

**BỘ LAO ĐỘNG - THƯƠNG BINH VÀ XÃ HỘI
TỔNG CỤC DẠY NGHỀ**

GIÁO TRÌNH
Tên mô đun: Khí cụ điện
NGHỀ: ĐIỆN CÔNG NGHIỆP
TRÌNH ĐỘ TRUNG CẤP NGHỀ

*(Ban hành kèm theo Quyết định số: 120/QĐ-TCDN ngày 25.tháng 02 năm 2013
của Tổng cục trưởng Tổng cục Dạy nghề)*



Hà Nội, năm 2013

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN:

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo và tham khảo.

Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

LỜI GIỚI THIỆU

Giáo trình Khí cụ điện được biên soạn theo Chương trình khung của Tổng cục dạy nghề - Bộ lao động Thương binh và Xã hội, phục vụ cho sinh viên các trường Cao đẳng nghề, Trung cấp nghề, các ngành Điện công nghiệp, Điện dân dụng. Giáo trình cũng có thể làm tài liệu tham khảo cho các kỹ thuật viên, liên quan đến công tác nghiên cứu, thiết kế, chế tạo, thử nghiệm, vận hành, sửa chữa, bảo dưỡng các loại khí cụ điện.

Giáo trình này được thiết kế theo mô đun thuộc hệ thống mô đun/ môn học của chương trình đào tạo nghề Điện công nghiệp ở cấp trình độ Trung cấp nghề và được dùng làm giáo trình cho học viên trong các khóa đào tạo chuyên ngành. Ngoài ra, tài liệu cũng có thể được sử dụng cho đào tạo ngắn hạn hoặc cho các công nhân kỹ thuật, các nhà quản lý và người sử dụng nhân lực tham khảo. Mô đun này được triển khai sau các môn học, mô đun Điện kỹ thuật, Vẽ điện. Mô đun này có ý nghĩa làm tiền đề để người học tiếp thu các kỹ năng ở các mô đun: Truyền động điện; trang bị điện...

Mặc dù đã hết sức cố gắng, song sai sót là khó tránh. Tác giả rất mong nhận được các ý kiến phê bình, nhận xét của bạn đọc để giáo trình được hoàn thiện hơn.

Hà Nội, ngày tháng năm 2013

Tham gia biên soạn

1. Ngô Kim Xoạn : Chủ biên
2. Phạm Thúy Hòe
3. Đoàn Năng Trình

MÔN ĐƠN: KHÍ CỤ ĐIỆN

Mã mô đun: MD12

Vị trí, ý nghĩa, vai trò mô đun:

Mô đun này học sau các môn học: An toàn lao động; Mạch điện, có thể học song song với môn học Vật liệu điện.

Nội dung môn học này nhằm trang bị cho học viên những kiến thức cơ bản và những kỹ năng cần thiết về cấu tạo, nguyên lý làm việc, đặc tính kỹ thuật và ứng dụng, nắm được các hiện tượng, nguyên nhân hư hỏng và cách sửa chữa một số khí cụ điện cơ bản nhằm ứng dụng có hiệu quả trong ngành nghề của mình.

Mục tiêu của mô đun.

Sau khi học xong mô đun này, học viên có năng lực:

- Nhận dạng và phân loại được khí cụ điện.
- Trình bày được cấu tạo và nguyên lý hoạt động của các loại khí cụ điện.
- Sử dụng thành thạo các loại khí cụ điện.
- Tính, chọn được các loại khí cụ điện.

Nội dung chính của môn học/mô đun: Nội dung tổng quát và phân bố thời gian :

Số TT	Tên các bài trong mô đun	Thời gian (giờ)			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành	Kiểm tra*
1	Bài mở đầu	3	3		
2	Bài 1. Khí cụ điện đóng cắt	17	6	10	1
3	Bài 2. Khí cụ điện bảo vệ	12	6	5	1
4	Bài 3. Khí cụ điện điều khiển	13	5	7	1
	Cộng:	45	20	22	3

YÊU CẦU VỀ ĐÁNH GIÁ HOÀN THÀNH MÔN HỌC

Về kiến thức:

Các loại khí cụ điện đóng cắt, bảo vệ, đo lường... dùng trong mạng hạ thế và trong doanh nghiệp công nghiệp.

Về kỹ năng:

- Lựa chọn, sử dụng đúng chức năng các loại khí cụ điện hạ thế.
- Tháo lắp, sửa chữa được một số hư hỏng ở các loại khí cụ điện thông dụng.

Về thái độ:

• **BÀI KIỂM TRA 1:** 30 phút; Kiểm tra viết. Đánh giá kết quả tiếp thu về bài Khí cụ điện đóng cắt, bài Khí cụ điện bảo vệ.

• **BÀI KIỂM TRA 2:** 30 phút; Kiểm tra viết. Đánh giá kết quả tiếp thu về bài Khí cụ điện điều khiển.

• **BÀI KIỂM TRA 3:** (Thực hành): 60 phút; Tiến hành thường xuyên trong các buổi thực hành. Nội dung trọng tâm phải đánh giá được kỹ năng của học viên về :

- Lắp đặt, sử dụng các khí cụ điện.
- Tính chọn khí cụ điện.
- Tháo lắp, kiểm tra thông số của các khí cụ điện.
- Xác định các hư hỏng, nguyên nhân gây ra hư hỏng. Học viên phải phát hiện được từ hai đến ba sai lỗi và sửa chữa/thay thế các bộ phận bị hư hỏng của các khí cụ điện.

• **BÀI KIỂM TRA 4: KIỂM TRA KẾT THÚC MÔN HỌC; 90 PHÚT:** Gồm 2 phần:

- Lý thuyết: Kiểm tra viết; Đánh giá kết quả tiếp thu của cả môn học bao gồm tất cả các ý trọng tâm.

- Thực hành: Nhằm đánh giá các kỹ năng của học viên về lắp ráp/lắp đặt, phát hiện sai lỗi và sửa chữa các loại khí cụ điện trong các trường hợp xác định.

➤ Bài kiểm tra này có thể thực hiện tại xưởng, giáo viên giao cho học viên các loại khí cụ điện hoặc mạch điện có lỗi. Học viên tìm nguyên nhân gây ra lỗi, xác định và sửa chữa lỗi.

