đạt hoặc vượt giá trị định trước.

Hình 5.6 là sơ đồ hệ thống tín hiệu tự động báo mức lỏng bình chứa cao áp. Bao gồm đối tượng kiểm tra, thiết bị tín hiệu và kênh liên hệ ngược. Đó là hệ thống phát tín hiệu tự động khi mức lỏng trong bình chứa cao áp vượt quá trị số cho phép. Đối tượng kiểm tra là bình chứa cao áp 6, đại lượng kiểm tra là mức lỏng  $y$ , thiết bị tín hiệu 1 là role mức kiểu phao. Kênh liên hệ ngược là các đường ống cân bằng hơi và nước 4, nối bình chứa 6 với buồng van phao 5.

Mức lỏng trong bình chứa phụ thuộc vào các yếu tố như số lượng lỏng từ bình ngưng vào bình chứa, số lượng môi chất lỏng từ bình chứa đi vào hệ thống... Thông tin về mức lỏng trong bình chứa (đại lượng  $y$ ) được truyền theo đường liên hệ ngược 4 vào thiết bị tín hiệu và được so sánh với giá trị đặt, khi hai giá trị này trùng nhau, thì thiết bị tín hiệu cho tín hiệu bằng đèn và còi.



Hình 5.6. Hệ thống tín hiệu tự động :

a) Sơ đồ nguyên lí ;

- b) Sơ đồ hệ thống tín hiệu tự động báo mức lỏng bình chứa cao áp.
1. Role mức lỏng LC (level control) ; 2. Đèn tín hiệu và còi (alarm)
  3. Hộp điện của role mức lỏng ; 4. Kênh dẫn cân bằng ;
  5. Vỏ van phao ; 6. Bình chứa cao áp ; 7. Nguồn điện.

Rơ le mức lỏng kiểu phao 1 là phân tử cảm biến bằng phao 5, khi phao 5 di chuyển lên xuống theo mức lỏng trong bình chứa, cuộn dây của rơle 1 sẽ cảm ứng sức điện động tương ứng với độ cao của phao. Do đó việc đặt mức chiều cao của môi chất lỏng trong bình chứa thực hiện nhờ đặt vị trí của phao 5.

## **5.4. TỰ ĐỘNG HOÁ MÁY NÉN LẠNH**

Hệ thống tự động hoá máy nén lạnh bao gồm hệ thống điều chỉnh và điều khiển tự động, hệ thống bảo vệ và tín hiệu tự động. Máy nén giữ vai trò rất quan trọng và quyết định nhất đối với hệ thống lạnh như năng suất lạnh, suất tiêu hao điện năng, độ tin cậy và an toàn, tuổi thọ của hệ thống lạnh. Vì vậy việc tự động hóa máy nén lạnh là việc làm cần thiết.

Trong phạm vi của giáo trình, chỉ đề cập đến hai phương pháp điều chỉnh tự động máy nén lạnh, là phương pháp điều chỉnh liên tục và phương pháp điều chỉnh gián đoạn.

### **5.4.1. Điều chỉnh liên tục công suất lạnh**

Phương pháp điều chỉnh liên tục công suất lạnh của máy nén, thường được sử dụng ở các máy nén lạnh công suất lớn và trung bình, bằng cách thay đổi số vòng quay của động cơ kéo máy nén, hoặc dùng cơ cấu nâng van hút kiểu điện từ. Cũng có thể thay đổi công suất lạnh của máy nén một cách liên tục qua van xả tắt hơi nén sang đường hút, hoặc dùng van tiết lưu đặt trên đầu hút của máy nén lạnh.

Thay đổi tốc độ quay của thiết bị dẫn động máy nén có hai phương pháp :

- Thay đổi tốc độ quay động cơ điện.
- Thay đổi tỉ số truyền từ động cơ sang máy nén.

Các phương pháp trên làm thay đổi từ từ và liên tục số vòng quay của máy nén, dẫn đến làm thay đổi liên tục công suất lạnh, vì công suất lạnh tỉ lệ với số vòng quay của máy nén.

Để thay đổi tốc độ quay của động cơ điện, ta phải thay đổi tần số hay điện áp cấp cho động cơ. Ở các động cơ điện một chiều, tốc độ quay thay đổi được nhờ điều chỉnh điện áp. Với động cơ điện không đồng bộ rôto lồng sóc, tốc độ quay được điều chỉnh bằng bộ điều chỉnh điện áp hoặc thay đổi tần số (máy biến tần). Tuy nhiên với phương pháp này phải có nguồn điện điều chỉnh công suất lớn đủ để cung cấp cho động cơ.

*a) Thay đổi vòng quay trực khuỷu qua đai truyền*

Phương pháp này chỉ dùng được cho các loại máy nén hồ công nghiệp, có thể bố trí các cặp bánh đai để tạo ra các tỉ số truyền khác nhau, dẫn đến thay đổi năng suất lạnh của máy nén. Về lí thuyết, có thể thay đổi vô cấp với các loại bánh đai đặc biệt.

Nếu kí hiệu  $Q_o$  là năng suất lạnh ở tải định mức với tốc độ quay định mức  $n_{dm}$ ,  $Q_{odc}$  là năng suất lạnh điều chỉnh ứng với tốc độ điều chỉnh  $n_{dc}$ , ta có :

$$Q_{odc} = Q_o \frac{n_{dc}}{n_{dm}} \quad (5-1)$$

*Ví dụ 5.1.* Một máy nén lạnh có tốc độ quay định mức là 1450 vòng/phút, khi điều chỉnh tốc độ quay xuống  $n_{dc} = 1000$  vòng/phút qua bánh đai, năng suất lạnh còn lại là :

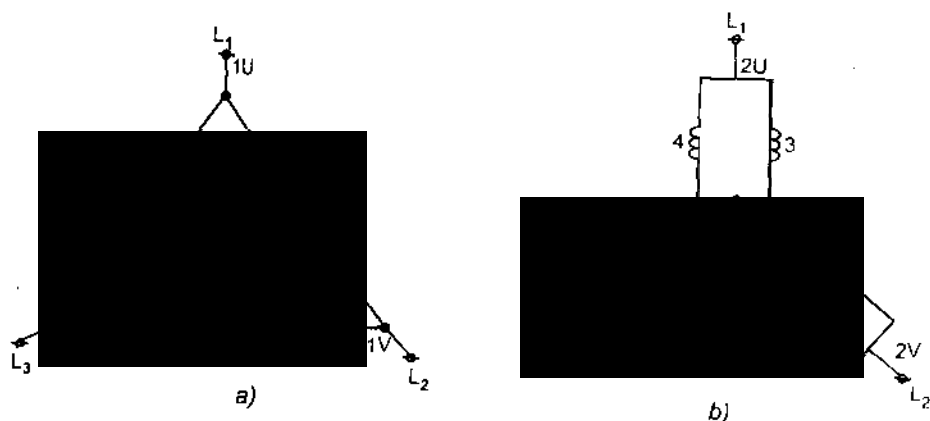
$$Q_{odc} = Q_o \frac{n_{dc}}{n_{dm}} = Q_o \frac{1000}{1450} = 0,69Q_o$$

Ưu điểm của phương pháp này là đơn giản ; nhược điểm là chỉ sử dụng cho máy nén hồ truyền động bằng đai. Bộ phận thay đổi tốc độ cồng kềnh, tháo lắp phức tạp.

### **b) Thay đổi vòng quay trực khuỷu bằng động cơ điện kiểu Dahlander**

Phương pháp đấu dây kiểu Dahlander thường được áp dụng cho các máy nén chế tạo tại Mỹ.

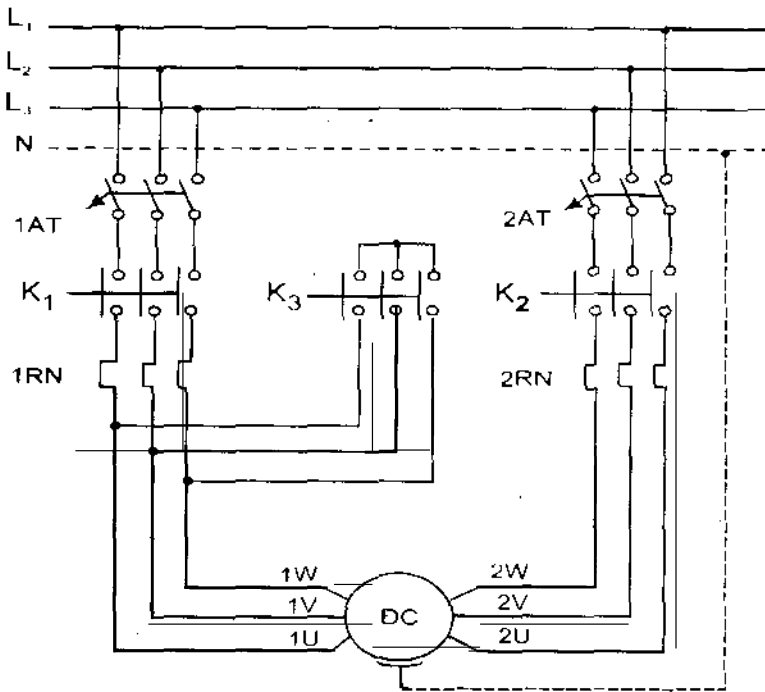
Ưu điểm của động cơ Dahlander là không cần cuộn dây thứ 2, các cuộn dây được chia làm hai phần riêng biệt nhau, tất cả các đầu dây được đưa ra hộp đấu dây. Ở tốc độ thấp các cuộn dây được bố trí theo mạch đấu hình tam giác, ở tốc độ cao chúng được nối thành hai hình sao. Hình 5-7 cho cách nối dây động cơ Dahlander.



**Hình 5-7.** Sơ đồ bố trí cuộn dây kiểu Dahlander :

- a) Nối tam giác  $\Delta$  tốc độ thấp ;
- b) Nối hình sao Y tốc độ cao.

Hình 5-8 là sơ đồ mạch điện của động cơ Dahlander 2 tốc độ.



Hình 5-8. Sơ đồ mạch điện của động cơ Dahlander 2 tốc độ.

- AT : áp tô mát
- K : khởi động từ
- RN : rơ le nhiệt
- ĐC : động cơ điện.

Nếu 1AT và  $K_1$  đóng, động cơ nối tam giác  $\Delta$ , tốc độ thấp.

Nếu 2AT,  $K_2$  và  $K_3$  đóng, động cơ nối hình sao Y, tốc độ cao.

Với cách nối Y,  $\Delta$  động cơ 2 tốc độ. Khi nối Y tốc độ 100% tốc độ định mức, còn khi nối  $\Delta$  tốc độ bằng 50% tốc độ định mức.

Ví dụ 5.2. Một máy nén lạnh có các cuộn dây quấn theo kiểu Dahlander, khi nối hình sao Y tương ứng một đôi cực, khi nối tam giác  $\Delta$  tương ứng là 2 đôi cực. Hệ số trượt của động cơ  $s = 6\%$  ở tất cả các tốc độ. Tính tốc độ của động cơ ở hai chế độ nối dây Y và  $\Delta$ .

Tốc độ động cơ được tính theo công thức :

$$n = \frac{f}{P}(1 - s) \quad (5-2)$$

Trong đó :  $f$  : Tần số của dòng điện. Với lưới điện công nghiệp  $f = 50\text{Hz}$

$P$  : số đôi cực của động cơ ;

$s$  : hệ số trượt.

Khi nối hình sao  $Y$ , số đôi cực  $p = 1$ . Ta có :

$$n = \frac{50}{1}(1 - 6\%) = \frac{50}{1}(1 - 0,06) = 47\text{v/s} = 2820\text{v/ph}$$

Khi nối hình sao  $\Delta$ , số đôi cực  $p = 2$ . Ta có :

$$n = \frac{50}{2}(1 - 6\%) = \frac{50}{2}(1 - 0,06) = 23,5\text{v/s} = 1410\text{v/ph}$$

Rơ le nhiệt RN được chỉnh định theo dòng điện định mức của động cơ, tương ứng với mỗi tốc độ. Khi nối dây các cuộn dây động cơ, cần đặc biệt chú ý hai tốc độ phải cùng chiều quay.

### *c) Thay đổi tốc độ quay của động cơ dùng máy biến tần*

Điều chỉnh chính xác và kịp thời năng suất lạnh và các thiết bị kèm theo phù hợp với phụ tải yêu cầu là biện pháp tiết kiệm năng lượng tối ưu. Dùng máy biến tần, cùng một lúc có thể thay đổi tốc độ vô cấp động cơ máy nén, quạt dàn lạnh, dàn ngưng hoặc bơm nước giải nhiệt, bơm nước lạnh các loại. Khả năng tiết kiệm năng lượng cao hơn hẳn so với phương pháp khác. Nhược điểm của phương pháp dùng máy biến tần là giá thành quá cao, nhưng khả năng tiết kiệm năng lượng lớn, chắc chắn sẽ được sử dụng rộng rãi trong tương lai. Theo tính toán, thời gian thu hồi vốn do tiết kiệm năng lượng khoảng từ 1 đến 2,5 năm.

## **5.4.2. Điều chỉnh nhảy cấp công suất lạnh**

Theo phương pháp này, công suất lạnh của máy nén không được điều chỉnh từ từ, liên tục, mà được điều chỉnh nhảy cấp. Phương thức được sử dụng là đóng, cắt động cơ máy nén. Phương thức năng van hút...

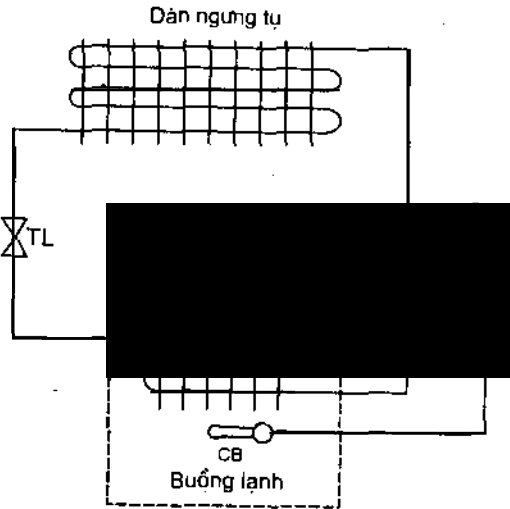
### *a) Đóng - cắt động cơ máy nén*

Phương pháp đóng - cắt động cơ máy nén thuộc loại điều khiển hai vị trí ("ON-OFF"), thường chỉ ứng dụng cho các hệ thống lạnh có công suất nhỏ và rất nhỏ. Động cơ máy nén có công suất nhỏ hơn 20 kW. Đặc biệt phương pháp này được ứng dụng rộng rãi cho các tủ lạnh gia đình, tủ lạnh thương nghiệp, buồng lạnh lắp ghép, các loại máy điều hoà nhiệt độ phòng.

Đối tượng phục vụ của các máy nén công suất nhỏ thường có quán tính nhiệt đủ lớn, có thể giữ chế độ nhiệt ở trong giới hạn cho phép bằng cách đóng - cắt máy nén để điều chỉnh công suất lạnh. Tuy nhiên, về nguyên tắc, số lần đóng - cắt không nên vượt quá 4÷6 lần trong một giờ.

Hình 5-9 là sơ đồ máy lạnh dùng trực tiếp rơ le nhiệt độ đóng - cắt động cơ của máy nén lạnh.

Khi nhiệt độ trong buồng lạnh đạt yêu cầu, cảm biến nhiệt độ CB đưa tín hiệu đến rơle nhiệt độ TC, rơ le TC có thể dùng tiếp điểm của mình cắt trực tiếp động cơ điện. Nếu động cơ điện công suất lớn, rơ le cho tín hiệu đến công tắc tơ, công tắc tơ sẽ đóng cắt động cơ máy nén.



Hình 5-9. Sơ đồ máy nén lạnh dùng rơ le nhiệt độ đóng - cắt trực tiếp động cơ điện :

ĐC : động cơ điện ; MN : máy nén ; TC : rơle nhiệt độ ;  
CB : cảm biến nhiệt độ ; TL : van tiết lưu.

### b) Phương pháp nâng van hút

Phương pháp nâng van hút được dùng rộng rãi để điều chỉnh công suất các máy có công suất lớn và trung bình. Đặc biệt các loại máy lớn có van hút dạng vòng, thường bố trí các cơ cấu để nâng van hút, vô hiệu hoá từng xi lanh hay từng cụm xi lanh. Cơ cấu nâng van hút hoạt động bằng áp lực dầu và được điều khiển bằng van điện từ và điều chỉnh công suất lạnh, cũng như giảm tải máy nén khi khởi động.

Hình 5-10 là sơ đồ nguyên lí nâng lá van hút kiểu vòng. Ở đây dùng van ba ngã loại điện từ để điều khiển pít tông thủy lực làm việc theo áp suất dầu.

Nguyên lí làm việc của cơ cấu nâng van như sau :

- Làm việc khi có tải :

Khi có tải, áp suất dầu lớn, pít tông bị đẩy về phía trái, vòng đỡ chốt đẩy van xuống, van hút làm việc bình thường.

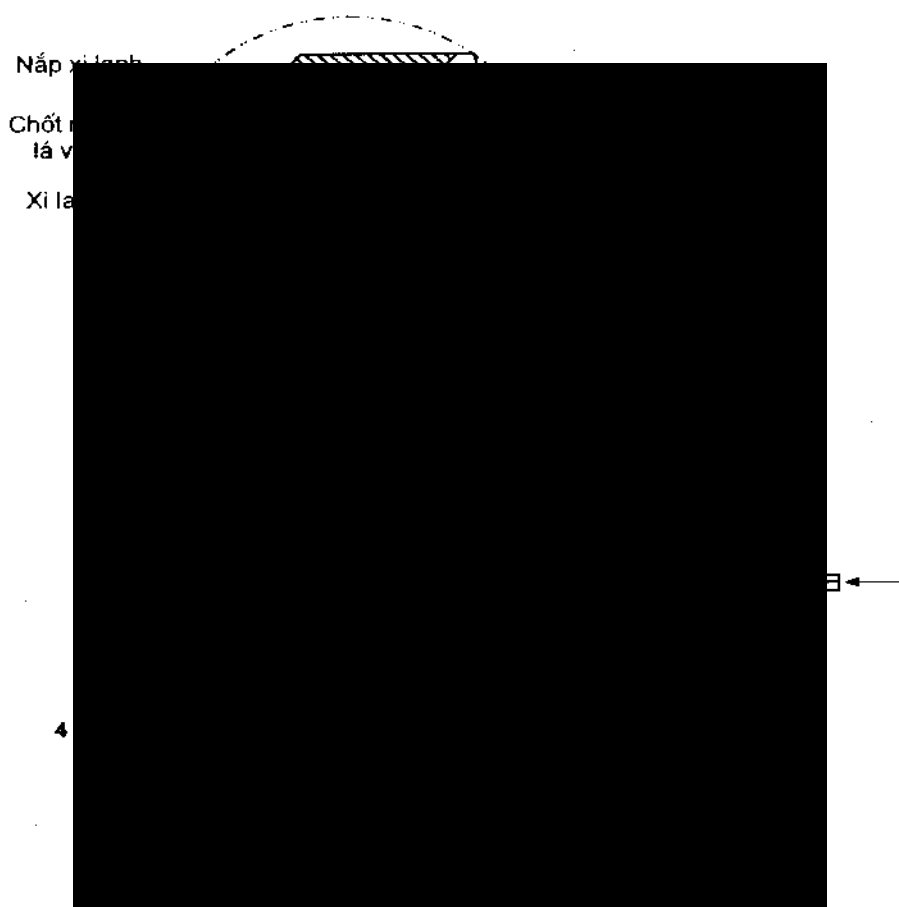
- Làm việc không tải :



Khi không tải, áp suất dầu giảm, pít tông thuỷ lực bị lực lò xo 1 đẩy về phía phải, lò xo 2 bị kéo căng, kéo tay đòn 3 về phía phải, nâng vòng đỡ 4 lên, ép lá van hút dạng vòng lên phía trên, vô hiệu hoá tác dụng của lá van, pít tông máy nén làm việc không tải.

Khi khởi động, áp suất dầu không có, nên tất cả các xi lanh có cơ cấu nâng van đều ở trạng thái không tải hoàn toàn, vì vậy máy nén khởi động dễ dàng. Khi đã đạt đến tốc độ định mức, bơm dầu đạt được áp suất bình thường, các xi lanh sẽ đi vào làm việc có tải.

Phương pháp điều chỉnh bằng nâng van hút là phương pháp kinh tế nhất. Khi đó công suất tiêu thụ giảm tỉ lệ với độ giảm công suất lạnh.



Hình 5-10. Sơ đồ nguyên lý làm việc của cơ cấu cơ khí nâng van dạng vòng.

1,2. Lò xo ; 3. Cánh tay đòn ; 4. Vòng đỡ chốt quay lá van.

## 5.5. TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT BỊ NGUNG TỤ

Nhiệm vụ tự động hoá thiết bị ngưng tụ là duy trì nhiệt độ và áp suất ngưng tụ không đổi hoặc dao động trong một giới hạn cho phép.

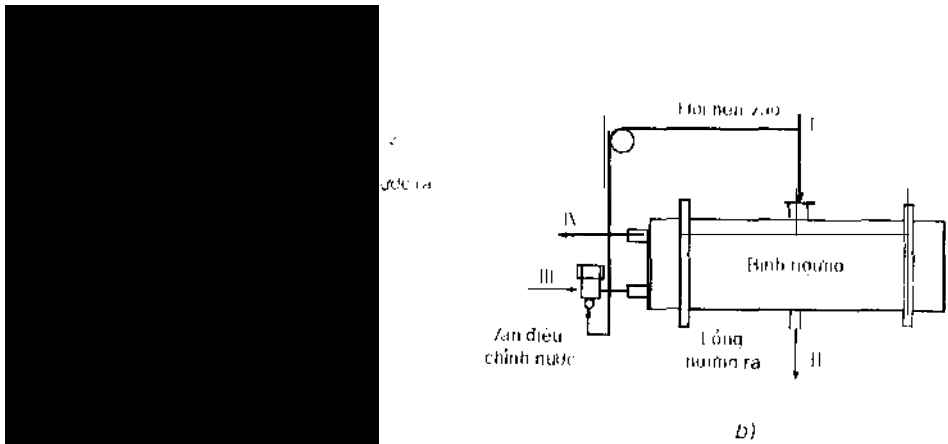
Việc duy trì nhiệt độ và áp suất ngưng tụ trong giới hạn cho phép, đối với hệ thống lạnh là rất cần thiết. Nếu áp suất ngưng tụ tăng cao, sẽ làm giảm năng suất lạnh, tăng tiêu hao điện năng. Do nhiệt độ dầu đẩy tăng, tiêu hao dầu tăng, dẫn đến độ tin cậy và tuổi thọ các chi tiết giảm.

Ngược lại, nếu áp suất và nhiệt độ ngưng tụ quá thấp sẽ ảnh hưởng đến quá trình cấp lỏng cho dàn bay hơi, dẫn đến năng suất lạnh của hệ thống giảm.

Các phương pháp duy trì áp suất ngưng tụ chủ yếu phụ thuộc vào cấu tạo và môi trường làm mát của thiết bị ngưng tụ

### 5.5.1. Tự động hoá thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước

Phương pháp điều chỉnh thường là làm thay đổi lưu lượng nước làm mát vào đường cấp nước cho thiết bị ngưng tụ. Một bộ điều chỉnh nước theo sơ đồ hình 5-11.



**Hình 5-11.** Sơ đồ tự động thiết bị ngưng tụ :

a) Sơ đồ nguyên lý van điều chỉnh nước ;

b) Cách lắp đặt van vào bình ngưng tụ.

1, 2. Đường nước vào và ra khỏi van ; 3. Hộp xếp ; 4. Đường tín hiệu áp suất vào van ;

5. Thanh truyền ; 6. Nắp van ; 7. Lò xo ; 8. Vít ; 9, 10. Màng đàn hồi bằng cao su.

Sự làm việc của sơ đồ tự động điều chỉnh lưu lượng nước làm mát thiết bị ngưng tụ như sau :

Nước vào ống nối 1, ra ống nối 2, vào bình ngưng tụ. Hộp xếp 3 là phân tử cảm biến áp suất. Khi áp suất ngưng tụ tăng, hộp xếp 3 dẫn ra, nắp van 6 mở rộng hơn, cho nước đi qua nhiều hơn. Nước giải nhiệt vào nhiều, áp suất ngưng tụ giảm

xuống, hộp xếp 3 co lại, nắp van 6 đóng bớt cửa, nước vào làm mát ít đi và áp suất ngưng tụ lại tăng lên, chu kì làm việc lặp lại, lưu lượng nước cũng như áp suất ngưng tụ liên tục dao động quanh giá trị đặt ở vít điều chỉnh 8.

Hình 5-11b là sơ đồ cách mắc van điều chỉnh nước vào bình ngưng. Phần tử cảm biến của van (hộp xếp) nhận trực tiếp tín hiệu áp suất  $P_K$  từ bình ngưng bằng ống nối 4 đến ống đẩy của máy nén, nhờ vậy khi áp suất ngưng tụ  $P_K$  thay đổi, lưu lượng nước được điều chỉnh phù hợp theo.

Khi máy nén ngừng hoạt động, áp suất ngưng tụ  $P_K$  giảm dần, sau một thời gian nhất định van điều chỉnh lưu lượng nước sẽ đóng.

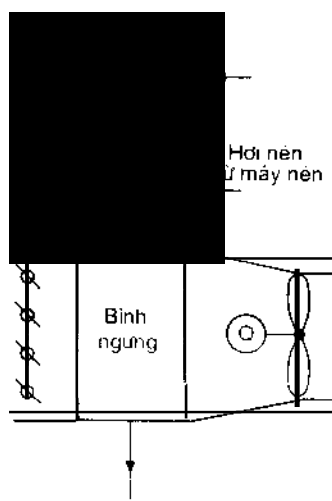
Một phương pháp khác có thể lấy tín hiệu nhiệt độ ngưng tụ  $t_K$  để điều chỉnh lưu lượng nước. Thường phương pháp này được kết hợp van nước điều chỉnh bằng tay với van điện từ. Việc đóng mở van điện từ được điều khiển bởi rơle nhiệt độ. Khi nhiệt độ ngưng tụ tăng, rơle nhiệt độ cho tín hiệu mở van điện từ, lưu lượng nước vào bình ngưng, ngược lại khi nhiệt độ giảm, rơle nhiệt độ cho tín hiệu đóng van điện từ, ngừng cấp nước vào bình ngưng. Phương pháp này ít được dùng vì lưu lượng nước điều chỉnh liên tục thực hiện phức tạp hơn phương pháp dùng tín hiệu áp suất.

### 5.5.2. Tự động hóa thiết bị ngưng tụ làm mát bằng không khí

Áp suất ngưng tụ  $P_K$  ở các thiết bị ngưng tụ, có thể được điều chỉnh bằng cách thay đổi tốc độ hoặc lưu lượng không khí làm mát.

Tốc độ và lưu lượng không khí làm mát có thể thay đổi, do thay đổi tốc độ quay của quạt gió. Nhược điểm của phương pháp này là quạt gió phải liên tục đóng cắt suốt thời gian vận hành. Để khắc phục tình trạng này cần sử dụng cửa chắn gió; cửa chắn gió được điều chỉnh nhờ tín hiệu áp suất đầu đẩy máy nén.

Hình 5-12 là sơ đồ điều chỉnh cánh chắn gió làm mát bình ngưng. Sự làm việc của sơ đồ như sau :



Hình 5-12. Sơ đồ điều chỉnh cánh chắn gió làm mát bình ngưng

RP> : rơle áp suất cao ; K : công tắc tơ ;  
ĐC : động cơ điều chỉnh cánh chắn gió ; Q : quạt gió.

Khi áp suất tăng  $RP >$  cho tín hiệu đến công tắc tơ K, công tắc tơ K đóng, động cơ ĐC mở to các cửa chắn gió, để không khí đi qua bề mặt trao đổi nhiệt của bình ngưng nhiều lên.

Khi áp suất ngưng tụ giảm role áp suất cho tín hiệu đến công tắc tơ K, công tắc tơ K đóng, động cơ ĐC khép bớt cửa chắn gió vào bình ngưng, lưu lượng gió vào bình ngưng ít đi. Nếu áp suất lại tăng, quá trình được lặp lại. Nếu máy nén dừng quạt gió và cửa chắn gió ngừng hoạt động.

Chú ý cấu trúc của công tắc tơ K đặc biệt, đảo được chiều quay của động cơ ĐC.

Phương pháp này không kinh tế, vì quạt Q phải chạy liên tục nên tiêu hao điện năng lớn, tuổi thọ quạt giảm, tiếng ồn cao. Để khắc phục các nhược điểm trên, xu thế mới hiện nay là sử dụng máy biến tần (xem mục 5.4).

## 5.6. PHẠM VI ỨNG DỤNG. NHỮNG NGUYÊN NHÂN HƯ HỎNG VÀ CÁCH KHẮC PHỤC

### 5.6.1. Phạm vi ứng dụng tự động hoá hệ thống lạnh

Tự động hoá hệ thống lạnh được ứng dụng rộng rãi cho tất cả hệ thống lạnh trong công nghiệp và trong sinh hoạt ; cho cả các hệ thống lạnh công suất lớn, hệ thống lạnh công suất nhỏ và rất nhỏ.

### 5.6.2. Những nguyên nhân hư hỏng và cách khắc phục tự động hoá hệ thống lạnh

*a) Có tín hiệu từ bộ cảm biến đến công tắc tơ. Nhưng công tắc tơ không đóng.*  
Nguyên nhân có thể là :

- Rơ le nhiệt bảo vệ thiết bị làm việc đã tác động ;
- Mất nguồn điều khiển cho công tắc tơ ;
- Cuộn dây công tắc tơ bị đứt.

Cách khắc phục :

- Kiểm tra rơ le nhiệt. Nếu rơ le nhiệt tác động ấn nút giải trừ, rơ le nhiệt sẽ trở về trạng thái làm việc.
- Kiểm tra nguồn điều khiển và kiểm tra cuộn dây công tắc tơ. Nếu hư hỏng thay thế cuộn dây mới.

*b) Hệ thống điều khiển không làm việc khi nhiệt độ thay đổi.* Nguyên nhân có thể là :

- Cảm biến nhiệt độ bị hỏng ;

- Dây dẫn tín hiệu từ cảm biến nhiệt độ đến dụng cụ đo nhiệt độ bị đứt ;
- Phần tử so sánh ở cơ cấu đo lường bị hỏng ;
- Các thiết bị chấp hành không làm việc.

Cách khắc phục :

- Dùng vạn năng kế kiểm tra cảm biến nhiệt độ xem có bị hỏng hay không. Nếu đứt dây điện trở platin, bị rò ga trong ống Balông nhiệt - bắt buộc thay cái mới.

- Kiểm tra dây dẫn mạch tín hiệu, các cơ cấu so sánh chấp hành. Hư hỏng ở đâu sẽ sửa chữa khắc phục ở đó.

*c) Hệ thống điều chỉnh tự động không làm việc khi áp suất ngưng tụ thay đổi*  
Nguyên nhân có thể là :

- Rơ le áp suất bị biến dạng, bị hỏng ;
- Các lò xo ở các cảm biến áp suất thay đổi trị số đàn hồi ;
- Tiếp điểm ở rơ le áp suất hay cảm biến áp suất không tiếp xúc.

Cách khắc phục :

- Các rơ le áp suất cũng như cảm biến áp suất, có loại tác động trực tiếp tới cơ cấu điều chỉnh. Do làm việc lâu ngày khả năng đàn hồi các lò xo, các hộp xếp xấu đi, có một số trường hợp chúng bị biến dạng mới, bị gãy, bị thủng.

