

## GIỚI THIỆU MÔN HỌC

- Tên môn học :** Khí cụ điện
- Mã số môn học :**
- Số đơn vị học trình :** 4 (60 tiết)
- Vị trí môn học :** Là môn học tiên quyết để học các môn chuyên ngành.
- Tài liệu tham khảo :**

**Tài liệu tham khảo chính :**

Phạm Văn Chới – Khí cụ điện – NXB GD - 2007

**Tài liệu tham khảo :**

- Giáo trình “Khí cụ điện” – Nguyễn Lê Trung – Đại học sư phạm kỹ thuật Tp.HCM.
- Nguyễn Xuân Phú, Tô Đăng – Khí cụ điện, Kết cấu sử dụng và sửa chữa – NXB Khoa học và Giáo dục, 1995.
- Nguyễn Xuân Phú, Tô Đăng – Khí cụ điện, Lý thuyết - kết cấu tính toán lựa chọn sử dụng – NXB Khoa học và Giáo dục, 2001.

**6. Mục đích môn học :**

- Nhận dạng được một số khí cụ điện phổ biến.
- Tìm hiểu về cấu tạo, nguyên lý làm việc và ý nghĩa các thông số của một số khí cụ điện hạ thế cơ bản.
- Giải thích được các nguyên nhân hư hỏng của khí cụ điện.
- Phương pháp vận hành nhằm đảm bảo an toàn cho thiết bị và hệ thống.

**7. Nội dung chi tiết :**

### Chương 1: Lý thuyết cơ sở khí cụ điện

- 1. Khái niệm chung về khí cụ điện.**
  - 1.1. Khái niệm
  - 1.2. Phân loại
  - 1.3. Yêu cầu cơ bản đối với khí cụ điện.
  - 1.4. Khái quát về các sự cố trong mạch điện.
- 2. Sự phát nóng của các khí cụ điện**
  - 2.1. Khái niệm
  - 2.2. Các nguồn nhiệt và các phương pháp trao đổi nhiệt
  - 2.3. Các chế độ làm việc của thiết bị điện.
  - 2.4. Bảng nhiệt độ cho phép của một số vật liệu
- 3. Hồ quang điện**
  - 3.1. Khái niệm chung
  - 3.3. Các biện pháp và trang bị dập hồ quang.
    - 3.3.1. Kéo dài hồ quang bằng cơ khí
    - 3.3.2. Phân đoạn hồ quang
    - 3.3.3. Thổi hồ quang bằng từ
    - 3.3.4. Dập tắt hồ quang điện trong dầu biến áp

- 3.3.5. Thổi hồ quang bằng khí nén
- 3.3.6. Dập hồ quang trong môi trường đặc biệt
- 3.3.7. Nối điện trở song song với hồ quang

#### **4. Tiếp xúc điện**

- 4.1. Khái niệm
- 4.2. Điện trở tiếp xúc
- 4.3. Tiếp điểm khí cụ điện
  - 4.3.1. Vật liệu làm tiếp điểm
  - 4.3.2. Kết cấu của tiếp điểm
  - 4.3.3. Nguyên nhân hư hỏng tiếp điểm và biện pháp khắc phục
  - 4.3.4. Sự làm việc của kim loại khi ngắn mạch

#### **5. Lực điện động trong các khí cụ điện**

- 5.1. Khái niệm
- 5.2. Lực điện động trong các khí cụ điện
- 4.3. Các phương pháp tính lực điện động
  - 4.3.1. 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)
  - 4.3.2. Phương pháp cân bằng năng lượng
  - 4.3.3. Lực điện động của một số dạng dây dẫn
  - 4.3.4. Lực điện động ở điện xoay chiều
  - 4.3.5. Cộng hưởng cơ khí và ổn định điện động của khí cụ

### **Chương 2: Khí cụ điện điều khiển bằng tay**

#### **1. Công tắc**

- 1.1. Khái quát và công dụng
- 1.2. Phân loại và cấu tạo
- 1.3. Các thông số kỹ thuật

#### **2. Nút ấn**

- 2.1. Khái quát và công dụng
- 2.2. Phân loại và cấu tạo
- 2.3. Các thông số kỹ thuật

#### **3. Cầu dao**

- 3.1. Khái quát và công dụng
- 3.2. Phân loại
- 3.3. Ký hiệu
- 3.4. Một số thông số kỹ thuật

#### **4. Cầu chì**

- 4.1. Khái quát và công dụng
- 4.2. Nguyên lý làm việc
- 4.3. Phân loại và kết cấu
- 4.4. Dây chảy và cách tính gần đúng dòng điện giới hạn

#### **5. CB (circuit breaker)**

- 5.1. Khái quát và yêu cầu
- 5.2. Nguyên lý làm việc của CB
- 5.3. Cấu tạo
- 5.3. Phân loại
- 5.4. Thông số và lựa chọn CB
- 6. Bảo vệ chống dòng điện rò**
- 6.1. Đặt vấn đề
- 6.2. Cấu tạo và nguyên lý làm việc
- 6.3. Phạm vi ứng dụng
- 7. Phích cắm và ổ cắm điện**
- 8. Điện trở**

### **Chương 3: Một số role điều khiển & bảo vệ**

- 1. Nam châm điện**
  - 1.1. Khái niệm
  - 1.2. Phân loại
  - 1.3. Ứng dụng của nam châm điện
- 2. Role**
  - 2.1. Khái niệm chung, phân loại, các bộ phận chính của role
  - 2.2. Đặc tính cơ bản của role
- 3. Role trung gian**
- 4. Role nhiệt**
  - 4.1. Khái quát và công dụng
  - 4.2. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của role nhiệt bimetal
  - 4.3. Phân loại
  - 4.4. Lựa chọn role nhiệt
- 5. Role thời gian**
  - 5.1. Khái quát và yêu cầu
  - 5.2. ON delay timer
  - 5.3. OFF delay timer

### **Chương 4: Contactor và khởi động từ**

- 1. Contactor**
  - 1.1. Khái quát
  - 1.2. Các tham số cơ bản của contactor
  - 1.3. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của công tắc tơ kiểu điện từ
  - 1.4. Ký hiệu
  - 1.5. Đánh số
  - 1.6. Các chế độ sử dụng contactor
- 2. Khởi động từ**
  - 2.1. Khái quát
  - 2.2. Yêu cầu cơ bản
  - 2.3. Nguyên lý làm việc

## 2.4. Lựa chọn khởi động từ

**8. Các từ viết tắt**

- CB        Cuir Breaker
- ELCB    Residual Circuit Breakers Over
- RCD      Residual Circuit Devides
- MCB (Minature Circuit Breaker)
- MCCB (Molded Case Circuit Breaker)
- ACB (Air Circuit Breaker)
- VCB (Vaccum Circuit Breaker).
- TM (thermal & magnetic contact)
- MO (magnetic contact only)

## CHƯƠNG I: LÝ THUYẾT CƠ SỞ KHÍ CỤ ĐIỆN

### A. Mục tiêu :

*Sau khi học xong chương này, học sinh phải :*

- Phân loại được khí cụ điện
- Nhận biết được các tình trạng làm việc của khí cụ điện.
- Trình bày được các kiến thức cơ bản về phát nóng, hồ quang điện, lực điện động, tiếp xúc điện trong khí cụ điện.

### B. Nội dung :

## 1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ KHÍ CỤ ĐIỆN.

### 1.1. Khái niệm:

Khí cụ điện (KCD) 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.

### 1.2. 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 khí cụ điện được chia thành những nhóm chính như sau:

- **Nhóm khí cụ đóng - cắt:** Chức năng chính của nhóm khí cụ này là đóng cắt bằng tay hoặc tự động các mạch điện. Thuộc về nhóm này có: Cầu dao, CB, dao cách ly, các bộ chuyển đổi nguồn ...
- **Nhóm khí cụ 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 ...
- **Nhóm khí cụ khởi động, điều khiển:** Nhóm này gồm các bộ khởi động, khống chế, cotactor, khởi động từ ...
- **Nhóm khí cụ 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 ...
- **Nhóm khí cụ tự động đóng - ngắt, 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 ...
- **Nhóm khí cụ 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 khí cụ điện được chia thành:

- Khí cụ điện làm việc theo nguyên lý điện từ.
- Khí cụ điện làm việc theo nguyên lý cảm ứng nhiệt.
- Khí cụ điện có tiếp điểm.
- Khí cụ điện không có tiếp điểm.

#### c. Theo nguồn điện KCD được chia thành:

- Khí cụ điện một chiều.
- Khí cụ điện xoay chiều.
- Khí cụ điện hạ áp (Có điện áp <1000 V).

- Khí cụ điện cao áp (Có điện áp > 1000 V).

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

- Khí cụ điện làm việc trong nhà, KCD làm việc ngoài trời.
- Khí cụ điện làm việc trong môi trường dễ cháy, dễ nổ.
- Khí cụ điện có vỏ kín, vỏ hở, vỏ bảo vệ ...

**1.3. YÊU CẦU CƠ BẢN ĐỐI VỚI KHÍ CỤ ĐIỆN.**

Các khí cụ điện 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 khí cụ điện.
- Khí cụ điện 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.
- Khí cụ điện 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 khí cụ điện phải làm việc ổn định ở các điều kiện khí hậu, môi trường khác.

**1.4. KHÁI QUÁT VỀ CÁC SỰ CỐ TRONG MẠCH ĐIỆN.**

**1.4.1 Quá tải:**

Là trạng thái dòng điện chạy qua thiết bị điện  $I_v$ , lớn hơn giá trị định mức của nó  $I_{dm}$ . Nhưng vẫn nhỏ hơn dòng điện ngắn mạch nhỏ nhất  $I_{Nmin}$

$$I_{dm} < I_v < I_{Nmin}$$

Nếu không, nhiệt độ của thiết bị điện vượt quá chỉ số cho phép, dẫn tới cách điện của thiết bị điện mau chóng bị già hoá do nhiệt, nếu thiết bị điện vận hành trong trạng thái quá tải thì tuổi thọ của nó giảm rất nhanh, nguy cơ xảy ra ngắn mạch tăng.

**1.4.2 Quá điện áp:**

Là trường hợp điện áp đặt vào thiết bị điện lớn hơn giá trị định mức của nó bao gồm:  $U_{vh} > U_{dm}$

- Quá điện áp thiên nhiên (quá điện áp cảm ứng) do sét đánh trực tiếp vào thiết bị điện hoặc do sét cảm ứng trên đường dây, lan truyền vào thiết bị điện.
- Quá điện áp nội bộ (quá điện áp thao tác) do việc đóng cắt mạng điện sai quy trình, quy phạm, hoặc điều chỉnh sai lệch trị số trong vận hành, hoặc do đứt dây trong mạng điện 3 pha 4 dây, do chạm đất 1 pha trong mạng 3 pha 3 dây hoặc do hồ quang điện chập chờn ... Khi bị quá điện áp thì điện trường có thể vượt quá giới hạn điện trường ion hoá  $E > E_i$  gây ra hiện tượng đánh thủng cách điện, làm hư hỏng thiết bị điện. Trong trường hợp quá điện áp không đủ lớn thường gây ra quá tải.

**1.4.3 Thấp áp:**

Trường hợp điện áp đặt vào thiết bị điện giảm quá thấp so với điện áp định mức của nó  $U_{vh} < U_{dm}$  thì sẽ gây ra quá tải.

**1.4.4. Sự cố do ngắn mạch:**

Ngắn mạch là vật dẫn có điện thế khác nhau tiếp xúc trực tiếp với nhau hoặc bị nối tắt qua một vật dẫn khác có điện trở kháng rất nhỏ so với tổng trở toàn mạch. Ngắn mạch được chia ra:

- Ngắn mạch 3 pha (ngắn mạch đối xứng) ký hiệu  $N^3$ . Đó là trường hợp 3 pha bị nối tắt: Nếu xét ở cùng một điểm xảy ra ngắn mạch, thì thường dạng ngắn mạch này có dòng điện lớn nhất.
- Ngắn mạch hai pha ký hiệu  $N^2$  là trường hợp 2 pha A và B hoặc B và C hoặc A và C bị nối tắt.
- Ngắn mạch một pha nối đất ký hiệu  $N^1$  là dạng ngắn mạch một pha nối tắt với đất, trong mạng điện có trung tính trực tiếp nối đất.

**1.4.5. Sự cố cơ học trong hệ thống điện:**

Do các nguyên nhân khách quan hoặc chủ quan gây ra bao gồm:

- Hư hỏng phần cơ máy phát điện: bó biên, lật biên, vọt tốc...
- Hư hỏng đường dây: vỡ sứ, đứt dây, đổ cột, gãy xà...
- Hư hỏng bộ truyền động thiết bị đóng cắt điện, máy biến áp bị chảy dầu.

Tất cả các loại sự cố xảy ra trong hệ thống điện đều phải tạm ngừng cung cấp điện để sửa chữa.

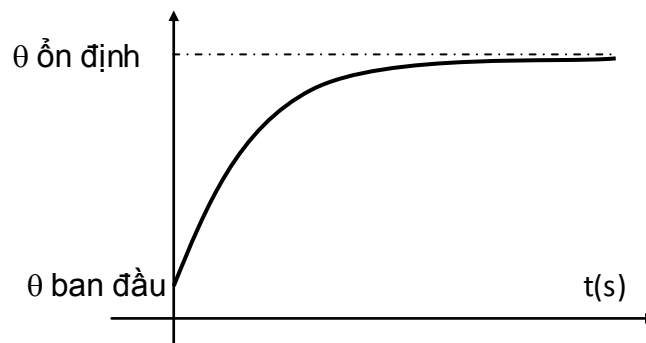
**2. SỰ PHÁT NÓNG CỦA CÁC KHÍ CỤ ĐIỆN**

**2.1. 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:  $\tau = \theta - \theta_0$

Với  $\tau$  là độ tăng nhiệt độ,  $\theta$  là nhiệt độ của khí cụ,  $\theta_0$  là nhiệt độ của môi trường.



Hình 1.1: Đường đặt tính nhiệt của khí cụ điện.

**2.2. 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:

$$W = \int_0^t i^2 \cdot R \cdot dt$$

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:

$$P_{Fe} = (x_T \cdot B_M^{1,6} + x_x \cdot f \cdot B_m^2) \cdot f \cdot G$$

Trong đó:  $P_{Fe}$  tổn hao sắt từ,  $B_m$  trị biên độ của từ cảm,  $f$  tần số lưới điện,  $x_x$ ,  $x_T$  là hệ số tổn hao của do từ trễ và dòng điện xoáy,  $G$  khối lượng của mạch từ.

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:

$$P = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot U^2 \cdot \text{tg} \delta$$

Trong đó:  $P$  là công suất tổn hao,  $f$  là tần số điện trường,  $U$  là điện áp,  $\text{tg} \delta$  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.

**2.3. Các chế độ làm việc của thiết bị điện.**

**a) Chế độ xác lập nhiệt:**

Khi làm việc phương trình cân bằng nhiệt có dạng:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Trong đó:  $Q_1 = P \cdot dt$  là năng lượng tổn hao công suất  $P$ .

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



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

Thay vào phương trình trên ta có:

$$P.dt = K_T.S_T.\tau.dt + c.G.d\tau$$

Ở chế độ xác lập nhiệt, nhiệt độ không thay đổi theo thời gian nên phương trình có dạng:

$$P.dt = K_T.S_T.\tau.dt$$

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 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.

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.

**c) Chế độ ngắn mạch:**

Khi bị ngắn mạch, dòng điện chạy trong dây dẫn có trị số rất lớn so với dòng 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.

