

BÀI GIẢNG **MÔN HỌC : KHÍ CỤ ĐIỆN .**

CHUYÊN NGÀNH : ĐIỆN TÀU THỦY - ĐIỆN TỰ ĐỘNG CN.

Mở đầu

I.Giới thiệu môn học:

1.Mục đích, yêu cầu:

Trình bày những cơ sở lý thuyết các khí cụ điện, giới thiệu cấu tạo, nguyên lý làm việc, những đặc tính cơ bản của các khí cụ điện thông dụng đã và đang được sử dụng trong các hệ thống điện tàu thủy nói riêng và trong công nghiệp nói chung .

Học sinh sau khi kết thúc môn học nắm được những kiến thức cơ bản về khí cụ điện, có khả năng tính toán lựa chọn, sử dụng, bảo dưỡng và sửa chữa các khí cụ điện .

2. Nội dung chương trình:

Toàn bộ chương trình được chia làm 2 phần lớn:

+ Phần I: Trình bày những cơ sở lý thuyết của các khí cụ điện . Đây là phần quan trọng nhất của chương trình . Toàn bộ các lý thuyết này là cơ sở để xây dựng, tính toán thiết kế các khí cụ điện sẽ được đề cập đến ở phần sau .

+ Phần II: Trình bày nguyên lý cấu tạo, hoạt động của các khí cụ điện hạ áp – là các khí cụ thường gặp nhất trên tàu thủy và trong các ngành công nghiệp .Trình bày sơ lược kết cấu và nguyên lý hoạt động của các khí cụ cao áp; Mặc dù trên tàu thủy rất ít gặp các khí cụ loại này, song với mong muốn trang bị cho các kỹ sư điện kiến thức tổng thể về một loại thiết bị điện rất phổ biến trong các hệ thống điện năng và vì vậy những lý thuyết về loại khí cụ này là rất cần thiết. Trình bày những nguyên lý lắp đặt, kiểm tra bảo dưỡng, sửa chữa và hiệu chỉnh các khí cụ điện .

II.Tài liệu tham khảo:

1.Khí cụ điện . NXBKHK 2004 . Phạm văn Chới – Bùi tín Hữu – Nguyễn tiến Tôn

2. Khí cụ điện – Lý thuyết kết cấu, tính toán lựa chọn và sử dụng. NXB KHK. 2001. Tô Đăng – Nguyễn Xuân Phú

3. Các tài liệu của các hãng có thể sưu tầm được .

Phần I: LÝ THUYẾT CƠ SỞ KHÍ CỤ ĐIỆN

Chương 1: KHÁI NIỆM CHUNG VỀ KHÍ CỤ ĐIỆN .

1.1. Khái niệm, phân loại .

1.1.1. Khái niệm:

Khí cụ điện (KCĐ) là những thiết bị dùng để đóng ngắt, điều khiển, kiểm tra, tự động điều chỉnh, khống chế các đối tượng điện cũng như không điện và bảo vệ chúng trong các trường hợp sự cố.

Khí cụ điện có nhiều chủng loại với chức năng, nguyên lý làm việc và kích thước khác nhau, được dùng rộng rãi trong mọi lĩnh vực của cuộc sống .

1.1.2. Phân loại:

Khí cụ điện thường được phân loại theo chức năng, theo nguyên lý và môi trường làm việc, theo điện áp .

a. Theo chức năng KCĐ được chia thành những nhóm chính như sau:

- 1) Nhóm khí cụ đóng cắt: Chức năng chính của nhóm KC này là đóng cắt bằng tay hoặc tự động các mạch điện . Thuộc về nhóm này có: Cầu dao , aptômát, máy cắt, dao cách ly, các bộ chuyển đổi nguồn ...
- 2) Nhóm KC hạn chế dòng điện, điện áp: Chức năng của nhóm này là hạn chế dòng điện, điện áp trong mạch không quá cao . Thuộc về nhóm này gồm có: Kháng điện, van chống sét ...
- 3) Nhóm KC khởi động, điều khiển: Nhóm này gồm các bộ khởi động, khống chế, công tắc tơ, khởi động từ ...
- 4) Nhóm KC kiểm tra theo dõi: Nhóm này có chức năng kiểm tra, theo dõi sự làm việc của các đối tượng và biến đổi các tín hiệu không điện thành tín hiệu điện . Thuộc nhóm này : Các role, các bộ cảm biến ...
- 5) Nhóm KC tự động Đ/C , khống chế duy trì chế độ làm việc, các tham số của đối tượng như : Các bộ ổn định điện áp, ổn định tốc độ, ổn định nhiệt độ ...
- 6) Nhóm KC biến đổi dòng điện , điện áp cho các dụng cụ đo: Các máy biến áp đo lường, biến dòng đo lường ...

b. Theo nguyên lý làm việc KCĐ được chia thành:

- 1) KCĐ làm việc theo nguyên lý điện từ .
- 2) KCĐ làm việc theo nguyên lý cảm ứng nhiệt .
- 3) KCĐ có tiếp điểm .
- 4) KCĐ không có tiếp điểm .

c. Theo nguồn điện KCĐ được chia thành :

- 1) KCĐ một chiều .
- 2) KCĐ xoay chiều .
- 3) KCĐ hạ áp (Có điện áp $< 1000 \text{ V}$) .
- 4) KCĐ cao áp (Có điện áp $> 1000 \text{ V}$).

d. Theo điều kiện môi trường, điều kiện bảo vệ KCĐ được chia thành:

- 1) KCĐ làm việc trong nhà, KCĐ làm việc ngoài trời .
- 2) KCĐ làm việc trong môi trường dễ cháy, dễ nổ .
- 3) KCĐ có vỏ kín, vỏ hở, vỏ bảo vệ ...

1.2. Yêu cầu cơ bản đối với khí cụ điện .

1.2.1. Những yêu cầu cơ bản đối với KCD:

Các KCD cần thoả mãn các yêu cầu sau:

- Phải đảm bảo làm việc lâu dài với các thông số kỹ thuật định mức . Nói một cách khác nếu dòng điện qua các phần dẫn điện không vượt quá giá trị cho phép thì thời gian lâu bao nhiêu cũng được mà không gây hư hỏng cho KC.
- KCD phải có khả năng ổn định nhiệt và ổn định điện động . Vật liệu phải có khả năng chịu nóng tốt và cường độ cơ khí cao vì khi xảy ra ngắn mạch hoặc quá tải dòng điện lớn có thể gây hư hỏng cho khí cụ .
- Vật liệu cách điện phải tốt để khi xảy ra quá áp trong phạm vi cho phép cách điện không bị chọc thủng .
- KCD phải đảm bảo làm việc chính xác an toàn, xong phải gọn nhẹ, rẻ tiền, dễ gia công lắp đặt, kiểm tra sửa chữa .
- Ngoài ra KCD phải làm việc ổn định ở các điều kiện khí hậu, môi trường khác nhau.

1.2.2. Những yêu cầu cơ bản đối với các KCD tàu thủy:

Trên tàu thủy do điều kiện làm việc rất khác so với trên bờ, các KCD phải có khả năng làm việc ổn định trong những điều kiện khắc nghiệt do đó cần phải thoả mãn các yêu cầu sau:

- Chịu được sự rung lắc với biên độ cực đại lên tới 0, 5 mm và tần số tới 35 Hz.
- Điện áp dao động trong khoảng 80% - 110%. U_{dm} .
- Môi trường có hơi nước, độ ẩm cao, có thể có hơi dầu, hơi muối .
- Dải nhiệt độ thay đổi trong phạm vi rộng từ $- 50^{\circ}\text{C}$ đến $+ 50^{\circ}\text{C}$.
- Số lần đóng cắt lớn có thể lên đến 300 lần / giờ.

Chương 2: CƠ CẤU ĐIỆN TỪ VÀ NAM CHÂM ĐIỆN

2.1. Khái niệm chung .

2.1.1. Khái niệm :

Nam châm điện là một loại cơ cấu điện từ biến đổi điện năng thành cơ năng trong các khí cụ điện, nó được sử dụng rất rộng rãi trong các rơle điện từ, công tắc tơ, thiết bị đóng cắt, thiết bị bảo vệ ...

Hình dáng và kết cấu của nam châm điện rất đa dạng, tùy thuộc vào chức năng và mục đích sử dụng . NCD có hai bộ phận chính là mạch từ (phần từ) và cuộn dây (phần điện) . Nếu cuộn dây được mắc nối tiếp với phụ tải ta có cuộn dòng điện, nếu cuộn dây được mắc song song với phụ tải ta có cuộn điện áp .

Hình 2-1

2.1.2. Mạch từ và các định luật về mạch từ:

Tùy thuộc vào dòng điện chạy trong cuộn dây ta có nam châm điện xoay chiều hay một chiều. Nam châm điện xoay chiều có mạch từ được ghép từ các lá thép KTĐ mỏng, cách điện lẫn nhau để giảm tổn hao. Nam châm điện một chiều, mạch từ có cấu tạo dạng khối. Các tham số cơ bản của mạch từ bao gồm:

- Sức từ động (S.T.ĐS) $F = i \cdot w$ [ampe-vòng], được tính theo trị biên độ hoặc trị hiệu dụng.

- Từ thông Φ_m [Wb] - Trị biên độ.

- Từ cảm (Mật độ từ thông) $B_m = \frac{\Phi_m}{S}$ [T = Wb/m²]; Trong đó: S [m²] là tiết diện của ống từ.

- Cường độ từ trường $H = \frac{F}{l}$ [A/m]; Trong đó l [m] là chiều dài mạch từ.

- Hệ số từ thẩm vật liệu từ: $\mu = \frac{B}{H}$ [H/m]; Với không khí (Chân không)

$$\mu = \mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ [H/ m].}$$

- Từ trở của mạch từ: $R_\mu = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{l}{S}$ [H⁻¹].

- Từ dẫn của mạch từ (Nghịch đảo với từ trở) : $G = \frac{1}{R_\mu} = \mu \cdot \frac{S}{l}$ [H].

Các định luật mạch từ bao gồm: Định luật Ôm, định luật kiết khớp I, II và định luật toàn dòng điện.

Định luật Ôm: Trong một phân đoạn của mạch từ, từ áp rơi trên nó bằng tích giữa từ thông và từ trở hoặc thương giữa từ thông và từ dẫn.

$$U_\mu = \Phi \cdot R_\mu = \frac{\Phi}{G} \quad (2-1)$$

Định luật kiết khớp 1: Trên mọi điểm của mạch từ, tổng từ thông vào bằng tổng từ thông ra:

$$\sum_1^n \Phi_i = 0 \quad (2-2)$$

Định luật kiết khớp 2: Trong một đoạn mạch từ khép kín, tổng từ áp của các đoạn mạch bằng tổng sức từ động:

$$\sum_1^n \Phi_i \cdot R_{\mu i} = \sum_1^n F_i \quad (2-3)$$

Định luật toàn dòng điện: Tích phân đường của cường độ từ trường theo vòng từ khép kín bằng tổng các S.T.Đ của vòng từ đó:

$$\int_l H \cdot dl = \sum F_i \quad (2-4)$$

Định luật toàn dòng điện có thể biến đổi như sau:

hoặc:

$$\int_l H \cdot dl = \int_l \Phi \cdot dR_\mu = \sum F_i \quad (2-5)$$

Đây chính là định luật kiếc khốp 2 với mạch từ khép kín .

Đặc tính cơ bản nhất của vật liệu từ là đường cong từ hóa (Hình 2-2) . Đây là quan hệ phi tuyến rất phức tạp, không thể biểu diễn dưới dạng hàm giải tích được . Mặt khác từ thông khép kín qua không khí có nhiều thành phần, nên việc xác định chính xác từ dẫn khe hở không khí cũng không đơn giản . Vì vậy việc tính toán mạch từ trở nên phức tạp .

Hình 2-2

2.1.3. Từ dẫn khe hở không khí :

Với mạch từ có từ cảm nằm trong vùng tuyến tính của đường cong từ hoá , vì độ từ thẩm μ lớn nên từ trở mạch từ rất bé, có thể bỏ qua được . Do đó độ chính xác của bài toán phụ thuộc vào tính từ dẫn của các khe hở không khí .

Công thức tổng quát để tính từ dẫn khe hở không khí dựa vào định luật Ôm cho mạch từ như sau:

$$G_\delta = \frac{\Phi_\delta}{U_{\mu\delta}} \quad (2-6)$$

trong đó :

$U_{\mu\delta}$ - là từ áp rơi trên khe hở không khí δ ;

Φ_δ - là từ thông đi qua khe hở không khí .

Nếu khe hở không khí giữa hai cực từ tương đối bé so với kích thước của cực từ (hình 2-3).

Hình 2-3

có thể coi tiết diện từ thông bằng tiết diện cực từ thì:

$$G_{\delta} = \frac{\Phi_{\delta}}{U_{\mu\delta}} = \frac{B.S}{H.\delta} = \mu_0 \cdot \frac{S}{\delta} \quad [H] \quad (2-7)$$

)

Trong trường hợp này ta bỏ qua từ dẫn của từ thông tản, là từ thông bao bọc xung quanh khe hở không khí δ . Sai số của từ dẫn G_{δ} càng lớn khi khe hở δ càng lớn. Công thức (2-7) được sử dụng để tính từ dẫn khe hở không khí trong từ trường đều khi:

Cực từ là hình trụ: $S = \pi d^2 / 4$; $\delta/d \leq 0.2$;

Cực từ là hình chữ nhật: $S = a.b$; $a/\delta, b/\delta \leq 2$;

Trong thực tế khe hở không khí thường có trị số lớn và hình dạng cực từ tương đối phức tạp, vì vậy việc tính toán từ dẫn khe hở không khí cũng phức tạp. Có ba phương pháp để tính từ dẫn khe hở không khí như sau: Phương pháp phân chia từ trường (còn gọi là phương pháp Roster); Phương pháp dùng công thức kinh nghiệm; Phương pháp đồ thị.

a) Phương pháp phân chia từ trường: Trong phương pháp này từ trường khe hở không khí được chia thành các từ trường thành phần có dạng hình học đơn giản, sau đó tính từ dẫn của các từ trường thành phần và cuối cùng tổng hợp các kết quả lại để tìm từ dẫn tổng của khe hở không khí.

Công thức cơ sở để tính từ dẫn của các hình đơn giản dựa vào phép biến đổi sau:

$$G_{\delta} = \mu_0 \cdot \frac{S_{tb}}{\delta_{tb}} = \mu_0 \cdot \frac{S_{tb} \cdot \delta_{tb}}{\delta_{tb}^2} = \mu_0 \cdot \frac{V}{\delta_{tb}^2} \quad (2-8)$$

trong đó t: S_{tb} - mặt cắt trung bình của hình, vuông góc với đường sức từ.

δ_{tb} - độ dài trung bình của đường sức từ trong hình.

V - thể tích của hình.

b) Phương pháp tính từ dẫn bằng biểu thức kinh nghiệm: Dựa vào những số liệu thực nghiệm và mô hình hóa cũng như lý thuyết tương tự, các tác giả đã đưa ra các công thức giải tích, tính toán từ dẫn ở các dạng khe khí của các mạch từ thường gặp cho thành bảng (Bảng 1-3).

TT	Cực từ	Từ dẫn
1		$G = \mu_0 \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4\delta} x_1 + 0,96d + \frac{\pi \cdot d}{0,69 \cdot \frac{\delta}{c} + 0,63} \right)$ <p>với : $\frac{2R_o}{d} = 6,0$ và $\frac{\Delta}{\delta} \geq 0; x_1 = 1,0$.</p>

2		$G = \mu_o \cdot \left[\frac{ab}{\delta} \cdot x_2 + 0,58(a+b) \right]$ <p>với : $\frac{2R_o}{d} = 6,0$ và $\frac{\Delta}{\delta} \geq 0; x_2 = 1,0$</p>
3		$G = \mu_o \cdot \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4\delta} + \frac{1,51 \cdot d^2 + 0,48d \cdot \delta}{2,4d + \delta} + \frac{x \cdot d}{0,22\delta + 0,4x} \right)$ <p>với : $x = (1 \div 2)\delta$</p>
4		$G = \mu_o \cdot \left(\frac{a^2}{\delta} + 0,58a + \frac{0,14a}{\ln(105 + \frac{\delta}{a})} + \frac{x \cdot a}{0,17\delta + 0,4x} \right)$ <p>với : $x = (1 \div 2)\delta$</p>
5		$G = \mu_o \cdot \frac{(a + \frac{k\delta}{\pi})(b + \frac{k\delta}{\pi})}{\delta}$ <p>với : $\frac{c}{\delta} < 1,0; k = 1,0$ với : $\frac{c}{d} \geq 1,0; k = 0,307$</p>
6		$G = \mu_o \cdot \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4\delta \cdot \sin^2 \alpha} - \frac{0,157d}{\sin^2 \alpha} + 0,75d \right)$

c) Phương pháp tính từ dẫn bằng cách vẽ từ trường:

Phương pháp này dùng để xác định từ dẫn khe khí mà cực từ có dạng phức tạp khó xác định bằng các phương pháp khác . Trước tiên ta dựng mặt đẳng thế mà mặt đầu tiên và mặt cuối cùng là mặt bao của bề mặt cực từ, các đường sức cắt các đường đẳng thế dưới những góc vuông . Từ trường giữa hai cực từ được chia thành những

Hình 2-10

ống từ thông bằng nhau: $\Delta\phi = \Delta\phi_1 = \Delta\phi_2 = \dots = \Delta\phi_n$.(Hình 2-10)

Nếu các từ áp giữa các mặt đẳng thế là như nhau:

$$U_{\mu 1} - U_{\mu 2} = U_{\mu 2} - U_{\mu 3} = \dots = U_{\mu m-1} - U_{\mu m} = \Delta U_{\mu} .$$

Thì từ dẫn trên mỗi phần tử được tính bằng công thức:

$$g_1 = g_2 = \dots = g_n = \frac{\Delta\Phi}{\Delta U_{\mu}} = \mu_0 \cdot \frac{a \cdot \Delta h}{b} = g \quad (2-9)$$

Nếu chiều dài trung bình của tứ giác $a = b$ và bề dày của từ trường Δh đủ nhỏ, bằng 1 đơn vị chiều dài thì từ dẫn:

$$g = \mu_0 \cdot \frac{a \cdot \Delta h}{b} = \mu_0 . \quad (2-10)$$

Gọi m là số ống từ thông giữa hai cực từ; n là số tứ giác cong trong mỗi ống; h là chiều cao của cực từ . Từ dẫn được tính bằng công thức sau:

$$G_{\delta} = \mu_0 \cdot \frac{m}{n} \cdot h . \quad (2-11)$$

Độ chính xác của kết quả hoàn toàn phụ thuộc vào bức tranh của từ trường .

2.2. Tính toán mạch từ .

2.2.1. Tính toán mạch từ một chiều :

Ở bài toán mạch từ một chiều, vì dòng điện trong cuộn dây là dòng một chiều, nên s.t.đ và từ thông không biến đổi theo thời gian, do đó không có tổn hao do từ trễ và dòng xoáy trong mạch từ . Vật liệu làm mạch từ một chiều thường là thép ít cacbon ở thể khối, có đường cong từ hóa tương đối cao .

Những bài toán về mạch từ thường quy về hai dạng:

- Bài toán thuận: Biết từ thông ϕ , cần tìm s.t.đ ($i.w$) . Đây là bài toán thiết kế, nghĩa là phải tính toán kích thước mạch từ và các tham số để được lực điện từ cần thiết .

- Bài toán ngược: Biết s.t.đ của mạch từ, cần tìm từ thông ϕ . Đây là bài toán kiểm nghiệm, có nghĩa là với mạch từ và cuộn dây cho trước, cần tính lực điện từ .

Việc tính toán mạch từ tương đối phức tạp vì các lý do sau:

- Quan hệ phi tuyến của đường cong từ hóa và độ từ thẩm của vật liệu mạch từ;
- Từ thông rò trên lõi thép của mạch từ phân bố rải và thay đổi khi khe hở không khí thay đổi .

a) *Mạch từ một chiều không tính đến từ thông rò :*

Từ thông rò là phần từ thông khép kín mạch từ nhưng không đi qua khe hở không khí làm việc . Từ thông rò sẽ bỏ qua nếu nó rất bé so với từ thông làm việc; tức là từ thông đi qua khe hở không khí làm việc . Xét mạch từ hình xuyên, với tiết diện S , chiều dài trung bình l , độ lớn khe hở không khí δ và đường cong từ hóa vật liệu mạch từ $B(H)$ cho như hình vẽ 2-11.

Hình 2-11

Với mạch từ này, xét hai bài toán thuận và ngược:

*) Bài toán thuận: Biết từ thông khe hở không khí ϕ_δ , tìm s.t.đ ($I.w$) của mạch từ.

Vì: $\phi_r = 0 \rightarrow \phi_\delta = \phi \rightarrow B = B_\delta = \frac{\Phi_\delta}{S}$ Từ đường $B(H)$ ta tìm được H .

Từ trở mạch từ $R_\mu = \frac{H.l}{\Phi}; G_\delta = \mu_0 \cdot \frac{S}{\delta}$ Vậy s.t.đ của mạch từ được xác định theo

biểu thức: $(I.w) = \Phi.R_\mu = \Phi_\delta / G_\delta = \Phi_\delta \cdot (R_\mu + \frac{1}{G_\delta})$. (2-13)

)

*) Bài toán ngược: Biết ($I.w$) tìm ϕ . Từ phương trình (1-9), ta có:

$$(I.w) = \Phi \cdot (R_\mu + \frac{1}{G_\delta}) = H.l + \frac{B.S}{G_\delta} \quad (2-14).$$

Chia hai vế của phương trình cho l ta được:

$$\frac{I.w}{l} = H + \frac{B.S}{G_\delta.l} \quad (2-15).$$

Đây là phương trình có hai ẩn số là B và H . Vì vậy để giải thì phương pháp kinh điển phương pháp rò. Với trường hợp này cũng có thể dùng phương pháp dựng hình (Hình 2-12).

Trên đường cong $B(H)$ từ O lấy một đoạn $OA = I.w/l$ trên trục OH . Tại A dựng một góc α với $\tan \alpha = S/G_\delta.l$ cắt đường cong tại M . Từ M chiếu sang trục tung ta được B_δ và chiếu xuống trục hoành (Điểm N) ta được:

Hình 2-12

$$ON = H; NA = OA - ON = \frac{I.w}{l} - H = \frac{B.S}{G_{\delta}.l} \quad \text{Vậy từ thông cần tìm là: } \phi = B_{\delta}.S.$$

b) Mạch từ một chiều có tính đến từ thông rò:

*) Trường hợp thứ nhất: Bỏ qua từ trở sắt từ R_{μ} , từ trở sắt từ có thể bỏ qua khi mạch từ làm việc ở đoạn tuyến tính của đường cong từ hóa.

Xét một mạch từ như hình (2-13) :
có cuộn dây phân bố đều trên chiều dài l . Gọi $f = \frac{I.w}{l}$ là s.t.đ trên một đơn vị chiều dài trụ; g_r là suất từ dẫn rò trên trụ; $U_{\mu 0} = f.x = I.w.\frac{x}{l}$ là từ áp ở điểm x . Từ thông rò tại phân đoạn dx cách gốc một đoạn x là:
$$d\Phi_{rx} = U_{\mu 0} dG_{rx} = I.w.\frac{x}{l}.g_r dx$$

(2-16).

Hình 2-13

Tích phân hai vế của phương trình trên ta được: $\Phi_{rx} = \frac{I.w}{l}.g_r.\frac{x^2}{2}$ (2-17).

Từ thông rò trên toàn bộ chiều cao trụ l của mạch từ được tính bằng:

$$\Phi_r = \frac{I.w}{l}.g_r.\frac{l^2}{2} = I.w.g_r.\frac{l}{2} = I.w.G_r \quad (2-18).$$

Từ dẫn rò của mạch từ quy đổi theo từ thông là T: $G_r = \frac{1}{2}.g_r.l$ (2-19)

).

Từ thông tổng

$$\phi_0 = \phi_{\delta} + \phi_r = I.w(G_{\delta} + G_r) = I.w.G_{\Sigma}.$$

hoặc: $\Phi_0 = I.w.G_{\delta}(1 + \frac{G_r}{G_{\delta}})$ (2-20).

Hệ số từ rò σ_r là tỷ số giữa từ thông tổng Φ_0 và từ thông đi qua khe hở không khí Φ_{δ} .

*) Trường hợp thứ hai: Mạch từ một chiều có xét đến từ thông rò và từ trở của sắt từ.

Trong trường hợp này điểm làm việc của mạch từ nằm trên đoạn phi tuyến của đường cong từ hoá vật liệu từ nên còn gọi là mạch từ bão hoà. Nếu từ áp rơi trên phần sắt từ vượt quá 10% s.t.đ cuộn dây thì không thể bỏ qua từ trở sắt từ. Phương pháp thường gặp nhất để tính toán mạch từ bão hoà có tính đến từ thông rò là phương pháp phân đoạn mạch từ và phương pháp sử dụng hệ số từ rò.

+ Phương pháp phân đoạn mạch từ: Xét một mạch từ có dạng hình chữ U hút thẳng (Hình 2-14)

Hình 2-14

Chia mạch từ thành 3 phân đoạn l_{12} , l_{23} , l_{34} sao cho s.t.đ của các phân đoạn thỏa mãn điều kiện:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 = E \cdot \frac{l_{12}}{l} + E \cdot \frac{l_{23}}{l} + E \cdot \frac{l_{34}}{l} = I \cdot w. \quad (2-21)$$

Việc tính toán mạch từ dựa vào sơ đồ thay thế và các định luật kiếc khớp được tiến hành theo trình tự sau :

Bước 1: Xác định từ áp giữa hai điểm 1 và 1' :

$$U_{\mu 11'} = U_{\mu \delta} + U_{\mu n} = \frac{\Phi_{\delta}}{G_{\delta}} + H_n \cdot l_n \quad (2-22)$$

trong đó: $B_n = \frac{\Phi_{\delta}}{S_n}$ là cường độ từ cảm ở nắp mạch từ; l_n là chiều dài của nắp

mạch từ; S_n là tiết diện của nắp .

Bước 2: Tính từ thông rò giữa hai điểm 1 và 1' :

$$\Phi_{r1} = U_{\mu 11'} \cdot G_{r1} = U_{\mu 11'} \cdot \frac{1}{2} \cdot g_r \cdot l_{12} \quad (1-23)$$

Trong thực tế từ thông rò phân bố rải trên chiều dài của lõi, xong để dễ tính toán ta coi hư nó tập trung tại điểm 1, vì vậy từ thông ở phân đoạn 1 sẽ là:

$$\Phi_l = \Phi_{\delta} + \Phi_{r1}. \quad (2-24)$$

Bước 3: Xác định từ áp giữa các điểm 2 và 2' theo công thức:

$$U_{\mu 22'} = U_{\mu 11'} + 2H_{l2} \cdot l_{12} - E_l \quad (2-25)$$

Muốn xác định HM_2 phải dựa vào đường cong từ hoá của vật liệu từ và từ cảm ở đoạn này:

$$B_{12} = \frac{\Phi_1}{S}.$$

Bước 4: Tương tự như ở các điểm trên ta có từ thông rò ở phân đoạn hai:

$$\Phi_{r2} = U_{\mu 22'} \cdot G_{r2} = U_{\mu 22'} \cdot \frac{1}{2} \cdot g_r \cdot l_{23}. \quad (1-23)$$

Bước 5: Từ thông ở phân đoạn thứ hai: $\Phi_2 = \Phi_l + \Phi_{r2}$. và từ cảm ở phân đoạn hai:

$$B_{23} = \frac{\Phi_2}{S} . \text{ Từ đó ta tìm được } H_{23} .$$

Tương tự ta tính tiếp những điểm sau:

Bước 6: $U_{\mu 33'} = U_{\mu 22'} + 2H_{23}.l_{23} - E_2 .$

Bước 7: $\Phi_3 = \Phi_2 + \Phi_{r3} .$

Bước 8: $B_{34} = \frac{\Phi_3}{S}$ Tìm được H_{34}

Bước 9: $U_{\mu 44'} = U_{\mu 33'} + 2H_{34}.l_{34} - E_3 .$

Bước 10: $\Phi_d = B_d . S_d = \Phi_0 .$

Bước 11: $\sum U_\mu = U_{\mu 11'} + 2H_{12}.l_{12} + 2H_{23}.l_{23} + 2H_{34}.l_{34} + H_d.l_d .$

Với bài toán thuận sau khi tính xong phải so sánh kết quả xem $\sum U_\mu$ và $I.w$ nếu sai số vượt quá 10% thì phải tính toán lại E_l vì ta lấy sơ bộ $E = (1,2 - 1,3)$; $\Phi_d/G_d = I.w$. Với bài toán ngược thì trình tự tính ngược lại .

+ Phương pháp dùng hệ số từ rò: Phương pháp này cho kết quả tương đối chính xác song khối lượng tính toán lớn nhất là khi gặp trường hợp cuộn dây phân bố rải trên toàn bộ mạch từ .

Từ thông tại bất kì tiết diện x nào của mạch từ bằng tổng từ thông làm việc và từ thông rò

$$\Phi_x = \Phi_\delta + \Phi_{sx} = \Phi_\delta \left(1 + \frac{\Phi_{sx}}{\Phi_\delta}\right) = \sigma_x . \Phi_\delta . \quad (2-26)$$

Trong đó: $\sigma_x = 1 + \frac{\Phi_{sx}}{\Phi_\delta}$ là hệ số từ rò . Từ đó ta thấy nếu xác định được hệ số

từ rò σ_x thì sẽ xác định được từ thông tại x .

Để minh họa ta xét một mạch từ dạng hút chập như hình vẽ 2-15 : (1-12TL1)

Hình 2-15

Mạch từ có hai khe hở không khí δ_1, δ_2 có độ lớn khác nhau, cuộn dây phân bố rải trên một trụ của mạch từ. Từ thông tại tiết diện n_1 là : $\Phi_{n1} = \Phi_\delta + \Phi_{r1} = \sigma_{x1} \cdot \Phi_\delta$.

Từ thông rò ở phân đoạn x_1 được tính bằng công thức sau:

$$\Phi_{r1} = \int_0^{x_1} (I \cdot w)_x \cdot g_r \cdot dx = \int_0^{x_1} I \cdot w \cdot \frac{l-x}{l} g_r \cdot dx \quad (2-27).$$

$$\Phi_{r1} = I \cdot w \cdot \frac{g_r \cdot x_1}{2} \left(2 - \frac{x_1}{l}\right) \quad (2-28).$$

Từ thông rò ở tiết diện n_2 với chiều dài x_2 được tính tương tự:

$$\Phi_{r2} = I \cdot w \cdot \frac{g_r \cdot x_2}{2} \left(2 - \frac{x_2}{l}\right).$$

Nếu bỏ qua từ trở sắt từ thì từ thông ở khe hở không khí làm việc Φ_δ được tính theo công thức sau: $\Phi_\delta = I \cdot w \cdot G_\delta$ hay $I \cdot w = \Phi_\delta / G_\delta$. (2-29)

Trong đó : $G_\delta = \frac{G_{\delta1} \cdot G_{\delta2}}{G_{\delta1} + G_{\delta2}}$ là từ dẫn tổng của khe hở không khí.

Thay $I \cdot w$ vào công thức tính từ rò (1-26) Φ_{r1} ta có:

$$\Phi_{r1} = \frac{\Phi_\delta}{G_\delta} \cdot \frac{g_r \cdot x_1}{2} \left(2 - \frac{x_1}{l}\right).$$

Vậy từ thông tổng tại tiết diện n_1 sẽ là:

$$\Phi_{n1} = \Phi_\delta + \Phi_{r1} = \Phi_\delta \left[1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{g_r \cdot x_1}{G_\delta} \left(2 - \frac{x_1}{l}\right)\right] = \Phi_\delta \cdot \sigma_{x1}$$

trong đó: $\sigma_{x1} = 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{g_r \cdot x_1}{G_\delta} \left(2 - \frac{x_1}{l}\right)$ là hệ số từ rò tại phân đoạn x_1 .

Từ thông trung bình tại phân đoạn với chiều dài x_1 là:

$$\Phi_{x1tb} = \Phi_\delta \cdot \frac{\sigma_{x0} + \sigma_{x1}}{2} = \frac{1 + \sigma_{x1}}{2} \cdot \Phi_\delta.$$

Vì khi $x = 0$ thì $\Phi_{x0} = \Phi_\delta$ và $\sigma_{x0} = 1$. Tương tự ta có từ thông trung bình ở phân đoạn $n_1 - n_2$:

$$\Phi_{n1n2tb} = \Phi_\delta \cdot \frac{\sigma_{x1} + \sigma_{x2}}{2}.$$

Như vậy bằng cách phân đoạn mạch từ và tính hệ số từ rò trên các phân đoạn, ta tìm được từ thông trung bình.

2.2.2. Tính toán mạch từ xoay chiều:

Nếu cuộn dây của nam châm điện được cấp bởi dòng điện xoay chiều thì mạch từ của nó là mạch từ xoay chiều. Dòng điện trong cuộn dây xoay chiều không chỉ phụ thuộc vào điện trở R của nó mà còn phụ thuộc vào điện kháng X của nó:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X^2}} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}.$$

Mật kháng điện cảm L phụ thuộc vào từ dẫn của khe hở mạch từ nên khi khe hở không khí biến đổi, từ dẫn cũng biến đổi và s.t.đ của mạch từ cũng thay đổi theo. Từ trở mạch từ xoay chiều không chỉ phụ thuộc vào khe hở không khí, kích thước mạch từ, hệ số từ thẩm của vật liệu mà còn phụ thuộc vào tổn hao năng lượng trong mạch từ (Do dòng điện xoáy và từ trễ) và tổn hao trong vòng ngắn mạch (còn gọi là vòng chống rung).

