

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình “thiết kế khí cụ điện hạ áp” đề cập đến những vấn đề cơ bản nhất về tính toán, thiết kế các bộ phận chủ yếu của khí cụ điện hạ áp. Chúng gồm các phần sau :

- Những vấn đề chung về thiết kế
- Mạch vòng dẫn điện
- Cơ cấu trong khí cụ điện
- Nam châm điện
- Tính toán nhiệt

Đây là giáo trình dùng cho sinh viên ngành thiết bị điện - hệ tại chức và dài hạn, nhưng nó cũng có thể bổ ích cho sinh viên các ngành khác và các cán bộ kỹ thuật, quan tâm đến công tác thiết kế, tính toán, chế tạo sửa chữa các khí cụ điện hạ áp.

Tham gia biên soạn chương trình này gồm các đồng chí :

- Phạm Tố Nguyên : chương 2, một phần chương 5 và chịu trách nhiệm chính.
- Luu Mỹ Thuận : chương 3 và chương 4.
- Phạm Văn Chối: chương 1 và một phần chương 5.
- Bùi Tín Hữu : chương 6.

Vì trình độ và thời gian có hạn nên cuốn sách này chắc chắn còn nhiều thiếu sót. Rất mong nhận được sự góp ý của bạn đọc, thư xin gửi tới bộ môn Thiết Bị Điện, trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.

Tháng 7 năm 1986

Các tác giả.

CHƯƠNG I : NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG VỀ THIẾT KẾ KHÍ CỤ ĐIỆN

§1-1. KHÁI NIỆM CHUNG

A- CÁC LOẠI KHÍ CỤ ĐIỆN

Khí cụ điện là những thiết bị điện, cơ cấu điện dùng để điều khiển các quá trình sản xuất, biến đổi, truyền tải, phân phối năng lượng điện và các dạng năng lượng khác.

Khái niệm điều khiển theo nghĩa rộng bao gồm : điều chỉnh bằng tay tự động, kiểm tra và bảo vệ.

Theo lĩnh vực sử dụng, các khí cụ điện được chia thành 5 nhóm, trong mỗi nhóm lại có rất nhiều chủng loại khác nhau. Các nhóm đó là :

1-Nhóm khí cụ điện phân phối năng lượng điện áp cao, gồm: Dao cách ly, máy ngắt dầu (nhiều dầu và ít dầu), máy ngắt không khí, máy ngắt tự sản khí, máy ngắt chân không cầu chui (cầu chì) , dao ngắt mạch, điện kháng , biến dòng, biến điện áp ...

2-Nhóm khí cụ điện phân phối năng lượng điện áp thấp, gồm: Máy ngắt tự động, máy ngắt bằng tay, các bộ đổi nối (cầu dao, công tắc), cầu chì ...

3-Nhóm khí cụ điện điều khiển: Công tắc tơ, khởi động từ, các bộ không chế và điều khiển, nút ấn, công tắc hành trình, các bộ điện trở điều chỉnh và mở máy, các bộ khuếch đại điện tử, khuếch đại từ, tự áp...

4-Nhóm các role bảo vệ: Role dòng điện role điện áp, role công suất, role tổng trở, role thời gian.

5-Nhóm khí cụ điện dùng trong sinh hoạt và chiếu sáng: công tắc, ổ cắm, phích cắm, bàn là, bếp điện...

B- CÁC BỘ PHẬN CỦA KHÍ CỤ ĐIỆN

Các khí cụ điện có nhiều chủng loại khác nhau về kết cấu, kích thước, nguyên lý làm việc. Tuy vậy trong công tác thiết kế vẫn có thể phân loại các bộ phận của chúng. Các phần tử hợp thành khí cụ điện bao gồm:

- Chi tiết: là phần sơ đẳng của khí cụ điện, được chế tạo từ một chất đồng nhất và chưa phải dùng đến nguyên công lắp ráp.

- Cụm (đơn vị lắp ráp) là tổ hợp lắp ráp cả hai hay nhiều chi tiết. Trong một cụm cũng có thể gồm hai hay nhiều cụm nhỏ (cụm bậc hai và các bậc cao). Cụm cơ sở là cụm mà bắt đầu từ đó lắp ráp thành khí cụ điện.

- Nhóm: là thành phần chủ yếu của khí cụ điện, gồm tổ hợp của các cụm và các chi tiết có chức năng chung cá biệt, nhóm có thể chỉ có chi tiết mà không có cụm.

Các bộ phận chủ yếu của khí cụ điện thường gặp là:

- Mạch vòng dẫn điện gồm đầu nối, thanh dẫn và các tiếp điểm.
- Hệ thống dập hồ quang
- Các cơ cấu trung gian
- Nam châm điện
- Các chi tiết và các cụm cách điện
- Các chi tiết kết cấu, vỏ, thùng

C-YÊU CẦU CHUNG CỦA CÁC KHÍ CỤ ĐIỆN

Các khí cụ điện được thiết kế phải thỏa mãn hàng loạt các yêu cầu của một sản phẩm công nghiệp hiện đại: đó là các yêu cầu về kỹ thuật, về vận hành, về kinh tế, về công nghệ và về xã hội chúng được biểu hiện qua các quy chuẩn, định mức, tiêu chuẩn chất lượng của nhà nước hoặc của ngành và chúng nằm trong nhiệm vụ thiết kế kỹ thuật.

1-Các yêu cầu về kỹ thuật:

-Độ bền nhiệt của các chi tiết, bộ phận của khí cụ điện khi làm việc ở chế độ định mức và chế độ sự cố.

-Độ bền cách điện của các chi tiết bộ phận cách điện và khoảng cách cách điện khi làm việc với điện áp lớn nhất, kéo dài và trong điều kiện của môi trường xung quanh(như mưa, ẩm, bụi, tuyết,...) cũng như khi có quá điện áp nội bộ hoặc quá điện áp do khí quyển gây ra.

-Độ bền cơ và tính chịu mòn của các bộ phận khí cụ điện trong giới hạn số lần thao tác đã thiết kế, thời hạn làm việc ở chế độ định mức và chế độ sự cố.

-Khả năng đóng ngắt ở chế độ định mức và chế độ sự cố, độ bền điện thông của các chi tiết, bộ phận.

-Các yêu cầu kỹ thuật riêng đối với từng loại khí cụ điện.

-Kết cấu đơn giản, khối lượng và kích thước bé.

2- Các yêu cầu về vận hành:

- Lưu ý đến ảnh hưởng của môi trường xung quanh: độ ẩm, nhiệt độ, độ cao,...

- Độ tin cậy cao.

- Tuổi thọ lớn, thời gian sử dụng lâu dài

- Đơn giản,dễ thao tác,sửa chữa, thay thế.

- Tồn phí vận hành ít, tiêu tốn ít năng lượng.
- 3- Các yêu cầu về kinh tế, xã hội :
 - Giá thành hạ
 - Tạo điều kiện dễ dàng, thuận tiện cho nhân viên vận hành (về tâm sinh lý, về cơ thể,...)
 - Tính an toàn trong lắp ráp ,vận hành
 - Tính thẩm mỹ của kết cấu
 - Vốn đầu tư khi chế tạo, lắp ráp và vận hành ít
- 4- Các yêu cầu về công nghệ chế tạo :
 - Tính công nghệ của kết cấu: dùng các chi tiết, cụm quy chuẩn, tính lắp lẫn...
 - Lưu ý đến khả năng chế tạo: mặt bằng sản xuất, đặc điểm tổ chức sản xuất, khả năng của thiết bị.
 - Lưu ý đến khả năng phát triển chế tạo, sự lắp ghép vào các tổ hợp khác, chế tạo dây,..

D-ẢNH HƯỞNG CỦA MÔI TRƯỜNG LÀM VIỆC ĐẾN KẾT CẤU CỦA KHÍ CỤ ĐIỆN

1-Vùng khí hậu : Trong quá trình thiết kế, phải lưu ý đến điều kiện khí hậu nơi sử dụng. Vì vậy cần phải nghiên cứu các dạng, loại phù hợp với từng vùng khí hậu. Nhìn chung các loại khí cụ điện chỉ khác nhau ở một số loại vật liệu và các lớp sơn phủ bề mặt các chi tiết.

Có các loại khí cụ điện cho các vùng khí hậu sau :

- Loại dùng cho các vùng khí hậu ôn đới.
- Loại dùng cho các vùng khí hậu nhiệt đới ẩm .
- Loại dùng cho các vùng nhi khô, sa mạc.
- Loại dùng cho các vùng khí hậu hàn đới.
- Loại dùng cho các vùng khí hậu biển, ôn đới.
- Loại dùng cho các vùng khí hậu biển. nhiệt đới.

2-Vị trí lắp đặt : Ngoài điều kiện khí hậu, khi thiết kế khí cụ điện còn phải lưu ý đến vị trí lắp đặt của chúng như :

- Kiểu đặt trong phòng kín, có thông gió.
- Kiểu đặt trong các hầm lò, có độ ẩm cao.

- Kiểu đặt bên ngoài, không có che chắn, bị tác động của mưa bụi, bắn ...
- Các kiểu chuyên dùng, có che chắn, chống bụi, nước, chống nổ.

Tuỳ theo mức độ chống được ảnh hưởng của môi trường bên ngoài, các khí cụ điện được phân theo các cấp bảo vệ (có tiêu chuẩn).

3-Tác động cơ học:

Trong quá trình vận chuyển, bảo quản vận hành, các khí cụ điện chịu tác động cơ học từ mọi phía, thể hiện qua độ rung và va đập. Tác động này có dạng và độ lớn khác nhau cho từng lĩnh vực sử dụng, ví dụ như trong công nghiệp, tàu điện, máy bay...

4-Sự thay đổi các thông số định mức của khí cụ điện :

Khi nhiệt độ môi trường tăng thì dòng điện định mức của các khí cụ điện giảm xuống. Khi chiều cao nơi làm việc lớn hơn 1000m, nên thay đổi dòng điện và điện áp định mức của các khí cụ điện như sau :

Độ cao, m	$K_I = I/I_{dm}$	$K_U = U/U_{dm}$
1000	1.00	1.00
2000	0.98	0.90
3000	0.96	0.80
6000	0.90	0.56

Tất cả các nhân tố trên đều ảnh hưởng đến kết cấu của khí cụ điện. Vì vậy, các nhân tố này nằm trong phần nhiệm vụ thiết kế.

A- CÁC PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ VÀ TÍNH TOÁN

Thiết kế là việc giải bài toán nhiều ẩn. Bài toán này thường thiếu các số liệu cần thiết nên phải cho trước một số thông số, đưa vào các điều kiện giới hạn phải đơn giản hoá nhiều vấn đề, các phương pháp chủ yếu dùng trong quá trình thiết kế và tính toán kết cấu thường gặp là: Phương pháp đồng dạng, phương pháp tương tự, phương pháp gần đúng liên tiếp.

Tính toán thiết kế phải bám sát vào nhiệm vụ được giao. Đôi khi phải huỷ bỏ kết quả tính toán về kích thước và các thông số, mặc dù kết này đúng về mặt toán học nhưng không thể chấp nhận được về mặt kết cấu, chế tạo, vận hành, kinh tế ...

Trong việc tính toán, cần dựa vào các vấn đề lý thuyết và thực tế, trong đó gồm các luật vật lý, các số liệu thực nghiệm của các khí cụ điện tương tự. Vai trò của tính toán là quan trọng, nhưng trong nhiều trường hợp lại chọn trước dạng và các kích thước, mà không cần đến tính toán. Nên lưu ý rằng, khi sử dụng các công thức tính toán kinh nghiệm, cần biết rõ mối quan hệ vật lý giữa các đại lượng, bản chất vật lý của hiện tượng và giới hạn của các đại lượng trong công thức này.

Trong công tác thiết kế, thường sử dụng các phương tiện tính toán: tính bằng tay và bằng máy tính. Việc tính toán bằng tay có nhiều nhược điểm, sai sót lớn. Việc sử dụng máy tính điện tử cho phép giải các bài toán tuyến tính và phi tuyến với kết quả tương đối chính xác. Để giải các bài toán trong khí cụ điện nên dùng máy tính tương tự, với ưu điểm là chọn sơ đồ nhanh, dễ hiệu chỉnh các biến số, các trị số ban đầu. Máy tính số cho kết quả chính xác cao nhưng việc lập phương trình cũng phức tạp.

B- GIAI ĐOẠN CHUẨN BỊ THIẾT KẾ

Đây là giai đoạn khá quan trọng trong công tác thiết kế. Ở giai đoạn này, yêu cầu phải nắm vững được nhiệm vụ thiết kế, tóm tắt được ưu nhược điểm của các kết cấu tương tự sẵn có làm quen cơ sở kinh tế-kỹ thuật của bản thiết kế và hiệu chỉnh nhiệm vụ thiết kế kỹ thuật.

a-Nhiệm vụ thiết kế:

Trong nhiệm vụ thiết kế một khí cụ điện hoặc một dây khí cụ điện, phải có đủ các số liệu về các thông số kỹ thuật, về yêu cầu vận hành chế tạo, công nghệ. Những số liệu, tin tức cơ bản:

- 1-Tên khí cụ điện và mục đích sử dụng
- 2-Dạng điện (một chiều hay xoay chiều) điện áp định mức, tần số
- 3-Trị số về dòng định mức
- 4-Dạng điện và điện áp định mức của mạch điều khiển hay các mạch phụ khác
- 5-Số lượng và các tiếp điểm chính, tiếp điểm phụ thường đóng, thường mở,..

6-Đặc tính của phụ tải và các thông số vận hành cơ bản loại phụ tải, số lần đóng ngắt trong một giờ, chế độ làm việc: ngắn hạn, dài hạn, khả năng đóng ngắt giới hạn độ bền nhiệt và độ bền điện động, tuổi thọ điện và loại cơ cấu đóng ngắt, khả năng và điều kiện lắp đặt, điều kiện vận hành, các yêu cầu và thông tin về công nghệ chế tạo, các yêu cầu về kinh tế và các yêu cầu khác.

Với các khí cụ tổ hợp- tổ hợp của một vài khí cụ điện còn cần các yêu cầu khác như: sơ đồ điện của chúng, quan hệ tương hỗ, vị trí lắp đặt.

b-Tóm tắt các kết cấu sẵn có

Các khí cụ điện mới phải dựa vào thành tựu khoa học công nghệ trong lĩnh vực chuyên môn. Vì vậy cần nghiên cứu các kết cấu sẵn có trong và ngoài nước với các chức năng tương tự, với các thông số kỹ thuật gần giống loại định thiết kế.

Trong trường hợp khí cụ điện sẽ được thiết kế là loại mới, không giống các loại đã có thì bảng tóm tắt các loại sẵn có được xem như là tài liệu tham khảo.

Khi lập bảng tóm tắt các khí cụ điện sẵn có, ngoài việc mô tả ngắn gọn các ưu nhược điểm cần phải đánh giá chất lượng của các kết cấu đó. Bảng tóm tắt nên làm theo thứ tự sau:

1- Mô tả ngắn gọn các ưu, nhược điểm chủ yếu:

- Nguyên lý và đặc điểm cơ bản của khí cụ điện
- Đặc điểm của các bộ phận chính như hệ thống tiếp điểm, hệ dập hồ quang, cơ cấu đóng, ngắt, các cụm về chi tiết vỏ...

2 - Các thông số chính:

- Các thông số định mức và các thông số kỹ thuật cơ bản nhất
- Khối lượng, các kích thước lắp ráp và thể tích, diện tích lắp đặt.
- Các chỉ tiêu công nghệ kết cấu: số lượng các chi tiết chính và các chi tiết cố định. Thành phần các chi tiết theo công nghệ chế tạo(đúc, dập nguội, ép gia công trên máy cắt gọt,..)

-Giá thành

3 - Các chỉ tiêu riêng(suất chỉ tiêu)

- Về khối lượng trên một đơn vị thể tích, trên một đơn vị thông số cơ bản (dòng điện, công suất...)
- Về kích thước: thể tích lắp đặt trên một đơn vị khối lượng, diện tích lắp đặt trên một đơn vị thông số cơ bản...
- Về giá thành trên một đơn vị khối lượng, trên một đơn vị thể tích, trên một đơn vị thông số cơ bản

c- Cơ sở kinh tế -kỹ thuật:

Cơ sở kinh tế kỹ thuật của các kết cấu mới phải đem lại hiệu quả kinh tế, kỹ thuật cho nền kinh tế quốc dân, được biểu diễn qua các chỉ tiêu định lượng.

Khí cụ điện được thiết kế phải đạt kết quả vận hành lớn nhất với chi phí lao động chế tạo lắp ráp và vận hành bé nhất. Mặt khác cũng có thể bỏ vốn đầu tư lớn hơn so với thiết kế cũ, giá thành thiết bị mới cao hơn song nó phải làm tăng hiệu quả kinh tế khi vận hành hoặc tăng yêu cầu kỹ thuật.

Cần lưu ý rằng vấn đề kinh tế- kỹ thuật phải được người thiết kế quán triệt trong suốt quá trình làm việc, từ khi bắt đầu cho đến khi chuyển bản thiết kế vào sản xuất và tận đến giai đoạn vận hành. Ở các giai đoạn khác nhau, yêu cầu mức chính xác của việc tính toán kinh tế có khác nhau. Trong giai đoạn đầu, các số liệu xuất phát mang tính chất giả thiết sơ bộ, còn ở các giai đoạn sau, chúng được tính toán chính xác hơn,

d- Hiệu chỉnh nhiệm vụ thiết kế- kỹ thuật:

Sau khi lập bảng tóm tắt tổng hợp các kết cấu sẵn có và nghiên cứu cơ sở kinh tế kỹ thuật của khí cụ điện được thiết kế, thường xuất hiện những yêu cầu cần thiết hoặc số liệu sai. Vì vậy ở giai đoạn chuẩn bị thiết kế cần bổ sung, hiệu chỉnh, chính xác hoá một số điểm của nhiệm vụ thiết kế.

C- CÁC LOẠI THIẾT KẾ :

Có các loại thiết kế sau: thiết kế trong công nghiệp và thiết kế giáo học. Thiết kế giáo học là hình thức thiết kế dùng trong nhà trường cho quá trình đào tạo, loại thiết kế này có hai hình thức: thiết kế môn học và thiết kế tốt nghiệp. Mục đích của thiết kế môn học là làm cho sinh viên nắm vững được những bước cơ bản nhất trong việc tính toán kết cấu của một khí cụ điện, còn ở thiết kế tốt nghiệp yêu cầu sinh viên phải nắm vững và rộng hơn những vấn đề về chọn phương án, tính toán kết cấu và cả công nghệ nữa. Ở giai đoạn này cần tính tự lập sáng tạo của sinh viên.

Trong sản xuất sau khi có nhiệm vụ thiết kế nhà thiết kế phải tiến hành các giai đoạn sau:

- Thiết kế sơ bộ (phác thảo)
- Thiết kế kỹ thuật
- Thiết kế công nghệ

1- Ở bước thiết kế phác thảo phải tiến hành nghiên cứu các phương án tìm sơ đồ kết cấu xác định dạng kết cấu lập bố cục tổng hợp của khí cụ điện, vẽ bản vẽ tổng quát

với các kích thước chính các kích thước lắp ráp, xác định sơ bộ khối lượng của khí cụ điện. Tiến hành tính toán cơ bản đối với các chi tiết chính và xác định các kích thước của chúng. Khảo sát công nghệ chế tạo các chi tiết, các cụm chính và phức tạp nhất, đồng thời chọn vật liệu cho chúng- xác định sơ bộ các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật- lập bảng thuyết minh sơ bộ. Đây là khâu quan trọng cho việc thiết kế kỹ thuật

2 - Thiết kế kỹ thuật: là phần quan trọng và quyết định nhất trong quá trình thiết kế khí cụ điện. Phải xác định được phương án kết cấu tối ưu. Tiến hành nghiên cứu tỉ mỉ các bộ phận và các cụm chi tiết. Chính xác hoá kết cấu khối của cả khí cụ điện. Phải tạo khả năng sử dụng triệt để những chi tiết, cụm đã quy chuẩn hoá. Lập bản vật liệu và các dạng phôi của tất cả các chi tiết trừ một vài chi tiết phụ. Đưa ra các điều kiện thử nghiệm, kiểm tra các bộ phận, các cụm và toàn bộ khí cụ điện. Chọn dạng sơn, phủ. Xác định tất cả các chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật cần thiết. Viết bản thuyết minh, tính toán cụ thể và hiệu đính lần thứ nhất điều kiện kỹ thuật của bản thiết kế, chế tạo và nghiệm thu.

3 - Thiết kế công nghệ: trong quá trình thiết kế công nghệ, phải dựa vào những hướng dẫn, quy định của bản thiết kế kỹ thuật đã được thông qua những kinh nghiệm sản xuất, những kết quả về nghiên cứu và thử nghiệm của mẫu thử. Qua đó tiến hành chính xác hóa kết cấu. Nghiên cứu và lập các bản vẽ công nghệ cho tất cả các chi tiết cụm, đồng thời chú ý sử dụng tới mức tối đa việc quy chuẩn hóa các chi tiết và bộ phận như: đường kính lỗ, các chi tiết định vị, ren, then... để có thể đơn giản hóa tới mức lớn nhất các động tác, danh mục cắt gọt, các dụng cụ đo lường và các chi tiết gá lắp lập và xác định độ dung sai lắp ghép, các nguyên công, quy trình về gia công nhiệt, hàn tấm nẩy... Xác định chính thức hình dạng của vỏ và trang trí mỹ thuật, cách mạ, lớp phủ chính xác hóa các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật, chỉnh lý bản thuyết minh. Lập hồ sơ về công nghệ chính xác hóa các điều kiện kỹ thuật về chế tạo và nghiệm thu của khí cụ điện

Sau khi chế tạo một vài mẫu chuẩn, cần tiến hành hiệu chỉnh bản thiết kế công nghệ và các yêu cầu kỹ thuật (nếu cần thiết). Cần lưu ý đến vai trò chỉ đạo của nhà thiết kế trong tất cả các giai đoạn: nghiên cứu, tính toán, chế tạo thử, sản xuất và vận hành của khí cụ điện.

D –TRÌNH TỰ THIẾT KẾ.

Tuy khí cụ điện có nhiều dạng, loại rất khác nhau, nhưng vẫn có thể tìm ra một trình tự thiết kế chung. Tùy theo từng loại khí cụ điện và dạng thiết kế (thiết kế giáo học

hoặc thiết kế sản xuất) trình tự này có thể thay đổi chút ít. Việc thiết kế một khí cụ điện được tiến hành theo trình tự sau:

- 1 – Giai đoạn chuẩn bị thiết kế: tập hợp và thống nhất nhiệm vụ thiết kế kỹ thuật lập bảng tóm tắt, tổng hợp các kết cấu tiên tiến cùng chức năng đã có sẵn. Nghiên cứu có sở kinh tế - kỹ thuật cần thiết.
- 2 – Chọn sơ đồ và dạng kết cấu, bố cục của kết cấu.
- 3 – Chọn và tính toán cách điện chung.
- 4 – Lập bảng vẽ phác thảo dạng tổng quát của khí cụ điện và xác định các kích thước chủ yếu.
- 5 – Thiết kế phần mạch vòng dẫn điện đầu nối, thanh dẫn.
- 6 – Thiết kế các tiếp điểm.
- 7 – Tính toán, thiết kế hệ thống đập hồ quang.
- 8 – Tính toán lực điện động khi ngắn mạch và khí khởi động.
- 9 – Tính toán và thiết kế các cơ cấu truyền động (Kể cả nam châm điện).
- 10 – Tính toán vỏ, các chi tiết cách điện, thùng chứa.
- 11 – Tính toán nhiệt.
- 12 – Vẽ các chi tiết, cụm của khí cụ điện dựa theo các kết quả đã tính toán
- 13 – Phân tích sự tổ hợp và sự độc lập của các bộ phận, cụm và tiến hành các vấn đề về phi tiêu chuẩn của các vấn đề về an toàn lao động trong sản xuất cũng như trong vận hành.
- 14 – Nghiên cứu các vấn đề về tổ chức, liên quan đến việc chế tạo khí cụ điện.
- 15 – Lập phần kinh tế của bản thiết kế.
- 16 – Lập các bản vẽ, đồ thị của bản thiết kế.
- 17 – Lập bản thuyết minh gồm tất cả các điểm kể trên. Trong từng phần của bản thuyết minh phải có tính toán, lập luận, lý giải. Phần cuối của bản thuyết minh phải đưa ra những nhận xét, kết luận, các ưu nhược điểm chính của bản thiết kế, các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật cơ bản, hiệu ứng kinh tế và kỹ thuật mà bản thiết kế sẽ mang lại

§ .1 – 3 /-XÁC ĐỊNH CÁC KHOẢNG CÁCH CÁCH ĐIỆN CỦA KHÍ CỤ ĐIỆN HẠ ÁP

Khoảng cách cách điện trong khí cụ điện đóng một vai trò khá quan trọng. Nó ảnh hưởng tới kích thước của khí cụ điện và độ tin cậy khi vận hành. Vì vậy việc xác

định hợp lý đại lượng này có một ý nghĩa không nhỏ trong toàn bộ công tác thiết kế khí cụ điện. Khoảng cách cách điện phụ thuộc vào khá nhiều yếu tố: điện áp định mức, môi trường làm việc, quá trình dập tắt hồ quang. Việc xác định các khoảng cách cách điện trong khí cụ điện hạ áp thường chọn theo kinh nghiệm

1 – Điện áp định mức theo cách điện

Với khí cụ điện điều khiển và phân phối năng lượng hạ áp (đến 1000V), tồn tại các tiêu chuẩn quy định và đồ bền cách điện theo điện áp định mức. Ở trạng thái khô và sạch của khí cụ điện chưa vận hành, ở trạng thái nóng và nguội của cách điện, nó phải chịu được điện áp thử, tần số 50Hz, thời gian thử 1 phút theo bảng 1.1

Bảng 1.1: Điện áp thử nghiệm của khí cụ điện hạ áp

Điện áp định mức KOD, V	Điện áp định mức của cách điện V	Điện áp thử nghiệm (trị hiệu dụng) V
12, 24	Đến 24	500
36, 48, 50	60	1000
110, 127, 220	220	2000
380, 440, 500	500	2500
600, 660	660	2500
750	750	3000
1000	1000	3500

2 – Khoảng cách cách điện giữa các phần tử dẫn điện có điện áp khác nhau

Muốn khí cụ điện có độ tin cậy cao thì cần khoảng cách cách điện lớn, song như vậy lại tăng kích thước và khối lượng của thiết bị. Vì vậy nên chọn theo khoảng cách cách điện tối thiểu theo quy định của công nghiệp điện lực cho các khí cụ điện hạ áp thông dụng ở bảng 1.2

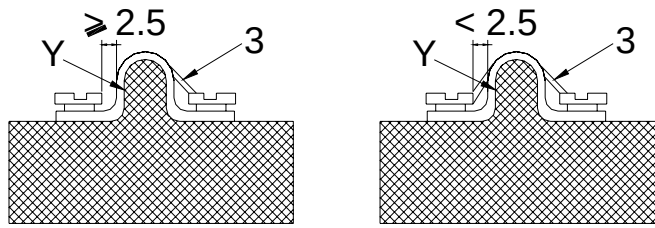
Bảng 1.2: Khoảng cách cách điện của các phần tử có điện áp khác nhau và so với phần tử nối đất của các khí cụ điện dùng trong công nghiệp, điện áp đến 1000V

Tên thiết bị hay mạch sử dụng	Đường đi của hồ quang	Điện áp định mức V		
		Từ 100 đến 250	Từ 251 đến 400	Từ 401 đến 600
		Khoảng cách, mm		
Các khí cụ điện điều khiển, phân phối năng lượng	Khe hở điện	4	5	7
Các khí cụ điện phân phối dùng để bảo vệ thiết bị	Khoảng cách điện r_0 (không phụ thuộc vào vị trí bề mặt)	15	17	22
Các mạch chính của KCD điều khiển, bảo vệ và phân phối năng lượng	Khoảng cách điện r_0 theo mặt trên	10	12	15
	Khoảng cách điện r_0 theo bề mặt dưới	8	10	12
Khí cụ điện trong mạch điều khiển và tín hiệu	Khoảng cách điện r_0 theo bề mặt phía trên	7	9	11
Mạch chính của khí cụ điện có dòng định mức bé (đến 15A)	Khoảng cách điện r_0 theo bề mặt thẳng đứng hoặc mặt bên	5	7	9

Chú ý: Khoảng cách cách điện giữa các bộ phận chịu tác động của hồ quang và các khí ion hóa không nằm trong bảng này

Khi chọn khoảng cách cách điện, cần lưu ý rằng nó phụ thuộc rất lớn vào tính chất của vật liệu, của bụi, độ ẩm, trạng thái bề mặt của cách điện. Vì vậy phải thiết kế hình dạng, cấu trúc của cách điện sao cho khi vận hành bụi bẩn không phủ lên chúng. Để

giảm các kích thước của khí cụ điện và loại trừ khả năng bụi bẩn, nên chọn kết cấu của cách điện theo dạng có gờ, mái, bậc như hình 1.1



Hình 1.1 Cấu trúc của các chi tiết cách điện trong khí cụ điện hạ áp

-Khoảng cách theo bề mặt (khoảng cách điện r_0)

-Khe hở theo không khí

Để chống việc tích tụ bụi, trên bề mặt cách điện nên gia công nhẵn, phẳng và chỗ nối của hai bề mặt nên gia công có độ cong đều đặn

Với các khí cụ điện sử dụng ở những nơi có điều kiện môi trường khắc nghiệt, khe hở điện và khoảng cách điện r_0 nên chọn lớn hơn các trị số ở bảng 1.2

Với các tổ hợp từ hai khí cụ điện thiết bị trở lên, các khe hở điện và khoảng cách điện r_0 giữa chúng nên lấy lớn hơn trị số trong bảng 1.2 vì rằng khi lắp ráp tổ hợp thì dung sai lắp ráp không thể đảm bảo chính xác như ở từng khí cụ điện riêng rẽ

CHƯƠNG II: MẠCH VÒNG DẪN ĐIỆN

§ 2 – 1. KHÁI NIỆM CHUNG

Mạch vòng dẫn điện của khí cụ điện do các bộ phận khác nhau về hình dạng kết cấu và kích thước hợp thành. Mạch vòng dẫn điện gồm thanh dẫn, dây nối mềm, đầu nối, hệ thống tiếp điểm (giá đỡ tiếp điểm, tiếp điểm động, tiếp điểm tĩnh) cuộn dây dòng điện (nếu có, kể cả cuộn dây thổi từ dập hồ quang)

Hình 2.1: Mạch vòng dẫn điện của công tắc tơ

1.Thanh dẫn vào

2.Cuộn thổi từ

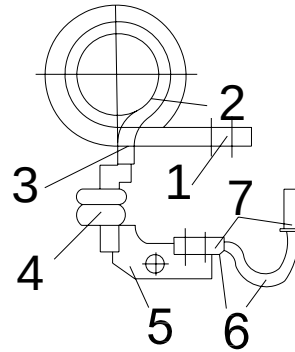
3.Tiếp điểm tĩnh

4.Tiếp điểm động

5.Giá đỡ tiếp điểm động

6.Dây dẫn mềm

7.Đầu nối ra



Nhiệm vụ tính toán là phải xác định các kích thước của các chi tiết trong mạch vòng dẫn điện

Tiết diện của các chi tiết quyết định cơ của mạch vòng và cũng quyết định kích thước của khí cụ điện

§ 2 – 2. THANH DẪN

Các tính toán cơ bản của thanh dẫn gồm:

-Xác định tiết diện và các kích thước của nó ở chế độ làm việc dài hạn và các chế độ làm việc khác

-Tính toán kiểm nghiệm tiết diện và các kích thước của nó ở chế độ làm việc ngắn hạn chế độ khởi động đối với các khí cụ điện điều khiển và dùng trong tự động hóa

A/ XÁC ĐỊNH TIẾT DIỆN THANH DẪN Ở CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC DÀI

HẠN:

1) Xác định tiết diện thanh dẫn dựa vào bảng số khi tiết diện của nó không thay đổi theo chiều dài.

Trong các bảng 2.1 đến 2.6 cho các trị số của dòng điện và các tiết diện tương ứng với các loại vật liệu khác nhau khi làm việc ở chế độ dài hạn.

2) Tính toán thanh dẫn với tiết diện không đổi:

Từ công thức Niuton:

$$P = K_T \cdot S_T (\theta_{od} - \theta_o) = K_T \cdot S_T \cdot \tau_{od} \quad (W) \quad (2-1)$$

có thể viết biểu thức cân bằng nhiệt ở nhiệt độ xác lập cho mọi chi tiết với bề mặt tản

nhiệt S_T , chiều dài l và chu vi $p = \frac{S_T}{l}$

$$P = I^2 \cdot R_\theta \cdot K_f = K_T \cdot S_T (\theta_{od} - \theta_{mt})$$

$$\Leftrightarrow \frac{I^2 \cdot \rho_\theta \cdot K_m}{S} = K_T p (\theta_{od} - \theta_{mt})$$

Trong đó:

$R_\theta (\Omega)$: điện trở của thanh dẫn ở nhiệt độ ổn định

$\rho_\theta (\Omega m)$: điện trở suất của vật liệu ở nhiệt độ ổn định

$$\rho_\theta = \rho_o (1 + \alpha \theta)$$

$\rho_o (\Omega m)$: điện trở suất của vật liệu ở $0^\circ C$

α là hệ số nhiệt điện trở

$$\alpha_{Cu} = 0,0043; \alpha_{Al} = 0,0042$$

K_f : hệ số tổn hao phụ đặc trưng cho tổn hao bởi hiệu ứng bề mặt và hiệu ứng gần

$$K_f = K_{bm} \cdot K_g$$

K_{bm} : hiệu ứng bề mặt

K_g : hiệu ứng gần

Đối với dòng điện xoay chiều:

$$K_f = 1,03 \div 1,06$$

Đối với dòng điện một chiều $K_f = 1$

$S(m^2)$: tiết diện thanh dẫn

$S_T(m^2)$: tiết diện tản nhiệt của thanh dẫn

$p(m)$: chu vi của thanh dẫn

θ_{od} : nhiệt độ ổn định

θ_{mt} : nhiệt độ môi trường

$\tau_{od} = \theta_{od} - \theta_{mt}$: độ tăng nhiệt ổn định

K_T : hệ số tản nhiệt (bảng 6-5)

$P(W)$: công suất tổn hao trong thanh dẫn

$I(A)$: dòng điện ổn định

Tiết diện của thanh dẫn được xác định theo biểu thức:

$$S.p = \frac{I^2 \cdot \rho_\theta K_f}{K_T \tau_{od}} = \frac{I^2 \rho_o (1 + \alpha \theta_{od}) \cdot K_f}{K_T (\theta_{od} - \theta_{mt})} \quad (2-4)$$

Khi xác định chu vi p và hệ số tản nhiệt K_T cần phải lưu ý đến vị trí của chi tiết so với các chi tiết khác và điều kiện tản nhiệt của nó. Ví dụ: nếu chi tiết giáp với đế nhựa thì quá trình tản nhiệt của vùng tiếp giáp không đáng kể, khi tính toán thì bỏ qua bề mặt của chi tiết này.

Tiết diện và kích thích các cạnh a, b của các chi tiết hình chữ nhật được xác định theo:

$$a.b.2(a+b) = \frac{I^2 \cdot \rho_\theta \cdot K_f}{K_T \cdot \tau_{od}} \quad (2-5)$$

$$b = \sqrt[3]{\frac{I^2 \cdot \rho_\theta \cdot K_f}{2n(n+1) \cdot K_T \cdot \tau_{od}}} \quad (2-6)$$

$$\text{với } n = \frac{a}{b}$$

Với các chi tiết có hai lớp cách điện thì tiết diện được xác định theo:

$$ab.2(a+b) = \frac{I^2 \cdot \rho_{\theta} \cdot K_f \cdot \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{K_{T2}} \right)}{\tau_{od}} \quad (2-7)$$

Tiết diện và đường kính d của các chi tiết hình tròn được xác định theo biểu thức:

$$\pi d \cdot \frac{\pi d^2}{4} = \frac{I^2 \cdot \rho_{\theta} \cdot K_f}{K_T \cdot \tau_{od}} \quad (2-8)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{4I^2 \rho_{\theta} K_f}{\pi^2 \cdot K_T \cdot \tau_{od}}} \quad (2-9)$$

Với các chi tiết có hai lớp cách điện thì tiết diện được xác định theo:

$$\pi d \cdot \frac{\pi d^2}{4} = \frac{I^2 \cdot \rho_{\theta} \cdot K_f \cdot \left(\frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{K_{T2} \cdot d_3} \right)}{\pi \tau_{od}} \quad (2-10)$$

(xem chương 6)

Tính toán kiểm nghiệm: từ các biểu thức trên có thể xác định nhiệt độ θ_{od} , độ chênh lệch nhiệt độ τ_{od} và trị số của dòng điện cho phép I. Độ tăng nhiệt và nhiệt độ cho phép cho ở trong bảng 6-1.

Kiểm nghiệm khi xảy ra ngắn mạch (xem chương 6)

Bảng 2-1: Phụ tải dài hạn cho phép của dây dẫn có cách điện cao su và polyclovinyl ở nhiệt độ không khí xung quanh 40°C (số ở trong ngoặc dùng cho dây dẫn đặt từng chùm có nhiều sợi nhỏ)

Tiết diện dây dẫn (mm ²)	Chế độ làm việc		
	$\pi B : 100\%$	$\pi B : 40\%$	$\pi B : 25\%$
	Dòng điện cho phép (A)		
1,5	18(15)	18(15)	18(15)
2,5	24(21)	24(21)	24(21)

4	32(30)	32(30)	32(30)
6	39(36)	39(36)	39(36)
10	65(55)	88(75)	110(95)
16	79(67)	110(95)	135(115)
25	110(90)	150(125)	190(155)
35	130(105)	180(145)	225(180)
50	170(145)	235(200)	295(250)
70	210(175)	290(245)	365(305)
95	260(215)	360(300)	455(375)
120	300(250)	420(350)	525(435)
150	345(285)	480(395)	600(495)

Chú thích: B là thời gian đóng mạch tương đối.

Bảng 2-2: Phụ tải cho phép của thanh dẫn ở nhiệt độ 100° C , môi trường xung quanh 40° C (thanh dẫn sơn màu đen đặt ở 1 cạnh).

Chiều rộng thanh dẫn (mm ²)	Chiều dày thanh dẫn (mm)								
	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8
	Dòng điện dài hạn (A)								
10	62	122	144	166	184	220	254	—	—
12,5	121	150	175	200	223	271	308	—	—
16	153	188	223	254	280	330	380	425	515

Bảng : 2-3 Dây dẫn mềm đặc biệt

Tiết diện dây dẫn mm ²	Dây dẫn tròn 9125-59		Dây dẫn bẹt (làm bằng d ây)		Dòng điện dài hạn cho
	Đường kính	Đường kính	Đường kính	Kích thước	

	dây nhỏ	dây dẫn	dây nhỏ	dây dẫn	
	Mm	mm	mm		
1	0,08	1,7	-	-	13
1,5	0,08	2,1	-	-	17
2,5	0,1	2,6	-	-	24
4	0,13	3,3	-	-	30
6	0,13	4,2	0,08	1,7x12	38
10	0,13	5,5	0,08	1,7x20	50
16	-	-	0,08	1,7x25	75
25	-	-	0,08	4,6x25	105
35	-	-	0,08	4,6x30	120

Việc xác định nhiệt độ của các phần riêng biệt của thanh dẫn trong mạch vòng dẫn điện được tính theo các biểu thức cho trong bảng 2-7.

Bảng 2-4: Đặc tính kỹ thuật của thanh dẫn Đồng và Nhôm có tiết diện chữ nhật, phụ tải dòng cho phép của chúng (rort 5415-63 và 10552-63) Liên Xô)

Kích thước	Đồng				
dây dẫn	Khối lượng	Phụ tải dòng			
mm	1 mét dài	1	2	3	4
	kg				
15x3	0.399	210	-	-	-
20x3	0.529	275	-	-	-
25x3	0.662	340	-	-	-
30x4	1.195	475	-	-	-
40x4	1.420	625	-/1090	-	-
40x5	1.770	700/705	-/1895	-	-
50x5	2.240	860/870	-/1525	-/1895	-
50x6	2.670	955/960	-/1700	-/2145	-

60x6	3.200	1125/1145	1740/1990	2240/2495	-
80x6	4.260	1480/1510	2110/2630	2730/3220	-
100x6	5.340	1810/1875	2470/3245	3170/3940	-
60x8	4.26	1320/1345	2160/2485	2760/3020	-
80x8	5.69	1690/1755	2620/3095	3370/3850	-
100x6	7.11	2080/2180	3060/3810	3930/4690	-
120x8	8.51	2400/2600	3400/4400	4340/5600	-
60x10	5.34	1475/1525	2560/2725	3390/3530	-
80x10	7.11	1900/1990	3100/3510	3900/4450	-
100x10	8.89	2310/2470	3610/4325	4650/5385	5300/6060
120x10	10.67	2650/2950	4100/5000	5200/6250	5900/6800

Chú thích: Tử số là phụ tải dòng xoay chiều, mẫu số là phụ tải dòng 1 chiều.

Bảng 2-4: Đặc tính kỹ thuật của thanh dẫn Đồng và Nhôm có tiết diện hình chữ nhật, phụ tải dòng cho phép của chúng (rơler 5415-63 và 10552-63 Liên Xô)

Đường kính thanh dẫn mm	Đồng Khối lượng 1 mét dài kg	Phụ tải dòng			
		1	2	3	4
15x3	0.122	165	-	-	-
20x3	0.162	215	-	-	-
25x3	0.203	265	-	-	-
30x4	0.324	365/370	-	-	-
40x4	0.432	480	/855	-	-
40x5	0.540	540/545	/965	-	-
50x5	0.675	665/670	/1180	/1470	-
50x6	0.810	740/745	/1315	/1655	-
60x6	0.972	870/880	1350/1555	1720/1940	-

80x6	1.296	1150/1170	1630/2055	2100/2460	-
100x6	1.620	1425/1455	1935/2515	2500/3040	-
60x8	1.296	1025/1040	1680/1818	2180/2330	-
80x8	1.728	1320/1355	2040/2400	2620/2975	-
100x6	2.160	1625/1690	2390/2945	3050/3620	-
120x8	2.592	1900/2040	2650/3350	3380/4250	-
60x10	1.620	1155/1180	2010/2110	2650/2720	-
80x10	2.160	1480/1540	2410/2735	3100/3440	-
100x10	2.700	1820/1910	2860/3350	3650/4160	4150/4400
120x10	3.240	2070/2300	3200/3900	4100/4860	4650/5200

Bảng 2 -5: Phụ tải dòng dài hạn cho phép của thanh dẫn đồng và nhôm tiết diện tròn

Đường kính thanh dẫn mm	Phụ tải dòng		Đường kính thanh dẫn mm	Phụ tải dòng	
	Đồng	Nhôm		Đồng	Nhôm
6	155	120	21	900/905	695/700
7	196	150	22	955/965	740/745
8	235	180	23	1140/1165	885/900
10	320	245	27	1270/1290	920/1000
12	415	320	28	1325/1360	1025/1050
14	505	390	30	1450/1490	1120/1155
15	565	435	35	1770/1865	1370/1450
16	610/615	475	38	1960/2100	1510/1620
18	720/725	560	40	2080/2260	1610/1750
19	780/785	605/610	42	2200/2430	1700/1870
20	835/840	650/655	45	2380/2670	1850/2060

Chú thích: Tử số là phụ tải dòng xoay chiều

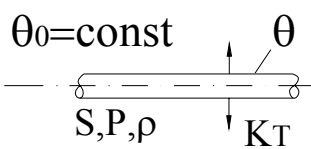
Mẫu số là phụ tải dòng một chiều.

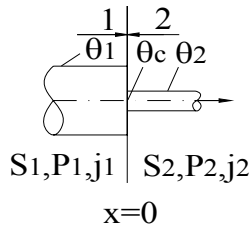
Bảng 2-6: Đặc tính kỹ thuật của thanh dẫn thép tiết diện chữ nhật và phụ tải dòng cho phép của nó

Kích thước	khối lượng	phụ tải dòng	Kích thước	khối lượng	phụ tải dòng	Kích thước	khối lượng	phụ tải dòng
Thanh dẫn ,	1m kg	A	thanh dẫn	1m kg	A	Thanh dẫn	1m kg	A
Mm			mm			mm		
16x2,5	-	55\70	70x3	1.65	215\320	40x4	1.26	130\220
20x2.5	0.39	60\90	75x3	-	230\345	50x4	1.57	165\270
25x2.5	0.49	70\110	80x3	1.88	245\365	60x4	1.88	195\325
20x3	0.47	65\100	90x3	2.12	275\410	70x4	2.2	225\375
25x3	0.59	80\120	100x3	2.36	305\460	80x4	2.51	260\430
30x3	0.71	95\140	20x4	0.63	70\115	90x4	2.83	290\480
40x3	0.94	125\190	22x4	-	75\125	100x4	3.14	325\535
50x3	1.10	155\230	25x4	0.79	85\140	-	-	-
60x3	1.41	185\250	30x4	0.94	100\165	-	-	-

Ghi chú : từ số là phụ tải dòng xoay chiều . Mẫu số là phụ tải dòng một chiều

Bảng 2-7: Các công thức tính nhiệt độ phát nóng ổn định của các chi tiết của mạch vòng dẫn điện.

Dạng mạch vòng	Công thức tính toán	Các ký hiệu
$\theta_0 = \text{const}$ 	$\theta = \frac{I^2 * \rho}{k_T * P * S} + \theta_0$	$a_1 = \frac{K_{T1} * P_1}{\lambda S_1} ; b_1 = \frac{K_{T2} : P_2}{\lambda S_2}$ $\theta_{lod} = \frac{I^2 \rho_1}{K_{T1} * P_1 * S_1} + \theta_0$

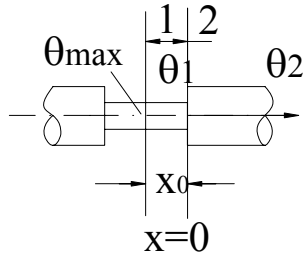


$$\theta_1 = (\theta_c - \theta_{lod}) * e^{-a_1 x} + \theta_{lod}$$

$$\theta_2 = (\theta_2 - \theta_{2od}) e^{-b_1 x} + \theta_{2od}$$

$$\theta_c = \frac{a_1 \theta_{lod} + b_1 \theta_{2od}}{a_1 + b_1}$$

$K_T - W \setminus m^2, ^\circ C$, hệ số tổ
nhiệt
 θ_o , nhiệt độ môi trường



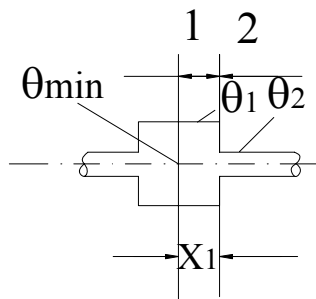
$$\theta_1 = (\theta_{mx} - \theta_{lod}) \cosh a_1 x + \theta_{lod}$$

$$\theta_2 = \frac{a_1}{b_1} (\theta_{lod} - \theta_{mx}) e^{-b_1 (x_o - x_1)}$$

$$* \sinh a_1 x_o + \theta_{2od}$$

$$\theta_{mx} = \theta_{lod} - \frac{\theta_{lod} - \theta_{2od}}{\cosh a_1 x_o + \frac{a_1}{b_1} \cosh a_1}$$

$j - A \setminus m^2$, mật độ dòng điện
 $I - A$, dòng điện



$$\theta_1 = \theta_{2od} - \frac{a_1}{b_1}$$

$$(\theta_{min} - \theta_{lod})^{-b_1 (x_o - x_1)} \cdot \sinh a_1 x_o$$

$$\theta_{min} = \theta_{lod} - \frac{\theta_{2od} - \theta_{lod}}{\cosh a_1 x_c + \frac{a_1}{b_1} \sinh a_1 x_o}$$

Với mỗi phân đoạn của mạch
vòng xem:

$$\left. \begin{array}{l} S, S_1, S_2 \\ P, P_1, P_2 \\ K_T, K_{T1}, K_{T2} \\ \rho, \rho_1, \rho_2 \\ \theta_o = \text{CONT} \end{array} \right\} = \text{CONT}$$

B- XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC DÂY DẪN Ở CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC KHÔNG ỔN ĐỊNH

(Chế độ ngắn hạn, ngắn hạn lặp lại, ngắn mạch)

(xem chương 6)

§.2-3/- ĐẦU NỐI:

Đầu nối tiếp xúc không ngắt mạch là phần tử rất quan trọng của khí cụ điện, nếu không chú ý sẽ bị hư hỏng nặng trong vận hành nhất là đối với khí cụ điện có dòng điện lớn và điện áp cao. Có thể chia làm hai phần: các đầu cực để nối với dây dẫn bên ngoài và nối các bộ phận bên trong mạch vòng dẫn điện.

A-YÊU CẦU:

1) Nhiệt độ yêu cầu các mối nối ở chế độ làm việc dài hạn với dòng điện định mức không được tăng quá trị số cho phép, do đó mối nối phải có kích thước và lực ép tiếp xúc F_{tx} đủ để điện trở tiếp xúc R_{tx} không lớn, ít tổn hao công suất.

2) Mối nối tiếp xúc cần có đủ độ bền cơ và độ bền nhiệt khi có dòng ngắt mạch chạy qua.

3) Lực ép điện trở tiếp xúc, năng lượng tổn hao và nhiệt độ phải ổn định khi khí cụ điện vận hành liên tục

B-TRÌNH TỰ TÍNH TOÁN:

1) chọn dạng kết cấu

2) Xác định đường kính bu lông.

3) Kiểm nghiệm các kích thước đã chọn bằng cách xác định điện trở tiếp xúc R_{tx} điện áp rơi U_{tx} trên chúng và so sánh với các trị số cho phép.

4) Tính toán độ bền nhiệt, độ bền cơ của cơ cấu nối tiếp xúc.

C- CÁC DẠNG KẾT CẤU:

1) Mối nối tháo rời được (H.2-2) bằng ren và H.2-3 bằng bu lông.

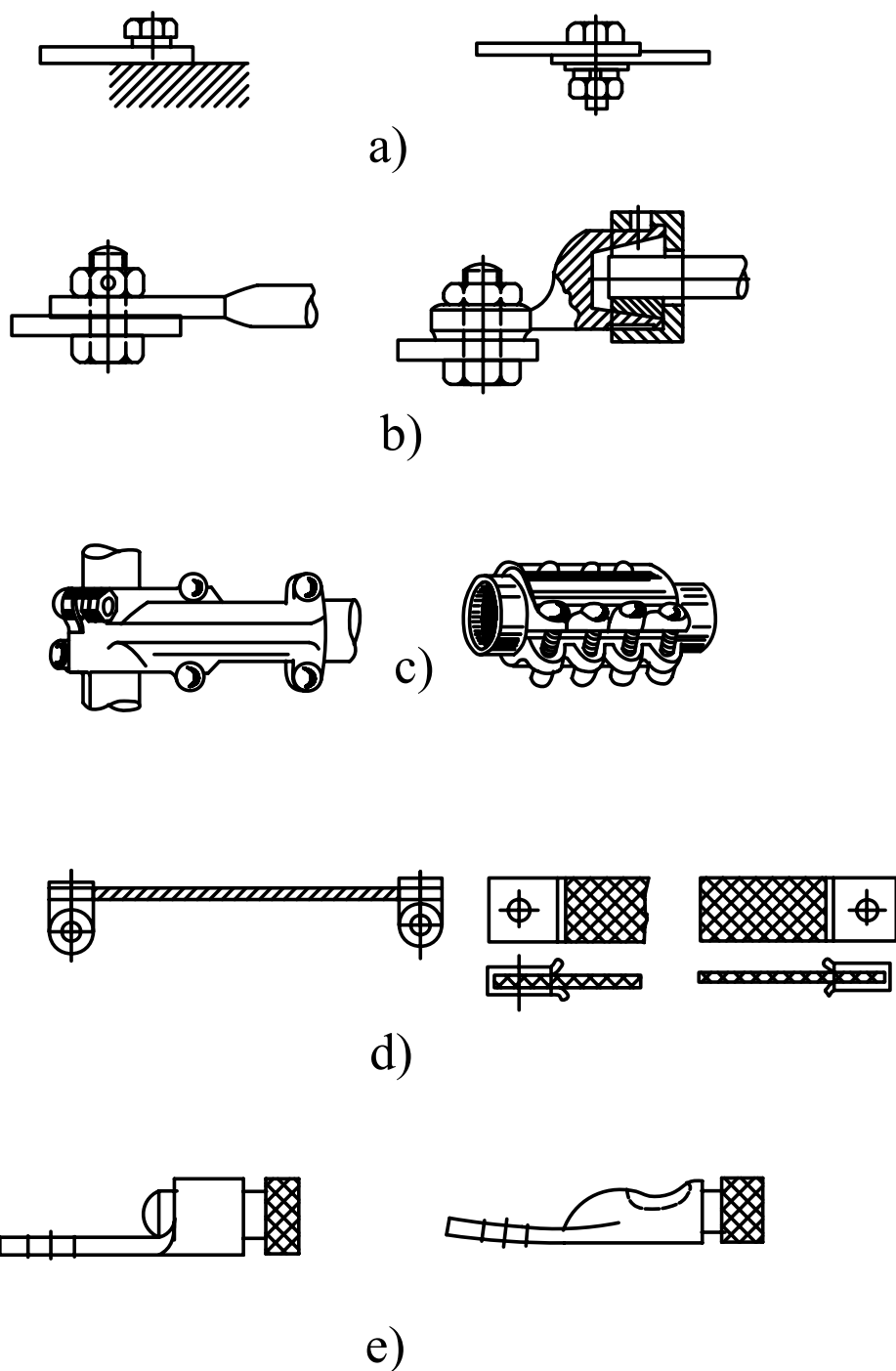
2) Mối nối không tháo rời được (hàn điện, hàn thiếc ép)

3) mối nối khớp bản lề có dây nối mềm hoặc không có dây nối mềm.

Việc chọn kết cấu mối nối tiếp xúc phụ thuộc vào hình dáng vật liệu của thanh dẫn và các yêu cầu kết cấu khác.

Thường cố gắng giảm một cách hợp lý số mối nối tiếp xúc, mỗi chỗ nối đều có thể là nơi hư hỏng của mạch vòng đầu tiên.

Các số liệu về điện trở của mạch vòng dẫn điện của công tắc tơ ở bảng 2-8



Hình 2-2:

Các mối nối tiếp xúc không ngăn mạch(không đóng ngắt) có thể tháo rời được

a- Nối vật dẫn với các chi tiết có bề mặt tiếp xúc phẳng

b-Nối dây dẫn tròn với dây dẹt

c-Nối các dây dẫn tròn với nhau.

d-Hàn dây dẫn tròn với nhau.

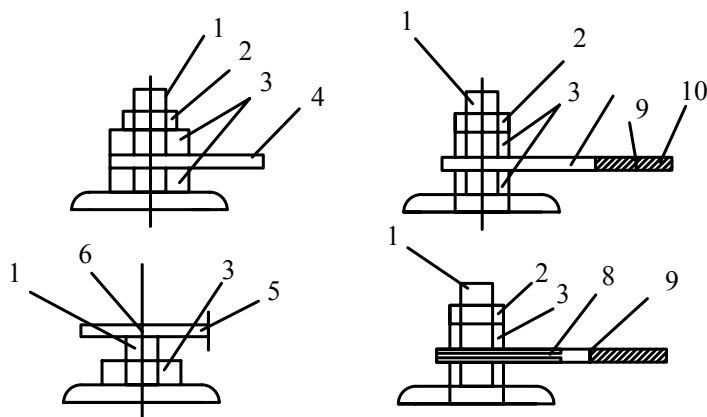
e-Hàn và ép (hàn nguội) dây cáp với đầu nối.

Bảng 2-8:

Điện trở của mạch vòng dẫn điện của công tắc tơ loại 1 cực, dòng điện

1000A(H.2-1)

No	Tên chi tiết	$\mu\Omega$
1	Cuộn dây dập hồ quang	6.1
2	Cuộn dập hồ quang - tiếp điểm trên	1.93
3	Tiếp điểm trên -dưới	0.45
4	Tiếp điểm dưới-giá đỡ tiếp điểm dưới	1.84
5	Giá đỡ tiếp điểm dưới	0.81
6	Giá đỡ tiếp điểm dây dẫn mềm	1.62
7	Dây dẫn mềm	3.5
8	Tổng trở mạch vòng	16.25



Hình 2-3: Nối các thanh dẫn phẳng với đầu cực ra của thiết bị điện.

a-Nối trực tiếp

b-Nối bằng cách hàn

c-Nối có thanh chuyển tiếp đồng nhôm

d-Nối có sử dụng lớp bọc

1-Lõi đầu ra bằng đồng hoặc hợp kim đồng

2-Đai ốc bằng thép thường

3-Đại ốc bằng hợp kim đồng hoặc đồng: đối với thanh dẫn đồng để bình thường đối với thanh dẫn nhôm thì tăng kích thước

5- Thanh dẫn đồng hoặc thanh dẫn chuyển tiếp đồng nhôm

6- Mối hàn

7-Thanh dẫn chuyển tiếp đồng nhôm

8-Lớp bọc

9-Mối hàn

10-Thanh nhôm

D-XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC ĐẦU NỐI THÁO RỜI ĐƯỢC VÀ CÁC CHI TIẾT ,SỐ LƯỢNG VÍT ,BU LÔNG DÙNG ĐỂ NỐI

Trị số dòng điện định mức là số liệu ban đầu để xác định kích thước các đầu nối thường được lấy tương ứng với tiết diện và kích thước của thanh dẫn ,kích thước bề mặt tiếp xúc phải phù hợp với số lượng và kích thước của các chi tiết nối, ví dụ các đường kính ngoài vòng đệm thép đặt dưới vòng đệm vênh kích thước mối nối phụ thuộc vào diện tích tiếp xúc và độ lớn lực ép cần thiết ở chỗ tiếp xúc

Chiều dài phần chống phủ lên nhau của mối nối thường được lấy bằng chiều rộng của thanh dẫn hoặc chiều rộng mặt phẳng nối của chi tiết nếu phần đó có thể lắp được đủ số bulông hay ốc vít cần thiết

Diện tích bề mặt tiếp xúc được xác định theo công thức :

$$S_{tx} = a * b = Idm/J$$

Đối với thanh dẫn và chi tiết đồng ,mật độ dòng điện có thể lấy bằng 0.13A/mm² với dòng xoay chiều tần số f = 50 hz .Dòng điện định mức nhỏ hơn 200A, khi dòng định mức lớn hơn 2000A mật độ dòng có thể lấy bằng 0.12A/mm²

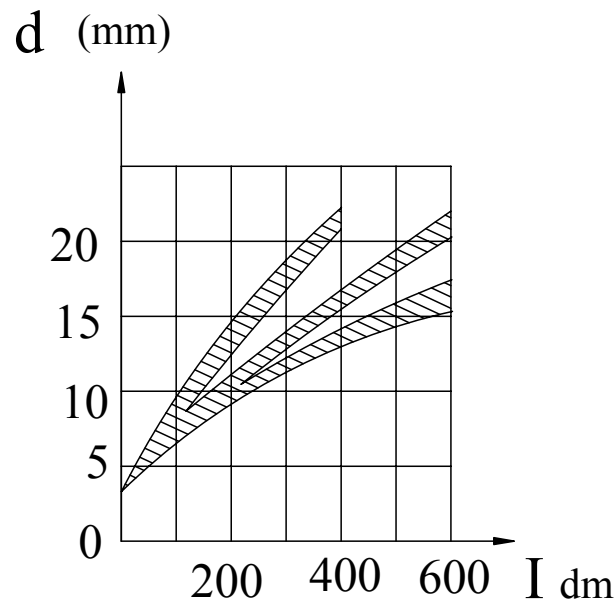
Kích thước và số lượng các chi tiết dùng để nối được xác định theo số liệu thực nghiệm cho trong bảng 2-9 và hình 2-4

Bảng 2-9: kích thước các bu lông không dẫn điện và các trụ dẫn điện có ren của các mối nối tháo được, không ngắt mạch phụ thuộc vào trị số dòng định mức ở chế độ làm việc dài hạn

Dòng định mức (A)	Đường kính ren hệ mét			
	Bu lông thép không dẫn điện	Trụ lõi :dẫn điện có ren		
		Đồng	Đồng thau	Thép
6	3	-	3	3
10	4	-	4	4
16	4	4	4	4
26	5	5	5	5
40	5	5	5	-
63	6	6	6	-
100	6	8	8	-
160	8	8	10	-
200	10	10	12	-
250	10	12	16	-
400	12	16	20	-
650	16 hoặc 2*10	20	-	-
1000	4*1 hoặc 2*12	-	-	-
1600	4*12	-	-	-
2000	4*12	-	-	-
2500	4*16	-	-	-

Chú thích :khi nối các chi tiết bằng nhôm có bề mặt tiếp xúc phẳng ,cần chọn vòng đệm có diện tích lớn hơn (1.4 – 1.5lần)và chiều dày lớn hơn (khoảng 2 lần) so với vòng đệm tiêu chuẩn sử dụng khi nối các chi tiết dây điện bằng đồng ,đồng thau , đồng thanh , và thép

Tính chọn số vít hoặc bu lông cần thiết cho mỗi nối có thể theo trị số của lực F tx và số liệu trong bảng 2-10



Hình 2-4 : sự phụ thuộc của đường kính vít ,bu lông dung trong mối nối tháo rời được vào trị số dòng điện định mức ở chế độ dòng điện làm việc dài hạn

1-Bu lông và vít thép không dẫn điện

2-Trụ đồng dẫn điện

3-trụ ,lõi dẫn điện bằng đồng thau .

Thường vít được sử dụng với đường kính đếm M4,M5 khi đường kính lớn sử dụng bu lông .

Bảng 2-10 : Các thông số của vít và bu lông nối được chế tạo bằng thép CT -3

Đường kính Ren,mm	Tiết diện tính toán mm ²	Lực tính toán KN	Trị số dòng định mức trên 1 bu lông ,A
M6	16.7	2.3	63-100
M8	30.8	4.2	100-160
M10	50.0	7	200-250
M12	74.0	10	300-400
M16	140.0	20	500-630

Chú thích :khí dung thép CT4 và CT5 ,lực tính toán lấy theo bảng và nhận tương ứng với 1.15 hoặc 1.3

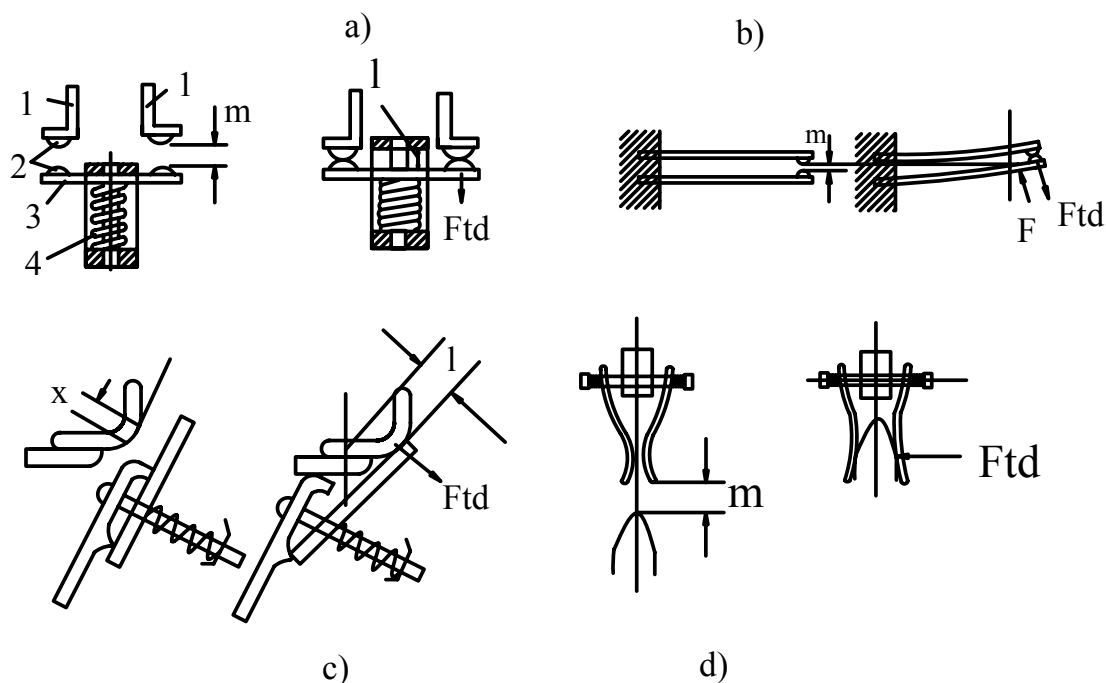
Theo thực nghiệm để đạt trị số điện trở tiếp xúc và điện áp rơi cho phép cần phải tạo ra được lực ép riêng f_{tx} trên mỗi nối các thanh bằng đồng nhôm và hợp kim của chúng không nhỏ hơn 100KG/cm²,thép có mạ thiếc $f_{tx} = 100-150\text{KG/cm}^2$.Lực ép tiếp xúc được tính theo :

$$F_{tx} = f_{tx} * S_{tx}$$

§. 2-4/-TIẾP ĐIỂM

A- YÊU CẦU ĐỐI VỚI TIẾP ĐIỂM

Tiếp điểm thực hiện chức năng đóng ngắt các khí cụ điện đóng ngắt .Kết cấu và các thông số của hệ tiếp điểm xác định các thông số chính ,kết cấu ,kích thước và khối lượng của khí cụ điện (hình 2-5)



Hình 2-5 :các loại tiếp điểm

a-tiếp điểm cầu (không có lăn trượt)

b-tiếp điểm lò xo lá (có trượt)

c-tiếp điểm ngón (có lăn và trượt)

d-tiếp điểm hình nêm (có trượt)

F,M –lực và mômen của cơ cấu truyền động

F_{td} - lực ép tiếp điểm

m.l - độ mở và độ lún của tiếp điểm

Các yêu cầu chính :

1) Khi khí cụ điện làm việc ở chế độ định mức nhiệt độ bề mặt nơi không tiếp xúc phải bé hơn nhiệt độ cho phép (bảng 6-1)

Nhiệt độ của vùng tiếp xúc phải bé hơn nhiệt độ biến đổi tinh thể của vật liệu tiếp điểm

2) Với dòng điện lớn cho phép (dòng khởi động, dòng ngắn mạch) tiếp điểm phải chịu được độ bền nhiệt và độ bền điện động .Hệ thống tiếp điểm dập hồ quang (nếu có) phải có khả năng đóng ngắt cho phép không bé hơn trị số định mức

3) Khi làm việc với dòng điện định mức và khi đóng ngắt dòng điện trong giới hạn cho phép ,tiếp điểm phải có độ mòn điện và cơ bé nhất độ rung của tiếp điểm không được lớn hơn trị số cho phép

B-CÁC THÔNG SỐ CỦA TIẾP ĐIỂM

- 1) Độ mở
- 2) Độ lún
- 3) Độ lăn , độ trượt
- 4) Lực ép tiếp điểm
- 5) Vật liệu tiếp điểm
- 6) Tọa độ chuyển động của tiếp điểm
- 7) Khả năng đóng ngắt
- 8) Độ ổn định điện động (độ bền điện động)
- 9) Dòng điện hàn dính tiếp điểm
- 10) Các thông số về rung
- 11) Độ mòn
- 12) Độ tin cậy

C-NHIỆM VỤ VÀ TRÌNH TỰ THIẾT KẾ

Để đảm bảo các yêu cầu của tiếp điểm trong quá trình tính toán phải giải quyết hàng loạt nhiệm vụ theo trình tự sau:

- 1) Chọn dạng kết cấu của hệ tiếp điểm chính và tiếp điểm phụ đồng thời chọn dạng kết cấu của các chi tiết còn lại của mạch vòng dẫn điện ,chọn hệ thống dập hồ quang , xác định độ mở của tiếp điểm
- 2) Chọn vật liệu và kích thước cơ bản của tiếp điểm
- 3) Xác định lực ép ,nhiệt độ ,điện trở tiếp xúc và điện áp rơi trên tiếp điểm ở chế độ làm việc chính
- 4) Xác định trị số dòng điện hàn dính tiếp điểm và các biện pháp tăng dòng hàn dính .Xác định trị số lực điện động đẩy tiếp điểm khi có dòng giới hạn đi qua nếu cần thiết
- 5) Xác định các thông số về sử dụng của tiếp điểm và các biện pháp giảm rung
- 6) Xác định độ chịu mòn của tiếp điểm và biện pháp giảm sự ăn mòn

Khi chọn các thông số kết cấu của hệ tiếp điểm như độ mở ,độ lún ,tiết diện và lực ép tiếp điểm ,không nên chọn các giá trị quá lớn và như thế đã tăng các kích thước khối lượng ,giá thành của khí cụ điện dẫn đến giảm các chỉ tiêu kĩ thuật

§ .2-5-CHỌN DẠNG KẾT CẤU CỦA HỆ TIẾP ĐIỂM

Dạng kết cấu của hệ tiếp điểm được xác định bởi rất nhiều yếu tố.

Bảng 2-11: cho sự phân loại các dạng tiếp điểm thường dùng theo chức năng và theo đặc điểm kết cấu

Dấu hiệu phân loại	Loại tiếp điểm
Chức năng trong khí cụ điện	-Chính - Dập hồ quang - phụ
Sự đóng ngắt trong mạch điện	- Đóng -Ngắt

	-Chuyển mạch
Số chỗ ngắt trong mạch điện	- Một chỗ ngắt -Hai chỗ ngắt -Nhiều chỗ ngắt
Dạng tiếp xúc	-Điểm - Đường -Mặt
Vị trí của tiếp điểm động ở trạng thái đóng	-Tự định vị -Không tự định vị
Sự chuyển dịch của tiếp điểm động	-Bước -Mên -Trượt -lăn

Khi chọn kết của hệ tiếp điểm nên đưa vào các khái niệm sau :

1)Các tiếp điểm chính phải có điện trở bé

Từ nhiệm vụ thiết kế có thể chọn hệ tiếp điểm có tiếp điểm dập hồ quang nối song song với tiếp điểm chính nó đóng trước và ngắt sau tiếp điểm chính ,hồ quang chỉ sinh ra trên nó mà không sinh ra trên tiếp điểm chính .Hồ quang là nhân tố chính làm hỏng bề mặt tiếp điểm

2) dạng của tiếp điểm được chọn từ nhiệm vụ thiết kế dựa trên quan điểm mạch điện đóng ngắt

3) Số chỗ ngắt trong mạch xác định khi chọn dạng kết cấu và có thể chọn lại khi thiết kế buồng dập hồ quang

Khi điện áp dòng điện ,điện cảm của mạch ngắt nhỏ ví dụ ở rơ le nên chọn loại một chỗ ngắt

Khi điện áp khoảng 24-28v điện một chiều ,220-300v điện xoay chiều ,dòng điện khoảng vài ampe tải cảm nên chọn loại 2 chỗ ngắt (H2-5c) có ưu điểm :

- Khả năng ngắt lớn hơn nhiều so với loại một chỗ ngắt
- Không cần dây dẫn mềm

Nhược điểm : lực ép tiếp điểm phải lớn hơn nên dẫn đến tăng cơ cấu truyền động

Với dòng điện lớn khoảng vài trăm ampe nên dung hệ tiếp điểm có buồng dập hồ quang loại một chỗ ngắt (hình 2_5c)

4) Dạng bề mặt tiếp xúc có 3 dạng : tiếp xúc điểm , tiếp xúc đường ,tiếp xúc mặt ,khi chọn dựa vào các yếu tố :

a) tiếp xúc điểm (hình 2-5c) dùng với dòng điện bé khoảng vài ampe không cần lực ép lớn ,thường dùng cho các rơ le ,khởi tiếp điểm phụ

Tiếp xúc điểm loại mặt cầu _mặt phẳng dùng với dòng điện khoảng vài chục ampe

Dạng tiếp điểm này có khả năng làm sạch bụi bẩn nơi tiếp xúc :

Lực ép tiếp điểm nhỏ,thường sử dụng vật liệu tiếp điểm bằng kim loại không bị oxi hóa

b) tiếp điểm đường (H2-5c,d) dùng cho dòng điện lớn đến vài trăm ampe ,hoặc lớn hơn thì dùng vài tiếp điểm nối song song

Cùng một lực ép tiếp điểm loại tiếp xúc đường có điện trở bé hơn loại tiếp xúc mặt 2-3 lần

Dạng tiếp xúc có khả năng tẩy sạch bụi bẩn lõi lôm nơi tiếp xúc

c) Tiếp xúc mặt dùng cho các dòng điện lớn ,cần một lực ép tiếp điểm lớn nên có nhưng nơi tiếp xúc vật liệu bị biến dạng .Điều kiện làm sạch bề mặt tiếp xúc không tốt bằng dạng tiếp xúc đường .

Khi chọn dạng kết cấu của tiếp điểm còn phải lưu ý đến những vấn đề quan trọng sau :

1)Lò xo xoắn trụ (H2-5a,e) ít bị ăn mòn và bền hơn lò xo tấm phẳng (H2-5b) nhưng khi dòng điện bé loại lò xo tấm phẳng hay được sử dụng hơn như các loại rơle

2) Loại lò xo không có dòng điện chạy qua làm việc tin cậy hơn so với loại có dòng điện chạy qua vì khi có dòng điện nó bị phát nóng và bị già hóa ,giảm tính đàn hồi

3) Dây nối mềm ở tiếp điểm động là phần tử kém tin cậy vì chóng mòn và đứt ,nhất là trường hợp tần số thao tác lớn

4)Tiếp điểm chấp nối di chuyển theo đường thẳng (H2-5 a) thường được thiết kế không có cơ cấu trượt

5) Tiếp điểm dạng chén (H25-a) có tính chất tự làm sạch ,ở loại này nơi hồ quang cháy và nơi tiếp xúc làm việc khác nhau ,cơ cấu truyền động khi đóng không cần phải

thắng lực nên toàn bộ tiếp điểm mà chỉ cần thắng lực ma sát .Để tránh lực va đập lớn sinh ra khi đóng làm hỏng tiếp điểm thường sử dụng bộ hoãn xung

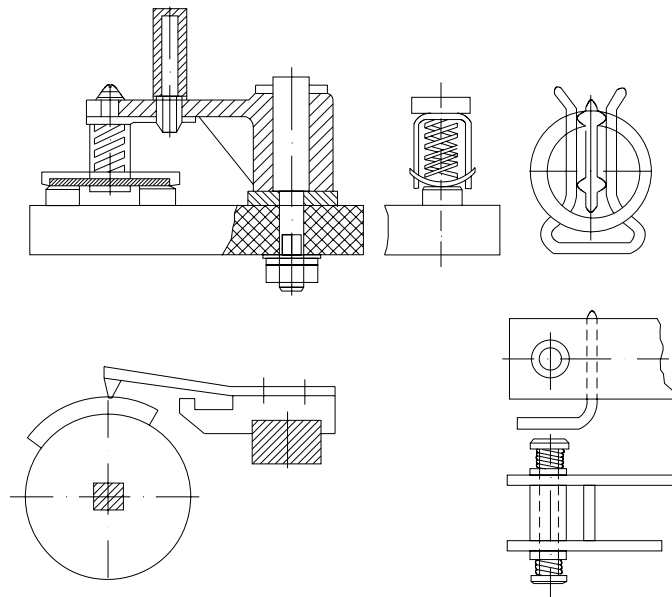
6) Tiếp điểm đôi (H2-5d) có độ ổn định điện động lớn ,Dòng điện chảy qua các nhánh song song với nhau nên lực ép tiếp điểm tăng , khi có n nhánh thì dòng điện lớn nhất trong mỗi nhánh bằng $I_1 = KI/n$, $k = 1.3 - 1.5$ hệ số không đồng đều do điện trở tiếp xúc gây ra.

7) Tiếp điểm lăn có ưu điểm là không có dây dẫn mềm nhưng nhược điểm là không tự làm sạch được

8) Tiếp điểm chổi (các lá mỏng ghép thành khối) ít được sử dụng so với các loại khác vì

- Khi có dòng điện lớn đi qua các lá kim loại bị nóng làm mất tính đàn hồi
- Bề mặt tiếp xúc bị mòn bởi những hạt kim loại nóng chảy khi có hồ quang,các lá kim loại dễ bị hàn dính
- Khó đảm bảo được lực ép tiếp điểm cần thiết

Trong bảng 2-12 nêu một số ví dụ về các loại tiếp điểm thường gặp



Hình 2-6 :Tiếp điểm dạng chấp nổi (a,b) và tiếp điểm dạng chêm (c,d)

a-Kiểu cầu với lò xo xoắn hình trụ ,chuyển động trên mặt của hình tròn

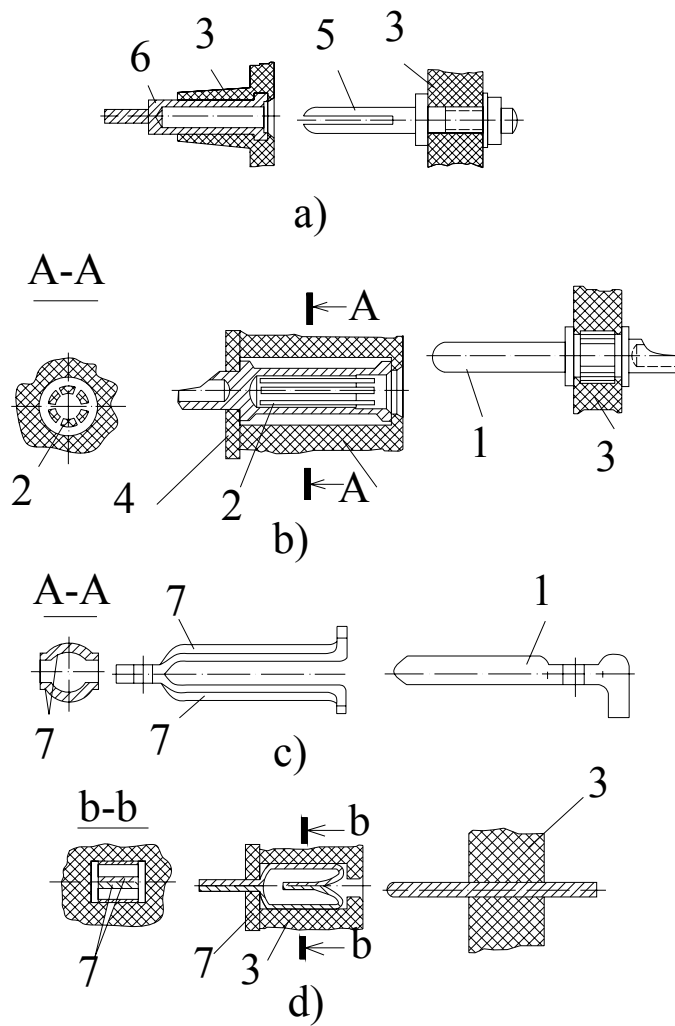
b-Kiểu trống

c-Kiểu chêm ,lò xo vòng

d-Kiểu chêm ,hai lò xo xoắn

Bảng 2-12 : Dạng kết cấu của các hệ tiếp điểm thông dụng

Loại tiếp xúc	Dạng chuyển động	Dạng kết cấu của hệ tiếp điểm	Dòng điện	Nơi sử dụng	Số hình vẽ
Chấp nổi	Theo cung của vòng tròn	-kiểu đòn lxlá -kiểu đòn lx xoắn -hình trụ không có độ trượt Kiểu cầu lx xoắn hình trụ	Nhỏ hơn Đơn vị Vài đơn vị Vài chục đến hàng trăm Vài đơn vị	-role thiết bị đóng bằng tay -công tắc tơ rộng rãi	2-6 b 2-6 a 2-5 c 2-5a
Chấp nổi	Theo đường thẳng	Kiểu cầu lò xo xoắn hình trụ	Hàng chục	Rộng rãi	2-5a
Chấp nổi trượt	Theo hình trụ	Kiểu trống với lò xo lá vị	Vài đơn vị	Thiết bị đóng bằng tay	2-6 b
Nêm	Thẳng	-Kiểu cắm ,lò xo lá -kiểu cắm lò xo vòng	-đến hàng chục -đến hàng trăm	ổ cắm cầu chì	2-7 2-6,c



Hình 2-7: Tiếp điểm cắm

a-ổ cắm cứng và phích cắm đàn hồi

b-ổ cắm đàn hồi và phích cắm cứng

c-ổ cắm dập đàn hồi và dao cắm cứng

1-Phích cắm cứng

2-Mặt cắt của ổ cắm

3-Vỏ nhựa của ổ cắm

4-Nắm nhựa

5-Phích cắm xẻ rãnh để đàn hồi

6-ổ cắm cứng

7-ổ cắm đàn hồi

§.2-6 -ĐỘ MỞ , ĐỘ LÚN , KHOẢNG LĂN, KHOẢNG

A-ĐỘ MỞ :

Độ mở của tiếp điểm là khoảng cách giữa tiếp điểm động và tiếp điểm tĩnh ở vị trí ngắt của khí cụ điện (H.2-5) xác định độ mở của tiếp điểm sao cho khi ngắt hồ quang sẽ bị kéo dài tới độ dài tới hạn và bị dập tắt.

(dập tắt hồ quang bằng kéo dài cơ khí). Độ mở lớn hồ quang dễ bị dập tắt nhưng hành trình của cơ cấu sẽ lớn, cơ cấu truyền động như nam châm điện sẽ lớn do khe hở không chế lớn. Vì vậy phải chọn độ mở cần thiết đảm bảo dập tắt hồ quang nhưng kích thước, khối lượng của cơ cấu truyền động lại đạt tối ưu. Theo kinh nghiệm với công tắc tơ dòng điện khoảng $I = 40 \div 600 \text{ A}$, điện áp 500V có thể chọn độ mở $m = 6 \div 12 \text{ mm}$

Đối với tải cảm công tắc tơ điện áp từ 380 V ÷ 500 V không thể lấy $m \leq 8 \text{ mm}$
Cần phải xác định lại độ mở khi tính toán buồng dập hồ quang

B-ĐỘ LÚN (khoảng vượt)

Độ lún l của tiếp điểm là quãng đường đi thêm được của tiếp điểm động nếu không có tiếp điểm tĩnh cản lại (H.2-5)

Cần thiết phải có độ lún của tiếp điểm để có lực ép tiếp điểm và trong quá trình làm việc tiếp điểm bị ăn mòn, tiếp điểm vẫn đảm bảo tiếp xúc tốt. Như vậy phải chọn độ lún của tiếp điểm l lớn hơn độ cao bị ăn mòn h của tiếp điểm ($l > h$) Thường chọn $l = (1.5 \div 2.5)h$

Có thể chọn độ lún theo dòng điện định mức qua tiếp điểm vì dòng điện lớn cần có lực ép tiếp điểm lớn tăng độ lún lực ép tiếp điểm sẽ tăng; theo công thức

$$l = A + B.I_{dm}, \text{ mm}$$

$$A = 1.5 \text{ (mm)} ; B = 0.02 \text{ (mm/A)} ; I_{dm} \text{ (A)}$$

Hoặc theo kinh nghiệm

$I_{dm}, \text{ A}$	100	150	300	600
$l, \text{ mm}$	$2.3 \div 3.5$	$3 \div 4$	$4 \div 5$	$5 \div 6$

C- KHOẢNG LĂN :

Để thay thế tiếp điểm hồ quang dùng khoảng lăn (x)

(h 2-5 c) cho tiếp điểm động di chuyển trên một cung tròn thường sử dụng tiếp điểm ngón tạo sự lăn của tiếp điểm động trên mặt tiếp điểm tĩnh , điểm làm việc của tiếp điểm sẽ không trùng với điểm cháy của hồ quang . Xác định khoảng lăn trong khoảng $x = 3 \div 12$ mm. Trị số bé dùng cho tiếp điểm có dòng điện nhỏ. Tăng khoảng lăn tiếp điểm làm việc tin cậy nhưng dẫn đến kết cấu phức tạp.

D-KHOẢNG TRƯỢT :

Để tẩy sạch bụi bẩn gồ ghề do hồ quang hoặc lớp oxit tạo nên , dùng khoảng trượt y (h 2-5 c). Thường sử dụng tiếp điểm ngón tạo sự trượt của tiếp điểm động trượt trên bề mặt tiếp điểm tĩnh . Xác định khoảng trượt từ vài phân đến vài milimét . Kinh nghiệm chọn khoảng trượt $y = 0.2 \div 1.5$ mm . Nếu tăng khoảng trượt sẽ tăng độ ăn mòn của tiếp điểm.

Thường sử dụng kết hợp khoảng lăn và khoảng trượt

§2-7/- CHỌN VẬT LIỆU VÀ KÍCH THƯỚC TIẾP ĐIỂM

A-CHỌN VẬT LIỆU –YÊU CẦU ĐỐI VỚI VẬT LIỆU TIẾP

- 1)Điện trở suất và điện trở tiếp xúc bé
- 2)Tính dẫn nhiệt , nhiệt độ nóng chảy cao.
- 3)Ít bị oxy hoá
- 4)Khó hàn dính
- 5)Độ cứng cao , ít bị ăn mòn cơ
- 6)Đặc tính công nghệ tốt
- 7)Giá thành hạ.