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 tỏa ra môi trường xung quanh. Do đó phương trình cân bằng nhiệt:

$$i^2.R.dt = C_T.d\theta$$

Trong đó: R là điện trở dây dẫn,  $\theta$  là nhiệt độ của dây dẫn,  $C_T$  là nhiệt dung riêng của khí cụ.

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

Trong đó:  $c_0$  là nhiệt dung riêng ở 0°C,  $\beta$  là hệ số nhiệt dung riêng, G là khối lượng của vật dẫn.

**2.4. Bảng nhiệt độ cho phép của một số vật liệu:**

Dựa vào khả năng chịu nhiệt của vật liệu cách điện, người ta chia chúng thành các cấp cách điện với nhiệt độ cho phép ở chế độ làm việc dài hạn như sau:

Cấp cách điện	Y	A	E	B	F	H	C
Nhiệt độ cho phép (°C)	90	105	120	130	155	180	>180

Cách điện cấp Y: giấy, băng vải không tẩm cách điện.

Cách điện cấp A: giấy, băng vải có tẩm cách điện, cao su, nhựa PVC

Cách điện cấp E: dây điện từ bọc men.

Cách điện cấp B: dây điện từ bọc men kép

Cách điện cấp F: lụa, thủy tinh, phíp.

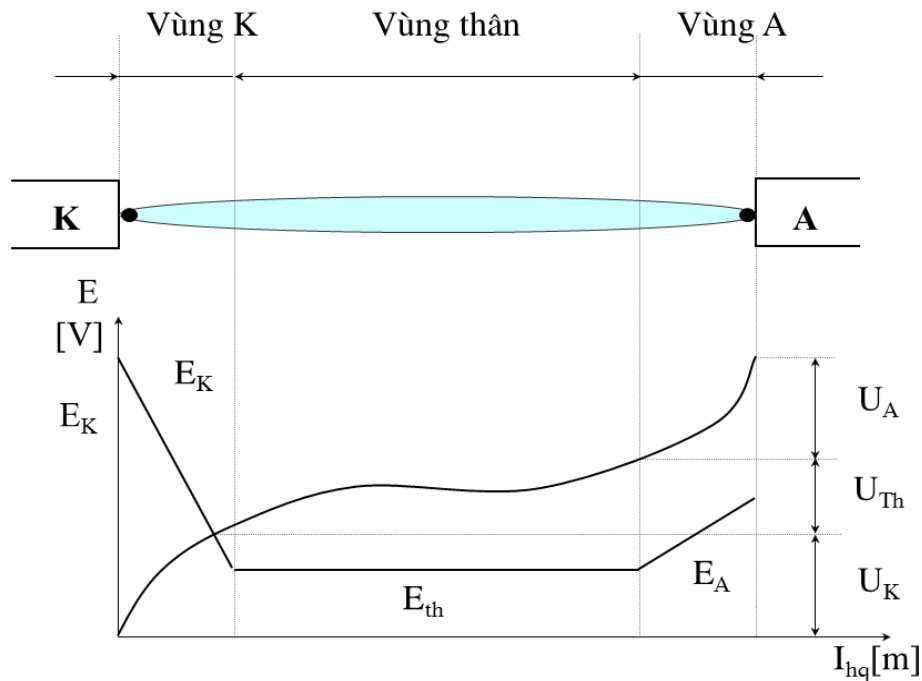
Cách điện cấp H: sứ.

Cách điện cấp C: Micanit.

### 3. HỒ QUANG ĐIỆN

#### 3.1. 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  $18000^0 K$ ) và kèm theo ánh sáng.



Hình 1.2: sự phân bố điện áp, cường độ điện trường của hồ quang.

Trên hình trình bày sự phân bố điện áp, cường độ điện trường của hồ quang:

$$U_{AK} = U_A + U_K + U_{th}$$

Vùng Catốt với khoảng cách ngắn (cỡ  $10^{-3}$  mm) với  $U_K$  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  $E_K$ .

Vùng thân hồ quang có cường độ điện trường  $E_{hq}$  hầu như không đổi, cỡ từ  $1V/mm^2$  đến  $20V/mm^2$  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  $U_{th}$  phụ thuộc vào chiều dài hồ quang và được tính theo công thức:  $U_{th} = E_{hq} \cdot l_{hq}$

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.

#### 3.2. 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.

##### 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, và đập ... và có các dạng ion hóa 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<sup>3</sup> 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 ion hoá 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.

### **3.3. Các biện pháp và trang 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 ...

#### **3.3.1. 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 cho 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.

#### **3.3.2. 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.

#### **3.3.3. 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.

#### **3.3.4. 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.

#### **3.3.5. 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.

### 3.3.6. 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.

### 3.3.7. 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.

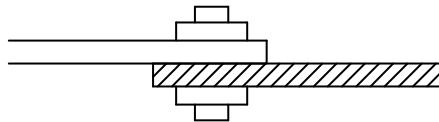
## 4. TIẾP XÚC ĐIỆN

### 4.1. 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.

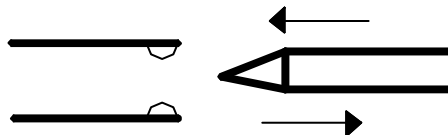
Dựa vào mối liên kết tiếp xúc người ta chia tiếp xúc điện ra làm ba dạng: Tiếp xúc cố định, tiếp xúc đóng mở và tiếp xúc trượt.

**Tiếp xúc cố định:** Khi hai vật dẫn tiếp xúc không rời nhau bằng bu lông hoặc đinh tán. Ví dụ như: Tiếp xúc của kẹp nối dây, tiếp xúc giữa dây dẫn và cốt bắt dây ở sứ xuyên..



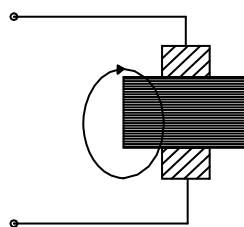
Hình 1.3: Tiếp xúc cố định

**Tiếp xúc đóng mở:** Đó là tiếp xúc giữa tiếp điểm động và tĩnh của các loại khí cụ điện đóng cắt mạch điện. Ví dụ như: Tiếp xúc của tiếp điểm cầu dao, công tắc, aptomat, máy cắt...



Hình 1.4: Tiếp xúc đóng mở

**Tiếp xúc trượt:** Đó là dạng tiếp xúc vật dẫn này trượt trên vật dẫn kia. Ví dụ: Chổi than trượt trên cổ góp của máy phát điện hoặc động cơ.



Hình 1.5: 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.

**Tiếp xúc điểm:** Là hình thức các vật dẫn tiếp xúc nhau ở diện tích rất nhỏ được xem là một điểm. Ví dụ: Tiếp xúc giữa mặt cầu với mặt cầu, tiếp xúc giữa mặt cầu với mặt phẳng trong một số loại Role điện từ.

**Tiếp xúc đường:** Là hình thức các vật dẫn tiếp xúc nhau trên đường thẳng hoặc đường cong.

**Tiếp xúc mặt:** là hình thức các vật dẫn tiếp xúc nhau trên nhiều điểm của mặt phẳng hoặc mặt cong. Ví dụ: Tiếp xúc giữa tiếp điểm động và tiếp điểm tĩnh của máy cắt, cầu dao, aptomat...

**4.2.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:

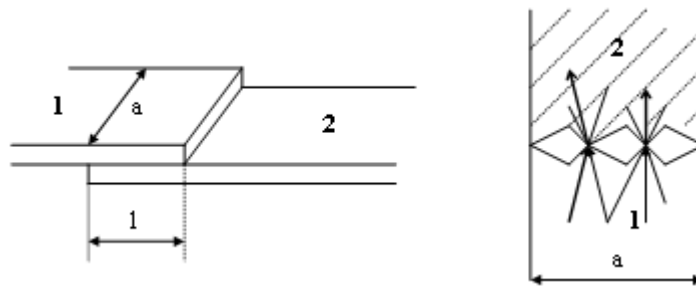
$$R_{tx} = \frac{K}{F^m}$$

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.

$R_{tx}$  là điện trở tiếp xúc.



Hình 1.6: Minh họa tiếp xúc của 2 vật dẫn

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.

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.

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...

### 4.3. Tiếp điểm khí cụ điện

#### 4.3.1. 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.

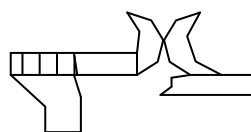
- **Kim loại gốm:** các kim loại nguyên chất không đáp ứng được đầy đủ các yêu cầu của tiếp điểm. Người ta chế tạo các kim loại gốm từ các bột kim loại thành phần, gia công theo phương pháp đặc biệt. Tùy thuộc vào yêu cầu của tiếp điểm mà thành phần vật liệu được pha trộn theo tỷ lệ thích hợp.

#### 4.3.2. Kết cấu của tiếp điểm:

Tùy 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:

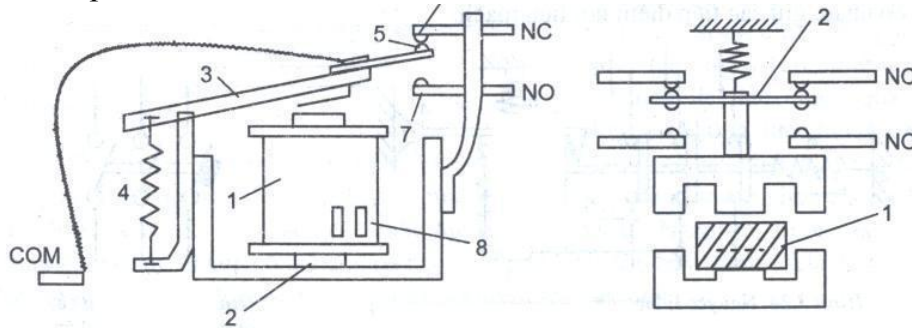
Thường dùng cho dòng điện bé (đến 5A) tải nhẹ dạng tiếp xúc điểm không có lò xo tiếp điểm mà lợi dụng tính đàn hồi của thanh dẫn động để tạo lực ép lên tiếp điểm.



Hình 1.7: Tiếp xúc kiểu côngson

**b) Tiếp điểm kiểu bắc cầu:**

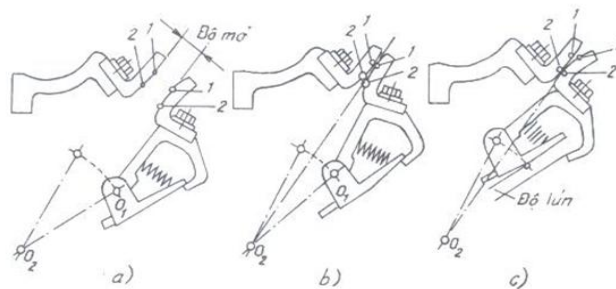
Với đặc điểm một pha có hai chỗ ngắt nên hồ quang bị phân đoạn, tiếp điểm chuyển động thẳng, lò xo ép tiếp điểm dạng xoắn, hình trụ làm việc ở chế độ nén. Kết cấu này thường dùng trong các công tắc tơ, khởi động từ có dòng điện định mức từ vài chục đến vài trăm ampe.



Hình 1.8: Tiếp xúc kiểu bắc cầu

**c) Tiếp điểm hình ngón:**

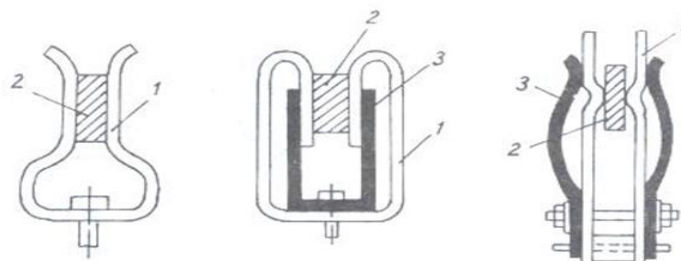
Với tiếp điểm kiểu này một pha có một chỗ ngắt nên phần động chuyển động quay, sử dụng dây dẫn mềm để nối với tiếp điểm động. Loại kết cấu này thường sử dụng trong các máy cắt hạ áp, thiết bị đóng cắt có chế độ làm việc nặng nề.



Hình 1.9: Tiếp xúc kiểu hình ngón

**d) Tiếp điểm kiểu dao:**

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 lo xo dạng phẳng để tạo lực ép tốt hơn.

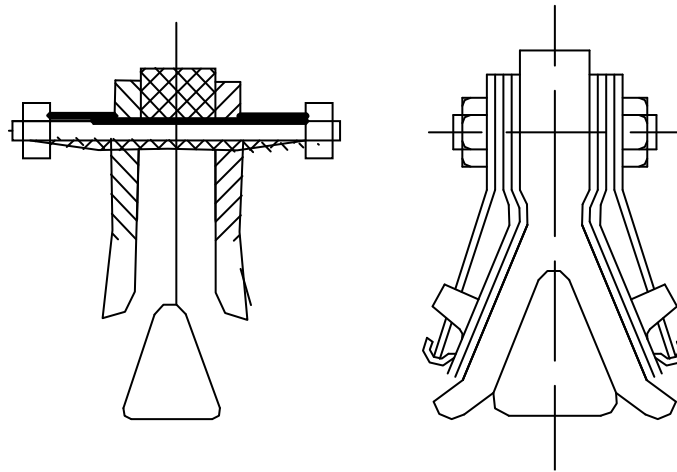


Hình 1.10: Tiếp xúc kiểu dao



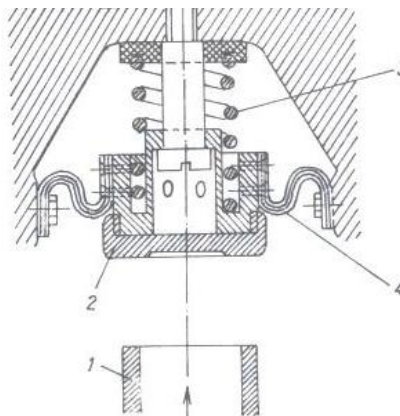
**e) Tiếp điểm kiểu nôm:**

Với kết cấu kiểu này cho phép dòng 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.



Hình 1.11: Tiếp xúc kiểu nôm

**g) Tiếp điểm kiểu đôi:**



Hình 1.12: Tiếp xúc kiểu đôi

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

**4.3.3. 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 > 70oC, 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.

#### **4.3.4. 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  $200^{\circ}\text{C}$  đến  $300^{\circ}\text{C}$  còn của nhôm là  $150^{\circ}\text{C}$  đến  $200^{\circ}\text{C}$ .

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.

## **5. LỰC ĐIỆN ĐỘNG TRONG CÁC KHÍ CỤ ĐIỆN**

### **5.1. 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”.

### **5.2. 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

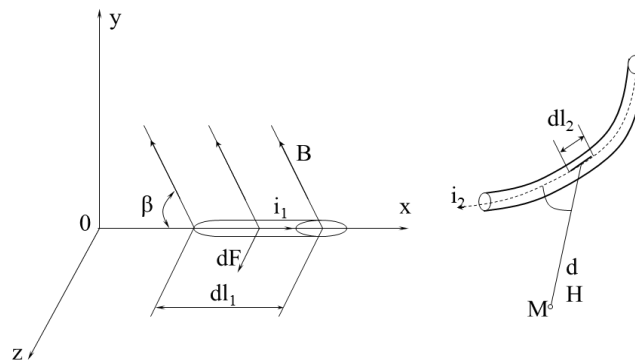
quá giới hạn cho phép, hoặc cho bằng bội số của dòng điện này với biên độ của dòng định mức:

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

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.

