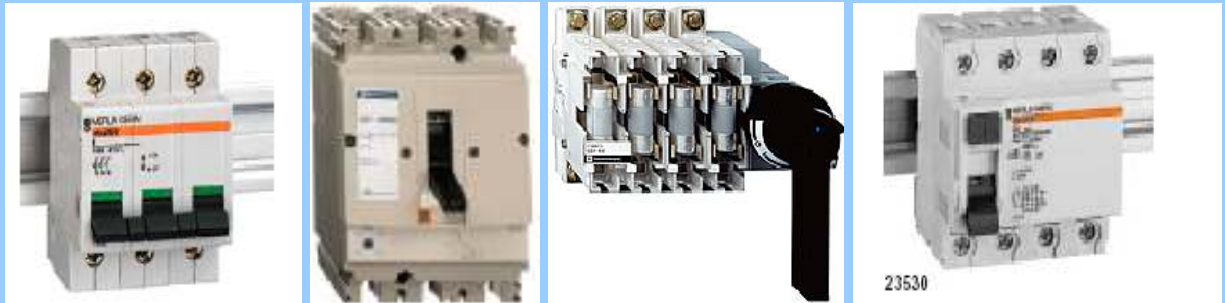


BỘ CÔNG NGHIỆP
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP. HỒ CHÍ MINH
TTN – TH ĐIỆN
Bộ môn : THIẾT BỊ ĐIỆN

GIÁO TRÌNH LÝ THUYẾT

KHÍ CỤ ĐIỆN



Biên soạn: **BAÏCH THANH QUYÙ – VAÊN THÒ KIEÀU NHI – NINH VAÊN TIEÁN**

Lưu hợnh nặi bặ

THÁNG 09/ 2004

LỜI NÓI ĐẦU

Đất nước Việt Nam trong công cuộc công nghiệp hóa - hiện đại hóa, nền kinh tế đang trên đà phát triển, việc sử dụng các thiết bị điện, khí cụ điện vào trong xây lắp các khu công nghiệp, khu chế xuất - liên doanh, khu nhà cao tầng ngày càng nhiều. Vì vậy việc tìm hiểu đặc tính, kết cấu, tính toán lựa chọn sử dụng rất cần thiết cho sinh viên - học sinh ngành Điện. Ngoài ra cần phải cập nhật thêm những công nghệ mới đang không ngừng cải tiến và nâng cao các thiết bị điện, khí cụ điện được các hãng sản xuất lớn như: Merlin Gerin, Télémécanique, General Electric, Siemens...

Quyển giáo trình này được biên soạn gồm bốn phần:

- Phần 1 : Lý thuyết cơ bản của khí cụ điện.
- Phần 2 : Tìm hiểu đặc tính, kết cấu, tính toán lựa chọn sử dụng khí cụ điện hạ áp.
- Phần 3 : Giới thiệu đặc tính, kết cấu khí cụ điện cao áp.
- Phần 4 : Một số sơ đồ căn bản về nguyên lý điều khiển, vận hành.

Trong mỗi phần được trình bày cụ thể hình dạng thực tế và ví dụ tính toán chọn lựa cụ thể cho các khí cụ điện nhằm giúp cho sinh viên - học sinh có thể ứng dụng vào thực tế.

Trong quá trình biên soạn chắc chắn có sai sót, kính mong được ủng hộ và góp ý chân thành từ quý độc giả.

BIÊN SOẠN

PHẦN 1 :

LÝ THUYẾT CƠ BẢN
CỦA KHÍ CỤ ĐIỆN

CHƯƠNG 1:

LỰC ĐIỆN ĐỘNG TRONG KHÍ CỤ ĐIỆN

Khi lưới điện xảy ra sự cố ngắn mạch, dòng điện sự cố gấp chục lần dòng điện định mức. Dưới tác dụng của từ trường, các dòng điện này gây ra lực điện động làm biến dạng dây dẫn và cách điện nâng đỡ chúng.

