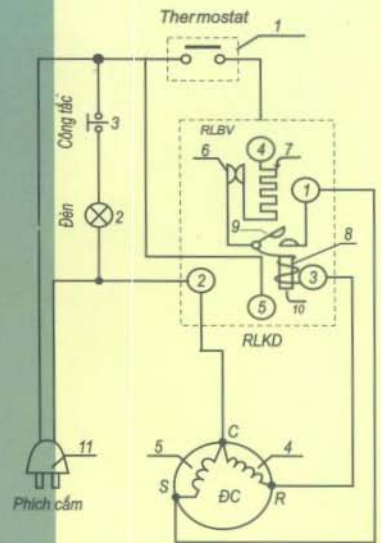
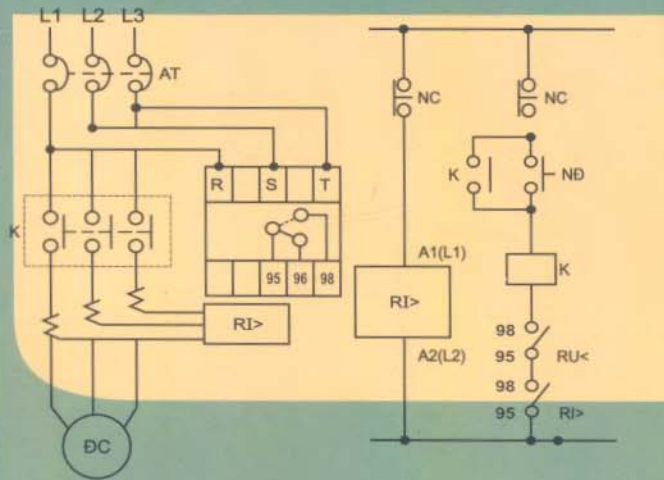


Giáo trình

ĐIỆN DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP

SÁCH DÙNG CHO CÁC TRƯỜNG ĐÀO TẠO HỆ TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP



VŨ VĂN TẮM

GIÁO TRÌNH

ĐIỆN DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP

Sách dùng cho các trường đào tạo hệ Trung học chuyên nghiệp

.(Tái bản lần thứ ba)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

Lời giới thiệu

Việc tổ chức biên soạn và xuất bản một số giáo trình phục vụ cho đào tạo các chuyên ngành Điện - Điện tử, Cơ khí - Động lực ở các trường THCN - DN là một sự cố gắng lớn của Vụ Trung học chuyên nghiệp - Dạy nghề và Nhà xuất bản Giáo dục, nhằm từng bước thống nhất nội dung dạy và học ở các trường THCN trên toàn quốc.

Nội dung của giáo trình đã được xây dựng trên cơ sở kế thừa những nội dung được giảng dạy ở các trường, kết hợp với những nội dung mới nhằm đáp ứng yêu cầu nâng cao chất lượng đào tạo phục vụ sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa. Đề cương của giáo trình đã được Vụ Trung học chuyên nghiệp - Dạy nghề tham khảo ý kiến của một số trường như : Trường Cao đẳng Công nghiệp Hà Nội, Trường TH Việt - Hung, Trường TH Công nghiệp II, Trường TH Công nghiệp III v.v... và đã nhận được nhiều ý kiến thiết thực, giúp cho tác giả biên soạn phù hợp hơn.

Giáo trình do các nhà giáo có nhiều kinh nghiệm giảng dạy ở các trường Đại học, Cao đẳng, THCN biên soạn. Giáo trình được biên soạn ngắn gọn, dễ hiểu, bổ sung nhiều kiến thức mới và biên soạn theo quan điểm mở, nghĩa là, để cập những nội dung cơ bản, cốt yếu để tùy theo tính chất của các ngành nghề đào tạo mà nhà trường tự điều chỉnh cho thích hợp và không trái với quy định của chương trình khung đào tạo THCN.

Tuy các tác giả đã có nhiều cố gắng khi biên soạn, nhưng giáo trình chắc không tránh khỏi những khiếm khuyết. Vụ Trung học chuyên nghiệp - Dạy nghề đề nghị các trường sử dụng những giáo trình xuất bản lần này để bổ sung cho nguồn giáo trình đang rất thiếu hiện nay, nhằm phục vụ cho việc dạy và học của các trường đạt chất lượng cao hơn. Các giáo trình này cũng rất bổ ích đối với đội ngũ kỹ thuật viên, công nhân kỹ thuật để nâng cao kiến thức và tay nghề cho mình.

Hy vọng nhận được sự góp ý của các trường và bạn đọc để những giáo trình được biên soạn tiếp hoặc lần tái bản sau có chất lượng tốt hơn. Mọi góp ý xin gửi về NXB Giáo dục - 81 Trần Hưng Đạo - Hà Nội.

VỤ THCN - DN

Mở đầu

Giáo trình **ĐIỆN DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP** được biên soạn để cương do vụ **THCN - DN**, Bộ Giáo dục & Đào tạo xây dựng và thông qua. Nội dung được biên soạn theo tinh thần ngắn gọn, dễ hiểu. Các kiến thức trong toàn bộ giáo trình có mối liên hệ logic chặt chẽ. Tuy vậy, giáo trình cũng chỉ là một phần trong nội dung của chuyên ngành đào tạo cho nên người dạy, người học cần tham khảo thêm các giáo trình có liên quan đối với ngành học để việc sử dụng giáo trình có hiệu quả hơn.

Khi biên soạn giáo trình, chúng tôi đã cố gắng cập nhật những kiến thức mới có liên quan đến môn học và phù hợp với đối tượng sử dụng cũng như cố gắng gắn những nội dung lí thuyết với những vấn đề thực tế thường gặp trong sản xuất, đời sống để giáo trình có tính thực tiễn cao.

Nội dung của giáo trình được biên soạn với dung lượng 90 tiết, gồm :

Chương 1. Sử dụng và sửa chữa những hư hỏng của dụng cụ do điện ;
Chương 2. Máy điện ;
Chương 3. Bảo vệ máy điện ;
Chương 4. Máy lạnh ;
Chương 5. Tự động hoá hệ thống lạnh ;
Chương 6. Thiết bị gia nhiệt, sử dụng và sửa chữa những hư hỏng thường gặp ;
Chương 7. Khởi động động cơ điện. Một số mạch điều khiển động cơ điện thường gặp ;
Chương 8. Những mạch bảo vệ và tự động hoá trong dân dụng và công nghiệp.

Trong quá trình sử dụng, tùy theo yêu cầu cụ thể có thể điều chỉnh số tiết trong mỗi chương. Trong giáo trình, chúng tôi không đề ra nội dung thực tập của từng chương, vì trang thiết bị phục vụ cho thực tập của các trường không đồng nhất. Vì vậy, căn cứ vào trang thiết bị đã có của từng trường và khả năng tổ chức cho học sinh thực tập ở các xí nghiệp bên ngoài mà trường xây dựng thời lượng và nội dung thực tập cụ thể - Thời lượng thực tập tối thiểu nói chung cũng không ít hơn thời lượng học lí thuyết của mỗi môn.

