TỔNG CÔNG TY ĐIỆN LỰC MIỀN BẮC

TRƯỜNG CAO ĐẲNG ĐIỆN LỰC MIỀN BẮC

=======❀❀❀=======

GIÁO TRÌNH

KHÍ CỤ ĐIỆN

NGÀNH/NGHỀ: QUẢN LÝ VẬN HÀNH, SỬA CHỮA ĐƯỜNG DÂY VÀ TRẠM BIẾN ÁP CÓ ĐIỆN ÁP 110KV TRỞ XUỐNG

TRÌNH ĐỘ: CAO ĐẲNG

(Ban hành kèm theo Quyết định số... /QĐ-NEPC ngày .../.../2020

của Hiệu trưởng Trường Cao đẳng Điện lực miền Bắc)

Hà Nội, năm 2020

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 NÓI ĐẦU

Khí cụ điện là thiết bị điện dùng để điều khiển, kiểm tra, tự động điều chỉnh, khống chế các đối tượng điện cũng như không điện và bảo vệ chung trong trường hợp sự cố

Khí cụ điện có rất nhiều chủng loại với chức năng, nguyên lý làm việc và kích cỡ khác nhau được dùng rộng rãi trong mọi lĩnh vực của cuộc sống.

Trong phạm vi giáo trình này, các vấn đề được đề cập đến là cơ sở lý thuyết, kết cấu, nguyên lý làm việc và đặc điểm của các loại khí cụ điện dùng trong ngành điện với những nội dung cơ bản sau:

- *Chương 1:* **Khái niệm chung về khí cụ điện**

- *Chương 2:* **Khí cụ điện đóng cắt**

- *Chương 3:* **Khí cụ điện bảo vệ và điều khiển**

Giáo trình **Khí cụ điện** được biên soạn phục vụ cho công tác giảng dạy của giáo viên và là tài liệu học tập của học sinh – sinh viên.

Do chuyên môn và thời gian có hạn nên không tránh khỏi những thiếu sót, vậy rất mong nhận được ý kiến đóng góp của đồng nghiệp và bạn đọc để cuốn sách đạt chất lượng cao hơn.

Tập thể giảng viên

KHOA ĐIỆN

MỤC LỤC

Lời nói đầu 3

Chương 1: Khái niệm chung về khí cụ điện 9

1. Công dụng, phân loại- các yêu cầu cơ bản về khí cụ điện 10
2. Các trạng thái làm việc của khí cụ điện 11
3. Quá trình phát nóng của khí cụ điện 12
4. Hồ quang điện 13
5. Lực điện động 15

Chương 2: Khí cụ điện đóng cắt 19

1. Cầu dao 20
2. Áp tô mát 25
3. Máy cắt 29
4. Recloser 39

Chương 3: Khí cụ điện bảo về và điều khiển 44

1. Cầu chì 45
2. Rơ le 50
3. Công tắc tơ 66
4. Khởi động từ 68
5. Kháng điện 72

Tài liệu tham khảo 75

MÔN HỌC KHÍ CỤ ĐIỆN

Mã môn học: MH 14

I. VỊ TRÍ, TÍNH CHẤT Ý NGHĨA VÀ VAI TRÒ CỦA MÔN HỌC

- *Vị trí*: Môn học được bố trí học sau các môn học chung, sau các môn học chung và các môn học như: Vẽ kỹ thuật, Cơ kỹ thuật, Kỹ thuật điện, Vật liệu điện, ... trước các môn học/ mô đun đào tạo chuyên môn nghề.

- *Tính chất*: Là môn học kỹ thuật cơ sở, thuộc các môn học đào tạo nghề bắt buộc.

- *Ý ngĩa và vai trò của môn học*: Môn học được bố trí giảng dạy sau các môn học chung và trước các môn học/ mô đun chuyên môn nghề.

II. MỤC TIÊU MÔN HỌC

- Về kiến thức:

Học xong môn học này người học có khả năng:

+ Trình bày được công dụng cấu tạo, nguyên lý làm việc, các thông số kỹ thuật và nguyên tắc chọn các khí cụ điện bảo vệ, khí cụ đóng cắt điện trong mạch điện của hệ thống điện.

+ Trình bày được các nguyên tắc dập hồ quang của các khí cụ đóng cắt điện.

- Về kỹ năng:

+ Vận dụng trong thực tế quản lý vận hành, sửa chữa các khí cụ điện trong hệ thống điện.

- Về năng lực tự chủ và trách nhiệm:

+ Có khả năng tự học tập, tích lũy kiến thức, kinh nghiệm để nâng cao trình độ chuyên môn.

III. NỘI DUNG MÔN HỌC

1. Nội dung tổng quát và phân bổ thời gian:

STT	Tên các bài trong môn học	Thời gian (giờ)			
		Tổng số	**Lý thuyết**	**Thực hành, thực tập, thí nghiệm, bài tập**	**Kiểm tra**
1	**Chương 1. Khái niệm chung về khí cụ điện**	**13**	**11**	**01**	**01**
	1. Khái niệm, phân loại và các yêu cầu cơ bản về khí cụ điện	02	02		
	2. Các trạng thái làm việc của khí cụ điện	01	01		
	3. Quá trình phát nóng của khí cụ điện	03	03		
	4. Hồ quang điện	03	03		
	5. Lực điện động	04	02	01	01
2	**Chương 2. Khí cụ điện đóng cắt**	**17**	**12**	**04**	**01**
	1. Cầu dao	04	03	01	
	2. Áp tô mát	03	02	01	
	3. Máy cắt	05	03	01	
	4. Recloser	05	04	01	01
3	**Chương 3. Khí cụ điện bảo vệ và điều khiển**	**17**	**11**	**05**	**01**
	1. Cầu chì	04	03	01	
	2. Công tắc tơ	02	01	01	
	2. Khởi động từ	02	01	01	
	3. Rơle	06	04	02	
	4. Kháng điện	03	02		01
	Cộng	**45**	**32**	**10**	**03**

*** Ghi chú:** *Thời gian kiểm tra lý thuyết được tính vào giờ lý thuyết, kiểm tra thực hành được tính bằng giờ thực hành.*

IV. YÊU CẦU VỀ ĐÁNH GIÁ HOÀN THÀNH MÔN HỌC

1. Nội dung đánh giá:

** Kiến thức:*

+ Cấu tạo, nguyên lý làm việc, các thông số kỹ thuật, nguyên tắc đóng cắt điện của các khí cụ điện.

+ Nguyên nhân và quá trình phát nóng, phát sinh hồ quang và phương pháp dập hồ quang của các khí cụ điện.

** Kỹ năng:*

+ Đọc và phân tích được các ký hiệu, thông số trên nhãn máy.

+ Nhận biết các loại máy cắt điện, các loại dao cách ly, dao nối đất sử dụng trong hệ thống điện trung áp, cao áp.

+ Kiểm tra thông số kỹ thuật, chủng loại các loại khí cụ điện khi lắp đặt và quản lý.

* Về thái độ: Cẩn thận, tự giác.

2. Công cụ đánh giá:

- Hệ thống ngân hàng câu hỏi về: Công dụng, cấu tạo của các khí cụ điện dùng trong hệ thống điện, phương pháp dập tắt hồ quang điện;

- Hệ thống bài tập giải mạch điện một chiều, xoay chiều 1 pha, 3 pha.

3. Phương pháp đánh giá:

- Trắc nghiệm.

- Tự luận.

CHƯƠNG I

KHÁI NIỆM CHUNG VỀ KHÍ CỤ ĐIỆN

Giới thiệu

Chương này trình bày về công dụng, phân loại và các yêu cầu cơ bản của khí cụ điện. Kiến thức cơ bản về hồ quang điện, các trạng thái làm việc, quá trình phát nóng của khí cụ điện và lực điện động. Những kiến thức này sẽ giúp sinh viên hiểu được chức năng cơ bản của khí cụ điện trong thực tế. Từ đó sinh viên có thể tiếp tục tìm hiểu sâu hơn về các loại khí cụ điện trong thực tế.

Mục tiêu

Học xong chương này, người học có khả năng:

- Trình bày được công dụng, phân loại và các yêu cầu cơ bản của khí cụ điện.

- Nêu được các trạng thái làm việc và quá trình phát nóng của khí cụ điện.

- Trình bày được khái niệm, quá trình hình thành, tác hại và các phương pháp dập hồ quang điện.

- Trình bày được khái niệm và các phương pháp tính lực điện động

Nội dung

1. Công dụng, phân loại – các yêu cầu cơ bản của khí cụ điện.

1.1. Công dụng và phân loại

1.1.1. Công dụng.

Khí cụ điện là những thiết bị điện dùng để đóng cắt, điều khiển, điều chỉnh và bảo vệ lưới điện, mạch điện, các 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. Phân loại

Để thuận tiện cho nghiên cứu, sử dụng và sửa chữa khí cụ điện, người ta phân loại như sau:

- *Phân loại theo công dụng.*

+ Khí cụ điện dùng để đóng cắt lưới điện và mạch điện: cầu dao, áptômát, máy ngắt,...

+ Khí cụ điện dùng để mở máy, điều chỉnh tốc độ, điều chỉnh điện áp, dòng điện: công tắc tơ, khởi động từ, bộ khống chế, biến trở, điện trở, ...

+ Khí cụ điện dùng để duy trì tham số điện có giá trị không đổi: thiết bị tự động điều chỉnh điện áp, dòng điện, tần số, tốc độ, ...

+ Khí cụ điện dùng để bảo vệ lưới điện, máy điện: rơle, áptômát, cầu chì,...

+ Khí cụ điện đo lường: máy biến dòng điện, máy biến điện áp.

- *Phân loại theo điện áp.*

+ Khí cụ điện hạ áp: Được chế tạo để dùng ở điện áp dưới 1000V (thông thường chỉ đến 600V).

+ Khí cụ điện cao áp: Được chế tạo để dùng ở điện áp định mức từ 1000V trở lên.

- *Phân loại theo dòng điện:* Khí cụ điện dùng trong mạch điện một chiều và trong mạch điện xoay chiều.

- *Phân loại theo nguyên lý làm việc*: cảm ứng, điện từ, nhiệt, có tiếp điểm và không có tiếp điểm, ...

- *Phân loại theo điều kiện làm việc và dạng bảo vệ*: Khí cụ điện làm việc ở vùng nhiệt đới, vùng có nhiều rung động, vùng mỏ có khí nổ, ở môi trường có chất ăn mòn, loại để hở, loại để kín, ...

1.2. Phạm vi ứng dụng:

Khí cụ điện được sử dụng rộng rãi trong các nhà máy phát điện, trạm biến áp, trong các xí nghiệp công nghiệp, nông nghiệp, lâm nghiệp, thủy lợi, giao thông vận tải, quốc phòng ....

Ở nước ta hầu hết các khí cụ điện được nhập từ nhiều nước khác nhau nên quy cách không thống nhất việc bảo quản và sử dụng còn nhiều thiếu sót dẫn đên hư hỏng, gây thiệt hải khá nhiều về kinh tế

Do đó việc nâng cao hiệu quả sử dụng, bổ túc kiến thức bảo dưỡng, bảo quản và kỹ thuật sửa chữa khí cụ điện phù hợp với điều kiện khí hậu nhiệt đới của ta là nhiệm vụ quan trọng cần thiết đối với Học sinh – Sinh viên chuyên ngành hệ thống điện hiện nay

- Các máy điện gồm máy phát điện, động cơ điện

- Các thiết bị truyền tải điện như đường dây, cáp, thanh góp, sứ cách điện, máy biến áp, kháng điện cũng được xem là khí cụ điện ở nhóm này

- Dụng cụ đo lường

- Các khí cụ điện còn lại khí cụ đóng cắt, chuyển đổi, khống chế, điều khiển, bảo vệ và kiểm tra ...gọi chung là khí cụ điện

1.3. Các yêu cầu cơ bản.

Khí cụ điện cần phải thỏa mãn yêu cầu sau:

- Khí cụ điện phải ổn định nhiệt và ổn định điện động.

- Khí cụ điện phải đảm bảo sử dụng lâu dài với các thông số kỹ thuật ở định mức

- 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 cách điện.

- Khí cụ điện phải đảm bảo làm việc được chính xác, an toàn, song phải gọn nhe, rẻ tiền, rễ lắp ráp, dễ kiểm tra và sửa chữa.

- Ngoài ra khí cụ điện phải làm việc ổn định ở các điều kiện khí hậu và môi trường yêu cầu.

2. Các trạng thái làm việc của khí cụ điện.

2.1. Trạng thái làm vệc bình thường

Là các khí cụ điện cũng như các thiết bị điện làm việc với các đại lượng thông số không vượt quá trị số định mức như các đại lượng về dòng điện, điện áp, công suất…

Đại lượng định mức là những trị số của các thong số mà thiết bị điện được sử dụng hết khả năng của chúng đồng thời đảm bảo làm việc lâu dài

2.2. Trạng thái làm việc không bình thường

Là khi một trong các đại lượng đó vượt quá trị số cho phép gọi là làm việc trong trạng thái không bình thường

Quá dòng điện: dòng điện vượt quá trị số định mức như quá tải, ngắn mạch, khi đó các tổn hao trong dây quấn và lõi thép vượt quá mức bình thường làm nhiệt độ tăng cao gây hư hỏng KCĐ

Quá điện áp: điện áp vượt quá trị số định mức như trong trường hợp quá điện áp do sét. Khi đó điện trường trong vật liệu cách điện tăng cao có thể xảy ra phóng điện gây hư hỏng cách điện

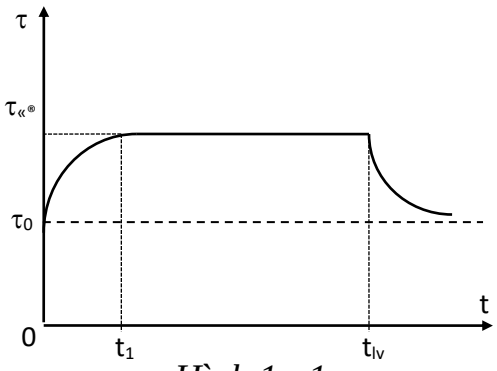
Các loại ngắn mạch: ngắn mạch 3 pha, ngắn mạch 2 pha, ngắn mạch 1 pha, ngắn mạch 2 pha chạm đất. Khi có ngắn mạch dòng điện rất lớn, đây là trường hợp sự cố của mạch điện nên cần thiết phải có thiết bị bảo vệ.

3. Quá trình phát nóng của khí cụ điện.

3.1. Sự phát nóng ở chế độ làm việc dài hạn.

- Chế độ làm việc dài hạn là chế độ khí cụ điện làm việc trong thời gian dài $t_{lv} > t_1$,

t_1 là thời gian phát nóng của khí cụ điện tính từ lúc nhiệt độ của khí cụ điện bằng nhiệt độ môi trường (τ_0) đến nhiệt độ ổn định ($\tau_{ođ}$).



Hình 1 - 1

- Đồ thị véc tơ. $\tau = f(t)$.

- Cho phép $\tau_{ođ} < \tau_{cp}$: Trong đó τ_{cp} nhiệt độ cho phép của khí cụ điện.

- Nhiệt độ tiêu tốn trong khoảng thời gian Δt theo định luật Jun - Lenxơ:

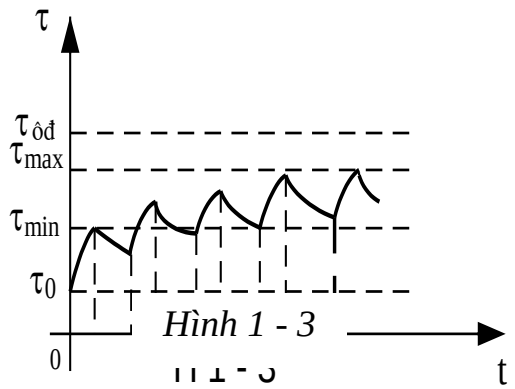
$Q = P.\Delta t = I^2.R.\Delta t$.

- Khi ngắt dòng điện là bắt đầu quá trình nguội lạnh $t > t_{lv}$. Nhiệt lượng tích lũy trong khí cụ điện được tỏa ra môi trường xung quanh cho đến khi nhiệt độ của khí cụ điện bằng nhiệt độ môi trường xung quanh thì sẽ kết thúc quá trình nguội lạnh.

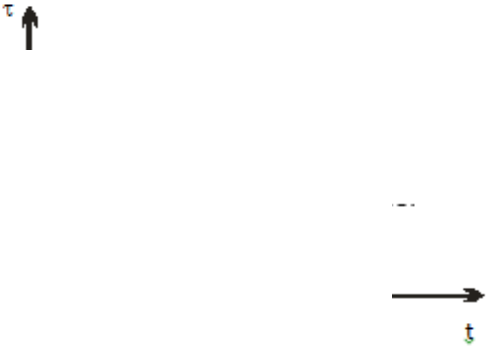
- Chọn phụ tải cho khí cụ điện làm việc $P_{lv} \le P_{cp}$ và kinh tế nhất $P_{lv} = P_{cp}$

3.2. Sự phát nóng ở chế độ làm việc ngắn hạn.

- Thời gian làm việc của khí cụ điện $t_{lv} < t_1$. Do đó nhiệt độ phát nóng của khí cụ điện chưa bằng nhiệt độ ổn định ($\tau_{ođ}$) thì đã cắt điện, nhiệt độ làm việc của KCĐ biểu diễn trên đường số 1của đồ thị $\tau = f(t)$.



Hình 1 - 3



Hình 1 - 2

- Để tận dụng hết khả năng làm việc của khí cụ điện, chọn công suất làm việc cho KCĐ: $P_{lv} > P_{cp}$, nhiệt độ làm việc của KCĐ biểu diễn trên đường số 2 của đồ thị $\tau = f(t)$.

3.3. Sự phát nóng của khí cụ điện làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại.

- Thời gian khí cụ điện làm việc theo một chu trình: Làm việc → nghỉ → làm việc, với thời gian 1 chu kỳ là 10 phút.

- Khí cụ điện làm việc với nhiệt độ chưa đạt tới nhiệt độ ổn định thì đã nghỉ nhưng nhiệt độ chưa bằng nhiệt độ môi trường thì lại làm việc, cứ lặp đi lặp lại như vậy, nhiệt độ dao động trong khoảng từ: $\tau_{max} \div \tau_{min}$.

Trong đó: $\tau_{max} < \tau_{ôđ}$; $\tau_{min} > \tau_0$

- Để tận dụng hết khả năng làm việc của khí cụ điện ta chọn phụ tải cho khí cụ điện làm việc: $P_{lv} > P_{cp}$

4. Hồ quang điện.

4.1. Khái niệm.

Đối với khí cụ điện khi đóng, cắt mạch điện có xuất hiện hồ quang điện ở chỗ tiếp xúc. Nếu để hồ quang cháy lâu sẽ hư hỏng các khí cụ điện, do đó phải dập tắt hồ quang càng nhanh càng tốt.

4.2.Quá trình hình thành hồ quang

Hình 1- 4

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 A/ cm^2), nhiệt độ rất cao (4000 – 5000^0C). Điện áp càng cao dòng điện càng lớn thì hồ quang càng mãnh liệt

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 rổ 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.

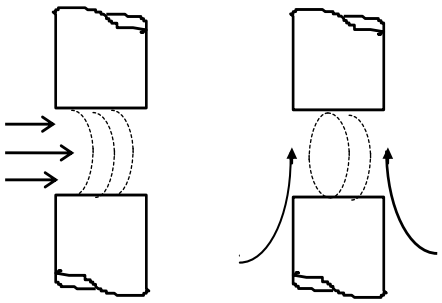
- Hồ quang có thể gây cháy và gây tai nạn khác.

4.4. Các phương pháp dập hồ quang.

4.4.1. Phương pháp thổi hồ quang.

- Dùng khí lạnh có áp suất cao để thổi hồ quang.

- Dùng chất khí sản sinh ra khi cho hồ quang tiếp xúc với chất rắn (gỗ phíp, thủy tinh hữu cơ ...) hoặc chất lỏng như dầu máy biến áp, dưới tác dụng của nhiệt độ hồ quang chất này sinh ra chất khí có áp

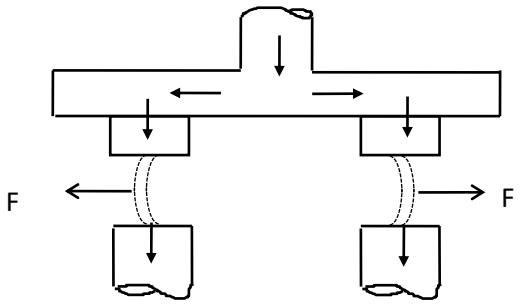


Thổi ngang Thổi dọc

suất cao và nó chứa khí hyđrô thổi tắt hồ quang. Các chất khí này có thể thổi ngang, hoặc thổi dọc Hình 1 - 5.