**4.3.Các phương pháp tính lực điện động**

**4.3.1.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):**



Hình 1.13 Lực điện động của một đoạn dây dẫn điện

Nếu một đoạn mạch vòng dl1 [m] có dòng điện i1 [A] đi qua được đặt trong từ cảm B [T], thì sẽ có một lực dF [N] tác động lên dl1:

$$dF = i_1 \cdot dl_1 \cdot B \cdot \sin \beta = i_1 \cdot B \cdot dl_1 \cdot \sin \beta$$

trong đó:  $\beta$  - là góc giữa B và dl1, hướng của dl1 theo chiều của dòng điện i1.

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

$$F = \int_0^l dF = \int_0^l i_1 \cdot B \cdot \sin \beta \cdot dl$$

Nếu mạch vòng nằm trong môi trường có độ từ thẩm cố định  $i_1 = \text{const}$  (Trong chân không hoặc không khí, việc xác định từ cảm B tương đối thuận tiện khi sử dụng định luật Biô-Xava–Laplace.

**4.3.2. 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:

$$F = \frac{\partial w}{\partial x}$$

Trong đó: W là năng lượng điện từ, X là độ dịch chuyển 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:

$$w = \frac{1}{2} L_1 i_1^2 + \frac{1}{2} L_2 i_2^2 + M_{12} i_1 i_2$$

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:

$$F = \frac{\partial w}{\partial x} = \frac{1}{2} i^2 \frac{\partial L}{\partial x}$$

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:

$$F = \frac{\partial w}{\partial x} = i_1 i_2 \cdot \frac{\partial M}{\partial x}$$

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:

$$A = \frac{1}{2} L i^2 = \frac{1}{2} \frac{\psi}{i} i^2 = \frac{1}{2} \psi i = \frac{1}{2} \omega \phi i$$

Trong đó:  $\psi$  tổng từ thông móc vòng,  $\Phi$  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 móc vòng và từ thông khi biến dạng mạch vòng dưới tác dụng của lực này tăng lên.

### 4.3.3. Lực điện động của một số dạng dây dẫn:

#### 4.3.3.1. Tính lực điện động ở các thanh dẫn song song:

Trong trường hợp này lực điện động 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:

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

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

$$F = 10^{-7} i_1 i_2 \cdot \frac{2l}{a} K_c$$

Với  $K_c = \left[ \sqrt{1 + \left(\frac{a}{l}\right)^2} - \frac{a}{l} \right]$  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 lực điện động sẽ là:

$$F = 10^{-7} \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot \frac{2l}{a}$$

**4.3.3.2. Lực điện động 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:

$$dF_x = i \cdot B_x \cdot dx$$

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

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

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

**4.3.3.3. Lực điện động ở vòng dây và bó 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  $i$ .

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

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

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

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

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

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

Lực điện động ở hai vòng dây song song được tính theo phương pháp cân bằng năng lượng.

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

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

Với  $\frac{h}{2R} < 0,2$  thì hõ cảm  $M$  có thể tính theo  $M = \mu_0 \cdot R \left( \ln \frac{8R}{h} - 2 \right)$

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

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

Vậy lực điện động giữa hai vòng dây với bán kính  $R$  và khoảng cách  $h$ :

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

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

**4.3.4. Lực điện động ở điện xoay chiều:**

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

**4.3.4.1. Lực điện động ở mạch một pha:**

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

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

Lực điện động giữa hai dây dẫn có dạng:

$$\sqrt{2}I_{dm} \cdot K_m \geq$$

Trong đó  $F_m = 10^{-7} \cdot K_C I_m^2$  là giá trị biên độ của lực điện động,  $I_m$  là giá trị biên độ của dòng điện.

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

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

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

**4.3.4.2. 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  $2\pi/3$ :

$$i_A = I_m \cdot \sin \omega t$$

$$i_B = I_m \cdot \sin \left( \omega t - \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$i_C = I_m \cdot \sin \left( \omega t - \frac{4\pi}{3} \right)$$

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

$$F_A = F_{AB} + F_{AC}$$

$$F_B = F_{BA} + F_{BC}$$

$$F_C = F_{CA} + F_{CB}$$

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

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

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

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

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

cạnh nhau.

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

**4.3.5.1. Cộng hưởng cơ khí:**

Khi dòng điện xoay chiều đi qua thanh dẫn, lực điện động phát sinh sẽ gây chấn động và có thể phát sinh cộng hưởng cơ khí nếu tần số dao động của lực điện động bằng tần số dao động riêng của thanh dẫn. Khi đó biên độ của lực điện động 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 lực điện động.

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

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

Trong đó:  $\gamma$  là khối lượng riêng vật liệu làm thanh dẫn,  $g$  gia tốc trọng trường,  $E$  là modun đàn hồi thanh dẫn,  $J$  là momen quán tính,  $q$  là tiết diện thanh dẫn,  $l$  chiều dài thanh dẫn.

$K$  là hệ số phụ thuộc vào cách cố định thanh dẫn: thanh dẫn bắt chặt cả hai đầu trên sứ cách điện  $K=1,2$ ; 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.

#### 4.3.5.2. 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:

$$i_m > i_{xk}$$

Trong đó:  $i_m$  – 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.

## CHƯƠNG 2: KHÍ CỤ ĐIỆN ĐIỀU KHIỂN BẰNG TAY.

### A. Mục tiêu :

*Sau khi học xong chương này học sinh phải :*

- Trình bày được cấu tạo, nguyên lý làm việc nhận dạng và chọn lựa được công tắc, nút nhấn cầu dao, cầu chì, điện trở, CB, RCD ...

### B. Nội dung :

#### 1. CÔNG TẮC

##### 1.1. 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.

##### 1.2. 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), công tắc hành trình.

##### 1.2.1 Công tắc đổi nối kiểu hộp:

Phần chính là tiếp điểm tĩnh gắn trên các vành nhựa bakêlít cách điện có hai đầu vặn vít thò ra khỏi hộp. Các tiếp điểm động gắn trên cùng trục và cách điện với trục, nằm ở các mặt phẳng khác nhau tương ứng với vành. 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.

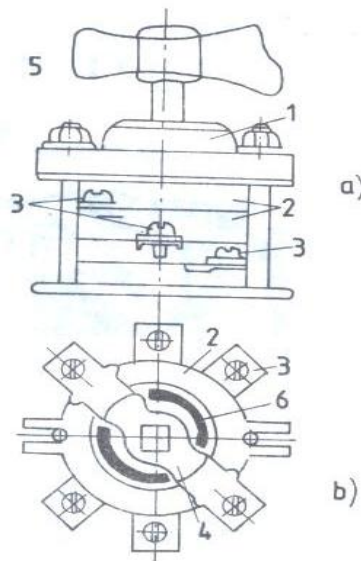


Hình 2.1: Công tắc 2 chấu và 3 chấu

##### 1.2.2 Công tắc vạn năng:

Gồm các đoạn riêng rẽ cách điện với nhau và lắp trên cùng một trục có tiết diện vuông. Các tiếp điểm 1 và 2 sẽ đóng và mở nhờ xoay vành cách điện lồng trên trục 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





Hình 2.2: Công tắc xoay

### 1.2.3 Công tắc hành trình:

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.



Hình 2.3: Công tắc hành trình

### 1.3. Các thông số kỹ thuật:

- Kiểu công tắc.
- Dòng điện định mức của công tắc I đm. I đm thường < 6A.
- Điện áp định mức của công tắc U đm. U đm thường < 500V.
- Khả năng đóng cắt, tần số đóng cắt, độ cách điện...

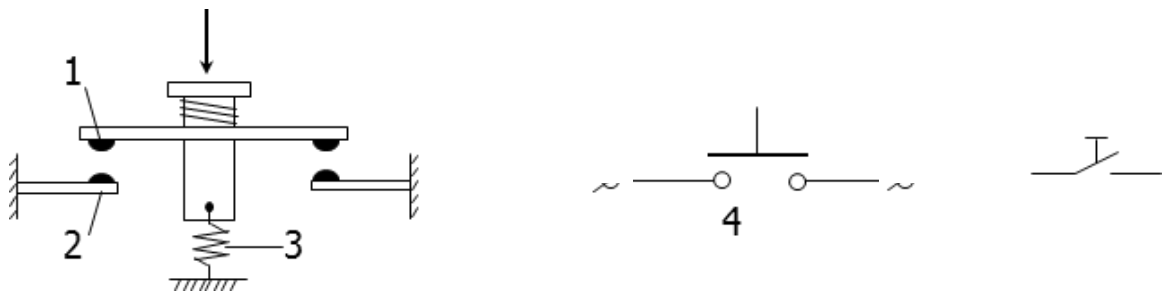
**2. NÚT ÁN**

**2.1. Khái quát và công dụng**

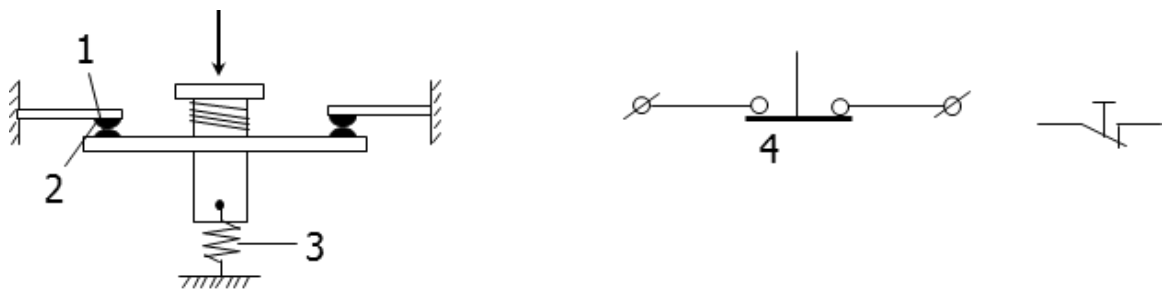
Nút ấn còn gọi là nút điều khiển, là loại khí cụ dùng để đóng cắt từ xa các thiết bị điện từ khác nhau, các dụng cụ báo hiệu và để chuyển đổi các mạch điện điều khiển, tín hiệu, liên động, bảo vệ.

**2.2. Phân loại và cấu tạo:**

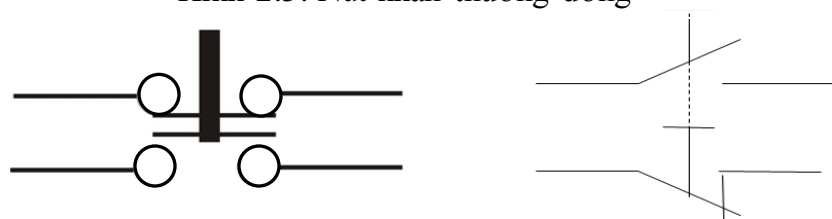
- Theo hình dáng bên ngoài người ta chia ra làm 4 loại: Loại hở, loại bảo vệ, loại chống nước chống bụi, loại bảo vệ chống nổ.
- Theo yêu cầu điều khiển người ta chia ra loại một nút, loại hai nút, loại ba nút.
- Theo kết cấu bên trong người ta chia ra loại có đèn và loại không có đèn



Hình 2.4: Nút nhấn thường mở



Hình 2.5: Nút nhấn thường đóng



Hình 2.6: Nút nhấn kép

**2.3. Các thông số kỹ thuật:**

- Kiểu nút nhấn.
- Dòng điện định mức của nút nhấn  $I_{đm}$ .  $I_{đm}$  thường  $< 6A$ .
- Điện áp định mức của nút nhấn  $U_{đm}$ .  $U_{đm}$  thường  $< 500V$ .
- Khả năng đóng cắt, tần số đóng cắt, độ cách điện...

### 3. CẦU DAO.

#### 3.1. 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 220V – DC và 380V- 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



Hình 2.7: Cầu dao và cầu dao đảo

Các tiếp điểm của cầu dao thường làm bằng đồng đỏ. Khi đóng, thân dao chém 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 lực điện động 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.

#### 3.2. Phân loại:

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

- Theo kết cấu ta có loại 1 cực, 2 cực, 3 cực.
- Theo điện áp định mức: 250V, 500V.
- Theo dòng điện định mức có loại: 10A, 15A, 20A, 25A, 30A, 60A, 75A, 100A, 150A, 200A, 350A, 600A, 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 bảo vệ, loại không có cầu chì bảo vệ.
- Ngoài ra còn có loại cầu dao một ngã và cầu dao 2 ngã (cầu dao đảo).

**3.3. Ký hiệu:**



Hình 2.8: Ký hiệu cầu dao có cầu chì và không có cầu chì

**3.4. Một số thông số kỹ thuật:**

Khi chọn cầu dao cần quan tâm đến 2 thông số chính là I đm và U đm của cầu dao.

Nếu gọi  $I_{tt}$  là dòng tính toán của mạch điện.

$U$  nguồn là điện áp nguồn của lưới điện sử dụng.

Thì ta cần chọn cầu dao theo công thức sau:

$$I \text{ đm cầu dao} \geq I_{tt}$$

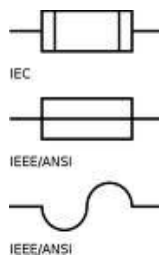
$$U \text{ đm cầu dao} \geq U \text{ nguồn}$$

**4.CẦU CHÌ.**

**4.1. 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.



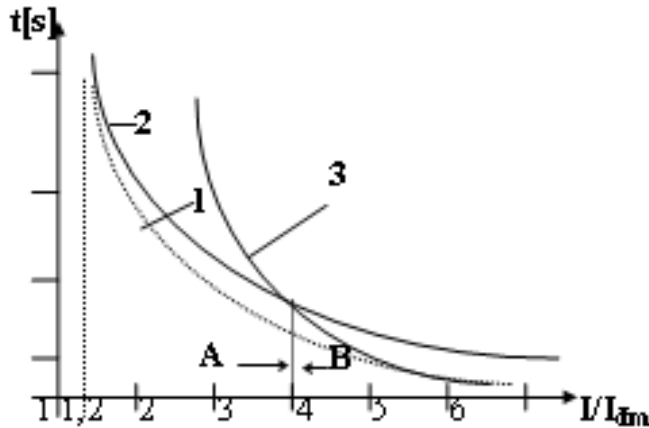
Hình 2.9: Ký hiệu cầu chì

***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.

**4.2. 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) tại mọi điểm đều phải thấp hơn đường đặc tính của thiết bị cần được bảo vệ (đường 2).



Hình 2.10: Đường đặc tính dây chảy

Đường đặc tính thực tế của cầu chì (đường 3) 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 thoả 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 phân tử của cầu chì làm việc ở chế độ nhiệt nặng nề nhất (Nhiệt độ gần nhiệt độ nóng chảy của vật liệu). Để tránh cho các phân 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.

**4.3. 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 đế các điện nhờ các vít
- *Loại vắn (Xoáy):* Cầu chì loại vắn thường có dạng như hình vẽ. Dây chảy 1 được nối với nắp 2 ở phía trong. Nắp 2 có dạng răng vít để vắn 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:* Dây chảy được đặt trong một ống phíp, hai đầu có nắp đồng có răng vít để vắn chặt kín. Dây chảy được nối với các cực tiếp xúc bằng các vít hoặc vòng đệm đồng. 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 dập tắt hồ quang.

- *Loại kín có chất nhồi:* Loại này có đặc tính bảo vệ tốt hơn loại trên, cấu tạo loại này như sau. 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 có cực tiếp xúc. Các phiến được bắt chặt vào ống sứ bằng vít. Dây chảy làm bằng đồng lá dày 0,2mm có dập 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.