Khi chọn sao cho thoả mãn phần lớn yêu cầu cho thiết kế

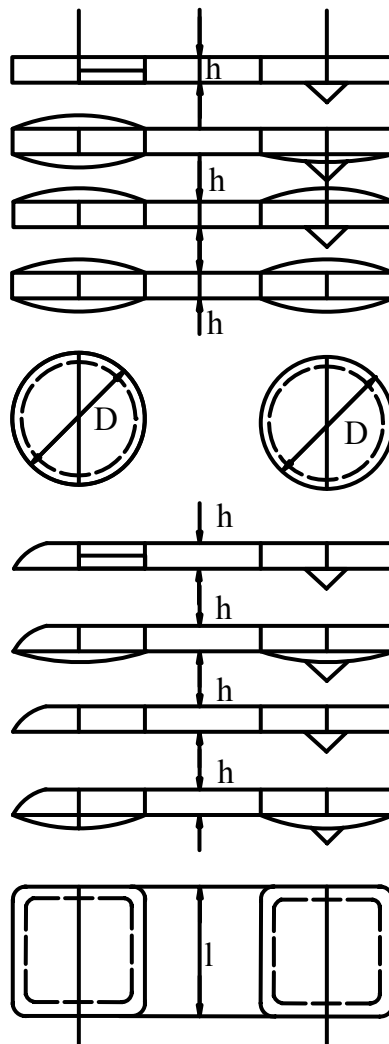
Bảng 2-13 cho các tính chất cơ bản của vật liệu tiếp điểm

Bảng 2-14 so sánh đặc tính của các loại vật liệu tiếp điểm thông dụng

B-KÍCH THƯỚC TIẾP ĐIỂM

Kích thước tiếp điểm phụ thuộc vào giá trị dòng điện định mức, kết cấu hệ thống tiếp điểm và tần số đóng ngắt dòng điện

Kích thước các tiếp điểm hình trụ, hình nón, chữ nhật tăng kim loại quý (h.2-8) có thể lấy theo bảng 2-15 và bảng 2-16



Hình 2-8 các tấm tổ hợp tiếp điểm được sản xuất bằng phương pháp luyện kim bột (kim loại gốm). Chỗ lồi lên trên của bề mặt không làm việc

nhằm tang tiếp xúc lên tiếp điểm bằng cách hàn hình côn để gá vào các tấm ôm

Đối với khí cụ trong máy bay tính chịu mòn nhỏ hơn so với khí cụ thông dụng trong công nghiệp; đường kính tiếp điểm hình trụ lấy nhỏ hơn gần hai lần so với số liệu

Nhiệt lượng tỏa ra ở tiếp điểm sẽ truyền đáng kể vào các phần tử mạch vòng dẫn điện.

Vì vậy khi xác định các kích thước chính của tiếp điểm đóng ngắt có dòng điện định mức lớn nên chọn sơ bộ theo tiết diện thanh dẫn.

Bảng 2-15 : Các kích thước tiếp điểm hình trụ và tấm ôm tiếp điểm

Dòng điện định mức A	Đường kính tiếp điểm mm	Chiều cao tiếp điểm mm
đến 2	1-2	0,3-1,0
2-5	2-4	0,6-1,2
10-20	5-8	0,8-1,6
20-40	8-12	1,2-2,2
40-63	12-16	1,4-2,5
60-100	16-20	1,5-3,0
100-160	20-25	2,2-3,0
160-250	25-32	2,5-3,5

Bảng 2-16 : Kích thước tấm tiếp điểm hình chữ nhật

Chiều dài (mm)	Chiều rộng (mm)	Chiều cao (mm)
4 ; 5	-3 ; 4 ; 5	-0,8 ; 1,0 ; 1,6

-4 ; 8 ; 10	-3 ; 4 ; 6 ; 8	-1,0 ; 1,2 ; 1,4
	10	
-12 ; 14	-6 ; 8 ; 10 ; 12 ; 14	-1,0 ; 1,4 ; 1,6
-16 ; 20	-8 ; 10 ; 14/16 ; 20	-1,6 ; 2,0 ; 2,2
-25 ; 3 2	-12 ; 16 ; 20 ; 25 ; 32	-3,0 ; 3,5 ; 5
-40 ; 50	-14 ; 20 ; 25 ; 32 ; 40	-2,5 ; 3,0 ; 3,5 ; 5,0

Chú thích :

1) Chiều rộng nhỏ nhất của tấm bằng một nửa chiều dài của nó. Chiều rộng lớn nhất bằng chiều dài.

2) Giá trị dòng điện định mức có thể sơ bộ xác định theo bảng 5-5 bằng phương pháp so sánh diện tích chữ nhật và đường tròn.

§. 2.8/- XÁC ĐỊNH NHIỆT ĐỘ ,ĐIỆN TRỞ TIẾP XÚC LÚC ÉP VÀ ĐIỆN ÁP RƠI TRÊN TIẾP ĐIỂM Ở CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC DÀI HẠN.

I)NHIỆT ĐỘ CỦA TIẾP ĐIỂM :

1) dựa vào sự cân bằng nhiệt trong quá trình phát nóng của thanh dẫn dài vô hạn, có tiết diện không đổi .Giả sử một đầu một đầu thanh dẫn tiếp xúc với thanh dẫn khác và nguồn nhiệt đặt tại nơi tiếp xúc.

$$\theta_{td} = \theta_{mt} + \frac{Idm^2 * \zeta\theta}{S * P * Kt} + \frac{Idm^2 * Rtd}{2 * \sqrt{\lambda * P * S * Kt}} \quad (2-11)$$

$$\theta_{tx} = \theta_{td} + \frac{Idm^2 * Rtx^2}{8 * \lambda * \zeta\theta} ;$$

$$\theta_{tx} - \theta_{td} = \frac{Idm^2 * Rtd^2}{8 * \lambda * \zeta\theta} \quad (2-12)$$

θ_{mt} : nhiệt độ môi trường xung quanh tính theo độ C

θ_{td} : nhiệt độ của tiếp điểm tính theo độ C

θ_{tx} : nhiệt độ nơi tiếp xúc tính theo độ C

$I_{dm}(A)$: dòng điện định mức ở chế độ dài hạn

$\rho_{\theta}(\Omega cm)$: điện trở suất của vật liệu tiếp điểm

$R_{tx}(\Omega)$: điện trở tiếp xúc (không kể đến điện trở vật liệu tiếp điểm)

$K_T (W/cm^2 * độ C)$: hệ số tản nhiệt của bề mặt thanh dẫn;

$S (cm^2)$: tiết diện của thanh dẫn

$P(cm)$: chu vi của thanh dẫn

Với tiếp điểm dạng cầu số 2 ở mẫu trước căn thức không còn nữa

Quan hệ trên đúng với các tiếp điểm công suất nhỏ với dòng điện lớn.

Kết quả cho sai số tương đối lớn so với thực nghiệm.

2) Dựa vào việc khảo sát điện trường và nhiệt trường của thanh dẫn đặc dài vô hạn có nguồn nhiệt ở đầu tiếp xúc với thanh dẫn khác.

$$\beta = \arccos\left(\frac{T_{td}}{T_{tx}}\right) = \frac{I_{dm} * A^{1/2}}{4 * \lambda * a} = \frac{I_{dm} * \sqrt{\xi * \pi * Hb}}{4 * \lambda * \sqrt{F_{tdl}}} \quad (2-13)$$

$$F_{tdl} = I_{dm}^2 * \frac{A * \pi * Hb}{16 * \lambda^2} * \frac{1}{\left[\arccos\left(\frac{T_{td}}{T_{tx}}\right)\right]^2} \quad (2-14)$$

$$T_{tx} = \frac{T_{td}}{\cos\left(\frac{I_{dm} * \sqrt{A * \pi * Hb}}{4 * \lambda * \sqrt{F_{tdl}}}\right)} \quad (2-15)$$

$$I_{dm} = \frac{4 * \lambda * \sqrt{F_{tdl}}}{\sqrt{A * \pi * Hb}} * \arccos\left(\frac{T_{td}}{T_{tx}}\right) \quad (2-16)$$

Trong đó :

$T_{td}, (độ K)$:nhiệt độ thanh dẫn chỗ xa nơi tiếp xúc

$T_{tx}, (độ K)$: nhiệt độ nơi tiếp xúc

a , (cm) : bán kính của bề mặt tiếp xúc

I_{dm} , (A) : dòng điện định mức ở chế độ làm việc dài hạn

λ , (W/cm $\times$ 0 C): hệ số dẫn nhiệt của thanh dẫn coi như không phụ thuộc vào nhiệt độ(bảng)

$A = 2,3 \cdot 10^{-8} (V / ^0 C)^2$ hằng số Iven có những giá trị khác nhau khi vật liệu khác nhau và ít phụ thuộc vào nhiệt độ nên coi là hằng

F_{td1} ,(kN) : lực nén tại một điểm tiếp xúc

$F_{td} = n \cdot F_{tx}$; n : là hằng số tiếp điểm với

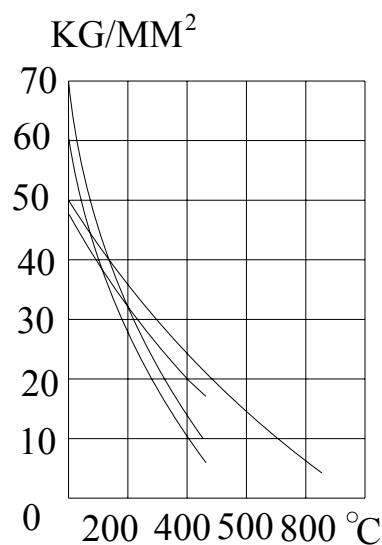
Tiếp xúc điểm $n = 1$; tiếp xúc đường $n = 2$; tiếp xúc mặt $n = 3$

$$F_{td1} = \xi \cdot \pi \cdot a^2 \cdot H_b$$

trong đó $\xi = 0,3 - 1$; hệ số tính đến giảm áp lực trên mặt tiếp xúc do

ảnh đàn hồi của vật liệu và độ lồi lõm của bề mặt tiếp điểm .

Những quan hệ trên là cho trường hợp tiếp xúc điểm đơn giản giữa hai thanh dẫn đặc , dài vô hạn có tiết diện không đổi . Trong thực tế quá trình xảy ra ở tiếp điểm phức tạp hơn nhiều , vì vậy chỉ nên dùng để khảo sát hiện tượng một cách định tính để có những kết quả gần đúng với điều kiện thực tế . Trong các công thức trên cần phải dựa thêm vào các hệ số thực nghiệm . ngoài ra nên dùng các quan hệ thực nghiệm .



Hình 2-9: quan hệ giữa độ cứng Hb (độ cứng Brinell) với nhiệt độ phát nóng của một vài vật liệu tiếp điểm

1- đồng mềm

2- com8

3- cox12

4- bạc cứng

B_LỰC ÉP TIẾP ĐIỂM

Lực ép tiếp điểm đảm bảo cho tiếp điểm làm việc bình thường ở chế độ làm việc dài hạn, mà trong chế độ ngắn hạn dòng điện lớn như mở máy, quá tải, ngắn mạch lực ép tiếp điểm phải đảm bảo cho tiếp điểm không bị đẩy ra do lực điện động và không bị hàn dính do hồ quang khi tiếp điểm bị đẩy và bị rung

Lực ép tiếp điểm có thể xác định theo các quan hệ lý thuyết theo công thức thực nghiệm hay theo đồ thị.

1) xác định lực ép theo quan hệ lý thuyết theo các quan hệ 2-14 kết quả thu được cần phải được hiệu chỉnh qua hệ số thực nghiệm bằng

2) xác định lực ép theo thực nghiệm .

Trong bảng 2-17 cho các số hiệu lực ép cuối của tiếp điểm F_{tdc} (lực ép tiếp điểm khi đóng hoàn toàn) của các loại role suốt lực ép cuối trên một đơn vị dòng điện định mức F_{td} của các khí cụ điện thông dụng.

Bảng 2-17 lực ép của một tiếp điểm (một trở ngắt)làm việc trong không khí và trong dầu của các dẫn khí cụ điện hiện đại

Loại khí cụ điện	Vật liệu	Ftd (G/A)	Lực nén Ftd(G)
1	2	3	4
Rơ le có độ nhạy cao dòng bé hơn 1(A)	Vàng, platin, hợp kim của vàng với iridi	-	0,3-2
Role có độ nhạy cảm (bảo vệ ,cực tính)	Tina, paladi hợp kim với bạc	-	2-10
Role điện thoại và điều khiển (đến 3A)	Bạc		10-30
Role tự động vài trung gian (dòng 5-15A)	Bạc ,CDK15M	-	25-50
Các bộ rung , biến đổi rung tần số cao	Volfram	-	40-350
Các tiếp điểm phụ của các khí cụ điện đến 1000V	Bạc	5	20
	Bạc	5-10	20
Công tắc tơ điện từ	kim loại gồm	7-15	25
Công tắc tơ thuỷ khí nén (lực lò so	đồng đồng	15-25 16-20	300 -

không có không khí)			
Công tắc đổi nối Công tắc xoay (lò xo lá dòng định mức 10-100A)	đồng đồng thau	45-60	trị số lớn cho dòng điện bé
Các bộ không chế kiểu phẳng , kiểu trống và kiểu trục	đồng , đồng	25-40	----
Công tắc định hình (từ 2-15A)	đồng , CH40	22-80 20-60	Giá trị lớn cho dòng điện bé
áp tô mát định hình Vạn năng kéo điện	Kim loại Gốm Bạc đồng	20-25 45-60 20-40 20-40	- - - -
Cổ dao và cầu dao đổi nối (dòng đến 100-400A)	đồng	150-250	trị số lớn cho dòng điện nhỏ

(1): ví dụ : một nửa lực cho tiếp điểm loại cầu , lực cho một tấm của tiếp điểm hoa huệ , một tấm củn dao

(2): lực nén trong dầu lớn 1,4-1,6 lần so với không khí vì do độ nhớt của dầu và các sản phẩm từ dầu khi có nhiệt độ cao.

$$f_{td} = \frac{F_{td}}{I_{dm}}, (G / A) \quad (2-17)$$

$$F_{td} = f_{td} * I_{dm}, (G)$$

Trị số của f_{td} dựa vào sự phân tích các thông số kỹ thuật của các khí cụ điện đã được sử dụng . Lực ép tiếp điểm tính theo số liệu trong bảng.

Lớn hơn trị số tính toán theo quan hệ lý thuyết bởi vì khi dòng điện nhỏ cần có lực dự trữ, còn khi dòng điện lớn cần tăng lực để đảm bảo độ ổn định điện động và ổn định nhiệt của tiếp điểm.

Giá trị lực ép ban đầu F_{tdd} tại thời điểm bắt đầu tiếp xúc khi đóng và cắt tiếp điểm lấy bằng $(0,4 \div 0,7)$ lực ép cuối F_{tdd} . Có thể xác định lực ép tiếp điểm theo các công thức kinh nghiệm và theo các công thức thực nghiệm.

C-ĐIỆN TRỞ TIẾP XÚC.

Điện trở tiếp xúc của tiếp điểm R_{tx} (một chỗ đóng ngắt) là một phần của điện trở mạch vòng dẫn điện R được đo từ 2 đầu của mạch vòng một cực của khí cụ điện.

$$R = \Sigma R_{tx} + \Sigma R_{dn} + \Sigma R_p$$

R_{tx} - Tổng điện trở tiếp xúc của tiếp điểm .

$$\Sigma R_{tx} = R_1 + R_2$$

R_1 - Điện trở của đường đi dòng điện bị thất hẹp lại

R_2 - Điện trở tiếp xúc giữa các lớp.

ΣR_{dn} - Tổng điện trở các đầu nối.

ΣR_p - Tổng điện trở bản thân vật liệu của mạch vòng

1) Điện trở tiếp xúc của tiếp điểm theo lý thuyết .

Điện trở tiếp xúc của do dòng điện bị thất hẹp R_1 có dạng :

$$R_1 = \frac{\rho}{2an}, \Omega \quad (2-20)$$

Trong đó :

$$\rho = \frac{(\rho_1 + \rho_2)}{2}, \Omega \text{cm}$$

ρ - Điện trở suất của 2 loại vật liệu nếu các tiếp điểm làm bằng 2 loại vật liệu .

a, cm - Bán kính bề mặt tiếp xúc

$n=1$ – tiếp xúc điểm.

$n=2$ – tiếp xúc đường

$n=3$ - tiếp xúc mặt.

Khoảng cách giữa các tiếp điểm cạnh nhau phải sao cho dòng điện chạy qua mỗi điểm tiếp xúc không bị ảnh hưởng lẫn nhau.

Với lực ép không đáng kể (0,01N) những chỗ lồi lõm bị biến dạng đàn hồi . khi lực nén tăng đến 0,1-0,15N bắt đầu có biến dạng dẻo dẫn đến vật liệu bị nén chặt nếu tăng lực nén đến hàng trăm N thì cả lớp vật liệu bị biến dạng đàn hồi , nếu tiếp tục tăng lực ép nữa sẽ bị biến dạng dẻo.

Đặc trưng cho sự biến dạng khi lực ép từ 10N(1kN) có thể khảo sát qua trị số áp suất trung bình $\frac{F_{td1}}{\pi * a^2}$ nếu áp suất trung bình nhỏ hơn độ cứng của vật liệu tiếp điểm H_b vật liệu biến dạng đàn hồi, nếu lớn hơn biến dạng dẻo .

Khi vật liệu biến dạng đàn hồi, bán kính a và điện trở R_1 có thể biểu diễn:

$$a = 0,86 * \sqrt{\frac{F_{td1}}{E}}, \text{cm} \quad (2-21)$$

$$R_1 = \frac{\zeta}{2 * a} = 0,58 * \zeta * \sqrt{\frac{E}{F_{td1} * r}} (\Omega) \quad (2-22)$$

$F_{td1}, \text{N (kN)}$: lực nén của một chỗ tiếp xúc

$r, (\text{cm})$: bán kính của tiếp điểm hình cầu

$E, \text{N/cn (kN/cm)}$: mô đun đàn hồi của vật liệu tiếp điểm

Khi vật liệu bị biến dạng dẻo thì a và R_1 có thể biểu diễn :

$$a = \sqrt{\frac{F_{td1}}{\pi * H_b}}, (cm) (2 - 23)$$

$$R_1 = \frac{\zeta}{2} * \sqrt{\frac{\pi * H_b}{F_{td1}}}, (\Omega) (2 - 24)$$

Các quan hệ trên đúng cho mọi tính toán gần đúng, qua đó có thể khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố đến điện trở tiếp xúc R_1

2) Điện trở tiếp xúc của tiếp điểm không bị phát nóng xác định theo công thức dựa vào kết quả thực nghiệm

$$R_1 = \frac{K_{tx}}{(0,102 * F_{td})^m}, (\Omega) (2 - 25)$$

Trong đó

F_{td} , N : lực nén tiếp điểm

m : hệ số dạng bề mặt tiếp xúc

$m=0,5$; tiếp xúc điểm

$m= 0,5-0,7$; tiếp xúc đường

$m= 0,7-1$; tiếp xúc mặt

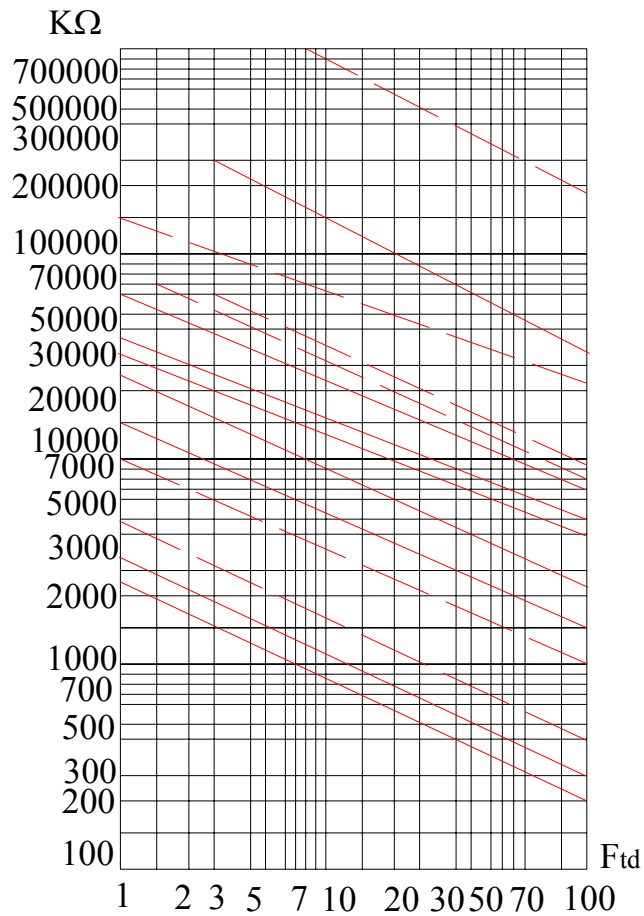
K_{tx} : hệ số kể đến sự ảnh hưởng của vật liệu và trạng thái bề mặt của tiếp điểm

Giá trị K_{tx} khi bề mặt tiếp điểm không có lớp oxyt có thể lấy sơ bộ như sau :

Bạc _Bạc	$0,6 * 10^{-3}$
Đồng_đồng(tiếp xúc mặt)	$(0,09-0,14) * 10^{-3}$
Đồng_đồng(tiếp xúc điểm)	$(0,14-0,18) * 10^{-3}$
Đồng_đồng(tráng thiếc)	$(0,07-0,1) * 10^{-3}$

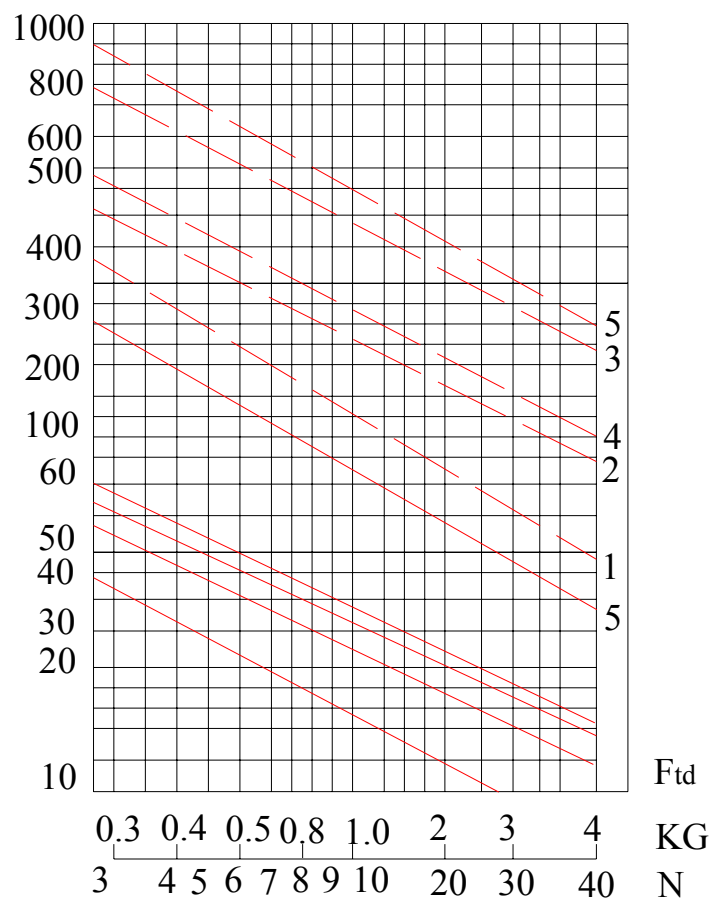
Đồng_ nhôm	$0,98 \cdot 10^{-3}$
Đồng_ đồng thau	$0,38 \cdot 10^{-3}$
Đồng thau_ đồng thau	$0,67 \cdot 10^{-3}$
Đồng thau_ thép	$3,04 \cdot 10^{-3}$
Đồng _ thép	$3,1 \cdot 10^{-3}$
Thép _ nhôm	$4,4 \cdot 10^{-3}$
thép _ thép	$7,6 \cdot 10^{-3}$
Nhôm _ đồng thau	$1,9 \cdot 10^{-3}$
Nhôm _ nhôm	$1,6 \cdot 10^{-3}$
Com 10-cok15(kim loại gồm)	$(0,2 - 0,3) \cdot 10^{-3}$

3)điện trở tiếp xúc của tiếp điểm không phát nóng có thể xác định theo các đường cong thực nghiệm hình 2-10 , 2-11 , 2-12



Hình 2-10 : đồ thị quan hệ giữa điện trở tiếp xúc và lực ép tiếp điểm của pole công suất bé dùng trong thông tin và tự động tiếp xúc điểm ($\phi = 2\text{mm}$, dòng điện đến 2A . Đường chấm chiếm trị số lớn)

1-Bạc	2-Vàng	3-plalađi
4-Vàng-NIKEN 5%	5-platin	6platin iriđi 10%
7-volfram(Φ 4mm)	8-Reri	



Hình 2-11 : Đồ thị quan hệ giữa điện trở tiếp xúc và lực ép tiếp điểm .
 Tiếp điểm kim loại gồm dạng tiếp xúc điểm (hình cầu-mặt phẳng $\Phi 14\text{mm}$,
 dòng điện 140 và 246A).

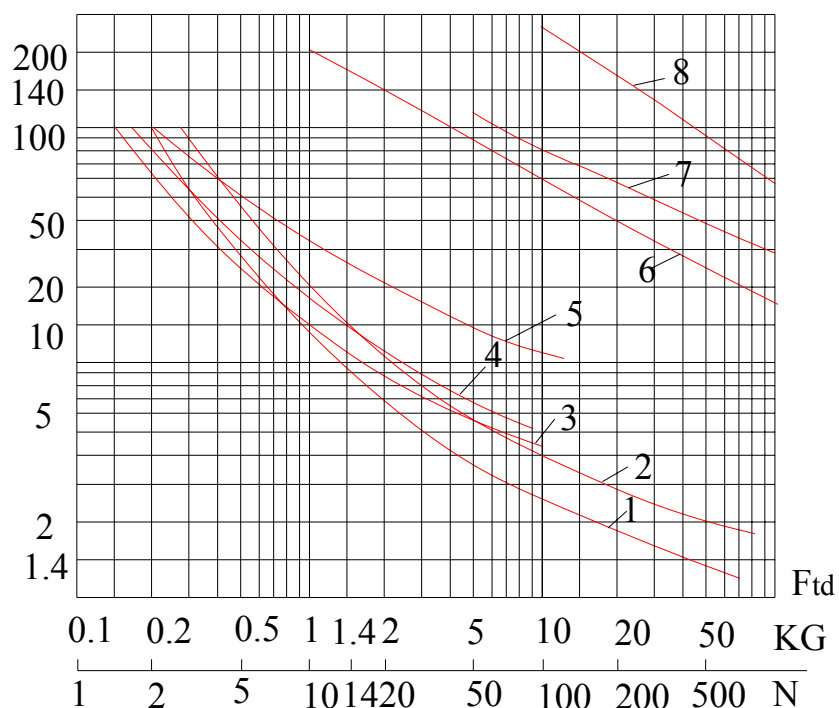
1-Bạc gôm ;

2-COH 10 ;

3-COK 15

4-CB 50 ;

5-CH 9



Hình 2-12 : Đồ thị quan hệ giữa điện trở tiếp xúc và lực ép tiếp điểm của tiếp điểm ở trạng thái nguội (do hai hình trụ vuông góc với nhau tạo thành) khi lực nén từ 1 đến 227 KG

- 1-Bạc , mặt;
- 2-Đồng ,mặt;
- 3-Bạc , đường ;
- 4-Đồng ,đường ;
- 5-Bạc ,điểm;
- 6-Đồng , điểm;
- 7-Đồng (đồng cứng);
- 8-Đồng – Vonfram.

4) Sự thay đổi của điện trở tiếp xúc:

Khi có dòng điện chạy qua , tiếp điểm bị phát nóng điện trở tiếp xúc tăng vì điện trở suất của vật liệu tăng

$$R_{tx\theta} = R_{tx0} \left(1 + \frac{2}{3}\alpha\theta^0\right) = R_{tx20} \left\{1 + \frac{2}{3}\alpha(\theta - 20^0)\right\} \quad (2-26)$$

R_{tx0} R_{tx20} $R_{tx\theta}$: Là điện trở tiếp xúc ở 0^0C , 20^0C và θ^0C

α : hệ số nhiệt điện trở của tiếp điểm.

$2/3$: hệ số tính đến sự giảm nhiệt độ theo khoảng cách từ chỗ tiếp xúc.

Quan hệ trên đúng cho trường hợp nhiệt độ của bề mặt tiếp xúc bé hơn nhiệt độ hoá mền của vật liệu .

D- ĐIỆN ÁP RƠI TRÊN ĐIỆN TRỞ TIẾP XÚC CỦA TIẾP ĐIỂM :

Trong trạng thái đóng của tiếp điểm điện áp rơi trên mạch vòng dẫn điện chủ yếu là do điện trở tiếp xúc của các phần đầu nổi , điện trở của vật liệu tiếp điểm không đáng kể so với R_{tx} vì vậy điện áp rơi trên tiếp điểm sẽ bằng :

$$U_{tx} = I R_{tx} \quad , \quad V \quad (2-27)$$

Điện áp này liên quan trực tiếp tới nhiệt độ phát nóng của vùng tiếp xúc θ_{tx} :

$$\theta_{tx} - \theta_{td} = \tau_{tx} = U_{td}^2 / 8\rho\lambda \quad , \quad ^0C \quad (2-28)$$

U_{td} , điện áp rơi trên tiếp điểm

ρ , Ωcm - điện trở suất của vật liệu tiếp điểm

λ , V/cm^0C – hệ số dẫn nhiệt của vật liệu tiếp điểm

Với các khí cụ điện có tiếp điểm làm việc trong môi trường không khí nhiệt độ phát nóng của tiếp điểm gần bằng trị số cho phép , qua trị số của U_{td} có thể xác định được độ tăng nhiệt τ_{tx} của bề mặt tiếp xúc :

U_{td} (mV)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	90
τ_{tx} , 0C Bạc	3	4	8	11	16	21	28	36	44	61	35	149
Đồng	4	5	10	14	20	26	40	42	51	70	96	160

Để tiếp điểm làm việc nhiệt độ tiếp điểm không vượt quá nhiệt độ biến dạng tinh thể của kim loại vì từ nhiệt độ này độ bền cơ của kim loại giảm đi rất nhiều. Nhiệt độ tiếp điểm phải nhỏ hơn nhiệt độ nóng chảy rất nhiều vì ở nhiệt độ này sẽ xảy ra ham dính tiếp điểm. Bảng 2-18 cho nhiệt độ hoá mềm và nhiệt độ nóng chảy của vật liệu tiếp điểm.

Bảng 2-18 : Điện áp rơi trên điện trở tiếp điểm, nhiệt độ biến dạng tinh thể (hoá mềm) và nhiệt độ nóng chảy của vật liệu tiếp điểm :

Vật liệu tiếp điểm	Hoá mềm		Nóng chảy	
	U, mV	θ , °C	U, mV	θ , °C
Bạc	90	180	370	960
Đồng	90÷130	190	430÷450	1083
Platin	220÷440	540	700	1773
Vonfram	120÷250÷400	1000	800÷1000	3400
Grafit	-	-	5000	4700

Từ trên có thể xác định được trị số của dòng điện cho phép qua tiếp điểm :

$$I_{cf} = (0.5 \div 0.8) I_{dm} = (0.5 \div 0.8) U_m / R_{tx}, A \quad (2-29)$$

I_{thm} – trị số tới hạn của dòng tiếp điểm U_{td} nằm trong khoảng.

1) Với role công suất bé dung trong tự động và thông tin liên lạc, hàng không:

$$U_{td} = (0.5 \div 0.8) U_m$$

2) Các khí cụ điện điều khiển và phân phối năng lượng đến 1000V tiếp điểm làm việc trong không khí :

$$U_{td} = 2 \div 30 \text{ mV}$$

Với tiếp điểm làm lạnh bằng nước :

$$U_{td} = 30 \div 40 \text{ mV}$$

C-NHIỆM VỤ TÍNH TOÁN:

Khi toán cho các chế độ làm việc dài hạn, ngắn hạn, ngắn hạn lặp lại cần giải quyết những bài toán sau :

1) Từ dòng điện định mức I_{dm} (dài hạn) chọn vật liệu và kích thước của tiếp điểm xác định lực ép tiếp điểm F_{td} sao cho điện áp rơi U_{tx} và nhiệt độ tiếp điểm θ_{td} , không vượt quá trị số cho phép. Điện trở tiếp xúc R_{tx} phải nhỏ hơn trị số được xác định theo 2-20 và 2-25 (tính toán thiết kế). Trên cơ sở ổn định điện động ổn định nhiệt cần hiệu chỉnh trị số lực ép F_{td} đã tính toán.

2) Từ dòng điện định mức I_{dm} chọn vật liệu, kích thước và lực ép của tiếp điểm F_{td} , xác định điện áp rơi U_{tx} và nhiệt độ của tiếp điểm θ_{td} , so sánh với trị số cho phép, xác định điện trở tiếp xúc, nhiệt độ của bề mặt tiếp xúc θ_{tx} phải nhỏ hơn nhiệt độ hoá mềm của vật liệu (tính toán kiểm nghiệm).

3) Chọn vật liệu, kích thước và lực ép tiếp điểm F_{td} , xác định trị số dòng điện dài hạn I_{dm} điện trở tiếp xúc R_{tx} sao cho điện áp rơi U_{tx} và nhiệt độ của tiếp điểm θ_{td} không vượt quá trị số cho phép (tính toán kiểm nghiệm).

§.2-9/- DÒNG ĐIỆN HÀN DÍNH VÀ CÁC BIỆN PHÁP CHỐNG HÀN DÍNH CỦA TIẾP ĐIỂM :

Khi dòng điện qua tiếp điểm lớn hơn dòng điện định mức I_{dm} (quá tải khởi động, ngắn mạch) nhiệt độ sẽ tăng lên và tiếp điểm bị đẩy do lực điện động dẫn đến khả năng hàn dính. Độ ổn định của tiếp điểm chống đẩy và chống hàn dính gọi là độ ổn định điện động (độ bền điện động). Độ ổn định nhiệt và ổn định điện động là các thông số quan trọng được biểu thị qua trị số của dòng điện tới hạn I_{thhd} , tại trị số đó sự hàn dính của tiếp điểm có thể không xảy ra, nếu cơ cấu ngắt có đủ khả năng ngắt tiếp điểm.

Có hai tiêu chuẩn để đánh giá: lực cần thiết để tách các tiếp điểm bị hàn dính; Trị số tới hạn của dòng điện hàn dính; Nó phụ thuộc vào vật liệu tiếp điểm và kết cấu, chế độ làm việc của khí cụ điện.

A- XÁC ĐỊNH TRỊ SỐ DÒNG ĐIỆN HÀN DÍNH THEO QUAN HỆ LÝ THUYẾT :

1) Giả thiết khi có dòng điện có trị số không đổi chạy qua, nhiệt độ của vùng tiếp xúc tăng nhanh đến trị số gần nóng chảy, dòng điện tới hạn I_{thhd} gần trị số hàn dính.

$$I_{thhd} = \frac{4\pi\sqrt{F_{td\Sigma}}}{\sqrt{\pi H_{B0}}} \arccos\left(\frac{T_{td} - T_{td}e^{-\frac{t_1}{T}}}{T_{txt} - T_{td}e^{-\frac{t_1}{T}}}\right) \quad (2-30)$$

T_{td} - Nhiệt độ của thanh dẫn xa vùng tiếp xúc , do trị số dòng điện lớn (quá tải , ngắn mạch , khởi động) gây ra khi chảy qua mạch vòng dẫn điện .

T_{txt} - Nhiệt độ của vùng tiếp xúc tại thời điểm t_1 , có thể coi $T_{txt} = T_{tx}$.

H_{B0} - Độ cứng Bribel ở nhiệt độ T_{tx} .

$F_{td\Sigma}$ - Lực ép tổng của tiếp điểm

$$F_{td\Sigma} = F_{td} - F_{dd1} \pm F_{dd2} , \text{ KG} \quad (2-31)$$

F_{td} - Lực ép tiếp điểm .

F_{dd1} - Lực điện động do đường đi của dòng bị thất lại , nó ngược chiều với lực lò xo của tiếp điểm .

F_{dd2} - Lực điện động giữa các chi tiết của mạch vòng dẫn điện gần với tiếp điểm

T - Hằng số thời gian phát nóng của tiếp điểm

$$T = \frac{C.\gamma.\pi.F_{td\Sigma}}{\lambda 24.H_{B0}} , \text{ s} \quad (2-32)$$

Trong đó :

C, γ, λ - tỉ nhiệt, khối lượng riêng và hệ số dẫn nhiệt của vật liệu (bảng)

I_{thhd} - Dòng điện không đổi (dòng 1 chiều) . Với dòng điện xoay chiều (dòng ngắn mạch , ngắn hạn) thì I_{thhd} tính theo trị số bình phương trung bình theo thời gian dòng điện đi qua t_1 trong nửa chu kỳ đầu . Với tiếp điểm có dòng lớn , lực ép F_{td} lớn thì I_{thhd} lấy theo trị biên độ của nửa sóng đầu tiên .

B – TÍNH TOÁN TRỊ SỐ BAN ĐẦU CỦA DÒNG ĐIỆN HÀN DÍNH DỰA VÀO QUAN HỆ GIỮA ĐIỆN ÁP RƠI VÀ NHIỆT ĐỘ CỦA BỀ MẶT TIẾP XÚC TIẾP ĐIỂM :

$$I_{\text{hdbd}} = A \sqrt{f_{\text{nc}}} \cdot \sqrt{F_{\text{td}}} \quad (2-33)$$

$$A = \sqrt{\frac{32 \lambda \theta_{\text{nc}} \left(1 + \frac{2}{3} \alpha \theta_{\text{nc}}\right)}{\pi H_{\text{B0}} \rho_0 \left(1 + \frac{2}{3} \alpha \theta_{\text{nc}}\right)}} \quad (2-34)$$

A – Hằng số với từng loại vật liệu

ρ_0 - Điện trở suất của vật liệu ở 0°C

H_{B0} - Độ cứng Brinel của vật liệu ở 0°C

λ - Hệ số dẫn nhiệt của vật liệu

F_{td} - Lực ép tiếp điểm

f_{nc} - Hệ số đặc trưng cho sự tăng diện tích tiếp xúc trong quá trình phát nóng, nó phụ thuộc vào lực ép tiếp điểm và thời gian kéo dài của xung dòng điện.

Thường $f_{\text{nc}} = 2 \div 4$ và có thể lớn hơn nếu vật liệu mềm

Kết quả trên cho sai số lớn nếu lực ép tiếp điểm nhỏ.

C – DỰA VÀO TRỊ SỐ TÍNH TOÁN VÀ THỰC NGHIỆM CỦA DÒNG ĐIỆN HÀN DÍNH I_{HDBD} TRƯỜNG HỢP TIẾP XÚC MỘT ĐIỂM, TIẾP ĐIỂM BẰNG BẠC VÀ ĐỒNG:

$$I_{\text{hdbd}} = \frac{U_{\text{nc}}}{R_{\text{tx}}} = \frac{2U_{\text{nc}}}{\rho \sqrt{\frac{\pi H_{\text{B}}}{F_{\text{td}}}}} = \frac{2U_{\text{nc}} \sqrt{F_{\text{td}}}}{\rho \sqrt{\pi H_{\text{B}}}} \quad (2-35)$$

U_{nc} -điện áp nóng chảy (bảng 2-18)

D-XÁC ĐỊNH TRỊ SỐ DÒNG ĐIỆN HÀN ĐỊNH THEO THỰC NGHIỆM

Theo công thức Bút Kê Vit: có thể sơ bộ xác định trị số dòng điện hàn dính ban đầu (trị biên độ) của tiếp điểm theo lực ép tiếp $F_{\text{td}}(\text{KG})$.

$$I_{hd\ddot{b}} = K_{hd} \cdot \sqrt{F_{td}} \quad (2-36)$$

Hệ số Khd xác định theo trên và có thể xác định theo bảng 2-19 và hình 2-13 .

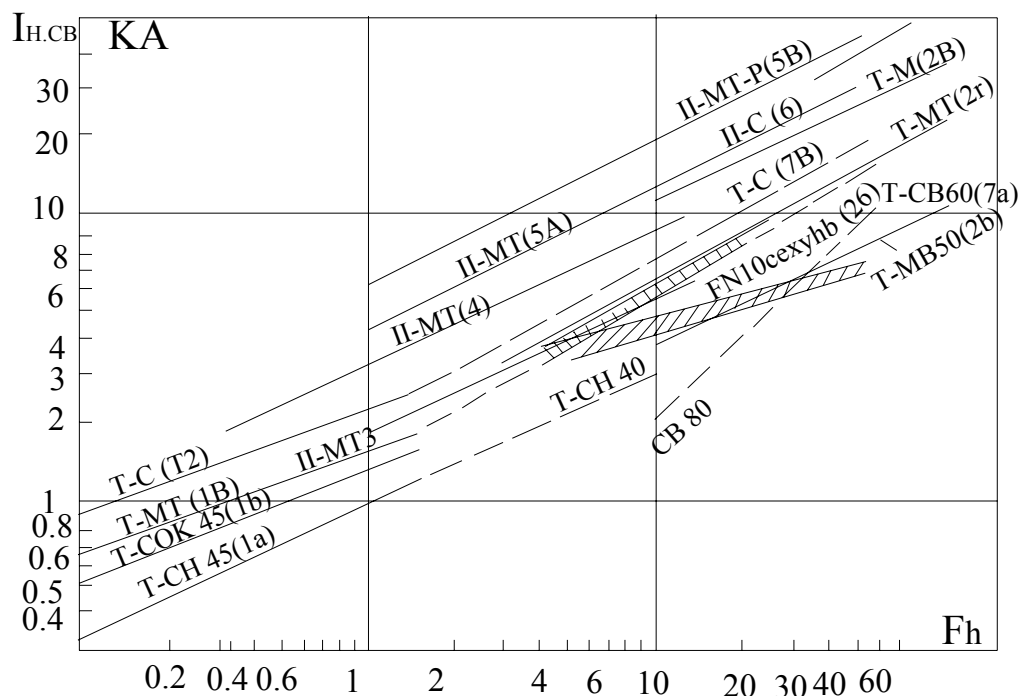
Bảng 2-19:Hệ số hàn dính của tiếp điểm trong khí.Thời gian của xung dòng điện từ 0.05 đến 5giây.

	Kết cấu hình dạng tiếp điểm	vật liệu	KA		Khd
1	Tiếp điểm kiểu ngắn Và miếng đệm Hình đường kính 12mm cao 2.5mm, tiếp xúc:tiếp xúc điểm, mặt hình cầu công tắc tơ K 101	a-CH45 b-CK15 c-MT c-C	0.35÷1.24 0.52÷1.5 0.66÷1.85 0.88÷2.5	0.1÷1.6 0.1÷1.6 0.1÷1.6 0.1÷1.6	1040-980 1640-1200 2690-1500 2800-2000
2	Tiếp xúc điểm xung Dòng điện 0.05÷5s 10s 0.05÷5s 0.05÷5s 0.05÷5s	a-M b-M c-M d-MT e- MB50	3÷10 3.3÷6.9 12 ÷100 3÷150 3.5 ÷50	4 ÷25 5÷50 10÷5LL 3÷1000 10÷1000	1300÷1600 2000÷2500 3640÷3500 1850÷2000 1130÷1200
3	Kiểu ngón và hình Tiếp xúc đứng (K)	MT	L.8÷8.8	1÷16	1800
4	Kiểu,tiếp xúc đường Công tắc toKT.5000	MT	1.5÷10	0.36÷13	2900

Tiếp bang 2-19

1	2	3	4	5	6
5	Kiểu ngón ,không tự định vị, tiếp xúc mặt 12x35mm (mắt ngắt đầu cao áp kiểu ngón tự định kiểu ngón,tự định vị	a-MT b-MT Đồng thau c-MT d-M	4.1÷30 12÷30 12÷30 12÷30	1.0÷50 10÷52 10÷53 10÷50	4100 3800 5750 5500
6	Kiểu ngón hoặc câu động hoặc ngón tĩnh (áp tô mát d ấỵ A.1200)	C	30÷45	35÷70	5000
7	Tiếp điểm trụ dôi 5x15mm,cố định trên giá đồng,các trụ vuông Góc với nhau (tiếp	a-C360 b-M c-C	10.6 1.5 1.0	56 56 56	1420 2000 2400

	xúc điểm)				
--	-----------	--	--	--	--



Hình2-13: Quan hệ giữa dòng điện hàn dính ban đầu $I_{hdbđ}$ (trị số biên độ) với lực ép (của lò xo) khi xung là 0.05 đến 5 giây của các tiếp điểm làm việc trong môi trường không khí

Các dạng tiếp xúc: .tiếp xúc điểm

.tiếp xúc đường

.tiếp xúc mặt

E-CÁC PHƯƠNG PHÁP CHỐNG HÀN DÍNH

1.Về Kết Cấu:

Tăng lực ép tiếp điểm, giảm sự rung của tiếp điểm trong quá trình đóng. Chọn kết cấu cho lực điện động cùng chiều với lực ép tiếp điểm. Thay đổi dạng tiếp xúc, tiếp xúc điểm bị hàn dính với dòng điện bé, tiếp xúc đường và mặt với dòng điện lớn, phân thành nhiều cặp tiếp điểm song song, khi có n tiếp điểm song song thì hệ số dòng điện lớn nhất sẽ là:

$$I_n = KI/n$$

K : hệ số không đồng đều: $K=1,3 \div 1,5$

2. Chọn vật liệu.

Nếu hai tiếp điểm làm bằng kim loại khác nhau thì khó bị hàn dính hơn là làm bằng cùng một loại kim loại.

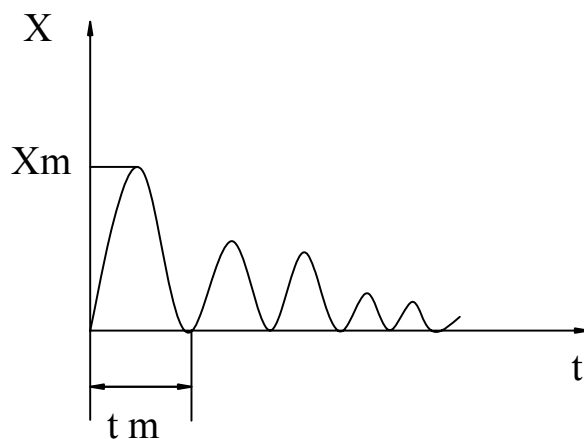
ở môi trường không khí các tiếp điểm kim loại gốm bị hàn dính với dòng điện lớn hơn so với các vật liệu khác.

Độ ổn định của tiếp điểm về chống hàn dính có thể khảo sát quá trình.

§.2-10/- SỰ RUNG CỦA TIẾP ĐIỂM VÀ CÁC BIỆN PHÁP GIẢM RUNG.

Khi tiếp điểm đóng, thời điểm bắt đầu tiếp xúc có xung lực va đập cơ khí giữa tiếp điểm động và tiếp điểm tĩnh xảy ra hiện tượng rung của tiếp điểm. Tiếp điểm động bị bật trở lại với một biên độ nào đó rồi lại tiếp tục va đập quá trình tiếp xúc rồi lại tách rời giữa tiếp điểm động và tiếp điểm tĩnh xảy ra sau một thời gian thì kết thúc chuyển sang trạng thái tiếp xúc ổn định, sự rung kết thúc.

Quá trình rung được đánh giá qua trị số biên độ rung X_m của khoảng đẩy lớn nhất đầu tiên và thời gian rung t_m tương ứng với X_m (hình 2-14).



X_m : trị số biên độ rung đầu tiên

T_m : thời gian tương ứng của X_m

Hình 2-14: Đồ thị biểu diễn quá trình rung của tiếp điểm

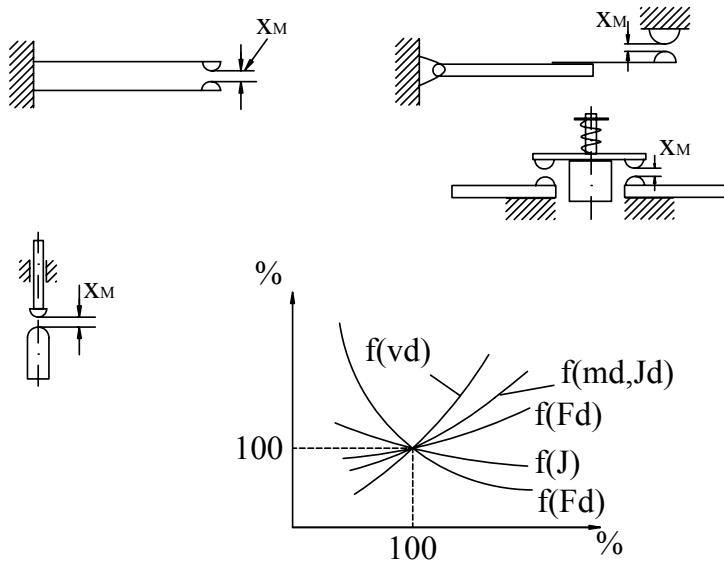
A-TÍNH TOÁN ĐƠN GIẢN GIỮA CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN VỀ RUNG CỦA CÁC TIẾP ĐIỂM THƯỜNG ĐÓNG:

1) Các tiếp điểm của rơle công suất bé lò xo là không có điểm tựa để tạo lực nén ban đầu. để giảm độ rung nguy hiểm, quan hệ giữa độ cứng của lò xo tĩnh J_t và lò xo động J_d phải thoả mãn.

$$J_t \geq J_d \quad (2-37)$$

để giảm độ rung khi ngắt người ta sử dụng thanh điểm tựa cứng (H.

2) Tiếp điểm rơle công suất bé , lò xo lá được gắn vào chi tiết động , tiếp điểm cứng (không đàn hồi) (H-2)



Hình 2-15: Biểu diễn các thông số về tính toán sự rung của tiếp điểm và quan hệ giữa biên độ rung X_m với các yếu tố ảnh hưởng đến sự rung

X_m - Trị số biên độ đầu tiên của quãng đây tiếp điểm động.

F_{td0} - Lực ép tiếp điểm tại thời điểm va đập.

J - Độ cứng của lò xo.

V_{d0}, ω_{d0} - Tốc độ, tốc độ góc của tiếp điểm tại thời điểm va đập.

m_d - Khối lượng phần động.

J_d - Mômen quán tính của phần động.

M_d - Lực tác động lên phần động.

Để tránh rung động nguy hiểm tại thời điểm va đập thì điều kiện cần thiết là hiệu của lực tác động và phản lực qui đổi về điểm tiếp xúc phải thỏa mãn :

$$F_{dt} - F_{f1} \geq 0,5 \frac{K_V}{1 - K_V} J \frac{m_d \cdot v_{d0}^2}{2} \quad (2-38)$$

F_{dt} (N) – Lực hút điện từ (lực tác động)

J (N/m ;KG/m) –Độ cứng của lò xo.

m_d (Kg ;KG; $\frac{S^2}{m}$) –Khối lượng của phần động .

v_{d0} (m/s) - Tốc độ tiếp điểm tại thời điểm va đập .

K_V - Hệ số va đập phụ thuộc vào tính đàn hồi của vật liệu.

$K_V = 0,9$ - Đồng

$K_V = 0,07$ - Đồng thau

$K_V = 0,85 \div 0,95$ - Thép

$K_V = 0,75 \div 0,9$ - Bạc và hợp kim

3)Tiếp điểm loại cầu (H.2-5a) :

Độ cứng được tính toán qua trị số biên độ X_m và thời gian t_m

$$X_m = \frac{m_d \sum v_{d0}^2 (1 - K_V)}{2 \cdot F_{tdd}}, m \quad (2-39)$$

$$t_m = \frac{2 \cdot m_d \sum v_{d0} \sqrt{1 - K_V}}{F_{tdd}}, s \quad (2-40)$$

F_{tdd} (N ; KG) – Lực ép tiếp điểm ban đầu tại thời điểm va đập

4)Tiếp điểm kiểu ngón có lò xo xoắn hình trụ (H.2-5c) :

Độ rung cũng được tính toán qua trị số X_m và t_m :

$$X_m = \frac{\sqrt{(\alpha_{20} l_2)^2 + \frac{1 - K_V}{J'} \cdot J'_d \cdot \omega^2 - \alpha_{20} l_2}}{1 + \frac{2}{\sqrt{1 - K_V}}}, m \quad (2-41)$$

$$t_m = \frac{2.X_m}{(l_1 + l_2). \omega_{10} \sqrt{1 - K_V}} ,s \quad (2-42)$$

$$\omega_{10} = \sqrt{\frac{2.S_{dte}}{J'_d + J'_g}} ,s^{-1} \quad (2-43)$$

α_{20} - Góc tương ứng với độ nén ban đầu của lò xo tiếp điểm so với trục O_2 .

J' (KG/m) –Độ cứng của lò xo với tiếp điểm qui đổi về trục đi qua chỗ va đập và hướng va đập .

J'_d, J'_g - Mômen quán tính của tiếp điểm động 2 và giá tiếp điểm 1 so với trục O_1 .

ω_{10} - Tốc độ góc của phần ứng tại điểm va đập.

S_{dte} - Diện tích của phần hình vẽ giới hạn bởi đường được tính lực điện từ tĩnh F_{dt} và đặc tính cơ F_c để từ vị trí ban đầu của tiếp điểm đến thời điểm va đập , được biểu diễn bằng thế năng

5) Tiếp điểm kiểu đối có lò xo xoắn hình trụ (H.2-5d) :

Độ rung cũng được đánh giá qua trị số X_m và t_m :

$$X_m = \frac{\sqrt{f_{bd}^2 + \frac{1 - K_V}{J'} . J . m_{d\Sigma} . v_{d0}^2 - f_{bd}}}{1 + \frac{2}{\sqrt{1 - K_V}}} ,m \quad (2-44)$$

$$t_m = \frac{2.X_m}{v_{d0}} ,s \quad (2-45)$$

f_{bd} -Biến vị trí ban đầu của lò xo tiếp điểm .

B) TRỊ SỐ RUNG CHO PHÉP VÀ CÁC BIỆN PHÁP GIẢM

RUNG :

Nếu độ rung không làm tiếp điểm bị mở ra và bị mòn nhiều thì được xem là độ rung cho phép và không nguy hiểm ở các khí cụ điện khác nhau . Ví dụ ở công tắc tơ, độ rung được coi là không lớn ,nếu tổng thời gian rung : t_{Σ} = 0,3 ms.

Có thể dùng quan hệ :

$$t_m = \frac{m.v}{F_{tdd}}$$

Chọn $\frac{m}{F_{tdd}}$ nhỏ khoảng 10^{-3} kg/N

Khi đó tổng thời gian rung của tiếp điểm của công tắc tơ khoảng 10ms
Tổng thời gian rung sơ bộ xác định theo biểu thức

$$t_{\Sigma} \approx (1,5 \div 1,0).2.t_m, \text{s} \quad (2-47)$$

Trên hình 2-15 trình bày các đường cong về quan hệ giữa trị số của X_m với các yếu tố máy .Quan hệ X_m với một đại lượng độc lập được xác định khi các đại lượng khác giữ cố định .Từ các đường cong trên nhận thấy rằng để giảm X_m có thể dùng các biện pháp sau:

- Tăng lực ép tiếp điểm tại thời điểm va đập và tăng độ cứng J của lò xo .
- Giảm tốc độ v_d và ω_d của phần động khí cụ điện tại thời điểm va đập.
- Giảm khối lượng phần động m_d và mômen quán tính của phần động

$J_{d\Sigma}$

- Giảm lực F_d tác động lên phần động .

Ngoài các biện pháp trên còn có thể sử dụng lò xo hoãn xung để hấp thụ năng lượng chuyển động của các phần động sau thời điểm va đập.

Sự rung của tiếp điểm cũng có thể sinh ra khi có sự va đập của các chi tiết thuộc cơ cấu truyền động .Để tránh sự truyền va đập này đến tiếp điểm ,có thể dùng các cơ cấu giảm rung cho khâu truyền động (cơ cấu hoãn xung, lò xo,cao su thủy lực).

§.2-11:SỰ MÒN CỦA TIẾP ĐIỂM VÀ CÁC BIỆN PHÁP KHẮC PHỤC.

Sự mòn của tiếp điểm xảy ra trong quá trình đóng và quá trình ngắt mạch điện.

Sự mòn tiếp điểm thể hiện qua việc giảm độ lún ,giảm kích thước (chiều cao) của tiếp điểm cũng như giảm khối lượng hoặc thể tích của kim loại tiếp điểm.

Nguyên nhân gây ra sự ăn mòn của tiếp điểm là sự ăn mòn về hóa học ,ăn mòn về điện và ăn mòn về cơ nhưng chủ yếu tiếp điểm bị ăn mòn là do quá trình mòn điện.

Tính toán sự ăn mòn rất phức tạp vì vậy kết quả tính toán còn thiếu chính xác .Ở đây chỉ xét những phương pháp tính toán gần đúng về độ mòn của tiếp điểm .

A – CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG TỚI SỰ ĂN MÒN :

Sự ăn mòn của tiếp điểm phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố sau:

1)Điều kiện làm việc :

- Loại dòng điện (điện một chiều ,điện xoay chiều)
- Trị số điện áp nguồn .
- Trị số dòng điện .
- Đặc tính phụ tải (tải cảm bị mòn nhiều)
- Tần số đóng ngắt.
- Môi trường làm việc (với dòng điện đến hàng trăm ampe,độ mòn trong dầu nhiều hơn trong không khí ,còn với dòng điện đến hàng ngàn ampe thì như nhau).

2) Kết cấu của khí cụ điện :

- Thời gian đóng và ngắt .
- Sự rung của tiếp điểm .
- Vật liệu tiếp điểm .
- Kết cấu của dạng tiếp điểm .
- Cường độ từ trường giữa hai tiếp điểm (tăng quá lớn cường độ từ trường dẫn đến tăng lực điện động ,làm bay hơi kim loại ,tăng độ mòn).

- Sử dụng thổi khí hay thổi dầu (cũng như thổi từ ,chúng làm tăng độ mòn).
- Tốc độ chuyển động của tiếp điểm động .

B – CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN GẦN ĐÚNG ĐỘ LÚN CỦA LOẠI KHÍ CỤ ĐIỆN THÔNG DỤNG

Độ chịu mòn thể hiện qua thời gian sử dụng ứng với số lần đóng cắt được xác định theo công thức :

$$M = \frac{V_m}{V_d + V_{ng}} = \frac{V_m}{g_d + g_{ng}} \quad (2-48)$$

$V_m (cm^3)$ – Phần thể tích của đôi tiếp điểm bị ăn mòn ảnh hưởng tới độ lún của tiếp điểm .Trị số mòn cho phép của mỗi tiếp điểm đến $0,5 \div 0,75$ độ dày (chiều cao) của tiếp điểm khi chưa bị ăn mòn

$\varepsilon (g/cm^3)$ – Khối lượng riêng của vật liệu tiếp điểm .

$V_d, V_{ng} (cm^3)$ – Thể tích mòn riêng cho một lần đóng ngắt .

$g_d, g_{ng} (g)$ – Khối lượng mòn riêng cho một lần đóng ngắt .

1) Role công suất bé ,dòng điện đến 5A ,điện áp đến 220V điện một chiều và điện xoay chiều tần số $f=50 \div 400$ Hz .Với điện một chiều một tiếp điểm bị mòn nhiều ,kim loại chuyển dời từ tiếp điểm nọ sang tiếp điểm kia ,còn với điện xoay chiều thì cả hai tiếp điểm mòn như nhau.

2)Điện một chiều : việc tính toán độ mòn ở các trị số dòng điện và điện áp ngắt khác nhau theo những quan hệ khác nhau và phụ thuộc vào tỉ số giữa điện áp ngắt ,dòng điện ngắt với trị số U_0 và I_0 mà tại những trị số đó ,hồ quang không sinh ra .

- Nếu $U_{ng} < U_0$ và $I_{ng} < I_0$ việc ăn mòn chủ yếu là do phần kim loại ở bề mặt tiếp điểm bị nóng chảy khi ngắt bị chuyển sang catot. Thể tích kim loại chuyển từ Anot sang Catot trong một lần ngắt được tính bằng :

$$V_{ng} \approx K.I^3 \quad (2-49)$$

$V_{ng} (cm^3)$ – thể tích bị ăn mòn trong một lần ngắt

$I (A)$ – Dòng điện

K – Hằng số phụ thuộc vào bản chất kim loại

Với : Vàng $K = 4,42 \cdot 10^{-14}$

Platin $K = 5,53 \cdot 10^{-14}$

Bạc $K = 6,75 \cdot 10^{-14}$

Paladi $K = 5,32 \cdot 10^{-14}$

- Nếu $U_{ng} > U_0$ hay $I_{ng} > I_0$ khi đó trong quá trình ngắt sẽ sinh ra tia lửa điện ,còn gọi là hồ quang ngắn.

- Nếu $U_{ng} > U_0$ và $I_{ng} > I_0$ khi ngắt sẽ phát sinh hồ quang và hồ quang sẽ chuyển dời kim loại từ Anot sang Catot. Thể tích kim loại bị chuyển dời sau một lần đóng ngắt là :

$$v_d = \gamma_{Ad} \cdot q_d \quad , cm^3$$

$$v_{ng} = (\gamma_e + \gamma_{Ang}) \cdot q_{ng} \quad , cm^3 \quad (2-50)$$

q_d (culon) – Điện lượng đi qua tiếp điểm trong quá trình đóng ,ứng với thời gian bằng $(0,3 \div 0,7) \cdot t_\Sigma$

t_Σ - thời gian rung của tiếp điểm .

q_{ng} (culon) – Điện lượng trong quá trình ngắt có thể xác định theo số liệu thực nghiệm hoặc bằng tính toán là tích của dòng điện ngắt I_{ng} và thời gian cháy của hồ quang t_{hq} .

t_{hq} lấy bằng thời gian kéo dài hồ quang tới chiều dài tới hạn I_{hqth} .

$\gamma_{Ad} , \gamma_{Ang} , \gamma_e$ (cm^3 /culon) – Độ mòn riêng của Catot ,Anot khi đóng và ngắt được cho ở bảng 2.

Vật liệu tiếp điểm	$\gamma_{Ad} \cdot 10^{-6}$ (cm^3 /culon)	$\gamma_{Ang} \cdot 10^{-6}$ (cm^3 /culon)	$\gamma_e \cdot 10^{-6}$ (cm^3 /culon)
Bạc , $20^\circ C$	0,3 ÷ 16	0,5 ÷ 1,8 (3,1 ÷ 3,6)	0,2 ÷ 0,4
Bạc , $120^\circ C$	-----	-----	0,1
Vàng , $20^\circ C$	15	1,4 ÷ 3,3	1,3

Platin , 20 ⁰ C	1,5(5,5)	0,16	0,9
Vonfram , 20 ⁰ C	3,6	(0,3 ÷ 0,45)	0,04
Đồng	5	-----	1,5
Platin – Iridi	9	(2,0)	1,5
Bạc 60 ⁰ C -Niken 40 ⁰ C	20	1,2	0,6

a) Điện xoay chiều :

- Tiếp điểm bị mòn do khi đóng và đập và khi ngắt do nhiệt độ cao.

- Hồ quang sẽ sinh ra khi $I_{ng} > I_0$ và $U_{ng} > U_0$,mặt khác hồ quang còn phụ thuộc vào thời điểm ngắt và góc lệch pha giữa dòng và áp khi ngắt .

- Hồ quang bị dập tắt ở thời điểm đi qua trị số không tại nửa chu kỳ đầu tiên của dòng ngắt vì vậy một cách gần đúng ,có thể coi thời gian cháy của hồ quang bé hơn nửa chu kỳ (với tần số 50Hz là 10ms,còn với tần số 400Hz nhỏ hơn 1,25ms)

- Điện lượng có thể xác định theo trị số biên độ của nó trong một lần ngắt :

$$q = \frac{2.I_0.m}{\omega} \quad (\text{m: trị số biên độ})$$

Việc tính toán độ mòn của các tiếp điểm role điện xoay chiều có thể theo các công thức như ở điện một chiều nhưng phải kể cả đến sự thay đổi của thể tích tiếp điểm khi đóng và khi ngắt .

2) Các khí cụ điện có điện áp đến 30V điện một chiều dòng điện đến vài trăm ampe .Các công thức dưới đây chủ yếu dùng cho công tắc tơ của động cơ điện .

Tổng khối lượng mòn cho một lần đóng ngắt gồm :

$$v_d + v_{ng} = \frac{1}{2} \cdot (\gamma_{Ang} + \gamma_e) \cdot I_{ng} \cdot T_{dmg} \cdot I_n \frac{U_{hq0}}{U_{hq0} - U_{ng}} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_{Ad} \cdot I_d \frac{K_{hq} \cdot t_{\Sigma r}^2}{T_{dtd}}$$

(cm³) (2-51)

$$T_{dmg} = \frac{L_{ng}}{R_{ng}} \approx 0,001(s)$$

$$T_{dtd} = \frac{L_d}{R_d} \approx 0,004(s)$$

T_{dt} - Hằng số thời gian điện từ khi đóng và ngắt phụ tải có điện cảm L và điện trở R .

$\gamma_{Ad}, \gamma_{Ang}, \gamma_e$ - Thể tích mòn riêng của Anot và Catot trong một lần đóng ngắt cho trong bảng 2.

U_{hq0} -Điện áp hồ quang tại thời điểm ứng với trị số dòng điện khi bắt đầu ngắt

$t_{\Sigma r}$ -Tổng thời gian rung khi đóng của tiếp điểm .

$K_{hq}=0,3 \div 0,7$ – Hệ số đánh giá phần thời gian rung có hồ quang.

3) Các khí cụ điện phân phối và điều khiển đến 1000V :

Khối lượng mòn trung bình của 1 cặp tiếp điểm cho một lần đóng ngắt với dòng điện lớn hơn 20A theo R.C Kudonhexop sẽ bằng :

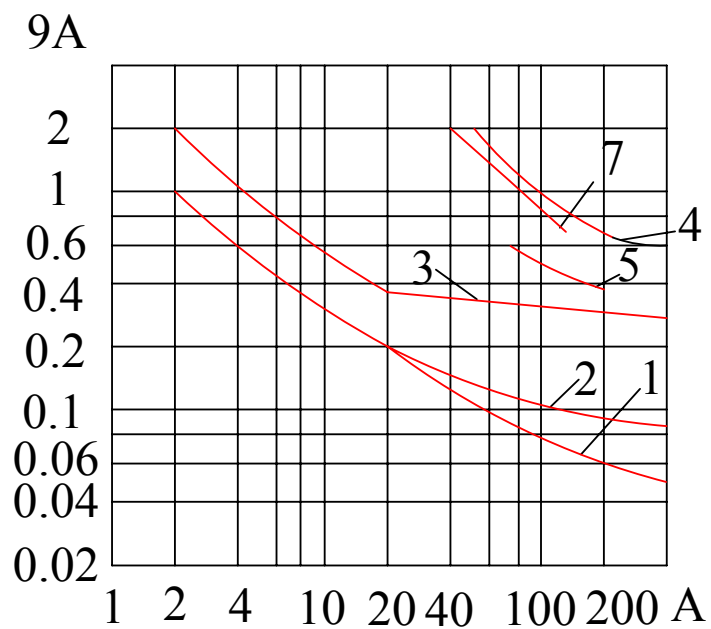
$$g_d + g_{nd} = 10^{-9} \cdot (K_d \cdot I_d^2 + K_{ng} \cdot I_{ng}^2) \cdot K_{kd} \quad (2-54)$$

K_d, K_{ng} (g/ A²) – Hệ số mòn khi đóng và ngắt ,cho trong bảng 2-21 và hình 2-16.

K_{kd} - Hệ số không đồng đều đánh giá độ mòn không đều của các tiếp điểm (với điện 1 chiều từ 20 ÷ 150A, độ mòn của Anot lớn hơn nửa tổng của độ mòn chung từ 1,1 $t_{\Sigma r}$ ÷ 3 lần ; ở các khí cụ điện xoay chiều ba pha độ mòn lớn nhất bằng 1,1 ÷ 2,5 lần độ mòn trung bình)

Dòng điện (A) và môi trường	Chế độ	Vật liệu tiếp điểm	K_d hay K_{ng} (g / A ²)
200 ÷ 400 Không khí	Đóng, giảm rung (tổng $t_{\Sigma r}$ =0,3ms)	Bạc COK-15	Khoảng 0,002 Khoảng 0,001
15 ÷ 3000 Không khí	Đóng ,tăng cường rung ($t_{\Sigma r}$ =1 ÷ 5ms)	Bạc COK-15	0,01 0,05
100 ÷ 300	Như trên	Đồng	Khoảng 0,2

Không khí			
1 ÷ 500 Không khí	Ngắt	Vật liệu cho ở hình 2	Cho ở hình 2
20 ÷ 500 Dầu	Đóng và ngắt	Bạc và đồng	3 ÷ 30



Hình 2-16.: Quan hệ giữa hệ số K_{ng} và dòng điện ngắt của tiếp điểm trong môi trường không khí.

1 – Bạc 30 ÷ 40% nikel;

2 – Bạc 15% oxyt Cadmi;

3 – Bạc ;

4 – Đồng;

5 – Đồng Cadmi;

6 – Bạc 40% Volfram

7 – Bạc 60% Volfram;

8 – Bạc 80% Volfram.

C – CÁC BIỆN PHÁP TĂNG ĐỘ CHỊU MÒN CỦA TIẾP ĐIỂM

1) Chọn vật liệu : Với các tiếp điểm role có dòng ngắt bé hơn trị số tạo ra hồ quang $I_{ng} < I_0$ thì nên sử dụng những kim loại quý nhất : bạc platine, vàng và các hợp kim của nó . Với các tiếp điểm có dòng điện lớn hơn chút ít , nên dùng vật liệu tiếp điểm bằng các kim loại cứng và chịu nhiệt cũng như các hợp kim của chúng như : Wolfram , Molipden ...

Với các tiếp điểm của role và khí áp điện điều khiển và phân phối năng lượng đến 1000V có dòng từ 1 đến hàng chục ampe thì Bạc là thứ vật liệu chịu mòn nóng trong môi trường không khí (H.2-16).

Với các tiếp điểm có dòng lớn hơn 80A nên dùng vật liệu gốc kim loại gốm (H.2-16). Trong một vài trường hợp nếu dùng đồng hay kim loại Cadmi (Bảng 2-14) Khả năng chịu mòn của kim loại gốm tăng lên nếu tăng tỉ lệ phần trăm của thành phần kim loại chịu nhiệt và giảm kích thước của các hạt kim loại .

2) Giảm thời gian cháy của hồ quang và cầu kim loại nóng chảy giữa hai tiếp điểm , có thể sử dụng các biện pháp sau :

a) Trong trường hợp chung nên tăng tốc độ ban đầu của tiếp điểm trong quá trình ngắt .

b) Khi tính toán buồng dập hồ quang cần chọn cường độ từ trường thổi từ tối ưu . Vì nếu chọn lớn , kim loại nóng chảy sẽ bị lực điện động thổi bắn đi gây mòn nhiều .

3) Giảm thời gian rung trong quá trình đóng của tiếp điểm .

4) Các biện pháp kết cấu :

Tăng kích thước của phần tiếp điểm để bị ăn mòn , sử dụng các tiếp điểm từ định vị , nhất là trong tiếp điểm kiểu cầu , để có sự tiếp xúc đồng đều và độ mòn cũng được phân bố đều , bề mặt tiếp điểm phải được gia công (ép) bằng phẳng.

Các vật liệu dẫn điện sử dụng trong khí cụ điện tham khảo ở bảng 2-22.

CHƯƠNG 3

HỆ THỐNG DẬP HỒ QUANG

§.3.1/- KHÁI NIỆM CHUNG

Dập tắt hồ quang điện trong thiết bị điện áp cao và điện áp thấp là một trong những vấn đề quan trọng có chứa tất cả các vấn đề tổng hợp phức tạp của kỹ thuật điện và vật lý. Hiện nay còn có nhiều vấn đề chưa được nghiên cứu và khảo sát thích đáng. Một số hiện tượng xảy ra trong hồ quang và sự cháy của nó cũng chưa được thống nhất quan điểm.

Điều đó gây ra nhiều khó khăn trong việc thiết kế thiết bị dập hồ quang.

Trong các thiết bị khác nhau, quá trình dập hồ quang cũng khác nhau nên thường khảo sát riêng biệt từng loại khí cụ:

- 1) Khí cụ điện có điện áp thấp đến 220V và dòng điện nhỏ, chủ yếu là các phần tử tự động (rơ le điện cơ).
- 2) Khí cụ điện có điện áp đến 1000V là những khí cụ đóng ngắt phân phối năng lượng và điều khiển (máy ngắt tự động, công tắc tơ, cầu chảy, khí cụ chỉ huy, v.v...).
- 3) Khí cụ điện cao áp – khí cụ đóng ngắt phân phối năng lượng (máy ngắt, cầu chảy...).

Trong chương trình này chỉ trình bày các phương pháp tính toán gần đúng thiết bị dập hồ quang của khí cụ điện hạ áp (loại thứ nhất và loại thứ hai đã nêu ở trên). Vấn đề thiết kế thiết bị dập hồ quang điện áp cao đã nêu trong giáo trình “khí cụ điện cao áp”.

Tính toán sẽ nêu ra dưới đây là của các tác giả Bơ-rôn, Ta-ép, Khu-zơ-net-xốp. Các tính toán này chỉ là gần đúng, tu nhiên đã cho ta một khái niệm về các tham số chính và kích thước chính của thiết bị dập hồ quang.

§.3-1-1. YÊU CẦU ĐỐI VỚI HỆ THỐNG DẬP HỒ QUANG

Thiết kế thiết bị dập hồ quang phải thỏa mãn những yêu cầu sau:

1. Đảm bảo được khả năng đóng và khả năng ngắt, nghĩa là đảm bảo giá trị dòng điện đóng và dòng điện ngắt ở điều kiện cho trước.
2. Có thời gian hồ quang cháy nhỏ để giảm ăn mòn tiếp điểm và thiết bị dập hồ quang.

3. Quá điện áp thấp.

4. Kích thước hệ thống dập hồ quang nhỏ, vùng khí ion hóa nhỏ, nếu không nó có thể tạo ra chốc thủng cách điện giữa các phần của thiết bị và còn toàn bộ khí cụ.

5. Hạn chế ánh sáng và âm thanh.

Các yêu cầu trên đây có mâu thuẫn. Ví dụ: giảm thời gian hồ quang cháy dẫn đến tăng quá điện áp. Vì vậy, trong quá trình thiết kế thiết bị dập hồ quang đòi hỏi phải tìm ra phương pháp tối ưu nhất trong các trường hợp đã cho.

§.3-1-2. GIÁ TRỊ DÒNG ĐIỆN NGẮT KHI TÍNH TOÁN THIẾT BỊ DẬP HỒ QUANG.

Thời gian dập hồ quang là một trong những tham số chủ yếu của thiết bị dập hồ quang:

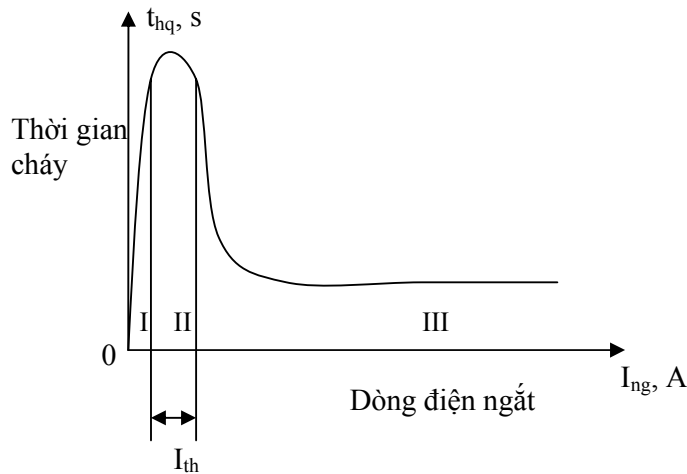
Khi thiết kế thiết bị dập hồ quang đến 1000V với dòng điện từ một chục đến trăm nghìn ampe thì chiều dài hồ quang từ hàng chục mm đến vài chục cm

Và tốc độ chuyển động của hồ quang từ 0 đến hàng trăm m/s.

Trên hình 3-1 là sự phụ thuộc của thời gian hồ quang cháy vào dòng điện ngắt đối với thiết bị điện một chiều cũng như xoay chiều.

Ở vùng I thời gian cháy của hồ quang gần như tỉ lệ thuận với dòng điện. nhân tố chủ yếu dập hồ quang điện một chiều là sự kéo dài cơ khí, còn đối với hồ quang điện xoay chiều là độ bền điện phục hồi của khoảng trống hồ quang ở vùng gần ka-tốt U_{ph} và số quãng đứt n của mạch điện, sự kéo dài cơ khí của hồ quang có giá trị thứ yếu.

Ở vùng II nhân tố dập hồ quang chủ yếu là kéo dài cơ khí có tác dụng ở mức độ thấp, lực điện động cũng nhỏ. Vì vậy, trong vùng II thời gian dập hồ quang lớn nhất.



Hình 3-1: Quan hệ đặc trưng giữa thời gian cháy và dòng điện hồ quang của thiết bị dập hồ quang đến 1000V (khi $U_{ng} = const$ và $L = const$).

Ở vùng III, nhân tố dập hồ quang chủ yếu là lực điện động xuất hiện giữa dòng điện hồ quang và từ trường tạo ra bởi các chi tiết mạch vòng dẫn điện, cũng như giữa hồ quang và từ trường phụ của cuộn dây thỏi từ (nếu có).

Thời gian dập hồ quang đối với thiết bị điện một chiều là $t_{hq} \leq 0,1s$, còn đối với thiết bị xoay chiều nhỏ hơn một nửa chu kỳ, khi ngắt dòng điện giới hạn cho phép thời gian dập hồ quang cho phép bằng một vài nửa chu kỳ.

Giá trị dòng điện ở vùng II gọi là dòng điện tới hạn I_{th} . Trong các thiết bị điện hiện đại đến 1000V giá trị dòng điện tới hạn vào khoảng 3-30A ở một vài loại thiết bị một chiều có thể lên đến 100A.

Nếu ở giá trị tới hạn mà hồ quang tắt thì nó tắt ở tất cả các giá trị dòng điện nhỏ hơn tới hạn. Hồ quang cũng tắt ở tất cả các giá trị dòng điện lớn hơn tới hạn nếu nó có khả năng chuyển động theo các vùng dập hồ quang để bị kéo dài thêm ra; nếu không có gì ngăn cản chuyển động của nó và nếu cách điện của thiết bị không đạt sẽ dẫn đến ngắn mạch giữa các pha.

Giá trị dòng điện ngắn tính toán

Dựa vào đặc tính đã cho ở hình 3-1, tính toán thiết bị dập hồ quang đòi hỏi thực hiện ít nhất đối với các giá trị sau của dòng điện ngắn.

1. Dòng điện tới hạn I_{th} .

Ở giá trị này của dòng điện việc dập tắt hồ quang nặng nề nhất. Vì vậy việc dập hồ quang ở dòng điện tới hạn là nhiệm vụ cần thiết của việc thiết kế

thiết bị dập hồ quang. Dòng điện tới hạn sơ bộ gần đúng lấy bằng dòng điện ứng với khe hở cuối của tiếp điểm ; còn giá trị chính xác được xác định theo quan hệ của thời gian dập hồ quang với dòng điện ngắt (đường cong tương tự như hình 3-1).

2. Dòng điện định mức – là một trong những tham số chính của thiết bị.

3. Dòng điện biểu thị khả năng ngắt giới hạn của thiết bị I_{ng} .

a) Đối với công tắc tơ (theo tiêu chuẩn OCT 11206-65) dòng điện ngắt giới hạn được biểu thị bằng những giá trị sau đối với từng loại khí cụ:

- Đóng ngắt mạch một chiều: $10I_{dm}$

- Đóng ngắt mạch xoay chiều: $4I_{dm}$ và $8I_{dm}$ (nếu tính toán với giá trị biên độ cực đại thì:

$$I_{ng}=1,4 \cdot \sqrt{2} \cdot 8 \cdot I_{dm} = 16 I_{dm}$$

(hệ số 1,4 tính đến thành phần không chu kỳ)

b) Đối với máy ngắt tự động I_{ng} phụ thuộc vào dòng điện định mức của máy ngắt, có thể từ $15 I_{dm}$ đến $100 I_{dm}$ hoặc cao hơn.

§.3-2/- VẬT LIỆU VÀ KẾT CẤU BUỒNG DẬP HỒ QUANG.

§.3.2-1- VẬT LIỆU BUỒNG DẬP HỒ QUANG:

Khi lựa chọn vật liệu làm buồng dập hồ quang cần phải quan tâm đến những tính chất sau:

1. Tính chịu nhiệt của vật liệu làm buồng dập:

Nhiệt độ hồ quang sinh ra rất lớn hàng vạn độ K, để buồng dập hồ quang không bị phá hủy do nhiệt lượng hồ quang sinh ra trong buồng dập, hồ quang cần có tốc độ chuyển động nhanh để tránh hồ quang cháy một chỗ.

Trong trường hợp ở chỗ hồ quang cháy có tốc độ giảm. Ví dụ trong các khe hẹp của buồng - tạo ra những đường dẫn điện không chỉ đối với các chi tiết làm bằng vật liệu gốm, tất cả các trường hợp đó đều làm chặn hồ quang lại và buồng bị nóng.

Ở các chỗ có hồ quang, ví dụ ở khoảng trống giữa các tiếp điểm, ở cuối sừng dập hồ quang, vật liệu của vùng bị nóng nhiều hơn cả.

2. Tính cách điện và chống ẩm của buồng dập:

Thành buồng dập hồ quang thường đặt gần các chi tiết dẫn điện của khí cụ điện. Vì vậy những chi tiết của buồng dập hồ quang phải đảm bảo tính cách

điện và chống ẩm. Nếu vật liệu có tính hút ẩm cao (ví dụ xi măng amian) thì không đảm bảo được chức năng cách điện mà chỉ có chức năng hạn chế hồ quang. Vật liệu này dưới tác dụng của hồ quang hơi nước các hồ quang vào các khe hẹp.

3. Độ nhám bề mặt bên trong thành buồng dập:

Để nhanh chóng dập tắt hồ quang, hồ quang phải chuyển động với tốc độ lớn vào khe hẹp để kéo dài thêm hồ quang đồng thời làm cho thân hồ quang tiếp xúc với thành buồng để làm lạnh hồ quang. Bề mặt bên trong thành buồng đòi hỏi phải nhẵn, càng nhẵn tốc độ di chuyển hồ quang càng nhanh và ngược lại bề mặt bên trong thành buồng mà nhám, tốc độ di chuyển hồ quang bị giảm, gây ra đốt nóng buồng dập và các chi tiết khác.

Những loại vật liệu cơ bản để chế tạo thành buồng dập hồ quang:

1) Vật liệu xi măng - amian:

Xi măng – amian loại tập theo T OCT 6697-50 được ép từ xi măng – amian và nhựa amian.

Amian là tên gọi của một nhóm khoáng chất có cấu trúc dạng xơ, nó là biến dạng đá pentinic, thành phẩm chủ yếu là $3\text{MgO}_2 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Amian nằm trong lớp nham thạch, có loại xơ dài và xơ ngắn, thường dùng loại xơ dài, nhiệt độ nóng chảy đến 1150°C , tính cách điện khá cao ($10^{10} \div 10^{12} \Omega\text{cm}$). Tuy nhiên trong trạng thái ẩm ướt, cách điện của vật liệu bị giảm, ngoài ra dưới tác dụng nhiệt độ cao của hồ quang những khe nước nhỏ tạo thành vết làm cho thành buồng có độ nhám lớn.

Đối với những chi tiết bằng nhựa xi măng amian có độ nhám bề mặt lớn.

Công nghệ chế tạo ra buồng dập bằng xi măng amian như sau: trộn xơ amian đã nghiền với xi măng là chất dính kết và nước, đảm bảo độ đồng đặc nhất định. Sau đó đem ép vào khuôn ở dạng tấm hay mẫu khuôn đã định sẵn cuối cùng sấy khô các chi tiết đã ép.

2) Vật liệu ép chịu hồ quang:

Nó gồm nhiều vật liệu tổng hợp lại: sợi amian và các loại nhựa chịu lửa (như Helominow, nhựa silic hữu cơ, nhựa ê-pôc-xi và các loại nhựa khác có chất điện như khoáng vật thạch anh), thành phần của chúng phụ thuộc vào kết cấu chi tiết.

Các chi tiết làm bằng vật liệu này có tính chịu nhiệt, chịu hồ quang cao, cách điện tốt và đạt được độ nhẵn bóng bề mặt.