4.4.2. Phương pháp đẩy hồ quang.

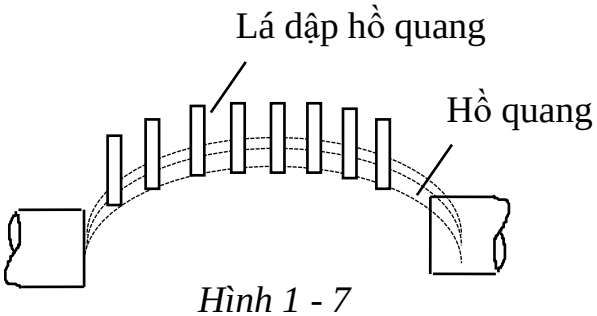
Cho hồ quang chuyển động trong lòng cuộn thổi từ, dưới tác dụng của dòng điện hồ quang với từ trường tạo nên lực điện từ đẩy hồ quang Hình 1 - 6.



Hình 1 - 6

4.4.3. Phương pháp chia nhỏ hồ quang.

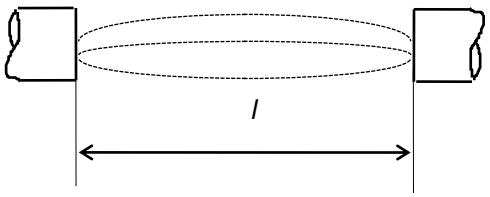
Các lá dập hồ quang được đặt thẳng góc với tia hồ quang. Hồ quang được chia nhỏ thành hồ quang độc lập và chuyển động với vận tốc khác nhau, hồ quang được dập tắt nhanh chóng Hình 1 - 7.



Hình 1 - 7

4.4.4. Phương pháp tăng nhanh khoảng cách giữa các tiếp điểm.

Khi ngắt đầu tiếp xúc ra, hồ quang được kéo dài theo hướng dọc trục khi khoảng cách *l* đủ lớn cho hồ quang tăng, dòng hồ quang giảm, hồ quang nhanh chóng được dập tắt Hình 1- 8.



Hình 1 - 8

5. Lực điện động.

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 thong 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 chũng 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 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 quy 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 thong 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 hủy chi tiết thậm chí phá hủy 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 hủy khi có dòng điện ngắn mạch cực đại tức thời chạy qua. Việc tính toán đó lại càng cần thiết nếu ta muốn có được khí cụ điện có kích thước nhỏ gọn.

5.2..Phương pháp tính lực điện động

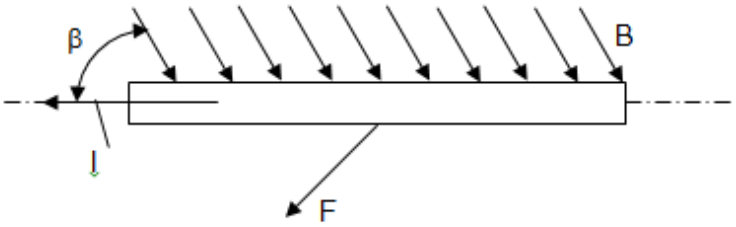
Để tính toán lực điện động ta có thể dùng 2 phương pháp

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 lực điện từ có giá trị bằng công thức:

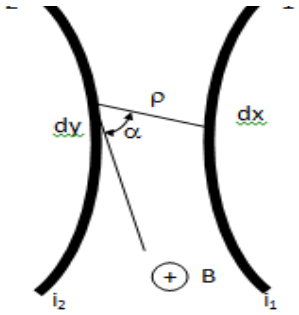
$$F = IBl\sin\beta \quad \text{N} \qquad (1)$$

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



Hình 1 -9: Lực điện động trong dây dẫn

❖ 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 - 10 Lực điện động trong 2 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:

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

Trong đó :

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

* Dây dẫn đặt trong không khí thì độ từ thẩm tương đối: μ_{td}

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

Nếu thay: $\mu_0$vào (2) ta có:

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

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

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:

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

Trong đó:

+ L_1 , L_2: là tự cảm của các mạch vòng
+ M: là hỗ cảm của 2 mạch vòng

CHƯƠNG 2: KHÍ CỤ ĐIỆN ĐÓNG CẮT

Giới thiệu

Chương này cung cấp cho người học các kiến thức cơ bản về khí cụ điện đóng cắt. Từ đó giúp người học hiểu được công dụng, cấu tạo, nguyên tắc tác động cũng như cách tính chọn của các khí cụ điện thuộc nhóm này. Khí cụ điện đóng cắt bao gồm cầu dao, dao cách ly, dao phụ tải, áp tô mát, máy cắt điện, Reclser...

Chức năng của khí cụ điện đóng cắt là đống cắt tự động hoặc đóng cắt bằng tay cho mạch điện ỏ các chế độ làm việc khác nhau.

Dao cách ly dùng để đóng cắt mạch khi không có dòng điện và đóng cắt dòng điện khi không tải của máy biến áp và đường dây

Dao phụ tải dùng để đóng cắt dòng điện khi có tải.

Máy cắt dùng để tự động đóng cắt khi ngắn mạch

Đặc điểm của khí cụ điện đóng cắt là tần số tháo tác thấp (thỉnh thoảng mới phải đóng cắt) do đó tuổi thọ cao có thể đạt tới vài chục ngàn lần đóng cắt.

Mục tiêu

Học xong chương này, người học có khả năng:

- Trình bày được công dụng, cấu tạo, nguyên tắc tác động và cách tính chọn các loại cầu dao
- Phân tích được đặc điểm của máy cắt điện
- Vẽ được sơ đồ và phân tích được nguyên lý làm việc của các loại khí cụ điện đóng cắt đã học
- Trình bày được nguyên tăc dập hồ quang của khí cụ điện đóng cắt

Nội dung

1. Cầu dao.

1.1. Cầu dao hạ áp

1.1.1. Khái quát và công dụng.

Cầu dao hạ áp là một khí cụ điện có cấu tạo đơn giản được dùng để đóng cắt mạch điện bằng tay, sử dụng trong các mạch điện một chiều và xoay chiều có điện áp tới 500V, dòng điện định mức có thể lên tới 2kA.

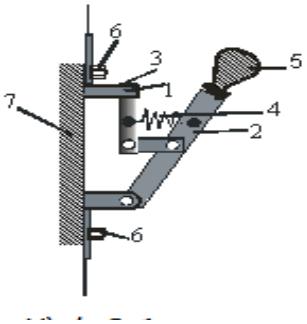
Khi thao tác đóng ngắt mạch điện, cần đảm bảo an toàn cho người và thiết bị dùng điện. Bên cạnh đó, cần có biện pháp dập tắt hồ quang điện, tốc độ di chuyển lưỡi dao càng nhanh thì hồ quang kéo dài ngắn, thời gian dập tắt hồ quang càng ngắn. vì vậy khi đóng, ngắt mạch điện bằng cầu dao càn phải thực hiện một cách dứt khoát.

Thông thường cầu dao được bố trí cùng cầu chì để bảo vệ ngắn mạch cho mạch điện

1.1.2. Cấu tạo.

Hình 2 - 1

1- Tiếp điểm tĩnh (kẹp lưỡi dao).
2- Tiếp điểm động (lưỡi dao chính).
3- Lưỡi dao phụ.
4- Lò xo cắt.
5- Tay nắm thao tác.
6. Cực đấu dây.
7 - Đế cách điện.



Hình 2 - 2

Phần chính của cầu dao là lưỡi dao (tiếp xúc tĩnh) và hệ thống kẹp lưỡi (tiếp xúc động), được làm bằng hợp kim của đồng.

Do tốc độ kéo bằng tay không thể nhanh, nên cầu dao được bố trí thêm lưỡi dao phụ có lò xo bật nhanh để dập hồ quang điện (cầu dao có dòng điện một chiều định mức lớn hơn 30A)

1.1.3. Nguyên tắc thao tác.

- Tay nắm thao tác (5) được làm bằng vật liệu cách điện, khi cắt điện kéo mạnh tay nắm thao tác, lưỡi dao chính (2) tách ra khỏi tiếp xúc tĩnh (1), mạch điện vẫn hoạt động. Khi lưỡi dao chính tách khỏi tiếp xúc tĩnh thì lo xo (4) được kéo căng tới khi lực căng đủ thắng lực ép của tiếp xúc tĩnh thì lưỡi dao phụ (3) tách nhanh ra khỏi tiếp xúc tĩnh và thực hiện cắt mạch điện.

- Do sự bật nhanh của lưỡi dao phụ nên hồ quang được kéo dài nhanh và được dập tắt nhanh chóng. Để ngăn cách hồ quang giữa các cực thì mỗi cặp tiếp điểm được đặt trong một hộp kín bằng nhựa cứng.

1.1.4. Phân loại

- Theo kết cấu: Cầu dao một cực, hai cực, ba cực; Cầu dao có tay thao tác ở giữa, bên cạnh; Cầu dao một ngả, hai ngả (dùng đảo nguồn cung cấp, đảo chiều quay động cơ...)

- Theo điện áp định mức: 110 V, 250 V, 500 V.

- Theo dòng điện định mức: 10A, 15A, 20A, 30A, ... Dòng điện định mức của cầu dao được cho trước bởi nhà sản xuất.

- Theo vật liệu cách điện: Đế bằng sứ, đế bằng nhựa, đế bằng đá....

- Theo điều kiện bảo vệ: loại có nắp, không có nắp (loại không có nắp được đặt trong hộp hay tủ điều khiểnl).

- Theo yêu cầu sử dụng: Cầu dao có cầu chì bảo vệ ngắn mạch hoặc không có cầu chì bảo vệ.

1.1.5. Thông số kỹ thuật

Đặc tính kỹ thuật	**Phần yêu cầu đối với khí cụ điện**	**Đơn vị đo**	**Giá trị ở dòng xoay chiều**
Điện áp định mức Dòng điện định mức Tần số dòng điện	Tiếp điểm chính Tiếp điểm chính Tiếp điểm chính	V A Hz	1000 200/350/600/1000 50 ÷ 60
Tuổi thọ cơ khí	Tổng hợp	Thao tác	1000
Dây dẫn nối	Cực chính		200A : tối thiểu 25x3 50A: tối thiểu 30x5 600A : tối thiểu 40x8 1000A: tối thiểu 50x10

1.1.6. Tính chọn cầu dao.

Chọn cầu dao theo dòng điện định mức và điện áp định mức:

Gọi Itt là dòng điện tính toán của mạch điện.

$U_{nguồn}$ là điện áp nguồn của lưới điện sử dụng.

$$I_{đmcầudao} > I_{tt}$$

$$U_{đm\ cầu\ dao} > U_{nguồn}$$

1.1.7. Hư hỏng và các nguyên nhân gây hư hỏng.

Lưỡi dao chính không tiếp xúc tốt với ngàm tiếp xúc, ốc bắt bị lỏng tình trạng lưỡi dao không bình thường, lò xo của lưỡi dao phụ bị tuột hoặc không đủ căng .

Nguyên nhân lưỡi dao không tiếp xúc tốt là:

+ Ngàm tĩnh quá rộng, mặt tiếp xúc bị bụi bẩn làm tăng điện trở tiếp xúc .

+ Khi lưỡi dao chính tiếp xúc không tốt dẫn đến điện trở tiếp xúc lớn dòng điện sẽ đốt nóng và có thể làm cháy mặt tiếp xúc cần vệ sinh lưỡi dao và ngàm tiếp xúc.

1.2. Cầu dao cao áp

1.2.1.Cầu dao cách ly

a. Công dụng, phân loại

- Cầu dao cách ly được dùng để cách ly các thiết bị cao áp với nguồn điện nhằm tao ra khoảng cách cách điện có thể nhìn thấy đảm bảo an toàn trong quá trình kiểm tra, sửa chữa và thay thế.

- Cầu dao cách ly chỉ thực hiện đóng cắt mạch khi không tải, như vậy nó chỉ cắt sau khi máy cắt điện đã cắt và đóng khi máy cắt điện chưa đóng.

- Cầu dao cách ly được chế tạo với loại đặt trong nhà và loại đặt ngoài trời, loại 1 cực và 3cực...

b.Cấu tạo, nguyên tắc đóng cắt điện

Hình 2 - 3

DAO CÁCH LY 3 PHA (NGOÀI TRỜI)
- Điện áp định mức : 24kV đến 35kV
- Tần số định mức : 50Hz
- Dòng điện định mức : 630A
- Dòng ngắn mạch định mức : 25kA/s
- Phù hợp cho lắp đặt theo phương ngang hoặc đứng
- Vận hành đóng cắt bằng thanh truyền động

1- Lưỡi dao động

2- Tiếp điểm tĩnh

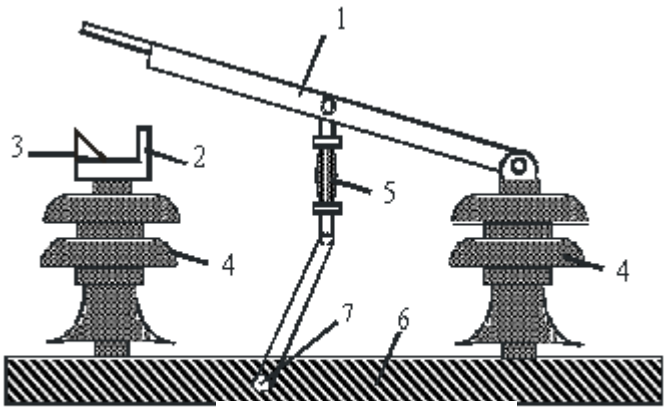
3- Góc dập hồ quang điện

4- Sứ cách điện

5- Sứ di động

6- Giá đỡ

7- Trục truyền động



Hình 2 - 4

Thực hiện thao tác đóng cắt đều qua bộ truyền động làm quay trục 7 để nâng lên hoặc hạ lưỡi dao động 1.

c. Đặc tính kỹ thuật của cầu dao cách ly.

*. Yêu cầu kỹ thuật đối với dao cách ly :

Dao cách ly phải làm việc tin cậy, tiếp xúc phải đảm bảo chắc chắn.

Phải đảm bảo ổn định động và ổn định nhiệt khi có dòng điện ngắn mạch cực đại chạy qua.

Kết cấu dao cách ly phải gọn nhẹ, đơn giản, dễ lắp đặt, dễ thao tác, phải liên động với máy cắt để dao cách ly đã cắt điện và chỉ đóng điện cách ly trước khi đóng điện cho máy cắt.

Khoảng cách giữa các lưỡi dao sau khi cắt hết hành trình phải đủ lớn, để đảm bảo không bị phóng điện khi có xung điện áp.

*. Các điều kiện chọn và kiểm tra cầu dao cách ly

Dao cách ly được chọn theo điều kiện định mức, chúng được kiểm tra theo điều kiện ổn định lực điện động và ổn định nhiệt

- Chọn dao cách ly

+ Điều kiện chọn:

$$U_{đmDCL} \geq U_{đm\ mạng}$$

$$I_{đmDCL} \geq I_{cb}$$

+ Điều kiện để kiểm tra :

- Kiểm tra ổn định động: $I_o \geq I_{xk}$ hay $i_o \geq i_{xk}$
- Kiểm tra ổn định nhiệt:

$$I_{ôdnh} \geq I_{\infty}\sqrt{\frac{t_{qđ}}{t_{nhđh}}}$$

1.2.2. Cầu dao nối đất.

- Cầu dao nối đất có cấu tạo hoàn toàn giống cầu dao cách ly, nhưng nó có tác dụng đóng tiếp địa cho các thiết bị điện sau khi đã tách ra khỏi nguồn điện.

- Cầu dao nối đất được bố trí liên động với thiết bị đóng cắt hoặc riêng rẽ. Trong trường hợp riêng rẽ, thì thao tác hoàn toàn giống cầu dao cách ly nhưng

nó chỉ được đóng sau khi đã cắt nguồn điện ra khỏi thiết bị điện cần tiếp đất, và cắt trước khi đóng điện cho thiết bị điện.

1.2.3. Cầu dao phụ tải:

a- Công dụng:

- Dùng để đóng cắt dòng điện phụ tải có công suất nhỏ. Nó có cấu tạo gọn nhẹ, dễ vận hành. Cầu dao phụ tải chỉ cắt được dòng điện phụ tải không cắt được dòng điện sự cố, do đó nó được bố trí cùng cầu chì cao áp để bảo vệ khi có quá tải và ngắn mạch.

- Cầu dao phụ tải thường được dùng cho lưới điện chiếu sáng công cộng hoặc lưới điện nông nghiệp.

b- Cấu tạo, nguyên tắc đóng cắt điện: Hình 2 – 5

1- Giá đỡ

2- Sứ cách điện

3- Tiếp điểm tĩnh

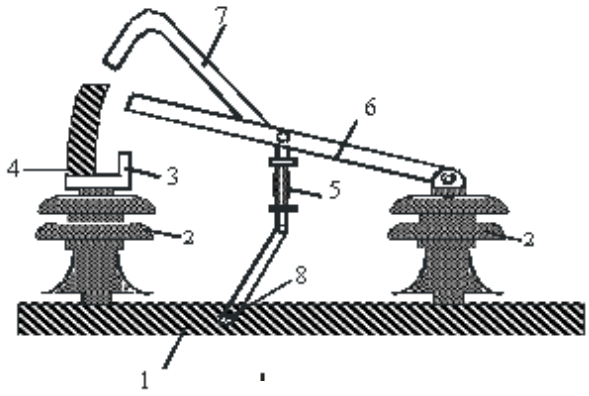
4- Buồng dập hồ quang

5- Sứ di động

6- Tiếp điểm làm việc

7- Tiếp điểm dập hồ quang

8- Trục truyền động



Hình 2 - 5

Để thực hiện đóng, cắt ta quay tay quay ở cơ cấu truyền động để nâng hoặc hạ tiếp điểm làm việc.

c. Phương pháp dập hồ quang điện

Buồng dập hồ quang điện 4 được làm bằng vật liệu sinh khí. Khi có hồ quang điện, dưới tác dụng của nhiệt độ hồ quang, vật liệu sinh khí có áp lực cao dập tắt hồ quang.

Vật liệu sinh khí có thể là Phibrôbakelít hoặc thuỷ tinh hữu cơ.

2. Áp tô mát .

2.1. Công dụng và phân loại.

2.1.1. Công dụng:

Áptômát là một khí cụ điện vừa được dùng để đóng, cắt mạch điện vừa làm nhiệm vụ bảo vệ các thiết bị điện và lưới điện có điện áp tới 500V.

2.1.2. Phân loại:

Áptômát được chia ra làm 2 loại

+ Áptômát quá dòng.

+ Áptômát kém áp.

Hình 2 - 6

2.2. Áptômát quá dòng.

2.2.1. Công dụng.

Áptômát quá dòng là một khí cụ điện vừa được dùng để cắt mạch điện, vừa làm nhiệm vụ bảo vệ các thiết bị điện và lưới điện khi có quá tải và ngắn mạch.

2.2.2. Cấu tạo. *Hình 2–7*

1- Tiếp điểm tĩnh.

2- Tiếp điểm động.

3- Cuộn quá dòng điện.

4- Lá động.

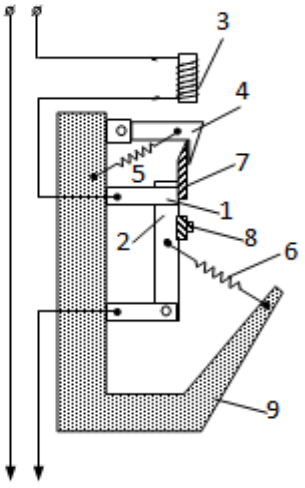
5- Lò xo đóng.

6. Lò xo cắt

7- Chốt hãm.

8 - Đế cách điện.

9- Tay nắm thao tác.



Hình 2 - 7

2.2.3. Nguyên tắc tác động.

- Áptômát quá dòng đóng /cắt bằng tay, cắt tự động khi có quá tải và ngắn mạch.

- Quá trình thực hiện đóng /cắt bằng tay tương tự như khi thao tác đóng /cắt cầu dao, công tắc điện.

- Quá trình thực hiện cắt tự động được thực hiện như sau:

+ Cuộn dây 3 được mắc nối tiếp với mạch điện cần bảo vệ, khi dòng điện qua cuộn dây 3 nằm trong phạm vi cho phép thì lực hút của cuộn dây nhỏ hơn lực kéo của lò xo 5, áptômát ở trạng thái đóng.