Nếu sụt áp trên điện trở cuộn dây rất bé so với sụt áp trên điện kháng thì lúc đó:

$$U = \sqrt{(I.R)^2 + (I.X)^2} \approx I.X = I.2\pi.f.w^2.G. \quad (2-30)$$

$$U = I.w.G.2.\pi.f.w = 2.\pi.f.w.\frac{\Phi_m}{\sqrt{2}} = 4,44.f.w.\Phi_m. \quad (2-31)$$

Từ đó ta nhận thấy nếu điện áp nguồn không đổi thì từ thông Φ_m cũng không đổi; còn ở mạch từ một chiều s.t.đ của cuộn dây ($I.w$) không đổi vì dòng chảy trong cuộn dây chỉ phụ thuộc vào điện trở của nó.

Ở mạch từ xoay chiều tổn hao năng lượng trong lõi thép và trong vòng ngắn mạch sẽ làm chậm sự biến thiên của từ thông, nghĩa là tạo ra sự lệch pha giữa s.t.đ và từ thông. Tương tự như ở mạch điện, sự xuất hiện của điện kháng làm chậm pha giữa dòng điện và điện áp còn ở mạch từ sự xuất hiện của từ kháng làm chậm pha giữa từ áp và từ thông.

Xét một mạch từ xoay chiều có vòng ngắn mạch như hình vẽ 2-16.

Hình 2-16

w là số vòng dây cuộn dây xoay chiều, nối song song với nguồn điện U ; w_n là số vòng của cuộn ngắn mạch với điện trở r_n và điện kháng x_n .

a) Trường hợp thứ nhất: Bỏ qua từ trở sắt từ và tổn hao trong lõi thép, phương trình cân bằng s.t.đ trong mạch từ có dạng:

$$i.w = \Phi_\delta R_\delta = i_n.w_n$$

trong đó:
$$i_n = \frac{e_n}{r_n} = -\frac{w_n}{r_n} \cdot \frac{d\Phi_\delta}{dt}.$$

i_n là dòng điện chảy trong cuộn dây ngắn mạch (coi $\Phi_r=0$). Thay vào ta có:

$$U_{\mu} = i.w = \Phi_{\delta}.R_{\delta} + \frac{w_n^2}{r_n} \cdot \frac{d\Phi_{\delta}}{dt} . \quad (2-32).$$

Với mạch điện $R-L$ nối tiếp phương trình cân bằng điện áp như sau:

$$u = i.R + L \frac{di}{dt} .$$

Có thể viết phương trình (1-31) như sau:

$$u_{\mu} = \Phi_{\delta}.R_{\delta} + L_{\mu} \cdot \frac{d\Phi_{\delta}}{dt} \quad (2-33).$$

Trong đó: $L_{\mu} = \frac{w_n^2}{r_n}$; $X_{\mu} = \omega.L_{\mu} = \omega \cdot \frac{w_n^2}{r_n}$ là từ cảm và từ kháng của mạch từ . Vậy phương trình cân bằng từ áp có dạng:

$$U_{\mu} = \Phi.R_{\mu} + j.\Phi.X_{\mu} .$$

Tương tự trong mạch điện ta có từ kháng tổng của mạch từ:

$$Z_{\mu} = R_{\mu} + jX_{\mu} .$$

$$z_{\mu} = \sqrt{R_{\mu}^2 + X_{\mu}^2} .$$

Nếu vòng ngắn mạch hở ($r_n = 0$) thì từ kháng mạch từ bằng 0 và mạch từ chỉ còn từ trở thuần .

b) Trường hợp hai: Mạch từ có tổn hao từ trễ và dòng điện xoáy . Tổn hao này có thể thay thế bằng một điện trở cuộn dây ngắn mạch ảo có tổn hao tương đương . Nếu từ thông biến thiên dạng sin thì s.d.đ cảm ứng trong vòng ngắn mạch có dạng:

$$E_n = 4,44.w_n.\Phi_n = \frac{\omega.w_n.\Phi_n}{\sqrt{2}} . \quad (2-34)$$

Suy ra :

$$w_n = \frac{E_n \cdot \sqrt{2}}{\omega \cdot \Phi_n} .$$

Từ điều kiện tổn hao tương đương ta có:

$$P_{Fe} = \frac{E_n^2}{r_n} \rightarrow r_n = \frac{E_n^2}{P_{Fe}} .$$

Vậy từ kháng của tổn hao sắt từ R_{Fe} là:

$$X_{\mu} = \frac{\omega.w_n^2}{r_n} = \frac{2P_{Fe}}{\omega.\Phi_n^2} .$$

Tương tự như trong mạch điện ta có thể dùng khái niệm suất từ trở, suất từ kháng và suất tổng từ trở: $\rho_{R\mu}, \rho_{X\mu}, \rho_{Z\mu}$. Công thức tính từ trở từ kháng và tổng trở mạch từ là:

$$R_{\mu} = \rho_{R\mu} \cdot \frac{l}{S} . \quad (2-35)$$

$$X_{\mu} = \rho_{X\mu} \cdot \frac{l}{S} = \frac{2.P_{Fe}}{\omega.\Phi_m^2} = \frac{2.p_0 \cdot \gamma \cdot l \cdot S}{\omega.B_m^2} = \frac{2.p_0 \cdot \gamma}{\omega.B_m^2} \cdot \frac{l}{S} . \quad (2-36)$$

$$Z_{\mu} = p_{z\mu} \cdot \frac{l}{S} = \left(\sqrt{\rho_{R\mu}^2 + \rho_{X\mu}^2} \right) \frac{l}{S} = \frac{l}{S} \cdot \sqrt{\frac{1}{\mu^2} + \left(\frac{2 \cdot p_0 \cdot \gamma}{\omega \cdot B_m^2} \right)^2} \quad (2-37)$$

Trong đó: p_0 là suất tổn hao từ cho 1 đơn vị khối lượng .

μ là từ thẩm mạch từ .

γ là khối lượng riêng của vật liệu từ .

l là chiều dài mạch từ .

S là tiết diện mạch từ .

Các phương pháp tính mạch từ xoay chiều cũng tương tự như phương pháp tính mạch từ một chiều .

2.3. Tính lực hút điện từ .

2.3.1. Lực hút điện từ nam châm điện một chiều :

Lực hút điện từ được tính theo hai phương pháp: Dùng công thức Maxwell và phương pháp cân bằng năng lượng .

a) Lực hút điện từ được tính theo công thức Maxwell :

Lực điện từ được sinh ra do sự tác động tương hỗ giữa từ trường khe hở không khí và bề mặt cực từ được tính theo công thức Maxwell:

$$F = \frac{1}{\mu_0} \cdot \int_S \left[(\vec{B}_\delta \cdot \vec{n}) \vec{B}_\delta - \frac{1}{2} \vec{B}_\delta^2 \vec{n} \right] dS \quad (2-38)$$

trong đó: \vec{B}_δ là véc tơ từ cảm ở khe hở không khí .

\vec{n} là véc tơ đơn vị pháp tuyến của bề mặt cực từ .

S là diện tích mặt cực từ tác dụng với từ trường .

$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ H/m là từ thẩm của không khí .

Nếu từ thẩm của sắt từ rất lớn so với từ thẩm không khí ($\mu_{Fe} > \mu_0$) thì có thể coi hai véc tơ từ cảm \vec{B}_δ và véc tơ đơn vị pháp tuyến \vec{n} cùng hướng, do đó công thức có dạng đơn giản hơn:

$$F = \frac{1}{2\mu_0} \cdot \int_S B_\delta^2 \cdot dS \quad (2-39)$$

Trong trường hợp khe hở không khí đủ bé và đều có thể coi từ ở đó là từ trường song phẳng, nghĩa là $B_\delta = \text{const}$ ở toàn khe hở do đó công thức trên có dạng:

$$F = \frac{1}{2\mu_0} \cdot B_\delta^2 \cdot S \quad [\text{N}] \quad (2-40)$$

trong đó : B_δ là mật độ từ cảm tính bằng T hay Wb /m² .

S là diện tích cực từ tính bằng m² .

Để tiện cho việc tính toán công thức trên có thể viết:

$$F = 4,06 \cdot B_\delta^2 \cdot S \quad [\text{kG}] \quad .$$

Với : $B[T], S [\text{cm}^2]$.

b) Tính lực điện từ theo phương pháp cân bằng năng lượng :

Khi đóng điện vào cuộn dây ta có phương trình cân bằng điện áp:

$$u = i.R + \frac{d\psi}{dt} . \quad (2-41)$$

Nhân hai vế của phương trình trên với idt ta được:

$$u.i.dt = i^2 .R.dt + i.d\psi .$$

Trong đó: $u.i.dt$ là năng lượng nguồn cung cấp cho cuộn dây .

$i.d\psi$ là năng lượng từ trường của nam châm điện .

Quan hệ giữa từ thông móc vòng ψ và dòng điện i có tính phi tuyến, được trình bày ở hình vẽ (2-17) .

Hình 2-17

Năng lượng từ trường khi $\delta = \delta_l = const$ được tính bằng công thức:

$$W_{\mu 1} = \int_0^{\psi_1} i.d\psi = S_{oabo} . \quad (2-42)$$

Khi khe hở không khí giảm từ δ_l đến δ_2 năng lượng từ trong NCD sẽ tăng:

$$W_{\mu 12} = \int_{\psi_1}^{\psi_2} i.d\psi = S_{abca} .$$

Khi $\delta = \delta_2 = const$, năng lượng từ trường là:

$$W_{\mu 2} = \int_0^{\psi_2} i.d\psi = S_{odco} .$$

Vậy khi khe khí δ giảm từ δ_l đến δ_2 , năng lượng từ trường sẽ thay đổi một lượng :

$$\Delta W_{\mu} = W_{\mu 1} + W_{\mu 12} - W_{\mu 2} = S_{oado} .$$

S_{oado} chính là diện tích tam giác cong có phần gạch chéo trong hình vẽ . Với sự thay đổi này sẽ sinh ra công cơ học chuyển rời nắp của NCD từ δ_l đến δ_2 :

$$\Delta W_{\mu} = A = F(\delta_1 - \delta_2) = F.\Delta\delta .$$

Vậy lực chuyển rời nắp sẽ là:

$$F = \frac{A}{\Delta\delta} = \frac{\Delta W_{\mu}}{\Delta\delta} = \lim\left(\frac{\Delta W_{\mu}}{\Delta\delta}\right) = \frac{dW_{\mu}}{d\delta}.$$

Như vậy muốn tính được lực điện từ bằng phương pháp cân bằng năng lượng ta phải biết các quan hệ $\psi(i)$ khi $\delta = const$ và phải xác định được biểu thức giải tích của ΔW_{μ} qua diện tích của tam giác cong biểu diễn năng lượng $W_{\mu 1}$, $W_{\mu 12}$ và $W_{\mu 2}$. Để đơn giản việc tính toán, coi quan hệ $\psi(i)$ là tuyến tính tức là bỏ qua từ trở sắt từ của mạch từ $\mu_{Fe} > \mu_0$, nên dễ dàng tính được diện tích các hình:

$$W_{\mu 1} = S_{oabo} = \frac{1}{2} \cdot \psi_1 \cdot i_1.$$

$$W_{\mu 2} = S_{odco} = \frac{1}{2} \psi_2 \cdot i_2.$$

$$W_{\mu 12} = S_{abcd} = \frac{1}{2} \cdot (\psi_2 - \psi_1)(i_2 + i_1).$$

Ta đặt: $\psi_2 = \psi_1 + \Delta\psi$; $i_2 = i_1 + \Delta i$ và thay chúng vào biểu thức tính năng lượng từ sẽ được:

$$\Delta W_{\mu} = W_{\mu 1} + W_{\mu 12} - W_{\mu 2} = S_{oado} = \frac{1}{2} (i_1 \Delta\psi - \psi_1 \Delta i).$$

Thay vào biểu thức ở trên ta được công thức tính lực điện từ:

$$F = \frac{dW_{\mu}}{d\delta} = \frac{1}{2} \left(i_1 \cdot \frac{d\psi}{d\delta} - \psi_1 \cdot \frac{di}{d\delta} \right).$$

Ta xét hai trường hợp: $i = const \neq f(\delta)$.

$$\psi = const \neq f(\delta).$$

Trường hợp thứ nhất: $i = const$.

Với $i = const$ thì $di/d\delta = 0$, do đó công thức tính lực điện từ trong trường hợp này có dạng:

$$F = \frac{1}{2} i_1 \cdot \frac{d\psi}{d\delta}.$$

$$\text{Thay } \psi = L \cdot i \text{ ; } L = w^2 \cdot G \text{ vào ta có: } F = \frac{1}{2} (i_1 \cdot w)^2 \cdot \frac{dG}{d\delta}.$$

Công thức trên dùng để tính lực điện từ khi $i = const \neq f(\delta)$ nghĩa là cho NCĐ một chiều. Muốn tính lực ta phải biết s.t.đ ($i \cdot w$) và biểu thức giải tích từ dẫn $G(\delta)$.

Trường hợp thứ hai: $\psi = const \neq f(\delta)$.

Với $\psi \neq f(\delta) \rightarrow d\psi/d\delta = 0$. Vậy:

$$F = -\frac{1}{2} \psi_1 \cdot \frac{di}{d\delta}.$$

Dấu (-) có nghĩa khi δ giảm thì lực điện từ tăng. Vì $\psi = w \cdot \Phi$; $i = \frac{\psi}{L}$; $L = w^2 \cdot G$

Nên thay vào công thức ta có:
$$F = -\frac{1}{2} \left(\frac{\Phi}{G} \right)^2 \frac{dG}{d\delta} .$$

Công thức trên dùng để tính lực điện từ khi $\Phi = const$ nghĩa là cho nam châm điện xoay chiều .

2.3.2. Lực hút điện từ nam châm điện xoay chiều:

Phương pháp tính lực hút điện từ ở đây giống như ở nam châm điện một chiều, nhưng thay $i = I_m \cdot \sin \omega t$ và $\Phi = \Phi_m \cdot \sin \omega t$, ta có:

$$F = 4,06 \cdot B_{\delta m}^2 \sin^2 \omega t = 4,06 \cdot \frac{\Phi_{\delta m}^2}{S} \sin^2 \omega t$$

$$F = \frac{1}{2} \left(\frac{\Phi_m \cdot \sin \omega t}{G} \right)^2 \cdot \frac{dG}{d\delta} = \frac{1}{2} \frac{\Phi_m^2}{G^2} \cdot \frac{dG}{d\delta} \cdot \sin^2 \omega t$$

Thay $\sin^2 \omega t = \frac{1 - \cos 2\omega t}{2}$ ta được công thức tính lực hút điện từ của nam châm điện xoay chiều:

$$F = F_m \sin^2 \omega t = \frac{1}{2} F_m - \frac{1}{2} F_m \cdot \cos 2\omega t = F_- + F_{\approx}$$

trong đó: F_- là thành phần không đổi của lực;

F_{\approx} là thành phần biến đổi của lực;

Trị số trung bình của lực được tính theo công thức:

$$F_{tb} = \frac{1}{T} \int_0^T F dt = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{2} F_m (1 - \cos 2\omega t) dt = \frac{F_m}{2} = F_-$$

Đồ thị của từ thông và lực điện từ được trình bày trên hình vẽ (2-18) ;

Hình 2-18

Trong một chu kỳ của từ thông có hai chu kỳ của lực điện từ . Lực điện từ thay đổi từ $F_{max} = F_m$ đến $F_{min} = 0$.

Nếu lực cơ học của nắp là hằng thì khi $F > F_{cơ}$ nắp sẽ bị hút; còn khi $F < F_{cơ}$ thì nắp bị nhả. Hiện tượng này lặp đi lặp lại gọi là nắp bị rung của nam châm điện xoay chiều. Muốn chống rung cần thảo luận điều kiện $F > F_{cơ}$ muốn vậy người ta tạo ra hai từ thông lệch pha nhau trong một mạch từ. Khi lực từ thông thứ nhất đi qua 0 thì lực từ thông thứ hai khác 0 do vậy mà lực tổng sẽ khác 0. Có hai biện pháp để tạo ra từ thông lệch pha nhau đó là:

- Biện pháp thứ nhất: Dùng hai cuộn dây có thông số khác nhau thường một cuộn có tính cảm còn một cuộn có tính dung như hình vẽ 2-19.

Hình 2-19

- Biện pháp thứ hai: Đặt vòng ngắn mạch hay còn gọi là vòng chống rung.

Biện pháp thứ nhất ít được dùng ở nam châm điện vì công nghệ phức tạp còn biện pháp thứ hai đơn giản ít tốn kém. ở cực từ có vòng ngắn mạch từ thông đi qua cực từ gồm hai phần: Φ_1 ngoài vòng ngắn mạch và Φ_2 trong vòng ngắn mạch. Từ kháng của vòng ngắn mạch làm Φ_2 chậm pha so với Φ_1 một góc α với $\tan \alpha$ được tính như sau:

$$\tan \alpha = \frac{X_\mu}{R_\mu} = \frac{\omega \cdot w_{nm}^2}{r_{nm}} \cdot \frac{1}{R_{\delta 2}} = \frac{2\pi f}{r_{nm}} \cdot G_{\delta 2}$$

trong đó: r_{nm} là điện trở vòng ngắn mạch;

$w_{nm} = l$ là số vòng của cuộn ngắn mạch.

$G_{\delta 2} = l/R_{\delta 2}$ là từ dẫn khe hở không khí trong vòng ngắn mạch.

Điều kiện lý tưởng để nắp không rung là $\alpha = \pi/2$.

Ở nam châm điện ba pha có ba cuộn dây như nhau, vì dòng điện mỗi pha lệch nhau 120° nên từ thông do chúng sinh ra cũng lệch nhau 120° lực điện từ do chúng sinh ra sẽ là:

$$F_A = F_m \sin^2 \omega t.$$

$$F_B = F_m \sin^2(\omega t + 2\pi/3).$$

$$F_C = F_m \sin^2(\omega t + 4\pi/3).$$

Lực tác động tổng lên phần ứng của NCD sẽ là:

$$F = F_A + F_B + F_C = \frac{3}{2} F_m .$$

Từ đó ta thấy lực điện từ tổng tác động lên nắp hoàn toàn không biến đổi theo thời gian nên không cần chống rung (Hình 2-20).

Hình 2-21

2.4. Cuộn dây nam châm điện .

Cuộn dây phải sinh ra s.t.đ cần thiết cho mạch từ , đồng thời tổn hao năng lượng trong cuộn dây phải đủ nhỏ để nhiệt độ phát nóng của cuộn dây không vượt quá giá trị cho phép của cấp cách điện của cuộn dây .

Tùy theo cách đấu nối ta có cuộn dòng điện hoặc cuộn điện áp . Cấu tạo của cuộn dây được trình bày như hình vẽ 2-22.

Hình 2-22

Cuộn dây hình trụ có khung làm bằng vật liệu cách điện thường đúc bằng nhựa cứng chịu nhiệt . Dây quấn của cuộn dây làm bằng dây đồng bọc men cách điện, tiết diện tròn hoặc dẹt .

- Thông số quan trọng nhất của cuộn dây là hệ số lấp đầy:

$$K_{ld} = \frac{S_{Cu}}{S_{Cd}}$$

trong đó: S_{Cu} là diện tích chiếm chỗ của đồng trong cuộn dây .

S_{Cd} là diện tích của cuộn dây.

Hệ số lấp đầy của cuộn dây phụ thuộc vào nhiều yếu tố và dao động trong phạm vi khá rộng: $K_{ld} = (0,3 \div 0,7)$.

- Điện trở của cuộn dây được tính bằng công thức:

$$R = \rho \cdot \frac{w \cdot l_{tb}}{q}$$

trong đó: ρ là điện trở suất của vật liệu; w là số vòng cuộn dây; l_{tb} là chiều dài trung bình của một vòng dây . q là tiết diện của dây quấn .

- Độ tăng nhiệt độ của cuộn dây khi làm việc ở chế độ ổn định nhiệt độ được xác định bằng biểu thức:

$$\tau = \frac{P}{K_t \cdot S_t}$$

trong đó: $\tau = \theta - \theta_0$ là độ tăng nhiệt độ cuộn dây so với môi trường .

$P (W)$ là công suất tổn hao trong cuộn dây .

K_T hệ số toả nhiệt bằng đối lưu và bức xạ . Ở điều kiện tự nhiên $K_t = (6 \div 14) W/m^2 \cdot deg$.

S_T là diện tích bề mặt toả nhiệt của cuộn dây .

- Một thông số quan trọng đối với độ tăng nhiệt độ của cuộn dây là mật độ dòng điện:

$$j = \frac{I}{q} \quad [A/mm^2]$$

Ở chế độ làm việc dài hạn của cuộn dây tùy thuộc vào điều kiện toả nhiệt cũng như cấp cách điện của dây quấn người ta thường lấy $j = (1,5 \div 4) A/mm^2$ với dây quấn được chế tạo bằng đồng .

Đường kính của dây quấn cũng như tiết diện của dây có thể xác định được nhờ cách chọn mật độ dòng điện từ:

$$q = \frac{I}{j} \quad [mm^2]; \quad d = \sqrt{\frac{4q}{\pi}} \quad [mm]$$

Số vòng cuộn dây được xác định từ công thức :

$$K_{ld} = \frac{S_{Cu}}{S_{Cd}} = \frac{w \cdot \pi \cdot d^2}{4l \cdot h}$$

$$w = \frac{K_{ld} \cdot l \cdot h}{\pi \cdot d^2}$$

với $m = h/l$ gọi là hệ số hình dáng . Tổn hao công suất trong cuộn dây: $P = I^2 \cdot R$

2.5. Đặc tính động của nam châm điện.

Một thông số quan trọng của nam châm điện là thời gian tác động và thời gian nhả của nó. Thời gian tác động $M (t_{td})$ là quãng thời gian kể từ thời điểm đưa tín hiệu vào cho đến khi nắp chuyển động xong ($\delta = \delta_{min}$). Thời gian nhả (t_{nh}) là quãng thời gian từ khi cắt tín hiệu vào đến khi nắp kết thúc xong chuyển động ($\delta = \delta_{max}$):

$$t_{td} = t_1 + t_2; t_{nh} = t_3 + t_4$$

trong đó: t_1 là thời gian khởi động khi tác động.

t_2 là thời gian chuyển động khi tác động.

t_3 là thời gian khởi động khi nhả.

t_4 là thời gian chuyển động khi nhả.

2.5.1. Đặc tính động của nam châm điện một chiều:

- Khi đưa dòng điện vào cuộn dây, dòng điện tăng từ từ theo hàm mũ và đạt đến trị số khởi động I_{kd} . Tại thời điểm này lực điện từ bằng lực lò xo và nắp bắt đầu chuyển động, đó là thời gian khởi động t_1 hình 2-23.

Từ thời điểm này trở đi vì nắp bắt đầu chuyển động nên khe hở giảm dần, từ cảm tăng dần nên dòng điện suy giảm đến lúc $\delta = \delta_{min}$ thì kết thúc thời gian chuyển động t_2 . Sau đó dòng điện tăng cho đến khi đạt giá trị ổn định I_{od} . Khi mở dòng điện suy giảm tới trị số I_{nh} , lúc này lực điện từ bằng lực lò xo và dòng điện tiến tới 0.

Từ thời điểm này trở đi vì nắp bắt đầu chuyển động nên khe hở giảm dần, từ cảm tăng dần nên dòng điện suy giảm đến lúc $\delta = \delta_{min}$ thì kết thúc thời gian chuyển động t_2 . Sau đó dòng điện tăng cho đến khi đạt giá trị ổn định I_{od} . Khi mở dòng điện suy giảm tới trị số I_{nh} , lúc này lực điện từ bằng lực lò xo và dòng điện tiến tới 0.

a) Thời gian khởi động khi đóng t_1 :

*) Trường hợp mạch từ tuyến tính có một cuộn dây:

Phương trình cân bằng điện áp có dạng:

$$u = i.R + \frac{d\psi}{dt} = i.R + L \frac{di}{dt} + i \frac{dL}{dt}$$

trong thời gian khởi động t_1 , vì $\delta = \delta_{max} = const$ nên $L = L_0 = const$ do vậy phương trình có dạng:

$$U = i.R + L_0 \frac{di}{dt} \Rightarrow \frac{U}{R} - i = \frac{L_0}{R} \cdot \frac{di}{dt}$$

Đặt $\frac{U}{R} = L_{od}$, $\frac{L_0}{R} = T_0$ và thay vào biểu thức trên ta có:

$$dt = \frac{L_0}{R} \cdot \frac{di}{I_{od} - i} \quad (1-73).$$

Tích phân (1-73) từ 0 đến t_l , với dòng điện từ 0 đến I_{kd} :

$$\int_0^{t_l} dt = T_0 \int_0^{I_{kd}} \frac{di}{I_{od} - i}$$

do đó thời gian khởi động t_l sẽ là:

$$t_l = T_0 \ln \frac{I_{od}}{I_{od} - I_{kd}} = T_0 \ln \frac{K_i}{K_i - 1}$$

trong đó: $K_i = \frac{I_{od}}{I_{kd}}$ là hệ số dự trữ theo dòng điện của NCD.

$T_0 = \frac{L_0}{R}$ là hằng số thời gian điện từ của cuộn dây khi nắp mở ($\delta = \delta_{max}$).

Từ đó ta nhận thấy muốn thay đổi thời gian khởi động t_l thì phải thay đổi thông số của cuộn dây L_0 , R và thay đổi hệ số dự trữ dòng điện K_i .

*) Trường hợp mạch từ tuyến tính có thêm cuộn dây ngắn mạch:

Trong trường hợp này phương trình cân bằng điện áp sẽ là:

$$\begin{cases} i.R + \frac{d\psi}{dt} = 0 \\ i_n.R_n + \frac{d\psi}{dt} = 0 \end{cases}$$

trong đó kí hiệu 'n' chỉ cuộn dây ngắn mạch.

Giải hệ phương trình vi phân ta được:

$$t_l = T_0 \left(1 + \frac{R}{R_n} \right) \ln \frac{K_i}{K_i - 1}$$

trong đó: $R_n = R_n \left(\frac{w}{w_n} \right)^2$ là điện trở qui đổi của cuộn dây ngắn mạch về cuộn điện áp

w của nam châm điện.

b) Thời gian khởi động khi nhả t_3 :

Với nam châm điện có một cuộn dây thì phương trình cân bằng điện áp khi nhả có dạng:

$$i.R + \frac{d\psi}{dt} = 0$$

Nếu mạch từ tuyến tính thì pt trên có thể viết dưới dạng:

$$0 = i.R + L_1 \frac{di}{dt} + i \cdot \frac{dL_1}{dt} = i.R + L_1 \cdot \frac{di}{dt}.$$

Vậy thời gian khởi động khi nhả t_3 được tính bằng công thức:

$$t_3 = -\frac{L_1}{R} \cdot \int_{I_{od}}^{I_{nh}} \frac{di}{i} = T_1 \int_{I_{nh}}^{I_{od}} \frac{di}{i} = T_1 \ln \frac{I_{od}}{I_{nh}}$$

trong đó : L_l là điện cảm của NCD khi nắp hút .

$T_l = L_l/R$ là hằng số thời gian điện từ của NCD khi nắp hút .

Nếu có thêm vòng ngắn mạch và điện trở xoáy của mạch từ thì:

$$t_3 = T_l \left(1 + \frac{R}{R_n} + \frac{R}{R_x}\right) \ln \frac{I_{od}}{I_{nh}}$$

Nếu mạch từ phi tuyến thì:

$$t_3 = \frac{1}{R} \left(1 + \frac{R}{R_n} + \frac{R}{R_x}\right) \int_{\psi_{nh}}^{\psi_{od}} \frac{d\psi}{i}$$

Như vậy cũng giống như thời gian khởi động t_l khi đóng, thời gian khởi động khi nhả t_3 càng lớn nếu điện trở vòng ngắn mạch R_n và điện trở xoáy của mạch từ càng bé .

c) Thời gian chuyển động khi đóng t_2 :

Khi dòng điện trong cuộn dây đạt trị số khởi động $K = I_{kd}$ lực điện từ lớn hơn lực cơ $F > F_c$ và phần nắp bắt đầu chuyển động:

- Khe hở không khí của mạch từ giảm dần từ δ_{max} đến δ_{min} .
- Điện cảm của cuộn dây tăng từ L_0 đến L_l .
- Từ thông móc vòng thay đổi từ ψ_{kd} đến ψ_{od} .

Trong trường hợp này hệ phương trình trạng thái có dạng :

$$\begin{cases} u = i.R + \frac{d\psi}{dt} \\ F.dx = F_c.dx + d\left(\frac{mv^2}{2}\right) \end{cases}$$

trong đó: F là lực điện từ .

F_c là lực cơ.

m là khối lượng phần động.

$v = \frac{dx}{dt}$ là vận tốc của phần động.

Thời gian chuyển động khi đóng t_2 được xác định từ hệ phương trình trên . Giải hệ phương trình bằng phương pháp đồ thị gần đúng ta tìm được:

$$t_2 = \sum_1^n \Delta t_i = \sum_1^n \sqrt{\frac{2m\Delta x}{(F - F_c)_i}}$$

trong đó: Δx_i là quãng đường ở đoạn thứ i $\Delta x_i = \delta_i - \delta_{i+1}$

$(F - F_c)_i$ là lực trung bình ở phân đoạn thứ i tác động lên phần ứng của NCD được tính bằng:

$$(F - F_c)_i = \frac{S_i}{\Delta x_i}$$

với S_i là diện tích bị giới hạn bởi đường cong $F(\delta)$ ở phân đoạn thứ i . Từ đó ta nhận thấy muốn giảm thời gian chuyển động t_2 , ta phải giảm khối lượng m phần động, giảm hành trình x của phần ứng, tăng lực điện từ F và giảm phản lực F_c .

d) Thời gian chuyển động khi nhả t_4 :

Khi cắt điện cuộn dây, từ thông mạch từ giảm dần từ trị số nhỏ ψ_{nh} , lực điện từ bé hơn lực cơ $F < F_c$ và nắp bắt đầu chuyển động từ δ_{min} đến δ_{max} với thời gian chuyển động t_4 được tính tương tự như t_2 :

$$t_4 = \sqrt{\frac{2m.x}{F_c - F}}.$$

2.5.2. Đặc tính của NCD xoay chiều:

Tương tự như NCD một chiều thời gian tác động và thời gian nhả của nam châm điện xoay chiều gồm thời gian khởi động và thời gian chuyển động.

Điểm khác cơ bản của NCD xoay chiều là điện áp dòng điện, từ thông biến thiên tuần hoàn với tần số f , còn lực điện từ theo tần số $2f$. Trong thời gian t_1 , vì khe hở không khí lớn ($\delta = \delta_{max}$) nên dòng điện trong cuộn dây khá lớn (Gấp từ 4 đến 15 lần so với khi nắp hút G $\delta = \delta_{min}$). vì vậy nếu đóng điện vào thời điểm dòng điện đi qua giá trị 0, chỉ sau 1/4 chu kỳ thì từ thông đạt giá trị cực đại, còn nếu đóng điện vào thời điểm $i \neq 0$ thì quãng thời gian để từ thông đạt giá trị cực đại cũng không vượt quá 1/2 chu kỳ, do đó lực điện từ đạt trị số cực đại với thời gian bé hơn 1/2 chu kỳ và t_1 do vậy nhỏ hơn 1/2 chu kỳ. Thời gian khởi động khi nhả t_3 cũng nhỏ hơn so với NCD một chiều vì hồ quang xoay chiều dễ tắt hơn dòng điện suy giảm nhanh và từ dư hầu như không tồn tại. Thời gian chuyển động t_2 và t_4 cũng có thể tính như ở NCD một chiều.

2.6. Ứng dụng của nam châm điện

2.6.1. Cần cầu điện từ:

Cần cầu điện từ dùng để bốc dỡ hàng hoá C, vận chuyển hàng hoá bằng vật liệu sắt từ. Bộ phận chủ yếu của nó là một nam châm điện. Đây là một nam châm điện một chiều chỉ có cuộn dây và mạch từ tĩnh. Nắp của nó chính là hàng hoá cần bốc. Khi đưa điện vào cuộn dây, lực điện từ sẽ giữ chặt hàng hoá trên cực từ. Sau khi dịch chuyển đến chỗ cần thiết chỉ việc cắt điện cuộn dây là dỡ xong.

Những đặc điểm chính của cần cầu điện từ là:

- Không cần người móc và dây buộc hàng.
- Bốc và dỡ hàng hoá từ xa qua thao tác đóng và cắt điện cuộn dây.
- Có thể vận chuyển hàng hoá sắt từ ở cả trạng thái nóng (Nhỏ hơn điểm Quiri).
- Tải trọng có ích phụ thuộc vào kích thước, tính dẫn từ, hình dạng bề mặt của hàng hoá.
- Để tránh hiện tượng rơi hàng khi mất điện bất thường thì cần cầu điện phải có nguồn dự phòng.

2.6.2. Phanh điện từ:

Phanh điện từ là cơ cấu điện từ dùng để hãm các thiết bị đang quay, đo mômen của động cơ điện. Loại phanh thông dụng nhất là phanh guốc và phanh đai, bộ phận chủ yếu của phanh điện từ là một nam châm điện, để tăng lực và làm giảm kích thước của phanh thường kết hợp với cơ cấu tay đòn. Trong các phanh điện từ lực lò xo dùng để hãm, còn lực điện từ dùng để nhả phanh. Trong phanh hãm nam

châm điện một chiều được dùng thông dụng hơn vì dễ chế tạo , lực hút lớn , không gây ồn .