Do vậy sau một thời gian vận hành nhất định, cần phải căn chỉnh lại các rơ le và cảm biến áp suất. Trong quá trình căn chỉnh, nếu không đạt yêu cầu phải thay thế cái mới.

Các rơ le áp suất chuyển đổi sang tín hiệu điện, cần kiểm tra toàn bộ mạch điều khiển về điện, hư hỏng ở đâu thay thế ở đó.

## **CÂU HỎI ÔN TẬP**

1. Yêu cầu và nhiệm vụ tự động hoá hệ thống lạnh.
2. Phân biệt điều chỉnh tự động và điều khiển tự động.
3. Hệ thống đo lường và tín hiệu tự động hệ thống lạnh.
4. Các phương pháp điều chỉnh công suất máy nén lạnh. Ưu nhược điểm mỗi phương pháp.
5. Các phương pháp điều chỉnh nhả cấp công suất lạnh. Phạm vi ứng dụng của phương pháp.
6. Các phương pháp tự động hoá thiết bị ngưng tụ.

## Chương 6

# THIẾT BỊ GIA NHIỆT, SỬ DỤNG VÀ SỬA CHỮA NHỮNG HƯ HỎNG THƯỜNG GẶP

### 6.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Trong đời sống cũng như trong sản xuất, yêu cầu về sử dụng nhiệt năng rất lớn. Trong các ngành công nghiệp khác nhau, nhiệt năng dùng để nung, sấy, nhiệt luyện, nấu chảy các chất cũng là một yêu cầu không thể thiếu. Nguồn nhiệt năng này được chuyển từ điện năng qua các lò điện là phổ biến, rất thuận tiện, để tự động hoá điều chỉnh nhiệt độ trong lò điện.

Trong sinh hoạt đời sống, nhiệt năng chủ yếu dùng để đun, nấu, nướng. Nguồn nhiệt năng cũng được chuyển từ điện năng qua các bàn là điện, bếp, nồi cơm điện, bình nóng lạnh... Đây là nguồn năng lượng sạch, không ảnh hưởng tới môi trường sống, sử dụng thuận tiện, dễ dàng.

Biến đổi điện năng thành nhiệt năng có nhiều cách : nhờ hiệu ứng Joule (lò điện trở), nhờ phóng điện hồ quang (lò hồ quang), nhờ tác dụng nhiệt của dòng điện xoáy Foucault thông qua hiện tượng cảm ứng điện từ (lò cảm ứng)...

### 6.2. LÒ ĐIỆN TRỞ

#### 6.2.1. Mở đầu và phân loại

Khi cho dòng điện chạy qua dây điện trở, nó biến điện năng thành nhiệt năng, gọi là lò điện trở. Từ dây điện trở phát nóng, qua bức xạ, đối lưu, truyền nhiệt và dẫn nhiệt, nhiệt năng từ dây điện trở tới các vật cần gia nhiệt ; lò điện trở được sử dụng để nung, nhiệt luyện, nấu chảy kim loại, hợp kim màu, dùng để nướng bánh ở các xí nghiệp bánh kẹo...

Phân loại lò điện trở

- Theo nhiệt độ của lò

+ Lò nhiệt độ thấp :  $< 650^{\circ}\text{C}$

+ Lò nhiệt độ trung bình từ  $650^{\circ}\text{C} + 1200^{\circ}\text{C}$

+ Lò nhiệt độ cao :  $> 1200^{\circ}\text{C}$ .

- Theo mục đích sử dụng

+ Lò dùng trong công nghiệp (tôi, ram, ủ, nấu chảy...)

+ Lò dùng trong phòng thí nghiệm

+ Lò dùng trong xí nghiệp chế biến

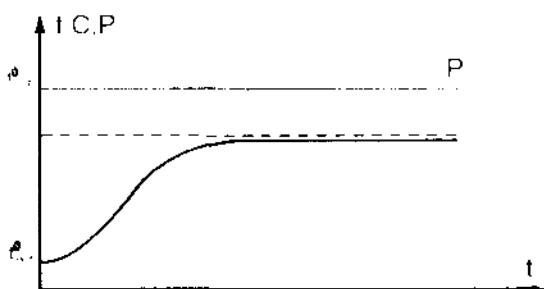
+ Lò dùng trong gia đình

- Theo đặc tính làm việc

+ Lò làm việc liên tục

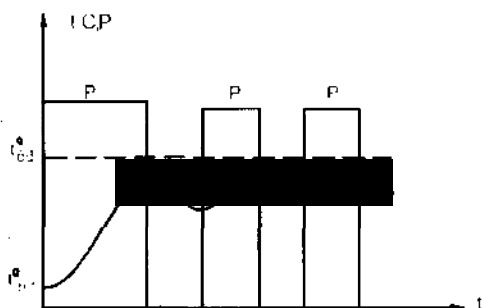
+ Lò làm việc gián đoạn

Lò làm việc liên tục được cấp điện liên tục theo thời gian  $t$  và nhiệt độ được giữ ổn định ở một giá trị nào đó sau quá trình khởi động lò (hình 6-1).



Hình 6-1. Đồ thị nhiệt độ ( $t^{\circ}\text{C}$ ) và công suất lò ( $P$ ).

Lò làm việc gián đoạn, khống chế nhiệt độ bằng cách cắt nguồn điện cấp cho lò, nhiệt độ sẽ dao động quanh giá trị ổn định (hình 6-2).



Hình 6-2. Đồ thị nhiệt độ và công suất lò làm việc gián đoạn ( $t^{\circ}\text{C}$ : nhiệt độ;  $P$ : công suất;  $t_{\text{ổn}}$ : nhiệt độ ổn định;  $t_{\text{môi}}$ : nhiệt độ môi trường;  $t$ : thời gian).

- Theo kết cấu lò

+ Lò buồng

+ Lò giếng

+ Lò chụp

+ Lò bể

Ở Việt Nam thường dùng lò kiểu buồng để nhiệt luyện: nung, tôi, ram, ủ, nung. Lò kiểu giếng để nung, nhiệt luyện...

### 6.2.2. Yêu cầu đối với vật liệu làm dây điện trở (dây đốt)

Trong lò điện trở, dây điện trở là phần tử chính, biến đổi điện năng thành nhiệt năng thông qua hiệu ứng Joule. Dây điện trở cần phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

- Chịu được nhiệt độ cao

- Độ bền cơ khí lớn

- Có điện trở suất lớn

- Hệ số nhiệt điện trở nhỏ, như vậy điện trở ít thay đổi theo nhiệt độ, đảm bảo công suất lò.

- Chậm hoá già, dây điện trở ít biến đổi theo thời gian, đảm bảo tuổi thọ của lò.  
Vật liệu làm dây điện trở và phạm vi ứng dụng :

- Hợp kim Cr-Ni ; Cr-Al : dùng cho lò có nhiệt độ làm việc dưới 1200°C.

- Hợp chất SiC ; MoSi<sub>2</sub> : dùng cho lò có nhiệt độ làm việc từ 1200°C ÷ 1600°C.

- Đơn chất Mo, W, C (graphít) : dùng cho lò có nhiệt độ làm việc cao hơn 1600°C.

### 6.2.3. Tính toán dây điện trở

Xuất phát từ sản lượng của lò, tính năng suất của lò :

$$A = \frac{M}{t} \quad (\text{kg/s}) \quad (6-1)$$

Trong đó :

A : năng suất của lò (kg/s)

M : khối lượng vật gia nhiệt (kg)

t : thời gian (s)

Nhiệt lượng hữu ích cần cấp cho vật gia nhiệt :

$$Q_{hi} = MC (t_2^o - t_1^o) \quad (\text{J}) \quad (6-2)$$

Trong đó :

Q<sub>hi</sub> : nhiệt lượng hữu ích (J)

C : nhiệt dung riêng trung bình của vật gia nhiệt trong khoảng nhiệt độ (t<sub>2</sub><sup>o</sup> - t<sub>1</sub><sup>o</sup>) (J/kgđộ)

(t<sub>2</sub><sup>o</sup> - t<sub>1</sub><sup>o</sup>) : nhiệt độ lúc gia nhiệt và nhiệt độ ban đầu (°C)

Công suất hữu ích của lò P<sub>hi</sub> :

$$P_{hi} = \frac{Q_{hi}}{t} = AC (t_2^o - t_1^o) \quad (\text{W}) \quad (6-3)$$

Công suất lò P<sub>lò</sub> :

$$P_{lò} = \frac{P_{hi}}{\eta} \quad (\text{W}) \quad (6-4)$$

Trong đó η = 0,7 ÷ 0,8 hiệu suất của lò .

Công suất đặt của lò P<sub>d</sub> :

$$P_d = K P_{lò} \quad (\text{W}) \quad (6-5)$$



Trong đó : K là hệ số dự trữ, tính đến điều kiện điện áp lưới bị giảm thấp, do dây điện trở hoá già nên điện trở tăng lên.

$K = 1,2 \div 1,3$  đối với lò làm việc liên tục

$K = 1,4 \div 1,5$  đối với lò làm việc gián đoạn.

Từ công suất  $P_d$ , có thể tính gần đúng mật độ công suất dây điện trở cho một pha. Đó là khả năng cấp nhiệt của dây điện trở trên một đơn vị thời gian và trên một đơn vị diện tích bề mặt dây :

$$W_s = \frac{P_d}{mF} \quad (W/m^2) \quad (6-6)$$

Trong đó :

$W_s$ : mật độ công suất ( $W/m^2$ )

$P_d$ : công suất đặt của lò (W)

m : số pha

F : diện tích xung quanh dây điện trở một pha ( $m^2$ )

Từ công suất đặt của lò  $P_d$ , có thể tính được dây điện trở cho lò. Với lò có số pha đối xứng, công suất đặt cho một pha bằng :

$$P_{d1pha} = \frac{P_d}{m} \quad (W) \quad (6-7)$$

Với quan hệ toả nhiệt, công suất dây điện trở cấp nhiệt qua diện tích xung quanh F của dây :

$$\text{[Redacted]} \quad (6-8)$$

Trong đó :

L : chiều dài dây điện trở (m)

D : chu vi tiết diện dây điện trở (m)

Từ 6-8, tính chiều dài dây điện trở :

$$L = \frac{P_{d1pha}}{W_s D} \quad (6-9)$$

Quan hệ giữa thông số dây điện trở :

$$P_{d1pha} = \frac{U_{pha}^2}{R_{pha}} = \frac{U_{pha}^2}{\frac{\rho L}{S}} \quad (6-10)$$

Trong đó :

- $\rho$  : điện trở suất dây điện trở
- $L$  : chiều dài dây điện trở
- $S$  : tiết diện ngang dây điện trở
- $U_{pha}$  : điện áp pha
- $R_{pha}$  : điện trở pha

Từ 6-10, tính chiều dài dây điện trở :

$$L = \frac{U_{pha}^2 S}{P_{dpha} \rho} \quad (6-11)$$

Cân bằng giữa 6-9 và 6-11 ta có :

$$DS = \frac{P_{dpha}^2 \rho}{U_{pha}^2 W_s} \quad (6-12)$$

Dây điện trở có thể có tiết diện tròn hay chữ nhật.

Trong các lò có nhiệt độ làm việc dưới  $700^{\circ}\text{C}$ , việc truyền nhiệt từ dây điện trở đến vật gia nhiệt chủ yếu là do hiện tượng dẫn nhiệt và đối lưu. Trong các lò có nhiệt độ cao hơn  $700^{\circ}\text{C}$  việc truyền nhiệt chủ yếu do bức xạ.

Để đơn giản việc nghiên cứu, phân tích, giả thiết rằng tổn thất nhiệt qua vỏ lò bằng không và dây điện trở là một lá mỏng bao kín vật gia nhiệt, nghĩa là coi diện tích toả nhiệt của dây bằng diện tích xung quanh vật gia nhiệt. Với giả thiết trên, phương trình trao đổi nhiệt bức xạ giữa dây điện trở lí tưởng và vật gia nhiệt :

$$P = C_s \epsilon_{qd} \left[ \left( \frac{T_{dd}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_v}{100} \right)^4 \right] F \quad (\text{W}) \quad (6-13)$$

Trong đó :

- $P$  : công suất lò (W)
- $C_s$  : khả năng bức xạ vật đen tuyệt đối
- $C_s = 5,7 \text{ W/m}^2 (\text{K})^4$
- $T_{dd}$  : nhiệt độ dây điện trở (K)
- $T_v$  : nhiệt độ vật gia nhiệt (K)
- $\epsilon_{qd}$  : hệ số bức xạ nhiệt quy đổi

$$\epsilon_{qd} = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_{dd}} + \frac{1}{\epsilon_v} - 1} \quad (6-14)$$

Trong đó :

$\epsilon_{dd}$  : hệ số bức xạ nhiệt của dây điện trở

$\epsilon_v$  : hệ số bức xạ nhiệt của vật gia nhiệt.

Từ 6-13 có thể xác định mật độ công suất dây điện trở :

$$W_s = \frac{P}{F} = C_s \epsilon_{qd} \left[ \left( \frac{T_{dd}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_v}{100} \right)^4 \right] \quad (\text{W/m}^2) \quad (6-14)$$

Trong đó :

$$W_F = C_s \left[ \left( \frac{T_{dd}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_v}{100} \right)^4 \right] \quad (\text{W/m}^2) \quad (6-15)$$

$W_F$  gọi là mật độ công suất trao đổi nhiệt giữa hai vật đen tuyệt đối. Giá trị  $W_F$  cho theo đồ thị hình 6-3 và phụ thuộc vào nhiệt độ làm việc dây điện trở và vật gia nhiệt.

Trong thực tế, dây điện trở không bao kín vật gia nhiệt, nhiệt tổn thất qua vách lò, thành trong lò cũng trao đổi nhiệt với vật gia nhiệt...các yếu tố trên được đề cập đến qua hệ số bức xạ của dây điện trở  $\alpha$  và mật độ công suất cho phép :

$$W_{cp} = \epsilon_{qd} W_F \alpha \quad (\text{W/m}^2) \quad (6-16)$$

Một số trị số  $\alpha$  tham khảo :

- Dây xoắn tròn đặt trong rãnh nửa kín ở vách lò :  $\alpha = 0,16 \div 0,24$

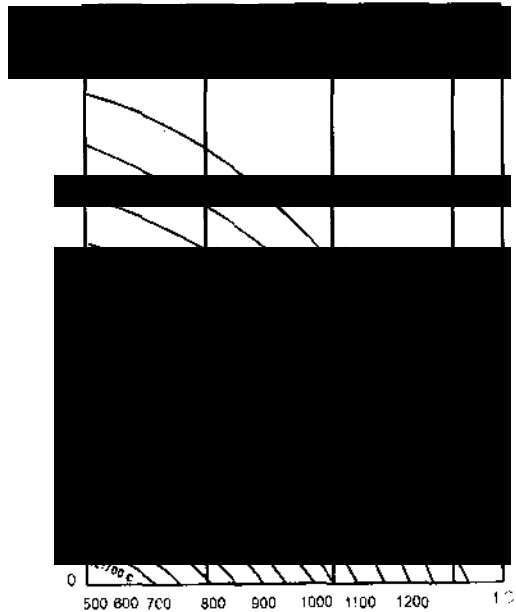
- Dây xoắn tròn đặt trong ống tròn sàn lò :  $\alpha = 0,3 \div 0,36$

- Dây dích đặc hay thanh :  $\alpha = 0,6 \div 0,72$

- Dây chữ nhật uốn dích đặc :  $\alpha = 0,38 \div 0,44$

Khi tính kích thước dây đốt một pha, có thể tính qua điện trở dây :

$$R_{dd} = \frac{U_{pha}^2}{P_{pha}}$$



Hình 6-3. Đồ thị mật độ công suất của dây điện trở có độ đen tuyệt đối

Từ  $R_{dd}$  lựa chọn tiết diện dây điện trở theo tiêu chuẩn, từ đó tính độ dài  $L_{dd}$  của dây điện trở :

$$L_{dd} = \frac{R_{dd} S_{dd}}{\rho_{dd}} = \frac{U_{pha}^2 S_{dd}}{P_{pha} \rho_{dd}} \quad (6-17)$$

Sau khi lựa chọn dây điện trở, kiểm tra mật độ công suất dây điện trở :

$$W_s = \frac{P_{pha}}{F} \leq W_{cp} \quad (6-18)$$

$W_{cp}$  : Mật độ công suất cho phép.

Nếu  $W_s > W_{cp}$  cần phải tăng tiết diện và chiều dài dây điện trở.

Khi tính dây điện trở cho lò có nhiệt độ làm việc trên  $700^\circ\text{C}$ , không nên dùng dây tròn có đường kính dưới 3 mm hoặc dây chữ nhật có độ dày nhỏ hơn 1,5mm.

#### 6.2.4. Khống chế nhiệt độ lò điện trở

Khống chế nhiệt độ lò điện trở là duy trì ổn định theo nhiệt độ làm việc của lò hoặc thay đổi nhiệt độ theo đúng như yêu cầu của sản xuất. Việc khống chế nhiệt độ lò thường được thực hiện bằng việc khống chế công suất lò với cách đóng mở nguồn cung cấp điện cho lò theo một chương trình đã được tính toán.

##### a) Sơ đồ khống chế nhiệt độ dùng tiếp điểm

Hình 6-4 là sơ đồ điều khiển khống chế nhiệt độ lò điện trở.

Mạch lực được cấp từ lưới điện 380/220V. Các ampe kế đo dòng điện thông qua các máy biến dòng BI.

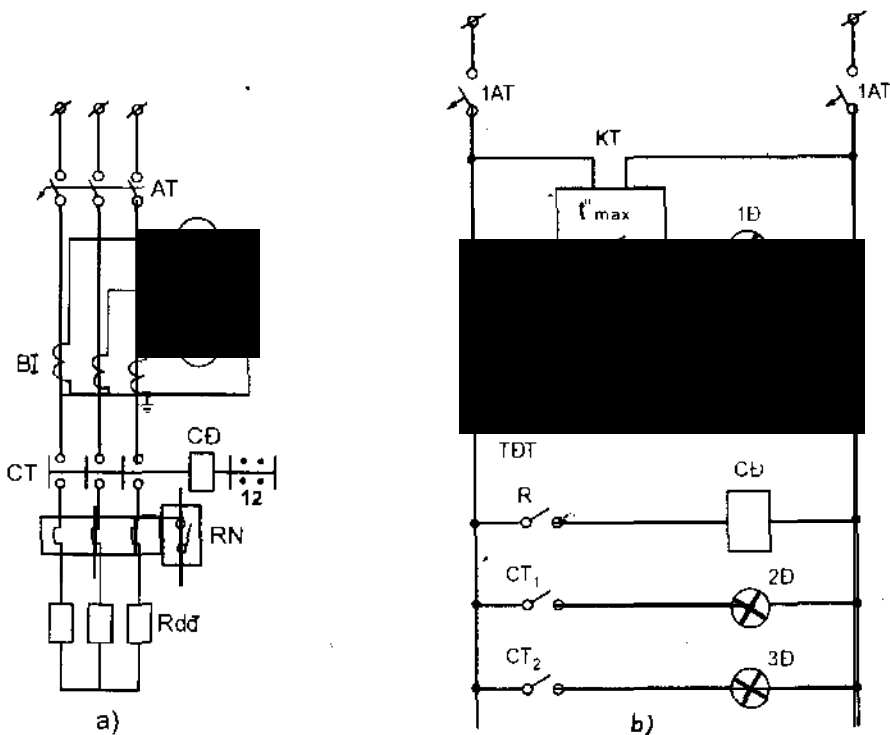
Khoá K dùng để chuyển đổi chế độ điều khiển : Bằng tay T hay tự động TĐ.

Ở chế độ tự động, thiết bị kiểm tra nhiệt của lò KT được nối mạch. Khi nhiệt độ lò thấp dưới mức quy định  $t_{min}^o$ , tiếp điểm KT2 đóng lại, rơ le R có điện đóng tiếp điểm của nó, cuộn đóng CD của công tắc tơ CT có điện, công tắc tơ đóng cấp điện cho lò. Đèn 2Đ sáng báo tín hiệu lò làm việc.

Khi nhiệt độ cao hơn quy định  $t_{max}^o$ , thiết bị kiểm tra nhiệt độ lò KT đóng tiếp điểm KT1, mở tiếp điểm KT2, đèn 1Đ sáng báo quá nhiệt độ và cuộn đóng CD mất điện, công tắc tơ CT mở tiếp điểm ngừng cấp điện cho lò, đèn 3Đ báo tín hiệu lò ngừng cấp điện.

Trong mạch lực có trang bị rơ le nhiệt RN để bảo vệ quá tải cho lò điện trở.

Trong sơ đồ hình 6-4,  $R_{dd}$  là dây điện trở của lò.



**Hình 6-4.** Sơ đồ không chế nhiệt độ lò điện trở :

a) Mạch điện chính ;      b) Mạch điều khiển.

**b) Sơ đồ không chế nhiệt độ lò không tiếp điểm**

Sơ đồ hình 6-5 dùng cho lò công suất nhỏ, nhờ chuyển mạch K có thể điều chỉnh theo 10 cấp khác nhau từ 10% đến 100% công suất định mức của lò.

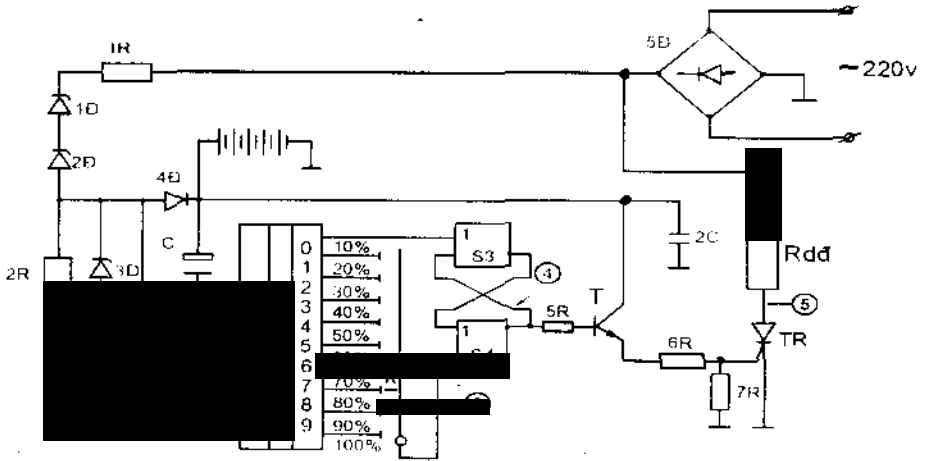
Mạch 1R, 1Đ, 2Đ, 2R, 3Đ tạo ra các xung sau khi điện áp lưới chuyển qua giá trị 0 (điện áp lưới lấy qua chỉnh lưu cầu 5Đ).

Trigơ smít do 2 phần tử NOR S1 và S2 sẽ sửa dạng các xung trên và đưa đến cửa vào CN bộ đếm 2-10 có giải mã BĐ. Các diốt ổn áp 1Đ, 2Đ làm nhiệm vụ chống nhiễu cho bộ điều chỉnh, tránh chuyển đổi sai của bộ đếm BĐ.

Mạch 4Đ, 1C và 2C ổn định nguồn điện áp một chiều cung cấp cho các vi mạch.

Các xung dương tới bộ đếm BĐ có độ dài xung bằng một nửa chu kỳ điện áp tần số công nghiệp T/2 (hình 6-6a). Khi đầu ra 0 của bộ đếm BĐ có mức logic 1 thì đầu ra của trigơ được tạo bởi hai phần tử NOR, S3 và S4 có mức logic 1, qua điện trở 5R đến cực gốc transistor T, transistor T thông dẫn đến thyristor TR thông, dây điện trở  $R_{\omega}$  có dòng điện chạy qua. Thyristor sẽ thông cho tới khi đầu ra nối với con trượt K (hình 6-6), về con trượt K ở vị trí số 7 có mức logic 1, trigơ S3, S4 chuyển

trạng thái và thyristor khoá. Như vậy công suất cấp cho tải 70% (con trượt K ở vị trí số 7), công suất cấp này tỉ lệ nghịch với thời gian tồn tại xung (hình 6-6d), khi thyristor thông vị trí điểm 5 trên sơ đồ hình 6-5 có độ lớn điện áp  $200\sqrt{2}$  V. Thời gian tồn tại xung thay đổi nhờ con trượt chuyển đổi K.

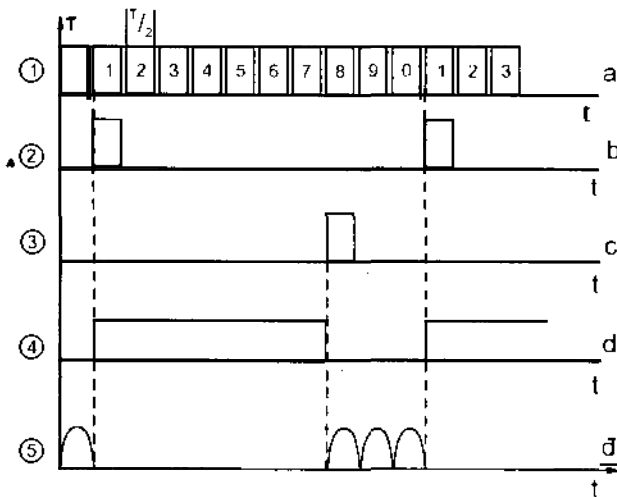


**Hình 6.5.** Sơ đồ không chế nhiệt độ lò không tiếp điểm :

a) Mạch điện chính ;      b) Mạch điều khiển.

Nếu con trượt K chuyển đổi về vị trí 100%, thì trigơ S3, S4 không đổi trạng thái giữ nguyên trạng thái đầu ra có mức logic 1 và thyristor thông dẫn đến dây điện trở được cấp đầy đủ công suất.

Ở sơ đồ hình 6-5, thyristor đóng vai trò như một công tắc tơ, việc dịch chuyển con trượt K phụ thuộc vào yêu cầu điều chỉnh nhiệt độ của lò.



**Hình 6.6.** Đồ thị xung tương ứng với vị trí 1, 2, 3, 4, 5 trên sơ đồ hình 6-5.

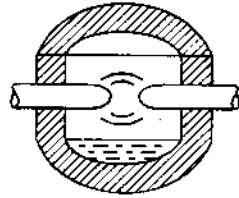
## 6.3. LÒ HỒ QUANG

### 6.3.1. Mở đầu và phân loại

Lò hồ quang là do ngọn lửa hồ quang giữa điện cực và kim loại hoặc giữa các điện cực với nhau, để nấu chảy kim loại, tạo ra các hợp kim có chất lượng cao.

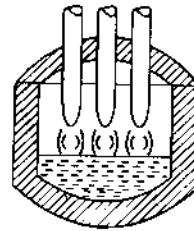
#### a) Phân loại lò hồ quang

- Lò hồ quang một chiều (dùng nguồn điện một chiều).
- Lò hồ quang xoay chiều (dùng nguồn điện xoay chiều).
- Lò hồ quang nung gián tiếp : nhiệt của ngọn lửa xảy ra giữa hai điện cực (graphit – than) được dùng để nấu chảy kim loại (hình 6-7).



Hình 6-7. Lò hồ quang nung nóng gián tiếp.

- Lò hồ quang nung nóng trực tiếp : nhiệt của ngọn lửa hồ quang xảy ra giữa điện cực và kim loại, dùng để nấu chảy kim loại (hình 6-8).



Hình 6-8. Lò hồ quang nung nóng trực tiếp.

- Trong các lò hồ quang loại lò sâu, kim loại lỏng ở trạng thái tĩnh, có chênh lệch nhau về nhiệt độ theo độ cao của lò khoảng  $100^{\circ}\text{C}/\text{m}$ . Trong điều kiện đó, để tăng cường phản ứng của kim loại (với xỉ) và để đảm bảo khả năng nung nóng kim loại trước khi rót, cần phải khuấy, trộn kim loại lỏng. Ở lò dung lượng nhỏ (dưới 6 tấn), việc khuấy trộn thực hiện bằng tay qua cơ cấu truyền động cơ khí. Với lò dung lượng trung bình và lớn, khuấy trộn bằng máy sẽ giảm được sức lao động và nâng cao được chất lượng kim loại sau khi đã luyện. Thiết bị khuấy trộn kim

loại lỏng thường là thiết bị điện từ, có nguyên lí làm việc tương tự như động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc. Từ trường được tạo ra khi cho dòng điện xoay chiều đi qua hai cuộn dây (stator) và có tần số  $0,5 + 1$  Hz lệch pha nhau một góc  $90^{\circ}$ . Đáy lò dùng vật liệu phi kim loại. Do có từ trường này mà kim loại có lực điện từ dọc theo trục lò. Khi thay đổi chiều dòng điện đi qua 2 cuộn dây (stator) có thể thay đổi hướng chuyển động của kim loại trong lò theo hướng của từ trường.

#### b) Các thông số quan trọng của lò hồ quang

- Dung lượng định mức: Số lượng kim loại lỏng trong một mẻ nấu (tính bằng tấn).

- Công suất định mức của máy biến áp lò: ảnh hưởng quyết định đến thời gian nấu luyện và năng suất của lò.

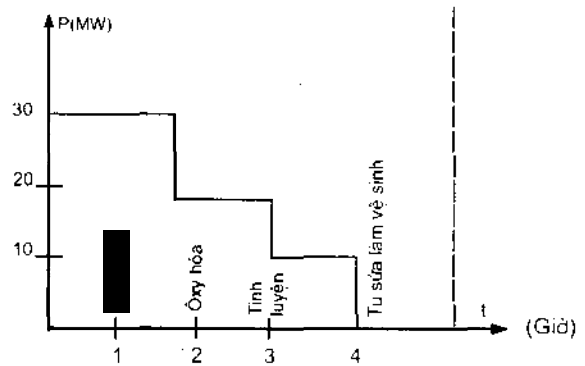
**c) Chu trình làm việc của lò hồ quang**

Gồm có ba giai đoạn chính với các đặc điểm sau:

- Giai đoạn nung nóng lò và nấu chảy kim loại.

Trong giai đoạn này, lò cần công suất nhiệt lớn nhất, điện năng tiêu thụ chiếm khoảng 60 ÷ 80% toàn bộ mẻ nấu và chiếm khoảng 50 ÷ 60% thời gian toàn bộ chu trình nấu luyện.

Để đảm bảo công suất nấu chảy, ngọn lửa hồ quang cần phải cháy ổn định. Khi cháy, điện cực mòn dần, khoảng cách giữa điện cực và kim loại càng xa nhau; do đó để duy trì hồ quang, điện cực cần phải được điều chỉnh giữ khoảng cách nhất định với kim loại. Khi điều chỉnh điện cực tránh trường hợp điện cực và kim loại chạm nhau gây ra ngắn mạch, làm dòng điện tăng cao, các thiết bị điện ở mạch động lực làm việc nặng nề. Đây là đặc điểm nổi bật của lò hồ quang, do đó cần lưu ý khi tính toán thiết kế chọn thiết bị điện.



Hình 6-9. Đồ thị công suất tiêu thụ của lò hồ quang 100 tấn

Ngắn mạch cũng có thể xảy ra khi sụt nỏ nguyên liệu bao quanh điện cực hoặc sự nóng chảy nguyên liệu, phá hủy ngọn lửa hồ quang do tăng khoảng cách giữa điện cực và kim loại. Khi hồ quang tắt phải môi lại bằng cách hạ điện cực xuống chạm kim loại rồi nâng lên tạo hồ quang. Ở giai đoạn này số lần ngắn mạch có thể lên tới hàng trăm, mỗi lần xảy ra ngắn mạch, công suất hữu công giảm, tổn hao tăng đến cực đại, nên cần phải hạn chế việc xảy ra tắt hồ quang. Thời gian cho phép mỗi lần ngắn mạch làm việc khoảng 2 ÷ 3 s.