+ Khi dòng điện qua cuộn dây 3 vượt quá giá trị cho phép thì lực hút cuộn dây 3 thắng lực cản của lò xo 5, lá thép 4 bị hút nhả chốt hãm 7. Dưới tác dụng của lò xo 6 tiếp điểm động 2 bật nhanh ra khỏi tiếp điểm tĩnh 1, thực hiện cắt mạch điện.

- Để đảm bảo tác động có chọn lọc, ở áptômát quá dòng người ta chế tạo bộ phận tạo thời gian tác động có thể hiệu chỉnh được.

2.2.4. Nguyên tắc dập hồ quang.

Để dập tắt hồ quang điện trong quá trình đóng /cắt điện, thì mỗi cực có một buồng dập hồ quang. Buồng dập hồ quang gồm nhiều lá thép non xếp theo phương vuông góc với tia hồ quang điện. Khi hồ quang điện phát sinh, dưới tác dụng của lực điện động, hồ quang điện được đẩy vào các khe hở giữa các lá sắt non và hồ quang điện được dập tắt. Mặt khác dưới tác dụng của lò xo 6, tiếp điểm động bật nhanh ra khỏi tiếp điểm tĩnh, tạo điều kiện cho quá trình dập hồ quang điện được dập tắt dễ dàng.

2.3 Áptômát kém áp.

2.3.1. Công dụng.

Áptômát kém áp là một khí cụ điện vừa được dùng để đóng /cắt mạch điện, vừa làm nhiệm vụ bảo vệ các thiết bị điện và lưới điện khi điện áp giảm quá trị số cho phép.

2.3.2. Cấu tạo**.** *Hình 2–8*

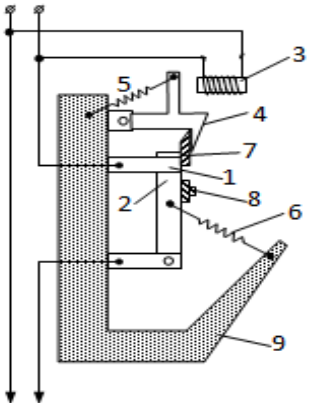
1- Tiếp điểm tĩnh. *6. Lò xo cắt*

2- Tiếp điểm động. *7- Chốt hãm.*

3- Cuộn kém áp. *8 - Đế cách điện.*

4- Lá động. *9- Tay nắm thao tác.*

5- Lò xo đóng.



Hình 2 - 8

2.3.3. Nguyên tắc tác động.

- Áptômát kém áp đóng /cắt bằng tay, cắt tự động khi điện áp giảm quá trị số cho phép.

- Quá trình thực hiện đóng /cắt bằng tay tương tự như khi thao tác đóng /cắt cầu dao.

- Quá trình thực hiện cắt tự động được thực hiện như sau:

+ Cuộn dây số 3 được mắc song song với mạch cần được bảo vệ. Trạng thái làm việc bình thường, tức là điện áp ở trị số định mức thì lực hút của cuộn dây 3 cân bằng với lực kéo của lò xo 5, chốt hãm 7 được giữ bởi lá thép 4 và áptômát ở trạng thái đóng.

+ Khi điện áp giảm quá trị số cho phép thì lực hút cuộn dây nhỏ hơn lực kéo của lò xo 5, lá thép 4 bị kéo lên nhả chốt hãm 7. Dưới tác dụng của lò xo 6 tiếp điểm động 2 bật nhanh ra khỏi tiếp điểm tĩnh 1, thực hiện cắt mạch điện.

- Để đảm bảo tác động có chọn lọc, ở áptômát kém áp người ta chế tạo bộ phận tạo thời gian tác động có thể hiệu chỉnh được.

2.3.4. Nguyên tắc dập hồ quang.

Để dập tắt hồ quang điện trong quá trình đóng§ /cắt điện, thì mỗi cực có một buồng dập hồ quang. Buồng dập hồ quang gồm nhiều lá thép non xếp theo phương vuông góc với tia hồ quang điện. Khi hồ quang điện phát sinh, dưới tác dụng của lực điện động, hồ quang điện được đẩy vào các khe hở giữa các lá sắt non và hồ quang điện được dập tắt. Mặt khác dưới tác dụng của lò xo 6, tiếp điểm động bật nhanh ra khỏi tiếp điểm tĩnh, tạo điều kiện cho quá trình dập hồ quang điện được dập tắt dễ dàng

3. Máy cắt điện.

3.1. Máy cắt điện dầu

3.1.1. Máy cắt điện ít dầu

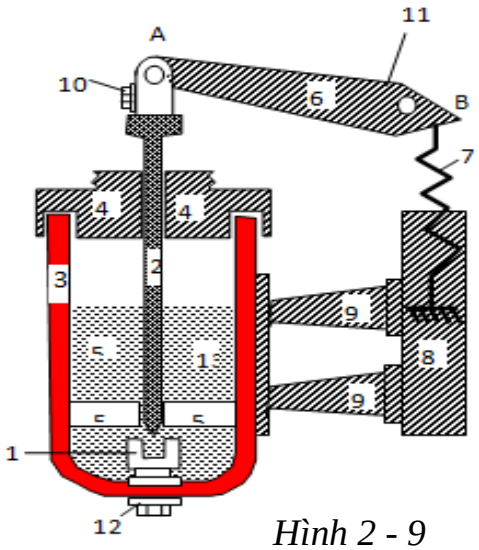
a. Đặc điểm.

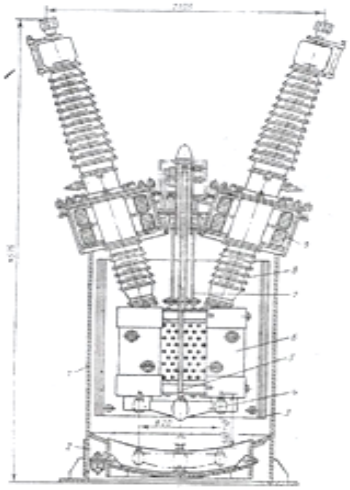
Lượng dầu trong máy cắt ít vào khoảng từ 10÷20 kg. Dầu chủ yếu làm nhiệm vụ dập hồ quang điện chứ không có tác dụng cách điện. Để thực hiện cách điện người ta dùng sư cách điện và không khí.

Do lượng dầu ít nên kích thước nhỏ gọn và thường được dùng cho lưới điện có điện áp đến 35kV.

b. Cấu tạo.

Tiếp điểm tĩnh 1 được đặt ở đáy thùng dầu, do đó khi làm việc thùng dầu mang điện nên nó được sơn mầu đỏ để báo hiệu nguy hiểm. Tiếp điểm động 2 có dạng hình thanh tròn chuyển động dễ dàng trong sứ xuyên 4 buồng 5 có nhiều khe hở không khí để dập hồ quang điện.





Hình 2 - 9

1. Tiếp điểm tĩnh *7. Lò xo*

2. Tiếp điểm động *8. Giá đỡ*

3. Thùng dầu MBA *9. Sứ đỡ*

4. Sứ cách điện *10, 12. Cực đấu dây*

c. Nguyên lý làm việc.

- Khi đóng, quay tay quay ở bộ truyền động, làm trục truyền động 11 quay hạ đầu A xuống và đầu B được nâng lên tiếp điểm 2 tiếp xúc với tiếp điểm 1, nối

liền mạch điện từ cực đấu dây 10 tới cực đấu dây 12. Đồng thời lò xo 7 giãn ra tích lũy động năng chuẩn bị cho tác động cắt.

- Khi cắt ta tác động vào chốt hãm ở bộ truyền động, lò xo 7 được tự do và làm tiếp điểm 2 bật nhanh ra khỏi tiếp điểm 1 thực hiện cắt mạch.

d. Phương pháp dập hồ quang.

Khi thực hiện đóng, cắt mạch điện phát sinh hồ quang điện giữa các tiếp điểm. Dưới tác dụng của nhiệt độ hồ quang điện, dầu phân ly tạo thành một lượng khí có áp lực cao thổi hồ quang vào các khe hở buồng dập hồ quang 5 và hồ quang điện được dập tắt.

e. Các thông số kỹ thuật

- Loại máy cắt:
- Điện áp định mức: kV
- Dòng điện định mức: A
- Dòng điện cắt định mức: kA
- Công suất cắt định mức: MVA

**** Ví dụ 1:***

+ Loại máy cắt: ВМП-10
+ Điện áp định mức: 10kV
+ Dòng điện định mức: 600A
+ Dòng điện cắt định mức: 20kA
+ Công suất cắt định mức: 350MVA

**** Ví dụ 2:***

+ Loại máy cắt: BMK- 35
+ Điện áp định mức: 35kV
+ Dòng điện định mức: 1000A
+ Dòng điện cắt định mức: 16.4kA
+ Công suất cắt định mức: 1000MVA

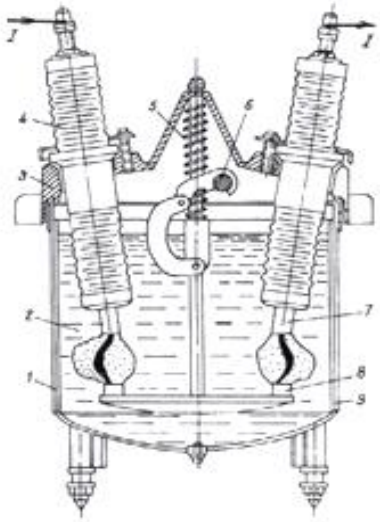
3.1.2. Máy cắt điện nhiều dầu

a. Đặc điểm.

- Trong máy cắt điện nhiều dầu thì lượng dầu tương đối lớn, nó vừa làm nhiệm vụ dập hồ quang vừa làm nhiệm vụ cách điện giữa các bộ phận của máy cắt với nhau.

- Máy cắt điện nhiều dầu được chế tạo với các cấp điện áp đến 110KV. Trong đó đối với máy cắt tới 10KV thì cả ba pha đều cùng chung một thùng dầu. Để ngăn ngừa ngắn mạch giữa các pha do hồ quang điện, người ta dùng vật liệu cách điện chịu nhiệt để thực hiện ngăn giữa các pha. Các máy cắt có điện áp lớn hơn 10KV thì mỗi pha một thùng dầu riêng.

b. Cấu tạo. Hình 2–10



Hình 2 - 10

1. Thùng dầu	*4. Sứ xuyên*	*7. Tiếp điểm tĩnh*
2. Dầu máy biến áp	*5. Lò xo cắt*	*8. Tiếp điểm động*
3. Nắp máy	*6. Trục truyền động*	*9. Lót cách điện*

Thùng dầu 3 được chế tạo với tiết diện ngang là tròn, elíp hoặc hình chữ nhật.

c. Nguyên lý làm việc .

- Quá trình đóng được thực hiện hiện như sau: Mômen quay từ cơ cấu đóng (có thể bằng tay, bằng động cơ hay bằng nam châm điện) quay trục truyền động 6, qua cơ cấu đòn khớp nâng tiếp điểm động lên tiếp xúc với tiếp điểm tĩnh, đồng thời tích năng lượng cho lò xo cắt 5 chuẩn bị cho quá trình cắt mạch.

- Quá trình cắt được thực hiện hiện như sau: Khi có tín hiệu cắt (bằng tay hay tự động), chốt giữ lò xo 5 nhả, năng lượng tích ở lò xo được giải phóng, đẩy hệ thống tiếp điểm động xuống dưới thực hiện cắt mạch.

d. Phương phát dập hồ quang.

Khi thực hiện đóng, cắt mạch điện phát sinh hồ quang điện giữa các tiếp điểm. Dưới tác dụng của nhiệt độ hồ quang điện, khi hồ quang xuất hiện dầu phân ly tạo thành bọt khí và hơi dầu áp suất cao dập tắt hồ quang.

e. Các thông số kỹ thuật

+ Loại máy cắt

+ Điện áp định mức: kV

+ Dòng điện định mức: A

+ Dòng điện cắt định mức: kA

+ Công suất cắt định mức: MVA

+ Tổng thời gian cắt định mức: giây

3.2. Máy cắt điện chân không

3.2.1. Đặc điểm.

Máy cắt chân không (Vaccum Circuit Breaker), áp suất trong buồng dập hồ quang rất thấp, dưới 10^{-4} Pa (hoặc 10^{-9} bar), do đó mật độ không khí rất thấp, cho nên độ bền điện trong chân không khá cao, hồ quang dễ bị dập tắt và khó có điều kiện cháy lập lại sau khi dòng điện đi qua trị số 0. Với điện áp cấp trung áp (đến 35kV), độ mở của tiếp điểm của buồng chân không khoảng 6 đến 25 mm.

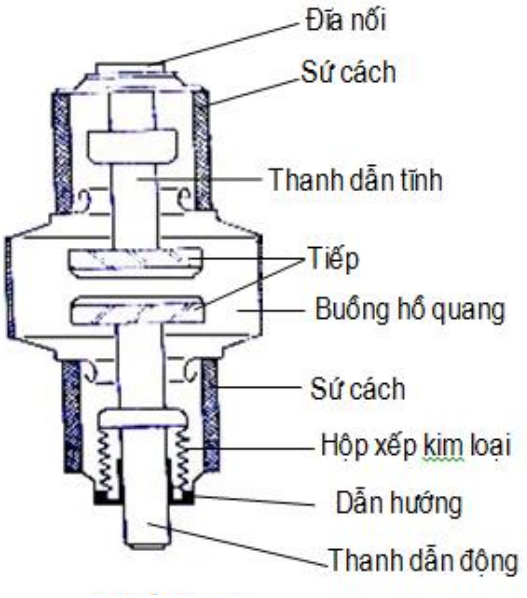
Ưu điểm chính của máy cắt chân không là kích thước nhỏ, gọn không gây ra cháy, nổ, tuổi thọ cao khi cắt dòng định mức (đến 10.000 lần đóng cắt), gần như không cần bảo dưỡng định kỳ, vì vậy loại máy cắt này được dùng khá rộng rãi ở lưới điện trung áp, với dòng điện cắt định mức đến 3000 A, chủ yếu dùng lắp đặt trong nhà. Dòng điện cắt đến 50kA, thời gian cháy của hồ quang cỡ 15ms.

3.2.2. Cấu tạo buồng dập hồ quang**.**

- Trên hình 2 - 10, trình bày nguyên lý cấu tạo của buồng cắt chân không. Bên trong buồng cách điện bằng vật liệu dạng composit được đặt hệ thống tiếp điểm có dạng tiếp xúc mặt, với thanh dẫn tĩnh và thanh dẫn động, chuyển động tịnh tiến, theo cơ cấu dẫn hướng, lắp chặt với đáy dưới. ống xếp kim loại có đầu

trên hàn với thanh dẫn động, đầu dưới hàn với tấm đáy, mục đích đảm bảo chân không cho bình cắt dù cho tiếp điểm động chuyển động nhiều lần.

- Khi cắt, tiếp điểm động tách khỏi tiếp điểm tĩnh hồ quang xuất hiện trên mặt tiếp xúc làm kim loại bị nóng chảy và bay hơi. Hồ quang sẽ bị dập tắt khi dòng điện đi qua trị số 0. Để khả năng cắt và giảm hao mòn tiếp điểm do hồ quang sinh ra, người ta sử dụng cấu tạo đặc biệt của tiếp điểm để tạo ra lực lực điện động của dòng điện, thổi hồ quang ra phía ngoài mặt tiếp xúc.

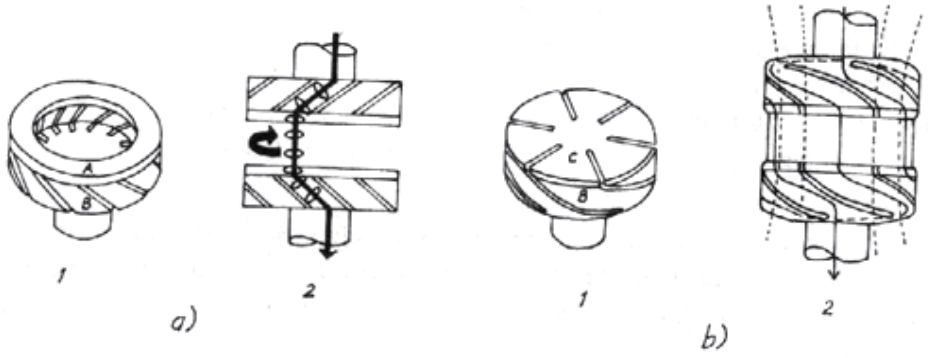


Hình 2 - 11

Trình bày nguyên lý cấu tạo của hai loại tiếp điểm: Hình 2 – 11

Tiếp điểm có từ trường hướng kính hình 2 - 12a

tiếp điểm có từ trường hướng trục hình 2 - 12b.



Hình 2 - 12

a. Tiếp điểm từ trường hướng kính.

b. Tiếp điểm từ trường hướng trục.

1. Cấu tạo tiếp điểm.

2. Đường đi của dòng điện và hướng hồ quang: A – C- tiếp điểm bằng CrCu

B- Thân đỡ tiếp điểm.

c. Các thông số kỹ thuật

	Điện áp định mức.		kV
2	Điện áp xoay chiều thử nghiệm 1 phút.		kV
3	Điện áp xung tương ứng.		kV
4	Dòng điện định mức với các cấp điện áp.		A
5	Dòng điện cắt định mức.		kA
6	Dòng điện xung kích.		kA
7	Thời gian tác động	+ Đóng.	Ms
		+ Mở.	Ms
		+ Cắt.	Ms
8	Tuổi thọ	+ Bộ cơ.	Lần
		+ Buồng cắt.	Lần
9	Khối lượng.		Kg
10	Chế độ đóng lập lại: Cắt s - Đóng - Cắt - s - Đóng - Cắt.		

- Ví dụ: Thông số kỹ thuật của họ máy cắt điện chân không VB.

1	Điện áp định mức.		kV	12 - 17,5 – 24
2	Điện áp xoay chiều thử nghiệm 1 phút.		kV	28 - 38 – 50
	Điện áp xung tương ứng.		kV	75 - 95 – 125
4	Dòng điện định mức với các cấp điện áp.		A	800 - 1250 - 1600 - 2000 - 2500 – 3150
5	Dòng điện cắt định mức.		kA	20 - 25 - 315 - 36 - 44 (tuỳ từng loại)
6	Dòng điện xung kích.		kA	50 đến 110 (tuỳ từng loại)
7	Thời gian tác động	+ Đóng.	ms	35,50 (tuỳ từng loại)
		+ Mở.	ms	42

		+ Cắt.	ms	60
8	Tuổi thọ	+ Bộ cơ.	Lần	30.000
		+ Buồng cắt.	Lần	10.000
9	Khối lượng.		kg	160 đến 230 (tuỳ từng loại)
10	Chế độ đóng lập lại: Cắt 0,3s - Đóng - Cắt - 180 s - Đóng - Cắt.			

3.3. Máy cắt điện SF6

3.3.1. Đặc điểm khí SF6.

- Khí SF6 có tên khoa học là Sulfua hexafluor, là loại khí trơ, không màu, không mùi. Rất ổn định về mặt hóa học dưới tác dụng của tia lửa điện.

- Khí SF6 có cường độ cách điện 2, 6 đến 5 lần không khí bình thường khi ở cùng nhiệt độ và áp suất.

- Dưới tác dụng của nhiệt độ hô quang khí SF6 có khả năng phân ly, năng lượng để phân ly khí SF6 làm nguội thân hồ quang và dập tắt hồ quanq một cách hiệu quả.

- Khí SF6 là chất khí âm điện. Nghĩa là có khả năng hút các điện tử tự do và tái hợp lại sau khi hồ quang điện được dập tắt, khôi phục độ bền cách điện nhanh chóng, chống cháy lặp lại khi có điện áp phục hồi.

- Nhược điểm chính của loại khí này là nhiệt hoá lỏng thấp, ở áp suất 13,1at (13,1 MPa) nhiệt độ hoá lỏng của nó là 0^0C, còn ở áp suất 3,5 at (3,5 MPa) là -40^0C. Vì vậy khí SF_6 thường được vận chuyển dưới dạng lỏng trong các bình chứa và chỉ dùng ở áp suất không cao để tránh phải dùng thiết bị hâm nóng. Mặt khác khí này chỉ có chất lượng tốt khi không có tạp chất

- Từ những đặc điểm nêu trên, khí SF6 được dùng để cách điện và dập hồ quang điện trong các máy cắt cao áp và siêu cao áp.

3.3.2. Đặc điểm máy cắt SF6

- Máy cắt SF6 được sử dụng vào những năm 1970 và được chế tạo với các cấp điện áp từ 12KV đến 800KV.

- Do khả năng cách điện và dập hồ quang điện của khí SF6 rất cao nên kích thước của máy cắt SF6 thường nhỏ gọn hơn so với các máy cắt khác có cùng điện áp.

- Mỗi pha của máy cắt được nạp khí SF6 khoảng từ 4 ÷ 7 bar (1 bar = 0,98÷1,02 at).