2.6.3. Van điện từ :

Van điện từ dùng để đóng mở các đường ống dẫn chất lỏng hoặc chất khí , bằng cách đóng , cắt điện vào cuộn dây . Mạch từ của van thường có dạng kiểu bọc , phần động được gắn với cơ cấu làm việc (ty van) Để có lực điện từ lớn với khe hở làm việc lớn nam châm điện thường được chế tạo kiểu hút ống dây (solenoid) .

Chương 3: SỰ PHÁT NÓNG CỦA CÁC KHÍ CỤ ĐIỆN

3.1. Đại cương

3.1.1. Khái niệm:

Ở trạng thái làm việc, trong các bộ phận của thiết bị điện nói chung và của khí cụ điện nói riêng đều có tổn hao năng lượng và biến thành nhiệt năng . Một phần nhiệt năng này làm tăng nhiệt độ của khí cụ và một phần tỏa ra môi trường xung quanh . Ở trạng thái xác lập nhiệt, nhiệt độ của khí cụ không tăng nữa mà ổn định ở một giá trị nào đó, toàn bộ tổn hao cân bằng với nhiệt năng tỏa ra môi trường xung quanh . Nếu không có sự cân bằng này nhiệt độ của khí cụ sẽ tăng cao làm cho cách điện bị già hoá và độ bền cơ khí của các chi tiết bị suy giảm và tuổi thọ của khí cụ giảm đi nhanh chóng .

Độ tăng nhiệt độ của khí cụ được tính bằng:

$$\tau = \theta - \theta_0 \quad (3-1)$$

với v: τ là độ tăng nhiệt độ (hay độ chênh nhiệt độ) .

θ là nhiệt độ của khí cụ .

θ_0 là nhiệt độ của môi trường .

3.1.2. Các nguồn nhiệt và các phương pháp trao đổi nhiệt:

a) *Các nguồn nhiệt:* Nhiệt năng do các tổn hao trong khí cụ điện tạo nên, có ba dạng tổn hao: Tổn hao trong các chi tiết dẫn điện, tổn hao trong vật liệu sắt từ và tổn hao trong vật liệu cách điện .

- Tổn hao trong các chi tiết dẫn điện: Năng lượng tổn hao trong các dây dẫn do dòng điện i đi qua trong khoảng thời gian t được tính bằng công thức:

$$W = \int_0^t i^2 \cdot R \cdot dt \quad (3-2)$$

Điện trở R của dây dẫn phụ thuộc vào điện trở suất của vật liệu, kích thước dây dẫn và tần số dòng điện, vị trí của dây dẫn trong hệ thống .

- Tổn hao trong các phần tử sắt từ: Nếu các phần tử sắt từ nằm trong vùng từ trường biến thiên thì trong chúng sẽ có tổn hao do từ trễ và dòng điện xoáy tạo ra và được tính theo công thức:

$$P_{Fe} = (\chi_T \cdot B_m^{1,6} + \chi_x \cdot f \cdot B_m^2) f \cdot G \quad (3-3)$$

trong đó: P_{Fe} tổn hao sắt từ [W].

B_m trị biên độ của từ cảm [T].

f tần số của lưới [Hz].

χ_T, χ_x hệ số tổn hao do từ trễ và dòng điện xoáy .

G khối lượng của mạch từ .

Từ công thức trên ta nhận thấy rằng tổn hao sắt từ phụ thuộc vào từ cảm, tần số, điện trở xoáy của vật liệu .Để thuận tiện cho việc tính toán người ta xác định suất tổn hao từ p_0 cho một đơn vị khối lượng vật liệu ở tần số cho trước f và từ cảm B và như vậy tổn hao sẽ được tính đơn giản hơn:

$$P_{Fe} = p_0 \cdot G \quad (3-4)$$

Để giảm tổn hao trong các chi tiết dạng khối, người ta thường sử dụng các biện pháp sau:

- + Tạo khe hở phi từ tính theo đường đi của từ thông để tăng từ trở, giảm từ thông tức là giảm B_m .
- + Đặt thêm vòng ngắn mạch để tăng từ kháng, giảm từ thông.
- + Với các chi tiết cho thiết bị có dòng điện lớn hơn 1000 A, được chế tạo bằng vật liệu phi từ tính như đuyara, gang không dẫn từ .

- Tổn hao trong vật liệu cách điện:

Dưới tác dụng của điện trường biến thiên, trong vật liệu cách điện sẽ sinh ra tổn hao điện môi:

$$P = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot U^2 \cdot \operatorname{tg} \delta \quad (3-5)$$

trong đó: P - là công suất tổn hao [W].

f - là tần số điện trường [Hz].

U - là điện áp [V].

$\operatorname{Tg} \delta$ - là tang của góc tổn hao điện môi .

Từ biểu thức trên ta thấy tổn hao cách điện tỷ lệ với bình phương điện áp vậy tổn hao cách điện chỉ đáng kể khi điện áp cao.

b) Các phương pháp trao đổi nhiệt:

Nhiệt được truyền từ nơi có nhiệt độ cao sang nơi có nhiệt độ thấp theo ba cách: Dẫn nhiệt, đối lưu, bức xạ; Dẫn nhiệt là quá trình truyền nhiệt giữa các phần tử có tiếp xúc trực tiếp . Đối lưu là quá trình truyền nhiệt trong chất lỏng hoặc chất khí, gắn liền với sự chuyển động của các phần tử mang nhiệt . Có hai dạng đối lưu - đối lưu tự nhiên và đối lưu cưỡng bức; Bức xạ nhiệt là quá trình toả nhiệt của vật thể nóng ra môi trường xung quanh bằng phát xạ sóng điện từ .

3.2. Các chế độ làm việc và phương pháp xác định nhiệt độ

3.2.1. Các chế độ làm việc:

a) Chế độ xác lập nhiệt:

Khi làm việc phương trình cân bằng nhiệt có dạng :

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad (3-6)$$

trong đó: $Q_1 = P \cdot dt$ - là năng lượng tổn hao ứng với công suất P

$Q_2 = K_T \cdot S_T \cdot \tau \cdot dt$ - là năng lượng toả ra môi trường xung quanh .

$Q_3 = c \cdot G \cdot d\tau$ - là năng lượng làm tăng nhiệt độ của khí cụ, với khối lượng G và nhiệt dung riêng c .

Thay vào phương trình trên ta có:

$$P.d\tau = K_T.S_T.\tau.d\tau + c.G.d\tau. \quad (3-7)$$

Ở chế độ xác lập nhiệt, nhiệt độ không thay đổi theo thời gian ($d\tau = 0$.) nên phương trình có dạng:

$$P.d\tau = K_T.S_T.\tau.d\tau \quad (3-8)$$

Có nghĩa là toàn bộ nhiệt lượng sinh ra chỉ tỏa ra môi trường xung quanh do đó độ tăng nhiệt độ xác lập sẽ là:

$$\tau = \frac{P}{K_T.S_T}.$$

b) *Chế độ quá độ* :

Khi bắt đầu làm việc , nhiệt độ của khí cụ tăng dần, sau một thời gian quá độ nó không tăng nữa và đạt giá trị xác lập . Quá trình quá độ được mô tả bằng phương trình cân bằng nhiệt:

$$P.d\tau = K_T.S_T.\tau.d\tau + c.G.d\tau. \quad (3-9)$$

$C_T = c.G$ là nhiệt dung riêng của khí cụ .

Số hạng thứ nhất là nhiệt tỏa ra môi trường xung quanh với nhiệt độ $\theta_0 = const$; Số hạng thứ hai là nhiệt lượng hấp thụ của thiết bị .

Nghiệm của phương trình vi phân này có dạng:

$$\tau = \tau_0.e^{\frac{-t}{T}} + \tau_\infty(1 - e^{\frac{-t}{T}})$$

trong đó: τ - là độ chênh nhiệt độ so với môi trường .

τ_0 - là độ chênh nhiệt độ ban đầu ($t=0$).

$\tau_\infty = \frac{P}{K_T.S_T}$ là độ chênh nhiệt độ xác lập .

$T = \frac{C_T}{K_T.S_T} = R_T.C_T$ - là hằng số thời gian phát nóng .

Nếu $\tau_0=0$ nghĩa là khi bắt đầu làm việc nhiệt độ của khí cụ bằng nhiệt độ môi trường thì:

$$\tau = \tau_\infty(1 - e^{\frac{-t}{T}})$$

Quan hệ $\tau(t)$ được biểu diễn trên hình 2-7 trong đó đường 1 ứng với trường hợp $\tau_0 \neq 0$, đường 2 ứng với $\tau_0 = 0$.

Quá trình nguội lạnh của khí cụ xảy ra khi ta cắt điện cho nó , nhiệt độ của khí cụ giảm dần đến nhiệt độ môi trường .

Hình 2-7

Trong trường hợp này phương trình cân bằng nhiệt sẽ là:

$$0 = K_T.S_T.\tau.dt + c.G.d\tau \quad (3-10)$$

Với điều kiện $t=0 \rightarrow \tau_0=\tau_\infty$ thì nghiệm của phương trình là:

$$\tau = \tau_\infty . e^{-\frac{t}{T}}$$

Đồ thị cho quá trình nguội lạnh đường 3 hình 2-7.

Người ta phân biệt ba chế độ làm việc của thiết bị điện: Chế độ làm việc dài hạn; chế độ làm việc ngắn hạn và chế độ làm việc ngắn hạn lặp lại .

- Ở chế độ làm việc dài hạn thời gian làm việc đủ lớn để $\tau = \tau_\infty$ và thời gian nghỉ đủ dài để $\tau = 0$. Vì $\tau_0(t)$ là hàm mũ nên về lý thuyết τ đạt τ_∞ khi phát nóng và $\tau = 0$ với thời gian vô cùng . Trong thực tế nếu $t \geq 4T$ thì có thể coi là chế độ làm việc dài hạn, hoặc độ tăng nhiệt độ $\tau \leq 2^\circ C/h$ cũng có thể coi đó là chế độ làm việc dài hạn . Đồ thị và quan hệ $\tau(t)$ ở chế độ dài hạn như hình 2-7.

- Ở chế độ làm việc ngắn hạn thời gian làm việc chưa đủ lớn để độ tăng nhiệt độ chưa đạt đến giá trị xác lập, còn thời gian nghỉ đủ dài để nhiệt độ của khí cụ bằng nhiệt độ môi trường . Đồ thị của quá trình này được biểu diễn ở hình 2-8 .

- Chế độ làm việc ngắn hạn lặp lại: Với chế độ này, mỗi chu kỳ làm việc được đặc trưng bởi thời gian nghỉ và thời gian làm việc:

$$t_{ck} = t_{lv} + t_{ngh}$$

Thời gian làm việc trong mỗi chu kỳ chưa đủ lớn nên độ tăng nhiệt độ chưa đạt tới giá trị xác lập , thời gian nghỉ chưa đủ dài nên nhiệt độ của khí cụ vẫn lớn hơn nhiệt độ môi trường . Nếu số chu kỳ đủ lớn thì nhiệt độ sẽ dao động xung quanh trị số τ_{max} và τ_{min} xác lập còn gọi là trị số xác lập giả định . Quá trình này được biểu diễn ở hình 2-9.

c) *Chế độ ngắn mạch :*

Khi bị ngắn mạch, dòng điện chạy trong dây dẫn có trị số rất lớn, gấp vài chục lần dòng điện ở chế độ định mức, nhưng vì thời gian ngắn mạch không dài nên nhiệt độ phát nóng cho phép ở chế độ này thường lớn hơn ở chế độ dài hạn .

Vì thời gian ngắn mạch bé nên có thể coi quá trình này là quá trình đoạn nhiệt , nghĩa là toàn bộ nhiệt lượng sinh ra dùng để đốt nóng khí cụ chứ không toả ra môi trường xung quanh . Do đó phương trình cân bằng nhiệt:

$$i^2 . R . dt = C_T . d\theta \quad (3-11)$$

trong đó t: R là điện trở của dây dẫn .

θ là nhiệt độ của dây dẫn .

C_T là nhiệt dung riêng của khí cụ:

$$C_T = c_0 (1 + \beta . \theta) . G$$

c_0 là nhiệt dung riêng của vật liệu ở $0^\circ C$

β là hệ số nhiệt của nhiệt dung riêng .

G là khối lượng của vật dẫn .

3.2.2. Phương pháp xác định nhiệt độ :

Trong các thiết bị điện, quá trình đo nhiệt độ thường gắn liền với quá trình không chế để nhiệt độ không vượt quá giá trị cho phép, kiểm tra để xác định hỏng hóc của thiết bị .v.v... Có nhiều cách để đo nhiệt độ với những đặc điểm khác nhau :

a) Đo bằng nhiệt kế :

Loại nhiệt kế thường dùng là loại thủy ngân, có thể đo được tới 300°C. Ưu điểm chính của phương pháp đo này là đơn giản, trực tiếp, song tín hiệu không truyền được đi xa và khó đo nhiệt độ ở các điểm, quán tính nhiệt lớn.

b) Đo bằng nhiệt ngẫu (Cặp nhiệt):

Nếu hai sợi kim loại khác nhau được hàn một phía, điểm chung cố định ở nơi có nhiệt độ cao, còn đầu tự do đặt ở nơi có nhiệt độ thấp thì sẽ xuất hiện một sđđ, tỷ lệ với độ chênh nhiệt độ và phụ thuộc vào bản chất của kim loại làm nhiệt ngẫu.

$$e_T = k. \tau = k. (\theta_1 - \theta_2) . \quad (3-12)$$

trong đó : k – là hệ số tỷ lệ phụ thuộc vào vật liệu làm nhiệt ngẫu. Trong một phạm vi nhất định k là một hằng số vì vậy đo sđđ nhiệt điện e_T ta có thể biết được độ tăng nhiệt độ. Ưu điểm chính của phương pháp đo này là có thể đo nhiệt độ từng điểm, quán tính nhiệt bé, có thể đo được nhiệt độ đến 2000°C và có thể truyền tín hiệu đi xa.

c) Đo nhiệt độ bằng điện trở :

Với kim loại, khi nhiệt độ tăng thì điện trở cũng thay đổi theo quan hệ :

$$R_\theta = R_o (1 + \alpha_T. \theta) \quad (3-13)$$

Nếu xác định được R_o và R_θ thì ta sẽ xác định được θ . Có hai phương pháp đo nhiệt độ qua điện trở : Đo trực tiếp và đo gián tiếp.

Đo trực tiếp : Đo điện trở cuộn dây trước lúc làm việc và sau khi làm việc, qua đó có thể xác định được độ tăng nhiệt độ trung bình của cuộn dây.

Đo gián tiếp : Người ta chế tạo các đầu đo bằng vật liệu có hệ số nhiệt điện trở lớn, tuyến tính và đặt đầu đo ở gần điểm cần đo nhiệt độ, cách điện với các phần dẫn điện của thiết bị. Phương pháp này có thể đo nhiệt độ của thiết bị khi chúng đang làm việc, có thể truyền tín hiệu đi xa và dễ dàng khống chế công suất hay nhiệt độ.

d) Đo nhiệt độ bằng phát xạ hồng ngoại :

Đây là phương pháp đo tiên tiến, thường dùng để kiểm tra nhiệt độ các bộ phận của thiết bị ở trạng thái làm việc nhất là các thiết bị cao áp. Thiết bị đo nhận tín hiệu từ bộ phận phát xạ hồng ngoại từ điểm cần đo, sau đó phân tích phổ và so sánh với phổ chuẩn từ đó biết được nhiệt độ điểm cần đo.

Chương 4: LỰC ĐIỆN ĐỘNG TRONG CÁC KHÍ CỤ ĐIỆN

4.1. Khái niệm chung.

4.1.1. Khái niệm : Lực điện động là lực sinh ra khi một vật dẫn mang dòng điện đặt trong từ trường. Lực đó tác dụng lên vật dẫn và có xu hướng làm thay đổi

hình dáng của vật dẫn để từ thông xuyên qua mạch vòng vật dẫn đạt giá trị cực đại.

Trong một hệ thống gồm vài vật dẫn mang dòng điện, bất kỳ một vật dẫn nào trong chúng cũng có thể được coi là đặt trong từ trường tạo bởi các dòng điện chạy qua các vật dẫn khác. Do vậy giữa các vật dẫn mang dòng điện luôn có từ thông tổng tương hỗ móc vòng, kết quả luôn có các lực cơ học (được gọi là lực điện động). Tương tự như vậy cũng có các lực điện động sinh ra giữa vật dẫn mang dòng điện và khối sắt từ.

Chiều của lực điện động được xác định bằng quy tắc bàn tay trái, hoặc theo nguyên tắc chung như sau: “Lực tác dụng lên vật dẫn mang dòng điện có xu hướng làm biến đổi hình dáng mạch vòng dòng điện sao cho từ thông móc vòng qua nó tăng lên”.

4.1.2. Lực điện động trong các khí cụ điện:

Các khí cụ điện bao gồm nhiều mạch vòng dẫn điện có hình dáng, kích thước khác nhau, với các vị trí tương hỗ khác nhau. Trong điều kiện làm việc bình thường các lực điện động đều nhỏ và không gây nên biến dạng các chi tiết mang dòng điện của các khí cụ điện. Tuy nhiên khi có ngắn mạch, các lực này trở lên rất lớn có thể gây nên biến dạng hay phá hỏng chi tiết và thậm chí cả khí cụ điện.

Tính ổn định điện động của khí cụ là khả năng chịu lực tác động phát sinh khi có dòng ngắn mạch đi qua. Tính ổn định điện động này được biểu thị bằng biên độ dòng điện động học i_{dh} , ở đó cường độ cơ khí trong các chi tiết của khí cụ không vượt quá giới hạn cho phép, hoặc cho bằng bội số của dòng điện này với biên độ của dòng định mức:

$$K_{dh} = \frac{i_{dh}}{\sqrt{2}I_{dm}}$$

Đôi khi tính ổn định điện động hay tính bền động học được đánh giá bằng giá trị hiệu dụng của dòng điện xung, qua một chu kỳ sau khi bắt đầu xảy ra ngắn mạch.

4.2. Các phương pháp tính lực điện động

4.2.1. Phương pháp tính lực điện động dựa trên định luật về lực tác dụng tương hỗ giữa dây dẫn mang dòng điện và từ trường (Định luật Biô - Xava – Laplace):

Nếu một đoạn mạch vòng dl_1 [m] có dòng điện i_1 [A] đi qua (hình 3-1a TL1) được đặt trong từ cảm B [T], thì sẽ có một lực df [N] tác động lên dl_1 :

$$df = i_1 dl_1 \times B = i_1 B \cdot dl_1 \cdot \sin \beta \quad (4-1)$$

trong đó: β - là góc giữa B và dl_1 , hướng của dl_1 theo chiều của dòng điện i_1 .

Lực điện động tác động lên toàn bộ mạch vòng có chiều dài l [m] bằng tổng hợp các lực thành phần:

$$F = \int_0^l df = \int_0^l i_1 \cdot B \cdot \sin \beta \cdot dl \quad (4-2)$$

Nếu mạch vòng nằm trong môi trường có độ từ thẩm cố định $\mu = const$ (Trong chân không hoặc không khí , việc xác định từ cảm B tương đối thuận tiện khi sử dụng định luật Biô - Xava – Laplace .

4.2.2. Phương pháp cân bằng năng lượng

Phương pháp dựa trên cơ sở sử dụng cân bằng năng lượng của hệ thống dây dẫn có dòng điện chạy qua . Nếu bỏ qua năng lượng tĩnh của hệ thống thì lực có thể được tìm được theo phương trình:

$$F = \frac{\partial w}{\partial x} \quad (4-3)$$

Trong đó:

W - là năng lượng điện từ .

X - là độ dịch chuyển có thể theo phương tác dụng của lực .

Như vậy lực bằng đạo hàm riêng của năng lượng điện từ của hệ thống đã cho theo toạ độ, theo chiều tác dụng của lực .Như đã biết trong kĩ thuật điện , năng lượng điện từ của một hệ thống đã cho là:

$$w = \frac{1}{2} L_1 i_1^2 + \frac{1}{2} L_2 i_2^2 + M_{12} i_1 i_2 \quad (4-4)$$

Trong phương trình trên, hai thành phần đầu xác định năng lượng của các mạch vòng độc lập , thành phần thứ ba cho ta năng lượng quy ước bằng quan hệ điện từ giữa chúng . Phương trình trên cũng cho phép xác định lực tác dụng lên mạch vòng độc lập cũng như lực tác dụng tương hỗ của mạch vòng lên tất cả các mạch vòng còn lại . Để xác định lực tác dụng lên mạch vòng độc lập ta sử dụng phương trình :

$$F = \frac{\partial w}{\partial x} = \frac{1}{2} i^2 \frac{\partial L}{\partial x} \quad (4-5)$$

Khi tính toán lực tác dụng tương hỗ của các mạch vòng, người ta coi rằng năng lượng chỉ biến thiên do kết quả biến đổi khoảng cách tương hỗ của các mạch vòng . Khi đó năng lượng quy ước bằng tự cảm coi như không đổi . Như vậy lực tác dụng giữa các mạch vòng bằng :

$$F = \frac{\partial w}{\partial x} = i_1 i_2 \frac{\partial M}{\partial x} \quad (4-6)$$

Phương pháp này tiện lợi, khi biết mối quan hệ giải tích của điện cảm (Tự cảm hoặc hỗ cảm) với các thông số hình học khác . Chiều dương của lực tác dụng tương ứng với độ tăng năng lượng của hệ thống .

Năng lượng điện từ trường của mạch vòng bằng:

$$A = \frac{1}{2} L i^2 = \frac{1}{2} \frac{\Psi}{i} i^2 = \frac{1}{2} \Psi i = \frac{1}{2} \omega \phi i \quad (4-7)$$

Trong đó:

Ψ - tổng từ thông móc vòng .

ϕ - Từ thông móc vòng một vòng dây.

W - Số vòng dây.

Lực tác dụng trong mạch vòng sẽ có chiều sao cho điện cảm, từ thông mạch vòng và từ thông khi biến dạng mạch vòng dưới tác dụng của lực này tăng lên.

4.2.3. Lực điện động của một số dạng dây dẫn:

4.2.3a. Tính LĐĐ ở các thanh dẫn song song:

Trong trường hợp này LĐĐ được tính theo định luật Biô-xavơ-Laplace .

Hướng của chúng phụ thuộc vào dòng điện trong thanh dẫn . Xét hai dây dẫn song song có đường kính rất bé

so với chiều dài của chúng (hình vẽ) và có dòng điện i_1, i_2 chiều dài tương ứng là l_1, l_2 . Từ cảm dB do dòng i_1 trong phân đoạn dy sinh ra tại phân đoạn dx trên dây dẫn l_2 với khoảng cách r (từ dx đến dy) được tính như sau:

$$dB = \mu_0 dH = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i_1 dy}{r^2} \sin \alpha \quad (4-8)$$

trong đó α là góc giữa dy và r .

Từ cảm do dòng điện i_1 trong dây dẫn l_1 tạo tại điểm dx trên l_2 là:

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} i_1 \int_0^{l_1} \frac{\sin \alpha}{r} dy. \quad (4-9)$$

Đặt các biến mới:

$$y = \frac{a}{\tan \alpha}; r = \frac{a}{\sin \alpha}; dy = -\frac{a}{\sin^2 \alpha} d\alpha$$

Thay chúng vào phương trình trên ta được:

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} i_1 \int_{\pi-\alpha_2}^{\alpha_1} -\frac{\sin \alpha}{a} d\alpha = \frac{\mu_0}{4\pi} i_1 \frac{\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2}{a} \quad (4-10)$$

Lực điện động tác động tương hỗ giữa dây dẫn l_1 và dx là:

$$dF_x = B \cdot i_2 dx = \frac{\mu_0}{4\pi} i_1 i_2 \frac{\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2}{a} dx \quad (4-11)$$

Từ đó suy ra công thức tính LĐĐ giữa dây dẫn l_1 tác động lên dây dẫn l_2 là:

$$F_x = \int_0^{l_2} dF_x = \frac{\mu_0}{4\pi} i_1 i_2 \int_0^{l_2} \frac{\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2}{a} dx \quad (4-12)$$

Thay $\cos \alpha_1 = \frac{l_1 - x}{\sqrt{(l_1 - x)^2 + a^2}}; \cos \alpha_2 = \frac{x}{\sqrt{x^2 + a^2}}$

Và nếu $l_1 = l_2$ thì biểu thức trên có dạng:

$$F = 10^{-7} i_1 i_2 \frac{2l}{a} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{a}{l}\right)^2} - \frac{a}{l} \right] \quad (4-13)$$

$$F = 10^{-7} i_1 i_2 K_c \quad (4-14)$$

Với: $K_c = \frac{2l}{a} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{a}{l}\right)^2} - \frac{a}{l} \right]$ là hệ số kết cấu của mạch vòng.

Nếu $\frac{a}{l} \ll 1$ nghĩa là chiều dài dây dẫn lớn hơn rất nhiều so với khoảng cách giữa chúng thì lúc đó LĐĐ sẽ là:

$$F = 10^{-7} i_1 i_2 \frac{2l}{a} \quad [\text{N}]. \quad (4-15)$$

Trường hợp $l_1 \neq l_2$ và chúng đặt lệch nhau thì hệ số kết cấu K_c có thể tính theo biểu thức sau:

$$K_c = \frac{\sum D_i - \sum S_i}{a} = \frac{(D_1 + D_2) - (S_1 - S_2)}{a} \quad (4-16)$$

Trong đó $\sum D_i$ là tổng các đường chéo hình thang $\sum S_i$ là tổng các cạnh bên của hình thang, a là tổng các đường cao.

4.2.3b. L.Đ.Đ ở thanh dẫn vuông góc:

Trong thiết bị điện thường gặp trường hợp các chi tiết mạch vòng dẫn điện nằm vuông góc với nhau. Để đơn giản hoá việc tính toán, coi dòng điện chỉ tập trung ở trục thanh dẫn và chiều dài thanh dẫn đứng rất lớn so với thanh ngang $l > a$. Lực điện động tác động lên phân đoạn dx của thanh dẫn ngang được tính theo công thức:

$$dF_x = i \cdot B_x \cdot dx. \quad (4-17)$$

Trong đó: $B_x = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i}{x}$

thay vào ta được: $F = \frac{\mu_0}{4\pi} i^2 \ln \frac{a}{r}$

Nếu chiều dài thanh dẫn đứng là hữu hạn thì LĐĐ sẽ nhỏ hơn biểu thức trên.

4.2.3c. Lực điện động ở vòng dây và bồi dây:

Trong trường hợp này lực điện động được tính theo phương pháp cân bằng năng lượng. Lực điện động ở vòng dây có bán kính trung bình R , đường kính dây $2r$ với dòng điện chạy trong vòng dây là i . Với $r/R = 0.25$ thì điện cảm của vòng dây được tính theo công thức:

$$L = \mu_0 R \left(\ln \frac{8R}{r} - 1,75 \right)$$

Lực điện động tác động lên vòng dây theo hướng kính là:

$$F_r = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL}{dR}$$

Thay () vào () và biến đổi ta được:

$$F_R = \frac{\mu_0}{2} i^2 \ln \left(\frac{8R}{r} - 0,75 \right).$$

Lực F_R phân bố đều trên toàn vòng dây với chiều dài $2\pi R$ vì vậy LĐĐ tác động lên một đơn vị chiều dài của vòng dây được tính bằng:

$$f_R = \frac{F}{2\pi R} = \frac{\mu_0}{4\pi R} i^2 \ln \left(\frac{8R}{r} - 0,75 \right)$$

Thành phần lực F_q có xu hướng kéo đứt nửa vòng dây là:

$$F_q = \int_0^{\pi/2} f_R R \sin \varphi. d\varphi = 10^{-7} i^2 \ln \left(\frac{8R}{r} - 0,75 \right)$$

Lực điện động ở hai vòng dây song song được tính theo phương pháp cân bằng năng lượng. Năng lượng từ do hồ cảm giữa hai vòng dây có dòng điện i_1, i_2 đi qua là:

$$W = i_1. i_2. M$$

Lực điện động tác dụng lên chúng theo chiều dọc trục sẽ là:

$$F = \frac{dW}{dh} = i_1 i_2 \frac{dM}{dh}$$

Với $\frac{h}{2R} < 0,2$ thì hồ cảm M có thể tính theo:

$$M = \mu_0 R \left(\ln \frac{8R}{h} - 2 \right)$$

Đạo hàm theo khoảng cách giữa hai vòng dây ta có:

$$\frac{dM}{dh} = \mu_0 \frac{R}{h}$$

Vậy LĐĐ giữa hai vòng dây với bán kính R và khoảng cách h :

$$F_h = \mu_0 i_1 i_2 \frac{R}{h}$$

Lực này càng lớn khi dòng điện càng lớn, khoảng cách giữa hai vòng dây càng bé và đường kính bởi dây càng lớn. Trong một cuộn dây lực này có xu hướng nén thấp chiều cao của cuộn dây.

4.2.4. Lực điện động ở điện xoay chiều:

Ở điện xoay chiều, vì dòng điện thay đổi tuần hoàn theo thời gian nên LĐĐ cũng thay đổi theo quy luật nhất định.

4.2.4a. Lực điện động ở mạch một pha:

Ở chế độ xác lập dòng điện chỉ có thành phần chu kỳ theo quy luật:

$$i = \sqrt{2} I. \sin \omega t = I_m \sin \omega t.$$

Lực điện động giữa hai dây dẫn có dạng:

$$F = 10^{-7} K_c I_m^2 \sin^2 \omega t = \frac{1}{2} F_m (1 - \cos 2\omega t).$$

Trong đó $F_m = 10^{-7} K_c I_m^2$ là giá trị biên độ của lực điện động [N]; I_m là giá trị biên độ của dòng điện [A].

Như vậy lực điện động có hai thành phần: Thành phần không đổi F_1 và thành phần biến đổi F_2 :

$$F = F_1 + F_2 = \frac{F_m}{2} - \frac{F_m}{2} \cos 2\omega t.$$

Trong đó thành phần biến đổi F_2 có tần số gấp đôi tần số dòng điện.

4.2.4b. Lực điện động ở mạch điện ba pha:

Xét ba dây dẫn ba pha cùng nằm trong một mặt phẳng có các dòng điện i_A, i_B, i_C với $I_A = I_B = I_C$. Nếu không kể tới thành phần không chu kỳ thì dòng điện ở các pha lệch nhau một góc $2\pi/3$:

$$i_A = I_m \sin \omega t; i_B = I_m \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right); i_C = I_m \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right)$$

Lực điện động tác dụng lên từng thanh dẫn được tính như sau:

$$\begin{aligned} F_A &= F_{AB} + F_{AC} \\ F_B &= F_{BA} + F_{BC} \\ F_C &= F_{CA} + F_{CB} \end{aligned}$$

Trong đó $F_{pq} = F_{qp}$ là lực giữa các dây dẫn pha p và pha q.

$$F_{AB} = F_{BA} = C_1 I_m^2 \sin \omega t \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right).$$

$$F_{AC} = F_{CA} = \frac{1}{2} C_1 I_m^2 \sin \omega t \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right).$$

$$F_{BC} = F_{CB} = C_1 I_m^2 \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right).$$

Với: $C_1 = 10^{-7} \cdot \frac{2l}{a}$; l là chiều dài dây dẫn; a là khoảng cách giữa hai pha cạnh

nhau. Thay giá trị của các lực vừa tìm được vào biểu thức trên rồi tìm giá trị max ta thu được:

$$F_{AmD} = -0.805 C_1 I_m^2; \quad F_{AmK} = 0.055 C_1 I_m^2.$$

$$F_{BmD} = F_{BmK} = 0.870 C_1 I_m^2.$$

$$F_{CmD} = 0.805 C_1 I_m^2; \quad F_{CmK} = -0.055 C_1 I_m^2.$$

Ký hiệu D – Lực đẩy; K – Lực kéo.

4.2.5. Cộng hưởng cơ khí và ổn định điện động của khí cụ:

4.2.5a. Cộng hưởng cơ khí:

Khi dòng điện xoay chiều đi qua thanh dẫn, LĐĐ phát sinh sẽ gây chấn động và có thể phát sinh cộng hưởng cơ khí nếu tần số dao động của LĐĐ bằng tần số dao động riêng của thanh dẫn. Khi đó biên độ của LĐĐ tăng lên nhiều lần, có thể phá hỏng kết cấu của thiết bị. Để tránh hiện tượng cộng hưởng không mong muốn này người ta tính toán sao cho tần số dao động cơ khí của hệ khác xa tần số dao động của LĐĐ.

Ở thanh dẫn thanh dẫn tiết diện chữ nhật hoặc tròn, tần số dao động riêng được tính theo công thức:

$$f_0 = \frac{K}{l^2} \sqrt{\frac{E.J}{\gamma.g.q}}$$

trong đó: γ - là khối lượng riêng của vật liệu làm thanh dẫn; kg/m^3 .

$g = 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$ - là gia tốc trọng trường.

E - là môđun đàn hồi thanh dẫn; $[\text{Pa}]$.

J - là mômen quán tính tiết diện thanh dẫn; $[\text{m}^4]$.

q - là tiết diện thanh dẫn; $[\text{m}^2]$.

l - là chiều dài thanh dẫn; $[\text{m}]$.