Tóm lại, giai đoạn nấu chảy là giai đoạn hồ quang kém ổn định nhất, công suất nhiệt của hồ quang dao động mạnh và ngọn lửa hồ quang rất ngắn. Trong giai đoạn này điện áp cấp cho điện cực và công suất ra của máy biến áp là lớn nhất.

- Giai đoạn ôxy hóa và hoàn nguyên.

Đây là giai đoạn khử các bon C của kim loại đến một giới hạn nhất định, phụ thuộc vào yêu cầu công nghệ nấu luyện. Khử phốt pho P và lưu huỳnh S, khử khi



trong gang, sau đó tinh luyện. Sự cháy hoàn toàn các bon gây sôi mạnh kim loại. Ở giai đoạn này công suất nhiệt yêu cầu về cơ bản là để bù lại các tổn hao nhiệt và nó bằng khoảng 60% công suất nhiệt ở giai đoạn đầu.

- Giai đoạn pha.

Đây là giai đoạn lấy sản phẩm nấu luyện, tu sửa, làm vệ sinh và chất nguyên liệu vào lò.

### 6.3.2. Sơ đồ mạch điện lò hồ quang

Hình 6-10 là sơ đồ mạch điện lò hồ quang gồm có các thiết bị chính sau :

- CL : cầu dao cách li, tạo khoảng hở nhìn thấy khi sửa chữa.

- 1MC : máy cắt điện, dùng để đóng cắt nguồn điện cung cấp cho máy biến áp (MBA) lò.

- 2MC : máy cắt điện dùng để nối ngắn mạch cuộn kháng điện KĐ.

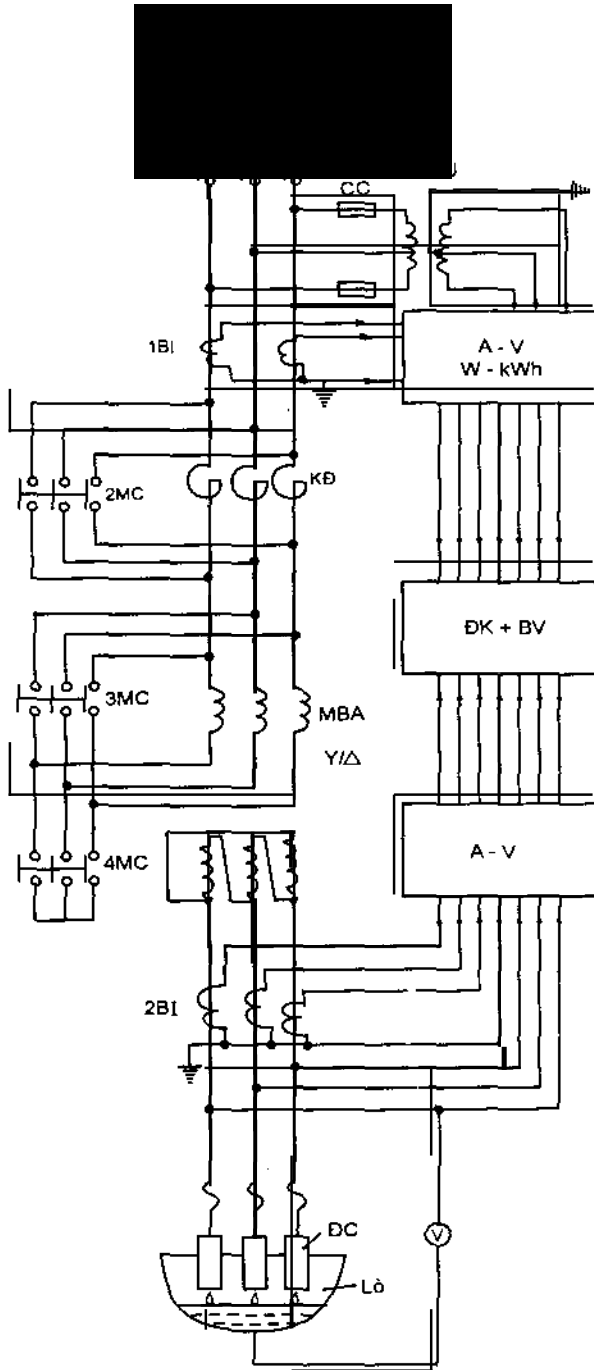
- KĐ : kháng điện dùng để hạn chế dòng điện. Khi 2 MC đóng, kháng điện KĐ bị nối tắt, khả năng cung cấp nguồn cho nấu luyện là lớn nhất. Khi 2 MC mở, máy biến áp MBA được nối nối tiếp qua kháng điện, mục đích là hạn chế dòng điện khi xảy ra ngắn mạch giữa điện cực và nguyên liệu. Mục đích thứ hai ở giai đoạn hoàn nguyên, công suất lò yêu cầu ít, trường hợp này 2 MC mở để hạn chế dòng điện vào lò.

- MBA : máy biến áp dùng để giảm điện áp đến điện áp phù hợp với công suất lò. Việc nối ngắn cuộn sơ cấp thành hình tam giác  $\Delta$  hay hình Y được thực hiện việc đóng máy cắt 3 MC hoặc 4 MC. Cuộn thứ cấp của MBA được nối trực tiếp với các điện cực của lò.

Phía sơ cấp MBA, đặt máy biến dòng 1B1 và thứ cấp của 1B1 nối với rơ le bảo vệ quá dòng với đặc tính thời gian phụ thuộc. Khi bội số dòng ngắn mạch tăng, thời gian làm việc của bảo vệ giảm. Nhờ vậy, chỉ khi có sự cố ngắn mạch đầu ra hoặc trong máy biến áp, bảo vệ sẽ tác động cắt máy cắt 1MC. Đặc biệt đối với trường hợp ngắn mạch làm việc (khi điện cực chạm vào nguyên liệu) nếu kéo dài không xử lý được, khi đó bảo vệ quá dòng cũng làm việc, cắt máy cắt 1MC.

Phía sơ cấp còn có máy biến điện áp BU, các dụng cụ đo lường như vôn kế, ampe kế, công tơ để đo các đại lượng mạch điện, từ đó cho tín hiệu điều khiển và kiểm tra.

Phía thứ cấp cũng đặt máy biến dòng điện 2B1, dòng điện thứ cấp của 2B1 được đưa đến bộ điều chỉnh tự động và rơ le bảo vệ quá dòng phía thứ cấp. Dòng điện khởi động và thời gian làm việc của rơ le được chọn sao cho khi có ngắn mạch làm việc trong thời gian ngắn, bộ điều chỉnh làm giảm dòng điện của lò trong vòng thời gian làm việc của rơ le.



Hình 6-10. Sơ đồ mạch điện lò hồ quang.

### 6.3.3. Máy biến áp lò (MBA)

#### a) Yêu cầu

MBA dùng cho lò hồ quang phải làm việc trong điều kiện đặc biệt nặng nề, nên có các đặc điểm sau:

- Công suất thường rất lớn lên tới hàng chục MVA và dòng điện lớn tới hàng trăm kA.

- Điện áp ngắn mạch lớn để hạn chế dòng ngắn mạch trong khoảng  $(2,5 \div 4) I_{dmMBA}$ .

- Có độ bền cơ học cao để chịu được các lực điện từ phát sinh trong các cuộn dây, thanh dẫn MBA, khi có ngắn mạch.

- Có khả năng điều chỉnh điện áp sơ cấp dưới tải trong giới hạn rộng.

- Phải có hệ thống làm mát tốt, vì có dòng điện lớn hay dòng điện ngắn mạch làm việc thường xuyên xảy ra và máy biến áp đặt trong phòng gần lò.

#### b) Tính công suất MBA

Công suất MBA có thể xác định gần đúng từ điều kiện nhiệt trong giai đoạn nấu chảy. Ở các giai đoạn khác lò đòi hỏi công suất ít hơn.

Giả thiết trong giai đoạn nấu chảy, tổn thất năng lượng trong lò hồ quang, trong MBA được bù trừ bởi năng lượng phản ứng tỏa nhiệt, thì công suất MBA được tính:

$$S_{MBA} = \frac{W}{t_{nc} \cdot K_{sd} \cdot \cos \varphi} \quad (6-19)$$

Trong đó:

$t_{nc}$  : thời gian nấu chảy (giờ)

$K_{sd}$ : hệ số sử dụng công suất MBA trong thời gian nấu chảy

$\cos \varphi$  : hệ số công suất

$W$  : năng lượng hữu ích và tổn hao nhiệt trong thời gian nấu chảy và dùng lò giữa hai mẻ nấu (kWh).

$$W = \omega G \quad (6-20)$$

Trong đó :

$\omega$  : suất chi phí điện năng để nấu chảy một tấn nguyên liệu (kWh/T).

Suất chi phí phụ thuộc vào công suất lò vào khoảng  $(400 \div 600)$  kWh/T. Số nhỏ dùng cho lò có công suất lớn. Số lớn dùng cho lò có công suất nhỏ.

$G$  : khối lượng kim loại nấu chảy (tấn)

Thời gian nấu chảy được tính từ khi cho nguyên liệu vào lò đến khi kết thúc việc nấu chảy, thường  $t_{nc} = 1 \div 3$  giờ tùy dung lượng của lò.

Hệ số sử dụng công suất  $K_{sd} = 0,8 \div 0,9$ .

## 6.4. Lò cảm ứng

### 6.4.1. Mở đầu và phân loại

Lò cảm ứng hay còn gọi là lò tần số, dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ. Khi đặt một khối kim loại vào trong một từ trường biến thiên, thì trong khối kim loại đó sẽ xuất hiện dòng điện xoáy (Foucault), nhiệt năng của dòng điện xoáy sẽ đốt nóng khối kim loại. Để gia nhiệt cho khối kim loại còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố:

- Điện trở suất  $\rho$  và hệ số từ thẩm  $\mu$  của kim loại.
- Cường độ từ trường  $H$

$$W_{\text{nhiệt}} \approx H^2 \approx I^2 \quad (6-21)$$

Trong đó:  $W_{\text{nhiệt}}$  là năng lượng nhiệt.

Muốn cho năng lượng nhiệt lớn, phải tăng cường độ từ trường  $H$ , dẫn đến tăng dòng điện vào  $I$ , nhưng dòng điện  $I$  cũng không thể tăng quá lớn, dây phải có tiết diện lớn và phát nóng nhiều, có thể nóng chảy dây dẫn; mặc dù dây dẫn đã làm mát bằng nước.

- Tần số dòng điện cảm ứng

$$W_{\text{nhiệt}} = \sqrt{f} \quad (6-22)$$

Trong đó :

$W_{\text{nhiệt}}$  : năng lượng nhiệt

$f$  : tần số nguồn cấp cho lò.

Do vậy lò cảm ứng còn gọi là lò tần số. Nguồn cung cấp cho lò là nguồn điện tần số cao.

#### a) Phân loại

- Phân loại theo tần số

- + Lò tần số công nghiệp
- + Lò trung tần từ 500 ÷ 10.000 Hz
- + Lò cao tần trên 10.000 Hz

- Theo mục đích sử dụng

- + Lò tần số để nấu chảy kim loại và hợp kim
- + Lò nung phôi dùng cho rèn, dập, cán
- + Lò tôi cao tần
- + Lò sấy cao tần.

### **b) Nguồn điện cao tần cấp cho lò**

- Dùng máy phát điện tần số cao. Giải tần số làm việc tối đa 10 kHz, hiệu suất khoảng 70 ÷ 80%.

- Dùng máy phát điện tử. Khi cần tần số lớn hơn 10kHz dùng máy phát tần số điện tử, hiệu suất khoảng 60% vì qua nhiều biến đổi, tổn hao nhiệt lớn.

- Dùng thyristor: còn hạn chế ở tần số cao và công suất lớn, sử dụng tốt ở lò trung tần công suất vừa và nhỏ.

### **c) Ưu điểm của lò cao tần**

- Có thể truyền năng lượng nhiệt cho vật cần gia công nhanh chóng, trực tiếp, không phải qua khâu trung gian, nên có thể tự động hóa ở mức độ cao, có thể gia nhiệt ở môi trường trung tính, chân không.

- Có thể tôi bề mặt chi tiết (vỏ ngoài cứng, trong ruột mềm) một cách đơn giản nhờ hiệu ứng mật ngoài của dòng điện cao tần. Vật tôi có hình dạng bất kì.

- Tăng năng suất lao động, do tự động hóa cao và hiển nhiên giảm nhẹ sức lao động.

### **d) Ứng dụng của lò cao tần**

Thiết bị gia nhiệt tần số được dùng rất rộng rãi và phổ biến:

- Nấu chảy kim loại trong không khí, khí trơ, trong chân không.
- Nung phôi để rèn, dập, cán, ép.
- Tôi, ram, ủ các chi tiết cơ khí.
- Hàn.
- Gia công hóa nhiệt.
- Sấy, nung, hàn chất điện môi, bán dẫn: như sấy gỗ, dán gỗ, sấy khuôn đúc, sứ, sấy bột, thóc giống, gạo, khử trùng đồ hộp, lưu hóa cao su, hàn, dán nhựa, nilon...
- Việc gia nhiệt chất điện môi (sấy, nung) được thực hiện nhờ điện trường E biến thiên, các phân tử điện môi nằm trong điện trường bị phân cực, sự thay đổi hướng phân cực chậm sau sự thay đổi hướng của từ trường và cần một năng lượng, chính năng lượng phân cực này làm nóng điện môi, tần số gia nhiệt chất điện môi khoảng 1 MHz.

## 6.4.2. Một số sơ đồ khống chế thiết bị gia nhiệt tần số

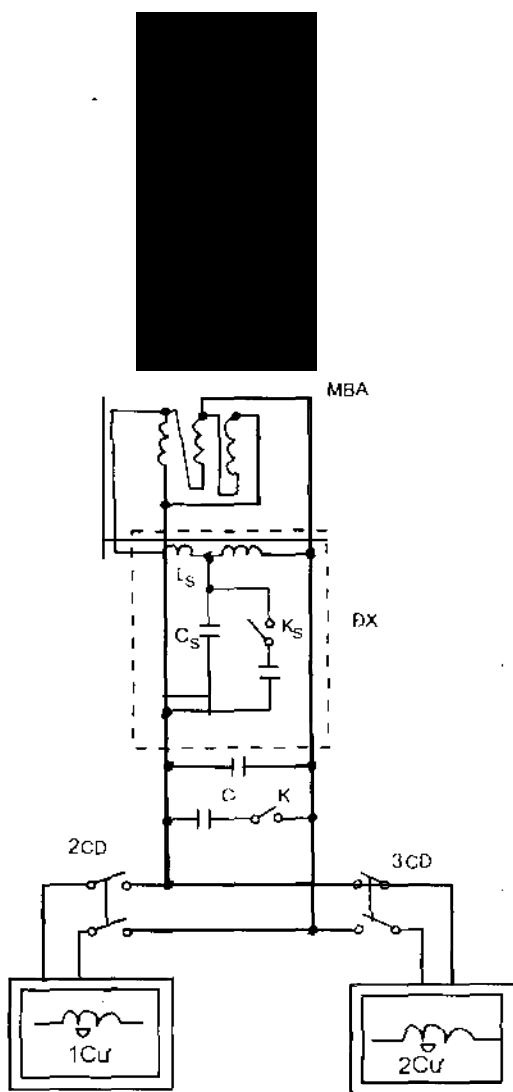
### a) Lò nấu chảy cảm ứng tần số công nghiệp

Hình 6-11 là sơ đồ nguyên lí mạch lực của lò cảm ứng tần số công nghiệp. Lưới điện 3 pha qua dao cách li 1CD, máy cắt 1MC vào máy biến áp MBA. Cuộn dây thứ cấp của máy biến áp nối tam giác. Điện áp ra thứ cấp đưa vào lò.

Điều chỉnh công suất trong quá trình nấu luyện thực hiện bởi sự thay đổi điện áp dưới tải của cuộn sơ cấp MBA. Bộ tụ C để bù  $\cos\varphi$  và có thể thay đổi công suất bù nhờ công tắc K.

Để tạo cân bằng pha có khối đối xứng ĐX gồm cuộn kháng  $L_s$ , bộ tụ  $C_s$  có thể thay đổi điện dung nhờ công tắc  $K_s$ .

Để tận dụng thiết bị, dùng 2 lò 1CU và 2CU làm việc luân phiên nhau, nhờ cầu dao 2CD hay 3CD. Khi sấy lò và tăng dần nhiệt độ trước khi bắt đầu nấu luyện, lò dùng máy biến áp nhiều cấp hay máy biến áp tự ngẫu mở máy với công suất khoảng 30+50% công suất định mức. Khi lò làm việc bình thường, máy biến áp mở máy được ngắt ra.



Hình 6-11. Sơ đồ bộ cảm ứng tần số công nghiệp.

### b) Lò cảm ứng cao tần dùng máy phát

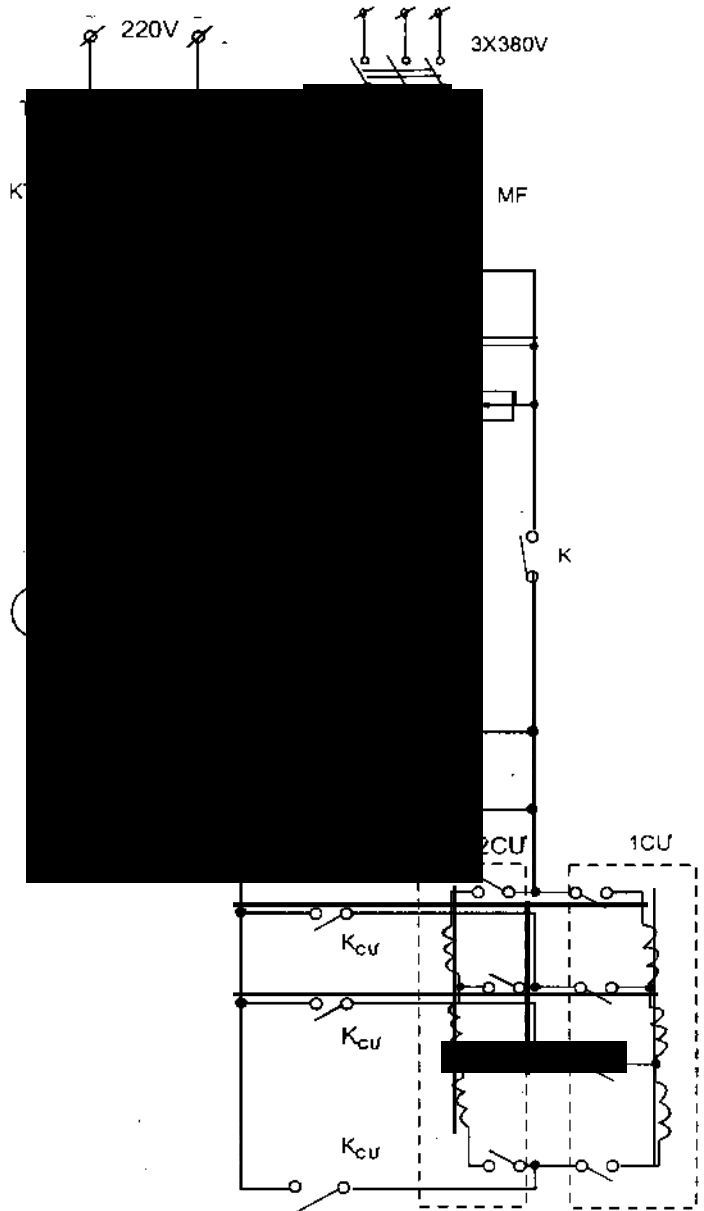
Hình 6-12 là sơ đồ lò cảm ứng cao tần, dùng máy phát tần số cao, bao gồm :

- Bộ biến tần máy điện quay MF.
- Bộ kích từ máy phát KTF dùng Thyristor.
- Bộ tụ bù  $\cos\phi$ , có thể điều chỉnh nhờ công tắc  $K_C$  và các tụ C.

- Bộ cảm ứng 1CU và 2CU của lò, có thể điều chỉnh số vòng dây nhờ các công tắc  $K_{CU}$ .

- Hệ thống đo lường: A, W,  $\cos\phi$  và thiết bị bảo vệ rơ le 1RL và 2RL.

- Để tránh quá điện áp khi đứt mạch cuộn dây cảm ứng CU, bộ phóng điện  $P_K$  sẽ làm việc, nối ngắn mạch mạch máy phát; khi phóng điện, dòng điện qua 1BI làm cho bảo vệ quá dòng 1RL khởi động và mở mạch 1RL, bộ kích từ KT mất điện, cắt mạch kích từ máy phát MF. Rơ le quá dòng 2RL bảo vệ quá tải cho lò. Có thể chỉnh định dòng điện khởi động bảo



Hình 6-12. Sơ đồ bộ cảm ứng cao tần dùng máy phát.

tín hiệu quá tải cho nhân viên vận hành xử lý. Cũng có thể chỉnh định cắt kích từ máy phát phối hợp với bảo vệ quá dòng IRL.

Trong trường hợp riêng, lò cảm ứng có thể có bộ biến tần phụ, công suất bằng 25% công suất định mức của lò. Bộ biến tần phụ dùng để duy trì nhiệt độ lò nấu chảy kim loại trong thời gian rót hay khi sấy lò.

### **6.4.3. Một số thiết bị dùng cho lò cảm ứng**

#### **a) Cuộn dây cảm ứng**

Cuộn dây cảm ứng hay còn gọi là vòng cảm ứng có dòng điện chạy qua cỡ hàng ngàn Ampe nên tổn hao công suất ở vòng dây cảm ứng lên tới 25 + 30% công suất hữu ích của lò và cuộn dây phát nóng rất lớn, do vậy cần phải làm mát cuộn dây.

Nếu cuộn dây làm mát bằng không khí, khi tính toán chọn tiết diện dây cho phép lấy mật độ dòng điện  $2 + 5A/mm^2$ . Nếu làm mát bằng nước chảy trong vòng cảm ứng rỗng tiết diện tròn, oval hay chữ nhật, mật độ dòng điện cho phép tới  $50 + 70A/mm^2$ . Dây dẫn làm vòng cảm ứng nên chế tạo rỗng, vì dòng điện cao tần chỉ phân bố mật ngoài dây.

#### **b) Tụ điện**

Tụ điện thường dùng cho lò cảm ứng nhằm phân li thành phần dòng điện một chiều hoặc bù  $\cos\phi$ . Các tụ điện này phải chịu điện áp cao hơn điện áp làm việc của lò và tùy theo thiết bị gia nhiệt, tụ điện phải làm việc ở tần số cao.

#### **c) Công tắc tơ**

Công tắc tơ được dùng là công tắc tơ cao tần hai cực, điện áp làm việc tới 1600V, tần số từ 500 + 10.000 Hz. Ở mỗi cực có 2 tiếp điểm: 1 tiếp điểm chính và 1 tiếp điểm để dập tắt hồ quang, tiếp điểm này được đặt trong buồng dập hồ quang có lưới, có cuộn dây phụ để thổi từ trường, mỗi cặp tiếp điểm được nối song song nhau. Khi đóng mạch, tiếp điểm dập hồ quang đóng trước, tiếp điểm chính đóng sau. Khi ngắt mạch, tiếp điểm chính mở ra trước, tiếp điểm dập hồ quang mở ra sau để dập hồ quang.

#### **d) Dây dẫn cao tần**

Đặc trưng của dây dẫn cao tần là thành phần cảm kháng, gồm có tụ cảm và hồ cảm đặc biệt lớn, nguyên nhân do hiệu ứng bề mặt và chúng phụ thuộc vào tần số.

Dây dẫn dùng cho lò tần số thường là thanh cái phẳng, ống rỗng có nước làm mát. Cấp đồng trục cao tần thường là cáp một ruột, nhiều ruột thông thường.



Cáp đồng trục có trở kháng và cảm kháng nhỏ so với các dây dẫn khác, nhưng chúng có cấu tạo phức tạp, giá thành cao. Hiện nay đã có cáp lực cao tần đặc biệt chịu được dòng điện đến 500A, tần số 10kHz và điện áp tới 2kV.

## 6.5. MỘT SỐ THIẾT BỊ GIA NHIỆT DÙNG TRONG SINH HOẠT

### 6.5.1. Mở đầu

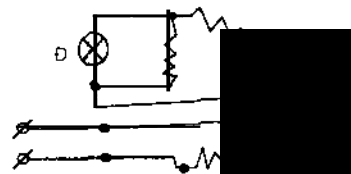
Các thiết bị gia nhiệt dùng trong sinh hoạt trừ lò vi sóng ứng dụng hiện tượng cảm ứng (đã giới thiệu ở mục 6.4 của chương này), hầu hết dùng dây điện trở (xem mục 6.2) như bàn là, bếp điện, nồi cơm điện, siêu điện, bình nóng lạnh... Những dây điện trở sử dụng thường là hợp kim Nikel – Crôm màu sáng bóng, điện trở suất  $\rho = 1,1 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$ . Nhiệt độ làm việc từ  $1000 \div 1100^\circ\text{C}$ . Các dây điện trở dùng để chế tạo các dụng cụ sinh hoạt thường được đúc kín trong ống, lèn chặt bằng chất chịu lửa, dẫn nhiệt, cách điện với vỏ. Ưu điểm đúc kín tránh hơi ẩm và ôxy lọt vào, giảm được sự ôxy hóa, tăng độ bền và tuổi thọ cho thiết bị gia nhiệt. Dưới đây giới thiệu một số thiết bị gia nhiệt thông dụng:

### 6.5.2. Bàn là điện

Bàn là điện có nhiều loại khác nhau, có loại tự động điều chỉnh nhiệt độ, phức tạp hơn, có loại tự động điều chỉnh nhiệt độ và phun nước. Hiện nay bàn là còn lắp thêm các mạch điện tử, bán dẫn có thể điều khiển theo chương trình chính xác đến từng độ.

Hình 6-13 là sơ đồ nguyên lí mạch điện của bàn là thông thường, tự động điều chỉnh nhiệt độ, điện áp 220V, công suất 1000W.

Bàn là thế hệ mới, nhẹ, không cần trọng lượng nặng đè lên vải, đế bàn là bằng hợp kim nhôm. Để điều chỉnh nhiệt độ tự động bằng rơ le nhiệt RN đóng mở mạch điện cấp cho dây điện trở. Dòng điện vào dây điện trở phải qua 1 đoạn điện trở ngắn, tạo sụt áp 2,5V dùng cho đèn tín hiệu Đ. Tùy vị trí điều chỉnh rơ le nhiệt RN, để cam lệch tâm C thay đổi khoảng cách vị trí tiếp



Hình 6-13. Sơ đồ mạch điện của bàn là

điểm của rơ le nhiệt, mà bàn là có nhiệt độ làm việc khác nhau. Khi cho điện vào bàn là, sau khoảng thời gian nhất định, bàn là nóng lên, thanh lưỡng kim của rơ le nhiệt cong lên phía trên đến nhiệt độ xác định, nó sẽ đẩy tiếp điểm, cắt mạch điện

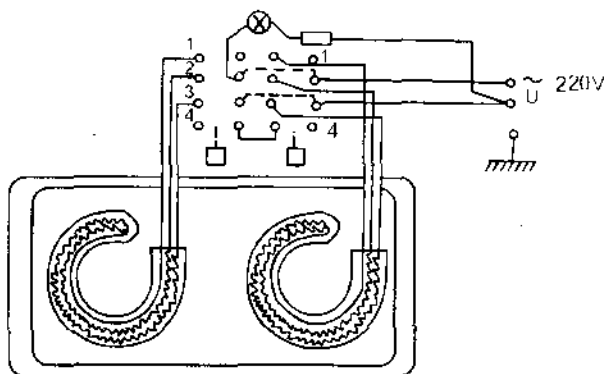
và đèn tín hiệu tắt. Sau một thời gian bàn là giảm nhiệt độ, thanh lưỡng kim nguội đi, trở về vị trí ban đầu, tiếp điểm rơ le nhiệt tự động đóng lại, bàn là được cấp điện và đèn tín hiệu Đ sáng lên. Thời gian đóng mở của rơ le nhiệt phụ thuộc vào việc điều chỉnh vị trí cam C. Khi sử dụng, cần là loại vải nào, cần nhiệt độ bao nhiêu, trên bàn là đã chỉ những vị trí điều chỉnh nhiệt độ.

Sử dụng và sửa chữa bàn là giống như các thiết bị gia nhiệt khác. Hư hỏng thường xảy ra đối với bàn là là ở bộ phận rơ le nhiệt, như không tiếp xúc tiếp điểm, hoặc tiếp điểm bị dính, dây điện trở bị đứt, dây dẫn bị hỏng... Tùy theo từng loại hư hỏng mà tìm cách khắc phục cho phù hợp.

### 6.5.3. Bếp điện

Bếp điện cũng là thiết bị gia nhiệt dùng dây điện trở, bếp điện có nhiều loại có công suất khác nhau. Loại bếp đơn, loại bếp kép (2 kiếng). Bếp điện kiểu hở không an toàn, hiệu suất thấp ít dùng; bếp điện kiểu kín được dùng rộng rãi, có hiệu suất cao hơn, an toàn hơn.

Hình 6-14 là sơ đồ mạch điện bếp điện 2 kiếng kiểu kín, loại bếp này vỏ ngoài bằng sắt có tráng men. Dây điện trở được đúc kín trong ống, đảm bảo độ bền, hiệu suất cao, cách điện tốt, công suất tối đa 2kW, điện áp 220V.



Hình 6-14. Sơ đồ mạch điện của bếp điện 2 kiếng.

Mỗi kiếng có một công tắc chuyển mạch để nấu được 4 chế độ khác nhau:

- Vị trí công tắc ở số 4, nhiệt độ cao nhất ( $650^{\circ} \div 750^{\circ}\text{C}$ ) 2 điện trở nối song song, công suất cỡ 1kW.
- Vị trí công tắc ở số 3. Nhiệt độ trung bình ( $550 \div 650^{\circ}\text{C}$ ), công suất cỡ 600W.
- Vị trí công tắc ở số 2, nhiệt độ ( $450 \div 500^{\circ}\text{C}$ ), công suất 400W.
- Vị trí công tắc ở số 1, nhiệt độ thấp nhất ( $250 \div 400^{\circ}\text{C}$ ), ở vị trí này 2 dây điện trở nối tiếp với nhau, công suất cỡ 250W.

Sử dụng và sửa chữa bếp điện giống như thiết bị gia nhiệt dùng dây điện trở. Đặc biệt với bếp điện không được để nước tràn ra khỏi dụng cụ đun nấu ra bếp, làm

chống hồng bếp. Luôn giữ bếp sạch sẽ, sau mỗi lần đun nấu phải lau chùi bếp. Hư hỏng thông thường của bếp là rơ le nhiệt đóng mở bếp khi bếp đã đủ nóng, dây điện trở đứt, chuyển mạch không tiếp xúc... cần tìm hiểu đúng nguyên nhân hư hỏng để sửa chữa có hiệu quả. Không đặt bếp trên đất nhất là nơi ẩm ướt, hãy đặt bếp điện trên cao, nơi khô ráo. Cần rút phích điện ra, khi không sử dụng bếp.