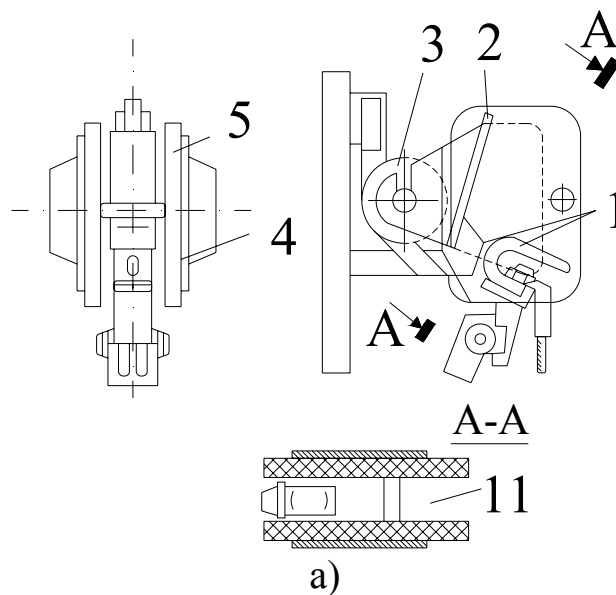
3) Gốm (silicat):

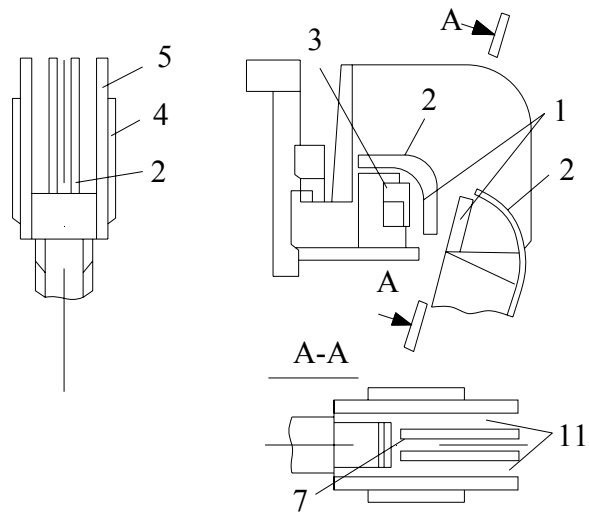
Hoạt thạch sa môt, kô-rô-đen (Al_2O_3) hay kô-rô-đen điện phân so với những dạng khác của gốm (sứ, steatit) thì gốm này có tính chịu nhiệt cao (lớn hơn 1750°C) tổn hao tg bé, điện trở suất cao và rất bền về cơ học nhưng bề mặt không được nhẵn.

Buồng dập hồ quang bằng vật liệu gốm sử dụng có hiệu quả kinh tế cao chỉ khi sản xuất hàng loạt có khối lượng lớn về sự gia công của nó rất phức tạp.

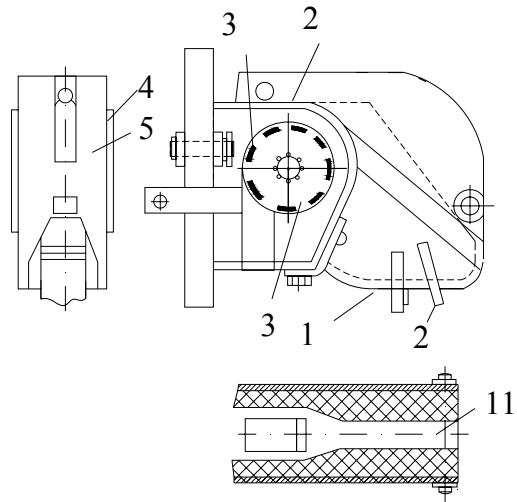
§.3.2.2/- KẾT CẤU BUỒNG DẬP HỒ QUANG

Các khí cụ điện một chiều và xoay chiều có nhiều loại khác nhau nên kết cấu thiết bị dập hồ quang cũng khác nhau (hình 3-2 và 3-3)

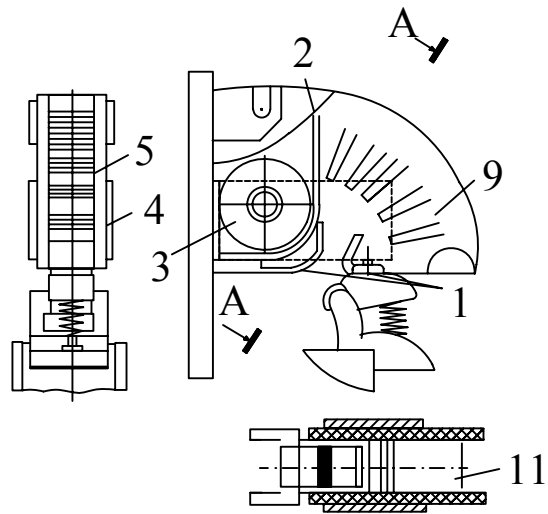




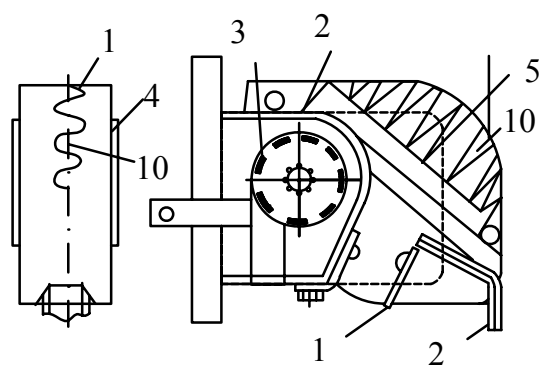
b)



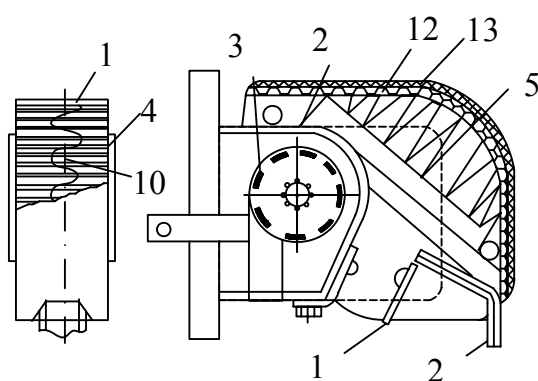
c)



g)



h)

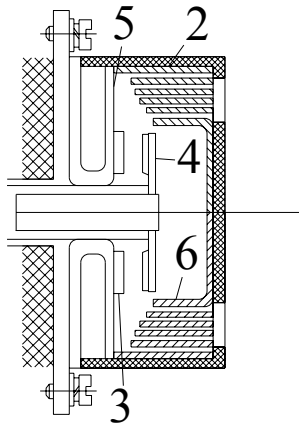


i)

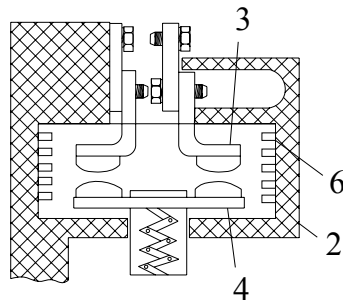
Hình 3-2 : Thiết bị dập hồ quang của công tắc tơ điện một chiều.

- | | |
|-----------------------------|---|
| a. Buồng hở | e. Buồng có hai "túi không khí " |
| b. Buồng có khe rộng | g. Buồng có dàn sắt dập hồ quang |
| c. Buồng có vách ngăn dọc | h. Buồng có khe hở dích dắc hẹp |
| d. Buồng có "túi không khí" | i. Buồng có khe hở dích dắc hẹp và dàn dập hồ quang |
| 1. Tiếp điểm | 8. Túi không khí |
| 2. Sừng dập hồ quang | 9. Các tấm dàn sắt dập hồ quang |
| 3. Cuộn dây dập hồ quang | 10. Những chỗ lồi được toạ ra bởi khe dích dắc |
| 4. Tấm dẫn từ dập hồ quang | 11. Khe hở của buồng |
| 5. Thành , buồng dập | 12. Các tấm dàn dập hồ quang |
| 6. Vách ngăn ngang | 13. Nắp dàn dập hồ quang. |

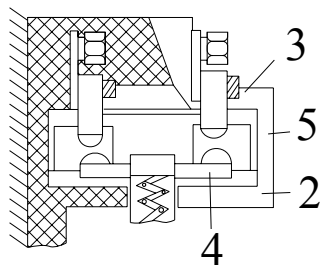
7. Vách ngăn dọc



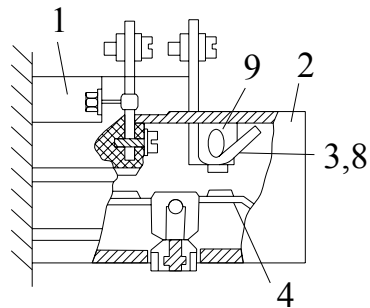
a)



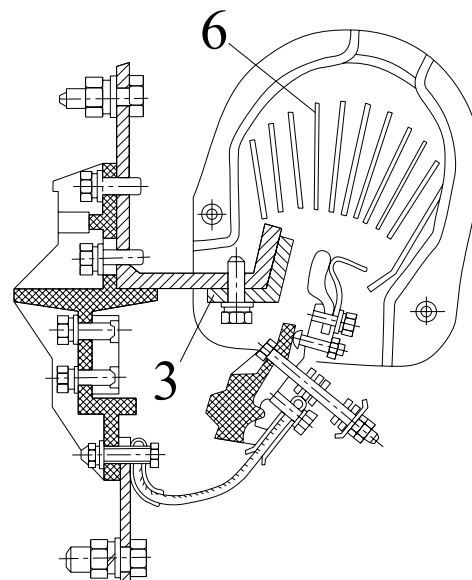
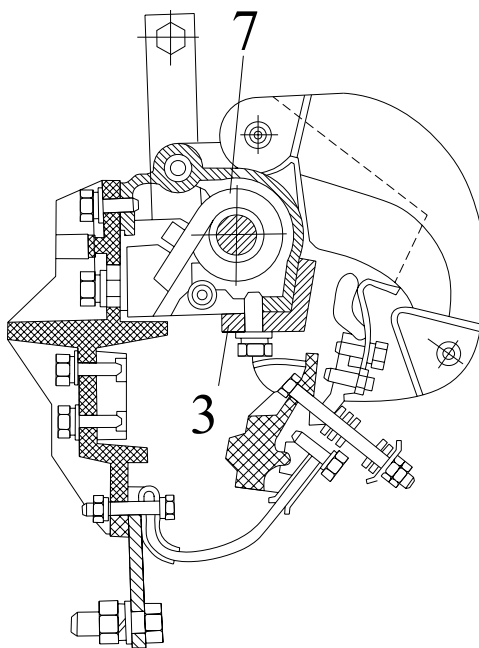
b)



c)



d)



e)

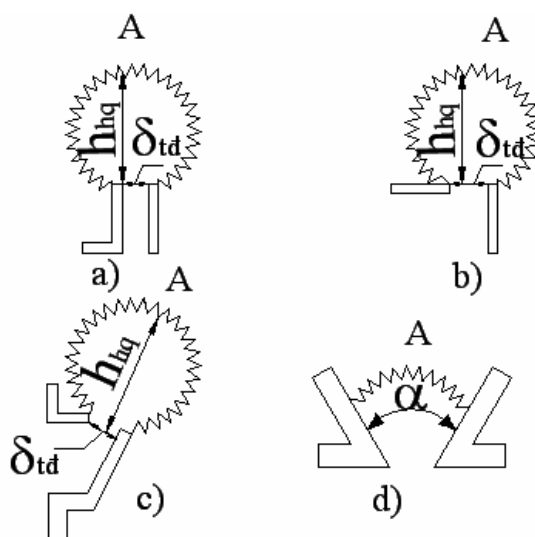
f)

Hình 3-3 :Thiết bị dập hồ quang của công tắc tơ xoay chiều

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| 1.Buồng chính | 6.Dàn sắt dập hồ quang |
| 2.Nắp của buồng | 7.Cuộn dây dập hồ quang |
| 3.Tiếp điểm cố định | 8.Vòng dây dập hồ quang |
| 4.Tiếp điểm cầu | 9.Tấm đệm thép |
| 5.Hình chữ U dập hồ quang | |

§.3.3/- CHU VI CHIỀU DÀI , ĐƯỜNG KÍNH VÀ THỜI GIAN CHÁY TẮT CỦA HỒ QUANG CHÁY TỪ LÒ ĐIỆN MỘT CHIỀU VÀ XOAY CHIỀU ĐẾN 1000V

Chu vi : Do đặc tính xoắn ốc và có hình cong nên xác định chính xác chiều dài của hồ quang là một việc khó khăn .Tuy nhiên để tính toán gần đúng có thể đơn giản hóa chu vi của hồ quang.



Hình 3-4: Chu vi của hồ quang với các dạng khác nhau của tiếp điểm

Khi hồ quang cháy tự do chu vi của nó xem gần đúng là vòng tròn có dây cung h_{hq} . Trên hình 3-4 là các dạng chu vi đặc trưng nhất của hồ quang một chiều và xoay chiều.

Chiều dài hồ quang:

Trong quá trình ngắt tiếp điểm khoảng trống của chúng có thể biểu diễn gần đúng theo quan hệ :

$$\delta_{hq} = v_{td} \cdot t$$

nghĩa là bằng tích số tốc độ tách tiếp điểm và thời gian .

Độ lớn dây cung có thể biểu diễn gần đúng bằng :

$h_{hq} = v_{hq} \cdot t$ nghĩa là bằng tích số tốc độ chuyển động hồ quang và thời gian.

Khi đó chiều dài hồ quang được xác định gần đúng như sau (hình 3-4)

Khi hồ quang cháy trên hai sừng của tiếp điểm (hình 3-4d) chiều dài hồ quang được xác định theo :

$$I_{hq} \approx 2\pi \frac{\alpha}{360} v_{hq} \cdot t \quad (3-2)$$

Trong đó :

α - góc giữa hai sừng tính bằng độ . Việc sử dụng các sừng làm hồ quang cháy xa điểm tiếp xúc và giảm khả năng cháy lặp lại của hồ quang.

Đường kính hồ quang :

Hồ quang cháy tự do đường kính có thể xác định theo công thức thực nghiệm :

Khi hồ quang dịch chuyển :

$$d = 0.27 \sqrt{I_{ng}} \quad , \text{cm} \quad (3-3)$$

Khi hồ quang dịch chuyển với tốc độ v_{hq} :

$$d = 1.12 \sqrt{\frac{I_{ng}}{20 + v_{hq}}} \quad , \text{cm} \quad (3-4)$$

Trong đó :

I_{ng} - dòng điện ngắt ,A (ở xoay chiều là giá trị hiệu dụng)

v_{hq} - tốc độ hồ quang ở giá trị trung bình của dòng điện ngắt $0,5 I_{ng}$;
cm/s

Thời gian cháy của hồ quang trong quá trình kéo dài nó đến chiều dài tới hạn:

Nếu biết chiều dài tới hạn của hồ quang l_{hqth} và nếu cho rằng tại thời điểm này độ mở tiếp điểm là lớn nhất bằng độ mở cuối cùng δ_{tdc} :

$$\delta_{tdc} = v_{td} \cdot t_{hq}$$

$$\begin{aligned} \text{thì từ (3-1): } l_{hqth} &= \sqrt{\delta_{tdc}^2 + 9v_{hq}^2 \cdot t_{hq}^2} \\ &= \sqrt{v_{td}^2 \cdot t_{hq}^2 + 9v_{hq}^2 \cdot t_{hq}^2} \end{aligned}$$

$$\text{ta có : } t_{hq} = \frac{l_{hqth}}{\sqrt{v_{td}^2 + 9v_{hq}^2}} \quad (3-5)$$

Trong đó:

v_{td} - tốc độ mở tiếp điểm

t_{hq} – thời gian kéo dài hồ quang đến chiều dài tới hạn bằng thời gian mở tiếp điểm

Thời gian toàn bộ hồ quang cháy t_{ch} bao gồm cả thời gian này và thời gian ion hoá chất khí t_i

$$t_{ch} = t_{hq} + t_i$$

Phần hồ quang xa nhất đối với tiếp điểm đóng ngắt :

Trên cơ sở hình (3-4) có thể xác định độ xa nhất của hồ quang đối với tiếp điểm đóng ngắt :

$$h_{hq} = v_{hq} \cdot t_{hq} \quad , \text{ cm}$$

§ 3-4/ TÍNH TOÁN GẦN ĐÚNG THIẾT BỊ DẬP HỒ QUANG ĐIỆN MỘT CHIỀU ĐẾN 1000V

§.3.4-1 : Một số vấn đề chung :

Nhiệm vụ tính toán :

Theo giá trị điện áp ngắt không đổi bằng điện áp cực đại của nguồn cung cấp $U_{ng}=1,1U_{dm}$ xác định chiều dài tối hạn của hồ quang l_{hqth} ở một vài giá trị của dòng điện ngắt I_{ng} (từ giá trị nhỏ nhất đến giá trị tới hạn cho phép § 3.1.2). Theo các giá trị của chiều dài hồ quang đã tính toán xác định các kích thước của độ mở tiếp điểm và thiết bị dập hồ quang.

Sau khi chọn các tham số và kết cấu hệ thống tiếp điểm dập hồ quang ta xác định thời gian dập hồ quang ở một vài giá trị dòng điện ngắt và xây dựng quan hệ giữa thời gian dập hồ quang và giá trị dòng điện ngắt (hình 3-1) giá trị thời gian cho phép $T_{th} \leq 0.1s$

Cuối cùng xác định điện áp cực đại trên hồ quang (đo quá điện áp) nó cần phải nhỏ hơn giá trị biên độ điện áp thử nghiệm.

Số liệu cho trước

Để tính toán các thông số của thiết bị dập hồ quang một chiều cần biết trước các số liệu sau :

1. Điện áp ngắt của nguồn cung cấp thường bằng $1,1U_{dm}$:

$$U_{ng}=1.1U_{dm} ,V$$

gọi là điện áp cực đại của nguồn cung cấp.

2. dòng điện định mức I_{dm} của thiết bị và giá trị dòng ngắt I_{ng},A

3. tính chất của mạch ngắt (phụ tải): điện trở , điện cảm hay điện dung.

thường gặp phụ tải điện cảm nhiều hơn cả, nó đặc trưng bằng hằng số thời gian điện từ:

$$T_{dt}=L/R ,s$$

4. số lần đóng ngắt của thiết bị trong một giờ.

Theo tiêu chuẩn 1234-66 quy định là; 6;30;50;600;1200;2400;3600;600 lần trong một giờ.

Trình tự tính toán:

1. theo giá trị điện áp cực đại của nguồn cung cấp U_{ng} Xác định chiều dài tối hạn của hồ quang l_{hqth} đối với một vài giá trị của dòng điện ngắt (§5.1.2)

2. Trong quá trình thiết kế sơ bộ hệ thống tiếp điểm ta đã xác định gần đúng độ mở của tiếp điểm. khi thiết kế thiết bị dập hồ quang, độ mở tiếp điểm mới được xác định chính xác.

Theo các giá trị chiều dài tới hạn của hồ quang đã tính toán, xác định độ mở cuối cùng của tiếp điểm σ_{dc} ở đó hồ quang đã cháy sau thời gian $Th_q < 0.1$ s. Độ mở ở phần này gần bằng chiều dài tới hạn của hồ quang.

$$I_{hqth} \leq \delta_{tdc}$$

Nếu giá trị dòng điện tới hạn I_{th} mà hồ quang tắt thì tính toán thiết bị dập hồ quang coi như hoàn thành và có thể tiếp tục hoàn thành kết cấu hệ thống tiếp điểm. nghĩa là hồ quang cháy tự do trong không khí không cần sử dụng các biện pháp tăng cường dập hồ quang.

3. nếu ở giá trị dòng điện tới hạn và độ mở tính toán δ_{tdc} mà hồ quang không thể tắt mà không thể tăng độ mở lên được thì cần phải tạo điều kiện cho hồ quang di chuyển ra khỏi khoảng trống giữa các tiếp điểm và kéo dài hồ quang tới chiều dài tới hạn.

Khi biện pháp đầu tiên là sử dụng lực điện động xuất giữa hồ quang và các phần tử mạch vòng dẫn điện bằng cách bố trí chúng một cách hợp lý

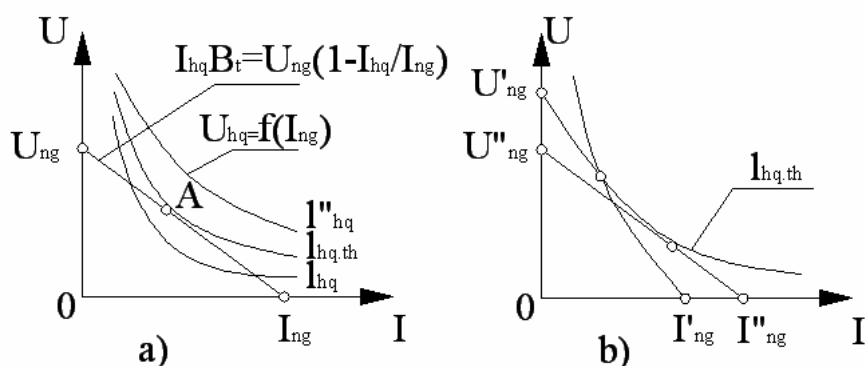
4. nếu chiều dài tới hạn của hồ quang L_{thhp} và thời gian dập hồ quang Th_q lớn hơn giá trị cho phép (ví dụ $L_{thhp} > 30\text{cm}$, $Th_q > 0.1\text{s}$) thì để dập hồ quang cần phải sử dụng các biện pháp tăng cường dập hồ quang. ví dụ buồng có khe dọc và từ trường ngang (§3.4.5) hay phối hợp các biện pháp dập hồ quang khác (§3.4-6)

Xác định chiều dài tới hạn của hồ quang;

Tính toán gần đúng các tham số hệ thống dập hồ quang một chiều dựa trên điều kiện dập hồ quang, nghĩa là đặc tuyến Von-ampe tĩnh của thiết bị dập hồ quang $U_{hq} = f(I_{hq})$ khi $I_{hq} = \text{const}$ (hình 3-5a) cần phải nằm cao hơn đặc tính tải. đặc tính tải được xác định bằng hồ quang U_{hq} cần phải lớn hơn hiệu số giữa điện áp nguồn cung cấp U_{ng} và điện áp rơi trên tải $I_{hq}R_t$

$$U_{hq} > U_{ng} - I_{hq} \cdot R_t$$

Chiều dài hồ quang tương ứng với giá trị tiếp tuyến của đặc tính tải và đặc tuyến von-ampe (điểm A) được gọi là chiều dài tới hạn, nghĩa là chiều dài mà ở đó hồ quang được dập tắt.



Hình 3-5: đặc tính tải và đặc tính tuyến tính von-ampe tĩnh của hồ quang một chiều

Giải 2 bài toán tính toán buồng dập hồ quang . bài toán thứ nhất- bài toán thuận:

Khi biết các tham số thiết bị tĩnh của hồ quang nghĩa là biết đặc tuyến von-ampe tĩnh của hồ quang. Tìm đặc tuyến tải.

Bằng phương pháp vẽ tiếp tuyến tuyến đơn giản đối với đặc tuyến von-ampe (hình 3-5 b) ta tìm được độ lớn điện áp nguồn cho phép U_{ng} và dòng điện ngắt cho phép I_{ng} . Nhưng không vượt quá U_{ng} và ở điện áp nguồn U''_{ng} thì dòng điện ngắt phải nhỏ hơn I''_{ng} v.v.....

Thực chất của bài toán thứ nhất là bài toán có tính chất kiểm nghiệm lại buồng dập hồ quang.

Bài toán thứ hai- bài toán ngược:

Khi biết cá tham số của mạch ngắt, nghĩa là giá trị dòng điện ngắt I_{ng} và điện áp U_{ng} - đặc tuyến tải cần được lựa chọn các tham số thiết bị hồ quang để sao cho đặc tuyến von-ampe nằm cao hơn một ít hay tiếp tuyến với đặc tính tải. nếu đặc tuyến cao quá , lượng dự trữ dập hồ quang lớn thiết bị cồng kềnh , tốn nguyên vật liệu.

Trong các trường hợp này càng phải biết quan hệ giải tích hay kinh nghiệm của dòng điện và điện áp của hệ thống dập hồ quang. Quan hệ này khá phức tạp phụ thuộc vào nhiều yếu tố nên không thể biểu diễn thật chính xác bằng biểu thức toán học, Tuy nhiên trong một số điều kiện có thể biểu diễn đặc tuyến von -ampe theo công thức kinh nghiệm gần đúng(xem ví dụ phụ lục)

Ảnh hưởng của điện cảm đến chiều hồ quang

Nếu phụ tải trong mạch ngắt là điện trở hay điện cảm bé thì khi tăng chiều dài hồ quang dẫn đến sự giảm rất nhanh các dòng điện đến giá trị tương ứng với điểm A trên hình 3-5. vì vậy chiều dài hồ quang đạt đến giá trị số tới hạn hồ quang hầu như bị dập tắt tức khắc.

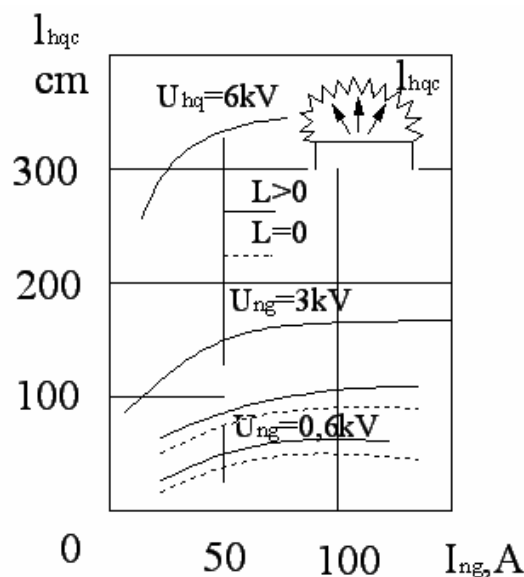
Nếu như trong mạch có điện cảm lớn $L = 0.014$ (3.4.2) thì dòng điện giảm chậm hơn chiều dài cuối cùng của hồ quang tại thời điểm bị tắt sẽ lớn hơn chiều dài tới hạn. điện cảm của mạch ngắt càng lớn, chiều dài của hồ quang càng lớn và quá trình phản ứng ôxi hoá càng mạnh thì đặc tuyến von-ampe phân bố càng cao hơn đặc tính tải. điện cảm càng lớn chiều dài hồ quang tại thời điểm bị dập tắt càng lớn hơn chiều dài tới hạn.

Điều đó được thấy rõ trong ví dụ sau: mạch ngắt có động cơ điện một chiều và công tắc tơ một cực có cuộn thổi hồ quang chiều dài cuối cùng của hồ quang L_{hq} được biểu diễn như sau:

$$L_{hq} = K * U_{ng} * I_{ng}^3 \quad (3-9)$$

Với điện cảm của cuộn dây động cơ điện kích thước 150KW, 750V hay 340KW, 1500V thì hệ số $K = 0.013 \text{ cm} \cdot \text{V} \cdot \text{A}$.

và không có điện cảm này thì hệ số k nhỏ hơn 2 lần. sai số ở thực nghiệm gặp phải là $\pm 10 \div \pm 15\%$ (hình 3-5)



Hình 3.6: Đường cong về quan hệ giữa chiều dài cuối cùng của hồ quang một chiều l_{hq} vào dòng điện ngắt I_{ng} nhận được từ thực nghiệm ở điện áp ngắt khác nhau khi có điện cảm nhỏ ($L > 0$) và không có điện cảm ($L=0$) với giá trị trung bình ở phía trên là ví dụ dạng hồ quang trước khi tắt.

Quá điện áp .

Khi ngắt mạch một chiều độ quá điện áp chủ yếu được xác định bằng tích giữa điện cảm của mạch và đạo hàm của dòng điện theo thời gian .

Sự biến thiên dòng điện hồ quang khi ngắt có thể đặc trưng bằng quan hệ thực nghiệm sau:

$$I_{hq} = I_{hq} \left[1 - \left(\frac{t}{t_{hq}} \right)^m \right] \quad (3-10)$$

Trong đó:

$t_{hq} = t_k + t_d$ – tổng thời gian dập hồ quang

t_k - thời gian kéo hồ quang đến chiều dài tới hạn

t_d - thời gian dập hồ quang

t - thời gian dòng điện cháy

m - số mũ thực nghiệm, phụ thuộc vào điều kiện cháy

Khi dập hồ quang cháy tự do cũng như dập hồ quang trong buồng có khe rộng lầy gân đúng : $m \approx 1$.

Như vậy dòng điện hồ quang giảm theo thời gian theo quan hệ đường thẳng và điện áp cực đại U_m bằng điện áp U_{ng} cộng với Δu :

$$U_m = U_{ng} \left(1 + \frac{LI_{ng}}{U_{ng} t_{eq}} \right) \quad (3-11)$$

Trong đó:

L - điện cảm của mạch ngắt , Henri (§.3.4.2)

Khi dập hồ quang trong buồng có khe hẹp dòng điện là hàm bậc hai của thời gian và $m \approx 2$. Khi đó điện áp cực đại của mạch ngắt được biểu diễn theo công thức:

$$U_m = U_{ng} \left(1 + \frac{2LI_{ng}}{U_{ng}t_{hq}} \right) \quad (3-12)$$

Khi dập hồ quang một chiều trong dàn dập giá trị quá điện áp Δu đặc trưng bằng tỉ số :

$$\frac{U_d \cdot n}{U_{ng}} \quad (3-13)$$

Trong đó:

$U_d = U_A + U_k$ điện áp rơi gần các điện cực.

N - tần số dập hồ quang.

Cần phải lựa chọn thời gian dập hồ quang t_d như thế nào đó để quá điện áp nhỏ hơn điện áp thử của độ bền cách điện của thiết bị: $U_m < U_{thử}$

Giá trị điện áp thử độ bền cách điện của thiết bị cao hơn nhiều so với điện áp định mức của thiết bị (bảng)

§.3.4.2. ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC YẾU TỐ KHÁC LÊN VIỆC DẬP HỒ QUANG ĐIỆN MỘT CHIỀU

1. Điện cảm của mạch ngắt:

Trị số điện cảm L và hằng số thời gian điện từ T_{dt} trong mạch của thiết bị điện một chiều đến 1000V như sau:

Tên thiết bị	L , Henri	T_{dt} , s
Cuộn dây rơ le điện từ dùng trong tự động và thông tin liên lạc 100÷250 V ; 1,2÷6 W; khối lượng đồng 6÷110 g; dòng điện ở tiếp điểm 0,2÷2 A ; điện cảm qui đổi về một vòng $(7÷38)10^{-8}H$	6÷300	0,002÷0,075
Cuộn dây rơ le sơ cấp điện từ điều khiển 220V; 10÷20W; khối lượng đồng 0,2÷0,25kg, dòng điện ở tiếp điểm đến 10A	20÷100	0,01÷0,05
Cuộn dây công tắc tơ điện từ 220V; 10÷70W; khối lượng đồng 0,25÷5,6 kg dòng điện ở tiếp điểm chính 25÷600A	100÷400	0,04÷0,40
Cuộn dây phanh điện từ 440V, hành trình 2÷4mm, lực		

15÷200kg(150÷2000N) khối lượng đồng 0,7 ÷6,6kg		
Cuộn dây phanh điện từ 440v;hành trình 40÷120mm;lực 5,5÷100kg(35÷1000N),khối lượng đồng 1,3÷35kg	100÷700	0,2÷3,0
Mạch điện lực có động cơ một chiều 2÷60Kv $(L \approx 2,7 \frac{U_{dm}}{I_{dm}} 10^{-3} H)$	0,05÷0,0015	0,02÷0,06

L và T_{dt} của cuộn dây phanh điện từ là giá trị gần đúng.

Có hai điều cần chú ý:

a) Khi tăng điện áp trên cuộn dây ,số vòng,điện trở và điện cảm của nó tăng nhưng hằng số thời gian không thay đổi.

b) Khi đặt các cuộn dây song song thì điện trở điện cảm của toàn mạch giảm còn hằng số thời gian hầu như không thay đổi.

2. Ảnh hưởng của điện cảm khi tính toán thiết bị dập hồ quang

Trong các tài liệu đã nghiên cứu chỉ tính toán dập hồ quang với phụ tải điện trở còn phụ tải điện cảm chưa có tài liệu nghiên cứu thích đáng.Vì vậy cần phải nghiên cứu phương pháp tính toán dập hồ quang gần đúng có ảnh hưởng của điện cảm.

Do có điện cảm L trong suốt thời gian dập hồ quang điện áp ngắt của nguồn cung cấp U_{ng} được bổ xung thêm sức điện động tự cảm .Nếu cho rằng trong suốt thời gian dập hồ quang t_d dòng điện ngắt không thay đổi thì sức điện động tự cảm bằng:

$$L \frac{di}{dt} \approx L \frac{I_{ng}}{t_d} \approx L \frac{U_{ng}}{R_{td}} \approx U_{ng} \frac{T_{dt}}{t_d} \quad (3-14)$$

Vì vậy có thể gần đúng cho rằng dập hồ quang trong mạch điện cảm xảy ra như trong mạch phụ tải điện trở nhưng ở điện áp lớn hơn (bằng điện áp tính toán):

$$U_{tt} \approx U_{ng} \left(1 + \frac{T_{dt}}{t_d} \right) \quad (3-15)$$

Ví dụ để thời gian dập hồ quang không lớn hơn 0,1s trong mạch phụ tải điện cảm lớn có T_{dt} ≈ 0,1s thì U_{tt} ≈ 2U_{ng}.

3. Tần số ngắt:

Đối với khí cụ điện đóng ngắt : Khi tăng tần số đóng ngắt của mạch điện , cần phải giảm giá trị của dòng điện tiếp điểm so với trường hợp đóng ngắt không thường xuyên , vì khi tăng tần số ngắt tiếp điểm và các phần dẫn điện cũng như không khí trong vùng dập hồ quang bị đốt nóng hơn,

Điều đó được thấy rõ ở các giá trị sau:

Khả năng đóng ngắt của rơ le làm việc ở tần số cao giảm từ 0,7÷0,8 giá trị nhận được đối với tần số ngắt nhỏ.

Khi tăng tần số đến 100 lần ngắt trong một giờ, dòng điện đóng ngắt của thiết bị chuyển đổi chỉ bằng 0,5 giá trị dòng điện nhận được khi ngắt không thường xuyên (một vài lần ngắt trong một giờ)

4) Tốc độ mở tiếp điểm

Đối với khí cụ điện hạ áp đến 1000V tốc độ mở tiếp điểm thương là 0,01÷1cm/s

Tăng tốc độ mở tiếp điểm tạo điều kiện tốt dập hồ quang một chiều . Trong các thiết bị điều khiển và phân phối năng lượng 100÷500V . Khi độ mở của tiếp điểm 5÷200mm và tốc độ ngắt vào khoảng 100cm/s thì dòng điện ngắt có thể tăng vào khoảng 10% so với dòng điện ngắt ở tốc độ 1 cm/s

5) Những yếu tố khác:

Sự dập tắt hồ quang điện một chiều còn chịu ảnh hưởng lớn của một số yếu tố sau: độ ẩm của không khí xung quanh , sự giảm hay tăng áp lực của khí quyển , nhiệt độ cách bố trí các tiếp điểm đóng ngắt trong các môi trường khác nhau như dầu máy biến áp hay trong không khí...

§.3.4.3- DẬP HỒ QUANG MỘT CHIỀU BẰNG CÁCH KÉO DÀI CƠ KHÍ HỒ QUANG CHÁY TỰ DO.

Tính toán thiết bị này rất đơn giản do kết cấu có buồng dập hồ quang, Do đó nhiệm vụ tính toán chỉ là xác định độ mở hoàn toàn của tiếp điểm , Xác định độ mở của tiếp điểm có các phương pháp sau:

a) Sử dụng đường cong thực nghiệm:

Hình 3-7 cho ta quan hệ giữa dòng điện ngắt và điện áp nguồn cung cấp . Khi sử dụng các đường cong này cần chú ý đến những điểm sau:

1. Hồ quang cháy tự do ở áp lực khí quyển
 2. Thời gian dập hồ quang không lớn hơn 0,1s
 3. Khi tăng điện áp lên 10÷15 lần, hồ quang cháy ổn định ở dòng điện đã cho

4. Dùng cho mạch dòng điện có một chỗ ngắt. Trong trường hợp có một vài

chỗ ngắt mắc nối tiếp mà điều kiện dập hồ quang như nhau có thể sử dụng đường cong này, khi đó điện áp ngắt được chia theo số chỗ ngắt. Ví dụ: ở tiếp điểm cầu ngữa là có 2 chỗ ngắt, điện áp ngắt U_{ng} phải chia cho 2

5. Dùng cho mạch điện trở và điện cảm yếu (hằng số thời gian đến 0,01s). Nếu mạch điện cảm lớn phải lấy điện áp lớn hơn $-U_{tt}(\S.3.4-2)$

6. Vật liệu làm tiếp điểm là bạc, bạc-ôxít-cađimi đồng và các vật liệu khó chảy khác. Nếu vật liệu làm tiếp điểm là vật liệu nóng chảy (ví dụ vonfram) và ở độ mở nhỏ có thể dập được hồ quang ở dòng điện lớn hơn so với dòng điện khi xác định theo đường cong.

7. Tốc độ mở tiếp điểm vào khoảng 0,1cm/s.

Nếu tăng tốc độ mở lên đến 1m/s thì dòng điện ngắt tăng lên không quá 10% với điện áp và độ mở đã cho.

8. Có thể dùng thêm hệ số dự trữ. Giá trị hệ số dự trữ này có thể lựa chọn tùy thuộc vào điều kiện cụ thể của khí cụ điện thiết kế.

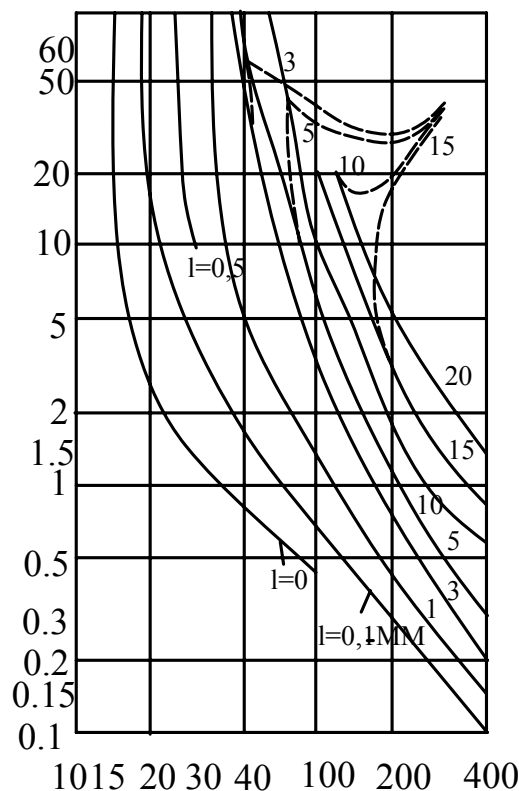
Thực tế ở các khí cụ dập hồ quang bằng sự kéo dài cơ khí có hệ số dự trữ bằng 1,3÷2

b. Sử dụng công thức kinh nghiệm

Đối với thiết bị có dòng ngắt vào khoảng 20÷30A, độ mở cần thiết của tiếp điểm có thể được lấy bằng chiều dài tới hạn của hồ quang l_{hqth} theo công thức kinh nghiệm sau:

$$l_{hqth} = 0,42 \cdot 10^{-2} U_{ng} \sqrt{I_{ng}}, \text{cm} \quad (3-16)$$

Quan hệ trên đây cũng thể cho ta xác định khả năng dập hồ quang bằng phương pháp tính toán với giá trị điện áp ngắt U_{ng} và độ mở đã cho lấy bằng chiều dài tới hạn của hồ quang



Hình 3-7: Sự phụ thuộc dòng điện vào điện áp một chiều khi hồ quang bị dập tắt ở các độ mở khác nhau của tiếp điểm l và hằng số thời gian của mạch bằng $0 \div 0,01s$.

Đường nét liền ứng với các phân dẫn điện phân bố không hợp lý khi đó hồ quang cháy ở giữa tiếp điểm.

Đường nét đứt ứng với các phân dẫn điện hợp lý tạo điều kiện đẩy hồ quang ra khỏi tiếp điểm và kéo dài nó.

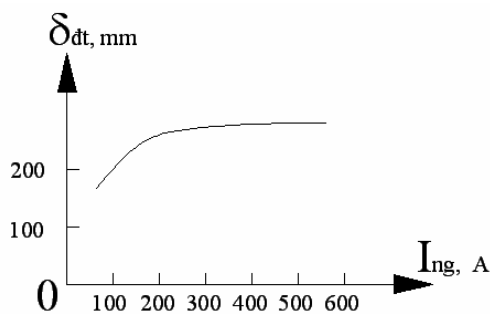
C. Một vài số liệu thí nghiệm về độ mở tiếp điểm và khả năng đóng cắt của chúng khi dập hồ quang bằng kéo dài cơ khí:

1. Độ mở tiếp điểm và khả năng đóng cắt của role tự động, bảo vệ hệ thống điện 200V một chiều và xoay chiều khi tải cản có hằng số thời gian $T_{dt} \leq 0,05s$ và hệ số công suất của mạch lớn hơn 0,5 với mạch có một chỗ ngắt:

Công suất đóng ngắt (VA)	Dòng điện lớn nhất (A)	Độ mở (sơ bộ) mm
100	0,5	0,5÷1,0
300	2	1,0÷1,5

200	1000	5	4÷6
-----	------	---	-----

2. Sự phụ thuộc độ mở tiếp điểm vào giá trị dòng điện ngắt một chiều 220v khi kéo dài hồ quang cháy tự do theo chiều dọc ,tải trở (hình 3-8)



Hình 3-8 : sự phụ thuộc độ mở Vào dòng điện ngắt

Ví dụ 1: Xác định độ mở tiếp điểm khí cụ một chiều $U_{ng}=220v, I_{ng}=0,8 A$, phụ tải điện trở ,mạch chỉ một ngắt ,tần số thao tác bé

Giải: Theo đường cong hình 3-7 với $U=220v, I=0,8A$ độ mở tiếp điểm phải lớn hơn 4mm lấy hệ số dự trữ bằng 1,5 thì độ mở bằng :

$$4 \times 1,5 = 6 \text{ mm}$$

Ví dụ 2: Với các điều kiện như ở ví dụ 1 xác định dòng điện ngắt giới hạn I_{ng} ở mạch dòng điện có hai chỗ ngắt.

Giải: Ở mỗi chỗ ngắt có điện áp bằng $220 : 2 = 110v$ theo đường cong hình 3-7 ở 110v và độ mở 6mm dòng điện ngắt là 4,7A .Nếu tính đến hệ số dự trữ thì :

$$I_{ng} = 4,7 : 1,5 \approx 3A.$$

Ví dụ 3: Xác định độ mở tiếp điểm cần có $U_{ng}=220v, I_{ng}=1A$ một chiều ,phụ tải điện cảm , $T_{dt}=0,05s$.

Giải : Điện áp trên chỗ ngắt tiếp điểm khi tải cảm theo(3-15)

$$\frac{U_{ng}}{2} \left(1 + \frac{T_{dt}}{t_{hq}} \right) = \frac{220}{2} \left(1 + \frac{0,05}{0,1} \right) = 165v.$$

Theo đường cong hình 3-7 ở 165v và 1A độ mở tiếp điểm gần 3mm
 .Nếu lấy hệ số dự trữ 1,5 thì độ mở bằng

$$3 \times 1,5 = 4,5 \text{mm}.$$

§.3.4.4/- DẠP HỒ QUANG MỘT CHIỀU DO TÁC DỤNG CỦA LỰC ĐIỆN ĐỘNG

Khi thiết kế các khí cụ đồng thời với các phương pháp khác người ta sử dụng lực điện động để dập hồ quang .Các chi tiết của mạch vòng dẫn điện (tiếp điểm ,các giá tiếp điểm ,sừng dập hồ quang) phải phân bố sao cho để lực điện động đẩy hồ quang theo một phương nhất định .

Ví dụ : Tiếp điểm cố định của mạch có hai chỗ ngắt uốn dạng chữ U (hình3-3a) sử dụng dàn dập bằng thép non(hình 3-3b)

Nhiệm vụ và trình tự tính toán :nêu chi tiết trong §.3.4.1.

Ngoài việc tính toán chiều dài hồ quang tới hạn l_{hqth} ở một vài giá trị dòng điện ngắt ra còn xác định thời gian dập hồ quang (3-5) ở các dòng điện này và xây dựng sự phụ thuộc của thời gian này vào dòng điện.

Chiều dài tới hạn của hồ quang :có thể xác định nó theo hai phương pháp

1.Bằng cách tính toán liên tiếp gần đúng và xây dựng đặc tuyến von-ampe (hình 3-5) có đặc tuyến tải ,

2.Tính toán tiến hành theo các công thức kinh nghiệm của đặc tuyến von-ampe của hồ quang điện cháy tự do di chuyển trong không khí với tốc độ v_{hc} :

$$U_{hq} \approx l_{hq} \frac{92 + 0,092 V_{hq}}{\sqrt{I_{hq}}}, \quad V \quad (3-17)$$

Trong đó :

- l_{hq} : chiều dài thân hồ quang

- v_{hq} : vận tốc chuyển động của hồ quang ,cm/s

- I_{hq} : dòng điện hồ quang,A.

Tốc độ chuyển động của hồ quang đối với tiếp điểm ngắn dưới tác dụng của lực điện động khi dòng điện đến 200A xác định theo công thức sau:

$$v_{hq} \approx \frac{2,12.I_{hq}}{\sqrt{\delta_{td}}} , \text{ cm/s} \quad (3-18)$$

Trong đó :

$-\delta_{td}$ - độ mở tiếp điểm ,cm

$-I_{hq} = 0,5 I_{ng}$ –giá trị trung bình của dòng điện hồ quang

Khi dòng điện lớn hơn 200A thì tốc độ chuyển động của hồ quang bị giảm và được xác định theo biểu thức :

$$v_{hq} \approx 37\sqrt[3]{I_{hq}} , \text{ cm/s} \quad (3-19)$$

Thời gian kéo dài hồ quang đến chiều dài tới hạn.

Xác định sơ bộ theo công thức (3-5)

§.3.4.5.DẬP HỒ QUANG TRONG BUỒNG CÓ KHE DỌC VÀ TỪ TRƯỜNG NGANG

Lĩnh vực sử dụng:

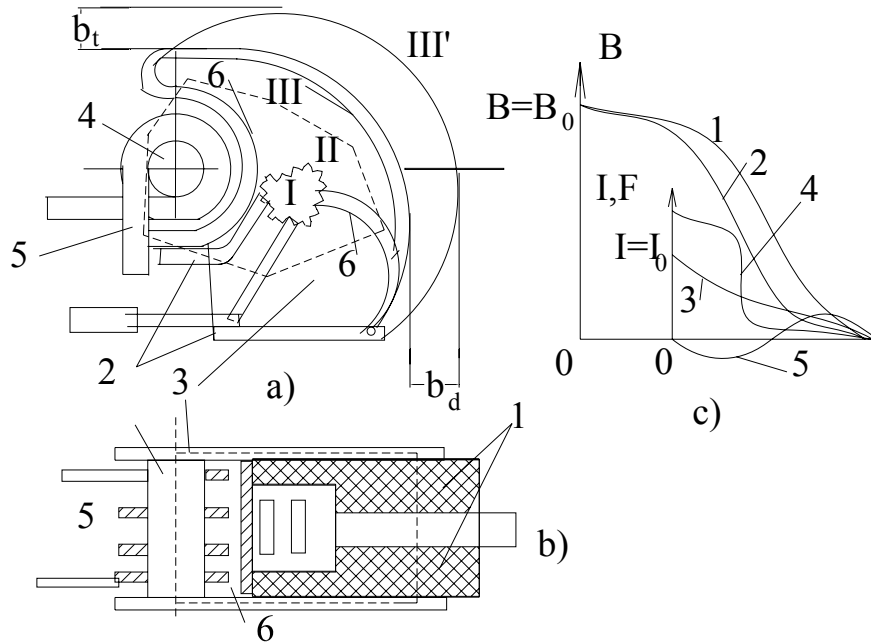
Dập hồ quang trong buồng có khe hở hẹp và từ trường ngang dụng trong trường hợp khi không dập được hồ quang bằng phương pháp kéo dài cơ khí và lợi dụng lực điện động do sự tác dụng của dòng điện chảy trong các chi tiết mạch vòng dẫn điện và hồ quang.

Buồng có khe dọc và từ trường ngang được sử dụng trong các công tắc tơ và ít sử dụng trong các máy ngắt tự động (hình 3-3).

Nhiệm vụ tính toán đã nêu chi tiết trong §.3.4.1.Chiều dài tới hạn của hồ quang được xác định với một vài giá trị dòng điện ngắt ít nhất là đối với giá trị đặc trưng của dòng điện (§.3.1.2),thời gian dập hồ quang không lớn hơn 0,1s ,còn điện áp cực đại trên hồ quang (do có quá điện áp) nhỏ hơn (có dự trữ)giá trị biên độ điện áp thử nghiệm .

Qua tính toán đó ta xác định được các kích thước chính của buồng, sau đó xác định thời gian dập theo(3-5)và điện áp cực đại [(3-11) , (3-12)]

Sơ đồ kết cấu của buồng dập hồ quang có khe dọc và từ trường ngang ở hình 3-9.



Hình 3-9: Sơ đồ kết cấu của buồng dập hồ quang

a. Hình chiếu đứng của buồng

b. Hình chiếu nằm cắt theo A-A

c. Đường cong của một vài tham số của hệ thống dập hồ quang theo chiều dài của buồng.

Buồng dập có hai tấm cạnh 1 làm bằng vật liệu cách điện chịu nhiệt chịu hồ quang và nó bao lấy tiếp điểm đóng ngắt 2. Khoảng cách giữa các tấm (khe) ở chỗ đặt tiếp điểm là δ_{ktd} . Hệ thống điện từ gồm các tấm cực 3 ốp sát ngược các tấm 1 và lõi thép 4, cuộn dây thổi từ 5. Khoảng cách giữa các tấm cực là δ_c . Hệ thống điện từ tạo lên từ thông Φ_0 giữa các tấm cực ở trong vùng có hồ quang và dập hồ quang.

Khi tiếp điểm 2 mở giữa chúng có hồ quang I, do lực điện động F tạo bởi từ trường mạch vòng dẫn điện với từ trường cuộn thổi từ tác dụng lên dòng điện hồ quang, hồ quang II bị đẩy vào trong khe hẹp δ_k khi nó đóng trụ tại một điểm và chuyển sang sừng dập hồ quang 6. Vị trí hồ quang III tương ứng với chiều dài tính toán tới hạn của hồ quang trong buồng dập l_{th} .

Để rút ngắn kích thước của buồng và khí cụ, cũng như giảm khối lượng và tiết kiệm vật liệu trong một số trường hợp cho phép hồ quang từ buồng ra vùng III. Khi đó chiều dài tới hạn tính toán của hồ quang l'_{th} sẽ lớn hơn (khoảng rộng của các tấm trên b_t và dưới b_d).

Các đường cong ở hình 3-9c theo độ xa của hồ quang với tâm lõi thép dẫn từ:

1. Từ cảm B khi tiếp điểm mở với I_{ng} .
2. Từ cảm trong quá trình hồ quang di chuyển, khi đó dòng điện trong hồ quang cũng như dòng điện trong cuộn dây giảm.
3. Dòng điện trong hồ quang và trong cuộn dây giảm
4. Lực điện từ tác dụng lớn hồ quang.

$$F = K \cdot I_{hq} \cdot B$$

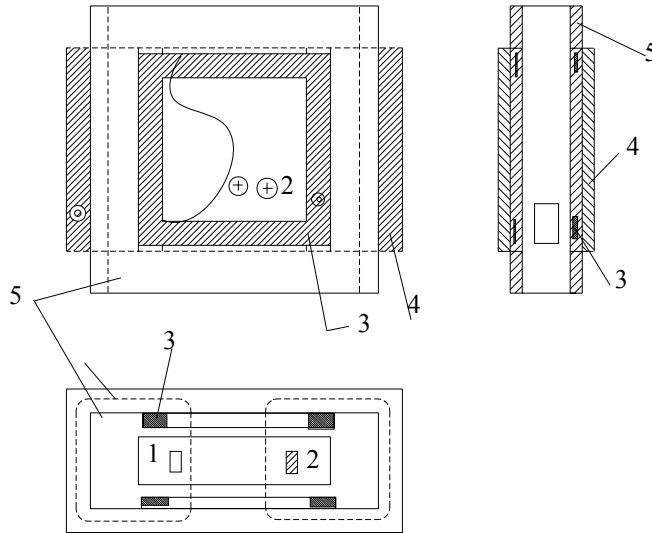
5. Lực do các chất khí tạo ra tác dụng lên hồ quang.

Khi hồ quang ở vùng tiếp điểm lực này làm hồ quang di chuyển và ngăn cản hồ quang vào khe hẹp. Sau đó khí lại hỗ trợ cho hồ quang di chuyển.

Trong sơ đồ điển hình ở trên và trong một số kết cấu khác (hình 3-3) thường cuộn dây có lõi thép được đặt trong cùng một mặt phẳng với tiếp điểm đóng ngắt, khi đó từ thông đi vào bên trong vùng dập hồ quang bị tản mạn. Để khắc phục nhược điểm đó trong những năm gần đây người ta đặt cuộn dây dập hồ quang trên các tấm cạnh của buồng (hình 3-10).

Trong sơ đồ này hai cuộn dây dập hồ quang 3 đặt trên các tấm cạnh của buồng và thép dẫn từ 4 bao quanh. Như vậy hầu như toàn bộ từ thông đi qua vùng dập hồ quang và không bị tản mạn. Khi đó chỉ cần tạo ra cường độ từ trường nhỏ hơn $2,5 \div 3$ lần khi đặt cuộn dây thường.

Đặt hai cuộn dây ở các tấm cạnh là rất ưu việt vì cuộn dây dễ toả nhiệt, từ trường hướng ngược chiều từ trường bên trong, do đó từ trường ngoài ngăn cản hồ quang ra ngoài giới hạn của buồng.



Hình 3-10: Sơ đồ của buồng có hai cuộn dây đập hồ quang đặt trên các tấm cạnh của buồng.

1. Tiếp điểm tĩnh
 2. Tiếp điểm động
 3. Cuộn dây đập hồ quang
 4. Thép dẫn từ
 5. Buồng đập hồ quang
- Φ . Từ thông
- H. Cường độ từ trường

Các tấm của buồng làm bằng vật liệu cách điện chịu hồ quang tạo ra khe hẹp còn gọi là khe dọc. Khi đó bề mặt cạnh của khe dọc trùng với hướng chuyển động của hồ quang khi hồ quang bị kéo dài. Khe dọc gồm có khe hẹp và khe rộng.

Khe hẹp có bề rộng δ_k nhỏ hơn hay bằng đường kính thân hồ quang. Khe rộng có bề rộng lớn hơn đường kính thân hồ quang. Đường kính thân hồ quang lại phụ thuộc vào giá trị dòng điện ngắt, vào tốc độ chuyển động của hồ quang và điều kiện làm lạnh chúng.

Điện áp hồ quang một chiều có thể biểu diễn bằng phương trình:

$$U_{hq} = U_d + U_{hq} \cdot I_{hq} \quad (V) \quad (3-20)$$

$$U_{hq} = E_{hq} \cdot I_{hq} \quad (V) \quad (3-21)$$

Trong đó:

E_{hq} : gradien điện áp dọc theo thân hồ quang (V/cm).

l_{hq} : chiều dài thân hồ quang (cm)

U_d : điện áp rơi gần các điện cực 20 ÷ 30V (với các điện cực có vật liệu khác nhau điện áp rơi khác nhau). Để đơn giản hoá cho tính toán và với điện áp định mức có giá trị đáng kể có thể bỏ qua điện áp rơi trên gần các điện cực, nghĩa là $U_d = 0$.

Như vậy từ các phương trình trên ta thấy điện áp trên hồ quang phụ thuộc vào E_{hq} và l_{hq} .

Chiều dài hồ quang càng lớn kích thước của buồng và khí cụ càng lớn. Muốn giữ nguyên kích thước của buồng mà tăng chiều dài hồ quang người ta sử dụng khe dích dắc (chữ chi) (hình 3-3 h,i).

Tăng gradien điện áp một cách hợp lý sẽ giảm được thời gian dập hồ quang. Khi giảm bề rộng khe δ_k (nhưng không nhỏ hơn 1.3mm) làm cho gradien điện áp tăng.

Do đó ở các điều kiện khác nhau nên chọn buồng dập hồ quang khe hở, hẹp. Tuy nhiên để dập hồ quang trong khe hẹp cần phải có khe hở ở phần tiếp điểm lớn δ_{ktd} và tạo ra cường độ từ trường ngang đủ lớn.

Sức từ động của hệ thống thổi từ:

Hệ thống thổi từ có cuộn dây mắc nối tiếp với tiếp điểm mạch ngắt là được sử dụng nhiều hơn cả (hình 3-9):

Tính toán mạch từ của hệ thống thổi từ cũng tiến hành theo phương pháp thông thường.

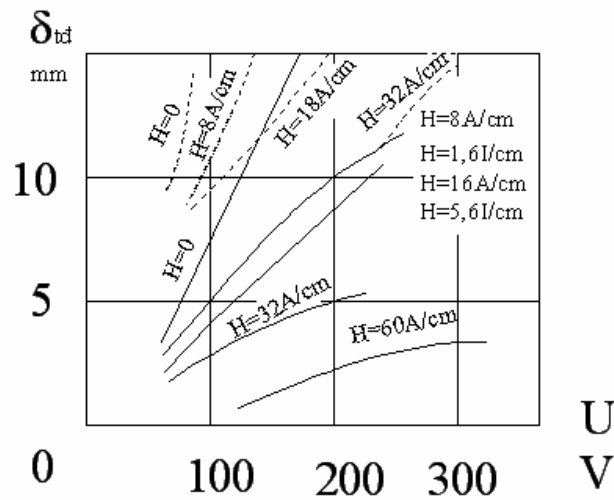
Cần chú ý rằng khi mắc cuộn dây hồi tiếp thì sức từ động của nó IW tỉ lệ với giá trị dòng điện ngắt.

Sức từ động và tiết diện mạch từ được chọn sao cho khi dòng điện ngắt không lớn lắm mạch từ chưa bão hoà và cường độ từ trường hầu như hoàn toàn qua khe hở không khí giữa các cực của mạch từ, nghĩa là qua khoảng trống giữa các tiếp điểm và ở đó hồ quang cần được đẩy ra ngoài. Khi dòng điện lớn mạch từ cần phải bão hoà để giảm cường độ từ trường trong khoảng trống không khí giữa các cực và cũng làm giảm tốc độ chuyển động của hồ quang, dập hồ quang mãnh liệt, giảm quá điện áp và hao mòn tiếp điểm.

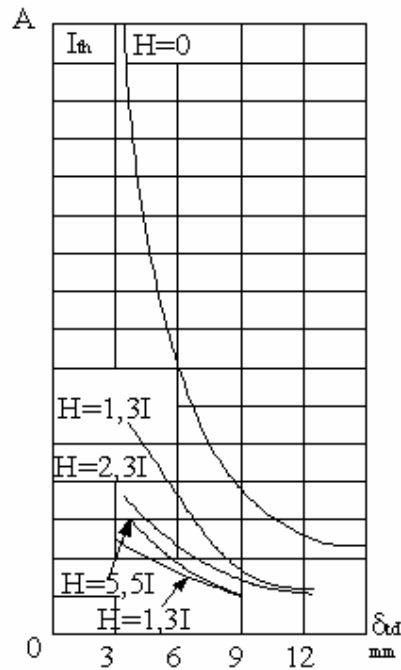
Giá trị cường độ từ trường H:

Lựa chọn cường độ từ trường H theo những điều kiện sau đây:

1. Cường độ từ trường cần phải đảm bảo đưa hồ quang ra khỏi khoảng trống giữa các tiếp điểm. Dựa vào các đường cong hình 3-11 và 3-13 có thể chọn cường độ từ trường H hay H/I khi cuộn dây dập hồ quang mắc nối tiếp.



Hình 3-11: Sự phụ thuộc khe hở nhỏ nhất của tiếp điểm vào điện áp ngắt của nguồn cung cấp một chiều khi từ trường không đổi ($H = \text{const}$) và tỉ số $H/I = \text{const}$. Đường nét liền ứng với tải thuần trở và điện cảm yếu ($T_{dt} = 0 \div 0.01s$). Đường nét đứt - phụ thuộc tải cảm ($T_{dt} = 0.1s$)



Hình 3-12: Sự phụ thuộc của dòng điện giới hạn lớn nhất vào khe hở tiếp điểm khi ngắt phụ tải thuần trở. Số vòng cuộn dây nối tiếp:

Khi : $H = 0$ $W = 0$

$H = 1, 3I$ $W = 5$

$H = 2, 3I$ $W = 10$

$H = 5, 5I$ $W = 15$

$H = 7, 3I$ $W = 20$

Khi $H = 0$ nghĩa là không có từ trường.

Với tỉ số $\frac{H}{I} = 1.6 \div 5.6$ thuộc vào trạng thái chưa bão hoà của mạch từ

và $H = I$. Hình 3-12 đối với khí cụ có dòng điện định mức từ $1 \div 100$. Điện áp mạch ngắt 320 W. Phụ tải thuần trở và các đường cong không đúng với phụ tải cảm. Tiếp điểm hình ngắn đặt nằm ngang khí động lực học tạo điều kiện kéo dài hồ quang ít và dòng điện tới hạn sẽ lớn.

Cường độ cần phải đủ lớn để dập hồ quang trong khe. Trong bảng 3-1 là các giá trị cường độ từ trường nhỏ nhất đủ làm lạnh hồ quang trong khe hẹp, giá trị cường độ này phụ thuộc vào I_{ng} , δ_k , δ_{ktd} và α ;

I_{ng} - dòng điện ngắt (A)

δ_k - bề rộng khe (mm)

δ_{ktd} - bề rộng bên trong của buồng ở phần chứa tiếp điểm (mm)

α - góc của δ_{ktd} ra (độ)

3. Cường độ từ trường không làm cho dòng điện nhận được theo quan hệ dưới đây vượt quá giá trị dòng điện mà hồ quang dừng lại trong khe:

$$I_{ng} > 350 \cdot \delta_k \cdot \frac{H^{\frac{2}{3}}}{80} \quad (A) \quad (3-22)$$

Trong đó: δ_k - bề rộng khe, mm

H- cường độ từ trường, A/cm

Công thức (3-22) chỉ đúng khi:

$$1 \leq \delta_k \leq 4 \text{ mm}$$

$$80 \leq H \leq 1600 \text{ A/cm}$$

$$100 \leq I_{ng} \leq 2300 \text{ A}$$

4. Chọn cường độ từ trường là tối ưu để ngắt dòng điện mạnh nhất và giảm hao mòn tiếp điểm.

Ví dụ với công tắc tơ (Hình 3-13). Khi cường độ từ trường nhỏ hao mòn tiếp điểm tăng do sự bay hơi của kim loại nóng chảy vì hồ quang cháy liên tục. Khi cường độ từ trường quá lớn hao mòn tiếp điểm cũng tăng do lực điện động làm kim loại bị mất đi.

Bảng 5-1: _Cường độ từ trường nhỏ nhất đảm bảo đủ làm lạnh hồ quang trong khe hẹp (hình 3-9).

Dòng điện A	δ_{ktd} mm	Cường độ từ trường nhỏ nhất (H/cm)							
		$\delta_k = 1 \text{ mm}$			$\delta_k = 2 \text{ mm}$			$\delta_k = 4 \text{ mm}$	
		$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=75^\circ$	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=75^\circ$	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=75^\circ$
2	2	14	12	6	-	-	-	-	-
	4	-	104	-	0	0	2	-	-
	6	-	152	-	-	-	-	2	2
	16	160	164	136	20	12	10	2	2
35	2	22	18	10	-	-	-	-	-
	4	-	120	-	10	10	12	-	-
	8	-	155	-	-	-	-	4	1.2
	16	184	172	124	32	14	10	4	1.2
150	2	164	133	120	-	-	-	-	-
	4	-	137	-	10	6	2	-	-
	8	-	164	-	-	-	-	6	1.2
	16	190	176	140	36	28	18	18	1.2
300	2	175	152	144	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	15	-	4	-	-
	8	-	-	-	-	-	-	6	1.2
	16	195	176	165	40	-	19	6	1.2
600	2	132	104	54	-	-	-	-	-
	4	-	112	-	16	12	6	-	-
	8	-	140	-	-	-	-	6	1.2
	16	188	160	136	158	144	92	6	1.2

Hình 3-13: Quan hệ hao mòn tiếp điểm đồng hình ngắn của công tắc tơ vào cường độ từ trường đập hồ quang ở dòng điện ngắt khác nhau (theo Borôn).

Số liệu kỹ thuật cho trước:

Ngoài số liệu đã nêu trong §3.4.1 còn cần phải biết giá trị độ mở cuối cùng của tiếp điểm $\delta_{tđc}$.

Trình tự tính toán:

1. Lựa chọn hình dáng buồng dập hồ quang, chiều rộng khe δ_k , chiều dài và tiết diện sơ bộ sừng dập hồ quang §3.2.2 và phụ lục.

2. Với điều kiện đã cho xác định sơ bộ giá trị dòng điện tới hạn (§3.1.2).

3. Tính hệ thống điện từ của thiết bị dập hồ quang là xác định cường độ từ trường H hay H/I cần thiết để dập hồ quang khi mắc nối tiếp cuộn dây dập hồ quang. Tính toán được tiến hành bằng phương pháp liên tiếp gần đúng theo điện áp của nguồn ngắt U_{ng} và hằng số thời gian điện từ của mạch ngắt T_{dt} . Có thể sử dụng số liệu của kết cấu hiện có, ví dụ đối với công tắc tơ hình 3-13.

a) Lựa chọn hình dáng kết cấu chính của hệ thống từ dập hồ quang, xác định các tham số và kích thước của các chi tiết (theo sự tương tự với những hệ thống hiện có). Khi đó chọn số vòng cuộn dây, tiết diện và kích thước của mạch từ và giá trị khe hở không khí δ_c giữa các cực từ trong vùng chứa tiếp điểm và dập hồ quang.

b) Tính toán mạch từ của hệ thống dập hồ quang cần phải biết cường độ từ trường trong vùng khe hở tiếp điểm và chỗ dập hồ quang. Khi đó phải theo đúng sự hướng dẫn ở trên để chọn cường độ từ trường hợp lý. Xác định sức từ động theo phương trình: $I = 0.5I_{ng}$ (A) (dòng điện giảm từ I_{mg} đến 0).

Ngoài từ trường được tạo ra bởi cuộn dây dập hồ quang còn có từ trường phụ của các chi tiết mạch vòng dẫn điện. Điều đó cần phải tính đến. Xác định cường độ từ trường phụ này bằng các phương pháp sử dụng để tính toán lực điện động trong mạch vòng dẫn điện.

c) Tính và xây dựng quan hệ $H = f(I_{ng})$.

4. Xác định tốc độ chuyển động của hồ quang.

a) Trong khe rộng ($\delta_k > d_{hq}$) nếu các tấm của buồng không ảnh hưởng đến sự di chuyển của hồ quang, khi H là A/cm ta dùng công thức:

$$v_{hq} \approx \sqrt{\frac{I_{hq} \cdot H^2}{(1+0.4H^{0.3})^2}}, \text{ cm/s} \quad (3-23)$$

Trong khe hẹp ($\delta_k < d_{hq}$) dùng công thức:

$$v_{hq} \approx (5 + \delta_k) \sqrt{\frac{10 \cdot H \cdot I_{hq}}{a_k}}$$

Trong đó:

δ_k tính bằng mm

H tính bằng A/cm

$$I_{hq} \approx 0.5I_{ng}$$

5. Xác định đường kính hồ quang theo (3-3 ; 3-4) để kiểm tra lại việc sử dụng công thức tương ứng với giá trị của khe có đúng hay không.

6. Xác định chiều dài tới hạn của hồ quang l_{hqth} khi điều kiện dập hồ quang một chiều đã thỏa mãn. Nghĩa là đặc tuyến tĩnh von-ampe của hồ quang nằm cao hơn đặc tính tải hay tiếp tuyến với nó. Khi đó cần phải lấy chiều dài hồ quang bằng một giá trị nào đó l_x và xây dựng đặc tuyến von-ampe $U_{hq} = f(I_{hq})$ đối với chiều dài này (§3.4.1). Xây dựng đặc tính này với một vài giá trị của dòng điện ngắt, ít nhất là đối với một vài giá trị đặc trưng của dòng điện ngắt tính toán lập thành bảng. Đặc tuyến von-ampe để xác định chiều dài hồ quang có thể tính theo các công thức dưới đây:

a) Với khe rộng $\delta_k > d_{hq}$:

$$U_{hq} = I_{hq} \left[\frac{92}{I_{hq}} + 0,312 \frac{\sqrt{I_{hq}}}{a_k^{2/3}} + 0,373 \sqrt{\frac{v_{hq}^2}{I_{hq}}} \right] \text{ (V)} \quad (3-25)$$

b) Với khe hẹp $\delta_k < d_{hq}$:

$$U_{hq} = I_{hq} \left[\frac{92}{I_{hq}} + 0,312 \frac{\sqrt{I_{hq}}}{a_k^{2/3}} + 7.10^{-4} \sqrt[3]{\frac{v_{hq}^2 \cdot I_{hq}}{I_{hq}}} \right] \text{ (V)} \quad (3-26)$$

Trong đó:

δ_k - tính bằng cm

v_{hq} - cm/s

l_{hq} - cm

Với mạch điện cảm nhỏ có hằng số thời gian

$$T_{dt} = 0 \div 0.01s$$

$$I_{hq} = 0.5I_{ng}, \text{ A}$$

Các công thức chỉ đúng với dòng điện từ 10 đến 2360A.

7. Xác định thời gian dập hồ quang với một vài giá trị đặc trưng của dòng điện ngắt và xây dựng quan hệ thời gian với dòng điện ngắt. Thời gian kéo hồ quang đến chiều dài tới hạn có thể xác định gần đúng theo (3-5). Thời gian đầy đủ dập hồ quang lớn hơn thời gian kéo dài hồ quang đến lúc tắt. Sự

cháy của tia lửa tiếp tục thêm một vài phần trăm giây. Thời gian dập hồ quang ở dòng điện tới hạn cần phải nhỏ hơn 0.1s.

8. Xác định giá trị cực đại của điện áp U_m đặc trưng cho quá điện áp. Giá trị này (có tính dự trữ) cần phải nhỏ hơn điện áp thử nghiệm. Nếu nó lớn hơn điện áp thử nghiệm thì cần phải tính lại để tăng thời gian dập hồ quang lên một ít nhưng không lớn hơn giá trị tới hạn.

9. Xác định các kích thước chủ yếu của buồng dập hồ quang theo I_{th} và I_{th} .

Kích thước xác định, độ lớn của buồng cũng như của toàn bộ khí cụ là khoảng cách từ tiếp điểm đóng ngắt đến phần xa nhất của hồ quang. Kích thước này có thể gần đúng được xác định bằng đỉnh của hồ quang h_{hq} theo (3-6).

10. Ở buồng kín và tần số ngắt lớn cần phải tính nhiệt độ phát nóng của buồng. Để buồng dập không bị phá hủy, nhiệt độ phát nóng của buồng phải nhỏ hơn nhiệt độ phát nóng cho phép.

Nhiệt độ phát nóng của buồng xác định theo biểu thức:

$$\theta = \theta_o + \frac{Z.I_{hq}}{3600.k_t.s_1}$$

Trong đó:

θ_o - nhiệt độ môi trường, °C

Z- số lần đóng ngắt trong một giờ

k_t - hệ số toả nhiệt của thành buồng

$$k_t = 15.10^{-4} \quad J/cm^2.^\circ C$$

s_1 - diện tích bề mặt làm lạnh của buồng. cm^2

J_{hq} - năng lượng hồ quang toả ra

$$J_{hq} = \frac{1}{6} U_0.I_0.t_{hq} + \frac{1}{2}.L.I_0^2$$

§3.4.6. CÁC BIỆN PHÁP KẾT HỢP DẬP HỒ QUANG VÀ TIA LỬA CỦA NÓ

Tia lửa hồ quang và dập tắt nó:

Tia lửa bao quanh hồ quang là khí bị ion hoá phát sáng và có nhiệt độ cao. Sau khi ngắt dòng điện trong mạch và hồ quang bị dập tắt, tia lửa hồ quang còn tiếp tục tồn tại và phát sáng trong suốt thời gian khoảng phần mười, phần

trăm giây. Sự tạo thành hơi kim loại của tiếp điểm đóng ngắt tạo điều kiện duy trì tia lửa. Độ bền cách điện của tia lửa giảm do đó ở khoảng vài chục von có thể dẫn đến sự chọc thủng khoảng trống mà ở điều kiện bình thường với mười nghìn von cũng không bị chọc thủng.

Tia lửa có nhiệt độ cao nên dễ gây ra cháy đặc biệt là ở các chất khí và hơi dễ cháy.

Trong buồng có khe dọc rộng khi ngắt dòng điện lớn hồ quang và tia lửa của nó ra khỏi giới hạn của buồng với khoảng cách lớn. Điều đó dẫn đến tăng kích thước của toàn thiết bị.

Buồng có khe dọc hẹp hạn chế đáng kể kích thước hồ quang và tia lửa của nó. Nhưng không dập được tia lửa ngay cả với buồng có khe dích dắc.

Khi đó dập tia lửa bằng cách dùng dàn dập. Dàn dập thường làm bằng các tấm thép cách điện với nhau và được gắn chặt vào phần trên với buồng có khe hẹp (hình 3-3 i).

Các tấm kim loại đó có tính chịu nhiệt và dẫn nhiệt cao, bề mặt của chúng tiếp xúc với hồ quang lớn, chiều dài đủ lớn nên tia lửa dọc theo các tấm sẽ bị phản ion hoá mạnh. Chiều dài của các tấm dàn dập tia lửa hồ quang phụ thuộc vào giá trị dòng điện ngắt, thường vào khoảng $5 \div 20$ mm, bề dày và khoảng cách giữa các tấm nhỏ hơn so với dàn dập hồ quang xoay chiều (§3.5.3).

Các biện pháp kết hợp dập hồ quang một chiều:

Thường người ta kết hợp các biện pháp dập hồ quang với nhau để nâng cao khả năng ngắt cho thiết bị dập hồ quang

1.Kéo dài cơ khí chiều dài hồ quang, cuộn thổi từ, bố trí các chi tiết mạch vòng dẫn điện để tạo ra lực điện động đẩy hồ quang vào khe rộng (hình 3-3h).

2.Cũng giống như các biện pháp ở mục 1 nhưng ở trong khe hở hẹp (hình 3-3h).

3.Cũng như các biện pháp ở trên nhưng có sử dụng dàn dập tia lửa (hình 3-3i).

§3.5- TÍNH TOÁN GẦN ĐÚNG HỆ THỐNG DẬP HỒ QUANG ĐIỆN XOAY CHIỀU ĐẾN 1000 V

§3.5.1. Một số vấn đề chung.

1. Sự khác nhau cơ bản của việc dập hồ quang điện xoay chiều và một chiều:

Trong hồ quang xoay chiều dòng điện qua trị số không hai lần trong một chu kỳ, khi đó ở vùng katốt độ bền cách điện được phục hồi. Thực nghiệm nhận được khi hồ quang cháy tự do với dòng điện 10 – 1000A thì độ bền điện ở katốt là 30–70V; Khi dập hồ quang bằng dàn dập là 50-70V.

Người ta lợi dụng hiện tượng này để thiết kế thiết bị dập hồ quang sao cho hồ quang bị dập tắt ngay khi dòng điện qua trị số không đầu tiên. Tuy nhiên thường thấy hồ quang không bị dập tắt ngay khi dòng điện qua trị số không đầu tiên. Tuy nhiên thường thấy hồ quang không bị dập tắt ngay tại thời điểm đó.

Khi dòng điện hồ quang qua trị số không ở khu vực hồ quang đồng thời xảy ra hai quá trình liên hệ mật thiết với nhau: một quá trình giúp ta dập hồ quang đó là quá trình phản ion hoá được tăng cường; một quá trình tạo điều kiện cho hồ quang cháy lại đó là quá trình phục hồi điện áp. Đặc trưng cho quá trình thứ nhất là tốc độ tăng cường độ cách điện và đặc trưng cho quá trình thứ hai là tốc độ phục hồi điện áp. Hồ quang xoay chiều được dập tắt hoàn toàn khi thoả mãn điều kiện: quá trình thứ nhất – nghĩa là tốc độ tăng cường độ cách điện phải thắng quá trình thứ hai- là tốc độ phục hồi điện áp (hình 3-13).

Giá trị biên độ của điện áp phục hồi ở tiếp điểm đóng ngắt một cực bằng giá trị biên độ của điện áp ngắt của tiếp điểm và bằng:

$$\begin{aligned} U_{\text{nguồn m}} &= U_{\text{ngắt m}} \\ &= \frac{1.1\sqrt{2}U_{dm}}{\sqrt{3}} k_{sd} \cdot \sin a \end{aligned} \quad (3-26)$$

Trong đó:

- U_{dm} : giá trị hiệu dụng của điện áp định mức
- a : góc lệch pha giữa dòng điện của mạch và điện áp nguồn
- k_{sd} : hệ số sơ đồ được xác định từ sơ đồ của mạch ngắt và của khí cụ

đóng ngắt (phụ thuộc vào số lượng cực của khí cụ). Cụ thể như sau:

- + Ngắt mạch ba pha bằng khí cụ ba cực $k_{sd} = 1.5$
- + Cũng như vậy khi nối đất trung tính nguồn và khí cụ $k_{sd} = 1.0$
- + Ngắt mạch một pha bằng khí cụ hai cực $k_{sd} = 0.865$

+ Cũng như vậy bằng khí cụ một cực $k_{sd} = 1.73$

Tuỳ thuộc vào tính chất của mạch mà quá trình quá độ của điện áp phục hồi có thể là quá trình dao động (hình 3-14b). Ở quá trình không dao động điện áp phục hồi U_{ph} không lớn hơn giá trị biên độ điện áp ngắt của nguồn cung cấp ($U_{ph.m} < U_{ng.m}$). Ở quá trình dao động điện áp phục hồi thực tế không vượt quá $2U_{ng.m}$ ($U_{ph.m} < 2U_{ng.m}$)

Do đó việc dập hồ quang ở quá trình dao động nặng nề hơn. Vì vậy trong thiết kế người ta tìm mọi biện pháp để đưa hồ quang xảy ra ở quá trình dao động về quá trình không dao động.

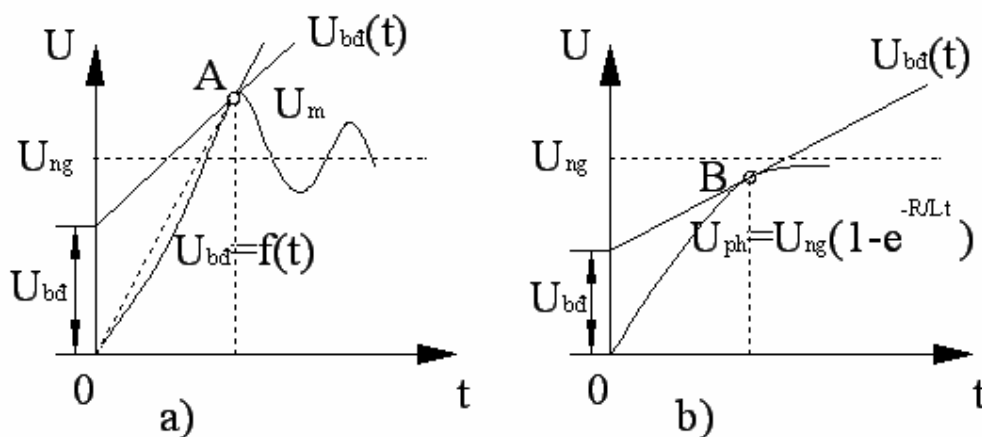
Tốc độ trung bình của điện áp phục hồi ở quá trình dao động bằng:

$$\frac{dU_{ph}}{dt} = 2k_{bd} \cdot f_o \cdot U_{ng} \quad (3-27)$$

Hình 3_14: Điều kiện dập hồ quang

a_ quá trình dao động của điện áp phục hồi

b_ quá trình không dao động của điện áp phục hồi.



Giá trị các đại lượng trong biểu thức này được xác định như sau:

a) Hệ số biên độ (theo kinh nghiệm) đối với hồ quang cháy tự do:

$$K_{bd} = \frac{U_{ph.m}}{U_{ng}} = 1 + e^{-0,0003 \cdot f_0} \quad (3-28)$$

b) Tần số riêng của mạch được xác định như sau :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \text{Hz} \quad (3-29)$$

Trong đó :

L _điện cảm mạch ngắt(Henri)

C _điện dung mạch ngắt (Fara)

Trong các trường hợp khác nhau giá trị tần số riêng sẽ khác nhau.

Đối với hệ thống khi ngắt động cơ (đến 50 KW). Giá trị f_0 phụ thuộc vào công suất định mức của động cơ điện P_{dm} (KW) và điện áp định mức của hệ thống U_{dm} (V) ;

$$f_0 = \frac{380}{U_{dm}} (A + B \cdot P_{dm}^{\frac{3}{4}}) \quad \text{Hz} \quad (3-30)$$

Với hệ thống cáp : $A = 8000, B = 2100$;

Với hệ thống không khí : $A = 15000, B = 3000$;

Đối với cuộn dây điện từ xoay chiều (bằng dây quấn thường) giá trị f_0 có thể được xác định gần đúng theo công thức kinh nghiệm sau :

$$f_0 = \frac{6,5 \cdot 10^6}{W} \sqrt{\frac{1+100\delta}{S}} \quad \text{Hz} \quad (3-31)$$

W _số vòng cuộn dây .

l _chiều dài trung bình đường sức từ ; cm

S _tiết diện ngang mạch từ ,cm²

δ _khe hở không khí trong mạch từ ,cm

2. Độ mở tiếp điểm :

Giá trị độ mở tiếp điểm khi dập hồ quang xoay chiều 1000V thường không có vai trò quan trọng như ở một chiều. Bởi vì trong phần lớn các trường hợp dập hồ quang xoay chiều không nguy hiểm và dòng điện tới hạn có trong các mạch phụ tải cần khí điện áp cao hơn 500 V.

Nếu chọn độ mở tiếp điểm lớn sẽ làm tăng năng lượng toả ra từ hồ quang và chiều dài hồ quang lớn. Mặt khác tăng độ mở tiếp điểm làm phức tạp hoá kết cấu của khí cụ. Vì vậy một cách hợp lý nên chọn độ mở không lớn.

Thực tế giá trị độ mở từ 0,3 đến 1-2 mm ở 50Hz có thể dập hồ quang một cách dễ dàng, đặc biệt ở dòng điện nhỏ dập hồ quang chủ yếu là do độ bền phục hồi điện ban đầu của khoảng trống hồ quang cao.

Tuy nhiên không nên chọn độ mở tiếp điểm nhỏ quá vì tránh sự đóng lặp lại của tiếp điểm. Hơn nữa, vì khi ngắt dòng điện giữa các tiếp điểm có thể tạo ra cầu nối bằng kim loại bị nóng chảy.

Khi lựa chọn độ mở tiếp điểm có thể sử dụng những số liệu thực nghiệm ở một chỗ ngắt của mạch dòng điện khi không có cuộn thoi từ và hồ quang cháy tự do như sau :

- 1) Với phụ tải thuần trở, điện áp đến 500V, tần số 50Hz, hồ quang bị dập tắt ở thời điểm dòng điện quá trị số không đầu tiên khi độ mở nhỏ đến 0.5mm.
 - 2) Với phụ tải cảm, điện áp 220V cũng chọn độ mở nhỏ đến 0.5mm.
 - 3) Cũng như vậy khi điện áp 380-660, dòng điện nhỏ, đến dòng tới hạn
 - 4) Với phụ tải cảm, điện áp 380-660, dòng điện lớn hơn giá trị đã nêu ở mục 3 cần độ mở lớn đáng kể.
- Ví dụ với công tắc tơ điện tử 500V, độ mở không được nhỏ hơn 8mm.
- 5) Theo sự nghiên cứu của tác giả Sờ-Ma-Gi đối với công tắc tơ 380V, 50Hz, dòng điện định mức từ 100 đến 600A độ mở cần thiết vào khoảng 6-11mm.

6) Khi ngắt dòng điện lớn trong buồng dập hồ quang, chất khí bị ion hoá ra khỏi vùng giữa các tiếp điểm rất chậm, nên có thể tăng độ mở để tránh hồ quang cháy lặp lại ở điện áp 380V và đặc biệt ở 660V.

7) Có thể sử dụng một vài số liệu về độ mở tiếp điểm và khả năng đóng ngắt của nó được nêu trong 3.4.3.

3. Số liệu kỹ thuật cho trước :

Để tính toán các tham số hệ thống dập hồ quang xoay chiều cần phải cho trước số liệu sau :

U_{ng} - điện áp cực đại của nguồn cung cấp, V (giá trị hiệu dụng)

φ_0 - góc lệch pha ban đầu của dòng điện và điện áp

f - tần số nguồn cung cấp, Hz.

f_0 - tần số riêng của mạch ngắt, Hz

Hệ số sơ đồ k_{sd} (xem 3-26)

Z - số lần ngắt của khí cụ trong một giờ.