K là hệ số phụ thuộc vào cách cố định thanh dẫn: thanh dẫn bắt chặt cả hai đầu trên sứ cách điện $K = 11,2$; thanh dẫn một đầu bắt chặt một đầu tự do trên sứ đỡ $K = 7,8$; thanh dẫn có hai đầu nằm tự do trên sứ đỡ $K = 4,9$.

Từ công thức để tính tần số dao động riêng của thanh dẫn ta thấy có thể thay đổi f_0 bằng cách thay đổi l , k , J . Một trong những biện pháp để tránh cộng hưởng cơ khí là sử dụng dây dẫn mềm.

4.2.5b. Độ bền điện động của khí cụ điện:

Độ bền điện động của khí cụ điện là khả năng chịu tác động cơ khí do lực điện động khi ngắn mạch nguy hiểm nhất gây ra.

Nhìn chung để đảm bảo làm việc an toàn của khí cụ điện lắp đặt phải có điều kiện sau:

$$i_m > i_{xk}$$

i_m - Dòng điện lớn nhất cho phép đi qua khí cụ.

i_{xk} - Dòng điện xung kích tính toán khi ngắn mạch 3 pha nguy hiểm nhất gây ra.

Ngoài ra còn có thể dùng giá trị hệ số K_m là bội số dòng điện cho phép lớn nhất để kiểm tra ổn định:

$$\sqrt{2}I_{dm}.K_m \geq i_{xk}.$$

với I_{dm} - là dòng định mức.

Trong trường hợp trên khí cụ không ghi giá của i_m thì ta có thể xác định trị số hiệu dụng của nó theo biểu thức tham khảo sau:

$$I_{\text{đđ giới hạn}} = I_{xkmax} = 2,55. P_{ng}/\sqrt{3} U_{dm}. \quad (KA)$$

với: P_{ng} - Công suất ngắn (MVA).

U_{dm} - Điện áp định mức. (KV).

Chương 5: HỒ QUANG ĐIỆN

5.1.Đại cương về hồ quang điện.

5.1.1.Khái niệm chung:

Hồ quang điện là sự phóng điện trong chất khí với mật độ dòng điện lớn (10^2 đến 10^3 A/mm^2), điện áp rơi trên catốt bé (10V đến 20V), nhiệt độ hồ quang cao (6000 đến 18000° K) và kèm theo ánh sáng. Trên hình 4-2 trình bày sự phân bố điện áp, cường độ điện trường của hồ quang:

$$U_{AC} = U_A + U_C + U_{thq}$$

Vùng Catốt với khoảng cách ngắn (cỡ 10^{-3} mm) với U_C vào khoảng 10V đến 20V nên cường độ điện trường ở vùng này khá lớn (vào khoảng 20.10^6 V/mm). Trị số này phụ thuộc vào vật liệu làm điện cực và đặc tính của chất khí.

Vùng Anốt có điện áp rơi thấp, cỡ 5V đến 20V vì vậy E_A thấp hơn nhiều so với E_C .

Vùng thân hồ quang có cường độ điện trường E_{hq} hầu như không đổi, cỡ từ 1 V/mm^2 đến 20 V/mm^2 phụ thuộc vào tính dẫn nhiệt, tốc độ chuyển động của các phân tử khí, vận tốc di chuyển của hồ quang.

Điện áp rơi trên thân hồ quang U_{thq} phụ thuộc vào chiều dài hồ quang và được tính theo công thức:

$$U_{thq} = E_{hq} \cdot l_{hq}$$

Trong công nghệ, hồ quang được sử dụng như nhân tố hữu ích ở các qua, lò hồ quang ...v.v, vì vậy ở đây cần hồ quang cháy ổn định. Trong các thiết bị đóng cắt, hồ quang phát sinh trong quá trình chuyển mạch điện, và là nhân tố không mong muốn, vì vậy cần phải giảm hồ quang tới mức tối thiểu.

5.1.2. Quá trình phát sinh và dập tắt hồ quang:

Quá trình phát sinh và dập tắt hồ quang là quá trình ion hoá và quá trình khử ion

a) Quá trình ion hoá:

Ở điều kiện bình thường, môi trường chất khí gồm các phân tử trung hoà nên nó không dẫn điện. Nếu các phân tử trung hoà đó bị phân tích thành các điện tử tự do, các ion dương, và các ion âm thì nó trở nên dẫn điện. Quá trình tạo ra các điện tử tự do, các ion trong chất khí gọi là quá trình ion hoá. Quá trình này có thể xảy ra dưới tác dụng của ánh sáng, nhiệt độ, điện trường, va đập ... và có các dạng sau:

- Tự phát xạ điện tử.
- Phát xạ nhiệt điện tử.

- Ion hoá do va chạm .
- Ion hoá do nhiệt độ cao .

*) Quá trình tự phát xạ điện tử:

Còn gọi là phát xạ nguội điện tử, nếu có một điện trường đủ mạnh đặt lên điện cực, các điện tử tự do được cấp năng lượng và có thể bứt ra khỏi điện cực . Quá trình này phụ thuộc vào cường độ điện trường E và vật liệu làm điện cực:

$$J_{ae} = 120.E^2 . e^{\frac{-b}{E}}$$

trong đó: J_{ae} - là mật độ dòng điện tự phát xạ điện tử sinh ra.

E - là cường độ điện trường ở catốt .

b - là thông số phụ thuộc vào vật liệu làm catốt .

*) Quá trình phát xạ nhiệt điện tử:

Khi nhiệt độ của catốt cao các điện tử tự do trong điện cực có động năng lớn, có thể thoát ra khỏi bề mặt kim loại tạo nên dòng điện trong chất khí đó là hiện tượng phát xạ nhiệt điện tử . Quá trình phát xạ nhiệt điện tử phụ thuộc vào nhiệt độ điện cực, vật liệu làm điện cực và được biểu diễn theo công thức:

$$J_{Te} = 120.T^2 . e^{\frac{b}{T}}$$

trong đó: J_{Te} - là mật độ dòng điện do phát xạ nhiệt điện tử sinh ra .

T - là nhiệt độ tuyệt đối của catốt .

b - là thông số phụ thuộc vào kim loại làm điện cực .

*) Ion hoá do va chạm:

Dưới tác dụng của điện trường với cường độ cao (cỡ 10^3 V/mm) các điện tử tự do chuyển động với vận tốc lớn, đủ để bắn phá các phân tử trung hoà, tạo nên các ion âm và ion dương mới, đó là quá trình ion hoá do va chạm . Quá trình này phụ thuộc vào cường độ điện trường, mật độ các phân tử trong vùng điện cực, lực liên kết phân tử, khối lượng phân tử .

*) Ion hóa do nhiệt độ cao:

Khi nhiệt độ chất khí càng cao, chuyển động nhiệt của nó lớn, dễ va chạm và tách thành các ion, đó là quá trình ion hoá do nhiệt độ . Quá trình này phụ thuộc vào nhiệt độ vùng hồ quang, mật độ các phân tử khí và đặc tính của chất khí .

b) *Quá trình khử ion :*

- Quá trình khử ion là quá trình ngược với quá trình ion hoá, kết quả của quá trình này sẽ làm giảm số lượng ion trong vùng hồ quang . Quá trình khử ion được đặc trưng bởi hai hiện tượng – hiện tượng tái hợp và hiện tượng khuếch tán .

Hiện tượng tái hợp là hiện tượng các hạt mang điện trái dấu kết hợp với nhau thành các hạt trung hoà , quá trình này phụ thuộc vào mật độ các phân tử trong vùng hồ quang, nhiệt độ hồ quang .

Hiện tượng khuếch tán là hiện tượng di chuyển các ion ở vùng có mật độ cao sang vùng có mật độ thấp .

Trong hồ quang điện, tồn tại song song hai quá trình ion hoá và khử ion . Nếu quá trình ion hoá lớn hơn quá trình khử ion thì hồ quang sẽ phát triển mạnh dòng điện hồ quang tăng . Nếu quá trình khử ion cân bằng với quá trình khử ion thì

dòng điện hồ quang không tăng hồ quang cháy ổn định . Nếu quá trình khử ion lớn hơn quá trình ion hoá thì hồ quang sẽ tắt .

5.2. Hồ quang điện một chiều .

5.2.1. Đặc tính Von – Ampe:

Đặc tính quan trọng nhất của hồ quang là điện áp trên chúng với dòng điện . Đặc tính này được gọi là đặc tính von – ampe .

Dòng điện tăng kéo theo nhiệt độ hồ quang tăng, quá trình ion hoá do nhiệt cũng tăng, điện trở vùng hồ quang giảm . Điện áp trên hồ quang $U_{hq} = i.r_{hq}$ khi dòng điện hồ quang tăng, điện trở hồ quang giảm đột ngột làm giảm điện áp trên hồ quang .

Quan hệ giữa điện áp theo dòng điện trên hồ quang khi dòng điện biến đổi chậm gọi là đặc tính tĩnh von – ampe của hồ quang . Đặc tính tĩnh của hồ quang phụ thuộc vào khoảng cách giữa các điện cực Q (Chiều dài hồ quang) , vật liệu làm điện cực và các thông số của môi trường mà hồ quang cháy trong đó .

5.2.2. Điều kiện cháy ổn định và dập tắt hồ quang:

Khảo sát phương trình cân bằng điện áp ở hình vẽ 4 -3b với chiều dài hồ quang không đổi:

$$U = i.R + L.\frac{di}{dt} + u_{hq}$$

Trên đồ thị ta xây dựng đặc tính tĩnh Von – Ampe hồ quang và đường thẳng: $u = U - i.R$.

Đối với dòng điện i , tại các điểm A, B

đại lượng $L.\frac{di}{dt} = 0$ tại các điểm này có

trạng thái dừng . Đối với dòng điện i_2 đoạn $U - i.R > U_{hq}$ do đó ở điểm này

$L.\frac{di}{dt} > 0$ như vậy dòng điện trên điện

cảm phát sinh điện áp dương $L.\frac{di}{dt}$ làm

tăng dòng điện cho đến khi $L.\frac{di}{dt} = 0$ tức

là rơi vào điểm B . Nếu vì một lý do nào đó dòng i_2 tăng lên thì sẽ phát sinh điện

áp $L \cdot \frac{di}{dt} < 0$ khi ấy dòng điện i_2 làm dòng i_2 giảm đi nghĩa là kéo về điểm B hay

điểm B là điểm cân bằng ổn định .

Bây giờ ta xét quá trình biến thiên điện áp gần điểm A , giả sử dòng điện trong mạch bằng $i_1' < i_1$ rõ ràng trong trường hợp này phát sinh điện áp $L \cdot \frac{di}{dt} < 0$ và dòng điện trong mạch sẽ giảm xuống tới mức hồ quang sẽ tàn lụi còn nếu dòng điện $i_1' > i_1$ thì sẽ phát sinh điện áp $L \cdot \frac{di}{dt} > 0$ và dòng điện quay trở lại giá trị ở điểm B .

Như vậy điểm A là điểm cân bằng không ổn định, ra khỏi nó dòng điện trong mạch hoặc sẽ bằng i_2 hoặc sẽ bằng 0 hồ quang bị dập tắt.

Trong các khí cụ điện , người ta sử dụng các biện pháp sao cho hồ quang bị dập tắt trong thời gian ngắn nhất . Rõ ràng là để dập tắt hồ quang ở mọi giá trị dòng điện,

điện áp $L \cdot \frac{di}{dt}$ phải âm . Để thực hiện được điều này cần phải sao cho $u_{hq} > U -$

$i.R$. Điều này có thể thực hiện được bằng cách nâng đặc tính Von – Ampe lên hoặc tìm cách tăng điện trở của mạch . Đặc tính Von – Ampe có thể nâng lên được vì tăng chiều dài hồ quang, tăng cường làm lạnh, nâng cao áp lực môi trường trong đó hồ quang đang cháy .

5.2.3. Quá điện áp trong khi ngắt hồ quang điện một chiều :

Điện áp trên các tiếp điểm tại thời điểm 0 của dòng điện gọi là điện áp dập hồ quang . Khi $i = 0$ phương trình cân bằng điện áp có dạng:

$$U = L \cdot \frac{di}{dt} + u_{hq}$$

$$u_{hq} = U - L \cdot \frac{di}{dt}$$

Nhưng vì $L \cdot \frac{di}{dt} < 0$ nên có thể viết:

$$u_{hq} = U + \left| L \cdot \frac{di}{dt} \right|_{i=0}$$

Như vậy tại thời điểm dập hồ quang điện áp trên các tiếp điểm bằng điện áp nguồn cộng với môđul của điện áp trên điện cảm . Sự tăng điện áp trên các tiếp điểm tại thời điểm ngắt so với điện áp nguồn cung cấp gọi là sự quá điện áp . Điện cảm càng lớn, tốc độ ngắt càng lớn thì quá điện áp càng lớn . Cần lưu ý rằng với một mạch điện cho trước hệ số điện cảm càng lớn thì tốc độ suy giảm dòng điện càng nhỏ . Hệ số quá điện áp được định nghĩa:

$$k = \frac{u_{hq}}{U} = 1 + \frac{\left| L \cdot \frac{di}{dt} \right|_{i=0}}{U}$$

Điện áp phát sinh trên các tiếp điểm có thể vượt quá điện áp nguồn hàng chục lần . Khi đó cách điện của bản thân khí cụ và mạch điện bị ngắt lâm vào tình trạng quá tải nguy hiểm .

Để tránh hiện tượng này người ta sử dụng các biện pháp sau đây :

- Mắc một điện trở song song với tải .
- Mắc song song với tải một tụ điện và một điện trở .
- Mắc một diốt song song với tải .

5.3. Hồ quang điện xoay chiều .

5.3.1.Đặc điểm của hồ quang điện xoay chiều:

Ở hồ quang điện xoay chiều, dòng điện và điện áp biến thiên tuần hoàn theo chu kỳ của lưới điện . Vì hồ quang là điện trở phi tuyến nên dòng điện và điện áp của hồ quang trùng pha nhau .

Đặc tính Von – Ampe của hồ quang điện xoay chiều được trình bày trên hình 4-5b .

Trong $1/4$ chu kỳ đầu, điện áp hồ quang tăng nhanh đến trị số cháy (Theo điện áp nguồn) Khi hồ quang cháy, điện áp giảm dần . Dòng điện tăng từ 0 đến điểm cháy và khi $t = T/4$, dòng điện đạt trị số cực đại và điện áp trên hồ quang gần như không đổi . Ở $1/4$ chu kỳ sau, dòng điện giảm dần, đến thời điểm tắt, điện áp hồ quang tăng sau đó về 0 và dòng điện cũng về 0 . Nếu hồ quang cháy ổn định thì quá trình lặp lại ở nửa chu kỳ sau .

Tại thời điểm dòng điện đi qua 0, hồ quang không được cấp năng lượng nên quá trình khử ion xảy ra ở vùng điện cực rất mạnh và nếu điện áp đặt lên hai điện cực bé hơn trị số điện áp cháy thì hồ quang sẽ tắt hẳn .

Cần chú ý rằng dòng điện đi qua giá trị 0 nó không còn biến thiên theo quy luật hình sin liên tục nữa, vì lúc này quá trình khử ion xảy ra rất mạnh nên điện trở hồ quang lớn có thể coi như dòng điện bằng 0 . Khoảng thời gian này phụ thuộc vào đặc tính tải , dòng điện hồ quang ... và gọi là thời gian không dòng điện hồ quang.

5.3.2. Quá trình phục hồi độ bền điện và phục hồi điện áp:

Khi cắt mạch điện hai tiếp điểm tách rời nhau và giữa chúng phát sinh hồ quang . Khi dòng điện đi qua giá trị 0 , ở khu vực hồ quang đồng thời xảy ra hai quá trình: quá trình phục hồi độ bền điện và quá trình phục hồi điện áp .

Quá trình phục hồi độ bền điện được đặc trưng bởi quá trình khử ion mãnh liệt khi dòng điện đi qua 0 làm khu vực hồ quang mất tính dẫn điện . Đại lượng đặc trưng cho độ cách điện giữa hai điện cực là điện áp chọc thủng U_{ct} . Với $i = 0$ ta có U_{ct0} và nó có trị số vào khoảng 150v đến 250v ở môi trường không khí và hồ quang cháy tự nhiên . Với thời gian tăng U_{ct} tăng tuyến tính, phụ thuộc vào môi trường cháy của hồ quang và trạng bị dập hồ quang .

Quá trình phục hồi điện áp là quá trình thành lập điện áp trên hai cực kể từ khi hồ quang tắt cho tới khi điện áp đạt trị số điện áp nguồn . Quá trình này diễn ra phức tạp và phụ thuộc vào đặc tính của mạch điện cắt . Sau thời điểm dòng điện bằng 0 nếu trị số điện phục hồi thấp hơn trị số điện áp chọc thủng thì hồ quang sẽ tắt hẳn

5.4. Các biện pháp và trạng bị dập hồ quang .

Để tăng quá trình khử ion người ta thường dùng các biện pháp dập hồ quang như : Kéo dài hồ quang, phân đoạn hồ quang, thổi hồ quang bằng từ, cho hồ quang tiếp xúc với bề mặt khử ion, thổi hồ quang và làm nguội hồ quang bằng dầu biến áp, thổi hồ quang bằng khí nén, cho hồ quang cháy trong môi trường đặc biệt, nối điện trở sun cho hồ quang ...

5.4.1. Kéo dài hồ quang bằng cơ khí:

Khi hồ quang bị kéo dài, thân hồ quang bị nhỏ lại và dài ra, tăng bề mặt tiếp xúc với môi trường, vì vậy hồ quang bị tỏa nhiệt và khuếch tán nhanh, làm tăng quá trình khử ion . Muốn kéo dài hồ quang bằng cơ khí phải tăng khoảng cách giữa các tiếp điểm . Biện pháp này chỉ áp dụng ch các thiết bị đóng cắt có dòng điện bé và điện áp thấp . Với các thiết bị đóng cắt có dòng điện lớn hơn chiều dài tự do của hồ quang khá lớn nên không thể tăng khoảng cách vì sẽ làm tăng kích thước của thiết bị . Với các thiết bị đóng cắt cao áp , dòng điện nhỏ có thể sử dụng phương pháp này.

5.4.2. Phân đoạn hồ quang:

Phân đoạn hồ quang tức là chia hồ quang thành từng đoạn nhỏ . Dòng điện xoay chiều trên mỗi phân đoạn có điện áp chọc thủng cỡ 150V đến 250V do vậy ở các

công tắc tơ có điện áp đến 500V có thể phân làm 2 đoạn ở một pha với các tiếp điểm dạng cầu . Đối với dòng điện một chiều thì chiều dài tổng khi phân đoạn sẽ lớn hơn nhiều so với khi không phân đoạn do tác dụng của lực điện động, cho nên hồ quang dễ bị dập tắt hơn . Dập hồ quang bằng phương pháp phân đoạn được sử dụng rộng rãi ở các thiết bị hạ áp .

5.4.3. Thổi hồ quang bằng từ:

Nguyên lý này được sử dụng rộng rãi cho các thiết bị đóng cắt hạ áp với mọi cỡ dòng điện . Với dòng điện một chiều hồ quang khó bị dập tắt hơn nên người ta còn dùng cuộn thổi từ nối tiếp với dòng điện hồ quang . Khi dòng điện cắt càng lớn lực thổi hồ quang càng mạnh . Người ta còn có thể kéo dài hồ quang bằng cách thổi hồ quang qua các buồng dập hồ quang có dạng quanh co díc dắc .

5.4.4. Dập tắt hồ quang điện trong dầu biến áp:

Ở các thiết bị đóng cắt điện áp cao và dòng điện lớn , môi trường cháy của hồ quang là dầu biến áp. Dầu biến áp có độ bền điện cao, độ dẫn nhiệt tốt . Khi hồ quang cháy trong dầu dưới tác dụng của nhiệt lượng hồ quang dầu ở khu vực cháy bị phân tích thành các chất khí, hơi có độ bền điện khá cao nên hồ quang dễ bị dập tắt hơn . Người ta còn lợi dụng áp suất cao của hỗn hợp khí hơi để thổi bay hồ quang . Tùy thuộc vào hướng thổi, cách thổi ta có thổi dọc hay ngang, tự thổi hoặc tự sinh khí .

5.4.5. Thổi hồ quang bằng khí nén:

Đây là phương pháp thổi cưỡng bức , không khí sạch và khô được nén với áp suất cao có độ bền điện lớn . Khi hồ quang xuất hiện người ta dùng khí này để dập tắt nó . Có thể thổi theo nguyên lý thổi dọc, thổi ngang hoặc thổi hỗn hợp .

5.4.6. Dập hồ quang trong môi trường đặc biệt:

Hồ quang có thể được dập tắt trong các chất khí đặc biệt hoặc trong chân không . Phương pháp này thường sử dụng với các thiết bị đóng cắt có điện áp cao .

5.4.7. Nối điện trở song song với hồ quang:

Đây là biện pháp được sử dụng nhiều với các thiết bị đóng cắt cao áp , có chỗ cắt trong một pha từ hai chỗ trở lên .

Chương 6: TIẾP XÚC ĐIỆN.

6.1. Đại cương.

6.1.1. Khái niệm:

Tiếp xúc điện là nơi gặp gỡ chung của hai hay nhiều vật dẫn để cho dòng điện đi qua từ vật dẫn này sang vật dẫn khác . Bề mặt tiếp xúc cho dòng điện đi qua gọi là bề mặt tiếp xúc điện .

Dựa vào mối liên kết tiếp xúc người ta chia tiếp xúc điện ra làm ba dạng: Tiếp xúc cố định, tiếp xúc đóng mở và tiếp xúc trượt.

Dựa vào hình dạng chỗ tiếp xúc người ta chia tiếp xúc thành ba loại: Tiếp xúc điểm, tiếp xúc đường và tiếp xúc mặt .

6.1.2.Điện trở tiếp xúc :

Khi hai vật dẫn tiếp xúc với nhau , thực tế chỉ có một số điểm tiếp xúc . Tại những điểm tiếp xúc này mật độ dòng điện tăng cao tổn hao năng lượng lớn nên sụt áp và nhiệt độ tại điểm tiếp xúc cao. Nếu có lực ép lên tiếp điểm lớn , các điểm tiếp xúc này sẽ biến dạng dẻo và tạo ra các điểm tiếp xúc mới . Vì diện tích tiếp xúc thực tế bị thu nhỏ lại nên đường đi của dòng điện bị cong và dài ra do vậy làm cho điện trở tăng lên .

Vậy điện trở tiếp xúc là điện trở do hiện tượng đường đi của dòng điện bị kéo dài tại chỗ tiếp xúc tạo nên. Điện trở tiếp xúc được xác định bằng biểu thức kinh nghiệm :

$$R_{tx} = \frac{K}{F^m}$$

trong đó : K là hệ số phụ thuộc vào vật liệu làm tiếp điểm và trạng thái bề mặt của nó .

m là hệ số phụ thuộc vào kiểu tiếp xúc .

F là lực ép lên tiếp điểm .

R là điện trở tiếp xúc .

Các yếu tố ảnh hưởng tới điện trở tiếp xúc gồm : độ cứng của vật liệu , điện trở suất của vật liệu , tình trạng bề mặt tiếp xúc , dạng bề mặt , lực ép lên tiếp điểm và nhiệt độ của tiếp điểm .

Nếu vật liệu làm tiếp điểm mềm thì dù lực ép lên tiếp điểm nhỏ điện trở tiếp xúc cũng nhỏ . Vì vậy ở các tiếp xúc cố định có dòng điện lớn người ta thường phủ lên bề mặt tiếp xúc một lớp vật liệu mềm trước khi cố định chúng bằng bulông , xà ép .

Điện trở tiếp xúc giảm nếu lực ép lên tiếp điểm tăng vì diện tích tiếp xúc tăng . Quan hệ giữa điện trở tiếp xúc và lực ép lên tiếp điểm như trong hình 5-4 .

Điện trở tiếp xúc phụ thuộc vào dạng tiếp xúc ; Khi lực ép lên tiếp điểm nhỏ tiếp xúc điểm có điện trở tiếp xúc bé hơn , còn khi lực ép lớn thì ngược lại , tiếp xúc mặt có điện trở tiếp xúc nhỏ nhất rồi đến tiếp xúc đường và cuối cùng mới đến tiếp xúc điểm . Vì vậy tiếp xúc điểm chỉ dùng cho những tiếp điểm có dòng điện bé .

Nhiệt độ tiếp điểm cũng có ảnh hưởng tới điện trở tiếp xúc . Khi nhiệt độ tiếp điểm tăng điện trở tiếp xúc cũng tăng theo quan hệ :

$$R_{tx} = R_{tx0} \cdot (1 + \frac{2}{3} \alpha_T \cdot \theta_{tx})$$

trong đó : R_{tx0} là điện trở tiếp xúc ở $0^\circ C$; α_T là hệ số nhiệt điện trở của vật liệu .

Lớp ôxyt cũng có ảnh hưởng tới điện trở tiếp xúc , lớp ôxyt làm điện trở tăng cao . Khi nhiệt độ tăng tiếp điểm càng dễ bị ôxy hóa nên càng làm tăng điện trở tiếp xúc . Độ ẩm , độ ẩm của môi trường xung quanh cũng làm điện trở tiếp xúc

tăng . Để tránh hiện tượng trên người ta thường sử dụng các biện pháp như : Phủ các lớp đặc biệt để chống tác động của môi trường , nâng cấp bảo vệ của các thiết bị đóng cắt ...

6.2.Tiếp điểm khí cụ điện

6.2.1.Vật liệu làm tiếp điểm :

Các yêu cầu chính đối với vật liệu làm tiếp điểm là : Dẫn điện , dẫn nhiệt tốt , ít bị tác động của môi trường như ôxy hoá , ăn mòn điện hoá , điện trở tiếp xúc bé , ít bị mòn về cơ và điện , chịu được nhiệt độ cao , trị số dòng điện , điện áp tạo hồ quang lớn , dễ gia công , giá thành hạ .

- Đồng là kim loại màu được dùng nhiều nhất trong các thiết bị điện . Ưu điểm chính của đồng là dẫn điện tốt , dẫn nhiệt tốt , tương đối cứng , có trị số dòng điện , điện áp tạo hồ quang trung bình , dễ gia công , giá thành hạ .

Nhược điểm của đồng là nhiệt độ nóng chảy thấp , dễ bị tác động của môi trường , nên bề mặt có một lớp ôxyt đồng có điện trở suất cao .

Để giảm điện trở tiếp xúc , trong trường hợp tiếp điểm bằng đồng cần lực ép lên tiếp điểm lớn . Vì đồng ít có khả năng chịu hồ quang nên không dùng để chế tạo các loại tiếp điểm thường xuyên đóng cắt với dòng điện lớn .

- Bạc có các ưu điểm chính là dẫn điện , dẫn nhiệt rất tốt , khó bị tác động của môi trường . Lớp ôxyt bạc mỏng , dễ bị phá vỡ vì có độ bền cơ khí kém . Điện trở tiếp xúc của bạc bé , ổn định nên không cần lực ép lên tiếp điểm lớn . Nhược điểm của bạc là chịu hồ quang , va đập kém do vậy nó không dùng để làm tiếp điểm thường xuyên đóng cắt với dòng điện lớn . Các tiếp điểm hồ quang bé và các tiếp điểm không chịu hồ quang ở các thiết bị đóng cắt có dòng điện lớn thường được chế tạo bằng bạc .

- Vonfram là kim loại có nhiệt độ nóng chảy khá cao nên chịu được hồ quang . Kim loại này khó hàn , ít bị ôxy hoá , có độ cứng cao , ít mòn nhưng điện trở suất cao . Vì vậy thường dùng làm tiếp điểm hồ quang ở các thiết bị đóng cắt có công suất lớn .

- Kim loại gốm : các kim loại nguyên chất không đáp ứng được đầy đủ các yêu cầu của tiếp điểm . Người ta chế tạo các kim loại gốm từ các bột kim loại thành phần , gia công theo phương pháp đặc biệt . Tuỳ thuộc vào yêu cầu của tiếp điểm mà thành phần vật liệu được pha trộn theo tỷ lệ thích hợp .

6.2.2. Kết cấu của tiếp điểm :

Tuỳ theo chức năng , yêu cầu của thiết bị đóng cắt và công suất (dòng điện , điện áp) mà tiếp điểm phải chịu , người ta sử dụng những kết cấu thích hợp của tiếp điểm .

a.Tiếp điểm kiểu côngson :

(Hình 5-7) thường dùng cho dòng điện bé (đến 5A) tải nhẹ

dạng tiếp xúc điểm không có lò xo tiếp điểm mà lợi dụng tính đàn hồi của thanh dẫn động để tạo lực ép lên tiếp điểm .

b) Tiếp điểm kiểu bắc cầu (hình 5-8) :

Với đặc điểm một pha có hai chỗ ngắt nên hồ quang bị phân đoạn , tiếp điểm chuyển động thẳng , lò xo ép tiếp điểm dạng xoắn , hình trụ làm việc ở chế độ nén . Kết cấu này thường dùng trong các công tắc tơ , khởi động từ có dòng điện định mức từ vài chục đến vài trăm ampe.

c) Tiếp điểm hình ngón (Hình 5-9):

Với tiếp điểm kiểu này một pha có một chỗ ngắt nên phần động chuyển động quay , sử dụng dây dẫn mềm để nối với tiếp điểm động . Loại kết cấu này thường sử dụng trong các máy cắt hạ áp , thiết bị đóng cắt có chế độ làm việc nặng nề .

d) Tiếp điểm kiểu dao (hình 5-11) :

Kết cấu này thường dùng cho cầu dao với dòng điện thấp (Vài chục ampe) . Lực ép lên tiếp điểm nhờ lực đàn hồi của đồng lá tiếp điểm tĩnh . Với tiếp điểm có dòng điện lớn người ta dùng tấm thép lò xo dạng phẳng để tạo lực ép tốt hơn.

e) Tiếp điểm kiểu nêm(hình 5-12) :

Với kết cấu kiểu này cho phép dòng điện định mức lớn đi qua , nhưng đập hồ quang không có lợi , vì dễ làm hỏng bề mặt tiếp xúc. Loại này thường dùng ở dao cách ly điện áp cao .

g) Tiếp điểm kiểu đối (hình 5-13):

Tiếp điểm động có dạng hình trụ đặc phần đầu có dạng hình cầu bằng kim loại chịu hồ quang .

6.2.3. Nguyên nhân hư hỏng tiếp điểm và biện pháp khắc phục :

Xung quanh điểm tiếp xúc có nhiều hốc nhỏ ly ty , hơi nước đọng lại các chất có hoạt tính hóa học lớn thấm vào gây nên các phản ứng hóa học tạo nên lớp màng mỏng giòn dễ vỡ khi va đập , do vậy bề mặt tiếp xúc bị mòn dần đó là hiện tượng ăn mòn kim loại . Điện trở suất của lớp màng mỏng rất lớn so với điện trở suất của kim loại làm vật dẫn , do đó điện trở tiếp xúc tăng khi hình thành màng mỏng .

Sự ô xy hóa làm điện trở tiếp xúc tăng lên , đặc biệt ở nhiệt độ $> 70^{\circ}\text{C}$, khi đốt nóng và làm nguội liên tục làm tăng tốc độ ô xy hóa .

Ngoài ra với mỗi kim loại có một điện thế hóa học nhất định , khi hai kim loại tiếp xúc với nhau sẽ có hiệu điện thế giữa chúng và tạo điều kiện thuận lợi cho sự ô xy hóa . Hơn nữa nếu hơi nước đọng trên bề mặt có chất điện phân thì do có hiệu điện thế nên sẽ có dòng điện chạy qua giữa chúng , kim loại có độ hòa tan lớn sẽ bị ăn mòn trước .

Để giảm bớt điện trở tiếp xúc thường tiến hành mạ điện . Lớp kim loại bao phủ có tác dụng bảo vệ kim loại chính . Đồng thời để bảo vệ tốt bề mặt kim loại , kim loại mạ cần có điện thế hóa học càng gần với kim làm tiếp điểm càng tốt , tăng lực ép lên tiếp điểm và giảm bớt khe hở không khí sẽ làm giảm bớt độ ăn mòn .

6.2.4. Sự làm việc của kim loại khi ngắn mạch :

Khi quá tải , đặc biệt là khi ngắn mạch nhiệt độ chỗ tiếp xúc của tiếp điểm lên rất cao làm giảm tính đàn hồi và cường độ cơ khí của tiếp điểm . Nhiệt độ cho phép khi ngắn mạch đối với đồng thau là 200°C đến 300°C còn của nhôm là 150°C đến 200°C . Ta phân biệt ba trường hợp sau :

- Tiếp điểm đang ở trạng thái đóng thì xảy ra ngắn mạch : Tiếp điểm sẽ bị nóng chảy và bị hàn dính . Kinh nghiệm cho thấy nếu lực ép lên tiếp điểm càng lớn thì trị số dòng điện để làm cho tiếp điểm nóng chảy và bị hàn dính càng lớn . Do đó tiếp điểm cần có lực ép lớn .

- Tiếp điểm đang trong quá trình đóng thì xảy ra ngắn mạch : Lúc đó sẽ phát sinh lực điện động làm tách rời tiếp điểm ra xa nhưng do chấn động cũng dễ sinh hiện tượng bị hàn dính .

- Tiếp điểm đang trong quá trình mở thì bị ngắn mạch : Trường hợp này sẽ phát sinh hồ quang làm nóng chảy và mài mòn tiếp điểm .

Phần II: KHÍ CỤ ĐIỆN HẠ ÁP VÀ CAO ÁP .