#### **6.5.4. Nồi cơm điện**

##### **a) Mở đầu**

Nồi cơm điện ngày càng được sử dụng rộng rãi, vì có những ưu điểm sau: làm việc tin cậy, an toàn, rất tiện lợi. Nếu nấu cơm bằng nồi cơm điện sẽ không có cháy, tiết kiệm được gạo, tiết kiệm điện so với nấu cơm bằng bếp điện.

Cấu tạo thường có hai lớp vỏ. Giữa hai lớp vỏ đặt bóng thủy tinh giữ nhiệt. Dây điện trở được đúc kín trong ống có chất chịu nhiệt và cách điện với vỏ ống và đặt ở đáy nồi, giống như một bếp điện.

Nồi cơm điện có các loại: 0,75; 1; 1,8; 2,5 lít. Nồi nấu làm bằng nhôm đặt khít trong vỏ, trong nồi thường phủ một lớp men mỏng đặc biệt màu ghi nhạt để khi cơm chín không dính vào nồi.

Vung nồi có van an toàn, khi đậy vung chặt, khít với nồi, nên nhiệt năng không phát tán ra ngoài, ngoài vỏ có cốc hứng nước ngưng tụ để khỏi rơi xuống nền bếp.

Trên thị trường có rất nhiều loại nồi cơm điện, đa dạng và phong phú, loại nồi đơn giản tiếp điểm cơ khí, đến nồi cơm điện tự động nấu cơm theo chương trình, hẹn giờ nấu, ủ... Tuy nồi cơm điện có nhiều dạng khác nhau, nhưng thường chia ra làm hai loại chính:

- Nồi cơm điện cơ. Phân loại theo cách tác động mở tiếp điểm khi cơm chín, dùng tiếp điểm cơ khí.

- Nồi cơm điện điện tử. Điều khiển nhiệt độ quá trình nấu cơm, dùng các linh kiện điện tử.

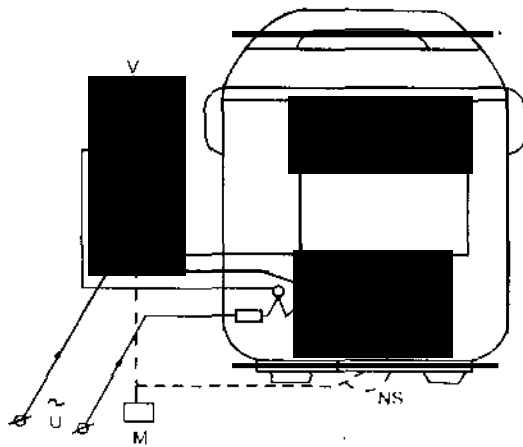
##### **b) Nồi cơm điện cơ hay còn gọi là nồi cơ**

Nồi cơ không có nhiều tính năng tự động, nhưng được ưa chuộng vì có độ bền cao, dễ sử dụng. Có nhiều loại nồi cơ khác nhau. Hình 6-15 là sơ đồ nồi cơm điện kiểu cơ thông dụng hiện nay. Sơ đồ mạch điện đơn giản nhưng có thể làm việc tự động ở hai chế độ :

- Chế độ nấu cơm, dùng một điện trở ở mâm chính  $R_1$  đặt dưới đáy nồi.

- Chế độ ủ cơm hoặc ninh thực phẩm dùng thêm một điện trở phụ công suất nhỏ  $R_2$  gắn vào thành nồi. Việc nấu cơm, ủ cơm được thực hiện hoàn toàn tự động.

Khi nấu cơm, ấn nút M để đóng công tắc, điện trở  $R_2$  nối tắt, nguồn điện trực tiếp vào mâm chính  $R_1$  có công suất lớn để nấu cơm. Khi cơm chín, nhiệt độ trong nồi tăng lên, nam châm vĩnh cửu NS gắn dưới đáy nồi nóng lên, giảm từ tính, công tắc K tự động mở tiếp điểm và chuyển sang chế độ ủ cơm ( $R_1$  nối tiếp với  $R_2$ ). Đèn vàng sáng lên báo cơm ở chế độ ủ.



Hình 6.15. Sơ đồ mạch điện nồi cơm điện kiểu cơ.

### c) Sửa chữa những hư hỏng thường gặp ở nồi cơm điện

- Dây điện bị đứt, tiếp xúc xấu. Nên dùng đồng hồ vạn năng kiểm tra tìm ra chỗ đứt và chỗ tiếp xúc kém để sửa chữa.

- Chập mạch, dính tiếp điểm. Khi chập mạch cầu chì bị nổ. Dùng vạn năng kế đo để tìm ra điểm chập mạch. Còn khi bị dính tiếp điểm, cơm sẽ bị khê, tiếp điểm không mở ra được, sửa chữa tiếp điểm.

- Đối với nồi cơm điện sử dụng vi mạch, những hư hỏng ở mạch điện tử có thể xảy ra như mất điều khiển, hư hỏng các linh kiện điện tử, hỏng mạch in, tụ điện, điện trở sai trị số...

Tùy theo nguyên nhân hư hỏng và phán đoán xem sự cố ở khu vực nào, từ đó để ra phương án kiểm tra và sửa chữa.

## CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Cấu tạo và nguyên lí hoạt động của lò điện trở, lò hồ quang, lò cảm ứng.
2. Phạm vi ứng dụng của lò điện trở, lò hồ quang, lò cảm ứng .
3. Điểm giống nhau của bàn là điện, bếp điện, nồi cơm điện .
4. Cách phát hiện hư hỏng và sửa chữa những thiết bị gia nhiệt dùng trong sinh hoạt .

## Chương 7

# KHỞ ĐỘNG ĐỘNG CƠ ĐIỆN. MỘT SỐ MẠCH ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ ĐIỆN THƯỜNG GẶP

### 7.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Khởi động động cơ hay còn gọi là mở máy động cơ. Khi mở máy động cơ, dòng điện mở máy tăng cao, thường từ 5 ÷ 7 lần dòng điện định mức của động cơ. Với động cơ công suất lớn, dòng điện mở máy này làm giảm điện áp lưới điện, ảnh hưởng đến sự làm việc bình thường của các thiết bị khác cùng nối với thanh góp của động cơ điện.

Việc nghiên cứu các điều kiện khởi động động cơ, giảm dòng điện khởi động đến giá trị cho phép, đảm bảo điều kiện làm việc ổn định của lưới điện, tăng tuổi thọ của động cơ là việc làm vô cùng cần thiết và quan trọng.

Nói chung khi mở máy một động cơ điện, cần xét đến những yêu cầu cơ bản sau đây:

1. Phải có mômen mở máy đủ lớn để thích ứng với đặc tính cơ của tải.
2. Dòng điện mở máy càng nhỏ càng tốt.
3. Phương pháp mở máy và thiết bị mở máy phải đơn giản, rẻ tiền, làm việc chắc chắn.
4. Tổn hao công suất trong quá trình mở máy càng nhỏ càng tốt.

Những yêu cầu trên thường mâu thuẫn với nhau, như khi đòi hỏi dòng điện mở máy nhỏ, thường làm cho mômen mở máy giảm. Vì vậy phải căn cứ vào điều kiện làm việc cụ thể của động cơ điện mà chọn phương pháp mở máy thích hợp.

### 7.2. CÁC PHƯƠNG PHÁP MỞ MÁY ĐỘNG CƠ ĐIỆN 3 PHA

#### 7.2.1. Mở máy trực tiếp động cơ điện không đồng bộ rôto lồng sóc

Đây là phương pháp đơn giản nhất, chỉ việc đóng trực tiếp động cơ điện vào lưới điện (hình 7-1). Mở máy trực tiếp, dòng điện mở máy lớn, nếu quán tính của tải lớn dẫn đến thời gian mở máy kéo dài, có thể làm cho động cơ điện phát nóng, ảnh hưởng đến điện áp lưới điện vì thời gian giảm áp quá lâu. Nhưng nếu nguồn điện

lớn so với công suất động cơ, nên dùng phương pháp mở máy trực tiếp, vì thời gian mở máy nhanh, phương pháp mở máy đơn giản, mômen mở máy lớn.

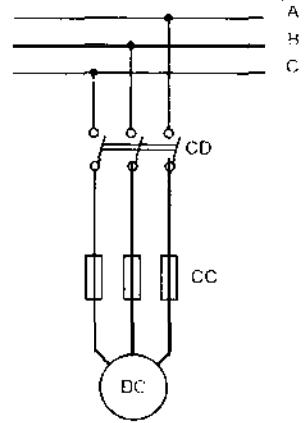
### 7.2.2. Hạ điện áp mở máy

Mục đích của phương pháp này là giảm dòng điện mở máy, nhưng đồng thời mômen mở máy cũng giảm, do đó với những tải yêu cầu mômen mở máy lớn thì phương pháp này không dùng được. Đối với những tải có yêu cầu mômen mở máy nhỏ thì phương pháp mở máy trực tiếp rất thích hợp. Trong thực tế có một số cách giảm điện áp mở máy như sau :

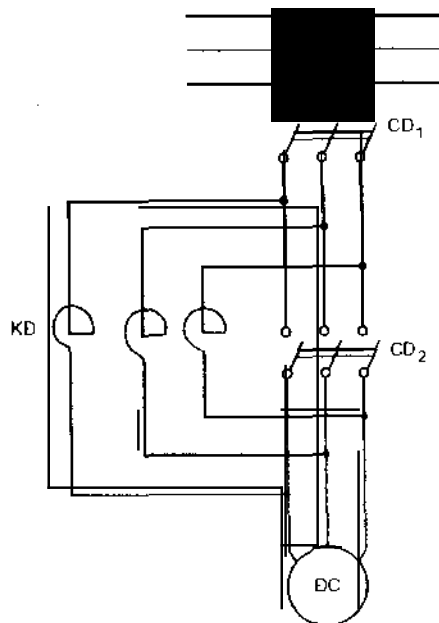
#### a) Nối nối tiếp một điện kháng vào mạch stato

Hình 7-2 cho phương pháp mở máy dùng điện kháng. Khi mở máy đóng cầu dao  $CD_1$ , cuộn dây stato nối nối tiếp với điện kháng  $KĐ$ , sau khi mở máy xong, đóng cầu dao  $CD_2$ , điện kháng  $KĐ$  bị nối ngắn mạch. Thay đổi trị số điện kháng  $KĐ$  thì có thể đạt được dòng điện mở máy cần thiết. Khi mở máy, do có điện áp rơi trên điện kháng  $KĐ$  nên điện áp đặt lên động cơ điện nhỏ hơn điện áp định mức của động cơ, do đó dòng điện mở máy giảm đi. Ta có thể coi mô men mở máy tỉ lệ với bình phương điện áp  $M \approx U^2$ .

Ví dụ : Khi mở máy động cơ điện, giảm điện áp trên cực động cơ  $U_{dc} = 0,7 U_{dm}$ . Trong trường hợp này mômen mở máy bằng  $M \approx (0,7 U_{dm})^2 \approx 0,49 U_{dm}^2$ , nghĩa là mômen mở máy giảm đi một nửa so với phương pháp mở máy trực tiếp.



Hình 7-1. Sơ đồ mở máy trực tiếp động cơ điện không đồng bộ (CD: cầu dao; CC: cầu chì)



Hình 7-2. Mở máy động cơ điện bằng điện kháng  $KĐ$ .

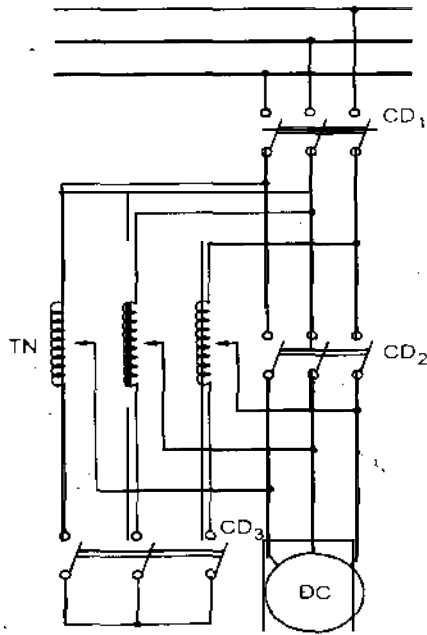
Ưu điểm của phương pháp này là thiết bị đơn giản, nhưng nhược điểm là khi giảm dòng điện mở máy thì mômen mở máy giảm bình phương lần.

**b) Dùng máy biến áp tự ngẫu giảm điện áp mở máy**

Hình 7-3 vẽ sơ đồ giảm điện áp mở máy bằng máy biến áp tự ngẫu.

Khi mở máy động cơ điện, ta đóng cầu dao  $CD_1$  và  $CD_3$ , máy biến áp tự ngẫu để con chạy ở vị trí nào đó sao cho điện áp đặt lên động cơ bằng  $0,7U_{dm}$ , sau đó di chuyển con chạy để điện áp đặt lên động cơ bằng điện áp lưới, quá trình mở máy kết thúc. Đóng cầu dao  $CD_2$  và mở cầu dao  $CD_3$ , tách máy biến áp tự ngẫu, không làm việc khi động cơ đã khởi động xong.

Ưu điểm của phương pháp này là dòng điện mở máy nhỏ, mômen mở máy lớn. Nhược điểm giá thành thiết bị mở máy đắt tiền hơn phương pháp dùng điện kháng.



Hình 7-3. Mở máy động cơ điện bằng tự ngẫu TN.

**c) Mở máy bằng phương pháp đổi nối sao – tam giác (Y – Δ)**

Phải nói ngay rằng phương pháp này chỉ dùng được khi động cơ làm việc bình thường nối tam giác. Có nghĩa là khi nối tam giác điện áp làm việc của động cơ phù hợp với điện áp của lưới điện.

Hình 7-4 là sơ đồ mở máy động cơ điện bằng phương pháp đổi nối Y – Δ. Khi mở máy đóng cầu dao  $CD_1$  và cầu dao  $CD_2$  đóng về phía hình Y, như vậy điện áp đặt lên động cơ bằng  $\frac{U}{\sqrt{3}}$ . Sau khi động cơ chạy đạt được một tốc độ nào đó, chuyển cầu dao  $CD_2$  về phía Δ.

Theo phương pháp mở máy Y – Δ. Khi đây quán nối Y, điện áp pha trên dây quán bằng:



$$I'_{kf} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_k \text{ và } M'_k = \frac{1}{3} M_k$$

Trong đó :

$U_{kf}$  : điện áp pha khi mở máy

$U_l$  : điện áp pha của lưới điện

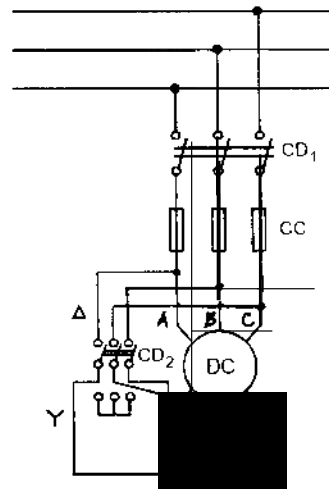
$I'_{kf}$  : dòng điện mở máy khi nối Y

$I_k$  : dòng điện mở máy trực tiếp

$M'_k$  : mômen mở máy khi nối Y

$M_k$  : mômen mở máy nối trực tiếp.

Trong các phương pháp giảm điện áp khi mở máy, phương pháp mở máy Y – Δ đơn giản, làm việc tin cậy nên được dùng rộng rãi đối với những động cơ khi làm việc nối tam giác.

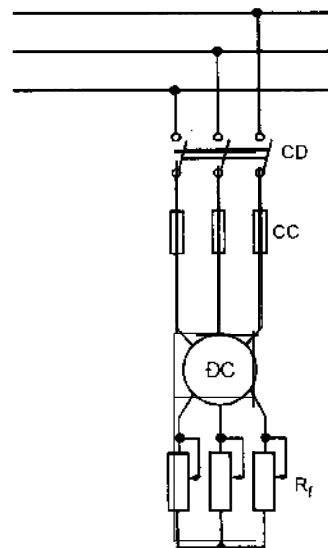


Hình 7-4. Sơ đồ mở máy động cơ điện Y – Δ

### 7.2.3. Mở máy động cơ điện bằng cách thêm điện trở phụ vào rôto

Phương pháp này chỉ dùng được với các động cơ điện rôto dây quấn. Đặc điểm của loại động cơ này có thể thêm điện trở vào dây quấn rôto.

Khi thêm điện trở vào dây quấn rôto, làm cho điện trở dây quấn rôto thay đổi và đặc tính mômen  $M = f(s)$  cũng thay đổi. Khi điều chỉnh điện trở mạch rôto phù hợp sẽ được điều kiện mở máy lí tưởng (đường 4 ở hình 7-6). Khi động cơ quay ở một tốc độ nào đó, để duy trì mômen điện từ nhất định trong quá trình mở máy, ta giảm dần điện trở thêm vào rôto  $R_r$ , làm cho quá trình tăng tốc của động cơ điện thay đổi, từ đường đặc tính  $M = f(s)$  này sang đường đặc tính  $M = f(s)$  khác. Ở hình 7-6 khi giảm điện trở  $R_r$  thì đường đặc tính mở máy thay đổi từ đường 4, sang



Hình 7-5. Sơ đồ mở máy động cơ điện bằng phương pháp thêm điện trở  $R_r$  vào dây quấn rôto.



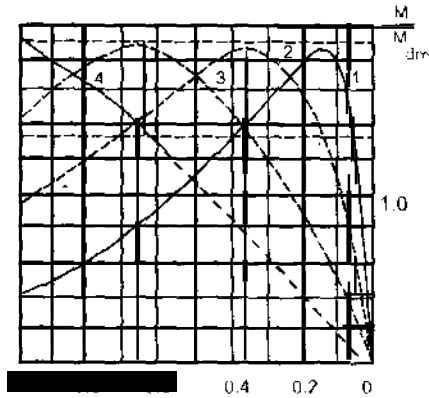
đường 3, đường 2 và sau khi điện trở  $R_r$  giảm đến không, đường đặc tính mở máy là đường 1 và tăng tốc tới điểm làm việc.

Động cơ rôto dây quấn có thể đạt được mômen mở máy lớn, đồng thời có dòng điện mở máy nhỏ, nên những nơi mà điều kiện mở máy nặng nề, khó khăn nên dùng động cơ điện rôto dây quấn.

Nhược điểm của động cơ điện rôto dây quấn là chế tạo

Hình 7-6. Đặc tính mô men khi thêm điện vào rôto để mở máy.

phức tạp hơn loại động cơ điện rôto lồng sóc, bảo quản, vận hành phức tạp, khó khăn hơn. Hiệu suất động cơ điện rôto dây quấn thấp hơn động cơ rôto lồng sóc.



### 7.2.4. Mở máy động cơ điện bằng cách sử dụng bộ khởi động mềm

#### a) Giới thiệu chung

Động cơ không đồng bộ 3 pha được dùng rộng rãi trong công nghiệp, vì chúng có cấu trúc đơn giản, làm việc chắc chắn, nhưng có nhược điểm dòng điện mở máy lớn, gây ra sụt áp trên lưới điện. Phương án tối ưu hiện nay là sử dụng bộ điều khiển điện tử để hạn chế dòng điện mở máy, đồng thời có thể điều chỉnh tăng mômen mở máy một cách hợp lí. Do vậy các chi tiết của động cơ chịu độ đồn nén về cơ khí ít hơn, sẽ làm tăng tuổi thọ và làm việc an toàn cho động cơ. Ngoài việc tránh dòng đỉnh trong khi khởi động động cơ, còn làm cho điện áp nguồn ổn định hơn, không gây ảnh hưởng xấu đến các thiết bị khác trong lưới điện.

Phương pháp mở máy áp dụng ở đây là cần hạn chế điện áp ở đầu cực động cơ khi mở máy, sau đó tăng dần điện áp theo một chương trình thích hợp, để điện áp tăng tuyến tính từ một giá trị xác định đến định mức. Đó là quá trình khởi động mềm (ramp). Toàn bộ quá trình mở máy được điều khiển việc đóng mở thyristor bằng bộ vi xử lí 16 bit với các cổng vào - ra tương ứng, tần số giữ không đổi theo tần số điện áp lưới. Ngoài ra bộ khởi động mềm còn cung cấp cho ta những giải pháp tối ưu, nhờ nhiều chức năng như khởi động và dừng mềm, dừng đột ngột, phanh dòng trực tiếp, tiết kiệm năng lượng điện khi non tải. Có các chức năng bảo vệ động cơ như bảo vệ quá tải, chống mất một pha...

Những ứng dụng điển hình của bộ khởi động mềm :

- Động cơ điện chuyên chở vật liệu ;

- Động cơ bơm ;
- Động cơ vận hành non tải lâu dài ;
- Động cơ có bộ chuyển đổi (Ví dụ: hộp số, băng tải...);
- Động cơ có quán tính lớn (quạt, máy nén, bơm, băng chuyền, thang máy, máy công cụ, máy nghiền, máy cắt gọt, máy dệt, máy ép, lò, máy khuấy...);

Những đặc điểm khác của bộ khởi động mềm :

- Bền vững, tiết kiệm không gian lắp đặt, phối hợp dễ dàng với nguồn điện động cơ ;
- Nhiều chức năng khởi động, vận hành liên tục và dừng rất phong phú ;
- Lắp và đặt các chức năng dễ dàng ;
- Có chức năng điều khiển và bảo vệ ;
- Điện áp sử dụng 200 – 500 V, tần số 45 ÷ 65 Hz ;
- Có phần mềm chuyên dụng đi kèm.

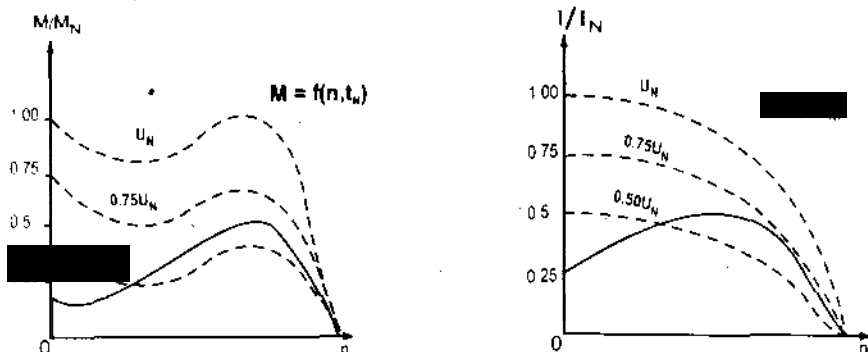
### b) Kỹ thuật khởi động và dừng

#### - Những nét chính

Mạch lực của bộ khởi động mềm gồm 3 cặp thyristor đấu song song ngược cho 3 pha. Vì mômen mở máy của động cơ tỉ lệ với bình phương điện áp, dòng điện tỉ lệ với điện áp, mômen gia tốc và dòng điện khởi động được hạn chế bằng cách điều chỉnh trị số hiệu dụng của điện áp. Quy luật điều chỉnh này trong thời gian khởi động và dừng nhờ điều khiển pha kích mở 3 cặp thyristor song song ngược trong mạch lực. Như vậy hoạt động của bộ khởi động mềm hoàn toàn dựa trên việc điều khiển điện áp khi mở máy và dừng, nghĩa là chỉ có trị số hiệu dụng của điện áp là thay đổi.

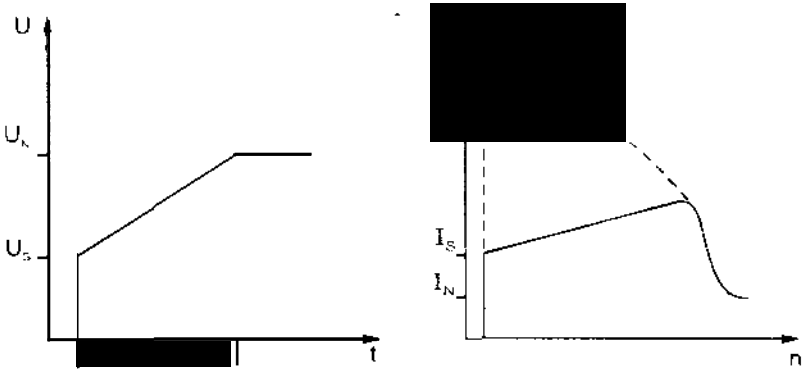
Nếu dừng động cơ, mọi tín hiệu kích mở thyristor bị cắt và dòng điện dừng tại điểm qua giá trị không kể tiếp của điện áp nguồn.

Hình 7-7 là đường cong mômen và dòng điện mở máy tại mỗi giá trị hàng của điện áp nguồn so với điện áp định mức, thể hiện bằng các đường chấm chấm. Đường liền nét là đặc tuyến khi điện áp là hàm của thời gian.

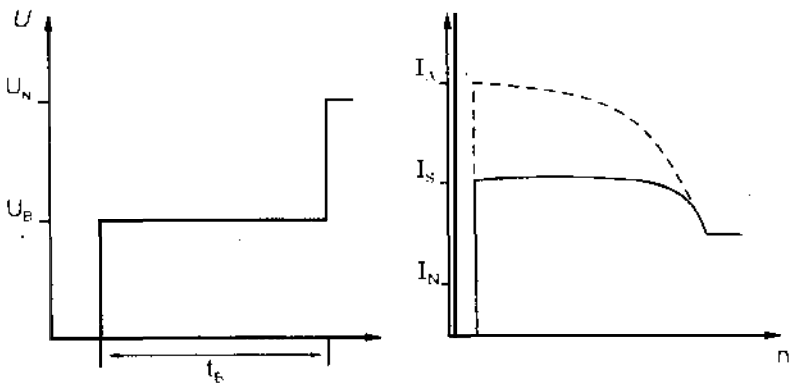


Hình 7-7. Đường cong mô men và dòng điện mở máy.

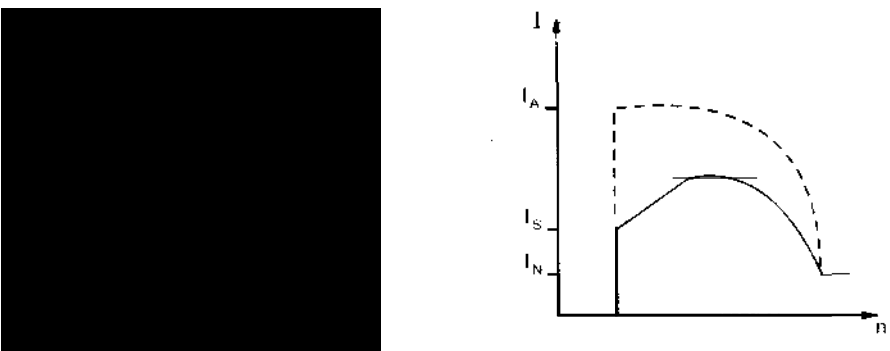
Hình 7-8 minh họa dòng điện khởi động mềm đơn giản nhất, nó là hàm thoái (ramp) điện áp, bộ vi xử lí bên trong thiết bị điều khiển làm tăng điện áp tuyến tính từ giá trị ban đầu xác định (có thể điều chỉnh được từ 20 ÷ 100% điện áp nguồn) tới điện áp lưới sau thời gian đặt.



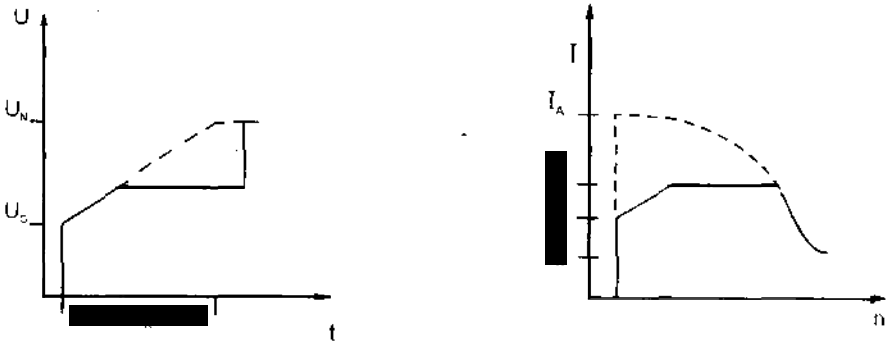
Hình 7-8. Điện áp và dòng điện của động cơ khi khởi động mềm có ramp điện áp.



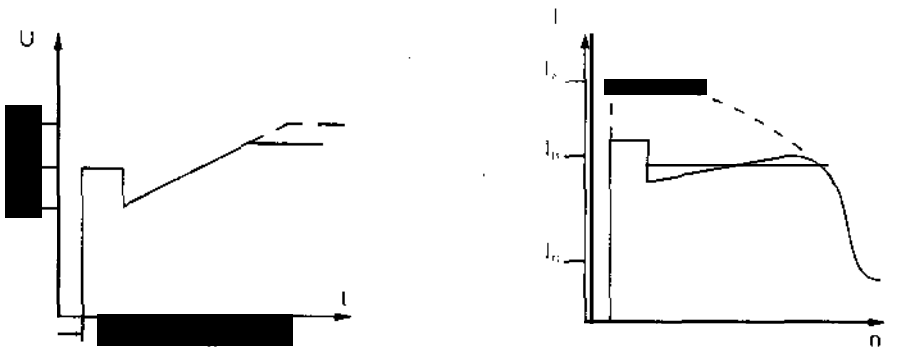
Hình 7-9. Điện áp và dòng điện của động cơ khi khởi động mềm có hạn chế điện áp.



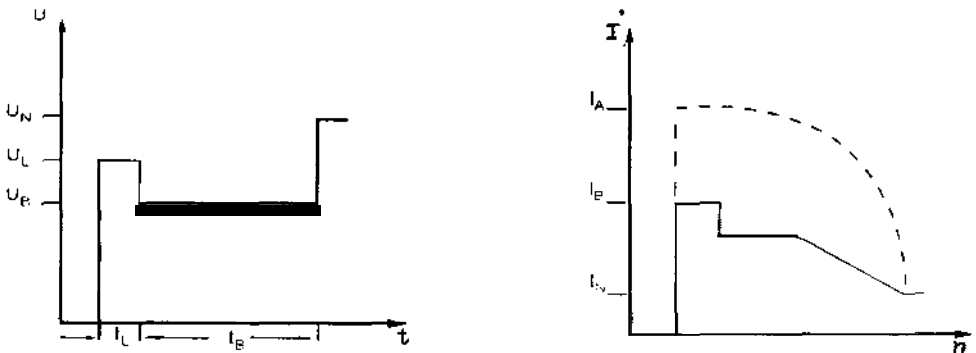
Hình 7-10. Điện áp và dòng điện của động cơ khi khởi động mềm có ramp điện áp và hạn chế điện áp.



Hình 7-11. Điện áp và dòng điện của động cơ khi khởi động mềm có ramp điện áp và hạn chế dòng điện.



Hình 7-12. Điện áp và dòng điện của động cơ khi khởi động sung có ramp điện áp và hạn chế dòng điện.



Hình 7-13. Điện áp và dòng điện của động cơ khi khởi động sung có hạn chế điện áp.

- **Chú thích:**

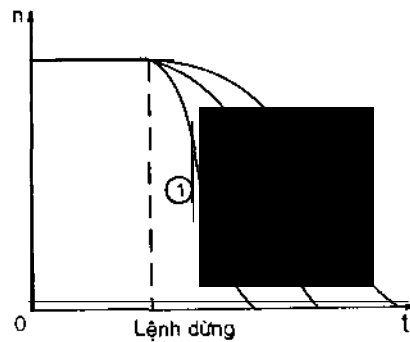
- +  $I_A$  : dòng điện ban đầu khi khởi động trực tiếp ;
- +  $I_B$  : dòng điện giới hạn ;
- +  $I_S$  : dòng điện bắt đầu ramp điện áp ;
- +  $I_N$  : dòng điện định mức của động cơ ;

- +  $U_S$  : điện áp bắt đầu ramp ;
- +  $U_N$  : điện áp nguồn ;
- +  $U_L$  : điện áp khởi động cần thiết ;
- +  $U_B$  : điện áp giới hạn ;
- +  $t_L$  : độ dài xung khởi động ;
- +  $t_R$  : thời gian ramp ;
- +  $t_B$  : thời gian giới hạn ;
- +  $\omega, n$  : tốc độ động cơ.

