

Chương I

Khái niệm chung về khí cụ điện

1 các trạng thái làm việc không bình thường của khí cụ điện

1.1. Trạng thái làm việc bình thường:

Khi thiết bị điện làm việc ở trạng thái bình thường thì các thông số kỹ thuật vận hành như dòng điện, điện áp, công suất .. đều đạt giá trị định mức hoặc trong giới hạn cho phép, vì vậy thiết bị điện vận hành được lâu dài, nhiệt độ không vượt quá giới hạn cho phép, cách điện và tuổi thọ của thiết bị điện được đảm bảo. Nếu một trong các thông số kỹ thuật trên, vận hành vượt quá hoặc giảm quá thấp so với giá trị định mức ghi trên nhãn thiết bị điện thì xem như nó đã chuyển sang trạng thái làm việc không bình thường, có thể dẫn tới làm giảm tuổi thọ hoặc hỏng thiết bị điện.

1.2. Các trạng thái làm việc không bình thường của khí cụ điện:

a. Quá tải: là trạng thái dòng điện chạy qua thiết bị điện lớn hơn giá trị định mức của nó: $I_{dm} < I_{vh} < I_{Nmin}$ nhưng vẫn nhỏ hơn dòng điện ngắn mạch nhỏ nhất, làm cho 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.

b. Quá điện áp: $U_{vh} > U_{dm}$

Là trường hợp điện áp đặt vào thiết bị điện lớn hơn giá trị định mức của nó bao gồm :

- 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 đồng 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 hỏng thiết bị điện. Trong trường hợp quá điện áp không đủ lớn thông thường gây ra quá tải.

c. Kém áp : $U_{vh} < U_{dm}$

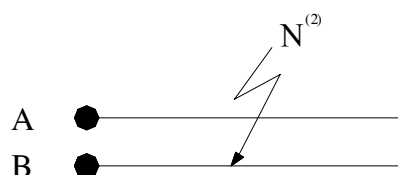
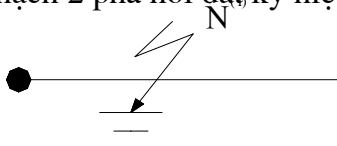
- Trường hợp điện áp đặt vào thiết bị điện giảm quá thấp so với điện áp định mức của nó thì sẽ gây ra quá tải hoặc có thể gây ra ngắn mạch làm hỏng thiết bị điện.

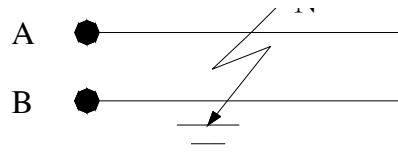
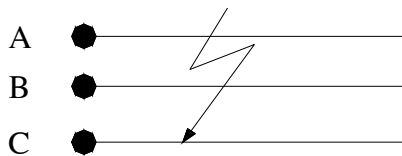
1.3. Sự cố trong hệ thống điện:

a. Sự cố do ngắn mạch:

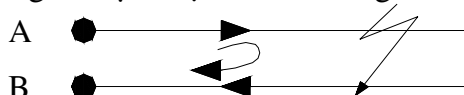
Định nghĩa: Ngắn mạch là vật dẫn có điện thế khác nhau tiếp xúc trực tiếp với nhau hoặc bị nối tắt qua một vật dẫn khác có điện trở kháng rất nhỏ so với tổng trở toàn mạch. Ngắn mạch được chia ra:

- 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 thông 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.
- Ngắn mạch 2 pha nối đất ký hiệu $N^{1,1}$.





Trong mạng điện trung tính cách đất chỉ tồn tại 3 dạng ngắn mạch: N^3 , N^2 , $N^{1,1}$ trong hợp một pha nối tắt với đất, trong mạng điện này không gọi là ngắn mạch mà gọi là chạm đất một pha vì khi đó dòng điện qua điểm chạm đất là dòng điện dung có trị số nhỏ $I_d = (5 \div 30) \text{ A}$. Dòng điện ngắn mạch bao giờ cũng chạy từ nguồn đổ về điểm ngắn mạch, rồi trở lại nguồn. Điện áp ở điểm ngắn mạch được xem là bằng không.