Giáo trình được biên soạn cho đối tượng là học sinh **THCN**, công nhân lành nghề bậc 3/7 và nó cũng là tài liệu tham khảo bổ ích cho sinh viên Cao đẳng kĩ thuật cũng như kĩ thuật viên đang làm việc ở các cơ sở kinh tế nhiều lĩnh vực khác nhau.

Mặc dù đã cố gắng nhưng chắc chắn không tránh khỏi hết khiếm khuyết. Rất mong nhận được ý kiến đóng góp của người sử dụng để lần tái bản sau được hoàn chỉnh hơn. Mọi góp ý xin được gửi về NXB Giáo Dục - 81 Trần Hưng Đạo, Hà Nội.

TÁC GIẢ

Chương 1

SỬ DỤNG VÀ SỬA CHỮA NHỮNG HƯ HỎNG CỦA DỤNG CỤ ĐO ĐIỆN

1.1. MỞ ĐẦU VÀ CÁC ĐẶC TÍNH CƠ BẢN CỦA DỤNG CỤ ĐO

Đo lường là một quá trình đánh giá định lượng các đại lượng cần đo để có kết quả xác định so với đơn vị cần đo.

1.1.1. Các đặc tính cơ bản của thiết bị đo

a) Độ nhạy và thang đo

Độ nhạy của dụng cụ đo là giá trị nhỏ nhất mà dụng cụ đo có thể đo được.

b) Độ chính xác của thiết bị đo

Chỉ tiêu quan trọng nhất của thiết bị đo là độ chính xác của nó.

Một phép đo bất kì cũng có sai lệch so với đại lượng đúng.

$$\delta_i = x_i - x_d \quad (1-1)$$

Trong đó : x_i : kết quả đo thứ i ;

x_d : giá trị đúng của đại lượng đo.

Có thể xác định giá trị gần với x_d bằng cách dùng một dụng cụ đo có cấp chính xác cao hơn hoặc có thể lấy giá trị trung bình của nhiều lần đo.

δ_i : sai số của lần đo thứ i .

Sai số tuyệt đối của một dụng cụ đo là giá trị lớn nhất của các sai lệch (sai số) gây nên bởi dụng cụ đo trong quá trình đo.

$$\Delta x = \max |\delta_i| \quad (1-2)$$

Sai số tuyệt đối của dụng cụ đo không được dùng để đánh giá tính chính xác của dụng cụ đo.

Độ chính xác của phép đo được đánh giá bằng sai số tương đối của phép đo và được tính theo công thức :

$$\beta = \frac{\Delta x}{x} \quad (1-3)$$

Trong đó : Δx : sai số tuyệt đối của phép đo ;

x : giá trị của đại lượng đo. Đối với dụng cụ đo, đại lượng x thường lấy bằng kết quả cao nhất của thang đo ;

β : độ chính xác tương đối của một phép đo.

Đối với dụng cụ điện, độ chính xác tương đối của dụng cụ đo được tính như sau :

$$\gamma = \frac{\Delta x}{D_x} \quad (1-4)$$

Trong đó : γ : sai số tương đối của dụng cụ đo ;

Δx : sai số tuyệt đối của phép đo ;

D_x : khoảng đo cao nhất có thể có của mặt thang chia độ.

Giá trị γ được dùng để đánh giá cấp chính xác của dụng cụ đo và được ghi trên mặt đồng hồ với mỗi dụng cụ sau khi chế tạo.

Ví dụ : Mặt dụng cụ đo ghi cấp chính xác là 1, có sai số tương đối $\gamma = 1\%$.

Đối với mỗi cán bộ kĩ thuật và công nhân sửa chữa dụng cụ đo điện, phải biết đánh giá những sai số của dụng cụ đo sau mỗi lần sửa chữa. Đầu tiên khôi phục các tính năng của dụng cụ đo, đảm bảo độ chính xác theo nhà chế tạo. Nếu không khôi phục được độ chính xác cần thiết, có thể ghi độ chính xác sau sửa chữa, để cho người sử dụng biết với độ chính xác như vậy, nên dùng để đo trong trường hợp nào là phù hợp.

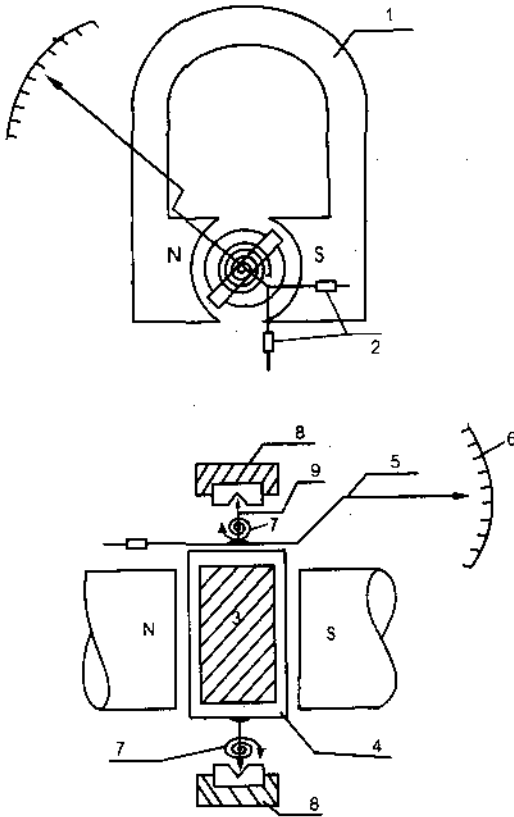
1.2. CƠ CẤU ĐO TỪ ĐIỆN. ỨNG DỤNG VÀ CÁCH KHẮC PHỤC NHỮNG HƯ HỎNG

1.2.1. Cấu tạo

Phần tĩnh của cơ cấu đo từ điện là một mạch từ khép kín, gồm có một nam châm vĩnh cửu. Trên thực tế có nhiều kết cấu mạch từ khác nhau, nhưng đều có mục đích tạo ra một từ trường mạnh và đều ở khe hở giữa mạch từ (hình 1-1). Từ trường ở khe hở có giá trị từ 0,2 ÷ 0,4 Tesla. Giữa khe hở từ đặt một lõi sắt non hình trụ, mục đích là giảm khe hở không khí, tăng từ trường ở khe hở. Bao quanh lõi sắt non đặt một khung dây hình chữ nhật. Khung dây thường làm bằng nhôm mỏng, trên đó quấn cuộn dây, dây quấn dùng dây émay (dây đồng có bọc sơn cách điện) đường kính dây từ 0,02 ÷ 0,25 mm. Trục quay gắn chặt vào khung dây, trên trục quay gắn

lò xo cân ở phía trên và phía dưới khung dây. Lò xo cân có 2 tác dụng : tạo mômen cân và làm nhiệm vụ dẫn điện vào khung dây. Lò xo là hợp kim đồng có pha beryly, đàn hồi tốt và ổn định theo nhiệt độ. Lò xo cân chế tạo thành hình xoắn ốc, một đầu gắn vào phần động của cơ cấu, còn đầu kia gắn vào giá đỡ cố định. Để giảm ma sát, tăng độ nhạy của cơ cấu, trục quay của khung dây được đặt trên ổ đỡ, đầu kia của trục quay được tì lên đá quý đặt trong ổ đỡ.