L - điện cảm mạch ngắt, xác định theo công thức:

$$L = \frac{U_{dm} \cdot \sin \varphi_0}{I_{ng} \cdot \omega} = \frac{U_{dm}}{I_{ng} \omega} \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_0} \quad (3-32)$$

Trong đó : $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$; 1/s

§.3.5.2 DẬP HỒ QUANG XOAY CHIỀU CHẠY TỰ DO CÓ 2

CHỖ NGẮT:

Lĩnh vực sử dụng :

Phương pháp dập hồ quang hai chỗ ngắt của mạch xoay chiều thường được sử dụng đối với mạch ngắt 220V-380V, 50-500 Hz, để dập hồ quang người ta sử dụng chi tiết móc sắt (hình 3-3c) và tấm đệm (hình 3-3d) cũng như giá tiếp điểm

Hình chữ U (hình 3-3a).

Yếu tố chính để dập hồ quang xoay chiều cháy tự do là độ bền phục hồi điện ban đầu U_{ph} của vùng gần katốt và số chỗ ngắt n của mạch dòng điện.

Để có hai chỗ ngắt của mạch dòng điện người ta dùng tiếp điểm cầu là đơn giản hơn cả, khi đó $n = 2$.

Độ bền phục hồi điện :

Độ bền phục hồi điện của khoảng trống giữa các tiếp điểm khi dập hồ quang xoay chiều cháy tự do có nhiều chỗ ngắt được xác định theo công thức thực nghiệm sau :

$$U_{ph} = U_{ph}^0 + k_t \cdot t ; V$$

Trong đó :

U_{ph}^0 _độ bền phục hồi ban đầu ở thời điểm dòng điện xoay chiều qua trị số không xác định từ đường cong thực nghiệm $U_{ph} = f(t)$;

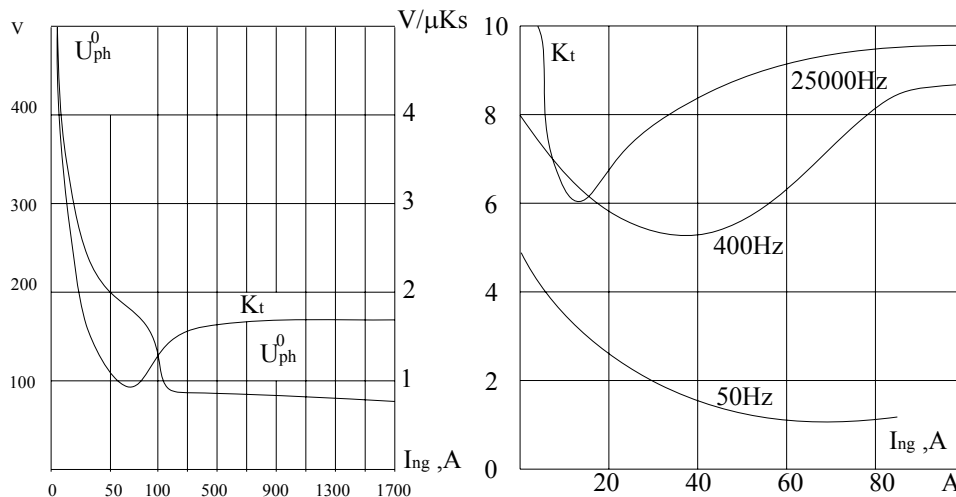
k_t _tốc độ tăng độ bền phục hồi; V/s.

Trên hình 3-15 biểu diễn quan hệ :

$$U_{ph}^0 = f(I_{ng}) ;$$

Và $k_t = f(I_{ng})$ đối với tiếp điểm làm bằng đồng . Đối với tiếp điểm làm bằng vật liệu khác độ bền phục hồi ban đầu sẽ lớn hơn hay nhỏ hơn giá trị của tiếp điểm bằng đồng , chủ yếu nó phụ thuộc vào tính dẫn nhiệt của kim loại . Ví dụ bạc có giá trị lớn, sắt có giá trị nhỏ .

Tốc độ bền phục hồi còn phụ thuộc vào tần số (hình 3-16)



Hình 3-15 : sự phụ thuộc độ bền phục hồi ban đầu và tăng độ bền vào dòng

Hình 3-16: Tốc độ tăng độ bền phục hồi (V/μs) vào

dòng điện ngắt (hồ quang cháy tự do
cấp
(tiếp điểm đồng) .

điện ngắt ở tần số cung
khác nhau (tiếp điểm
đồng)

Hệ số β_t tính đến ảnh hưởng của vật liệu tiếp điểm lên độ tăng U_{ph}^0

Giá trị β_t trong bảng 3-2 .

Tần số nguồn Hz	Đồng	Bạch	Bạc	COK15	CB-50	CH40	CT3	Trạng thái tiếp điểm
50	1,0	0,8	2,2	2,0	1,6	2,0	0,7	Bị cháy
	1,0	1,0	3,3	6,0	1,6	3,2	0,7	
2500	1,0	1,3	1,1	1,5	1,4	1,2	1,5	- -

Chiều dài hồ quang một chỗ ngắt l_{hq}^0 được tính theo (3-1) hay (3-2) với tốc độ tiếp điểm cho trước V_{td} và xác định theo (3-16) –(3-18) với tốc độ chuyển động của hồ quang (điểm A hình 3-3) .Khi dòng điện đến 80A chiều dài hồ quang một chỗ ngắt cần phải lấy bằng độ mở cuối cùng của tiếp điểm δ_{tdc}

Nếu độ mở nhỏ hơn 1cm thì l_{hq}^0 cần phải lấy bằng 1cm ,vì sự làm lạnh hồ quang xảy ra gần kim loại tiếp điểm , đảm bảo sự tăng độ bền khoảng trống hồ quang như khi chiều hồ quang bằng 1cm.

Nếu thay biểu thức (3-17) và (3-18) vào biểu thức (3-1) ta có đối với dòng điện 80-200A :

$$l_{hq}^0 = \sqrt{\delta_{td}^2 + \frac{40,5.I_{ng}^2 t^2}{\delta_{td}}} ; \text{ cm} \quad (3-34)$$

đối với dòng điện lớn hơn 200A :

$$l_{hq}^0 = \sqrt{\delta_{td}^2 + 12.300 I_{ng}^{2/3} t^2} ; \text{ cm} \quad (3-35)$$

Trong các công thức này :

$$\delta_{td} = v_{td} . t \quad (3-36)$$

Là độ mở tiếp điểm bằng tích số tốc độ tiếp điểm và thời gian mà trong suốt thời gian đó độ mở đạt được giá trị cuối δ_c ; thời gian t chọn sơ bộ theo giá trị dòng điện ngắt và các yếu tố khác . Thường có thể chọn một nửa chu kì dòng điện hay một vài nửa chu kì nhưng không được lớn hơn 0.1s .

Điện trở hồ quang :

Giá trị trung bình R_{hq}^0 của điện trở hồ quang trên một cm chiều dài hồ quang có thể biểu diễn theo công thức kinh nghiệm :

$$R_{hq}^0 = 0.015 + \frac{14.200}{I_{ng}^2} , \Omega / \text{ cm} \quad (3-37)$$

Điện trở toàn bộ của hồ quang ở 1 cực (pha) của khí cụ :

$$R_{hq} \approx R_{hq}^0 . n . l_{hq}^0 , \Omega \quad (3-38)$$

n - số chỗ ngắt của mạch trên 1 cực.

l_{hq}^0 - chiều dài hồ quang trên 1 chỗ ngắt.

Nhiệm vụ tính toán :

Để dập hồ quang xoay chiều cháy tự do khi dòng điện qua trị số không đầu tiên cần phải xác định số chỗ ngắt đầy đủ của mạch ở mỗi cực (phụ lục) của khí cụ .

Số liệu kỹ thuật cho trước :

Ngoài số liệu đã cho trong bài 3.5.1 còn thêm các số liệu sau : vật liệu và chiều rộng tiếp điểm , được xác định khi thiết kế hệ thống tiếp điểm ; tốc độ của tiếp điểm cho trong bài 3.4.2.

Trình tự tính toán :

1. Xác định độ mở tiếp điểm (bài 3.4.3; 3.5.1)

2. Xác định số chỗ ngắt đặc tính không dao động của điện áp phục hồi theo công thức kinh nghiệm :

$$k \geq \frac{k_{dm} \cdot U_{dm} - A(1 + \ln \frac{k_{dm} \cdot U_{dm}}{A})}{U_{ph}^0 + 0,34k_{dm} \cdot l_{hq}^0 \cdot R_{hq}^0 \cdot I_{ng}} \quad (3-39)$$

Trong đó :

- U_{ph}^0 độ bền phục hồi ban đầu ở thời điểm dòng điện qua trị số 0, xác định theo hình 3-15.

- R_{hq}^0 xác định theo công thức (3-37)

- l_{hq}^0 xác định theo (3-34) và (3-35)

Các hệ số còn lại có giá trị như sau :

a) Hệ số định mức :

$$k_{dm} = 0,9k_{sd} \cdot \sqrt{1 - \cos \rho_0} \quad (3-40)$$

Trong đó :

- ρ_0 góc lệch pha ban đầu của dòng điện và điện áp (khi tiếp điểm đóng)

- k_{sd} xem (bài 3.5.1)

$$b) \quad A = \frac{k_t \cdot \beta_t \cdot L}{M_0} \quad (3-41)$$

Trong đó :

- k_t xác định theo hình 3-15

- β_t xác định theo bảng 3-2

- L xác định theo bảng (3-32)

c) M_0 - tốc độ cực đại của điện áp phục hồi ở quá trình không dao động

Đối với dòng điện từ 100 đến 3600A xác định M_0 theo công thức kinh nghiệm :

$$M_0 = 0,8 \cdot 10^{-5} + \frac{2,5}{I_{ng}^2} \text{ H/cm} \cdot \mu s \quad (3-42)$$

3. Kiểm tra quá trình không dao động theo biểu thức :

$$f_0 \geq \frac{M_0 \cdot n_k \cdot 10^6}{\pi \cdot L} \quad (3-43)$$

Trong đó f_0 xác định theo (3-29);(3-30);(3-31)

Khi điều kiện này thỏa mãn thì số chỗ ngắt của hệ thống tiếp điểm của khí cụ bằng n_k . Nếu tính ra là phân số thì phải lấy tròn.

4. Nếu điều kiện (3-43) không thỏa mãn thì tính toán số chỗ ngắt theo đặc tính dao động của điện áp phục hồi bằng công thức kinh nghiệm :

$$n_{dd} \geq \frac{1,8U_{dm}}{0,62 \cdot I_{ng} \cdot I_{hq}^0 \cdot R_{hq}^0 + \frac{2 \cdot U_{ph}^0 \cdot f_0 + k_t \cdot \beta_t \cdot 10^6}{f_0 \cdot k_b \cdot k_{sd} \cdot \sqrt{1 - \cos \rho_0}}}$$

Trong đó k_b xác định theo công thức (3-28)

§.3.5.3. DẬP HỒ QUANG XOAY CHIỀU TRONG BUỒNG KIỂU DÀN DẬP:

Lĩnh vực sử dụng :

Khi dòng điện định mức lớn hơn 100A , 1000V việc dập hồ quang ở hai chỗ ngắt của mạch dòng điện không đảm bảo độ tin cậy ngay cả khi số lần ngắt trong 1 giờ nhỏ. Khi đó người ta dập hồ quang xoay chiều trong buồng có dàn dập làm từ những lá thép (hình 3-3 e).

Buồng kiểu dàn dập cho ta khả năng rút ngắn đáng kể chiều dài hồ quang và dập nó trong thể tích nhỏ do đó phát sáng ít và âm thanh bị hạn chế. Do đó nó được sử dụng rộng rãi trong công tắc tơ làm việc ở chế độ nhẹ (đến 600 lần trong 1 giờ) và ở aptomat, cầu dao có tần số thao tác không lớn.

Khi ngắt mạch hồ quang xuất hiện giữa các tiếp điểm sẽ bị kéo vào dàn dập do lực điện động và lực khí động. Yếu tố chính để dập hồ quang xoay chiều trong dàn dập là độ bền phục hồi U_{ph}^0 ở vùng gần katốt của mỗi khoảng trống hồ quang giữa các tấm và số khoảng trống này n.

Độ bền phục hồi :

Sự phụ thuộc độ bền phục hồi U_{ph} của mỗi khoảng trống hồ quang trong giàn dập vào thời gian t có thể biểu diễn theo công thức kinh nghiệm :

$$U_{ph} = U_{ph}^0 + k_t \cdot t \quad (3-45)$$

Trong đó :

$-U_{ph}^0$ theo (3-33)

$-k_t$ tốc độ tăng độ bền v/s .

Khi xác định các tham số của dàn dập làm bằng các tấm thép ,sử dụng các quan hệ $v_{ph}^0 = f(n)$ và $k_t = f(n)$ trên hình : 3-17. Các quan hệ này phi tuyến là do tốc độ chuyển dịch của hồ quang giữa các tấm dàn dập riêng biệt là khác nhau . Khi đó lực điện động đẩy hồ quang chuyển động lên phía trên bị hạn chế .

Giá trị U_{ph}^0 và k_t có thể biểu diễn bằng các công thức kinh nghiệm :

Hình 3-17

Sự phụ thuộc độ bền điện ban đầu và tốc độ tăng độ bền vào số quãng ngắt của mạch dòng điện .

$$\left. \begin{aligned} U_{ph}^0 &= U_t^0 \times \sqrt{n - 0,6} \\ U_t^0 &= (0,72 + 0,72 \times \delta_t) \end{aligned} \right\} \quad (3-46)$$

$$k_t = k_t^0 \times \sqrt{n - 0,6} \quad (3-47)$$

Trong đó :

$$k_t^0 = \frac{\left[820 + \delta_t^2 (\sqrt{I_{ng}} - 5,7) \right] \sqrt{\Delta t} \cdot 10^6}{2 \sqrt{I_{ng}} (40 + \sqrt{T - 273})}$$

Trong đó :

- $\Delta t, \delta_t$: Bề dày tấm và khoảng cách giữa các tấm , mm

-T nhiệt độ của tấm dàn dập xác định theo kinh nghiệm

$$T = 293 + 0,018 \times I_{ng} \times \sqrt{Z} \quad ; \quad ^0K \quad (3-48)$$

-Z tần số đóng cắt trong một giờ.

Số liệu kĩ thuật cho trước.

Ngoài số liệu đã cho trong §.3.5.1 cần có thêm những số liệu sau:

1. Vật liệu các tấm (thường được làm bằng thép ít carbon; các tấm đúc bằng khuôn mạ một lớp đồng để bảo vệ chống rỉ).
2. Bề dày tấm, thường: $\Delta_t = 1 \rightarrow 5$ mm.
3. Khoảng cách giữa các tấm δ_t lớn hơn 2 mm.

Trình tự tính toán:

1. Xác định số lượng các tấm ở đặc tính không dao động của điện áp phục hồi theo công thức kinh nghiệm:

$$n_{tk} \geq 0,6 + \left(\frac{k_{dm} \cdot U_{dm} - k_2 (1 + \ln \frac{k_{dm} \cdot U_{dm}}{k_q})}{U_{ph}^0 + 0,35 U_{ph}^0 \cdot k_{dm}} \right) \quad (3.49)$$

Các hệ số có giá trị như sau:

- k_{dm} theo (3.40)

$$- k_2 = \frac{L \cdot I_{ng}^2 \cdot k_t^0}{1300}$$

- k_t^0 theo (3.47)

- L theo (3.32)

- U_{ph}^0 theo (3.45)

- U_{hq}^0 điện áp hồ quang của một khoảng trống:

$$U_{hq}^0 = (110 + 0,003 I_{ng})(0,7 + 0,04 t) \quad (3.51)$$

Điện áp hồ quang nhỏ nhất của toàn bộ các khoảng trống:

$$U_{hq} = U_{hq}^0 \cdot \sqrt{n - 0,6} \quad (3.52)$$

2. Kiểm tra điều kiện xảy ra quá trình không dao động của công thức:

$$f_0 > \frac{415\sqrt{n_{tk} - 0,6}}{L.I_{ng}^2} \quad (3-53)$$

Ở đây f_0 xác định theo 3.29 và 3.31.

Nếu điều kiện này được thoả mãn thì số tấm được lấy bằng n_{tk} cộng thêm một vài tấm dự trữ.

3. Nếu điều kiện 3.53 không thoả mãn thì số tấm dàn dấp được tính với đặc tính dao động của điện áp phục hồi theo công thức kinh nghiệm:

$$n_{td} \geq 0,6 + \left(\frac{k_1 \cdot k_{dm} \cdot U_{dm}}{k_t^0 + 2f_0 U_{ph}^0 + 0,35k_1 k_{dm} \cdot U_{hq}^0} \right)^2 \quad (3-54)$$

Trong đó:

- Hệ số k_1 được xác định theo: $k_1 = 2f_0 k_{bd}$
- k_{bd} được xác định theo 3.28
- f_0 theo 3.29 và 3.31
- k_{dm} theo 3.40
- k_t^0 theo 3.47

4. Thực tế thời gian dập hồ quang trong dàn dấp có thể lớn hơn một nửa chu kỳ do các phần hồ quang đi vào dàn dấp không đồng thời, nhưng phải nhỏ hơn hai nửa chu kỳ. Vì vậy người ta thường tăng số lượng khoảng trống giữa các tiếp điểm lên một ít so với tính toán là hợp lý.

5. Xác định chiều dài nhỏ nhất của các tấm: chiều dài của tấm phải xác định sao cho sau thời gian dập hồ quang, hồ quang không đi ra khỏi giới hạn của buồng. Chiều dài nhỏ nhất của tấm được xác định theo:

3.55

6. Xác định các kích thước chủ yếu của buồng dập.

Các công thức tính toán nêu ở trên chỉ đúng với điều kiện hồ quang đi vào dàn dấp một cách dễ dàng. Muốn hồ quang vào dàn dấp dễ và để rút ngắn thời gian dập hồ quang làm giảm sự cháy xén của các tấm, thì ta cần phải:

a) Các tấm phải làm bằng thép để tạo lực điện động kéo hồ quang vào giữa các tấm.

b) Chỗ mở của các tấm làm hình chữ V. Cần đặt các tấm sao cho khi hồ quang đi vào dần dập bị phân ra làm nhiều hồ quang ngắn.

c) Khoảng cách giữa các tấm δ_t lấy lớn hơn 2 mm.

d) Các tấm cuối nối với tiếp điểm đóng ngắt.

Để ngăn ngừa hồ quang rơi trên các tấm và giữ lại ở đó người ta làm các lỗ dọc và để làm căng phẳng áp lực khí trong dần dập người ta làm các lỗ hổng trong các tấm.

§.3.5.4- DẬP HỒ QUANG XOAY CHIỀU TRONG BUỒNG CÓ KHE DỌC, TỪ TRƯỜNG THẲNG.

Lĩnh vực sử dụng:

Dập hồ quang xoay chiều trong buồng có khe dọc từ trường ngang được sử dụng khi dòng điện định mức lớn (từ trăm A) làm việc ở chế độ nặng (lớn hơn 600 lần đóng trong 1 giờ), thường dùng ở contactor và aptomat.

Đặc điểm dập hồ quang xoay chiều trong buồng có từ trường ngang:

Dập hồ quang có thể xảy ra trong 2 trường hợp phụ thuộc vào thời điểm ngắt tiếp điểm:

a) Hồ quang bị dập tắt ngay khi dòng điện xoay chiều qua trị số không (đã nghiên cứu ở trên).

b) Hồ quang bị dập tắt trong khoảng giữa 2 lần qua không liên tiếp của dòng điện; thời điểm xấu nhất là điểm giữa của nửa chu kỳ hình sin.

Trong trường hợp 2 quá trình dập hồ quang xoay chiều xảy ra cũng như ở 1 chiều, tuy nhiên cần phải chú ý đến những đặc điểm sau:

- Tính theo giá trị biên độ của dòng điện và điện áp hồ quang.
- Trong hệ thống điện từ dập hồ quang xuất hiện hao tổn năng lượng trong thép do dòng điện xoáy và từ trễ.
- Loại tổn hao này làm tăng nhiệt độ tiếp điểm và các chi tiết khác.
- Cần phải tính lực điện động trung bình tác dụng lên hồ quang nhỏ hơn 1 chiều khoảng 2 lần, với điều kiện giá trị hiệu dụng dòng xoay chiều bằng dòng 1 chiều (không tính đến hao tổn trong hệ thống điện từ).

Thời gian dập hồ quang:

Thời gian đầy đủ dập hồ quang gồm ba thành phần: $t_d = t_b + t_c + t_d$

- t_b : thời gian từ lúc bắt đầu ngắt tiếp điểm cho đến khi hồ quang xuất hiện ở khoảng trống giữa các tiếp điểm, nghĩa là khi giữa các tiếp điểm đứt cầu kim loại nóng chảy và tạo ra khoảng trống giữa chúng, đủ để hồ quang đi tự do vào buồng. Ví dụ ở khởi động từ khoảng 0,01 đến 0,02 s.

- t_c : thời gian hồ quang cháy phụ thuộc tham số mạch ngắt và buồng dập hồ quang.

- t_d : thời gian dập hồ quang, thường vào khoảng vài phần nghìn giây.

Nhiệm vụ tính toán :

Cần xác định 2 tham số sau khi dập hồ quang xoay chiều trong buồng có khe dọc từ trường ngang đối với một vài giá trị dòng điện ngắt, ít nhất là đối với các giá trị đặc trưng (dòng điện xung kích, định mức và dòng tới hạn, §.3.1.2)

- Thời gian dập hồ quang, có thể nhỏ bằng 2, 3 nửa chu kỳ nhưng có thể lớn (không lớn hơn 0,1 s).

- Chiều dài hồ quang. Theo chiều dài hồ quang ở giá trị dòng điện tới hạn xác định kích thước của buồng.

Số liệu kỹ thuật cho trước:

Ngoài những số liệu đã cho trong §.3.3.1 cần có thêm những số liệu sau:

- Vật liệu và chiều rộng tiếp điểm (được xác định khi thiết kế hệ thống tiếp điểm).

- Tốc độ ngắt tiếp điểm v_{ng} chọn sơ bộ giống như một chiều §.3.4.2.

Trình tự tính toán:

1. Lựa chọn hình dạng buồng dập hồ quang (số chỗ ngắt của mạch dòng điện), chiều rộng khe hở không khí, chiều dài sơ bộ sừng dập hồ quang.

2. Xác định các giá trị:

a) Điện cảm L theo 3.32

b) Tần số riêng f_0 của mạch ngắt theo 3.29 và 3.31

3 .Xác định sơ bộ giá trị dòng điện xung kích:

Dựa vào biểu thức 3.34 và 3.35 có thể xác định giá trị dòng điện ngắt

khi chiều dài hồ quang l_{hq}^0 (ở một chỗ ngắt) bằng khoảng cách giữa các tiếp điểm khi ngắt sau thời gian t_0 .

Giá trị dòng điện xung kích lấy lớn hơn giá trị dòng điện ngắt tính toán.

4. Lựa theo kết cấu có sẵn, lựa chọn hình dáng kết cấu chính của hệ thống từ đập hồ quang và xác định các kích thước của chúng.

Khác với hệ thống từ một chiều, mạch từ xoay chiều làm bằng các tấm thép kỹ thuật điện để giảm tổn hao do dòng điện xoáy và từ trễ.

Tính toán mạch từ của hệ thống từ đập hồ quang là xác định cường độ từ trường cần thiết trong khu vực độ nở tiếp điểm là trong khu vực đập hồ quang. Tính toán này cũng tiến hành bằng một trong những phương pháp tính toán thông thường của mạch xoay chiều. Cần chú ý khi cuộn dây dòng điện nối tiếp tính theo cường độ từ trường không đổi.

Giá trị cường độ từ trường H hay tỉ số M/I được xác định như trong §.3.4.5 nhưng cần chú ý những đặc điểm đập hồ quang xoay chiều đã nêu ở trên. Tính toán tiến hành bằng phương pháp liên tiếp gần đúng.

Ngoài cường độ từ trường được tạo ra do cuộn dây đập hồ quang còn có cường độ từ trường của các chi tiết mạch vòng dẫn điện (xem mục 5 ở dưới).

5. Xác định tốc độ chuyển động trung bình của hồ quang trong khe của buồng theo công thức kinh nghiệm:

$$v_{hq} \approx 5 \sqrt{I_{hq} \left(H - 0,06 \frac{I_{hq}}{\delta_k} \right)} \quad (\text{cm/s}) \quad (3.56)$$

Giá trị dòng điện hồ quang I_{hq} lấy gần đúng bằng giá trị hiệu dụng của dòng điện ngắt. H là tổng cường độ từ trường trung bình tạo ra bởi dòng điện trong cuộn dây thổi từ và trong mạch vòng dẫn điện của khí cụ ở I_{ng} .

6. Xác định đường kính hồ quang theo 3.3 hay 3.4 để kiểm tra việc sử dụng công thức khe hẹp hay khe rộng đúng không?

7. Xác định đặc tính quá trình phục hồi điện áp:

$$f_0 \geq \frac{\frac{dU_{ph}}{dt}}{\pi L} = \frac{18000}{\pi L I_{ng}} = \frac{18000}{U_{dm} \cdot \sin \varphi_0} \quad (3.57)$$

Nếu f_0 lớn hơn thì quá trình đó là quá trình không dao động. Thường

dập hồ quang xoay chiều trong buồng khe dọc từ trường ngang là quá trình không dao động.

8. Tính thời gian hồ quang cháy theo quá trình không dao động của điện áp phục h

$$t_c = \frac{U_{dm}}{3K_{hq}V_{hq}} \left\{ \sqrt{\frac{k_{dm} \cdot U_{dm}^2}{U_{ph}^2 + A(1 + \ln \frac{K_{dm} \cdot U_{dm}}{A_o})}} - \sin \varphi_o - \cos \varphi_o \right\} \quad (3.58)$$

Trong đó:

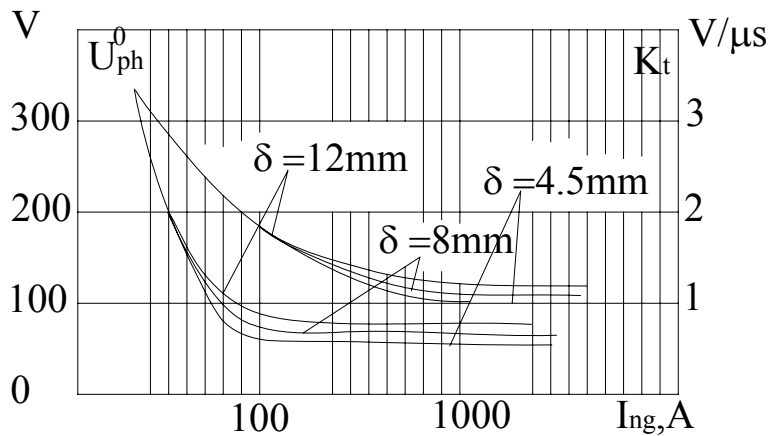
- t_0 tính bằng s.
- U_{dm} tính bằng V.
- E_{hq} tính theo 3.2 hay 3.24 – V/cm.
- V_{hq} theo 3.56 – cm/s.
- U_{ph}^0 theo hình 3.18 – V.

$$- k_{dm} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot k_{sd} \cdot \sin \varphi_o \quad (3-59)$$

$$- A_o = \frac{k_t \cdot L \cdot 10^6}{\frac{dU_{ph}}{dt}} = \frac{55,6 \cdot k_t \cdot U_{dm} \cdot \sin \varphi_o}{\omega} \quad (3-60)$$

$$\omega = 2\pi f$$

- k_t : xác định theo hình 3.18



Hình 3.18: Sự phụ thuộc U_{ph}^0 và k_t vào dòng điện ngắt đối với giá trị k khác nhau.

Nếu tính toán t_0 ra một số không thật thì điều đó có nghĩa là t_0 nhỏ hơn 1 nửa chu kỳ.

($t_0 < 0,01$ s khi $f = 50$ Hz)

9. Xác định giá trị gần đúng thời gian dập hồ quang

$$t_d = t_b + t_c + t_d$$

gần đúng thường lấy: $t_0 = 0.01 \div 0.02$ s

10. Chiều dài hồ quang có thể tính theo (3-1) khi

$$\delta_{td}^2 \ll 9h^2 \text{ thì :}$$

$$l_{hq} = 3v_{hq} \cdot t_c \quad (3-51)$$

chỗ xa nhất của hồ quang xác định sơ bộ:

$$h_{hq} = l_{hq} / \pi \quad (3-52)$$

11. Xác định các tham số chủ yếu của buồng dập hồ quang (tham khảo một chiều Đ3.4.5)

12. ở buồng kín và tần số ngắt lớn cần tính nhiệt độ phát nóng của buồng.

CHƯƠNG 4

CƠ CẤU TRONG KHÍ CỤ ĐIỆN

§4.1 – CÁC ĐẶC ĐIỂM CỦA CƠ CẤU KHÍ CỤ ĐIỆN. CÁC SỐ LIỆU BAN ĐẦU. NHIỆM VỤ VÀ TRÌNH TỰ THIẾT KẾ.

I - ĐẶC ĐIỂM CỦA CÁC CƠ CẤU KHÍ CỤ ĐIỆN.

Khác với cơ cấu của các máy điện quay, các cơ cấu của khí cụ điện thường chuyển động trong một giới hạn dọc hạn chế bởi các cỡ chặn (chốt định vị).

Khi nghiên cứu chuyển động của các cơ cấu khí cụ điện, cần phải khảo sát hai quá trình khác biệt nhau là quá trình đóng và quá trình ngắt của chúng.

Trong quá trình đóng của khí cụ điện, lực chuyển động phải thắng được các lực cản trở chuyển động, trong số đó có cả những lực cản có ích (ví dụ: lực ép tiếp điểm thông đóng).

Trong quá trình ngắt của khí cụ điện, các lực cản (phản lực) của quá trình đóng lúc này trở thành phản lực chuyển động. Ví dụ: phản lực lò xo nhả, lò xo tiếp điểm thông mở và trọng lượng phần động. Còn các lực ma sát ở các khớp động, lực cản của môi trường và lực quán tính đều là lực cản trong cả hai quá trình đóng và ngắt.

II – CÁC YÊU CẦU CƠ BẢN ĐỐI VỚI CƠ CẤU CỦA KHÍ CỤ ĐIỆN.

1. Cơ cấu phải bảo đảm trị số cần thiết của các thông số động học của cơ cấu chấp hành như : hành trình, góc quay và thông thường trong khí cụ điện đóng ngắt là độ mở và độ lún của tiếp điểm.

2. Lực chuyển động của cơ cấu cần bảo đảm việc đóng và ngắt của cơ cấu chấp hành (là hệ thống tiếp điểm trong khí cụ điện đóng ngắt) khi khí cụ điện làm việc ở chế độ định mức và cả chế độ nặng nhất (khi có ngắn mạch).

3. Tốc độ cơ cấu chấp hành cần phải đảm bảo việc thực hiện được chức năng của nó. Nghĩa là, khi đóng mạch tốc độ chuyển động của tiếp điểm động phải đủ lớn để giảm nhỏ thời gian cháy của hồ quang. Nhưng tốc độ này cũng không được quá lớn để tránh sự va đập và rung động dẫn đến hỏng hệ thống tiếp điểm. Khi ngắt mạch, tốc độ chuyển động của tiếp điểm động cũng phải đủ lớn để đảm bảo dập hồ quang sau một thời gian yêu cầu.

4. Cơ cấu cần đảm bảo thời gian tác động của các khí cụ điện ở các mức cần thiết. Ví dụ : ở phần lớn khí cụ điện điều khiển tự động, thời gian đóng(thời gian tác động) và thời gian ngắt (thời gian nhả) cần phải nhỏ đến mức có thể được. Nhưng ở một vài loại khí cụ điện khác như rơ- le thời gian thì ngược lại, các thời gian này không cần nhỏ mà cần điều chỉnh được trong một dải rộng một cách chính xác và ổn định. Còn ở khí cụ đóng ngắt, cơ cấu phải đảm bảo sau một thời gian cần thiết hồ quang phải được dập tắt.

5. Trong nhiều trường hợp, cơ cấu cần có phần tử chống va đập (gọi là bộ hoãn xung) để tiêu thụ động năng của phần động khi phần động chuyển động hết hành trình của nó. Các bộ hoãn xung này có tác dụng hạn chế lực va

đập, lực rung động xung kích. Sự va đập làm tăng sự mài mòn và làm hỏng các chi tiết của khí cụ điện. Đối với khí cụ điện đóng ngắt, sự rung động do va đập không những làm tăng sự mài mòn tiếp điểm mà còn dẫn đến tiếp điểm bị đóng ngắt lặp lại và bị cháy xém, hàn dính do xuất hiện lại hồ quang.

6. Các khâu, các bộ phận của cơ cấu cần có đủ độ cứng và độ bền để chịu được sự tác động của cả lực xung kích lớn trong chế độ làm việc nặng nhất của khí cụ điện.

7. Cơ cấu cần phải làm việc tin cậy, đủ độ chính xác cần thiết, kết cấu và công nghệ chế tạo đơn giản. Lắp ráp, sửa chữa, kiểm tra, vận hành, bảo dưỡng dễ dàng thuận tiện. Giá thành hạ.

III- CÁC SỐ LIỆU BAN ĐẦU.

Các thông số cơ bản của cơ cấu thường được biết trước là: dạng chuyển động, độ chuyển dịch (hành trình) lớn nhất của các khâu khi đóng. Lực hay mômen tác dụng trên các khâu đó.

IV- TRÌNH TỰ THIẾT KẾ.

1. Chọn dạng cơ cấu.
2. Lập sơ đồ động.
3. Tính toán và xây dựng các đặc tính động học.
4. Xác định lực hoặc mômen tác dụng, xây dựng và tổng hợp các đặc tính.
5. Tính toán các thông số và đặc tính chuyển động của cơ cấu dưới tác dụng của các lực.
6. Hiệu chỉnh sơ đồ động và tiến hành tính trên cơ sở phân tích các kết quả nhận được.
7. Thiết kế cơ cấu.

Đối với các khí cụ điện có sơ đồ đơn giản, không nhất thiết phải thực hiện đầy đủ các bước trên, có thể thực hiện một số bước cần thiết nào đó.

§4.2- LẬP SƠ ĐỒ ĐỘNG.

Công dụng của sơ đồ động là cho ta biết sơ bộ một cách rõ ràng và chính xác về sự truyền và biến đổi chuyển động của các khâu của cơ cấu.

Sơ đồ động được xây dựng cho các cơ cấu đặc trưng nhất của chu trình chuyển động của cơ cấu. Với khí cụ điện thường có 2 vị trí đặc trưng đặc trưng là vị trí đóng và vị trí ngắt.

Trên sơ đồ động cần biểu diễn tất cả các khâu và các khớp động của cơ cấu, biểu diễn rõ vị trí tương quan và sự liên hệ của chúng với các bộ phận của khí cụ điện. Trên đó cũng cần chỉ rõ các số liệu chính đặc trưng cho phần động học của cơ cấu như :

a) Độ lớn của hành trình hoặc góc quay của cá khâu chủ động hoặc bị động.

b) Chiều dài các tay đòn, tỉ số truyền.

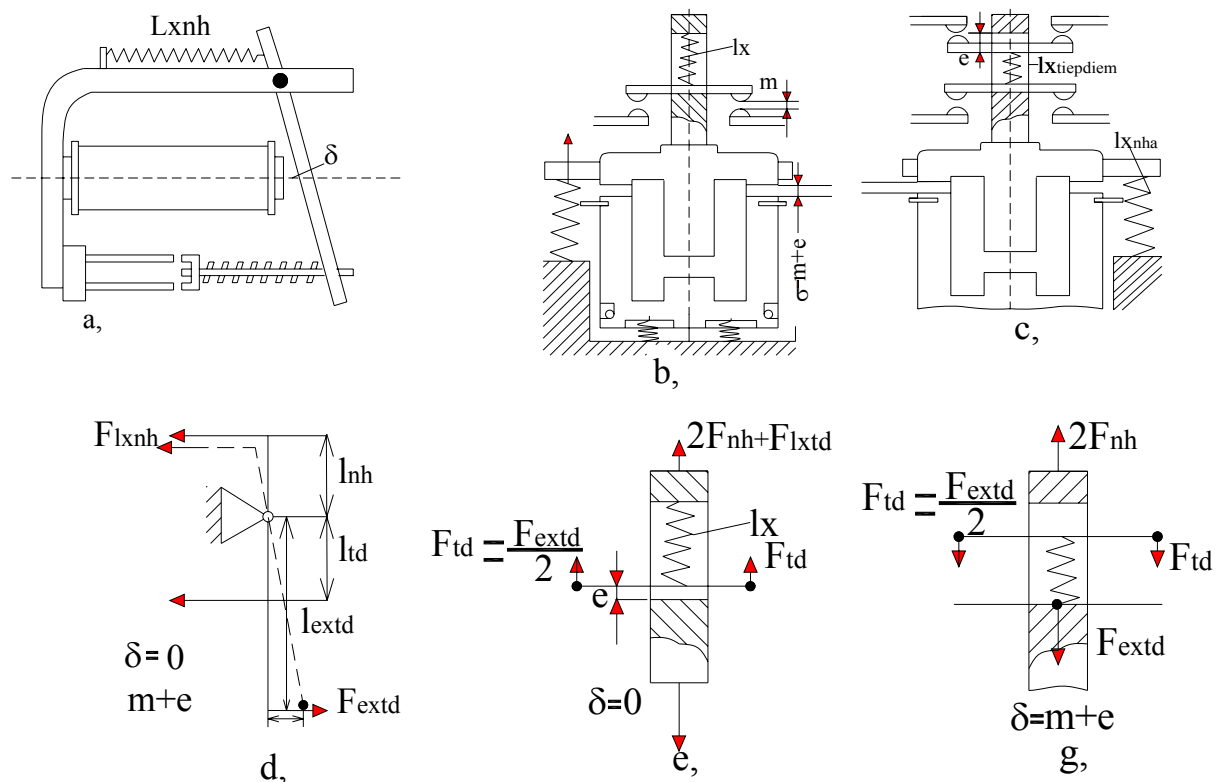
c) Đặt và định hướng các vectơ lực hay mômen lực.

d) Các số liệu khác, ví dụ:

- Ở cơ cấu nam châm điện : khe hở không khí làm việc.

- Ở hệ thống tiếp điểm đóng ngắt: độ mở, độ lún, khoảng lặn, khoảng trượt của tiếp điểm động.

Sơ đồ động của một vài loại khí cụ điện thông dụng biểu diễn ở hình (4-1); (4-2).



Hình 4-1: Cơ cấu điện từ- lò xo của rơ le và công tắc tơ.

a, b,c,- Sơ đồ kết cấu.

d,e,g- Sơ đồ động

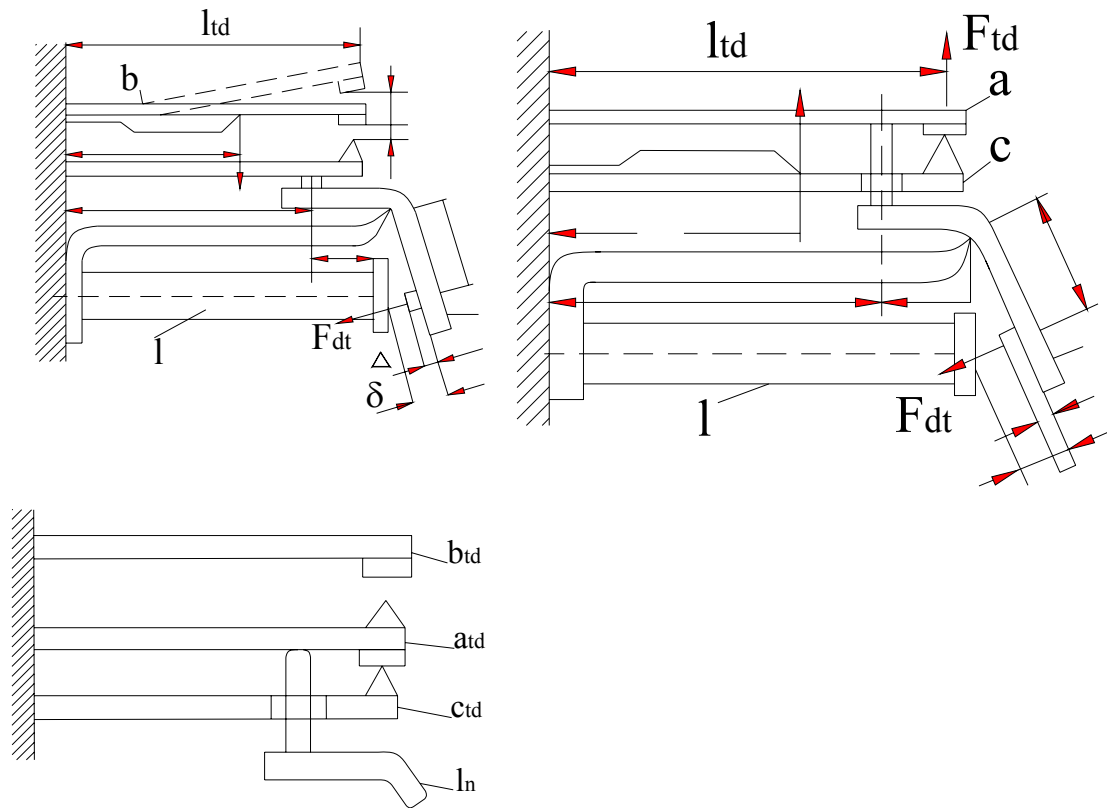
m, l - độ mở, độ lún của tiếp điểm

F_{ext} - lực lò xo tiếp điểm

F_{exnh} - lực lò xo nhả.

F_{dt} - lực hút tiếp điểm.

δ - khe hở không khí làm việc của nam châm điện.



Hình 4-2: Sơ đồ động của cơ cấu điện từ- lò xo của rơ le công suất nhỏ có lò so tấm phẳng lắp công sôn role có các tiếp điểm.

a, thường mở

b, thường đóng

c, thường mở và thường đóng

a_{td}, b_{td}, c_{td} - lò xo tiếp điểm.

n_n, l_n - nắp (phần ứng) và lõi của nam châm điện

Δ - bề dày tấm đệm phi từ tính.

m, l - độ mở và độ lún của tiếp điểm

F - lực

δ - khe hở không khí làm việc

§4.3 –LỰC TÁC DỤNG VÀ PHẢN LỰC TÁC DỤNG TRONG CƠ CẤU

1. Lực tác dụng và phản lực tác dụng(phản lực)

Ta có thể phân lực và mômen thành các loại sau:

1. Lực hoặc mô men chuyển động của các cơ cấu truyền động điện từ (nam châm điện, lò xo, động cơ điện) các lực này đặt vào khâu chủ động.
2. Lực cản có ích : trong khí cụ đóng ngắt loại lực này là lực ép lò xo tiếp điểm.
3. Lực cản có hại: đó là các lực ma sát trong các khớp động (bản lề, định hớng...). Tuy nhiên lực ma sát có thể trở thành lực có ích ví dụ trong khớp ly hợp điện từ ma sát, phanh hãm điện từ.
4. Trọng lực: tác dụng của trọng lực có thể có ích, cũng có thể có hại tùy thuộc từng trường hợp cụ thể.

2. Qui đổi lực

Lực và mô men qui đổi phải có tác dụng tương đương với lực và mômen khi chưa qui đổi. Trị số lực F' và mômen M' quy đổi được xác định sao cho công của nó trên điểm đặt di chuyển khả dĩ bằng công của lực và mô men tác dụng (chưa qui đổi).

Điểm qui đổi và khâu qui đổi thường được chọn ở chỗ tác dụng của lực chuyển động chính.

Các lực qui đổi trong quá trình nghiên cứu dưới đây được kí hiệu có dấu phẩy: F'

Lực $F_{l_{xnh}}$ tác động khi đóng (hình 4-1a) có cánh tay đòn l_{lx} có thể qui đổi về điểm đặt của các lực điện từ F_{dt} có cánh tay đòn l_{dt} theo công thức :

$$F_{l_{xnh}}' = F_{l_{xnh}} \frac{l_{lx}}{l_{dt}}$$

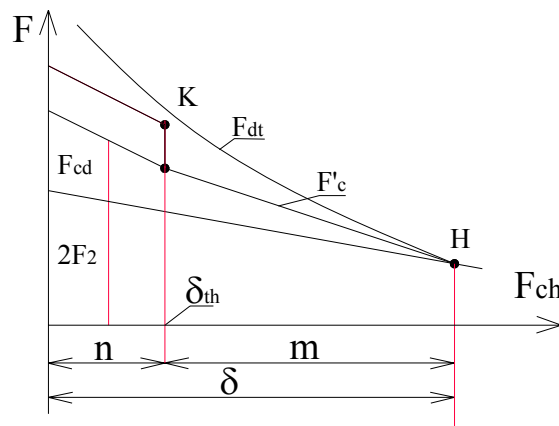
§ 4.4- DUNG ĐẶC TUYẾN TÍNH CỦA LỰC TÁC DỤNG VÀ LỰC PHẢN TÁC DỤNG.

I- TRÌNH TỰ XÂY DỰNG ĐẶC TUYẾN.

Thông thường nên xây dựng trên một hệ trục tọa độ cả hai đặc tuyến lực tác dụng là:

- Đặc tuyến lực tác dụng khi đóng khí cụ điện, ví dụ lực hút điện từ F_{dt} .
- Đặc tuyến lực phản tác dụng khi đóng F'_c thường gọi là đặc tuyến phản lực cơ (hình 4-3). Khi ngắt khí cụ điện, lực này trở thành lực chuyển động.

Để thuận tiện trong khảo sát và tính toán, ta dựng cả hai đặc tuyến ở góc phân tư thứ nhất của hệ trục tọa độ mặc dù các lực này ngược chiều nhau.



Hình 4-3: Đặc tuyến lực tác của cơ cấu điện từ- lò xo của khí cụ điện có tiếp điểm thường mở.

II. DỰNG ĐẶC TUYẾN PHẢN LỰC KHI ĐÓNG KHÍ CỤ ĐIỆN.

(đặc tuyến cơ) hình 4-3.

Trục hoành biểu diễn độ lớn của hành trình hoặc góc quay của khâu chủ động hoặc khâu bị động. Một khâu nào đó được chọn là một khâu qui đổi .

Trục tung biểu diễn độ lớn của lực hoặc mômen qui đổi, đối với các khí cụ điện có nam châm điện kiểu hút thẳng thì không cần qui đổi lực(hình 41-b,c)

Đặc tuyến phản lực tổng sẽ là tổng đại số của các đặc tuyến của các lực khác nhau. Chúng được dựng theo trình tự sau:

1. Dựng đặc tuyến trọng lực qui đổi.

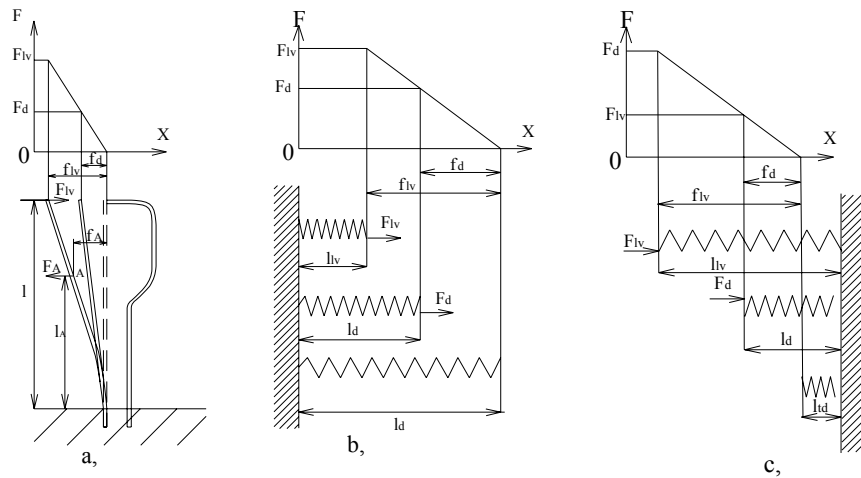
2. Dựng đặc tuyến lực ma sát qui đổi. Đặc tuyến này thường là đường thẳng song song với trục hoành, đối với cơ cấu nhiều khâu thì nó gồm hai hoặc nhiều đường thẳng song song có tung độ khác nhau. Độ lớn của lực ma sát đư-

ợc xác định theo các phương pháp đã trình bày trong các giáo trình thiết kế chi tiết máy, nguyên lý máy...

3. Dựng đặc tuyến lò xo nhả qui đổi.

Lò xo tấm phẳng lắp công sôn và lò xo xoắn hình trụ được sử dụng rộng rãi hơn cả trong tất cả các loại lò xo dùng làm cơ cấu truyền động trong khí cụ điện. Đặc tuyến của hai loại này được trình bày ở hình 4-4

Độ lớn của lực lò xo qui đổi ở vị trí ngắt, phải lấy như thế nào đó để nó sinh ra lực ép của cơ cấu lên các cữ chặn đủ đảm bảo tránh được hiện tượng va đập và rung động của cơ cấu do chúng bị nảy ra khi đập vào cữ chặn trong thời gian ngắn.



Hình 4-4: Đặc tuyến lò xo

a. Lò xo tấm phẳng lắp công sôn (lắp chặt một đầu)

b. Lò xo ngắn hình trụ làm việc chịu nén

c. Lò xo ngắn hình trụ làm việc chịu kéo

x - hành trình của cơ cấu lò xo, tính từ vị trí tại đó lò xo sinh lực lớn nhất.

f - độ võng (khoảng lún, khoảng kéo) của lò xo, ngược chiều với hành trình.

F - lực lò xo sinh ra bằng lực làm biến dạng lò xo

l – chiều dài lò xo

d - chỉ số các đại lượng ban đầu

lv - chỉ số trạng thái làm việc của lò xo

td - chỉ số trạng thái tự do của lò xo

Đối với các loại khí cụ điện khác nhau, trị số lực ép lên các cữ chặn khác nhau, ví dụ:

- Trong role thông tin liên lạc và tự động công suất nhỏ, có dòng định mức đến 2 A, làm việc trong điều kiện tĩnh tại. Trọng lực của nắp nam châm điện cũng đủ đến ngăn ngừa hiện tượng nảy của cơ cấu (0,1- 0,3 N).

- Trong công tắc tơ điện từ, làm việc ở điều kiện tĩnh tại, có dòng điện định mức I_{dm} xoay chiều và một chiều từ 100 đến 600A, lực ép nhỏ nhất của nắp lên chặn bằng khoảng 0.06 N (6 G/A).

- Đối với công tắc tơ điện từ, làm việc trong điều kiện rung động, va đập, có gia tốc lớn, cần phải lấy lực ép lên cữ chặn lớn hơn (ví dụ : công tắc tơ $I_{dm} = 100A$ lấy lớn hơn khoảng 6 lần).

Độ dốc của đặc tuyến lực lò xo nhỏ (tức là độ cứng của lò xo) sơ bộ không nên lấy lớn quá để không làm tăng lực chuyển động của cơ cấu truyền động đóng một cách không cần thiết để dẫn đến làm tăng kích thước, trọng lượng, giá thành khí cụ điện.

Độ dốc của đặc tuyến và độ lớn của lực lò xo nhỏ sẽ được hiệu chỉnh lại khi phối hợp các đặc tuyến.

4. Dựng đặc tuyến lực lò xo tiếp điểm qui đổi.

Độ lớn của lực được xác định trong quá trình thiết kế quá trình đóng ngắt (chong 2). Lực ép ban đầu đã được qui đổi của tiếp điểm đặt trên đường song song với trục tung và đi qua điểm tương ứng với khi các tiếp điểm động và tĩnh bắt đầu tiếp xúc với nhau trên trục hoành. Lực ép cuối qui đổi được đặt trên đường song song với trục tung và đi qua điểm tương ứng với vị trí cuối cùng của cơ cấu trên trục hoành.

5. Dựng đặc tuyến phản lực (đặc tuyến cơ) tổng.

6. Dựng giới hạn khả dĩ của đặc tuyến phản lực tổng có tính đến sai lệch dương (dung sai) do có sai số trong chế tạo lò xo và các chi tiết khác của cơ cấu. Lúc đó lực này được nhân thêm với hệ số dung sai về lực k_1 .

Hệ số dung sai về lực cần được tính với khả năng xấu nhất.

Trong sản xuất, đối với cơ cấu điện từ lò xo (ví dụ công tắc tơ) thường lấy $k_1 = 1,3 \div 1,7$ là hợp lý. Khi các chi tiết được chế tạo với độ chính xác bình thường chọn hệ số dung sai về lực k_1 có giá trị nhỏ và ngược lại với độ chính xác thấp hơn chọn k_1 có giá trị lớn. Khi chi tiết không đủ độ chính xác cần lấy

k_1 đến 2,4 và cao hơn. Trong role công suất nhỏ, ví dụ các rơ le dùng trong tự động và thông tin liên lạc, phản lực cơ chỉ lớn từ một vài đến hàng chục gam, hệ số k_1 cần chọn lớn.

Ví dụ ở hình 4-3: đường nét đứt là giới hạn do dung sai của đặc tuyến phản lực tổng.

7. Dụng đặc tuyến lực chuyển động khi đóng khí cụ điện (còn gọi là đặc tuyến lực hút) được sinh ra do cơ cấu truyền động như nam châm điện, động cơ điện, cơ cấu khí nén...

8. Phối hợp các đặc tuyến lực chuyển động và phản lực tổng.

III- DỤNG ĐẶC TUYẾN TÍNH LỰC TÁC DỤNG CỦA CƠ CẤU ĐIỆN TỬ -LÒ XO KIỂU HÚT THẲNG CỦA KHÍ CỤ ĐIỆN CÔNG SUẤT KHÔNG LỚN ,CÓ TIẾP ĐIỂM THƯỜNG MỞ,LÒ XO TIẾP ĐIỂM THƯỜNG XOẮN HÌNH TRỤ (hình 4-1).

Trình tự tiến hành xây dựng đặc tuyến phản lực:

1. Trên trục hoành đặt hành trình của phản ứng nam châm điện, bằng độ lớn khe hở không khí làm việc của mạch từ và bằng độ mở m với độ lún l của tiếp điểm :

2. Dụng đặc tuyến phản lực của nam châm điện (đặc tuyến cơ):

a) Trọng lực phản động: gồm trọng lực phản ứng nam châm điện và hệ thống tiếp điểm. Có hai trường hợp xảy ra:

- Khí cụ điện làm việc ở vị trí nằm ngang (xét theo trục chính của nó) thì không tính đến trọng lực.

- Khí cụ điện làm việc ở vị trí đứng thì trọng lực cùng chiều với lực hút điện từ.

b) Lực ma sát: rất nhỏ nên có thể bỏ qua, không tính đến.

c) Lực của hai lò xo nhả $2F_{lxnh}$ (trên hình chỉ biểu thị một lò xo) ở trạng thái mở, ta coi bằng trọng lực phản động.

Độ cứng của lò xo (độ dốc của đặc tuyến lò xo) coi là nhỏ.

d) Lực lò xo tiếp điểm $F_{lxtđ}$ ở trạng thái đóng bằng lực ép cuối của tiếp điểm, được xác định trong quá trình thiết kế tiếp điểm (chong 2). Lực ép đầu của tiếp điểm (ở thời điểm tiếp điểm động bắt đầu tiếp xúc với tiếp điểm tĩnh)

đọc lấy bằng $0,5 \div 0,7$ giá trị lực ép cuối (chong 2). Lực ép đầu của tiếp điểm được thực hiện bằng độ nén ban đầu của lò xo.

3) Dựng đặc tuyến lực hút điện từ F_{dt} khi đóng khí cụ điện theo các giá trị của lực được xác định trong quá trình tính toán nam châm điện (chương 5).

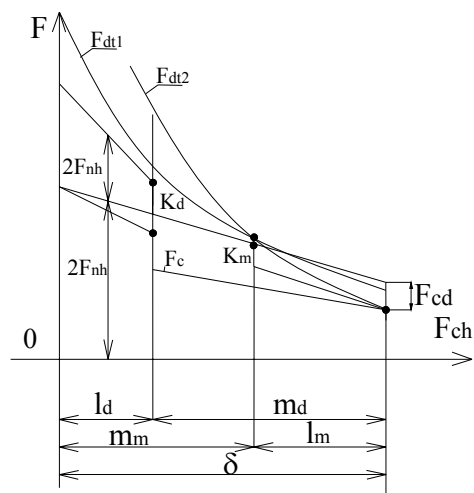
IV-DỰNG ĐẶC TUYẾN TÍNH LỰC TÁC DỤNG CỦA CƠ CẤU ĐIỆN TỪ -LÒ XO KIỂU HÚT THẲNG CỦA KHÍ CỤ ĐIỆN CÔNG SUẤT KHÔNG LỚN CÓ CÁC TIẾP ĐIỂM THƯỜNG ĐÓNG VÀ THƯỜNG MỞ,LÒ XO TIẾP ĐIỂM KIỂU XOẮN HÌNH TRỤ.(hình 4-1,c,g)

1. Trên trục hoành (hình 4-5) đặt hành trình phần ứng nam châm điện, bằng trị số khe hở không khí làm việc của mạch từ. Do có các tiếp điểm thường mở và thường đóng nên có hai độ mở và hai độ lún tương ứng của chúng: m_d , l_d và m_m , l_m .

2. Dựng đặc tuyến cơ:

-Trọng lực và lực ma sát : cũng như phần trên không xét đến.

-Lực của hai lò xo nhả $2F_{l\text{nh}}$ ở trạng thái mở (trạng thái nhả) được lấy lớn hơn nhiều so với trường hợp trên,vì lúc này lực lò xo nhả bị lực ép cuối của lò xo tiếp điểm thông đóng F_{cd} làm yếu đi (hai lực này ngược chiều nhau



Hình 4-5 : Đặc tuyến lực tác dụng của cơ cấu điện từ – lò xo của khí cụ điện có tiếp điểm thường mở và thường đóng K_d, K_m : các điểm giới hạn.

Độ lớn của lực $2F_{Lxnh}$ được lấy theo phương trình:

$$2F_{Lxnh} = F_{cd} + F_{ch}$$

Trong đó :

F_{ch} - lực ép trực tiếp lên cữ trăn ở trạng thái mở của khí cụ điện.

- Lực lò xo tiếp điểm : lực ép cuối của lò xo tiếp điểm tác dụng cả khi nam châm nhả và hút . Các lực này được xác định trong quá trình thiết kế hệ thống tiếp điểm đóng ngắt . Lực ép đầu được xác định giống như phần trên đã trình bày.

3. Dựng đặc tuyến lực hút điện từ F_{dt} khi nam châm điện đóng . Đặc tuyến được dựng theo các giá trị của lực được xác định trong quá trình tính toán nam châm điện.

Khi dựng đặc tuyến lực hút (được biểu diễn bằng đường cong nét liền F_{dt1}), trong điều kiện kỹ thuật của khí cụ điện , cần phải thuyết minh rõ phải đóng khí cụ điện ở điện áp không được nhỏ hơn điện áp tác động , tương ứng với điểm giới hạn K_d , vì khi điện áp nhỏ , lực hút điện từ sẽ không đủ để thắng phản lực ở điểm K_d . Nếu không thực hiện như vậy thì cần tính toán với đặc tuyến lực hút dốc hơn (được biểu diễn bằng đường cong nét đứt F_{dt2}) .

4. Trên hình 4-5 , đường nét đứt biểu diễn đặc tuyến cơ F'_c của khí cụ điện chỉ có tiếp điểm thường , mở (hình 4-4) có cùng một trị số dòng điện định mức I_{dm} và do đó có cùng một lực ép tiếp điểm . Từ các đặc tuyến đó ta thấy :

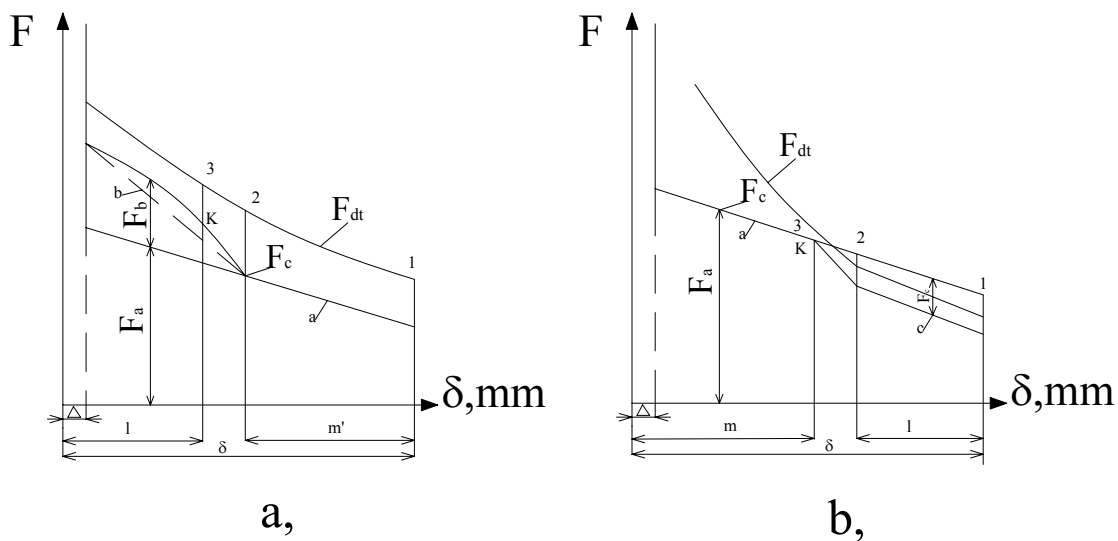
Khi khí cụ có tiếp điểm thường đóng , đặc tuyến cơ F'_c và do đó đặc tuyến lực hút điện từ F_{dt} của nó cao hơn nhiều so với khi không có tiếp điểm này . Dẫn tới kích thước , trọng lượng và giá thành khí cụ điện đều tăng lên.

V – DỰNG ĐẶC TUYẾN TÍNH LỰC TÁC DỤNG CỦA CƠ CẤU ĐIỆN TỪ - LÒ XO CỦA ROLE CÔNG SUẤT NHỎ CÓ TIẾP ĐIỂM THƯỜNG MỞ , TIẾP ĐIỂM LẮP TRÊN LÒ XO TẮM PHẪNG CÔNG SƠN.(hình 4-2a)

1. Trên trục hoành (hình 4-6a) đặt hành trình của phần ứng nam châm điện bằng trị số khe hở không khí làm việc δ của mạch từ .Cơ cấu điện từ -lò xo được thiết kế sao cho có độ mở m và độ lún l cần thiết của tiếp điểm . Tổng của chúng là khe hở δ . Trị số khe hở δ được phân thành các thành phần tương ứng với 4 vị trí của phần ứng.

- Hành trình của phần ứng từ vị trí 1 đến vị trí 2 , có nghĩa đến thời điểm tiếp điểm động bắt đầu tiếp xúc với tiếp điểm tĩnh – độ mở $m=0$, bằng:

$$\delta_{12} = m \cdot \frac{l_n \cdot l_2}{l_{td} \cdot l_1} \quad \text{mm} \quad (4-2)$$



Hình 4-6 :Đặc tuyến tác dụng lực của cơ cấu điện từ - lò xo của role công suất nhỏ có lò xo tiếp điểm kiểu tám phẳng lắp công sơn

a-có tiếp điểm thường mở

b-có tiếp điểm thường đóng

K- là tiếp điểm giới hạn

- Hành trình của phần ứng từ vị trí 2 đến vị trí 3 khi thanh lò xo tiếp điểm bắt đầu tách khỏi cữ chặn, bằng:

$$\delta_{23} = f_3 \cdot \frac{l_{td} \cdot l_n \cdot l_2}{l_{bc} \cdot l_{td} \cdot l_1} \quad \text{mm}$$

$$\text{Với } f_3 = \frac{F_{bc} \cdot l_{bc}}{3 \cdot E \cdot J_b} \text{ mm} \quad (4-3)$$

Trong đó :

F_3 –độ võng của thanh lò xo b ở cánh tay đòn l_{bc} ,

E –môđun đàn hồi của vật liệu lò xo , N/mm^2

J_b –mômen quán tính của tiết diện lò xo, mm^4

F_{bc} –lực ép lên cỡ chặn N (G).

-Hành trình của phản ứng từ vị trí 3 đến vị trí 4 , tương ứng với độ võng f_4 của lò xo b ở cánh tay đòn l_{td} , bằng độ lún l của tiếp điểm và bằng :

$$\delta_{34} = f_4 \cdot \frac{l_n \cdot l_2}{l_{td} \cdot l_1}$$

Với :

$$f_4 = l = \frac{F_{b4} - F_{b3}}{j_{bt}}$$

$$F_{b3} = F_{bc} \cdot \frac{l_{bc}}{l_{td}}$$

$$j_{bt} = \frac{3E \cdot J_b}{l_{td}^3} \quad (4-4)$$

Trong đó :

- j_{bt} : N/mm (G/mm) độ cứng của lò xo b ở chiều dài của nó l_{td}

- F_{b3} và F_{b4} : lực ép tiếp điểm ở vị trí 3 (lực ép đầu) và vị trí 4 (lực ép cuối) .

Khi xác định khe hở không khí tính toán δ của nam châm điện , cần tính đến chiều cao Δ của tấm bằng vật liệu phi từ tính ,dùng để chống hiện tượng dính của phản ứng với lõi nam châm khi nhả.

Hành trình toàn phần của phản ứng có cả chiều cao của tấm. Như vậy khe hở không khí tính toán bằng:

$$\delta = \delta_{12} + \delta_{23} + \delta_{34} + \Delta , \text{ mm} \quad (4-5)$$

Để tính lực do lò xo a sinh ra , cần tính độ võng của nó tại cánh tay đòn l_n ở các vị trí khác nhau của do lực ép trên mẫu tỳ F_{ac1}

$$\left. \begin{aligned} F'_{a1} &= F_{ac1} \frac{l_1}{l_2}; F'_{a2} = f_{a2} j_{an} \frac{l_1}{l_2} \\ F'_{a3} &= F_{a3} j_{an} \frac{l_1}{l_2}; F'_{a4} = f_{a4} j_{an} \frac{l_1}{l_2} \end{aligned} \right\} \quad (4-7)$$

- Các giá trị qui đổi về khe hở không khí làm việc của lực cần để tách lò xo b khỏi cữ chặn ở vị trí 3 và lực tác dụng ở vị trí 4 bằng :

$$\left. \begin{aligned} F'_{b3} &= F'_{bc} = F_{bc} \frac{l_{bc} \cdot l_{dt} \cdot l_1}{l_{td} \cdot l_n \cdot l_2} \\ F'_{b4} &= M'_{b3} + f_4 \cdot j_{bt} \frac{l_{td} \cdot l_1}{l_n l_1} \end{aligned} \right\} \quad (4-8)$$

- Đặc tuyến của lò xo b được dựng theo các giá trị lực có được bằng cách cộng thêm các giá trị lực vừa tính theo công thức (4-8) vào đặc tuyến lực của lò xo a tại các điểm tương ứng trên trục hoành.

Trên hình 4-6a , đường nét đứt biểu diễn đặc tuyến của lò xo tiếp điểm b khi không có cữ chặn .

3. Phương pháp tính toán và dựng đặc tuyến vừa trình bày chỉ áp dụng đối với role có một tiếp điểm thường mở .Trong trường hợp role có n tiếp điểm như vậy ,độ lớn của tất cả các lực cần tăng lên n lần.

4. Dựng đặc tuyến lực hút của nam châm điện

VI- DỰNG ĐẶC TUYẾN TÍNH LỰC TÁC DỤNG CỦA CƠ CẤU ĐIỆN TỪ - LÒ XO CỦA ROLE CÔNG SUẤT NHỎ CÓ TIẾP ĐIỂM THƯỜNG ĐÓNG ,TIẾP ĐIỂM LẮP TRÊN LÒ XO TẮM PHẪNG CÔNG SƠN (hình 4-2).

1. Trên trục hoành (hình 4-6a) đặt hành trình của phần ứng nam châm điện bằng độ lớn khe hở không khí làm việc δ của nó .Xác định các vị trí đặc biệt của phần ứng .Khi phần ứng mở (nhả) , ở vị trí 1 , lò xo C cần sinh ra lực F_{ct} trên cánh tay đòn l_{td} . Khi phần ứng chuyển dịch đến vị trí 2,lực này giảm

đến trị số lực ép lên cỡ chặn F_{cc} . Hành trình của phần ứng là δ_{12} và độ võng f_{ct} của lò xo C giảm ở cánh tay đòn l_{td} bằng :

$$\left. \begin{aligned} \delta_{12} &= f_{ct2} \frac{l_n l_2}{l_{td} l_1} \text{ (mm)} \\ f_{ct2} &= \frac{F_{ct1} - F_{cc2} \frac{l_{cc}}{l_{td}}}{j_c} \text{ (mm)} \end{aligned} \right\} \quad (4-9)$$

Khi phần ứng tiếp tục chuyển động đến vị trí 3 , hành trình của phần ứng δ_{23} và độ võng f_{ct} của lò xo c giảm đến trị số 0 , bằng :

$$\left. \begin{aligned} \delta_{23} &= f_{ct3} \frac{l_{td} \cdot l_n \cdot l_2}{l_{cc} \cdot l_{td} \cdot l_1} \text{ (mm)} \\ f_{ct3} &= \frac{F_{cc2} \cdot l_{cc}^3}{3Ej_c} \text{ (mm)} \end{aligned} \right\} \quad (4-10)$$

Với j_c là mômen quán tính của tiết diện lò xo C.

Hành trình của phần ứng δ_{34} cần thiết để đưa lò xo a đến độ võng ứng với độ mở m của tiếp điểm :

$$\delta_{34} = m \frac{l_n l_n}{l_{td} l_1} \quad (4-11)$$

Hành trình toàn phần của phần ứng , tức khe hở không khí tính toán bằng:

$$\delta = \delta_{12} + \delta_{23} + \delta_{34} + \Delta \quad , \text{ mm} \quad (4-12)$$

2. Dụng đặc tuyến cơ F'_c : được thực hiện tương tự cách dựng đã trình bày ở phần trên .

VII- DỤNG ĐẶC TUYẾN TÍNH LỰC TÁC DỤNG CƠ CẤU KHÍ NÉN – Lò xo của công tắc tơ có tiếp điểm thường mở - Lò xo tiếp điểm kiểu xoắn hình trụ.

1. Trên trục hoành biểu diễn hành trình h của piston (hình 4-7b)

2. Dụng đặc tuyến phản lực :

-Lực qui đổi về trục cần piston của trọng lực phần động F'_{t1} bằng:

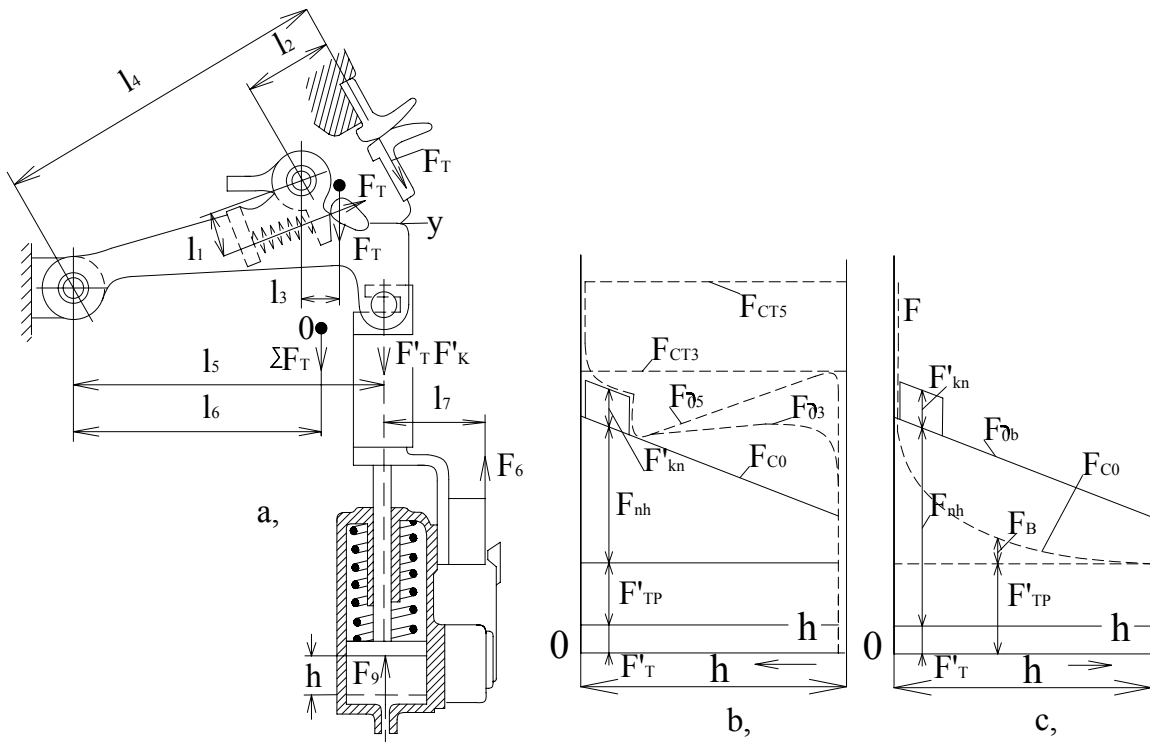
$$F'_{t1} = \sum F_{ti} \frac{l_6}{l_5} \quad (4-13)$$

-Lực ma sát qui đổi F'_{ms} bằng tổng của lực ma sát của piston và các lực qui đổi của :lực ma sát của hệ thống tiếp điểm F_{mt} và lực ma sát trong các khớp bản lề F_k .lực F'_{ms} được biểu diễn bằng đường thẳng.

Lực ma sát ban đầu (ma sát tĩnh) lớn hơn khi động (50 ÷60)% .lực ma sát tĩnh F_{tp} của piston có vòng đệm đa .Khi áp suất trên piston $2 \div 4 \cdot 10^5$ pa và chất bôi trơn đặc với các đường kính khác nhau D của xi lanh bằng :

D, mm		45	58	90
F_{tp}, KG		20	40	50

-Lực lò xo nhả F_{lxnh} đặt trong xi lanh sinh ra cơ cấu nhả lớn hơn lực ma sát qui đổi một chút .



Hình 4-7 : cơ cấu khí nén- lò xo của công tắc tơ có tiếp điểm thường mở
a- sơ đồ kết cấu

b- đặc tuyến lực tác dụng khi đóng tiếp điểm.

c- đặc tuyến lực tác dụng khi mở tiếp điểm.

-Lực lò xo tiếp điểm F'_{lxt} sinh ra lực ép tiếp điểm F_{td} qui đổi , bằng:

$$F'_{lxt} = F_{td} \frac{l_4}{l_5}$$

Với : $F_{td} = F_{lxt} \frac{l_1}{l_2}$ (4-14)

3. Dụng đặc tuyến lực chuyển động (lực khí nén) khi đóng tiếp điểm.

- Đặc tuyến tính F_{i3} và F_{i5} khi áp suất không khí trên piston 3 và 5.10^5 pa là đường thẳng. Trị số của lực bằng diện tích piston nhân với áp suất không khí trên piston.

- Đặc tuyến động F_{d3} và F_{d5} có thể được xây dựng bằng tính toán phức tạp hoặc bằng phương pháp thực nghiệm .

Đặc tuyến phản lực mô tả trên hình đã được cộng thêm phần quán tính của phần động.

Khi kết thúc chuyển động , đặc tuyến động tiến đến đặc tuyến tĩnh.

4. Đặc tuyến lực chuyển động khi mở tiếp điểm được trình bày trên hình 4-7c.

-Đặc tuyến lực chuyển động khi ngắt F_{cd} chỉ khác với đặc tuyến phản lực khi đóng một lượng bằng lực ma sát F_{ms} và lực $F_{đa}$ cần thiết để đẩy không khí ra khỏi xi lanh.

§4.5-PHỐI HỢP ĐẶC TUYẾN CHUYỂN ĐỘNG (LỰC HÚT ĐIỆN TỪ) VÀ ĐẶC TUYẾN PHẢN LỰC.

Thông thường , các đặc tuyến được dựng lần đầu tiên không đảm bảo khí cụ điện làm việc bình thường (có nghĩa chúng không phù hợp với các yêu cầu được trình bày dưới đây). Do đó cần phải tiến hành hiệu chỉnh một hoặc có khi cả hai đặc tuyến, tức là phối hợp các đặc tuyến đó với nhau.

Có thể làm thay đổi các đặc tuyến bằng các phương pháp sau:

a- Tăng hoặc giảm trị số lực hoặc mômen chuyển động .

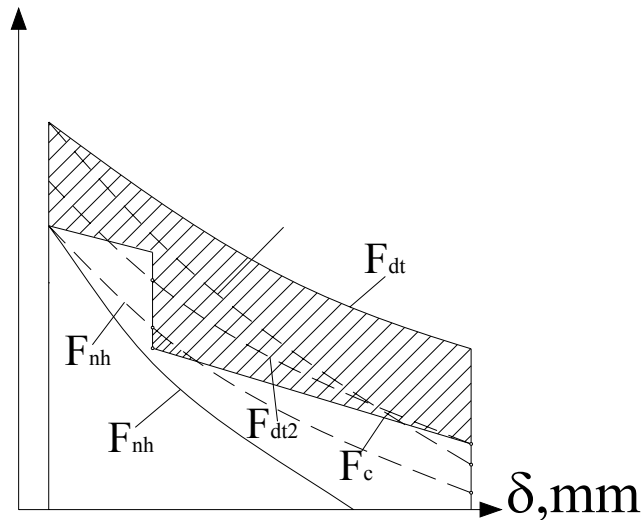
b- Sử dụng cơ cấu truyền động có dạng đặc tuyến khác đi (ví dụ : dùng kiểu nam châm điện khác – chương 5).

c- Thay đổi độ cứng của lò xo.

Việc phối hợp các đặc tuyến là ở chỗ thực hiện được các yêu cầu cơ bản sau:

1. Lực hoặc mômen chuyển động cần lớn hơn lực hoặc mômen cản. Ví dụ trong cơ cấu truyền động điện từ (hình 4-8):

- Với đặc tuyến F_{dt1} khi sự điện không đóng được do điểm a1 ở thấp hơn điểm a khi phản ứng ở trạng thái mở, có nghĩa tại đó, lực hút điện từ của nam châm điện không thắng được lực cản của lò xo nữa.



Hình 4-8 : Phối hợp các đặc tuyến chuyển động và phản lực của cơ cấu điện từ -lò xo của khí cụ điện có tiếp điểm thường mở.

- Với đặc tuyến F_{dt2} tại thời điểm tiếp điểm động bắt đầu tiếp xúc với tiếp điểm tĩnh, phản ứng không đóng tiếp tục được, vì lực hút điện từ lúc này nhỏ hơn lực cản (điểm b₁ ở thấp hơn điểm b) và các tiếp điểm có thể bị hàn dính với nhau do lực ép tiếp điểm không đủ trị số cần thiết. Nếu phản động của cơ cấu có động năng đủ lớn, biểu diễn bằng phần diện tích gạch sọc nằm giữa các đặc tuyến lực chuyển động và phản lực, thì khí cụ điện sẽ được đóng hoàn toàn sau một thời gian trễ nào đó.

Tuy nhiên ,cần chú ý rằng đặc tuyến động của lực chuyển động thường thấp hơn đặc tuyến tĩnh , có nghĩa thực tế diện tích là nhỏ .

2. Trị số nhỏ nhất của lực hay mômen chuyển động trên hình 4-8 ở vị trí khởi động của cơ cấu (điểm a) và vị trí tiếp điểm động bắt đầu tiếp xúc với tiếp điểm tĩnh (điểm b) cần trùng với trị số lực cản tại các điểm đó .Nếu khí cụ điện đóng vào điện áp nhỏ hơn định mức ($0,6- 0,9.U_{dm}$) đặc tuyến lực chuyển động sẽ có dạng đường F_{dt2} và phản ứng sẽ không đóng được.

Nếu tại điểm b ,lực chuyển động có hệ số dự trữ lớn quá mức , thì at thời điểm đóng cuối cùng của phản ứng sẽ có lực va đập lớn.

3. Trị số lớn nhất của lực hoặc mômen chuyển động cần phải có sao cho hiệu số giữa lực chuyển động và lực cản (hoặc mômen) không lớn quá ,chỉ cần đủ để đạt được tốc độ chuyển động cần thiết của khâu bị động ,đủ khả năng tránh hồ quang phát sinh và sự rung động ,va đập hệ thống tiếp điểm.

Ví dụ : trên hình 4-8, phần diện tích gạch sọc ,biểu thị cho thế năng , không lớn quá mức ở điện áp $1,1U_{dm}$

Có thể giảm hiện tượng va đập bằng cách ,ví dụ,hình 4-8 tạo ra đặc tuyến lực lò xo tiếp điểm gần với đặc tuyến lực hút của nam châm điện F_{dt} bằng cách tăng độ cứng của lò xo.

4. Khi lực chuyển động giảm ,trong quá trình ngắt khí cụ điện ,ví dụ hình 4-8 ,cần phải có đặc tuyến nhả phản ứng F_{nh} thấp hơn điểm c của đặc tuyến phản lực (đặc tuyến cơ) lúc này trở thành đặc tuyến lực chuyển động (trong quá trình đóng là đặc tuyến lực cản).

Nếu đặc tuyến nhả có dạng đường F_{nh1} ,nó sẽ cắt đặc tuyến lò xo ở điểm c_1 thì tiếp điểm không mở ra được do lực ép tiếp điểm (lúc này trở thành lực ép tiếp điểm) nhỏ và có thể chúng bị hàn dính.

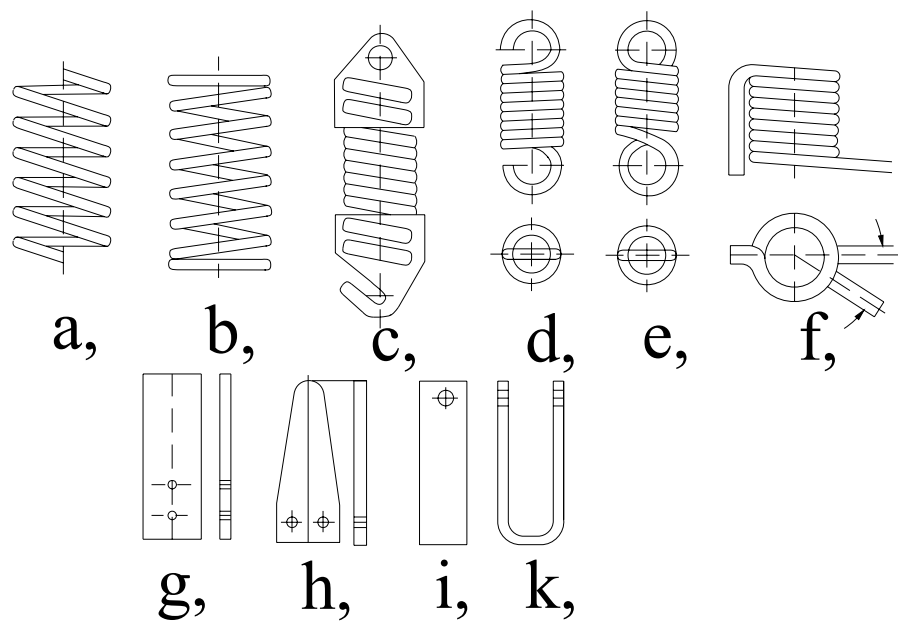
§4.6 – TÍNH TOÁN LÒ XO.

I-CHỌN KIỂU VÀ VẬT LIỆU LÒ XO.

1/- Công dụng và các kiểu lò xo của khí cụ điện.

Trừ một số ít không đáng kể, còn lại nói chung mỗi khí cụ điện có một hoặc một vài lò xo.phần lớn các lò xo này xác định các thông số cơ bản của khí cụ điện ,vì vậy việc tính toán chúng có một ý nghĩa lớn và cần thiết .

Trong nhiều kiểu lò xo ,kiểu xoắn hình trụ và kiểu tấm (kiểu lá) đập nguội là được sử dụng rộng rãi hơn cả trong chế tạo khí cụ điện(hình 4-9).



