

BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI
TRƯỜNG CAO ĐẲNG GIAO THÔNG VẬN TẢI TRUNG ƯƠNG I



GIÁO TRÌNH **KHÍ CỤ ĐIỆN**

TRÌNH ĐỘ TRUNG CẤP

NGHỀ: ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

**Ban hành theo Quyết định số 1955/QĐ-CDGTVTTWI-ĐT ngày
21/12/2017 của Hiệu trưởng Trường Cao đẳng GTVT Trung ương I**

Hà Nội, 2017

LỜI GIỚI THIỆU

Giáo trình khí cụ điện 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, sau khi học tập xong mô đun này, học viên có đủ kiến thức để học tập tiếp các môn học, mô đun khác của nghề.

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 2017

MỤC LỤC

LỜI GIỚI THIỆU	1
MÔN ĐUN: KHÍ CỤ ĐIỆN	6
YÊU CẦU VỀ ĐÁNH GIÁ HOÀN THÀNH MÔN HỌC	7
BÀI 1: KHÁI NIỆM VỀ KHÍ CỤ ĐIỆN	8
1. Khái niệm	8
1.1. Định nghĩa	8
1.2. Các yêu cầu cơ bản đối với khí cụ điện.	8
2. Sự phát nóng của khí cụ điện.	9
1.2. Khái niệm.	9
2.2. Chế độ ngắn hạn lặp lại.....	11
2.3. Phát nóng của vật thể đồng chất ở chế độ làm việc dài hạn.	11
3. Tiếp xúc điện	12
3.1. Điện trở tiếp xúc của tiếp điểm	13
3.2. Một số yếu tố ảnh hưởng đến điện trở tiếp xúc:	15
3.3. Cấu tạo của tiếp xúc.....	16
4. Hồ quang và các phương pháp dập tắt hồ quang.....	20
4.1. Quá trình hình thành hồ quang.	20
4.2. Tác hại của hồ quang	20
4.3. Các phương pháp dập hồ quang	21
5. Lực điện động	21
5.1. Khái niệm	21
5.2. Phương pháp tính lực điện động.....	22
5.3. Lực điện động của một số dạng dây dẫn.	24
6. Công dụng của khí cụ điện.	27
7. Công dụng và phân loại khí cụ điện.	27
7.1. Công dụng của khí cụ điện.	27
7.2. Phân loại khí cụ điện.	28
BÀI 2: KHÍ CỤ ĐIỆN ĐÓNG CẮT	31
1. Cầu dao	31
1.1. Cấu tạo.....	31
1.2. Nguyên lý hoạt động.....	32
1.3. Tính chọn cầu dao:.....	35
1.4. Hư hỏng và các nguyên nhân gây hư hỏng cầu dao:	35
1.5. Sửa chữa cầu dao.	35
2. Các loại công tắc và nút điều khiển.....	36
2.1. Công tắc.....	36
2.2. Công tắc hộp.....	36
2.3. Công tắc vạn năng. (hình 2-3. a, b)	37
2.4. Công tắc hành trình.....	39
2.5. Nút điều khiển	40
2.6. Sửa chữa công tắc và nút điều khiển.	42
3. Dao cách ly.....	43

3.1. Cấu tạo.....	43
3.2. Nguyên lý hoạt động.....	43
3.3. Tính chọn Dao cách ly	45
3.4. Hư hỏng và các nguyên nhân gây hư hỏng Dao cách ly	45
3.5. Sửa chữa Dao cách ly:.....	46
4. Máy cắt điện.....	46
4.1. Cấu tạo.....	47
4.2. Nguyên lý hoạt động.....	47
4.3. Tính chọn máy cắt điện	48
4.4. Hư hỏng và các nguyên nhân gây hư hỏng.	48
4.5. Giới thiệu một số máy cắt điện.....	48
5. Áptomát.....	52
5.1. Cấu tạo.....	52
5.2. Nguyên lý hoạt động.....	55
5.3. Tính chọn Áptomát	55
5.4. Hư hỏng và nguyên nhân gây hư hỏng	56
5.5. Sửa chữa Áptomat.....	56
BÀI 3: KHÍ CỤ ĐIỆN BẢO VỆ	59
1. Nam châm điện.....	59
1.1. Cấu tạo.....	59
1.2. Nguyên lý làm việc và phân loại	60
1.3. Ứng dụng nam châm điện:	62
1.4. Hư hỏng và các nguyên nhân gây hư hỏng	63
1.5. Sửa chữa nam châm điện.	64
2. Rơ le điện từ	64
2.1. Cấu tạo.....	64
2.2. Nguyên lý hoạt động.....	65
3. Role dòng điện	68
4. Role điện áp	69
5. Role nhiệt	70
5.1. Cấu tạo.....	70
5.2. Nguyên lý làm việc	72
5.3. Tính chọn role nhiệt.....	73
5.4. Hư hỏng và các nguyên nhân gây hư hỏng.	75
5.5. Sửa chữa role nhiệt:	75
6. Cầu chì	75
6.1. Cấu tạo.....	75
6.2. Nguyên lý hoạt động và phân loại	76
6.3. Tính chọn cầu chì.....	81
6.4. Hư hỏng và nguyên nhân gây hư hỏng.	82
6.5. Sửa chữa cầu chì	83
7. Thiết bị chống dòng điện rò	84
7.1. Cấu tạo.....	84
7.2. Nguyên lý hoạt động và phân loại:.....	84