**4.4. 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:

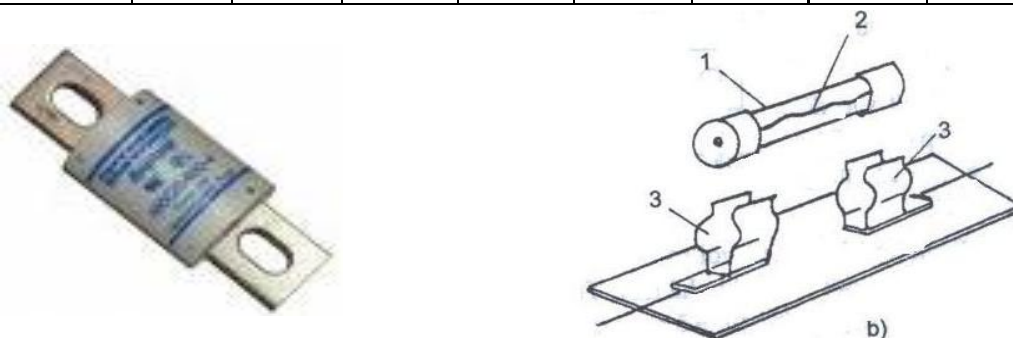
$$I_{gh} = a.d^{\frac{3}{2}}$$

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

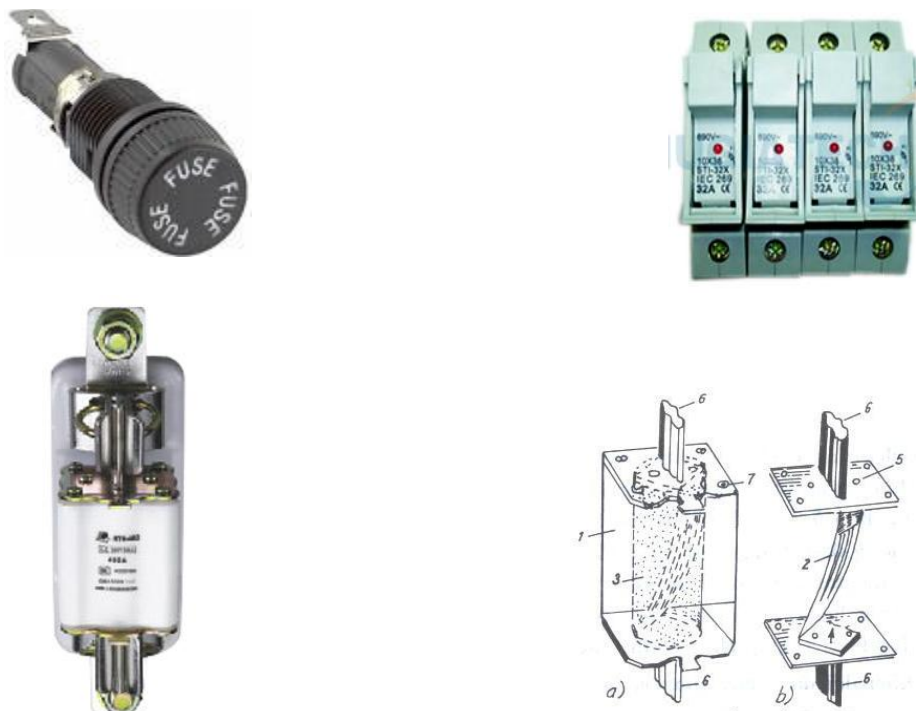
$d$  Đường kính dây chảy (mm).

$a$  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







Hình 2.11: Một số hình ảnh về cầu chì và đế cầu chì

## 5. CB (CIRCUIT BREAKER)

### 5.1. Khái quát và yêu cầu

CB là cụm danh từ viết tắt từ danh từ Circuit Breaker. CB là khí cụ điện dùng để tự động cắt mạch điện khi có sự cố: quá tải, ngắn mạch, sụt áp... CB 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.

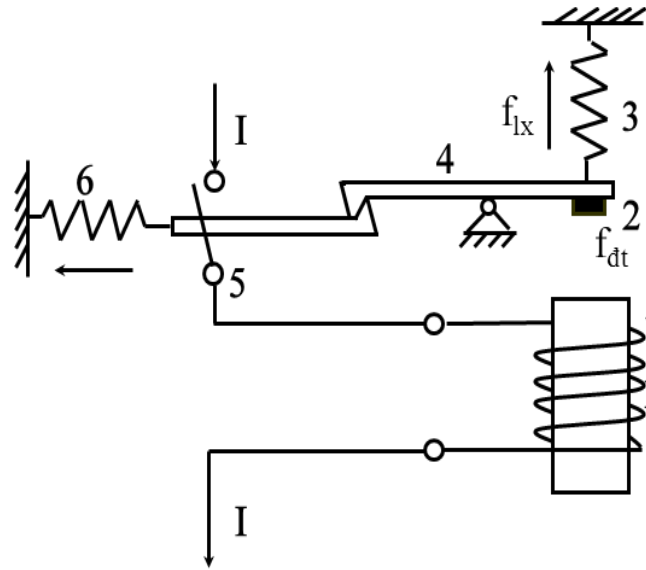
***Yêu cầu đối với CB như sau:***

- Chế độ làm việc định mức của CB phải là chế độ dài hạn, nghĩa là trị số dòng điện định mức chạy qua CB lâu bao nhiêu cũng được. Mặt khác mạch vòng dẫn điện của CB phải chịu được dòng ngắn mạch lớn lúc các tiếp điểm của nó đã đóng hoặc đang đóng.
- CB phải cắt được trị số dòng ngắn mạch lớn có thể lên đến hàng chục KA.. Sau khi cắt vẫn phải đảm bảo làm việc tốt ở trị số dòng điện định mức.
- 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, CB 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 CB. Để thực hiện yêu cầu thao tác có chọn lọc CB phải có khả năng điều chỉnh được dòng điện tác động và thời gian tác động.

### 5.2. Nguyên lý làm việc của CB:

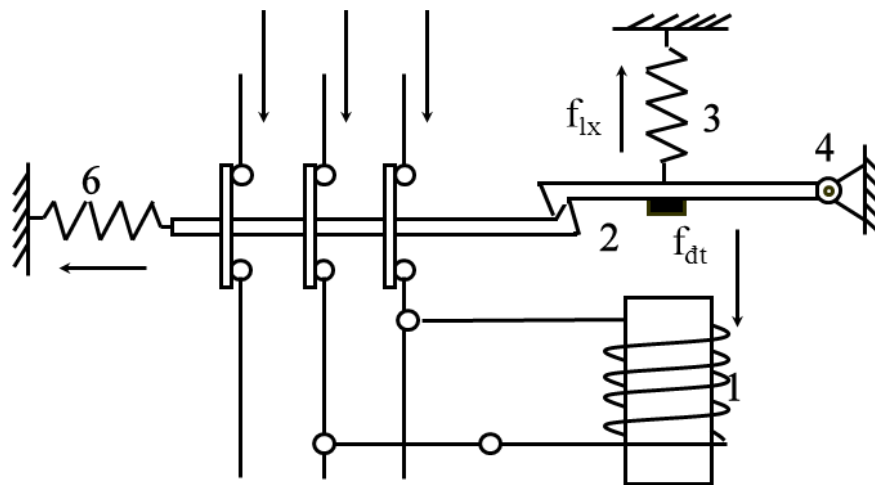
Sơ đồ nguyên lý của CB được trình bày trên trong đó quan trọng nhất là CB dòng điện cực đại.

Ở trạng thái bình thường sau khi đóng điện CB được giữ ở trạng thái đóng nhờ móc răng số 4 ăn khớp với cần răng số 5 cùng với cụm tiếp điểm động.



Hình 2.12: Móc bảo vệ quá tải

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



Hình 2.13: Móc bảo vệ thấp áp

**5.3 Cấu tạo:**

CB gồm các bộ phận chính:

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

a) Hệ thống tiếp điểm:



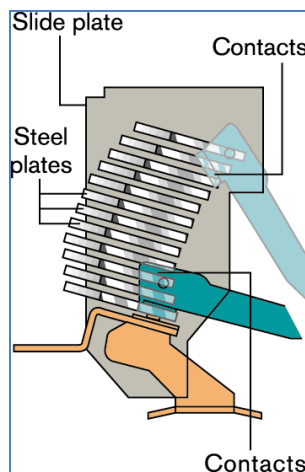


Hình 2.14: Mặt cắt CB ba pha

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. CB 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 CB 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 CB 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.



Hình 2.15: cấu trúc buồng dập hồ quang dùng từ trường

Kiểu nửa kín được đặt trong vỏ của CB 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.

c) Cơ cấu truyền động cắt CB

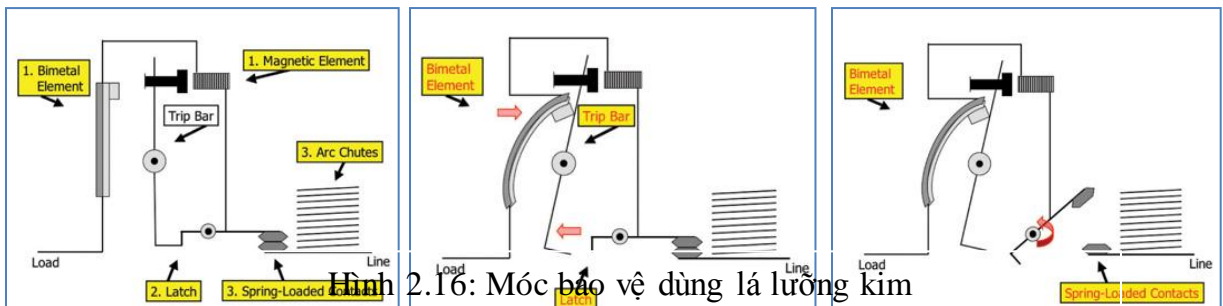
Truyền động cắt CB được thực hiện bằng hai cách: Bằng tay hoặc bằng cơ điện (Điện từ, động cơ điện). Điều khiển bằng tay được thực hiện với các CB có dòng điện không lớn hơn 600A. Để tăng lực điều khiển bằng tay thường kết hợp cánh tay đòn phụ theo nguyên tắc đòn bẩy với khớp nhả tự do. Điều khiển bằng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

d) Móc bảo vệ:

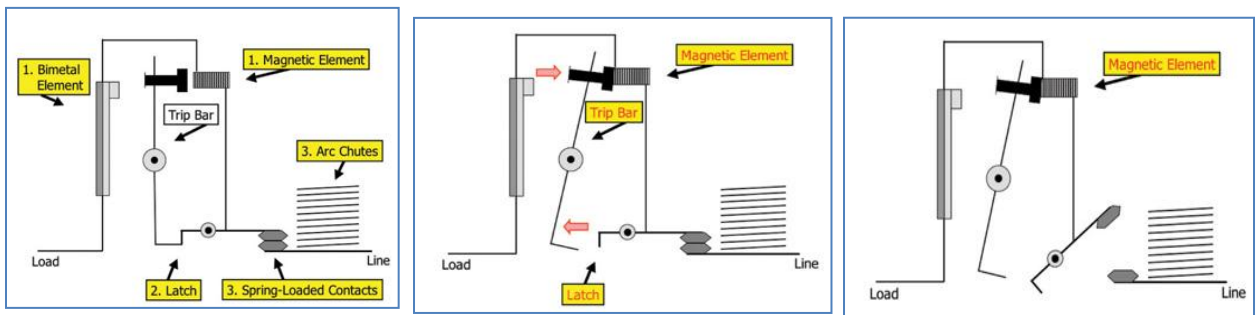
CB tự động cắt nhờ các móc bảo vệ:

**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 CB.

**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.

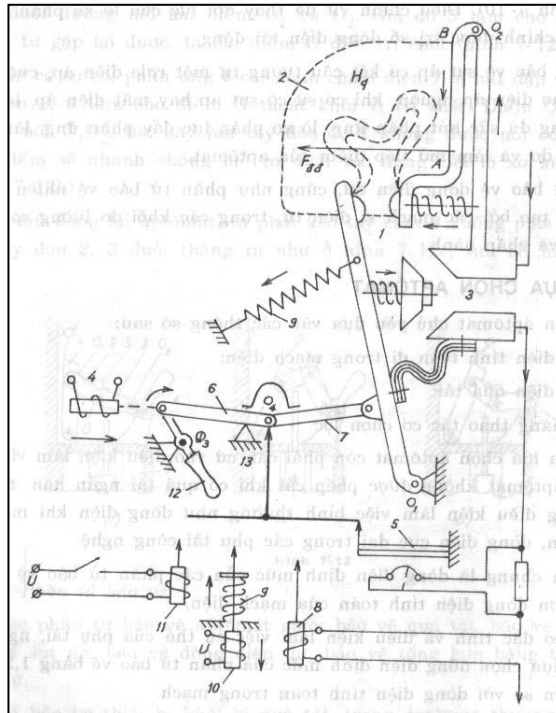


Hình 2.16: Móc bảo vệ dùng lá lưỡng kim



Hình 2.17: Móc bảo vệ dùng lực từ điện

Trong một số trường hợp người ta kết hợp các móc bảo vệ trong CB thành CB vạn năng.