Thường được nạp khoảng 6 bar. Do công nghệ chế tạo tiên tiến nên máy cắt đảm bảo độ kín rất tốt, cho phép lượng rò rỉ khí 1% trong 1 năm.

- Mỗi pha của máy cắt có từ 1 đến 4 chỗ ngắt điện tùy thuộc điện áp định mức và yêu cầu chịu quá điện áp của máy cắt. Các máy cắt có U < 220KV mỗi pha 1 chỗ ngắt điện, các máy cắt có U> 220KV và yêu cầu chịu quá điên áp thì sẽ có từ 2 đến 4 chỗ ngắt điện.

- Bộ truyền động (BTĐ) trong máy cắt SF6 thường sử dụng các loại: (phân loại theo nguồn năng lượng thao tác)

+ BTĐ kiểu lò xo

+ BTĐ kiểu không khí nén

+ BTĐ kiểu thủy lực

+ BTĐ kiểu kết hợp giữa lò xo, không khí nén, thủy lực

Các máy cắt có U < 245KV thường dùng 1 BTĐ cho cả 3 pha, các máy cắt có U > 245 KV thì mỗi pha thường dùng một bộ truyền động riêng.

- Mỗi máy cắt có từ 1 đến 3 đồng hồ đo áp lực khí SF6, vì cường độ cách điện và khả năng dập hồ quang của máy cắt phụ thuộc vào áp lực khí. Khi áp lực khí không đảm bảo (thấp dưới cấp 1), máy cắt có hệ thống chuông hoặc còi để báo hiệu. Không được đóng, cắt máy cắt khi áp lực khí giảm thấp cấp 2.

- Máy cắt có trang bị hệ thống sấy khí đặt tại tủ BTĐ (dưới các trụ cực), tự động cắt sấy khi nhiệt độ môi trường = 10^{o} C.

- Khả năng dập hồ quang của buồng dập hồ quang kiểu thổi dọc khí SF_6 lớn gấp 5 lần so với không khí, vì vậy giảm được thời gian cháy của hồ quang, tăng khả năng cắt, tăng tuổi thọ tiếp điểm.

- Thời hạn bảo dưỡng, đại tu:

+ Sau 2000 lần đóng cắt với tải định mức hoặc tổng dòng điện cắt sự cố bằng 700 kA

+ Sau 10 năm vận hành.

- Máy cắt SF6 làm việc đảm bảo độ tin cậy ở mọi môi trường, kể cả trên sa mạc và khí hậu nhiễm bẩn nặng.

3.3.3. Cấu tạo một trụ cực của máy cắt SF_6.

- Tất cả các máy cắt SF6 đều được chế tạo theo nguyên tắc thổi khí, khí SF_6 được lưu giữ piston và xi lanh sẽ chuyển động trong quá trình đóng cắt.

- Máy cắt SF_6 thường đặt ngoài trời, các pha máy cắt được chế tạo riêng rẽ gồm 2 tầng sứ cách điện, tầng trên chứa tiếp điểm đóng cắt, tầng dưới dùng làm giá đỡ để tăng khoảng cách an toàn. Hình 2 - 13; Hình 2– 14

1. Mũ có đầu vào.

2. Khí SF_6.

3. Cách điện của bình cắt.

4. Tiếp điểm hồ quang.

5. Tiếp điểm làm việc.

6. Miệng thổi.

7. Tiếp điểm hồ quang.

8. Xilanh.

9. Píttông.

10. Mặt bích giữa các đầu ra.

11. Tiếp điểm trượt.

12. Thanh truyền động (bằng cách điện).

13. Sứ cách điện đỡ.

14. Buồng cơ cấu truyền động của bình.

15. Cơ cấu chỉ vị trí.

16. Đáy bình cắt.

17. Cơ cấu thu bẩn.

18. Van nạp ga.

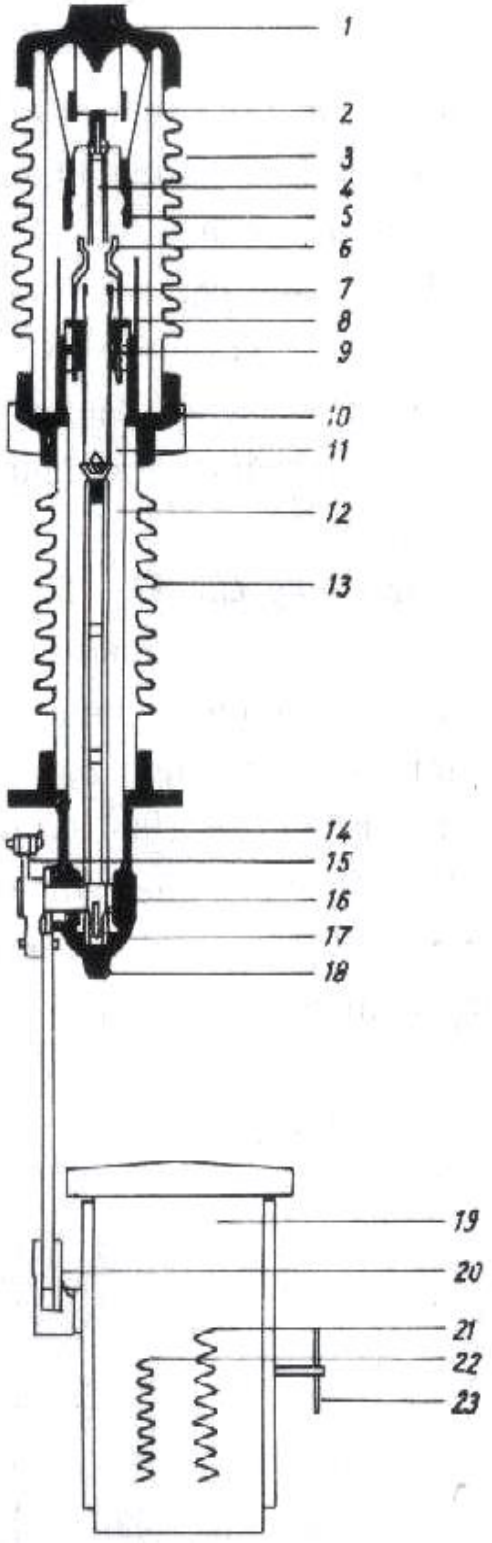
19. Cơ cấu động cơ lên cót lò xo.

20. Tay đòn.

21. Lò xo đóng.

22. Lò xo cắt.

23. Cơ cấu lên dây cót bằng tay.



Hình 2 - 13

Hình 2 - 14

3.3.4. Nguyên lý kết cấu của buồng cắt ở ba vị trí đóng - quá độ cắt - cắt.

Quá trình cắt diễn ra như sau: Khi có tín hiệu cắt, trục truyền động quay, kéo theo hệ thống động của buồng cắt (gồm các tiếp điểm động hồ quang, tiếp điểm động làm việc - xilanh, miệng thổi cách điện) chuyển động tịnh tiến xuống dưới, đồng thời khí SF_6 được nén trong xilanh, hệ thống tiếp điểm làm việc cắt trước rồi đến hệ thống tiếp điểm hồ quang. Sau khi hồ quang phát sinh, miệng thổi được giải phóng khỏi tiếp điểm hồ quang, áp suất khíSF_6 được nén sẽ thoát ra, thổi tắt hồ quang. Thường ở mỗi bình cắt, có đồng hồ chỉ áp suất khí SF_6 và có van nạp khí bổ sung.

3.3.5. Các thông số kỹ thuật.

Thông số kỹ thuật của máy cắt SF_6 đều được ghi trên lí lịch máy và trên nhãn máy thông thường bao gồm các số liệu sau:

TT	**Tên thông số**	**Đơn vị**	**Tiêu chuẩn**
1	Điện áp định mức	kV	
2	Tần số	Hz	
	Điện áp xung	kV	
4	Dòng điện cắt định mức (đến)	A	
5	Dòng điện xung kích	kA	
6	Dòng điện cắt định mức	kA	

7	Chế độ thao tác	Cắt - Đóng cắt	
8	Thời gian cắt	ms	
9	Thời gian hồ quang	ms	
10	Thời gian đóng	ms	
11	Dòng điện ngắn mạch 1s	kA	
1	Khối lượng cụm ba buồng cắt	Kg	

- *Ví dụ: Thông số kỹ thuật của dãy máy cắt* SF_6 *HPA theo tiêu chuẩn IEC-56*

TT	**Tên thông số**	**Đơn vị**	**Tiêu chuẩn**			
1	Điện áp định mức	kV	3,3 ÷7,2	12	17	24
2	Tần số	Hz	50	50	50	50
	Điện áp xung	kV	75	75	95	125
4	Dòng điện cắt định mức (đến)	A	3150	3150	2500	2500
5	Dòng điện xung kích	kA	175	100	100	79
6	Dòng điện cắt định mức	kA	50	40	40	31,5
7	Chế độ thao tác		Cắt - 0,3s - Đóng cắt - 180s - Đóng cắt			
8	Thời gian cắt	ms	38	38	38	38
9	Thời gian hồ quang	ms	15	15	15	15
0	Thời gian đóng	ms	75	75	75	75
11	Dòng điện ngắn mạch 1s	kA	50	40	40	31,5
12	Khối lượng cụm ba buồng cắt	Kg	320	320	320	300

4. Recloser.

4.1. Gới thiệu chung về Recloser

Recloser là thiết bị đóng cắt tự động hoạt động chính xác, độ tin cậy cao và kinh tế được sử dụng cho hệ thống phân phố lưới điện lên đến cấp điện áp 38kv.

Recloser thường được trang bị cho các đường trục chính, công suất lớn và đường dây dài có giá trị cao.

Khi xuất hiện ngắn mạch, Recloser mở ra (cắt mạch), sau một thời gian t_1 (cài đặt ban đầu) nó sẽ tự động đóng lại. Lúc này, nếu sự cố còn tồn tại nó sẽ cắt mạch, sau thời gian t_2 Recloser sẽ tự đóng lại mạch. Và nếu sự cố vẫn còn tồn tại nó sẽ lại cắt mạch và sau thời gian t_3 nó sẽ tự đóng mạch lại lần nữa và nếu sự cố vẫn còn tồn tại thì Recloser sẽ cắt mạch luôn. Số lần và thời gian đóng cắt do người sử dụng lập trình.

Recloser - máy cắt tự đóng lại thực chất là máy cắt có kèm thêm bộ điều khiển cho phép người ta lập trình số lần đóng cắt lặp đi lặp lại theo yêu cầu đặt trước, đồng thời đo và lưu trữ lại một số đại lượng cần thiết như U, I, P, thời điểm xuất hiện ngắn mạch.....

Recloser thường được trang bị cho các đường trục chính, công suất lớn và đường dây dài có giá trị cao.

Đối với hệ thống điện, Recloser là tập hợp các bộ phận sau

- Bảo vệ quá tải

- Tự đóng lại

- Thiết bị đóng cắt

- Điều hiển bằng tay

Về bản chất, Recloser là máy cắt thông thường có kèm theo bộ điều khiển cho phép lập trình số lần đóng ặp lại theo yêu cầu xác định trước. Đồng thời sẽ đo và lưu trữ các giá trị quan trọng như P, U, I tại thờ điểm ngắt mạch, ….

Khi xuất hiện ngắn mạch, Recloser mở ra (cắt mạch), sau mọt thời gian t1 (cài đặt ban đầu) nó sẽ tự động đống lại. Lúc này, nếu sự cố còn tồn tại, Recloser hoạt động theo đúng chương trình được cài đặt ban đầu

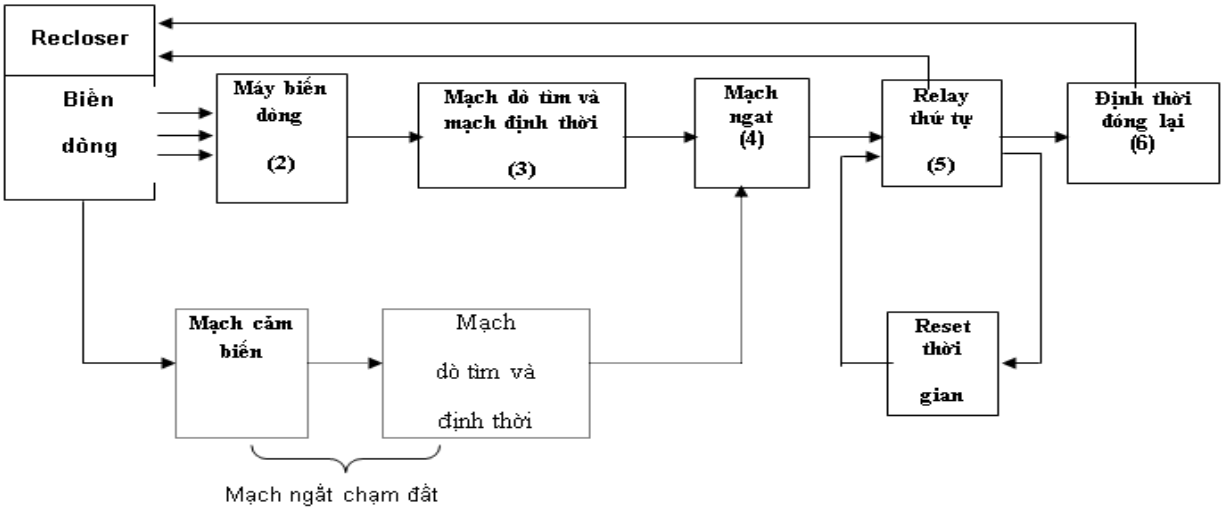
Recloser 38kV EN KPS 380A - 1712

Hình 2 -15

4.2. Cấu trúc Recloser

Nguyên lý điều khiển của Recloser được mô tả theo sơ đồ dưới đây. Ba biến dòng "1" dòng điện đặt phía trong Recloser làm nhiệm vụ cung cấp tín hiệu dòng điện đến bộ điều khiển điện tử qua mạch cảm biến "2". Nếu dòng thứ cấp vượt quá giới hạn tương ứng với dòng tác động nhỏ nhất đã được lập trình sẵn thì mạch định thời và cảm nhận giới hạn "3" sẽ được kích hoạt. Sau thời gian trễ được ấn định bởi 1 đường cong TCC đã được lập trình, mạch tác động cắt "4" sẽ kích hoạt Recloser cắt sự cố, lúc này Relay thứ tự "5" cảm nhận đếm số lần cắt và tác động mạch định thời (6)

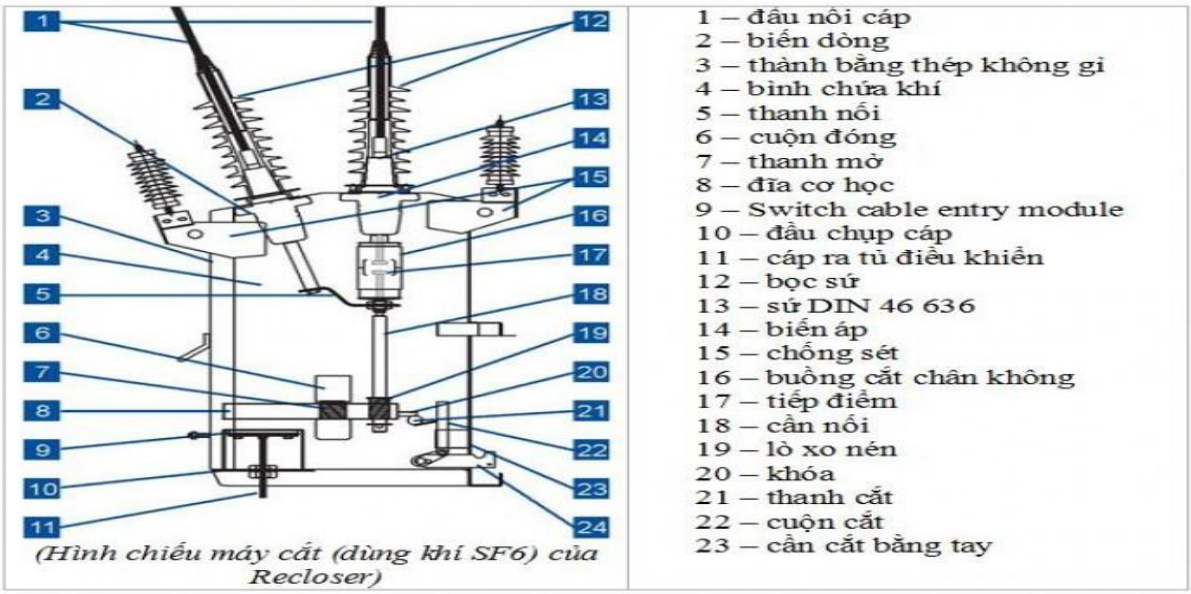
Sau thời gian cắt đã được lập trình kết thúc, một tín hiệu đóng được gửi đến Recloser. Nếu sự cố đã giải trừ, sau thời gian được lập trình trước, Relay thứ tự sẽ khởi động lại chương trình điều khiển đến vịtrí ban đầu của một chu trình mới.

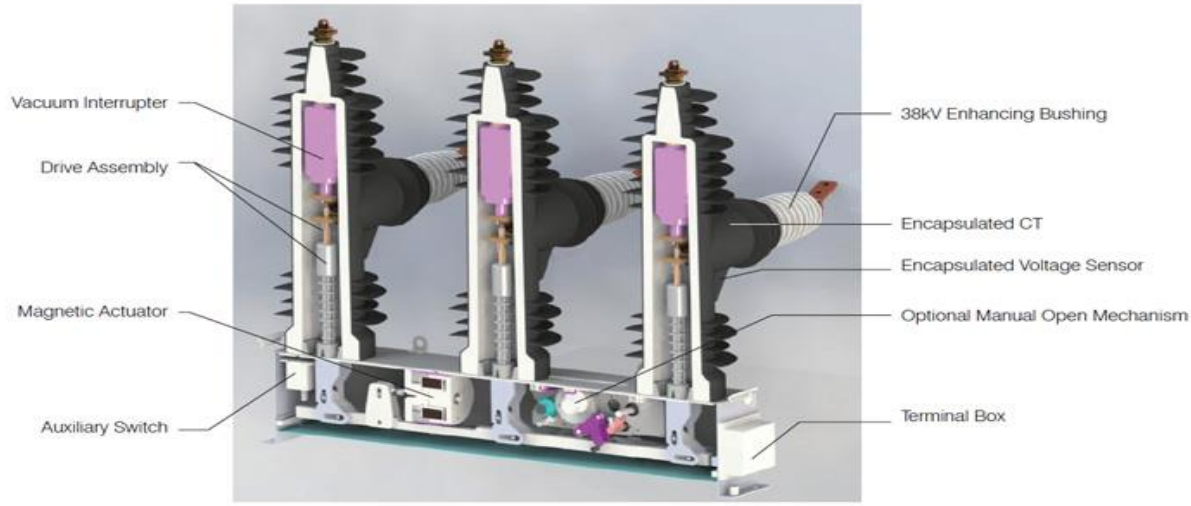


Hình 2- 16 : Sơ đồ khối điều khiển Recloser

Bộ điều khiển sẽ tác động khóa tức thời khi số lần cắt được lập trình đã thực hiện đủ. Khi khóa thì bộ điều khiển sẽ không Reset hoặc gởi tín hiệu đóng nào cho đến khi việc đóng lại Recloser được thực hiện bằng tay từ bảng điều khi

hoặc điều khiển từ xa





Hình 2 – 17 :cắt cấu tạo của Recloser dùng khí SF6

4.3. Vị trí lắp đặt Recloser

Recloser có thể đặt bất kỳ nơi nào trên hệ thống mà thông số định mức của nó thỏa mãn các đòi hỏi của hệ thống. Những vị trí hợp lý:

Hình 2 - 18

+ Đặt tại trạm như thiết bị bảo vệ chính của hệ thống

+ Đặt trên đường dây trục chính nhưng cách xa trạm để phân đoạn các đường dây dài, như vậy ngăn chặn sự ảnh hưởng đến toàn bộ hệ thống khi có sự cố cách xa nguồn.

+ Đặt trên các nhánh rẽ của đường dây trục chính nhằm bảo vệ đường dây trục chính khỏi bị ảnh hưởng do các sự cố trên nhánh rẽ.

CHƯƠNG 3

KHÍ CỤ ĐIỆN BẢO VỆ VÀ ĐIỀU KHIỂN

Giới thiệu

Chương này cung cấp cho người học các kiến thức cơ bản về khí cụ điện bảo vệ và điều khiển. Từ đó giúp người học hiểu được công dụng, cấu tạo, nguyên tắc tác động cũng như cách tính chọn của các khí cụ điện thuộc nhóm này. Khí cụ điện bảo vệ và điều khiển bao gồm càu chì, công tắc tơ, khởi động từ, kháng điện ...