➤ Hoặc giáo viên giao cho học viên thiết bị của doanh nghiệp (hoặc đến doanh nghiệp) để bảo dưỡng, sửa chữa. Qua việc sửa chữa thực tế giáo viên đánh giá trình độ của học viên.

BÀI 1: KHÁI NIỆM VỀ KHÍ CỤ ĐIỆN

Khái niệm về khí cụ điện: M12-01.

Giới thiệu :

Cùng với sự phát triển của ngành công nghiệp điện năng các thiết bị điện dân dụng, điện công nghiệp cũng như các khí cụ điện được sử dụng ngày càng tăng lên không ngừng. Chất lượng của các khí cụ điện cũng không ngừng được cải tiến và nâng cao cùng với sự phát triển của công nghệ mới. Vì vậy đòi hỏi người công nhân làm việc trong các ngành, nghề và đặc biệt trong các nghề điện phải hiểu rõ về các yêu cầu, nắm vững cơ sở lý thuyết khí cụ điện. Làm cơ sở để nắm vững cấu tạo, nguyên lý làm việc và ứng dụng của từng loại khí cụ điện để không ngừng nâng cao hiệu quả kinh tế và tiết kiệm điện năng trong sử dụng.

Nội dung môn học này nhằm trang bị cho học viên những kiến thức cơ bản và cần thiết về cơ sở lý thuyết khí cụ điện nhằm ứng dụng có hiệu quả trong ngành nghề của mình.

Mục tiêu:

- Nêu được khái niệm, công dụng của các loại khí cụ điện
- Hiểu được cách tiếp xúc điện, cách tạo hồ quang điện và dập tắt hồ quang điện.
- Rèn luyện tính nghiêm túc trong học tập và trong thực hiện công việc.

Nội dung chính:

1.1. Khái niệm

1.1.1. Định nghĩa

Khí cụ điện là những thiết bị dùng để đóng, cắt, điều khiển, điều chỉnh và bảo vệ các lưới điện, mạch điện, máy điện và các máy móc sản xuất. Ngoài ra nó còn được dùng để kiểm tra và điều chỉnh các quá trình không điện khác.

1.1.2. Các yêu cầu cơ bản đối với khí cụ điện.

Khí cụ điện phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

- + Khí cụ điện phải đảm bảo sử dụng lâu dài với các thông số kỹ thuật ở định mức. Nói cách khác dòng điện qua vật dẫn không được vượt quá trị số cho phép vì nếu không sẽ làm nóng khí cụ điện và nhanh hỏng.
- + Khí cụ điện ổn định nhiệt và ổn định điện động. Vật liệu phải chịu nóng tốt và có cường độ cơ khí cao vì khi quá tải hay ngắn mạch, dòng điện lớn có thể làm khí cụ điện hư hỏng hoặc biến dạng.
- + Vật liệu cách điện phải tốt để khi xảy ra quá điện áp trong phạm vi cho phép khí cụ điện không bị chọc thủng.
- + Khí cụ điện phải đảm bảo làm việc được chính xác, an toàn song phải gọn nhẹ, rẻ tiền, dễ gia công, dễ lắp ráp, kiểm tra và sửa chữa.
- + Ngoài ra khí cụ điện phải làm việc ổn định ở các điều kiện và môi trường yêu cầu.

1.2. Sự phát nóng của khí cụ điện.

1.2.1. Khái niệm.

Dòng điện chạy trong vật dẫn làm khí cụ điện nóng lên (theo định luật Jun-Lenxơ). Nếu nhiệt độ vượt quá giá trị cho phép, khí cụ điện sẽ nhanh hỏng, vật liệu cách điện sẽ nhanh hoá già và độ bền cơ khí sẽ giảm đi nhanh chóng. Nhiệt độ cho phép của các bộ phận trong khí cụ điện được cho trong bảng sau:(bảng 1.1)

Bảng 1-1:

Cấp cách điện	Nhiệt độ cho phép (°C)	Các vật liệu cách điện chủ yếu
	110	Vật liệu không bọc cách điện hay để xa vật cách điện.
	75	Dây nối tiếp xúc cố định.
	75	Tiếp xúc hình ngón của đồng và hợp kim đồng.
	110	Tiếp xúc trượt của đồng và hợp kim đồng.
	120	Tiếp xúc má bạc.
	110	Vật không dẫn điện không bọc cách điện.
Y	90	Giấy, vải sợi, lụa, phíp, cao su, gỗ và các vật liệu tương tự, không tẩm nhựa. Các loại nhựa như: nhựa polietilen, nhựa polistirol, vinyl clorua, anilin...
A	105	Giấy, vải sợi, lụa tẩm dầu, cao su nhân tạo, nhựa polieste, các loại sơn cách điện có dầu làm khô.
E	120	Nhựa trắng polivinylphocman, poliamit, eboxi. Giấy ép hoặc vải có tẩm nha phenolfocmandehit (gọi chung là bakelit giấy). Nhựa melaminfocmandehit có chất độn xenlulo. Vải có tẩm poliamit. Nhựa poliamit, nhựa phenol - phurol có độn xenlulo.
B	130	Nhựa polieste, amiăng, mica, thủy tinh có chất độn. Sơn cách điện có dầu làm khô, dùng ở các bộ phận không tiếp xúc với không khí. Sơn cách điện alkit, sơn cách điện từ nhựa phenol. Các loại sản phẩm mica (micanit, mica màng mỏng). Nhựa phenol-phurol có chất độn khoáng. Nhựa eboxi, sợi thủy tinh, nhựa melamin focmandehit, amiăng, mica, hoặc thủy tinh có chất độn.
F	155	Sợi amiăng, sợi thủy tinh không có chất kết dính.
H	180	Xilicon, sợi thủy tinh, mica có chất kết dính.
C	Trên 180	Mica không có chất kết dính, thủy tinh, sứ. Politetraflotilen, polimonoclortrifloetilen.

Tùy theo chế độ làm việc mà khí cụ điện phát nóng khác nhau. Có ba chế độ làm việc: làm việc dài hạn, làm việc ngắn hạn và làm việc ngắn hạn lặp lại.