Trị số dòng ngắn mạch thông $I_N = (5 \div 20)I_{dm}$ vì vậy khi nó chạy qua dây dẫn hoặc thiết bị điện sẽ gây ra cháy hỏng, vì nhiệt năng nó tỏa ra rất lớn. Khi công suất nguồn càng lớn thì trị số dòng điện ngắn mạch càng lớn. Ngắn mạch là trạng thái sự cố vì vậy cần phải loại trừ thiết bị hoặc bộ phận bị ngắn mạch ra khỏi hệ thống càng nhanh càng tốt.

b. Sự cố cơ học trong hệ thống điện:

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

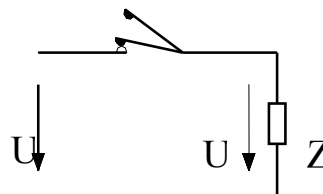
- H hỏng phần cơ máy phát điện: bó biên, lọt biên, vọt tốc...
- H hỏng đường dây: vỡ sứ, đứt dây, đổ cột, gãy xà...
- H hỏng bộ truyền động thiết bị đóng cắt điện, máy biến áp bị chảy dầu ..

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

▣2 Hồ quang điện

2.1. Khái niệm :

Hồ quang điện là hiện tượng phóng điện trong chất khí, chất lỏng hoặc hơi có mật độ dòng điện rất lớn đạt tới hàng chục ngàn A/cm^2 , làm phát sinh nhiệt độ ở vùng thân hồ quang rất cao từ $(3000 \div 10000)^{\circ}\text{C}$.



Trong luyện kim hoặc hàn điện người ta cần duy trì tia hồ quang ổn định để làm nóng chảy kim loại. Nhưng trong các loại thiết bị điện đóng, cắt mạch điện tia hồ quang thường phát sinh ở hai đầu tiếp xúc động và tĩnh cần phải dập tắt nhanh chóng để tránh xảy ra hỏng cho thiết bị điện.

2.2. Quá trình hình thành hồ quang :

Xét mạch điện đơn giản nh hình vẽ : gồm điện áp nguồn U_1 được xem là không đổi $U_2 =$

$I.Z_t$ là điện áp đầu cực phụ tải.

$U_{tx} = I.R_{tx}$ là điện áp tiếp xúc trên bề mặt tiếp điểm động và tiếp điểm tĩnh của công tắc K.

Giả sử công tắc K đang đóng ở vị trí 1 nếu bỏ qua điện trở kháng đồng dây thì $U_1 = U_{tx} + U_2$. Khi mạch điện đang đóng, điện trở tiếp xúc rất bé ($U_{tx} = 0$). Vì vậy $U_1 = U_2$. Khi cắt điện qua công tắc K, tiếp xúc động bắt đầu rời khỏi tiếp xúc tĩnh, làm cho điện trở tiếp xúc tăng dần lên, do đó U_{tx} cũng tăng theo vì vậy U_2 bị giảm dần ($U_1 = \text{const}$). Khi tiếp xúc động của công tắc K di chuyển đến vị trí 2 thì có thể xem nh dòng điện trong mạch bị ngắt, do không khí giữa 2 đầu tiếp xúc rất nhỏ ($d \ll \lambda$) vì vậy cường độ điện trường E rất lớn ($E = U/d$) có thể đạt tới 10^7 v/cm làm cho mật độ của dòng điện giữa hai đầu tiếp xúc động và tĩnh của công tắc K tăng lên hàng chục lần. Không khí giữa khe hẹp của hai đầu tiếp xúc động và tĩnh bị ion hoá rất mạnh, cho nên không khí trở nên dẫn điện, gây ra phóng điện giữa hai đầu tiếp xúc động và tĩnh, ta gọi đó là hồ quang điện.