Nếu phát hiện động cơ đạt tốc độ yêu cầu trước khi hết thời gian đặt của bộ khởi động mềm, điện áp vào động cơ lập tức được tăng lên 100% điện áp lưới. Đó là chức năng phát hiện tăng tốc của bộ khởi động mềm. Bộ khởi động mềm không những làm thoai thoải điện áp như hình 7-8, mà còn đưa ra nhiều cách khác nhau để điều khiển động cơ (xem từ hình 7-9 đến 7-13). Điều này giúp bộ khởi động mềm lựa chọn tối ưu đặc tính động cơ phù hợp với đặc tính tải.

### c) Dừng tự do theo quán tính (hình 7-14)

Nếu điện áp cấp cho động cơ bị cắt trực tiếp, động cơ sẽ quay theo quán tính tới khi dừng hẳn trong khoảng thời gian xác định. Thời gian dừng với mômen quán tính rất ngắn, cần tránh trường hợp này để phòng sự phá hủy về cơ, do dừng tải đột ngột không mong muốn.



Hình 7-14. Đường cong tốc độ động cơ với các chức năng :

1. Hãm động năng ; 2. Dừng tự do ; 3. Dừng mềm.

### d) Dừng mềm

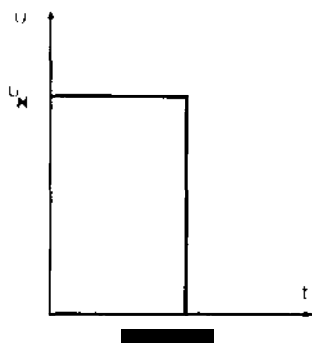
Không nên cắt trực tiếp động cơ có mômen quán tính nhỏ như băng chuyền, thang máy, máy nâng (cân cầu), để đảm bảo không nguy hiểm cho người và thiết bị được chuyên chở, hay máy cuốn chỉ ; nếu dừng đột ngột có thể làm đứt chỉ, kẹt sản phẩm.

Nhờ chức năng dừng mềm mà điện áp đưa vào động cơ giảm từ từ khoảng từ 1s đến 20s, tùy thuộc vào yêu cầu cụ thể. Điện áp ban đầu cho dừng mềm  $U_{ramp} = 0,9U_{dm}$

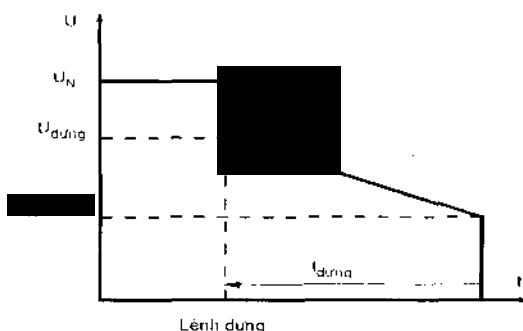
và điện áp cuối quá trình dừng vào khoảng 0,85 điện áp ban đầu. Thời gian ramp điện áp tới 1000s, điện áp đầu và điện áp cuối quá trình dừng mềm đặt theo chương trình.

Như vậy, thực chất dừng mềm là cố ý kéo dài quá trình dừng bằng cách giảm từ từ điện áp nguồn cung cấp vào động cơ điện. Nếu trong quá trình dừng mà có lệnh khởi động thì quá trình dừng lập tức bị hủy bỏ và động cơ được khởi động trở lại.

Phải chọn động cơ, dây dẫn và role bảo vệ chịu được dòng điện lớn trong quá trình dừng.



Hình 7-15. Điện áp động cơ khi dừng tự do.



Hình 7-16. Điện áp động cơ khi dừng mềm.

### e) Tiết kiệm điện năng khi non tải

Nếu động cơ điện vận hành không tải hay non tải, trong trường hợp này bộ khởi động mềm giúp tiết kiệm điện năng nhờ việc giảm điện áp vào động cơ tới giá trị  $U_n$ , việc giảm điện áp dẫn đến giảm dòng điện và giảm tổn hao đồng, tổn hao sắt trong động cơ.

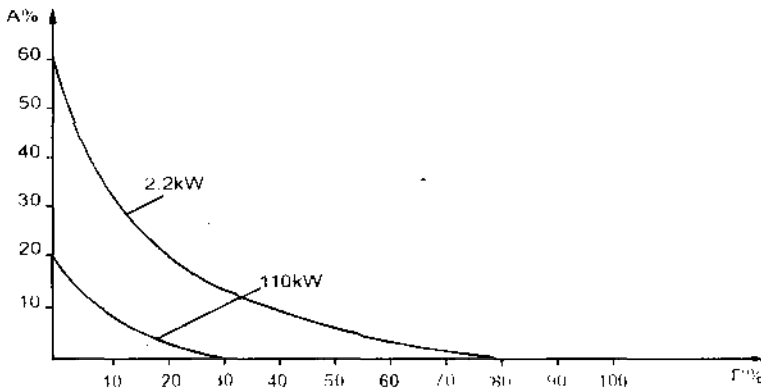


Trong đó :  $\Delta P_{Fek}$  : công suất tổn hao sắt tiết kiệm được

$\Delta P_{Fedm}$  : công suất tổn hao sắt định mức.

Trong khi vận hành ở chế độ tiết kiệm điện năng, nhờ điều chỉnh điện áp vào mà động cơ được cấp năng lượng vừa đủ tạo ra mômen cần thiết. Nếu tải tăng đột ngột, bộ khởi động mềm sẽ tăng điện áp vào động cơ từ từ sao cho không có độ giật đáng kể ở vận tốc của động cơ. Năng lượng tiết kiệm được phụ thuộc vào loại động cơ, điện áp định mức, số đôi cực và thời gian vận hành non tải.

Sự tiết kiệm điện năng so với khi vận hành 100% điện áp lưới của động cơ 4 cực khi non tải được mô tả ở hình 7-17.



Hình 7-17. Đồ thị sự tiết kiệm năng lượng của động cơ điện 4 cực.

Từ đồ thị ta thấy ở 10% tải định mức có thể tiết kiệm được từ 4 ÷ 40% năng lượng so với mức tiêu thụ ở điện áp định mức. Việc tiết kiệm năng lượng còn phụ thuộc vào kiểu và kích cỡ động cơ.

Công suất định mức của động cơ (kW)	Mức tiết kiệm năng lượng so với khi điện áp định mức
≤ 5	30
55	10
110	4
≥ 300	1

### g) Vận hành liên tục

Ở chế độ này khối lực có thể chịu tải tối đa tới 115% dòng điện định mức. Có thể phát hiện mọi sự bất thường xảy ra như mất một pha, lỗi kích hoạt thyristor, công tắc tơ phân dòng chưa đóng...

Hình 7-18 vẽ sơ đồ nối bộ khởi động mềm có công tắc tơ phân dòng. Công tắc tơ phân dòng  $K_2$  dùng để giảm tổn hao năng lượng trên các thyristor, đảm bảo khối lực làm việc tốt hơn, vì nó được làm mát tới nhiệt độ môi trường trước khi có khởi động mới.

Công tắc tơ phân dòng được đóng mở bằng rơ le “hết khởi động”. Trong vòng 2s sau khi kết thúc quá trình tăng tốc, tiếp điểm của nó đóng lại.

Cách chọn công tắc tơ phân dòng : chỉ cần chọn theo dòng điện làm việc của động cơ. Dù có sử dụng công tắc tơ phân dòng, bộ khởi động mềm vẫn cho phép vận hành ở mọi chế độ dừng như : dừng tự do, dừng mềm, hãm động năng...

### **h) Bảo vệ và điều khiển**

- Giám sát thời gian khởi động và hạn chế dòng điện ;

- Hạn chế tần số đóng cắt ;

- Phát hiện tăng tốc ;

- Bảo vệ quá tải nhiệt của các thiết bị điện tử.

- Tắt các chức năng phát hiện tăng tốc và giám sát thời gian hoạt động.

*Ví dụ :* Chọn thiết bị khởi động mềm cho động cơ bơm, công suất động cơ 90kW, điện áp định mức của động cơ  $3 \times 380V$ .

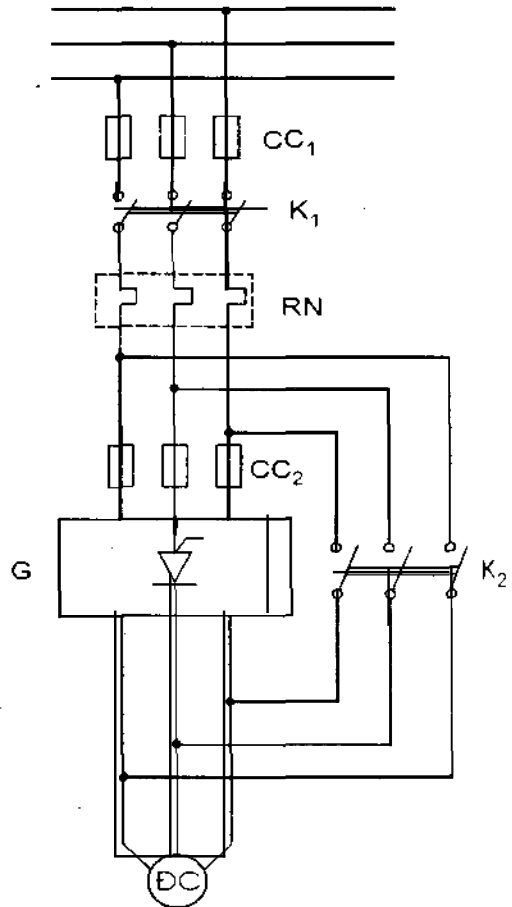
- Đặc tính tải :  $M \approx \omega^2$

- Lưu ý : Đối với bơm khi khởi động và dừng phải ngăn chặn hiện tượng sóng áp lực tạo thành do sự tăng giảm cột nước. Hiện tượng này không chỉ phá hủy bơm mà còn cả hệ thống ống dẫn và van một chiều.

- Biện pháp sử dụng bộ khởi động mềm và dừng mềm đã giúp kéo dài tuổi thọ của bơm một cách rõ rệt. Chức năng dừng mềm được gắn với khối bảo vệ thiết bị tĩnh. Vì bơm có mômen quán tính nhỏ, có thể chọn trực tiếp loại khởi động mềm phối hợp từ các catalô mà không cần tính toán gì đặc biệt.

- Chọn thông số đặt : Điện áp ban đầu không nên quá cao, vì nó có thể không tránh được sóng áp lực khi khởi động (hình 7-19), cũng không nên quá thấp (hình 7-20).

Có thể cho động cơ khởi động kéo dài trong suốt quá trình tăng tốc tới tốc độ định mức. Mômen mở máy của động cơ cần giữ ở mức lớn hơn tải 15% giá trị mômen sinh ra ứng với điện áp định mức.



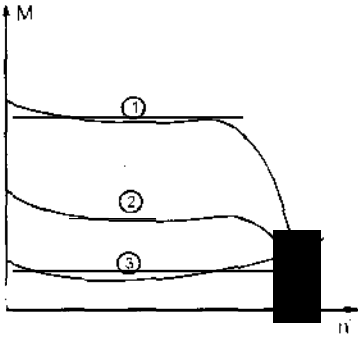
**Hình 7-18.** Mạch vòng có công tắc tơ phân dòng.

CC<sub>1</sub> : Cầu chì ; CC<sub>2</sub> : Cầu chì bán dẫn ;

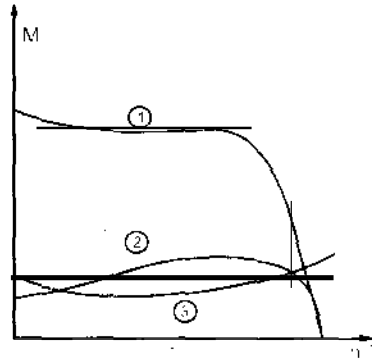
K<sub>2</sub> : Công tắc tơ phân dòng ; RN : Rơ le nhiệt ;

G : Bộ khởi động mềm.





Hình 7-19



Hình 7-20

1. Động cơ khởi động trực tiếp ;
2. Động cơ khởi động mềm có dùng 3RW - 2238 ;
3. Tải.

Căn cứ vào công suất động cơ, ta chọn bộ khởi động mềm loại Sikostart 3RW-2238, có công suất định mức 132 kW, dùng phương án khởi động mềm có hạn chế dòng điện với các thông số sau :

- Thời gian ramp điện áp :  $t_R = 10s$ .
- Dòng điện giới hạn :  $I_B = 3,5 I_{dmc}$
- Điện áp ban đầu quá trình ramp :  $U_S = 70\% U_{dm}$ .

## 7.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP MỞ MÁY ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT PHA

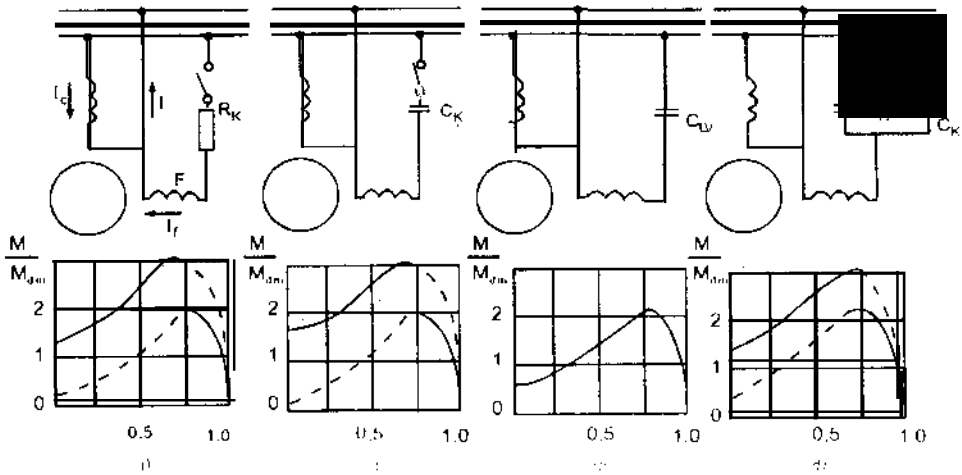
### 7.3.1. Khái niệm chung

Như đã biết, nếu chỉ có một dây quấn, động cơ điện một pha không thể tự mở máy được và mômen mở máy bằng không.

Muốn động cơ 1 pha tự mở máy cần phải quấn thêm vào stator một dây quấn mở máy. Từ trường của dây quấn phụ này sẽ cùng với từ trường của dây quấn chính hợp thành từ trường quay. Muốn vậy dây quấn phụ cần lệch với dây quấn chính một góc  $90^\circ$  điện trong không gian và dòng điện trong hai dây quấn phải lệch pha nhau một góc  $90^\circ$  về thời gian.

**7.3.2. Mở máy động cơ điện một pha bằng cách thêm vào dây quấn phụ một điện cảm, một điện dung hay một điện trở.**

Để tạo nên sự lệch pha giữa dòng điện dây quấn chính và dòng điện dây quấn phụ, người ta mắc nối tiếp dây quấn phụ một điện trở, một điện cảm và thường mắc một điện dung (hình 7-21).



Hình 7-21. Các phương pháp mở máy và các loại động cơ điện không đồng bộ một pha.

Khi mắc nối tiếp, dòng điện trong dây quấn phụ  $I_f$  vượt trước điện áp lưới (nếu dây quấn phụ mắc nối tiếp với một điện dung), làm cho góc pha giữa dòng điện trong dây quấn chính  $I_c$  và dòng điện trong dây quấn phụ  $I_f$  lệch nhau một góc gần  $90^\circ$ . Như vậy trong khe hở giữa rôto và stato sinh ra từ trường quay, đảm bảo có một mômen mở máy tương đối lớn. Khi máy đã quay, có thể dùng bộ ngắt điện kiểu li tâm, cắt dây quấn phụ ra khỏi nguồn điện. Động cơ mở máy theo dạng này gọi là động cơ mở máy bằng điện dung và đồ thị véc tơ khi mở máy bằng điện dung (hình 7-22).

Trên dây quấn phụ có thể mắc nối tiếp với một điện trở thuần (hình 7-21). Khi đó dòng điện đi qua dây quấn phụ  $I_f$  và dòng điện đi qua dây quấn chính  $I_c$  cũng có một góc lệch pha nhất định, nhưng mômen mở máy của trường hợp này rất nhỏ. Dùng phương pháp này thực tế chỉ cần tính toán sao cho bản thân dây quấn phụ có điện trở tương đối lớn so với trở kháng của cuộn dây phụ là được, không phải thêm điện trở phụ ngoài, nên kết cấu máy đơn giản. Động cơ điện mở máy kiểu này gọi là động cơ điện mở máy bằng điện trở.



Hình 7-22. Đồ thị véc tơ động cơ không đồng bộ khi mở máy bằng điện dung.

Dây quấn phụ nối nối tiếp với điện dung, có thể thiết kế không cắt điện dung ra khỏi lưới điện sau khi mở máy. Nhờ vậy bản thân động cơ điện được coi như động

ơ điện hai pha. Động cơ loại này có đặc tính làm việc tốt, nhất là năng lực quá tải lớn, hệ số công suất của máy  $\cos\phi$  được cải thiện (hình 7-21c). Khi mở máy dây quấn phụ cần trị số điện dung lớn, còn khi làm việc chỉ cần trị số điện dung nhỏ hơn, nên khi thiết kế thường dùng bộ ngắt điện kiểu li tâm cắt bớt điện dung sau khi mở máy xong (hình 7-21d). Động cơ điện khi mở máy và làm việc đều cần điện dung gọi là động cơ điện kiểu điện dung.

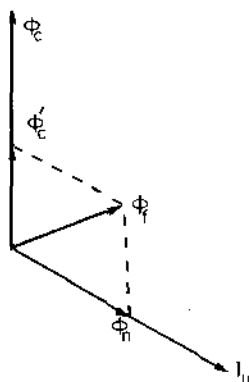
### 7.3.3. Mở máy động cơ điện một pha dùng vòng ngắn mạch

Những động cơ điện một pha công suất nhỏ mở máy không tải hay tải nhẹ dùng kiểu vòng ngắn mạch để mở máy. Vòng ngắn mạch  $F$  đặt trên cực từ và đóng vai trò cuộn dây phụ (hình 7-23). Vòng ngắn mạch ôm lấy khoảng  $1/3$  cực từ. Khi cho điện áp vào cuộn dây chính, dây quấn chính có dòng điện mở máy chạy qua, dòng điện này sẽ sinh ra từ trường đập mạch  $\Phi_c$ . Một phần của từ trường chính là  $\Phi'_c$  đi xuyên qua vòng ngắn mạch. Trong vòng ngắn mạch sẽ cảm ứng ra sức điện động, do nối ngắn mạch sẽ xuất hiện dòng điện ngắn mạch  $I_n$ , dòng điện  $I_n$  tạo ra từ thông  $\Phi_n$ , từ thông  $\Phi_n$  tác dụng với từ thông  $\Phi_c$  sinh ra từ thông phụ  $\Phi_f$  (hình 7-24). Kết quả là dưới phần cực từ không có vòng ngắn mạch có từ thông  $\Phi_c - \Phi'_c$  đi qua, còn trong vòng ngắn mạch có từ thông  $\Phi_f$  đi qua. Giữa chúng hình thành một góc pha nhất định, lệch nhau về không gian và thời gian, nên đã tạo ra từ trường quay và làm cho động cơ quay.



Hình 7-23. Sơ đồ động cơ điện

không đồng bộ một pha có vòng ngắn mạch.



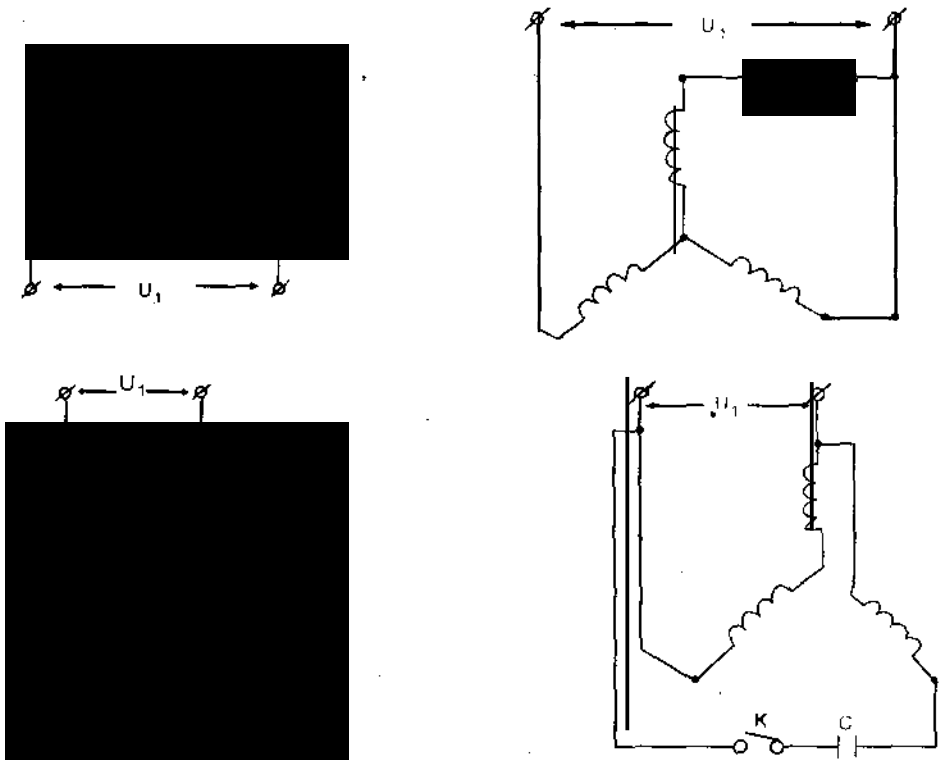
Hình 7-24. Đồ thị vectơ từ thông của động cơ điện

một pha có vòng ngắn mạch.

### 7.3.4. Dùng động cơ điện ba pha ở lưới điện một pha

Có nhiều trường hợp người ta dùng động cơ điện ba pha ở lưới điện một pha, khi đó chỉ cần đặt điện áp một pha vào 2 dây quấn mắc nối tiếp, dây quấn còn lại nối nối

tiếp với điện dung hình thành dây quấn phụ (hình 7-25). Để mở máy và tăng mômen lúc làm việc, kinh nghiệm và tính toán cho thấy : đối với động cơ điện ba pha làm việc ở lưới điện một pha và như vậy biến động cơ ba pha thành động cơ một pha kiểu điện dung, thì đặc tính của động cơ kém đi, giá tiền mua điện dung đắt, do đó thường dùng động cơ điện ba pha có công suất nhỏ hơn 1,7 kW ; nếu không có điều kiện làm việc ở lưới điện ba pha hãy đổi thành động cơ một pha kiểu điện dung.



Hình 7-25. Một vài phương pháp mở máy động cơ điện ba pha ở lưới điện một pha.

## 7.4. MỘT SỐ MẠCH ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ THÔNG DỤNG

### 7.4.1. Các mạch điều khiển động cơ điện bằng tay

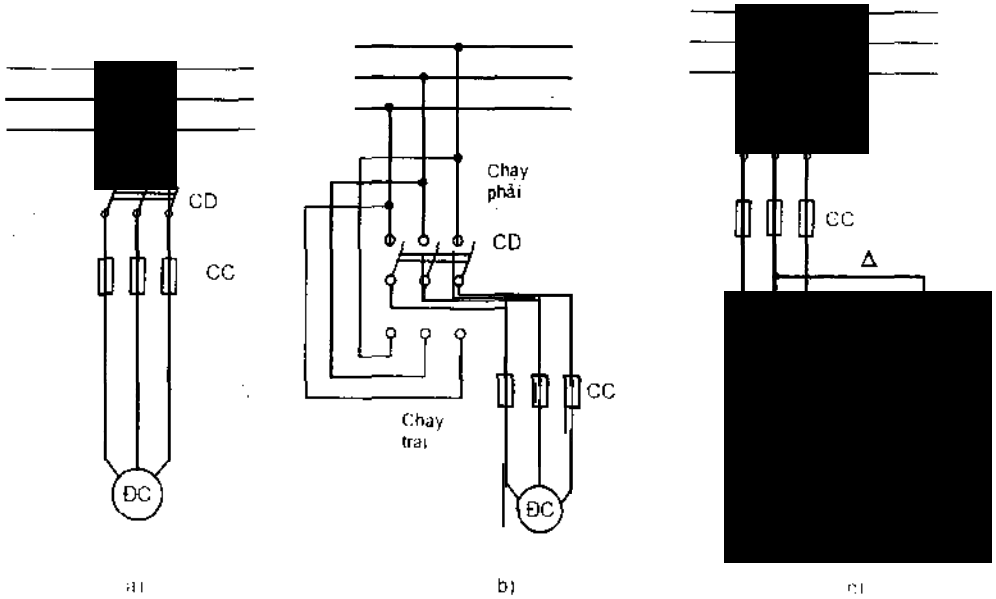
#### a) Sử dụng cầu dao – cầu chì

Mạch điện đơn giản nhất và rẻ tiền nhất để điều khiển động cơ điện là sử dụng cầu dao – cầu chì (hình 7-26). Việc lựa chọn cầu dao – cầu chì theo điện áp và dòng điện định mức của động cơ.

Lưu ý dùng cầu chì cho động cơ điện, dây chảy của cầu chì phải dùng dây nhôm hoặc dây đồng mà không dùng dây chì. Vì nếu dùng dây chì có tiết diện lớn hơn dây nhôm, dây đồng cùng loại, dẫn đến khối lượng lớn kim loại trong cầu chì nên khi xảy ra ngắn mạch, cầu chì sẽ cháy, hơi kim loại trong vỏ cầu chì dẫn điện, do đó không loại trừ được sự cố ngắn mạch, làm phá hỏng động cơ.

Trên hình 7-26a vẽ sơ đồ điều khiển động cơ điện dùng 1 cầu dao CD và 1 bộ cầu chì CC. Khi đóng cầu dao CD động cơ chỉ quay theo một chiều nhất định.

Trên hình 7-26b vẽ sơ đồ điều khiển động cơ điện có đảo chiều quay. Nếu đóng cầu dao CD lên phía trên, động cơ sẽ quay theo chiều phải, đóng cầu dao CD xuống phía dưới, động cơ sẽ quay theo chiều ngược lại. Cầu dao ở đây phải chọn loại cầu dao kép có thể đóng mở về hai phía.



**Hình 7-26.** Sơ đồ điều khiển động cơ điện dùng cầu dao - cầu chì :

- a) Sơ đồ 1 cầu dao CD và 1 cầu chì CC;
- b) Sơ đồ đảo chiều quay ;
- c) Sơ đồ khởi động Y - Δ (sao - tam giác).

Trên hình 7-26c vẽ sơ đồ điều khiển động cơ theo phương pháp mở máy Y - Δ (sao - tam giác). Sơ đồ có sử dụng 2 cầu dao, cầu dao CD<sub>1</sub> là cầu dao đơn để cắt mạch điện khi động cơ không sử dụng và một cầu dao kép có thể đóng mở về 2 phía CD<sub>2</sub>. Khi mở máy động cơ ta đóng cầu dao CD<sub>2</sub> về phía hình sao, sau đó đóng

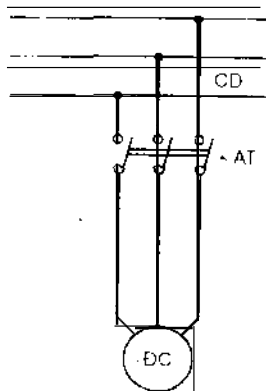
cầu dao CD<sub>1</sub>, chờ đợi khoảng 4 + 7 s để động cơ quay tới một tốc độ nào đó ta chuyển cầu dao CD<sub>2</sub> về phía tam giác (Δ), động cơ mở máy ở trường hợp này sẽ giảm được dòng điện khởi động, yêu cầu ở đây là động cơ khi làm việc bình thường nối tam giác.

Nhược điểm dùng cầu dao – cầu chì là chỉ sử dụng cho động cơ công suất vừa và nhỏ. Vì cầu dao không có khả năng cắt dòng điện phụ tải lớn. Khi dây chì bị cháy, việc thay thế cầu chì mất nhiều thời gian, dẫn đến việc vận hành động cơ kém hiệu quả. Việc phối hợp giữa cầu dao – cầu chì với các thiết bị khác không thực hiện được.

### b) Sử dụng áp tô mát

Áp tô mát là thiết bị đóng cắt mạch điện, tính năng của áp tô mát có thể cắt tự động khi mạch điện bị sự cố và đóng bằng tay. Hiện nay do sự phát triển của các thiết bị đóng cắt, người ta có thể trang bị thêm cho các áp tô mát có các tính năng như bảo vệ quá áp, thấp áp, mất một pha, ngược pha, kẹt rôto... Việc chọn áp tô mát theo điện áp và dòng điện định mức của động cơ.

Ưu điểm việc dùng áp tô mát vận hành linh hoạt hơn cầu dao – cầu chì. Có thể cắt được dòng phụ tải lớn, nên có thể sử dụng cho động cơ có công suất lớn (hình 7-27).



Hình 7-27. Sơ đồ điều khiển động cơ sử dụng áp tô mát.

Nhược điểm dùng áp tô mát là giá thành cao hơn cầu dao – cầu chì, áp tô mát chỉ bảo vệ được ngắn mạch, nếu không có cấu tạo đặc biệt áp tô mát không bảo vệ được quá tải. Do việc chỉ đóng được bằng tay nên không tự động hóa mạch điều khiển cho động cơ.

### 7.4.2. Các mạch điều khiển động cơ điện từ xa

Trong nền sản xuất hiện đại, việc tự động hóa mạch điều khiển động cơ điện là yêu cầu tất yếu, nó đảm bảo cho động cơ điện làm việc tin cậy, tăng tuổi thọ và tăng hiệu suất làm việc cho động cơ. Muốn tự động hóa động cơ điện, trước hết phải có thiết bị đóng cắt tự động như công tắc tơ, khởi động từ.