1.2.2. Chế độ ngắn hạn lặp lại:

Ở chế độ làm việc ngắn hạn lặp lại thường dùng hệ số thông dòng điện DL%. Theo định nghĩa:

$$DL\% = \frac{t_{lv}}{t_{lv} + t_{ng}} 100 = \frac{t_{lv}}{T} 100$$

Trong đó:

- t_{lv} là thời gian làm việc.
- t_{ng} là thời gian nghỉ.
- T chu kỳ làm việc.

Độ chênh nhiệt τ (còn gọi là độ tăng nhiệt) là hiệu nhiệt độ khí cụ điện và môi trường xung quanh: $\tau = \theta - \theta_0$

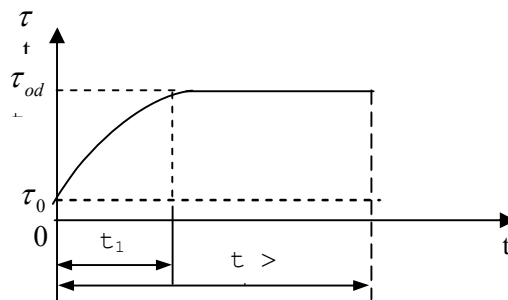
Trong đó:

- θ : nhiệt độ khí cụ điện.
- θ_0 : nhiệt độ môi trường xung quanh.

Các nước miền ôn đới quy định $\theta_0 = 35^\circ\text{C}$. ở Việt Nam quy định $\theta_0 = 40^\circ\text{C}$

Sự phát nóng do tổn hao nhiệt quyết định. Đối với KCD một chiều đó là tổn hao đồng, đối với KCD xoay chiều đó là tổn hao đồng và sắt. Ngoài ra còn có tổn hao phụ. Nguồn phát nóng chính ở KCD là: dây dẫn có dòng điện chạy qua, lõi thép có từ thông biến thiên theo thời gian. Cầu chì, chống sét và một số KCD khác có thể phát nóng do hồ quang. Ngoài ra còn phát nóng do tổn thất dòng điện xoáy. Bên cạnh quá trình phát nóng có quá trình tỏa nhiệt theo ba hình thức: truyền nhiệt, bức xạ và đối lưu.

1.2.3. Phát nóng của vật thể đồng chất ở chế độ làm việc dài hạn.



Hình 1-1. Đường đặc tính phát nóng theo thời gian của khí cụ điện ở chế độ dài hạn.

Chế độ làm việc dài hạn là chế độ khí cụ làm việc trong thời gian $t > t_1$, t_1 là thời gian phát nóng của khí cụ điện từ nhiệt độ môi trường xung quanh đến nhiệt độ ổn định (hình 1-1) với phụ tải không đổi hay thay đổi ít. Khi đó độ chênh lệch nhiệt độ đạt tới trị số nhất định $t_{\text{ổđ}}$.

Một vật dẫn đồng chất, tiết diện đều đặn có nhiệt độ ban đầu là nhiệt độ môi trường xung quanh. Giả thiết dòng điện có giá trị không đổi bắt đầu qua vật dẫn: Từ lúc này vật dẫn tiêu tốn năng lượng điện để chuyển thành nhiệt năng làm nóng vật dẫn. Lúc đầu, nhiệt năng tỏa ra môi trường xung quanh ít mà chủ yếu tích lũy trong vật dẫn, nhiệt độ vật dẫn bắt đầu tăng dần lên và sau một thời gian

đạt tới giá trị ổn định $t_{\text{òđ}}$ và giữ ở giá trị này. Như vậy là nhiệt độ vật dẫn tăng nhanh theo thời gian đến một lúc nào đó chậm dần và đi đến ổn định.

Nhiệt lượng tiêu tốn trong khoảng thời gian dt theo định luật Jun-Lenxo:

$$P_{dt} = I^2 R_{dt}, \quad W_s$$

Với:

P - công suất tác dụng, W.

I - giá trị dòng điện hiệu dụng, A.

R - điện trở vật dẫn, W

* Phương trình cân bằng nhiệt là:

$$P_{dt} = CMd\tau + \alpha S\tau \cdot dt$$

Trong đó:

$CMd\tau$: phần tích lũy đốt nóng vật dẫn.

$\alpha S\tau dt$: phần toả ra môi trường xung quanh.

C: tỉ nhiệt vật dẫn.

M: khối lượng vật dẫn, kg.

τ : độ chênh nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$) so với môi trường xung quanh.

α : hệ số toả nhiệt $\text{W}/\text{m}^2, ^{\circ}\text{C}$

S: diện tích toả nhiệt của vật dẫn, m^2 .

1.3. Tiếp xúc điện

Theo cách hiểu thông thường, chỗ tiếp xúc điện là nơi gặp gỡ chung của hai hay nhiều vật dẫn để dòng điện đi từ vật dẫn này sang vật dẫn khác. Bề mặt tiếp xúc giữa các vật dẫn gọi là bề mặt tiếp xúc điện.

Tiếp xúc điện là một phần rất quan trọng của khí cụ điện. Trong thời gian hoạt động đóng mở, chỗ tiếp xúc sẽ phát nóng cao, mài mòn lớn do va đập và ma sát, đặc biệt sự hoạt động có tính chất hủy hoại của hồ quang.

Tiếp xúc điện phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

- Thực hiện tiếp xúc chắc chắn, đảm bảo.
- Sức bền cơ khí cao.
- Không phát nóng quá giá trị cho phép đối với dòng điện định mức.
- Ổn định nhiệt và điện động khi có dòng ngắn mạch đi qua.
- Chịu được tác dụng của môi trường xung quanh, ở nhiệt độ cao ít bị oxy hoá.

Có ba loại tiếp xúc:

- Tiếp xúc cố định: hai vật tiếp xúc không rời nhau bằng bulông, đinh tán.
- Tiếp xúc đóng mở: tiếp điểm của các khí cụ điện đóng mở mạch điện.
- Tiếp xúc trượt: Chổi than trượt trên cổ góp, vành trượt của máy điện.

Lực ép lên mặt tiếp xúc có thể là bulông hay lò xo.

Theo bề mặt tiếp xúc có ba dạng:

- Tiếp xúc điểm (giữa hai mặt cầu, mặt cầu - mặt phẳng, hình nón - mặt phẳng).

- Tiếp xúc đường (giữa hình trụ - mặt phẳng).

- Tiếp xúc mặt (mặt phẳng - mặt phẳng).