Khi điện áp đặt vào giữa hai đầu tiếp xúc càng cao, hay dòng điện chạy qua mạch càng lớn thì hồ quang điện phát sinh càng mãnh liệt. Nếu dòng điện tải lớn, khi tiếp xúc động bắt đầu rời khỏi tiếp xúc tĩnh thì nhiệt độ tiếp xúc tăng lên đến mức làm nóng chảy lớp kim loại trên bề mặt tiếp xúc, tạo thành gọt kim loại lỏng. Khi tiếp xúc động bắt đầu rời khỏi tiếp xúc tĩnh ra xa thì gọt kim loại lỏng cũng bị kéo dài ra tạo thành một cầu kim loại lỏng nối liền giữa tiếp xúc động và tiếp xúc tĩnh. Nếu nhiệt độ tăng quá cao làm cho cầu kim loại bốc hơi xảy ra nhanh quá sẽ kèm theo tiếng nổ.

Vậy bản chất hồ quang điện là quá trình ion hoá lớp điện môi giữa hai đầu cực, gây ra hiện tượng phóng điện khi cường độ điện trường ở đó đạt tới giới hạn điện trường ion hoá E_i .

2.3. Tác hại của hồ quang:

Ngoài lợi ích hồ quang điện dùng để cắt kim loại, làm nóng chảy kim loại, hàn điện... thì tai hại hồ quang điện gây ra cho thiết bị điện cũng không nhỏ.

- Hồ quang điện phát sinh nhiệt cao vì vậy sau một số lần đóng cắt mạch điện thì bề mặt tiếp xúc của các tiếp điểm trong thiết bị điện đóng cắt điện thông bị cháy, bị rỗ, làm tăng R_{tx} của tiếp điểm.
- Nếu để xảy ra hồ quang điện phóng chấp chớn sẽ gây ra hiện tượng quá điện áp nội bộ làm hỏng cách điện của thiết bị điện hoặc cách điện của đồng dây tải điện.
- Nếu thiết bị đóng cắt điện hỏng bộ phận dập hồ quang hoặc do thao tác đóng cắt sai quy trình, quy phạm thì hồ quang điện có thể phát sinh đan chéo giữa các pha gây ra ngắn mạch nhiều pha.
- Hồ quang điện làm kéo dài thời gian đóng cắt điện, vì tai hồ quang dẫn điện, chỉ đến khi hồ quang tắt hẳn thì mạch điện mới được cắt hoàn toàn.
- Hồ quang điện gây ra cháy nổ nếu nó phát sinh ở những nơi có vật liệu dễ cháy nổ.
- Hồ quang điện có thể gây ra bỏng hoặc tử vong cho người.

❧ 3 các biện pháp dập tắt Hồ quang

Tác dụng nhiệt của hồ quang điện làm hỏng các đầu tiếp xúc trong khi cụ điện đóng cắt mạch điện. Vì vậy khi hồ quang điện phát sinh cần phải dập tắt càng nhanh càng tốt. Các phương pháp dập tắt hồ quang thông sử dụng là:

3.1. Phương pháp tăng nhanh khoảng cách:

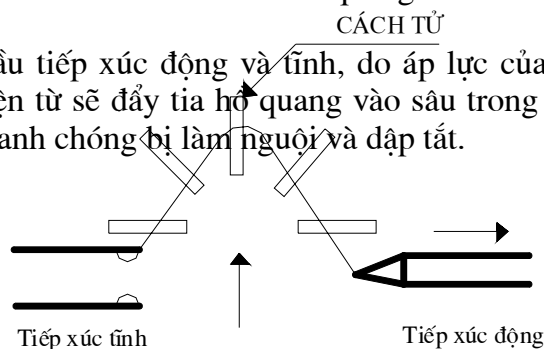
Hồ quang bị kéo dài thì điện áp duy trì cần phải cao. Nếu điện áp giữa 2 đầu tiếp xúc nhỏ hơn điện áp duy trì thì hồ quang sẽ bị dập tắt. Do đó khi thao tác đóng cắt mạch điện, phải

thực hiện nhanh và dứt khoát. $E = U/d$ nếu tăng nhanh khoảng cách d thì E giảm nhanh khi $E < E_1$ thì hồ quang bị dập tắt.