Hình 2.18: CB vạn năng

### 5.3. Phân loại

- Dựa vào kết cấu người ta chia ra: CB một cực, hai cực, ba cực.
- Theo thời gian tác động, người ta chia CB ra loại tác động không tức thời và loại tác động tức thời.
- Theo công dụng: CB vạn năng, CB dòng cực đại, CB dòng cực tiểu, CB điện áp thấp, CB công suất ngược.
- Ngoài ra ta còn có CB định hình như MCB (Minature Circuit Breaker), MCCB (Molded Case Circuit Breaker), CB cắt trong không khí ACB (Air Circuit Breaker), CB cắt trong chân không VCB (Vaccum Circuit Breaker).
- Trong MCCB lại có 2 loại là fix type (các thông số đã được cố định) và var type (các thông số có thể điều chỉnh được). Với mỗi loại trên lại chia thành 2 loại là TM (thermal & magnetic contact) và MO (magnetic contact only). Loại TM dùng cho tải không có động cơ (Non-motor load) còn loại MO dùng cho tải có động cơ (Motor load)



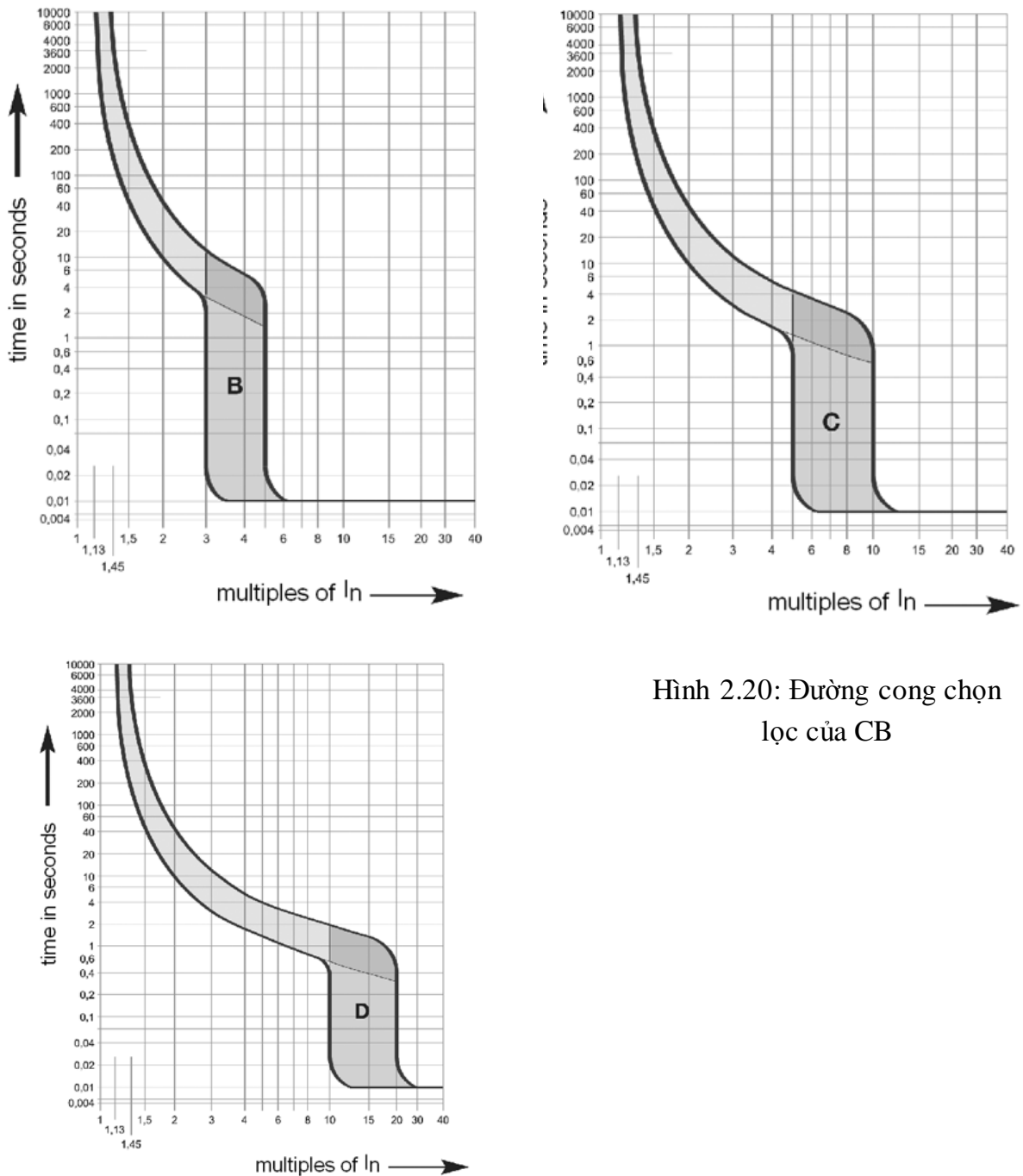
Hình 2.19: Hình ảnh CB 3 pha và 1 pha

**5.4. Thông số và lựa chọn CB:**

**Thông số CB:**

- Tần số.
- Điện áp làm việc định mức (Rated service voltage  $U_e$ )
- Điện áp chịu xung định mức (Rated impulse withstand voltage  $U_{imp}$ )
- Điện áp cách điện định mức (Rated insulation voltage  $U_i$ ).
- Dòng cắt định mức (Rated uninterrupted current  $I_u$ ).
- Khả năng cắt được dòng ngắn mạch  $I_{cu}$  (Rated ultimate short-circuit breaking capacity  $I_{cu}$ ). Thông số này cho biết độ bền tiếp điểm của CB.
- Rated service short-circuit breaking capacity  $I_{cs} = \%I_{cu}$ , (khoảng từ 75% đến 100% $I_{cu}$ ) cắt được dòng ngắn mạch định mức.
- Rated short-time withstand current  $I_{cw}$ : khả năng chịu đựng dòng ngắn mạch của tiếp điểm trong thời gian 1s hoặc 3s tùy vào nhà sản xuất.
- Số lần đóng ngắt. Ví dụ ngắt CB rồi bật CB lên lại thì gọi là 1 lần đóng ngắt. CB thông thường cũng quy định số lần này. Các MCB có quy định là từ 7500 đến 10000 lần, MCCB thì hơn 10000 lần. ACB thì không 8000 lần tùy theo hãng sản xuất.
- Characteristic curve hay còn gọi là đường cong chọn lọc của CB. Đây chính là thông số quan trọng nhất cho việc chọn CB nằm ở vị trí nào cho hệ thống điện.
- Tùy theo phụ tải, dòng cắt từ  $I_m$  so với dòng định mức của tải  $I_{dm}$  được chia làm 3 loại B, C, D tương ứng với dòng quá độ nhẹ, trung bình và nặng.

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



Hình 2.20: Đường cong chọn lọc của CB

**Lựa chọn CB:**

Nếu gọi dòng điện tính toán đi trong mạch là  $I_{tt}$  và dòng điện tính toán đi trong dây dẫn là  $I_z$ , dòng cắt định mức là  $I_u$  thì  $I_{tt} < I_u < I_z$ .

Nếu gọi  $I_{SCB}$  là dòng tính toán ngắn mạch của tải  $I_{sc}$  là dòng cắt  $>75\% I_{cu}$  thì  $I_{SCB} \geq I_{sc}$ .

Ngoài ra việc lựa chọn CB còn phải căn cứ vào đặc tính làm việc của phụ tải là CB 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. Cũng như cần quan tâm đến tính chọn lọc khi có nhiều CB trong mạch.

## 6. BẢO VỆ CHỐNG DÒNG ĐIỆN RÒ

### 6.1 Đặt vấn đề

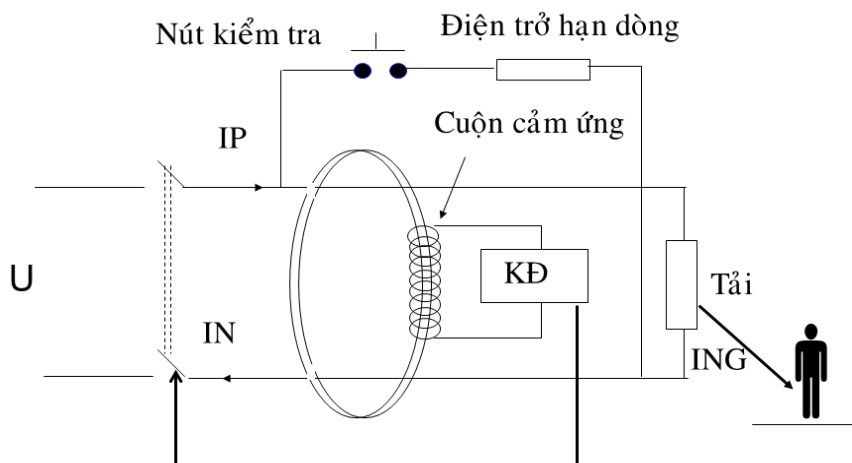
Mạng điện hạ áp luôn có người thường xuyên làm việc. Mạng điện hạ áp là mạng nối đất. Nên xuất hiện dòng điện chạy vào đất trở về nguồn. Dòng điện chạm đất không đủ lớn để tác động thiết bị bảo vệ (vì xa điểm nối đất) nhưng lại đủ lớn để gây nguy hiểm cho người.

Để khắc phục dòng điện rò đi vào đất người ta chế tạo một thiết bị cắt điện khi có dòng rò gọi là thiết bị chống dòng điện rò.

NƯỚC TẠO	CHẾ	THƯƠNG HIỆU	KÝ HIỆU	TÊN ĐẦY ĐỦ
ANH		MEM	RCD	Residual Circuit Devides
PHÁP		HAGER MERLIN GERIN	RCBO	Residual Circuit Breakers Over
NHẬT		FUJI KASUGA TEMPEARL	ELCB	Earth Leakage Circuit Breakers
AUSTRALIA		CLIPSAL	RCD	Residual Circuit Devides
MALAYSIA		LKE	RCCB	Residualcurrent Circuit Breakers

### 6.2 Cấu tạo và nguyên lý làm việc

Gồm một biến dòng lõi cân bằng và 3 cuộn dây theo hình vẽ.



Hình 2.21: Cấu tạo RCD

Khi không có hiện tượng rò điện:  $I_p + I_N = 0$ . Không có từ thông biến thiên trong cuộn dây.

Khi có hiện tượng rò điện  $I_p + I_N \neq 0$  vì  $I_p = I_N + I_{ng}$



Sẽ tạo từ thông biến thiên trong lõi biến dòng, làm xuất hiện suất điện động trong cuộn cảm ứng. Điện áp này sau khi được khuếch đại sẽ tác động vào role ngắt điện hệ thống.

**6.3 Phạm vi ứng dụng**

Thiết bị chống dòng rò thường đặt trong mạng có trung tính nối đất làm việc và nối trung tính bảo vệ.

Phải gắn đúng dây pha vào cực L, dây trung tính vào N

Thiết bị chống dòng rò có nhiều cấp bảo vệ: 10mA, 30mA, 100mA, 300mA, 500mA.

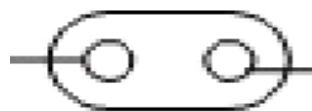
Thiết bị chống dòng rò 30mA thường được dùng phổ biến để chống dòng điện giật. Thiết bị 100mA trở lên được dùng trong phòng chống cháy, nổ. Thiết bị 10mA quá nhạy chỉ dùng cho những nơi có người bệnh, già yếu, người ít hiểu biết về điện như: bệnh viện, trường học, nhà trẻ ...



Hình 2.22: Hình RCD 1 pha và 3 pha

**7. Phích cắm và ổ cắm điện:**

Ổ cắm và phích cắm được dùng cấp điện, nối chuyển tiếp trong sinh hoạt hằng ngày. Thông thường, ổ cắm và phích cắm được chế tạo ở điện áp 250V, dòng định mức 10A, nên dây nối điện phích cắm từ 0.7mm<sup>2</sup> đến 1mm<sup>2</sup>





Hình 2.23: Ký hiệu ổ cắm và hình ảnh ổ cắm và phích cắm

### 8. Điện trở

Điện trở dùng để thay đổi các giá trị trong mạch điện để các giá trị đó phù hợp với điều kiện vận hành hay chế độ làm việc của các động cơ điện

Có các loại điện trở thông dụng là điện trở mở máy, điện trở điều chỉnh, điện trở hãm, điện trở phóng điện.

- Điện trở mở máy: Nhằm hạn chế dòng khởi động của động cơ. Trách hư hỏng động cơ và sụt áp lưới.
- Điện trở hãm: Nhằm giảm dòng khi hãm động cơ.
- Điện trở phóng điện: Để giảm áp khi có sự biến thiên đột ngột nhằm giảm sự phóng điện trong quá trình biến thiên này.

Điện trở được cấu tạo bằng các dây kim loại Al, Cu, Zn, hợp kim đồng, thường quấn lên các lõi từ. Thông số của điện trở thường có 2 thông số chính là giá trị điện trở và công suất định mức. Thông số này thường được ghi trên thân điện trở.



Aluminium Housed Metal Clad Braking Resistors



Ceramic Encased Wire Wound Resistor





Coiled Wire Resistors



Coiled Wire Resistors



**Type : AHR**

Aluminium Housed Chassis Mounted Wire Wound Resistors

Hình 2.24: Một số loại điện trở công suất

**Chương 3: MỘT SỐ RƠ LE ĐIỀU KHIỂN & BẢO VỆ**

**A. Mục tiêu :**

*Sau khi học xong bài này, học sinh phải :*

- Trình bày được cấu tạo, nguyên lý làm việc nhận dạng và chọn lựa được nam châm điện, rơle trung gian, rơle thời gian, rơle nhiệt ...

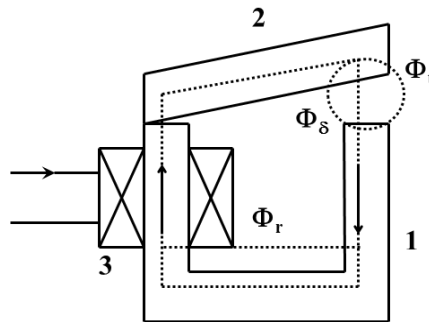
**B. Nội dung :**

**1. NAM CHÂM ĐIỆN**

**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, Contactor, 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 3.1: Cấu tạo nam châm điện

Khi cho dòng điện chạy qua cuộn dây thì trong cuộn dây có từ thông  $\phi$  đi qua, từ thông này cũng chia làm 3 thành phần:

Từ thông chính  $\phi_\delta$ : là từ thông đi qua khe hở không khí chính, đó cũng là từ thông làm việc của cơ cấu điện từ.

Từ thông tản  $\phi_t$ : là từ thông đi ra ngoài khe hở không khí chính.

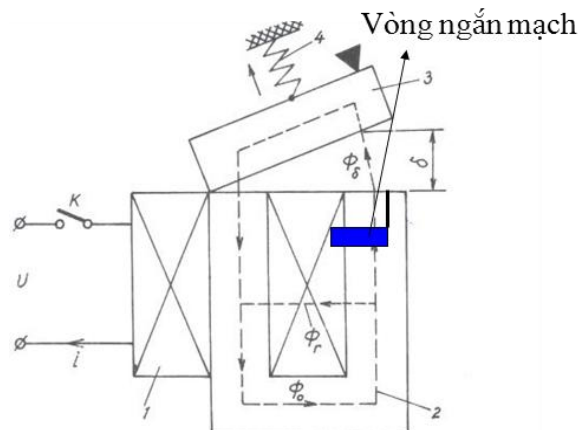
Từ thông rò  $\phi_r$ : là từ thông khép vòng qua cuộn dây là thành phần không đi qua khe hở không khí chính mà khép kín trong không gian giữa lõi và thân mạch từ

Dòng điện chạy trong cuộn dây sẽ sinh ra từ trường. Vật liệu sắt từ đặt trong từ trường này sẽ bị từ hóa và có cực tính ngược lại với cực tính của cuộn dây, cho nên sẽ bị hút về phía cuộn dây

Nếu đổi chiều dòng điện trong cuộn dây thì từ trường trong cuộn dây cũng đổi chiều và vật liệu sắt từ bị từ hóa có cực tính ngược với cực tính cuộn dây, cho nên chiều lực hút không đổi.

Trong quá trình làm việc nắp mạch từ chuyển động, khe hở không khí giữa nắp và lõi thay đổi nên lực hút điện từ cũng thay đổi

Đối với nam châm điện xoay chiều thì lực hút dao động theo bội số của tần số lưới điện. Để khắc phục người ta gắn thêm vòng ngắn mạch để chống rung.



Hình 3.1: Nam châm điện với vòng ngắn mạch

## 1.2. Phân loại

- Phân theo tính chất của nguồn điện: Cơ cấu điện một chiều, cơ cấu điện từ xoay chiều.
- Theo cách nối cuộn dây vào nguồn điện: Nối nối tiếp, nối song song.
- Theo hình dạng mạch từ: Mạch từ hút chập (thẳng), mạch từ hút xoay (quanh một trục hay một cạnh)

## 1.3. Ứng dụng của nam châm điện

### 1.3.1. Cần cấu điện từ:

Cần cấu điện từ dùng để bốc dỡ hàng hoá, 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 cấu 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 cân cầu điện phải có nguồn dự phòng.

### 1.3.2. Phanh điện từ:



Hình 3.3: 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.

### 1.3.3. 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).

## 2. ROLE

### 2.1. 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 từ, 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 từ.

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.