Bề mặt tiếp xúc theo dạng nào cũng có mặt phẳng lồi lõm rất nhỏ mà mắt thường không thể thấy được. Tiếp xúc giữa hai vật dẫn không thực hiện được

trên toàn bộ bề mặt mà chỉ có một vài điểm tiếp xúc thôi. Đó chính là các đỉnh có bề mặt cực bé để dẫn dòng điện đi qua.

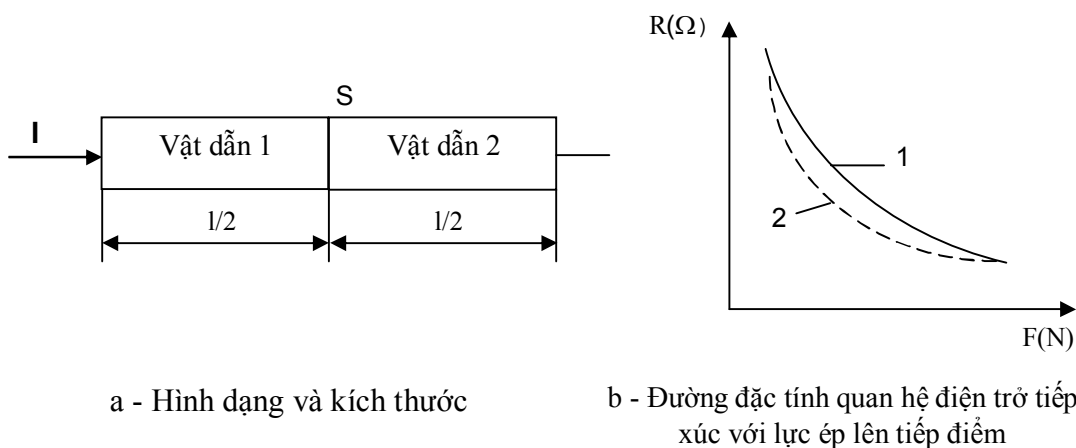
Muốn tiếp xúc tốt phải làm sạch mỗi tiếp xúc. Sau một thời gian nhất định, bất kỳ một bề mặt nào đã được làm sạch trong không khí cũng đều bị phủ một lớp oxy. ở những mối tiếp xúc bằng vàng hay bằng bạc, lớp oxy này chậm phát triển.

Thông thường, bề mặt tiếp xúc được làm sạch bằng giấy nhám mịn và sau đó lau lại bằng vải. Nếu bề mặt tiếp điểm có dính mỡ hoặc dầu phải làm sạch bằng axêton.

1.3.1. Điện trở tiếp xúc của tiếp điểm:

Có hai vật tiếp xúc nhau, diện tích tiếp xúc S , điện trở suất ρ chiều dài l như (hình 1-2,a). Lúc đó điện trở hai vật dẫn tính bằng:

$$R_l = \rho \frac{l}{S}$$



a - Hình dạng và kích thước

b - Đường đặc tính quan hệ điện trở tiếp xúc với lực ép lên tiếp điểm

Hình 1-2. Cách tính điện trở tiếp xúc

Đường 1 - khi lực ép tăng

Đường 2 - khi lực ép giảm

Khi dòng điện đi qua hai vật dẫn đó, điện trở tổng R sẽ lớn hơn R_1 vì hai mặt vật dẫn dù có được làm sạch đến thế nào cũng đều xuất hiện lớp oxy làm tăng điện trở. nếu gọi R_{tx} là điện trở tiếp xúc của hai vật dẫn thì R_{tx} được tính:

$$R_{tx} = R - R_1 = \frac{k}{F^m}$$

Trong đó:

+ k - hệ số phụ thuộc vào r và s (với s là ứng suất biến dạng của vật liệu hay còn gọi là hệ số chống dập nát) đồng thời trạng thái mặt tiếp xúc.

+ m - phụ thuộc vào dạng tiếp điểm và số lượng điểm tiếp xúc.

+ F - Lực ép lên tiếp điểm.

Bảng 1-2: ứng suất của vật liệu

Vật liệu tiếp xúc		σ N/mm ²
Vanadi	(V)	3650
Niken	(Ni)	2210
Môlipden	(Mo)	1660
Nhôm	(Al)	883
Platin	(Pt)	765
Đồng cứng	(đồng hợp kim)	510
Đồng mềm	(Cu)	382
Bạc	(Ag)	304
Graphit		129,5
Thiếc	(Sn)	44,2

Bảng 1-

Vật liệu tiếp xúc		Trị số k, ΩN
Đồng	đồng	$(0,08 - 0,14) \cdot 10^2$
Đồng	đồng mạ thiếc	$(0,07 - 0,1) \cdot 10^2$
Đồng	đồng loại dễ bị oxy hóa	$0,740 \cdot 10^2$
Đồng	đồng tiếp xúc dạng ngón	$0,280 \cdot 10^2$
Đồng	đồng tiếp xúc kiểu chổi	$0,100 \cdot 10^2$
Bạc	bạc	$0,060 \cdot 10^2$
Nhôm	nhôm	$0,127 \cdot 10^2$
Nhôm	đồng thau	$1,850 \cdot 10^2$
Nhôm	đồng	$0,380 \cdot 10^2$
Đồng thau	đồng	$0,980 \cdot 10^2$
Đồng thau	đồng thau	$0,670 \cdot 10^2$
Sắt	sắt	$7,600 \cdot 10^2$
Sắt	đồng thau	$3,040 \cdot 10^2$
Sắt	đồng	$3,100 \cdot 10^2$
Sắt	nhôm	$4,400 \cdot 10^2$

Bảng 1-4: Trị số tham khảo m

Hình thức tiếp xúc		m
Mặt phẳng	mặt phẳng	1
Mặt cầu	mặt cầu	0,5
Mặt cầu	mặt phẳng	0,5
Chổi	mặt phẳng	1
Tiếp xúc nhiều điểm		0,7 - 1,0
Tiếp xúc đường		0,7 - 0,8
Tiếp xúc đỉnh nhọn	mặt phẳng	0,5

1.3.2. Một số yếu tố ảnh hưởng đến điện trở tiếp xúc:

a. Vật liệu làm tiếp điểm:

Nếu vật liệu mềm thì dù áp suất có bé điện trở tiếp xúc cũng bé. Nói một cách khác, nếu khả năng chống dập nát được đặc trưng bằng S bé thì R_{tx} cũng bé. Do đó thường dùng vật liệu mềm để làm tiếp điểm hoặc dùng kim loại cứng mạ ngoài bằng kim loại mềm như: đồng thau mạ thiếc, thép mạ thiếc. Từ đó cũng đã phát triển tiếp điểm lưỡng kim loại: tiếp điểm loại cứng tiếp xúc với kim loại lỏng như thủy ngân.

b. Lực ép lên tiếp điểm F:

Lực F tiếp điểm càng lớn thì điện trở tiếp xúc càng bé, có thể xem đường cong (hình 1-2, b). Tuy nhiên lực ép tăng đến một giá trị nhất định nào đó thì điện trở tiếp xúc sẽ không giảm nữa.

c. Hình dạng tiếp điểm:

Vi: m khác nhau nên $R_{tx} = R - R_1 = \frac{k}{F^m}$ cũng khác nhau (bảng 1-4).

d. Diện tích tiếp xúc:

Có ảnh hưởng đến điện trở tiếp xúc, diện tích tiếp xúc càng lớn thì R_{tx} càng nhỏ.

e. Mật độ dòng điện:

Diện tích tiếp xúc được xác định tùy theo mật độ dòng điện cho phép. Đối với thanh dẫn bằng đồng tiếp xúc nhau ở tần số 50Hz thì mật độ dòng điện cho phép là:

$$J_{cp} = \frac{1}{S} \approx [0,31 + 1,05 \cdot 10^{-4}(I - 200)] A/mm^2$$

Trong đó:

+ I - giá trị dòng điện hiệu dụng, A.

+ S - diện tích mặt tiếp xúc, mm².

Biểu thức tính toán trên chỉ đúng với dòng điện từ . Nếu I ngoài giá trị đó:

I < 200A thì $J_{cp} = 0,31 A/mm^2$

I > 2000A thì $J_{cp} = 0,12 A/mm^2$

Khi vật liệu tiếp xúc không phải là đồng (Cu) thì mật độ dòng điện cho phép đối với chất ấy có thể tính theo công thức sau:

$$J_{cp.vat.lieu.x} = J_{cpCu} \sqrt{\frac{R_{tx(p)Cu}}{R_{(p),vat.lieu.x}}}$$

Đối với mật độ dòng điện đã cho trước, muốn giảm phát nóng tiếp điểm thì vật liệu phải có điện trở suất nhỏ, đồng thời phải có khả năng tỏa nhiệt cao qua mặt ngoài. Do đó những vật dẫn có bề mặt xù xì (vật đúc) hay những vật dẫn được quét sơn sẽ tỏa nhiệt có hiệu quả hơn. Có thể kiểm tra nhiệt độ tiếp xúc bằng sự biến màu của sơn.

Như vậy muốn giảm điện trở tiếp xúc có thể tăng lực F, tăng số điểm tiếp xúc, chọn vật dẫn có điện trở suất bé và hệ số truyền nhiệt lớn, tăng diện tích truyền nhiệt và chọn tiếp điểm có dạng tỏa nhiệt dễ nhất.

1.3.3. Cấu tạo của tiếp xúc:

a. Tiếp xúc cố định:

Có các dạng như Hình1-3. ở đây ta cần chú ý tới tiếp xúc cố định dùng các bulông thép để ghép, những bulông này thực tế không dẫn điện khi ngắn mạch. Lúc đó vật dẫn không phải là thép sẽ phát nóng và nở nhiều hơn vật liệu bulông thép nên những bulông này chịu ứng suất khá lớn, đến khi phát nóng giảm hay bị nguội lạnh thì mối tiếp xúc sẽ yếu. Để tránh hiện tượng này nên đệm vòng đệm lò xo dưới đai ốc.

b. Tiếp xúc đóng mở và tiếp xúc trượt:

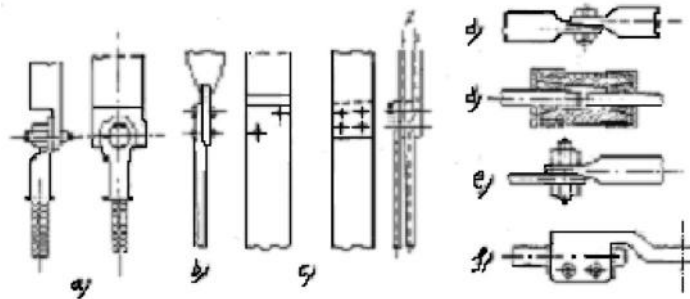
Đối với role thường dùng bạc, platin tán hoặc hàn vào giá tiếp điểm. Kích thước viên tiếp điểm role ứng với dòng điện cho phép có thể tham khảo ở bảng 1-5.

Bảng 1-5:

I (A)	Đường kính viên tiếp điểm (mm)	Bề dày viên tiếp điểm (mm)
1	< 3	1,0
1 - 5	< 6	1,5
5 - 10	< 8	2,0
10 - 20	< 12	3,0

Tiếp điểm role thường dùng hình thức tiếp xúc điểm.

- Tiếp điểm của các khí cụ có dòng điện trung bình và lớn hơn như: bộ không chế, Contactor, khí cụ điện cao áp... Thường tiếp điểm làm việc mắc song song với tiếp điểm hồ quang. Khi tiếp điểm đang ở vị trí đóng, dòng điện sẽ qua tiếp điểm làm việc. Khi mở hoặc đóng, hồ quang phát sinh sẽ cháy trên tiếp điểm hồ quang. Tiếp điểm hồ quang được chế tạo bằng kim loại tốt. Như vậy tiếp điểm làm việc luôn luôn được bảo vệ tốt không bị hồ quang phá hoại bề mặt tiếp xúc.



Hình 1-3 Hình dạng của một số tiếp xúc cố định.

Tiếp điểm thường có nhiều dạng khác nhau: hình ngón, bắc cầu, chổi, cắm....

- Tiếp điểm hình ngón: dùng nhiều ở Contactor. Khi đóng, tiếp điểm động vừa lăn vừa trượt trên tiếp điểm tĩnh và tự làm tróc lớp oxyt trên bề mặt tiếp điểm.

- Tiếp điểm bắc cầu: dùng như role.