Hình 4-9 : Các kiểu lò xo xoắn hình trụ và lò xo tấm dùng trong khí cụ điện .

a, b – lò xo xoắn làm việc chịu nén

c ,d, e – lò xo xoắn làm việc chịu kéo

g – lò xo xoắn làm việc chịu xoắn

h, i , k – lò xo tấm

2/- Chọn kiểu và vật liệu lò xo

Kiểu lò xo phụ thuộc vào sơ đồ động và kết cấu cơ khí của khí cụ điện và phụ thuộc nhiều vào việc chọn vật liệu lò xo . Các tính chất của vật liệu làm lò xo ghi trong bảng 4-1 .Khi chọn vật liệu có thể có nhiều phương pháp khác nhau tùy thuộc vào giá trị lực tác dụng và độ võng của lò xo,ví dụ: khi lực tương đối lớn và lực của lò xo tầm không lớn ,có thể dùng vật liệu là thép (có mô đun đàn hồi $E=200.10^3 \text{ N/mm}^2$). Ngược lại , nếu cần có lực không lớn và độ võng tương đối lớn thì, sẽ dùng vật liệu có trị số mô đun đàn hồi nhỏ hơn ,ví dụ như đồng phốt pho có $E=(90 - 113) 10^3 \text{ N/mm}^2$

Người ta còn đưa vào công dụng của khí cụ điện để chọn vật liệu lò xo có ứng suất cho phép cao hay thấp .Đối với khí cụ điện điều khiển và áp tô mát làm việc với tần số đóng ngắt lớn ,có tính chống ăn mòn ,tuổi thọ hàng vài triệu lần đóng ngắt thì sử dụng ứng suất cho phép đã cho trong bảng 4-1, nhưng khi làm việc ở chế độ đặc biệt nặng thì phải lấy ứng suất cho phép thấp hơn.

II- TÍNH TOÁN LÒ XO TẮM PHẪNG ,TIẾT DIỆN CHỮ NHẬT LÀM VIỆC CHỊU UỐN.

Lò xo tấm phẳng dập nguội thường được sử dụng khi lực không lớn (trong khoảng vài gam đến vài chục gam) và khi độ võng nhỏ (trong khoảng vài phần đến vài milimét) .Loại này được sử dụng rộng rãi làm thanh dẫn gữn tiếp điểm trong các loại rơ le .

Lò xo thanh dẫn phẳng được chế tạo bằng hợp kim của kim loại màu (đồng thanh, noisinlơ vv...). Với cùng một lực lò xo loại này có độ võng lớn gấp 2 lần so với lò xo bằng thép có cùng kích thước .Tuy vậy độ võng cho phép của lò xo thép lớn hơn khoảng 1,5 lần (do thép có tỷ số giữa ứng suất cho phép với mô đun đàn hồi lớn hơn). Lò xo bằng hợp kim màu có điện trở suất nhỏ hơn ,có độ bền chống ăn mòn tốt hơn và dễ dập hơn so với lò xo thép.

1/- Đặc tính

Sự phụ thuộc của lực vào độ võng của lò xo phẳng lắp công sơn (lắp chặt một đầu) được biểu diễn ở hình 4-4a.

Do có vật cản hay mẫu định vị ,lò xo có độ võng ban đầu f_d và lực ban đầu F_d tác dụng lên vật cản. Do cơ cấu truyền động tác động lò xo có độ võng làm việc f_{ev} và sinh lực F_{ev} có giá trị bằng và ngược chiều với lực của cơ cấu truyền động.

2/- Tính toán

Trên cơ sở lý thuyết về độ võng (uốn) đàn hồi của một dầm có chiều dài l ,lắp công sơn m tải trọng đặt ở đầu tự do và tập trung bằng lực F . Đối với lò xo phẳng lắp công sơn ,tiết diện ngang hình chữ nhật ,có thể sử dụng được các công thức sau :

$$\sigma_u = \frac{F.l}{w} \quad (4-15)$$

$$F = \frac{bh^2\sigma_u}{\sigma.l} = \frac{3DJf}{l^3} \quad (4-16)$$

$$f = \frac{Fl^3}{3EJ} \quad (4-17)$$

Trong đó :

σ_u - ứng suất uốn ở tiết diện nguy hiểm (N/mm^2)

l, b, h – chiều dài, chiều rộng, bề dày của lò xo (mm)

F – lực đặt tại tay đòn l (N)

E – độ đàn hồi của vật liệu lò xo (N/mm^2)

W, J – mômen chống uốn và mômen quán tính của tiết diện ngang lò xo đối với trục trung tính của tiết diện

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad (\text{mm}^3)$$

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (\text{mm}^4)$$

3/- Lò xo lắp công sơn không có độ võng ban đầu

a- Xác định kích thước

Các số liệu ban đầu để tính toán thường là :

- Lực F cần thiết do lò xo tạo ra
- Chiều dài tay đòn l của lò xo theo bảng 4-1, xác định mô đun đàn hồi

E và ứng suất uốn (môi) cho phép σ_u .

Chiều dày h và chiều rộng b của lò xo được xác định theo công thức :

$$h = \frac{2}{3} \cdot \frac{l^2 \sigma_u}{E f}, \text{ mm}$$

$$b = \frac{6 F l}{h^2 \sigma_u}, \text{ mm} \quad (4-20)$$

Kết quả nhận được cần hiệu chỉnh khi tính đến loại vật liệu và phương án kết cấu.

b) Xác định các thông số của lò xo:

Theo giá trị của lực cần thiết F và kích thước tính được ở trên, sẽ xác định được độ võng (độ uốn) tại chỗ lực tác dụng. Chia làm 3 trường hợp (hình 4-4a).

1. Lực F đặt ở đầu mút lò xo, cánh tay đòn l , độ võng f của lò xo ở đầu mút:

$$f = \frac{F.l^3}{3EJ} = \frac{4F.l^3}{b.h^3.E} = \frac{2}{3} \frac{l^2}{h} \frac{\sigma_u}{E} \quad (4-21)$$

2. Lực F đặt ở đầu mút lò xo, cánh tay đòn l, độ võng tại điểm A: f_A

$$f_A = \frac{F.l_A^2}{3.E.J} \cdot \left(1 - \frac{l_A}{E}\right) \quad (4-22)$$

3. Lực F_A đặt ở điểm A, độ võng f ở đầu mút lò xo, tay đòn l:

$$f = \frac{F.l_A^2}{2.E.J} \cdot \left(1 - \frac{l_A}{3}\right) \quad (4-23)$$

Độ cứng của lò xo là lực do lò xo gây ra ở độ võng 1 mm sẽ bằng:

$$j = \frac{F}{f} = \frac{3EJ}{l^3} = \frac{E.b.h^3}{4l^3} \quad (4-24)$$

c) Tính toán kiểm tra:

Dựa theo các kích thước của lò xo đã biết xác định độ lớn ứng suất uốn thực tế, σ_u :

$$\sigma_u = \frac{F.l}{W} = \frac{6F.l}{b.h^2} \quad (4-25)$$

Tính toán sao cho:

$$\sigma_u \leq [\sigma_u]$$

Ví dụ :

Hãy xác định chiều dày và độ võng cho phép lớn nhất của lò xo tấm phẳng lắp công sơn. Biết :

- Chiều dài lò xo từ chỗ lắp chặt : $l = 60 \text{ mm}$.
- Chiều rộng lò xo : $b = 4 \text{ mm}$.
- Vật liệu lò xo : đồng photpho cứng, có ứng suất uốn cho phép $\sigma_u = 186 \text{ N/mm}^2$ (19 kG/mm^2) và có modul đàn hồi $E = 111.000 \text{ N/mm}^2$ (11.300 kG/mm^2)
- Lực đặt ở đầu mút lò xo $F = 0,25 \text{ N}$ ($25,5 \text{ G}$).

Giải:

Theo công thức (4-20) chiều dày lò xo bằng:

$$h = \sqrt{\frac{6Fl}{b\sigma_u}} = \sqrt{\frac{6.0,25.60}{4.186}} = 0,35 \approx 0,4 \text{ mm}$$

Độ võng của lò xo xác định theo (4-21):

$$f = \frac{4Fl^3}{b.h^3.E} = \frac{4.0,25.60^3}{4.0,4^3.111000} = 7,6 \text{ mm}$$

Ứng suất uốn thực tế xác định theo (4-25):

$$\sigma_u = \frac{6Fl}{b .h^2} = \frac{6.0,25.60}{4 .0,4^2} = 140 < 186 \text{ N/mm}^2$$

4/- Lò xo lắp công sơn có độ võng ban đầu (hình 4-4c):

Lò xo loại này chỉ chịu lực tác dụng một phần. Ở trạng thái tự do, lò xo có dạng cong. Khi lắp ráp, dưới tác dụng của vật cản (cữ chặn) lò xo được uốn thẳng. Nếu ở trạng thái tự do, lò xo thẳng thì dưới tác dụng của cữ chặn, nó sẽ bị uốn cong , một chút. Ở độ võng ban đầu f_d , lực ép ban đầu lên cữ chặn do lò xo tạo ra là F_d .

Dưới tác dụng của lực làm việc $F_{ev} > F_d$, lò xo tiếp tục bị võng một lượng tương ứng với hành trình làm việc của cơ cấu truyền động x_{ev} với cánh tay đòn l. Lúc này độ võng làm việc toàn phần của lò xo sẽ bằng $f_{ev} = f_d + x_{ev}$.

Tính toán lò xo tấm phẳng, lắp công sơn có độ võng ban đầu cũng sử dụng những công thức trên cho trường hợp không có độ võng ban đầu, chỉ cần chú ý lấy trị số độ võng tương ứng trị số lực tác dụng.

5/- Lò xo phẳng, tiết diện chữ nhật ,hai cữ chặn, các đầu mút không lắp chặt, tai trong ở khoảng giữa:

Trong trường hợp này, giá trị lực tác dụng và độ võng được xác định theo các công thức sau đây:

$$F = \frac{2.b.h^2.\sigma_u}{3.l} \quad (4-26)$$

$$f = \frac{F.l^3}{4.b.h^3.E} = \frac{l^2.\sigma_u}{6.h.E} \quad (4-27)$$

III - TÍNH TOÁN Lò XO XOẮN HÌNH TRỤ

Lò xo xoắn hình trụ quấn bằng dây hoặc thanh được sử dụng khi cần có khoảng lún (tương tự như độ võng, độ uốn ở lò xo tấm phẳng) lớn. Đối với loại lò xo này, tùy theo kích thước của chúng mà lực gây ra từ vài gam đến hàng tấn. Vì vậy chúng được sử dụng rộng rãi trong khí cụ điện.

1/- Đặc tính:

Sự phụ thuộc của lực vào khoảng lún của lò xo chịu nén được biểu diễn ở hình 4-4b và lò xo chịu kéo ở hình 4-4c.

2/- Tính toán:

Trên cơ sở lý thuyết biến dạng của lò xo xoắn được quấn bằng dây hoặc thanh tiết diện tròn, chịu tải kéo hoặc nén hướng trục, lò xo được tính về xoắn của dây hoặc thanh. Vì khi lò xo bị nén hoặc bị kéo dọc trục thì các tiết diện ngang của dây hoặc thanh quấn lò xo chịu xoắn. Khi đó sử dụng các công thức sau:

$$\sigma_x = \frac{16.F.D}{2\pi.d^3} = \frac{8.F.C}{\pi.d^2} \quad (4-28)$$

$$f = \frac{8.F.D^3.W}{G.d^4} = \frac{8.F.C^3.W}{G.d} \quad (4-29)$$

$$F = \frac{f.G.d^4}{8.D^3.W} = \frac{f.G.d}{8.C^3.W} = \frac{\pi.d^3\sigma_x}{8.D} = \frac{\pi.d^2\sigma_x}{8.C} \quad (4-30)$$

Trong đó:

σ_x - ứng suất xoắn cho phép (giới hạn mỏi) (N/mm²)

F - lực kéo hoặc nén hướng trục (N)

f - khoảng lún của lò xo (mm)

d - đường kính dây hoặc thanh quấn lò xo (mm)

D - đường kính trung bình của lò xo (mm)

C - chỉ số của lò xo

$$C = \frac{D}{d}$$

$$C = 16 \div 8 \text{ khi } d < 0,4 \text{ mm}$$

$$C = 10 \div 4 \text{ khi } d > 2 \text{ mm}$$

W - số vòng làm việc của lò xo

- Ở lò xo chịu kéo W bằng số vòng toàn phần của lò xo.

- Ở lò xo chịu nén, do có các vòng chống nghiêng ở hai đầu lò xo, số vòng toàn phần bằng $W + 1,5$.

G - modul chống trượt (modul đàn hồi khi xoắn) (N/mm^2).

3/- Xác định các thông số của lò xo:

Các số liệu ban đầu để tính toán lò xo thường là:

- Lực cần thiết F do lò xo tạo ra.
- Khoảng lún (với lò xo chịu nén), khoảng kéo (với lò xo chịu kéo) f.
- Ngoài ra cần chọn vật liệu theo bảng 4-1 để xác định modul chống

trượt G và ứng suất xoắn cho phép.

Trước hết cần chọn chỉ số lò xo C, nó đặc trưng cho độ cong của các lò xo, xác định ứng suất tập trung trong vật liệu lò xo. Không nên chọn $C < 4$, vì ứng suất tập trung lúc này quá giới hạn cho phép. Khi đường kính dây quấn lò xo d nhỏ, lấy chỉ số C lớn và ngược lại.

Đường kính d của dây hoặc thanh quấn và số vòng lò xo được xác định theo:

$$d = \sqrt{\frac{8.F.C}{\pi[\sigma_x]}} = 1,6. \sqrt{\frac{F.C}{[\sigma_x]}} \quad (4-31)$$

$$W = \frac{G.d^4.f}{8.D^3F} = \frac{G.d.f}{8.C^3F} \quad (4-32)$$

bước lò xo chịu kéo t_K và chịu nén t_n :

$$t_K = d$$

$$t_n = d + \frac{f}{W} \quad (4-33)$$

Chiều dài tự do của lò xo chịu kéo (không kể vòng móc) l_K và lò xo chịu nén l_n

$$\begin{aligned} l_K &= W \cdot t_K = W \cdot d \\ l_n &= W \cdot t_n + 1,5 \cdot d \end{aligned} \quad (4-34)$$

Theo lực làm việc cần thiết F_{lv} và lực kéo hoặc nén ban đầu F_d , theo các kích thước và số vòng đã tính ở trên, sẽ xác định được khoảng lún (hoặc khoảng kéo) tương ứng với lực tác dụng theo công thức (4-29)

Độ cứng của lò xo j là lực do lò xo gây ra khi bị kéo hoặc nén một khoảng 1mm:

$$j = \frac{F}{f} = \frac{G d^4}{8 \cdot D^3 \cdot W} = \frac{G d}{8 \cdot C^3 \cdot W} \quad (4-35)$$

Độ đàn hồi của lò xo f'' là khoảng lún (khoảng kéo) của 1 vòng trên một đơn vị lực:

$$f'' = \frac{f}{F \cdot W} = \frac{8 \cdot D^3}{G \cdot d^4} = \frac{8 \cdot C^3}{G \cdot d} \quad (4-36)$$

4/- Tính toán kiểm tra:

Với các kích thước và số vòng đã tính xác định trị số ứng suất xoắn σ_x khi có lực tác dụng theo công thức (4-28) và so sánh với trị số ứng suất xoắn cho phép thoả mãn:

$$\sigma_x \leq [\sigma_x]$$

Ví dụ:

Hãy xác định kích thước, số vòng và các thông số của lò xo xoắn hình trụ, làm việc chịu nén, được quấn bằng dây tròn, lò xo sinh lực bằng 300N (30,3 kG) ở trong khoảng lún 100mm. Vật liệu lò xo : thép lò xo cacbon độ bền bình thường có ứng suất xoắn cho phép $[\sigma_x] = 362 \text{ N/mm}^2$, modul chống trượt $G = 78.500 \text{ N/mm}^2$.

Giải:

Chọn chỉ số lò xo $C = 8$.

Theo công thức (4-31) đường kính dây quấn lò xo bằng

$$d = 1,6. \sqrt{\frac{F.C}{[\sigma_x]}} = 1,6. \sqrt{\frac{300.8}{362}} = 4,1 \approx 4 \text{ mm.}$$

Đường kính trung bình của lò xo:

$$D = C.d = 8.4 = 32 \text{ mm}$$

Số vòng xác định theo (4-32)

$$W = \frac{G.d^4.f}{8.D^3F} = \frac{78500.4^4.100}{8.32^3.300} = 25 \text{ vòng}$$

Chiều dài tự do của lò xo có vòng đệm chống nghiêng ở hai đầu:

$$\begin{aligned} l_n &= W. t_n + 1,5.d \\ &= W.(d + \frac{f}{W}) + 1,5.d = 25.(4 + \frac{100}{25}) + 1,5.4 = 206 \text{ mm} \end{aligned}$$

Khoảng lún thực tế của lò xo ứng với lực đã cho:

$$f = \frac{8.D^3.F.W}{G.d^4} = \frac{8.32^3.300.25}{78500.4^4} = 98 \text{ mm}$$

Ứng suất xoắn thực tế ứng với lực đã cho:

$$\sigma_x = \frac{16.F.D}{2.\pi d^3} = \frac{16.300.32}{2.\pi.4^3} = 380 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_x \approx [\sigma_x]$$

CHƯƠNG 5

NAM CHÂM ĐIỆN

§5.1 - KHÁI NIỆM CHUNG.

Nam châm điện (NCD) ngày càng được sử dụng rộng rãi. Không một lĩnh vực kỹ thuật nào không sử dụng nam châm điện : trong truyền động điện, tự động điều chỉnh, thông tin liên lạc và cả trong y học, khoa học nguyên tử, vũ trụ ...

Với các lĩnh vực kỹ thuật khác nhau đòi hỏi có những nam châm điện khác nhau về hình dạng, kết cấu và ứng dụng. Có những nam châm điện rất bé kích thước khoảng vài milimet và có những nam châm điện rất lớn kích thước đến vài mét. Khối lượng nam châm điện từ vài gam (ở role, đặt trích ...) đến hàng nghìn kilogam (ở cần cẩu, các bộ phận ly). Lực điện từ của nam châm điện thì từ vài phần gam đến hàng chục tấn. Hành trình của phần ứng từ vài mụ đến vài chục met. Công suất tiêu thụ từ cỡ vài mW đến hàng chục kW.

Nam châm điện được sử dụng đặc biệt chủ yếu trong cơ cấu điện từ là cơ quan sinh lực (truyền động) để thực hiện các chuyển dịch tịnh tiến của các cơ quan chấp hành, để thực hiện việc chuyển động quay trong các góc quay giới hạn hoặc sinh lực hãm trong các công- tắc-tơ, khởi động từ, role, aptômát, khớp ly hợp, phanh hãm ...

Các quá trình vật lý xảy ra trong nam châm điện rất phức tạp, thường được mô tả bằng phương trình vi phân, phi tuyến. Vì vậy cho đến nay việc tính toán nam châm điện thường được theo những công thức đơn giản gần đúng rồi kiểm nghiệm lại theo công thức lý thuyết, đi đến chọn bài toán tối ưu.

Trong giáo trình này chỉ đề cập đến trình tự thiết kế và tính toán chung cho loại nam châm điện một chiều và xoay chiều thông dụng nhất, không xét đến những vấn đề đặc trưng cho các loại nam châm điện khác nhau. Việc thiết kế các nam châm điện đó sẽ được nghiên cứu từ các bước tính toán cơ bản và tham khảo thêm các tài liệu, chuyên đề riêng cho từng loại.

§5.2 - CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN VÀ NHIỆM VỤ THIẾT KẾ.

A - CÁC THÔNG SỐ VẬN HÀNH.

1. Dạng kết cấu.
2. Điện áp định mức, tần số nguồn, chế độ nguồn (điện áp, dòng điện , công suất không đổi).
3. Chế độ làm việc (dài hạn, ngắn hạn, ngắn hạn lặp lại).
4. Công suất tiêu thụ.
5. Lực hút và khe hở không khí ban đầu hoặc quan hệ giữa lực hút và khe hở không khí (đặc tính lực hút).

$$F_{dt} = f(\sigma)$$

6. Nhiệt độ phát nóng cho phép (cấp cách điện).

7. Các thông số về hút và nhả của phần ứng (thời gian, điện áp, dòng điện).
8. Độ bền cơ (số lần đóng ngắt cho phép).
9. Khối lượng.
10. Các kích thước lắp ghép.
11. Giá thành.

B - CÁC THÔNG SỐ VỀ CÔNG CỦA NAM CHÂM ĐIỆN.

1. Công lý thuyết bằng tích của dòng điện $I_{\text{hút}}$ và từ thông móc vòng $\psi_{\text{hút}}$ khi phần ứng bị hút:

$$A_{\text{lt}} = I_{\text{h}} \cdot \psi_{\text{h}} = I_{\text{h}} \cdot W \cdot \phi_{\text{h}} \dots, \text{ Nm}$$

2. Công toàn phần A_{tph} , Nm được đặc trưng bằng diện tích giới hạn bởi đường đặc tính lực hút và trục hoành được xác định từ khe hở không khí ban đầu δ_{d} đến khe hở cuối δ_{c} (hành trình của phần ứng) (H5.3a).

3. Công hữu ích qui ước được xác định bằng tích giữa lực điện từ ban đầu F_{d} và hành trình của phần ứng từ khe hở không khí ban đầu δ_{d} đến khe hở cuối δ_{c} (H5.3a).

$$A_{\text{hq}} = F_{\text{d}} \cdot (\delta_{\text{d}} - \delta_{\text{c}}), \text{ Nm}$$

4. Công hữu ích qui ước cực đại bằng tích giữa lực điện từ tối ưu F_{tur} và hành trình tối ưu của phần ứng từ khe hở đầu tối ưu δ_{tur} đến khe hở cuối δ_{c} (H5.3a).

$$A_{\text{hqmax}} = F_{\text{dtur}} \cdot (\delta_{\text{dtur}} - \delta_{\text{c}}), \text{ Nm}$$

C - NHIỆM VỤ THIẾT KẾ.

Cần giải 2 bài toán : bài toán thuận và bài toán ngược.

1. Bài toán thuận : theo điều kiện tác động đã cho của cơ cấu chấp hành, chủ yếu là quan hệ giữa lực và hành trình, chọn dạng kết cấu của nam châm điện. Phải xác định kích thước mạch từ và cuộn dây sao cho đủ sinh ra từ thông để tạo ra lực điện từ cần thiết và cửa sổ mạch từ phải đủ đặt cuộn dây, cuộn dây phải sinh ra sức từ động cần thiết để tạo nên từ thông trên. Cuộn dây phải đảm bảo với chế độ làm việc đã cho không phát nóng quá nhiệt độ cho phép của cấp cách điện. Ngoài ra nam châm điện phải thoả mãn tất cả các yêu

cầu khác về vận hành cũng như các thông số khác đã cho. Như vậy bài toán thuận là bài toán xác định các kích thước và chọn kết cấu nam châm điện theo các thông số cho trước. Bài toán có nghiệm đa trị, cần phải xuất phát từ những quan điểm nhất định để chọn các thông số cho việc tính toán thiết kế (sơ bộ) xác định các kích thước hiệu chỉnh lại (nếu cần thiết) rồi tiến hành tính toán, kiểm nghiệm.

2. Bài toán ngược : xác định các thông số tối ưu và các đặc tính của nam châm điện đã tính toán (chủ yếu là đặc tính lực hút) nhiệt độ cuộn dây không được vượt quá giá trị cho phép của cấp cách điện. Như vậy bài toán ngược là bài toán kiểm nghiệm nam châm điện đã cho với mật độ từ thông đã chọn và cuộn dây đã thiết kế.

D - TRÌNH TỰ THIẾT KẾ.

1. Xác định các số liệu ban đầu.

2. Tính toán sơ bộ :

- Chọn dạng kết cấu.
- Chọn vật liệu cho mạch từ.
- Chọn các đại lượng từ cảm, hệ số từ rò, từ tản.
- Chọn cấp cách điện và mã hiệu dây quấn.
- Xác định các kích thước và thông số cơ bản của nam châm điện.
- Vẽ phác thảo nam châm điện.

3. Tính toán kiểm nghiệm :

- Lập sơ đồ thay thế của mạch từ.
- Tính từ dẫn khe hở không khí.
- Tính hệ số từ rò, từ tản.
- Xác định từ thông, từ cảm.
- Tính toán các thông số cuộn dây.
- Tính sức từ động ở trạng thái hút.
- Tính toán nhiệt của nam châm điện.
- Hiệu chỉnh lại kích thước nam châm điện (nếu cần thiết).
- Tính và dụng đặc tính lực hút.
- Tính vòng ngắn mạch (với nam châm điện xoay chiều).
- Xác định thời gian tác động và thời gian nhả.

- Lập các số liệu kỹ thuật tổng hợp của nam châm điện đã thiết kế : các thông số và chỉ tiêu kỹ thuật.

§5.3 - CÁC SỐ LIỆU BAN ĐẦU.

Để thiết kế một nam châm điện cần phải có những số liệu sau :

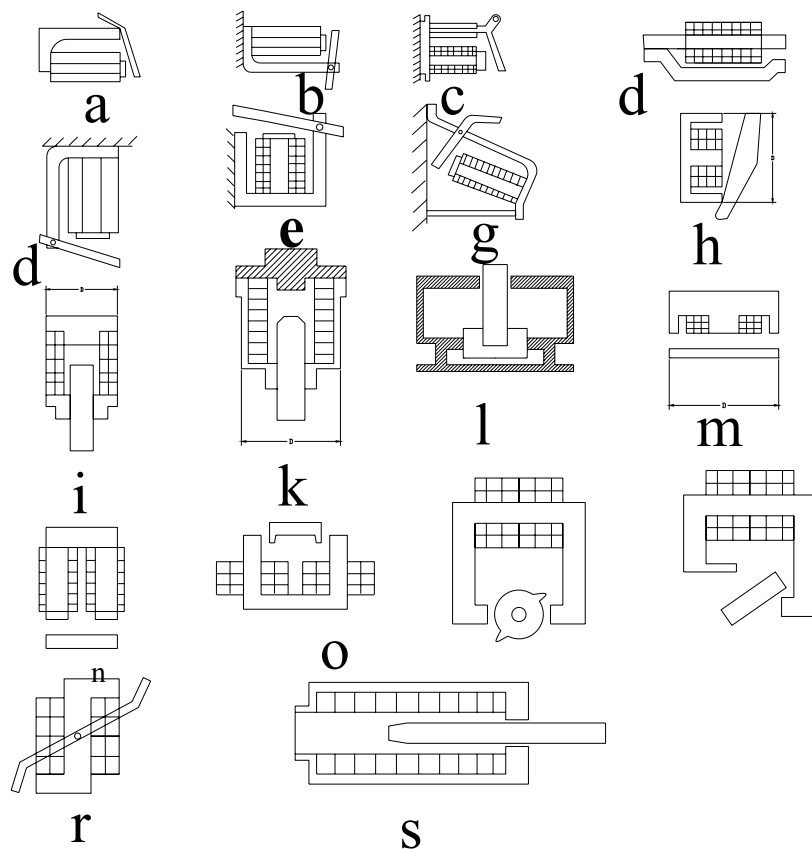
1. Số liệu về cơ cấu làm việc của nam châm điện với các chú dẫn về điều kiện vận hành (kiểu bảo vệ, kín, hở, chống ẩm,...) độ chịu rung, chịu va đập.
2. Lực và hành trình của cơ cấu : thường là quan hệ giữa lực và hành trình hay momen và các góc quay, là đặc tính phản lực hay gọi là đặc tính cơ.
3. Chế độ làm việc (dài hạn, ngắn hạn, ngắn hạn lặp lại).
4. Điện áp, dòng điện định mức, tần số nguồn, chế độ nguồn (áp, dòng, công suất ổn định).
5. Môi trường xung quanh với nhiệt độ cho phép.
6. Các chỉ tiêu cơ bản về thiết kế tối ưu của nam châm điện (khối lượng, các kích thước, giá thành, công suất tiêu thụ bé nhất, lực momen, thời gian duy trì lớn nhất). Một kết cấu đạt nhiều chỉ tiêu tối ưu rất khó thực hiện được, vì vậy cần xem phần nào là chủ yếu nhất, các phần khác chỉ cần đạt tương đối.
7. Các yêu cầu phụ khác đối với các thông số của nam châm điện (hệ số nhả, các thông số về tác động và nhả, thời gian, điện áp, dòng điện, công suất tiêu thụ...).
8. Các yêu cầu về công nghệ chế tạo : loại sản xuất (đơn chiếc, hàng loạt, hàng loạt lớn) thiết bị vật tư, tính lắp lẫn của các chi tiết.
9. Từ số liệu ban đầu phải cho trước phạm vi dao động cho phép của các đại lượng, ví dụ : lực, hành trình, điện áp, các thông số phụ khác..
10. Từ các số liệu đặc trưng cho điều kiện làm việc, điều kiện sản xuất nói trên, chọn vật liệu và các thông số, hệ số và các đại lượng khác, ví dụ như mật độ từ cảm, hệ số rò, tản, hệ số tản nhiệt, mật độ dòng điện...

§5.4 - CHỌN DẠNG KẾT CẤU.

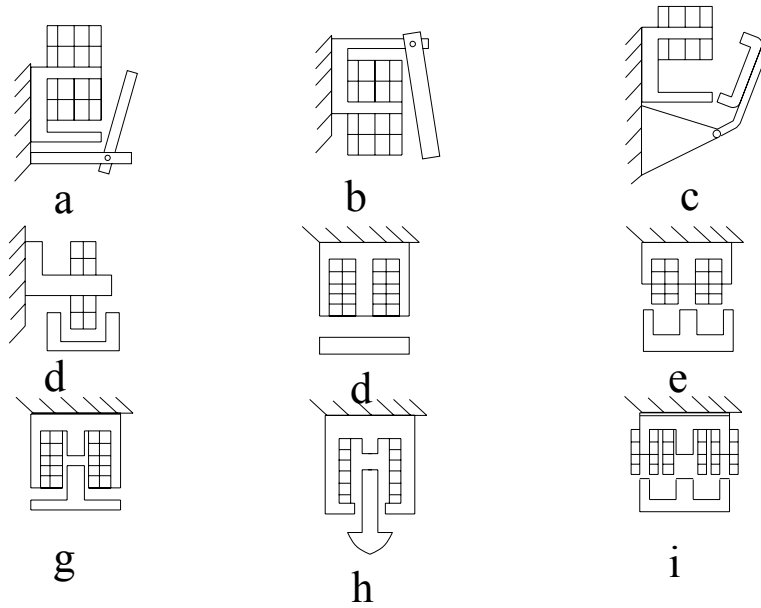
A - CÁC LOẠI NAM CHÂM ĐIỆN VÀ CÁC ĐẶC TÍNH CỦA CHÚNG.

Các nam châm điện hiện nay có nhiều dạng khác nhau về mạch từ, cuộn dây, nguồn điện cung cấp. Người ta phân loại theo các đặc điểm quan trọng sau :

1/. Nguồn điện, điện 1 chiều (H5-1) và điện xoay chiều (H5-2). Phần lớn các cuộn dây đều nối song song với nguồn điện. Nhưng ở một vài loại nam châm điện, ví dụ :ở role dòng điện cực đại cuộn dây mắc nối tiếp.



Hình 5-1: Nam châm điện một chiều



Hình 5-2 : Nam châm điện xoay chiều

Những đặc điểm của NCD một chiều và xoay chiều được trình bày ở bảng 5-1.

Bảng 5-1.

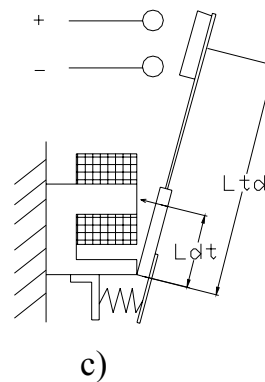
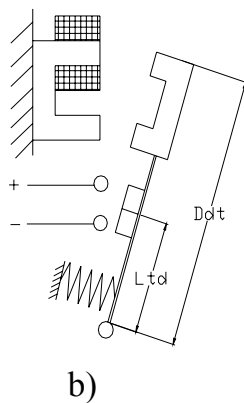
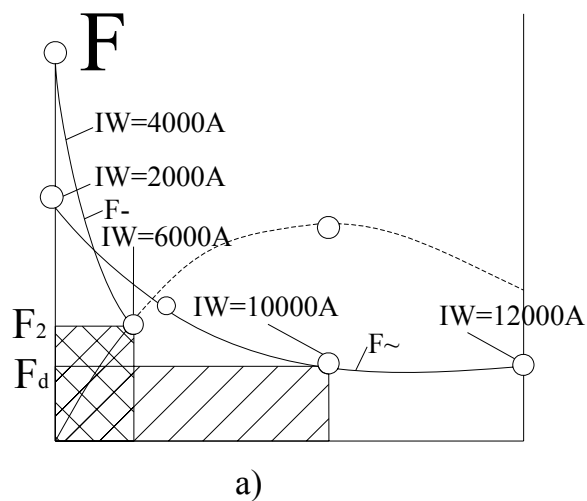
Các đặc điểm của NCD một chiều và xoay chiều thường gặp (ở các điều kiện như nhau)

T.T	Các đặc điểm về kết cấu và thông số	Điện một chiều	Điện xoay chiều
1.	-Mạch từ : vật liệu	-Thép ít cacbon, chế tạo ở dạng khối (tròn hay chữ nhật).	-Thép silic kỹ thuật điện dạng lá (để giảm tổn hao do từ trễ và dòng xoáy).
2.	-Dạng tiết diện lõi (công nghệ). -Cuộn dây điện áp -Đường kính dây quấn	-Tròn (gia công bằng cắt gọt). -Nhỏ (điện trở tác dụng).	-Chữ nhật (gia công bằng dập, ép, tán). -Lớn (điện trở tác

3.	-Số vòng -Lực sinh ra	-Nhiều. -Lớn.	dụng và phản kháng thành phần tác dụng nhỏ). -Ít. -Nhỏ (bằng 1/2 so với 1 chiều khi có cùng từ thông). -Lớn. -Dạng hypecbol (
4.	-Hành trình phân	- Bé.	nằm ngang) từ thông
5.	ứng -Đặc tính lực hút	-Dạng hypecbol (dốc).	ít thay đổi theo hành trình của phần ứng. -Giảm khi khe hở không khí giảm.
6.	-Sức từ động của cuộn dây điện áp	-Không đổi, không phụ thuộc vào hành trình phân ứng.	-Tri số biên độ bằng tri số của điện 1 chiều.
7.	-Từ thông: giá trị tính toán -Sự thay đổi khi giảm khe hở	-Phụ thuộc vào lực đã cho. -Theo đường hypecbol tăng (vì tăng từ dẫn khe hở).	-Tăng không đáng kể vì dòng điện và từ thông rò giảm.
8.	không khí làm việc -Dòng điện trong cuộn dây điện áp	-Bằng dòng điện khi nắp hút.	- Lớn hơn vài lần khi nắp hút(vì từ tản bé).
9.	khi nắp mở -Công suất tiêu thụ	-Bé.	-Lớn (tổn hao dòng xoáy, từ trễ, vòng ngắn mạch do rung).
10.	-Thời gian tác động	-Lớn(cuộndây nhiềuvòng hàng số thời gian điện từ lớn).	-Bé (thường khoảng 1 chu kỳ của dòng điện hình sin, Sđđ
11.		-Lớn (vì các chi tiết ở thể khối).	cảm ứng khi phần ứng chuyển động bé hơn điện áp nguồn).
12.	-Độ chịu mòn của	-Lớn.	

13.	mạch từ -Độ tin cậy của cuộn dây -Khối lượng và kích thước (cùng 1 lực)	-Bé.	- Bé (vì các chi tiết ghép từ các lá thép mỏng). -Bé (cháy khi bị ngắn mạch giữa các vòng dây và khi mạch từ bị kẹt. -Lớn.
-----	--	------	--

Một trong các điều kiện để NCD có kích thước và khối lượng bé nhất là sử dụng khả năng sinh công qui ước cực đại A_{hqmax} (hình 5-3a) bằng tích của lực ban đầu F_{dtu} và hành trình biểu diễn bằng diện tích gạch chéo.



Hình 5-3 : So sánh NCD một chiều và xoay chiều loại hút chập, cuộn dây điện áp theo công hữu ích qui ước.

Đặc tính lực điện từ và công hữu ích.

Sơ đồ kết cấu của nam châm điện xoay chiều

Sơ đồ kết cấu của nam châm điện một chiều

So sánh 2 ví dụ về đặc tính lực hút và đường cong công hữu ích qui ước của NCD một chiều F-, A- và NCD xoay chiều F-, A. Với những điều kiện giống nhau, NCD một chiều có A_{hqmax} ở hành trình bé, còn NCD xoay chiều có A_{hqmax} ở hành trình lớn. Vì vậy nên thiết kế NCD một chiều hành trình bé so với NCD xoay chiều. Nếu cho trước hành trình của tiếp điểm (độ mở, độ kín) ở khí cụ điện một chiều nên chọn $l_{td} \leq l_{dt}$ (H 5-3c) còn ở khí cụ điện xoay chiều nên chọn $l_{td} \leq l_{dt}$ (H 5-3b).

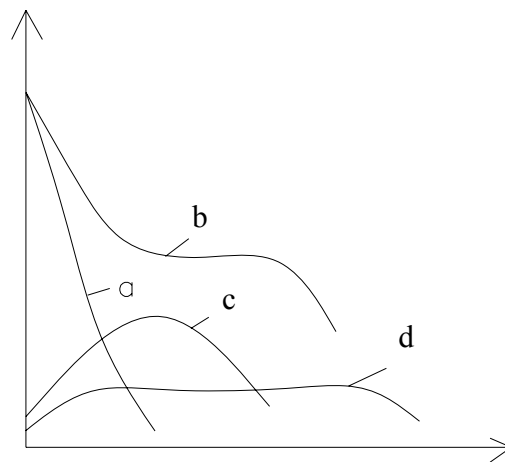
2/- Đặc tính chuyển động trong không gian của phản ứng :

a) Phản ứng chuyển động quay và hút chập (5-1a-h-r; H 5-2a,b,c).

b) Phản ứng chuyển động thẳng (H 5-1, i - 0, s; H 5 -2,d, -i) chọn dạng chuyển động của phản ứng dựa theo sơ đồ chuyển động của cơ cấu. Với cơ cấu có hành trình lớn nên chọn loại chuyển động thẳng.

3/- Đặc tính lực hút điện từ :

Những đặc tính của những nam châm điện thông dụng.



Hình 5 -4 : Những dạng đặc tính lực hút đặc trưng của các NCD thông dụng

a) Dạng hypecbol (H 5-4 đường cong a; H 5-5a): ở các NCD mà từ thông rò không sinh ra lực (H5-1,a-c, đ-h, m-q, t; H5-2, a,b, đ).

b) Dạng yên ngựa (H 5-4,b ; H5-5đ) : Ở các NCD mà từ thông rò có sinh thêm lực từ phụ, đó là những trường hợp phản ứng ngập trong cuộn dây, từ thông rò không đi qua khe hở không khí làm việc nhưng đi qua phản ứng (H 5-1,i-l; H5-2,d ,e-h).

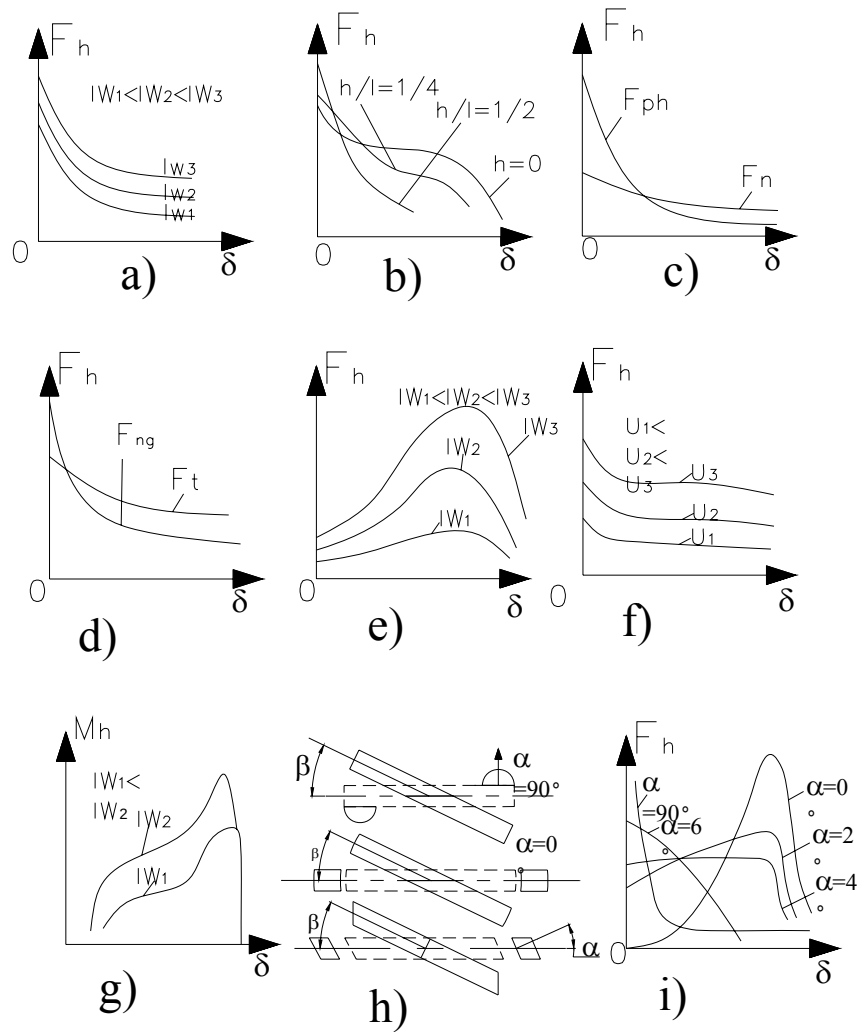
c) Dạng núi (H5-4 đường cong c, H 5-5, đ) : Những NCD có phản ứng chuyển động trong cuộn dây, mạch từ hở và loại có phản ứng chuyển động vuông góc với phương của từ thông (H 5-1,0)

d) Dạng lực ít thay đổi theo hành trình (H5-4 đường cong d).

Ở những nam châm điện có mạch từ kín hoặc hở nhưng có phản ứng chuyển động trong lòng cuộn dây (H 5-1 s) và ở nam châm điện xoay chiều 3 pha 3 cuộn dây phần tĩnh và phản ứng dạng chữ III (H5-2,i) có dạng đặc tính tương tự (H5-5,e). Loại nam châm điện này có đặc điểm không bị rung.

4/- Thay đổi dạng đặc tính lực hút:

a) Nam châm điện có phản ứng ngoài cuộn dây (H5-1,a-h,n; H5-2a,b). Tăng độ dốc dạng đặc tính hypecbol ở nam châm điện một chiều bằng cách dùng mạch từ hình III (H5-1, e). Nam châm điện có đường kính lớn và chiều cao bé (H 5-1h, m) cho lực lớn khi hành trình bé, loại này hay dùng trong các phanh hãm và cần cầu điện từ (H5-1, t).



Hình 5-5: Đặc tính lực hút của các nam châm điện khác nhau.

δ - khe hở làm việc.

F_{dt} , M_{dt} - lực và momen điện từ.

(I.W) - sức từ động; h_{cd} - chiều cao cuộn dây; h - chiều cao phần lõi

tĩnh

U - điện áp cuộn dây.

a) Nam châm điện nắp thẳng, hút chập.

b) Lõi chuyển động thẳng, cực từ ở khe hở làm việc phẳng.

c) Lõi phẳng và lõi hình nón (F_{ph} và F_n).

d) Nam châm điện xoay chiều có phản ứng chuyển động trong lòng cuộn dây (F_{tr}) và phản ứng ngoài cuộn dây (F_{ng}).

đ) Không có lõi giữa.

e) Ba pha, ba cuộn dây.

g) Có phần ứng với dạng khác nhau, quay đến 100^0 , dạng phần ứng và góc quay ở hình g, đặc tính ở hình i.

b) Nam châm điện có phần ứng chuyển động trong lòng ống dây (H5-1, i ,k) thay đổi đặc tính bằng cách thay đổi chiều cao h của phần lõi tĩnh (H5-5).

Nếu đặc tính hình nón thì lực điện từ lớn hơn $\frac{1}{\sin^2 \alpha}$ lần (α là góc đỉnh nón)

so với loại cực từ phẳng. (H5-5, c).

Những nam châm điện có phần ứng chuyển động trong lòng ống dây (H5-2c,d,h) cho lực tương đối lớn so với nam châm điện có phần ứng ở ngoài (H5-5,d).

c) Nam châm điện có phần ứng chuyển động vuông góc với phương của từ trường (H 5-1p) với nam châm điện một chiều có phần ứng quay đến góc 100^0 hoặc lớn hơn nữa, thay đổi đặc tính lực hút bằng cách thay đổi hình dạng của cực từ phần ứng và gông. Đặc tính lực hút ảnh hưởng rất lớn bởi hình dạng phần ứng, vị trí tương đối giữa cực từ và góc quay α , giữa trục phần ứng và pháp tuyến của mặt cực (H5-5h,u).

5/- Theo thời gian chuyển động của phần ứng chia làm 3 loại:

a) Nam châm điện tác động nhanh. Thời gian tác động khoảng từ 1 đến 10 miligiây.

b) Nam châm điện tác động bình thường. Thời gian tác động khoảng từ 10 miligiây đến hàng trăm miligiây.

c) Nam châm điện tác động chậm

B - CHỌN DẠNG KẾT CẤU TỐI ƯU.

Trên cơ sở hàng loạt tính toán và thực nghiệm về các dạng nam châm điện khác nhau, người ta đưa ra phương pháp chọn dạng kết cấu tối ưu, theo chỉ tiêu hình học. Ta có hệ số kết cấu K_{kc} được tính bằng công thức :

Với nam châm điện một chiều :

$$K_{kc} = \frac{\sqrt{F_{dt}}}{\delta} \quad , \quad N^{1/2}/m \quad (5-1)$$

Với nam châm điện xoay chiều :

$$K_{kc} = \frac{\sqrt{2F_{dt}}}{\delta}, N^{1/2}/m \quad (5-2)$$

Vì nam châm điện có thể tính gần đúng :

$$F_{dt} \equiv \rho \equiv D^2 \quad \text{và} \quad \delta \equiv 1$$

Do đó :

$$K_{kc} \equiv \frac{D}{1}$$

F_{dt} - lực điện từ của nam châm điện, N.

δ - khe hở làm việc của nam châm điện, m.

ρ, l - tiết diện và chiều dài lõi mạch từ.

D - đường kính lõi của nam châm điện hình trụ hoặc đường kính cuộn dây.

Vậy hệ số kết cấu K_{kc} đặc trưng cho tỉ số giữa đường kính của lõi hoặc của cuộn dây và chiều dài của lõi hoặc chiều cao của cuộn dây.

Ở mỗi dạng kết cấu của nam châm điện trong một phạm vi nhất định của hệ số kết cấu K_{kc} sẽ đặt tối ưu về khối lượng.

Bảng 5-2 cho các giá trị của K_{kc} với những dạng nam châm điện khác nhau. Đây là những giá trị dùng cho nam châm điện một chiều chế độ làm việc dài hạn có khả năng sinh công khoảng 11,5 kGm, độ chênh nhiệt là 70⁰c.

Những số liệu này cũng dùng tham khảo cho các loại nam châm điện khác.

Bảng 5-2: Các giá trị của hệ số kết cấu với những nam châm điện khác nhau

Dạng kết cấu của nam châm điện	K_{kc}		Ví dụ số của hình vẽ
	$N^{1/2}/mm$	$kG^{1/2}/cm$	
- Phần ứng hình trụ chuyển động thẳng:			
a) Lõi và cuộn dây	< 63	< 0,2	-
b) Mạch từ không khép kín (không có lõi) phần ứng hình nón cụt.	63 - 316	0,2 - 1,0	5 - 1, s
c) Phần ứng hình nón góc 60 ⁰ .	380 - 1600	1,2 - 5,0	5 - 1, k
	1260 - 5100	4 - 16	5 - 1, k

d) Phần ứng hình nón góc 90^0 .	5100 - 30000	16 - 93	5 - 1, u, l
e) Phần ứng phẳng			
- Nam châm xoay chiều hút thẳng dạng T và III có phần ứng ngập trong cuộn dây.	316 - 25000	1 - 80	5 - 2, e, h
- Lõi hình trụ, phần ứng hình đĩa.	30000 - 140000	93 - 450	5 - 1, m
- Loại hai cuộn dây, hai lõi, phần ứng phẳng nằm ngoài cuộn dây.	900 - 90000	2,7 - 270	5 - 1, n
- Loại một cuộn dây, một lõi phần ứng nằm ngoài.	630 - 63000	1,9 - 190	5 - 1, a, b, d

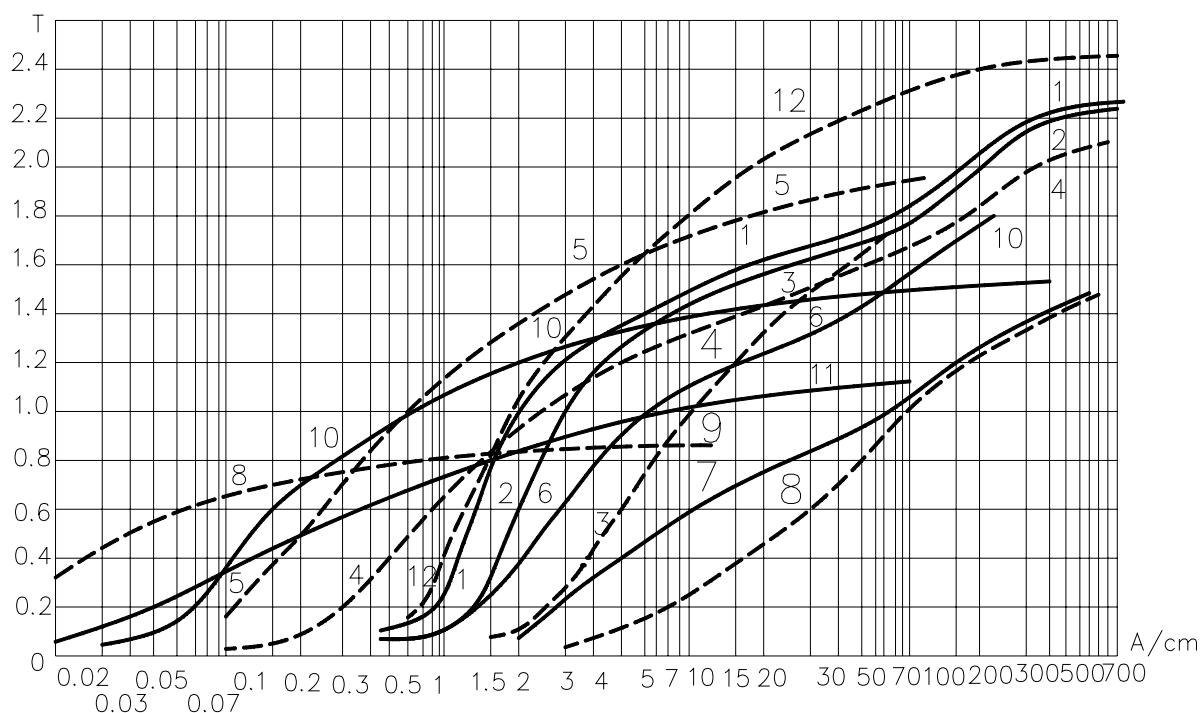
Hệ số kết cấu cho phép xác định dạng kết cấu trong bước tính toán sơ bộ đầu tiên. Nó không phản ánh được ảnh hưởng của các yếu tố quan trọng như nhiệt độ cuộn dây, điều kiện toả nhiệt, chế độ làm việc. Vì vậy khi chọn dạng kết cấu phải lưu ý đến những yêu cầu về thiết kế, chế tạo, vận hành.

Tiêu chuẩn tối ưu cho trước có thể không phải theo khối lượng mà theo các yêu cầu khác (công suất tiêu thụ, thời gian tác động) tuy thế vẫn nên chọn dạng kết cấu theo hệ số kết cấu. Có thể hiệu chỉnh các kích thước của nam châm điện với khối lượng bé nhất để đạt được các thông số tối ưu khác.

§5.4 - CHỌN VẬT LIỆU TỪ.

Mạch từ của nam châm điện một chiều, xoay chiều được chế tạo từ thép mềm ít cacbon (bảng 5 -1).

Đặc tính cơ bản của vật liệu từ là quan hệ giữa từ cảm B và cường độ từ trường H. Đặc tính này được cho trong các sổ tay dưới dạng các đường cong từ hoá (H5-6) hoặc các bảng số (Bảng 5-4). Đặc tính quan trọng khác của vật liệu từ là quan hệ giữa độ từ thẩm tương đối và từ cảm B (H5-7) các số liệu cho ở đường cong và bảng là giá trị trung bình của mỗi loại vật liệu. Trị số thực dao động quanh trị số trung bình, nó phụ thuộc vào chế độ gia công nhiệt, công nghệ chế tạo (vì gia công làm thay đổi tính chất của vật liệu).



Hình 5-6 : các đường cong từ hóa của vật liệu từ

1. thép cacbon mã hiệu 3 được ủ
2. thép kết cấu chất lượng cao mã hiệu 10 được ủ
3. thép kết cấu chất lượng tốt mã hiệu 20 được ủ
4. lá thép kỹ thuật điện mã hiệu 31.
5. thép lá kỹ thuật điện cán lạnh mã hiệu 330.
6. gang rèn ủ
7. gang hợp kim mã hiệu 00 được ủ
8. gang mã hiệu 00 không ủ
9. pecmalôi niken cao mã hiệu 79HM
10. pecmalôi niken thấp mã hiệu 50H
11. pecmalôi niken thấp mã hiệu 50HXC
12. pecmendiu

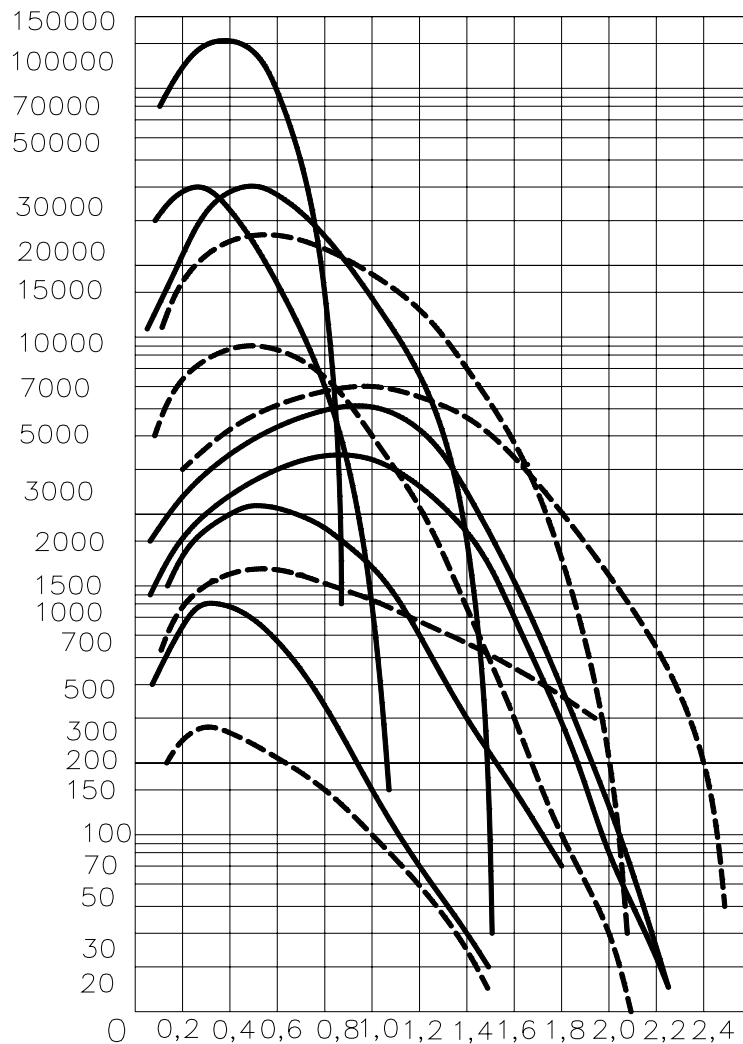
1/ Nam châm điện một chiều

Các chi tiết của mạch từ được gia công từ thép tròn, thép khối hoặc thép tấm

Với các nam châm điện kích thước bé như role, công tắc tơ thường dùng mạch từ bằng vật liệu thép kỹ thuật điện ít các bon σ A và σ (còn gọi là Apm co). Vì hệ số lực từ phản kháng thấp nên loại vật liệu này có độ từ thẩm cao.

Với nam châm điện kích thước trung bình và không có yêu cầu về giảm lực từ phản kháng và từ thẩm cao, mạch từ nên gia công từ thép kết cấu chất lượng cao ít cacbon thép 0,5; 0,8; 10.

Với các nam châm điện kích thước lớn mạch từ nên chế tạo từ gang (kỹ thuật điện). Để giảm kích thước và khối lượng với mạch từ các chi tiết cũng có thể đúc từ thép ít cacbon.



Hình 5-7: các đường cong của độ từ thẩm tương đối của vật liệu từ mềm. số của đường cong tương ứng với hình 5-6

2/- Nam châm điện xoay chiều

Hầu hết các mạch từ được chế tạo từ thép silic. Ở loại này vì lực từ phản kháng bé nên tổn hao do từ trễ không đáng kể, mặt khác do mạch từ được ghép với lá thép mỏng từ 0,1 – 1 mm tổn hao do dòng điện xoáy bé. Thành phần hóa học và tính chất của các loại thép này ở bảng 5-4.

§5.6 CHỌN TỪ CẢM, HỆ SỐ TỪ RÒ VÀ TỪ TẢN

A- TỪ CẢM Ở KHE HỖ KHÔNG KHÍ LÀM VIỆC KHI PHẦN ỨNG HỖ

Từ thông Φ_6 ở khe hở không khí lớn có thể coi là gồm thành phần chính Φ_c và thành phần phụ Φ_p .

$$\Phi_6 = \Phi_c + \Phi_p$$

từ cảm tương ứng sẽ là:

$$B_6 = \frac{\Phi_6}{S_6} ; \quad B_1 = \frac{\Phi_1}{S_1} ; \quad B_{m1} = \frac{\Phi_{m1}}{S_{m1}} \quad (5-3)$$

S_6 - tiết diện tính toán của khe hở không khí khi từ trường không đều được quy đổi về từ trường đều.

S_{m1} , S_1 – tiết diện của lõi cực từ và tiết diện của lõi

Tỷ số

$$\frac{\Phi_6}{\Phi_1} = \sigma_t \text{ và } \frac{\Phi_6}{\Phi_{m1}} = \sigma_t \quad (5-4)$$

Gọi là hệ số từ tản. Khi khe hở bé $\delta \approx 0$, $\delta_t \approx 1$, còn khi khe hở lớn δ_t đến 1,8. Khe hở là lớn khi tỉ số giữa đường kính lõi d_1 hoặc mũ lõi d_{m1} hoặc cạnh của lõi q_1 (tiết diện vuông) và khe hở δ nằm trong khoảng:

$$\frac{d_1}{\sigma} ; \frac{d_{m1}}{\sigma} ; \frac{a_1}{\sigma} \leq 5$$

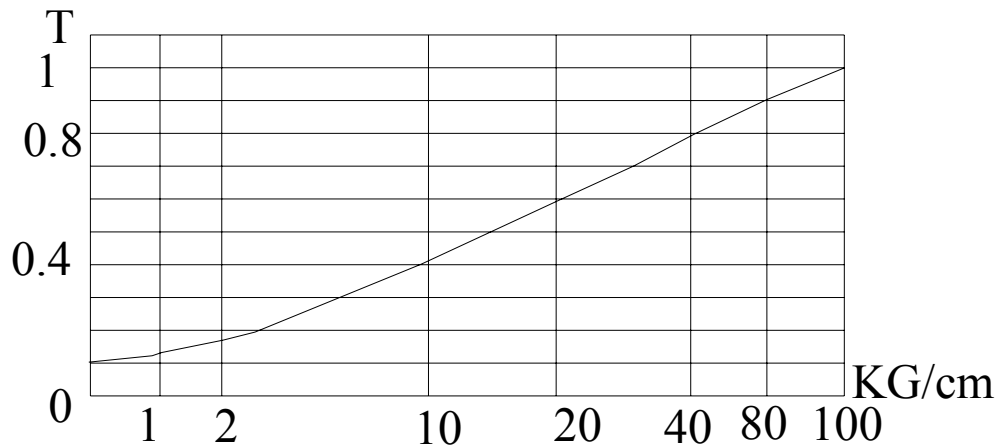
$$\frac{d_1}{\sigma} ; \frac{d_{m1}}{\sigma} ; \frac{a_1}{\sigma} \geq 0,2$$

Khe hở là bé khi tỉ số trên lớn hơn 5 hoặc bé hơn 0,2. Lúc đó có thể coi $\Phi_6 \approx \Phi_1$ và $\Phi_{m1} \approx \Phi_6$ cho nên $B_1 = B_6$ và $B_{m1} \approx B_6$

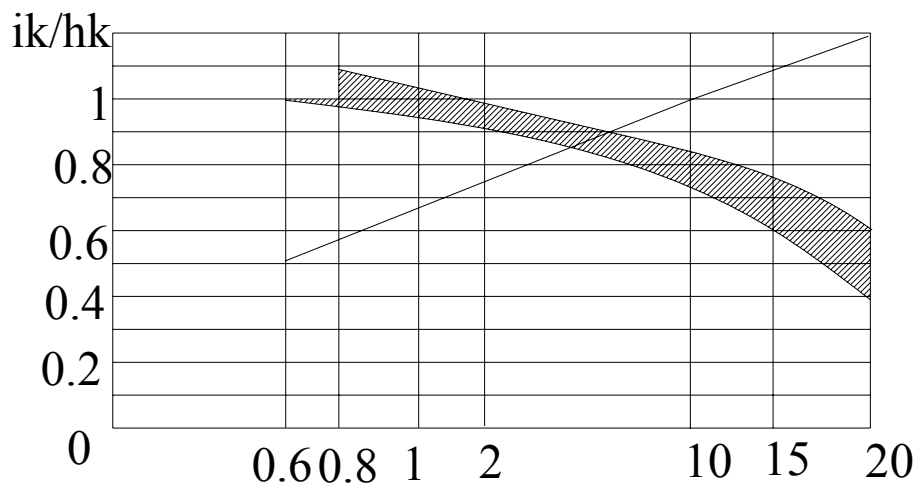
1/- Nam châm điện một chiều

Từ cảm B_{δ} hoặc B_{m1} hoặc B_1 khi phần ứng chưa bị hút nên chọn sao cho ở trạng thái bị hút giá trị cực đại của từ cảm tại nơi từ thông lớn nhất ở mạch từ $\varnothing_{\max}$ nằm ở đoạn uốn của đường cong từ hóa. Trong phần tính toán kiểm nghiệm từ thông và từ cảm sẽ được xác định.

Trong giai đoạn tính toán sơ bộ từ cảm ở khe hở không khí làm việc B_{δ} hoặc B_1 , B_{m1} khi phần ứng chưa bị hút vào các kích thước của cực từ có thể sơ bộ chọn theo hình dạng kết cấu của nam châm điện, hệ số kết cấu x_{kc} trên các đồ thị hình 5-8 đến H 5-11.

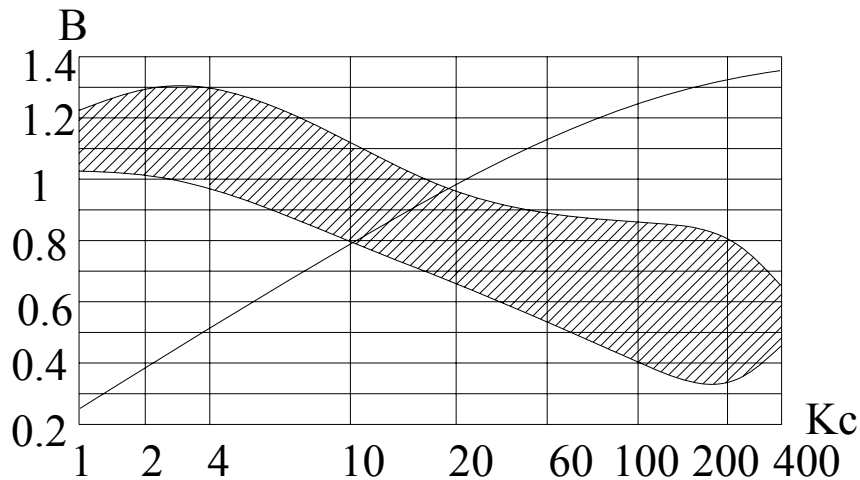


Hình 5-8: quan hệ giữa B_{δ} và k_{kc} khi phần ứng chưa bị hút của các nam châm điện kích thước trung bình có phần ứng nằm ngoài cuộn dây. Công qui ước cực đại 0,6 KG cm chế độ làm việc dài hạn. Độ chênh nhiệt $70^{\circ} C$

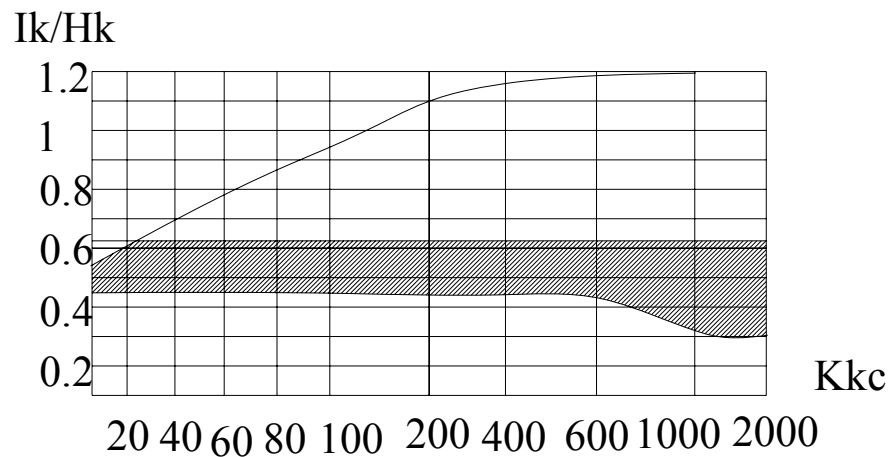


Hình 5-9: Quan hệ giữa các thông số và hệ số kết cấu k_{kc} của nam châm điện có lõi hình trụ, phần ứng nằm trong cuộn dây, cực từ hình chóp với góc đỉnh là 90° C, công qui ước cực đại là 11,5 KG cm , chế độ làm việc dài hạn. Độ chênh nhiệt 70° C. Vật liệu từ sắt non.

Từ cảm ở khe hở không khí làm việc khi phản ứng hờ của phần lớn các nam châm điện động lực có thể lấy từ 0,6 ÷ 0,1 T ở các nam châm điện có độ nhạy cao như rơ le điện từ 0,3 ÷ 0,6 T.



Hình 5-10: quan hệ giữa các thông số và k_{kc} của nam châm điện lõi hình trụ, phần ứng nằm trong ống dây, cực từ phẳng. Công qui ước cực đại 11,5 KG cm. Chế độ làm việc dài hạn. độ chênh nhiệt 70° C. Vật liệu từ sắt non.



Hình 5-11 : quan hệ giữa các thông số và k_{kc} của nam châm điện lõi hình trụ, phần ứng phẳng dạng đĩa. Công qui ước cực đại 11,5 KG cm. Chế độ làm việc dài hạn. Độ chênh nhiệt 70^0 C. Vật liệu từ sắt non.

Từ cảm lớn nhất của lõi B_{max} khi phần ứng hở của phần lớn các nam châm điện động lực có thể lấy từ $0,8 \div 1,2$ T, ở các nam châm điện có độ nhạy cao từ $0,4 \div 0,7$ T.

Với các nam châm điện làm việc ở chế độ ngắn hạn và các nam châm điện có nhiệt độ phát nóng cho phép của cuộn dây lớn nên chọn từ cảm lớn. Nếu từ cảm của khe hở không khí lớn tiết diện và khối lượng của mạch từ giảm, đồng thời tăng từ cảm ở các phân đoạn của mạch từ và tăng sức từ động cần thiết dẫn đến tăng khối lượng cuộn dây.

2/- Nam châm điện xoay chiều

Tính toán nam châm điện xoay chiều theo giá trị biên độ của từ cảm $B_{\phi_{max}}$ hoặc $B_{l_{max}}$, hệ số kết cấu tính với $k_{k\phi}$.

B – TỪ CẢM LỚN NHẤT Ở LỖI

1/- Nam châm điện một chiều

Để xác định tiết diện lõi cần chọn từ cảm cực đại ở lõi khi nắp hút. Từ thông lớn nhất ϕ_{max} tương ứng với từ cảm đó nằm ở gần nơi gắn lõi với mạch từ. Nếu từ thông ở khe hở nối càng lớn thì nơi từ thông cực đại càng gần đáy (H – 5-130)

Để sử dụng tối ưu vật liệu từ, B_{max} khi phần ứng hút nên chọn gần vùng uốn của đường cong từ hóa. Ví dụ với thép kỹ thuật điện ít cacbon với mã hiệu 3, 3A, 3AA và thép kết cấu mã hiệu 0,5; 0,8 k-II 10, 15 B_{max} từ $1,4 \div 1,6$ T. Với các nam châm điện cần độ nhạy cao B_{max} nên chọn nằm dưới đoạn uốn của đường cong từ hóa, ví dụ với rơle cho tự động hóa và thông tin liên lạc, bằng các vật liệu trên nên chọn B_{max} bé hơn $1,1 \div 1,2$ T.

2/- Nam châm điện xoay chiều

Khi xác định tiết diện lõi nên lấy B_{max} gần vùng uốn của đường cong từ hóa. Với thép kỹ thuật điện mã hiệu 3 11, 312, 331, 341, 344 nên lấy từ $1 \div 1,2$ T.

C- HỆ SỐ TỪ TẢN

Hệ số từ tản của từ thông

$$\sigma_t = \frac{\phi_\delta}{\phi_1}$$

có thể xác định được khi biết các kích thước hình học của các chi tiết tạo nên khe hở không khí làm việc qua việc tính từ dẫn.

Trong bước tính sơ bộ σ_t có thể chọn trên cơ sở dạng kết cấu của nam châm điện và tỉ số giữa đường kính lõi (hoặc mũ lõi) hay cạnh của tiết diện lõi hình chữ nhật với khe hở không khí làm việc. Chọn hệ số từ tản trong khoảng $1 \div 1,8$.

D- HỆ SỐ TỪ RÒ

Hệ số từ rò của mạch từ là tỉ số giữa từ thông cực đại $\phi_{\max}$ hoặc từ thông trung bình ϕ_{tb} với từ thông ở khe hở không khí làm việc của mạch từ. Hệ số này được xác định nếu biết từ dẫn của khe hở không khí và từ dẫn của cửa sổ mạch từ (đường đi của từ thông rò).

Khi tính toán nam châm điện một chiều (cuộn dây điện áp và cuộn dây dòng điện) và nam châm điện xoay chiều với cuộn dòng điện phải dùng giá trị cực

đại của từ thông $\phi_{\max}$ nên hệ số từ rò $\sigma_r = \frac{\phi_{\max}}{\phi_\delta}$ Với các mạch từ dùng giá trị từ

thông trung bình ϕ_{tb} và từ thông mắc vòng $\Psi = \text{const}$ (nam châm điện xoay

chiều với cuộn dây điện áp) hệ số từ rò $\sigma_r = \frac{\phi_{\max}}{\phi_\delta}$ trường hợp này nhỏ hơn

trong trường hợp tính với $\phi_{\max}$.

Ở bước tính toán sơ bộ σ_r có thể chọn gần đúng khi phần ứng bị hút $\sigma_r \approx 1$ vì từ thông rò lúc này bé.

Khi phần ứng hở σ_r phụ thuộc vào dạng kết cấu của nam châm điện chủ yếu phụ thuộc vào từ dẫn của từ thông rò. Từ dẫn rò tăng khi chiều dài của lõi tăng và giảm khi chiều rộng cửa sổ mạch từ tăng, σ_r tăng khi đường kính của lõi tăng.

Ở trạng thái phần ứng hở, hệ số từ rò σ_r phụ thuộc rất lớn vào khe hở không khí làm việc, $\sigma_r \approx 1,1 \div 1,4$ hoặc lớn hơn nữa.

§5.7 – XÁC ĐỊNH CÁC KÍCH THƯỚC VÀ THÔNG SỐ CHỦ YẾU CỦA NAM CHÂM ĐIỆN

A – PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN

Xác định các kích thước và thông số chủ yếu của nam châm điện có thể dùng các phương trình biểu diễn mối quan hệ giữa các thông số đã cho và các kích thước chủ yếu của nó. Sự phức tạp của bài toán là phải tìm được kết cấu tối ưu.

Để thấy rõ mối quan hệ giữa các kích thước và các thông số chủ yếu với các quá trình vật lý xảy ra ở nam châm điện, việc xác định các kích thước chủ yếu của nam châm thường được tính toán bằng các phương trình mô tả các quá trình trong nam châm điện.

1. Phương trình lực điện từ tác động lên phần ứng của nam châm điện.
2. Phương trình quan hệ giữa sức từ động và các kích thước của cuộn dây, mật độ dòng điện với chế độ làm việc đã cho.
3. Phương trình về mạch từ.
4. Ở nam châm điện một chiều cuộn dây điện áp từ phương trình liên hệ giữa sức từ động của cuộn dây và điện áp nguồn, tiết diện dây từ đó xác định số vòng và các thông số khác của cuộn dây. Ở nam châm điện xoay chiều cuộn dây điện áp từ phương trình liên hệ giữa từ thông, điện áp, tần số nguồn điện và số vòng cuộn dây từ đó xác định tiết diện dây quấn.

Khi tính toán sơ bộ không cần thiết phải đạt kết quả chính xác cao để việc tính toán đỡ phức tạp. Các kích thước tìm được cần phải hiệu chỉnh để phù hợp với vật tư qui chuẩn và đạt được các thông số tối ưu theo đầu bài đã cho.

B – XÁC ĐỊNH TIẾT DIỆN LỖI THÉP

1/- Xác định tiết diện lõi S_1 hoặc mũ lõi S_{m1} nằm ở khe hở không khí làm việc

Với hành trình đã cho nam châm điện phải thắng phản lực của cơ cấu. Quan hệ giữa phản lực và hành trình đó gọi là đặc tính phản lực hay đặc tính cơ.

Để tính nam châm điện từ đặc tính cơ chọn lực tới hạn F_{coth} và khe hở làm việc tương ứng δ_{th} (điểm X ở H4-3) ta phải kể đến hệ số dung sai về lực k_{dsl} .

Ở vài loại khí cụ điện có tiếp điểm thường mở khe hở tới hạn δ_{th} ứng với khe hở khi phản ứng của nam châm điện hở (chưa bị hút)

$$F_{\text{coth}} = F_{\text{cơ nh}}$$

(điểm H ở H4-3).

Ở các khí cụ điện có tiếp điểm thường đóng khe hở tới hạn δ_{th} tương ứng với thời điểm bắt đầu mở của tiếp điểm (điểm K_m ở H4-5).

Ở các khí cụ điện xoay chiều ba pha khe hở tới hạn δ_{th} tương ứng với thời điểm bắt đầu tiếp xúc của hệ tiếp điểm. Lực điện từ tính toán khi nam châm điện tác động F_{dtd} (phản ứng bắt đầu chuyển động) bằng phản lực tới hạn tính toán:

$$F_{\text{dtd}} = F_{\text{cơ nh}} \text{ (qui đổi về khe hở làm việc).}$$

Ở nam châm điện có một khe hở làm việc lực điện từ tính toán $F_{\text{dtd}} =$

$$F_{\text{d1}} \text{ được xác định bởi từ thông cần thiết ở khe hở làm việc } \phi_{\delta} \text{ và } \phi_1 = \frac{\phi_{\delta}}{\sigma_t} \text{ Nếu}$$

nam châm có hai khe hở như nhau và tiết diện hai lõi như nhau thì lực điện từ tính toán được chia làm hai phần bằng nhau. Ở trường hợp có ba khe hở làm việc lực điện từ tính toán được chia làm ba phần, tỷ lệ với diện tích của các cực từ. Ví dụ ở nam châm điện hình III hay hình E lực điện từ tính toán được chia làm ba phần: $0,5 F_{\text{dtd}}$ là của cực từ giữa, còn $2.0,25 F_{\text{dtd}}$ là của hai cực từ nhánh (vì từ thông đi qua cực giữa phân đều trên hai cực nhánh).

Dựa vào từ thông ϕ_{lt} hoặc ϕ_{lnh} đi qua lõi có cuộn dây và dựa vào từ cảm đã chọn ở khe hở không khí làm việc tại điểm tới hạn B_{lt} hoặc ϕ_{lt} tính diện tích cần thiết của lõi S_1 hoặc mũ lõi S_{m1} theo công thức tính lực hút điện từ của Macxoen.

Với nam châm điện một chiều:

$$F_{\text{d1tt}} = \frac{\phi_1^2}{2\mu_0 S_1} = \frac{B_1^2 S_1}{2\mu_0} = 39,8.10^4 B_1^2 S_1 \text{ N} \quad (5-5)$$

$$F_{\text{d1tt}} = 4,06.10^4 B_1^2 S_1 \text{ KG}$$

$$S_1 = \frac{F_{d1tt}}{39,8.10^4 B_1^2} \quad m^2 \quad (5-6)$$

Với nam châm điện xoay chiều một pha :

$$F_{d1tt} = \frac{\phi_{lm}^2}{4\mu_0 S_1} = \frac{B_{lm}^2 S_1}{4\mu_0} = 19,9.10^4 B_{ml}^2 S_1 \quad N$$

$$F_{d1tt} = 2,03.10^4 B_{lm}^2 S_1 \quad KG \quad (5-7)$$

$$S_1 = \frac{F_{d1tt}}{19,9.10^4 B_{lm}^2} \quad m^2 \quad (5-8)$$

Trong các công thức trên:

ϕ_1, ϕ_{lm} - Wb;

B_1, B_{lm} - T;

S_1 - m^2 ;

$\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ H/m

F_{d1tt} chọn có kể đến hệ số dung sai về lực với trường hợp có mũ lỗi trong các công thức trên thay chỉ số “l” bằng “ml”. Nếu nam châm điện hút xoay thì lực thay bằng mômen.

Công thức Macxoen cho kết quả chính xác khi từ trường đều, nghĩa là trong vùng S_1 hay S_{ml} từ cảm không đổi, ví dụ như khi phần ứng bị hút. Nhưng công thức này cũng dùng cho trường hợp tính toán sơ bộ khi phần ứng hở với sai số cho phép.

2/- Xác định đường kính lõi của nam châm điện một chiều

Nếu không có mũ lỗi, từ tiết diện lõi S_1 đường kính lõi được tính bằng:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4S_1}{\pi}} \quad (5-9)$$

Khi có mũ lỗi tiết diện lõi nên xác định theo giá trị từ cảm lớn nhất của lõi. B_{lmax} lúc phần ứng bị hút. Trong tính toán sơ bộ B_{lmaxnh} lấy bé hơn so với trường hợp phần ứng hút.

Tiết diện lõi khi có mũ lỗi được xác định theo công thức :

$$S_1 = \frac{\phi_{bmaxnh}}{B_{lmaxnh}} = \frac{\sigma_{nh} \phi_{mlnh}}{B_{lmaxnh}} = \frac{\sigma_{nh} B_{mlnh} S_{ml}}{B_{laxnh}} \quad (5-10)$$

Trong các nam châm điện thông dụng tỷ số giữa đường kính mũ và lõi

$$\frac{d_{ml}}{d_1} = 1,1 \div 1,5 \quad (\text{có thể đến hai})$$

giá trị bé dùng cho nam châm điện nhỏ. Nếu tăng đường kính mũ lõi thì từ thông rò chỗ đó sẽ tăng.

3/- Xác định tiết diện lõi chữ nhật của nam châm điện xoay chiều

Cạnh a của tiết diện lõi hình chữ nhật

$$a = \frac{S_l}{b} \quad \text{m} \quad (5-11)$$

với các mạch từ ép từ thép lá quan hệ tối ưu của các mạch của tiết diện lõi chữ

nhật là $\frac{a}{b} = 1$. Để tăng độ bền do tác động của mômen lò xo gây ra ở cạnh tỷ số

$\frac{a}{b}$ đôi khi lấy từ $1,5 \div 2$. Mặt khác ở nam châm điện có đặt vòng ngắn mạch

chiều rộng a cần tăng lên nên $\frac{a}{b} = 0,8 \div 0,9$. Như vậy tỉ số $\frac{a}{b}$ chọn tùy theo

kết cấu cụ thể của nam châm điện.

Khi lõi mạch từ ép từ thép lá phải kể đến hệ số ép chặt của lõi thép K_c do bề dày lớp cách điện, bụi bẩn và khe hở do công nghệ lắp ghép, vì vậy cạnh thực b của tiết diện lõi bằng:

$$B = \frac{S_l}{K_c \cdot a} \quad \text{m} \quad (5-12)$$

với các lá thép dày 0,35 và 0,5 mm $K_c = 0,9$ và 0,95.

C – XÁC ĐỊNH CÁC KÍCH THƯỚC CỦA CUỘN DÂY

1/- xác định sức từ động của cuộn dây nam châm điện một chiều

Kích thước cuộn dây hoàn toàn phụ thuộc vào sức từ động tác động $(IW)_{td}$ của nam châm điện do cuộn dây sinh ra, nó tạo ra các từ áp ở khe hở không khí làm việc.

$\sum H_{\delta} \cdot \delta$, ở các khe hở không khí làm việc (khe hở phụ) $\sum H_{ph} \cdot \delta_{ph}$, và trong các phần thép của mạch từ $\sum H_{Fe} \cdot l_{Fe}$. Vì vậy có thể viết phương trình cân bằng từ áp của mạch từ ở khe hở làm việc tới hạn khi phản ứng hở

$$(IW)_{td} = \sum H_{\Sigma} \cdot \delta + \sum H_{ph} \cdot \delta_{ph} + \sum H_{Fe} \cdot l_{Fe} \quad (5-13)$$

Sức từ động của một khe hở làm việc có thể tính được theo các đại lượng từ cảm $B_{\delta_{nh}}$ và khe hở δ_{nh} từ công thức:

$$(IW)_{\delta_{nh}} = H_{\delta_{nh}} \cdot \delta_{nh} = \frac{B_{\delta_{nh}} \cdot \delta_{nh}}{\mu_0} \quad A \quad (5-14)$$

Sức từ động ở các khe hở không khí không làm việc và ở các phân đoạn của mạch từ phụ thuộc vào kích thước, hình dạng và từ cảm của mạch từ. Có thể tính toán gần đúng sức từ động ở khe hở phụ khi phần ứng nhỏ bằng $5 \div 15\% (IW)_{td}$, còn ở lõi thép bằng $10 \div 20\% (IW)_{td}$

$$\sum H_{ph} \cdot \delta_{ph} + \sum H_{Fe} \cdot l_{Fe} = (0,5 \div 0,35)(IW)_{td} \quad A \quad (5-15)$$

Rút ra:

$$\begin{aligned} (IW)_{td} &= (1,2 \div 1,6)(IW)_{\delta_{nh}} \\ &= (1,2 \div 1,6) \frac{B_{\delta_{nh}} \cdot \delta_{nh}}{\mu_0} \quad A \end{aligned} \quad (5-16)$$

Trong đó :

$$\begin{aligned} B_{\delta_{nh}} &= B_{lnh} \quad , T \\ \delta_{nh} & \quad , m \\ \mu_0 &= 4\pi \cdot 10^{-7} \quad , H/m \end{aligned}$$

Nếu mạch từ có tiết diện tương đối lớn nghĩa là từ cảm tương đối bé thì sức từ động ở lõi thép bé. Nếu tiết diện ở khe hở phụ lớn và chiều dài của nó bé thì sức từ động ở khe hở phụ cũng bé. Vì vậy tăng khối lượng thép của nam châm điện thì giảm được khối lượng đồng ở cuộn dây.

2/- Xác định sức từ động của cuộn dây nam châm điện xoay chiều, cuộn dây điện áp

Khác với tính toán sức từ động của cuộn dây nam châm điện một chiều, sức từ động của cuộn dây nam châm điện xoay chiều có thêm sức từ động tổn hao từ trễ và dòng xoáy trong lõi thép, tổn hao trong vòng ngắn mạch. Các tổn hao này làm tăng dòng điện trong cuộn dây nên sức từ động của cuộn dây cũng tăng. Người ta sử dụng trị số tổng khe hở làm việc tương đương ở trạng thái hút của phản ứng gồm các khe hở giả định δ_{ht} , khe hở công nghệ δ_{cn} và khe hở chống dính δ_{cd} đặc trưng cho từ áp rơi trên lõi thép, tổn hao từ trễ, dòng điện xoáy và trong vòng ngắn mạch

$$\sum \delta_h = 2\delta_{cn} + \delta_{cd} + \delta_{ht}$$

Trong tính toán thiết kế nam châm điện xoay chiều bước gần đúng đầu tiên có thể xem từ thông mắc vòng và từ thông trung bình ít thay đổi khi khe hở không khí thay đổi, do đó có thể viết:

$$\Psi_m = \sigma_{tbn} \cdot W \approx \frac{\sqrt{2}U}{\omega} \quad (5-17)$$

Vì vậy sức từ động hao tổn $(IW)_{ht}$ có thể xem như không đổi khi khe hở thay đổi vì được xác định theo từ thông trung bình $(Iw)_{ht}$ có thể thể hiện qua khe hở giả định δ_{ht} , có δ_{ht} làm tăng sức từ động cuộn dây.