Để giảm ma sát tối đa, khung dây được treo bằng dây đàn hồi (hình 1-2).



Hình 1-1

Cấu tạo cơ cấu đo từ điện.

1. Nam châm vĩnh cửu ;
2. Quả đối trọng ;
3. Lõi sắt non ;
4. Khung dây ;
5. Kim chỉ thị ;
6. Thang chia độ ;
7. Lò xo cân ;
8. Giá đỡ ;
9. Trục quay.

1.2.2. Nguyên lí làm việc

Khi cho dòng điện vào khung dây, từ trường ở khe hở không khí tác dụng lên dòng điện ở khung dây một lực điện từ, lực này tạo nên mô men quay và làm cho khung dây quay. Độ lớn của mô men quay bằng :

$$M_q = \frac{dW_{dt}}{d\alpha} \quad (1-5)$$

Trong đó :

W_{dt} : năng lượng điện từ tích lũy của cơ cấu ;

α : góc quay do lực điện từ tạo ra.

Với diện một chiều, năng lượng điện từ bằng :

$$W_{dt} = I\psi = BSNI \quad (1-6)$$

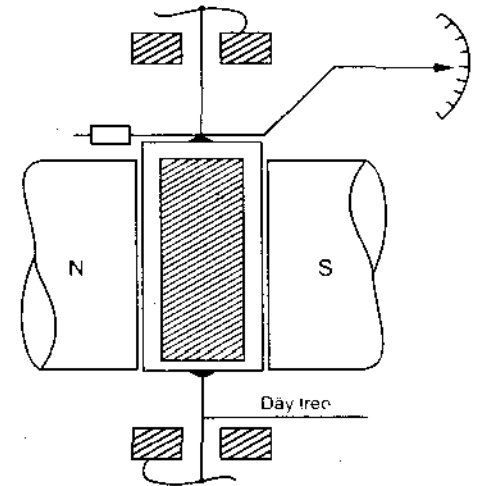
Trong đó :

I : cường độ dòng điện ;

ψ : từ thông móc vòng ;

B : độ từ cảm ;

N : số vòng dây của khung dây ;



Hình 1-2. Cơ cấu đo từ điện dùng dây treo.

S : tiết diện mặt cắt ngang vuông góc với từ cảm của khe hở không khí.

Thay (1-6) vào (1-5) ta có :

$$M_q = \frac{dW_{dt}}{d\alpha} = \frac{dI\psi}{d\alpha} = \frac{Id\psi}{d\alpha} = BSNI \frac{d\alpha}{d\alpha} = BSNI \quad (1-7)$$

Trong đó : $d\psi = BSNd\alpha$

Dưới tác dụng của mô men quay, khung dây quay làm cho lò xo cân xoắn lại, tạo ra mô men cản của lò xo. Mô men cản lò xo bằng :

$$M_c = K\alpha \quad (1-8)$$

Trong đó :

M_c : mô men cản lò xo ;

K : hệ số đàn hồi của lò xo ;

α : góc quay của khung dây.

Khi khung dây quay đến một vị trí nào đó sẽ cân bằng với mô men cản, ta có :

$$M_q = M_c \rightarrow BSNI = K\alpha \quad (1-9)$$

$$\alpha = \frac{BSNI}{K} \quad (1-10)$$

1.2.3. Đặc điểm của cơ cấu đo từ điện

a) *Quan hệ giữa góc quay của khung dây và dòng điện đi vào khung dây là tuyến tính*, vì thế thang chia độ của mặt số dụng cụ đo là đều, do đó có thể dễ dàng chế tạo dụng cụ đo có nhiều thang đo.

b) *Độ nhạy của cơ cấu đo từ điện cao vì từ trường ở khe hở không khí lớn*

Có thể chế tạo dụng cụ đo trực tiếp được dòng điện nhỏ như microampe kế, miliampe kế...

c) *Độ chính xác cao*, có thể chế tạo dụng cụ đo có độ chính xác đến 0,05.

d) *Tiêu thụ công suất nhỏ*

e) *Kết cấu phức tạp, giá thành cao*

1.2.4. Ứng dụng cơ cấu đo từ điện để chế tạo các dụng cụ đo dòng điện

Theo công thức (1-7), mô men quay của cơ cấu đo từ điện tỉ lệ bậc nhất với dòng điện nên cơ cấu đo từ điện chỉ đo được dòng điện một chiều.

a) *Đo dòng điện một chiều*

Để đo dòng điện một chiều nhỏ, có thể đo trực tiếp dòng điện một chiều bằng các dụng cụ đo như microampe kế và miliampe kế.

Để đo dòng điện một chiều lớn hơn dòng điện của cơ cấu đo, người ta mắc song song với cơ cấu đo một điện trở R_s (hình 1-3).

Cách chọn điện trở R_s phù hợp với dòng điện cần đo và cơ cấu đo :

Từ hình 1-3 ta có :

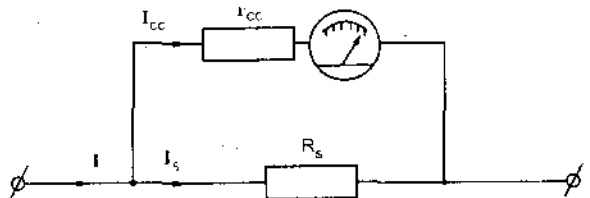
$$I_{cc}r_{cc} = I_s R_s \quad (1-11)$$

$$I_s = I - I_{cc} \quad (1-12)$$

Lấy (1-12) thay vào (1-11) :

$$I_{cc}r_{cc} = (I - I_{cc})R_s \quad (1-13)$$

$$R_s = \frac{I_{cc}r_{cc}}{I - I_{cc}} \quad (1-14)$$



Hình 1-3. Sơ đồ ampe kế từ điện có mắc song song điện trở R_s .

$$R_s = \frac{r_{cc}}{\frac{I}{I_{cc}} - \frac{I_{cc}}{I}} = \frac{r_{cc}}{n-1} \quad (1-15)$$

Trong đó :

r_{cc} : điện trở trong của cơ cấu ;

$n = \frac{I}{I_{cc}}$: hệ số mở rộng thang đo ;

I : dòng điện cần đo ;

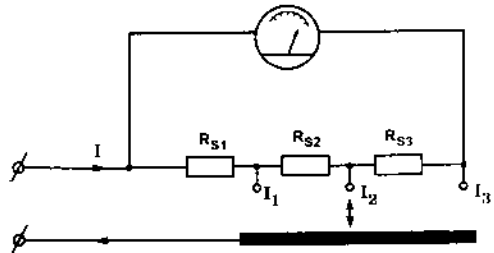
I_s : dòng điện đi qua điện trở sun R_s ;

R_s : điện trở sun ;

I_{cc} : dòng điện lớn nhất cho phép cơ cấu đo làm việc bình thường.