Chương 7: KHÍ CỤ ĐIỆN ĐIỀU KHIỂN BẰNG TAY.

7.1. Cầu dao .

7.1.1. Khái quát và công dụng:

Cầu dao là khí cụ điện đóng ngắt bằng tay đơn giản, dùng để đóng ngắt các mạch điện có điện áp nguồn cung cấp đến $220\text{V} - \text{DC}$ và $380\text{V} - \text{AC}$

Cầu dao thường sử dụng để đóng cắt các mạch điện công suất nhỏ và khi làm việc không yêu cầu thao tác đóng cắt nhiều . Với mạch điện có công suất trung bình và lớn cầu dao được dùng để đóng cắt không tải.

Riêng cầu dao phụ tải có thể đóng cắt dòng điện định mức, kể cả khi quá tải nhỏ . Loại này có thể chịu được dòng ngắn mạch nhưng không có khả năng cắt ngắn mạch .

Một cầu dao đơn giản có cấu tạo như hình vẽ

- 1.Đế cách điện .
- 2.Tiếp xúc tĩnh .
- 3.Lưỡi dao chính .
- 4.Lưỡi dao phụ.
- 5.Lò xo bật nhanh .
- 6.Tay nắm .

Các tiếp điểm của cầu dao thường làm bằng đồng đỏ . Khi đóng, thân dao chêm vào má dao, nhờ lực đàn hồi của má dao ép vào thân dao nên điện trở tiếp xúc bé . Tiếp xúc tĩnh của cầu dao có dạng kẹp . Với dòng điện lớn , để giảm điện trở tiếp xúc tiếp điểm tĩnh còn có thêm lò xo tiếp điểm .

Trong quá trình ngắt, hồ quang xuất hiện giữa tiếp điểm động và tiếp điểm tĩnh , nó được dập tắt nhờ sự kéo dài hồ quang bằng cơ khí và l.đ.đ hướng kính tác động lên hồ quang .

Lực điện động tác dụng lên hồ quang được tính theo công thức:

$$F = \frac{I^2}{4\pi l} \frac{dL}{dl}$$

trong đó I là dòng điện ngắt; l là chiều dài hồ quang; L điện cảm của mạch điện . Vì dL /dl thay đổi rất ít nên l.đ.đ lớn khi dòng điện ngắt lớn và chiều dài thân dao bé .

Để tăng khả năng ngắt của cầu dao, ở một vài loại người ta có lắp thêm dao phụ và buồng dập hồ quang . Khi đóng dao phụ tiếp xúc với tiếp điểm tĩnh trước, khi ngắt dao phụ ngắt sau . Bằng cách này hồ quang không xuất hiện trên lưỡi dao chính, bảo vệ được lưỡi dao chính .

7.1.2. Phân loại:

Có thể phân loại cầu dao theo các cách khác nhau:

- Theo số cực có loại 1 cực, 2 cực, 3 cực.
- Theo điện áp định mức: 250V, 500V.
- Theo dòng điện định mức có loại: 15A, 25A, 30A, ... 1000A.
- Theo vật liệu cách điện có: Đế sứ, đế đá , đế nhựa bakêlít .
- Theo điều kiện bảo vệ: loại có hộp loại không có hộp.
- Theo yêu cầu sử dụng có loại: có cầu chì, loại không có cầu chì .

7.1.3. Một số thông số kỹ thuật:

- Loại cầu dao .
- Dòng điện định mức .
- Dòng điện giới hạn khi cắt .
- Tần số dòng điện .

- Điện áp định mức.

(Ví dụ chi tiết bảng 10.10V; 10.11;10.12 TL2).

7.2.Công tắc .

7.2.1. Khái quát và công dụng:

Công tắc là một loại khí cụ đóng cắt bằng tay kiểu hộp, dùng để đóng cắt mạch điện có công suất bé, có điện áp một chiều đến 440V và điện áp xoay chiều đến 500V .

Công tắc hộp thường dùng để cấp nguồn cho các máy công cụ, đóng mở trực tiếp các động cơ điện có công suất bé, hoặc dùng để đổi nối Y / ∇ .

7.2.2.Phân loại và cấu tạo:

*)Phân loại: - Theo hình dạng bên ngoài người ta chia ra: Loại hở, loại bảo vệ, loại kín .

- Theo công dụng người ta chia ra: Công tắc đóng ngắt trực tiếp, công tắc chuyển mạch (công tắc vạn năng c) , công tắc hành trình .

*)Cấu tạo:

a) Công tắc đổi nối kiểu hộp: (Hình 9-6).

Phần chính là tiếp điểm tĩnh 3 gắn trên các vành nhựa bakêlít cách điện 2 có hai đầu vặn vít thò ra khỏi hộp .

Các tiếp điểm động 4 gắn trên cùng trục và cách điện với trục C, nằm ở các mặt phẳng khác nhau tương ứng với vành 2.Khi quay trục đến vị trí thích hợp sẽ có một số tiếp điểm động đến tiếp xúc với tiếp điểm tĩnh, còn một số khác sẽ rời khỏi tiếp điểm tĩnh . Chuyển dịch tiếp điểm động nhờ cơ cấu cơ khí có núm vặn 5. Ngoài ra còn có lò xo phản kháng đặt trong vỏ để tạo nên sức bật nhanh làm cho hồ quang được dập tắt nhanh chóng .

b) Công tắc vạn năng : (Hình 9-7;9-8).

Gồm các đoạn riêng rẽ cách điện với nhau và lắp trên cùng một trục có tiết diện vuông . Các tiếp điểm 1và 2 sẽ đóng và mở nhờ xoay vành cách điện 3 lồng trên trục 4 khi ta vặn công tắc .Tay gạt công tắc có một số vị trí chuyển đổi trong đó các tiếp điểm sẽ đóng hoặc ngắt theo yêu cầu .

c) Công tắc hành trình : (Hình 9-9;9-10;9-11).

Công tắc hành trình và công tắc điểm cuối dùng để đóng cắt chuyển đổi mạch điện điều khiển trong truyền động điện tự động theo tín hiệu hành trình ở các cơ cấu chuyển động cơ khí nhằm tự động điều khiển hành trình làm việc hay tự động ngắt điện ở cuối hành trình để đảm bảo an toàn. Tùy theo cấu tạo công tắc hành trình và công tắc điểm cuối có thể chia thành: Kiểu ấn, kiểu đòn, kiểu trụ và kiểu quay .

+ Công tắc hành trình kiểu nút ấn:

Hình 9-9 là sơ đồ cấu tạo của công tắc hành trình BK -111 . Công tắc gồm đế cách điện 1 trên đó có lắp các cặp tiếp điểm (Tiếp điểm động 4 và tiếp điểm tĩnh 2T). Công tắc này thường lắp ở cuối hành trình . Khi cơ cấu điều khiển tác động lên nút 6 trục 3 sẽ đi xuống mở cặp tiếp điểm trên và đóng cặp tiếp điểm dưới . sau khi cơ cấu điều khiển nhả ra lò xo 5 sẽ đẩy trục 3 và các tiếp điểm sẽ trở lại vị trí ban đầu .

+ Công tắc hành trình kiểu té vi:

Hình 9-10. Khi cần chuyển đổi trạng thái với độ chính xác cao (0,3 – 0,7mm) người ta dùng công tắc hành trình kiểu té vi.

Công tắc này có một tiếp điểm thường đóng và một tiếp điểm thường mở. Các tiếp điểm lắp trên đế nhựa 5, tiếp điểm động 3 Gắn trên đầu tự do của lò xo lá 4 . Khi ấn lên nút 6 lò xo lá 4 bị biến dạng

Sau khi ấn nút 6 tụt xuống một khoảng xác định lò xo lá 4 sẽ bật nhanh xuống dưới làm cho tiếp điểm trên mở ra và tiếp điểm dưới đóng lại . Khi thôi ấn nút 6 công tắc tự động trở về trạng thái ban đầu .

+ Công tắc hành trình kiểu đòn:

Hình 9-11. Khi cần có động tác chuyển đổi chắc chắn trong điều kiện hành trình dài, người ta sử dụng công tắc hành trình kiểu đòn . Then khóa 6 có tác dụng giữ chặt tiếp điểm ở vị trí đóng . Khi cơ cấu công tắc tác dụng lên con lăn 1, đòn 2 sẽ quay ngược chiều kim đồng hồ, con lăn 12 nhờ lò xo 14 sẽ làm cho đĩa 11 quay đi, cặp tiếp điểm 7-8 mở ra cặp 9-10 đóng lại . Lò xo 5 sẽ kéo

đòn 2 về vị trí ban đầu khi không có lực tác động lên 1 nữa .

7.2.3. Các thông số kỹ thuật:

- Kiểu công tắc .
- Dòng điện định mức: Ở điện áp một chiều; ở điện áp xoay chiều .
- Khả năng đóng cắt .
- Tần số.

7.3. Nút ấn

7.3.1. Khái quát và công dụng:

Nút ấn còn gọi là nút điều khiển, là loại khí cụ dùng để đóng cắt từ xa các thiết bị điện từ khác nhau, các dụng cụ báo hiệu và để chuyển đổi các mạch điện điều khiển, tín hiệu, liên động, bảo vệ .

7.3.2. Phân loại và cấu tạo:

- Theo hình dáng bên ngoài người ta chia ra làm 4 loại: Loại hở, loại bảo vệ, loại chống nước chống bụi, loại bảo vệ chống nổ .
- Theo yêu cầu điều khiển người ta chia ra loại một nút, loại hai nút, loại ba nút .
- Theo kết cấu bên trong người ta chia ra loại có đèn và loại không có đèn

Hình vẽ 9-12, mô tả một nút ấn có tiếp điểm thường đóng 3 và tiếp điểm thường mở 5, tiếp điểm động kiểu cầu 4 . Tiếp điểm được chế tạo bằng đồng hay bạc . Khi ta ấn lên nút 1, thông qua trục 7 sẽ mở tiếp điểm thường đóng và đóng tiếp điểm thường mở . Khi thôi không ấn nữa thì phần động sẽ trở lại trạng thái ban đầu dưới tác dụng của lò xo nhả 2 .

7.3.3. Các thông số kỹ thuật:

- Điện áp định mức .
- Dòng điện định mức .
- Tần số của lưới.
- Khả năng đóng cắt .

7.4. Bộ không chế .

7.4.1. Khái quát và công dụng:

Bộ không chế là khí cụ dùng để chuyển đổi mạch điện bằng tay gạt hay vô lăng quay, điều khiển trực tiếp hoặc gián tiếp từ xa, thực hiện các chuyển đổi phức tạp để điều khiển, khởi động, đảo chiều quay , điều chỉnh tốc độ .v.v... các máy điện, thiết bị điện .

7.4.2. Phân loại và cấu tạo:

Tùy theo cấu tạo bộ không chế có thể chia thành:

- Bộ không chế phẳng .
- Bộ không chế hình trống .
- Bộ không chế hình cam .

a) *Bộ không chế phẳng :*

Bộ không chế phẳng có nhiều cấp tiếp xúc, khả năng tải nhỏ . Loại này được dùng ở nơi cần nhiều cấp tiếp xúc để điều chỉnh kích từ, khởi động và điều chỉnh tốc độ động cơ . Bộ không chế phẳng có thể điều khiển bằng tay hoặc động cơ

b) Bộ không chế hình trống :

Trên hình vẽ là bộ không chế hình trống; Trên trục quay 1 đã bọc cách điện, người ta bắt chặt các đoạn vành trượt bằng đồng 2 có cung dài làm việc khác nhau . Các đoạn này được dùng làm vành tiếp điểm động sắp xếp ở các góc độ khác nhau . Một vài đoạn vành được nối điện với nhau từ bên trong . Các tiếp điểm tĩnh 3 có lò xo đàn hồi, kẹp chặt trên một cán cố định đã bọc cách điện, mỗi tiếp điểm tương ứng với một đoạn vành trượt ở bộ phận quay . Các tiếp điểm được cách điện với nhau và được nối với mạch ngoài . Khi quay trục 1 các đoạn vành trượt 2 tiếp xúc với các tiếp điểm tĩnh 3 và do đó thực hiện đóng mạch hoặc ngắt mạch .

(Hình 9-14).

c) Bộ không chế hình cam :

Hình vẽ 9-15 , mô tả bộ không chế hình cam ; Các tiếp điểm của bộ không chế này làm theo kiểu tiếp xúc đường . Tiếp điểm động 1 có thể quay quanh điểm tựa O đặt trên thanh tiếp điểm 2 . Tiếp điểm này được nối với đầu dây dẫn mềm 4 . Lò xo 5 tạo ra lực ép lên tiếp điểm . Khi cam 7 đi lên con lăn số 8 thì các tiếp điểm sẽ tách ra. Thời điểm đóng ngắt của các tiếp điểm do hình dáng đường bao của cam quyết định .

Chương 8: CẦU CHÌ, ÁPTÔMÁT, CÔNG TẮC TƠ, KHỞI ĐỘNG TỪ

8.1. Cầu chì .

8.1.1. Khái quát và công dụng:

Cầu chì là một khí cụ điện dùng để bảo vệ mạch điện khỏi bị ngắn mạch, cầu chì sẽ tự động cắt mạch khi có sự cố quá tải (lớn) hoặc ngắn mạch .

Các phần tử cơ bản của cầu chì là dây chảy và thiết bị dập hồ quang để dập tắt hồ quang sau khi dây chảy bị cháy đứt .

Yêu cầu đối với cầu chì như sau:

1-Đặc tính Ampe -giây của cầu chì phải thấp hơn đặc tính ampe -giây của đối tượng cần được bảo vệ.

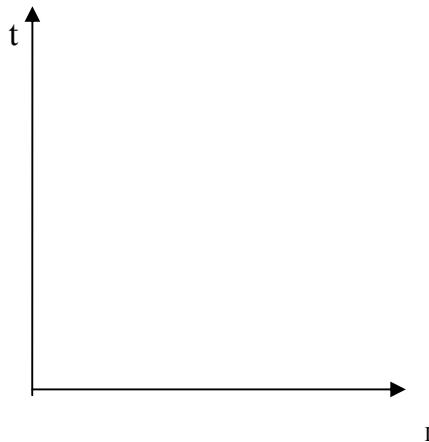
2-Khi có ngắn mạch cầu chì phải làm việc có chọn lọc .

3-Đặc tính làm việc của cầu chì phải ổn định .

4-Công suất của thiết bị càng tăng, cầu chì càng phải có khả năng cắt cao hơn .

5-Việc thay thế dây chảy phải dễ dàng, tốn ít thời gian.

8.1.2.Nguyên lý làm việc:



Đặc tính cơ bản của cầu chì là sự phụ thuộc của thời gian chảy đứt của dây chảy với dòng điện chạy qua (Đặc tính Ampe -giây). Để có tác dụng bảo vệ, đường đặc tính ampe -giây của cầu chì (đường 1-hình) tại mọi điểm đều phải thấp hơn đường đặc tính của thiết bị cần được bảo vệ (đường 2-hình).

Đường đặc tính thực tế của cầu chì (đường 3-hình) cắt đường cong 2. Trong miền quá tải lớn (Vùng B) cầu chì bảo vệ được thiết bị, trong vùng quá tải nhỏ cầu chì không bảo vệ được thiết bị .

Trong thực tế khi quá tải không lớn $(1,5 - 2) I_{dm}$, sự phát nóng của cầu chì diễn ra rất chậm và phần lớn nhiệt lượng đều toả ra môi trường xung quanh. Do đó cầu chì không bảo vệ được quá tải nhỏ. Trị số dòng điện mà tại đó dây chảy bắt đầu bị chảy đứt gọi là dòng điện tới hạn I_{th} . Để dây chảy không bị chảy đứt ở dòng điện định mức cần thỏa mãn điều kiện $I_{dm} < I_{th}$.

Mặt khác để bảo vệ được thiết bị , dòng điện tới hạn phải không lớn hơn dòng định mức nhiều . Theo kinh nghiệm:

$$I_{th} / I_{dm} . = 1,6 - 2 \text{ đối với đồng.}$$

$$I_{th} / I_{dm} . = 1,25 - 1,45 \text{ đối với chì.}$$

$$I_{th} / I_{dm} . = 1,15 \text{ đối với hợp kim chì thiếc.}$$

Dòng điện định mức của cầu chì được chọn sao cho khi chạy liên tục qua dây chảy, chỗ phát nóng lớn nhất của dây chảy không làm cho kim loại bị oxy hoá quá mức và biến đổi đặc tính bảo vệ, đồng thời nhiệt lượng phát ra ở bộ phận bên ngoài cầu chì cũng không vượt quá trị số ổn định. Ở dòng điện gần dòng điện giới hạn, các phần tử của cầu chì làm việc ở chế độ nhiệt nặng nề nhất (Nhiệt độ gần

nhệt độ nóng chảy của vật liệu). Để tránh cho các phần tử của cầu chì bị đốt nóng quá mức khi dòng điện gần bằng dòng điện tới hạn người ta dùng hai biện pháp:

- + Dùng dây chảy hình dẹt (để có bề mặt toả nhiệt lớn) có những chỗ thắt nhỏ lại;
- + Dùng hiệu ứng luyện kim đối với các dây chảy tròn . Trên chiều dài của dây chảy được hàn các giọt kim loại có nhiệt độ nóng chảy thấp hơn nhiệt độ nóng chảy của dây chảy . Khi bị đốt nóng kim loại này sẽ bị nóng chảy trước hoà tan một phần dây chảy, do đó tại những điểm này nhiệt độ sẽ cao hơn, điện trở cũng lớn hơn và sẽ đứt trước .

8.1.3. Phân loại và kết cấu:

Dựa vào kết cấu người ta chia cầu chì thành những loại sau:

- *Loại hở:* Loại này không có vỏ chỉ bao gồm dây chảy, hình dạng dây chảy như sau . Các dây chảy này được bắt chặt vào để các điện nhờ các vít .

Loại vặn (Xoáy) :

Cầu chì loại vặn thường có dạng như hình vẽ . Dây chảy 1 được nối với nắp 2 ở phía trong . Nắp 2 có dạng răng vít để vặn chặt vào đế 3. Dây chảy làm bằng đồng hoặc bạc .

Loại hộp:

Hộp và nắp đều làm bằng sứ cách điện được bắt chặt các tiếp điểm bằng đồng , dây chảy được bắt chặt bằng vít vào các tiếp điểm . Dây chảy làm bằng dây chì có tiết diện tròn hoặc dẹt.

Loại kín không có chất nhồi:

Hình vẽ là kết cấu của loại cầu chì này . Dây chảy được đặt trong một ống phíp 1, hai đầu có nắp đồng 4 có răng vít để vặn chặt kín . Dây chảy 3 được nối với các cực tiếp xúc 5 bằng các vít hoặc vòng đệm đồng 6 . Dây chảy loại cầu chì này làm bằng kẽm là vật liệu có nhiệt độ nóng chảy thấp, có khả năng chống rỉ .

Khi xảy ra ngắn mạch dây chảy sẽ đứt ở chỗ có tiết diện hẹp và phát sinh hồ quang . Dưới tác dụng của nhiệt độ cao do hồ quang sinh ra, vỏ xenlunô của ống bị đốt nóng bốc hơi, làm áp lực khí trong ống tăng lên rất lớn sẽ đập tắt hồ quang .
Loại kín có chất nhồi:

Loại này có đặc tính bảo vệ tốt hơn loại trên, hình dạng cấu tạo loại này như ở hình .Loại này thường là cầu chì ống sứ .Vỏ cầu chì làm bằng sứ hoặc Stealit, có dạng hình hộp rỗng để đặt dây chảy hình lá , sau đó đổ đầy cát thạch anh, dây chảy được hàn dính vào đĩa và được bắt chặt vào phiến 5 có cực tiếp xúc 6 .Các phiến 5 được bắt chặt vào ống sứ bằng vít 7. Dây chảy làm bằng đồng lá dày 0, 2mm có đập lỗ dài để tạo tiết diện hẹp . Để giảm nhiệt độ nóng chảy của đồng người ta hàn các giọt thiếc vào các đoạn hẹp.

8.1.4.Dây chảy và cách tính gần đúng dòng điện giới hạn:

Dòng điện giới hạn nóng chảy được tính gần đúng nhờ công thức sau:

$$I_{gh} = a.d^{\frac{3}{2}}$$

trong đó: I_{gh} dòng điện giới hạn nóng chảy (A).

d Đường kính dây chảy (mm) .

a Hằng số của vật liệu được cho trong bảng .

Vật liệu	Ag	Cu	Al	Pb	Pt	Zn	Sn	(2Pb+1Sn)
a	60	80	59,2	10,8	40	12,9	12,8	10,4

8.1.5. Một số thông số kỹ thuật của cầu chì :

- Cấp I dòng điện định mức của cầu chì: (Từ 36A T÷ 200A).
 - Cấp II dòng điện định mức của cầu chì: (Từ 30A T÷ 355A) .
 - Cấp III dòng điện định mức của cầu chì: (Từ 300A T÷ 600A).
- Dung lượng cắt của chúng từ 2000 A (hiệu dụng) đến ≤ 500.000A (hiệu dụng).

8.2. Áptô mát.

8.2.1.Khái quát và yêu cầu:

Áptô mát là khí cụ điện dùng để tự động cắt mạch điện khi có sự cố: quá tải, ngắn mạch, sụt áp v.v... Thường gọi là áp tômát không khí vì hồ quang được dập tắt trong không khí (ACB) . . Ôptômát thường được sử dụng trong các mạch điện hạ áp có điện áp định mức tới 660V xoay chiều và 330V một chiều, dòng điện định mức tới 6000A.

Yêu cầu đối với áp tômát như sau:

1. Chế độ làm việc định mức của áp tômát phải là chế độ dài hạn, nghĩa là trị số dòng điện định mức chạy qua áp tômát lâu bao nhiêu cũng được . Mặt khác mạch vòng dẫn điện của áp tômát phải chịu được dòng ngắn mạch lớn lúc các tiếp điểm của nó đã đóng hoặc đang đóng .
2. Áptô mát phải cắt được trị số dòng ngắn mạch lớn có thể lên đến hàng chục kilô ampe . Sau khi cắt vẫn phải đảm bảo làm việc tốt ở trị số dòng điện định mức .
3. Để nâng cao tính ổn định nhiệt và tính ổn định điện động của các thiết bị, hạn chế sự phá hoại của dòng ngắn mạch, áptômat phải có thời gian cắt bé . Muốn vậy phải kết hợp giữa lực thao tác cơ học và thiết bị dập hồ quang bên trong áptômat. Để thực hiện yêu cầu thao tác có chọn lọc áptômat phải có khả năng điều chỉnh được dòng điện tác động và thời gian tác động .

8.2.2. Nguyên lý làm việc của áptômat:

Sơ đồ nguyên lý của áptômat được trình bày trên hình (7-10 a,b,c,d,e) trong đó quan trọng nhất là áptômat dòng điện cực đại và áptômat điện áp thấp.

Ở trạng thái bình thường sau khi đóng điện áptômat được giữ ở trạng thái đóng nhờ móc răng số 1 ăn khớp với cần răng số 5 cùng với cụm tiếp điểm động .

Khi xảy ra quá tải hoặc ngắn mạch (Với áp tômát dòng điện cực đại) , nam châm điện số 2 sẽ hút phần động số 4 xuống làm nhả móc 1 cần 5 được tự do, kết quả là các tiếp điểm của áptômat được nhả nhờ lò xo số 6, mạch điện bị ngắt . Khi sụt áp quá thấp (Với áptômat điện áp thấp) , nam châm điện số 2 sẽ nhả phần động số 4 làm nhả móc răng 1 giải phóng cần răng số 5 do đó các tiếp điểm của áptômat cũng được nhả nhờ lực lò xo số 6, mạch điện bị cắt .

8.2.3. Phân loại và cấu tạo của áptômat:

**) Phân loại:*

- Dựa vào kết cấu người ta chia ra: Aptômat một cực, hai cực, ba cực .
- Dựa vào các thông số điều chỉnh người ta chia thành: áp tômat vạn năng, áp tômat định hình và áp tômat tác động nhanh .

***) Cấu tạo:* Áptômat gồm các bộ phận chính :

Hệ thống tiếp điểm , hệ thống dập hồ quang , cơ cấu truyền động đóng cắt áptômat và các móc bảo vệ .

a) Hệ thống tiếp điểm :

Hệ thống tiếp điểm gồm tiếp điểm tĩnh và tiếp điểm động , yêu cầu của tiếp điểm là ở trạng thái đóng , điện trở tiếp xúc phải đủ nhỏ để giảm tổn hao do tiếp xúc . Khi ngắt , dòng điện rất lớn tiếp điểm phải có đủ độ bền nhiệt , độ bền điện động để không bị hư hỏng do dòng điện ngắt gây nên . Áptômát thường được chế tạo có hai cấp hoặc ba cấp tiếp điểm , nếu có hai cấp thì bao gồm tiếp điểm chính và tiếp điểm hồ quang , nếu có ba cấp thì có tiếp điểm chính , tiếp điểm phụ và tiếp điểm hồ quang . Khi đóng tiếp điểm hồ quang đóng trước tiếp theo là tiếp điểm phụ rồi đến tiếp điểm chính còn khi ngắt thì ngược lại tiếp điểm chính ngắt trước sau đó đến tiếp điểm phụ rồi cuối cùng đến tiếp điểm hồ quang , tiếp điểm của áptômát làm bằng hợp kim gồm có khả năng chịu được hồ quang như : bạc – vonfram , đồng – vonfram , bạc – niken – graphít .

b) Hệ thống dập hồ quang :

Hệ thống dập hồ quang của áptômát có nhiệm vụ dập tắt hồ quang khi ngắt trong mọi chế độ công tác của lưới điện . Có hai kiểu thiết bị dập hồ quang là kiểu nửa kín và kiểu hở .

Kiểu nửa kín được đặt trong vỏ của áptômát và có lỗ thoát khí , loại này có dòng điện cắt không vượt quá 50kA . Kiểu hở được sử dụng với dòng điện cắt lớn hơn 50kA và có điện áp lớn (cao áp) . Trong các buồng dập hồ quang thông dụng người ta dùng các tấm thép xếp thành lưới ngăn để phân chia hồ quang thành nhiều đoạn ngắn thuận lợi cho việc dập tắt hồ quang . Hình dạng , kết cấu của hộp dập hồ quang được trình bày trên hình 3 -14 TL2 .

c) Cơ cấu truyền động cắt áptômát :

Truyền động cắt áptômát được thực hiện bằng hai cách : Bằng tay hoặc bằng cơ điện (Điện từ , động cơ điện) . Điều khiển bằng tay được thực hiện với các áptômát có dòng điện không lớn hơn 600A . Để tăng lực điều khiển bằng tay thường kết hợp cánh tay đòn phụ theo nguyên tắc đòn bẩy với khớp nhả tự do . Điều khiển bằng cơ điện thực hiện với dòng điện ngắt lớn hơn 600A , ngoài ra còn điều khiển bằng động cơ hoặc khí nén (Hình vẽ 3 -15 TL2) .

d) Móc bảo vệ :

Áptômát tự động cắt nhờ các móc bảo vệ : **Móc bảo vệ quá tải** (Còn gọi là móc quá dòng điện) dùng để bảo vệ thiết bị khỏi bị quá tải , đường đặc tính thời gian -

dòng điện của móc bảo vệ phải nằm dưới đường đặc tính của thiết bị cần được bảo vệ . Người ta thường dùng hệ thống điện từ hoặc role nhiệt làm móc bảo vệ đặt bên trong aptômát . **Móc bảo vệ thấp áp** (Còn gọi là móc bảo vệ sụt áp) dùng để bảo vệ khi điện áp thấp quá giá trị cho phép hoặc mất điện áp , móc có cuộn dây mắc song song với mạch điện . Trong một số trường hợp người ta kết hợp các móc bảo vệ trong áp tômát thành áp tômát vạn năng .

8.2.4.Lựa chọn và phối hợp áp tômát :

*) *Lựa chọn aptômát* : Việc lựa chọn aptômát chủ yếu dựa vào :

- Dòng điện tính toán đi trong mạch .
- Dòng điện quá tải .
- Tính thao tác có chọn lọc .

Ngoài ra việc lựa chọn aptômát còn phải căn cứ vào đặc tính làm việc của phụ tải là áp tômát không được phép cắt khi có quá tải ngắn hạn thường xảy ra trong điều kiện làm việc bình thường của thiết bị như dòng điện khởi động , dòng điện đỉnh trong quá trình công nghệ .

Yêu cầu chung là dòng điện định mức của móc bảo vệ $I_{aptômát}$ không được nhỏ hơn dòng điện tính toán I_{tt} của mạch :

$$I_{aptômát} > I_{tt}$$

Tùy theo điều kiện làm việc cụ thể của phụ tải người ta hướng dẫn lựa chọn dòng định mức của móc bảo vệ bằng 125% , 150% hay hơn nữa so dòng điện tính toán của mạch .

Sau cùng việc lựa chọn áp tômát còn căn cứ vào các số liệu kỹ thuật của nhà sản xuất .

*) *Phối hợp làm việc giữa các áp tômát* :

Mối quan hệ trong việc sử dụng công suất giới hạn của những aptômát là : Ở phía hạ lưu ta đặt các aptômát có công suất giới hạn nhỏ hơn . Do đó các áp tômát ở phía thượng lưu đóng vai trò ngăn cản các dòng điện ngắn mạch lớn

Chú ý rằng khả năng cắt của các aptômát phải luôn luôn lớn hơn hoặc bằng dòng điện ngắn mạch đã tính toán tại thời điểm đang xét của mạng .

8.3.Công tắc tơ.

8.3.1.Khái quát và yêu cầu:

- Khái niệm: Côngtắctơ là một khí cụ điện dùng để đóng cắt thường xuyên các mạch điện động lực, từ xa bằng tay hoặc tự động .Việc đóng cắt côngtắctơ có thể thực hiện bằng nam châm điện , thủy lực hay bằng khí nén . Thông thường ta gặp loại bằng nam châm điện.

- Côngtắctơ có hai vị trí đóng cắt được chế tạo với số lần đóng cắt lớn tần số đóng cắt có thể lên đến 1500lần /giờ .

- Theo nguyên lý truyền động người ta chia côngtắctơ ra các loại: Côngtắctơ đóng cắt bằng điện từ, côngtắctơ đóng cắt bằng khí nén, côngtắctơ đóng cắt bằng thủy lực .

- Theo dạng dòng điện đóng cắt có côngtắctơ điện một chiều và côngtắctơ điện xoay chiều .

- Theo kết cấu có: Côngtắctơ hạn chế chiều rộng, côngtắctơ hạn chế chiều cao.

Côngtắctơ gồm những bộ phận chính như sau: Hệ thống tiếp điểm chính, hệ thống dập hồ quang, cơ cấu điện từ, hệ thống tiếp điểm phụ.

Các tham số cơ bản của côngtắctơ:

1)Điện áp định mức U_{dm} là điện áp của mạch điện tương ứng mà tiếp điểm chính của côngtắctơ phải đóng cắt . Điện áp định mức có các cấp: 110V ; 220V ; 440V một chiều và 127V; 220V ; 380V; 500V xoay chiều .

2)Dòng điện định mức I_{dm} là dòng điện đi qua tiếp điểm chính của côngtắctơ trong chế độ làm việc gián đoạn lâu dài ở chế độ đó thời gian đóng của côngtắctơ không quá 8 giờ .

3)Điện áp cuộn dây $U_{cd\dot{dm}}$ là điện áp định mức đặt lên cuộn dây . Khi tính toán, thiết kế cần phải đảm bảo côngtắctơ làm việc ổn định trong dải từ 85% - 110% $U_{cd\dot{dm}}$.

4)Số cực: Là số tiếp điểm chính của côngtắctơ .

5)Số cặp tiếp điểm phụ: Là số cặp tiếp điểm không chế mạch điều khiển của côngtắctơ.

6)Khả năng cắt và khả năng đóng: Là giá trị dòng điện cho phép đi qua tiếp điểm chính khi cắt I_{ng} hoặc đóng I_{dg} .

7)Tuổi thọ của côngtắctơ: Là số lần đóng cắt mà sau số lần đóng cắt đó côngtắctơ có thể bị hư hỏng không dùng được nữa . Sự hư hỏng đó có thể do mất độ bền về cơ khí hoặc độ bền về điện .

- Độ bền về cơ khí được đánh giá bằng số lần đóng mở không tải, tuổi thọ của các côngtắctơ hiện đại có thể đạt tới 2.10^7 lần .

- Độ bền về điện được đánh giá bằng số lần đóng cắt với tải định mức . thường độ bền về điện bằng vào khoảng 1/5 hoặc 1/10 độ bền cơ khí .

8)Tần số thao tác: Là số lần đóng cắt cho phép của côngtắctơ trong một giờ . Tần số thao tác bị giới hạn bởi sự phát nóng của tiếp điểm chính do hồ quang và sự phát nóng của cuộn dây do dòng điện khi đóng tăng lên.

9)Tính ổn định điện động: Là khả năng cho phép dòng ngắn mạch lớn nhất đi qua mà lực điện động sinh ra không làm tách rời tiếp điểm. Thường lấy dòng điện ổn định điện động bằng $10 I_{dm}$.

10)Tính ổn định nhiệt: Là khả năng cho phép dòng ngắn mạch đi qua trong khoảng thời gian cho phép ($t_{o\dot{dn}}$) mà các tiếp điểm không bị nóng chảy và bị hàn dính .

8.3.2.Cấu tạo và nguyên lý làm việc của công tắctơ kiểu điện từ:

a) Cấu tạo :công tắctơ kiểu điện từ bao gồm những bộ phận chính như sau :

Hệ thống mạch vòng dẫn điện , hệ thống dập hồ quang , hệ thống các lò xo nhả , lò xo tiếp điểm , nam châm điện và các chi tiết cách điện .