Nhóm này có chức năng hạn chế dòng điện, điện áp trong mạch không tăng quá cao khi gặp sự cố

Cầu chì dùng để bảo vệ mạch điện, máy điện, thiết bị điện khí có sự cố quá tải.

Công tắc tơ dùng để đóng cắt, điều khiển các thiết bị điện một chiều hoặc xoay chiều có điện áp và dòng điện cao

Kháng điện dùng để hạn chế ngắn mạch còn van chống sét dùng để hạn chế điện áp

Đặc điểm của nhóm này là tần số tháo tác cao, có thể đạt tới 1500 lần / giờ. Vì vậy tuổi thọ của nó có thể đạt tới vài triệu lần đóng cắt

Mục tiêu

Học xong chương này, người học có khả năng:

- Trình bày được công dụng, cấu tạo, nguyên tắc tác động và cách tính chọn các loại cầu chì
- Tính toán được một số thông số đơn giản của cầu chì
- Nhận biết được ký hiệu của các loại rơ le trong sơ đồ mạch điện
- Trình bày được công dụng, cấu tạo và cách tính chọn công tắc tơ
- Biết được các dạng hư hỏng thường gặp của công tắc tơ
- Trình bày được khái niệm và ứng dụng của khởi động từ và kháng điện
- Vẽ được sơ đồ và phân tích được nguyên lý làm việc của các loại khí cụ điện đóng cắt đã học

Nội dung

1. Cầu chì

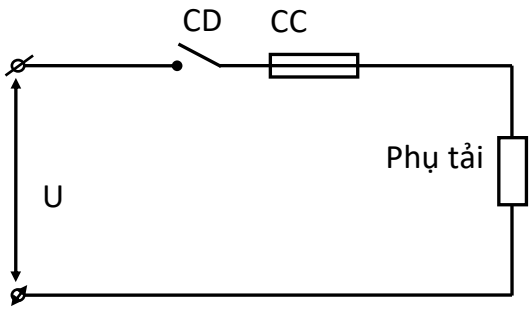
1.1. Công dụng, nguyên tắc tác động của cầu chì.

1.1.1. Công dụng.

Cầu chì là khí cụ điện dùng để bảo vệ thiết bị điện và lưới điện khi quá tải và ngắn mạch.

1.1.2. Nguyên tắc tác động của cầu chì.

- Nguyên tắc cấu tạo chung: Cầu chì gồm dây chảy thường làm bằng chì, đồng, nhôm, kẽm...được đặt trong vỏ kín để dập hồ quang.



Hình 3 -1

- Cầu chì được mắc nối tiếp với mạch cần bảo vệ. Hình 3 - 1

- Khi có dòng điện qua dây chảy cầu chì làm cho dây chảy nóng lên, theo định luật Jun Lenxơ thì sẽ toả ra một nhiệt lượng:

$Q = K.I^2.R.t$

- Nếu dòng điện qua dây chảy nằm trong phạm vi cho phép thì nhiệt độ dây chảy chưa quá nhiệt độ cho phép thì mạch điện vẫn liền mạch.

- Khi dòng điện qua dây chảy vượt quá trị số cho phép thì nhiệt độ của dây chảy vượt quá nhiệt độ cho phép dây chảy bị đứt cầu chì nổ cắt mạch điện.

- Dòng điện nhỏ nhất vừa đủ làm cho dây chảy bị đứt gọi là dòng điện dây chảy. Ký hiệu là $I_{dc;}$

I_{dc} phụ thuộc vào kích thước vật liệu làm dây chảy được chế tạo theo quy chuẩn gọi là cỡ dây (tra trong sổ tay kỹ thuật).

1.2. Phân loại và cấu tạo của cầu chì.

- Cầu chì hạ áp: loại hở, loại vặn, loại hộp, loại nắp xoáy, loại kín không có chất nhồi, loại kín có chất nhồi.

- Cầu chì cao áp: cầu chì có chất nhồi (cầu chì ПК), cầu chì tự rơi (SI);

1.2.1 Cầu chì hạ áp:

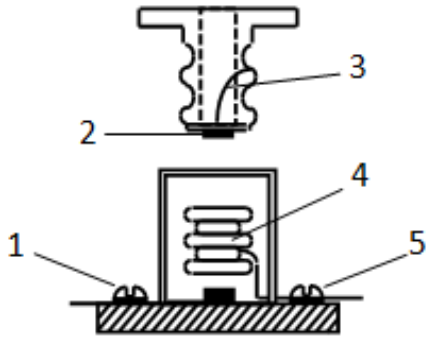
Trong mạch hạ áp, cầu chì có 2 loại phổ biến là cầu chì nắp xoáy và cầu chì ống, ngoài ra còn có cầu chì hở, cầu chì hộp.

a.Cấu tạo cầu chì nắp xoáy: Hình3- 2, hình 3 -3

+ Khi nắp được vặn vào thân cầu chì, dòng điện sẽ đi từ vít số 1 đến đầu tiếp xúc số 2, qua dây chảy số 3 đến ren số 4 và đến vít số 5.

+ Khi cần thay thế dây chảy sẽ tháo nắp ra, lúc đó người ta hoàn toàn cách ly với nguồn điện.

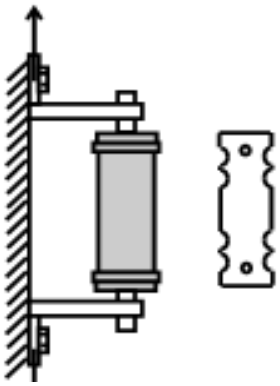
Hình 3 - 2



Hình 3 -3

b. Cấu tạo cầu chì ống HP: Hình3 - 4

Dây chảy là tấm kim loại bằng kẽm dẹt trên có từ 1 đến vài chỗ được thu nhỏ, tại vị trí thu nhỏ có điện trở lớn và khi cầu chỉ nổ sẽ đứt ở phần thu nhỏ. Dây chảy được đặt trong ống Phibôrơ, khi dây chảy bị đứt dưới tác dụng của nhiệt độ, ống Phibôrơ sẽ sinh ra khí và dập tắt hồ quang.



Hình 3 -4

1.2.2. Cầu chì cao áp (Cầu chì tự rơi FCO)

FCO - Fuse Cutout hay Cut-out fuse - là thiết bị bảo vệ cho mạng trung thế, được phối hợp giữa một cầu chì và dao cắt, được sử dụng ở các đường dây trên không và nhánh rẽ để bảo vệ các trạm biến áp phân phối khỏi sự cố quá dòng và quá tải. Nguyên nhân gây nên quá dòng do sự cố trong máy biến áp hay mạng điện của khách hàng sẽ làm dây chì nóng chảy, ngắt máy biến áp ra khỏi đường dây. FCO có thể được tháo xuống bằng tay thông qua sào cách điện khi người thao tác đứng ở mặt đất.

Cầu chì tự rơi (FCO) kiểu CC-15 và CC-24 sử dụng để bảo vệ quá tải và ngắn mạch hệ thống tại các trạm.

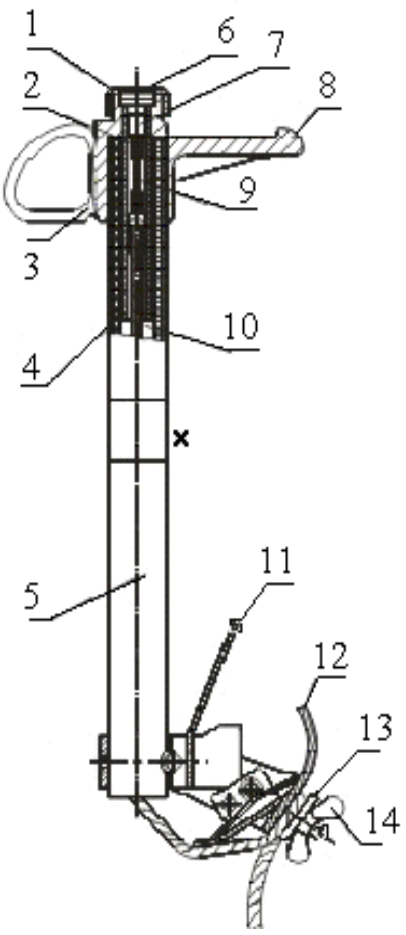
Khi tác động, dây chì bị đứt, bộ ống cầu chì bị bật rơi xuống tạo ra khoảng cách cách điện nhìn thấy được, cách ly mạch cần bảo vệ khỏi đường dây mang điện áp.

Hình 3- 5: Hình dáng ngoài của FCO

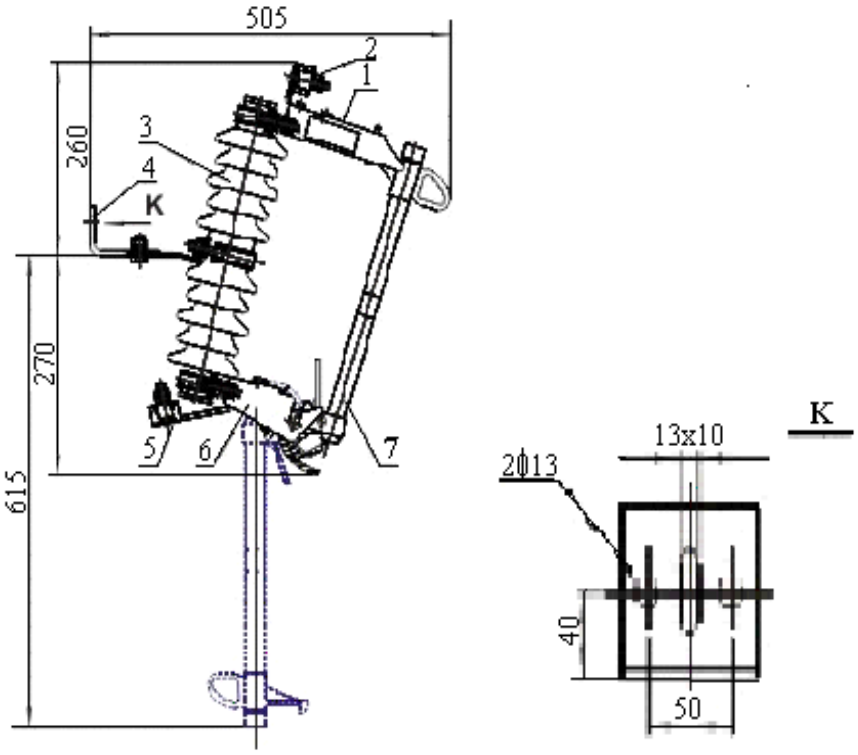
Cấu tạo gồm một ống 1 làm bằng làm bằng vật liệu cách điện bên trong đặt một dây dẫn mềm 2; một đầu được nối với dây chảy 3, còn đầu kia nối tiếp

với tiếp điểm 4, tiếp điểm 4 luôn chịu tác động của tay đòn gần lò xo; đầu còn lại của dây chảy gắn với ống kim loại 5. Dây chảy bao gồm một phần nối song song với nhau (dây số 3 và dây số 6).

Ở chế độ định mức, dây chảy 3 giữ cho tiếp điểm 4 không bị lò xo kéo ra. Khi ngắn mạch, dây chảy 6 đứt trước sau đó dây chảy 3 đứt. Dưới tác dụng của lò xo, đầu 4 và dây mềm 2 kéo hồ quang vào ống 1, ống 1 sinh khí đảm bảo hồ quang được dập tắt nhanh chóng.



1- Đai ốc bảo vệ
2- Vít M3
3- Khoen thao tác
4- Ống bảo vệ dây chì
5- Ống dập hồ quang
6- Nắp che nhôm
7- đầu nối dây chì
8- Tiếp điểm động trên
9- Dây chì
10- Dây dẫn
11- Tay tháo
12- Tiếp điểm động dưới
13- Vòng đệm
14- Tai hồng



Hình 3- 6: Cấu tạo và kích thước của FCO

a. Các bộ phận của FCO

b. Kích thước lắp đặt và các bộ phận của FCO

1. Bộ Tiếp điểm tĩnh trên
2. Đầu nối với nguồn
3. Sứ
4. Ke bắt
5. Đầu nối với phụ tải
6. Bộ Tiếp điểm tĩnh dưới
7. Bộ ống cầu chì

Một FCO bao gồm 3 thành phần chính sau:

- Khung đỡ (The cutout body) - có dạng hình chữ "C", có nhiệm vụ nâng đỡ ống chì và sứ cách điện.

- Ống chì (Fuse holder hay còn gọi là fuse tube hoặc door), có thể hoán đổi vị trí cho nhau, và làm việc như một dao cắt đơn giản. Khi có sự cố, (dây chì nóng chảy) hoặc FCO hoạt động như một dao cắt bị ngắt, phần ống chì sẽ rơi xuống, và được treo "lủng lẳng" trên khung đỡ. Người vận hành có thể dễ dàng phát hiện và khắc phục sự cố. Tính năng này cũng là một tín hiệu bảo đảm rằng mạng đã được cách ly hoàn toàn, giúp cho người thợ khi sửa điện có thể quan sát bằng mắt và yên tâm làm việc.

- Dây chì (Fuse element, hay fuse link) Một FCO bao gồm 3 thành phần chính sau:

- Khung đỡ (The cutout body) - có dạng hình chữ "C", có nhiệm vụ nâng đỡ ống chì và sứ cách điện.

- Ống chì (Fuse holder hay còn gọi là fuse tube hoặc door), có thể hoán đổi vị trí cho nhau, và làm việc như một dao cắt đơn giản. Khi có sự cố, (dây chì nóng chảy) hoặc FCO hoạt động như một dao cắt bị ngắt, phần ống chì sẽ rơi xuống, và được treo "lủng lẳng" trên khung đỡ. Người vận hành có thể dễ dàng phát hiện và khắc phục sự cố. Tính năng này cũng là một tín hiệu bảo đảm rằng mạng đã được cách ly hoàn toàn, giúp cho người thợ khi sửa điện có thể quan sát bằng mắt và yên tâm làm việc.

- Dây chì (Fuse element, hay fuse link)

1.3. Các thông số kỹ thuật của cầu chì.

TT	Đại lượng chọn và kiểm tra	Công thức tính chọn
1	- Điện áp định mức của cầu chì $_{đmcc}$; V.	- $I_{đmcc} \geq I_{đmmạng}$.
2	- Dòng điện định mức của cầu chì $I_{đmcc}$; A.	- $I_{đmcc} \geq I_{lv\ max}$.
	- Công suất cắt định mức của cầu chì $S_{đm\ cắt\ cc}$; VA	- $S_{đm\ cắt\ cc} \geq S_{phụ\ tải}$.

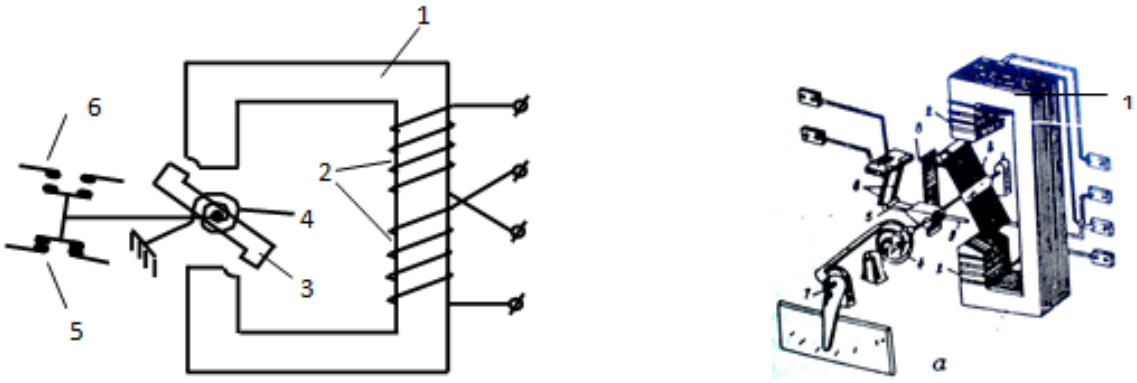
2. Rơ le

2.1. Rơle dòng điện (RI).

2.1.1. Công dụng.

Rơle dòng điện dùng để bảo vệ mạch điện, thiết bị điện khi quá tải hoặc ngắn mạch; điều khiển, khống chế mạch điện, thiết bị điện.

2.1.2. Cấu tạo: Hình 3 – 7



Hình 3 - 7

1- Mạch từ
2- Cuộn dây
3- Lá thép động (Phần ứng)
4- Lò xo phản kháng
5- Tiếp điểm thường đóng
6- Tiếp điểm thường mở

Gồm 2 phần chính:

+ ***Nam châm điện:*** Gồm có mạch từ 1, trên có quấn cuộn dây 2 được chia làm hai nửa có thể đấu song song hoặc nối tiếp.

+ ***Hệ thống tiếp điểm:*** Gồm có tiếp điểm thường đóng 5, tiếp điểm thường mở 6.

Ngoài 2 phần chính còn có: Lá thép động, lò xo phản kháng 4 gắn trên trục quay.

c. Nguyên tắc tác động.

- Khi có dòng điện chạy qua cuộn dây 2. Dòng điện luyện từ cho mạch từ 1 trở thành nam châm điện, mạch từ 1 có xu hướng hút lá thép 3 về phía mạch từ.

- Nếu dòng điện vào cuộn dây đủ lớn, để lực hút thắng lực cản của lò xo 4, thì lá thép 3 bị hút về phía mạch từ. Dưới tác dụng của lực hút lá thép quay, làm cho trục quay, tiếp điểm thường mở 6 đóng lại và tiếp điểm thường đóng 5 mở ra, rơle tác động.

Vậy dòng điện nhỏ nhất làm cho rơle tác động gọi là trị số tác động của rơle và được ký hiệu: I_{td}

- Nếu dòng điện qua cuộn dây rơle giảm khi đó lực hút của mạch từ 1 nhỏ hơn lực cản của lò xo 4 khi đó lá thép trở về vị trí ban đầu. Dòng điện ứng với thời điểm đó gọi là trị số trở về.

Vậy trị số trở về là trị số dòng điện lớn nhất mà hệ thống tiếp điểm của rơle trở về trạng thái ban đầu gọi là trị số trở về, ký hiệu: I_v

Tỷ số giữa trị số trở về và trị số tác động gọi là hệ số trở về, ký hiệu: K_V

$$K_V = \frac{I_v}{I_{td}} < 1 \qquad \text{(Thông thường: } K_V = 0,85 \div 0,87\text{)}$$

- Trị số dòng điện tác động của rơle được chỉnh định bằng 2 phương pháp:

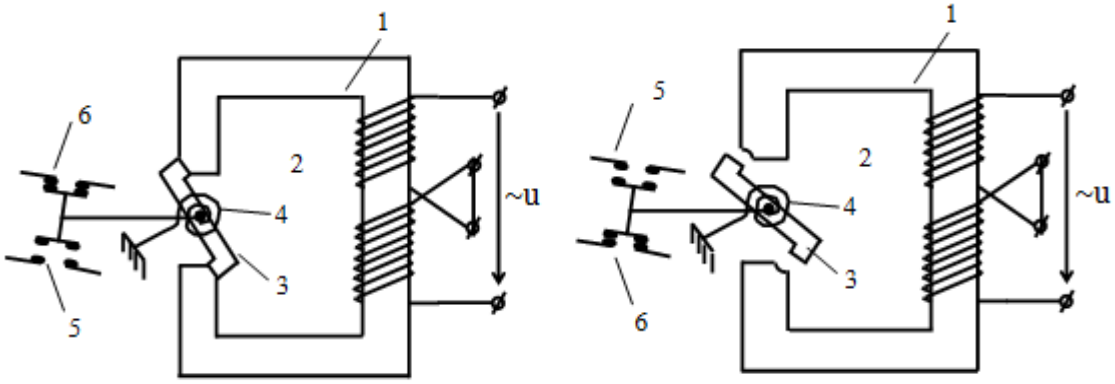
+ Thay đổi sơ đồ đấu dây rơle: Khi thay đổi từ nối tiếp sang dấu song song hai nửa cuộn dây 2 thì dòng điện để rơle tác động lớn gấp hai lần (với cùng sức căng của lò xo điều chỉnh 4).

+ Di chuyển hệ thống đòn bẩy để tăng hoặc giảm sức căng của lò xo 4.

2.2. Rơle điện áp (RU).

- Rơle điện áp có cấu tạo và nguyên lý làm việc giống như rơle dòng điện, nhưng cuộn dây của Rơle điện áp có số vòng nhiều hơn và được mắc song song với mạch điện của thiết bị cần bảo vệ.