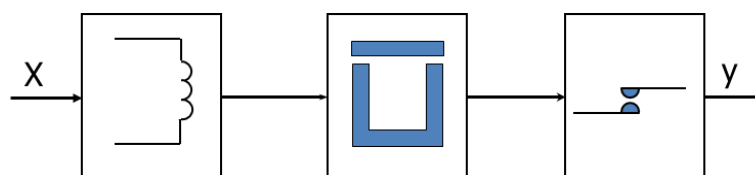
Theo mục đích sử dụng chia làm ba nhóm: Role bảo vệ, role điều khiển, role tự động thông tin liên lạc.

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.

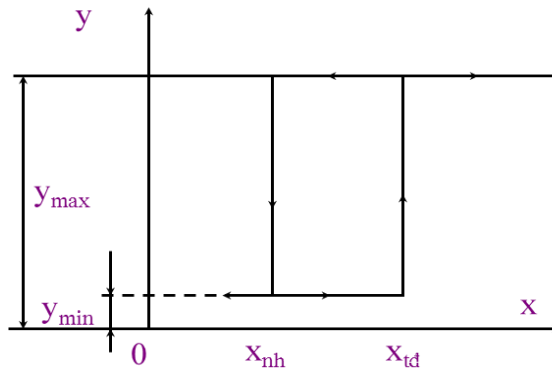


Hình 3.4: Các bộ phận của role

### 2.2.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 sau. Đặc tính role có đặc điểm sau:



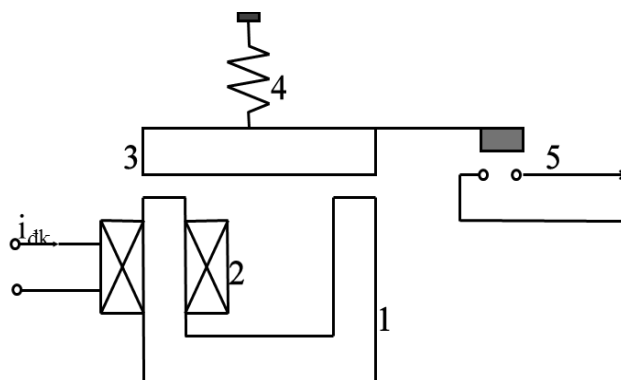
Hình 3.5: Đặc tính role

- 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  $x_{lv}$  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 nhỏ.

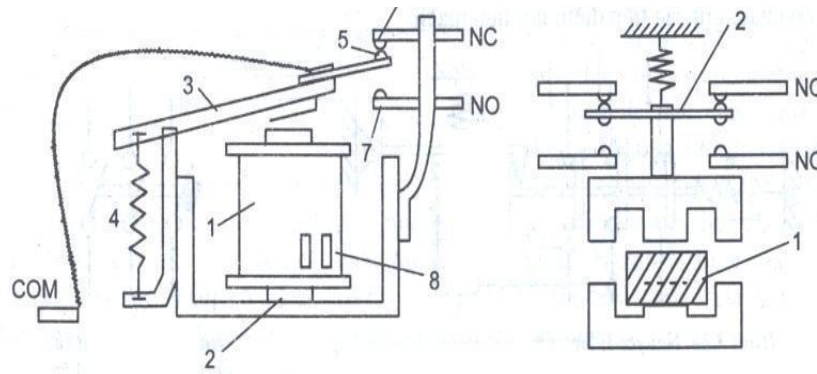
Đại lượng đầu vào ứng với role tác động gọi là giá trị tác động  $x_{td}$  và ứng với lúc role nhỏ gọi là giá trị nhỏ  $x_{nh}$  của role.

### 3. Role trung gian

Role điện từ làm việc trên nguyên lý điện từ. Nếu đặt một vật bằng vật liệu sắt từ (gọi là phần ứng hay nắp từ) trong từ trường do cuộn dây có dòng điện chạy qua sinh ra. Từ trường này tác dụng lên nắp một lực làm nắp chuyển động.







Hình 3.5: Cấu tạo role trung gian

Khi cung cấp điện cho cuộn dây, sẽ tạo từ trường chạy trong mạch từ chính. Lực hút điện từ sinh ra thắng được lực hút lò xo phản lực 7 nắp mạch từ được về phía lõi. Ứng với mạch từ 1 chiều - xoay chiều có các role 1 chiều - xoay chiều.



Hình 3.5: Hình ảnh role trung gian và đế role

#### 4. Role nhiệt

##### 4.1. 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:

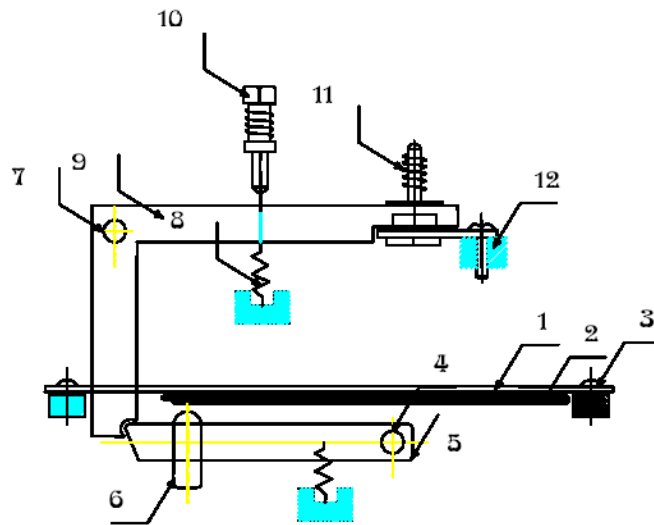
- Cảm biến kiểu kim loại kép (Bimetal, lưỡng kim).
- Cảm biến kiểu khí nén.
- Cảm biến kiểu nhiệt ngẫu.
- Cảm biến kiểu điện trở nhiệt.

##### 4.2. 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).



Hình 3.6: Cấu tạo role nhiệt

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.

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 cấy trên giá nhựa cách điện 5 dùng để điều chỉnh mức độ uốn cong của đầu tự do của phiến 3. Giá 5 có thể quay xung quanh trục 4. Tùy theo trị số dòng điện chạy qua phần tử phát nóng mà phiến kim loại kép 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 role về vị trí ban đầu sau khi phiến kim loại kép nguội trở lại. Điều chỉnh vít 6 có thể điều chỉnh được dòng tác động khi quá tải.

### 4.3. Phân loại

- Theo kết cấu người ta chia role 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 kép. Loại này có cấu tạo đơn giản, nhưng khi thay đổi dòng định mức ta phải thay tấm kim loại kép.
  - + 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 kép 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 kép. 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 kép 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 -15) I<sub>dm</sub>.

- 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.

#### **4.4.Lựa chọn role nhiệt:**

Đặc tính cơ bản của role 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 role nhiệt là sao cho đặc tính ampe –giây của role 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 role bằng dòng định mức của động cơ điện cần được bảo vệ, và rơ le sẽ tác động ở giá trị  $(1,2 - 1,3)I_{đm}$ . 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 rơ le khi có quá tải liên tục hay ngắn hạn. Ngoài ra, nhiệt độ của môi trường công tác cũng ảnh hưởng tới tới dòng tác động vì vậy khi nhiệt độ môi trường thay đổi cần điều chỉnh lại dòng tác động.



Hình 3.7: Hình ảnh role nhiệt

## **5. Role thời gian**

### **5.1.Khái quát và yêu cầu:**

Trong tự động điều khiển, 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 tử.v.v...

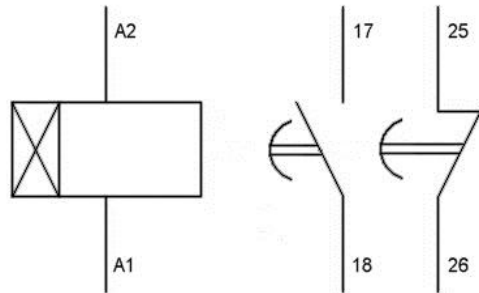
Căn cứ vào bộ tạo thời gian ta có role tương ứng

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.

Tùy theo yêu cầu sử dụng ta có ON DELAY hoặc OFF DELAY

### 5.2 ON DELAY TIMER

**Ký hiệu:**

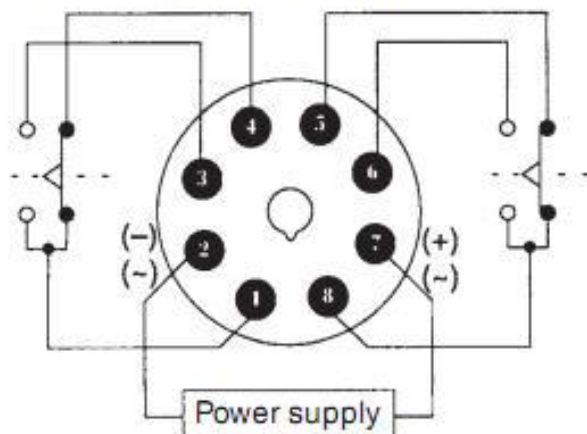


Hình 3.8: Ký hiệu ON delay timer

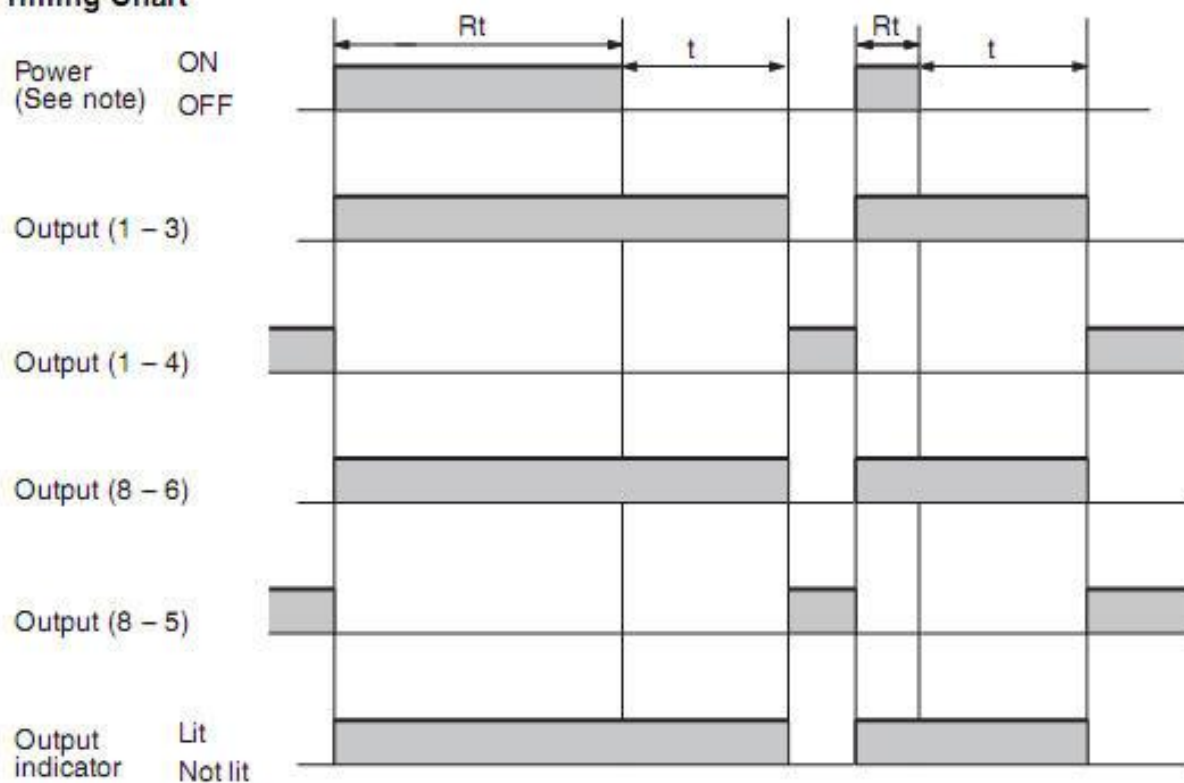
Sơ đồ chân và biểu đồ hoạt động của Timer ON-Delay

### 8-pin Models

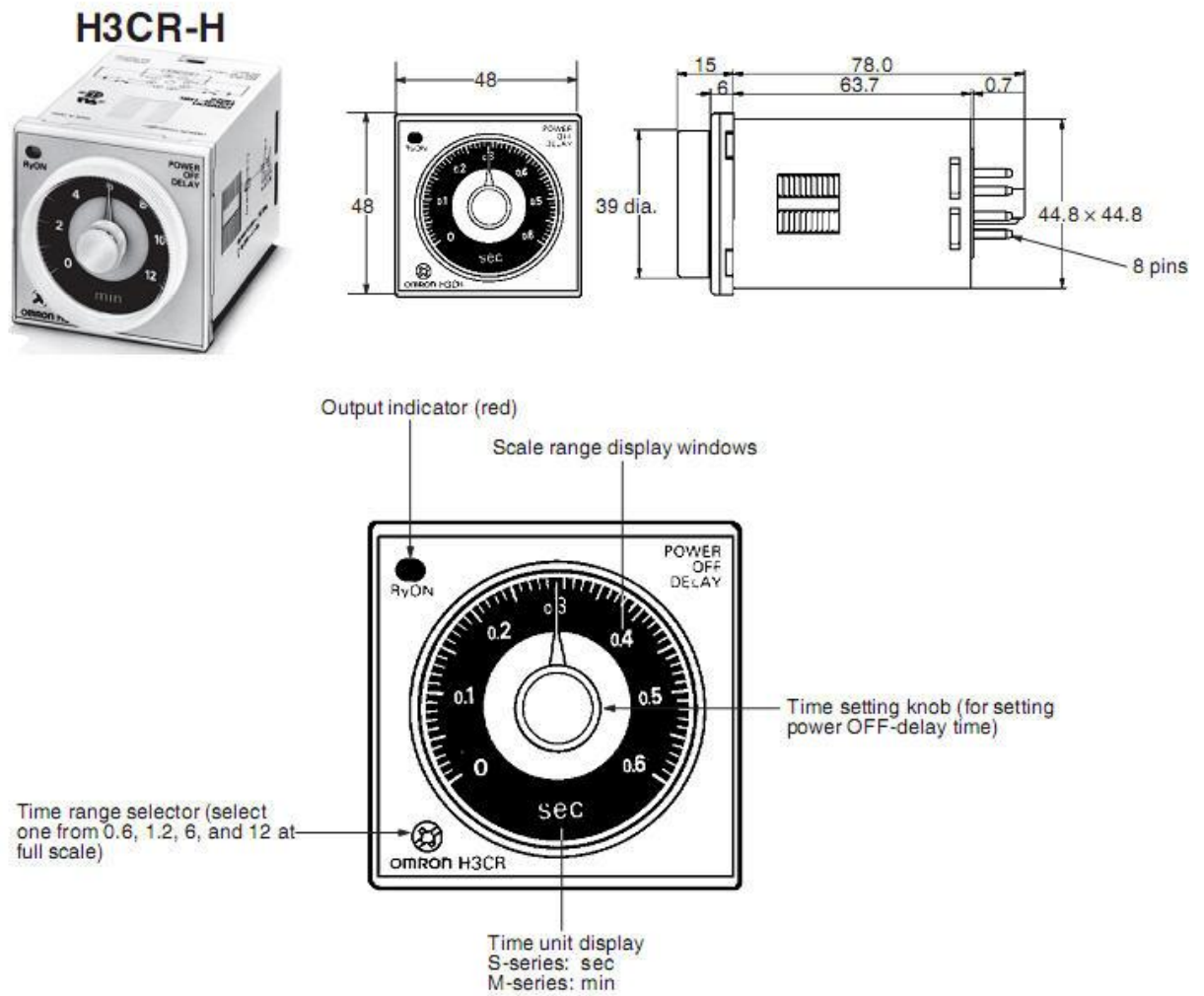
#### Without Reset Input (H3CR-H8L)



#### Timing Chart



Bảng vẽ hình dáng và kích thước của Timer ON-Delay



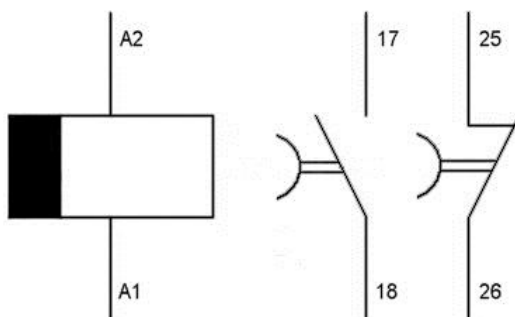
Một số hình dáng



Hình 3.9: Hình dáng ON delay timer

### 5.3 OFF DELAY TIMER

Ký hiệu:



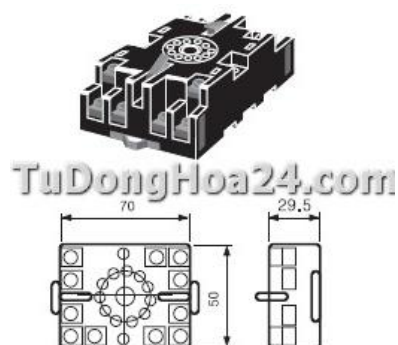
Hình dáng:

Hình 3.10: Ký hiệu OFF delay timer



Để role thời gian:

Hình 3.11: Hình dáng OFF delay timer



Hình 3.12: Hình dáng đế role thời gian



## Chương 4: CONTACTOR VÀ KHỞI ĐỘNG TỪ

### A. Mục tiêu :

*Sau khi học xong bài này, học sinh phải :*

- Trình bày được cấu tạo, nguyên lý làm việc nhận dạng, đáng số, ký hiệu và chọn lựa được contactor, khởi động từ.