Như vậy khí cụ điện có khả năng chịu lực tác động phát sinh khi có dòng điện ngắn mạch chạy qua là một tiêu chuẩn không thể thiếu của khí cụ điện. được gọi là tính ổn định điện động.

I. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN LỰC ĐIỆN ĐỘNG

Có thể sử dụng một trong hai phương pháp sau để tính lực điện động:

1. Phương pháp dựa trên sự tác dụng giữa dòng điện đặt trong từ trường và cảm ứng từ của từ trường đó.

Gọi :

i là dòng điện chạy qua dây dẫn (A).

l là chiều dài dây dẫn điện.

dl là một nguyên tố của chiều dài dây dẫn điện.

B là cảm ứng từ (do dòng điện khác tạo ra).

α là góc giữa dây dẫn l và cảm ứng từ B .

F là lực điện động.

- Khi có dòng điện i chạy qua một nguyên tố dây dẫn dl đặt trong từ trường có cảm ứng từ B thì sẽ sinh ra lực điện động tác dụng lên nguyên tố này:

$$dF = i \cdot B \cdot dl \cdot \sin \alpha$$

- Khi xét lực trên cả đoạn dây l :

$$F = \int_0^l dF = \int_0^l i \cdot B \cdot \sin \alpha \cdot dl = i \cdot B \cdot l \cdot \sin \alpha$$

- Khi dây dẫn đặt vuông góc với cảm ứng từ thì $\alpha = 90^\circ$:

$$F = i \cdot B \cdot l$$

2. Phương pháp dựa trên sự cân bằng năng lượng của hệ thống dây dẫn.

Gọi :

W là năng lượng điện từ.

x là đoạn đường dịch chuyển theo hướng tác dụng của lực.

F là lực điện động cần tính.

Như vậy lực điện động được tính qua năng lượng điện từ:

$$F = \frac{W}{x}$$

□ Hệ thống gồm hai mạch vòng:

Năng lượng điện từ của hệ thống là:

$$W = \frac{1}{2} \cdot L_1 \cdot i_1^2 + \frac{1}{2} \cdot L_2 \cdot i_2^2 + M \cdot i_1 \cdot i_2$$

Trong đó:

L_1, L_2 là điện cảm của các mạch vòng.

i_1, i_2 là dòng điện chạy trong các mạch vòng.

M là điện cảm tương hỗ.

□ Hệ thống là mạch vòng độc lập:

$$W = A = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Phi}{i} \cdot i^2 = \frac{1}{2} \cdot \Phi \cdot i = \frac{1}{2} \cdot n \cdot \Phi \cdot i$$

Trong đó:

L là điện cảm của mạch vòng độc lập

i là dòng điện chạy trong mạch vòng.

Φ là từ thông móc vòng.

Φ là từ thông.

n là số vòng dây trong mạch vòng.

Lực tác dụng trong mạch vòng sẽ hướng theo 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

II . TÍNH TOÁN LỰC ĐIỆN ĐỘNG GIỮA CÁC DÂY DẪN SONG SONG

Khi hai dây dẫn đặt song song, lực điện từ sinh ra được tính theo công thức:

$$F = \frac{\mu_0}{4\pi a} \cdot i_1 \cdot i_2 \int_0^{l_1} \frac{I_1 \cdot x}{\sqrt{(1-x)^2 + a^2}} \cdot \frac{x}{\sqrt{x^2 + a^2}} dx$$

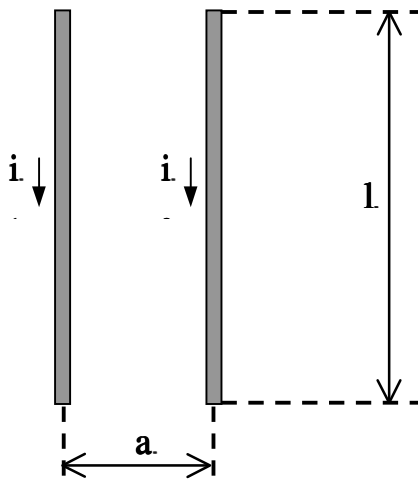
Trong đó:

- l_1, l_2 là chiều dài của hai dây dẫn song song.
- i_1, i_2 là dòng điện qua hai dây dẫn song song.