- Tùy theo nhiệm vụ bảo vệ rơle điện áp được chia thành hai loại:



Rơle điện áp cực tiểu Rơle điện áp cực đại

Hình 3 - 8

1- Mạch từ *4-Lò xo phản kháng*

2- Cuộn dây *5- Tiếp điểm thường mở*

3-Lá thép động (Phần ứng) *6- Tiếp điểm thường đóng*

+ Rơle điện áp cực đại (rơle quá áp): đối với loại rơle này khi điện áp vượt quá giá trị cho phép thì rơle tác động.

+ Rơle điện áp cực tiểu (rơle kém áp): đối với loại rơle này khi điện áp giảm quá giá trị cho phép thì rơle tác động.

- Các thông số của rơle:

+ Trị số trở về: U_v.

+ Trị số tác động: U_{td}.

+ Hệ số trở về: $K_v = \frac{U_v}{U_{td}}$.

Thông thường - với rơle quá áp thì $K_v = 0{,}85 \rightarrow 0{,}87$

- với rơle kém áp thì $K_v = 1{,}2 \rightarrow 1{,}25$.

- Điện áp của rơle cũng được điều chỉnh bằng sức căng của lo xo điều chỉnh 4 hoặc bằng cách thay đổi sơ đồ đấu cuộn dây.

2.3. Rơ le thời gian RT

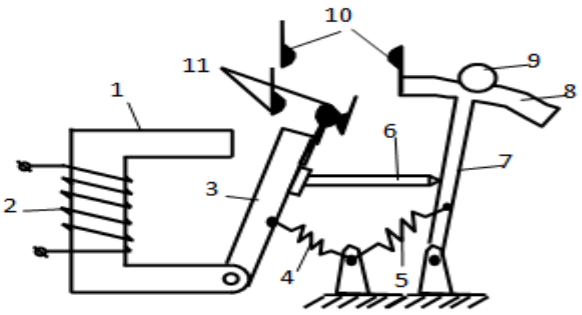
2.3.1. Công dụng.

- Rơle thời gian là thiết bị tạo ra thời gian duy trì cần thiết khi truyền tín hiệu từ một rơle (hoặc thiết bị) đến rơle (hoặc thiết bị) khác.

- Trong sơ đồ điều khiển và bảo vệ, rơle thời gian dùng để giới hạn thời gian quá tải của thiết bị, tự động đóng, mở máy động cơ nhiều cấp biến trở, hạn chế động cơ làm việc không tải.

2.3.2. Cấu tạo.

1. Mạch từ.
2. Cuộn dây.
3. Lá thép động (phần ứng).
4. 5. Lo xo.
6. Thanh nối.
7. Cần quay.
8. Bánh răng hình quạt.
9. Hệ thống bánh răng.
10. Tiếp điểm tác động có thời gian
11. Tiếp điểm tác động tức thời.



Hình 3 - 9

Rơle thời gian cấu tạo gồm 2 phần chính:

- Nam châm điện: Mạch từ 1, cuộn dây 2, phần ứng 3, lò xo 4.

- Cơ cấu đồng hồ: Lò xo 5, cần quay 7, bánh răng hình quạt 8, hệ thống bánh răng 9.

- Hệ thống tiếp điểm: Tiếp điểm tác động tức thời 11, tiếp điểm tác động có thời gian 10.

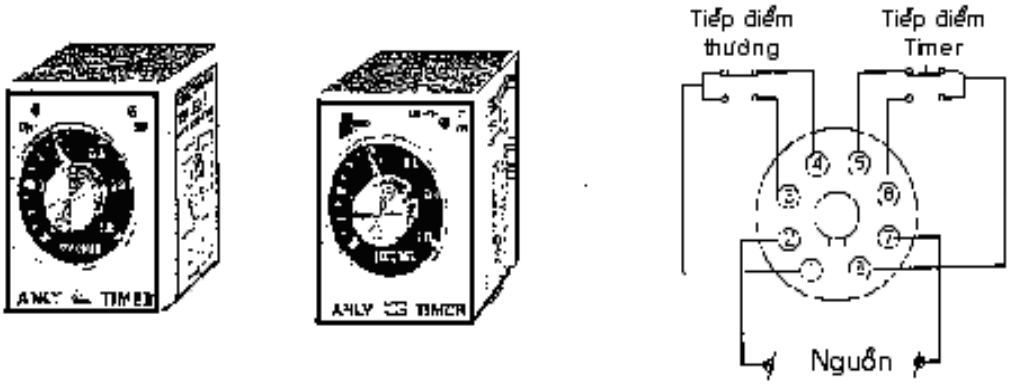
2.3.3. Nguyên tắc tác động.

- Khi có dòng điện qua cuộn dây, mạch từ 1 trở thành nam châm điện hút phần ứng 3; đóng các tiếp điểm thường mở đóng tức thời, mở các tiếp điểm thường đóng mở tức thời.

- Đồng thời giải phóng cần quay 7. Dưới tác dụng của lo xo 5 bánh răng hình quạt 8 quay, sau khoảng thời gian đã chỉnh định thì các tiếp điểm thường mở đóng có thời gian đóng lại, các tiếp điểm thường đóng mở có thời gian mở ra, kết thúc quá trình tác động của rơ le.

Thông thường trị số tác động của rơle thời gian từ $(70 \rightarrow 85)\%U_{dm}$.

2.3.4. Giới thiệu một số rơle thời gian kiểu điện từ



Hình 3 - 10. Sơ đồ đấu dây Timer On-delay hãng ANLY - Đài Loan

+ On-delay: Trì hoản thời gian đóng mạch (hình 3 - 10).

Tóm tắt nguyên lý làm việc của Timer On-delay:

- Khi đặt vào cuộn dây của Timer On-delay (Board mạch điện tử. Chân 2 và 7, *hình 3- 10*) một điện áp định mức:

+ Các tiếp điểm thường (1-3 và 1-4) của Timer thay đổi trạng thái tức thời (giống tiếp điểm của rơle điện từ), 1-3 đóng lại và 1-4 mở ra.

+ Các tiếp điểm Timer (8-5 và 8-6,) sau một khoảng thời gian (bằng khoảng thời gian chỉnh định chọn trước, tính từ lúc cuộn dây có điện) mới thay đổi trạng thái, 8-5 mở ra và 8-6 đóng lại.

- Sau khi các tiếp điểm Timer đã chuyển trạng thái, hệ thống hoạt động bình thường.

- Khi ta ngưng cấp điện cho cuộn dây Timer. Các tiếp điểm lập tức trở về trạng thái ban đầu

+Off-delay: Trì hoãn thời gian mở mạch

Tóm tắt nguyên lý làm việc của Timer Off-delay:

- Khi đặt vào cuộn dây của Timer On-delay (Board mạch điện tử. Chân 2 và 7, một điện áp định mức:

+ Các tiếp điểm thường (1-3 và 1-4)của Timer thay đổi trạng thái tức thời (giống tiếp điểm của rơle điện từ), 1-3 đóng lại và 1-4 mở ra.

+ Các tiếp điểm Timer (8-5 và 8-6)thay đổi trạng thái tức thời, 8-5 mở ra và 8-6 đóng lại. Timer hoạt động bình thường.

- Khi ta ngưng cấp điện cho cuộn dây Timer. Các tiếp điểm thường (1-3 và 1-4) lập tức trở về trạng thái ban đầu nhưng các tiếp điểm Timer vẫn ở trạng thái làm việc một khoảng thời gian bằng chính thời gian chỉnh định mới trở về trạng thái ban đầu

2.4. Rơle trung gian RG

2.4.1. Công dụng:

Rơle trung gian làm nhiệm vụ nhận tín hiệu của rơle đứng trước nó và trực tiếp đi cắt máy cắt, do đó yêu cầu tiếp điểm của rơle trung gian phải chắc chắn và làm việc ổn định.

2.4.2. Cấu tạo: Hình 3 - 11

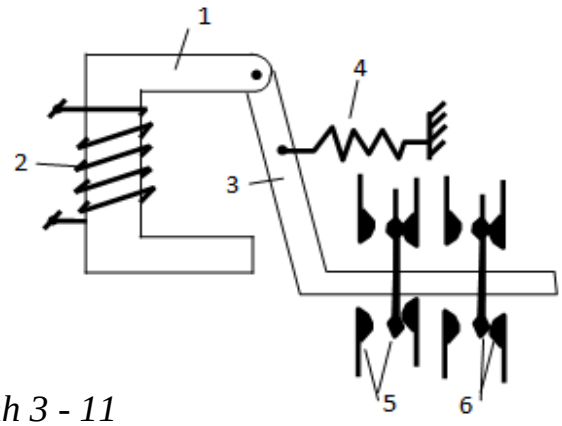
1- Mạch từ

2- Cuộn dây

3- Lá thép động (Phần ứng)

4- Lò xo phản kháng

5- Tiếp điểm thường mở



Hình 3 - 11

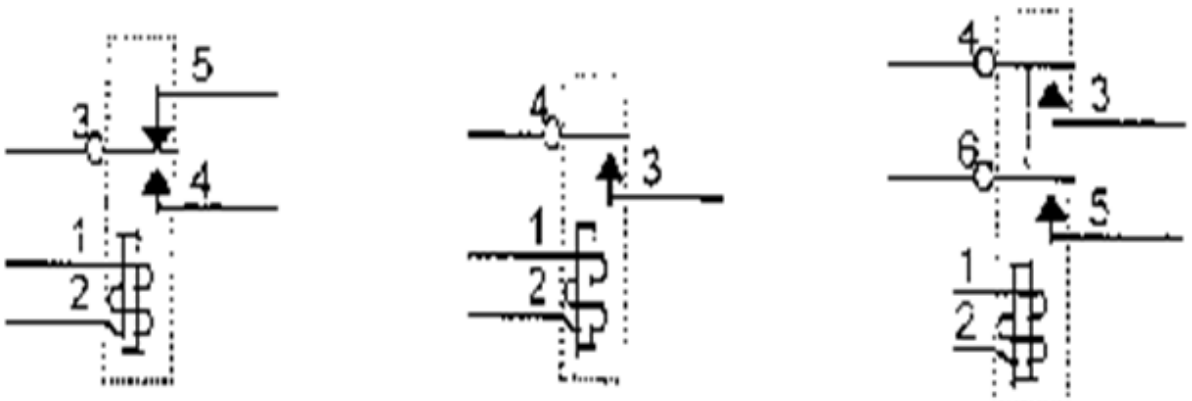
2.4.3. Nguyên tắc tác động.

Khi có điện áp đặt vào hai đầu cuộn dây, khi đó xuất hiện lực hút phần ứng . Nếu điện áp đủ lớn sinh ra lực từ thắng lực cản của lò xo 4, thì phần ứng bị hút về phía mạch từ 1 kéo theo cầu tiếp điểm động và đóng các tiếp điểm thường mở và mở các tiếp điểm thường đóng.

Thông thường trị số điện áp làm việc của Rơle từ (70 ÷ 85)% $U_{đm}$.

2.4.4. Các ký hiệu: *Hình 3 - 12*

Trong quá trình lắp ráp các mạch điều khiển dùng rơle hay trong các mạch điện tử công nghiệp, ta thường gặp một số ký hiệu sau đây được dùng cho Rơle.



Rơle SPDT Rơle SPST Rơle DPST

Hình 3 - 12

+ Ký hiệu SPDT:

Ký hiệu này được viết tắt từ thuật ngử: SINGLE POLE DOUBLE THROW, Rơle mang ký hiệu này thường có một cặp tiếp điểm thường đóng và một cặp tiếp điểm thường mở, hai cặp tiếp điểm này có một đầu chung với nhau.

+ Ký hiệu DPDT:

Ký hiệu này được viết tắt từ thuật ngử: DOUBLE POLE DOUBLE THROW, Rơle

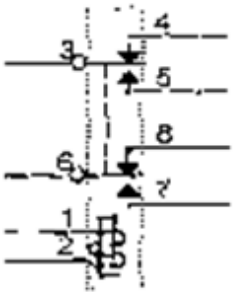
Rơle mang ký hiệu này gồm có hai cặp tiếp điểm thường đóng và hai cặp tiếp điểm thường. Các tiếp điểm này liên kết thành hai hệ thống, mỗi hệ thống bao gồm một cặp tiếp điểm thường đóng và thường mở có một đầu chung nhau.

- Ký hiệu SPST:

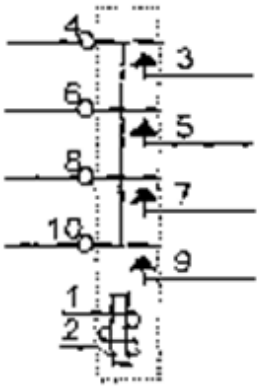
Ký hiệu này được viết tắt từ thuật ngử: SINGLE POLE SINGLE THROW, Rơle mang ký hiệu này chỉ có một cặp tiếp điểm thường mở.

- Ký hiệu DPST:

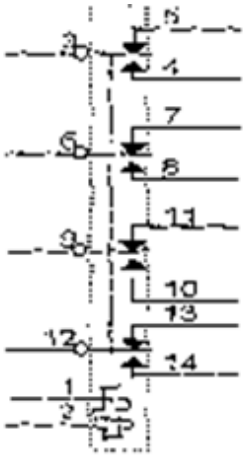
Ký hiệu này được viết tắt từ thuật ngử: DOUBLE POLE SINGLE THROW, Rơle mang ký hiệu này gồm có hai cặp tiếp điểm thường mở.



Relav DPDT



Relav 4PST



Relav 4PDT

Hình 3 - 13

Ngoài ra, Rơle lắp trong tủ điều khiển thường được đặt trên các đế chân ra. Tùy theo số lượng chân ra, ta có các kiểu đế chân khác nhau: đế 8 chân, đế 11 chân...

2.5. Rơ le nhiệt

2.5.1. Cấu tạo.

1. Cuộn dây đốt nóng.

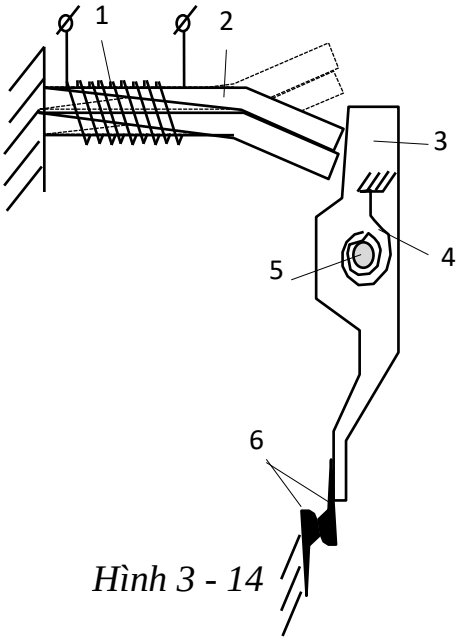
2. Thanh kim loại kép.

3. Cần quay.

4. Lo xo phản kháng.

5. Trục.

6. Tiếp điểm thường đóng.



Hình 3 - 14

- Phần tử cơ bản của rơle nhiệt là phiến kim loại kép (bimêtan) cấu tạo từ hai tấm kim loại. Một tấm có hệ số giãn nở vì nhiệt bé (thường dùng invar có thành phần 36%Ni, 64%Fe), một tấm có hệ số giãn nở vì nhiệt lớn (thường dùng đồng thau có hệ số giãn nở vì nhiệt lớn gấp 20 lần invar). Hai tấm kim loại này được ghép chặt với nhau thành một phiến hoặc bằng phương pháp cán nóng, hoặc bằng phương pháp hàn.

- Cuộn dây đốt nóng được mắc nối tiếp với mạch điện cần bảo vệ.

2.5.2. Nguyên tắc tác động.

- Khi cuộn dây 1 có dòng điện đi qua, cuộn dây phát nhiệt đốt nóng phiến kim loại kép 2.

- Nếu dòng điện qua cuộn dây vượt quá trị số cho phép thì nhiệt lượng tỏa ra lớn, làm cho phiến kim loại kép cong lên, giải phóng cần quay 3, dưới tác dụng của lò xo 4 làm cần quay 3quay một góc, mở tiếp điểm 6 rơle tác động.

- Để chuẩn bị cho tác động lần sau ta phải ấn nút phục hồi hoặc rơle tự phục hồi.

2.5.3. Các thông số kỹ thuật

+ Kiểu rơle

+ Ký hiệu kết cấu

+ Số tiếp điểm thường đóng

+ Số tiếp điểm thường mở

+ Phần tử phát nóng

+ Thời gian tác động (giây)

+ Trọng lượng (kg)

Ví dụ: Đặc tính kỹ thuật của rơle nhiệt kiểu PT của Liên Xô

Kiểu	**Ký hiệu kết cấu**	**Số tiếp điểm**		**Phần tử phát nóng**	**Thời gian tác động: s**	**Trọng lượng : kg**
		Thường đóng	**Thường mở**			
PT (rơle nhiệt hai pha, có nút ấn phục hồi, làm việc ở điện áp xoay chiều đến 500V)	PT-1 (hở)		1	Số phần tử có thể thay đổi là 67. Mức độ điều chỉnh là 10% đối với số từ 1 đến 19, và 5% đối với số từ 20 đến 67. Dòng điện định mức của phần tử là 0.4A, dòng điện của số N^0 67 là 24,2.	20 phút ở 1.2 $I_{đm}$	0.24
	PT - 1 (có vỏ)		1	Số phần tử có thể thay đổi là 71. Dòng điện định mức của phần tử là N^0 1 là 0. A; tới số N^0 154 là 24.2 A.		0.92
	PT - 2 (hở)		1	Số phần tử có thể thay đổi là 22. Mức độ điều chỉnh là 5% từ số N^0 68 đến N^0 89. Dòng điện định mức của N^0 68 là 25, 7A đến số N^0 89 là 75.6A		0.94
	PT - 3		1	Số phần tử có thể thay đổi là 18. Mức độ điều chỉnh là 5% từ số N^0 90 đến N^0 108. Dòng điện định mức của N^0 90 là 80A, của N^0 108 là 196A		1.44

2.5.4. Phạm vi ứng dụng

- Rơ le nhiệt làm nhiệm vụ bảo vệ thiết bị điện, mạch điện khi quá dòng điện do quá tải; Khống chế hoạt động của các thiết bị điện, mạch điện (Lò điện, bếp điên, nồi cơm điện, bàn là...)

- Rơ le nhiệt được dùng ở điện áp xoay chiều đến 500V, tần số 50Hz. Một số kết cấu mới của rơle nhiệt có dòng điện định mức đến 150A, có thể dùng ở lưới điện một chiều có điện áp đến 440V.

- Rơle nhiệt được đặt trong tủ điện, trên bảng điện, đằng trước hoặc đằng sau bộ phận bắt dây dẫn. Rơle nhiệt không tác động tức thời theo trị số dòng điện vì nó có quán tính nhiệt lớn, phải có thời gian để phát nóng. Do đó nó làm việc có thời gian từ vài giây đến vài phút. Vì vậy không thể dùng để bảo vệ ngắn mạch được.

2.6. Rơ le kỹ thuật số

2.6.1. Cấu trúc rơle kỹ thuật số

Trong thời gian gần đây, người ta có khả năng xử lý một khối lượng lớn thông tin trong một thời gian rất ngắn đối với chế độ làm việc của trang thiết bị điện được bảo vệ. Hiện nay, trong hệ thống điện những thông tin này được xử lý bằng máy vi tính. Do đó, đã tạo nên một sự thay đổi quan trọng trong việc thực hiện của hệ thống bảo vệ. Việc sử dụng hệ thống vi tính thiết kế, thực hiện các phần của bảo vệ đang là vấn đề thời sự. Cũng tương tự như các bảo vệ thực hiện bằng điện cơ, điện tử, bảo vệ bằng vi tính kỹ thuật số cũng có những phần chức năng đo lường, tạo thời gian, phần logic hoạt động theo chương trình định trước để đi điều khiển các máy cắt.