### B. Nội dung :

#### 1. CONTACTOR

##### 1.1. Khái quát

- Khái niệm: Contactor 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 Contactor có thể thực hiện bằng nam châm điện, thủy lực hay bằng khí nén. Thông thường ta gặp loại bằng nam châm điện.
- Contactor có hai vị trí đóng cắt được chế tạo với số lần đóng cắt lớn tần số đóng cắt có thể lên đến 1500 lần /giờ.
- Theo nguyên lý truyền động người ta chia Contactor ra các loại: Contactor đóng cắt bằng điện từ, Contactor đóng cắt bằng khí nén, Contactor đóng cắt bằng thủy lực.
- Theo dạng dòng điện đóng cắt có Contactor điện một chiều và Contactor điện xoay chiều.
- Theo kết cấu có: Contactor hạn chế chiều rộng, Contactor hạn chế chiều cao. Contactor 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.

##### 1.2. Các tham số cơ bản của Contactor:

- ✓ Điện áp định mức  $U_{đm}$  là điện áp của mạch điện tương ứng mà tiếp điểm chính của Contactor phải đóng cắt. Điện áp định mức có các cấp: 110V ; 220V ; 440V một chiều và 127V; 220V ; 380V; 500V xoay chiều.
- ✓ Dòng điện định mức  $I_{đm}$  là dòng điện đi qua tiếp điểm chính của Contactor trong chế độ làm việc gián đoạn lâu dài ở chế độ đó thời gian đóng của Contactor không quá 8 giờ.
- ✓ Điện áp cuộn dây  $U_{cdđm}$  là điện áp định mức đặt lên cuộn dây. Khi tính toán, thiết kế cần phải đảm bảo Contactor làm việc ổn định trong dải từ 85% - 110%  $U_{cdđm}$ .
- ✓ Số cực: Là số tiếp điểm chính của Contactor.
- ✓ Số cặp tiếp điểm phụ: Là số cặp tiếp điểm không chế mạch điều khiển của Contactor.
- ✓ 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  $I_{đg}$ .
- ✓ Tuổi thọ của Contactor: Là số lần đóng cắt mà sau số lần đóng cắt đó Contactor 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 Contactor 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.
- ✓ Tần số thao tác: Là số lần đóng cắt cho phép của Contactor 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.

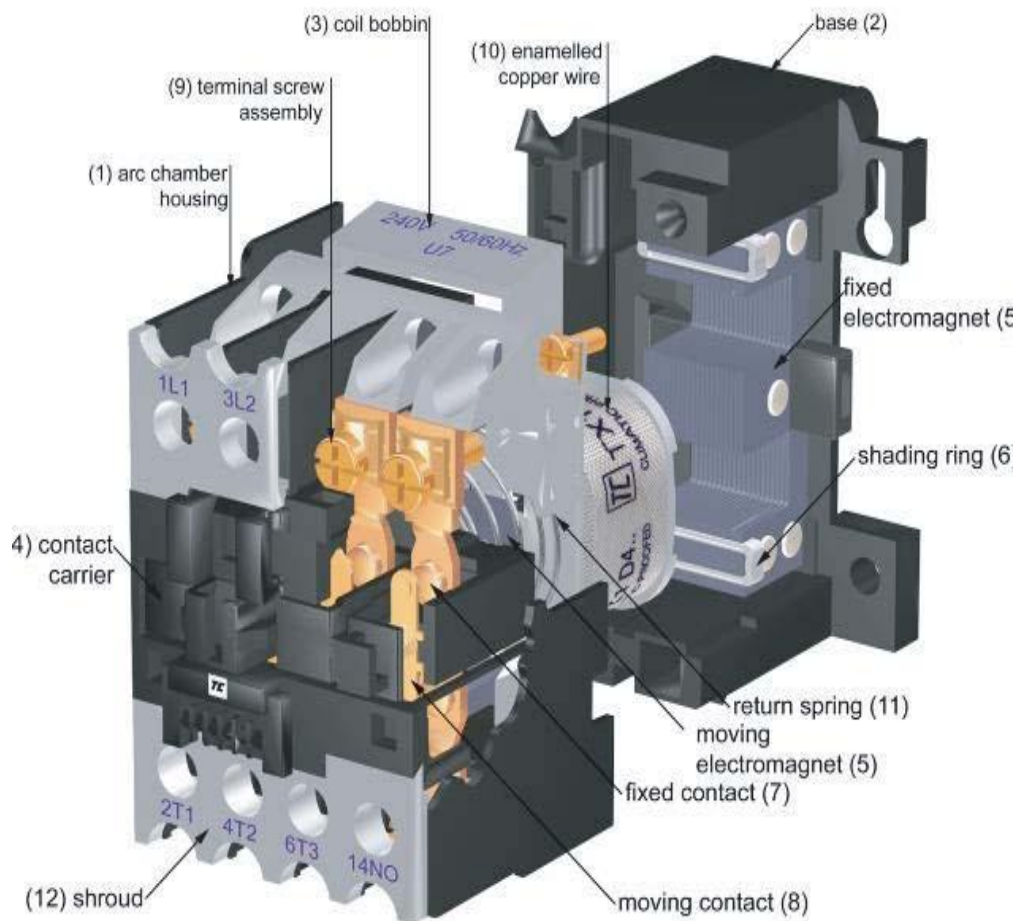
- ✓ Tính ổn định điện động: Là khả năng cho phép dòng ngắn mạch lớn nhất đi qua mà lực điện động sinh ra không làm tách rời tiếp điểm. Thường lấy dòng điện ổn định điện động bằng  $10 I_{đm}$ .
- ✓ Tính ổn định nhiệt: Là khả năng cho phép dòng ngắn mạch đi qua trong khoảng thời gian cho phép ( $t_{ođn}$ ) mà các tiếp điểm không bị nóng chảy và bị hàn dính.

**1.3.Cấu tạo và nguyên lý làm việc của công tắc tơ kiểu điện từ:**

**1.3.1.Cấu tạo:** công tắc tơ 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 nhà, lò xo tiếp điểm, nam châm điện và các chi tiết cách điện.

- Hệ thống mạch vòng dẫn điện: Mạch vòng dẫn điện của Contactor 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 thổi từ dập hồ quang).



Hình 4.1: Mặt cắt một contactor 3 pha

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

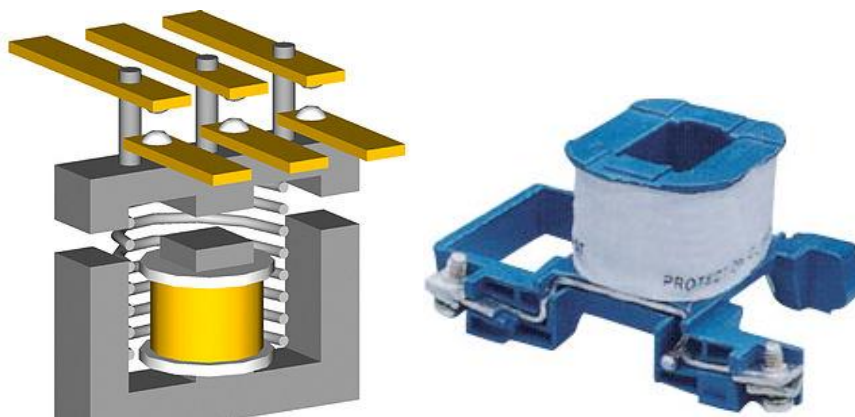
quang cháy trở lại, đồng thời cũng không quá lớn để giảm kích thước của nam châm điện. Ở trạng thái đóng để đảm bảo tiếp xúc tốt, các tiếp điểm của công tắc tơ có hệ thống lò xo tiếp điểm tạo lực ép cần thiết lên tiếp điểm.

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

- 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%  $U_{đm}$ .

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.

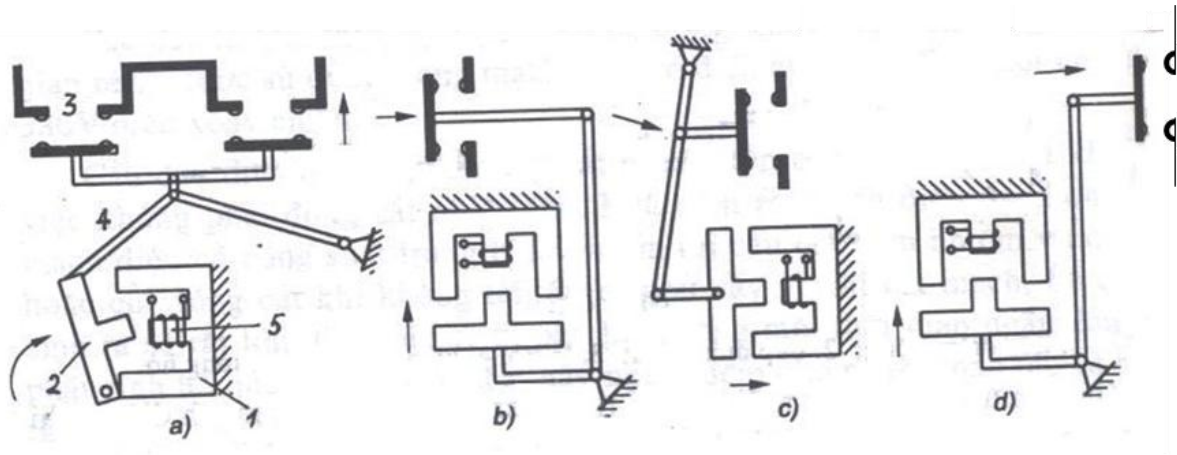
Cấu tạo của nam châm điện gồm hai phần: Mạch từ và cuộn dây. Mạch từ nam châm điện một chiều được làm bằng thép khối, phần thân mạch từ nơi có cuộn dây có tiết diện tròn. Mạch từ nam châm điện xoay chiều được chế tạo từ các lá thép kỹ thuật điện dày 0,35mm hoặc 0,5 mm, ghép lại để tránh tổn hao lõi thép. Hình dạng mạch từ có dạng chữ III hoặc  $\pi$  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.



Hình 4.2: Mạch từ cuộn dây và hệ thống tiếp điểm

Cuộn dây của nam châm điện được tính toán sao cho điện áp đặt vào cuộn dây bằng 110%  $U_{cđđm}$  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.

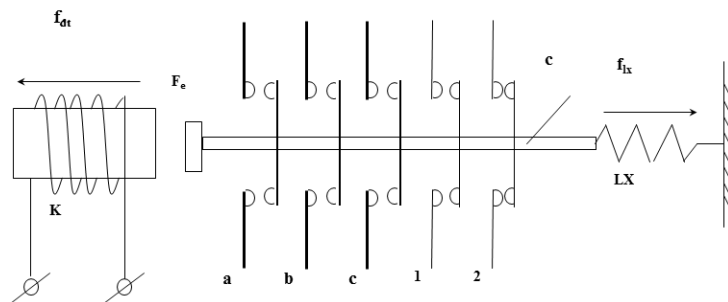
Cuộn dây nam châm điện xoay chiều có điện trở rất nhỏ so với điện kháng. Dòng điện vào cuộn dây phụ thuộc rất nhiều vào khe hở không khí giữa nắp và lõi mạch từ. Vì vậy không được phép cho điện áp vào cuộn dây khi vì lý do nào đó nắp không được hút hoàn toàn về phía lõi. Tỷ số giữa điện áp hút (hay dòng điện tác động) và điện áp nhỏ (hay dòng điện nhỏ) gọi là hệ số trở về.



Hình 4.3: Hệ thống tay đòn của Contactor

**1.3.2. Nguyên lý làm việc:**

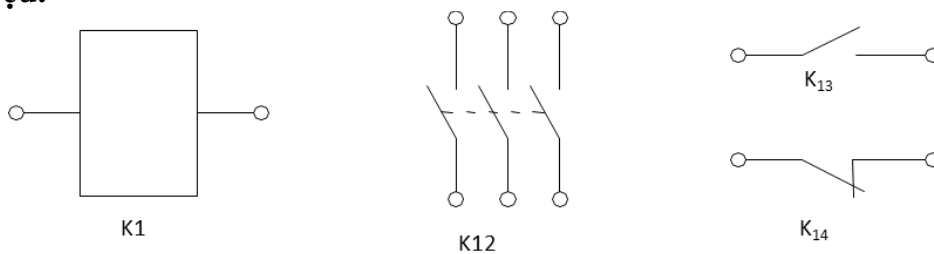
Công tắc tơ điện xoay chiều được dùng nhiều trong hệ thống điện nói chung, hình dạng của chúng rất đa dạng. Thông dụng nhất là loại công tắc tơ có mạch từ hình chữ III, nắp hút thẳng, tiếp điểm dạng bậc cầu.



Hình 4.4: Contactor thể hiện theo sơ đồ điện

Khi cho điện áp vào cuộn dây, nắp mạch từ sẽ được hút sang về phía lõi tĩnh, trên có gắn vòng đồng chống rung, làm cho tiếp điểm động tiếp xúc với tiếp điểm tĩnh. Tiếp điểm tĩnh được gắn với thanh dẫn, đầu kia của thanh dẫn có vít bắt dây điện vào. Các lò xo tiếp điểm có tác dụng duy trì một lực ép cần thiết lên tiếp điểm. Đồng thời hệ thống tiếp điểm phụ cũng được đóng vào, mở ra. Lò xo nhả đẩy toàn bộ phần động của Contactor lên phía trên khi cắt điện vào cuộn dây. Toàn bộ được đặt trong vỏ nhựa.