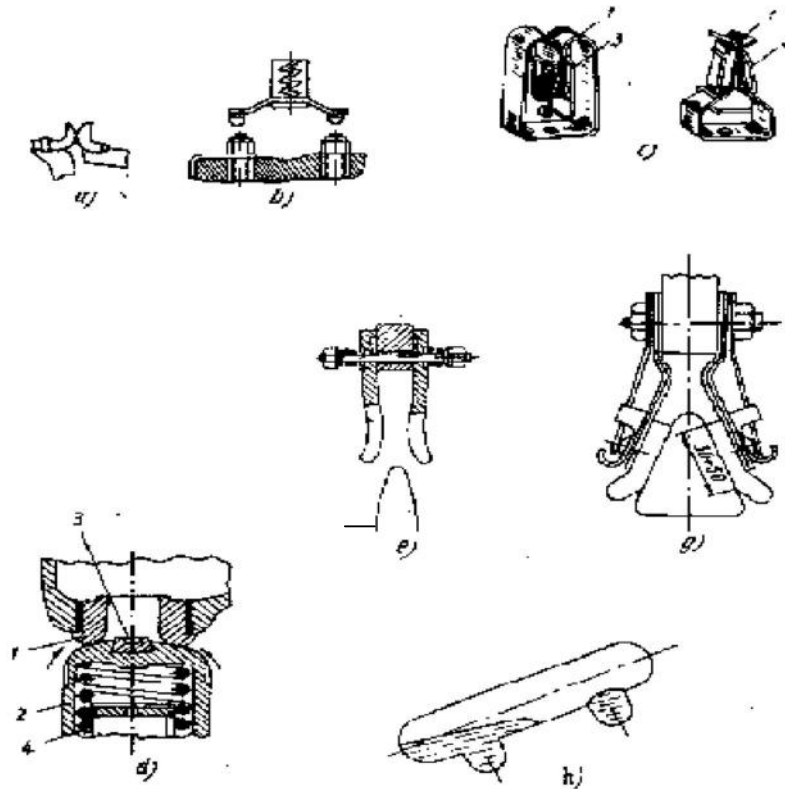
- Tiếp điểm chổi: gồm những lá đồng mỏng từ 0,1 - 0,2 mm dạng hình chổi xếp lại trượt trên tiếp điểm tĩnh.

- Tiếp điểm kẹp (cắm): dùng ở cầu dao, cầu chì, dao cách ly...

- Tiếp điểm đối diện (tiếp điểm dầu): dùng ở máy ngắt điện áp cao.

c. Các yếu tố ảnh hưởng đến độ tin cậy làm việc và độ phát nóng của tiếp xúc điện:

Là điện trở tiếp xúc. điện trở tiếp xúc càng nhỏ càng tốt. Điện trở tiếp xúc lớn làm tiếp điểm phát nóng dẫn đến gây hư hỏng các chất cách điện gắn tiếp điểm, nóng chảy tiếp điểm.



Hình 1-4. Dạng của một số tiếp xúc đóng mở:

- a) Tiếp điểm ngón;
- b) Tiếp điểm bắc cầu;
- c) Tiếp điểm cắm (kẹp);
- d) Tiếp điểm đôi điện;
- e) Tiếp điểm lưỡi;
- g) Tiếp điểm thủy ngân.

d. Một số yêu cầu đối với vật liệu làm tiếp điểm:

Những vật liệu được dùng làm tiếp điểm phải thỏa mãn các điều kiện sau:

- Có độ dẫn điện cao, dẫn nhiệt tốt
- Có đủ độ dẻo độ mềm để giảm điện trở tiếp xúc
- Có độ bền cơ khí cao, để giảm mài mòn, biến dạng bề mặt tiếp điểm
- Không bị ô xy hóa làm giảm điện trở tiếp xúc
- Có độ nóng chảy cao để tránh tiếp điểm bị cháy
- Nhiệt độ bốc hơi và nóng chảy cao.
- Rẻ và dễ gia công cơ khí.
- Chống ăn mòn và mài mòn tốt

Đồng, thép được dùng rộng rãi để làm các tiếp điểm cố định. Đồng có điện trở suất bé và có đủ sức bền cơ khí, được dùng trong mạch có dòng điện lớn. Thép chỉ dùng ở điện áp cao và công suất bé, về sức bền cơ khí và điện trở suất thì lớn hơn đồng và đặc biệt phát sinh tổn thất lớn đối với dòng xoay chiều.

Đối với tiếp xúc đóng mở mạch điện có dòng điện bé, tiếp điểm thường dùng bằng bạc, đồng, platin, vonfram, niken và hạn hữu mới dùng vàng. Bạc có tính chất dẫn điện và truyền nhiệt tốt. Platin (bạch kim) không có lớp oxýt, điện trở tiếp xúc bé. Vonfram có nhiệt độ nóng chảy cao và chống mài mòn tốt đồng thời có độ cứng cao.

Trường hợp dòng điện vừa và lớn thường dùng đồng, đồng thau và những kim loại hợp kim có nhiệt độ nóng chảy cao.

Khi dòng điện lớn, dùng hợp kim có độ mài mòn bé, độ cứng lớn song có nhược điểm là tính dẫn điện giảm, do đó để tăng khả năng dẫn điện, người ta chế tạo thành những tấm mỏng dán hoặc hàn vào bề mặt tiếp xúc. Hợp kim thường dùng: bạc - vonfram, bạc - niken, đồng - vonfram.

e. Các nguyên nhân gây hư hỏng tiếp điểm và các biện pháp khắc phục

* Nguyên nhân gây hư hỏng tiếp điểm

- Ăn mòn kim loại: do trên bề mặt tiếp điểm có những lỗ nhỏ. Trong vận hành hơi nước và các chất đọng lại gây phản ứng hóa học, bề mặt tiếp xúc bị ăn mòn làm hư hỏng tiếp điểm.

- Ô xy hóa: do môi trường tác dụng lên bề mặt tiếp xúc tạo thành lớp ô xýt mỏng có điện trở suất lớn dẫn tới điện trở tiếp xúc lớn, phát nóng hỏng tiếp điểm.

- Điện thế hóa học của vật liệu làm tiếp điểm.

- Hư hỏng tiếp điểm do điện: Khi vận hành khí cụ điện không được bảo quản tốt tiếp điểm bị rỉ, lò xo bị han rỉ không duy trì đủ lực làm điện trở tiếp xúc tăng khi có dòng điện các tiếp điểm sẽ phát nóng có thể nóng chảy tiếp điểm.