- μ_0 là độ dẫn từ của không khí, $\mu_0=4.10^{-7}$ H/m.
- a là khoảng cách giữa hai dây dẫn.
- x là đoạn đường dịch chuyển theo hướng tác dụng của lực.

TaiLieu.vn

1. Hai dây dẫn song song có cùng chiều dài



$$l_1 = l_2 = l$$

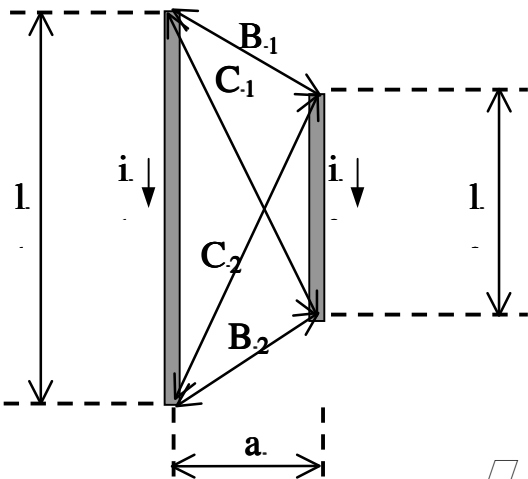
Lực điện sinh ra:

$$F = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot \frac{2l}{a} \sqrt{1 + \frac{a^2}{l^2}} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot \frac{2l}{a} \sqrt{1 + \frac{a^2}{l^2}}$$

Khi khoảng cách giữa dây dẫn bé đáng kể so với chiều dài của chúng:

$$F = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot \frac{2l}{a}$$

2. Hai dây dẫn song song không cùng chiều dài



Trong đó:

C₁, C₂ là khoảng cách đường chéo của hai dây dẫn.

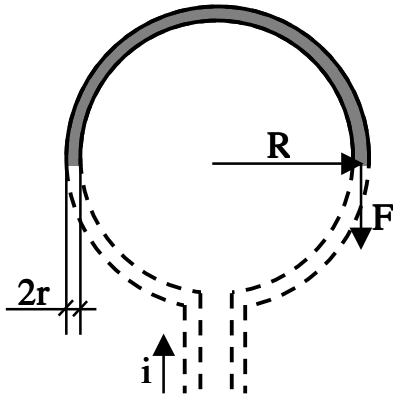
B₁, B₂ là khoảng cách đường chéo của hai dây dẫn.

Lực điện động sinh ra:

$$F = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot \frac{2l}{a} \frac{C_1 \cdot C_2 \cdot B_1 \cdot B_2}{a}$$

III. TÍNH TOÁN LỰC ĐIỆN ĐỘNG LÊN VÒNG DÂY, GIỮA CÁC CUỘN DÂY

1. Tính toán lực trong vòng dây:



R là bán kính của vòng dây dẫn.

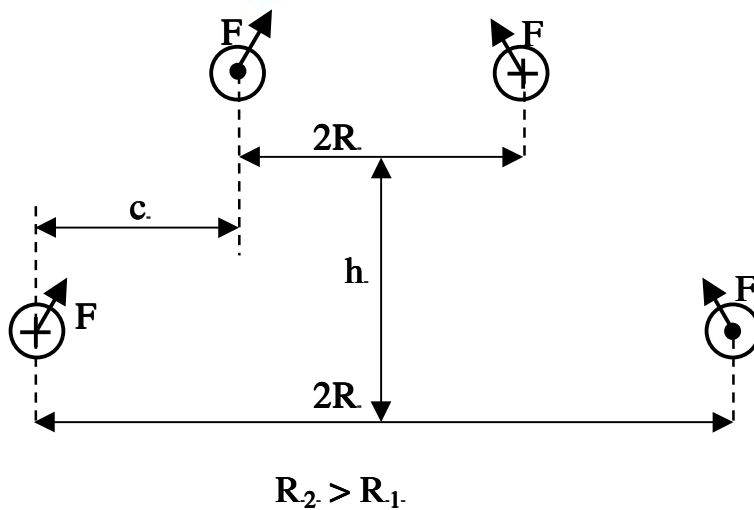
2r là đường kính của dây dẫn.