- Hệ thống mạch vòng dẫn điện : Mạch vòng dẫn điện của côngtắctơ do các bộ phận khác nhau về hình dáng , kích thước hợp thành . Nó bao gồm thanh dẫn , dây nối mềm , đầu nối , hệ thống tiếp điểm (Giá đỡ tiếp điểm , tiếp điểm động , tiếp điểm tĩnh) , cuộn dây dòng điện (Nếu có kể cả cuộn dây thỏi từ dập hồ quang) .

Hình 10 -1TL1 mô tả mạch vòng dẫn điện của công tắctơ : Thanh dẫn động và tĩnh được làm bằng đồng , tiếp điểm có dạng hình ngón hoặc bắc cầu một pha có hai chỗ ngắt và được chế tạo bằng vật liệu dẫn điện tốt , chịu được mài mòn và chịu được hồ quang như kim loại gồm : Bạc – Niken – Than chì . Ở trạng thái ngắt độ mở của tiếp điểm phải có giá trị đủ lớn để ngăn không cho hồ quang cháy trở lại , đồng thời cũng không quá lớn để giảm kích thước của nam châm điện . Ở trạng thái đóng để đảm bảo tiếp xúc tốt , các tiếp điểm của công tắctơ có hệ thống lò xo tiếp điểm tạo lực ép cần thiết lên tiếp điểm .

- Hệ thống dập hồ quang : Hệ thống dập hồ quang của côngtắctơ đảm bảo nhanh chóng dập tắt hồ quang sinh ra trong quá trình đóng cắt của tiếp điểm .

+ Thiết bị dập hồ quang trong côngtắctơ điện một chiều : Trong côngtắctơ điện một chiều , người ta thường dùng cuộn thỏi từ tạo ra từ trường , tác dụng lên dòng điện hồ quang , sinh ra lực điện động kéo dài hồ quang và đẩy hồ quang vào buồng dập hồ quang . Cuộn thỏi từ thường được mắc nối tiếp với tiếp điểm . Khi dòng điện càng lớn , lực điện động sinh ra càng lớn , hồ quang được đẩy sâu vào buồng dập hồ quang . Buồng dập hồ quang được chế tạo từ những tấm thép non tạo thành dàn dập hồ quang , hay kiểu buồng dập hồ quang có khe hở hẹp với hình dáng quanh co dúc đặc

+ Thiết bị dập hồ quang trong côngtắctơ điện xoay chiều : Các công tắctơ điện xoay chiều thông dụng trong công nghiệp thường được chế tạo loại kết cấu một pha có hai chỗ ngắt , sử dụng tiếp điểm dạng bắc cầu đặt trong buồng dập hồ

quang kiểu dàn đập (hình 10 -3 TL1) hay trong khoang đập hồ quang đặc biệt (hình 10 -3 TL1) , cũng có thể được chế tạo dưới dạng tiếp điểm chuyển động quay , có bố trí cuộn thổi từ để tăng cường khả năng dập hồ quang .

- Nam châm điện : Nam châm điện là bộ phận sinh ra lực hút điện từ , đảm bảo cho hệ thống tiếp điểm thường mở đóng lại chắc chắn khi cho dòng điện vào cuộn dây của nó .Yêu cầu lực hút điện từ luôn luôn lớn hơn đường đặc tính cơ (Tổng hợp tất cả các lực tác động vào phần động của công tắc tơ) ngay cả khi điện áp giảm xuống 85% U_{dm} .

Thông thường để nam châm điện hoạt động chắc chắn và tránh va đập cơ khí trên tiếp điểm , nam châm điện được thiết kế sao cho đường đặc tính lực hút gần giống đặc tính cơ. Cấu tạo của nam châm điện gồm hai phần : Mạch từ và cuộn dây . Mạch từ nam châm điện một chiều được làm bằng thép khối , phần thân mạch từ nơi có cuộn dây có tiết diện tròn . Mạch từ nam châm điện xoay chiều được chế tạo từ các lá thép kỹ thuật điện dày 0,35mm hoặc 0,5 mm , ghép lại để tránh tổn hao lõi thép .

Hình dạng mạch từ có dạng chữ π hoặc π hút thẳng hoặc hút quay . Ở đầu cực được gắn vòng ngắn mạch để chống rung cho nam châm điện . Mạch từ được chia làm hai phần : Phần cố định (Tĩnh) , phần nắp (gọi là phần ứng hay phần động) , được nối với tiếp điểm qua hệ thống tay đòn . Cuộn dây nam châm điện thường chế tạo từ dây đồng , được quấn trên khung bằng vật liệu cách điện , sau đó lồng vào mạch từ .

Cuộn dây của nam châm điện được tính toán sao cho điện áp đặt vào cuộn dây bằng 110% U_{cddm} sự phát nóng của nó vẫn không vượt quá giá trị cho phép đối với cấp cách điện cho trước .Cuộn dây của nam châm điện một chiều thường có đáy là hình trụ tròn , chiều cao lớn hơn chiều rộng . Tỷ lệ giữa chiều cao h và chiều rộng l của cuộn dây bằng :

$$\frac{l}{h} = 4 \div 8 .$$

Cuộn dây của nam châm điện xoay chiều thường ngắn và to tỷ lệ

$$\frac{l}{h} = 2 \div 4 .$$

Cuộn dây nam châm điện xoay chiều có điện trở rất nhỏ so với điện kháng . Dòng điện vào cuộn dây phụ thuộc rất nhiều vào khe hở không khí giữa nắp và lõi mạch

từ Vì vậy không được phép cho điện áp vào cuộn dây khi vì lý do nào đó nắp không được hút hoàn toàn về phía lõi . Tỷ số giữa điện áp hút (hay dòng điện tác động) và điện áp nhà (hay dòng điện nhà) gọi là hệ số trở về .

b) Nguyên lý làm việc :

+ Công tắc tơ điện một chiều :

Hình 10 – 10 TL1 trình bày cấu tạo của công tắc tơ điện một chiều ; Tiếp điểm tĩnh 1 được gắn trên quai 2 đồng thời được nối với cuộn thỏi từ 3 , đầu kia của cuộn thỏi từ được nối với đầu ra 4, cách điện với giá đỡ đồng thời là mạch từ 6 bằng tấm cách điện 5 . Tiếp điểm động 7 được chế tạo dạng tấm , đầu cuối có thể quay xung quanh điểm tựa 8

Đầu ra 9 được nối với tiếp điểm 7 nhờ dây nối mềm 10 . Lực ép lên tiếp điểm sinh ra do lò xo tiếp điểm 12. Để giảm nóng chảy cho các tiếp điểm chính bởi hồ quang khi dòng điện $> 50\text{ A}$ công tắc tơ có tiếp điểm dập hồ quang kiểu sừng . Dưới tác dụng của cuộn thỏi từ hồ quang nhanh chóng chuyển dịch về phía quai 2 bắt chặt với tiếp điểm tĩnh 1 và chuyển về sừng bảo vệ của tiếp điểm động 11 . Sau khi cắt điện phần động trở về vị trí ban đầu nhờ lò xo 13 .

+ Công tắc tơ điện xoay chiều :

Công tắc tơ điện xoay chiều được dùng nhiều trong hệ thống điện ní chung , hình dạng của chúng rất đa dạng . Thông dụng nhất là loại công tắc tơ có mạch từ hình chữ III , nắp hút thẳng , tiếp điểm dạng bậc cầu .

Hình 10 -11 TL1 trình bày cấu tạo của công tắc tơ loại này . Khi cho điện áp vào cuộn dây , nắp mạch từ 6 sẽ được hút thẳng về phía lõi tĩnh 5 , trên 5 có gắn vòng đồng chống rung 8 , làm cho tiếp điểm động 1 tiếp xúc với tiếp điểm tĩnh 4 . Tiếp điểm tĩnh được gắn với thanh dẫn 3 , đầu kia của thanh dẫn có vít bắt dây điện vào . Các lò xo tiếp điểm 2 có tác dụng duy trì một lực ép cần thiết lên tiếp điểm .

Đồng thời hệ thống tiếp điểm phụ 12 cũng được đóng vào , mở ra . Lò xo nhà 7 đẩy toàn bộ phần động của công tắc tơ 9 lên phía trên khi cắt điện vào cuộn dây . Toàn bộ được đặt trong vỏ nhựa 10 .

8.3.3. Công tắc tơ không cực tiếp xúc :

Công tắc tơ không cực tiếp xúc thực hiện đóng mở mạch điện động lực bằng các van điện tử bán dẫn (Thyristor, hoặc triac) được cấu tạo loại một cực hoặc ba cực . Các tiếp điểm phụ có thể là van bán dẫn hoặc role có tiếp điểm .

Ưu điểm chính của công tắc tơ không cực tiếp xúc là có thể làm việc với tần số đóng cắt lớn, thời gian đóng cắt nhỏ, tuổi thọ cao do không có đóng cắt cơ khí, không gây hồ quang khi đóng cắt, không có tiếng ồn.

Hình 10 -14 là sơ đồ công tắc tơ không cực tiếp xúc và sơ đồ dùng điều khiển của công tắc tơ.

8.4.Khởi động từ.

8.4.1. Khái quát và:

Khởi động từ là khí cụ điện dùng để điều khiển từ xa việc đóng cắt, đảo chiều quay, bảo vệ quá tải cho động cơ điện xoay chiều ba pha rotor lồng sóc.

Cấu tạo của khởi động từ gồm công tắc tơ, role nhiệt lắp chung một hộp. Khởi động từ có một công tắc tơ gọi là khởi động từ đơn. Khởi động từ có hai công tắc tơ gọi là khởi động từ kép.

8.4.2. Yêu cầu cơ bản :

- Tiếp điểm có độ bền, chịu mài mòn cao.
- Khả năng đóng cắt cao.
- Thao tác đóng cắt dứt khoát.
- Tiêu thụ ít công suất.
- Bảo vệ tin cậy động cơ điện khỏi bị quá tải lâu dài.
- Thỏa mãn điều kiện khởi động của động cơ điện không đồng bộ rotor lồng sóc (Dòng điện khởi động từ $5 \div 7$ lần dòng điện đm).

8.4.3.Nguyên lý làm việc :

a)Khởi động từ đơn:

Trên hình 10 -15TL1 trình bày sơ đồ nguyên lý của khởi động từ đơn

Các phần tử của sơ đồ :

CB : Áptômát nguồn.

M : Động cơ không đồng bộ ba pha.

Cc : Cầu chì

K : Côngtắctơ.

RT: Role nhiệt.

KĐ,D : Các nút ấn khởi động và dừng

Khởi động : Ấn nút KĐ cuộn dây của côngtắctơ có điện, các tiếp điểm K của nó ở mạch động lực đóng lại, động cơ điện được cấp điện và sẽ quay. Đồng thời tiếp điểm k ở mạch đk đóng lại duy trì cho cuộn K khi không ấn nút KĐ nữa.

Dừng : Ấn nút dừng D, cuộn dây của côngtắctơ mất điện, các tiếp điểm của K mở ra cắt điện vào cuộn dây, động cơ dừng.

Các bảo vệ :

Bảo vệ quá tải : Khi động cơ đang làm việc bị quá tải , tấm kim loại kép của role nhiệt bị đốt nóng làm cho role nhiệt tác động , tiếp điểm thường đóng của nó mở ra , cuộn dây côngtactơ K mất điện , động cơ được cắt khỏi lưới .

Bảo vệ không : Tiếp điểm duy trì của công tắc tơ K ở mạch đk ngoài nhiệm vụ duy trì cho cuộn dây côngtactơ K khi bỏ tay khỏi nút ấn D còn dùng để bảo vệ “ 0” .

Bảo vệ ngắn mạch : Dùng cầu chì CC và aptômát CB.

b) Khởi động từ kép :

Ở sơ đồ 10 -15b , thực hiện đảo chiều quay động cơ bằng cách đổi thứ tự hai trong ba pha đặt vào động cơ .Khởi động từ kép gồm hai công tắc tơ K1 và K2 được nối liên động về điện và có thể cả về cơ khí . Liên động được thực hiện bằng các tiếp điểm phụ thường đóng k1 và k2 của công tắc tơ K1 và K2 ở mạch đk đồng thời các nút khởi động theo chiều thuận (KĐT) hoặc theo chiều ngược (KĐN) cũng có thể được nối liên động với nhau . Khi ấn nút KĐT cuộn dây công tắc tơ K1 có điện , các tiếp điểm K1 ở mạch động lực đóng lại , động cơ được cấp điện và quay theo chiều thuận đồng thời k1 mở ra đảm bảo cho cuộn dây công tắc tơ K2 không thể có điện .Quá trình quay ngược cũng tương tự khi ta ấn nút KĐN .Dùng động cơ cho cả hai chiều bằng nút dừng D , bảo vệ quá tải bằng role nhiệt và bảo vệ ngắn mạch dùng cầu chì .

8.4.4.Lựa chọn khởi động từ :

Hiện nay các động cơ rotor lồng sóc có công suất từ $0,6 \div 100\text{Kw}$ được sử dụng nhiều hơn cả . Để điều khiển vận hành chúng , người ta thường dùng khởi động từ . Do dễ thuận tiện cho việc lựa chọn ,nhà sản xuất thường không chỉ cho chúng ta cường độ dòng điện định mức của khởi động từ mà còn cho cả công suất động cơ điện (mà khởi động từ có thể phục vụ) ứng với điện áp khác nhau . Đôi khi còn cho cả công suất lớn nhất và nhỏ nhất của động cơ điện mà khởi động từ có thể làm việc được . Khi lựa chọn ta căn cứ vào công suất định mức của động cơ , giá trị dòng điện định mức trong các chế độ làm việc liên tục hay ngắn hạn , ngắn hạn lặp lại .v.v..

Điều kiện lựa chọn là dòng điện làm việc của động cơ đi qua tiếp điểm chính của khởi động từ không nhỏ hơn dòng điện định mức của khởi động từ. Khi lựa chọn khởi động từ đảo chiều để hãm động cơ điện theo chế độ hãm ngược thì công suất của khởi động từ dùng để điều khiển phải lớn hơn $1,5 \div 3$ lần công suất cho trước trên bảng của khởi động từ.

Chương 9 : ROLE

9.1. Khái niệm chung về role.

9.1.1. Khái niệm chung , phân loại , các bộ phận chính của role:

Role là một loại khí cụ điện tự động mà đặc tính “vào – ra” có tính chất như sau : Tín hiệu đầu ra thay đổi nhảy cấp (đột ngột) khi tín hiệu đầu vào đạt giá trị xác định .

Đại lượng cần để role hoạt động được gọi là đại lượng tác dụng . Các đại lượng tác dụng được đặt vào các đầu vào khác nhau của role , chúng có thể là một hoặc nhiều đại lượng khác nhau . Role có đại lượng tác dụng là đại lượng điện (dòng điện , điện áp , công suất ...) được gọi là role điện , sau đây nói gọn là role .

Có nhiều cách để phân loại role :
Theo nguyên lý hoạt động của bộ phận thu , role được chia ra làm các loại :

- a) Role điện từ: Dựa trên tác dụng của lực từ trường do dòng điện chạy qua cuộn dây sinh ra lên phần nắp bằng vật liệu sắt từ làm cho nắp chuyển động
- b) Role từ điện : Dựa trên tác dụng lực của từ trường do nam châm vĩnh cửu tạo ra lên dòng điện chạy trong cuộn dây làm cuộn dây dịch chuyển .
- c) Role phân cực : Role điện từ có thêm từ trường phân cực do nam châm vĩnh cửu tạo ra . Vị trí của nắp phụ thuộc vào cực tính của tín hiệu vào (còn gọi là role cực tính) .
- d) Role điện động : Dựa trên lực tác dụng tương hỗ giữa hai từ trường do hai dòng điện chạy trong hai cuộn dây sinh ra , làm cho cuộn dây dịch chuyển .
- e) Role cảm ứng : Trên cơ sở của tác dụng tương hỗ giữa từ trường của cuộn dây đứng yên với dòng điện cảm ứng trong phần động làm phần động dịch chuyển .
- f) Role nhiệt : Dựa trên sự thay đổi vì nhiệt về thể tích , áp suất , kích thước .v.v... của vật liệu.
- g) Role điện tử , bán dẫn : Dựa trên sự thay đổi các thông số về từ và điện (Độ từ thẩm , điện cảm , điện trở , điện dung .v.v...) của các dụng cụ (linh kiện) từ tính , bán dẫn , điện tử .

Theo nguyên lý tác động của bộ phận chấp hành role được chia ra làm loại có tiếp điểm hoặc không có tiếp điểm .

Theo tính chất của đại lượng đầu vào , chia ra các nhóm role : Role dòng điện , điện áp , công suất , hướng công suất , lệch pha , tổng trở , thành phần đối xứng , tần số , thời gian ...Cực đại , cực tiểu , so lệch .v.v...

Theo phương pháp nối bộ phận thu vào mạch điện chia ra : Role sơ cấp , thứ cấp , trung gian .

Theo mục đích sử dụng chia làm ba nhóm : Role bảo vệ , role điều khiển , role tự động thông tin liên lạc .

Theo tính chất biến đổi của tín hiệu vào và tín hiệu được trao đổi xử lý trong role : Role tương tự , role số .

Theo loại dòng điện : Một chiều , xoay chiều .

Kết cấu của role gồm những bộ phận chính như :

- Bộ phận thu : Tiếp nhận những đại lượng vào và biến đổi thành những đại lượng cần thiết cho role hoạt động .
- Bộ phận trung gian : So sánh những đại lượng đã biến đổi với đại lượng mẫu (chuẩn) . Theo kết quả so sánh , nếu đạt giá trị tác động thì truyền tín hiệu đến bộ phận chấp hành .
- Bộ phận chấp hành : Phát tín hiệu cho mạch điều khiển nối sau role .

9.1.2.Đặc tính cơ bản của role :

Đường biểu diễn quan hệ giữa đại lượng đầu vào x và đại lượng đầu ra y của role gọi là đặc tính “ vào – ra ” và được coi là đặc tính cơ bản của role . Nên đặc tính này còn gọi là đặc tính role .

Dạng đặc tính role được trình bày trên hình 8 -2TL1 .Đặc tính role có đặc điểm sau:

- Khi đại lượng đầu vào x thay đổi từ 0 đến giá trị x_{td} , đại lượng đầu ra luôn luôn bằng 0 (Với role có tiếp điểm) hoặc bằng giá trị y_{min} (Với role không tiếp điểm) .
- Khi x đạt đến giá trị tác động $x = x_{td}$; đại lượng đầu ra tăng đột ngột đến giá trị cực đại y_{max} .Sau đó dù x tiếp tục tăng thì y vẫn giữ nguyên ở giá trị y_{max} (Hoặc thay đổi rất ít) . Tương ứng với quá trình này , ta nói role đã tác động hay role đóng .
- Khi đại lượng đầu vào giảm từ x_{tv} đến trị số nhỏ x_{nh} , đại lượng ra y vẫn không thay đổi .
- Khi $x = x_{nh}$, y giảm đột ngột từ y_{max} về 0 (hoặc y_{min}) và không đổi mặc dù x tiếp tục giảm . Quá trình này ta nói role nhả .

Đại lượng đầu vào ứng với role tác động gọi là giá trị tác động x_{td} và ứng với lúc role nhả gọi là giá trị nhỏ x_{nh} của role .

9.2. Role điện từ .

9.2.1. Nguyên lý hoạt động :

Role điện từ làm việc dựa trên nguyên lý điện từ , nếu đặt một vật bằng vật liệu sắt từ trong từ trường do cuộn dây có dòng điện sinh ra . Từ trường này sẽ tác dụng lên nắp từ một lực hoặc mômen làm nắp chuyển động .

Nguyên lý cấu tạo của role điện từ như sau :

1. Phần cố định .
2. Phần nắp chuyển động .
3. Cuộn dây điện từ .
4. Lò xo .
5. Tiếp điểm cố định (Tĩnh).
6. Tiếp điểm động .

Khi cho dòng điện chạy vào cuộn dây sẽ sinh ra lực hút điện từ hút nắp về phía lõi cố định . Lực hút điện từ có quan hệ :

$$F = \frac{k.i^2}{\delta^2}$$

trong đó : i – cường độ dòng điện .

δ - Chiều dài khe hở không khí giữa nắp và lõi cố định .

k – Hệ số tỷ lệ .

Vậy lực hút điện từ tỉ lệ nghịch với bình phương chiều dài khe hở không khí và tỉ lệ thuận với bình phương dòng điện .

Lò xo 4 tạo ra lực phản kháng chống lại lực hút của nắp . Nếu dòng điện nhỏ , lực kháng của lò xo sẽ thắng lực hút của cuộn dây và nắp sẽ đứng yên không chuyển động . Cho đến khi dòng điện vượt quá giá trị dòng tác động I_{td} , khi đó lực hút của cuộn dây sẽ thắng lực kháng của lò xo , nắp bắt đầu chuyển động và bị hút thẳng về phía lõi 1. Do nắp chuyển động nên chiều dài khe hở không khí giảm và vì vậy lực hút tăng luôn luôn thắng lực kháng của lò xo cho đến lúc nắp bị hút hoàn toàn về phía lõi . Kết quả là nắp sẽ đóng tiếp điểm 5 – 6 và đóng mạch điều khiển .

Khi dòng điện trong cuộn dây giảm đến giá trị I_{tv} (Dòng điện trở về) . Lực lò xo sẽ thắng lực hút điện từ , nắp sẽ trở về vị trí ban đầu cắt mạch điện điều khiển .

Tỷ số : $k_{tv} = \frac{I_{tv}}{I_{td}}$ gọi là hệ số trở về .

$k < 1$ ta có rơ le cực đại .

$k > 1$ ta có rơ le cực tiểu .

Tỷ số giữa công suất điều khiển P_{dk} và công suất cần thiết để tác động gọi là hệ

số điều khiển :

$$k_{dk} = \frac{P_{dk}}{P_{td}}$$

Role càng nhạy khi k_{dk} càng lớn , nằm trong khoảng (5 ÷ 20) .

Số lần tác động trong một đơn vị thời gian gọi là tần số tác động . Rơ le điện từ được chia thành : Role điện từ một chiều và role điện từ xoay chiều . Đối với role điện từ xoay chiều lực hút điện từ sẽ triệt tiêu khi dòng điện đi qua giá trị 0, và lực hút điện từ có tần số $2f$ (f là tần số dòng điện) . Khi đó giá trị trung bình của lực hút được tính :

$$F_{tb} = k'' \frac{I^2}{\delta^2}$$

trong đó : I - là dòng điện hiệu dụng .

Nếu cuộn dây được nối song song với nguồn điện áp thì :

$$F_{tb} = k''' \cdot \frac{U^2}{\delta^2}$$

Ở đây U – là điện áp hiệu dụng đi vào role .

Với dòng điện xoay chiều lực hút tức thời sẽ triệt tiêu ở tần số $2f$, nên khi giá trị lực hút bé hơn lực lò so , nắp có xu hướng trở về vị trí ban đầu , do vậy bị rung và nắp sẽ kêu . Để khắc phục hiện tượng này người ta dùng vòng ngắn mạch .

9.2.2.Ứng dụng của role điện từ :

Role điện từ có cấu tạo đơn giản , khỏe , rất đảm bảo trong vận hành nên được dùng nhiều trong các sơ đồ bảo vệ , điều khiển tự động . Tùy thuộc vào yêu cầu cụ thể mà người ta sử dụng role dòng điện hoặc role điện áp , cực đại hoặc cực tiểu , role công suất , role thời gian , role trung gian .v.v...

9.3. Role điện động .

9.3.1.Nguyên lý làm việc:

Role điện động làm việc dựa trên nguyên lý tác dụng tương hỗ giữa hai dòng điện chạy trong hai cuộn dây đặt gần nhau (cuộn dây này nằm trong lòng cuộn kia) . (hình 8-40.)

Nếu cho dòng i_1 và i_2 chạy vào cuộn dây 1 và 2, lực điện động do chúng sinh ra sẽ tạo ra mômen làm quay cuộn dây phần động và đóng hệ thống tiếp điểm . Các dòng điện i_1 và i_2 có thể được cấp từ một nguồn hoặc hai nguồn .

Role điện động có hai loại: loại không có lõi sắt và loại có lõi sắt . Loại không có lõi sắt có cấu tạo như hình 8-40 ; còn loại có lõi sắt có cấu tạo như hình 8-41.

Role điện động có thể chế tạo dùng cho cả điện một chiều và xoay chiều . Đối với role điện động một chiều, chiều quay của phần động phụ thuộc vào chiều dòng điện còn đối với role điện động xoay chiều, chiều quay của phần động phụ thuộc vào góc lệch pha giữa hai dòng điện . Độ lớn của mômen quay phụ thuộc vào giá trị hiệu dụng của các dòng điện và góc lệch pha giữa chúng . Đối với role xoay chiều cuộn dây động có thể được nối ngắn mạch, dòng điện trong phần động chính là dòng cảm ứng với một trong hai dòng điện trong cuộn chính của role. Loại role này vừa làm việc theo nguyên lý cảm ứng vừa làm việc theo nguyên lý điện động nên gọi là role cảm ứng điện động . Hình vẽ 8-42 .

Đặc tính của role điện động phụ thuộc nhiều vào kết cấu của chúng . Nếu mạch từ không bão hòa, mômen quay tác dụng lên cuộn dây động có thể được tính bằng:

$$M = 2.r.F_d = C.r.l.W_1.I_1.W_2.I_2. \cos\psi.\cos\alpha .$$

Trong đó: r – là bán kính khung quay .

l – là chiều dài cạnh tác dụng của khung quay .

W_1, I_1 - là số vòng và dòng điện trong cuộn dây tĩnh .

W_2, I_2 - là số vòng và dòng điện trong cuộn dây động .

ψ - là góc lệch pha giữa dòng điện I_1 và I_2 .

α - là góc giữa mặt phẳng cuộn dây và phương của từ trường tại chỗ đặt cạnh tác dụng của khung .

C – là hệ số tỉ lệ phụ thuộc hệ đơn vị đo .

Đối với role dùng dòng một chiều, mômen quay được xác định bằng công thức:

$$M = C . I_1.I_2. \cos\alpha$$

Tùy thuộc vào cách nối dây mà ta có thể có được đặc tuyến $M (I)$ có dạng tuyến tính hay phi tuyến . (Hình 8 – 43).

9.3.2.Ứng dụng của role điện động :

Role điện động được sử dụng rộng rãi làm role bảo vệ và role điều khiển .

9.4.Role cảm ứng

9.4.1.Nguyên lý làm việc :

Role cảm ứng làm việc dựa trên nguyên lý tác dụng tương hỗ giữa từ trường xoay chiều với dòng điện cảm ứng trong phần động của role . Vì vậy role cảm ứng chỉ làm việc với dòng điện xoay chiều .

Về cấu tạo role cảm ứng gồm hai phần :
phần tĩnh và phần động

- Phần động: Có các dạng hình đĩa hoặc hình trụ rỗng (cốc) mỏng và thường được làm bằng nhôm .

- Phần tĩnh là một mạch từ hình chữ C hoặc một khung vuông có 4 cực .

Nguyên lý làm việc của hệ thống cảm ứng trong role như sau :

Trên mỏm cực của mạch từ phần cảm có đặt vòng đồng ngắn mạch ôm lấy một phần diện tích của cực từ . Tỷ lệ giữa diện tích phần cực từ nằm trong vòng ngắn mạch so với phần cực từ nằm ngoài vòng ngắn mạch được tính toán sao cho đạt được mômen quay đĩa nhôm là lớn nhất và dòng tác động phần cảm là nhỏ nhất .T
Đĩa nhôm được đặt dưới mỏm cực trong khe hở δ , khe hở giữa đĩa nhôm và mặt cực không nhỏ hơn 0, 3 mm . Khi có dòng điện i chạy trong cuộn dây , trong mạch từ sẽ xuất hiện từ thông Φ . ở vùng mỏm cực từ, từ thông này chia làm hai phần;

phần từ thông Φ_1 đi ở phần diện tích ngoài vòng ngắn mạch và phần từ thông Φ_2 ở phần diện tích trong vòng ngắn mạch . Do có vòng ngắn mạch, từ thông Φ_2 sẽ chậm pha so với từ thông Φ_1 một góc φ . Các từ thông Φ_1 và Φ_2 khép mạch qua khe hở δ và đĩa nhôm sẽ tạo ra các dòng điện cảm ứng là i_1 và i_2 cũng lệch pha nhau. Tương tác giữa Φ_1 với i_2 và Φ_2 với i_1 sẽ sinh ra mômen làm quay đĩa nhôm .

Nếu mạch từ chưa bão hòa, mômen quay đĩa có thể xác định theo công thức:

$$M_q = k_1 \cdot f \cdot \Phi_1 \cdot \Phi_2 \cdot \sin \varphi = k_2 \cdot I^2$$

trong đó : k_1 – là hệ số phụ thuộc kích thước, vật liệu đĩa quay và vị trí tương đối giữa cực từ và tâm quay của đĩa

φ - là góc lệch pha giữa Φ_1 và Φ_2 .

f – là tần số của dòng điện .

9.4.2. Ứng dụng của role cảm ứng:

Dùng để chế tạo role dòng điện, điện áp, công suất, tần số .

9.5. Role thời gian

9.5.1. Khái quát và yêu cầu :

Trong tự động đk , bảo vệ thường gặp những trường hợp cần có một khoảng thời gian giữa những điểm tác động của hai hay nhiều thiết bị , hoặc trong các quá trình tự động hóa , nhiều khi phải tiến hành những thao tác kế tiếp nhau cách nhau những khoảng thời gian xác định . Để tạo nên những khoảng thời gian cần thiết đó , người ta dùng role thời gian . Như vậy có thể định nghĩa role thời gian là role có đặc tính : Khi tín hiệu vào role đạt giá trị tác động thì sau một thời gian được đặt trước role mới cho tín hiệu ở đầu ra .

Những yêu cầu chung đối với role thời gian là :

- Khả năng duy trì thời gian ổn định , chính xác , tin cậy , không phụ thuộc vào dao động của điện áp nguồn cung cấp , tần số , nhiệt độ và các điều kiện môi trường (Nhiệt độ , độ ẩm , độ rung ...).

- Công suất ngắt của hệ thống tiếp điểm đủ lớn .

- Công suất tiêu thụ nhỏ .

- Kết cấu , sử dụng đơn giản .

Cấu trúc chung của role thời gian :

a) Bộ phận động lực : Có chức năng nhận tín hiệu vào là năng lượng điện , biến đổi thành năng lượng thích hợp cho bộ phận tạo thời gian hoạt động .

b) Bộ tạo thời gian : Có chức năng tạo thời gian trễ của role . Bộ phận này hoạt động theo nhiều nguyên lý khác nhau như : Điện tử , cơ khí , khí nén , thủy lực , điện từ .v.v... Căn cứ vào bộ tạo thời gian ta có role tương ứng .

c) Bộ phận đầu ra : Role phát tín hiệu ra bằng sự thay đổi trạng thái đóng mở các tiếp điểm .Ngoài ra các role còn có bộ phận hiệu chỉnh thời gian tác động và bộ phận hiển thị

Ký hiệu role thời gian trong sơ đồ như hình vẽ 8 -61 TL1

9.5.2.Role thời gian điện từ :

Hình 8 -62 TL1 vẽ kết cấu của role thời gian điện từ

Mạch từ gồm lõi 1 , nắp 2 và tấm đệm phi từ tính 3 (Thường dùng các tấm đồng mỏng 0,1mm). Lõi sắt 1 được bắt chặt lên bảng điện nhờ đế nhôm 5 . Trên đế còn lắp hệ thống tiếp điểm 6 .Nam châm điện một chiều có lõi bằng thép armkô . Nhánh phải có tiết diện tròn để chế tạo lắp ráp cuộn dây được thuận tiện . Nhánh trái có tiết diện chữ nhật , nhờ đó tăng được chiều dài chỗ tiếp xúc giữa lõi và nắp từ là phần chuyển động , do đó tăng được độ bền cơ chống mài mòn của cạnh quay . Trên nhánh trái có lắp vòng ngắn mạch có dạng ống trụ rỗng 8 , tiết diện lớn , làm bằng vật liệu dẫn điện tốt như đồng hoặc nhôm .

Bộ phận duy trì thời gian của role làm việc theo nguyên lý điện từ , trên cơ sở sử dụng dòng điện cảm ứng xuất hiện trong ống dẫn điện trụ rỗng khi từ thông chính do cuộn dây sinh ra trong mạch từ biến thiên . Theo định luật Lenxơ , dòng điện cảm ứng này có chiều sao cho từ thông do nó sinh ra chống lại sự biến thiên của từ thông chính .Do vậy tốc độ tăng hoặc giảm từ thông chính khi cuộn dây được đóng hoặc cắt điện sẽ chậm đi , nghĩa là thời gian tác động và thời gian nhả của role cũng được tăng lên .