Để tăng độ tin cậy làm việc của sơ đồ điều khiển tự động, nên đặt trước công tắc tơ hay khởi động từ một áp tô mát, nhiệm vụ của áp tô mát là đóng mạch điện bằng tay sau đó mới tiến hành điều khiển tự động, nhiệm vụ thứ hai của áp tô mát là bảo vệ mạch điện khỏi sự cố ngắn mạch. Sau áp tô mát thường chọn thiết bị đóng cắt tự động là khởi động từ, nó trang bị rơ le nhiệt để bảo vệ động cơ khỏi quá tải. Ưu điểm của rơ le nhiệt là có quán tính nhiệt khi làm việc, do đó có thể chọn được



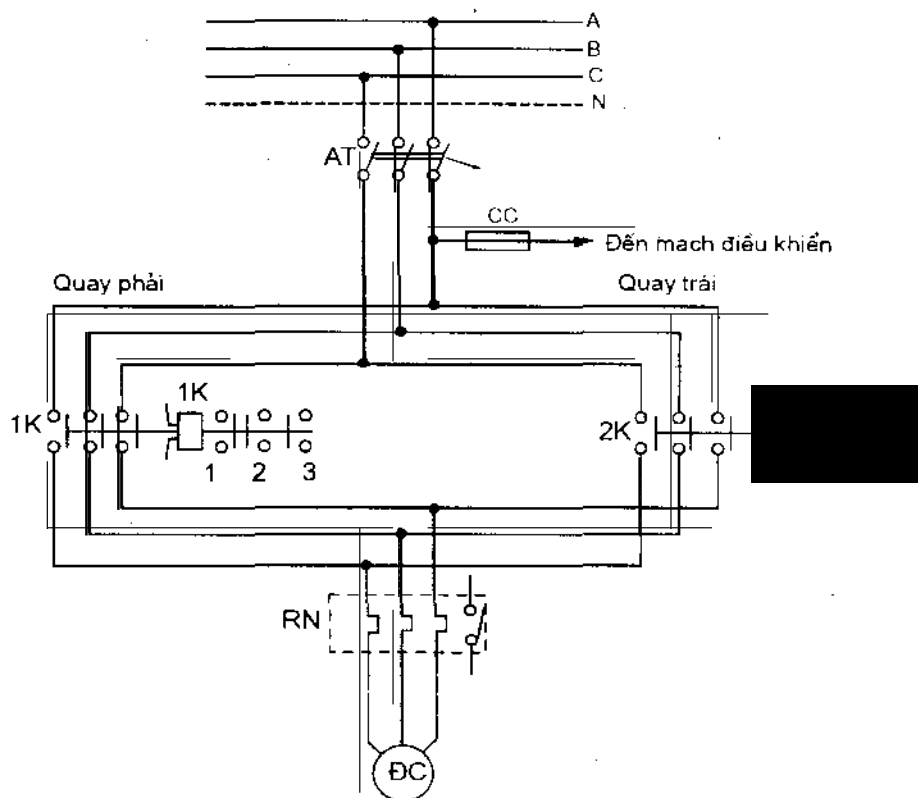
NĐ trở về vị trí ban đầu, làm cho mạch đóng sẽ hở mạch. Do vậy tiếp điểm phụ K, tự giữ nhằm mục đích này. Sau khi khởi động từ K đóng lại, động cơ ĐC có điện sẽ khởi động và làm việc.

Muốn cắt động cơ ra khỏi mạch điện, ta ấn nút cắt NC, mạch điện điều khiển mở, khởi động từ K mất điện; khởi động từ K mở ra, động cơ ngừng làm việc. Nếu không cho động cơ tiếp tục làm việc nên cắt áp tô-mát AT để cho mạch điện động cơ được an toàn. Do đó trước khi mở máy động cơ, việc đầu tiên là đóng áp tô-mát AT.

Nếu động cơ điện xảy ra ngắn mạch, áp tô-mát sẽ tự động cắt động cơ ra khỏi lưới điện, bảo vệ cho động cơ khỏi sự cố ngắn mạch.

Nếu động cơ bị quá tải, rơ le nhiệt RN sẽ tác động mở tiếp điểm RN làm cho mạch điều khiển khởi động từ bị mất điện. Khởi động từ K tự động mở tiếp điểm, mạch điện cấp cho động cơ mất điện, động cơ được bảo vệ khỏi quá tải.

**b) Mạch điều khiển từ xa đảo chiều quay động cơ điện (hình 7-30)**



Hình 7-30. Sơ đồ mạch lực đảo chiều quay động cơ điện.



Sự làm việc của sơ đồ như sau: Muốn khởi động động cơ, đầu tiên đóng áp tô mát AT, đưa nguồn điện đến 2 công tắc tơ 1K và 2K. Khi cho động cơ ĐC chạy phải, ấn nút đóng 1NĐ, nguồn điều khiển đi theo mạch sau : Nguồn điện pha A đi qua cầu chì CC, qua rơ le nhiệt RN, qua nút cắt NC, qua nút đóng 1NĐ, qua tiếp điểm thường kín của công tắc tơ 2K<sub>2</sub> (ý nghĩa của tiếp điểm 2K<sub>2</sub> là khóa không cho 1K đóng nếu 2K ở trạng thái đóng) ; sau đó nguồn điện đi qua cuộn dây 1K, cuộn dây có điện đóng công tắc tơ 1K, động cơ có điện và khởi động, quay theo chiều phải. Khi 1K đóng, tiếp điểm phụ 1K<sub>2</sub> mở ra đảm bảo cho 2K không đóng được nếu 1K đang ở trạng thái đóng. Tiếp điểm 1K<sub>1</sub> để tự giữ vì khi ấn nút đóng 1NĐ, sau đó bỏ tay ra nút đóng 1NĐ trở về vị trí ban đầu, mạch điều khiển bị hở mạch, nếu không có 1K<sub>1</sub> tự giữ công tắc tơ 1K sẽ không duy trì được ở trạng thái đóng.

Muốn cho động cơ quay trái, đầu tiên ấn nút cắt NC, cuộn dây 1K mất điện, công tắc tơ 1K mở ra, động cơ ĐC mất điện và ngừng quay. Sau đó ấn nút đóng 2NĐ, cuộn dây 2K có điện (do khi 1K mở ra tiếp điểm phụ 1K<sub>2</sub> đóng lại), đóng công tắc tơ 2K, động cơ ĐC có điện, do đã đảo pha nên động cơ quay theo chiều ngược lại (quay trái).

Muốn dừng động cơ, ấn nút cắt NC, khi quá tải rơ le nhiệt RN sẽ mở tiếp điểm làm cho mạch điều khiển mất điện, công tắc tơ sẽ tự mở ra, động cơ được bảo vệ quá tải. Còn khi xảy ra sự cố ngắn mạch, áp tô mát AT sẽ tác động cắt mạch điện vào động cơ, động cơ được bảo vệ sự cố.

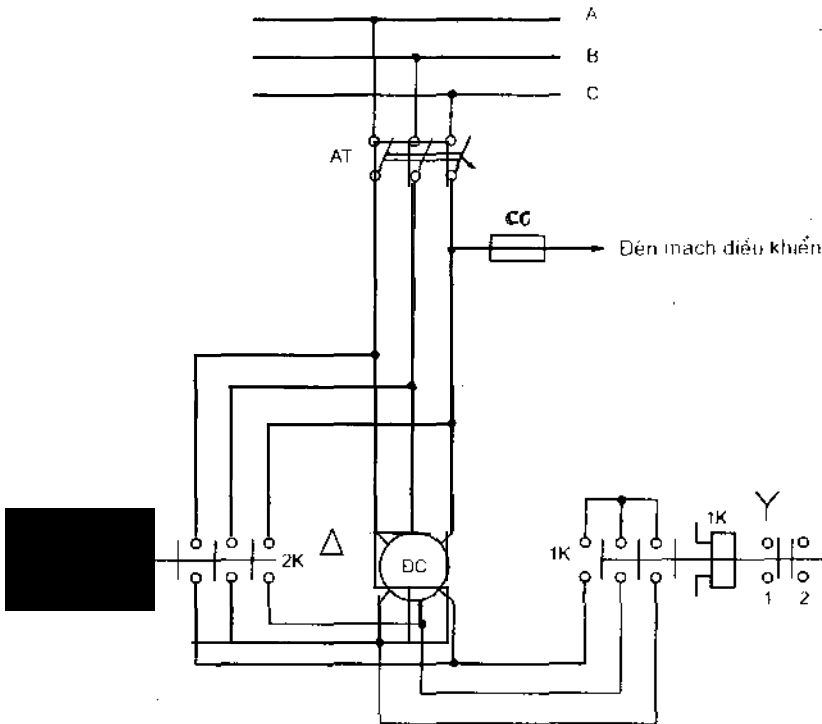


Hình 7-31. Sơ đồ khai triển mạch điều khiển từ xa đảo chiều quay động cơ điện.

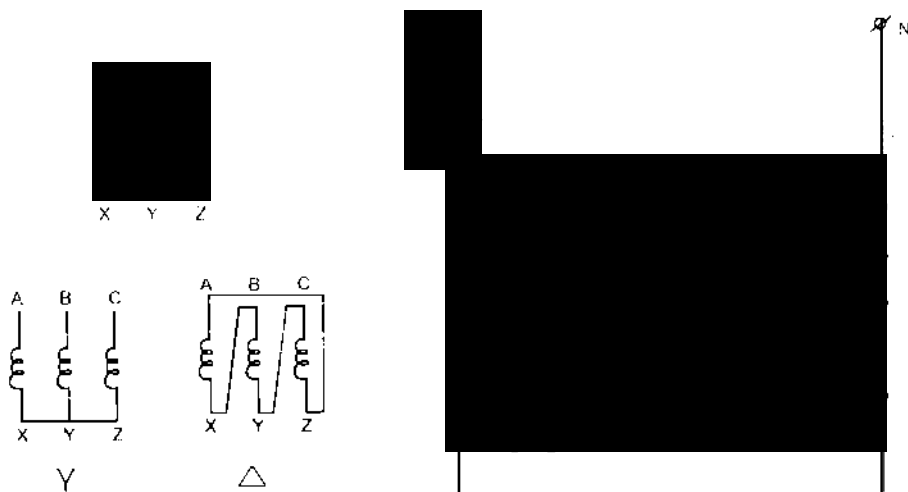
c) *Mạch tự động điều khiển từ xa khởi động sao – tam giác (Y – Δ) cho động cơ điện* (hình 7-32 và hình 7-33).

Đầu tiên đóng áp tô mát AT, sau đó ấn nút đóng NĐ. Công tắc tơ 1K có điện đóng lại, động cơ nối hình sao (Y) và bắt đầu khởi động; đồng thời khi 1K đóng tiếp điểm phụ 1K1 đóng lại tự giữ và cung cấp điện cho rơ le thời gian RT. Rơ le thời gian có điện và khởi động, sau thời gian đặt khoảng từ  $3 \div 7$  s, tiếp điểm của RT khép lại, làm cho rơ le trung gian RG có điện và tác động mở tiếp điểm RG<sub>1</sub>, công tắc tơ 1K mất nguồn điều khiển và 1K mở ra, tiếp điểm 1K<sub>2</sub> đóng lại, trước đó RG<sub>3</sub> đã đóng, 2K có điện chuyển phương thức nối động cơ sang tam giác, đến đây quá trình khởi động hoàn thành. Muốn cắt động cơ, ấn nút cắt NC, toàn bộ mạch điều khiển mất điện, 2K mở ra, động cơ ngừng cấp điện và dừng lại. Muốn khởi động trở lại, ta lại bắt đầu từ đầu là ấn nút đóng NĐ, quá trình sau chuyển đổi sang đầu tam giác hoàn toàn tự động.

Tiếp điểm RG<sub>2</sub> để tự giữ cho RG, vì khi 1K mở ra, 1K<sub>1</sub> cũng mở ra, RT mất điện, tiếp điểm RT mở ra, làm cho RG mất điện không đảm bảo 2K đóng một cách chắc chắn, do đó cần RG<sub>2</sub> tự giữ.



Hình 7-32. Sơ đồ mạch lực khởi động Y – Δ động cơ điện.



**Hình 7-33.** Sơ đồ khai triển mạch điều khiển tự động khởi động Y – Δ.

Chọn thời gian đặt cho RT phụ thuộc vào công suất của động cơ, đặc tính tải của động cơ và điều kiện mở máy của động cơ. Động cơ công suất càng lớn, tải nặng thì quán tính mở máy lớn, nên thời gian RT chọn phải lớn. Theo kinh nghiệm chọn thời gian RT trong khoảng từ 3 ÷ 12s là phù hợp với động cơ công suất trung bình và lớn.

## CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Các phương pháp khởi động động cơ điện .
2. So sánh ưu nhược điểm của mỗi phương pháp khởi động động cơ điện .
3. Phương pháp khởi động động cơ điện 1 pha .
4. Khi chuyển động cơ điện ba pha sang làm việc một pha có ưu nhược điểm gì ?

## Chương 8

# NHỮNG MẠCH BẢO VỆ VÀ TỰ ĐỘNG HÓA TRONG DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP

### 8.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Điện năng là một dạng năng lượng sạch, nó mang lại nhiều lợi ích cho con người, dễ sử dụng. Nếu không hiểu biết, nắm vững, khống chế, điện năng cũng gây ra nhiều tác hại như điện giật, gây hỏa hoạn, phá hủy các thiết bị dùng điện.

Để khai thác nguồn điện năng có hiệu quả nhất, mang lại lợi ích cho con người, đảm bảo điện năng làm việc an toàn và tin cậy. Cần phải trang bị những kiến thức hiểu biết về điện cho mọi người, bên cạnh đó phải có những thiết bị bảo vệ phù hợp với từng hộ tiêu thụ, tự động hóa cao, để tận dụng và khai thác hết các ưu điểm của điện năng, sẽ nâng cao được năng suất lao động, giảm giá thành sản phẩm và tiết kiệm được điện năng.

### 8.2. BẢO VỆ MẠNG ĐIỆN DÂN DỤNG

#### 8.2.1. Bảo vệ mạng điện gia đình, cửa hàng

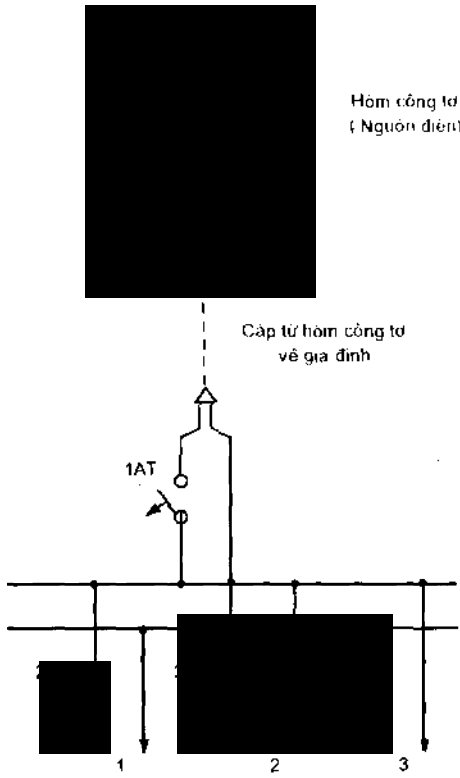
Gia đình, các cửa hàng buôn bán nhỏ mang tính chất gia đình sử dụng điện công suất không lớn. Các thiết bị điện trong gia đình chủ yếu phục vụ cho sinh hoạt, nếu xảy ra hư hỏng các thiết bị dùng điện, thiệt hại về kinh tế không lớn. Nhưng nếu bảo vệ không đúng cách, gây cháy nổ về mạng điện trong gia đình, sẽ dẫn đến cháy nhà nhiều khi còn lây lan sang các hộ xung quanh, gây thiệt hại đáng kể về kinh tế.

Một số phương án bảo vệ mạch điện gia đình và cửa hàng như sau:

Nếu nhà có nhiều tầng, mỗi tầng nên đặt một áp tô mát tổng hay cầu dao cầu chì tổng, sau đó phân chia vào các khu vực như phòng ở, nhà bếp, nhà tắm, các khu vực này cũng có bảo vệ riêng. Nên dùng cầu chì hay áp tô mát để bảo vệ riêng cho tủ lạnh và bình nóng lạnh.

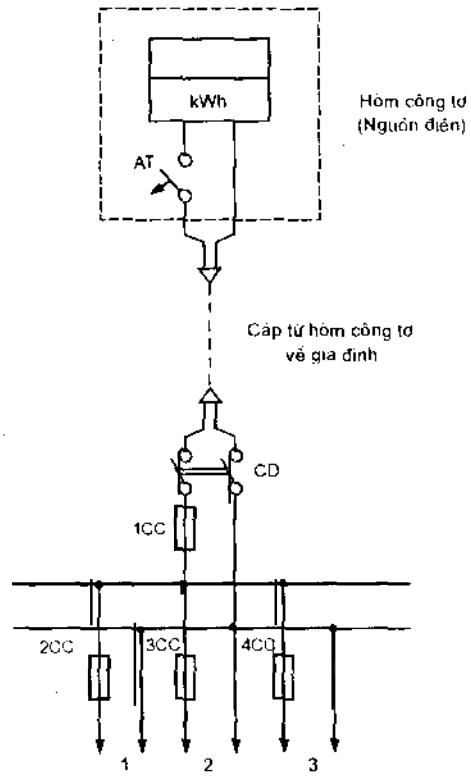
Ưu điểm của sơ đồ, nguồn điện trước khi vào nhà có đặt cầu dao CD hay áp tô mát tổng IAT, nếu xảy ra ngắn mạch mạng điện trong nhà, cầu chì hay áp tô mát sẽ cắt nguồn điện, bảo vệ cho mạng điện gia đình không bị cháy. Ưu điểm thứ hai,

nếu muốn sửa chữa cải tạo mạng điện gia đình, chỉ việc cắt cầu dao CD hay áp tô mát 1AT, toàn bộ điện trong nhà bị mất, đảm bảo cho công việc sửa chữa, cải tạo an toàn. Ưu điểm thứ 3, mỗi khu vực đều đặt thiết bị bảo vệ. Khi xảy ra chạm chập ở đâu, thì ở nơi đó mất điện, không gây ra mất điện toàn bộ nhà ở. Như vậy sử dụng điện linh hoạt, an toàn.



**Hình 8-1.** Sơ đồ mạch điện gia đình

- bảo vệ bằng áp tô mát :
- 1. Phòng ở ;
  - 2. Nhà bếp ;
  - 3. Nhà vệ sinh.
- AT : áp tô mát



**Hình 8-2.** Sơ đồ mạch điện gia đình

- bảo vệ bằng cầu dao – cầu chì :
- 1. Phòng ở ;
  - 2. Nhà bếp ;
  - 3. Nhà vệ sinh, nhà tắm ;
- AT : áp tô mát  
CD : cầu dao

Lựa chọn áp tô mát, cầu chì cho gia đình. Ở đây lưu ý một điểm, ở hòm công tơ, công tơ điện đã đặt một áp tô mát ; nếu gia đình không có yêu cầu gì đặc biệt, áp tô mát ở hòm công tơ loại 30A, do vậy các áp tô mát và cầu chì ở gia đình nên chọn loại 20A, thấp hơn áp tô mát tổng một cấp. Để khi có sự cố chạm chập trong gia đình, áp tô mát tổng và cầu chì tổng đặt ở gia đình làm việc trước, nếu chọn lớn hơn áp tô mát tổng đặt ở hòm công tơ, sẽ xảy ra trường hợp cắt áp tô mát tổng ở hòm công tơ, gây phức tạp cho việc đóng điện trở lại cho gia đình.

Còn lại các áp tô mát hoặc cầu chì vào phòng ở, nhà bếp, nhà tắm, nhà vệ sinh nên chọn loại 10A + 15A, nhỏ hơn áp tô mát tổng hoặc cầu chì tổng của gia đình một cấp. Việc lựa chọn này đảm bảo hư hỏng ở đâu, các bảo vệ đặt ở đó tác động cắt mạch điện ra khỏi nơi có sự cố, không gây mất điện toàn bộ nhà ở.

### **8.2.2. Bảo vệ mạng điện bệnh viện, siêu thị, trường học**

Mạng điện bệnh viện, siêu thị, trường học rất quan trọng, nó ảnh hưởng trực tiếp đến con người và kinh tế. Nên việc lựa chọn phương thức bảo vệ, thiết bị bảo vệ phải hoàn hảo, đảm bảo chất lượng. Khi tính toán bảo vệ phải chính xác, tuân thủ nguyên tắc bảo vệ càng gần phụ tải phải thấp hơn bảo vệ trước đó ít nhất một cấp. Ví dụ, bảo vệ đầu nguồn 100A, bảo vệ sau đó 80A và thấp hơn.

Việc tính toán bảo vệ cho bệnh viện, siêu thị, trường học đã nói rất kỹ ở phần cung cấp điện. Ở đây chỉ nhấn mạnh thêm, khi tính toán chọn áp tô mát và cầu chì thường chỉ chọn bảo vệ chống sự cố ngắn mạch, ít đề cập đến bảo vệ quá tải. Quá tải là khả năng tiềm ẩn dẫn đến sự cố ngắn mạch. Ta đã biết, ngắn mạch là sự cố trầm trọng nhất và nguy hiểm nhất cho mạng điện và thiết bị điện.

Quá tải dòng điện tăng cao hơn giá trị định mức, làm cho thiết bị điện phát nóng, cách điện mau già cỗi, do hiệu ứng tích lũy, quá tải nhiều lần và kéo dài sẽ phá hủy hoàn toàn cách điện, hoặc làm cho phẩm chất vật liệu cách điện giảm, dòng điện rò ở vật liệu tăng lên, đốt cháy cách điện, dẫn đến chập mạch giữa các pha hay pha chạm đất, phá hủy thiết bị điện.

Do đó khi lựa chọn áp tô mát cho thiết bị, ngoài tính bảo vệ dòng điện ngắn mạch, cần phải tính thêm bảo vệ quá tải, sử dụng rơ le nhiệt đặt trong áp tô mát. Việc tính toán bảo vệ quá tải sử dụng rơ le nhiệt xem ở chương 3.

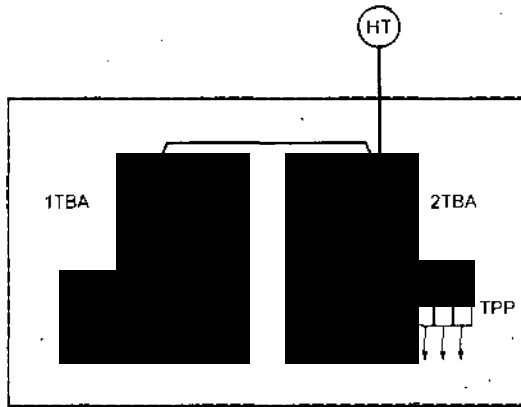
## **8.3. BẢO VỆ LƯỚI ĐIỆN CÔNG NGHIỆP**

Sơ đồ cấp điện cho một xí nghiệp (hình 8-3).

Thường một xí nghiệp được cung cấp từ một đường dây hoặc hai đường dây ở hệ thống về, tùy theo quy mô của xí nghiệp, có một trạm biến áp (TBA) hoặc nhiều trạm biến áp cho từng phân xưởng. Sau trạm biến áp là các tủ phân phối hạ áp

(TPP). Sau tủ phân phối đến các thiết bị của xí nghiệp như động cơ điện, lò điện, chiếu sáng...

Việc tính toán bảo vệ cho trạm biến áp TBA, các tủ phân phối hạ áp, các thiết bị của xí nghiệp đã được nói rất rõ và đầy đủ ở giáo trình cung cấp điện. Ở chương này chỉ đề cập đến việc bảo vệ trạm biến áp TBA dùng rơ le mà ở giáo trình cung cấp điện chưa đề cập đến.



Hình 8-3. Sơ đồ cấp điện cho xí nghiệp công nghiệp.

Muốn thực hiện bảo vệ rơ le cho trạm biến áp, yêu cầu trạm biến áp phải có máy cắt điện.

Hình 8-4 là sơ đồ một trạm biến áp trung áp điện áp 35kV, phía hạ áp 380V cung cấp điện cho một xí nghiệp.

### 8.3.1. Bảo vệ cho trạm biến áp

Bảo vệ cho trạm biến áp theo những bước sau đây :

#### a) Những dạng hư hỏng thường gặp trong nội bộ máy biến áp

- Ngắn mạch nhiều pha trong cuộn dây máy biến áp.
- Các vòng dây của cùng một pha chạm nhau.
- Một pha chạm đất.
- Cách điện giữa các lá thép, gông từ bị phá hủy, sẽ xuất hiện dòng điện xoáy lớn phá hủy lõi thép.
- Vỏ thùng máy biến áp bị thủng làm cho dầu trong máy biến áp bị cạn dưới mức cho phép.
- Khi máy biến áp nối hình sao, xảy ra ngắn mạch nhiều pha gần sát trung tính, dòng điện ngắn mạch tại chỗ sẽ rất lớn, nhưng dòng điện mạch ngoài cung cấp đến điểm ngắn mạch bé, nhiều trường hợp nhỏ hơn dòng điện khởi động của rơ le, rơ le không tác động. Trường hợp này rơ le khí sẽ tác động cắt mạch điện ra khỏi máy biến áp.

**b) Những tình trạng làm việc không bình thường của máy biến áp**

- Dòng điện tăng cao do ngắn mạch phía ngoài máy biến áp hoặc do quá tải
- Mức dầu máy biến áp hạ thấp do rò rỉ lâu ngày.
- Quá điện áp do chạm đất một pha trong hệ thống điện.

c) **Bảo vệ máy biến áp.** Trạm biến áp, trong đó có máy biến áp là thiết bị điện quan trọng nhất, đồng thời cũng là khâu yếu nhất để xảy ra hư hỏng. Do đó những bảo vệ cần đặt cho trạm biến áp là những bảo vệ cho máy biến áp.

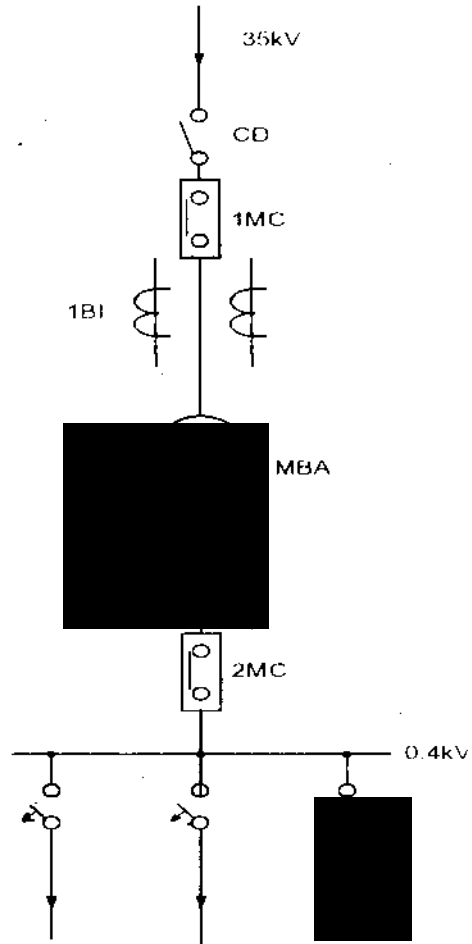
**d) Dùng rơ le quá dòng điện để bảo vệ trạm biến áp có đặt một máy biến áp.**

Hình 8-6 là phương án bảo vệ quá dòng cho máy biến áp. Phương thức bảo vệ : đặt bảo vệ ở cả 2 phía máy biến áp.

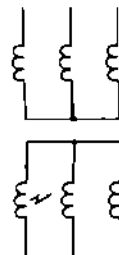
Phía cao áp đặt hai máy biến dòng.

Phía hạ áp đặt ba máy biến dòng. Vì phía hạ áp trung tính máy biến áp nối đất trực tiếp, nên có thể bảo vệ chống ngắn mạch một pha chạm đất và bảo vệ quá tải không đối xứng, do nguyên nhân nào đó, một pha dòng điện tăng cao hơn định mức, bảo vệ quá tải sẽ tác động cắt máy biến áp.

\* **Tính các bảo vệ quá dòng điện đặt ở phía hạ áp**



Hình 8-4. Sơ đồ nối dây trạm biến áp có 1 máy biến áp.



Hình 8-5. Ngắn mạch nhiều pha gần trung tính nối hình sao của máy biến áp.





động cơ nối với thanh góp sẽ tự mở máy. Ở đây thiết kế chỉ những động cơ quan trọng sẽ được mở máy. Còn động cơ ít quan trọng hơn sẽ mở máy sau.

Trong điều kiện xác định  $\sum_{i=1}^n I_{pi}$  khó khăn, có thể lấy tổng dòng điện phụ tải bằng dòng điện định mức của máy biến áp ( $I_{dmba}$ ).

+ Thời gian làm việc của bảo vệ :

$$t_{bv3RI} = t_{max} + \Delta t = 2 + 3 \text{ s} \quad (8-3)$$

Trong đó :  $t_{max}$  : thời gian làm việc lớn nhất của bảo vệ đặt trước 3RI> (phía phụ tải)

$\Delta t$  : Độ chọn lọc về thời gian thường lấy bằng 0,5 s.

+ Độ nhạy của bảo vệ  $K_n$  :

$$K_n = \frac{I_{Nmin}}{I_{kd3RI}} \geq 1,5 + 2 \quad (8-4)$$

Trong đó :  $I_{Nmin}$  là dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm  $N_2$  (hình 8-6)

\* Tính các bảo vệ quá dòng điện đặt ở phía cao áp

- Cấp thứ nhất là bảo vệ cắt nhanh 2RI>> với  $t_{bv2RI} = 0$

+ Dòng điện khởi động của 2RI>> phải lớn hơn dòng điện ngắn mạch ngoài lớn nhất, điểm  $N_2$  trên hình 8-6.

$$\text{[Redacted]} \quad (8-5)$$

Trong đó :  $K_{ai}$  là hệ số an toàn = 1,2 + 1,4

$I_{Nngohi max}$  : dòng điện ngắn mạch ngoài cực đại đi qua 1BI.

Độ nhạy của bảo vệ  $K_n$  :

$$K_n = \frac{I_{NminN3}}{I_{kd2RI}} \geq 2 \quad (8-6)$$

Trong đó :  $I_{NminN2}$  là dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm  $N_3$  hình 8-6.

- Cấp thứ hai là bảo vệ quá tải máy biến áp 1RI>

+ Dòng điện khởi động của 1RI> chọn theo 2 điều kiện :

Phải lớn hơn dòng điện khởi động của bảo vệ đặt ở phía hạ áp 3RI>

$$\text{[Redacted]} \quad (8-7)$$

Bằng hoặc lớn hơn dòng điện định mức của máy biến áp :

$$I_{kd1RI} = K_{ai} I_{dmba} \quad (8-8)$$

Trong đó :  $K_{ai}$  là hệ số an toàn = 1,1 + 1,4

Tùy theo tình trạng làm việc của máy biến áp, nếu máy biến áp thường xuyên đầy tải, thì hệ số an toàn lấy số bé. Khi máy biến áp vận hành non tải lấy hệ số an toàn lớn.

+ Thời gian làm việc của bảo vệ IRI> :

$$\text{[Redacted]} \quad (8-9)$$

Trong đó:  $t_{\text{bv,IRI>}}$  : thời gian làm việc của bảo vệ quá dòng phía hạ áp 3RI>.

$\Delta t$  : cấp chọn lọc thời gian = 0,3 + 0,5 s.

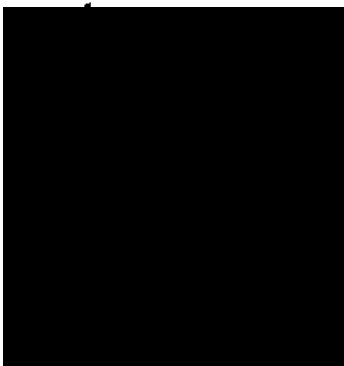
Độ nhạy của bảo vệ  $K_n$  :

$$\text{[Redacted]} \geq 1,2 \div 1,5 \quad (8-10)$$

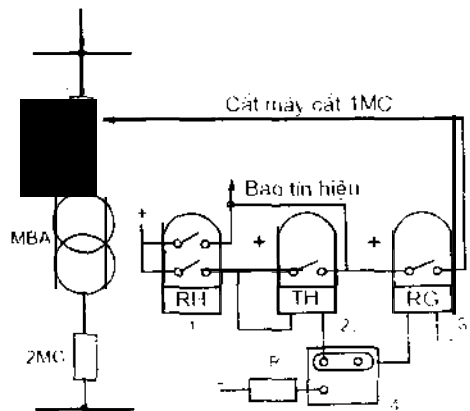
Nếu IRI> làm nhiệm vụ dự trữ cho 3RI> thì  $K_n \geq 1,2$ ; Nếu IRI> làm nhiệm vụ bảo vệ chính  $K_n \geq 1,5$ .