I là dòng điện chảy trong dây dẫn.

Lực tác động:

$$F = \frac{\mu_0}{2} \cdot I^2 \cdot \ln \frac{8R}{r} \approx 0,75$$

2. Tính toán lực trong vòng dây:



Lực tác động:

$$F = \mu_0 \cdot i_1 \cdot i_2 \frac{R_1 \cdot h}{\sqrt{h^2 + c^2}}$$

IV. LỰC ĐIỆN ĐỘNG TRONG DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU- CỘNG HƯỞNG CƠ KHÍ.

1. Lực điện động trong dòng điện xoay chiều một pha:

Dòng điện xoay chiều một pha biến đổi theo quy luật:

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

trong đó: I_m là biên độ của dòng điện, ω là tần số góc.

Nếu các dòng điện trong các dây dẫn có cùng chiều thì các dây dẫn bị hút vào nhau với lực:

$$F = c \cdot I_m^2 \cdot \sin^2 \omega t = c \cdot I_m^2 \frac{1 + \cos 2\omega t}{2} = \frac{F_m}{2} + \frac{F_m}{2} \cdot \cos 2\omega t$$

$$c \text{ là hằng số } = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2l}{a}$$

F_m là trị số lực cực đại.

2. Lực điện động trong dòng điện xoay chiều ba pha:

Dòng điện xoay chiều ba pha biến đổi theo quy luật:

$$i_1 = I_m \cdot \sin \omega t$$

$$i_2 = I_m \cdot \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$i_3 = I_m \cdot \sin \left(\omega t + \frac{2\pi}{3} \right)$$

Lực tác dụng lên dây dẫn của pha 1:

$$F_1 = F_{12} + F_{13}$$

F_{12} là lực điện động giữa các dây dẫn của pha 1 và 2.

F_{13} là lực điện động giữa các dây dẫn của pha 1 và 3.

$$F_{12} = c \cdot I_m^2 \cdot \sin \omega t \cdot \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$F_{13} = \frac{1}{2} c \cdot I_m^2 \cdot \sin \omega t \cdot \sin \left(\omega t + \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$F_1 = c \cdot I_m^2 \cdot \sin \omega t \cdot \left[\sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) + \frac{1}{2} \sin \left(\omega t + \frac{2\pi}{3} \right) \right]$$

Tương tự, ta có:

$$F_2 = F_{21} + F_{23} = cI_m^2 \sin^2 t \frac{2}{3} \sin^2 t \frac{1}{2} \sin^2 t \frac{4}{3}$$

$$F_3 = -F_1 = cI_m^2 \sin^2 t \sin^2 t \frac{2}{3} \frac{1}{2} \sin^2 t \frac{4}{3}$$

3. Cộng hưởng cơ khí:

Trong trường hợp khi tần số của thành phần biến thiên của lực gắn với tần số riêng của dao động cơ khí sẽ sinh ra hiện tượng cộng hưởng. Hiện tượng này có khả năng phá hỏng khí cụ điện.

Thông thường, người ta chọn tần số riêng của các dao động cơ khí lớn hơn gấp đôi tần số của lực.

V. ỔN ĐỊNH LỰC ĐIỆN ĐỘNG.

Độ bền cơ khí của vật liệu phụ thuộc không chỉ vào độ lớn của lực mà còn phụ thuộc vào chiều, độ dài thời gian tác động và độ dốc tăng lên. Khí cụ điện ổn định lực điện động phải thỏa mãn:

- Việc tính toán lực điện động: tính theo dòng điện xung của hiện tượng ngắn mạch.

- Việc tính toán độ bền động học khi có hiện tượng công hưởng.