* Các biện pháp khắc phục

- Với những mối tiếp xúc cố định nên bôi một lớp bảo vệ.

- Khi thiết kế nên chọn vật liệu có điện thế hóa học giống nhau.

- Sử dụng các vật liệu không bị ô xy hóa làm tiếp điểm hoặc mạ các tiếp điểm.

- Thường xuyên kiểm tra, thay thế lò xo hư hỏng, lau sạch các tiếp điểm.

1.4. Hồ quang và các phương pháp dập tắt hồ quang.

1.4.1. Quá trình hình thành hồ quang.



Hình 1.5: Quá trình hình thành hồ quang

Trong khí cụ điện, hồ quang thường xảy ra ở các tiếp điểm khi cắt dòng điện. Trước đó khi các tiếp điểm đóng điện trong mạch có dòng điện, điện áp trên phụ tải là U còn điện áp trên 2 tiếp điểm A, B bằng 0. Khi cắt điện 2 tiếp điểm A, B rời nhau (H_2) lúc này dòng điện giảm nhỏ. Toàn bộ điện áp U đặt lên 2 cực A, B do khoảng cách d giữa 2 tiếp điểm rất nhỏ nên điện trường giữa chúng rất lớn (Vì điện trường U/d).

Do nhiệt độ và điện trường ở các tiếp điểm lớn nên trong khoảng không khí giữa 2 tiếp điểm bị ion hóa rất mạnh nên khối khí trở thành dẫn điện (Gọi là plasma) sẽ xuất hiện phóng điện hồ quang có mật độ dòng điện lớn ($104 - 105 \text{ A/cm}^2$), nhiệt độ rất cao ($4000 - 5000^\circ\text{C}$). Điện áp càng cao dòng điện càng lớn thì hồ quang càng mãnh liệt.

1.4.2. Tác hại của hồ quang

- Kéo dài thời gian đóng cắt: do có hồ quang nên sau khi các tiếp điểm rời nhau nhưng dòng điện vẫn còn tồn tại. Chỉ khi hồ quang được dập tắt hẳn mạch điện mới được cắt.

- Làm hỏng các mặt tiếp xúc: nhiệt độ hồ quang rất cao nên làm cháy, làm rỗ bề mặt tiếp xúc. Làm tăng điện trở tiếp xúc.

- Gây ngắn mạch giữa các pha: do hồ quang xuất hiện nên vùng khí giữa các tiếp điểm trở thành dẫn điện, vùng khí này có thể lan rộng ra làm phóng điện giữa các pha.

- Hồ quang có thể gây cháy và gây tai nạn khác.

1.4.3. Các phương pháp dập hồ quang

Yêu cầu hồ quang cần phải được dập tắt trong khu vực hạn chế với thời gian ngắn nhất, tốc độ mở tiếp điểm phải lớn mà không làm hư hỏng các bộ phận của khí cụ. Đồng thời năng lượng hồ quang phải đạt đến giá trị bé nhất, điện trở hồ quang phải tăng nhanh và việc dập tắt hồ quang không được kéo theo quá điện áp nguy hiểm, tiếng kêu phải nhỏ và ánh sáng không quá mạnh. Để dập tắt hồ quang ta dùng các biện pháp sau:

- Kéo dài hồ quang.
- Dùng từ trường để tạo lực thổi hồ quang chuyển động nhanh.
- Dùng dòng khí hay dầu để thổi dập tắt hồ quang.
- Dùng khe hở hẹp để hồ quang cọ sát vào vách hẹp này.
- Dùng phương pháp thổi bằng cách sinh khí.
- Phân chia hồ quang ra nhiều đoạn ngắn nhờ các vách ngăn.
- Dập hồ quang trong dầu mỏ.

1.5. Lực điện động

1.5.1. Khái niệm:

Lực điện động là lực sinh ra khi một vật dẫn mang dòng điện đặt trong từ trường. Lực tác dụng lên vật dẫn có xu hướng làm thay đổi hình dáng vật dẫn để từ thông xuyên qua mạch vòng của vật dẫn có giá trị cực đại.

Trong 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 nên bởi các dòng điện chạy trong các vật dẫn khác. Do đó giữa các vật dẫn mang dòng điện luôn có từ thông tổng tương hỗ móc vòng kết quả là luôn 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 các vật mang dòng điện và khối sắt từ. Chiều của lực điện động được xác định bằng qui tắc bàn tay trái hoặc bằng nguyên tắc chung như sau: lực tác dụng lên vật dẫn mang dòng điện có xu hướng làm biến đổi mạch vòng dòng điện sao cho từ thông qua nó tăng lên.

Trong điều kiện sử dụng bình thường các lực điện động đều nhỏ và không gây nên biến dạng các chi tiết mang dòng điện của khí cụ điện. Tuy nhiên khi có

ngắn mạch các lực này trở nên rất lớn có thể gây nên biến dạng hay phá huỷ chi tiết thậm chí phá huỷ cả khí cụ điện. Vì vậy cần phải tính toán khí cụ điện (hoặc từng bộ phận) về mặt sức bền chịu lực điện động nghĩa là khí cụ điện không bị phá huỷ khi có dòng điện ngắn mạch cực đại tức hời chạy qua. Việc tính toán đó lại càng cần thiết nếu ta muốn có được khí cụ điện có kích thước nhỏ gọn.

1.5.2. Phương pháp tính lực điện động.

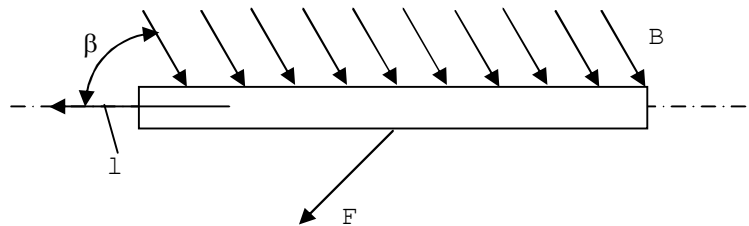
Để tính toán lực điện động ta có thể dùng 2 phương pháp:

a. Phương pháp 1: dựa trên định luật tác dụng tương hỗ của dây dẫn mang dòng điện và từ trường (Định luật Biosava laplax).