9.5.3.Role thời gian thủy lực :

Role thời gian thủy lực có cấu tạo như hình (8-65TL1).Bộ phận chủ yếu là một nam châm điện 1 , bộ phận tạo thời gian và hệ thống tiếp điểm .Role hoạt động như sau : Khi có tín hiệu điện điều khiển đưa vào cuộn dây của nam châm điện 1, lực hút điện từ kéo nắp chuyển động nhanh (coi như tức thời) về phía lõi , nam châm ở trạng thái hút .Khi nắp hút hệ thống tiếp điểm tức thời thay đổi trạng thái đồng thời lò xo 3 bị kéo căng ra sẽ kéo pít tông chuyển động xuống dưới , dầu nhờn từ khoang dưới bị pittông ép sẽ đẩy lên khoang trên qua lỗ thông . Vì lỗ này nhỏ nên dầu nhờn tạo nên lực cản chuyển động của pít tông làm pittông chuyển động chậm lại . Phải một thời gian sau , pittông mới đi hết hành trình đã định và tay ngang ở đầu pittông mới tỳ lên hệ tiếp điểm tác động chậm làm thay đổi trạng thái đóng mở của chúng , như vậy hệ pittông và dầu đã làm chậm thời gian tác động của role .Khi pít tông đi xuống lò xo 5 nén lại và van một chiều 8 đóng .Khi ngắt điện cuộn dây nam châm điện , lò xo 3 , 5 làm nắp nam châm và pít tông về vị trí ban đầu .

9.5.4.Role thời gian kiểu đồng hồ :

Trong role thời gian kiểu đồng hồ , bộ phận động lực làm rơi le hoạt động là cuộn lò xo lá . Khi vặn lò xo cuộn chặt lại , lò xo đã được nạp năng lượng . Do tính đàn hồi , khi lò xo xoắn thì giải phóng năng lượng làm role hoạt động .Bộ phận tạo ra lực cuộn lò xo có thể là một nam châm điện . Khi có tín hiệu điều khiển , phần nắp của nam châm được hút về phía lõi nhờ lực hút điện từ và làm căng lò xo

ở trạng thái nạp năng lượng .Bộ phận tạo thời gian là hệ thống bánh răng giảm tốc và cóc dao động làm cho các bánh răng chuyển động chậm lại và không đổi giống như ở đồng hồ cơ khí thông thường . Trên hình vẽ là role thời gian kiểu đồng hồ dùng điện xoay chiều (hình 8-66a) và dùng điện một chiều (hình 8-66b) .

9.5.5.Role thời gian kiểu động cơ :

Khi điều khiển các quá trình hoạt động của thiết bị cần thời gian trễ lớn từ vài phút đến vài giờ hoặc lâu hơn hay các quá trình lặp lại có tính chu kỳ người ta thường dùng role thời gian kiểu động cơ . Loại này có cấu trúc như hình 8-67 gồm các bộ phận chính như sau : Bộ phận động lực là các động cơ có công suất nhỏ từ 2 đến 5 w có ba loại động cơ được dùng là động cơ không đồng bộ một pha kiểu vòng ngắn mạch động cơ không đồng bộ một pha kiểu tụ (hình 8-68a và 8-68b) và động cơ bước (hình 8-68c) . Bộ phận tạo thời gian là các bộ giảm tốc cơ khí và bộ phận tiếp điểm .

9.5.6.Role thời gian điện tử :

Role thời gian điện tử là các rơ le có cấu tạo và làm việc dựa trên các linh kiện điện tử như : đèn điện tử chân không , tranzistor , điốt , thyristor , mạch tổ hợp IC ...

Hình 8-69 là nguyên lý làm việc của role dùng đèn điện tử còn hình 8-70 là role thời gian bán dẫn . Đối với loại role thời gian vi mạch (IC) có sơ đồ khối như sau (hình 8-71). Các bộ phận chính của role bao gồm :

- Bộ phận tạo thời gian – Đó là các mạch tạo dao động có tần số không đổi vào khoảng vài trăm kHz , ở các role thời gian dùng nguồn xoay chiều lưới điện quốc gia người ta thường sử dụng tần số nguồn làm xung thời gian chuẩn , mỗi xung ứng với 0,01 giây ở tần số 50 Hz
- Bộ phận đếm xung : Bộ phận này đếm các xung xuất hiện từ thời điểm role làm việc đến khi rơ le tác động . Kết quả số xung đếm được sẽ cho thời gian trễ cần thiết .
- Bộ phận so sánh : So sánh kết quả của xung đếm được với mức chuẩn thời gian đặt , khi kết quả xung bằng hoặc giống kết quả đặt trước thì cho ra tín hiệu tác động .
- Bộ phận nguồn cung cấp : Bộ phận này có chức năng biến đổi điện áp nguồn cấp cho role thành các cấp điện áp phù hợp với các mạch làm việc của role .
- Bộ phận đầu ra : Bộ phận này có nhiệm vụ ghép nối và chuyển các tín hiệu tác động của role đến các thiết bị phía sau role .
- Bộ phận chỉnh định : Bộ phận này dùng để thay đổi thời gian , lựa chọn chế độ hoạt động hoặc đặt trước .
- Bộ phận hiển thị .

9.5.7.Một số dạng rơ le thời gian :

9.6. Role nhiệt .

9.6.1. Khái quát và công dụng :

Role nhiệt là loại khí cụ dùng để bảo vệ động cơ và mạch điện khỏi bị quá tải, thường được sử dụng kèm với công tắc tơ hoặc khởi động từ.

Về cấu tạo role nhiệt bao gồm: Bộ phận nhạy cảm với nhiệt độ ở đầu vào, bộ phận so sánh, hệ thống tiếp điểm ở đầu ra và bộ phận hiệu chỉnh thông số làm việc của role.

Tùy thuộc vào bộ phận cảm biến nhiệt độ ta có các loại role nhiệt với đặc tính kỹ thuật và phạm vi ứng dụng khác nhau. Các cảm biến nhiệt độ dùng trong role nhiệt độ là:

- Cảm biến kiểu kim loại kép (Bimetal, lưỡng kim).
- Cảm biến kiểu khí nén.
- Cảm biến kiểu nhiệt ngẫu.
- Cảm biến kiểu điện trở nhiệt.

9.6.2. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của role nhiệt bimetal:

Nguyên lý chung của role nhiệt Bimetal là dựa trên tác dụng nhiệt của dòng điện với một thanh kim loại kép (Lưỡng kim loại) gồm hai kim loại có hệ số giãn nở nhiệt khác nhau. Bộ phận chính của role nhiệt này là một tấm kim loại được ghép từ hai kim loại có hệ số giãn nở nhiệt khác nhau nhiều (Thường dùng là hợp kim của sắt – niken và crôm – niken). Hai kim loại này được ghép chặt với nhau thành một phiến bằng phương pháp cán nóng hoặc phương pháp hàn. Khi bị đốt nóng tấm kim loại kép sẽ uốn cong về phía kim loại có hệ số giãn nở bé. Sự phát nóng là do dòng điện trực tiếp đi qua tấm kim loại hoặc gián tiếp qua phần tử điện trở.

Cấu tạo của một role nhiệt loại này được trình bày trên hình vẽ:

Role gồm hai mạch điện độc lập: Mạch động lực có dòng điện phụ tải đi qua và thao tác để ngắt điện cuộn dây điều khiển. Phần tử phát nóng 1 được đấu nối tiếp với mạch động lực bởi các vít 2 và ôm lấy phiến kim loại kép 3.

Vít 6 cây trên giá nhựa cách điện 5 dùng để điều chỉnh mức độ uốn cong của đầu tự do của phiên 3 . Giá 5 có thể quay xung quanh trục 4 . Tùy theo trị số dòng điện chạy qua phần tử phát nóng mà phiên kim loại kếp cong nhiều hay ít , đẩy vào vít 6 làm xoay giá 5 để mở ngàm đòn bẩy 9 . Dưới tác dụng của lò xo 8 , đòn bẩy 9 xoay được xung quanh trục 7 ngược chiều kim đồng hồ làm mở tiếp điểm động 11 khỏi tiếp điểm tĩnh 12 . Nút ấn 10 dùng để khôi phục rơle về vị trí ban đầu sau khi phiên kim loại kếp nguội trở lại . Điều chỉnh vít 6 có thể điều chỉnh được dòng tác động khi quá tải .

9.6.3. Phân loại và kết cấu :

- Theo kết cấu người ta chia rơle nhiệt ra làm hai loại : kiểu kín và kiểu hở .
- Theo phương thức đốt nóng người ta chia làm ba loại :
 - + Đốt nóng trực tiếp : Dòng điện trực tiếp đi qua tấm kim loại kếp . Loại này có cấu tạo đơn giản , nhưng khi thay đổi dòng định mức ta phải thay tấm kim loại kếp .
 - + Đốt gián tiếp : Dòng điện đi qua phần tử đốt nóng độc lập , nhiệt lượng của nó tỏa ra gián tiếp làm tấm kim loại kếp cong lên . Loại này có ưu điểm là muốn thay đổi dòng định mức ta chỉ cần thay phần tử đốt nóng chứ không cần thay tấm kim loại kếp . Khuyết điểm của loại này là khả năng chịu quá tải kém , khi có quá tải lớn phần tử đốt nóng có thể đạt tới nhiệt độ cao , nhưng vì không khí dẫn nhiệt kém nên tấm kim loại kếp chưa kịp tác động mà phần tử đốt nóng đã bị cháy đứt .
 - + Đốt hỗn hợp : Loại này tương đối tốt vì kết hợp được ưu điểm của hai loại trên , có tính ổn định cao và có thể làm việc ở bội số quá tải lớn $(12 \div 15) I_{dm}$.
- Theo yêu cầu sử dụng người ta chia ra làm hai loại : loại một cực và loại hai cực . Loại hai cực thường được dùng trong bảo vệ quá tải động cơ xoay chiều ba pha .

9.6.4. Lựa chọn rơle nhiệt :

Đặc tính cơ bản của rơle nhiệt là quan hệ giữa thời gian tác động và dòng điện chạy qua phụ tải (Còn gọi là đặc tính thời gian - dòng điện) . Mặt khác với mỗi phụ tải có đặc tính thời gian dòng điện tương ứng . Lựa chọn đúng đắn rơle nhiệt là sao cho đặc tính ampe – giây của rơle luôn nằm dưới đường đặc tính ampe – giây của đối tượng và càng gần với đặc tính của đối tượng càng tốt . Chọn thấp quá sẽ không tận dụng hết công suất của thiết bị , chọn cao quá sẽ làm giảm tuổi thọ của thiết bị .

Trong thực tế sử dụng , cách lựa chọn phù hợp là chọn dòng định mức của rơle bằng dòng định mức của động cơ điện cần được bảo vệ , và rơle sẽ tác động ở giá trị $(1,2 \div 1,3) I_{dm}$. Tùy thuộc vào chế độ làm việc của phụ tải là liên tục hay ngắn hạn mà xét đến hằng số thời gian phát nóng của rơle khi có quá tải liên tục hay ngắn hạn . Ngoài ra , nhiệt độ của môi trường công tác cũng ảnh hưởng tới thời gian tác động vì vậy khi nhiệt độ môi trường thay đổi cần điều chỉnh lại dòng tác động .

9.6.5. Một số thông số kỹ thuật :

- Kiểu rơle .
- Ký hiệu kết cấu .

- Số tiếp điểm ; Thường đóng , thường mở .
- Phần tử đốt nóng .
- Thời gian tác động .
- Trọng lượng kích thước .

9.7 Role kỹ thuật số .

Role kỹ thuật số, gọi tắt là role số là loại role trong đó việc xử lý các đại lượng tín hiệu làm việc trên các bộ phận chức năng của role được thực hiện theo kỹ thuật số (Digital hoặc numeric) hay kỹ thuật logic . Về cấu tạo role số được xây dựng từ các linh kiện bán dẫn, chủ yếu là các vi mạch số (Vi mạch logic) , nên đôi khi còn gọi là role bán dẫn kỹ thuật số .

Người ta tạo ra những role số có các tính năng làm việc ngày càng đa dạng và phức tạp hơn, với các ưu điểm vượt trội so với các role kiểu khác như role điện cơ, role nhiệt và role bán dẫn tương tự . Role số ngày càng được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực .

9.7.1. Phân loại role số:

- Theo chức năng sử dụng có role bảo vệ và role điều khiển .
- Theo khả năng xử lý thông tin có role không có bộ vi xử lý và role có bộ vi xử lý.
- Theo số lượng đầu vào đầu ra có:
 - + Role một đại lượng như role dòng điện, role điện áp, role nhiệt độ .
 - + Role hai đại lượng như role công suất, role hệ số công suất .
- Theo loại dòng điện sử dụng có role một chiều, role xoay chiều .

Role số thuộc loại role tĩnh theo nghĩa là trong cấu tạo và hoạt động không có bộ phận chuyển động như trong các loại role điện cơ . Role số được hiểu theo nghĩa rộng là thiết bị có tín hiệu ra thay đổi theo đường đặc tính role .

9.7.2. Ưu điểm của role số:

- Role số làm việc và xử lý tín hiệu theo kỹ thuật số . Các tín hiệu này chỉ ở một trong hai mức cực đại hoặc cực tiểu khác biệt nhau không có tín hiệu trung gian và liên tục như tín hiệu tương tự .Nên hạn chế được ảnh hưởng của các tín hiệu nhiễu đến nội dung thông tin và kết quả ra của role .
- Cấu tạo của role số chủ yếu là vi mạch bán dẫn và các linh kiện điện tử làm việc với điện áp thấp (Từ 5V đến 12V) , dòng điện nhỏ (Cỡ đến hàng chục miliampe) nên công suất tiêu thụ dưới dạng nhiệt trên chúng nhỏ, dẫn đến nhiệt độ làm việc của role không cao, ít ảnh hưởng đến thông số và đặc tính làm việc của các linh kiện và của role .
- Role số không có các bộ phận chuyển động cơ học như trong role cơ, nên không bị ảnh hưởng do sự trục trặc , yếu kém của các bộ phận này khi chúng bị mòn, gãy, vỡ ..
- Role số có độ nhạy, độ chính xác cao . Có thể điều chỉnh đặt thông số làm việc của role phù hợp với khả năng làm việc của thiết bị được bảo vệ .

Chương 10 : KHÍ CỤ ĐIỆN CAO ÁP

10.1. Máy cắt cao áp

10.1.1. Khái niệm chung :

- Máy cắt điện áp cao (còn gọi là máy cắt cao áp) là một thiết bị điện dùng để đóng cắt mạch điện có điện áp từ 1000 V trở lên ở mọi chế độ vận hành : Chế độ không tải , chế độ có tải định mức , chế độ sự cố trong đó chế độ đóng cắt dòng điện ngắn mạch là nặng nề nhất .

- Các thông số chính của máy cắt là : Điện áp định mức (Còn gọi là điện áp danh định) , dòng điện định mức , dòng điện ổn định nhiệt ứng với thời gian ổn định nhiệt tương ứng , dòng điện ổn định điện động , dòng điện cắt định mức , công suất cắt định mức , thời gian cắt , thời gian đóng .

+ Điện áp định mức – là điện áp dây đặt lên thiết bị với thời gian làm việc dài hạn mà cách điện của máy cắt không bị hư hỏng, tính theo trị số hiệu dụng .

+ Dòng điện định mức – là trị số hiệu dụng của dòng điện chạy qua máy cắt trong thời gian làm việc dài hạn mà máy cắt không bị hư hỏng.

+ Dòng điện ổn định nhiệt ứng với thời gian tương ứng – là trị số hiệu dụng của dòng ngắn mạch chạy qua thiết bị với thời gian cho trước mà nhiệt độ của mạch vòng dẫn điện không vượt quá giá trị cho phép ở chế độ làm việc ngắn hạn .

+ Dòng điện ổn định điện động (còn gọi là dòng xung kích) là trị số lớn nhất của dòng điện mà lực điện động do nó sinh ra không làm hư hỏng máy cắt :

$$I_{xk} = 1,8\sqrt{2}I_{nm} .$$

Trong đó : I_{xk} là dòng xung kích ; I_{nm} là dòng ngắn mạch . Nếu máy cắt đóng khi lưới bị ngắn mạch thì đó chính là dòng xung kích . Dòng điện cắt định mức của máy cắt là dòng điện ngắn mạch mà máy có thể cắt được với thời gian cắt đã cho .

+ Công suất cắt định mức của máy cắt ba pha (còn gọi là dung lượng cắt) được tính theo công thức sau :

$$S_{cdm} = \sqrt{3}U_{dm}I_{cdm}$$

trong đó : U_{dm} là điện áp định mức của lưới điện ; I_{cdm} là dòng điện cắt định mức .

+ Thời gian đóng là khoảng thời gian từ khi có tín hiệu “đóng” được đưa vào máy cắt đến khi máy cắt đóng hoàn toàn .

+ Thời gian cắt là khoảng thời gian từ khi có tín hiệu cắt đến khi hồ quang được dập tắt hoàn toàn .

Các yêu cầu cơ bản của máy cắt là :

- + Độ tin cậy cao cho mọi chế độ làm việc .
- + Quá điện áp khi cắt thấp .
- + Thời gian đóng và thời gian cắt nhanh .
- + Không ảnh hưởng tới môi trường .
- + Dễ bảo quản bảo dưỡng , kiểm tra thay thế .
- + Kích thước nhỏ gọn tuổi thọ cao .
- + Có thể đóng lặp lại có chu trình :

CẮT - 180s – ĐÓNG CẮT – 180s – ĐÓNG CẮT

180 s là khoảng thời gian giữa hai lần thao tác còn đóng cắt là máy cắt đóng dòng ngắn mạch, sau đó lại cắt ra.

- Phân loại máy cắt : Dựa theo môi trường dập hồ quang người ta chia ra máy cắt dầu, máy cắt khí nén, máy cắt chân không , máy cắt tự sinh khí , máy cắt SF6 .Dựa vào môi trường làm việc máy cắt được chia thành máy cắt làm việc ngoài trời , máy cắt làm việc trong nhà . Dựa vào kết cấu ta có máy cắt rời và máy cắt hợp bộ .

10.1.2.Máy cắt khí nén :

Không khí nén khô và sạch được nén với áp suất cao (từ 20 đến 40 at) dùng để thổi hồ quang và thao tác cắt máy vì vậy máy cắt loại này được gọi là máy cắt không khí hay máy cắt khí nén .

Nguyên lý kết cấu của máy cắt rất đa dạng phụ thuộc vào điện áp ,dòng điện định mức , phương thức truyền khí nén vào bình cắt và trạng thái tiếp điểm sau khi cắt .

Ưu điểm chính của máy cắt loại này là khả năng cắt lớn , có thể cắt dòng điện tới 100 KA , thời gian cắt bé , có tuổi thọ cao , không gây nổ . Nhược điểm là phải luôn có bình khí nén đi kèm nên chỉ được dùng trong các trạm có số lượng máy cắt lớn .

Các thông số kỹ thuật cơ bản của máy cắt :

- Điện áp định mức của máy cắt [KV] : $U_{dmMC} \geq U_{dmMạng}$
- Dòng điện định mức của máy cắt [KA] : $I_{dmMC} \geq I_{lvMax}$
- Dòng điện ổn định nhiệt ứng với thời gian ổn định nhiệt : [KA]
- Dòng điện ổn định điện động $I_{ổn}$ [KA] .
- Công suất cắt định mức $S_{đmcut}$ [MVA].

10.1.3.Máy cắt phụ tải :

Máy cắt phụ tải là một thiết bị đóng cắt đơn giản rẻ tiền hơn máy cắt điện . Nó gồm hai bộ phận cấu thành : Bộ phận cắt điều khiển bằng tay và cầu chì . Vì bộ phận dập hồ quang của máy cắt phụ tải có cấu tạo đơn giản nên máy cắt phụ tải chỉ đóng cắt được dòng điện phụ tải chứ không cắt được dòng ngắn mạch . Tùy thuộc vào phụ tải ta lựa chọn cầu chì có dòng điện thích hợp.

Các thông số kỹ thuật cơ bản gồm :

- Điện áp định mức của máy cắt phụ tải [KV] : $U_{dmMCPT} \geq U_{dmMạng}$
- Dòng điện định mức của máy cắt phụ tải [KA] : $I_{dmMCPT} \geq I_{lvMax}$
- Dòng điện ổn định nhiệt ứng với thời gian ổn định nhiệt : [KA]
- Dòng điện ổn định điện động $I_{ổn}$ [KA] .
- Dòng điện định mức của cầu chì I_{Max} [KA]
- Công suất cắt định mức của cầu chì $S_{đmcutCC}$ [MVA].

10.1.4.Dao cách ly :

Dao cách ly có nhiệm vụ chủ yếu là tạo ra một khoảng hở nhìn thấy giữa bộ phận đang mang dòng điện và bộ phận cắt điện nhằm mục đích đảm bảo an toàn và khiến cho nhân viên sửa chữa an tâm khi làm việc . Do vậy ở những nơi cần sửa chữa luôn luôn đặt dao cách ly ngoài các thiết bị đóng cắt . Dao cách ly không có bộ phận dập hồ quang nên không thể cắt được dòng điện lớn .Do vậy chỉ được sử dụng để cắt khi không có dòng điện . Dao cách ly được chế tạo với các cấp

điện áp khác nhau , loại một pha hoặc ba pha , loại dùng trong nhà hoặc ngoài trời

10.2.Cầu chì cao áp .

10.2.1. Khái niệm :

Cầu chì là một loại khí cụ dùng để bảo vệ mạch điện khỏi bị quá tải hay ngắn mạch . Thời gian cắt của cầu chì phụ thuộc nhiều vào vật liệu làm dây chảy . Dây chảy của cầu chì cao áp làm bằng hợp kim của chì với đồng hoặc bạc .v.v... Cầu chì là một khí cụ đơn giản và rẻ tiền nhưng độ nhạy kém . Nó chỉ tác động khi dòng điện lớn hơn dòng định mức nhiều lần chủ yếu khi xuất hiện dòng ngắn mạch . Cầu chì cao áp thường được dùng để bảo vệ các mạng hình tia , biến áp động lực công suất nhỏ . Để tăng cường khả năng dập hồ quang khi dây chảy bị chảy đứt và để an toàn cho người vận hành cũng như các thiết bị khác ở xung quang cầu chì thường chèn đầy cát thạch anh và vỏ làm bằng xenlulô

10.2.2.Các thông số kỹ thuật :

- Điện áp định mức của cầu chì $U_{đmCC} [KV]$
- Dòng điện định mức của cầu chì $I_{đmCC} [KA]$
- Công suất cắt định mức của cầu chì $S_{đm cắt CC} [MVA]$.

10.3.Sứ cao áp .

10.3.1.Khái niệm :

Sứ có tác dụng vừa làm giá đỡ các bộ phận mang điện vừa làm vật cách điện giữa các bộ phận đó với đất . Do đó sứ phải có đủ độ bền chịu được lực điện động do dòng ngắn mạch gây ra , đồng thời chịu được điện áp mạng kể cả khi quá điện áp .

Theo chức năng sứ được chia làm hai loại chính :

- Sứ đỡ hay sứ treo dùng để đỡ hay treo thanh cái , dây dẫn và các bộ phận mang điện trong các thiết bị điện .
- Sứ xuyên : Dùng để dẫn nhánh các thanh cái hoặc dây dẫn xuyên qua tường vách .

Theo vị trí sử dụng có thể phân ra sứ dùng cho trạm , sứ dùng cho đường dây hoặc cho thiết bị

Theo điều kiện làm việc có sứ dùng trong nhà hoặc ngoài trời .

Tùy thuộc vào chất lượng của vật liệu làm sứ mỗi sứ có thể chịu được một lực phá hỏng F_{ph} khác nhau ; Lực cho phép tác dụng lên sứ được qui định như sau :

$$F_{cp} = 0,6 F_{ph}$$

10.3.2.Các thông số kỹ thuật :

- Điện áp định mức : $U_{đm} [KV]$
- Dòng điện định mức của sứ xuyên và sứ đầu ra $I_{đm} [KA]$
- Lực cho phép tác dụng lên sứ F_{cp}
- Dòng điện ổn định nhiệt $I_{ổn}$

Chương 11 : LẮP ĐẶT, VẬN HÀNH, KIỂM TRA, BẢO DƯỠNG HIỆU CHỈNH, SỬA CHỮA CÁC KHÍ CỤ ĐIỆN

11.1. Đo điện trở cách điện , tiêu chuẩn kiểm tra điện trở cách điện.

Sự làm việc an toàn , liên tục và đảm bảo của thiết bị điện , máy điện , khí cụ điện v.v... trước tiên phụ thuộc vào trạng thái tốt xấu của điện trở cách điện . Do vậy , việc đo điện trở cách điện bắt buộc phải thực hiện với khí cụ điện .

Người ta quy định tiêu chuẩn về giới hạn cho phép của điện trở cách điện , dưới giới hạn đó , không được dùng và phải có biện pháp xử lý .

Điện trở cách điện của các mạch điện động lực , mạch nhánh theo tiêu chuẩn đối với điện áp dưới 1000 V phải thỏa mãn :

$$R_{cd} \geq 0.5 M\Omega$$

Đối với các khí cụ điện dùng trong sinh hoạt , yêu cầu cách điện của bồi dây đối với vỏ không nhỏ hơn $1M\Omega$. Điện trở cách điện của cuộn dây các thiết bị đóng cắt điện áp thấp (Các công tắc tơ , các khởi động từ) được đo bằng megaôm mét 1000V cần phải có giá trị lớn hơn $2 M\Omega$. Thực tế điện trở cách điện trong nhà khô ráo không được bé hơn $5 M\Omega$

Điện trở của thanh dẫn được đo bằng megaôm mét 500V – 1000V cần có giá trị lớn hơn $2 M\Omega$. Điện trở cách điện của tất cả các khí cụ điện ở mạch điều khiển nói chung phải lớn hơn $2 M\Omega$ (Đo bằng megaôm mét 500V – 1000V) .

Đo điện trở cách điện được tiến hành trước khi đưa vào vận hành các thiết bị , khí cụ hoặc sau khi tiến hành sửa chữa và định kỳ 2 năm một lần . Để đo điện trở cách điện người ta tiến hành như sau :

- Đo điện trở cách điện của mạch đối với vỏ .
- Đo điện trở cách điện giữa các mạch điện đối với nhau .

Để kiểm tra điện trở cách điện của cụm khí cụ đã được lắp đặt so với vỏ . Ví dụ như hình vẽ , đầu tiên phải tháo cầu chì để đảm bảo khí cụ , thiết bị được đo không còn điện áp . Sau đó đóng tất cả các cầu dao để đưa vào mạch tất cả các khí cụ có trong mạch , kể cả các đèn điện , như vậy toàn bộ khí cụ và thiết bị tạo thành mạch thống nhất cần được kiểm tra trạng thái cách điện . Để đo được điện trở một đầu khí cụ được nối với đầu E của megaôm mét , đầu kia của megaôm mét nối với vỏ máy . Quay tay hoặc ấn nút P sau đó đọc chỉ số trên đồng hồ đo , nếu chỉ số này $\geq 0.5 M\Omega$ thì nói chung cách điện của cụm so với đất là tốt .

Trong trường hợp điện trở cách điện nhỏ hơn giá trị nêu trên , ta phải đo điện trở cách điện của từng khí cụ điện , từng mạch riêng lẻ , chứ không cho giá trị toàn bộ cụm ; Lúc đó có thể làm như sau :

11.2. Lắp đặt , vận hành , kiểm tra , bảo quản , bảo dưỡng các khí cụ điện .

11.2.1. Lắp đặt , kiểm tra khí cụ trong bảng điện :

a) Lắp đặt :

Các bảng điện kiểu hở có kích thước không lớn , trọng lượng nhỏ , có thể treo trên tường bằng cách bốn góc khoan bốn lỗ tròn để bắt bulông hoặc vít qua các lỗ vào tường . Các bảng điện nặng hơn phải bắt vào khung thép chôn vào tường hay cột .

Các bảng điện của mạng chiếu sáng của các khu nhà dân dụng thường đặt trên tường cách mặt đất từ 1.6m đến 2.0m . Ở những nơi sản xuất các bảng điện của mạch thấp sáng đặt cao hơn mặt đất từ 1.5m đến 1.8m .

Các bảng điện động lực có cầu dao , đặt cách mặt đất từ 1.5m đến 1.8m . Ở những nơi sản xuất trong mọi trường hợp bảng điện phải đặt trong tủ kim loại hoặc hộp kín bằng kim loại . Các bảng điện phải được đặt theo quả dọi hoặc thước thẳng bằng để chúng có vị trí thẳng đứng . Muốn đặt các bảng điện bằng đá hoặc các vật liệu khác vào tường đá , bê tông , phải đục lỗ vào tường rồi trát vữa xi măng ở chân các giá đỡ đặt trong lỗ . Đặt các bảng điện trên tường gỗ thường được thực hiện trên các giá đỡ có hình dáng chữ II bắt vào tường bằng vít gỗ hay bulông bắt gỗ . Muốn giám sát kiểm tra thuận lợi có thể tham khảo khoảng cách trong bảng sau :

Kích thước bảng,mm	250x40 0	400x50 0	500x60 0	600x80 0	800x1000	1000x1800
Khoảng cách giữa bảng và tường,mm	100	150	250	350	600	800

Khi đặt các thiết bị phân phối điện năng cho những nơi tiêu thụ nhiều , các phân xưởng , nhà gác v.v.. ta dùng tủ phân phối . Các tủ có xương bằng thép định hình hoặc tôn uốn , phía trước bằng tôn dày 2mm . Các tủ có kích thước tùy thuộc yêu cầu . Nếu hai tủ đối diện nhau phải có khoảng cách bé nhất giữa chúng từ 1m đến 1,6m để người phục vụ đi lại dễ dàng . Khoảng cách giữa các thanh dẫn bé nhất là 100mm , từ mép tủ phân phối đến thanh dẫn gần nhất là 100mm . Thanh dẫn làm bằng đồng hay nhôm . Ba pha được sơn ba màu khác nhau , đỏ , vàng , xanh .

Những khí cụ đo được lắp sao cho trục ngang của nó nằm giữa 1.5m đến 2m kể từ mặt nền . Công tơ và máy ghi có thể đặt thấp hơn chiều cao từ mặt nền có thể là 0.8m.

Khí cụ điện đóng mở hạ áp được lắp ở chiều cao thích hợp để thao tác nhẹ nhàng và thường tính từ mặt nền từ 1.4m đến 1.8m . Cầu chì nên lắp phía trước bảng để thay thế dễ dàng . cầu chì hở không nên dùng . Khi lắp các thiết bị điều chỉnh , biến trở , khởi động từ v.v.. phải kiểm tra xem xét các cuộn dây bên trong có bị đứt , chập mạch hay không . Nếu cách điện không đảm bảo , phải đem sấy trong tủ sấy . Yêu cầu chính đối với việc lắp đặt các thiết bị khởi động là làm sao bắt chặt và thẳng . Cần chú ý khi lắp các thiết bị đo , aptômát và các role bảo vệ vì chúng chỉ làm việc tin cậy khi được đặt thẳng đứng .

b) Kiểm tra :

Sau khi lắp đặt bảng điện , tủ điện , thiết bị tự động , thiết bị điều khiển cần tiến hành kiểm tra . Việc kiểm tra có thể dùng đồng hồ vạn năng , chuông hay thiết bị gọi là cái dò mạch .

Trước khi kiểm tra cần tháo tách cáp liên hệ với bên ngoài và để hở mạch những liên hệ bên trong bảng có thể tạo thành những mạch vòng đèn thử . Sơ đồ lắp phải chính xác , việc lắp và kí hiệu thực tế phải phù hợp nhau .

Khi kiểm tra cần chú ý đến các cụm tiếp điểm của thiết bị : Tiếp điểm thường đóng hoặc thường mở của role . Vị trí tiếp điểm phải tương ứng với sơ đồ ở tình trạng không có điện của thiết bị hoặc role . Cần chú ý rằng khi thiết bị làm việc tiếp điểm sẽ chuyển mạch . Sau khi kiểm tra việc lắp cần đo điện trở cách điện các phần dẫn điện với vỏ , giữa các mạch điều khiển , tín hiệu , đo lường và bảo vệ bằng mega ôm mét như đã nêu trên . Cần lưu ý cách điện giữa các mạch điện áp và dòng điện trong các thiết bị có thể không chịu được điện áp cao của thiết bị đo do vậy cần tách trước khi đo . các đầu ra của tụ điện và các dụng cụ bán dẫn cần đấu tắt trước khi đo .

Sau khi kiểm tra việc lắp đặt các bảng các thiết bị ,ta chuyển sang kiểm tra hệ thống cáp và các phần khác .

Khi kiểm tra lắp ráp thấy chỗ nào chưa thật đúng trong phạm vi cho phép với sơ đồ thiết kế cũng cần ghi vào sơ đồ . Cần trao cho người sử dụng những số liệu , tài liệu , văn bản thử nghiệm .

11.2.2.Bảo quản , bảo dưỡng , kiểm tra , hiệu chỉnh và sửa chữa các khí cụ điện :

a)Áp tômát và các khí cụ điện khác trong tủ điện :

*)Đối với các aptômát hoạt động trong các thiết bị vận hành liên tục , hàng tháng nên tiến hành bảo dưỡng với nội dung sau :

- Kiểm tra làm sạch tiếp điểm chính , hộp dập hồ quang .
- Kiểm tra làm sạch các chi tiết cách điện bằng giẻ tẩm xăng hoặc dầu rửa và giẻ khô . Không nên dùng vật cứng để làm sạch
- Kiểm tra làm sạch tiếp điểm phụ , tiếp điểm điều khiển nếu có .
- Kiểm tra làm sạch mạch điều khiển , mạch tín hiệu và mạch tự động .
- Kiểm tra làm sạch , siết chặt các bulông đai ốc của các đường dây dẫn điện đến các sứ bằng colê thích hợp , tránh dùng kim vặn .
- Thử đóng các aptômát bằng hệ thống mạch tự động hay bằng nút bấm điều khiển từ xa .
- Kiểm tra và làm sạch cơ cấu đóng nắp tự động (nếu có) , đồng thời kiểm tra khoảng thời gian giữa lúc mở và đóng lặp lại .
- Kiểm tra hành trình tiếp điểm động .
- Kiểm tra bộ phận truyền động và kiểm tra áp lực lò xo.
- Ngoài ra cần làm thêm các yêu cầu riêng cho từng loại .