7.3. Tính chọn thiết bị chống rò điện	86
7.4. Hư hỏng và nguyên nhân gây hư hỏng	87
7.5. Giới thiệu một số thiết bị chống rò thường sử dụng.	87
8. Biến áp đo lường.....	89
8.1. Máy biến áp đo lường	89
8.2. Máy biến dòng: (BI), (TI)	90
BÀI 4. KHÍ CỤ ĐIỆN ĐIỀU KHIỂN.....	93
1. Công tắc tơ	93
1.1. Cấu tạo.....	93
1.2. Nguyên lý làm việc	95
1.3. Tính chọn công tắc tơ.....	97
1.4. Hư hỏng và các nguyên nhân gây hư hỏng.	97
1.5. Sửa chữa khí cụ điện điều khiển.....	98
2. Khởi động từ:	98
2.1. Cấu tạo.....	98
2.2. Tính chọn và lắp đặt.....	99
2.3. Độ bền điện và cơ của các tiếp điểm	99
2.4. Đặc tính kỹ thuật và ứng dụng.	100
3. Rơle trung gian và rơle tốc độ.....	100
3.1. Rơle trung gian	100
3.2. Rơle tốc độ.....	102
3.3. Rơle thời gian điện từ.....	103
3.4. Hư hỏng và các nguyên nhân gây hư hỏng	106
4. Bộ khống chế.....	106
4.1. Công dụng và phân loại	106
4.2. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của bộ khống chế hình trống.....	107
4.3. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của bộ khống chế hình cam.....	108
4.4. Một số thông số kỹ thuật của bộ khống chế.....	109
4.5. Tính chọn bộ khống chế.....	110
4.6. Hư hỏng và các nguyên nhân gây hư hỏng.	110
CÁC THUẬT NGỮ CHUYÊN MÔN	114
TÀI LIỆU THAM KHẢO	115

MÔN ĐƠN: KHÍ CỤ ĐIỆN

Mã mô đun: MĐ12

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.
- Tháo lắp được các loại khí cụ điện.
- Sửa chữa 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 1. Khái niệm về khí cụ điện	3	3		
2	Bài 2. Khí cụ điện đóng cắt	17	6	10	1
3	Bài 3. Khí cụ điện bảo vệ	12	6	5	1
4	Bài 4. 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. Khái niệm

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.

1.2. 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.

2. Sự phát nóng của khí cụ điện.

1.2. Khái niệm.

Dòng điện chạy trong vật dẫn làm khí cụ điện nóng lên (theo định luật Jun-Lenxo). 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 tráng 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, polimonoclorotrifloetilen.

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.

2.2. Chế độ ngắn hạn lặp lại

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

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

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: $\tau = \theta - \theta_0$

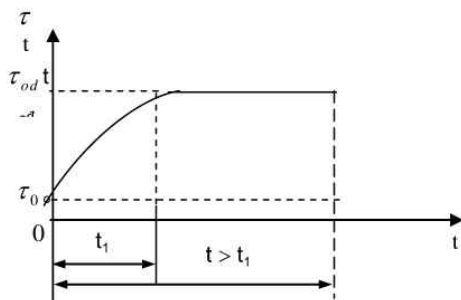
Trong đó:

- 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.

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 $t_{\text{ổđ}}$ 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-Lenxơ:

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

Với:

P - công suất tác dụng, W.

I - giá trị dòng điện hiệu dụng, A.

R - điện trở vật dẫn, Ω

* Phương trình cân bằng nhiệt là:

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

Trong đó:

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

$\alpha S\tau dt$: phần tỏa 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 tỏa nhiệt $\text{W/m}^2, ^{\circ}\text{C}$

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

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.