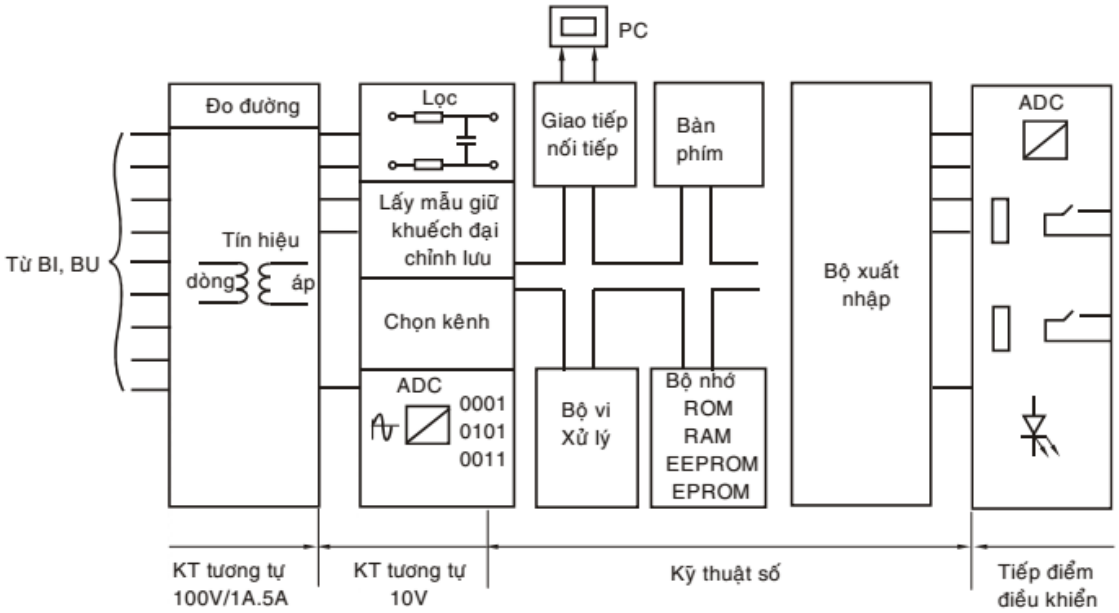
Với khả năng linh động của các rơle dùng kỹ thuật số, ngoài chức năng phát hiện ngắn mạch, còn làm nhiệm vụ đo lường, định vị trí sự cố, lưu trữ các hiện tượng trước và sau thời điểm ngắn mạch, phân tích dữ liệu hệ thống, dễ

dàng giao tiếp với các bảo vệ khác, hiển thị thông tin rõ ràng cho người sử dụng. Sau đây giới thiệu sơ lược nguyên lý hoạt động của một rơle kỹ thuật số.

Một rơle kỹ thuật số có thể bao gồm các bộ phận: bộ biến đổi I sang V, bộ lọc, bộ chỉnh lưu chính xác, bộ dịch pha, bộ phát hiện đi qua điểm zero, bộ chọn kênh, mạch lấy mẫu và giữ, bộ biến đổi ADC, bộ vi xử lý, bộ xuất nhập, các tiếp điểm rơle điều khiển...

Tín hiệu từ máy biến điện áp và tín hiệu từ máy biến dòng sau khi đã được biến đổi thành tín hiệu áp tương ứng được cho qua bộ lọc để tránh lỗi giả. Sau khi qua bộ lọc, các tín hiệu này sẽ được cho qua (hay không qua) bộ chỉnh lưu chính xác và đầu ra sẽ được đưa vào bộ chọn kênh. Bộ vi xử lý trung tâm sẽ gửi lệnh đến bộ chọn kênh để mở ra kênh mong muốn. Đầu ra của bộ chọn kênh sẽ đưa vào bộ biến đổi A/D, để biến tín hiệu tương tự thành tín hiệu dạng số.

Nguyên lý biến đổi tín hiệu phải qua mạng lấy mẫu và giữ cho tín hiệu điện áp tức thời không thay đổi trong chu kỳ biến đổi.



Hình 3 - 15:Sơ đồ khối của bảo vệ bằng vi xử lý

Đầu ra của bộ biến đổi AD là tín hiệu số tương ứng với tín hiệu tương tự đầu vào và được đưa vào bộ vi xử lý. Tác động liên thông giữa bộ vi xử lý trung tâm với bộ nhớ (chương trình phần mềm) cho phép đo trị số đặt, xác định đặc tuyến khởi động của bảo vệ theo chương trình định trước, xác định thời gian làm việc, logic tác động, tự động thay đổi sự quan hệ trong phần logic phụ thuộc vào các tín hiệu từ các đối tượng được bảo vệ, và sau cùng cho quyết định đi điều khiển máy cắt, thông qua các bộ xuất nhập, DAC, tiếp điểm rơle... đối với ngõ rơle cần xác định hướng công suất, thì các bộ dịch pha và bộ phát hiện tín hiệu đi qua điểm zero có thể được dùng.

1- Bộ vi xử lý

Bộ vi xử lý là một thiết bị số lập trình được, nó có thể thực hiện tất cả các chức năng như một CPU của một máy tính và nó được chế tạo thành một khối IC bằng kỹ thuật VLSI. Nó là sự phát triển mới nhất trong lãnh vực kỹ thuật máy tính. Nó có thể tìm kiếm những chỉ thị trong bộ nhớ, giải mã và thi hành những chỉ thị đó, thực hiện những phép toán số học và luận lý, nhận dữ liệu từ thiết bị nhập và gởi kết quả cho thiết bị xuất. Phần chính của một bộ vi xử lý giống như một CPU thông thường, nghĩa là bao gồm: bộ số học và luận lý (*Arithmetic and Logic Unit - ALU*), bộ định thì và điều khiển (*Timing and Control Unit - TCU*), các thanh ghi. Bộ vi xử lý liên kết với bộ nhớ và các thiết bị nhập xuất có dạng như một máy tính.

Với các ưu điểm như: giá thành hạ, kích thước nhỏ, có thể lập trình được của một bộ vi xử lýthích hợp với nhiều ứng dụng. Bộ vi xử lý và các sản phẩm khác ứng dụng kỹ thuật LSI hoặc VLSI đã làm thay đổi mạnh mẽ của phần lớn các hệ thống số.

Kích thước từ (*word size*) của một bộ vi xử lý là số bit (số nhị phân) mà nó có thể được xử lý nối tiếp hoặc song song cùng một lúc. Ngày nay, những bộ vi xử lý với kích thước từ khác nhau như là 4, 8, 16, 32 và 64 bit được sử dụng rộng rãi trên thị trường.

2- Các thiết bị nhập xuất

Bộ vi xử lý liên lạc với thế giới bên ngoài thông qua các thiết bị nhập xuất. Nó nhận dữ liệu nhị phân và các chỉ thị từ thiết bị nhập và gởi kết quả đã xử lý đến thiết bị xuất. Các thiết bị nhập xuất còn được gọi là các thiết bị ngoại vi:

Thiết bị nhập: bàn phím, bộ biến đổi tương tự số...

Bộ cảm biến: dùng để nhận biết các thông số vật lý thay đổi và biến đổi chúng thành dạngđiện tử để đưa vào của bộ xử lý.

Màn hình: dùng để biến đổi tín hiệu ra thành dạng mà con người có thể đọc được.

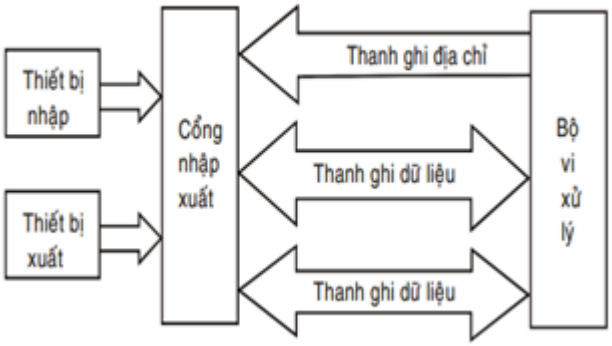
Thiết bị xuất: dùng để dịch các tín hiệu ngõ ra ở dạng logic sang tín hiệu điện hoặc cơ ởdạng tương tự (đèn bảy đoạn, LEDS, máy in, bộ biến đổi số tương tự...).

Các thiết bị trên có thể được đòi hỏi có hoặc không, nó phụ thuộc vào các ứng dụng mà bộ vi xử lý đang được sử dụng đòi hỏi.

Sự truyền dữ liệu giữa các thiết bị nhập xuất và bộ vi xử lý thông qua các cổng xuất nhập. Các thiết bị xuất nhập được giao tiếp với bộ vi xử lý qua các cổng xuất nhập như ở hình 3 - 16.

3- Bộ nhớ

Bộ vi xử lý cần có bộ nhớ để lưu trữ chương trình và dữ liệu. Bộ nhớ là sự tập hợp các thanh ghi, mỗi thanh ghi lưu trữ một từ có số bit khác nhau. Bộ nhớ bán dẫn có hai loại: ROM và RAM.



Hình 3 - 16

RAM: là bộ nhớ chủ yếu trong máy tính và được gọi là loại thay đổi được, bởi vì dữ liệu lưu trữtrong RAM sẽ bị mất khi nó bị mất nguồn. Có hai loại RAM tĩnh và RAM động.

RAM tĩnh sử dụng dễ dàng hơn nhưng giá thành đắt hơn loại động.

RAM động cần chu kỳ làm tươi bộ nhớ để bảo quản những thông tin được lưu trữ.

RAM được dùng khi chương trình hoặc dữ liệu đòi hỏi phải được lưu trữ cũng như thay đổi khi cần thiết. RAM cũng được dùng để lưu trữ tín hiệu đo lường dòng áp trong một khoảng thời gian cho mục đích ghi nhận dạng sự cố. Từ một vị trí bất kỳ có thể được truy xuất mà không cần quan tâm đến những vị trí khác. Nó cũng được gọi là bộ nhớ truy xuất trực tiếp.

ROM: được dùng khi lưu trữ những chương trình cố định. Nó được gọi là bộ nhớ không thay đổivà dữ liệu không bị mất khi mất nguồn. ROM có thể rẻ hơn và nhanh hơn RAM.

Có các loại ROM sau:

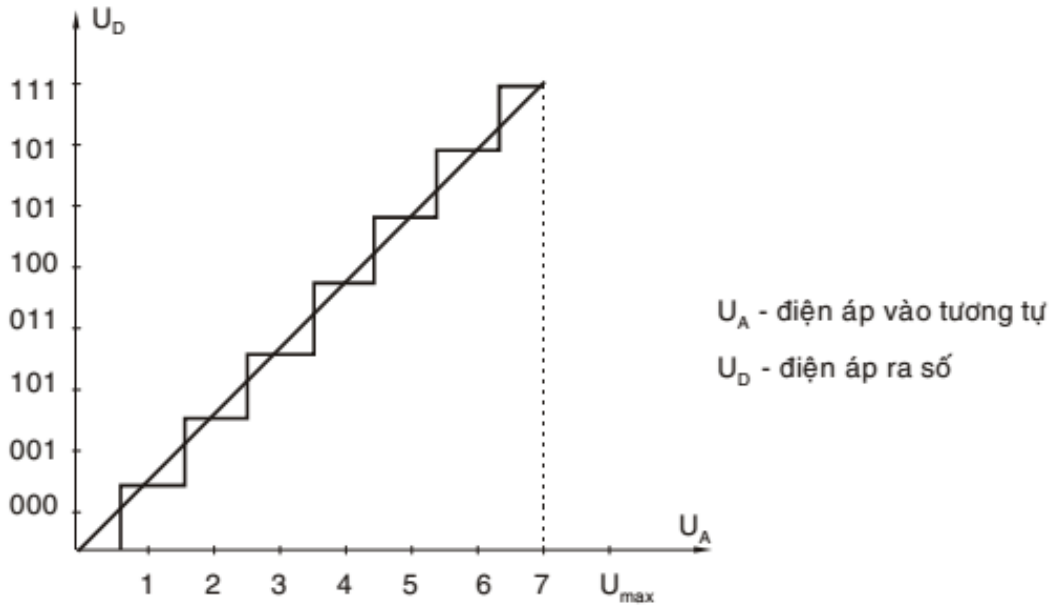
- Loại được lập trình sẵn, dữ liệu chương trình được viết vào ROM khi sản xuất.
- Loại cho phép người dùng được lập trình như Programmable ROM (PROM) hoặc loại có thể lập trình và xóa như EPROM.

EEPROM: được dùng để chứa các trị số đặt của rơle.

4- Các bộ chuyển đổi tương tự–số và số–tương tự

a. Bộ chuyển đổi tương tự–số (*Hình 3 – 17)*

Để phối ghép giữa nguồn tín hiệu tương tự với các hệ thống xử lý số, người ta dùng các *mạch chuyển đổi tương tự* (*ADC*) nhằm biến đổi tín hiệu tương tự sang số, hoặc dùng các *mạch chuyển đổi số–tương tự* (*DAC*) trong trường hợp cần biến đổi tín hiệu số sang dạng tương tự.



Hình 3 – 17: Đặc tuyến truyền đạt của mạch biến đổi tương tự số

Tín hiệu tương tự U_A được chuyển thành tín hiệu có dạng bậc thang đều. Với đặc tính truyền đạt như vậy, một phạm vi giá trị của U_A được biểu diễn bởi một giá trị đại diện số thích hợp. Các giá trị đại diện số là các giá trị rời rạc. Có nhiều cách biểu diễn giá trị rời rạc đó. Trong trường hợp sau, *mạch biến đổi AD* là các thiết bị số thì thường dùng *hệ cơ số 2* (*mã nhị phân*) để biểu diễn tín hiệu số như trong hình 3 - 17

$S_D = b_{n-1}.2^{n-1} + b_{n-2}.2^{n-2} + ... + b_o 2^o$

trong đó: hệ số $b_k = 0$ hoặc 1 (với $k = 0,..., n-1$) và được gọi là bit

b_{n-1}- được gọi là bit có nghĩa lớn nhất (MSB), tương ứng với cột đứng đầu bên trái của dãy mãsố. Mỗi biến đổi giá trị của MSB ứng với sự biến đổi của tín hiệu là nửa dãy làm việc

b_o- được gọi là bit có nghĩa nhỏ nhất (LSB), tương ứng với cột đứng đầu bên phải mã số. Mỗi biếnđổi của tín hiệu là một mức lượng tử (một nấc của hình bậc thang).

Với một mạch biến đổi có N bit, tức N số hạng trong dãy nhị phân, (trong ví dụ hình 16$n = 3$) thì mỗi nấc trên hình bậc thang chiếm giá trị

$Q = U_{LSB} = \frac{U_{AM}}{2^N - 1}$

trong đó U_{AM} là giá trị cực đại cho phép của điện áp tương tự ở đầu vào ADC. Giá trị của U_{LSB} hay Q được gọi là mức lượng tử.

b. Bộ chuyển đổi số–tương tự

Các phương pháp chuyển đổi số tương tự (DA*)*

Chuyển đổi số–tương tự là quá trình tìm lại tín hiệu tương tự từ *n* số hạng (*N* bit) đã biết tín hiệu số với độ chính xác là một mức lượng tử, tức một LSB.

Chuyển đổi số–tương tự không phải là phép nghịch đảo của chuyển đổi tương tự–số, vì không thể thực hiện phép nghịch đảo của quá trình lượng tử hóa. Quá trình chuyển đổi số–tương tự đơn giản hơn quá trình chuyển đổi tương tự–số rất nhiều. Vì vậy chuyển đổi số–tương tự được ứng dụng nhiều trong các mạch chuyển đổi tương tự–số.

Để lấy được tín hiệu tương tự từ tín hiệu số, dùng sơ đồ nguyên tắc trên hình 3.21. Theo sơ đồ này thì quá trình chuyển đổi số–tương tự là quá trình tìm lại tín hiệu tương tự đã lấy mẫu được. Tín hiệu đầu ra là tín hiệu rời rạc theo thời gian như trên 3.21. Tín hiệu này được đưa qua một bộ lọc thông thấp lý tưởng. Trên đầu ra của bộ lọc có tín hiệu UA biến thiên liên tục theo thời gian là tín hiệu nội suy của UM. Ở đây bộ lọc thông thấp đóng vai trò như một bộ lọc ngoại suy.

5- Bộ lấy mẫu và giữ

Khi bộ ADC thực hiện chuyển đổi tín hiệu tương tự sang dạng số phải mất thời gian biến đổi. Nếu tín hiệu tương tự đầu vào không là hằng số trong chu kỳ biến đổi, tín hiệu số ra của ADC sẽ không tương ứng với giá trị tín hiệu tương tự khởi đầu. Một mạch lấy mẫu và giữ (*S*/*H*) được dùng để giữ giá trị tức thời thay đổi của tín hiệu tương tự là hằng số trong chu kỳ biến đổi. Mạch sẽ có hai chức năng, lấy mẫu và giữ.

2.6.2. Nguyên lý làm việc

Rơle số làm việc dựa trên nguyên tắc đo lường số.

- Những biến đầu vào của rơle là các tín hiệu tương tự của dòng điện và điện áp nhận được từ phía thứ cấp của máy biến dòng và máy biến điện áp.

- Sau khi qua các bộ lọc tương tự, bộ lấy mẫu, các tín hiệu dòng điện và điện áp này sẽ được chuyển thành các tín hiệu số. Tuỳ theo nguyên tắc bảo vệ, tần số lấy mẫu có thể thay đổi từ 12 đến 20 mẫu trong một chu kỳ của dòng điện công nghiệp.

Nguyên lý làm việc dựa trên giải thuật toán theo chu trình của đại lượng điện từ trị số của dòng điện và điện áp đã lấy mẫu. Trong quá trình tính toán liên tục sẽ phát hiện ra chế độ sự cố sau một vài phép tính nối tiếp nhau. Khi đó bảo vệ sẽ tác động, bộ vi xử lý sẽ gửi tín hiệu đến các rơle đầu ra để điều khiển cắt máy cắt.

2.6.3. Một số đặc điểm của rơle kỹ thuật số

- Rơle có thể thực hiện được việc tự kiểm tra và cảnh báo trạng thái của từng khối chức năng trong rơle: Từ trị số của các đại lượng tương tự đầu vào đến bộ chuyển đổi A/D (so sánh các trị số chuyển đổi chuẩn), bộ vi xử lý, rơle đầu ra và mạch điều khiển đóng cắt máy cắt điện.

- Các đại lượng chỉnh định được nạp vào bộ nhớ EEPROM cho phép không mất số liệu chỉnh định khi mất nguồn điện thao tác cho rơle.

- Rơle có khả năng ghi chép và lưu trữ số liệu về sự cố theo trình tự diễn biến thời gian với độ chính xác đến ms. Bộ nhớ của rơle số có thể lưu lại được từ 8 lần trở lên, cho phép có thể theo dõi xác định được các sự cố đã xảy ra.

- Mọi thông tin về vận hành thao tác và sự cố đều được lưu lại trong bộ nhớ và không mất khi rơle bị mất nguồn nuôi.

- Mặt trước rơle có các đèn LED để cảnh báo về trạng thái của rơle cũng như các thao tác mà rơle đã tiến hành.

- Các rơle số có thể được chỉnh định, theo dõi hoạt động và trao đổi các thông tin vào ra của rơle thông qua ghép nối với máy tính và phần mềm chuyên dùng cho phép nhân viên vận hành có thể phân tích sự cố từ các số liệu đã được lưu lại trong quá trình sự cố.

- Rơle số có các cổng vào ra cho phép dễ dàng ghép nối với các thiết bị thông tin, đo lường, điều khiển và bảo vệ khác trong hệ thống.

3. Công tắc tơ.

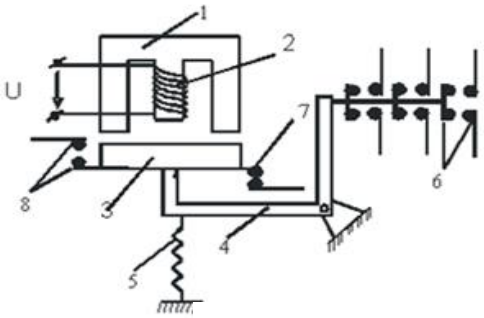
3.1.Công dụng.

Công tắc tơ là một loại khí cụ điện dùng để đóng cắt, điều khiển các thiết bị điện một chiều và xoay chiều điện áp đến 500V, dòng điện đến 600A.

3.2.Cấu tạo.

- Khi cuộn dây 2 có điện, mạch từ 1 hút nắp phần động 3, cần động 4 bị kéo và đóng tiếp điểm chính 6, tiếp điểm phụ thường đóng 7 mở ra, tiếp điểm phụ thường mở 8 đóng lại.

- Khi điện áp đặt vào cuộn 2 nhỏ, hoặc cuộn dây 2 mất điện thì lò xo 5 kéo nắp phần động ra, khi đó các tiếp điểm thường mở mở ra, tiếp điểm đóng thì đóng đóng lại.



Hình 3 - 18

1- Mạch từ.	*4- Cần động*	*7- Tiếp điểm phụ thường đóng7*
2- Cuộn dây.	*5- Lò xo.*	*8 - Tiếp điểm phụ thường đóng mở.*

3.3. Tính chọn công tắc tơ

Dựa vào dòng điện định mức của tải và căn cứ vào tính chất của phụ tải làm việc gián đoạn hay liên tục và căn cứ vào dãy dòng điện, điện áp định mức của Contactor từ đó ta lựa chọn công tắc tơ cho thích hợp.