Khi khe hở làm việc thay đổi thì khe hở “chống dính” δ_{cd} không thay đổi. Khe hở “chống dính” thường khoảng từ $\delta_{cd} = 1,1 \div 0,5$ mm. Ở trạng thái hút của phản ứng khe hở công nghệ trong khoảng $\delta_{cn} = 0,03 \div 0,1$ mm. Khe hở tương đương ở phần lớn nam châm điện khoảng từ:

$$\sum \delta_h = 0,2 \div 0,7 \text{ mm.}$$

Khe hở này xác định sức từ động của cuộn dây khi phản ứng hút $(Iw)_h$. Sức từ động của cuộn dây cần thiết cho nam châm điện tác động $(Iw)_{td}$ có thể chia làm hai thành phần: phần thay đổi khe hở không khí làm việc khi phản ứng hơ (IW) và khi phản ứng không đổi $(IW)_h$.

$$(IW)_{td} = (IW) + (IW)_h, A \quad (5-18)$$

$$(IW) = \phi_{nhm} \cdot \Sigma R \delta_{nh} = \frac{\phi \delta_{nhm} \cdot \Sigma \delta_{nh}}{\sigma_t \cdot \mu_0} = \frac{B_{lnhm} \cdot \Sigma \delta_{nh}}{\mu_0}, A \quad (5-19)$$

Trong đó:

B_{lnhm} , T - từ cảm của lõi khi phản ứng hơ.

σ_t - hệ số từ tản của khe hở không khí khi phản ứng hơ.

a) Gông từ hình U, hút chập, nắp phẳng (H5-2b) khe hở "chống dính"

δ_{cd} liên với khe hở không khí làm việc δ_{ph} .

$$\Sigma \delta_{nh} = \delta_{nh} + \delta_{ph}$$

b) Mạch từ hình hút chập cả hai khe hở đều làm việc (H5-2c) và ở trạng thái hút chập phản ứng gắn liền với gông từ thì:

$$\Sigma \delta_{nh} = \delta_{1nh} + \delta_{2nh}$$

c) Mạch từ hình U phản ứng chuyển động thẳng thì :

$$\Sigma \delta_{nh} = 2\delta_{nh}$$

d) Mạch từ hình III, E hoặc dạng hút ống dây (H5-2đ, i) mạch từ có ba khe hở làm việc, từ thông qua cực từ giữa, phân làm hai mạch, mỗi mạch có hai khe hở làm việc nối tiếp nhau. Nếu kích thước của hai mạch từ như nhau và tổng của chúng bằng diện tích cực từ giữa $S_1 + S_3 = S_2$ thì :

$$\Sigma \delta_{nh} = 2\delta_{nh}$$

Sức từ động của cuộn dây khi phản ứng hút $(IW)_h$ được tính bằng :

$$(IW)_h = \phi \cdot \delta_{nh} \cdot \Sigma R_h = \frac{\phi \delta_{nhm} \cdot \sigma_{nh} \Sigma \delta_h}{\mu_0} = \frac{B_{lnh} \cdot \sigma_{nh} \Sigma \delta_h}{\mu_0}, A \quad (5-$$

20)

Trong đó :

ΣR_h - từ trở mạch từ khi phản ứng hút.

B_{lnh} - từ cảm ở lõi khi phản ứng nhỏ.

σ_t - hệ số tản.

σ_{nh} - hệ số rò khi phản ứng hở.

$\Sigma \delta_h$ - khe hở tương đương khi phản ứng hút.

Có thể kiểm tra phản ứng tính toán, tính hệ số bội số dòng điện :

$$K_i = \frac{IW_{td}}{IW_h} = \frac{I_{nh}}{I_h} = 4 \div 15 \quad (5-$$

21)

3/- Xác định các kích thước của cuộn dây :

a) Tiết diện cuộn dây S_{cd} và diện tích cửa sổ mạch từ cần thiết để đặt cuộn dây có thể xác định theo quan hệ giữa sức từ động, các kích thước cuộn dây và mật độ dòng điện ở chế độ làm việc đã cho. Chế độ nhiệt nặng nề nhất của cuộn dây là khi điện áp nguồn đạt giá trị lớn nhất.

$$U_{max} = K_{umax} \cdot U_{dm}$$

dòng điện đạt giá trị lớn nhất I_{max} .

$$S_{cd} = I_{cd} \cdot h_{cd} = \frac{S_{cu} \cdot W}{K_{ld}} = \frac{I_{max} \cdot W}{K_{qt} \cdot j \cdot K_{ld}} = \frac{(I \cdot W)_{max}}{K_{qt} \cdot j \cdot K_{ld}} \quad (5-22)$$

Trong đó:

h_{cd}, l_{cd} , mm - bề dày và chiều cao cuộn dây.

W - số vòng cuộn dây.

K_{ld} - hệ số lấp đầy cuộn dây phụ thuộc vào kết cấu cuộn dây, loại dây quấn, sơ bộ có thể chọn từ $0,3 \div 0,6$.

$j, A/mm^2$ - mật độ dòng điện trong cuộn dây ở chế độ làm việc dài hạn, thường $j = 2 \div 4 A/mm^2$ nó phụ thuộc vào điều kiện toả nhiệt.

S_{cu}, mm^2 - tiết diện dây quấn.

K_{qt} - hệ số quá tải dòng, ở chế độ làm việc ngắn hạn và ngắn hạn lặp lại $K_{qt} > 1$, ở chế độ làm việc dài hạn $K_{qt} = 1$.

Cuộn dây điện một chiều : diện tích S_{cd} được xác định theo :

$$S_{cd} = \frac{K_{u \max} \cdot (IW)_{td}}{K_{u \min} K_{qt} \cdot j \cdot K_{ld}} \quad (5-23)$$

Cuộn dây điện xoay chiều : diện tích cuộn dây được xác định cho trạng thái phản ứng bị hút vì khi phản ứng hở dòng điện chạy trong cuộn dây lớn hơn nhiều lần so với khi phản ứng bị hút và với thời gian rất ngắn. Vì vậy sức từ động $(IW)_{td}$ được tính ở trạng thái hút của phản ứng.

$$S_{cd} = \frac{K_{u \max} \cdot (IW)_{td}}{K_{u \min} K_{qt} \cdot j \cdot K_{ld} \cdot K_i} \quad (5-24)$$

b) Từ tiết diện cuộn dây xác định chiều cao và bề dày cuộn dây: trên cơ sở thực nghiệm có thể chọn sơ bộ tỉ số $\frac{l_{cd}}{h_{cd}}$. Với nam châm điện một chiều,

phản ứng nằm ngoài cuộn dây, hút chập loại bé : $6 \div 7$, loại lớn : $4 \div 5$.

Phản ứng nằm ngoài cuộn dây chuyển động thẳng : loại bé : $7 \div 8$, loại lớn : $5 \div 6$.

Phản ứng nằm trong ống dây hành trình bé : $3 \div 5$, hành trình lớn $6 \div 8$.

Có thể chọn tỉ số $\frac{l_{cd}}{h_{cd}}$ theo hệ số kết cấu trên H5-9 đến H5-11.

Với nam châm điện xoay chiều :

Hành trình bé và lực lớn : $2 \div 2,5$

Hành trình lớn và lực bé : $3 \div 4$

Tỉ số $\frac{l_{cd}}{h_{cd}}$ của nam châm điện xoay chiều lấy bé hơn nam châm điện

một chiều. Cuộn dây nam châm điện xoay chiều chọn thấp để giảm khối lượng mạch từ và giảm tổn hao do dòng xoáy và từ trễ. Nhưng cuộn dây lùn và chiều dài trung bình của vòng dây tăng làm tăng tổn hao đồng.

Tăng trị số $\frac{l_{cd}}{h_{cd}}$ dẫn đến giảm khối lượng đồng, tăng bề mặt toả nhiệt

của cuộn dây đồng thời cũng tăng từ thông rò, giảm từ thông hữu ích ở khe hở làm việc dẫn đến tăng sức từ động của cuộn dây, làm tăng thời gian tác động của nam châm điện.

D - XÁC ĐỊNH CÁC KÍCH THƯỚC CỦA MẠCH TỪ VÀ CÁC KÍCH THƯỚC CƠ BẢN CỦA CUỘN DÂY. VẼ NAM CHÂM ĐIỆN.

Từ bước tính toán sơ bộ cần phải xác định chính xác và hiệu chỉnh các kích thước để phù hợp với qui chuẩn và công nghệ chế tạo.

1/- Trình tự xác định các kích thước và vẽ nam châm điện một chiều.

Ví dụ cho loại thường gặp nhất là nam châm điện có phản ứng nằm ngoài cuộn dây (H5-12a).

a) Xác định chính xác đường kính lõi d_l và đường kính mũ lõi d_{ml} (nếu có).

b) Chọn chiều cao mũ lõi Δ_{ml} . Chiều cao mũ lõi này phụ thuộc vào độ bền cơ và khả năng cố định mũ trên lõi, nếu chọn Δ_{ml} lớn quá sẽ làm tăng từ tản.

Phần từ thông $\phi = B \cdot \delta \cdot (\pi \cdot r_{ml}^2 - \pi \cdot r_l^2)$ đi qua phần mặt trong của mũ lõi tỉ lệ với $\pi \cdot d_l \cdot \Delta_{ml}$. Để từ cảm ở đây không lớn so với ở lõi phải chọn Δ_{ml} :

$$\Delta_{ml} \geq \frac{d_l}{4} \left[1 - \left(\frac{d_l}{d_{ml}} \right)^2 \right] \quad (5-25)$$

Thường chọn $\frac{\Delta_{ml}}{d_l} = 0,1 \div 0,3$, trị số nhỏ cho các nam châm điện bé.

Nếu không có mũ lõi, phần lõi thừa ngoài cuộn dây có thể lấy khoảng từ $(0,2 \div 0,5) \cdot d_l$.

c) Xác định chính xác chiều cao cuộn dây l_{cd} . Bề dày tấm cách điện Δ_1 phụ thuộc kết cấu của cuộn dây, cuộn dây có khung hay quấn trên ống, trên lõi. Thường chọn $\Delta_1 = 1 \div 2 \text{ mm}$.

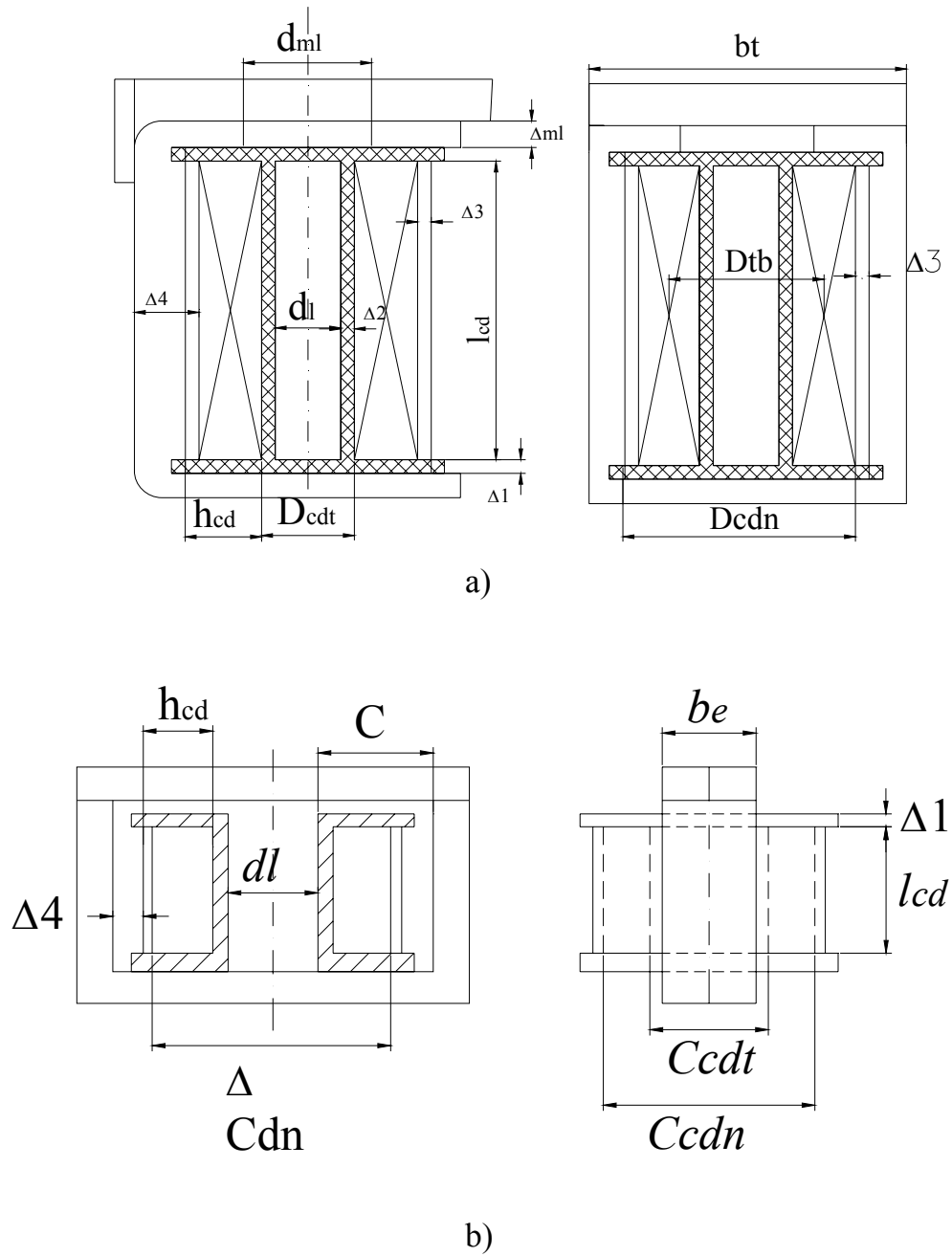
d) Xác định chiều cao của lõi : chiều cao lõi l_l bằng chiều cao cuộn dây l_{cd} và mũ lõi Δ_{ml} hoặc bằng chiều cao cuộn dây và phần thừa của lõi ngoài cuộn dây với phần khe hở lắp ráp giữa cuộn dây và lõi.

đ) Xác định đường kính trong D_{cdt} , đường kính ngoài D_{cdng} và chiều cao h_{cd} của cuộn dây. Đường kính trong của cuộn dây lấy gần bằng đường kính lõi d_l có kể đến bề dày lớp cách điện phía trong $D_{cdtr} = d_l + 2 \cdot \Delta_2$. Từ trên đã xác định chiều cao của cuộn dây l_{cd} và chiều rộng của cuộn dây h_{cd} . Đường kính ngoài của cuộn dây :

$$D_{cdn} = D_{cdtr} + 2h_{cd}$$

Các kích thước Δ_3 , Δ_4 và lớp cách điện phía trong Δ_2 chọn theo kết cấu kích thước của cuộn dây.

Tường chọn $\Delta_2 = 0,5 \div 1 \text{ mm}$. Lớp cách điện phía ngoài $\Delta_3 = 0,5 \div 1 \text{ mm}$. Khoảng cách giữa cuộn dây đến thân của mạch từ $\Delta_4 = 2 \div 5 \text{ mm}$.



H5-12 : Vẽ nam châm điện

a) Nam châm điện một chiều có phần ứng nằm ngoài cuộn dây.

b) Nam châm điện xoay chiều phần ứng phẳng, chuyển động thẳng.

e) Xác định các kích thước của thân mạch từ. Tiết diện thân mạch từ S_{th} không được nhỏ hơn tiết diện lõi S_1 có thể tăng S_{th} để tăng độ bền của kết cấu, chiều rộng thân mạch từ b_{th} nên chọn gồm bằng đường kính ngoài của cuộn dây

$b_{th} \approx D_{cdn}$. Chiều dày của thân a_{th} chọn sao cho từ dẫn của khe hở không khí phụ giữa thân và nắp là tối ưu nhất.

g) Xác định các kích thước của phần ứng (nắp mạch từ). Nên chọn tiết diện phần ứng bằng tiết diện lõi $S_n = S_l$. Nếu muốn phần ứng nhẹ bớt nên lấy $S_n = (0,7 \div 0,8)S_l$. Bề rộng của phần ứng b_n chọn trong phạm vi $d_{ml} < b_n < b_{cd}$. Chiều dài của phần ứng phẳng nên dựa vào kết cấu cụ thể. Nếu phần ứng không cần kéo dài thân thì nên lấy đến quá mũ lõi một chút và nên tăng chiều rộng của phần ứng để tăng từ dẫn khi phần ứng hở, làm tăng lực hút.

h) Vẽ nam châm điện. Dựa theo các kích thước đã xác định để vẽ sơ bộ nam châm điện. Vẽ các hình chiếu, mặt cắt theo tỉ lệ.

i) Xác định chiều dài trung bình đường đi của từ thông trong các phân đoạn mạch từ. Xác định chiều dài trung bình của cuộn dây b_{tbcd} .

k) Chọn khe hở không khí làm việc. Các chi tiết được gia công đạt độ bóng bề mặt cấp $5 \div 7$ thì khe hở tương đương $\delta_h = 0,05\text{mm}$. Nếu các chi tiết có lớp mạ phi từ tính (kẽm) với bề dày khoảng $15\mu\text{m}$ thì khe hở tương đương $\delta_h = 0,005 \div 2,0,015 = 0,08\text{mm}$. Nếu bề mặt đạt độ bóng cấp $8 - 9$ với các chi tiết bằng thép ít cacbon không ủ (mã hiệu 9A) $\delta_h = 5,5 \div 10 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$ khi $B = 0,5\text{T}$, $\delta = 17 \div 19 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$ khi $B = 1,1\text{T}$ và $\delta_h = 22 \div 30 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$ khi $B > 1,1\text{T}$.

l) Chọn khe hở không khí không làm việc.

Ở các nam châm điện bé khối lượng đến vài chục gam như ở các role cho tự động và thông tin liên lạc, khe hở chống dính của phần ứng chính là khe hở δ_h nêu trên , khi có lớp mạ. Ở các nam châm điện lớn khe hở không khí làm việc được gắn một tấm đệm phi từ tính dày từ $0,1 \div 0,4\text{mm}$, trường hợp này $\delta_h = 0,15 \div 0,4 \text{ mm}$. Ở các nam châm điện chống mài mòn giữa mũ và lõi đặt tấm đệm hình tròn phi từ tính dày $0,2 \div 0,5\text{mm}$. Tấm đệm chống dính được tính vào khe hở không khí làm việc. Khe hở giữa phần ứng và thân mạch từ thay đổi theo khe hở làm việc từ trị số phần ứng bị hút δ_h đến phần ứng hở δ_{nh} . Tính toán khe hở này theo trị số của đường đi trung bình của từ thông.

2/- Trình tự xác định các kích thước và vẽ nam châm điện xoay chiều (H5-12b).

Tương tự như nam châm điện một chiều chỉ khác nhau ở những điểm :

- a) Tính chính xác chiều rộng a_1 , chú ý đến kích thước tấm thép lá để dập mạch từ.
- b) Tiết diện dây mạch từ hình U lấy bằng tiết diện lõi. Ở mạch từ hình III, E tiết diện đáy $S_d = 0,5S_1$. Để tăng độ bền mòn của mạch từ có thể tăng $S_d = (0,6 \div 0,7)S_1$.
- c) Chiều rộng phần ứng lấy bằng chiều rộng của lõi $b_n = b_1$.
- d) Khe hở không khí làm việc , khi bề mặt cực từ được mài nhẵn đạt độ bóng cấp 8-9 không đặt vòng ngắn mạch khe hở công nghệ $\delta_{cn} = 0,03 \div 0,05$ mm với từ cảm $B < 0,8T$, $\delta_{cn} = 0,05 \div 0,1$ mm với $B = 0,8 \div 1,3T$. Khe hở chống dính của các mạch từ ghép bởi các lá thép khoảng từ $\delta_{cd} = 0,1 \div 0,5$ mm, δ_{cd} nằm ở những vị trí khác nhau phụ thuộc vào kết cấu của mạch từ. Ở những mạch từ hình U hút chập, δ_{cd} ở khe hở không khí không làm việc, ở mạch từ hình III nắp phẳng, khi hút phần ứng và thân dính chặt với nhau khe hở chống dính nằm ở phần giữa của thân. Ở mạch từ hình III khe hở chống dính nằm ở cực từ giữa do phải thấp hơn hai cực từ nhánh. Nếu sử dụng vật liệu của mạch từ bằng thép cán lạnh 9310, 9320 lực từ phản kháng thấp có thể không cần khe hở chống dính. Trong bước tính sơ bộ nam châm điện xoay chiều, trị số tổng khe hở làm việc tương đương ở trạng thái hút của phần ứng bằng :

$$\sum \delta_h = 2. \delta_{cn} + \delta_{cd} + \delta_{ht} = 0,2 \div 0,7 \text{mm}.$$

Thông thường phải thiết kế nam châm điện với thể tích bé nhất dẫn đến giảm khối lượng và giá thành hạ. Chủ yếu phụ thuộc vào khối lượng vật liệu tác dụng và đồng của cuộn dây và thép của mạch từ. Người ta đã dùng những phương pháp khác nhau để tác dụng, khả năng sinh công và lực hút điện từ.

Với nam châm điện một chiều phần ứng mằm ngoài, hút chập, cuộn dây điện áp, để có lực điện từ lớn nhất cuộn dây nên quấn trực tiếp trên lõi hoặc ống kim loại để tăng quá trình tản nhiệt của cuộn dây (hệ số tản nhiệt ở mặt

trong gấp hai lần mặt ngoài), có thể chọn tỉ số $\frac{d_1}{D_{cd}}$ trong khoảng $\frac{d_1}{D_{cd}} =$

$0,6 \div 0,65$.

Lực lớn nhất và công suất tiêu thụ bé nhất khi tỉ số $\frac{d_1}{D_{cd}} = 0,62$. Công

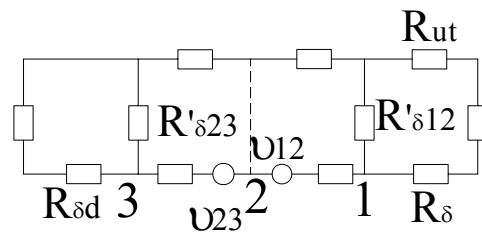
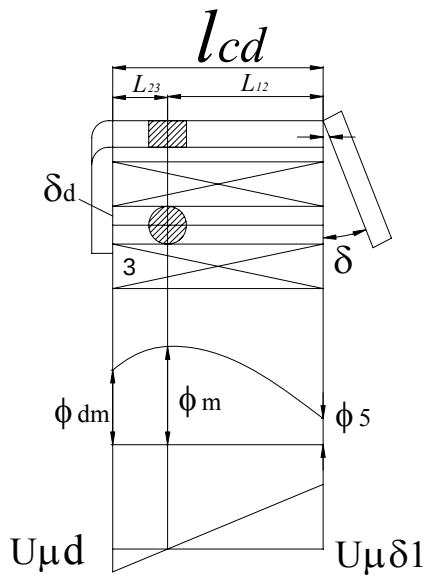
lớn nhất khi $\frac{d_1}{D_{cd}} = 0,57 \div 0,7$ và $\frac{h_{cd}}{D_{cd}} = 1,5 \div 3$. Thể tích bé nhất của cuộn

dây đạt được khi $D_{cdn} = 2 \cdot D_{cdtr}$.

Với nam châm điện xoay chiều lực điện từ lớn nhất khi $\frac{a_1}{A_{cdn}} = 0,62$

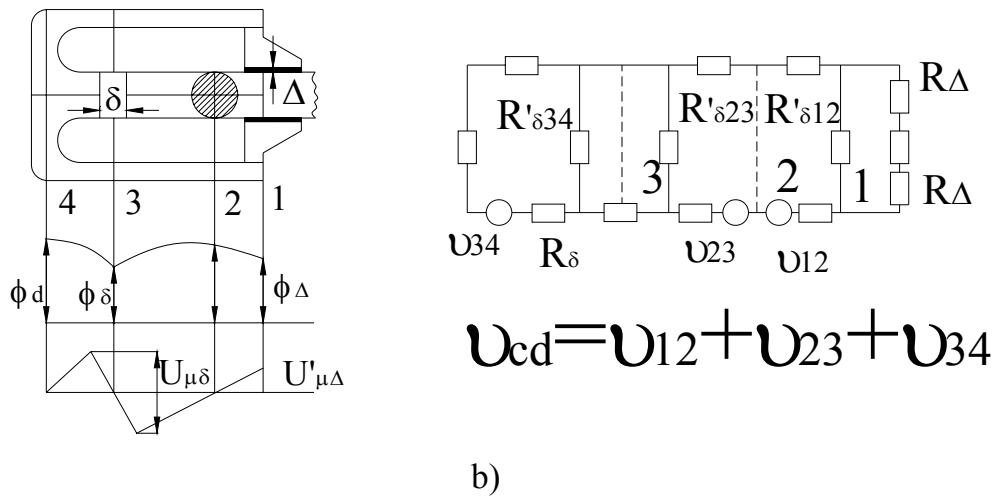
và $\frac{c_{cd}}{A_{cd}} = 1$ (nếu $\frac{D_{cd}}{A_{cd}} > 1, \frac{a_1}{A_{cdn}} > 0,62$). Nên chọn $\frac{h_{cd}}{A_{cd}} = 0,8 \div 1,2$

và $\frac{h_{cd}}{a_1} = 1,3 \div 1,9$.



$$U_{cd} = U_{12} + U_{23}$$

a)



Hình 5-13: Nam châm điện một chiều. Sơ đồ thay thế và đồ thị phân bố của từ thông, từ áp dọc theo trục của lõi (R' là giá trị qui đổi của R - những từ trở có ký hiệu là của các khe hở không khí, phần không khí ký hiệu - của sắt từ).

§ 5.8 LẬP SƠ ĐỒ THAY THẾ CỦA MẠCH TỪ .XÁC ĐỊNH TỪ DẪN ,TỪ TRỞ ,HỆ SỐ RÒ VÀ TẢN CỦA MẠCH TỪ .

A:SƠ ĐỒ THAY THẾ CỦA MẠCH TỪ .

Dựa vào sự tương tự giữa các đại lượng điện và đại lượng từ ,lập sơ đồ thay thế cho mạch từ .Từ thông Φ tương ứng với dòng điện ,sức từ động tương ứng với sức điện động ,còn từ trở phân đoạn của mạch từ tương ứng với điện trở của mạch điện .Trong tính toán ,thường dùng đại lượngk từ dẫn

$$G_{\mu} = \frac{\Phi}{\theta}, H, \text{ nghịch đảo với đại lượng từ trở } R_{\mu} = \frac{\theta}{\Phi}, H,$$

Trong đó :

Φ -từ thông ,wb

θ -sức từ động ,A

μ -chỉ số kí hiệu từ

Ở hình 5-13 mô tả sơ đồ thay thế của mạch từ nam châm điện một chiều ,còn hình 5-14 của nam châm điện xoay chiều.

B: TỪ DẪN CỦA KHE HỖ KHÔNG KHÍ $G_{\mu} = \frac{1}{R_{\mu}}$

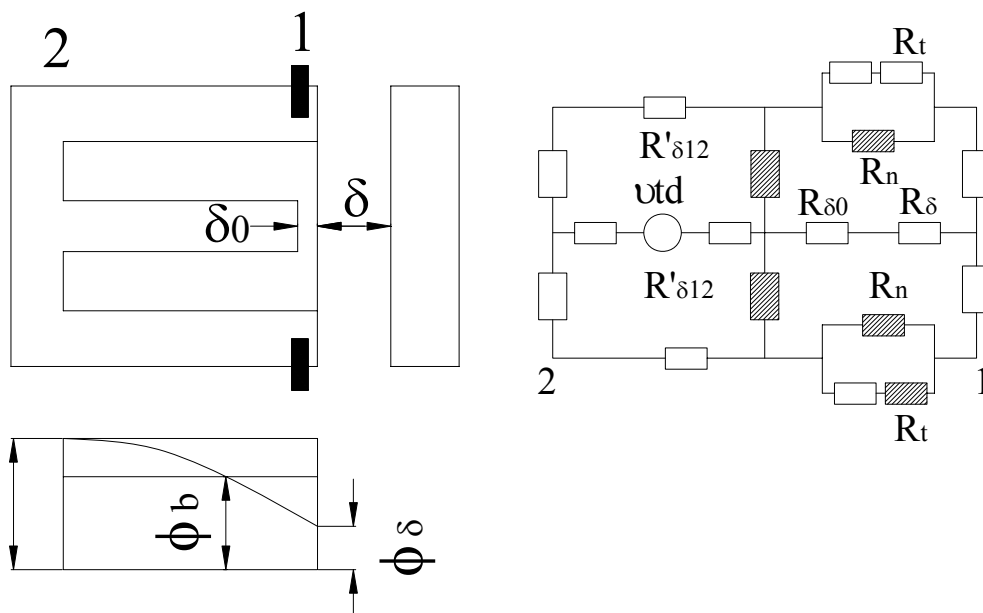
Từ dẫn của khe hở không khí là thông số quan trọng của mạch từ, được xác định nếu biết các kích thước của mạch từ và độ lớn của khe hở không khí. Đại lượng đầu tiên cần thiết cho việc tính từ dẫn khe hở không khí là độ từ thẩm của chân không.

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} = 1,256 \cdot 10^{-6} \text{ H/m}$$

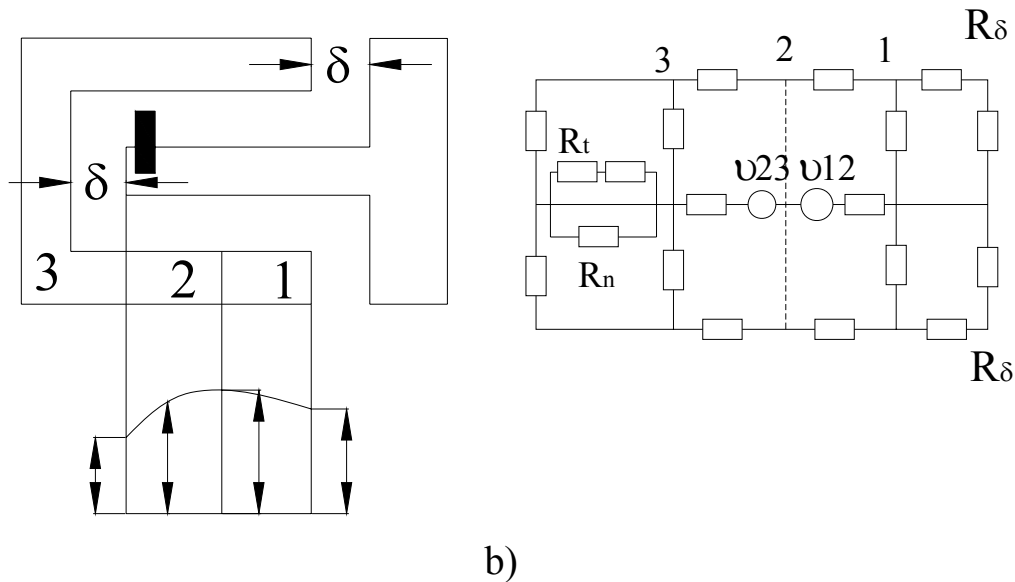
Từ dẫn có thể được tính toán theo một trong các phương pháp sau :

1. Dùng công thức giải tích trên cơ sở biến đổi các số liệu thực nghiệm bằng toán học. Các công thức tính toán cho các khe hở không khí thường gặp được trình bày ở bảng 5-4 (từ điểm 1 đến điểm 6) và bảng 5-5.

2. Phương pháp phân chia từ trường – phương pháp ROTERS – Từ trường của khe hở không khí được chia ra các trường đơn giản và từ dẫn của nó bằng tổng các từ dẫn của các trường đơn giản. Trong bảng 5-4 (từ điểm 7 đến điểm 11) cho các công thức tính từ dẫn của các dạng hình học cơ bản. Từ dẫn này là tích của độ từ thẩm với tỷ số giữa tiết diện và chiều dài trung bình (hay tỷ số giữa thể tích và bình phương chiều dài trung bình) của từ thông.



a)



Hình 5-14: Nam châm điện xoay chiều – Sơ đồ thay thế và đồ thị phân bố từ thông, từ áp dọc theo trục của lõi (R' là giá trị quy đổi của R – những từ trở có ký hiệu là của khe hở không khí, phần không ký hiệu của các phân đoạn sắt từ).

Từ dẫn tổng của khe hở không khí bằng tổng số học các từ dẫn thành phần song song.

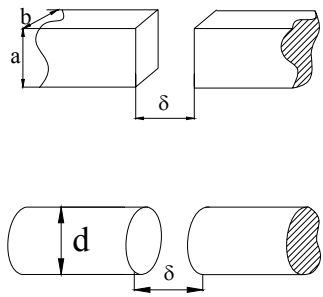
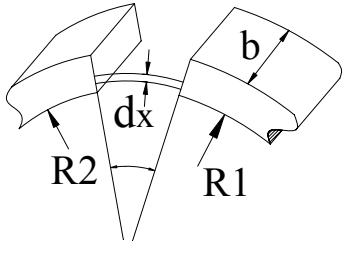
Ưu điểm chính của phương pháp này là tính trực quan

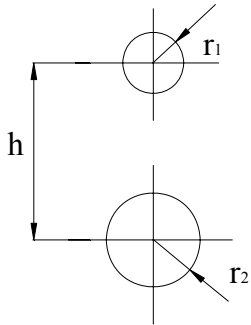
Nhược điểm của nó là tốn nhiều công sức và thiếu chính xác khi sử dụng tỷ số giữa các kích thước của mạch từ và khe hở trong phạm vi dao động lớn. Sai số của phương pháp này có thể tới 20-30%. Cũng có thể giảm sai số này bằng cách đưa thêm vào hệ số hiệu chỉnh.

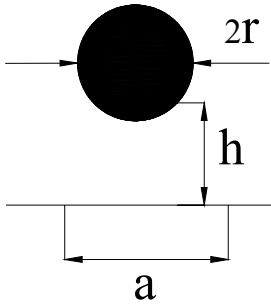
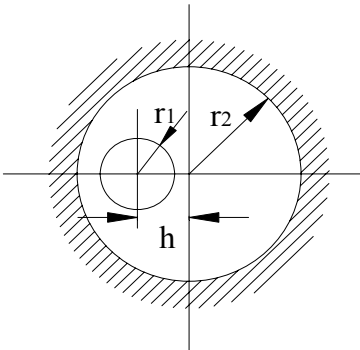
3. Tính từ dẫn theo các đường cong thực nghiệm (phương pháp của BUL). Dựa vào các đường cong thực nghiệm về suất từ dẫn rò và tản (hình 5-15, h5-16), dùng các công thức cho ở bảng 5-6 để tính từ dẫn. Phương pháp này tiện lợi cho khe hở không khí phức tạp, và sai số của phương pháp là không lớn lắm

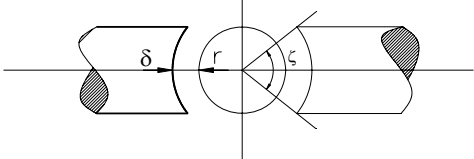
4. Tính từ dẫn bằng phương pháp hình vẽ. Phương pháp này được sử dụng khi khe hở không khí có dạng phức tạp và khi cần độ chính xác cao. Phương pháp này chỉ nên sử dụng khi các phương pháp khác bất lực.

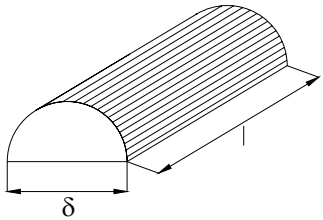
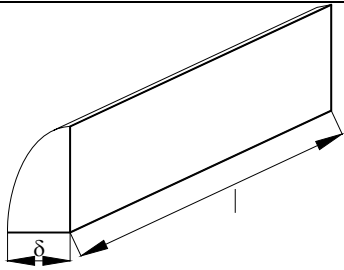
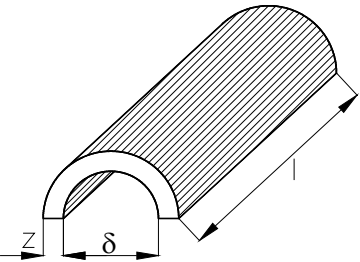
Bảng 5-4 : Các công thức tính từ dẫn của khe hở không khí.

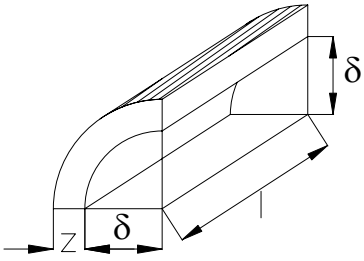
Dạng khe hở	Công thức
	1. Các mặt song song (không kể tới từ dẫn tản xung quanh) $G1 = \mu_0 \cdot \frac{a \cdot b}{\delta} \text{ (cực từ hình chữ nhật)}$ $G1 = \mu_0 \cdot \frac{\pi \cdot d}{4\delta} \text{ (cực từ hình tròn)}$
	2 Các mặt không song song, tạo với nhau một góc φ (không kể tới từ dẫn xung quanh) $G2 = \mu_0 \cdot \frac{b}{\varphi} \cdot \int_{R1}^{R2} \frac{dx}{x} = \mu_0 \cdot \frac{b}{\varphi} \ln \frac{R2}{R1}$

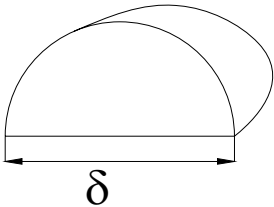
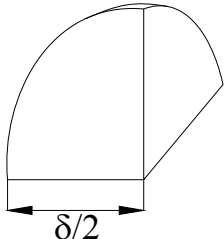
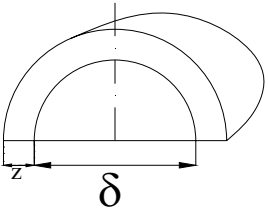
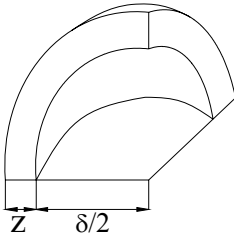
 l: chiều dài mặt trụ	3. Các mặt trụ có trục song song $G3 = \mu_0 \cdot 2\pi \cdot l : \ln(c + \sqrt{1 + c^2})$ Trong đó : $c = \frac{h^2 - r_1^2 - r_2^2}{2r_1 r_2}; g_3 = \frac{G_3}{l},$ $r_1 = r_2 - l) 8\pi \rightarrow$ $G_3 = \mu_0 \cdot \frac{\pi l}{\ln \frac{h}{x}}$
---	--

 l:chiều dài mặt trụ	4.Mặt trụ và mặt song song $G_4 = \frac{\mu_0^2 \pi l K}{\ln \frac{h + \sqrt{h^2 - r^2}}{r}}$ Nếu $\frac{a}{h} = 1 \div 4$; $K = 0.2 \div 0.85$ Nếu $\frac{a}{h} > 4$ suy $ra G_4 = \mu_0 \cdot \frac{\pi}{\ln(2c + \sqrt{4c^2 - 1})}; c = \frac{h}{2r}; G_4 = g_4 l$
 l:chiều dài hình trụ	5.Các hình trụ song song ,hình này ôm hình kia $G_5 = \mu_0 \cdot \frac{2\pi l}{\ln(c + \sqrt{c^2 - 1})}$ trong đó : $c = \frac{r_1^2 + r_2^2 - h^2}{2r_1 r_2}; g_5 = \frac{G_5}{l}; \text{nếu } h=0 \rightarrow$ $G'_5 = \mu_0 \cdot \frac{2\pi l}{\ln \frac{r_2}{r_1}}; \text{nếu } h=0 \text{ và}$ $r_2 \gg \delta = r_2 - r_1; G_5'' = \mu_0 \frac{2\pi l(r_1 + \frac{\delta}{2})}{\delta}$

 l:chiều dài hình trụ	6.Hình trụ và các mặt đồng tâm như $\delta \ll r;$ $G_6 = \mu_0 \frac{\phi l}{\ln \frac{r + \delta}{r}}$
---	---

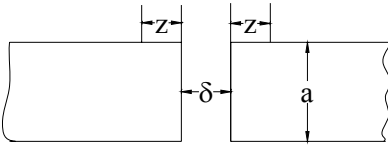
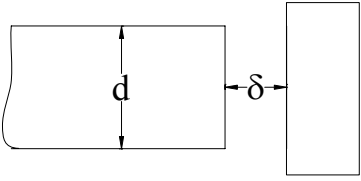
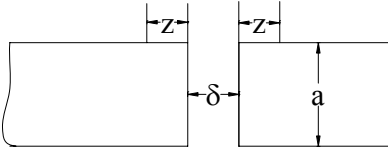
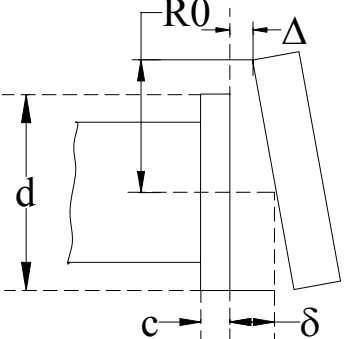
	7.Một nửa trụ đặc: $G_7 = \mu_0 0.26l$
	8.Một phần tư trụ đặc: $G_8 = \mu_0 \cdot 0.52 \cdot l$
	9.Một nửa trụ rỗng: $G_9 = \mu_0 \frac{0.641}{1 + \frac{\delta}{Z}}; \text{ với } Z = (1 \div 2) \delta$

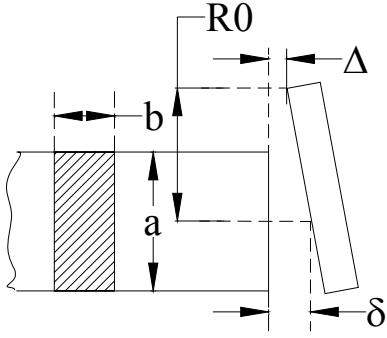
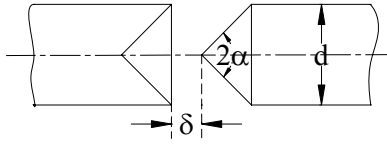
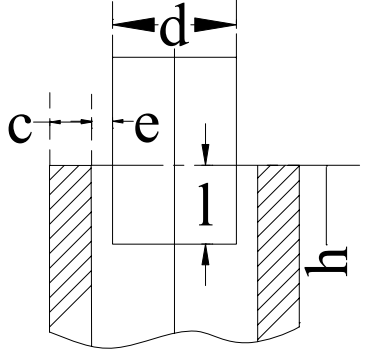
	10.Một phần tư trụ rỗng: $G_{10} = \mu_0 \frac{0.641}{0.5 + \frac{\delta}{Z}}; Z = (1 \div 2) \delta$
---	--

	11. Một phần tư quả cầu $G_{11} = \mu_0 0.077 \delta$
	12. Một phần tám quả cầu đặc $G_{12} = \mu_0 0.308 \delta$
	13. Một phần tư vỏ cầu: $G_{13} = \mu_0 0.25Z \text{ với } Z = (1 \div 2) \delta$
	14. Một phần tám vỏ cầu $G_{14} = \mu_0 .0,5.Z$ với $Z = (1 \div 2) \delta$

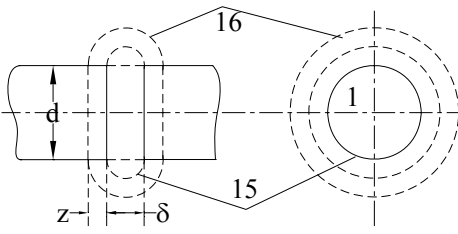
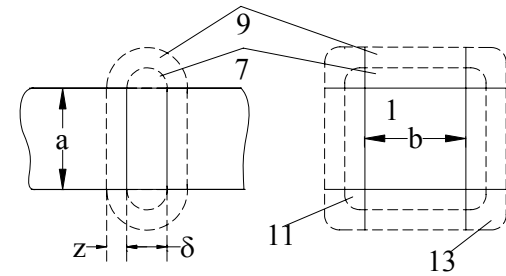
Bảng 5-5: Từ dẫn và đạo hàm của từ dẫn của các khe hở làm việc bằng phương pháp biến đổi toán học trên cơ sở các số liệu thực nghiệm

TÍNH	TỪ DẪN	ĐẠO HÀM
------	--------	---------

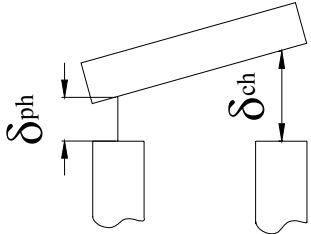
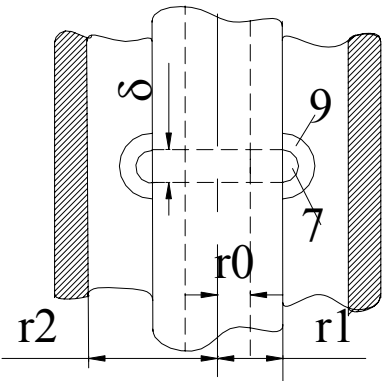
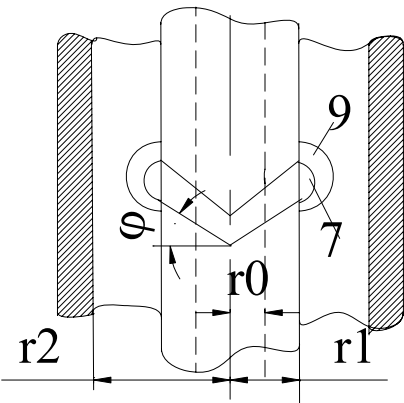
	1. Các cực từ phẳng hình trụ $G_{\delta} = \mu_0 \left(\frac{\pi d^2}{4} + 0.58d \right)$	$\frac{dG_{\delta}}{d\delta} = -\mu_0 \frac{\pi d^2}{4\delta^2}$
	2. Cực từ hình trụ và phản ứng phẳng: $G_{\delta} = \mu_0 \left(\frac{\pi d^2}{\delta} + 1.16d \right)$	$\frac{dG_{\delta}}{d\delta} = -\mu_0 \frac{\pi d^2}{4\delta^2}$
	3. Các cực từ hình vuông: $G_{\delta} = \mu_0 \left[\frac{\frac{a^2}{\delta} + 0.58a + 0.14a}{\ln(1.05 + \frac{\delta}{a})} + \frac{Za}{0.17 + 0.4Z} \right]$	$\frac{dG_{\delta}}{d\delta} = -\mu_0 \frac{1.08a^2}{\delta^2}$
	4. Cực từ hình trụ và phản ứng phẳng: $G_{\delta} = \mu_0 \left(\frac{\pi d^2}{4\delta} x_1 + \frac{\pi d}{0.69 \frac{\delta}{c} + 0.63} + 0.69d \right)$ Trong đó : $x_1 = 2\rho_1(\rho_1 - \sqrt{\rho_1^2 - l^2})$ $\rho_1 = \frac{2R_0}{d(1 - \frac{\Delta}{\delta})}$	$\frac{dG_{\delta}}{d\delta} = -\mu_0 \left[\frac{\frac{\pi d^2}{4\delta^2} + \frac{\pi d}{c(\frac{\delta}{c} + 0.63)^2} \right]$

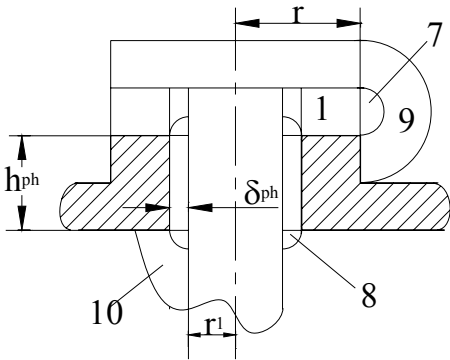
	5.Cực từ hình chữ nhật và phân ứng: $G_{\delta} = \mu_0 \left[\frac{ab}{\delta} x_2 + 0,58(a+b) \right]$ Trong đó : $x_2 = \frac{\rho_2}{2} \ln \frac{\rho_2 + l}{\rho_2 - l}$ $\rho_2 = \frac{2R_0}{a(1 + \frac{\Delta}{\delta})}$	$\frac{dG}{d\delta} = -\mu_0 \cdot \frac{ab}{\delta^2} \cdot x_2$
	6.Cực từ hình trụ ,có một cực hình nón : $G_{\delta} = \mu_0 \left[\frac{\pi d^2}{4\delta \sin^2 \alpha} - \frac{0,157}{\sin^2 \alpha} - 0,75 \right] \cdot d$	$\frac{dG_{\delta}}{d\delta} = -\mu_0 \cdot \frac{\pi d^2}{4\delta^2 \sin^2 \alpha}$
	7.Cực từ hình trụ trong ống hình trụ. $G_e = \mu_0 \cdot \left[\frac{\pi(d+e)l}{e} + A \right]$ nếu $0 < l < h$, $A = \text{const}$ $A = (3,3(d+e) + \frac{4(d+2\sqrt{e(c+e)})}{\frac{2e}{e} + l} + \frac{4(d+2e-2\sqrt{e(c+e)})}{\frac{4e}{d} + l})$	$\frac{dG_{\delta}}{d\delta} = -\mu_0 \frac{\pi(d+e)}{e}$

Bảng 5-6 : Từ dẫn tổng khe hở không khí ,tính bằng phương pháp phân chia từ trường thành các hình đơn giản ,theo bảng 11-1 từ điểm 7đến điểm 14

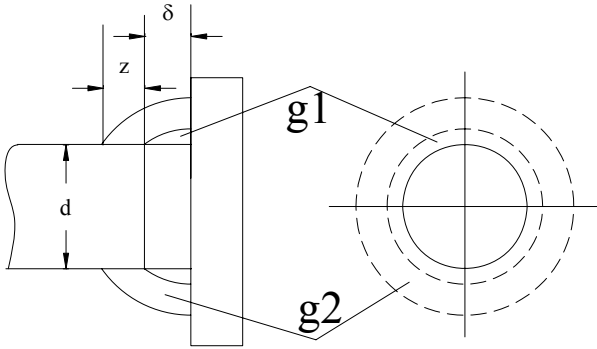
Hình	Công thức
	1. $G = G_1 + G_{15} + G_{16}$ $G_{15} = \mu_0 \cdot 0,26 \cdot l = 0,815 \mu_0 \cdot d$ $G_{16} = \mu_0 \frac{0,64 \cdot l}{l + \frac{\delta}{Z}}$ $G = \frac{2 \mu_0 d}{l + \frac{\delta}{Z}}$ Trong đó: $Z = (1 \div 2) \delta$
	2. $G = G_1 + G_7 + G_9 + 4G_{11} + 4G_{13}$ với G_7 và G_9 : $l = 2a + 2b$. $Z = (1 \div 2) \delta$
	3. $G = G_1 + G_8 + G_{10} + 4G_{12} + 4G_{14}$ Với G_8 và G_{10} : $l = 2a + 2b$ $Z = (1 \div 2) \delta$

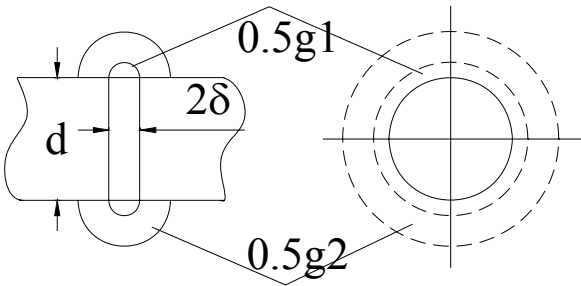
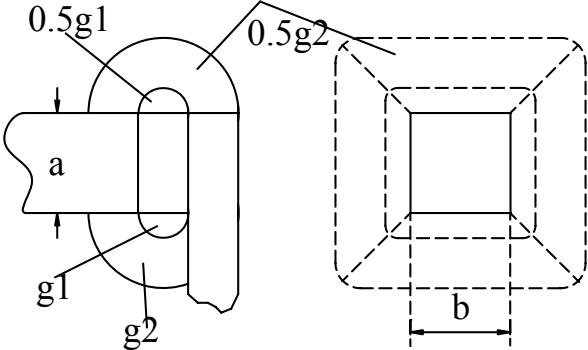
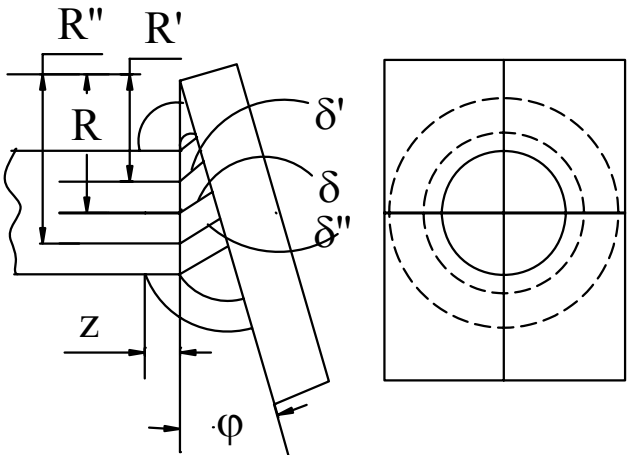
	$3 G = G_1 + G_7 + G_9 + 4G_{11} + 4G_{13} + G_8 + G_{10}$ Với G_7 và G_9: $l=2a+2b$ Với G_8 và G_{10}: $l=1$ $Z = (1 \div 2) \delta$
	5. Từ dẫn rò $G_r = G_1 + 2G_2 + 2G_9$ $G_1 = \mu_0 \frac{blr}{c}, g = \frac{G_r}{lr}$
	6. Từ dẫn rò (xem điểm 5) $2G_r; g = \frac{2G_r}{l_r}$ l_r là chiều dài của phần rò

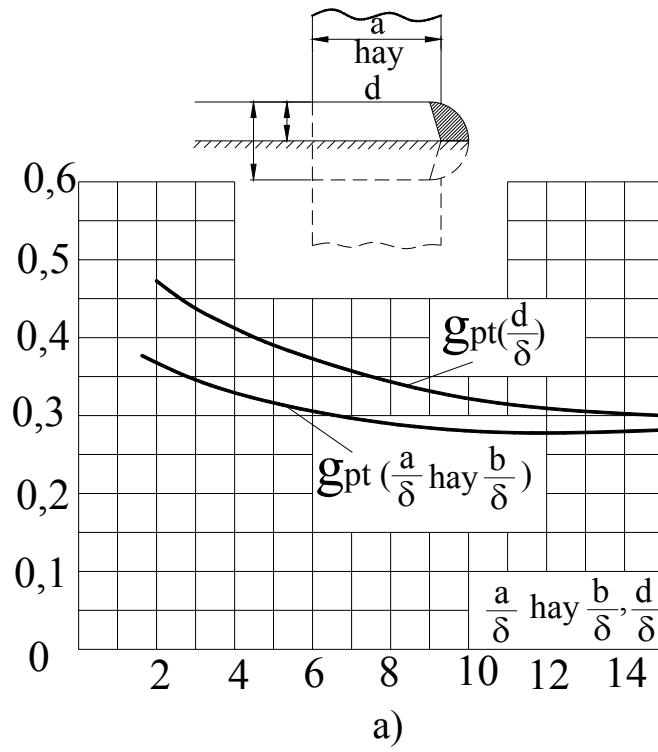
	7. Từ dẫn khe hở không khí làm việc (bỏ qua từ dẫn tản) $G_{\delta} = \mu_0 \frac{ab}{\delta_{\Sigma}} = \mu_0 \frac{ab}{\delta_{ph} + \delta_{ch}}$
	8. $G_l = \mu_0 \frac{\pi r_l}{\delta}$ Nếu có lỗ hồng : $G_l = \mu_0 \frac{\pi(r_l^2 - r_2^2)}{\delta}$ $G_7 = 1,63 \cdot \mu_0 r_l; G_9 = \frac{4\mu_0 r_l}{l + \frac{\delta}{Z}}$ $Z = \frac{2(r_2 - r_1)}{\pi} - \frac{\delta}{2}$ $G_{\delta} = G_l + G_7 + G_9$
	9. $G_l = \mu_0 \frac{\pi r_l}{\delta \cdot \cos \rho} \left(\frac{r_l}{\cos \rho} - \frac{\delta^2}{2r_l} \sin^2 \rho \cdot \cos \rho \right)$ Nếu có lỗ hồng (bán kính r_0) thì $G_l = \mu_0 \frac{\pi(r_l^2 - r_0^2)}{\delta \cdot \cos \rho};$ $G_7 = 1,63 \cdot \mu_0 r_l; G_9 = \frac{4\mu_0 r_l}{l + \frac{\delta}{Z}}$ $Z = \frac{2(r_2 - r_1)}{\pi} - \frac{\delta}{2}$

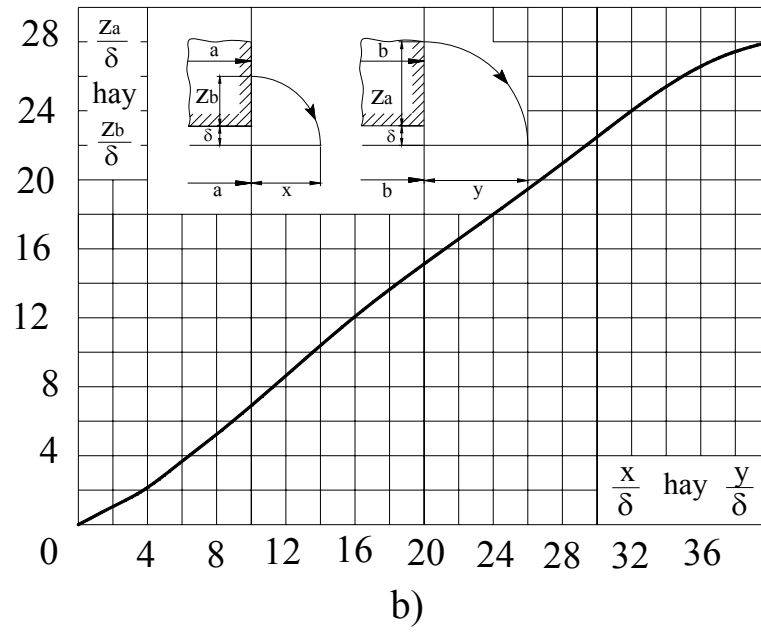
	10. $G_5 = \frac{2\pi\mu_0 h_{ph}}{\delta_{ph}} \left(r_l + \frac{\delta_{ph}}{2} \right)$ $G_8 = 1,04 \cdot \mu_0 \cdot \pi \cdot r_l$ $G_{10} = \frac{4\mu_0 r_l}{0,5 + \frac{\delta_{ph}}{Z}}$ $Z = (1 \div 2) \delta_{ph}$ $G_{\delta} = G_1 + G_5 + 2G_8 + G_{10} + G_7 + G_9$

Bảng 5-7: Từ dẫn tổng của khe hở không khí ,xác định theo các đường cong thực nghiệm về suất từ dẫn rò và tản .

	Hình trụ - phẳng $G_l = \mu_0 \left(\frac{\pi d^2}{4.2\delta} + \pi d (g_1 + g_2) \right)$
---	--

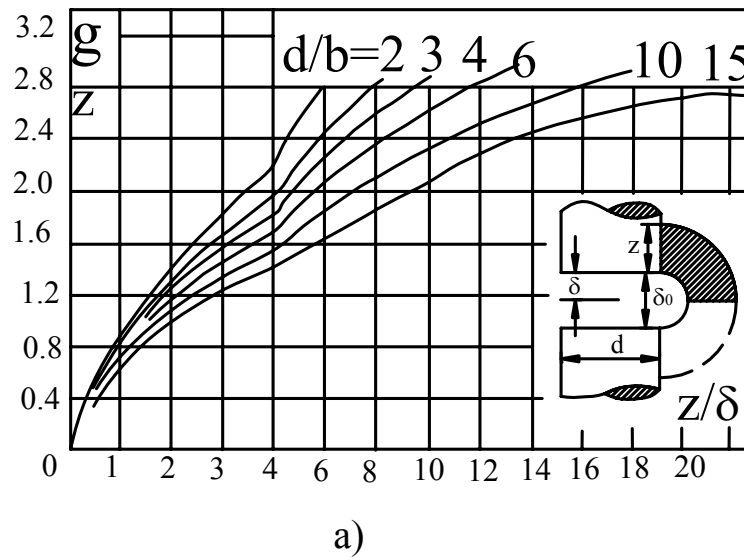
	Hình trụ- trụ $G_l = \mu_0 \left(\frac{\pi d^2}{4.2\delta} + \pi d(g_1/2 + g_2/2) \right) = \frac{l}{2} G_l$
	Hình chữ nhật - mặt phẳng $G_\delta = \mu_0 \left(\frac{ab}{\delta} + 2a(g_{1a}/2 + g_{2a}/2) + b(g_{1b}/2 + g_{2b}/2) + b(g_{1b} + g_{2b}) \right)$
	Trụ - phẳng tạo với nhau góc ρ $G_\delta = \mu_0 \left(\frac{\pi r^2}{\rho.R} + \pi d(g_1' + g_2' + g_1'' + g_2''). \pi r \right)$ $\delta' = \rho.R'; g_1' = f\left(\frac{d}{\delta'}\right);$ $g_2' = f\left(\frac{d}{\delta'}\right);$ $\delta'' = \rho.R'';$ $g_1'' = f\left(\frac{d}{\delta''}\right);$ $g_2'' = f\left(\frac{d}{\delta''}\right)$

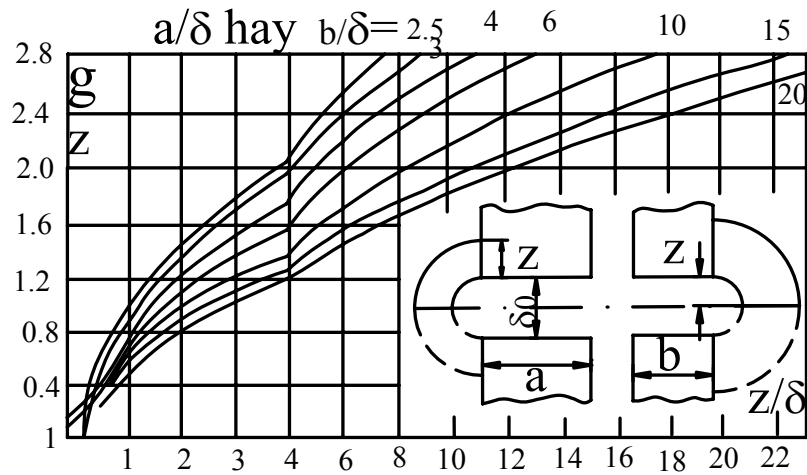




Hình 5-15

- a) Quan hệ giữa suất từ dẫn tản và tỷ số kích thước cực từ.
b) Đồ thị về quan hệ giữa các tọa độ của cực từ thông tản





b)

Hình 5-16: Quan hệ giữa suất từ dẫn tản và tỉ số $\frac{Z}{\delta}$ khi $\frac{d}{\delta}; \frac{a}{\delta}; \frac{b}{\delta}$, thay

đổi

a) Trường hợp cực từ hình trụ

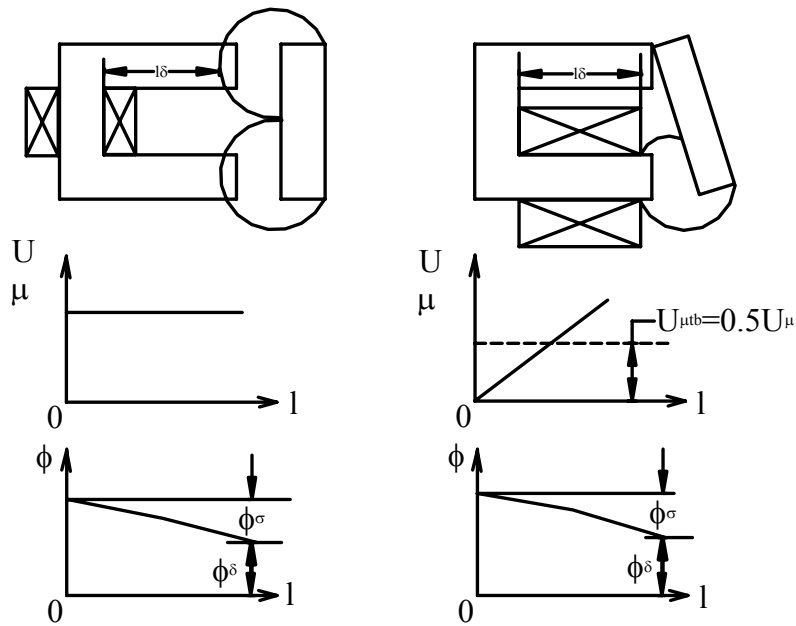
b) Trường hợp cực từ hình chữ nhật

C) TỪ DẪN CỦA TỪ THÔNG RÒ

Từ thông rò ϕ_r là phần từ thông không đi qua khe hở không khí làm việc mà chỉ đi từ lõi tới gông (với mạch từ có một cuộn dây) hoặc giữa hai lõi (với mạch từ có 2 cuộn dây trên hai lõi). Khi khe hở làm việc tăng, từ thông rò cũng tăng, nhưng chiều dài của phân đoạn mạch từ có từ thông rò lại giảm. Vì vậy để cho việc tính được thuận lợi, người ta dùng khái niệm suất từ dẫn rò – từ dẫn rò trên một đơn vị chiều dài: $g_r = G_r / l_r, H/m$

Trong trường hợp này, từ trường rò được coi như phân bố đều trên lõi. Các công thức tính g_r được trình bày ở bảng 5-4 (điểm 3, 4, 5) và bảng 5-6 (điểm R, 6). Từ dẫn rò trong trường hợp sức từ động phân bố tập trung (hình 5-17a)

Từ ép trên mỗi đơn vị chiều dài l_r giữa hai trụ của mạch từ là hằng số (nếu bỏ qua từ áp rơi trên lõi sắt). Vì vậy trong trường hợp này $G_r = g_r \cdot l_r$



Hình 5-17: Sự phân bố của từ áp, từ thông theo chiều dài của mạch từ.

a) Nam châm điện với sức từ động tập trung

b) Nam châm điện với sức từ động phân bố rải

Từ dẫn rò với trường hợp sức từ động phân bố rải đều trên lõi (H5-17b). Nếu mạch từ không bão hòa thì từ áp rò $U_\mu = \theta_r$ là một đường thẳng, còn sự thay đổi của từ thông – theo đường parabol. Trong trường hợp này, việc tính toán ϕ_r dựa vào giá trị trung bình của θ_r (đường chấm chấm H5-17b), nghĩa là :

$$\phi_r = \frac{\theta_r}{2} \cdot G_r = \frac{1}{2} \cdot \theta_r \cdot g_r \cdot l_r = \theta_r \cdot \frac{g_r \cdot l_r}{2} = \theta_r \cdot G_{rqd}$$

Trong đó :

$$\theta_r = \theta_{cd} \cdot \frac{l_r}{l_{cd}}$$

θ_{cd} - sức từ động cuộn dây, A

l_{cd} - chiều cao của cuộn dây, m

$$G_{\text{rqđ}} = \frac{1}{2} g_r \cdot l_r \quad \text{H -từ dẫn rò quy đổi}$$

Trong trường hợp mạch từ bão hoà θ_{cd} và θ_r thay đổi theo đồng cung, và khi đó từ dẫn rò quy đổi $G_{\text{rqđ}}$ có thể xác định theo phương pháp vẽ. Cũng tồn tại các phương pháp khác tính toán mạch từ mà không cần tính từ dẫn rò quy đổi.

D- TỪ DẪN TỔNG CỦA HAI HAY NHIỀU KHE HỖ.

Khác với mạch từ, ở mạch dẫn khi có các dẫn song song thì dẫn tổng sẽ là tổng số học của các dẫn thành phần, còn khi các dẫn nối tiếp _ sẽ giống nh các trở song song.

Với 3 loại mạch từ thông gặp(bỏ qua từ trở của sắt từ), từ dẫn tổng sẽ là:

a/ mạch từ hút chập, phần ứng nằm ngoài cuộn dây(H5_13a).

$$G_{\Sigma^1} = \frac{G_{\delta} \cdot G_u}{G_{\delta} + G_u} + G_{r12qd}$$

$$G_{\Sigma^3} = G_d + G_{r23qd}$$

$$G_{\Sigma^{13}} = \frac{G_{\Sigma^1} \cdot G_{\Sigma^3_u}}{G_{\Sigma^1} + G_{\Sigma^3}} \quad (5-27)$$

b/ mạch từ hút ống dây(H5_13b).

$$G_{\Sigma^{12}} = \frac{G_{\Delta} \cdot G_{\Phi K}}{G_{\Delta} + G_{\Phi K}} + G_{r12qd}$$

$$G_{\Sigma^{24}} = \frac{G_{\delta} \cdot G_{r23qd}}{G_{\delta} + G_{r23qd}}$$

$$G_{\Sigma^{14}} = \frac{G_{\Sigma^{12}} \cdot G_{\Sigma^{24}}}{G_{\Sigma^{12}} + G_{\Sigma^{24}}} \quad (5-28)$$

c/ mạch từ hình E, phần ứng phẳng(5_14a). Với một nửa(mạch từ hình U), ta có:

$$G_{\Sigma^{12}} = \frac{G_A \cdot G_B}{G_A + G_B} + G_{r12qd} \quad (5-29)$$

Trong đó :

$$G_A = 0,5 \cdot \frac{G_\delta \cdot G_o}{G_\delta + G_o} \quad ; \quad G_B = G_{ph} + G_n$$

$$G_{t12qd} = \frac{1}{3} \cdot G_{r12}$$

E - VỊ TRÍ TỪ THÔNG LỚN NHẤT.

Vị trí từ thông lớn nhất $\phi_{\max}$ chia mạch từ ra làm hai phần, trong đó mỗi phần đều có khe hở không khí. Cần xác định sức từ động và chiều dài lõi của mỗi phần đó. Thường gặp các trường hợp sau :

Mạch từ có một khe hở (H5-13a) – Chiều dài tính toán của lõi. Chiều dài tính toán của lõi bằng toàn bộ chiều dài của lõi hoặc của cuộn dây l_{cd} , còn vị trí từ thông lớn nhất là chỗ tiếp xúc giữa lõi và gông.

Mạch từ có phần ứng nằm ngoài cuộn dây(H5_13b).

$$l_{12} = l_{cd} \cdot \frac{2G_d + gl_1}{2(G_d + G_u + gl_1)} \quad (5-29)$$

Vì từ thông dò ở phân đoạn 2_3 thường không lớn, nên trong nhiều trường hợp, nhất là khi phần ứng hở, ta có thể xem:

$$\phi_3 = \phi_d = \phi_2 = \phi_{\max}.$$

với sai số không vượt quá 4 – 5 %, thậm chí cả khi $l_{23} = 0,3l_1$.

Mạch từ hút ống dây(H5_13c).

$$l_{23} = l_{13} \left[1 - \frac{\frac{l_{cd}}{l_{13}} \cdot \frac{G_\delta}{G_{\Sigma 1}} + \frac{gl_{13}}{2G_{\Sigma 1}}}{1 + \frac{G_\delta}{G_{\Sigma 1}} \cdot \frac{gl_{13}}{G_{\Sigma 1}}} \right] \quad (5_20)$$

Khi tính toán mạch từ theo từ thông trung bình hoặc theo từ thông móc vòng của nam châm điện xoay chiều, việc xác định vị trí của từ thông cực đại $\phi_{\max}$ là không cần thiết.

§ 5.9 -ĐẠO HÀM CỦA TỪ DẪN KHE HỖ KHÔNG KHÍ.

Đạo hàm từ dẫn khe hở cần thiết cho việc tính toán lực hút điện từ và các đại lượng khác của nam châm điện. việc xác định đạo hàm của khe hở

không khí có thể tiến hành theo hai phương pháp: phương pháp giải tích và phương pháp vẽ (đạo hàm bằng đồ thị).

1/ - Phương pháp giải tích:

Khi biết biểu thức giải tích của từ dẫn khe hở không khí (như ở bảng 5_6), ta chỉ việc đạo hàm biểu thức đó theo khe hở không khí.

2/ - Phương pháp đồ thị:

Đầu tiên dựng đường cong $G_{\delta} = f(\delta)$ theo các trị số từ dẫn để tính được cho các trị số δ khác nhau (H5_18). từ một điểm δ_i trên trục hoành tìm điểm G_i tương ứng trên đường cong $G(\delta)$. Từ G_i vẽ tiếp tuyến với đường cong từ dẫn, tạo với trục hoành một góc, góc này đặc trưng cho đạo hàm cấp một của từ dẫn tại điểm đó.

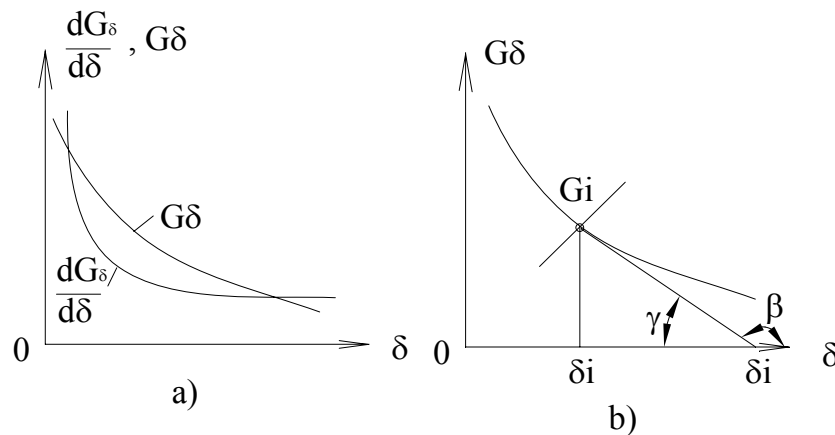
$$\frac{dG_{\delta}}{d\delta} = \frac{G_i}{\delta_i - \delta} = \frac{M_G}{M_{\delta}} \operatorname{tg} \gamma = -\frac{M_G}{M_{\delta}} \operatorname{tg} \beta, \quad \text{H/m} \quad (5_31)$$

Trong đó :

M_G, M_{δ} - tỷ lệ xích của các trục G và δ .

Bằng cách này tìm các điểm khác của δ và sau đó dựng quan hệ $\frac{dG_{\delta}}{d\delta} =$

$f(\delta)$



Hình 5_18: Xác định đạo hàm cấp một của từ dẫn khe hở không khí.

§5.10 - TỪ TRỞ CÁC PHÂN ĐOẠN CỦA MẠCH TỪ.

Từ trở của mạch từ gồm từ trở của khe hở không khí và từ trở của các phân đoạn sắt từ.

Từ trở của khe hở không khí:

$$Z_{\mu\delta} = R_{\mu\delta} = \frac{1}{G_{\delta}}$$

Vậy từ trở của khe hở không khí là từ trở tác dụng(thuần trở). Các phương pháp tính từ trở(từ dẫn) khe hở không khí đã được trình bày ở các phần trên.

Từ trở sắt từ: khác nhau về bản chất của nam châm điện một chiều và nam châm điện xoay chiều.

1. Ở nam châm điện một chiều: từ trở chỉ gồm thành phần tác dụng, và được biểu diễn theo công thức sau:

$$R_{\mu} = \rho_R \frac{l}{S} H^{-1}$$

$$\text{Trong đó : } \rho_R = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{\mu_0 \cdot \mu_r} = \frac{H}{B} \quad (5_30)$$

Ở đây :

$\rho_R, m/H$ _ suất từ trở tác dụng của vật liệu từ, có thể xác định theo đường cong từ hoá của vật liệu, hoặc theo các đường cong ở H5_15 , 5_20.

l, m _ S, m^2 _ chiều dài và tiết diện.

H, A, B, T _ cường độ từ trường và từ cảm trong mạch từ.

2. Ở nam châm điện xoay chiều: từ trở gồm hai hành phần : thành phần tác dụng và thành phần kháng Z_{μ} :

$$R_{\mu} + jX_{\mu} = \rho_R \frac{l}{S} + j\rho_X \frac{l}{S} = Z_{\mu} e^{j\theta} \quad (5_31)$$

$$Z_{\mu} = \sqrt{R_{\mu}^2 + X_{\mu}^2}; \rho_X = \sqrt{\rho_R^2 + \rho_X^2} \\ \text{tg}\theta = \frac{X_{\mu}}{R_{\mu}} \quad (5_32)$$

Thành phần phản kháng của từ trở X_{μ} đặc trưng cho tổn hao từ trễ, dòng xoáy và tổn hao trong vòng ngắn mạch. Vì có tổn hao nên từ thông ở các phân đoạn khác nhau của mạch từ bị lệch pha nhau.

Suất từ trở phản kháng được tính theo:

$$\rho_X = \frac{\gamma \cdot P_{Fe}}{\pi \cdot f \cdot B_m^2} \quad (5_{33})$$

Trong đó : γ

γ - khối lượng riêng của thép

P_{Fe} - Suất tổn hao của thép do từ trễ và dòng xoáy gây ra

f - tần số thay đổi của từ thông

B_m - từ trở cực đại trong lõi thép.

Suất từ trở tác dụng được tính theo biểu thức:

$$\rho_R = \sqrt{\rho_Z^2 - \rho_X^2},$$

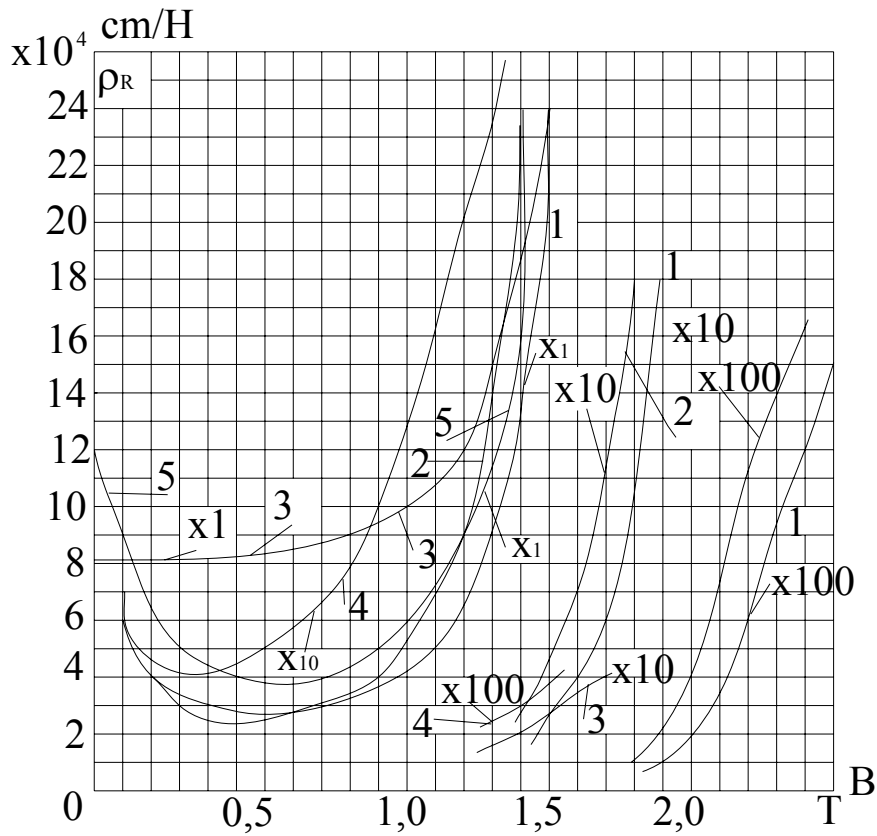
Trong đó

ρ_Z xác định theo đường cong từ hoá của vật liệu với tần số tương

ứng :

$$\begin{aligned} \rho_Z &= \frac{\sqrt{2}H}{B_m} \\ \text{hay} \quad \rho_Z &= \frac{\gamma P_\mu}{\pi \cdot f \cdot B_m^2} \end{aligned} \quad (5_{34})$$

Trong đó : B_μ - suất từ hoá



Hình 5_19: Các đường cong $\rho_R = f(B)$ cho các loại vật liệu từ khác nhau(từ cảm do từ thông một chiều tạo ra)

1.với vật liệu $\mathfrak{I}11$, $\mathfrak{I}12$, $\mathfrak{I}21$

2.với vật liệu $\mathfrak{I}41$, $\mathfrak{I}42$, $\mathfrak{I}43$

3.Thép cacbon đúc

4.Gang

5.Thép kết cấu C_T10 , ủ

Từ các hình vẽ trên nhận thấy rằng: với mỗi loại vật liệu, suất từ trở gần như không đổi khi từ cảm biến đổi trong một phạm vi tương đối rộng.

Từ trở của vòng ngắn mạch(màn chắn) có thể viết:

$$Z_{\mu mm} = R_{\mu mm} + jX_{\mu mm}$$

Trong đó thành phần trở tác dụng $R_{\mu mm}$ không đáng kể so với thành phần phản kháng $X_{\mu mm}$, vì vậy có thể coi:

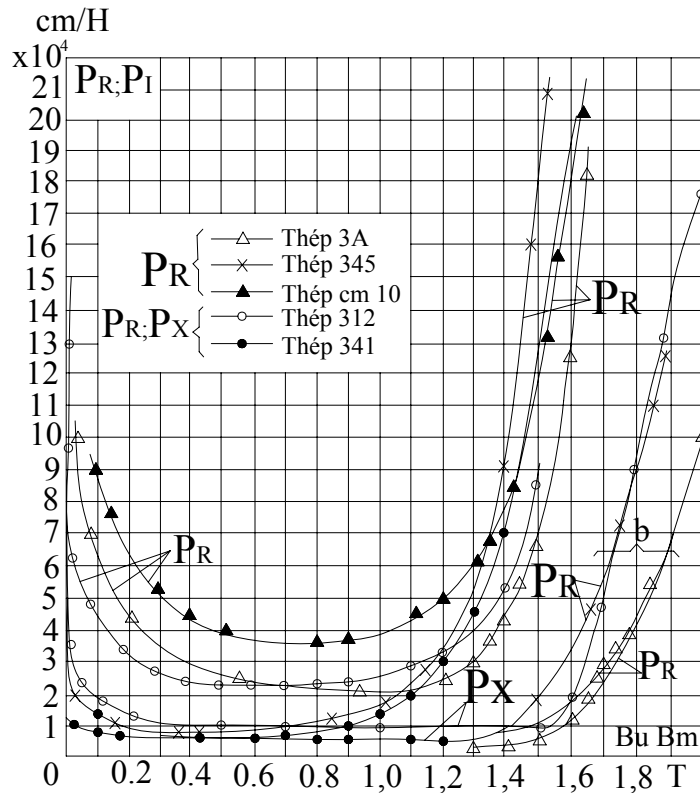
$$R_{\mu mm}=0 ; Z_{\mu mm}=jX_{\mu mm}$$

với số vòng ngắn mạch là $\omega=1$, có thể tính:

$$X_{\mu mm} = \frac{\omega W^2}{r_{nm}} = \frac{\omega}{r_{nm}} = \frac{2\pi f}{r_{nm}} \quad (5_{35})$$

Trong đó :

r_{nm} - điện trở của vòng ngắn mạch.



Hình 5-20: Các quan hệ $R^{(B)}$ và $X^{(B)}$. (trị số tung độ của các đường cong đánh dấu bằng chữ b phải nhân với 10).

§5.11 _ HỆ SỐ TỪ DÒ VÀ TỪ TẢN

1/ - Hệ số từ tản:

Được tính theo tỷ số giữa từ thông đi qua khe hở không khí và phần từ thông làm việc:

$$\delta_t = \frac{\Phi_\delta}{\Phi_l} = \frac{\Phi_l + \Phi_t}{\Phi_l} = \frac{G_l + G_t}{G_l}$$

Hay:

$$\delta_t = \frac{\Phi_\delta}{\Phi_{ml}} = \frac{\Phi_{ml} + \Phi_t}{\Phi_{ml}} = \frac{G_{ml} + G_t}{G_{ml}} \quad (5_36)$$

Trong đó:

δ - khe hở không khí

l - phần cực từ (lõi)

ml – mũ lõi ; t - tản

Hệ số từ tản phụ thuộc vào độ lớn của khe hở không khí và các kích thước của mạch từ.

2/ - Hệ số từ rò:

Hệ số từ rò σ_x là tỷ số giữa từ thông tổng đi qua tiết diện ở vị trí l_x và từ thông ở khe hở không khí nối tiếp nó

$$\sigma_{rx} = \frac{\Phi_x}{\Phi_\delta} = \frac{\Phi_\delta + \Phi_r}{\Phi_\delta}$$

Khi xác định hệ số từ rò σ_r , để đơn giản hoá, ta coi từ trở sắt từ không phụ thuộc vào từ thông qua nó và cuộn dây được rải đều trên lõi.

Nếu mạch từ có một hay nhiều khe hở không khí, à chúng nằm về một phía của cuộn dây thì chỉ có một hệ số từ rò. Khi mạch từ có các khe hở nằm về 2 phía của cuộn dây thì nó được chia thành hai phần riêng biệt, mỗi phần đều có từ thông rò và hệ số từ rò tương ứng.

Với mạch từ một chiều (cuộn dây dòng điện và cuộn dây điện áp) và mạch từ xoay chiều của dòng điện ($Iw=\text{const}$), khi tính toán hệ số rò người ta dùng hệ số lớn nhất của từ thông $\phi_{\max}$, còn với mạch từ xoay chiều cuộn dây điện áp khi tính toán dùng trị số từ thông móc vòng hay trị số trung bình của từ thông $\psi = w\phi_t$.