Hình 1-4 biểu thị sơ đồ ampe kế từ điện có 3 thang đo (I_1, I_2, I_3). Các điện trở sun R_{s1}, R_{s2}, R_{s3} mắc nối tiếp nhau, sau đó nối song song với cơ cấu đo từ điện. Sử dụng công thức (1-11) đến (1-15) để tính các điện trở sun.

Để giữ cho cấp chính xác của ampe kế từ điện không thay đổi ở các giới hạn đo khác nhau, phải chế tạo điện trở sun có độ chính xác cao hơn độ chính xác của cơ cấu đo một cấp. Ví dụ : Cấp chính xác của cơ cấu đo là 0,5 thì cấp chính xác của điện trở sun là 0,2.



Hình 1-4. Sơ đồ ampe kế từ điện có 3 thang đo.

Vì vậy, các điện trở sun làm bằng hợp kim đồng với mangan gọi là mangannin. Với hợp kim này, điện trở của nó ít thay đổi theo nhiệt độ. Trong khi đó điện trở của khung dây làm bằng đồng nên thay đổi theo nhiệt độ :

$$r_{cc} = r_{cco} (1 + \alpha t^{\circ}\text{C}) \quad (1-16)$$

Trong đó :

r_{cc} : điện trở của cơ cấu ở $t^{\circ}\text{C}$;

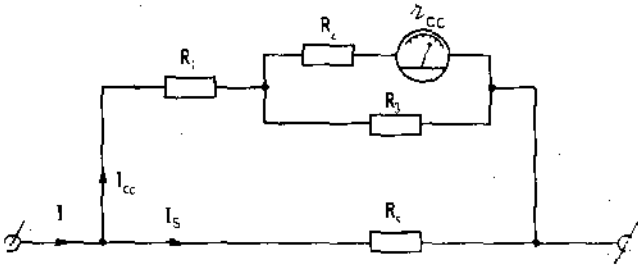
r_{cco} : điện trở của cơ cấu ở 0°C ;

α : hệ số nhiệt độ của dây đồng bằng $0,0004/^{\circ}\text{C}$;

$t^{\circ}\text{C}$: nhiệt độ môi trường ở $t^{\circ}\text{C}$.

Ở những dụng cụ đo cấp chính xác cao, người ta phải tìm cách loại trừ sai số do nhiệt độ bằng cách mắc nối tiếp với cơ cấu đo một điện trở phi tuyến.

Thực tế các ampe kế từ điện có độ chính xác cao thường bù nhiệt độ bằng điện trở đồng với điện trở hợp kim đồng với mangan. Trên sơ đồ hình 1-5 các điện trở R_1, R_2, R_3 bằng mangannin, các điện trở R_3, r_{cc} bằng đồng. Các điện trở này phải phối hợp với nhau sao cho khi dòng điện I không đổi, nếu có sự thay đổi nhiệt độ thì dòng điện đi qua cơ cấu đo không thay đổi.

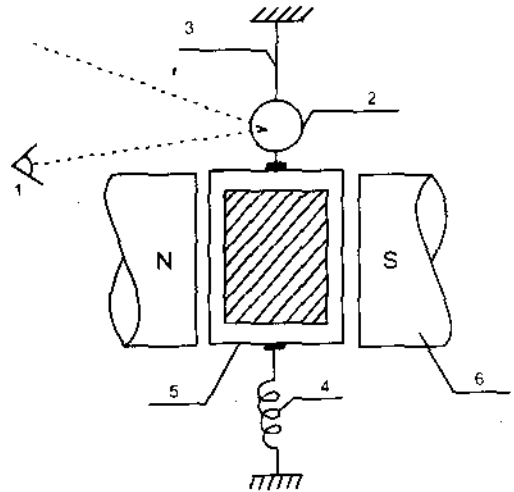


Hình 1-5. Sơ đồ nối dây ampe kế từ điện có mắc điện trở bù nhiệt độ.

b) Đo dòng điện một chiều cực nhỏ

Đo dòng điện cực nhỏ cỡ $10^{-5} A + 10^{-10} A$. Để đo được dòng điện này phải có dụng cụ đo có độ nhạy cao. Hiện nay việc nâng cao độ nhạy, hạ thấp ngưỡng làm việc của dụng cụ đo, khuếch đại ổn định, có độ chính xác cao còn gặp nhiều khó khăn.

Hình 1-6 cho ta sơ đồ điện kế từ điện khung quay. Để tăng độ nhạy bằng cách giảm trọng lượng khung dây, người ta thay kim chỉ thị bằng hệ thống quang học, gồm có : đèn chiếu sáng 1, trên dây treo 3 đặt gương phản chiếu 2. Khi khung dây quay, gương quay theo và phản chiếu ánh sáng lên mặt chia độ chỉ giá trị cần đo. Dòng điện cần đo được dẫn vào khung dây 5 trực tiếp nhờ dây treo 3 và dây không mô men 4.



Hình 1-6. Sơ đồ điện kế gương :

1. Đèn chiếu sáng ;
2. Gương phản chiếu ;
3. Dây treo ;
4. Dây không mô men ;
5. Khung dây ;
6. Nam châm vĩnh cửu.

Với cấu trúc trên, độ nhạy của điện kế gương có thể đạt đến $10^{12} + 10^{14} A/m$.