### e) Bảo vệ máy biến áp bằng rơ le khí

Thường máy biến áp công suất lớn, nhà chế tạo đã đặt sẵn rơ le khí trên đường ống nối từ bình dầu phụ xuống máy biến áp (hình 8-7). Cấu tạo rơ le khí xem ở chương 3. Có rất nhiều loại rơ le khí có cấu tạo khác nhau, loại thường gặp là một bình thông phía trong có đặt hai phao nối với bầu thủy tinh dùng thủy ngân làm tiếp điểm. Khi làm việc bình thường, trong bình rơ le đầy dầu, các phao nổi lên, các tiếp điểm của rơ le ở trạng thái mở. Khi xảy ra sự cố hay cạn dầu, khí bốc ra tập trung lên phía trên, đẩy mức dầu trong rơ le thấp xuống, phao thứ nhất hạ xuống, đóng tiếp điểm thứ nhất đi báo tín hiệu.



Hình 8-7. Vị trí đặt rơ le khí máy biến áp (số 8).



Hình 8-8. Sơ đồ bảo vệ dùng rơ le khí.

Khi khí trong máy biến áp bốc ra mạnh, có nghĩa trong máy biến áp có hư hỏng nghiêm trọng, tốc độ luống khí bốc ra lớn, đầu phao thứ hai chìm xuống, tiếp điểm thứ hai đóng lại, cắt máy biến áp.

Rơ le khí cũng có thể làm việc khi có ngắn mạch ngoài do các cuộn dây phát nóng làm dầu bốc hơi. Xác định thời gian làm việc trong trường hợp này rất khó khăn, vì nó phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố thay đổi. Do vậy cần phải chỉnh định cho rơ le khí không làm việc khi xảy ra ngắn mạch ngoài.

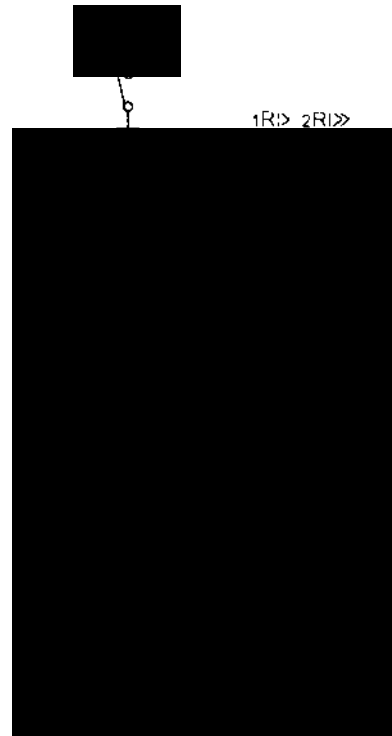
Khuyết điểm chính của rơ le khí là không làm việc khi xảy ra hư hỏng phía ngoài máy biến áp, vì thế bảo vệ dùng rơ le khí không thể làm bảo vệ chính chống các sự cố trong vùng bảo vệ máy biến áp.

Ưu điểm chính của rơ le khí có thể làm việc ở tất cả các dạng ngắn mạch phía trong thùng dầu máy biến áp với độ nhạy cao, thời gian làm việc ngắn, sơ đồ đơn giản, làm việc tin cậy, dễ thực hiện bảo vệ.

### *g) Một phương án bảo vệ máy biến áp*

Hình 8-9 cho sơ đồ nối dây mạch dòng điện của bảo vệ quá dòng dùng rơ le điện từ. Hình 8-10 là sơ đồ mạch điều khiển bảo vệ quá dòng điện. Phía hạ áp không có nguồn, nên nguyên tắc bảo vệ là hư hỏng phía nào của máy biến áp thì cắt phía đó, mục đích là hạn chế việc đóng mở các máy cắt điện nhiều lần, có hại cho máy cắt.

*Vi dụ 8-1.* Tính bảo vệ rơ le cho máy biến áp (hình 8-9) với số hiệu sau :  $S_{\text{mBA}} = 2500\text{kVA}$ ,  $U_N\% = 10,5\%$ ,  $U_{\text{dm}} = 35/0,4\text{ kV} \pm 2 \times 2,5\%$ , tổ nối dây Y/Y<sub>0</sub>-12; Trạm biến áp được nối với trạm trung gian bằng đường dây AC – 70, chiều dài 5km. Điện kháng từ hệ thống đến trạm trung gian 0,2 Ω. Nối với thanh góp hạ áp của trạm một động cơ không đồng bộ công suất 900 kW, điện áp 380V,  $\cos\phi = 0,85$ , hiệu suất  $\eta\% = 93\%$ .



*Hình 8-9.* Sơ đồ nối dây mạch dòng điện của bảo vệ quá dòng.

\* Tính ngắn mạch tại điểm  $N_1$ , tại thanh cái hạ áp, để chọn dòng khởi động cho bảo vệ quá dòng cắt nhanh  $4RI \gg$  (hình 8-9)

- Điện kháng đường dây  $x_{DD}$  tra bảng dây AC-70 có  $x_0 = 0,46 \Omega/\text{km}$ .

$$x_{DD} = x_0 l = 0,46 \cdot 5 = 2,3 \Omega$$

+ Điện kháng của máy biến áp  $x_{BA}$ :

biến áp  $x_{BA}$ :

$$x_{BA} = \frac{U_N \% \cdot U^2}{S_{dm}}$$

$$= \frac{10,5 \cdot 35^2 \cdot 1000}{100 \cdot 2500} = 51,45 \Omega$$

- Dòng điện ngắn mạch tại điểm  $N_1$  bằng (hình 8-11):

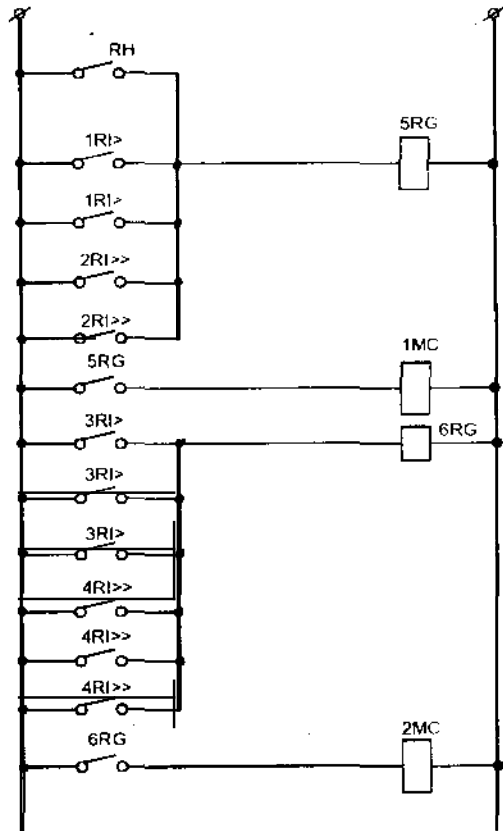
$$I_{N1} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,2 + 2,3 + 51,45}}$$

$$= \frac{35000}{\sqrt{3} \cdot 53,95} = 375 \text{ A}$$

- Dòng điện ngắn mạch tại điểm  $N_2$  bằng (hình 8-11):

$$I_{N2} = I_{N1}$$

- Dòng điện ngắn mạch tại điểm  $N_3$ :



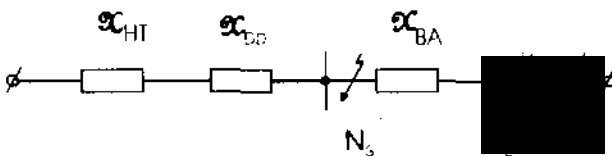
Hình 8-10. Mạch điều khiển bảo vệ quá dòng máy biến áp.

RG : rơ le trung gian

MC : cuộn cắt của máy cắt

RI : rơ le quá dòng điện tử có đặc tính thời gian độc lập

RH : rơ le khí.



Hình 8-11. Sơ đồ thay thế trạm biến áp để tính ngắn mạch.

$$I_{N_s} = \frac{U_{35}}{\sqrt{3}(x_{HT} + x_{DD})} = \frac{35000}{\sqrt{3}(0,2 + 2,3)} = 8092A$$

\* Tính bảo vệ quá tải đặt ở phía hạ áp 3RI>

Theo công thức 8-2

$$I_{kdt3RI>} = K_{at} [\sum I_{\alpha} + (I_{mm} - I_{dm})]$$

$$K_{at} = 1,3$$

$$\sum I_{\alpha} = I_{dmBA} = \frac{2500}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 3613A$$

$I_{mm}$  : dòng điện mở máy động cơ lớn nhất 900kW.

$I_{dm}$  : dòng điện định mức của động cơ 900kW

$$I_{dm} = \frac{900}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1714A$$

$$I_{mm} = K_{mm} \cdot I_{dm} = 5,1 \cdot 1714 = 8570A$$

- Do đó dòng điện khởi động 3RI> bằng :

$$I_{kdt} = 1,3 [3613 + 8570 - 1714] = 13610A$$

- Với dòng định mức của máy biến áp 3613A, chọn máy biến dòng hạ áp 2BI = 4000/5 A

- Dòng điện khởi động của bảo vệ quá tải 3RI> :

$$I_{kdt3RI>} = \frac{I_{kdt3RI>}}{n_1} = \frac{13610}{800} = 17A$$

Trong đó  $n_1$  là tỉ số biến đổi của máy biến dòng :

$$n_1 = \frac{I_s}{I_T} = \frac{4000}{5} = 800$$

- Thời gian làm việc của bảo vệ quá tải 3RI> :

$$t_{bv3RI>} = 2s$$

- Kiểm tra độ nhạy của bảo vệ quá tải 3RI> :

Theo công thức 8-4, độ nhạy bằng :

$$K_n = \frac{I_{N_1}}{I_{kdt3RI>}} = \frac{375,35}{13610 \cdot 0,4} = 2,41$$

Độ nhạy  $K_n \geq 1,5 + 2$ , đạt yêu cầu.

\* *Tính bảo vệ quá dòng cắt nhanh 4RI>>*

Theo công thức 8-1 ta có:



Ở đây tính  $I_{N_{ngoài\ max}}$  khó khăn, thường lấy  $I_{kd4RI>>}$  bằng dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh đặt ở áp tô mát có dòng định mức lớn nhất. Ở ví dụ đã cho, động cơ có công suất lớn nhất 900kW nối với thanh góp hạ áp, dòng định mức của động cơ là 1714A; chọn áp tô mát có dòng định mức 2000A, nhà chế tạo đã cài đặt trước dòng điện khởi động của bảo vệ cắt nhanh  $I_{kdAT} = 10 \cdot I_{dmAT} = 10 \cdot 2000 = 20000$  A

Vậy dòng điện khởi động của 4RI>> :

$$I_{kd4RI>>} = I_{kdAT} = 20\ 000\ A$$

Để đảm bảo tính chọn lọc của bảo vệ không tác động nhầm, khi xảy ra ngắn mạch tại điểm  $N_1$ , nên bảo vệ 4RI>> làm việc có thời gian :

$$t_{bv4RI>>} = 0,3\ s$$

Bảo vệ cắt nhanh 4RI>> làm nhiệm vụ dự trữ cho các bảo vệ cắt nhanh đặt ở các áp tô mát, nếu khi xảy ra sự cố ngắn mạch, các bảo vệ áp tô mát không làm việc.

- Độ nhạy của bảo vệ 4RI>> :

$$K_n = \frac{I_{N_1}}{I_{kd4RI>>}} = \frac{375.35\ 000}{20\ 000.400} = 1,64$$

$K_n > 1,5$  đủ độ nhạy cần thiết.

\* *Tính bảo vệ quá tải đặt ở phía cao áp với rơ le dòng điện 1RI>*

- Theo công thức 8-7 :

$$I_{kd1RI>} = I_{kd3RI>} = \frac{13\ 610}{n_u} = \frac{13\ 610}{35/0,4} = 155A$$

- Theo công thức 8-8 :

$$I_{kd1RI>} = K_m \cdot I_{dmBA} = 1,3 \cdot \frac{2\ 500}{\sqrt{3} \cdot 35} = 53,67A$$

So sánh giữa hai dòng điện khởi động, chọn dòng điện lớn hơn  $I_{kd1RI>} = 155A$  làm dòng điện tính toán.

- Thời gian làm việc của bảo vệ quá tải 1RI> :

Theo công thức 8-9 ta có :

$$t_{bv1RI>} = t_{bv3RI>} + \Delta t = 2 + 0,5 = 2,5\ s$$

- Kiểm tra độ nhạy của bảo vệ  $K_n$  :

Theo công thức 8-10 :

$$K_n = \frac{I_{N_2}}{I_{kd1RI}} = \frac{375}{155} = 2,42$$

Độ nhạy đạt yêu cầu.

\* *Tính bảo vệ quá dòng cắt nhanh 2RI>>*

- Theo công thức 8-5, dòng điện khởi động của 2RI>> :

$$I_{kd2RI>>} = K_{at} \cdot I_{N \text{ ngoài max}} = 1,3 \cdot 375 = 487,5 \text{ A}$$

$I_{N \text{ ngoài max}}$  là dòng điện ngắn mạch ngoài cực đại lấy ở điểm ngắn mạch  $N_2$ , nên  $I_{N_2} = I_{N_1} = 375 \text{ A}$ .

- Thời gian làm việc của bảo vệ :

$$t_{bv2RI>>} = 0 \text{ s}$$

- Kiểm tra độ nhạy của bảo vệ

Theo công thức 8-6 :

$$K_n = \frac{I_{N_1}}{I_{kd2RI>>}} = \frac{8092}{487,5} = 16,6$$

Độ nhạy đạt yêu cầu.

Để bảo vệ không tác động nhầm trong trường hợp đóng máy biến áp không tải, dòng điện khởi động của 2RI>> phải lớn hơn dòng điện từ hóa nhảy vọt, ta có :

$$I_{kd2RI>>} = K_{at} \cdot I_{THMBA}$$

Trong đó:  $K_{at}$  : hệ số an toàn = 1,2 ÷ 1,4

$$I_{THMBA} = 7 \cdot I_{dmMBA} = 7 \cdot \frac{2500}{\sqrt{3} \cdot 35} = 289 \text{ A}$$

Vậy  $I_{kd2RI>>}$  có tính đến dòng điện từ hóa nhảy vọt :

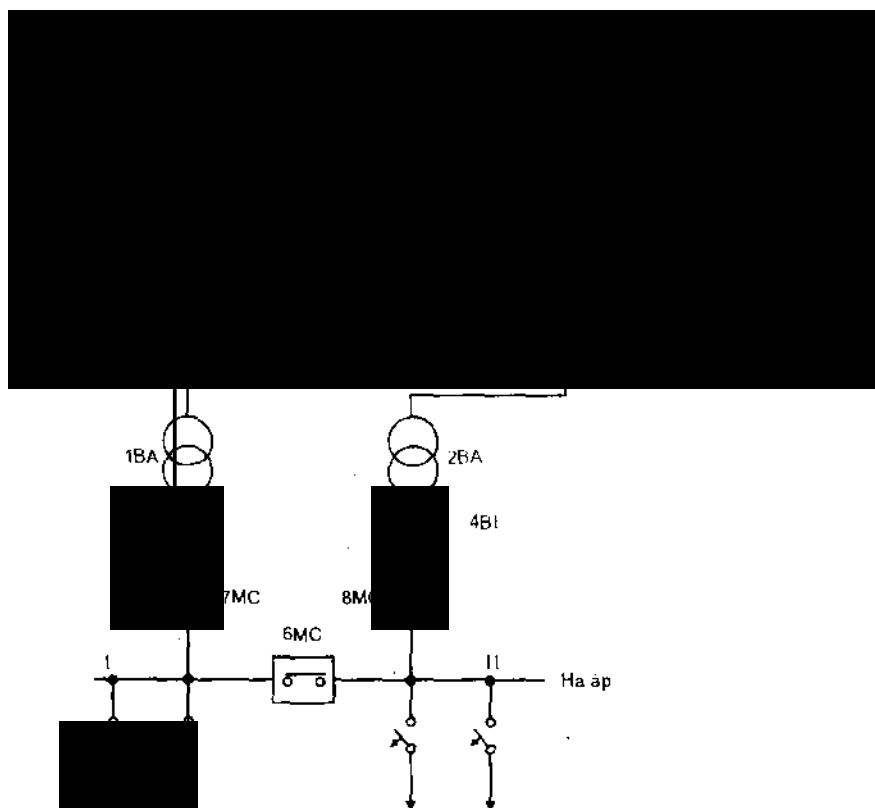
$$I_{kd2RI>>} = 1,4 \cdot I_{THMBA} = 1,4 \cdot 289 = 404,6 \text{ A}$$

So sánh giữa hai dòng điện khởi động, lấy dòng điện khởi động theo dòng điện ngắn mạch ngoài, đảm bảo cho bảo vệ 2RI>> không tác động nhầm, khi đóng máy biến áp không tải.

Kết quả tính toán ở ví dụ 8-1 được thể hiện trên sơ đồ hình 8-9 và 8-10.



### 8.3.2. Tính bảo vệ cho trạm biến áp có hai máy biến áp làm việc song song



Hình 8-12. Sơ đồ trạm biến áp có hai máy biến áp làm việc song song.

Trạm biến áp có hai nguồn cung cấp cho thanh góp trạm phân phối trung tâm, từ trạm phân phối trung tâm đi đến nhiều phân xưởng của nhà máy. Sơ đồ hình 8-12 chỉ vẽ cho một phân xưởng có 2 máy biến áp vận hành song song. Bình thường vận hành các máy cắt liên lạc 5MC và 6MC thường mở, mục đích giảm nhẹ dòng điện ngắn mạch, dẫn đến chọn những thiết bị có công suất nhỏ hơn, giảm giá thành xây dựng trạm.

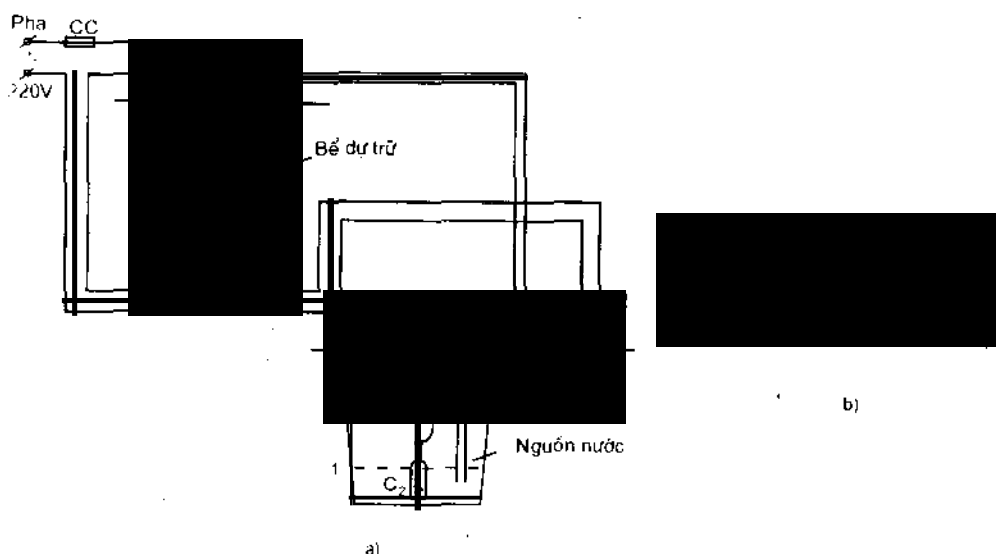
Khi xảy ra sự cố một máy biến áp, máy biến áp còn lại sẽ cung cấp điện cho toàn bộ phân xưởng, nếu tổng phụ tải ở 2 thanh góp hạ áp I và II lớn hơn công suất

của một máy biến áp thì trước khi đóng máy cắt liên lạc 6MC phải thải bớt phụ tải không quan trọng ở cả hai thanh góp, sao cho tổng phụ tải bằng công suất của một máy biến áp.

Nếu bình thường máy biến áp vận hành non tải, có thể cho phép máy biến áp vận hành quá tải 140% công suất định mức của máy biến áp. Do vậy để tính bảo vệ rơ le trạm biến áp có hai máy biến áp làm việc song song, giống như trạm có một máy biến áp, tính bảo vệ rơ le cho từng máy biến áp riêng lẻ. Ở đây chỉ lưu ý rằng khi tính toán bảo vệ quá tải, nếu máy biến áp cho phép vận hành quá tải 140% thì hệ số  $K_{at}$  phải lấy bằng 1,4 hoặc cao hơn để bảo vệ không tác động trong trường hợp này.

## 8.4. MỘT SỐ MẠCH TỰ ĐỘNG TRONG SINH HOẠT VÀ TRONG CÔNG NGHIỆP

### 8.4.1. Mạch tự động bơm nước lên nhà tầng



**Hình 8-13**

Sơ đồ mạch điện tự động bơm nước lên nhà cao tầng :

- a) Sơ đồ tổng hợp ;
- b) Sơ đồ nguyên lí.

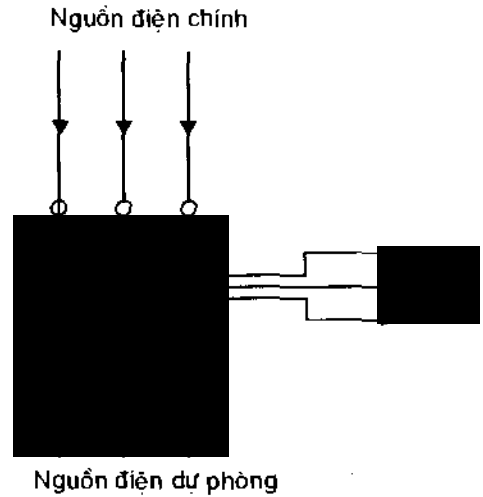
Ở sơ đồ hình 8-13, các công tắc phao hiện có bán nhiều trên thị trường. Nếu nơi nào không có, có thể tự chế tạo : mua 1 công tắc hành trình và hai vỏ nhựa chai nước khoáng, đổ nước vào hai chai sao cho tổng lượng nước ở hai chai đủ đóng tiếp

điểm ; khi một chai nổi lên, chai còn lại đủ trọng lượng giữ tiếp điểm ở vị trí đóng ; khi bể đầy, chai thứ hai nổi lên mở tiếp điểm, động cơ bơm mất điện, ngừng bơm nước lên bể. Phao thứ hai đặt ở nguồn nước, bảo vệ bơm khi nguồn nước cạn.

### 8.4.2. Mạch chuyển đổi nguồn điện bằng tay

Trong thực tế sản xuất, yêu cầu cung cấp điện an toàn liên tục rất cần thiết. Ở những xí nghiệp có hai nguồn điện, khi mất một nguồn điện, lập tức đóng nguồn điện dự phòng, cung cấp điện liên tục cho sản xuất.

Mạch chuyển đổi nguồn đơn giản nhất và rẻ tiền là dùng cầu dao đảo chiều và chuyển đổi bằng tay. Khi làm việc bình thường cầu dao đóng lên phía trên, phụ tải xí nghiệp dùng nguồn điện chính. Nếu nguồn điện chính bị mất, chuyển cầu dao xuống phía dưới, đóng nguồn điện dự phòng cho xí nghiệp. Khi nguồn điện chính có điện trở lại, chuyển cầu dao lên phía trên, đảm bảo duy trì nguồn điện chính của xí nghiệp.



Hình 8-14. Sơ đồ chuyển đổi nguồn bằng tay.

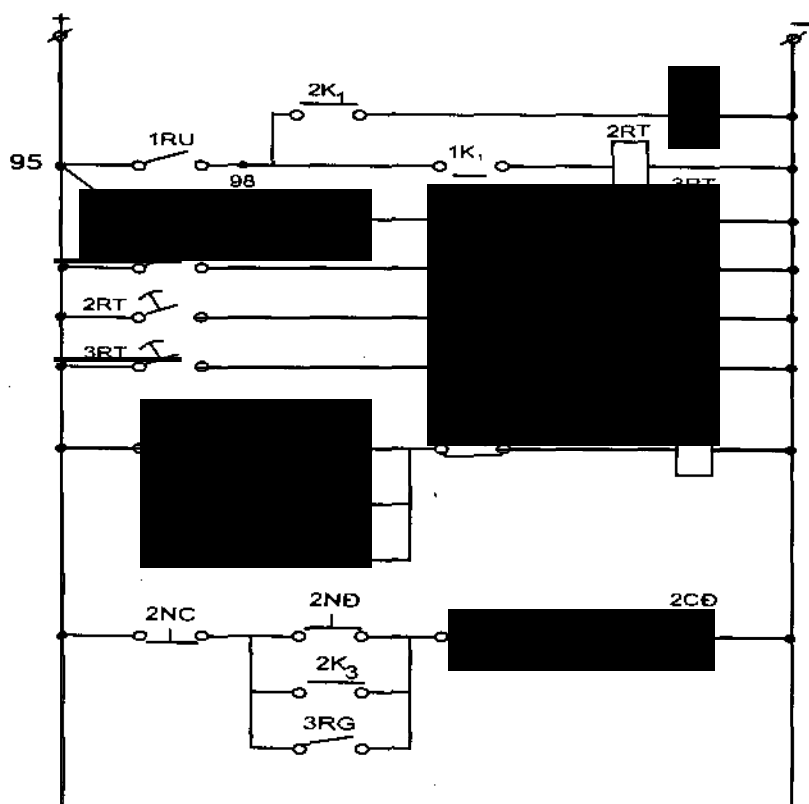
### 8.4.3. Mạch điều khiển tự động chuyển đổi nguồn điện

Sự làm việc của sơ đồ hình 8-15 và 8-16 như sau : Bình thường nguồn điện chính có điện, 1K đóng, tiếp điểm phụ 1K<sub>1</sub> tự giữ, 1K<sub>2</sub> mở, 1K<sub>4</sub> mở, tiếp điểm 1K<sub>4</sub> đóng vai trò rất quan trọng, nó khóa không cho 2K đóng khi 1K đang ở vị trí đóng, mặc dù nguồn phụ có điện hay không có điện. Rơ le điện áp 1RU làm nhiệm vụ đóng nguồn dự phòng khi nguồn điện chính mất điện, ngược lại khi nguồn chính có điện 1RU làm nhiệm vụ cắt nguồn dự phòng và đóng trở lại nguồn chính. Rơ le điện áp 2RU kiểm tra điện áp nguồn dự phòng, khi nguồn dự phòng có điện, việc đóng công tắc tơ 2K mới có ý nghĩa.

Khi nguồn điện chính mất điện, tiếp điểm thường kín 1RU trở về và nguồn dự phòng có điện 2RU đóng tiếp điểm, 3RT có điện ; sau 1 thời gian chỉnh định theo yêu cầu sản xuất, sẽ đóng tiếp điểm 3RT, 3RG có điện, đóng tiếp điểm 3RG, 2CD có điện đóng 2K, 2K<sub>3</sub> đóng lại, để tự giữ, xí nghiệp làm việc ở nguồn điện dự phòng.

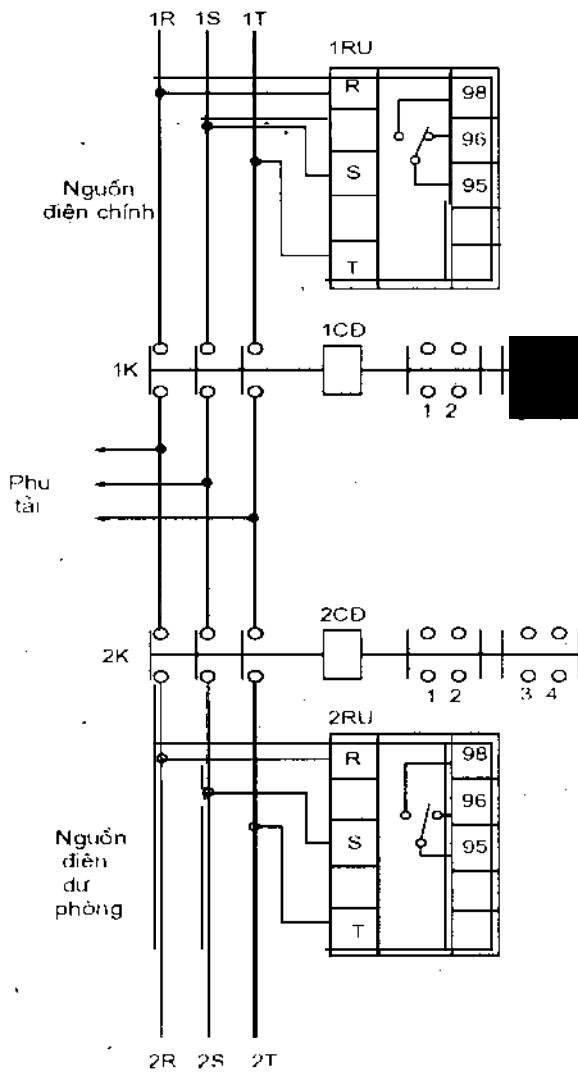
Nếu nguồn điện chính có điện trở lại, 1RU đóng tiếp điểm 1RU ; ở thời điểm này 2K đóng, nên 2K<sub>1</sub> đóng, 1RT có điện, sau 1 thời gian 1RT đóng tiếp điểm 1RT, 1RG có điện, mở 1RG ra, 2CD mất điện cắt công tắc tơ 2K ra, tiếp điểm 2K<sub>4</sub> đóng lại (tiếp điểm 2K<sub>4</sub> là tiếp điểm khóa không cho 1K đóng khi 2K ở vị trí đóng), đồng thời 2RT có điện, sau 1 thời gian chỉnh định sao cho thời gian làm việc của 2RT phải lớn hơn thời gian làm việc của 1RT cộng với thời gian cắt của 2K, 2RT sẽ đóng tiếp điểm 2RT, 2RG có điện, đóng tiếp điểm 2RG, 1CD có điện, đóng 1K, xí nghiệp trở lại làm việc ở nguồn điện chính.

Nếu muốn nguồn dự phòng làm việc như nguồn điện chính, chỉ cần đặt thêm 1 rơ le thời gian ở 2RU. Khóa mạch cắt 1RU, khi nguồn dự phòng mất điện, mạch khóa được giải trừ, mạch đóng 1RU sẽ làm việc điều khiển đóng 1K.



**Hình 8-15.** Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển tự động chuyển đổi nguồn điện.

1RU, 2RU: Rơ le điện áp điện tử ; 1RT, 2RT, 3RT: Rơ le thời gian ; 1RG, 2RG, 3RG: Rơ le trung gian ;  
 1K<sub>1</sub>, 1K<sub>2</sub>, 1K<sub>3</sub>, 1K<sub>4</sub>: Tiếp điểm phụ công tắc tơ 1K ; 2K<sub>1</sub>, 2K<sub>2</sub>, 2K<sub>3</sub>, 2K<sub>4</sub>: Tiếp điểm phụ công tắc tơ 2K ;  
 1CD: cuộn dây đóng công tắc tơ 1K ; 2CD: cuộn dây đóng công tắc tơ 2K ; 1NC, 2NC: Nút cắt bằng tay ;  
 1ND, 2ND: Nút đóng bằng tay.