❖ Dây dẫn thẳng dài l mang dòng điện i đặt trong từ trường có cảm ứng từ B chịu tác dụng lực điện từ có giá trị bằng công thức.

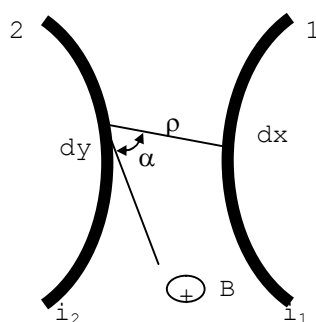
$$F = IBl \sin \beta \quad (\text{N}) \quad (1)$$

β : là góc lệch pha giữa chiều của véc tơ cảm ứng từ và chiều của dòng điện chạy trong dây dẫn.



Hình 1.6: Lực điện động trong dây dẫn thẳng

❖ Một hệ gồm hai dây dẫn 1 và 2 đặt tùy ý có các dòng điện i_1 và i_2 chạy qua.



Hình 1.7: lực điện động trong hai dây dẫn bất kỳ

Trường hợp này dây dẫn 1 mang dòng điện i_1 được coi là đặt trong từ trường tạo bởi dòng điện i_2 chạy trong dây dẫn 2 (ngược lại i_2 được coi là đặt trong từ trường do dòng điện i_1 chạy trong dây dẫn 1). Khi đó lực điện động tác dụng giữa 2 dây dẫn :

$$F = C.i_1.i_2 \cdot \frac{\mu_0}{4\pi} \quad (\text{N}) \quad (2)$$

Trong đó : * μ_0 : là độ từ thẩm của không khí $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ (H/m).

* Dây dẫn đặt trong không khí thì độ từ thẩm tương đối: $\mu_{td} = 1$.

* C: hằng số phụ thuộc kích thước hình học của 2 dây dẫn, còn gọi là hệ số mạch vòng.

Nếu thay: μ_0 vào (2) ta có:

$$F = 10^{-7} i_1 i_2 C \quad (\text{N}) \quad (3)$$

Trong đó: dòng điện i_1 và i_2 tính bằng A

b. Phương pháp 2: Phương pháp cân bằng năng lượng

❖ Một dây dẫn hay một mạch vòng mang dòng điện i có năng lượng từ tính theo công thức :

$$W = L \frac{i^2}{2} \quad (4)$$

Trong đó: L là điện cảm của mạch.

❖ Hai mạch vòng mang các dòng điện i_1 và i_2 có năng lượng từ tính theo công thức :

$$W = L_1 \frac{i_1^2}{2} + L_2 \frac{i_2^2}{2} + M_{i_1 i_2} \quad (5)$$

Trong đó:

+ L_1, L_2 : là hệ số tự cảm của các mạch vòng.

+ M: là hồ cảm của 2 mạch vòng.

1.5.3. Lực điện động của một số dạng dây dẫn.

a. Tính lực điện động tác dụng lên dây dẫn thẳng mang dòng điện i :

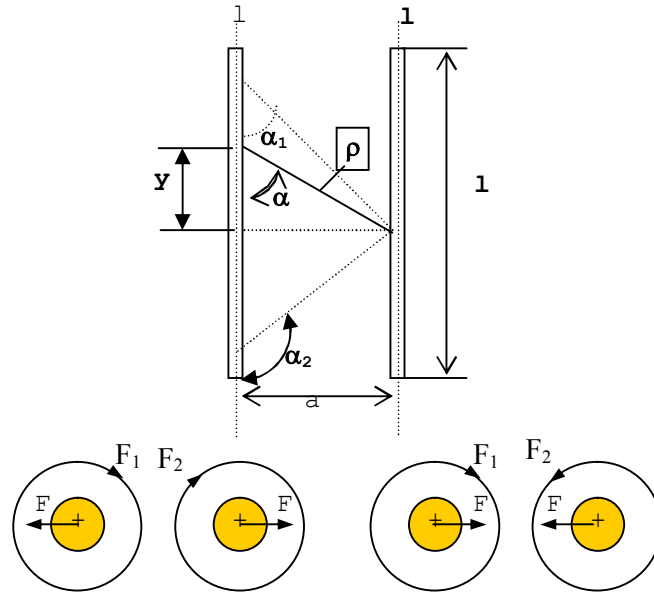
Bài toán: Một dây dẫn mang dòng điện $i = 10\text{A}$, dài 1m, đặt trong từ trường có cảm ứng từ $B = 1\text{T}$. Hướng của từ trường lệch so với hướng của dây dẫn một góc

Giải:

$$\begin{aligned} \text{Từ công thức } F &= iBl \sin\beta\delta \quad (\text{N}) \\ &= 10 \cdot 1 \cdot 1 \sin 45^\circ \\ &= 7,07 \text{ N} \end{aligned}$$

b. Tính lực điện động giữa 2 dây dẫn song song có tiết diện tròn mang các dòng điện i_1 và i_2 .

Trong hệ thống gồm 2 dây dẫn song song có tiết diện tròn cách nhau một khoảng a mang các dòng điện i_1 và i_2 khi đó ($\sin\beta = 1$)



Hình 1.8: lực điện động trong hai dây dẫn song song

$$F = Ci_1i_2 \frac{4\pi 10^{-7}}{4\pi} = Ci_1i_2 \cdot 10^{-7} \quad (\text{N}) \quad (6)$$

* Với hệ số mạch vòng

$$C = \int_{l_1} dx \int_{l_2} \frac{dy}{\rho^2} \sin \alpha \quad (7)$$

* Nếu coi dây dẫn 2 là dài vô hạn lấy tích phân thứ 2 trước ta có

$$C = \frac{2}{a} \int_{l_1} dx \quad (8)$$

* Nếu dây dẫn 1 cũng dài vô hạn thì hệ số C cũng tiến tới vô hạn

+ Nếu dây dẫn 1 (l_1) có chiều dài hữu hạn l thì

$$C = 2 \frac{l}{a} \quad (9)$$

Khi đó lực tác động lên dây dẫn 1 sẽ là

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

+ Nếu 2 dây dẫn có chiều dài hữu hạn l thì ta lấy tích phân với các tích phân tương ứng ta được hệ số mạch vòng C và lực điện động :