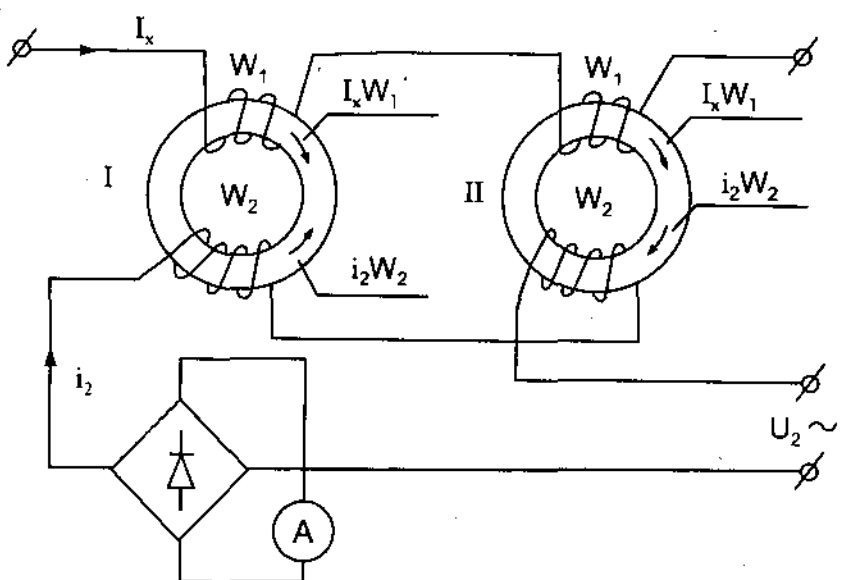
Để tăng độ nhạy, trong thực tế thường dùng các khuếch đại điện tử ; dùng các linh kiện bằng bán dẫn, vi điện tử ; dùng

điện cần đo sau khi khuếch đại đưa vào điện kế. Ưu điểm của khuếch đại điện tử là có ngưỡng độ nhạy cao, nhưng có nhược điểm độ ổn định thấp, nhất là đối với khuếch đại bán dẫn nhiều đầu vào lớn, ảnh hưởng đến sự làm việc của khuếch đại. Để giảm ảnh hưởng của nhiễu đầu vào, thường dùng các bộ khuếch đại vi sai bằng vi điện tử, vì công nghệ vi điện tử đảm bảo hai bán dẫn đồng nhất. Ngoài ra còn dùng khuếch đại một chiều có điều chế (với nhiễu đầu vào từ 5 ÷ 10 microvôn)...

c) Đo dòng điện một chiều lớn

Đo dòng điện một chiều lớn có thể dùng phương pháp ghép song song nhiều điện trở sun, phương pháp này đơn giản nhưng không an toàn cho người sử dụng. Cũng có thể dùng phương pháp đo từ trường xung quanh dây dẫn, từ đó suy ra dòng điện cần đo. Phương pháp này có sai số và phụ thuộc vào tính chất phi tuyến của lõi sắt từ. Nếu đo từ trường bằng phương pháp cộng hưởng từ hạt nhân thì độ chính xác đạt cao hơn.

Một phương pháp thông dụng để đo dòng điện một chiều lớn là dùng máy biến dòng một chiều. Thực chất máy biến dòng một chiều là khuếch đại từ, người ta thay dòng điều khiển khuếch đại từ bằng dòng điện một chiều cần đo; dùng ampe kế đo dòng điện xoay chiều (dòng điện làm việc) sẽ tính ra được dòng điện một chiều cần đo. Hình 1-7 vẽ sơ đồ đo dòng điện một chiều lớn, sử dụng máy biến dòng một chiều gồm hai lõi hình xuyên I và II làm bằng vật liệu sắt từ (pecmalôi), có hệ số từ thẩm μ lớn. Trên đó quấn hai cuộn dây W_1 và W_2 . Cuộn W_2 quấn trên lõi xuyên II ngược chiều với W_2 quấn trên lõi xuyên I.



Hình 1-7. Sơ đồ đo dòng điện 1 chiều lớn dùng máy biến dòng một chiều.

W_1 mắc vào mạch một chiều có dòng điện cần đo I_x chạy qua, W_2 mắc vào mạch xoay chiều U_2 . Nguyên tắc làm việc của máy biến dòng một chiều như sau : dòng điện cần đo I_x chạy qua W_1 , tạo ra sức từ động $I_x W_1$ ở cả hai lõi từ I và II theo chiều như hình 1-7. Dòng điện xoay chiều i_2 đi qua W_2 , tạo ra trong hai lõi hình xuyên I và II sức từ động $i_2 W_2$. Phương trình cân bằng sức từ động của máy biến dòng một chiều :

$$I_x W_1 = i_2 W_2 \quad (1-17)$$

$$I_x = \frac{i_2 W_2}{W_1} \quad (1-18)$$

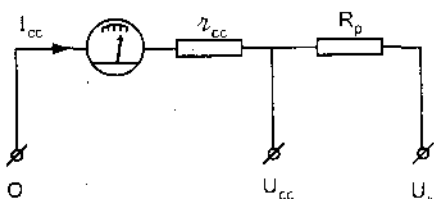
Dùng ampe kế đo dòng điện i_2 , sẽ tính ra được dòng điện I_x cần đo. Tỷ số $\frac{W_2}{W_1}$ gọi là hệ số biến dòng một chiều.

Ưu điểm của phương pháp dùng biến dòng một chiều là : Đảm bảo an toàn cho người sử dụng, thay đổi thang đo dễ dàng bằng cách thay đổi số vòng dây W_1, W_2 . Hiện nay đã có thể chế tạo máy biến dòng một chiều với dòng điện định mức từ 15 ÷ 70kA, cấp chính xác 0,5.

1.2.5. Ứng dụng cơ cấu đo từ điện để chế tạo dụng cụ đo điện áp

a) Vôn kế từ điện đo điện áp một chiều

Hình 1-8 vẽ sơ đồ cấu tạo vôn kế từ điện. Để đặc trưng cho cơ cấu từ điện, trên sơ đồ ta thay thế bằng một cơ cấu chỉ thị và điện trở trong r_{cc} . Cần đo điện áp lớn hơn điện áp của cơ cấu U_{cc} , phải mắc nối tiếp với cơ cấu một điện trở phụ R_p . Tính giá trị điện trở phụ như sau :



Hình 1-8. Sơ đồ vôn kế từ điện.

$$I_{cc} = \frac{U_{cc}}{r_{cc}} = \frac{U_x}{r_{cc} + R_p} \quad (1-19)$$

$$R_p = r_{cc} \left[\frac{U_x}{U_{cc}} - 1 \right] = r_{cc} (m - 1) \quad (1-20)$$

Trong đó :

R_p : điện trở phụ ;

r_{cc} : điện trở trong của cơ cấu ;

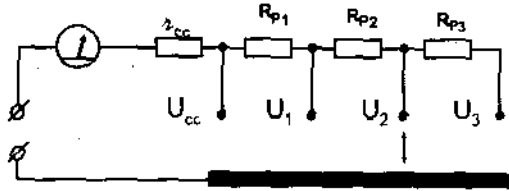
I_{cc} : cường độ dòng điện đi qua cơ cấu ;

U_x : điện áp cần đo ;

U_{cc} : điện áp lớn nhất của cơ cấu. Với điện áp này cơ cấu làm việc bình thường và lâu dài ;

$$m = \frac{U_x}{U_{cc}} : \text{hệ số mở rộng thang đo.}$$

Bằng phương pháp này, mắc nối tiếp với cơ cấu từ điện các điện trở phụ khác nhau, sẽ tạo ra các vôn kế từ điện có nhiều thang đo (hình 1-9). Cách tính điện trở phụ R_p theo công thức (1-20).