3.2. Phương pháp chia nhỏ hồ quang:

Đặt giữa 2 đầu tiếp xúc động và tĩnh một buồng dập hồ quang trong buồng có tấm kim loại chịu nhiệt đặt song song với nhau tạo thành cách tử chia nhỏ hồ quang nh hình vẽ:

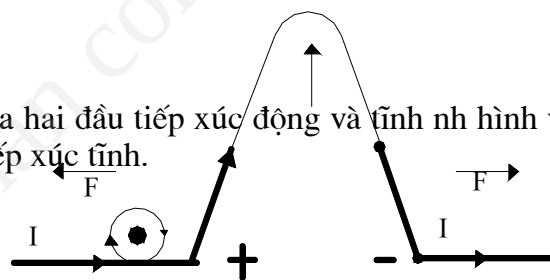
Khi hồ quang phát sinh giữa hai đầu tiếp xúc động và tĩnh, do áp lực của không khí hoặc dầu cách điện bị giãn nở và do lực điện từ sẽ đẩy tia hồ quang vào sâu trong khe hở của các cách tử, vì vậy hồ quang bị chia nhỏ, nhanh chóng bị làm nguội và dập tắt.



Phương pháp này thông được ứng dụng để dập tắt hồ quang trong các loại aptomat, dao phụ tải, máy cắt dầu ..

3.3. Phương pháp thổi bằng từ trường:

Đặt cuộn dây thổi từ cạnh khe hở giữa hai đầu tiếp xúc động và tĩnh nh hình vẽ : Dòng điện chạy qua cuộn dây thổi từ nối tiếp với tiếp xúc tĩnh.



Từ trường cuộn dây sinh ra nh hình vẽ. Khi tiếp xúc động rời khỏi tiếp xúc tĩnh hồ quang phát sinh bắt đầu giữa 2 đầu tiếp xúc, lực điện từ do cuộn dây thổi từ sinh ra sẽ đẩy tia hồ quang kéo dài lên phía trên, bị làm nguội và dập tắt.

Khi dòng điện đổi chiều thì từ trường cuộn dây cũng đổi chiều, do đó lực điện từ F có phương chiều không thay đổi. Phương pháp này thông được sử dụng để dập tắt hồ quang trong máy cắt điện hoặc dao phụ tải.

3.4. Phương pháp dập hồ quang bằng thổi sinh khí :

Vật liệu sinh khí thông ở thể rắn, khi bị nhiệt phân do hồ quang nhiệt độ cao, sẽ chuyển sang thể hơi (thăng hoa) làm cho áp suất ở vùng phát sinh hồ quang tăng lên rất lớn, có thể đạt tới hàng chục at thổi dập tắt hồ quang.

Phương pháp này được ứng dụng để dập tắt hồ quang trong chống sét ống, cầu chì tự rơi..

4 tiếp xúc điện

4.1. Khái niệm :

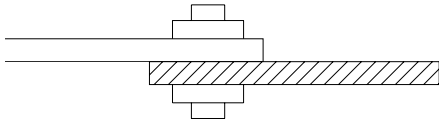
Tiếp xúc điện là chỗ tiếp xúc của hai hay nhiều vật dẫn, để truyền dẫn dòng điện đi từ

vật này sang vật khác. Bề mặt tiếp xúc giữa các vật dẫn được gọi là bề mặt tiếp xúc điện.

Tiếp xúc điện là phần rất quan trọng của khí cụ điện, trong quá trình đóng cắt mạch điện, chỗ tiếp xúc của tiếp điểm đóng cắt bị phát nóng cao, bị mài mòn do va đập và ma sát, đặc biệt là sự huỷ hoại của hồ quang điện.