**1.4.Ký hiệu:**



Hình 4.4: Ký hiệu contactor

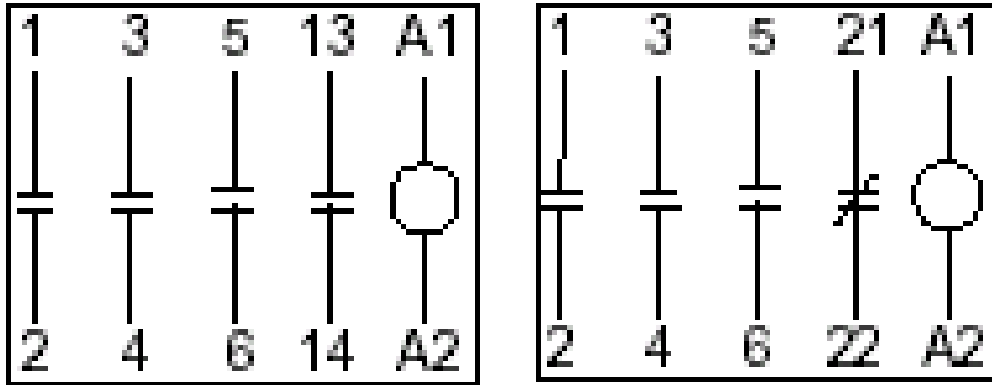
**1.5. Đánh số:**

Cuộn dây contactor là A1-A2

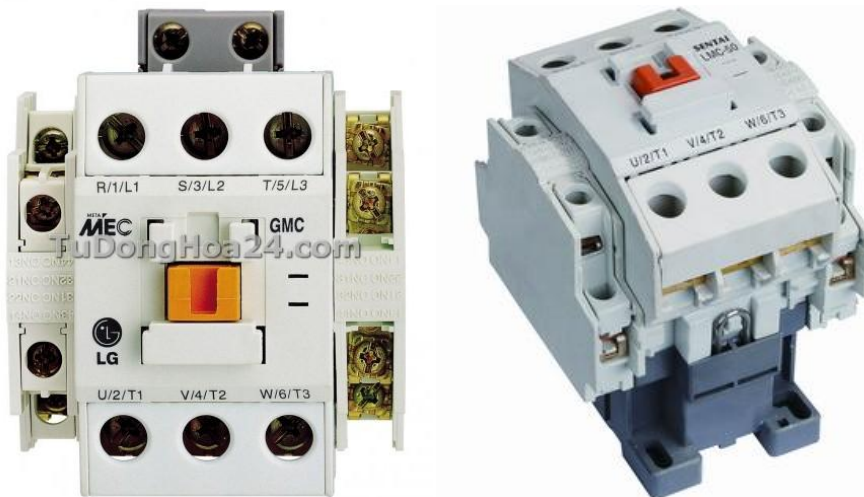
Tiếp điểm chính là: 1-2, 3-4 và 5-6.

Tiếp điểm phụ thường hở 13-14 trong đó số 1 chỉ cặp tiếp điểm phụ thứ nhất, số 3 và 4 chỉ là tiếp điểm phụ thường mở.

Tiếp điểm phụ thường đóng 21-22 trong đó số 2 đứng trước chỉ cặp tiếp điểm phụ thứ 2, số 1 và 2 đứng sau là chỉ tiếp điểm phụ thường đóng.



Hình 4.5: Cách đánh số trên contactor



Hình 4.6: Hình ảnh một số Contactor

**1.6.Các chế độ sử dụng contactor**

**1.6.1 AC1:**

Qui định giá trị dòng điện qua tiếp điểm chính của contactor, khi contactor đóng cắt cho tải xoay chiều có  $\cos\phi \geq 0.95$ . Ví dụ dùng cho lò sưởi, tải chiếu sáng...

Đặc điểm dòng khởi động bằng dòng định mức. Khi hở mạch điện áp xuất hiện trên tiếp điểm không lớn hơn điện áp định mức của nguồn.

**1.6.2. AC2:**

Được dùng để khởi động, phanh nhấp nhả (plugging), phanh ngược (reverse current braking) cho động cơ không đồng bộ roto dây quấn. Ví dụ dùng cho máy nâng hạ, thang máy, băng chuyền...

Đặc điểm dòng khởi động lớn hơn dòng định mức khoảng 2,5 lần. Khi hở mạch điện áp xuất hiện trên tiếp điểm không lớn hơn điện áp định mức của nguồn.

**1.6.3. AC3:**

Được dùng để vận hành cho động cơ không đồng bộ roto lồng sóc trong suốt quá trình vận hành thông thường. Ví dụ dùng cho máy bơm, máy nén, máy điều hòa không khí, băng chuyền...

Đặc điểm dòng khởi động lớn hơn dòng định mức khoảng 5 đến 7 lần. Khi hở mạch điện áp xuất hiện trên tiếp điểm lớn hơn 20% điện áp định mức của nguồn.

#### **1.6.4. AC4:**

Được dùng để khởi động phanh nhấp nhả (plugging), phanh ngược (reverse current braking) cho động cơ không đồng bộ roto lồng sóc. Ví dụ dùng cho máy nâng hạ, thang máy, băng chuyền...

Đặc điểm dòng khởi động lớn hơn dòng định mức khoảng 5 đến 7 lần. Điện áp xuất hiện trên tiếp điểm không lớn hơn điện áp định mức của nguồn.

## **2. Khởi động từ**

### **2.1. Khái quát**

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.



Hình 4.7: Hình ảnh khởi động từ đơn

### **2.2. 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).

### **2.3. Nguyên lý làm việc:**

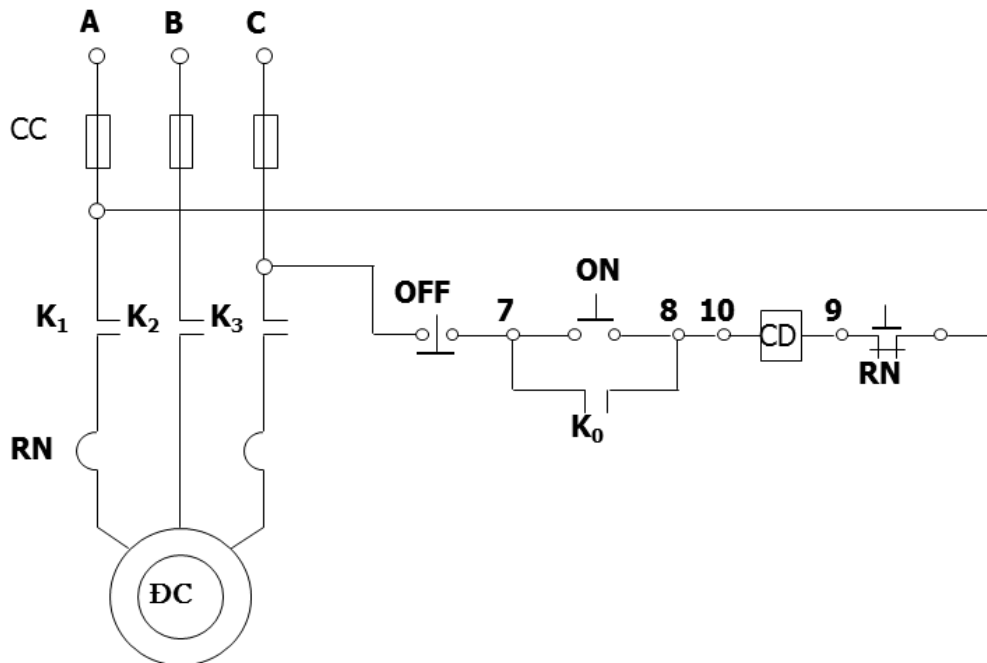
#### **2.3.1 Khởi động từ đơn:**

Trên hình trình bày sơ đồ nguyên lý của khởi động từ đơn. Các phần tử của sơ đồ: ĐC: Động cơ không đồng bộ ba pha. CC: Cầu chì



K: Contactor. RN: Rơle nhiệt.  
 ON, OFF: Các nút ấn khởi động và dừng

**Khởi động:** Ấn nút ON cuộn dây của Contactor 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 điều khiển đóng lại duy trì cho cuộn K khi không ấn nút khởi động nữa.



Hình 4.7: Hình ảnh khởi động từ đơn

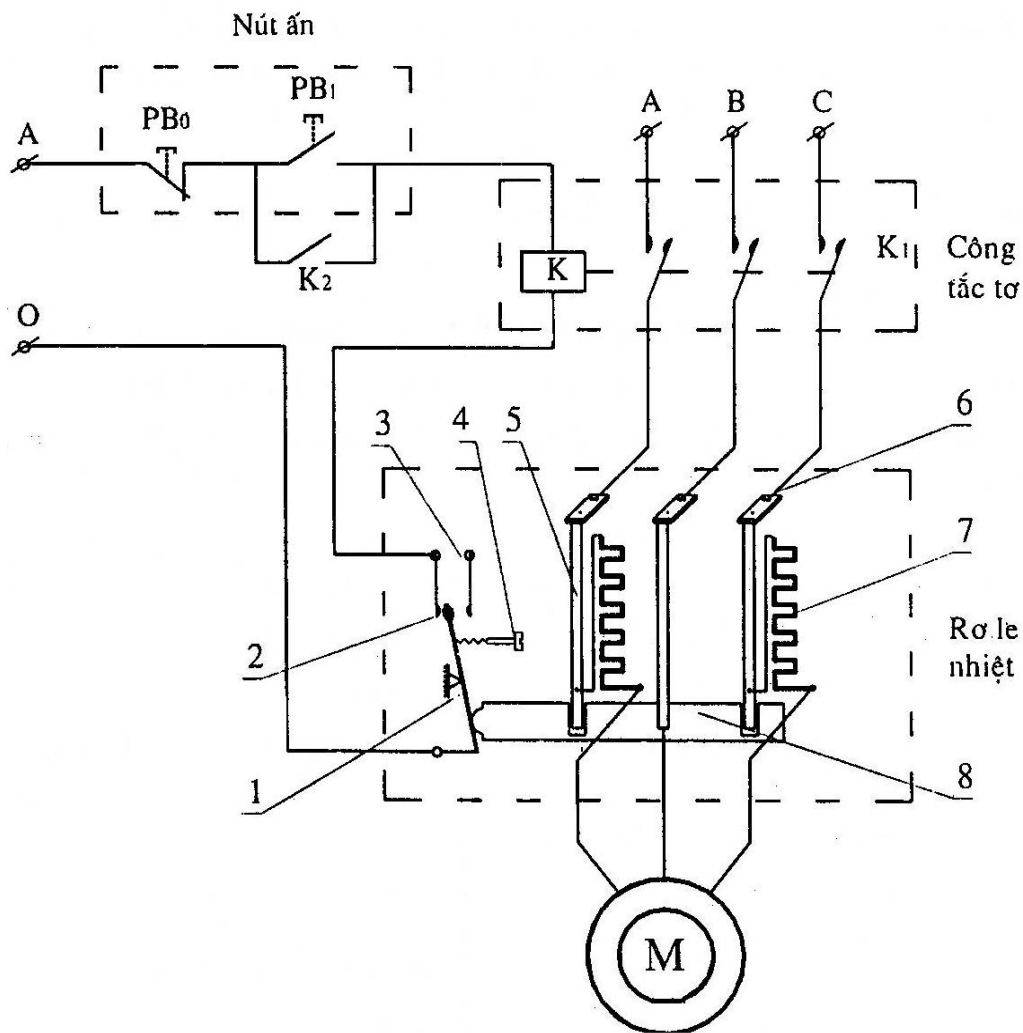
**Dừng:** Ấn nút dừng OFF, cuộn dây của Contactor mất điện, các tiếp điểm của K mở ra cắt điện vào cuộn dây, động cơ dừng.

**Các bảo vệ:**

**Bảo vệ quá tải:** Khi động cơ đang làm việc bị quá tải, tấm kim loại kép của rơle nhiệt bị đốt nóng làm cho rơle nhiệt tác động, tiếp điểm thường đóng của nó mở ra, cuộn dây Contactor K mất điện, động cơ được cắt khỏi lưới.

**Bảo vệ không:** Tiếp điểm duy trì của công tắc tơ K ở mạch điều khiển ngoài nhiệm vụ duy trì cho cuộn dây Contactor K khi bỏ tay khỏi nút ấn OFF còn dùng để bảo vệ “0”.

**Bảo vệ ngắn mạch:** Dùng cầu chì CC hoặc CB.

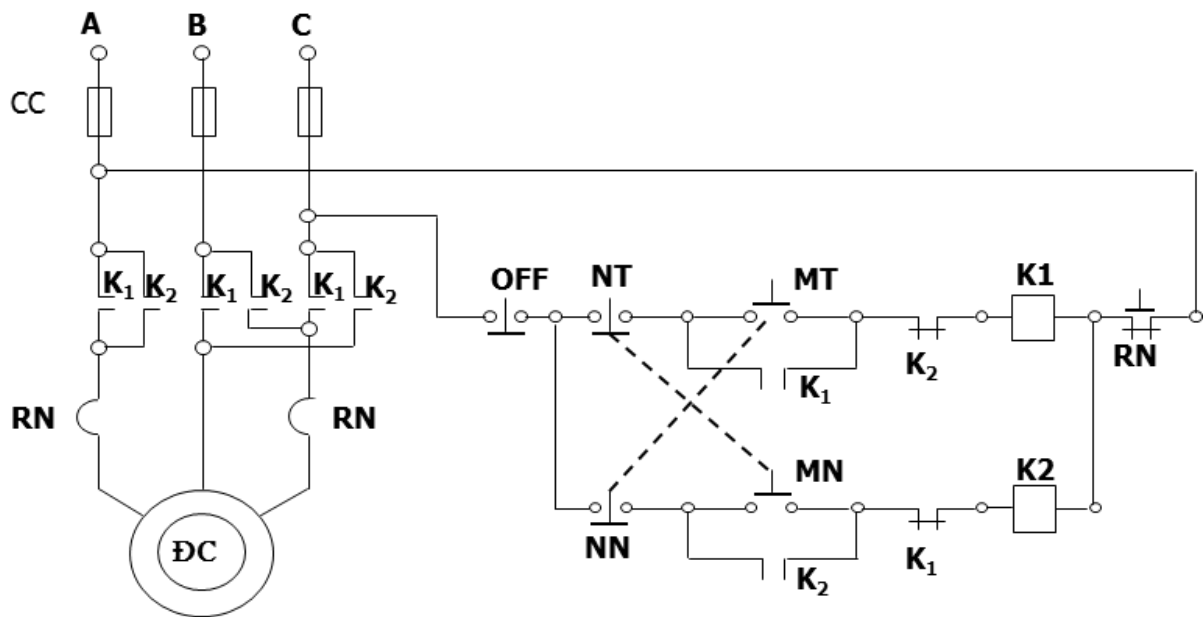


Hình 4.8: Hình ảnh khởi động từ đơn

### 2.3.2 Khởi động từ kép:

Ở sơ đồ hình dưới, 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.





Hình 4.9: Hình ảnh khởi động từ khép

Liên động được thực hiện bằng các tiếp điểm phụ thường đóng k1 và k2 của công tắc tơ K1 và K2 ở mạch điều khiển đồng thời các nút khởi động theo chiều thuận (NT) hoặc theo chiều ngược (NN) 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 NN. Dừng động cơ cho cả hai chiều bằng nút dừng OFF, bảo vệ quá tải bằng role nhiệt và bảo vệ ngắn mạch dùng cầu chì.

**2.4.Lựa chọn khởi động từ:**

Hiện nay các động cơ rotor lồng sóc có công suất từ 0,6 ÷ 100Kw 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 ÷ 3 lần công suất cho trước trên bảng của khởi động từ.