Nếu có mạch từ dạng hút chập, hệ số từ rò sẽ là :

$$\sigma_r = \frac{\phi_0}{\phi_\delta} = \frac{\phi_\delta + \phi_r}{\phi_\delta} = 1 + \frac{G_r}{G_\delta}$$

Với mạch từ một chiều : $G_r = \frac{1}{2}.gl$

Với mạch từ xoay chiều : $G_r = \frac{1}{3}.gl$

§5.12_ TÍNH TOÁN KIỂM NGHIỆM NAM CHÂM ĐIỆN MỘT CHIỀU

A-CÁC SỐ LIỆU BAN ĐẦU . TRÌNH TỰ TÍNH TOÁN

Bước tính toán kiểm nghiệm được tiến hành sau khi hoàn thành giai đoạn tính toán sơ bộ (tính toán thiết kế). Vì vậy cơ sở tính toán kiểm nghiệm là hình vẽ sơ bộ của nam châm điện với các kích thước đã được xác định trong bước tính toán thiết kế. Trình tự tính toán nam châm điện một chiều gồm các bước như sau :

1. Lập sơ đồ thay thế của mạch từ.
2. Tính từ dẫn các khe hở không khí, từ dẫn rò, từ dẫn tổng và đạo hàm của từ dẫn khe hở làm việc.
3. Tính hệ số từ rò.
4. Tính từ trở các phân đoạn sắt từ của mạch từ. Khâu này chỉ cần cho từng phương pháp tính.
5. Xác định từ thông cần thiết ở khe hở làm việc (trị tới hạn) theo công thức cân bằng năng lượng.
6. Tính toán mạch từ - xác định từ thông ở các phân đoạn của mạch từ và các sức từ động cần thiết để nam châm điện tác động.
7. Tính và dựng đặc tính lực hút điện từ.
8. Tính các thông số của cuộn dây.
9. Tính toán nhiệt của cuộn dây.
10. Hiệu chỉnh các kích thước của nam châm điện (nếu cần thiết). Lưu ý rằng nếu thay đổi kích thước thì phải tính toán kiểm nghiệm lại.
11. Tính toán thời gian tác động và thời gian nhả của nam châm điện .
12. Tính toán hệ số nhả.

13. Lập các chỉ tiêu, thông số về kinh tế - kỹ thuật của nam châm điện đã thiết kế.

B-CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN MẠCH TỪ

Nhiệm vụ chính của việc tính toán mạch từ là xác định sức từ động cần thiết do cuộn dây sinh ra để tạo nên từ thông cần thiết ở các khe hở không khí làm việc.

Đây là phần tính toán khá phức tạp, tốn nhiều công sức, vì là bài toán phi tuyến nên chỉ có thể giải bằng các phương pháp gần đúng.

Có nhiều phương pháp tính toán mạch từ, xong trong phạm vi của giáo trình, chỉ đề cập đến ba phương pháp thường gặp :

- Tính toán mạch từ theo các phân đoạn của chúng. Kết hợp với hệ số từ rò và đường cong từ hoá.

- Tính toán mạch từ theo các phân đoạn và sức từ động phân bố trên chúng kết hợp với đường cong từ hoá.

- Tính toán mạch từ theo phương pháp giải tích, kết hợp với các đường cong về suất từ trở.

Cũng như ở phần tính toán sơ bộ, ở đây số liệu ban đầu là lực tác động của nam châm điện $F_{htđ}$, bằng lực phản lực (lực cơ) tính toán tới hạn F_{coth} qui đổi về khe hở không khí làm việc và các kích thước của mạch từ đã xác định ở phần tính toán sơ bộ. Dựa vào lực $F_{htđ}$ hoặc một phần của nó(nếu số khe hở làm việc lớn hơn 1) và các trị số của từ dẫn đã tính toán của các khe hở làm việc, xác định chính xác trị số của từ thông Φ_δ ở khe hở tính toán tới hạn δ_{th} và phần sức từ động cần thiết để sinh ra từ thông đó θ_δ .

Vì vậy cần dùng các công thức gần đúng về lực hút điện từ để tính toán Φ_δ .

Với nam châm điện mà khi khe hở làm việc thay đổi, từ dẫn rò G_r cũng thay đổi và từ thông rò Φ_X sinh ra lực phụ thì lực điện từ được tính theo công thức sau :

$$F_h = \frac{1}{2} \theta_\delta^2 \left(\frac{dG_\delta}{d\delta} + \frac{dG_r}{d\delta} \right) = \frac{1}{2} \frac{\Phi_\delta}{G_\delta^2} \left(\frac{dG_\delta}{d\delta} + \frac{dG_r}{d\delta} \right) \quad (5-37)$$

Với nam châm điện có phần ứng nằm ngoài cuộn dây thì từ thông rò không sinh ra lực phụ, lực điện từ được tính bằng:

$$F_h = \frac{1}{2} \theta_{\delta}^2 \frac{dG_{\delta}}{d_{\delta}} = \frac{1}{2} \frac{d^2_{\delta}}{G^2_{\delta}} \cdot \frac{dG_{\delta}}{d_{\delta}} \quad (5_{-38})$$

Với nam châm điện “ hút ống dây” - phản ứng chuyển động trong long cuộn dây, thì lực điện từ được tính như sau :

$$F_h = \frac{1}{2} \Phi_{\delta}^2 \left(\frac{dG_{\delta}}{d_{\delta}} + g_r \frac{Z^2}{l_{cd}} \right) = \frac{1}{2} \frac{\Phi_{\delta}^2}{G^2_{\delta}} \left(\frac{dG_{\delta}}{d_{\delta}} + g_r \frac{Z^2}{l_{cd}} \right) \quad (5_{-39})$$

Trong đó :

$$\phi_{\delta_-} - wb, G_{\delta} - H, \frac{dG}{d_{\delta}} \quad \text{và} \quad g_r - \frac{H}{m}$$

$\theta - A, Z - m$ phần chiều dài lõi động nằm trong cuộn dây,

L_{cd} - chiều dài cuộn dây.

1/ Tính toán mạch từ theo các phân đoạn kết hợp với hệ số từ rò và đường cong từ hoá.

Để tính toán cần có hình vẽ mạch từ với các phân đoạn tương ứng, sơ đồ thay thế và trị số chính xác của từ thông $\phi_{\delta th}$ ở khe hở không khí làm việc tới hạn δ_{th} .

Dựa vào trị số từ thông $\phi_{\delta th}$, và hệ số từ tản và rò, xác định từ thông ở các phân đoạn của mạch từ. Sau khi biết từ thông ở các phân đoạn, cần tính sức từ động tương ứng với các phân đoạn đó như sau:

- Với các khe hở không khí:

$$\theta_{\delta i} = \frac{\Phi_{\delta i}}{G_{\delta i}}$$

- Với các phân đoạn sắt từ:

$$\theta_i = H_i \cdot l_i$$

Trong đó : H_i là cường độ từ trường ở phân đoạn i , được xác định dựa vào đường cong từ hoá $B(H)$, còn từ cảm B_i được xác định theo :

$$B_i = \frac{\Phi_i}{S_i}$$

Φ_i - Từ thông ở phân đoạn i

S_i - tiết diện mạch từ ở phân đoạn i

Sức từ động tổng của toàn bộ mạch từ bằng tổng sức từ động của các phân đoạn và đó chính là sức từ động cần thiết của cuộn dây :

$$\theta_{cd} = \sum \theta_{\gamma i} + \sum \theta_i$$

Để tiện việc theo dõi, có thể lập bảng cho cách tính toán này.

Phương pháp tính toán này cho kết quả tương đối chính xác khi từ cảm trong các phân đoạn mạch từ nằm dưới đoạn uốn của đường cong từ hoá. Nếu từ cảm nằm trên đoạn uốn thì nên dùng phương pháp thứ hai hoặc thứ ba.

2/ - Tính toán mạch từ theo các phân đoạn, dựa vào sức từ động phân bố trên chúng và đường cong từ hoá(phương pháp tích phân).

Ưu điểm chính của phương pháp này là cho biết kết quả tương đối chính xác khi mạch từ có dạng phức tạp và điểm làm việc nằm trên điểm uốn của đường cong từ hoá.

Cũng giống như phương pháp thứ nhất, với phương pháp này cần biết trước mạch từ với những phân đoạn tương ứng, sơ đồ thay thế và trị số chính xác của từ thông ở khe hở không khí làm việc $\phi_{\delta th}$. Ví dụ với mạch từ H5_13a.

Xuất phát từ $\phi_{\delta l}$ (tương ứng với δ_{th}), tính sức từ động cần thiết của cuộn dây θ_{th} . Khó khăn gặp phải ở các bước tiếp theo là chưa biết được sự phân bố của sức từ động trên các phân đoạn, vì vậy phải sử dụng phương pháp gần đúng liên tiếp.

Để xác định các giá trị gần đúng đầu tiên của các đại lượng trên, trước tiên phải lập được đồ thị phân bố của sức từ động theo chiều dài của lõi mạch từ. Muốn vậy phải xuất phát từ vị trí từ áp lớn nhất và bé nhất theo phương pháp xác định vị trí từ thông lớn nhất.

Việc xác định sơ bộ sức từ động cuộn dây được tiến hành theo trình tự sau:

a) Xác định sức từ động ở khe hở không khí làm việc theo các công thức đã biết.

b) Xác định từ động của cuộn dây

$$\theta_{cd} = (1,2—1,6)\theta_{\delta th}$$

c) Các thành phần của sức từ động cuộn dây được xác định theo biểu thức:

$$\theta_{cd} = \theta_{12} + \theta_{23}$$

Trong đó:

$$\theta_{12} = \theta_{cd} \cdot l_{12} / l_{cd} ; \quad \theta_{23} = \theta_{cd} \cdot l_{23} / l_{cd}$$

Điền các đại lượng này vào trong bảng 5_7 rồi dựa vào đó để tiếp tục tính toán.

Bảng 5_7 xem trang sau

Từ áp giữa điểm 1 và 1':

$$U_{\mu 11'} = U_{\mu 1} + U_{\mu u} + U_{\mu gu} = \frac{\Phi_{\delta 1}}{G_{\delta 1}} + H_u l_u + \frac{\Phi_{\delta 1}}{G_{gu}}$$

Trong đó:

H_u được xác định theo đường cong từ hoá:

$$B_u = \frac{\phi_{\delta}}{S_u} ; \quad \frac{\Phi_{\delta 1}}{G_{\delta 1}} = \theta_{\delta th}, A$$

Tiếp theo phải tính các đại lượng sau :

$$\Phi_{r12} = U_{\mu 11'} \cdot g_r l_{12}; \quad \Phi_{r23} = U_{\mu 23} \cdot g_r l_{23}$$

$$\Phi_{12} = \Phi_{\delta 1} + \Phi_{r12}; \quad \Phi_{23} = \Phi_d + \Phi_{r23}$$

$$U_{\mu 22'} = U_{\mu 11'} + H_{12} \cdot l_{12} + H_{1'2'} \cdot l_{1'2'} - \theta_{12} \approx 0$$

$$U_{\mu 33'} = U_{\mu 22'} + H_{23} \cdot l_{23} + H_{2'3'} \cdot l_{2'3'} \approx \theta_{23}$$

hoặc :

$$U_{\mu 33'} = \frac{\phi_{cd}}{G_{cd}} + H_d \cdot l_d \approx \theta_{23}$$

Bảng 5_7: Tính toán sức từ động của cuộn dây theo phương pháp tích phân.

Phân đoạn	θ	ϕ	l	S	B	H	H_l	ϕ_r	U
	A	Wb	m	m ²	T	A/m	A	Wb	A
Khe hở làm việc	—	$\phi_{\delta 1}$	δ_{th}	—	—	—	$\phi_{\delta 1} : G_1$	—	$U_{\mu 11'}$
Phần ứng	—	$\phi_{\delta 1}$	l_u	S_u	B_u	H_u	$H_u \cdot l_u$	—	$U_{\mu 11'}$
Khe hở phần ứng_ gông	—	$\phi_{\delta 1}$	δ_{gu}	—	—	—	$\phi_{\delta 1} : G_{gu}$	—	$U_{\mu 11'}$

Lỗi phân đoạn 1_2	θ_{12}	ϕ_{12}	l_{12}	S_1	B_{12}	H_{12}	$H_{12}.l_{12}$	x_{12}	$U_{22'}=0$
Gông_phân đoạn 1'_2'	—	ϕ_{12}	$l_{1'2'}$	S_δ	$B_{1'2'}$	$H_{1'2'}$	$H_{1'2'}.l_{1'2'}$	x_{12}	
Lỗi phân đoạn 2_3	θ_{23}	ϕ_{23}	l_{23}	S_1	B_{23}	H_{23}	$H_{23}.l_{23}$	x_{23}	$U_{\mu 33'}$
Gông_phân đoạn 2'_3'	—	ϕ_{23}	$l_{2'3'}$	S_δ	$B_{2'3'}$	$H_{2'3'}$	$H_{2'3'}.l_{2'3'}$	x_{23}	
Khe hở lõi_đáy	—	ϕ_{1d}	δ_{1d}	—	—	—	$\phi_{1d}.G_{1d}$		
Đáy	—	ϕ_d	l_d	S_d	B_d	H_d	$H_d.l_d$		$U_{\mu 33'}$
Tổng	θ_{cd}	—	—	—	—	—	$\sum H_i.l_i$	—	—

Việc kiểm nghiệm mức độ chính xác của các sức từ động trên các phân đoạn mạch từ dựa vào các đẳng thức : $U_{\mu 22'} = 0$; $U_{\mu 33'} \approx \theta_{23}$; $\sum H_i.l_i \approx \theta_{cd}$

Nếu hiệu của hai vế các đẳng thức trên sai lệch trên 10% thì phải lấy lại trị số θ_{12} , θ_{23} và trình tự tính toán lại lập lại từ.

Phương pháp này cho ta biết được sự phân bố của từ thông trong mạch từ tương đối chính xác. Nếu số phân đoạn càng tăng (nhất là số phân đoạn ở mạch từ) thì kết quả càng chính xác.

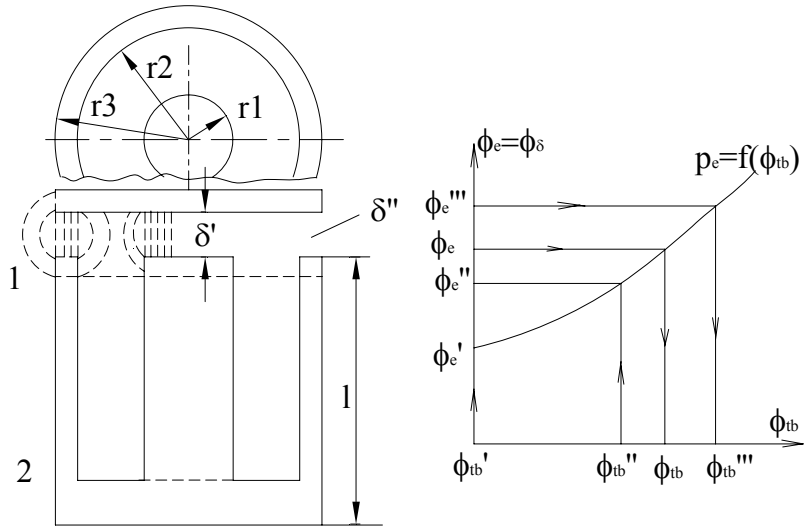
3/- Tính toán mạch từ theo phương pháp giải tích kết hợp với các đường cong về suất từ trở

Ưu điểm chính của phương pháp này là cho kết quả tương đối chính xác, kể cả trường hợp từ cản trong lõi thép khá lớn đến $1,7 \div 1,85T$.

Để có thể tính toán được cần phải có hình vẽ mạch từ và trị số chính xác của từ thông ϕ_δ ở khe hở không khí làm việc. Nhiệm vụ chính của bước tính toán kiểm nghiệm mạch từ là xác định sức từ động của cuộn dây (mạch từ H5-13) :

$$\theta_{cd} = \theta_{tb} \cdot \frac{R_{\mu gl}}{\lambda_1 + \frac{1}{3} \cdot G_r (R_{\mu d} + R_{\mu \Sigma})} \quad (5-40)$$

Các thông số của biểu thức trên sẽ được khảo sát trong ví dụ H5-21.



Hình 5-21 : Vẽ tính toán mạch từ theo phương pháp giải tích kết hợp với các đường cong suất từ trở.

Các từ trở được tính toán như sau :

-Của khe hở không khí và phần ứng (ư) :

$$R_{\mu \Sigma} = R'_{\delta} + R''_{\delta} + R_{\mu u}; \quad R_{\mu u} = \rho_{Ru} \cdot \frac{l_u}{S_u}$$

- Của dây (đ) :

$$R_{\mu d \Sigma} = R_{\delta d} + R_{\mu d} = \rho_{Rd} \cdot \frac{l_d}{S_d}$$

$$R_{\delta d} = 0$$

- Của gông (g) và lõi (l) :

$$R_{\mu g} = \rho_{Rg} \cdot \frac{l_g}{S_g}; \quad R_{\mu l} = \rho_{Rl} \cdot \frac{l_l}{S_l}$$

- Từ trở tổng của gông và lõi (gl) nếu kể cả từ dẫn rò :

$$R_{\mu gl} = (R_{\mu g} + R_{\mu l} + G_r \cdot R_{\mu gl} \cdot R_{\mu \Sigma}) \lambda_1 + (R_{\mu d} + R_{\mu \Sigma}) \lambda_2$$

Trong đó : $\lambda_1 = 1 + \frac{1}{6} G_r (R_{\mu \delta} + R_{\mu l})$

$$\lambda_2 = \frac{1}{2} G_r (R_{\mu\delta} + R_{\mu 1})$$

$$G_r = g_r \cdot l_r \quad (\text{từ dẫn rò không quy đổi}).$$

Trị số $R_{\mu\Sigma}$ có thể xác định được khi biết từ thông Φ_δ và G_δ . Còn từ trở của các phần gông, đáy, lõi phụ thuộc vào từ bản B trong chúng, nên muốn xác định được các từ trở này, trước hết phải biết được giá trị của Φ_{tb} và $\Phi_{đ}$.

Để xác định được Φ_{tb} của lõi và gông từ lấy 3 giá trị Φ_{tb} , Φ_{tb}' , Φ_{tb}'' . Ứng với mỗi giá trị đó, tính các từ cảm tương ứng $B_1 = \frac{\Phi_{tb}}{S_1}$ ở lõi và B_g ở gông.

Theo các đường cong về suất từ trở ρ_R , xác định $R_{\mu 1}$ và $R_{\mu g}$ theo 3 giá trị của từ cảm.

Muốn xác định $R_{\mu d}$ cần biết Φ_d theo Φ_{tb} nếu bỏ qua từ trở sắt từ của đáy :

$$\Phi_d = \Phi_{tb} \cdot \frac{1 + \frac{1}{2} G_r \cdot R_{\mu\Sigma}}{1 + \frac{1}{3} G_r \cdot R_{\mu\Sigma}}$$

Từ 3 giá trị Φ_{tb} , Φ_{tb}' , Φ_{tb}'' theo công thức :

$$\Phi_e = \Phi_{tb} \cdot \frac{\lambda_1 + \frac{1}{2} \cdot G_r \cdot R_{\mu d}}{\lambda_1 + \frac{1}{3} \cdot G_r \cdot (R_{\mu d} + R_{\mu\Sigma})}$$

Từ 3 giá trị của Φ_e đã tính được dựng đường cong $\Phi_e = f(\Phi_{tb})$.

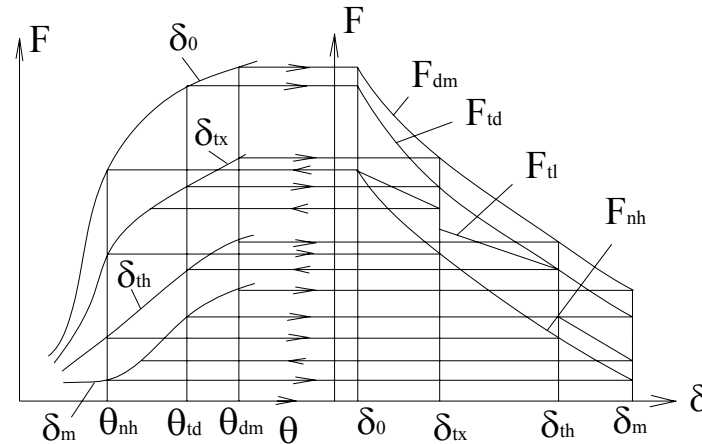
Theo $\Phi_\delta = \Phi_1$ trên đồ thị đó tìm giá trị của Φ_{tb} và từ đó tìm R , ρ_R , R_μ cùng các đại lượng khác. Sau đó thay thế chúng vào (5-40), như vậy điểm đầu tiên của quá trình tính toán đã xác định, tương tự như vậy đối với các điểm khác.

C – TÍNH VÀ DỰNG CÁC ĐẶC TÍNH LỰC HÚT ĐIỆN TỪ:

Đặc tính lực hút điện từ của các nam châm điện từ biểu diễn các quan hệ giữa lực hút điện từ và hành trình phản ứng của nó (khe hở không khí làm việc) $F_h = f(\delta)$ khi điện áp (hoặc dòng điện) của cuộn dây là hằng $U = \text{const}$ ($T = \text{const}$). Đặc tính này được tính toán và dựng theo các phương pháp sau:

1/ Tính và dựng lực hút điện từ theo các đặc tính lực:

Đặc tính lực biểu diễn quan hệ giữa lực điện từ và các sức từ động của cuộn dây khi khe hở không khí là hằng $F_h = f(\theta_{cd})$ khi $\delta = \text{const}$. Phương pháp này được trình bày ở hình H5-22.



Hình 5-22 : Dựng họ đặc tính lực (a) và dựng đặc tính lực hút (b)

Số đặc tính lực cần thiết nên chọn theo số các điểm đặc trưng của các đặc tính cơ (phản lực) và không được ít hơn 3, 4 đường đặc tính, trong đó bắt buộc phải có 2 đường đặc tính ứng với các giá trị đầu và cuối của khe hở làm việc $\delta_{\max}$ và $\delta_{\min}$. Từ các lực cơ (phản lực), tính từ thông cần thiết Φ_{di} ở khe hở làm việc, sau đó tìm sức từ động θ_i cần thiết để tạo nên lực hút F_{hi} . Bằng cách này, tìm các điểm khác nhau và dựng họ đặc tính lực.

Các điểm từ 1 tới 4 của tung độ đặc tính phản lực (H5-22b) chiếu sang đồ thị bên trái (H5-22a) cho cắt các đường đặc tính lực tương ứng tại các điểm 1' và 4'. Sức từ động lớn nhất cần cho điểm tới hạn là điểm 2', đó chính là sức từ động tác động của cuộn dây θ_{td} . Qua điểm 2', kẻ đường thẳng song song với trục tung. Chiếu các giao điểm này với các đường đặc tính lực qua đồ thị phía phải, cắt tung độ của các khe hở tương ứng tại các điểm 5,6,7. Qua các điểm trên và điểm 2, dựng đường cong đó chính là đặc tính lực hút của nam châm điện với lực tới hạn tại điểm 2 khi khe hở ở vị trí tới hạn δ_{th} .

Khi phản ứng nhỏ, từ điểm 4 kẻ đường thẳng song song với trục hoành, đến khi cắt đường đặc tính lực δ_{th} tại điểm 4'. Từ 4', kẻ đường thẳng song song với trục tung, cắt trục hoành tại điểm δ_{nh} và cắt các đường đặc tính lực tại các đường tương ứng. Từ các điểm này, chiếu sang đồ thị bên phải, sẽ có các giao điểm và qua các giao điểm đó, vẽ đường đặc tính lực nhỏ F_{nh} . Bằng cách tương tự có thể dựng đặc tính lực hút với sức từ động của cuộn dây ở chế độ định mức và các chế độ khác.

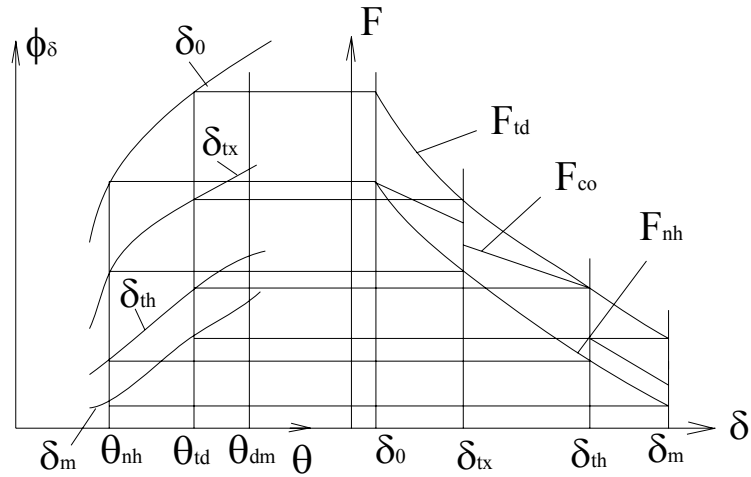
2/ Tính và dựng đặc tính lực hút theo quan hệ giữa từ thông ở khe hở làm việc và sức từ động của cuộn dây:

Phương pháp này được trình bày ở H5-23.

Số đường cong cần thiết khi $\delta = \text{const}$ nên chọn theo số điểm đặc trưng của đặc tính phản lực, nhưng không ít hơn 3, 4 đường, trong đó ít nhất phải có 2 đường ứng với $\delta_{\max}$ và $\delta_{\min}$.

Để dựng họ đặc tính $\phi_{\delta} = f(\theta)$, cần cho trước những giá trị bất kì của ϕ_{δ} , và từ đó tính sức từ động tương ứng.

Trên hình 5-23, theo các tọa độ $\phi_{\delta 1}$ và θ đặc điểm tính toán đầu tiên: điểm 1 trên đường cong cho từ thông ứng với $\delta_{th} = \text{const}$. Sức từ động ứng với cuộn dây ở trạng thái tác động cho nam châm điện là θ_{td} . Qua điểm $\Phi_{\delta 1}$, kẻ đường thẳng song song với trục tung, cắt họ đường cong tại các điểm. Tung độ của các điểm trên chính là từ thông ở khe hở làm việc với những trị số tương ứng. Thay các trị số từ thông này vào các công thức tính lực hút điện từ (bằng phương pháp cân bằng năng lượng, hoặc công thức Macxwel) sẽ thu được lực điện từ tương ứng.



Hình 5-23 :

a) Họ đặc tính của từ thông ở khe hở làm việc và sức từ động của cuộn dây.

b) Các dạng đặc tính lực hút.

D- THỜI GIAN TÁC ĐỘNG VÀ THỜI GIAN NHẢ :

1/ Khái niệm chung:

Quãng thời gian từ khi bắt đầu đưa tín hiệu vào cuộn dây nam châm điện đến thời điểm phản ứng thôi chuyển động được chia làm 2 thành phần : thời gian khởi động t_{kd} -đến thời gian phản ứng bắt đầu chuyển động và thời gian chuyển động t_{cd} -đến thời điểm phản ứng phản ứng ngừng chuyển động . Ứng với quá trình nhả - thời gian nhả t_{nh} .

$$t_{td} = t'_{kd} + t'_{cd} ; t_{nh} = t''_{kd} + t''_{cd} ; (5-41)$$

Dựa vào thời gian t_{td} và t_{nh} có thể chia nam châm điện ra các loại :

- Loại tác động bình thường : (0,03 ÷ 0,158) -với loại này, trong quá trình thiết kế không cần dùng những biện pháp đặc biệt để thay đổi thời gian tác động.

- Loại tác động nhanh (đến 0,05s).

- Loại tác động chậm (lớn hơn 0,15s).

Với 2 loại dưới cần phải có những biện pháp đặc biệt trong thiết kế.

Trong quá trình đóng, ngắt, dòng điện thay đổi, từ thông thay đổi nên dòng điện xoáy xuất hiện trong các phần của mạch từ làm tăng thời gian tác

động và thời gian nhả của nam châm điện. Với những nam châm điện loại tác động bình thường, dòng điện xoáy có thể coi không ảnh hưởng đến quá trình tác động, còn khi nhả nếu cần tính toán chính xác sẽ phải tính cả ảnh hưởng của dòng điện xoáy.

2/ Thời gian tác động :

$$t_{td} = t_{kd}' + t_{cd}'$$

a) Thời gian khởi động : t_{kd}' phụ thuộc rất nhiều vào mức độ bão hoà của mạch từ.

-Trường hợp mạch từ không bão hoà. Lúc này từ thông tỷ lệ thuận với dòng điện trong cuộn dây I, vì vậy thời gian khởi động có thể tính bằng :

$$t_{kd}' = T_{nh} \cdot \ln \frac{I_{od}}{I_{od} - I_{kd}}, \text{ s} \quad (5-42)$$

Trong công thức này:

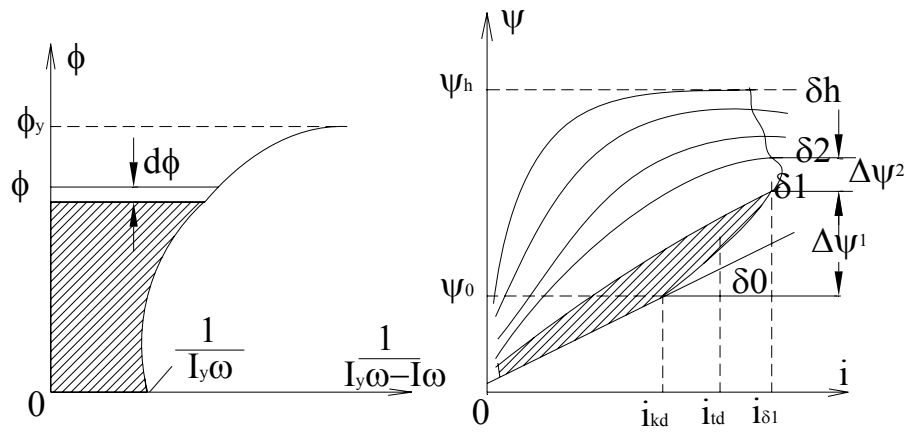
T_{nh} : hằng số thời gian điện từ của nam châm điện khi phần ứng chưa bị hút.

Với cuộn dây có w (vòng), điện trở R (Ω) và có tổng từ dẫn của tất cả khe hở là $G_{\Sigma\delta nh}$ (H) thì :

$$T_{nh} = \frac{L_{nh}}{R} = w^2 \cdot \frac{G_{\Sigma\delta nh}}{R}, \text{ s} \quad (5-43)$$

$I_{od} = U/R$, A –dòng điện xác lập trong cuộn dây của nam châm điện.

$I_{kd} = \theta_{td}/w$, A – dòng điện khởi động, bằng tỉ số giữa sức từ động của cuộn dây và số vòng dây của nó.



Hình 5-24 : Xác định thời gian khởi động (a) và thời gian chuyển động (b) khi tác động của nam châm điện.

-Trường hợp mạch từ bão hoà. Thời gian tác động t_{kd} từ khi từ thông tăng từ 0 đến thời điểm phản ứng bắt đầu chuyển động Φ_{kd} được tính bằng:

$$t'_{kd} = \int_0^{\Phi_{kd}} \frac{w}{u - i.R} d\Phi = \frac{w^2}{R} \cdot \int_0^{\Phi_{kd}} \frac{1}{I_{od} - i.w} d\Phi \quad (5-24)$$

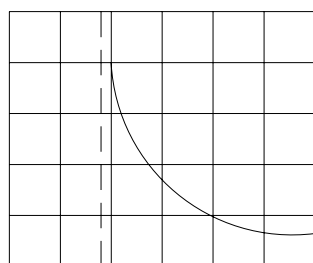
Tích phân ở (5-24) tỉ lệ với diện tích, giới hạn bởi các trục toạ độ và tung độ của từ trường Φ_{kd} và đường cong (H5-24). Vì vậy t'_{kd} nếu kể cả ảnh hưởng của tính phi tuyến của đường cong từ hoá, được tính bằng :

$$t'_{kd} = \frac{w^2}{R} \cdot S \cdot m_{\Phi} \cdot m_{i/iw} \quad (5-45)$$

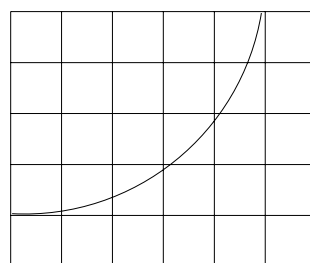
Trong đó : S : diện tích giới hạn

m_{Φ} , $m_{i/iw}$: tỉ lệ xích của các trục.

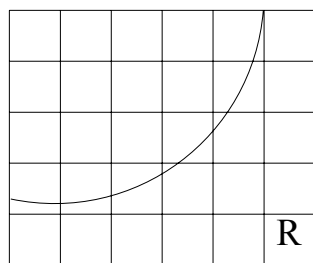
Quan hệ giữa thời gian khởi động và tác động t'_{kd} và các thông số cơ bản của nam châm điện được trình bày ở H5-25.



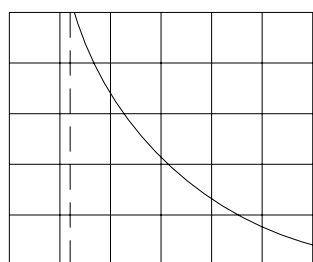
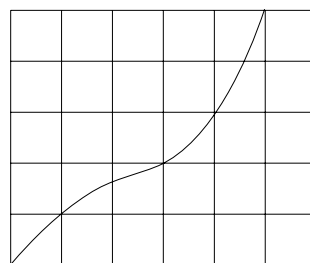
$U_{\min}$



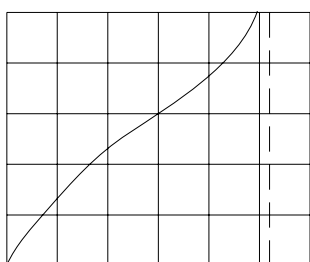
δ_m



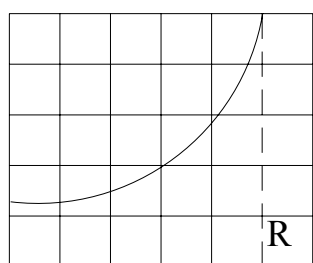
R_m



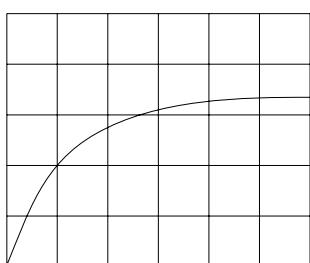
$U_{\min}$



δ_m



R_m



Hình 5-25 : Quan hệ giữa thời gian khởi động (a) và chuyển động (b) khi tác động và các thông số cơ bản của nam châm điện .

U : điện áp cuộn dây ; R : điện trở cuộn dây ; δ : khe hở không khí làm việc ;

F_c : lực cơ học (phản lực); N : khối lượng phản ứng và các phần động khác.

b) Thời gian chuyển động khi khởi động t'_{kd} :

Việc xác định thời gian chuyển động tương đối phức tạp vì tính phi tuyến của quá trình. Trong phạm vi chỉ đề cập đến 2 phương pháp tương đối đơn giản : phương pháp đồ thị - giải tích đơn giản và phương pháp đồ thị - giải tích gần đúng liên tục.

* Phương pháp đồ thị - giải tích đơn giản nếu sử dụng phương pháp này sai số có thể lên đến 30-50%, vì không đánh giá được ảnh hưởng của các quá trình động học. Theo phương pháp này $t'_{chuyển\ động}$ được tính bằng công thức :

$$t'_{c.đ} = \sqrt{\frac{2M(\delta_{nh} - \delta_h)}{F_h - F_c}} = (\delta_{nh} - \delta_h) \cdot \sqrt{\frac{2M}{S \cdot m_F \cdot m_\delta}} \quad (5-46)$$

Ở đây :

M : khối lượng phần động của nam châm điện

$$M = G/g, \quad KGS^2/m$$

$(\delta_{nh} - \delta_h)$, m : hiệu khe hở làm việc khi phản ứng nhả và khi hút.

$(F_h - F_c)$, N : hiệu của lực hút điện từ và lực cơ (phản lực). Vì $(F_h - F_c)$ thay đổi khi δ thay đổi, nên trong công thức trên được sử dụng giá trị trung bình :

$$\frac{F_h - F_c}{\delta_{nh} - \delta_h} = S \cdot m_F \cdot m$$

S : diện tích giữa đặc tính lực hút và đặc tính phân lực.

m_F, m_δ : tỉ lệ xích của các trục tọa độ.

*Phương pháp đồ thị- giải tích gần đúng liên tục. Đây là phương pháp thông dụng nhất dùng cho nam châm điện một chiều có mạch từ bão hoà. Với phương pháp này, trước tiên phải có họ đặc tính biểu diễn quan hệ giữa từ thông móc vòng qua cuộn dây và dòng điện trong nó $\psi = f(i)$ với $\delta = \text{const}$. Nếu số đường cong này càng nhiều thì kết quả càng chính xác các phương trình tính toán ở phân đoạn cuối gần:

$$U = i_{tb} \cdot R + \frac{\Delta \Psi}{\Delta t} ,$$

$$F_h \cdot \Delta x = \Delta (Mv^2/2) + F_c \cdot \Delta x ,$$

Trong công thức này :

$i_{tb} = 0,5 \cdot (i_{n+1} - i_n)$, A – dòng điện trung bình trong cuộn dây của phân đoạn cuối.

$\Delta x = \delta_{n+1} - \delta_n$, m – gia số các hành trình phản ứng .

Δt , s – gia số của thời gian chuyển động .

$\Delta \Psi$, w – gia số của từ thông móc vòng .

F_h, F_c, N - lực hút điện từ của phản lực.

M , kg - khối lượng qui đổi của phần động .

v , m/s - tốc độ chuyển động của phần động.

Theo trị số của lực cơ tại thời điểm phản ứng bắt đầu chuyển động (H5-24) và từ các công thức tính lực điện từ (5-37) ,(5-38), hoặc (5-39) xác định dòng điện khởi động của cuộn dây i_{kd} , mà tại thời điểm đó, lực điện từ bằng lực phản lực : $F_h = F_c$. Trên đường cong tương ứng với khe hở khởi động δ_{nh} , (H5-24) , đặc điểm a có hoành độ bằng i_{kd} . Từ a kẻ đường thẳng ab , cắt đường cong cạnh đó sao cho tung độ của ab bằng số gia của từ thông móc vòng $\Delta \Psi$. Phần diện tích gạch chéo chính là công của phản ứng ở hành trình $\Delta x : F_{h1} \cdot \Delta x_1$.

Khi đã biết công của lực điện từ và lực cơ, mà lực điện từ cân bằng lực cơ (phản lực), thì từ phương trình thứ 2 của công thức (5-46), có thể tìm được tốc độ phản ứng ở cuối hành trình của phân đoạn :

$$v_1 = \sqrt{(F_{h1} \cdot \Delta x_1 - F_{c1} \cdot \Delta x_1) \cdot \frac{2}{M} - v_0^2} , m/s \quad (5-47)$$

Trong đó :

F_{h1}, F_{c1} : trị số trung bình ở phân đoạn khảo sát

v_0 : vận tốc ban đầu của phản ứng .

Nếu coi trong phân đoạn nhỏ, tốc độ thay đổi tuyến tính thì có thể xác định được tốc độ trung bình v_{tb1} và thời gian chuyển động t_1 ở phân đoạn đầu tiên :

$$v_{tb1} = \frac{v_0 + v_1}{2} = \frac{0 + v_1}{2} = \frac{v_1}{2}; \Delta t_1 = \frac{\Delta x_1}{v_{tb1}}; \quad (5-49)$$

Muốn thử độ chính xác của kết quả trên, thay chúng vào phương trình thứ nhất của công thức (5-46). Theo đồ thị đã vẽ, xác định đại lượng $\Delta \psi_1$, $\Delta i_1 = i - i_{kd}$ và $i_{tb} = 1/2 \cdot (i_{kd} + \Delta i_1)$ và thay vào phương trình đó. Nếu phương trình không thoả mãn, thì phải kẻ lại ab theo góc độ khác cho đến khi thoả mãn thì thôi.

Bằng phương pháp tương tự, xét và tính toán các phân đoạn khác. Tốc độ chuyển động v và dòng điện trong cuộn dây ở cuối phân đoạn trước chính bằng đầu phân đoạn sau. Toàn bộ thời gian chuyển động của phần ứng chính bằng tổng thời gian của các phân đoạn :

$$t'_{cd} = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_n$$

Ở mạch tuyến tính t'_{cd} có thể xác định bằng phương pháp giải tích đơn giản.

Nhưng vì họ các đường cong là tuyến tính, nên cũng tiện lợi cho phương pháp này.

3/ Thời gian nhả :

Là quãng thời gian từ khi đưa tín hiệu ngắt vào cuộn dây nam châm điện cho đến khi phần ứng ngừng chuyển động :

$$t_{nh} = t''_{kd} + t''_{cd}$$

a) Thời gian khởi động khi nhả t''_{kd} :

Nếu không tính ảnh hưởng của từ trường xoáy và từ dư của mạch từ, bỏ qua thời gian chý của hồ quang do dòng điện trong cuộn dây khi ngắt, thì thời gian khởi động khi nhả coi như bằng 0 : $t''_{kd} = 0$. Nhưng thực tế, không thể bỏ qua được những ảnh hưởng trên, do đó $t''_{kd} \neq 0$, t''_{kd} được xác định bằng thời gian suy giảm của từ thông đến trị số I''_{nh} , mà tại thời điểm đó phần ứng bắt đầu chuyển động :

$$t''_{kd} = \frac{L_h}{R_{hq} + R} \ln \frac{U'_{dm}}{I''_{kd} \cdot R} = \frac{L_h}{R_{hq} + R} \ln \frac{I_{od}}{I''_{kd}}, \quad (5-50)$$

Trong công thức này :

R, Ω điện trở của cuộn dây ở trạng thái nóng

$R_{hq} = f(t) \approx R_{hqtb} = \text{const}$, Ω - điện trở trung bình của hồ quang

$I_{\delta d} = U_{dm} / R$, A – dòng điện xác lập trong cuộn dây.

I''_{kd} , A –dòng điện khởi động, hưởng ứng với thời điểm phản ứng bắt đầu chuyển động.

$$L_h = \frac{1}{R_{\mu Fe} + R_{\mu \delta}} \cdot \omega^2 , H - \text{điện cảm của cuộn dây ở trạng thái hút}$$

của phản ứng .

b) Thời gian chuyển động của phản ứng khi nhả t''_{cd} :

t''_{cd} được tính toán tương tự như thời gian chuyển động khi hút t'_{cd} – lưu ý rằng khi nhả, lực phản lực F_c lớn hơn lực điện từ $F_c > F_h$, vì vậy trong công thức tính toán, sẽ thay $F_h - F_c$ bằng $F_c - F_h$.

E- HỆ SỐ PHA :

Hệ số pha K_{nh} là tỉ số giữa trị số dòng điện hoặc điện áp của cuộn dây khi phản ứng của nam châm điện nhả và khi tác động (hút) :

$$K_{nhI} = \frac{I_{nh}}{I_{td}} ; K_{nhU} = \frac{U_{nh}}{U_{td}} , \quad (5-51)$$

Để xác định chính xác hệ số nhả, cần phải dựng các đường cong từ hoá và khử từ của mạch từ, sau đó xác định trị số của từ thông ở khe hở làm việc khi nhả $\Phi_{\delta nh}$ và khi tác động $\Phi_{\delta td}$. Hệ số nhả theo dòng điện được tính bằng tỉ số giữa sức từ động của cuộn dây khi nhả và khi tác động :

$$K_{nhI} = \theta_{nh} / \theta_{td}$$

Cũng có thể xác định K_{nh} qua đặc tính lực của nam châm điện :

$$K_{nh} = \sqrt{\frac{F_{nh}}{F_h}}$$

Có thể thay đổi K_{nh} bằng cách thay đổi khe hở chống dính của mạch từ hoặc thay đổi F_c .

§ 5.13 : TÍNH TOÁN KINH NGHIỆM NAM CHÂM ĐIỆN XOAY CHIỀU

Khác với nam châm điện 1 chiều, khi tính toán nam châm điện xoay chiều cần phải tính toán ảnh hưởng của sự biến thiên tuần hoàn của các thông số như : điện áp, dòng điện, từ thông ...theo thời gian, tổn hao năng lượng do từ trễ và do dòng điện xoáy gây ra trong lõi thép mạch từ và trong vòng ngắn mạch (chống dung). Vì có tổn hao năng lượng nên từ thông ở các phân đoạn mạch từ bị lệch pha nhau.

Vì những đặc điểm trên, khi tính toán kiểm nghiệm nam châm điện xoay chiều nên sử dụng phương pháp số phức để tính. Cần lưu ý rằng phương pháp số phức chỉ sử dụng trực tiếp khi từ thông và sức từ động có dạng hình sin, nghĩa là mạch từ làm việc ở phần tuyến tính của đường cong từ hóa.

Trong quá trình tính toán, các đại lượng từ thông và từ cảm được tính theo trị số biên độ Φ_m và F_m . Để đường hoá, chỉ số “m” sẽ không viết nữa.

Các số liệu ban đầu cần thiết cho tính toán, kiểm nghiệm phải dựa vào các số liệu thu được từ bước tính toán thiết kế (sơ bộ), cụ thể là hình vẽ nam châm điện cùng các kích thước của nó.

A - TRÌNH TỰ TÍNH TOÁN

Việc tính toán nam châm điện xoay chiều cuộn dây điện áp ($\Psi = \text{const}$) và cuộn dây dòng điện ($\theta = Iw = \text{const}$) có những điểm khác nhau. Trong phần này, chỉ xét tới loại có cuộn dây điện áp. Trình tự tính toán của nó gồm các bước sau:

1. Lập sơ đồ thay thế của mạch từ và xác định các phân đoạn tính toán cần thiết.

2. Tính từ dẫn của khe hở không khí, suất từ dẫn rò đạo hàm bậc nhất của từ dẫn khe hở làm việc và từ dẫn tổng của tất cả các khe hở của mạch từ.

3. Tính hệ số từ rò ở trạng thái nhả của phần ứng, không kể đến ảnh hưởng của từ trở vòng ngắn mạch.

4. Xác định từ thông, từ cảm, cũng giống như ở phần tính toán sơ bộ, số liệu ban đầu ở đây là lực tác động $F_{htb} = F_{cqd}$ bằng lực cơ qui đổi (kể đến cả hệ

số dự trữ K_{dt}), chính bằng lực điện từ của nam châm điện khi khe hở làm việc ở vị trí tới hạn (thường ứng với thời điểm bắt đầu tiếp xúc của tiếp điểm thường mở - độ lún của tiếp điểm). Theo vị trí số của lực này (hay một phần của

nó nếu số khe hở là hai hoặc ba). Xác định trị số chính xác của từ thông ở khe hở làm việc tới hạn qua công thức:

$$F_{htb} = K \cdot \frac{\phi_{\delta th}^2}{\sqrt{2} \cdot (G_{\delta})^2} \left(\frac{d \sum G_{\delta}}{d\delta} + \frac{1}{3} \frac{dGr}{d\delta} \right) \quad (4-50)$$

Trong đó:

$$\phi_{\delta th} = wb, G_{\delta} = H, \sigma = m; \mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6} \text{ H/m}$$

$$, K = 0,25 \text{ nếu } F_{htb} = N; K = 0,0255 \text{ nếu } F_{tb} = KG.$$

Thừa số $\frac{1}{3}$ đánh giá ảnh hưởng của từ dẫn rò G_r qui đổi theo từ thông trung bình ϕ_{tb} . Dựa vào trị số $\phi_{\delta th}$ và σ_r , xác định:

$\phi_{tb} = \sigma_{rth} \cdot \phi_{\delta th}$, từ thông ϕ_{tb} này do trị số thấp nhất của điện áp nguồn sinh ra: $U_{min} = K_{Umin} \cdot U_{dm}$. Dựa vào ϕ_{tb} tính số vòng của cuộn dây w ở điểm R.

5. Tính số vòng của cuộn dây. Cách tính cuộn dây dòng điện và cuộn dây điện áp có những điểm khác nhau (sẽ khảo sát ở mục sau).

6. Xác định từ thông ở khe hở làm việc có vòng ngắn mạch (ở trạng thái hút của phản ứng):

$$\phi_{\delta} = \frac{\sqrt{2} \cdot K_{Umin} \cdot U_{dm}}{\sigma_{rh} \cdot \omega \cdot w} \quad (wb) \quad (5-51)$$

Trong đó: $K_{Umin} = 0,6 \div 0,9$ - hệ số đánh giá khả năng suy giảm của điện áp nguồn.

$\sigma_{rh} = (1,03 \div 1,05)$ (bé hơn 1,1) - hệ số rò khi hút của mạch từ.

$$\omega = 2\pi f, \text{ s}^{-1}$$

7. Tính toán vòng ngắn mạch.

8. Tính cả hệ số từ rò ở trạng thái hút của phản ứng σ_{rh} kể cả đến ảnh hưởng của từ trở vòng ngắn mạch theo ...

9. Tính sức từ động e_h ở trạng thái hút của phản ứng, và đây cũng là cơ sở để tính toán nhiệt.

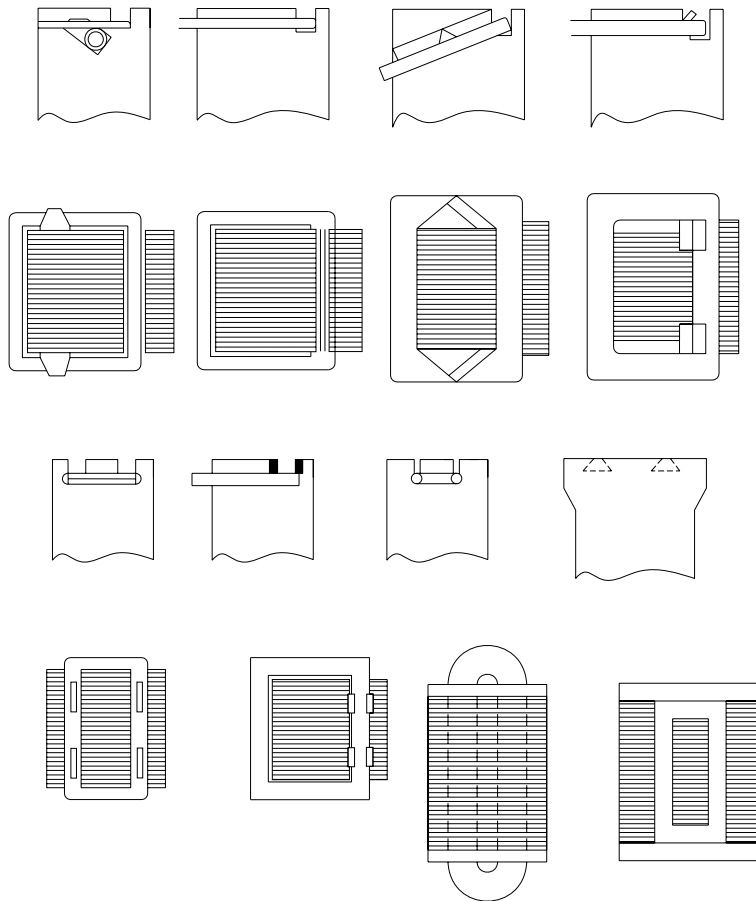
10. Tính toán các thông số điện theo các thông số từ của cuộn dây.

11. Tính toán nhiệt của nam châm điện, trong đó có cuộn dây.

12. Hiệu chỉnh lại các kích thước của nam châm điện theo kết quả tính toán nhiệt(nếu cần thiết).
13. Tính và dựng đặc tính lực hút.
14. Xác định thời gian tác động và thời gian nhả.
15. Lập các số liệu kỹ thuật tổng hợp của nam châm điện đã thiết kế - các thông số và các chỉ tiêu về kinh tế kỹ thuật.

B – TÍNH TOÁN VÒNG NGẮN MẠCH

Để chống rung cho phần động của nam châm điện xoay chiều do lực đập mạnh gây nên, có thể sử dụng các biện pháp sau: dùng phần ứng thể khối (với các nam châm điện bé), dùng nam châm điện hai pha hoặc ba pha, còn ở nam châm điện một pha thì dùng vòng ngắn mạch (H5-26). Các cuộn dây điện áp ($\Psi = \text{const}$) và cuộn dây dòng điện ($I_w = \text{const}$) thì khác nhau về mặt định lượng nhưng giống nhau về định tính. Ở đây chỉ xét việc tính toán vòng ngắn mạch của nam châm điện có cuộn dây điện áp.



Hình 5-26: Vòng ngắn mạch và cách cố định chúng

a, Bẻ cong tấm gắn trên mạch từ

b, ép vào rãnh nghiêng

c, ép vào rãnh trụ tròn ở phía dưới

d, ép một phần vào rãnh để hãm

e, bẻ góc tấm cuối cùng

f, chặt và bẻ một phần tấm vào rãnh

g, hàn các đầu dây dẫn

h, ép khung đưa vào rãnh có thành nghiêng

Để phần động của nam châm điện khỏi bị rung, trị số lực điện từ bé nhất phải luôn luôn lớn hơn phản lực (tổng các lực cơ) tác động lên phần ứng ở trạng thái hút, ngược chiều với lực điện từ. Điều này do vòng ngắn mạch tạo nên. Nó chia điện tích cực từ S_1 ra hai phần: phần trong S_t và phần ngoài S_n vòng ngắn mạch, sao cho đạt được các đại lượng cần thiết t , n , B_t , B_n và tổn hao năng lượng trong vòng ngắn mạch P_{nm} là bé nhất.

Ở nam châm điện có 2 khe hở làm việc, vòng ngắn mạch nên đặt ở trụ không có cuộn dây, còn ở loại có 3 trụ nên đặt vòng ngắn mạch ở 2 trụ bên.

Nếu trong 1 Nam châm điện có các diện tích cực từ khác nhau thì vòng ngắn mạch phải được tính toán riêng cho từng cực.

Ở mạch từ hình E, nếu không đặt vòng ngắn mạch ở trụ giữa, thì lực bé nhất ở trụ giữa gần bằng zero, và nó không tham gia đáng kể vào việc tăng giá trị bé nhất của lực tổng. Vì vậy lực bé nhất ở trụ giữa sẽ bỏ qua, coi nó như dự trữ.

Để tính toán vòng ngắn mạch, cần biết trước các số liệu sau:

- Lực cơ tổng (phản lực) quy đổi, chống lại lực điện từ F_{cqd} , được chọn theo đặc tính phản lực, kể cả hệ số dự trữ lực.
- Lực điện từ phân bố ở các khe hở làm việc, tỉ lệ với diện tích cực từ S_1 .
- Phần diện tích của cực từ sẽ đặt vòng nm.

Tồn tại nhiều phương pháp tính toán vòng ngắn mạch. Một trong các phương pháp đó là tính theo tỉ số giữa lực điện từ bé nhất và lực điện từ trung bình khi không có vòng ngắn mạch. Cách tính toán như sau:

1. Trị số trung bình của lực điện từ ở khe hở làm việc khi không có vòng ngắn mạch, ở trạng thái hút của phản ứng được tính bằng công thức:

$$F_{tbh} = \frac{\phi_{\delta tb}}{4\mu_o S_{tn}} = 19,9.10^4 \frac{\phi^2 \delta_{tb}}{S_{tn}}, \text{ N} \quad (5-52)$$

$$F_{tbh} = 2,03.104. \frac{\phi^2 \delta_{tb}}{S_{th}}, \text{ KG}$$

Trong đó :

$\phi_{\delta th}$ - Wb, từ thông trung bình ở khe hở làm việc khi phản ứng hút.

$S_{th} = S_1 - S_{nm}$, m^2 - diện tích tổng của phần phân cực từ trong và ngoài vòng ngắn mạch $S_t + S_n$, bằng diện tích cực từ trừ đi phần diện tích rãnh đặt vòng ngắn mạch.

Các kích thước của rãnh phải sơ bộ chọn trước, và chính xác hoá nó khi đã xác định xong kích thước vòng ngắn mạch.

2. Tỷ số f_1 của lực điện từ bé nhất và trị trung bình của lực điện từ khi không có vòng ngắn mạch:

$$f_1 = \frac{F_{min}}{F_{tbh}} = \frac{K_{dt} \cdot F_{cqdh}}{F_{tbh}} = \frac{2}{4\alpha + 1} \quad (5-53)$$

ở đây $K_{dt} = 1, 1 \div 1,2$ - hệ số dự trữ của thành phần lực đập mạch. Nếu ở trụ giữa của mạch từ hình E không đặt vòng ngắn mạch, có thể lấy $K_{dt} = 1$.

3. Tỷ số giữa diện tích cực ngoài và trong vòng ngắn mạch:

$$\alpha = \frac{S_n}{S_t} = \frac{2 - f_1}{4f_1} \approx 0,5 \div 0,67$$

4. Điện trở vòng ngắn mạch:

$$r_{nm} = \frac{\omega \mu_o S_{tn}}{\delta_h} \cdot \frac{4f_1}{(3f_1 + 2)^2} \sqrt{4 - f_1^2}, \text{ } \Omega \quad (5-54)$$

5. Góc lệch pha φ giữa từ thông ϕ_n và ϕ_t khi số vòng ngắn mạch $W_{nm} = 1$ là:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega G_t}{r_{nm}}, G_t = \mu \cdot \frac{S_t}{\delta_h} \quad (5-55)$$

6. Các từ thông ϕ_t và ϕ_n được tính theo:

$$\phi_t = \frac{\phi_{\delta h}}{\sqrt{1 + C^2 + 2C \cdot \cos \varphi}}; \phi_n = \phi_{\delta h} / C = \frac{\alpha}{\cos \varphi} \quad (5-56)$$

7. Từ cảm ở khe hở vùng ngoài vòng ngắn mạch:

$$B_n = \frac{\phi_n}{S_n} \cdot N \text{ ếu } B_n > 1,6 \text{ T, cần tính lại hệ số}$$

8. Các lực :

$$F_{tb_t} = 19,9 \cdot 10^4 \cdot \frac{\phi_t^2}{S_t}, (N)$$

$$F_{tb_n} = 19,9 \cdot 10^4 \cdot \frac{\phi_n^2}{S_n}, (N)$$

$$F_{\max} = -\sqrt{F_{tb_t}^2 + F_{tb_n}^2 + 2F_{tb_t} \cdot F_{tb_n} \cdot \cos 2\varphi}$$

$$F_{\min} = F_{tb} - F_{\max}; F_{tb} = F_{tb_n} + F_{tb_t}$$

Theo nhiệm vụ tính toán thì lực điện từ bé nhất phải lớn hơn lực có ở trạng thái hút của phản ứng:

$$F_{\min} > F_{ch}$$

Nếu điều kiện đó không thoả mãn, cần phải tăng từ thông $\phi_{\delta h}$ (dẫn đến giảm bớt số vòng cuộn dây W , sau đó tính toán lại vòng ngắn mạch từ đầu), hoặc thay đổi hệ số ϕ và tính lại từ đầu.

9. Tỷ số giữa lực trung bình F_{tb} và lực bé nhất $F_{\min}$:

$$p = -\frac{F_{tb}}{F_{\min}} \approx 1,5$$

10. Tổn hao năng lượng trong vòng ngắn mạch :

với $U_{ma} = K_{u \min} \cdot U_{dm}$ được tính bằng:

$$P_{nm} = I_{nm}^2 \cdot r_{nm} = \frac{(K_{u \max} \cdot \omega \phi_t)^2}{K_{u \min}^2 \cdot 2r_{nm}} \quad (5-57)$$

Ở trong công thức trên phải đưa $K_{u\min}$ vào vì từ thông tính theo

$K_{u\min}$

11. Các kích thước vòng ngắn mạch, chọn chúng theo các cơ sở sau: dựa vào trị số r_{nm} đã tính toán phải kể cả đến ảnh hưởng của nhiệt độ, vì khi làm việc, điều kiện trao đổi nhiệt của phần mạch từ có vòng ngắn mạch. Các hệ số tỏa nhiệt của các phần của vòng ngắn mạch nằm trong lõi thép K_{TFe} và trong không khí K_{TKK} có thể lấy như sau:

$$K_{TFe} = 2,9 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + 0,0068\theta) \cdot W / (cm^2 \cdot ^\circ C)$$

$$K_{TKK} = 3,0 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + 0,0017\theta) \cdot W / (cm^2 \cdot ^\circ C)$$

Trong đó θ , $^\circ C$ nhiệt độ môi trường.

C-TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ ĐIỆN CỦA CUỘN DÂY THEO CÁC THÔNG SỐ TỪ:

Để lập quan hệ giữa các thông số về từ và điện của cuộn dây ở trạng thái hút của phần ứng, có thể dùng các quan hệ giữa từ thông trung bình Φ_{tbh} , sức từ động cuộn dây θ_{cdh} và từ trở tương đương của mạch từ $Z_{\mu\Sigma}$:

$$\Phi_{tbh} = \frac{\theta_{cdh}}{Z_{\mu\Sigma}}$$

Các đại lượng trên được tính cho trạng thái hút của phần ứng và với

$$U = U_{\min} = K_{u\min} \cdot U_{dm}$$

Điện áp đặt trên cuộn dây:

$$\dot{U} = \dot{I}r + \dot{E} = \dot{I}r + j\omega\theta_{tbh} = \dot{I}r + j\frac{\omega\theta_{cdh}}{Z_{\mu\Sigma}}$$

$$\dot{U} = \dot{I}r + j\frac{\omega^2 \dot{I}}{Z_{\mu\Sigma}} = \dot{I}(r + j\frac{\omega^2}{Z_{\mu\Sigma}}) = \dot{I}Z$$

Trong đó:

Tổng trở Z của cuộn dây:

$$\dot{Z} = r + j \frac{\omega w^2}{Z_{\mu\Sigma}} = r + j \frac{\omega w^2}{R_{\mu\Sigma} + jX_{\mu\Sigma}}$$

$$\dot{Z} = R + jX = r + \omega w^2 \frac{X_{\mu\Sigma}}{R_{\mu\Sigma}^2 + X_{\mu\Sigma}^2} + j\omega w^2 \frac{R_{\mu\Sigma}}{R_{\mu\Sigma}^2 + X_{\mu\Sigma}^2}$$

$$\text{Đặt } \operatorname{tg}\theta = \frac{X_{\mu\Sigma}}{R_{\mu\Sigma}} \Rightarrow X_{\mu\Sigma} = Z_{\mu\Sigma} \cdot \sin \theta \quad ;$$

$$R_{\mu\Sigma} = Z_{\mu\Sigma} \cdot \cos \theta$$

$$\text{Vì vậy : } \dot{Z} = r + \frac{\omega w^2 \cdot \sin \theta}{Z_{\mu\Sigma}} + j \frac{\omega w^2 \cos \theta}{Z_{\mu\Sigma}}$$

Cho nên : điện trở tác dụng của cuộn dây:

$$R = r + R_n = r + \frac{\omega w^2}{Z_{\mu\Sigma}} \cdot \sin \theta \quad , \Omega$$

$$r - \text{điện trở của dây cuốn, } r = \rho \frac{w \rho_{tb}}{q} \quad , \Omega$$

ρ_{tb} - chiều dài trung bình của một vòng dây

q - tiết diện dây quấn

R_N - điện trở đặc trưng cho tổn hao năng lượng do từ trễ và dòng xoáy
, vòng ngắn mạch.

I - dòng điện trong cuộn dây:

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{\dot{Z}} : I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X^2}} \quad , A$$

Dòng điện này có những trị số khác nhau vì nó phụ thuộc vào trị số điện áp: $U_{dm}, U_{min} = K_{U_{min}} \cdot U_{dm}, U_{max} = K_{U_{max}} \cdot U_{dm}$ và phụ thuộc vào $Z = f(\delta)$

Công suất tiêu thụ của cuộn dây:

$$P = U \cdot I \text{ (VA)} \quad ; \quad P_a = I^2 R = I^2 \left(r + \frac{\omega W^2}{Z_{\mu\Sigma}} \cdot \sin \theta \right) \quad , \quad W$$

Khi tính toán nhiệt, công suất tác dụng P_a phải tính cho trường hợp điện áp nguồn lớn nhất: $U = K_{U_{max}} \cdot U_{dm}$ và $Z_{\mu\Sigma}$ với trường hợp phản ứng bị hút.

Công suất tác dụng P_a cũng có thể tính theo biểu thức :

$$P_a = I^2 r + P_t + P_x + P_{nm} \quad , \quad W$$

Trong đó : P_t - công suất tổn hao do từ trễ.

P_x - công suất tổn hao do dòng xoáy.

P_{nm} - công suất tổn hao ở vòng ngắn mạch.

Thông thường với U_{dm} , mạch từ thường gần bị bão hoà, nên khi điện áp tăng 10%, công suất tiêu thụ tăng 20 ÷ 30%, còn khi điện áp giảm, ví dụ đến 0,8 U_{dm} , công suất tiêu thụ P_a giảm gần hai lần.

Tổn hao ở vòng ngắn mạch thường chiếm tới xấp xỉ 50% của P_a , vì thế vòng ngắn mạch làm nóng mạch từ.

- Góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp :

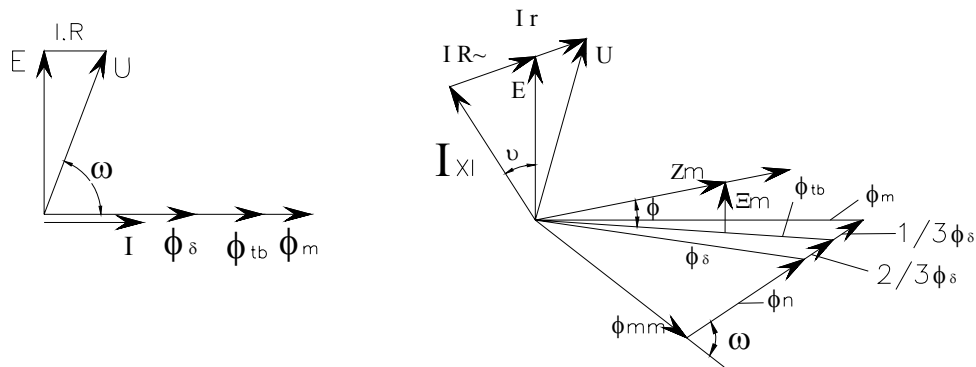
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X}{R} \quad ; \quad \cos \varphi = \frac{P_a}{P}$$

D. TÍNH VÀ DỰNG ĐẶC TÍNH LỰC HÚT

Tương tự như ở phần nam châm điện một chiều, chỉ lưu ý rằng lực ở đây là lực trung bình.

E. DỰNG ĐỒ THỊ VÉC TƠ

Ở trạng thái hút và trạng thái khi phản ứng trở, đồ thị véc tơ khác nhau nhiều và được trình bày ở h.5-27



H.5-27 - Đồ thị véc tơ

a- khi phản ứng hở

b- khi phản ứng hút

Với phản ứng chưa bị hút, từ trở của sắt từ và của vòng ngắn mạch rất bé so với từ trở của khe hở không khí, nên bỏ qua, còn khi phản ứng hút thì không thể bỏ qua chúng được.

F. XÁC ĐỊNH THỜI GIAN TÁC ĐỘNG VÀ THỜI GIAN NHẢ CỦA NAM CHÂM ĐIỆN XOAY CHIỀU:

Nhìn chung, việc xác định thời gian tác động và thời gian nhả của nam châm điện xoay chiều cơ bản giống như ở nam châm điện một chiều. Nhưng do sự phức tạp của quá trình nên các phương pháp tính toán cho kỹ sư chưa được đề cập đến nhiều. Vì lực và dòng điện thay đổi tuần hoàn theo thời gian, vì vậy thời gian khởi động và chuyển động phụ thuộc vào thời điểm đóng và ngắt mạch.

Thời gian khởi động của nam châm điện xoay chiều khi tác động thường lấy từ 1/4 đến 1 chu kỳ điện áp nguồn thời gian khởi động khi nhả cũng giống như ở nam châm điện một chiều, phụ thuộc vào dòng xoáy trong mạch từ, thời gian cháy của hồ quang mạch cuộn dây.

§ 5-14- TÍNH TOÁN CUỘN DÂY NAM CHÂM ĐIỆN :

A- TRÌNH TỰ TÍNH TOÁN – CÁC SỐ LIỆU BAN ĐẦU :

Cuộn dây nam châm điện phải sinh ra sức từ động thiết và nhiệt độ phát nóng của nó phải thấp hơn nhiệt độ cho phép của cấp cách điện.

a, Trình tự tính toán : thường gồm các điểm sau:

1- Xác định các số liệu ban đầu.

2- Với cuộn dây điện áp một chiều , xác định điện tích chiếm chỗ của dây quấn , tiết diện dây quấn, vòng cuộn dây. Với cuộn dây điện áp xoay chiều , xác định số vòng , tiết diện dây quấn và các kích thước của nó, cuộn dây mắc nối tiếp , xác định số vòng và tiết diện dây quấn.

3- Xác định điện trở của cuộn dây:

4- Xác định dòng điện và công suất tiêu thụ của cuộn dây .

5- Xác định tự cảm của cuộn dây (Ở trạng thái nắp hút và nắp mở)

6- Xác định chiều dài và khối lượng dây quấn .

7- Tính toán nhiệt của cuộn dây.

Với nam châm điện mới thiết kế , các vòng dây phải đầy không gian của cuộn dây , sao cho kích thước của cuộn dây bé nhất , song nhiệt độ phát nóng của nó phải bé hơn nhiệt độ cho phép.

Với cuộn dây của nam châm điện quấn lại nếu sức từ cũng cần thiết bé hơn khả năng cho phép của kết cấu sẵn có , quấn cuộn dây vừa đủ , không cần phải đầy cả không gian của nó.

Khi tính toán cuộn dây , phải lưu ý đến các đặc điểm khác như tính toán điện trở cho trước , theo đường kính dây có sẵn...

Thông thường các nam châm điện chỉ có một cuộn dây nhưng để giảm kích thước và khối lượng của nam châm điện một chiều , nên phân ra hai nửa cuộn dây. Trong quá trình đóng cuộn dây được mắc sao cho dòng điện bé.

Với nam châm điện xoay chiều , hiện tượng tăng cường lực trong quá trình đóng là tự nhiên , bởi dòng điện khi khe hở lớn gấp nhiều lần khi khe hở bé.

b- Các số ban đầu : được xác định từ hai nguồn : theo nhiệm vụ thiết kế và theo các số liệu của các phần tính toán thiết kế và tính toán kiểm nghiệm .

- Theo nhiệm vụ thiết kế nam châm điện:

Loại điện áp hay dòng điện , tần số nguồn , phạm vi dao động của nguồn , chế độ làm việc (dài hạn , ngắn hạn ... môi trường làm việc , các yêu cầu về công nghệ , về vận hành...

- Theo tính toán thiết và tính toán kiểm nghiệm : chọn kích thước cuộn dây và các chi tiết của nó , chọn cấp cách điện của cuộn dây...

B_VẬT LIỆU CỦA CUỘN DÂY :

Kết cấu của cuộn dây và các số liệu về vật liệu cách điện và vật liệu kết cấu được cho ở trong các sổ tay tra cứu. Các loại vật liệu của cuộn dây có thể chia thành 4 nhóm:

- Dây quấn : có nhiều loại khác nhau về kích thước thể loại , tiết diện , cấp cách điện . Việc chọn mã hiệu và kích thước dây quấn không những chỉ dựa vào yêu cầu kỹ thuật mà còn dựa vào cả tính kinh tế nữa.

Trong tất cả các loại dây , loại bọc men (email) có nhiều ưu điểm hơn : bề dày cách điện bé nên giảm được kích thước của cuộn dây .loại dây bọc sợi thì loại bọc bằng tơ lụa mỏng hơn, nhưng đắt.

-Vật liệu cách điện dạng ru lô, tấm và dạng băng dùng để cách điện giữa cuộn dây với khung , giữa các lớp của cuộn dây . Các vật liệu chủ yếu ở đây là băng vải , lụa, giấy cách điện.

-Sơn , các hợp chất cách điện và men dùng để tẩm, bọc bề mặt của cuộn dây.

-Các vật liệu kết cấu khung và các vật liệu phụ khác : các tổng cách điện , gôtinac, testolit, thiếc, nhựa thông...

Trong các bảng (5-8), (5-9) và (5-10) trình bày các loại vật liệu này .

C- CÁC THÔNG SỐ TÍNH TOÁN CỦA CUỘN DÂY:

1- Hệ số lấp đầy : của cuộn dây được tính bằng tỷ số giữa diện tích thực của dây quấn và diện tích mà cuộn dây chiếm chỗ.

Phân biệt hai loại hệ số lấp đầy : của bôi dây $K_{l\delta bd}$ và của cuộn dây $K_{l\delta cd}$:

$$K_{l\delta bd} = \frac{S_{cu}}{S_{bd}} = \frac{q \cdot \omega}{l_{bd} \cdot h_{bd}} ; K_{l\delta cd} = \frac{S_{cu}}{S_{cd}} = \frac{q \cdot \omega}{l_{cd} \cdot h_{cd}} \quad (5-58)$$

Trong đó: S_{cu} - diện tích của dây quấn

Q - tiết diện dây quấn

w - số vòng cuộn dây

l, h – chiều dài và chiều cao cuộn dây

Kết cấu của bôi dây và khung dây rất đa dạng . Vì vậy trị số của hệ số lấp đầy cuộn dây $K_{l\delta cd}$ dao động trong một phạm vi tương đối rộng.

Hệ số lấp đầy bôi dây $K_{l\delta bd}$ phụ thuộc vào 3 nhân tố chính , nên có thể coi nó gồm ba hệ số hợp thành:

$$K_{ldb} = K_h \cdot K_k \cdot K_i$$

Trong đó :

K_h - hệ số hình dáng của tiết diện dây quấn . Với dây tròn : $K_h =$

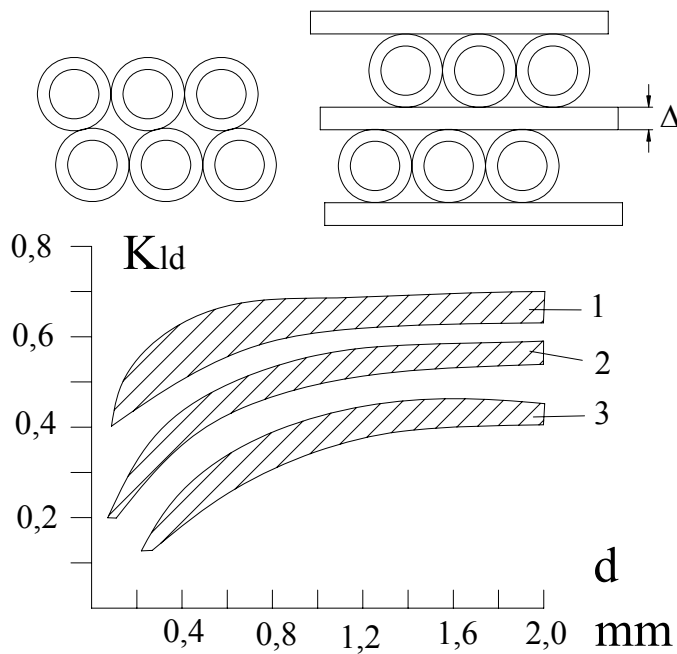
$\frac{\pi}{4}$, còn với dây hình chữ nhật $K_h = 1$

$K_k = 0,8 \div 1$ - hệ số không bằng phẳng của cuộn dây . Với dây dẫn tròn , đường kính bé $d < 0,3\text{mm}$, nếu quấn không xếp lớp thì $K_k = 0,8 \div 0,9$;

Với $d > 0,3\text{mm}$, $K_k = 0,9 \div 0,95$, còn nếu quấn theo lớp thật đều $K_k = 1$

. Với dây tiết diện chữ nhật : $K_k = 1$

K_i - hệ số tính đến bề dày cách điện .



Hình 5-28 : Hệ số lấp đầy của bối dây .

a-Bối dây không có tấm lót giữa các lớp .

b-Bối dây có tấm lót giữa các lớp dây quấn.

c-Hệ số lấp đầy cho các mã hiệu dây khác nhau .

1- dây men ($\pi \ni B, \pi \ni BA, \pi \ni BT...$)

2- dây men có bọc lớp sợi tơ .

3- dây 2 lớp bọc giấy và lụa thủy tinh .

Giới hạn trên : Không có các lớp lót , còn giới hạn dưới : có các lớp lót.

Với dây quấn tiết diện tròn , quấn theo lớp , hệ số lấp đầy được tính bằng :

$$K_{l\delta bd} = K_h \cdot K_k \cdot K_i = K_k \cdot \frac{\pi d^2}{4 d_i^2} \quad (\text{không có lót giữa các lớp})$$

$$K_{l\delta bd} = K_k \cdot \frac{\pi d^2}{4 d_i (d_i + \Delta)} \quad - \text{ có lót giữa các lớp với bề dày}$$

Δ .

Với dây hình tròn rỗng :

$$K_{l\delta bd} = K_k \cdot \frac{\pi d^2}{4 d_i \sqrt{(d_i + \Delta)^2 - (0,5d)^2}}$$

Trên hình h.5.28 cho các đường cong thực nghiệm $K_{l\delta bd}$ phụ thuộc vào đường kính dây trần d (không có cách điện). Trị số của $K_{l\delta bd}$ dao động trong một phạm vi rộng (vùng gạch chéo)vì nó phụ thuộc vào K_k và K_i - công nghệ dây quấn và bề dày cách điện .

2.CÁC THÔNG SỐ KHÁC CỦA CUỘN DÂY :

Đó là tiết diện dây quấn , số vòng cuộn dây , điện trở cuộn dây ...

Khi tính toán cuộn dây phải lưu ý rằng điện áp nguồn dao động từ $U_{\max}$ đến $U_{\min}$. Vì vậy với tính toán nhiệt , phải lấy :

$$U - U_{\max} = K_{U_{\max}} \cdot U_{\text{đm}}$$

Còn với tính toán sức từ động cần thiết cho nam châm điện tác động , phải tính theo trị số $U = U_{\min} = K_{U_{\min}} \cdot U_{\text{đm}}$.

Khi làm việc cuộn dây bị phát nóng nên điện trở của nó tăng . Với cuộn dây điện áp một chiều , khi điện trở tăng , dòng điện giảm nên sức từ động cũng giảm.

Ở chế độ làm việc dài hạn , hệ số quá tải dòng $K_{qt} = 1$, còn ở chế độ làm việc ngắn hạn và ngắn hạn lặp lại , hệ số quá tải dòng $K_{qt} > 1$.

a.- Cuộn dây điện áp một chiều :

Việc tính toán này dựa vào các phương trình quan hệ giữa sức từ động và các thông số của cuộn dây .

$$\theta_{\max} = K_{qt} \cdot I_{\max} \cdot \omega = K_{qt} \frac{K_{u \max} \cdot U_{\text{đm}} \cdot \omega}{R_{\theta}} =$$

$$K_{qt} \cdot \frac{K_{u \max} \cdot U_{\text{đm}} \cdot q}{\rho_{\theta} \cdot l_{tb}}$$

$$\theta_{\max} = K_{\max} \cdot \theta_{\text{đm}} = \frac{K_{u \max}}{K_{U \min}} \theta_{\text{td}}$$

Từ hai công thức trên suy ra :

$$q = \frac{\theta_{\max} \cdot \rho_{\theta} \cdot l_{tb}}{K_{qt} K_{u \max} U_{\text{đm}}} = \frac{\theta_{\text{đm}} \cdot \rho_{\theta} \cdot l_{tb}}{K_{qt} U_{\text{đm}}} = \frac{\theta_{\text{td}} \cdot \rho_{\theta} \cdot l_{tb}}{K_{qt} U_{\min}}$$

Đường kính dây quấn không kể cách điện :

$$d = \sqrt{\frac{4q}{\pi}} \text{ m}$$

Dựa theo bảng 5.8 , chọn đường kính dây qui chuẩn d và cả cách điện d_i . Nếu tiết diện dây quấn lớn , nên chọn dạng dây chữ nhật . Số vòng cuộn dây :

$$w = K_{ldcd} \cdot \frac{l_{cd} \cdot h_{cd}}{q}$$

Điện trở cuộn dây :

$$R_{\theta} = \rho_{\theta} \cdot \frac{l_{tb} \cdot \omega}{q}$$

Dòng điện và công suất của cuộn dây :

$$I_{\max} = \frac{K_{U \max} \cdot U_{\text{đm}}}{R_{\theta}} ; \quad P_{\max} = I_{\max}^2 \cdot R_{\theta}$$

Mật độ dòng điện trong cuộn dây : để kiểm nghiệm , nên xác định mật

độ dòng điện : $j = \frac{I_{\text{đm}}}{q}$, A/m² . Với chế độ làm việc dài hạn , $j = 2 \div 4$

A/mm² , còn với các chế độ làm việc khác , mật độ dòng sẽ nhân thêm với hệ

số quá tải K_{qt} . Khâu kiểm nghiệm cuối cùng được tiến hành trong bước tính toán nhiệt của cuộn dây .

1. Cuộn dây điện áp , điện xoay chiều :

Số vòng w của cuộn dây điện áp , điện xoay chiều được xác định từ phương trình quan hệ giữa điện áp nguồn , từ thông Φ_{tbh} hay Φ_{tbtd} , tần số nguồn và số vòng . Nếu bỏ qua thành phần điện áp rơi điện trở của cuộn dây khi phản ứng bị hút , có thể viết :

$$U_{dm} \approx E = \frac{\omega \cdot w \cdot \Phi_{tbh}}{\sqrt{2}} = 4,44 \cdot f \Phi_{tbh}$$

Vì lực điện từ tác động của nam châm điện ở vị trí khe hở tới hạn δ_{th} là do giá trị điện áp nguồn bé nhất U_{min} sinh ra , nên số vòng của cuộn này được tính theo :

$$w = \frac{\sqrt{2} K_{Umin} \cdot U_{dm} \cdot K_{Ir}}{\omega \cdot w \Phi_{tbh}} = \frac{K_{Umin} \cdot U_{dm} \cdot K_{Ir}}{4,44 f \Phi_{tbh}}$$

Hệ số $K_{Ir} = 0,6 \div 0,9$ đánh giá thành phần tác dụng của của áp rơi trên điện trở cuộn dây . Với khe hở lớn , K_{Ir} lấy giá trị bé và ngược lại . Khi phản ứng bị hút $K_{Ir} \approx 1$.

Tiết diện dây quấn được tính theo :

$$q = K_{ldcd} \cdot \frac{l_{cd} \cdot h_{cd}}{w}$$

Đường kính dây và điện trở tác dụng của cuộn dây tính tương tự như ở phần cuộn dây điện áp , điện một chiều , còn tổng trở , dòng điện tổng và công suất tiêu thụ của cuộn dây được tính như trong 5-13 .

3. CUỘN DÂY DÒNG ĐIỆN (NÓI TIẾP) ĐIỆN MỘT CHIỀU VÀ XOAY CHIỀU :

Giá trị của dòng điện trong cuộn dây ở đây thường cho trước ở phần các số liệu ban đầu . Sức từ động cần thiết đã xác định trong phần tính toán mạch từ . Vì vậy việc tính toán cuộn dây trong trường hợp này chỉ phải tính số vòng và tiết diện dây quấn .

$$w = \frac{\theta}{I} \quad ; \quad q = \frac{I}{K_{qt} j} = K_{ldcd} \cdot \frac{l_{cd} \cdot h_{cd}}{w}$$

4. ĐIỆN CẢM CUỘN DÂY :

Ở nam châm điện một chiều , điện cảm được biểu diễn qua từ trở mạch từ (gồm từ trở của các phân đoạn sắt từ và của khe hở không khí).

$$L = \frac{w^2}{R_{\mu\Sigma}} = \frac{w^2}{R_{\mu\Sigma Fe} + R_{\mu\Sigma\delta}}$$

Nếu lõi thép không bão hòa có thể bỏ qua từ trở của lõi thép :

$$L = \frac{w^2}{R_{\mu\Sigma\delta}} = w^2 \cdot G_{\Sigma\delta}$$

Với nam châm điện xoay chiều , vì có thành phần từ kháng đặc trưng cho tổn hao của từ trễ và dòng xoáy nên :

$$L = \frac{w^2}{Z_{\mu\Sigma}} \cos\psi = \frac{w^2}{R_{\mu\Sigma}} \cdot \cos^2\psi$$

Trong đó :

$$R_{\mu\Sigma} = Z_{\mu\Sigma} \cdot \cos\psi$$

Chiều dài và khối lượng dây quấn của cuộn dây :

$$L = l_{tb} \cdot w$$

$$M = \gamma \cdot q \cdot L$$

Trong đó : γ - Kg/m³ - khối lượng riêng của vật liệu dây quấn .

CHƯƠNG 6

TÍNH TOÁN NHIỆT

§.6-1/ - NHIỆM VỤ VÀ PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN TỶ SỐ HAO TRONG CÁC PHẦN TỬ DẪN ĐIỆN VÀ TỶ SỐ HAO TRONG LỖI THÉP

I/- NHIỆM VỤ TÍNH TOÁN NHIỆT :

Kết cấu , kích thước và độ tin cậy khi vận hành của khí cụ điện phụ thuộc nhiều vào việc giải quyết phát nóng của chúng . Vì vậy trong quá trình thiết kế khí cụ điện việc tính toán nhiệt là rất cần thiết .