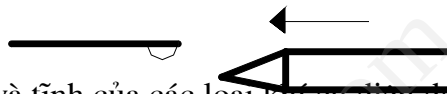
4.2. Phân loại tiếp xúc điện : được chia ra làm 3 loại chính sau :

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



Tiếp xúc cố định

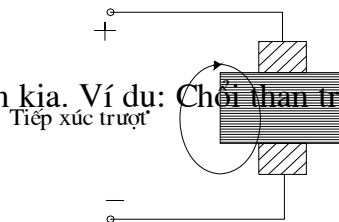
b. Tiếp xúc đóng mở:



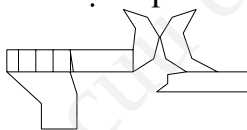
Đó là tiếp xúc giữa tiếp điểm động và tĩnh của các loại khí cụ điện đóng cắt mạch điện. Ví dụ nh: Tiếp xúc của tiếp điểm cầu dao, công tắc, aptomat, máy cắt...
Tiếp xúc đóng mở

c. Tiếp xúc trượt:

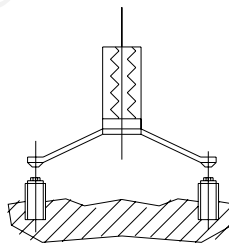
Đó là dạng tiếp xúc vật dẫn này trượt trên vật dẫn kia. Ví dụ: Chổi than trượt trên cổ góp của máy phát điện hoặc động cơ.



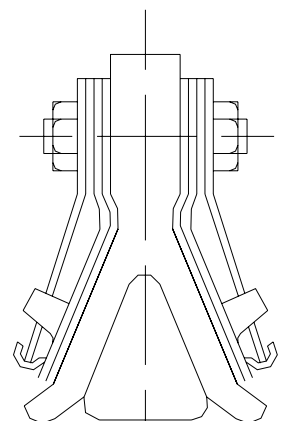
d. Các loại tiếp xúc thông gập:



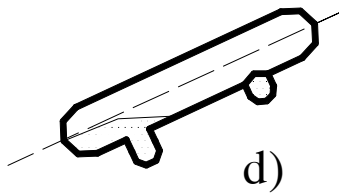
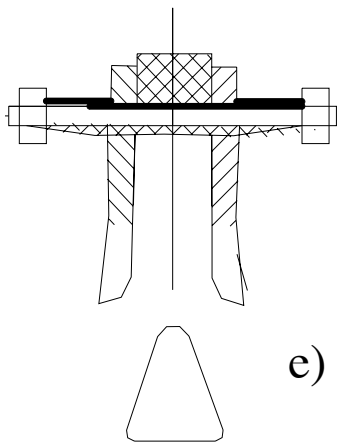
a)



b)



c)



- Tiếp điểm kiểu ngón.
- Tiếp điểm kiểu bắt cầu.
- Tiếp điểm kiểu vút má.
- Tiếp điểm kiểu thủy ngân.
- Tiếp điểm kiểu lõi.

4.3. Hình thức tiếp xúc: Có 3 hình thức tiếp xúc :

- 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 đồng thẳng hoặc đồng 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...

4.4. Các yêu cầu kỹ thuật cơ bản đối với tiếp xúc điện:

- Thực hiện tiếp xúc phải đảm bảo chắc chắn, sức bền cơ khí phải cao.
- Không được phát nóng quá nhiệt độ cho phép khi dòng điện định mức chạy qua.
- Phải ổn định nhiệt và ổn định động khi có dòng điện ngắn mạch cực đại chạy qua.

4.5. Điện trở tiếp xúc và các yếu tố ảnh hưởng đến điện trở tiếp xúc:

- Điện trở tiếp xúc: R_{tx}

$$R_{tx} = \frac{\rho}{2 \cdot \sqrt{\frac{F \cdot n}{\delta_b \cdot \pi}}}$$

Tại vị trí tiếp xúc của vật dẫn, tồn tại một điện trở tiếp xúc được xác định theo công thức kinh nghiệm :

Trong đó: ρ : là điện trở suất của vật dẫn làm tiếp điểm.

δ_b : ứng suất chống dập của vật liệu làm tiếp điểm.

F : Lực ép lên bề mặt tiếp xúc của tiếp điểm do bu lông, đinh tán hoặc lò xo tạo nên.

n : Là số điểm tiếp xúc trên bề mặt tiếp xúc của tiếp điểm.

