

**BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP. HCM
KHOA ĐIỆN**



GIÁO TRÌNH
KỸ THUẬT ĐO

BỘ MÔN CƠ SỞ

THÁNG 9 NĂM 2007

Chương 1

KHÁI NIỆM VỀ ĐO LƯỜNG



1.1 KHÁI NIỆM VỀ ĐO LƯỜNG

Đo lường là quá trình so sánh, định lượng giữa đại lượng chưa biết (đại lượng đo) với đại lượng đã được chuẩn hóa (đại lượng mẫu hoặc đại lượng chuẩn).

Như vậy, công việc đo lường là nơi thiết bị đo vào hệ thống được khắc sạt và quan sát kết quả đo các đại lượng cần thiết.

Tín hiệu đo : là tín hiệu mang thông tin về giá trị của đại lượng đo lường

Đại lượng đo là thông số xác định quá trình vật lý của tín hiệu đo . Trong một quá trình vật lý có nhiều thông số nhưng trong mỗi trường hợp cụ thể , ta chỉ quan tâm đến một thông số cụ thể . Đại lượng đo được phân thành 2 loại là *đại lượng đo tiền định* và *đại lượng đo ngẫu nhiên* . Đại lượng đo tiền định là đại lượng đo đã biết trước quy luật thay đổi theo thời gian của chúng và đại lượng đo ngẫu nhiên là đại lượng đo mà sự thay đổi của chúng không theo quy luật nhất định

Thiết bị đo là thiết bị kỹ thuật dùng để gia công tín hiệu mang thông tin đo thành dạng tiện lợi cho người quan sát . Thiết bị đo gồm có : *thiết bị mẫu , các chuyển đổi đo lường , các dụng cụ đo , các tổ hợp thiết bị đo lường và hệ thống thông tin đo lường*

1.2 ĐẠI LƯỢNG ĐO LƯỜNG

Dựa trên tính chất cơ bản của đại lượng đo, chúng ta có thể phân đại lượng đo lường ra thành hai loại cơ bản

- Đại lượng điện
- Đại lượng không điện

1.2.1 Đại lượng điện

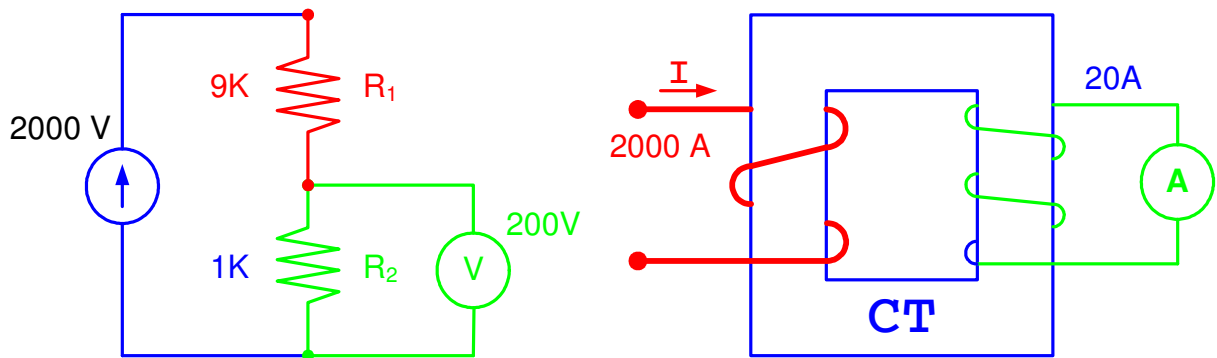
Đại lượng điện được phân thành hai dạng

- Đại lượng điện tác động (active)
- Đại lượng điện thụ động (passive)

Đại lượng điện tác động

Đại lượng điện tác động là những đại lượng điện có sẵn năng lượng điện nên khi đo lường các đại lượng này, ta không cần cung cấp năng lượng cho mạch đo. Đại lượng điện tác động như đại lượng điện áp, dòng điện, công suất...

Trong trường hợp năng lượng của đại lượng cần đo quá lớn sẽ được giảm bớt cho phù hợp với mạch đo. Ví dụ điện áp cần đo quá lớn, ta có thể sử dụng cầu phân áp để cho phù hợp với cơ cấu đo hay thông qua một thiết bị khác để giảm nhỏ năng lượng cần đo hoặc khi



Trong trường hợp năng lượng quá nhỏ thì được khuếch đại đủ lớn cho mạch đo có thể hoạt động được.

Đại lượng điện thụ động

Đại lượng điện thụ động là các đại lượng không mang năng lượng điện. Vì vậy khi đo lường các đại lượng loại này, ta cần phải cung cấp nguồn năng lượng điện cho mạch đo. Đại lượng điện thụ động như điện cảm, điện trở, điện dung, hồ cảm...

Sau khi cung cấp năng lượng điện cho các đại lượng này, các đại lượng này sẽ được đo lường dưới dạng đại lượng điện tác động. Như vậy các đại lượng điện thụ động có sự tiêu hao năng lượng, cho nên phải có những yêu cầu riêng cho đại lượng này như: tiêu hao năng lượng ít, khi được cung cấp năng lượng điện, bản chất của các đại lượng điện này không thay đổi. Thí dụ: dòng điện cung cấp cho điện trở cần đo có trị số lớn khiến cho một nhiệt lượng đốt nóng điện trở làm thay đổi trị số điện trở

1.2.2 Đại lượng không điện

Là đại lượng không mang năng lượng điện, đó là đại lượng vật lý chẳng hạn như nhiệt độ, lực, áp suất, ánh sáng, tốc độ...