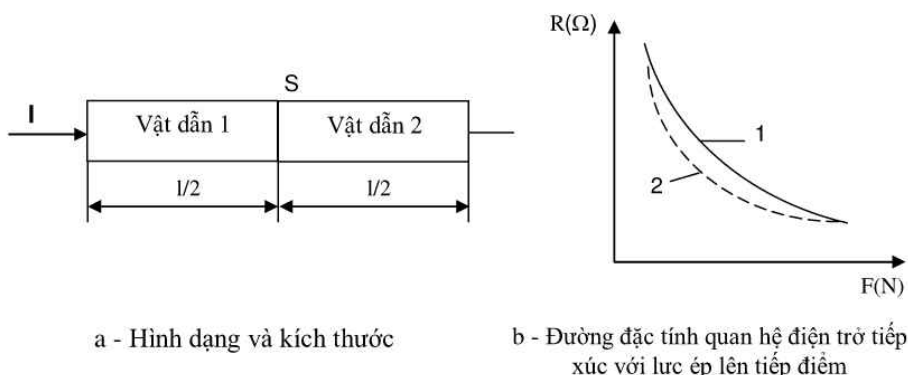
Muốn tiếp xúc tốt phải làm sạch mỗi tiếp xúc. Sau một thời gian nhất định, bất kỳ một bề mặt nào đã được làm sạch trong không khí cũng đều bị phủ một lớp oxy. ở những mối tiếp xúc bằng vàng hay bằng bạc, lớp oxy này chậm phát triển.

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.

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 1-2a). Lúc đó điện trở hai vật dẫn tính bằng:

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



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 1-3: Trị số tham khảo k

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	$0,080 \cdot 10^2$
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

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:

Vì: 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:

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

Trong đó:

+ I - giá trị dòng điện hiệu dụng, A.

+ S - diện tích mặt tiếp xúc, mm^2 .

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

$I < 200A$ thì $J_{cp} = 0,31A/mm^2$

$I > 2000A$ thì $J_{cp} = 0,12A/mm^2$

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:

$$J_{cp, \text{vật liệu } x} = J_{cpCu} \sqrt{\frac{R_{tx(p)Cu}}{R_{(p), \text{vật liệu } x}}}$$

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.

3.3. Cấu tạo của tiếp xúc

a. Tiếp xúc cố định:

Có các dạng như Hình 1-3 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:

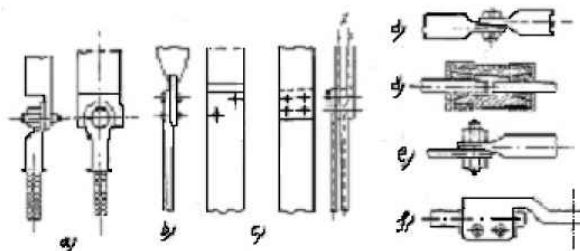
Đối với role thường dùng bạc, platin tán hoặc hàn vào giá tiếp điểm. Kích thước viên tiếp điểm role ứng với dòng điện cho phép có thể tham khảo ở bảng 1-5.

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.

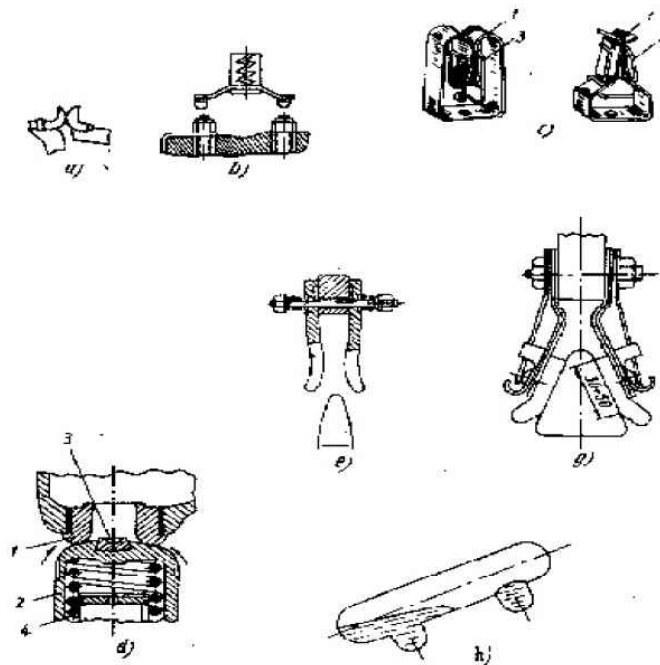
Tiếp điểm thường có nhiều dạng khác nhau: hình ngón, bắc cầu, chổi, cắm....

- Tiếp điểm hình ngón: dùng nhiều ở Contactor. Khi đóng, tiếp điểm động vừa lấn 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 gần 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 đối diện;
- e) Tiếp điểm lưỡi;
- h) 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.