$U_{CTT} = U_{lưới}$; $I_{CTT} > I_{đm}$

3.4. Hư hỏng và các nguyên nhân gây hư hỏng

3.4.1. Hiện tượng hư hỏng tiếp điểm.

Nguyên nhân:

- Chọn không đúng công suất khí cụ điện: chẳng hạn dòng điện định mức, điện áp và tần số thao tác của khí cụ điện không đúng với thực tế v v…

- Lực ép trên các tiếp điểm không đủ.

- Giá đỡ tiếp điểm không bằng phẳng, cong, vêng (nhất là đối với loại tiếp điểm bắc cầu) hoặc lắp ghép lệch.

- Bề mặt tiếp điểm bị ôxy hóa do xâm thực của môI trường làm việc (có hóa chất, ẩm ướt vv…

- Do hậu quả của việc xuất hiện dòng điện ngắn mạch một pha với ‘’đất’’ hoặc dòng ngắn mạch hai pha ở phía sau công tắc tơ, khởi động từ vv…

3.4.2. Hiện tượng hư hỏng cuộn dây (cuộn hút)

Nguyên nhân:

- Ngắn mạch cục bộ giữa các vòng dây do cách điện xấu.

- Ngắn mạch giữa các dây dẫn ra do chất lượng cách điện xấu hoặc ngắn mạch giữa dây dẫn và các vòng dây quấn do đặt giao nhau mà không có lót cách điện.

- Đứt dây quấn.

- Điện áp tăng cao quá điện áp định mức của cuộn dây.

- Cách điện của cuộn dây bị phá hỏng do bị va đập cơ khí.

- Cách điện của cuộn dây bị phá hủy do cuộn dây bị quá nóng hoặc vì tính toán các thông số quấn lại sai hoặc điện áp cuộn dây bị nâng cao quá, hoặc lỏi thép hút không hoàn toàn, hoặc điều chỉnh không đúng hành trình lõi thép.

- Do nước êmunxi, do muối, dầu, khí hóa chất…của môI trưỡng âm thực làm chọc thủng cách điện vòng dây.

4. Khởi động từ.

4.1. Khái niệm.

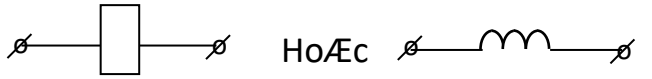
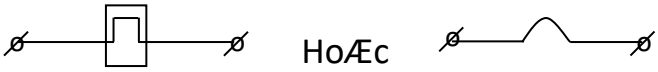
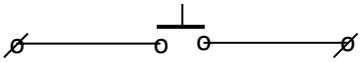
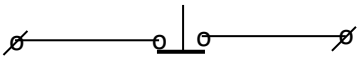
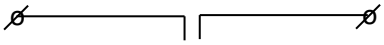
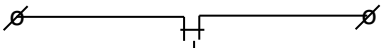
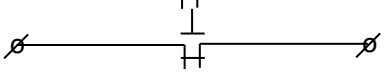
- Khởi động từ là thiết bị điện dùng để điều khiển từ xa việc đóng /cắt mạch điện, dùng đảo chiều quay và bảo vệ quá tải, ngắn mạch cho các động cơ điện xoay chiều 3 pha.

- Khởi động từ thực chất là công tắc tơ kết hợp với rơ le nhiệt.

+ Khởi động từ sử dụng một công tắc tơ gọi là khởi động từ đơn, thường dùng để đóng cắt mạch điện, điều khiển động cơ điện quay một chiều.

+ Khởi động từ sử dụng hai công tắc tơ gọi là khởi động từ kép, dùng để khởi động và đảo chiều động cơ điện.

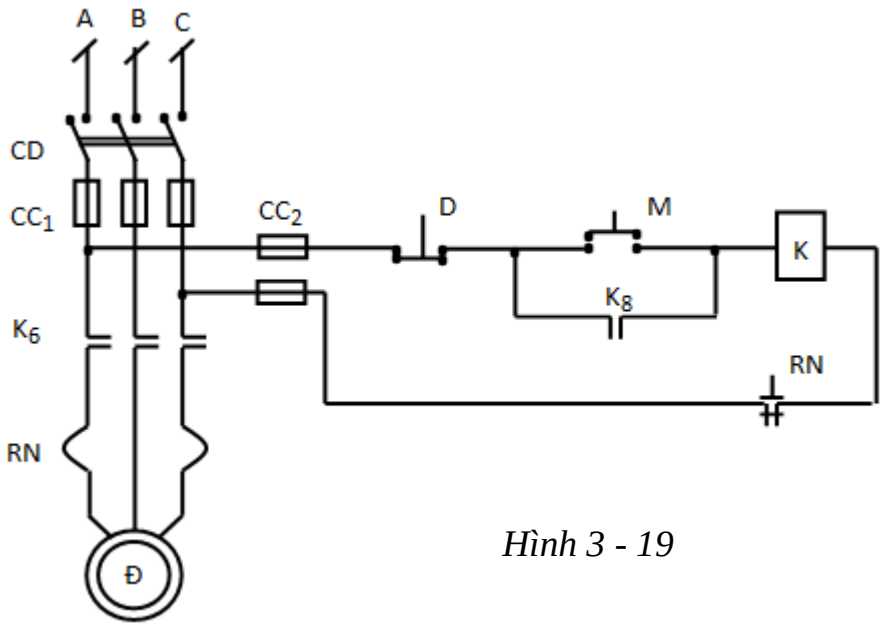
- Một số ký hiệu của khởi động từ.

Tên gọi	Ký hiệu
Cuộn dây công tắc tơ	
Phần tử công tác của rơ le nhiệt	
Nút ấn thường mở	
Nút ấn thường đóng	
Tiếp điểm thường mở	
Tiếp điểm thường đóng	
Tiếp điểm thường đóng của RN	

4.2.Sơ đồ điều khiển động cơ bằng khởi động từ đơn. Hình 3 - 19

- Mạch động lực: Tiếp điểm thường mở chính mắc nối tiếp với phần tử đốt nóng của rơ le nhiệt. Động cơ còn được bảo vệ ngắn mạch bằng cầu chì.

- Mạch điều khiển: Cuộn dây của công tắc tơ mắc nối tiếp với nút ấn thường mở, nút ấn thường đóng và tiếp điểm thường đóng có phục hồi của rơ le nhiệt.



Hình 3 - 19

- Khởi động động cơ: Đóng cầu dao CD; ấn nút mở M ⇒ Cuộn dây công tắc tơ có điện đóng tiếp điểm thường mở chính (K_6) ⇒ động cơ có điện làm việc. Đồng thời đóng tiếp điểm thường mở phụ (K_8) để duy trì nguồn điện cho cuộn dây K.

- Dừng động cơ: ấn nút dừng D ⇒ cuộn dây K mất điện mở hệ thống tiếp điểm thường mở ⇒ động cơ mất điện, ngừng làm việc.

- Khi động cơ bị quá tải ⇒ dòng điện qua phần tử đốt nóng RN vượt quá trị số cho phép ⇒ RN tác động; mở tiếp điểm thường đóng có phục hồi của rơ le nhiệt ở mạch điều khiển ⇒ cuộn dây K mất điện; mở tiếp hệ thống điểm thường mở ⇒ động cơ ngừng làm việc, bảo vệ an toàn cho động cơ.

4.3. Sơ đồ điều khiển động cơ bằng khởi động từ kép. *Hình 3 - 20*

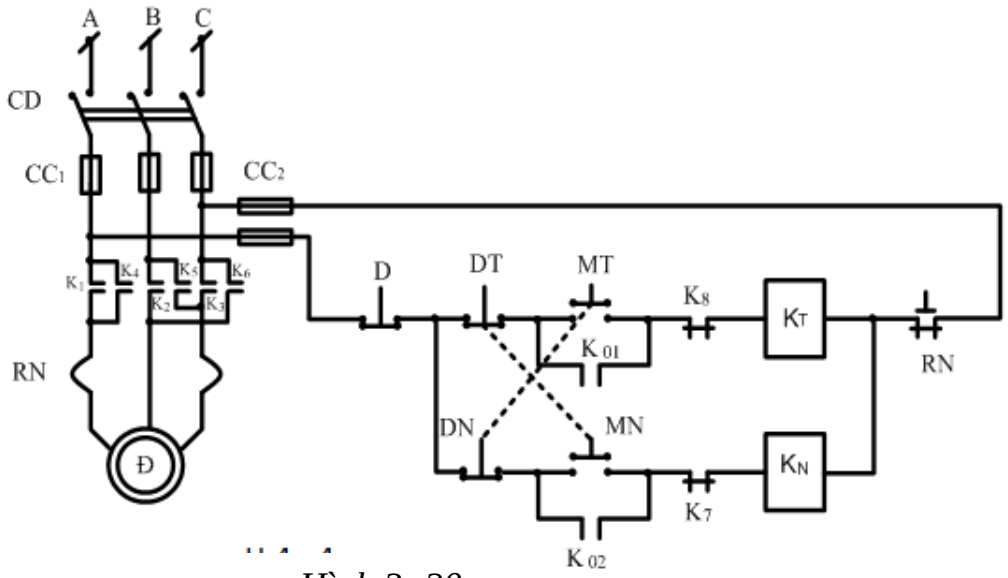
- Trong sơ đồ ở Hình 3 - 20 thực hiện đảo chiều quay của động cơ điện bằng cách đổi thứ tự pha đặt vào động cơ, bằng khởi động từ kép gồm hai công tắc tơ được nối liên động về điện và có thể cả liên động về cơ khí. Liên động về điện được thực hiện bằng cách dùng các tiếp điểm phụ thường đóng K_7, K_8 của các công tắc tơ 1 và 2 vào mạch điều khiển của công tắc tơ 2 và 1, đồng thời các nút ấn mở máy theo chiều thuận MT được liên động với nút dừng của chiều ngược DN.

- Liên động về cơ khí được thực hiện bằng cách nối liên động cơ khí hai phần động của hai công tắc tơ với nhau sao cho khi công tắc tơ này hút thì công tắc tơ kia nhả.

- Hoạt động của sơ đồ như sau:

+ Khi ấn nút MT, cuộn dây công tắc tơ một K_T có điện, các tiếp điểm K_1, K_3, K_{01} đóng lại, động cơ được cấp điện và quay theo chiều thuận, đồng thời K_7 mở ra đảm bảo cuộn dây công tắc tơ 2 K_N không có điện. Quá trình quay ngược cũng tương tự khi ấn nút MN, cuộn dây K_N có điện đóng các tiếp điểm K_4, K_5, K_6,K_{02}, động cơ được cấp điện và quay theo chiều ngược lại, đồng thời tiếp điểm K_8 mở ra, đảm bảo công tắc tơ 1 không có điện.

+ Dừng động cơ cho cả hai chiều quay được thực hiện bằng cách ấn nút dừng D. Bảo vệ quá tải bằng rơle nhiệt, bảo vệ ngắn mạch bằng cầu chì.



Hình 3 -20

4.4. Lựa chọn và lắp đặt

Hiện nay động cơ điện không đồng bộ 3 pha rôto lồng sóc có công suất từ (0,6 ÷ 100)KW được sử dụng rộng rãi ở nước ta;để vận hành chúng người ta dùng khởi động từ. Do đó để việc lựa chọn khởi động từ thuận tiện nhà sản xuất cho biết dòng điện định mức của khởi động từ và cho công suất động cơ điện mà khởi động từ điều khiển ứng với các cấp điện áp khác nhau. Cũng có thể căn cứ theo trị số dòng điện định mức của động cơ điện trong các chế độ làm việc mà chọn khởi động từ. Khởi động từ được lựa chọn theo điều kiện định mức các tiếp điểm chính của công tắc tơ, điện áp định mức của cuộn dây hút và chế độ bảo vệ của rơle nhiệt lắp trên khởi động từ.

$I_{đm\ KĐT} \geq I_{đm}$

$U_{KĐT} = U_{lưới}$

Do yêu cầu giảm chấn động và đảm bảo độ tin cậy trong làm việc của khởi động từ và cần chú ý các điều kiện lắp đặt:

- Lắp đúng chiều qui định về tư thế làm việc của khởi động từ .

- Gá lắp cứng vững, không gây rung động khi đóng cắt.

- Đảm bảo sự hoạt động linh hoạt của các cơ cấu cơ khí, nhất là đối với các khởi động từ kép có khóa chéo bằng đòn gánh cơ khí.

- Đảm bảo độ sạch trên các tiếp điểm, các rãnh trượt của nắp tự động để chống mất tiếp xúc hoặc hở mạch từ (cuộn hút quá tải bị nóng hoặc cháy).

- Trước khi sử dụng Contactor cũng như khởi động từ, rất cần thiết phải kiểm tra các thông số cũng như điều kiện phụ tải phải phù hợp với các yêu cầu đã nêu.

5. Kháng điện.

5.1.Khái niệm:

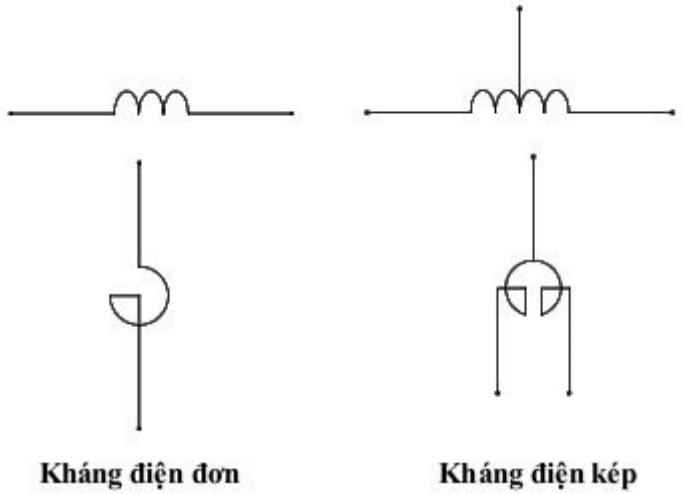
Kháng điện là cuộn dây điện cảm không có lõi thép và có điện kháng rất lớn so với điện trở. Dùng để hạn chế dòng ngắn mạch và dòng khởi động của các động cơ có công suất lớn nhằm chọn khí cụ điện hạng nhẹ. Ngoài ra kháng điện trên đường dây còn có tác dụng nâng cao điện áp dư trên thanh gps khi có ngắn mạch trên đường dây.

5.2. Cấu tạo, công dụng và phân loại kháng điện

5.2.1. Cấu tạo

Là cuộn dây có hoặc không có lõi thép, các vòng dây được cố định cứng.

- Giá trị điện kháng: $X_K >> R_K$



Hình 3 – 21: Cấu tạo và kí hiệu kháng điện

5.2.2. Phân loại :

Theo số cuộn dây:

- Kháng điện đơn: Cuộn kháng chỉ có 2 đầu

- Kháng điện kép: Cuộn kháng có 3 đầu, thực tế gồm 2 cuộn kháng đơn ghép lại.

Theo cách điện:

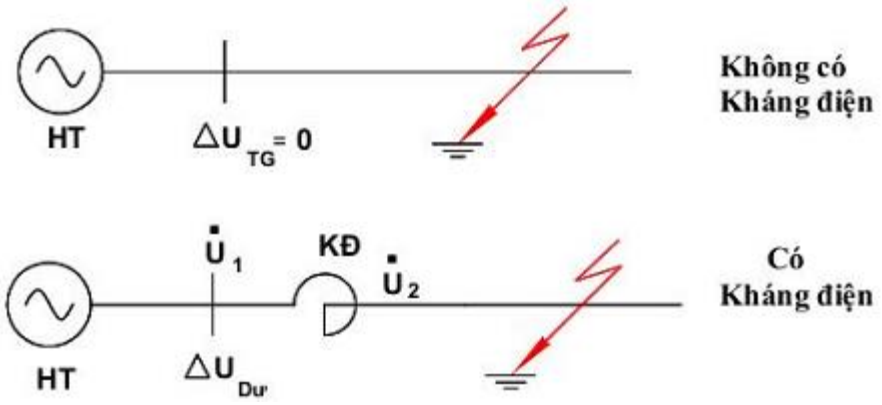
- Kháng điện khô

- Kháng điện dầu

5.2.3. Công dụng

- Hạn chế dòng điện ngắn mạch trong hệ thống lưới điện có công suất lớn hoặc dòng ngắn mạch quá lớn

- Duy trì điện áp trên thanh góp một giá trị nhất định khi NM phía sau cuộn kháng



Hình 3 - 22 *Sơ đồ kháng điện*

- Nối đất điểm trung tính của máy biến áp lực >> tăng tổng trở thứ tự không >> hạn chế dòng ngắn mạch 1 pha và 2 pha chạm đất.

- Bù công suất phản kháng do các đường dây siêu cao áp sinh ra.

- Giảm vốn đầu tư và chi phí vận hành khi dùng kháng điện so với các thiết bị khác.

5.3. Các thông số của kháng điện

- Điện áp định mức $U_{đmK}$

- Dòng điện định mức $I_{đmK}$

- Dòng điện ổn định động định mức $I_{đ.đm}$

- Điện kháng tương đối định mức tính theo % của kháng điện:

$$X_K\% = \frac{X_K}{X_{đmK}}.100 \qquad \text{Trong đó: } X_{đmK} = \frac{U_{đmK}}{\sqrt{3} I_{đmK}}$$

5.4. Yêu cầu của kháng điện

- Để dẩm bảo kháng điện không đổi (không phụ thuộc vào dòng điện đi qua nó) kháng điện thường được chế tạo không lõi thép vì thế kim loại mầu chủ yếu tập trung ở cuộn dây

- Ở chế độ định mức sụt áp trên kháng điện không đáng kể và nhiệt độ phát nngs trên cuộn dây khong vượt quá trị số cho phép của cấp cách điện

- Ở chế độ ngắn mạch kháng điện phải có đủ độ bền nhiệt, độ bền điện động và phải hạn chế ượ dòng ngắn mạch đên mức cần thiêt

- Tổn hao công suất trên kháng điện phải ít nhất. Tổn hao không được gây phát nóng kháng điện quá mức cho phép

- Khi quá điện áp không được phát sinh đánh thủng giữa các vòng dây và cách điên tuyệt đối với đất. Không được phat sinh phóng điện cục bộ trên bề mặt của kháng điện

5.5. Lựa chọn kháng điện

Lựa chọn kháng điện theo 4 bước

. – Bước 1:

Chọn nhà cung cấp Cuộn kháng: Hiện tại trên thị trường có rất nhiều hãng sản xuất kháng cho tụ bù như: Cuộn kháng Nuintek, Cuộn kháng Mikro, Cuộn kháng Epcos, Estel, Đang nổi lên là 1 hãng sản xuất kháng có chất lượng tốt giá cả cạnh tranh là Nuintek với các dòng sản phẩm đa dạng bao gồm Kháng hạ thế, kháng trung thế. Giá cả cạnh tranh. So sánh để có sự lựa chọn hãng cũng cấp hợp lý.

- Bước 2. Lựa chọn kháng điện theo điện áp

Dòng điện và giá trị điện kháng cần tìm cần phối hợp với máy cắt đã đặt trong mạch của nó. Có nghĩa là xuất phát từ điều kiện ngắn mạch sau kháng điện. Dòng điện siêu quá độ không vượt quá dòng định mức của máy cắt điện

- Bước 3. Chọn bậc sóng hài, Dựa vào khảo sát để đưa ra chọn kháng 6%, 12%
- Bước 4 :Chọn dung lượng Cuộn kháng cho phù hợp với dung lượng tụ bù (20kVAR, 25kVAR, 50kVAR, 100kVAR ... 500kvAR)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Xuân Phú - *Khí cụ Điện - Kết cấu, sử dụng và sửa chữa,* NXB Khoa Học và Kỹ Thuật, 1998.

[2]. Ngô Hồng Quang - *Sổ tay lựa chọn và tra cứu thiết bị điện từ 0.4-500 KV,* NXB KHKT, 2003

[3]. Nguyễn Hoàng Việt - *Thiết kế hệ thống điện,* NXB Đại học Quốc gia TPHCM.

[4]. Các trang web: WWW.CADIVI.COM

WWW.DIENQUANG.COM

WWW.VIHEM.COM.VN

[5]. Nguyễn Xuân Phú - *Vật liệu điện* - NXB Khoa Học và Kỹ Thuật, 1998.

[6]. Đặng Văn Đào, Lê Văn Doanh - *Kỹ Thuật Điện* -.NXB Giáo Dục, 1999.

[7]. Nguyễn Xuân Phú - *Cung cấp điện,* NXB Khoa học và Kỹ thuật, 1998.

[8]. K.B. Raina, s.k.bhattcharya (Phạm Văn Niên dịch) - *Thiết kế điện và dự toán giá thành*, NXB Khoa và Học Kỹ Thuật, 1996.

[9]. Đỗ Xuân Khôi - *Tính toán phân tích hệ thống điện*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2001.