**Hình 8.16.** Sơ đồ nối dây mạch điện chính chuyển đổi nguồn điện

1K : công tắc tơ nguồn điện chính ; 2K : công tắc tơ nguồn điện dự phòng

**8.4.4. Tự động đóng nguồn điện dự phòng diêzen**

Một số xí nghiệp do yêu cầu sản xuất không cho phép mất điện quá lâu. Ví dụ như xí nghiệp bánh kẹo, nếu mất điện quá 3 phút, dây chuyền nướng bánh sẽ bị cháy toàn bộ mẻ bánh trong lò, gây thiệt hại về kinh tế. Có một số trường hợp do không có quạt gió, khí CO phát sinh nhiều có thể dẫn đến nổ lò nướng bánh, gây hư hại nghiêm trọng. Xí nghiệp gạch dùng lò tuy nện, nếu mất điện các con lăn không chuyển động sẽ bị hỏng. Xí nghiệp rượu nếu mất điện quá lâu, các máy rung ngừng làm việc, quá trình lên men kém, ảnh hưởng đến chất lượng và sản lượng rượu.

Do những đòi hỏi trên, việc tự động hóa nguồn điện dự phòng diesel là yêu cầu cần thiết.

**a) Những yêu cầu khi thực hiện tự động hóa nguồn điện diesel:**

- Khi điện lưới bị mất với bất kì lí do gì, phải khởi động diesel ;
- Khi có điện lưới trở lại phải tự động dừng ngay diesel ;
- Khi mất điện lưới với thời gian dài, xét thấy vận hành nguồn điện diesel không kinh tế, sau khi nguồn điện diesel giải quyết xong một nhiệm vụ nào đó, tự động ngừng diesel.

**b) Để đảm bảo an toàn cho diesel và máy phát điện cần phải tuân theo các yêu cầu sau :**

- Diesel chỉ khởi động 1 lần đến 2 lần cho mỗi lần mất điện lưới. Nếu khởi động lần thứ nhất không thành công, sẽ khởi động lần thứ 2, sau lần khởi động thứ hai không thành công, dừng ngay việc khởi động diesel.

- Khi có dao động điện áp lưới, hoặc điện áp lưới chập chờn (có điện, rồi lại mất điện, sau lại có điện), trong trường hợp này phải có thiết bị ngăn ngừa diesel khởi động nhiều lần liên tiếp, có hại cho diesel.

- Khi mất áp lực dầu bôi trơn, mất áp lực nước làm mát, nhiệt độ dầu bôi trơn, nhiệt độ nước làm mát quá giới hạn cho phép, phải dừng diesel.

- Các diesel là động cơ hai kì, nên có bánh đà, từ khi có tín hiệu ngừng diesel, thường sau một khoảng thời gian do quán tính diesel mới dừng hẳn. Trong thời gian diesel chưa đứng yên, mà phát tín hiệu khởi động, bộ ly hợp bánh răng khởi động sẽ lao vào làm vỡ bánh răng ở bánh đà, phá hỏng bộ phận khởi động. Vì vậy chỉ được khởi động, khi diesel đã dừng hẳn.

- Sau khi diesel đạt tốc độ định mức, điện áp máy phát không thành lập được hoặc không đạt điện áp tối thiểu, cũng dừng diesel.

- Khi điện áp máy phát đạt giá trị định mức, liền sau đó cho tín hiệu chạy bơm dầu bôi trơn, bơm nước làm mát, quạt gió nếu có.

Dưới đây là các sơ đồ mạch điện cơ bản thực hiện tự động hóa nguồn dự phòng diesel, thỏa mãn các yêu cầu trên (hình 8-17).

*Sự làm việc của sơ đồ như sau :* Rơ le 1RU kiểm tra điện áp lưới, khi điện áp lưới mất 1RU mở tiếp điểm, bộ PLC (Logo) thay đổi trạng thái cho tín hiệu  $Q_4$  khởi động diesel. Nếu khởi động thứ nhất không thành công, sau 30s, bộ PLC cho tín hiệu lần thứ hai, nếu khởi động lần thứ hai không thành công, PLC cho tín hiệu dừng hẳn.

Nếu diesel khởi động thành công, điện áp máy phát được thành lập, rơ le 2RU kiểm tra điện áp máy phát sẽ đóng tiếp điểm, PLC cho tín hiệu  $Q_2$  đóng công tắc tơ 2K, hệ tiêu thụ được cấp điện.

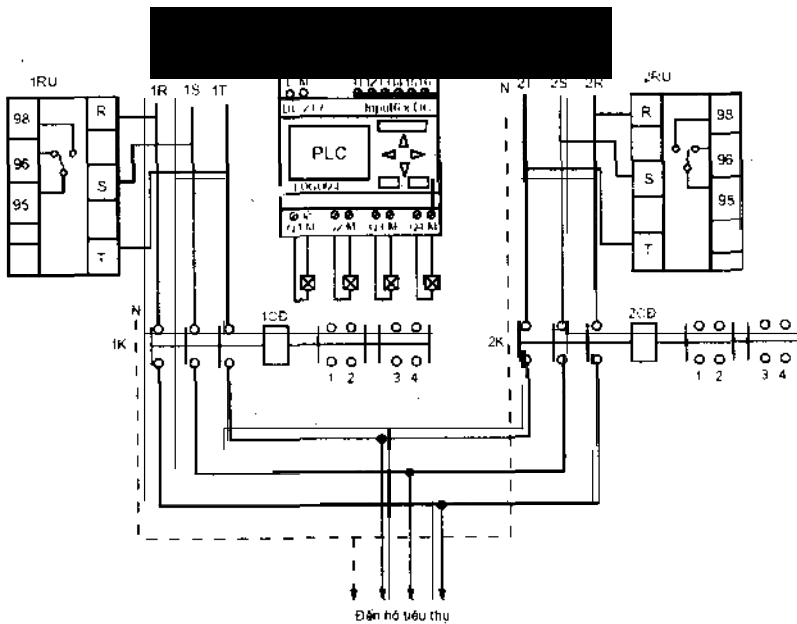
Nếu điện áp lưới có trở lại, 1RU đóng tiếp điểm, PLC thay đổi trạng thái cho tín hiệu Q<sub>3</sub> tới rơ le trung gian 2RG, để cắt chắc chắn, 2RG có tiếp điểm tự giữ và cho tín hiệu đóng 2RG<sub>2</sub> dùng diêzen và mở 2RG<sub>3</sub>, công tắc tơ 2K mất điện, cắt nguồn điện diêzen. Đồng thời PLC cho tín hiệu Q<sub>1</sub> đóng công tắc tơ 1K, hộ tiêu thụ sử dụng điện áp lưới.

Thời gian đặt của rơ le thời gian 1RT là 20s đảm bảo cho diêzen khởi động thành công.

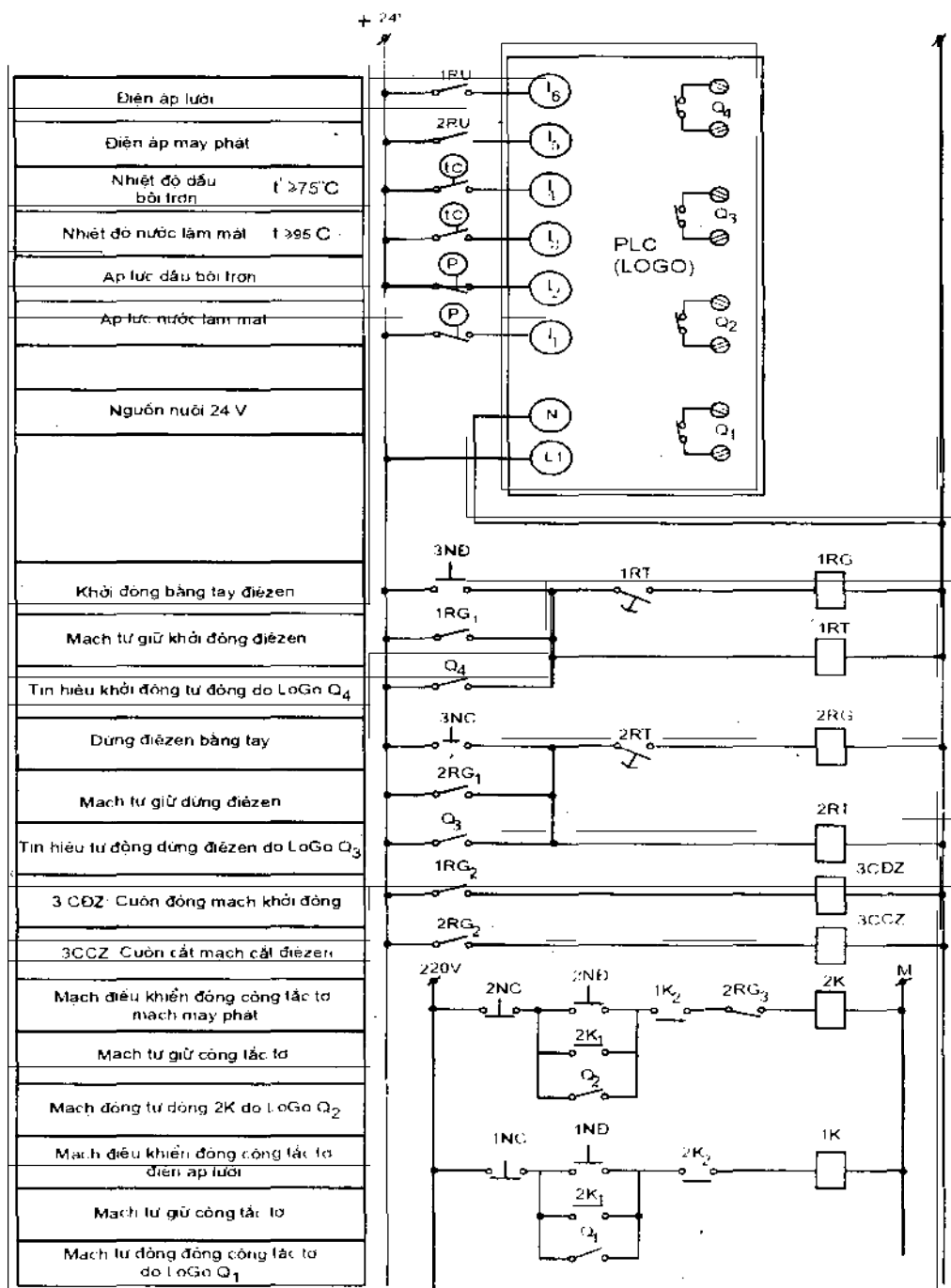
Thời gian đặt của rơ le 2RT khoảng 30s đảm bảo cho diêzen dừng hẳn, chuẩn bị cho khởi động lần sau.

Do nguyên nhân nào đó như nhiệt độ dầu bôi trơn, nhiệt độ nước làm mát cao quá cho phép hoặc mất áp lực dầu bôi trơn, áp lực nước làm mát, các cảm biến này sẽ đóng tiếp điểm PLC cho tín hiệu Q<sub>3</sub> cài đặt không thời gian dùng diêzen và khóa không cho diêzen khởi động. Sau khi nhân viên vận hành kiểm tra khắc phục hư hỏng, giải trừ mở khóa bằng cách ngắt điện vào PLC, và mạch điện chuẩn bị sẵn sàng làm việc.

Sơ đồ sử dụng PLC (Logo) có 6 đầu vào và 4 đầu ra, điện áp làm việc 24 vôn một chiều, đáp ứng được các yêu cầu đặt ra khi chuyển đổi nguồn điện. Trên mặt Logo có 4 phím và màn hình, ta có thể lập trình trên bàn phím theo yêu cầu đặt ra giữa nguồn điện lưới và nguồn điện diêzen.



Hình 8-17. Sơ đồ mạch điện chuyển đổi điện áp lưới và nguồn điện diêzen.



Hình 8.18. Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển tự động chuyển đổi điện áp lưới và nguồn điện diesel.



### 8.4.5. Tự động điều chỉnh dung lượng bù cosφ

Các xí nghiệp công nghiệp, sử dụng nhiều động cơ điện, máy hàn điện và các thiết bị có cuộn dây lõi thép khác, đều làm cho cosφ thấp, đặc biệt vận hành các thiết bị non tải lại càng làm cho cosφ xấu hơn. Để nâng cao hệ số công suất cosφ cho xí nghiệp, trước hết dùng các biện pháp bù tự nhiên ít tốn kém. Nếu biện pháp này không đạt trị số cosφ mong muốn, phải tiến hành tính toán bù công suất phản kháng cho xí nghiệp.

Do yếu tố sản xuất, phụ tải xí nghiệp thay đổi liên tục, do đó cosφ cũng thay đổi bất thường, để đáp ứng được sự thay đổi này, cần phải tự động hóa quá trình bù mới đạt hiệu quả kinh tế cao.

Việc bù công suất phản kháng dùng tụ bù có ưu điểm, giá thành mua thiết bị và lắp đặt cho 1kVAr, cũng như chi phí vận hành giảm nhiều so với các thiết bị bù khác.

Nhược điểm dùng tụ điện là việc thay đổi công suất phản kháng không được bằng phẳng, do đó thường chia nhỏ số tụ điện cần bù, sau đó lần lượt đóng vào lưới điện để đạt được cosφ mong muốn. Khi chia nhỏ số tụ, dẫn đến phức tạp, làm tăng giá thành lắp đặt. Tùy theo công suất phản kháng cần bù, có thể chia số tụ thành 3 nhóm, 6 nhóm, 9 nhóm, 12 nhóm, sau đó lần lượt đóng từng nhóm tụ vào lưới điện. Khi cosφ cao hơn yêu cầu, sẽ cắt bớt từng nhóm tụ đã đóng vào trước đó. Quá trình đóng cắt diễn ra hoàn toàn tự động.

*Ví dụ 8-2.* Xác định dung lượng bù và tự động hóa quá trình bù tại thanh cái hạ áp của trạm biến áp xí nghiệp có công suất tổng :

$$S = 355 + j448 \text{ kVA}$$

Cần nâng cao hệ số công suất  $\cos\varphi_1 = 0,62$  lên  $\cos\varphi_2 = 0,95$ .

Kết quả tính toán như sau :

Tổng dung lượng bù của xí nghiệp :

$$Q_b = P (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2) = 355 (1,26 - 0,33) = 330 \text{ kVAr}$$

Chọn bộ điều khiển tự động hệ số công suất cosφ S – 6Q của Nhật. Đặc điểm của S – 6Q như sau :

a) Có thể tự động điều khiển theo 6 bước.

b) Kích thước nhỏ, độ tin cậy cao, nhờ có bộ vi xử lý.

c) Thời gian đóng bộ tụ (45 giây, 3 phút, 9 phút) có thể lựa chọn ; thời gian đóng phụ thuộc vào thời gian phóng của bộ tụ điện. Nếu đóng sớm quá, tụ điện chưa phóng hết, đóng điện áp vào ngay, sẽ làm quá điện áp trên tụ điện, sẽ ảnh hưởng xấu đến tụ điện, thiết bị đóng cắt và bộ điều khiển.

d) Chuyển mạch tự động theo tần số (50Hz, 60Hz)

e) Có hai chế độ đóng cắt

- Chế độ đóng cắt trình tự: đóng từ 1 đến 6, cắt từ 6 đến 1.

- Chế độ vòng tròn: đóng  $C_1$ ; cắt  $C_1$  đóng  $C_2$ ; đóng  $C_1$ ; cắt  $C_1$  đóng  $C_3$ ; đóng  $C_1$ ; cắt  $C_1$  đóng  $C_4$ ; đóng  $C_1$ ; cắt  $C_1$  đóng  $C_5$ ; đóng  $C_1$ ; cắt  $C_1$  đóng  $C_6$ ; đóng  $C_1$ . Cả 6 bộ tụ được đóng. Nếu  $\cos\phi$  cao hơn giá trị đặt, các bộ tụ sẽ lần lượt được cắt ra theo trình tự như đã đóng vào.

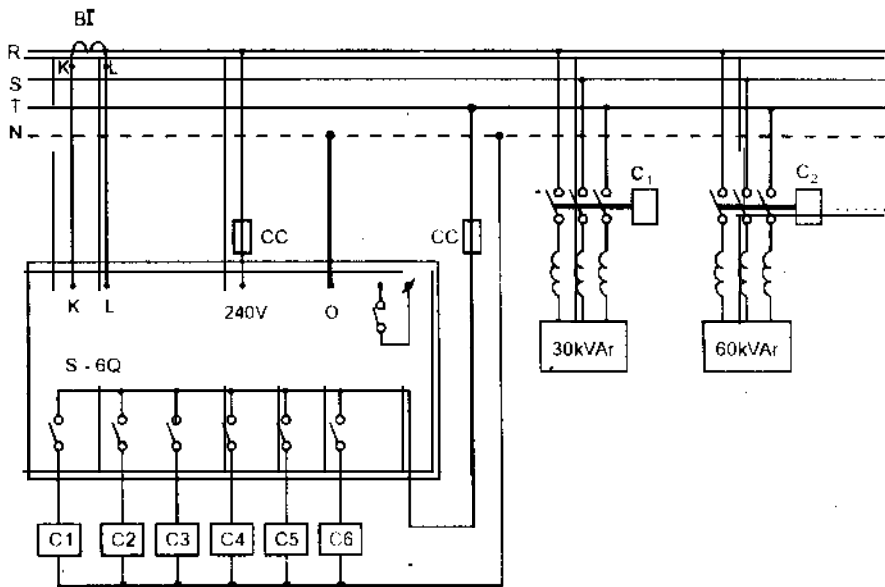
g) Có thể đóng cắt bộ tụ bằng tay

h) Trong quá trình vận hành, màn hình luôn luôn hiện lên hệ số công suất  $\cos\phi$ .

i) Tỷ lệ nhóm tụ, tham số đưa vào quy định tỷ lệ với điện dung của các tụ điện được điều khiển, các nhóm tụ có thể có các tỷ lệ sau:

1 : 2 : 2 : 2 : 2 : 2 ; 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 ; 1 : 2 : 4 : 8 : 8 : 8 các tụ được nối với đầu ra từ  $C_1$  đến  $C_6$  của S-6Q.

Từ kết quả tính tổng dung lượng bù của xí nghiệp:  $Q_b = 330\text{kVAr}$ , chọn tỉ lệ nhóm tụ 1 : 2 : 2 : 2 : 2 : 2. Vậy nhóm tụ  $C_1 = 30\text{kVAr}$ ,  $C_2 = C_3 = C_4 = C_5 = C_6 = 60\text{kVAr}$ . Sơ đồ nối dây mạch tự động bù tại thanh cái hạ áp của xí nghiệp (hình 8-19).



Hình 8-19. Sơ đồ mạch điều khiển tự động dung lượng bù hệ số công suất  $\cos\phi$ .

Thủ tục cài đặt S-6Q như sau :

- Ấn phím AUTO/MAN đèn MANUAL sẽ sáng.
- Ấn phím MODE đèn PROGRAM sẽ sáng và tất cả các đầu ra của rơ le từ C<sub>1</sub> đến C<sub>6</sub> mở. Bộ điều khiển sẵn sàng cho việc lập trình.
- Ấn phím MODE tiếp để lựa chọn tham số. Tham số sẽ hiện trên màn hình. Ấn phím "+" hoặc "-" để lựa chọn tham số phù hợp. Sau khi lựa chọn xong 1 tham số, tiếp tục ấn phím MODE tham số khác sẽ xuất hiện trên màn hình. Kết quả tham số lựa chọn sau mỗi lần ấn phím MODE sẽ xuất hiện các tham số theo trình tự sau:
  - A1 : lưới điện 3 pha 4 dây
  - b2 : thời gian đóng trễ 3 phút
  - C6 : sáu bước
  - d2 : chu trình đóng kiểu vòng tròn
  - E2 : tỉ lệ nhóm tụ 1: 2: 2: 2: 2: 2
  - F1: 0,95 chỉ số công suất tối đa mà trên đó bộ điều khiển sẽ cho tín hiệu cắt bộ tụ.
  - G1 : phương thức điều khiển tự động
  - 80 : 0,80 cảm kháng (log) đèn IND sáng
  - 0,27 : giá trị tỉ số C/K.

Trị số C/K được tính như sau:

$$C/K = \frac{C.1000}{n.U.\sqrt{3}} \quad (8-11)$$

Trong đó : C là trị số kVAr điện dung bộ tụ C<sub>1</sub>  
n : tỉ số biến đổi của máy biến dòng BI  
U: điện áp dây

Thay giá trị bằng số ta có:

$$C/K = \frac{30.1000}{160.400.\sqrt{3}} = 0,27$$

Cài đặt giá trị 0,27 vào chương trình.

k) Để hoàn thiện chương trình, ấn phím AUTO/MAN số liệu đã nạp sẽ lưu giữ trong bộ nhớ cho hoạt động tự động.

l) Nếu màn hình hiện chữ "Lo" dòng điện đầu vào nhỏ hơn 80mA, bộ tự động không làm việc.

m) Nếu màn hình hiện chữ “Er”, có thể đầu nhám đầu dây dòng điện đầu vào K, L hoặc không đúng pha cùng với máy biến dòng BI. Kiểm tra lại đầu dây, sửa lại cho đúng.

### **CÂU HỎI ÔN TẬP**

1. Các phương pháp tính toán dây chảy của bảo vệ bằng cầu chì cho mạng điện dân dụng .
2. Các phương pháp tính toán bảo vệ quá dòng cho mạng điện công nghiệp .
3. Tính các bảo vệ quá dòng cho máy biến áp .
4. Nguyên tắc làm việc của các mạch điều khiển tự động chuyển đổi nguồn điện .
5. Nguyên tắc làm việc mạch điều khiển tự động bù công suất phản kháng .

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Trọng Quế  
Kĩ thuật đo lường DHBK – HN – 1987
2. Phạm Thượng Hàn và nhóm tác giả  
Kĩ thuật đo lường các đại lượng vật lí NXB Giáo dục – HN – 1997
3. Vũ Gia Hạnh (Chủ biên) và nhóm tác giả  
Máy điện, tập 1 NXB KHKT – HN – 2001
4. Nguyễn Đức Sỹ  
Sửa chữa máy điện và máy biến áp NXB Giáo dục – HN – 2000
5. Trịnh Hùng Thám và nhóm tác giả  
Nhà máy điện và trạm biến áp NXB KHKT – HN – 1996
6. Nguyễn Hồng Thái – Vũ Văn Tắm  
Rơ le số – Lí thuyết và ứng dụng NXB Giáo dục – HN – 2001
7. Ngô Hồng Quang – Vũ Văn Tắm  
Thiết kế cấp điện NXB KHKT – HN – 1998
8. Nguyễn Đức Lợi – Phạm Văn Tuyền  
Tủ lạnh - Máy kem - Máy đá -  
Máy điều hòa nhiệt độ NXB KHKT – HN – 1996
9. Nguyễn Đức Lợi – Phạm Văn Tuyền  
Máy và thiết bị lạnh NXB Giáo dục – HN – 1999
10. Nguyễn Đức Lợi  
Tự động hóa hệ thống lạnh NXB Giáo dục – HN – 2000
11. Châu Ngọc Thanh  
Kĩ thuật điện lạnh NXB Trẻ – TP.HCM – 1999
12. Ngọc Minh  
Sử dụng – Sửa chữa tủ lạnh và Máy lạnh.  
NXB DH Quốc gia TP.HCM – 2000
13. Vũ Quang Hồi và nhóm tác giả  
Trang bị điện - Điện tử NXB Giáo dục – HN – 1996
14. Bùi Văn Yên  
Sửa chữa đồ điện gia dụng NXB Hải Phòng – 1996
15. Е.Н. Зимиин  
Защита Асинхронных Электродвигателей Напряжением до 500в  
Госэнергонизгат – Москва – 1962
16. A.R. Warrington  
Protective Relays. Their Theory an practice London Chapman & Hall 1962.

## MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
<i>Lời giới thiệu</i>	3
<i>Mở đầu</i>	4
<b>CHƯƠNG 1. Sử dụng và sửa chữa những hư hỏng của dụng cụ đo điện (14 tiết)</b>	<b>5</b>
1.1. Mở đầu và các đặc tính cơ bản của dụng cụ đo	5
1.2. Cơ cấu đo từ điện. Những ứng dụng và cách khắc phục những hư hỏng	6
1.3. Cơ cấu đo điện từ. Ứng dụng của cơ cấu đo điện từ. Những nguyên nhân hư hỏng và cách khắc phục	16
1.4. Cơ cấu đo điện động. Ứng dụng của cơ cấu đo điện động. Những nguyên nhân hư hỏng và cách khắc phục	21
1.5. Cơ cấu cảm ứng. Ứng dụng của cơ cấu cảm ứng. Những nguyên nhân hư hỏng và cách khắc phục	26
Câu hỏi ôn tập	36
<b>CHƯƠNG 2. Máy điện (12 tiết)</b>	<b>37</b>
2.1. Mở đầu	37
2.2. Máy biến áp	38
2.3. Động cơ điện không đồng bộ	46
2.4. Máy điện đồng bộ	51
2.5. Động cơ xoay chiều có cổ góp	55
2.6. Động cơ điện một chiều	58
2.7. Các dạng hư hỏng của động cơ điện và cách khắc phục	59
Câu hỏi ôn tập	61
<b>CHƯƠNG 3. Bảo vệ máy điện (10 tiết)</b>	<b>62</b>
3.1. Khái niệm chung	62
3.2. Những hư hỏng và tình trạng làm việc không bình thường của động cơ điện	63
3.3. Bảo vệ máy điện dùng cầu chì	63
3.4. Bảo vệ máy điện dùng áp tô mát	67
3.5. Bảo vệ quá tải cho máy điện (dùng rơ le nhiệt)	69
3.6. Bảo vệ động cơ điện dùng rơ le điện từ	72
3.7. Bảo vệ điện áp cực tiểu	75
Câu hỏi ôn tập	76

<b>CHƯƠNG 4. Máy lạnh (12 tiết)</b>	77
4.1. Khái niệm chung và phân loại	77
4.2. Tủ lạnh gia đình	79
4.3. Máy điều hoà nhiệt độ	102
Câu hỏi ôn tập	107
<b>CHƯƠNG 5. Tự động hoá hệ thống lạnh (8 tiết)</b>	108
5.1. Khái niệm chung	108
5.2. Yêu cầu và nhiệm vụ	108
5.3. Các chức năng về tự động hoá hệ thống lạnh	109
5.4. Tự động hoá máy nén lạnh	116
5.5. Tự động hoá thiết bị ngưng tụ	122
5.6. Phạm vi ứng dụng. Những nguyên nhân hư hỏng và cách khắc phục	124
Câu hỏi ôn tập	125
<b>CHƯƠNG 6. Thiết bị gia nhiệt, sử dụng và sửa chữa     những hư hỏng thường gặp (10 tiết)</b>	126
6.1. Khái niệm chung	126
6.2. Lò điện trở	126
6.3. Lò hồ quang	135
6.4. Lò cảm ứng	140
6.5. Một số thiết bị gia nhiệt dùng trong sinh hoạt	145
Câu hỏi ôn tập	148
<b>CHƯƠNG 7. Khởi động động cơ điện.     Một số mạch điều khiển động cơ điện thường gặp (12 tiết)</b>	149
7.1. Khái niệm chung	149
7.2. Các phương pháp mở máy động cơ điện 3 pha	149
7.3. Các phương pháp mở máy động cơ điện một pha	161
7.4. Một số mạch điều khiển động cơ thông dụng	164
Câu hỏi ôn tập	171
<b>CHƯƠNG 8. Những mạch bảo vệ và tự động hoá trong dân dụng     và công nghiệp (12 tiết)</b>	172
8.1. Khái niệm chung	172
8.2. Bảo vệ mạng điện dân dụng	172
8.3. Bảo vệ lưới điện công nghiệp	174
8.4. Một số mạch tự động trong sinh hoạt và trong công nghiệp	186
Câu hỏi ôn tập	196
<i>Tài liệu tham khảo</i>	197
<i>Mục lục</i>	198

*Chịu trách nhiệm xuất bản :*

Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc **NGÔ TRẦN ÁI**  
Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập **VŨ DƯƠNG THUY**

*Biên tập tái bản :*

**TRẦN NGỌC KHÁNH**

*Trình bày bìa :*

**XUÂN TÙNG - TRIỆU THẾ VIỆT**

*Sửa bản in :*

**NGUYỄN THU HẰNG**

*Chế bản :*

**BÙI MINH HIỂN**

---

## **GIÁO TRÌNH ĐIỆN DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP**

In 1.500 cuốn, khổ 16 x 24 cm. Tại **CÔNG TI IN VÀ BAO BÌ HÙNG PHÚ** – Q.8, Tp.Hồ Chí Minh. Số đăng ký kế hoạch xuất bản : 153 / CXB – 28 cấp ngày 04/02/2005. In xong và nộp lưu chiểu tháng 04 – 2005.

**Mã số : 7K 560 T5 – KHO**



INTERNATIONAL  
GOLD STAR  
FOR QUALITY

**TÌM ĐỌC GIÁO TRÌNH DÙNG CHO CÁC TRƯỜNG ĐÀO TẠO HỆ  
TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP CỦA NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC**

- |                                              |                                   |
|----------------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. An toàn điện                              | Nguyễn Đình Thắng                 |
| 2. Kỹ thuật điện                             | Đặng Văn Đào                      |
| 3. Máy điện                                  | Nguyễn Hồng Thanh                 |
| 4. Kỹ thuật lắp đặt điện                     | Phan Đăng Khải                    |
| 5. Điện dân dụng và công nghiệp              | Vũ Văn Tầm                        |
| 6. Cung cấp điện                             | Ngô Hồng Quang                    |
| 7. Đo lường các đại lượng điện và không điện | Nguyễn Văn Hoà                    |
| 8. Kỹ thuật điều khiển động cơ điện          | Vũ Quang Hối                      |
| 9. Điện tử công suất                         | Trần Trọng Minh                   |
| 10. Linh kiện điện tử và ứng dụng            | Nguyễn Viết Nguyên                |
| 11. Điện tử dân dụng                         | Nguyễn Thanh Trà, Thái Vĩnh Hiến  |
| 12. Kỹ thuật số                              | Nguyễn Viết Nguyên                |
| 13. Kỹ thuật mạch điện tử                    | Đặng Văn Chuyết                   |
| 14. Cơ kỹ thuật                              | Đỗ Sanh                           |
| 15. An toàn lao động                         | Nguyễn Thế Đạt                    |
| 16. Vẽ kỹ thuật                              | Trần Hữu Quế                      |
| 17. Vật liệu và công nghệ cơ khí             | Hoàng Tùng                        |
| 18. Dung sai lắp ghép và kỹ thuật đo lường   | Ninh Đức Tồn, Nguyễn Thị Xuân Bầy |
| 19. Kỹ thuật sửa chữa ô tô, máy nổ           | Nguyễn Tất Tiến, Đỗ Xuân Kinh     |
| 20. Công nghệ hàn (lý thuyết và ứng dụng)    | Nguyễn Thúc Hà                    |
| 21. Cơ sở kỹ thuật cắt gọt kim loại          | Nguyễn Tiến Lương                 |

*Bạn đọc có thể tìm mua tại các Công ti sách - Thiết bị trường học ở địa phương hoặc các Cửa hàng sách của Nhà xuất bản Giáo dục:*

**81 Trần Hưng Đạo, 57 Giảng Võ, 23 Tràng Tiền. 25 Hàn Thuyên, 210, 237 Tây Sơn - TP. Hà Nội; 15 Nguyễn Chí**

**231 Nguyễn Văn Cừ - Quận 5 - TP. Hồ Chí Minh.**

giáo trình điện dân dụng và công nghiệp



154

**Giá: 16.400 đ**