Hình 1-9. Sơ đồ vôn kế từ điện nhiều thang đo (U_{cc} , U_1 , U_2 , U_3).

Các vôn kế từ điện đo trực tiếp điện áp một chiều có sai số do nhiệt độ không đáng kể. Vì hệ số nhiệt độ của mạch vôn kế được xác định không chỉ hệ số nhiệt độ dây quấn của cơ cấu từ điện, mà cả hệ số nhiệt độ của điện trở phụ. Điện trở phụ được chế tạo bằng mangan là vật liệu ít thay đổi theo nhiệt độ. Hơn nữa $r_{cc} \ll R_p$ nên việc thay đổi r_{cc} ít ảnh hưởng đến toàn bộ mạch đo.

1.2.6. Phạm vi ứng dụng, những nguyên nhân hư hỏng và cách khắc phục của cơ cấu đo từ điện

a) *Phạm vi ứng dụng của cơ cấu đo từ điện* : chỉ đo được điện áp và dòng điện một chiều.

b) *Những nguyên nhân hư hỏng và cách khắc phục của cơ cấu đo từ điện*

- Cho dòng điện hoặc điện áp vào cơ cấu đo, kim đứng yên, không chỉ giá trị nào. Nguyên nhân có thể :

- + Đứt khung dây ;
- + Đứt dây dẫn phụ trong cơ cấu đo ;
- + Đứt điện trở phụ của cơ cấu đo ;
- + Đứt dây treo hoặc đứt lò xo cân ;
- + Kẹt chặt khung dây vào cực từ hay lõi sắt non.

Mở cơ cấu đo, tìm nguyên nhân hư hỏng và khắc phục.

Nếu đứt khung dây, có thể quấn lại khung dây. Nếu cơ cấu đo có khung nhôm, ta chỉ việc quấn dây lên khung nhôm, thường cỡ dây có tiết diện 0,03 mm ; nên quấn trên máy quấn dây. Sau khi quấn xong, hàn dây treo hay trục quay, lò xo cân, tấm sơn cách điện, sấy khô, sau đó tháo giá đỡ và lắp đặt vào cơ cấu đo.

Có nhiều cơ cấu đo từ điện không có khung nhôm mà chỉ có khung dây. Muốn quấn lại khung dây này, nếu không có khuôn sẵn ta có thể dùng đất sét nặn đúng bằng kích thước khung dây. Sau đó quấn khung dây lên khuôn đất sét đã phơi khô, quấn xong hàn các chi tiết cần thiết, tấm sơn cách điện, sau đó ngâm khung dây vào nước, đất sẽ tan ra để lại khung dây, sấy khô khung dây và lắp đặt vào dụng cụ đo.

Các nguyên nhân hư hỏng khác nếu phát hiện hỏng do nguyên nhân nào, sẽ khắc phục hư hỏng ở nguyên nhân đó. Sau khi khắc phục xong, phải cân chỉnh với dụng cụ đo mẫu có cấp chính xác cao hơn đồng hồ hư hỏng một cấp.

- Cho dòng điện hoặc điện áp vào cơ cấu đo, cơ cấu đo chỉ sai giá trị cần đo. Nguyên nhân có thể có :

- + Lò xo cân bị xoắn quá mức hoặc bị rời ;
- + Từ cảm của nam châm vĩnh cửu bị giảm ;
- + Lò xo cân thay đổi hệ số đàn hồi ;
- + Tiếp xúc xấu ở mối nối nào đó.

Mở đồng hồ tìm nguyên nhân hư hỏng và khắc phục.

- Cho dòng điện hoặc điện áp vào cơ cấu đo. Kim chỉ một giá trị nào đó rồi mắc kẹt không trở về vị trí 0 khi không cho dòng điện vào cơ cấu. Nguyên nhân có thể có :

- + Kẹt kim vào mặt đồng hồ hoặc kẹt ở lá gió cản dọi ;
- + Kẹt khung dây vào mạch từ hay lõi sắt non.

Tháo đồng hồ, nắn lại kim, chỉnh lại khung dây cho cân bằng, cân bằng lại lá gió.

- Khi cho dòng điện hoặc điện áp vào cơ cấu, kim chỉ thị dao động rất lâu mới ổn định, hoặc kim lệch quá về giá trị không, không điều chỉnh được. Nguyên nhân có thể có :

- + Lá gió cản dọi bị hỏng ;
- + Quả đối trọng cân bằng kim bị mất hoặc sai vị trí.

Tháo đồng hồ thay lá gió, cân bằng lại kim.

Sau mỗi lần sửa chữa, phải cân chỉnh đồng hồ đo với đồng hồ mẫu.

1.3. CƠ CẤU ĐO ĐIỆN TỪ. ỨNG DỤNG CỦA CƠ CẤU ĐO ĐIỆN TỪ. NHỮNG NGUYÊN NHÂN HƯ HỎNG VÀ CÁCH KHẮC PHỤC

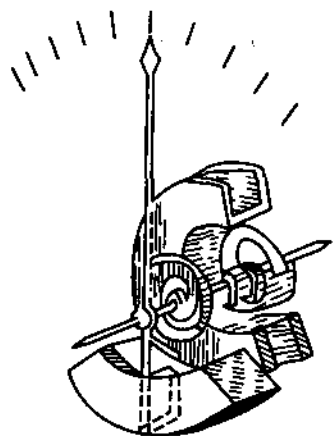
1.3.1. Cấu tạo

Cơ cấu điện từ có 3 loại cấu tạo khác nhau : cơ cấu cuộn dây tròn, cơ cấu cuộn dây dẹt, cơ cấu mạch từ khép kín.

Hình 1-10 vẽ sơ đồ cấu tạo cơ cấu điện từ cuộn dây tròn. Phần tĩnh gồm có một cuộn dây và đặt cố định một lá thép non uốn cong. Phần động cũng có lá thép non uốn cong và gắn chặt với trục quay. Trên trục quay có gắn lò xo cân và kim chỉ thị.