*)Bảo dưỡng và sửa chữa định kỳ hàng năm :

Thực hiện nội dung của bảo dưỡng hàng tháng đồng thời tiến hành thêm các nội dung sau :

- Thay thế những chi tiết hư hỏng .

- Tháo và làm sạch bộ dập tắt hồ quang .
- Đo và kiểm tra điện trở các cuộn dây duy trì , cuộn dây đóng và cuộn dây cắt (nếu có) .
- Thực hiện kiểm tra cách điện cầu dao .
- Lắp các bộ phận đã tháo để kiểm tra theo thứ tự ngược lại .
- Kiểm tra hành trình tiếp điểm động .
- Điều chỉnh điện và cơ khí .
- Xem xét và kiểm tra lực lò xo theo ca ta lô (bằng lực kế) .
- Ngoài các yêu cầu trên còn phải làm thêm các yêu cầu riêng cho từng loại .

*) Tủ đặt các khí cụ và tủ điều khiển gồm các khí cụ điện định kỳ 3 tháng nên tiến hành với nội dung sau :

- Làm sạch các bộ phận thiết bị khí cụ ở trong và ngoài bảng .
- Tất cả các bộ phận cách điện của khí cụ phải được lau bằng giẻ tẩm xăng (Hoặc dầu rửa) , sau đó lau bằng giẻ khô, không được dùng vật cứng để lau .
- Xiết các bulông bằng cờ lê đồng thời xem xét các bulông có bị phát nóng quá mức cho phép hay không .
- Làm sạch , kiểm tra tất cả các cầu dao , cầu chì , khí cụ điều khiển , khí cụ đo lường khí cụ bảo vệ , dây dẫn điện .
- Kiểm tra vành đai tiếp đất , dây nối đến vành đai này , làm sạch và xiết chặt dây nối tiếp đất .
- Những phần tiếp xúc của cầu dao phải được làm sạch , phải kiểm tra các cơ cấu thao tác , hình dạng lưỡi , lò xo .
- Kiểm tra trạng thái mở cửa tủ vì có một số khí cụ nằm trong tủ có hệ thống liên động chỉ cho phép làm việc khi cửa đóng .

Cần chú ý rằng việc thực hiện các thao tác trên chỉ tiến hành khi đã cắt điện và kiểm tra trạng thái cắt một cách chắc chắn .

b)Role điều khiển và bảo vệ :

*) Kiểm tra chung : Để role phát huy được nhiệm vụ khi có sự cố bất thường thì yêu cầu phải bảo dưỡng và kiểm tra thường xuyên role. Để tìm nguyên nhân và loại trừ khả năng hư hỏng của role , đồng thời duy trì những thông số theo quy định thì nhất thiết phải bảo dưỡng tốt , tăng cường kiểm tra và thử tác động của role trong vận hành .Tuỳ thuộc từng loại role mà sự kiểm tra có tính chất phức tạp khác nhau .

Bảo dưỡng role được thực hiện trong phòng thí nghiệm hoặc ngay tại chỗ làm việc ; Việc thử , kiểm tra ở phòng thí nghiệm được thực hiện trước khi đưa vào vận hành và sau một thời gian vận hành nhất định . Kiểm nghiệm role trong phòng thí nghiệm có ưu điểm cho phép xác định tất cả các đặc tính của nó nhờ sử dụng một số thiết bị kiểm tra có độ chính xác cao . Thử nghiệm tại chỗ được thực hiện nhờ một số thiết bị đo lường xách tay có độ chính xác thấp hơn thiết bị phòng thí nghiệm . Tuy vậy việc thử này có ưu điểm là thử với sơ đồ cụ thể , khi thử cần loại

khỏi vòng làm việc sơ cấp và chỉ cần theo dõi hoạt động của khí cụ khi có tín hiệu bảo vệ .

Khi đưa vào làm việc hay sau một thời gian cải tạo sửa chữa , ngừng làm việc cần tiến hành kiểm tra trạng thái cách điện bằng cách đo điện trở cách điện hoặc thử với điện áp xoay chiều tăng cao .

Việc kiểm tra và điều chỉnh role cần được tiến hành theo ba bước như sau :

- Bắt đầu xem xét role bằng việc quan sát bên ngoài , vỏ , kính , cặp chì còn nguyên vẹn hay không . Khi mở nắp cần chú ý chất lượng của đệm ngăn bụi vào role . Tiến hành quan sát bên trong lau sạch bụi , phoi , mặt kim loại bằng bút lông nhỏ hay khăn lau sạch, tiến hành kiểm tra độ sạch của tiếp điểm (làm sạch tiếp điểm nếu cần) , sơn cách điện và chống ăn mòn tốt . Kiểm tra chất lượng mối hàn nhìn thấy được , kiểm tra sự bắt chặt các vít và êcu bằng tuốc-nơ-vít và cò lê . Chú ý quan sát lò xo , sửa chữa các chỗ bị cong vênh của lò xo . Hệ thống động của role phải chuyển dịch tự do , không sát , không vênh . Khi quay hoặc xô dịch hệ thống phải cảm thấy chỉ có mômen lò xo chống lại . Lò xo phải làm cho hệ thống quay về vị trí ban đầu ngay sau khi dùng tay xô dịch khỏi vị trí cân bằng . Kiểm tra việc đặt vị trí vít tỉ giới hạn của hệ thống động của role . Kiểm tra sự làm việc của các bộ phận hiệu chỉnh của đồng hồ đo lường , bộ đếm thời gian của role thời gian phải làm cho role tác động ở tất cả các vị trí đặt . Tiến hành điều chỉnh các tiếp điểm của role trong thời gian xem xét phải tuân theo các hướng dẫn đặc biệt .
- Giai đoạn hiệu chỉnh thứ hai là kiểm tra từng phần tử riêng biệt của thiết bị và role . Kiểm tra sự nguyên vẹn và đo điện trở cách điện của cuộn dây . Đối với các role nhiều cuộn dây , cần xác định các đầu ra cùng cực tính của các cuộn dây , hệ số biến đổi điện áp của các biến áp phụ .v.v...
- Giai đoạn thứ ba là điều chỉnh role để đảm bảo các điều kiện chuyển mạch của các tiếp điểm .

11.3. Một vài hiện tượng hư hỏng thông thường và cách khắc phục .

11.3.1. Những nguyên nhân chung :

Các khí cụ điện nói chung thường bị hư hỏng do các nguyên nhân sau :

- Việc điều khiển tự động truyền động điện hầu hết trong các máy công cụ được thực hiện theo hàm thời gian hay hàm hành trình , làm cho khí cụ phải đóng ngắt nhiều trong điều kiện nặng nề và thường xuyên xuất hiện các quá trình quá độ .
- Tần số đóng ngắt của các khí cụ lớn làm chấn động và mau hỏng các cơ cấu cơ điện từ và các mối ghép .
- Môi trường xung quanh có bụi , nhiều chất ăn mòn làm ảnh hưởng tới tuổi thọ của khí cụ .

Kinh nghiệm thực tế cho thấy dạng sự cố hay xảy ra là cháy hỏng các tiếp điểm , hư hỏng cuộn dây , trong đó thường gặp nhất đối với công tắc tơ và khởi động từ , role trung gian .

11.3.2. Hư hỏng về tiếp điểm :

*) Nguyên nhân có thể :

- Lựa chọn không đúng công suất khí cụ điện : Về dòng điện định mức , tần số thao tác cho phép của khí cụ không đúng với thực tế .
- Lực ép lên tiếp điểm không đủ .
- Giá đỡ tiếp điểm không bằng phẳng , cong vênh .v.v...hoặc lắp ghép lệch .
- Bề mặt tiếp điểm bị ô xy hoá do xâm thực của môi trường làm việc (Có hoá chất , ẩm ướt) .
- Do hậu quả của việc xuất hiện dòng ngắn mạch một pha với đất hoặc hai pha với nhau phía sau công tắc tơ hay khởi động từ.

*) Biện pháp sửa chữa :

- Lựa chọn khí cụ cho đúng công suất , dòng điện , điện áp và chế độ làm việc tương ứng .
- Kiểm tra , nắn thẳng độ bằng phẳng giá đỡ tiếp điểm , điều chỉnh độ trùng khít giữa tiếp điểm động và tiếp điểm tĩnh .
- Kiểm tra lại lò xo của tiếp điểm động có bị méo , biến dạng hay bị lệch khỏi cốt giữ hay không . Phải điều chỉnh đúng lực ép lên tiếp điểm nếu có thể kiểm tra bằng lực kế .
- Thay thế bằng tiếp điểm dự phòng khi tiếp điểm bị quá mòn , cháy hỏng .

Trong điều kiện làm việc có đảo chiều hoặc hãm ngược , các tiếp điểm nhanh chóng bị mài mòn , hư hỏng nên chỉ 2,3 tháng phải thay thế , tiếp điểm động hay hỏng hơn tiếp điểm tĩnh .

11.3.3.Hư hỏng về cuộn dây :

*) Nguyên nhân có thể :

- Ngắn mạch cục bộ giữa các vòng dây do cách điện xấu ;
- Ngắn mạch giữa các dây dẫn do cách điện xấu hoặc do ngắn mạch giữa dây dẫn ra và các vòng dây quấn của cuộn dây do đặt giao nhau không có lớp lót cách điện .
- Đứt dây quấn .
- Điện áp tăng quá cao so với điện áp định mức của cuộn dây .
- Cách điện của cuộn dây bị phá hỏng do va đập cơ khí .
- Cách điện của cuộn dây bị phá huỷ do cuộn dây bị quá nóng hoặc vì tính toán sai thông số khi quấn lại cuộn dây , lõi thép không được hút hoàn toàn , điều chỉnh không đúng hành trình lõi thép .
- Do nước , do hơi dầu , hơi muối , hoá chất .v.v.. của môi trường xâm thực làm thủng cách điện giữa các vòng dây .

*) Biện pháp sửa chữa :

- Kiểm tra loại trừ các nguyên nhân bên ngoài có thể gây hư hỏng cuộn dây và quấn lại cuộn theo mẫu , tính toán lại cuộn dây theo đúng điện áp , công suất tiêu thụ yêu cầu.
- Khi quấn lại cuộn dây , cần đảm bảo công nghệ sửa chữa đúng kỹ thuật vì đó là yếu tố quan trọng để đảm bảo độ bền và tuổi thọ của cuộn dây .

11.3.4. Về hiện tượng hư hỏng cầu chì ống và cầu dao đóng ngắt bằng tay :

Nguyên nhân hư hỏng thường là do dây chảy sai quy cách , khi cháy đứt , không khí bên trong ống tăng nhanh chóng gây áp lực đẩy hồ quang ra thành ống làm cháy ống phíp , hoặc làm hỏng cách điện để nhựa cách điện hoặc đế đá của cầu dao . Việc sử dụng đúng kỹ thuật cũng rất cần thiết , chẳng hạn phải vặn chặt nắp cầu chì ống , đóng mở dứt khoát cầu dao .v.v..

11.4. Tính toán sửa chữa các khí cụ điện .

11.4.1. Tính toán cuộn dây khí cụ điện :

a) Tính toán cuộn dây một chiều :

Những số liệu dây quấn của cuộn dây với chế độ làm việc dài hạn phải tính toán sao cho sự phát nóng của phần cách điện không vượt quá giá trị cho phép . Khi làm việc dài hạn , công suất cho phép lớn nhất của cuộn dây N_{max} được xác định bởi diện tích bề mặt và các điều kiện truyền nhiệt . Sự phụ thuộc này có thể biểu diễn bằng phương trình sau đây :

$$N_{max} = k' . S_{kk} . \tau_{kk} + k'' . S_{kl} . \tau_{kl}$$

trong đó : S_{kk} - Diện tích bề mặt ở ngoài không khí .

S_{kl} - Diện tích bề mặt tiếp xúc với kim loại .

τ_{kk} , τ_{kl} - Độ tăng nhiệt độ ở các bề mặt S_{kk} , S_{kl} .

k' , k'' - Hệ số toả nhiệt ứng với 1°C .

Các cuộn dây được quấn bằng các dây dẫn cách điện êmay hoặc dây bọc sợi , vinyl có nhiệt độ phát nóng cho phép gần giống nhau ($105 - 110^{\circ}\text{C}$) . Từ công thức trên có thể viết :

$$N = k_1 . S_{kk} + k_2 . S_{kl} .$$

Ở đây : $k_1 = k' . \tau_{kk}$ và $k_2 = k'' . \tau_{kl}$ - là hệ số toả nhiệt cực đại ứng với τ_{kk} và τ_{kl} ở 1 đơn vị diện tích .

Nhiệt độ cuộn dây có trị số lớn nhất ở lớp giữa cuộn dây và giảm dần khi ra đến bề mặt ngoài hay trong . Bề dày cuộn dây càng lớn thì sự chênh lệch nhiệt độ càng lớn . Để tính toán ta dùng bảng để xác định k_1 và k_2 với ba loại sau :

Loại I : Những cuộn dây đặt tự do trên lõi , được sơn tẩm cách điện quấn trên các ống lót bằng cactông cách điện hoặc loại không có cốt (sườn) .

Loại II : Cuộn dây quấn sát trên lõi , được sơn tẩm cách điện .

Loại III : Các cuộn dây được quấn xếp chồng trên ống lót bằng cactông cách điện không nhúng tẩm , chỉ sơn bề mặt .

Chiều dày cuộn dây :

$$a = \frac{D_{ng} - D_{tr}}{2}$$

Loại	Hệ số	Chiều dày cuộn dây a (mm)		
		10 -17	17- 25	25 -35
II	k_1	0,125	0.115	0,10
	k_2	0,075	0.065	0,06

II	k ₁	0,135	0,125	0,105
	k ₂	0,190	0,77	0,145
III	k ₁	0,114	0,104	0,091
	k ₂	0,068	0,059	0,054

Biết công suất cuộn dây có thể tính sức từ động và các số liệu của cuộn dây :

$$F_M = \sqrt{N} \cdot \sqrt{\frac{S}{l_{tb}}} \cdot \sqrt{\frac{\varphi}{\rho}} \quad [\text{Ampe vòng}]$$

với : S – là diện tích cửa sổ $[\text{mm}^2]$

l_{tb} – là chiều dài trung bình một vòng dây . $[\text{mm}]$

φ – là hệ số lấp đầy

ρ – là điện trở suất của vật liệu làm dây $[\Omega \text{cm}]$

Biết s.t.đ có thể tìm được tiết diện dây dẫn và số vòng cuộn dây ứng với điện áp U :

$$F_M = \frac{U}{R} \cdot W = \frac{U}{\frac{\rho \cdot l_{tb}}{q}} \cdot W = \frac{U \cdot q}{\rho \cdot l_{tb}}$$

với : q – là tiết diện dây dẫn không kể lớp cách điện .

Vậy :

$$q = \frac{F_M \cdot \rho \cdot l_{tb}}{U}$$

Đường kính dây dẫn và số vòng :

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot q} \approx 1,13 \cdot \sqrt{q}; \quad W = \frac{S \cdot \varphi_{cd}}{q_{cd}}$$

với : φ_{cd} – là hệ số lấp đầy của dây dẫn có cách điện .

q_{cd} – là tiết diện dây dẫn có cách điện .

$$\varphi = \frac{W \cdot q}{S} \quad \text{và} \quad \varphi_{cd} = \frac{W \cdot q_{cd}}{S}$$

nên ta lấy : $\varphi_{cd} = \varphi \cdot \frac{q_{cd}}{q} = 0,5 \div 0,6$

b) Tính toán gần đúng cuộn dây xoay chiều và xác định hệ số lấp đầy :

Để tính toán công suất và các số liệu quấn dây của cuộn dây xoay chiều , ngoài kích thước còn cần phải biết đặc điểm của mạch từ .Độ bão hòa , tổn hao trong thép , độ cảm ứng và dòng điện cuộn dây phụ thuộc vào tiết diện và cấu trúc của mạch từ . Ta hãy tính toán gần đúng cuộn dây khi sử dụng cực đại thể tích của nó :

Từ công thức : $U \approx E = 4,44 \cdot W \cdot f \cdot B_m \cdot Q_m$

trong đó : B – là cường độ từ cảm $[T = \text{Wb/m}^2]$

Q – là tiết diện của lõi thép $[\text{m}^2]$

khi B tính bằng Gauss ; Q tính bằng cm^2 thì :

$$E = 4,44 \cdot W \cdot f \cdot B_m \cdot Q_m \cdot 10^{-8}.$$

Nếu sử dụng tốt mạch từ ở khí cụ điện xoay chiều với cuộn dây điện áp thì cường độ từ cảm $B_m = (7 \div 11) \cdot 10^3$ [Gauss] khi đó cuộn dây với tần số lưới 50Hz có thể viết :

$$E = 4,44 \cdot 50 \cdot W \cdot (7 \div 11) \cdot 10^3 \cdot Q_m \cdot 10^{-8} \\ = (1,6 \div 2,5) \cdot 10^2 \cdot W \cdot Q_m$$

gọi :

$$W' = \frac{W}{E} = \frac{10^2}{(1,6 \div 2,5) \cdot Q_m} = \frac{(40 \div 60)}{Q_m}$$

một cách gần đúng ta có thể lấy :

$$W' = \frac{50}{Q_m}$$

Cuộn dây làm việc ở điện áp U cần có số vòng :

$$W = W' \cdot U \quad (\text{vòng})$$

Sau đó quá trình tính toán giống như cuộn dây một chiều :

Diện tích cửa sổ :

$$S = \left(\frac{D_{ng} - D_{tr}}{2} \right) \cdot h$$

đường kính dây và tiết diện dây :

$$q = \frac{\varphi \cdot S}{W} \quad ; \quad \text{và} \quad d = 1,13 \cdot \sqrt{q}$$

Căn cứ vào bảng kích thước dây dẫn để lựa chọn dây dẫn cho phù hợp .

Hệ số lấp đầy φ được định nghĩa :

$$\varphi = \frac{W \cdot q}{S}$$

Trong trường hợp có một vòng dây thì diện tích cửa sổ sẽ là : $S_{lv} = d_{cd}^2$ với d_{cd} là đường kính của dây dẫn cả cách điện .Như vậy hệ số lấp đầy lý thuyết sẽ là :

$$\varphi_{lt} = \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot d_{cd}^2} = 0,785 \cdot \left(\frac{d}{d_{cd}} \right)^2$$

Trên thực tế giữa các dây dẫn ngay cả trong trường hợp quấn thực sự sát vòng thì vẫn tồn tại khe hở và diện tích sử dụng cửa sổ thực tế chỉ đạt 80 % ÷ 90% nên :

$$\varphi_{th} = 0,785 \cdot \left(\frac{d}{d_{cd}} \right)^2 \cdot (0,8 \div 0,9) = (0,63 \div 0,74) \cdot \left(\frac{d}{d_{cd}} \right)^2$$

Phụ thuộc vào lớp cách điện mà giá trị của φ_{lt} và φ_{th} khác nhau . Trên hình vẽ cho ta quan hệ giữa d với φ_{lt} và φ_{th} .

11.4.2. Tính toán lại cuộn dây khí cụ điện :

Khi tính toán lại cuộn dây khí cụ điện phải đảm bảo giữ nguyên thể tích của cuộn dây đồng thời căn cứ vào điều kiện ban đầu :

- Từ thông giữ nguyên do đó s.t.đ $F_M = I \cdot W$ không đổi .
- Các ống dây có hình dạng không đổi và có diện tích cửa sổ không đổi.
- Tồn hao nhiệt của cuộn dây không đổi :

$$R_1 I_1^2 t_1 = R_2 I_2^2 t_2 = const$$

- Hệ số lấp đầy φ_{cd} của sổ không đổi :

$$\varphi_{cd} = \frac{w_1 \cdot q_{1cd}}{S} = \frac{w_2 \cdot q_{2cd}}{S}$$

a) Tính toán lại cuộn dây theo giá trị điện áp khác và dòng điện khác :

*) Theo điện áp khác :

Đối với cuộn dây một chiều ta có :

$$\left. \begin{array}{l} U_1 = R_1 \cdot I_1 \\ U_2 = R_2 \cdot I_2 \end{array} \right\} \text{ do đó } \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_2 \cdot R_2}{I_1 \cdot R_1}$$

mà $R_1 = \rho \cdot l_{tb} \cdot \frac{w_1}{q_1}$ và $R_2 = \rho \cdot l_{tb} \cdot \frac{w_2}{q_2}$ do đó $\frac{R_1}{R_2} = \frac{w_1 \cdot q_2}{w_2 \cdot q_1}$

Vậy : $\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_2 \cdot w_2 \cdot q_1}{I_1 \cdot w_1 \cdot q_2}$ nhưng từ điều kiện ban đầu ta có : $I_1 \cdot w_1 = I_2 \cdot w_2$ nên :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{q_1}{q_2} \quad \text{hay} \quad q_2 = q_1 \cdot \frac{U_1}{U_2}$$

mà : $q = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ nên : $d_2 = d_1 \cdot \sqrt{\frac{U_1}{U_2}}$

từ điều kiện trên ta có : $w_2 = w_1 \cdot \frac{q_{1cd}}{q_{2cd}} \approx w_1 \cdot \frac{U_2}{U_1}$

Đối với cuộn dây dùng nguồn xoay chiều sđđ ứng với một vòng dây được tính bằng biểu thức :

Khi tính toán lại cuộn dây đại lượng E_w vẫn không thay đổi nên ta có :

$$\left. \begin{array}{l} U_1 = E_w \cdot w_1 \\ U_2 = E_w \cdot w_2 \end{array} \right\} \text{ do đó } \frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} \Rightarrow w_2 = w_1 \cdot \frac{U_2}{U_1}$$

từ điều kiện trên ta có : $w_1 \cdot q_{1cd} = w_2 \cdot q_{2cd}$ do đó

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{q_{2cd}}{q_{1cd}} \quad \text{và} \quad d_{2cd} = d_{1cd} \cdot \sqrt{\frac{w_1}{w_2}}$$

một cách gần đúng ta có :

$$d_{2cd} = d_{1cd} \cdot \sqrt{\frac{w_1}{w_2}} \approx d_1 \cdot \sqrt{\frac{U_1}{U_2}}$$

*) Theo dòng điện khác :

Từ điều kiện ta có : $I_1 \cdot w_1 = I_2 \cdot w_2$

Do đó : $\frac{w_2}{w_1} = \frac{I_1}{I_2}$

Thay vào công thức ở trên :

$$\frac{q_{2cd}}{q_{1cd}} = \frac{w_1}{w_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Vậy : $q_{2cd} = q_{1cd} \cdot \frac{I_1}{I_2}$ và $d_{2cd} = d_{1cd} \cdot \sqrt{\frac{I_2}{I_1}}$

b) Tính toán lại cuộn dây với hệ số thông điện khác (TĐ%):

Một số cuộn dây cho phép làm việc với TĐ% nhất định ; song cần tính toán lại cuộn dây để có thể làm việc với hệ số thông điện TĐ% khác trước . Việc tính toán phải dựa trên cơ sở của điều kiện là tổn hao nhiệt lượng ở hai trường hợp phải không thay đổi tức là :

$$R_1 \cdot I_1^2 t_1 = R_2 I_2^2 t_2$$

Từ đó ta có :

$$R_1 I_1^2 \frac{t_1}{t_{ck}} = R_2 I_2^2 \frac{t_2}{t_{ck}}$$

Do vậy :

$$R_1 I_1^2 TD_1 = R_2 I_2^2 TD_2$$

ở đây t_1, t_2 là thời gian làm việc ứng với TD_1 , và TD_2 trong một chu kỳ t_{ck}

*) Đối với cuộn dây một chiều :

Từ biểu thức trên ta có :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{I_2^2}{I_1^2} \cdot \frac{TD_2}{TD_1} \quad (*)$$

mật khác điện áp đưa vào cuộn dây không đổi nên $U_1 = U_2$ và vì thế :

$$I_1 R_1 = I_2 R_2; \frac{R_1}{R_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Thay vào và giản ước ta có :

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{TD_2}{TD_1}$$

từ trên ta đã có :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{w_1 \cdot q_2}{w_2 \cdot q_1} \text{ nên } \frac{TD_1}{TD_2} = \frac{w_1 \cdot q_2}{w_2 \cdot q_1}$$

Từ điều kiện cuối cùng ta có :

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{q_{2cd}}{q_{1cd}}$$

Nên có thể viết :

$$\frac{TD_1}{TD_2} = \frac{q_{2cd} \cdot q_2}{q_{1cd} \cdot q_1} = \frac{d_{2cd}^2 \cdot d_2^2}{d_{1cd}^2 \cdot d_1^2} \text{ một cách gần đúng : } \frac{TD_1}{TD_2} = \frac{d_2^4}{d_1^4} \text{ hay } d_2 = d_1 \cdot \sqrt[4]{\frac{TD_1}{TD_2}}$$

*) Đối với cuộn dây xoay chiều :

Khi điện áp vào cuộn dây không đổi ta có stđ ứng với một vòng dây của cuộn dây không đổi :

$$E_w = 4,44 \cdot \phi_{max} = const$$

Do vậy :

$$U_1 = E_w \cdot w_1$$

$$U_2 = E_w \cdot w_2$$

Suy ra : $w_1 = w_2$

Từ điều kiện : $F_M = I_1 w_1 = I_2 w_2$ do vậy $I_1 = I_2$ thay vào biểu thức (*) ở trên ta được :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{TD_2}{TD_1}$$

hay :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{q_1}{q_2} = \frac{d_1^2}{d_2^2} = \frac{TD_1}{TD_2}$$

$$d_2 = d_1 \sqrt{\frac{TD_2}{TD_1}}$$

Như vậy đối với dòng xoay chiều , khi giảm $TD\%$ cho phép quấn lại cuộn dây với đường kính nhỏ hơn.

11.5. Tính toán bảo vệ cầu chì , aptômat

Để bảo vệ các thiết bị điện không bị phá hỏng do quá tải hay ngắn mạch ta dùng cầu chì hoặc aptômat .

Muốn phát huy được vai trò nhiệm vụ của khí cụ điện bảo vệ được tốt cần phải tính toán cho phù hợp các thông số của cầu chì và aptômat . Dòng điện định mức của cầu chì và dòng điện tác động của aptômat được tính như sau :

1. Xác định dòng điện tính toán I_{tt} tương ứng với công suất P_{tt} của tất cả các trang thiết bị điện tiêu thụ điện năng của nhóm (dòng điện 3 pha) :

$$I_{tt} = \frac{P_{tt}}{\sqrt{3}U \cdot \cos \varphi}$$

với : P_{tt} - Là tổng công suất của thiết bị điện năng tiêu thụ dòng ba pha có trong nhóm

U - Điện áp của lưới (điện áp dây)

$\cos \varphi$ - Hệ số công suất của nhóm

2. Xác định dòng điện lớn nhất (Dòng điện khởi động lớn nhất)

Đối với một động cơ : $I_{kd} = K_{nm} \cdot I_{dm}$

ở đây : I_{dm} - dòng điện định mức của động cơ điện

K_{nm} - Bội số dòng điện khởi động (Thường lấy với động cơ KĐB rotor lồng sóc = $4 \div 8$ còn đối với động cơ KĐB rotor dây quấn = 2 với động cơ một chiều = 1,7)

Đối với nhiều động cơ trong cùng một nhóm nhưng không đồng thời khởi động :

$$I_{kd} = \Sigma I_{dm} + (K_{nm} - 1)I_{dmmax}$$

ở đây : ΣI_{dm} - tổng dòng điện định mức của tất cả các động cơ

I_{dmmax} - dòng điện định mức của động cơ có công suất lớn nhất đồng thời có hệ số khởi động lớn nhất .

3. Xác định dòng điện tác động của aptômat :

- Rơle nhiệt sẽ điều chỉnh với dòng điện bằng dòng tính toán ;

- Rơ le điện từ tác động nhanh tức thời sẽ điều chỉnh dòng tác động :

$$I_{td} \geq 1,2 I_{kd}$$

$$\text{Hoặc } I_{td} \geq 1,2 I_{kd} \text{ nếu } I_{tt} = I_{kd}$$

4. Xác định dòng điện định mức của cầu chì :

Dòng điện định mức của cầu chì thỏa mãn điều kiện sau :

$$I_{cc} \geq I_{tt}$$

$$I_{cc} \geq I_{kd}/c$$

Trong đó $c = 2,5$ đối với những động cơ có thời gian khởi động ngắn (từ 3 đến 10 giây) khởi động nhẹ nhàng và sau thời gian dài mới khởi động trở lại .
 $C = 1,6$ đến 2 đối với những động cơ khởi động trong thời gian dài (có thể đến 40 giây) và sau thời gian ngắn lại khởi động trở lại .

Chương 12 : CÁC KHÍ CỤ HẠ ÁP KHÁC

10.1.Thiết bị ổn áp xoay chiều .

12.1.1.Khái niệm chung :

Các bộ ổn áp xoay chiều là các thiết bị điện tự động duy trì đại lượng điện áp xoay chiều đầu ra không đổi khi đầu vào thay đổi trong một phạm vi nhất định .

Mỗi thiết bị điện được chế tạo để làm việc với một giá trị điện áp nhất định được gọi là điện áp định mức . Trong thực tế lưới điện cung cấp luôn bị biến động trong một phạm vi cho phép (từ 0,85 đến 1,1 U_{dm}) . Nếu thiết bị điện làm việc dưới điện áp không ổn định , đặc tính của thiết bị sẽ không ổn định theo , tuổi thọ của nó bị giảm , vì vậy các bộ ổn áp xoay chiều đảm bảo cung cấp điện áp ổn định cho thiết bị hoạt động .

Chất lượng của các bộ ổn áp được đánh giá bằng hệ số ổn định và độ méo của dạng sóng đầu ra . Hệ số ổn định của ổn áp là :

$$K_{od} = \frac{\Delta U_R}{U_R} : \frac{\Delta U_V}{U_V} = \frac{U_V \cdot \Delta U_R}{U_R \cdot \Delta U_V}$$

trong đó : U_V, U_R là điện áp định mức đầu vào , đầu ra .

$\Delta U_V, \Delta U_R$ là độ dao động điện áp đầu vào , đầu ra .

Nếu điện áp đầu vào , đầu ra như nhau thì hệ số ổn định sẽ là :

$$K_{od} = \frac{\Delta U_R}{\Delta U_V}$$

nếu K_{od} nhỏ thì độ ổn định tốt .

Chất lượng của bộ ổn áp còn được đánh giá bằng độ méo của điện áp đầu ra so với điện áp đầu vào hình sin , nếu điện áp ra bị méo (không sin) thì ngoài thành phần sóng c bản (bậc 1) , nó còn có các sóng hài bậc cao , ảnh hưởng đến chế độ làm việc của thiết bị và gây nhiễu cho lưới điện .

Có nhiều kiểu ổn áp xoay chiều với các nguyên lý làm việc khác nhau . Chúng thường được phân làm hai nhóm : Nhóm ổn áp thông số (không có điều khiển) và nhóm ổn áp bù (có điều khiển) .

12.1.2.Ổn áp sắt từ :

Nguyên lý làm việc của loại ổn áp này như sau : Gồm hai cuộn kháng nối tiếp nhau , một cuộn tuyến tính , một cuộn phi tuyến . Điện áp đặt vào cả hai cuộn còn điện áp lấy ra trên cuộn phi tuyến nên ổn định hơn (hình 12 – 1TL1) . Nhược điểm của sơ đồ này là điện áp lấy ra thấp hơn điện áp vào và dòng từ hóa lớn vì cuộn kháng làm việc ở trạng thái bão hòa . để khắc phục , cuộn kháng bão hòa quấn kiểu biến áp tự ngẫu , có tụ nối song song và có thêm cuộn bù , quấn ngược cực tính và chung lõi với cuộn tuyến tính (hình 12 – 2TL1) . trị số tụ điện được

chọn sao cho tạo thành mạch cộng hưởng LC với sóng bậc 3 để lọc độ méo của sóng nên gọi là ổn áp sắt từ cộng hưởng . Tải của ổn áp là tải trở ,nếu tải có tính kháng lớn , điểm làm việc không như thiết kế và không còn đảm bảo điều kiện bão hòa ban đầu của L_2 .

12.1.3.Ổn áp kiểu supvolter(Biến áp tự ngẫu):

a) Ổn áp kiểu Supvolter nhảy cấp : Nguyên lý làm việc của loại này được trình bày trên hình 12 -3TL1 . Nó gồm một bộ chuyển mạch đầu với một biến áp tự ngẫu , có nhiều nấc đầu vào .Khi điện áp ra thay đổi cơ cấu so sánh sẽ lấy tín hiệu từ điện áp ra và so sánh với điện áp mẫu (chuẩn) và cấp tín hiệu cho bộ điều khiển . Bộ điều khiển có nhiệm vụ khuếch đại tín hiệu so sánh và điều khiển bộ chuyển mạch để chọn nấc điện áp thích hợp cho điện áp ra gần điện áp định mức nhất .

Đặc điểm của loại ổn áp kiểu này là điện áp ra nhảy cấp cỡ 2% U_{dm} , dạng sóng hình sin . Bộ chuyển mạch làm việc dưới tải nên chế độ làm việc nặng nề (Hồ quang lớn) .

Ổn áp kiểu tự ngẫu kết hợp với bán dẫn :