- Các yếu tố ảnh hưởng đến điện trở tiếp xúc:

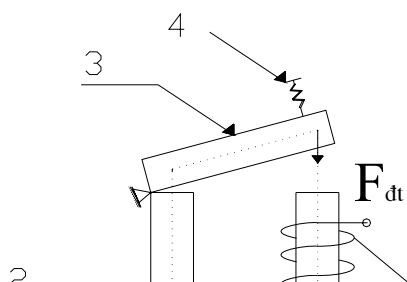
$$R_{tx}(\theta) = R_{tx}(\theta_0) \cdot \left(1 + \frac{2}{3} a_0 \cdot \theta\right) (\Omega) (4.2)$$

Từ công thức (4-1) ta thấy điện trở tiếp xúc phụ thuộc vào: Điện trở suất của vật liệu làm tiếp điểm, số điểm tiếp xúc, lực ép lên bề mặt tiếp xúc và ứng suất chống dập của vật liệu làm tiếp điểm. Ngoài ra điện trở tiếp xúc còn phụ thuộc vào tình trạng bề mặt tiếp xúc: Nếu bề mặt tiếp xúc bị bẩn, bị rỉ, bị cháy thì điện trở tiếp xúc tăng lên, làm tăng tổn thất điện áp, và tổn thất công suất trên mạng điện. Điện trở tiếp xúc còn phụ thuộc vào nhiệt độ điểm tiếp xúc. Khi nhiệt độ điểm tiếp xúc càng cao thì điện trở tiếp xúc cũng tăng.

Trong đó : a_0 : hệ số điện trở nhiệt.

θ_0 : nhiệt độ ban đầu của tiếp điểm.

θ : nhiệt độ của tiếp điểm tại thời điểm đang xét.



5 mạch từ

5.1. Khái niệm :

Các thiết bị nh Role, công tắc tơ, khởi động từ, aptomat... đều có bộ phận làm nhiệm vụ biến điện năng thành cơ

cơ cấu điện từ.

năng. Gồm có cuộn dây và mạch từ gọi là

1. Cuộn dây
2. Mạch từ
3. Nắp mạch từ
4. Lò xo phản lực.

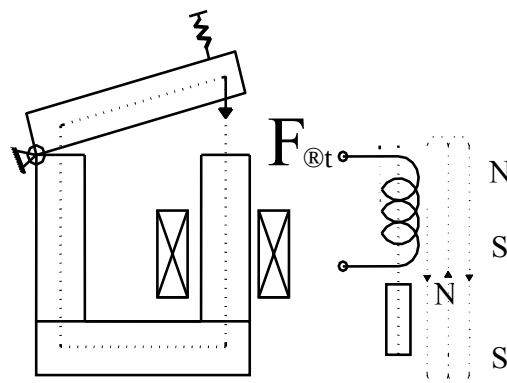
Mạch từ được chia làm các phần :

- Nơi đặt cuộn dây gọi là lõi mạch từ.
- Phần thân và gông từ.
- Nắp mạch từ.
- Khe hở không khí phụ δ_p và khe hở không khí chính δ_c .

Khi cho dòng điện chạy trong cuộn dây thì sẽ có một từ thông chạy trong mạch từ.

- Từ thông chính $\phi_c = \phi_\delta = \phi_{lv}$.
- Từ thông tản ϕ_t là từ thông đi ra ngoài khe hở không khí chính.
- Từ thông rò ϕ_R .

5.2. Nam châm điện:



Khi có dòng điện trong cuộn dây sẽ sinh ra từ trường. Vật liệu sắt từ của cuộn dây sẽ bị từ hoá có cực tính ngược với cực tính của cuộn dây do đó được hút về phía cuộn dây.

Nếu đổi chiều dòng điện trong cuộn dây từ trường đổi chiều. Vật liệu sắt từ sẽ bị từ hoá có dòng sức từ ngược với cực của cuộn dây cho nên nó cũng được hút về phía cuộn dây.

5.3. Phân loại :

- Phân theo nguồn điện :
Nam châm điện một chiều.
Nam châm điện xoay chiều.
- Theo cách nối cuộn dây vào nguồn :
Nối tiếp.
Song song.
- Theo các dạng mạch từ : Mạch từ nắp hút thẳng, chập.
Mạch từ nắp hút xoay.

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