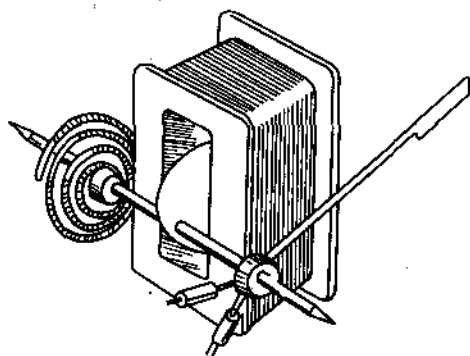
Khi có dòng điện chạy trong cuộn dây, hai lá thép tĩnh và động được từ hoá cùng cực tính và chúng đẩy nhau tạo ra mô men quay, trục quay và kim quay theo.

Hình 1-11 vẽ sơ đồ cấu tạo cơ cấu điện từ cuộn dây dẹt. Phần tĩnh là 1 cuộn dây. Phần động gồm một lá thép non mỏng gắn chặt với trục quay, trên trục quay gắn kim chỉ thị và lò xo cân. Khi trong cuộn dây phần tĩnh có dòng điện chạy qua, cuộn dây tạo ra lực hút và hút lá thép non gắn với trục quay và làm cho cơ cấu quay, kim chỉ thị quay theo.



Hình 1-10

Cấu tạo cơ cấu điện từ cuộn dây tròn.



Hình 1-11

Cấu tạo cơ cấu điện từ cuộn dây dẹt.

Hình 1-12 vẽ sơ đồ cấu tạo cơ cấu điện từ, mạch từ khép kín. Phần tĩnh gồm có cuộn dây quấn trên lõi thép. Phần động gồm có các lá thép, trên lá thép gắn chặt với trục quay, lò xo cân và kim chỉ thị. Cả lõi thép, lá thép làm bằng vật liệu có độ dẫn từ cao, tổn hao ít.

Khi trong cuộn dây có dòng điện chạy qua, lá thép đàn động có xu hướng tiến đến vị trí sao cho từ dẫn của mạch từ là lớn nhất, gây ra lực điện từ, tạo ra mô men quay và làm cho trục quay, kim chỉ thị quay theo.

Trong ba loại cơ cấu điện từ, loại có mạch từ khép kín có độ nhạy cao nhất. Cơ cấu điện từ cuộn dây tròn có độ nhạy thấp nhất.

Cũng như cơ cấu từ điện, mô men quay của cơ cấu điện từ được tính bằng công thức chung :

$$M_q = \frac{dW_{dt}}{d\alpha} \quad (1-21)$$

$$W_{dt} = L \frac{I^2}{2} \quad (1-22)$$

$$M_q = I^2 \frac{dL}{2d\alpha} \quad (1-23)$$

Trong đó : W_{dt} : năng lượng điện từ tích lũy trong cơ cấu đo ;

α : góc quay phần động ;

L : điện cảm cuộn dây phần tĩnh ;

I : cường độ dòng điện đi qua cuộn dây phần tĩnh.

Khi kim chỉ ở vị trí ổn định, cơ cấu đo cân bằng, ta có :

$$M_q = M_c \rightarrow I^2 \frac{dL}{2d\alpha} = K\alpha \quad (1-24)$$

$$\alpha = \frac{I^2 dL}{2Kd\alpha} \quad (1-25)$$

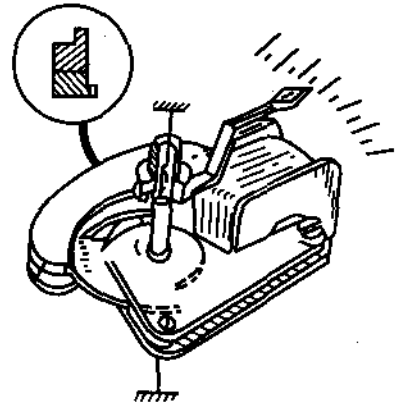
Từ góc quay α , người ta chia trên thang chia độ của cơ cấu đo được các giá trị dòng điện tương ứng.

1.3.2. Đặc điểm của cơ cấu điện từ

a) Quan hệ giữa góc quay α và dòng điện I không tuyến tính, do đó độ chia trên thang chia độ có khoảng cách không đều nhau.

b) Độ nhạy cơ cấu đo điện từ thấp vì điện cảm L của cuộn dây bé.

c) Độ chính xác không cao, do có tổn hao trong lõi thép.



Hình 1-12. Cấu tạo cơ cấu điện từ có mạch từ khép kín.

d) Chịu ảnh hưởng nhiều của từ trường ngoài.

e) Ưu điểm chịu được quá tải lớn.

g) Chế tạo đơn giản, giá thành hạ.

h) Phạm vi ứng dụng đo điện áp và dòng điện xoay chiều tần số thấp.

1.3.3. Ứng dụng cơ cấu đo điện từ để chế tạo các dụng cụ đo dòng điện

a) Ampe kế điện từ

Để chế tạo ampe kế phải dựa trên cơ cấu đo điện từ. Mỗi cơ cấu điện từ được chế tạo với số ampe vòng nhất định (IW). Đối với cơ cấu cuộn dây tròn thường có $IW = 200$ A.vòng ; cuộn dây dẹt có $IW = 100 + 150$ A.vòng ; loại mạch từ khép kín $IW = 50 + 100$ A.vòng. Như vậy, để mở rộng thang đo ampe kế điện từ chỉ cần thay đổi số vòng dây sao cho số ampe vòng không đổi ($IW = \text{const}$).

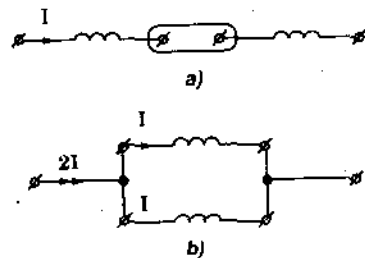
Hình 1-13 cho sơ đồ ampe kế điện từ có hai thang đo. Chia cuộn dây tĩnh thành hai phần bằng nhau. Nếu nối nối tiếp (hình 1-13a) hai phân đoạn với nhau, sẽ đo được dòng điện I. Nếu nối song song hai phân đoạn với nhau (hình 1-13b), sẽ đo được dòng điện 2I.

Phương pháp phân đoạn cuộn dây tĩnh của cơ cấu đo điện từ cũng chỉ áp dụng để chế tạo ampe kế điện từ nhiều nhất có ba thang đo, vì tăng số lượng thang đo, bố trí mạch chuyển thang đo phức tạp không thể thực hiện được. Người ta thường dùng máy biến dòng điện, kết hợp với ampe kế điện từ để mở rộng giới hạn đo dòng điện xoay chiều.

b) Đo dòng điện xoay chiều lớn

Để đo dòng điện xoay chiều lớn, người ta sử dụng máy biến dòng điện kết hợp với ampe kế điện từ. Về nguyên lý làm việc, máy biến dòng điện hoàn toàn giống như máy biến áp, dựa trên nguyên lý cảm ứng điện từ. Về cấu tạo, máy biến dòng điện gồm có cuộn dây sơ cấp ít vòng, tiết diện dây lớn, quấn trên lõi thép kỹ thuật điện có dạng hình vuông hay hình xuyên. Cuộn dây thứ cấp quấn nhiều vòng, tiết diện dây nhỏ trên cùng lõi thép với cuộn sơ cấp (hình 1-14). Máy biến dòng điện luôn luôn làm việc ở chế độ ngắn mạch, vì điện trở của ampe kế R_A rất nhỏ. Khi đó ta có phương trình cân bằng sức từ động :

$$I_s W_s = I_T W_T \quad (1-26)$$



Hình 1-13. Sơ đồ ampe kế điện từ :

a) Đo được dòng điện I ;

b) Đo được dòng điện 2I.

$$\frac{I_s}{I_T} = \frac{W_T}{W_s} = K \quad (1-27)$$

Trong đó : K là hệ số biến đổi của máy biến dòng.