Khi tính toán nhiệt ta thường gặp hai loại bài toán sau :

1-Bài toán 1: Biết phụ tải của khí cụ điện (thường biểu thị bằng độ lớn dòng điện), điều kiện phát nóng của cho phép của các chi tiết và toàn bộ khí cụ điện, phải xác định kích thước của các chi tiết và toàn bộ thiết bị sao cho kích thước và trọng lượng của toàn thiết bị càng nhỏ càng tốt. Bài toán này gặp khi ta thiết kế sản phẩm mới .

2-Bài toán 2: Biết kích thước của các chi tiết và toàn bộ thiết bị, điều kiện phát nóng của các chi tiết và toàn bộ thiết bị, phải xác định khả năng tải của thiết bị (biểu thị bằng độ lớn của dòng điện). Cần cố gắng cho thiết bị mang tải càng lớn càng tốt. Bài toán này thường gặp khi kiểm nghiệm sản phẩm đã có sẵn

II/-PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN

Trên thực tế có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến quá trình phát nóng và tỏa nhiệt của thiết bị điện bởi vậy việc tính toán nhiệt cho thiết bị điện một cách đầy đủ là rất khó khăn.

Thông thường chúng ta tính toán gần đúng theo các phương pháp sau :

1-Không xét sự tương hỗ giữa các phần tử của thiết bị và giả thiết rằng tất cả nhiệt sinh ra trong mọi phần tử được truyền ra môi trường xung quanh (ở chế độ xác lập) hoặc đốt nóng các phần tử (khi quá trình phát nóng ngắn hạn không

ổn định). Từ những kết quả gần đúng này ta có thể điều chỉnh trong tính toán kiểm nghiệm .

2-Hiệu chỉnh kế cấu và tính lại chính xác nhằm giảm quá trình phát sinh nhiệt, tăng quá trình tỏa nhiệt. Sau đó thử nghiệm trên mô hình hoặc mẫu thí nghiệm của thiết bị và đánh giá kết quả .

Tên chi tiết	Độ tăng nhiệt °C	Nhiệt độ °C
1- Tiếp điểm đóng ngắt mạch chính : a - bằng đồng (trong KCD phân phối) bằng đồng (trong KCD điều khiển) b - Mạ bạc c - có tấm đệm bằng bạc và hỗn hợp kim loại gồm của bạc với oxit catmi hoặc đồng d- Có tấm đệm bằng kim loại khác e- Tiếp điểm trượt lóncó tấm đệm bằng bạc	55 65 chú thích chú thích 3 chú thích 4 chú thích 5 80	95 105 1 và 2 - - - - - - - - - 120
2- Khối tiếp điểm có tấm đệm bằng bạc	80	120
3- Các mối tiếp xúc cứng bên trong KCD bằng vít , bulong, đinh tán (Rive) và các mối nối cứng khác (không kể hàn) a- bằng đồng, hợp kim đồng, nhôm, hợp kim nhôm, không có lớp mạ bảo vệ bề mặt mối nối . b- bằng đồng, hợp kim đồng, nhôm, hợp kim nhôm, thép ít cacbon, có lớp mạ bề mặt mối nối bảo vệ khỏi bị ăn mòn bằng kim loại xấu tương ứng đảm bảo ổn định điện trở tiếp xúc tốt hơn đồng . c- bằng đồng, hợp kim đồng, thép ít cacbon, có lớp mạ bề mặt mối nối bằng bạc bảo vệ khỏi bị ăn mòn .	chú thích 2 55 65 95	- - - 95 105 135
4- Các mối nối tiếp xúc bằng phương pháp hàn đảm bảo độ bền mối nối .	60	100
5- Dây nối mềm bằng đồng tấm mỏng, sợi đồng dẹt hoặc xoắn ,	65	105

có lớp bề mặt bảo vệ ăn mòn.		
6- Các đầu cực deer nối với dây dẫn bên ngoài bằng đồng, nhôm và hợp kim của chúng .		
a- Không có lớp mạ bảo vệ bề mặt	55 chú thích 6	95 - - -
b- Có lớp mạ bảo vệ bề mặt bằng Catmi, thép Niken, hợp kim.	65 chú thích 6	105
7- Cuộn dây nhiều lớp có cách điện bằng vật liệu chịu nhiệt ở cấp (đo nhiệt độ bằng phương pháp điện trở).		
a- KCD phân phối cách điện cấp : A - - - -	- - - 65	105
E	80	120
D - - - -	- - - 90	130
F	115	155
H - - - -	- - - 140	180
b- KCD điều khiển cách điện cấp : A	85	125
E - - -	- - - 100	140
D	110	150
F - - -	- - - 135	175
H	160	200
8- Các chi tiết bằng kim loại làm việc như lò xo	chú thích 7	
9- Tay nắm , vô lăng		
a- Bằng kim loại	15	55
b- bằng vật liệu cách điện	25	65
10- vỏ và các phần khác có thể sờ tay vào được .	45	85
11- Dầu máy biến áp và các chi tiết ngấm trong máy biến áp .		
a- KCD phân phối dầu lớp trên	40	80
- Chi tiết kim loại	50	90
- Cuộn dây nhiều vòng	60	100
b- KCD điều khiển		
- Dầu lớp trên	60	100

- Chi tiết kim loại	55	105
- Cuộn dây nhiều vòng	60	100

Để tính toán nhiệt của toàn bộ khí cụ điện ta tiến hành tính toán nhiệt cho từng chi tiết và cụm chi tiết căn cứ vào điều kiện tỏa nhiệt và điều kiện làm việc của khí cụ điện .

Các cụm cần tính toán nhiệt gồm :

- Các chi tiết , cụm chi tiết của mạch vàng dẫn điện như: thanh dẫn, đầu nối, tiếp điểm, đầu nối mềm.
- Nam châm điện : cuộn dây, mạch từ của nam châm điện xoay chiều.
- Các loại điện trở : mở máy , hãm , điều chỉnh , nối đất phụ ...
- Các chi tiết không dẫn điện đặt trong từ trường và điện trường xoay chiều bị phát nóng do có dòng xoáy và tổn hao trong điện môi .

III/-NHIỆT ĐỘ PHÁT NÓNG CỦA CÁC PHẦN TỬ CỦA KHÍ CỤ ĐIỆN :

1- Nhiệt độ phát nóng cho phép ở các chế độ làm việc trong bảng 6-1 sẽ giới thiệu giới hạn nhiệt độ phát nóng cho phép và độ tăng nhiệt so với môi trường xung quanh là +40°C của các chi tiết khí cụ điện điều khiển và phân phối có điện áp định mức đến 1000V. Các giá trị ở bảng tương ứng với các chế độ làm việc dài hạn, ngắn hạn lặp lại, ngắn hạn.

Bảng 6-1:

Chú thích :

1- Khi làm việc dài hạn , độ tăng nhiệt không quá 55°C và nhiệt độ phát nóng không quá 95°C .

2- Khi làm việc ngắn hạn lặp lại độ tăng nhiệt và nhiệt độ phát nóng không được lớn, mặc dù khi thí nghiệm không xuất hiện hồ quang trên tiếp điểm.

3- Nhiệt độ bị hạn chế do độ bền nhiệt của các phần đầu nối, nếu lớp bạc không bị hồ quang làm hư hỏng và không được làm sạch khi thí nghiệm về độ bền mòn cơ .

Trường hợp ngược lại ta coi như tiếp điểm này không có lớp mạ bạc .

4- Nhiệt độ bị hạn chế do độ bền nhiệt của các phần nối nhưng không vượt quá 200°C .

5- Nhiệt độ được qui định tương ứng với tính chất của vật liệu .

6- Nhiệt độ này không áp dụng với khí cụ điện tác dụng nhiệt (ví dụ: rô le nhiệt, điện trở, biến trở, cầu chì, aptomat có bộ phận nhiệt của các đầu cực cho phép không lớn hơn 70°C và nhiệt độ phát nóng không quá 110°C .

7- Nhiệt độ bị hạn chế do tính chất cơ của vật liệu. Tính chất cơ của vật liệu bị xấu đi khi nhiệt độ tăng cao, ví dụ với đồng, nhiệt độ cho phép lớn nhất là 75°C , độ tăng nhiệt là 35°C .

2/. Nhiệt độ phát nóng cho phép khi có dòng ngắn mạch :

- Nhiệt độ phát nóng cho phép của các chi tiết bằng kim loại được qui định là nhiệt độ tại đó độ bền cơ của nó vẫn đảm bảo không bị giảm so với độ bền cơ ở 20°C . Ví dụ các phần dẫn điện của khí cụ điện không có cách điện và không tiếp xúc với cách điện có nhiệt độ cho phép với đồng và thép đến 300°C và nhôm đến 200°C . Đối với các chi tiết dẫn điện hoặc không dẫn điện có cách điện hay tiếp xúc với vật liệu cách điện cũng như những chi tiết bằng vật liệu cách điện nhiệt độ phát nóng cho phép phụ thuộc vào mức độ bền nóng của vật liệu cách điện thông thường với cách điện cấp A là 200°C .

Các tiếp điểm đóng ngắt không được hàn dính và nóng chảy .

IV/-TÍNH TOÁN TỔN HAO TRONG CÁC PHẦN DẪN ĐIỆN :

1- Các biểu thức tính toán :

Công suất tác dụng P và năng lượng tổn hao trong vật dẫn được xác định theo các biểu thức :

$$P = I^2.R \quad (W) \quad (6-1)$$

$$W = I^2.Rt \quad (Jun) \quad (6-2)$$

Ở đây : I - tính bằng Ampe [A]

t - tính bằng giây [s]

R - tính bằng ôm [Ω]

$$R = k_{bm}.K_g. \rho_{\theta}. \frac{l}{S} \quad (6-3)$$

Trong đó :

k_{bm} - hệ số hiệu ứng bề mặt, bằng tỉ số giữa điện trở xoay chiều và điện trở một chiều .

K_g - Hệ số hiệu ứng gần khi có các phần tử dẫn điện đặt gần nhau .

l- chiều dài vật dẫn

S- tiết diện ngang vật dẫn

ρ_{θ} - Điện trở suất của vật dẫn ở $0^{\circ}C$.

$$\begin{aligned} \rho_{\theta} &= \rho_o(1+\alpha\theta) = \rho_{20}[1+\alpha(\theta-20)] \\ &= \rho_{mt}[1+\alpha(\theta- \theta_{mt})] \end{aligned} \quad (6-4)$$

Với ρ_{θ} , ρ_o , ρ_{20} - là điện trở suất của vật dẫn ở $0^{\circ}C$, $20^{\circ}C$, và nhiệt độ môi trường xung quanh .

Bảng 6-2 : Điện trở suất của đồng và nhôm ở $20^{\circ}C$

Vật liệu vật dẫn	Điện trở suất $\rho_{20}(\frac{\Omega mm}{m})^2$
------------------	--

- Đồng điện phân tinh khiết nhất.	0,01681
- Đồng mắc A1 đã : - ủ mềm	0,01741
- ủ nửa mềm	0,01754
- không ủ , cứng	0,01640
- Nhôm điện phân tinh khiết nhất đã được ủ	0,02635
- Nhôm mắc A1 đã : - ủ mềm	0,0278 - 0,0280
- ủ nửa mềm	0,0268 - 0,0295
- không ủ , cứng	0,0318

2./-Hệ số hiệu ứng bề mặt và hiệu ứng gần của vật dẫn bằng vật liệu phi từ tính :

Hiệu ứng bề mặt (qui ước do hiện tượng tự cảm), hiệu ứng gần (qui ước do hiện tượng hổ cảm) sinh ra do sự phân bố không đều của mật độ dòng điện trong tiết diện vật dẫn khi có dòng xoay chiều chảy qua .

a - Hệ số hiệu ứng bề mặt :

Hình 6-1 và 6-2 là đồ thị biểu thị quan hệ giữa hệ số hiệu ứng bề mặt vào chuẩn số đồng dạng của các vật liệu dẫn được sử dụng nhiều trong khí cụ điện, chuẩn số đồng dạng được tính theo công thức :

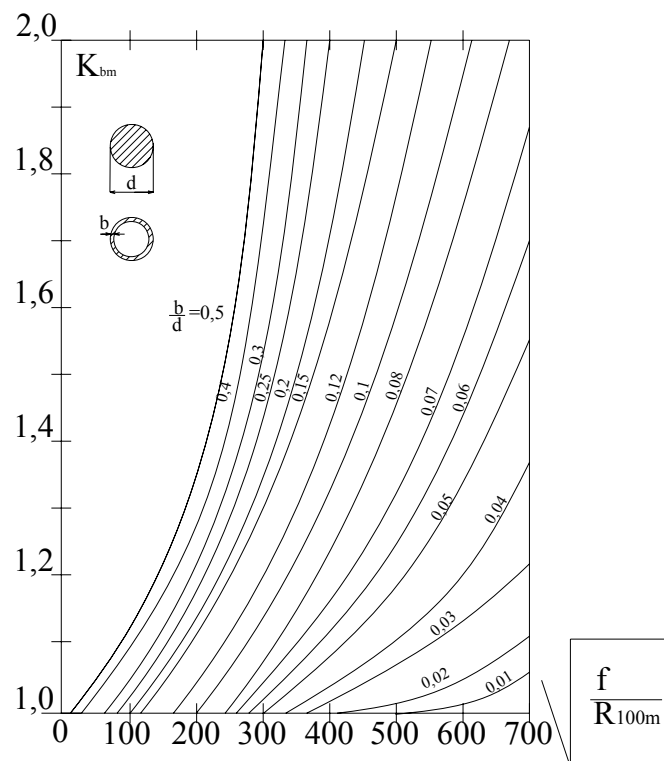
$$\sqrt{\frac{f}{R_{100m}}} = \sqrt{\frac{f}{10^4 R_{1cm}}}$$

Trong đó :

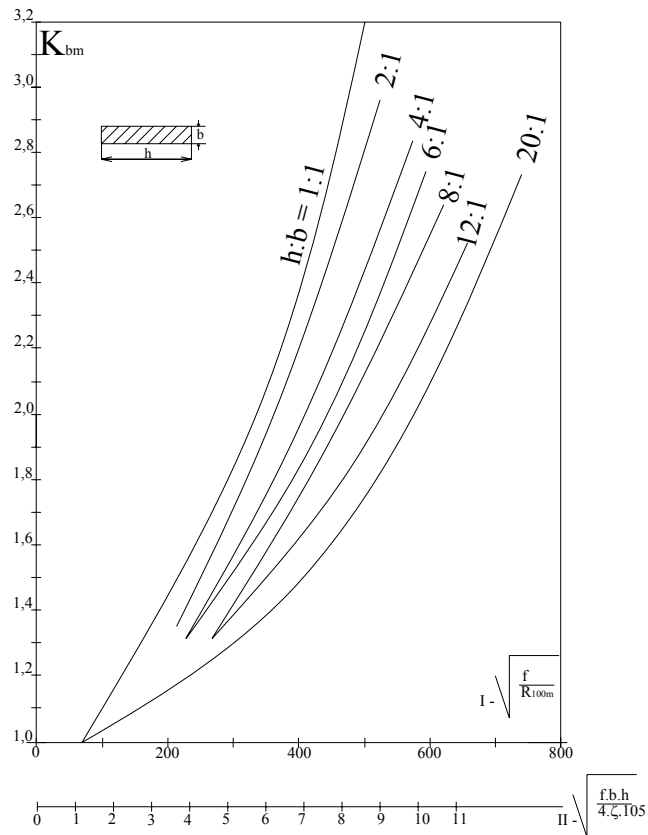
f -Tần số nguồn cung cấp .

R_{100m} - Điện trở 1 chiều của vật dẫn dài 100m .

R_{1cm} - Điện trở 1 chiều của vật dẫn dài 1cm .



Hình 6-1 : Sự phụ thuộc của hệ số hiệu ứng bề mặt vào chuẩn số đồng dạng của vật dẫn tròn hoặc đặc ($b/d=0,5$) và tròn rỗng ($b/d = 0,4 \div 0,01$) bằng vật liệu phi từ tính .



Hình 6-2 : Sự phụ thuộc của hệ số hiệu ứng bề mặt vào chuẩn số đồng dạng của vật dẫn dạng thanh từ tính .

Đối với tiết diện tròn :

$$\frac{f}{R_{100m}} = \frac{f}{\rho \frac{100}{s}} = \frac{f \cdot \pi \cdot d^2}{\rho \cdot 100 \cdot 4} = \left(\frac{d}{20} \right)^2 \frac{\pi \cdot f}{\rho} \quad (6-5)$$

Đối với vật dẫn hình ống :

$$\sqrt{\frac{f}{R_{100m}}} = \sqrt{\frac{f \cdot b \cdot h}{\rho \frac{100}{s}}} = \sqrt{\frac{f \cdot \pi \cdot d \cdot b \cdot d}{\rho \cdot 100 \cdot d}} = \frac{d}{10} \sqrt{\frac{\pi \cdot f \cdot b}{\rho \cdot d}} \quad (6-$$

6)

Đối với vật dẫn có tiết diện chữ nhật :

$$\frac{f}{R_{100m}} = 1,58.10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{b.h.f}{\rho}} = \sqrt{\frac{\epsilon.\pi.b.h.f}{\rho \cdot 10^7}} \quad ($$

6-7)

Trong các công thức trên các kích thước tính cùng m và R tính bằng Ωm .

Khi tăng tần số nguồn và tăng kích thước vật dẫn thì hệ số hiệu ứng bề mặt tăng và ngược lại ở tần số thấp vật dẫn có kích thước nhỏ ta có thể không xét hiệu ứng bề mặt.

b - Hệ số hiệu ứng gần :

Trong thực tế đa số các khí cụ điện hạ áp có các vật dẫn đặt song song với nhau và có một khoảng cách nhất định cho nên hệ số hiệu ứng gần có giá trị gần bằng 1.

3 - Hệ số hiệu ứng bề mặt của vật dẫn bằng vật liệu từ:

Ở các vật dẫn bằng vật liệu từ, từ thông trong vật dẫn thay đổi không những do sự biến thiên dòng điện mà còn phụ thuộc vào độ từ thẩm của vật liệu, việc tính toán hệ số hiệu ứng bề mặt là phức tạp nên ở tài liệu này không xét đến.

V/- XÁC ĐỊNH VÀ GIẢM TỒN HAO TRONG CÁC CHI TIẾT, CÁC CỤM KHÔNG DẪN ĐIỆN CỦA KHÍ CỤ ĐIỆN.

Do từ thông phép mạch qua các cụm không dẫn điện của khí cụ điện như thân, vỏ ... nên ở các bộ phận này cũng sinh ra tổn hao do dòng xoáy và từ trễ, trong thực tế kỹ thuật sự phát nóng này được xác định bằng phương pháp thực nghiệm.

Để giảm tổn hao này ta có thể dùng những biện pháp sau: sử dụng vật liệu phi từ tính, thay đổi dạng tiết diện và bề mặt chi tiết, tạo khe hở không khí trên đường đi của từ thông, đặt màn phi từ tính, sử dụng vòng ngắn mạch.

VI/- TÍNH TOÁN TỔN HAO TRONG MẠCH TỪ DO TỪ XOÁY VÀ TỪ TRỄ.

1 - Công thức tính toán :

Để tính toán tổn hao trong mạch từ thực tế thường tính theo suất tổn hao, đó là công suất tổn hao tính trên 1kG thép và được xác định bằng thực nghiệm, tổn hao công suất do dòng xoáy và từ trễ được tính :

$$P_{xt} = k_d \cdot p_{xt} \cdot M, W \quad (6-8)$$

Trong đó :

M - khối lượng thép mạch từ, kG.

p_{xt} - suất tổn hao công suất, W/kG.

$k_d = 2 \div 3$ - hệ số thực nghiệm xét đến sự tăng tổn hao trong mạch từ phép khối so với tổn hao trong tấm thép.

2 - Xác định suất tổn hao bằng bảng và đồ thị:

Suất tổn hao do dòng xoáy và hiện tượng trễ của thép KTĐ ứng với giá trị từ cảm $B = 1$ Tesla và tần số $f = 50$ Hz được cho trong bảng 6-3.

Ở những giá trị từ cảm và tần số khác có thể tính qui đổi theo công thức :

$$p_{B/50} = p_{1/50} \cdot \left(\frac{B_m}{1} \right)^2, N/kG \quad (6-9)$$

$$p_{1/f} = p_{1/50} \cdot \left(\frac{f}{50} \right)^{1/3}, N/kG \quad (6-10)$$

Ở đây

$p_{1/50}$ -suất tổn hao công suất do dòng điện xoáy và từ trễ ở $B_m = 1$ Tesla và $f = 50$ Hz.

$p_{B/50}$ - suất tổn hao công suất do dòng điện xoáy và từ trễ ở B khác và $f = 50 \text{ Hz}$.

$p_{1/f}$ - suất tổn hao công suất do dòng điện xoáy và từ trễ ở $B_m = 1$ Tesla và tần số f .

Để thuận tiện ta có thể sử dụng đồ thị sự phụ thuộc của suất tổn hao công suất do dòng điện xoáy và hiện tượng trễ của từ cảm, trình bày trên hình 6-3. Khi tần số lớn hơn 50 Hz tổn hao công suất sẽ tăng nhiều, trên hình 6-4 là đồ thị biểu thị sự phụ thuộc của tổn hao do dòng xoáy và từ trễ vào tần số của thép KTĐ có thành phần gần giống thép 330 dày 0,33 mm.

3 - Xác định tổn hao công suất do dòng xoáy và từ trễ, sự tương quan giữa tổn hao do dòng xoáy và tổn hao do từ trễ.

Tuỳ theo loại thép KTĐ mà tổn hao do từ trễ và dòng xoáy nhiều hay ít, tương quan giữa hai lượng tổn hao này tuỳ thuộc vào loại thép KTĐ và tần số của nguồn điện.

- Ở tần số 50Hz tổn hao do hiện tượng trễ không phụ thuộc độ lớn của từ cảm và chiếm một tỷ lệ nhất định trong toàn bộ tổn hao do dòng xoáy và hiện tượng trễ tuỳ theo loại thép :

Với loại 11 - 12 chiếm (70 ÷ 75)%

43 - 43A chiếm (50 ÷ 60)%

320 - 330 chiếm (25 ÷ 35)%

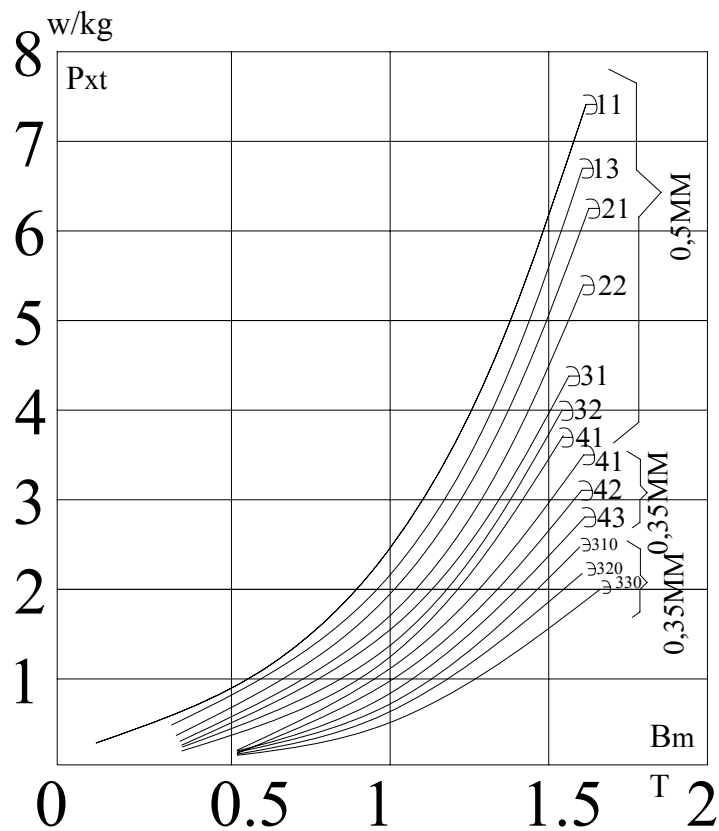
- Khi tần số tăng lên, tổn hao do hiện tượng trễ tăng tỷ lệ với tần số còn tổn hao do dòng xoáy tăng tỷ lệ bình phương với tần số. Ví dụ ở một trị số B nhất định tần số thay đổi từ 50 Hz đến 400Hz thì tổn hao do hiện tượng trễ tăng 8 lần và tổn hao do dòng xoáy tăng 64 lần. Trị số suất tổn hao công suất do hiện tượng trễ và dòng xoáy ở thép KTĐ cán nóng được xác định theo công thức :

$$p_{xt} = p_x + p_t = \sigma_t \cdot \left(\frac{f}{100} \cdot B_m\right)^\alpha + \sigma_x \cdot \left(\frac{f}{100} \cdot B_m\right)^2, \text{ W/kg} \quad (6-11)$$

Trong đó σ_t , σ_x là hệ số thực nghiệm cho trong bảng.

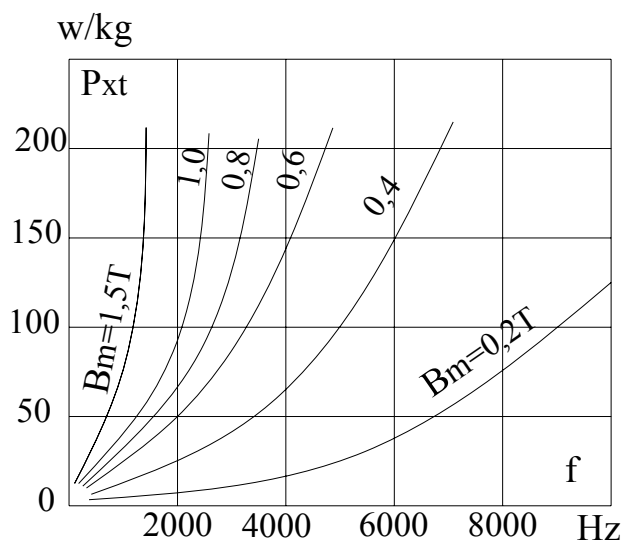
$\alpha = 1,6$ khi $B_m = 0,1 \div 1$ Tesla.

$\alpha = 2$ khi $B_m = 1 \div 1,9$ Tesla.



Hình 6-3: Sự phụ thuộc của suất tổn hao công suất do dòng xoáy và hiện tượng trễ vào từ cảm (biên độ) của thép KTD ở tần số 50Hz.

Hình 6-4: Sự phụ thuộc của suất tổn hao do dòng



xoáy và hiện tượng trễ vào tần số nguồn ứng với các giá trị khác nhau của từ cảm (biên độ) từ 0,2 ÷ 1,3 Tesla của thép KTD gần với loại 320 dày 0,35.

6 -2. Tính toán nhiệt và các hệ số toả nhiệt ở chế độ làm việc dài hạn (độ ổn định nhiệt).

Các quá trình nhiệt xảy ra trong khí cụ điện nói chung là các quá trình phức tạp do sự tác dụng đồng thời ba dạng trao đổi nhiệt. Đối lưu, bức xạ và dẫn nhiệt, khi tính toán nhiệt ta có thể xét tác dụng riêng lẻ của từng dạng trao đổi nhiệt, sau đó cộng tất cả những thông số riêng rẽ lại. Như vậy trong nhiều trường hợp cụ thể có thể chỉ phải tính đến tác dụng của hai hay một dạng trao đổi nhiệt, dạng còn lại ảnh hưởng không đáng kể đến quá trình nhiệt của khí cụ điện.

Bài toán xét riêng rẽ từng dạng trao đổi nhiệt không đề cập trong giáo trình này.

I/- CÔNG THỨC NEWTON.

Ở quá trình phát nóng xác lập có thể tính toán nhiệt theo công thức Newton, trong đó đưa vào một hệ số toả nhiệt K_t đặc trưng cho cả ba dạng trao

đổi nhiệt. Ý nghĩa vật lý của công thức này là ở chỗ công suất P tiêu tán trong chi tiết ở chế độ xác lập được toả ra từ bề mặt của chi tiết đó S_{bm} , công thức có dạng :

$$P = K_t \cdot S_{bm} \cdot (\theta_{od} - \theta_{mt}) = K_t \cdot S_{bm} \cdot \tau \quad (N) \quad (6-12)$$

Ở đây :

S_{bm} - diện tích bề mặt toả nhiệt m^2 .

θ_{od} - nhiệt độ ổn định của bề mặt $^{\circ}C$.

θ_{mt} - nhiệt độ môi trường xung quanh $^{\circ}C$.

τ - độ tăng nhiệt độ $^{\circ}C$.

K_t - hệ số toả nhiệt $W/m^2 \cdot ^{\circ}C$.

Hệ số toả nhiệt là một hàm số phức tạp, phụ thuộc ở nhiều yếu tố cho nên chỉ có thể xác định chính xác bằng thực nghiệm đối với từng kết cấu chi tiết cụ thể và ở điều kiện toả nhiệt xác định. Bảng 6-5 cho các giá trị hệ số toả nhiệt K_t chung cho cả ba dạng trao đổi nhiệt. Trị số K_t trong bảng dùng khi tính toán sơ bộ, còn khi tính toán chính xác cần phải hiệu chỉnh có xét đến các yếu tố sau :

1 - Khi nhiệt độ tăng K_t cũng tăng theo quan hệ :

$$K_{t\theta} = K_{t20} \cdot (1 + 0,03)$$

K_{t20} - hệ số toả nhiệt của chi tiết ở $20^{\circ}C$.

2 - Khi có sự chuyển động không khí hệ số K_t tăng theo quan hệ :

$$K_{tv} = K_t \cdot (1 + 0,4 \cdot v)$$

v - tốc độ chuyển động của không khí m/s .

(công thức được nêu cho bề mặt đã đánh bóng để thẳng đứng).

3- Chi tiết ngâm trong dầu máy biến áp hệ số tỏa nhiệt tăng lên vài lần.

Ví dụ :

- Các lõi thép bằng thép tấm phép lại khi ngâm trong dầu máy biến áp sẽ có hệ số tỏa nhiệt $K_t = (70 \div 90) \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

- Các cuộn dây có cách điện bên ngoài bằng sợi bông ngâm trong dầu máy biến áp có $K_t = (25 \div 36) \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

- Các điện trở bằng dây điện trở quấn trên ống sứ sẽ có $K_t = (50 \div 150) \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ khi ngâm trong dầu máy biến áp.

Bảng 6-5 : Hệ số tỏa nhiệt K_t ở điều kiện không khí chuyển động tự nhiên.

Tên chi tiết phát nóng, đặc điểm bề mặt chi tiết, điều kiện làm nguội	K_t $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
*Thanh đồng tròn đặt nằm ngang đường kính 10 - 60 mm.	13 - 9
*Thanh đồng dẹt	
- Nằm ngang, đặt trên giá đỡ	6 - 9
- Nằm ngang, đặt theo chiều thẳng đứng	5 - 8
*Thanh hình hộp rỗng đặt nằm ngang	
- Bằng đồng (làm nguội bề mặt ngoài)	10 - 12,5
- Bằng đồng (làm nguội tất cả bề mặt)	6 - 8
- Bằng nhôm (làm nguội tất cả bề mặt)	5,5 - 8
- Bằng nhôm (làm nguội bề mặt ngoài)	9 - 12
*Sứ cách điện nằm ngang	18
*Mạch từ bằng thép tấm phép lại	10 - 12,5

*Cuộn dây nhiều vòng	
-Role ít chính xác đường kính 3 - 14 mm	30 - 8
-Khí cụ điện điều khiển và phân phối năng lượng	9 - 14
*Cuộn dây dập hồ quang	12 - 20
*Các điện trở	20 - 25
-Ống có sơn	22 - 25
-Dây dẹt quấn trên khung	23
-Hộp kim điện trở hình trụ, quấn vào giá đỡ đặt nằm ngang (K_t của bề mặt điện trở)	42 - 43
-Bảng gang đặt thẳng đứng (K_t của bề mặt điện trở)	10 - 15
*Vỏ và các chi tiết có bề mặt được phủ sơn bề mặt	10 - 14

4- Hệ số toả nhiệt K_t , phụ thuộc vào áp suất không khí, khi áp suất không khí tăng thì hệ số toả nhiệt tăng và ngược lại áp suất giảm thì K_t giảm.

Khi muốn có hệ số toả nhiệt chính xác hơn so với cách xác định trên thì phải tiến hành xác định hệ số toả nhiệt riêng lẻ với từng dạng trao đổi nhiệt, sau đó tính đến sự tác dụng chung của cả ba dạng toả nhiệt, có thể tham khảo cách tính toán này trong các tài liệu khác.

§.6-3/- TÍNH TOÁN PHÁT NÓNG Ở CÁC QUÁ TRÌNH KHÔNG ỔN ĐỊNH NHIỆT.

I/- HẰNG SỐ THỜI GIAN PHÁT NÓNG.

Hằng số thời gian phát nóng được định nghĩa là thời gian từ khi bắt đầu cho nguồn nhiệt vào vật phát nóng đến khi vật phát nóng đạt nhiệt độ ổn định, nếu nhiệt độ không toả ra môi trường chung quanh. Đối với vật phát nóng đồng nhất hằng số thời gian phát nóng bằng :

$$T = \frac{C.M}{S.K_t} \quad (6-13)$$

Trong đó :

C - nhiệt dung riêng của vật phát nóng J/kg.°C

M - khối lượng của vật phát nóng kG

K_t - hệ số toả nhiệt chung W/m².°C

S - diện tích bề mặt toả nhiệt m²

Để xác định chính xác hằng số thời gian phát nóng của một bộ phận khí cụ điện gồm nhiều chi tiết bằng vật liệu khác nhau, ví dụ như nam châm điện gồm có các loại vật liệu như đồng, thép, cách điện là rất phức tạp cho nên trong thực tế tính toán ta có thể tính bằng công thức đơn giản sau :

$$T = \frac{C_d M_d + \beta G_t M_t}{K_t S} \quad (6-14)$$

Trong đó :

C_d, C_t - nhiệt dung riêng của đồng và thép.

M_d, M_t - khối lượng đồng và thép.

β - hệ số xét đến sự truyền nhiệt từ đồng đến thép.

Độ lớn β phụ thuộc vào thời gian phát nóng và giá trị $\xi = \frac{GM_t}{S}$

- Khi $t < T/3$ - nếu nhiệt truyền từ cuộn dây sang lõi thép tốt (cuộn dây không có khung dây) thì $\beta_t = 0,55$.

Nếu nhiệt truyền từ cuộn dây sang lõi thép kém thì $\beta_k = 0,45$.

- Khi $t < T/3$ và $\xi = 1,25$ thì $\beta_t = 0,55$.

$\beta_k = 0,45$.

$\xi > 5$ thì $\beta_t = 0,272$.

$\beta_k = 0,225$.

- Khi $t < T/3$ và $1,2 < \xi < 5$ thì

$$\beta_t = 0,55 \cdot (0,5 + 0,5 \cdot \frac{5-\zeta}{3,75})$$

$$\beta_k = 0,45 \cdot (0,5 + 0,5 \cdot \frac{5-\zeta}{3,75})$$

II/- TÍNH TOÁN NHIỆT Ở CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC NGẮN HẠN.

Chế độ làm việc ngắn hạn là chế độ mà thiết bị làm việc ở thời gian ngắn rồi nghỉ, có thể đặc trưng bằng chu kỳ làm việc có thời gian làm việc $t_{lv} < 4.T$ và thời gian nghỉ khi dòng phụ tải giữ không đổi.

Trong tính toán ta thường tính thời gian làm việc ngắn hạn tính toán bằng 3 lần thời gian làm việc ngắn hạn của chu kỳ làm việc để nói lên khả năng thiết bị điện phải khởi động lâu hơn bình thường.

Các thông số cần xác định khi tính toán nhiệt là: độ tăng nhiệt, công suất, dòng điện, hệ số quá tải dòng điện, hệ số quá tải công suất và thời gian làm việc liên tục cho phép.

Độ tăng nhiệt cho phép ở chế độ làm việc ngắn hạn trong khí cụ điện lấy như ở chế độ làm việc dài hạn như trong bảng 6-1 đã nêu.

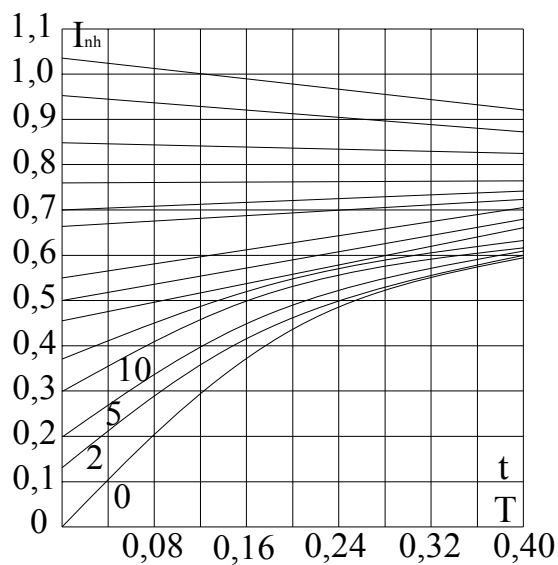
Khả năng quá tải công suất (hay dòng điện) của các bộ phận cũng như toàn bộ khí cụ điện ở chế độ ngắn hạn sẽ lớn hơn ở chế độ dài hạn.

Khả năng quá tải được đặc trưng bằng hệ số quá tải K_p hoặc K_I :

$$K_p = \frac{P_{nh}}{P_{dh}}; \quad K_I = \frac{I_{nh}}{I_{dh}} \quad (6-15)$$

Trên hình 5-5 biểu thị sự phụ thuộc của $\frac{1}{K_I}$ vào tỷ số giữa thời gian

làm việc ngắn hạn và hằng số thời gian phát nóng $\frac{t_{nh}}{T}$.



Hình 6-5: Sự phụ thuộc của năng lực quá tải của các thông số thời gian ở chế độ làm việc ngắn hạn lặp lại.

Mật độ dòng điện cho phép ở chế độ ngắn hạn trong dây quấn đồng cho trong bảng 6-6 và trong thanh dẫn trong bảng 6-7.

Bảng 6-6 : Trị số mật độ dòng điện cho phép trong dây quấn đồng trong thời gian làm việc 1 giây.

Nhiệt độ và mật độ dòng cho phép	Cấp cách điện		
	Y	A	E
Nhiệt độ cho phép $\theta_{nh} = \theta_{dn}$	90	105	120
Mật độ dòng điện cho phép $J_{nh} (A / mm^2)$	100	108	117

Bảng 6-7: Mật độ dòng bền nhiệt đối với vật dẫn bằng các vật liệu khác nhau (dạng thanh, dạng trụ...)

Vật liệu	Mật độ dòng cho phép J_{kt} / mm^2		
	3 s	4 s	10 s
Đồng	94	82	51
Đồng thau	44	38	24

Nhôm	48	42	27
------	----	----	----

Có thể tính đổi giá trị dòng điện và thời gian này bằng giá trị dòng điện và thời gian khác theo quan hệ sau:

$$I_1^2 t_1 = I_2^2 t_2$$

$$\text{Hay } I_1 \sqrt{t_1} = I_2 \sqrt{t_2} \quad (6-15)$$

Trong thực tế thường gặp trường hợp chế độ làm việc rất ngắn hạn tức là $t_{nh} \ll T$ và việc tính toán ở chế độ này sẽ đơn giản hơn như ví dụ dưới đây:

Ví dụ 6-1 : Hãy xác định khả năng quá tải và các thông số tương ứng của thanh dẫn vào của 1 khí cụ điện để kiểm nghiệm khả năng làm việc của khí cụ điện ở chế độ khởi động ngắn hạn. Thanh dẫn bằng đồng cuốn ½ nửa M1 có kích thước $3 \times 20 \text{ mm}$. Chu kì làm việc tính toán 30s. Độ tăng nhiệt cho phép 50°C , nhiệt độ môi trường xung quanh là 40°C

Tính toán sơ bộ

Thanh dẫn bằng đồng M1 ở chế độ làm việc dài hạn sẽ có dòng phụ tải $I_{dh} = 275 \text{ A}$

Điện trở của 1 cm thanh dẫn ở nhiệt độ $50 + 40 = 90^\circ \text{C}$ là:

$$\begin{aligned} R_{90} &= R_{20} [1 + \alpha(\theta - 20)] \\ &= \rho_{20} \frac{1}{S} [1 + \alpha(\theta - 20)] \\ &= 0.01754 \times 10^{-4} \frac{1}{0.3 \times 2} [1 + 0.0043 \times 70] \\ &= 0.0293 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

Trong đó ρ_{20} lấy trong bảng 6-2

Tổn hao công suất cho phép ở chế độ làm việc dài hạn

$$P_{dh} = I_{dh}^2 R_{\theta} = 275^2 \times 0.0293 \times 10^{-4} = 0.222 \text{ W/cm}$$

Hằng số thời gian phát nóng theo công thức (6-13)

$$T = \frac{C \times M}{K_t \times S} = \frac{0.385 \times 5.34}{5.6 \times 10^{-4} \times 4.6} = 466s$$

Trong đó :

$C = 0,385 \text{ J/g } ^\circ\text{C}$: nhiệt dung riêng của đồng.

$S = 2(0,3 + 2) = 4.6 \text{ cm}^2$: diện tích bề mặt làm nguội của thanh dài 1 cm

$$M = \gamma \times S \times l = 8,9 \times 0,3 \times 2,1 = 5,34 \text{ g}$$

Khối lượng của thanh :

$$K_t = \frac{P_{dh}}{S \times \tau} = \frac{0.222}{4.6 \times 50} = 9.6 \times 10^{-4} \text{ W/cm } ^\circ\text{C}$$

Độ tăng nhiệt ở chế độ ngắn hạn:

$$\begin{aligned} \tau &= \tau_{od} \left[1 - e^{-\frac{t_{nh}}{T}} \right] \\ &= \tau_{od} \left[1 - e^{-\frac{30}{466}} \right] = \tau_{od} (1 - 0.936) \\ &= \tau_{od} \times 0.065 \end{aligned}$$

Ở đây τ_o là độ tăng nhiệt ổn định khi công suất ở chế độ làm việc ngắn hạn, công suất này có thể lớn hơn công suất ở chế độ dài hạn.

$$\tau_{o'} = \frac{\tau_o}{0.065} = \frac{50}{0.065} = 770^\circ\text{C}$$

Đối với chế độ rất ngắn hạn:

$$\tau_{o'} = \tau_{nh} \frac{T}{t_{nh}} = 50 \frac{466}{30} = 776^\circ\text{C}$$

Công suất cho phép ở chế độ ngắn hạn:

$$P_{nh} = \frac{P_{dh}}{1 - e^{-\frac{t_{nh}}{T}}} = \frac{0,222}{0,065} = 3,42 \quad \text{W/cm}$$

Công suất ở chế độ rất ngắn hạn:

$$P_{nh} = \frac{CM\tau_{nh}}{t_{nh}} = \frac{0,385 \times 5,34 \times 50}{30} = 3,44 \text{ W/cm}$$

Dòng điện cho phép ở chế độ ngắn hạn

$$I_{nh} = \frac{I_{dh}}{\sqrt{1 - e^{-\frac{t_{nh}}{T}}}} = \frac{275}{\sqrt{0,065}} = 1080 \text{ A}$$

Dòng điện ở chế độ rất ngắn hạn

$$I_{nh} = I_{dh} \sqrt{\frac{T}{t_{nh}}} = 275 \sqrt{\frac{466}{30}} = 1085 \text{ A}$$

Hệ số quá tải công suất ở chế độ ngắn hạn:

$$\rho_{kp} = -\frac{P_{nh}}{P_{dh}} = -\frac{3,42}{0,222} = 15,4$$

Hệ số quá tải công suất ở chế độ rất ngắn hạn:

$$K_p = \frac{P_{nh}}{P_{dh}} = -\frac{T}{t_{nh}} = \frac{3,44}{0,222} = 15,6$$

Hệ số quá tải dòng điện ở chế độ ngắn hạn:

$$K_I = \frac{I_{nh}}{I_{dh}} = \sqrt{K_p} = \sqrt{15,4} = 3,92$$

Hệ số quá tải dòng điện ở chế độ rất ngắn hạn:

$$K_I = \frac{I_{nh}}{I_{dh}} = \sqrt{K_p} = \sqrt{15,6} = 3,95$$

Tính toán kiểm nghiệm

Theo hình 6-5, đối với $\pi = 0$ khi $\frac{t_{nh}}{T} = \frac{30}{466} = 0,064$ thì $\frac{I_{dh}}{I_{ng}} = 0,255$

từ đó suy ra $K_I = \frac{1}{0,255} = 3,92$

Thời gian làm việc liên tục cho phép ở chế độ làm việc ngắn hạn

$$t_{nh} = T \ln \frac{\tau_{o'}}{\tau_{o'} - \tau_o} = 466 \ln \frac{770}{770 - 50} = 31,5 \quad \text{sec}$$

Thời gian làm việc liên tục cho phép ở chế độ làm việc rất ngắn hạn

$$t_{nh} = T \frac{\tau_o}{\tau_{o'}} = 466 \frac{50}{776} = 30 \quad \text{sec}$$

Việc tính toán thời gian nhằm kiểm tra quá trình tính toán ở trên là đúng.

Mật độ dòng điện ở chế độ làm việc dài hạn

$$J_{dh} = \frac{I_{dh}}{S} = \frac{275}{0,3 \times 2} = 458 \text{ A/cm}^2 = 4,58 \text{ A/mm}^2$$

Mật độ dòng điện ở chế độ ngắn hạn ($t_{nh} = 30 \text{ sec}$)

$$J_{dh} = \frac{I_{nh}}{S} = \frac{1080}{0,3 \times 2} = 1800 \text{ A/cm}^2 = 18 \text{ A/mm}^2$$

Khi thời gian làm việc bằng 1 sec, mật độ dòng điện xác định theo công thức (6-16)

$$I_1 \sqrt{t_1} = I_2 \sqrt{t_2}$$

$$j_{1s} = j_{30s} \sqrt{t_{nh}} = 1800 \sqrt{30} = 97 \text{ A/mm}^2$$

Theo bảng 6-7 đối với thanh dẫn đồng, mật độ dòng điện cho phép trong 1 sec là $94\sqrt{3} = 162 \text{ A/mm}^2$ cho nên mật độ dòng điện $j_{1s} = 97 \text{ A/mm}^2$ là có thể chấp nhận được.

III. TÍNH TOÁN Ở CHẾ ĐỘ NGẮN HẠN LẶP LẠI VÀ CÁC CHẾ ĐỘ GIÁN ĐOẠN KHÁC

1. Tính toán nhiệt ở chế độ ngắn hạn lặp lại

Chế độ ngắn hạn lặp lại được đặc trưng bởi hệ số làm việc:

$$\pi_D = \frac{t_{ev}}{t_{ev} + t_{ng}}$$

$$\text{Hay } \pi_{D\%} = \frac{t_{ev}}{t_{ev} + t_{ng}} \times 100 = \frac{t_{ev}}{t_{ck}} \times 100 \quad (6-17)$$

Trong đó:

t_{ev} - khoảng thời gian làm việc

t_{ng} - khoảng thời gian nghỉ

$t_{ck} = t_{ev} + t_{ng}$ thời gian 1 chu kỳ làm việc

Các giá trị này thường là 15, 25, 40, 60, ...

Độ tăng nhiệt cho phép ở chế độ ngắn hạn lặp lại lấy bằng ở chế độ dài hạn.

Nếu khí cụ điện làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại có thời gian t_{ck} và t_{lv} nhỏ hơn hoặc bằng thời gian T thì việc tính toán được tiến hành theo các công thức đơn giản

Ví dụ 6-2:

Hãy xác định khả năng tải và các thông số tương ứng của thanh dẫn vào của 1 khí cụ điện làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại ổn định có $J_{D\%} = 40\%$

Trong điều kiện như ví dụ 6-1 đã nêu.

Tính toán sơ bộ:

Các giá trị, các đại lượng đã được giải trong ví dụ 5-1, cần phải xác định thêm các thông số sau:

Thời gian 1 chu kỳ làm việc:

$$t_{ck} = \frac{t_{ev}}{\Pi_D} = \frac{30}{0,4} = 75 \text{ sec}$$

Số chu kỳ làm việc trong 1 giờ:

$$\frac{3600}{75} = 48$$

$$\frac{t_{ck}}{T} = \frac{75}{466} = 0,16$$

$$\frac{t_{ev}}{T} = \frac{30}{466} = 0,064$$

Như vậy $t_{ck} \ll T$

Độ tăng nhiệt:

$$\tau_{dh}'' = \frac{\tau_{dh1}}{\pi_D} = \frac{\tau_{dh}}{\pi_D} = \frac{50}{0,4} = 125^\circ \text{C}$$

Công suất:

$$P_{nh1} = \frac{P_{dh}}{\sqrt{\pi_D}} = \frac{0,222}{\sqrt{0,4}} = 0,555 \text{ W/cm}$$

Dòng điện:

$$I_{nh1} = \frac{I_{dh}}{\sqrt{\pi_D}} = \frac{275}{\sqrt{0,4}} = \frac{275}{0,64} = 430 \text{ A}$$

Hệ số quá tải công suất:

$$K_p = \frac{1}{\pi_D} = \frac{1}{0,4} = 2,5$$

Hệ số quá tải dòng điện:

$$K_i = \sqrt{K_p} = \sqrt{2,5} = 1,58$$

Tính toán kiểm nghiệm:

Ta xác định thời gian làm việc cho phép của 1 chu kỳ làm việc theo đường cong hình 5-5:

$$\text{Ta có } \frac{I_d}{I_{nh1}} = \frac{275}{430} = 0,64 \text{ và } J_{D\%} = 40$$

$$\text{Ta được } \frac{T_{ev}}{T} = 0,065 \text{ do đó } t_{ev} = 4,86 \times 0,065 = 30 \text{ sec}$$

Thời gian này phù hợp với số liệu đã cho, nên kết quả tính toán có thể chấp nhận được.

2. Tính toán nhiệt ở các chế độ gián đoạn khác

Có thể áp dụng việc tính toán ở chế độ làm việc ngắn hạn lặp lại trên đối với các chế độ làm việc gián đoạn – liên tục ổn định nếu ở cuối chu kỳ làm việc chúng được ổn định ở cùng 1 nhiệt độ.

Ở chế độ ngắn hạn lặp lại và các chế độ thay đổi có chu kỳ lặp lại không xác định. Phụ tải tính toán được xác định như ở các chế độ dài hạn theo chế độ trung bình của công suất tương đương:

$$P_{td} = \frac{1}{t} \int_0^t P_{dt} \quad (6-18)$$

Nếu tổn hao công suất do điện trở, thì việc tính toán có thể theo dòng điện trung bình:

$$I_{TB} = \frac{1}{t} \int_0^t I^2 dt$$

IV. TÍNH TOÁN KHI CÓ DÒNG NGẮN MẠCH. ĐỘ BỀN NHIỆT CỦA KHÍ CỤ ĐIỆN

Độ bền nhiệt của khí cụ điện là tính chất chịu được sự tác dụng nhiệt của dòng ngắn mạch trong thời gian ngắn mạch, nó được đặc trưng bởi dòng bền nhiệt: là dòng điện mà ở đó thanh dẫn chưa bị biến dạng. Mật độ dòng điện cho phép đối với vật dẫn bằng các vật liệu khác nhau cho trong bảng 6-7.

Đặc điểm quá trình phát nóng khi có ngắn mạch là: dòng điện và mật độ dòng điện trị số rất lớn, thời gian dòng điện chạy qua nhỏ, sự thay đổi dòng điện theo thời gian rất phức tạp và sự thay đổi nhiệt độ tương đối lớn của bộ phận dẫn điện sau thời gian ngắn mạch.

Điện trở suất và nhiệt dung riêng của vật dẫn sẽ thay đổi lớn theo nhiệt độ.

$$\left. \begin{aligned} \rho_{\theta} &= \rho_0 (1 + \alpha\theta) \\ C_{\theta} &= C_0 (1 + \beta\theta) \end{aligned} \right\} \quad (6-19)$$

Trong đó ρ_0 và C_0 là điện trở suất và nhiệt dung riêng ở 0°C .

α và β là hệ số nhiệt điện trở và nhiệt dung.

Từ việc giải phương trình cân bằng nhiệt ta có:

$$\int_0^{t_{nm}} \frac{I_{nm}^2}{S^2} dt = \int_0^{t_{nm}} J_{nm}^2 dt = \frac{C_0}{\rho_0} \int_{\theta_0}^{\theta_{nm}} \frac{1 + \beta\theta}{1 + \alpha\theta} d\theta$$

Sau khi tích phân ta được:

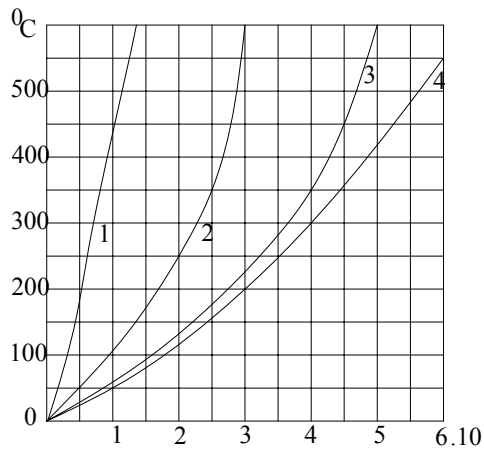
$$\frac{I_{nm}^2}{S^2} t_{nm} = \frac{I_{bn}^2}{S^2} t_{bn} = J_{nm}^2 t_{nm} = A_{nm} - A_d = A_{bd} - A_d$$

$$A^2 s / mm^4$$

Ở đây :

- $I_{nm} = I_{bn}(A)$; $J_{nm} = J_{bn}(A/mm^2)$. Dòng điện và mật độ dòng điện khi ngắn mạch và khi ở dòng bền nhiệt
- S thiết diện vật dẫn (mm^2)
- $t_{nm} = t_{bn}$ thời gian ngắn mạch (séc)
- Θ_d , Θ_{nm} nhiệt độ vật dẫn bắt đầu và sau khi ngắn mạch
- γ trọng lượng riêng vật dẫn
- $A_d, A_{nm} = A_{bn}$ giá trị của biểu thức (8-20) ở giới hạn dưới và trên là Θ_d và Θ_{nm}

Sự phụ thuộc của $\Theta = f(A_\Theta)$ được cho trên hình 8-6 . Nhờ đường cong này ta sẽ tính toán độ bền nhiệt của khí cụ điện .



Hình 6-6: đường cong phát nóng của vật dẫn khi có dòng ngắn mạch

1- Nhôm

2- Bạc

3- Đồng

Từ Θ_d và Θ_{nm} đã biết trước theo đường cong xác định A_d, A_n sau đó có thể xác định một trong ba thông số I_{nm}, S, t_{nm} khi đã biết hai thông số hay ngược lại xác định Θ_{nm} từ I_{nm}, S, t_{nm} cho trước .

Ví dụ 6-3 :

Hãy xác định giới hạn cho phép của dòng điện và mật độ dòng bên nhiệt 4 sec cho thanh dẫn ở ví dụ 6-1 .

Giải : Theo điều kiện $\Theta = 50 + 40 = 90^0 \text{ C}$

Nhiệt độ cho phép đối với đồng $\Theta_{bn} = 300^0 \text{ C}$

Theo hình 5-6 ta có $A_d = 1,4.10^4 \text{ A}^2 \text{ s/mm}^4$ và $A_{bn} = 3,75.10^4 \text{ A}^2 \text{ s/mm}^4$

Theo biểu thức 6- 21 ta có:

$$I_{bn} = S \sqrt{\frac{A_{on} - A_d}{t_{bn}}} = 60 \cdot \sqrt{\frac{3.05.10^4 - 1.4.10^4}{4}} = 4600$$

$$J_{bn} = \sqrt{\frac{A_{on} - A_d}{t_{bn}}} = \sqrt{\frac{2.35.10^4}{4}} = 76 \text{ A/mm}^2$$

Như vậy mật độ dòng điện tính được nhỏ hơn trị số cho phép .

§ 6-4 / TÍNH TOÁN NHIỆT CUỘN DÂY

I/ Nhiệm vụ trình tự tính toán và các số liệu làm việc ban đầu :

1- Nhiệm vụ tính toán

Khi đã có các thông số của cuộn dây thiết kế ra ta cần phải kiểm nghiệm lại để xác định được nhiệt độ bề mặt cuộn dây, nhiệt độ các lớp bên trong dây quấn, bên trong cuộn dây. Trên cơ sở đó có thể hiệu chỉnh kết cấu cho thích hợp nhằm bảo đảm nhiệt độ phát nóng của dây quấn không được vượt quá nhiệt độ cho phép của nó .

Có thể hiệu chỉnh kết cấu theo hướng sau :

- Sử dụng vật liệu cách điện có cấp chịu nóng cao hơn cho dây quấn và cuộn dây .

- Dùng các biện pháp tăng cường sự toả nhiệt của cuộn dây : giảm nhiệt trở giữa cuộn dây và lõi thép trong trường hợp cuộn dây nóng hơn lõi thép, tẩm sơn cuộn dây, làm mát nhân tạo, tăng tính dẫn nhiệt của lớp bên

ngoài cuộn dây ,sử dụng sơn phủ bên ngoài có độ đen cao để tăng cuộn bức xạ, tăng kích thước cuộn dây dẫn để tăng kích thước mạch từ .

2-Tính từ tính toán :

a - Xác định các số liệu ban đầu

b - Tính toán nhiệt độ bề mặt cuộn dây

c – Tính toán nhiệt độ trung bình và nhiệt độ lớn nhất của các lớp dây quấn bên trong cuộn dây .

d - Hiệu chỉnh chính xác các thông số của cuộn dây theo nhiệt độ tính toán.

3- Các số liệu ban đầu :

a- Kết cấu nam châm điện và các kích thước của nó

b- Công suất cung cấp cho cuộn dây, các thành phần của công suất đối với nam châm điện xoay chiều

c- Nhiệt độ môi trường xung quanh và nhiệt độ phát nóng cho phép của cuộn dây.

d- các hệ số toả nhiệt, nhiệt dung riêng

II / Tính toán nhiệt độ bề mặt của cuộn dây :

Để tính toán nhiệt độ bề mặt của cuộn dây ở chế độ dài hạn ta có thể dùng công thức New ton(6-12)

$$P = K_t \cdot S_{bm} \tau$$

Các thông số trong công thức được xác định như sau :

a) Công suất cung cấp cho cuộn dây P

Cần phải xác định công suất ở điện áp cung cấp lớn nhất .

Đối với cuộn dây của nam châm điện 1 chiều tổn hao chỉ do điện trở thuần của dây quấn sinh ra bằng :

$$P = I^2 R \quad (W)$$

Đối với cuộn dây của nam châm điện xoay chiều ,tổn hao sẽ là :

$$P = P_{dq} + P_t + P_x + P_{vn}$$

Ở đây P_{dq} tổn hao trong dây quấn

$$P_{dq} = I^2 R$$

P_t - Tổn hao do hiện tượng từ trễ

P_x - Tổn hao do dòng xoáy

P_{nv} - Tổn hao trong vòng ngắn mạch

các giá trị P_t , P_x , P_{nv} đã được tính toán ở phần trước, khi tính toán nhiệt độ của mạch từ cần phải tăng thêm tổn hao tạo ra ở phần vòng ngắn mạch đặt trên mạch từ.

2. Bề mặt toả nhiệt

Bề mặt toả nhiệt của cuộn dây bao gồm bề mặt ngoài cuộn dây S_n và bề mặt trong cuộn dây S_t và bề mặt của hai mặt đầu cuộn dây.

- Đối với cuộn dây một chiều phần lớn bề mặt một đầu của cuộn dây một chiều nhỏ hơn so với chiều dài cuộn dây và mặt đầu có vòng đệm bằng vật liệu cách điện dày nên sự toả nhiệt qua mặt đầu thường nhỏ và có thể bỏ qua. Trường hợp đường kính của vòng đệm mặt đầu lớn hơn so với chiều dài cuộn dây ta phải tính cả bề mặt mặt đầu cuộn dây.

- Khi toả nhiệt chỉ có bề mặt bên ngoài S_n và bề mặt bên trong S_t bề mặt tính toán của cuộn dây có thể tính

$$S = S_n + k S_t$$

Trong đó k là hệ số đặc trưng hiệu quả toả nhiệt của bề mặt trong với bề mặt ngoài cuộn dây và k được lấy theo thực nghiệm.

Cuộn dây có khung toả nhiệt kém $k = 0$

Cuộn dây không khung bọc bằng cách điện $k = 0,9$

Cuộn dây có khung (giấy, các tông tấm bakelit) thì $k = 1$

Cuộn dây quấn trên ống kim loại $k = 1,7$

Cuộn dây quấn trên lõi thép $k = 2,4$

Sự toả nhiệt của cuộn dây vào lõi thép có thể xác định chính xác hơn bằng cách đưa vào hệ số toả nhiệt tương K_{td} tính đến sự truyền nhiệt qua lớp cách điện và không khí trung gian và bề mặt toả nhiệt của mạch từ .

$$K_{td} = \frac{1}{\frac{\sum \delta_i}{\lambda_i S_t} + \frac{1}{K_{tm} - \frac{S_m}{S_t}}}$$

Ở đây :

δ_i và λ_i là chiều dày và hệ số dẫn nhiệt của lớp cách điện và không khí trung gian giữa dây quấn và lõi thép .

S_t bề mặt toả nhiệt bên trong cuộn dây

K_{tm} Hệ số toả nhiệt từ bề mặt mạch từ vào môi trường xung quanh .

S_m bề mặt làm mát của mạch từ .

Đối với cuộn dây nam châm điện xoay chiều trong trường hợp tổn hao trong thép không đáng kể và nhiệt độ mạch từ thấp. Bề mặt toả nhiệt có thể lấy như đối với một chiều.

Trong trường hợp tổn hao trong lõi thép lớn, nhiệt độ mạch từ cao gần như nhiệt độ bên trong cuộn dây thì ta coi như cuộn dây không truyền nhiệt vào trong mạch từ và $S = S_n$. Đối với các cuộn dây được bao bọc bởi các chi tiết khác, việc tính toán nhiệt cho cuộn dây phải tiến hành tính quá trình truyền nhiệt từ cuộn dây đến bề mặt toả nhiệt bên ngoài .

3- Hệ số toả nhiệt K_t

Khi dùng công thức Newton hệ số toả nhiệt được lấy như ở bảng 6-5 .

Khi cần xác định chính xác K_t ta phải tiến hành tính toán riêng lẻ từng dạng trao đổi nhiệt .

III/- TÍNH TOÁN NHIỆT ĐỘ TRUNG BÌNH VÀ NHIỆT ĐỘ LỚN NHẤT CỦA CÁC LỚP DÂY CUỐN BÊN TRONG

Sự phân bố nhiệt độ bên trong cuộn dây rất phức tạp và phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau. Trong khi tính toán, để đơn giản ta giả thiết như sau :

1-Nhiệt độ trên toàn bộ bề mặt toả nhiệt là như nhau .

2-Nguồn nhiệt bên trong phân bố đồng đều theo thể tích .

3-Trường nhiệt ở các tiết diện có bán kính khác nhau là như nhau (như ở cuộn dây hình chữ nhật) Thực nghiệm chứng minh rằng chỉ sai số 2-3

4- Kết cấu phức tạp của dây quấn gồm dây dẫn kim loại, cách điện, các loại sơn tẩm, các lớp không khí trung gian được coi như vật thể đồng nhất có hệ số dẫn nhiệt tương đương không phụ thuộc vào nhiệt độ theo thể tích cuộn dây.

5- Khi không có toả nhiệt ở mặt đầu cuộn dây có thể coi điều kiện phát nóng của cuộn dây như phát nóng của cuộn dây có chiều dài vô cùng .

1-Nhiệt độ trung bình của cuộn dây

Đường cong biểu thị sự thay đổi nhiệt độ bên trong dây quấn gần với đường parabol bậc hai và giá trị trung bình của nhiệt độ Θ_{tb} và độ tăng nhiệt trung bình thường bằng $2/3$ giá trị cực đại Θ_{max}

Thực tế, muốn xác định nhiệt độ trung bình của cuộn dây thường dùng phương pháp nhiệt trở nhiệt độ trung bình của dây quấn được quy định trong tiêu chuẩn .

2-Tính toán nhiệt độ lớn nhất của dây quấn

Tùy theo cấu tạo của mỗi một cuộn dây mà vị trí điểm nóng nhất của cuộn dây thay đổi .

a) Các cuộn dây có sự toả nhiệt ở mọi phía đều như nhau thì các vòng dây ở giữa tiết diện ngang của cuộn dây là nóng nhất.

b) Các cuộn dây có bề mặt toả nhiệt là bề mặt trong và bề mặt ngoài. Còn hai mặt đầu không toả nhiệt thì lớp dây ở giữa tiết diện ngang cuộn dây là nóng nhất.

c) Các cuộn dây chỉ có bề mặt tỏa nhiệt là bề mặt ngoài, còn các bề mặt khác tỏa nhiệt rất khó khăn thì lớp dây ở bề mặt trong là nóng nhất, loại này thường là cuộn dây của nam châm điện xoay chiều .

Nếu bề mặt tỏa nhiệt gồm tất cả các bề mặt ngoài, trong và mặt đầu nhưng hệ số tỏa nhiệt của các bề mặt đó khác nhau thì vị trí điểm nóng nhất cũng thay đổi

Với các giả thiết ở trên nhiệt độ tăng nhiệt lớn nhất của các lớp dây quấn bên trong có thể xác định từ công thức sau :

Đối với cuộn dây hình trụ :

$$\tau_{\max} - \tau_n = \frac{p}{4\lambda_{td}} (r_n^2 - r_{\max}^2) + \frac{Pr_{\max}^2}{2\lambda_{td}} \ln \left(\frac{r_{\max}}{r_n} \right)$$

Đối với cuộn dây hình chữ nhật:

$$\tau_{\max} - \tau_n = \frac{p}{4\lambda_{td}} \left(h_{td} - \frac{A_{dq\max} - A_{dqt}}{2} \right)^2$$

Trong đó :

P là tổn hao trong một đơn vị thể tích dây quấn

$$P_{\Theta} = \frac{P_{\Theta}}{V_{dq}}$$

r_n và $r_{\max}$ là bán kính bề mặt ngoài dây quấn và bán kính chỗ phát nóng lớn nhất.

h_{dq} - chiều cao dây quấn (m) .

A_{dqt} và $A_{dq\max}$ - kích thước bên trong dây quấn và kích thước lớp dây quấn nóng nhất.

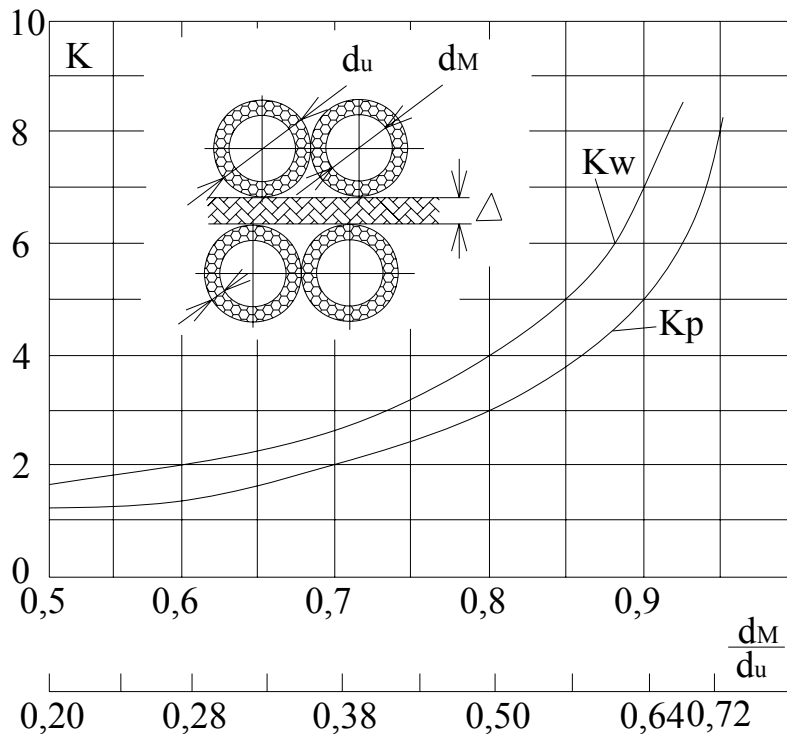
λ_{td} - hệ số dẫn nhiệt tương của cuộn dây được tính như ở phần sau:

3-Tính toán hệ số dẫn nhiệt tương đương của dây quấn

Dây quấn cuộn dây bao gồm nhiều loại vật liệu khác nhau như kim loại, cách điện của dây dẫn, cách điện của các lớp dây dẫn, sơn tẩm và không khí giữa các vòng dây được coi như là vật thể đồng nhất có hệ số dẫn nhiệt tương đương là:

$$\lambda_{td} = k\lambda_{cd}$$

Ở đây K = hệ số tính đến sự phụ thuộc của đường dòng nhiệt vào đặc điểm xếp đặt dây dẫn (quấn thường K_{qt} hay quấn xen kẽ K_x), đường kính dây dẫn, chiều dày cách điện giữa các lớp, có thể tìm k trong hình 6-7.



Hình 6-7: Sự phụ thuộc của hệ số K_{th} và K_{th} vào tỷ số $\frac{d}{d_{cd}}$ và hệ số lấp

đầy dây quấn

Khi quấn thường và quấn xen kẽ

Giả thiết rằng nhiệt độ ở tiết diện phần kim loại dây dẫn là như nhau và toàn bộ bộ giảm nhiệt độ (tạo ra độ chênh nhiệt) xảy ra ở lớp cách điện, hệ số dẫn nhiệt của lớp cách điện sẽ được biểu thị bằng:

$$\lambda_{cd} = \frac{2\delta + 2b + 2\Delta}{\frac{2\delta}{\lambda_{\delta}} + \frac{2b}{\lambda_b} + \frac{2\Delta}{\lambda_{\Delta}}}$$

Trong đó

δ, b, Δ - chiều dày cách điện của dây dẫn, của sơn tẩm hoặc không khí, của cách điện giữa các lớp .

$\lambda_{\delta}, \lambda_b, \lambda_{\Delta}$ - Hệ số dẫn nhiệt tương ứng với các lớp δ, b, Δ chỉ trong bảng (3-8)

Đối với dây dẫn tròn chiều dày của sơn tẩm hoặc không khí được xác định như sau:

Dây quấn thường:

$$2b_{th} = \frac{d_{cd}}{2} \left(2\sqrt{1 - \frac{d^2}{d_{cd}^2}} - \frac{d_{cd}}{d} \arcsin \frac{d}{d_{cd}} \right)$$

Dây quấn xen kẽ :

$$2b_x = \frac{d_{cd}}{2} \left(2\sqrt{4 - \frac{d^2}{d_{cd}^2}} - 2\frac{d_{cd}}{d} \arcsin \frac{d}{d_{cd}} \right)$$

Bảng 6-8: Hệ số dẫn nhiệt của cách điện dây dẫn cách điện giữa các vòng dây, giữa các lớp dây .

Hệ số	Khòn tẩm sơn cách điện	Có tẩm sơn cách điện	Vật liệu cách điện
λ_{δ}	0,06 - 0,07	0,11 - 0,12	ПБ0, П6А
	0,08 - 0,09	0,13 - 0,15	ПЭ1
	0,10 - 0,19	0,15 - 0,2	ПЭВ, ПЭВТА, ПЭТВ
	0,2 - 0,25	0,23 - 0,3	ПА
λ_b	0,02- 0,03	0,15 - 0,3	Lớp không khí mỏng

λ_{Δ}	0,07 - 0,43	0,11 - 0,18	Cách điện giấy
--------------------	-------------	-------------	----------------

§ 6-5/- TÍNH TOÁN NHIỆT CỦA MẠCH TỪ XOAY CHIỀU VÀ VÒNG NGẮN MẠCH

Đối với mạch từ một chiều do không có tổn hao, do dòng điện xoay và từ trễ nên lõi thép không nóng, độ tăng nhiệt của lõi thép chủ yếu là do sự truyền nhiệt từ cuộn dây vào lõi thép.

Đối với mạch từ nam châm điện xoay chiều ta có thể tính toán phát nóng cùng với cuộn dây như ở phần phát nóng cuộn dây đã trình bày, hoặc tính riêng rẽ phát nóng của mạch từ do các tổn hao trong mạch từ gây nên .

Độ tăng nhiệt của vòng ngắn mạch có thể được xác định bằng công thức Newton

$$\tau_{lv} = \frac{P_{vn}}{K'_{tv}S'_{vn} + K''_{tv}S''_{vn}} \quad ^\circ\text{C}$$

Trong đó:

R_{vn} - tổn hao công suất trong vòng ngắn mạch ở nhiệt độ $\Theta_{vn} = \tau_{vn} + \Theta_{mt}$ thường đạt đến 200 - 250 $^\circ\text{C}$.

$S'_{vn}, K'_{tv}, S''_{vn}, K''_{tv}$: Bề mặt và hệ số tỏa nhiệt của các phần vòng ngắn mạch tiếp xúc với lõi thép mạch từ và phần được.

Đối với các phương pháp lắp ráp vòng ngắn mạch thông thường nhiệt độ phát nóng của nó trong dải từ 50 – 250 $^\circ\text{C}$, khi nhiệt độ môi trường xung quanh là 15 – 40 $^\circ\text{C}$ có thể lấy ;

$$K'_{tv} = 29(1 + \Theta_{vn} 0.0068) \quad \text{W/m}^2 \quad ^\circ\text{C}$$

$$K''_{tvn} = 30(1 + 0.0017 \Theta_{nv}) \quad \text{W/m}^2 \quad ^\circ\text{C}$$

§6-6/-TÍNH TOÁN NHIỆT CỦA TOÀN BỘ KHÍ CỤ ĐIỆN

I/-Nhiệm vụ và các dạng tính toán nguồn nhiệt

1)Nhiệm vụ :

Sau khi tính toán và thiết kế tất cả các chi tiết của khí cụ điện ta phải kiểm nghiệm nhiệt bao gồm các nhiệm vụ sau :

a)- Xác định nhiệt độ trên bề mặt các chi tiết kim loại, xác định nhiệt độ lớn nhất và nhiệt độ trung bình bên trong các cụm có chứa vật liệu cách điện .

b) - Xác định nhiệt độ môi trường làm mát bên trong vỏ đối với các khí cụ điện có vỏ bao ngoài.

c)- Xác định nhiệt độ bên ngoài của thành vỏ hộp

2)Nguồn nhiệt:

Nhiệt được sinh ra ở các nguồn nhiệt sau:

-Vật dẫn điện (thanh dẫn)

-Các tiếp điểm đóng cắt dòng điện hoặc không đóng ngắt (các mối nối tiếp xúc tháo được và không tháo được).

-Cuộn dây nam châm điện.

-Mạch từ xoay chiều, trong đó có vòng ngắn mạch.

-Hồ quang điện khi vận hành khí cụ điện.

-Các chi tiết không dẫn điện đặt trong từ trường.

-Ma sát ở các khớp động của các chi tiết và trong các bộ phận xoắn xung .

-Các nguồn nhiệt khác.

II/-XÁC ĐỊNH NHIỆT ĐỘ BỀ MẶT VỎ NGOÀI

Tuỳ theo kết cấu của vỏ ngoài mà toàn bộ lượng nhiệt có thể toả ra ở vỏ hoặc chỉ toả ra ở vỏ một phần, còn một phần nhờ không khí đưa ra khỏi vỏ qua các lỗ thông gió .

Việc tính toán nhiệt bề mặt ngoài của vỏ ở chế độ dài hạn ổn định có thể thực hiện theo công thức Newton (6-12)

$$P = K_t S_{bm} \tau \quad (W)$$

Trong đó :

P- gồm tất cả các tổn hao trong khí cụ điện .

K_t - hệ số toả nhiệt có thể lấy ở bảng 5-5 khi cần chính xác ta cần xác định riêng rẽ hệ số toả nhiệt của đối lưu và bức xạ .

S_{bm} - bề mặt làm mát gần đúng có thể phân làm 3 phần :

Phía dưới S_d , phần giữa S_g , và phần phía trên S_t để tính đến các điều kiện toả nhiệt khác nhau ở các phần đó của vỏ .

Công thức Newton lúc này có dạng .

$$P = K_{td} \cdot S_d \cdot \tau_d + K_{dg} S_g \tau_g + K_{tt} S_t \tau_t$$

Độ tăng nhiệt trong các phần vỏ không được vượt quá trị số đã quy định .

III/-TÍNH TOÁN NHIỆT ĐỘ TRUNG BÌNH VÀ NHIỆT ĐỘ CỰC ĐẠI CỦA KHÍ CỤ ĐIỆN ĐẶT TRONG VỎ KÍN

Các nam châm điện hút lõi thép phản ứng vào trong cuộn dây có thân vỏ thép bằng gang, là những khí cụ điện đặt trong vỏ kín.

Trong bộ nhiệt sinh ra được toả ra từ bề mặt thân để chủ yếu bằng đối lưu và bức xạ chỉ một phần nhỏ nhiệt được toả ra bằng dẫn nhiệt từ bề mặt thân để qua những chi tiết lắp đặt cố định nó, ta có thể bỏ qua phần này .

Nhiệt độ bề mặt thân Θ_{th} và độ tăng nhiệt được xác định theo công thức Newton

Nhiệt độ bề mặt ngoài của dây quấn được xác định theo công thức :

$$\Theta_n = \Theta_{th} + PR_{dqth}$$

Ở đây :

Θ_n - nhiệt độ của bề mặt ngoài dây quấn .

Θ_{th} - nhiệt độ bề mặt ngoài thân.

P - công suất toả ra từ dây quấn qua thân

R_{dqth} - nhiệt trở của các lớp trung gian giữa bề mặt cuộn dây và bề mặt thân.

$$\begin{aligned} R_{dqth} &= \frac{0.5R_{md}R_v}{0.5R_{md} + R_v} = \frac{0.5 \frac{\delta_{md}}{\lambda_{md}S_{md}} \cdot \frac{\delta_v}{\lambda_v\delta_v}}{0.5 \frac{\delta_{md}}{\lambda_{md}S_{md}} + \frac{\delta_v}{\lambda_v\delta_v}} = \\ &= \frac{0.5\lambda_{md}\delta_v}{0.5\lambda_{md}\lambda_vS_v + \delta_v\lambda_{md}S_{md}} \end{aligned}$$

Trong đó :

S_v, S_{md} - Diện tích bề mặt vỏ và mặt đầu cuộn dây m^2 .

λ_v, λ_{md} - Hệ số dẫn nhiệt của phần vỏ và mặt đầu được xác định.

$$\begin{aligned} \lambda_v &= \frac{\frac{\delta_{cdv} + \delta_{kkv}}{\delta_{cdv} + \frac{\delta_{khv}}{\lambda_{kkv}}}}{W/m^{\circ}C} \quad \text{và} \quad \lambda_{md} = \\ &= \frac{\frac{\delta_{cdmd} + \delta_{khmd}}{\delta_{cdmd} + \frac{\delta_{khmd}}{\lambda_{kkmd}}}}{W/m^{\circ}C} \\ \delta_{cdv}, \delta_{khv}, \delta_{chmd}, \delta_{khmd} &: \text{chiều dày lớp cách điện và lớp không khí trung gian giữa vỏ và cuộn dây .} \end{aligned}$$

Nhiệt độ cực đại Θ_{max} và nhiệt độ trung bình bên trong cuộn dây được xác định như ở phần tính nhiệt cuộn dây đã giới thiệu.

IV/-TÍNH TOÁN NHIỆT ĐỘ TRUNG BÌNH CỦA VÙNG PHÁT NÓNG TRONG KHÔNG CÓ THÔNG GIÓ CỦA KHÍ CỤ ĐIỆN

Tính toán nhiệt độ của từng chi tiết, cụm chi tiết đặt trong vỏ là phức tạp, một cách gần đúng ta có thể tính nhiệt độ trung bình của một vùng phát nóng trong đó có đặt một nguồn nhiệt và giả thiết rằng các vùng này và bề mặt của nó có nhiệt độ trung bình $\Theta_{vtb} = \Theta_{bm}$ nhiệt độ này được tính toán xuất phát từ nhiệt độ bề mặt ngoài của vỏ và nhiệt trở giữa vùng đó với vỏ .

Sau đó từ nhiệt độ trung bình của vùng, ta tính nhiệt độ của từng chi tiết và cụm chi tiết dựa theo sơ đồ nhiệt thay thế tương đương .

V/-TÍNH TOÁN NHIỆT CỦA KHÍ CỤ ĐIỆN ĐẶT TRONG VỎ HỘP CÓ THÔNG GIÓ TỰ NHIÊN

Toàn bộ công suất P sinh ra nhiệt được toả ra môi trường bên ngoài bằng hai đường: Một phần P_v được toả ra từ bề mặt vỏ hộp chủ yếu bằng bức xạ và đối lưu, phần khác P_{kk} được toả bằng dòng không khí đi qua các lỗ thông gió. Phần công suất P_v toả nhiệt qua vỏ được tính toán như ở phần II.

Để toả công suất P_{kk} cần bảo đảm lưu lượng khí $V(m^3/s)$ thể tích không khí V này có thể xác định từ biểu thức:

$$P_{kk} = \Theta_k V (\Theta_{vtb} - \Theta_{mt}) \quad W \quad (6.34)$$

Trong đó:

Θ_k - nhiệt dung riêng của không khí ở áp suất không đổi Jun/m^3
°C

Θ_{mt} - nhiệt độ của môi trường không khí xung quanh vỏ hộp .

Θ_{vtb} - nhiệt độ trung bình của không khí trong vỏ lưu lượng khí V được xác định.

$$V = v S_1 \quad (6.35)$$

Trong đó:

S_1 - diện tích lỗ thông gió m^2

v - Tốc độ chuyển động của không khí tính theo công thức sau .

$$v = \sqrt{\frac{2gh(\gamma_{mt} - \gamma_v)}{\gamma_{tb}\xi}} = \mu \sqrt{\frac{2gn(\gamma_{mt} - \gamma_v)}{\gamma_{tb}}} \quad (6.36)$$

Trong đó:

h- Khoảng cách giữa các trục lỗ thông gió (m).

$k = 0.01 \text{ m/s}^2$ – gia tốc trọng trường .

γ_{mt} , γ_v - khối lượng riêng của không khí môi trường và không khí trong vỏ hộp. (KG/m^3)

ξ - hệ số trở lực khí động của lỗ thông gió .

$\mu = 1/\sqrt{\xi}$ - hệ số tiêu hao không khí lấy theo bảng 5-9

$$\gamma_{tb} = 0.5(\gamma_{mt} + \gamma_v)$$

Từ công thức (6-35) ta có thể xác định được diện tích cần thiết của lỗ thông gió .

Bảng 6-5 : Hệ số tiêu hao không khí và trọng lực khí động ở các lỗ thông gió.

b - chiều rộng của lỗ, l : chiều dài của lỗ .

Góc nghiêng tấm che (độ)	b : l = 1 :		b : l = 1 :		b : l = 1 :	
	1		2		∞	
	ξ	μ	ξ	μ	ξ	μ
15	15	0,25	20,6	0,22	30,8	0,18
30	5,65	0,42	6,9	0,36	9,15	0,33
45	3,68	0,52	4,0	0,50	5,15	0,44
60	3,07	0,57	3,18	0,56	5,58	0,53
90	2,59	0,62	2,39	0,62	2,59	0,62

VI/-TÍNH TOÁN NHIỆT CỦA KHÍ CỤ ĐIỆN ĐẶT TRONG HỘP DẦU VÀ THÙNG DẦU.

Việc tính toán nhiệt của khí cụ điện đặt trong thùng dầu máy biến áp làm việc dài hạn được tiến hành tương tự như tính toán với khí cụ điện đứng trong vỏ hộp khí không có lỗ thông gió ở chế độ làm việc ngắn hạn có thể cho rằng toàn bộ nhiệt lượng tỏa ra được các chi tiết, các cụm và chủ yếu là đầu hấp thụ. Vì vậy bài toán cơ bản của tính toán nhiệt là xác định khối lượng dầu cần thiết. Đối với biến trở mở máy động cơ có yêu cầu biến trở chịu được 3 lần khởi động liên tiếp có khoảng nghỉ bằng 2 lần thời gian khởi động, khối lượng dầu cần thiết có thể xác định theo công thức:

$$M = \frac{P_{dm} \cdot \alpha \cdot t_{kd} \cdot Z \cdot 100(1 - \beta)}{2\xi\tau_d C}, \text{ KG} \quad (6-37)$$

Trong đó:

P_{dm} – Công suất định mức của động cơ (KW)

α - Tỷ số giữa mômen khởi động trung bình và mô đun định mức của động cơ.

t_{kd} – thời gian khởi động (sec)

Z – Số lần khởi động liên tiếp (thường $Z=3$)

$\xi = 0,5 \div 0,6$ Hệ số tính đến quan hệ giữa nhiệt độ cực đại và nhiệt độ trung bình của các lớp dầu.

τ_d - Nhiệt độ cực đại cho phép của dầu.

$C = 1,8 \text{ J/g } ^\circ\text{C}$ nhiệt độ riêng của dầu.

$\beta = 0,1 - 0,3$ Hệ số tính đến phần năng lượng được các chi tiết khác hấp thụ.

-----Hết-----