Trong công nghiệp các máy biến dòng tiêu chuẩn hoá dòng điện thứ cấp là 5A hay 1A. Còn dòng điện sơ cấp sẽ có những trị số phù hợp với dòng điện cần đo.

Ví dụ : dòng điện sơ cấp $I_s = 10A ; 15A ; 30A ; 100A \div 1000A$; dòng điện thứ cấp $I_T = 5A$.

Mắc máy biến dòng điện và ampe kế vào mạch đo như hình 1-14b. Đọc kết quả đo trên ampe kế, kết hợp với hệ số biến dòng ta được dòng điện cần đo :

$$I_s = KI_T \quad (1-28)$$

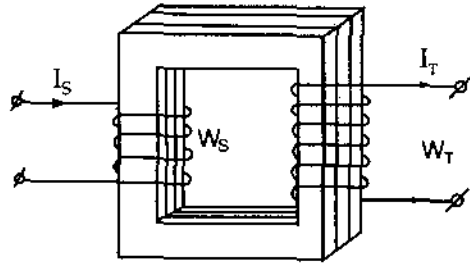
Trong đó :

K : tỉ số biến đổi của máy biến dòng điện ;

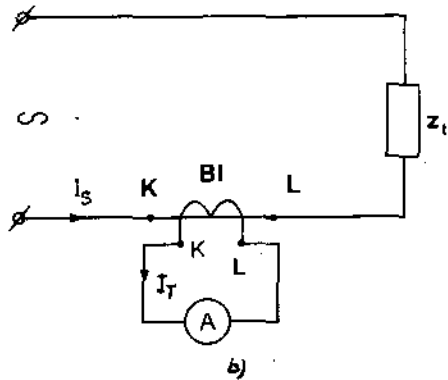
I_T : dòng điện đo được ở ampe kế ;

I_s : dòng điện sơ cấp cần đo.

Sai số của phép đo phụ thuộc vào sai số của máy biến dòng điện và sai số của ampe kế.



a)



b)

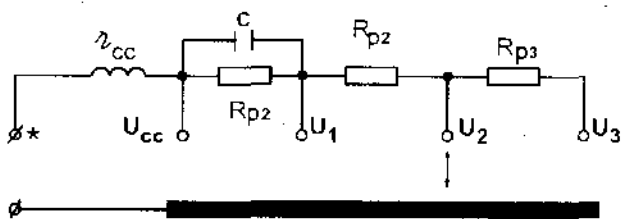
Hình 1-14. Sơ đồ cấu tạo máy biến dòng và mạch đo :

- a) Sơ đồ cấu tạo máy biến dòng ;
- b) Sơ đồ đo dòng điện.

1.3.4. Ứng dụng cơ cấu điện từ để chế tạo dụng cụ đo điện áp

Hình 1-15 vẽ sơ đồ cấu tạo vôn kế sử dụng cơ cấu điện từ, dùng để đo điện áp xoay chiều tần số công nghiệp. Để phép đo được chính xác, yêu cầu điện trở trong của vôn kế phải lớn, dòng điện tiêu thụ của vôn kế nhỏ ; do đó số lượng vòng dây quấn trên cuộn dây tĩnh rất lớn, khoảng 10.000 vòng. Để mở rộng thang đo của vôn kế, mắc nối tiếp với cuộn dây điện trở phụ (giống như vôn kế từ điện).

Khi đo điện áp xoay chiều ở miền tần số cao hơn tần số công nghiệp, sẽ xuất hiện sai số do tần số. Để khắc phục sai số này người ta mắc các tụ điện C (hình 1-15) song song với điện trở phụ.



Hình 1-15. Sơ đồ vôn kế điện từ có nhiều thang đo.

1.3.5. Phạm vi ứng dụng, những nguyên nhân hư hỏng và cách khắc phục cơ cấu đo điện từ

a) **Phạm vi ứng dụng.** Các dụng cụ đo điện từ có thể đo được dòng điện và điện áp một chiều và xoay chiều. Do độ chính xác của cơ cấu điện từ thấp, nhưng có kết cấu đơn giản, làm việc tin cậy, giá thành thấp, nên ứng dụng chủ yếu của cơ cấu điện từ ở những nơi nào không đòi hỏi độ chính xác cao, như chế tạo các dụng cụ đo dòng điện và điện áp xoay chiều đặt ở các bảng điều khiển của các nhà máy điện và trạm biến áp.

b) Nguyên nhân hư hỏng và cách khắc phục cơ cấu đo điện từ

- Cho điện vào cuộn dây phân tĩnh, kim đứng yên, không chỉ giá trị nào. Nguyên nhân có thể :

- + Với vôn kế dứt điện trở phụ, dứt cuộn dây, kẹt lá gió cản dẹt, kẹt kim chỉ thị vào mặt đồng hồ ;
- + Với ampe kế, kẹt lá gió cản dẹt, kẹt kim chỉ thị và mặt số của dụng cụ đo ;
- + Hỏng lá sắt phân tĩnh.

Dùng vạn năng kế kiểm tra mạch, tìm nguyên nhân hư hỏng và khắc phục. Sau khi sửa chữa xong, căn chỉnh với đồng hồ mẫu có cấp chính xác cao hơn ít nhất một cấp.

- Cho dòng điện hoặc điện áp vào cuộn dây phân tĩnh, dụng cụ đo chỉ sai giá trị cần đo. Nguyên nhân có thể có :

- + Lò xo cản bị xoắn hoặc bị rời ;
- + Quả đối trọng sai vị trí ;
- + Lò xo cản thay đổi hệ số đàn hồi.

Mở đồng hồ, tìm nguyên nhân hư hỏng và khắc phục. Với cơ cấu điện từ, nếu sai số quá lớn so với giá trị thực, tốt nhất là kẻ lại mặt số dụng cụ đo. Cách tiến hành như sau : dán lên mặt số cũ giấy trắng hoặc sơn trắng, dùng đồng hồ mẫu lấy