Để đo lường các đại lượng vật lý này, người ta có những phương pháp và thiết bị đo lường thích hợp để chuyển đổi các đại lượng không điện thành đại lượng điện. Nhất là với hệ thống tự động hóa càng hiện đại sẽ cần nhiều thông số để xử lý trong đó các thông số không điện cần xử lý ngày càng nhiều. Tuy nhiên việc đo các đại lượng không điện thường phức tạp và rời rạc. Do đó, cần chuyển đổi những đại lượng không điện thành đại lượng điện để phép đo được dễ dàng, thuận lợi, tin cậy và chính xác đồng thời tăng tính tự động hoá. Cách thức đo này đã mở rộng kỹ thuật đo lường nói chung cho các đại lượng và không

điện . Những thiết bị biến đổi đại lượng vật lý sang đại lượng điện được gọi là cảm biến điện hoặc chuyển đổi mà chúng ta sẽ đề cập đến ở phần sau .

1.3 CHỨC NĂNG VÀ CÁCH SỬ DỤNG THIẾT BỊ ĐO

1.3.1 Chức năng

Các thiết bị đo có chức năng cung cấp cho chúng ta kết quả đo của đại lượng đang khảo sát

1.3.2 Cách sử dụng thiết bị đo

Khi sử dụng thiết bị đo ta phải chú ý đến cách thức và qui trình sử dụng của thiết bị đo

- ✚ Phải đọc và tìm hiểu kỹ đặc tính, cách sử dụng và qui trình hoạt động của thiết bị đo trước khi cho thiết bị hoạt động
- ✚ Cần chú ý đến tầm đo của thiết bị
- ✚ Không để cho máy bị các chấn động
- ✚ Phải chú ý đến cấp chính xác của thiết bị

1.4 CHUẨN HÓA TRONG ĐO LƯỜNG

1.4.1 Cấp chuẩn hóa

Khi sử dụng thiết bị đo lường, chúng ta mong muốn thiết bị đo được chuẩn hoá (calip) với các thiết bị đo lường chuẩn (standard) . Việc chuẩn hoá thiết bị đo lường được xác định theo 4 cấp như sau

- ✚ **Cấp 1 “Chuẩn quốc tế”** (International standard) các thiết bị đo lường cấp chuẩn quốc tế được thực hiện định chuẩn tại Trung tâm đo lường quốc tế đặt tại Paris (Pháp) . Các thiết bị đo lường cấp 1 được định kỳ kiểm tra đánh giá theo trị số đo tuyệt đối của các đơn vị cơ bản vật lý được hội nghị quốc tế về đo lường giới thiệu và chấp nhận
- ✚ **Cấp 2 “Chuẩn quốc gia”** các thiết bị đo lường được thực hiện định chuẩn tại các viện định chuẩn quốc gia. Các thiết bị đo lường tại các viện định chuẩn quốc gia ở các quốc gia khác nhau trên thế giới phải được chuẩn hoá theo chuẩn quốc tế và các thiết bị đo lường được chuẩn hóa tại các viện định chuẩn quốc gia .
- ✚ **Cấp 3 “Chuẩn khu vực”** Trong một quốc gia có thể có nhiều trung tâm định chuẩn cho từng khu vực (standard zone center) . Các thiết bị đo lường tại các trung tâm này đương nhiên phải mang chuẩn quốc gia. Những thiết bị đo lường được định chuẩn tại các trung tâm định chuẩn này sẽ mang chuẩn khu vực (standard zone) .

Nước ta có 3 chuẩn khu vực là trung tâm đo lường 1 (Khu vực 1 ở Hà Nội) , trung tâm đo lường 2 (Khu vực 2 ở Miền Trung) và trung tâm đo lường 3 (Khu vực 3 ở Tp. Hồ Chí Minh)

Các thiết bị đo lường tại cá trung tâm đo lường , viện định chuẩn quốc gia thì phải được chuẩn hóa và mang tiêu chuẩn cấp cao hơn . Chẳng hạn như , các thiết bị tại phòng thí nghiệm phải trang bị các thiết bị đo có tiêu chuẩn vùng hoặc tiêu chuẩn quốc gia . Còn các thiết bị tại viện định chuẩn quốc gia thì phải có chuẩn quốc tế .

- ✚ **Cấp 4 “Chuẩn phòng thí nghiệm”** Trong từng khu vực chuẩn hoá sẽ có những phòng thí nghiệm được công nhận để chuẩn hoá các thiết bị đo được dùng trong sản xuất công nghiệp. Như vậy các thiết bị được chuẩn hoá tại các phòng thí nghiệm này sẽ có chuẩn hoá của phòng thí nghiệm . Do đó các thiết bị đo lường khi được sản xuất ra được chuẩn hoá tại cấp nào thì sẽ mang tiêu chuẩn đo lường của cấp đó

1.5 PHƯƠNG PHÁP ĐO LƯỜNG

Trong kỹ thuật đo lường chúng ta có thể chia ra 2 phương pháp đo lường một cách tổng quát :

- ✚ Phương pháp đo lường trực tiếp
- ✚ Phương pháp đo lường gián tiếp

1.5.1 Phương pháp đo lường trực tiếp

Với những phương pháp đo lường trực tiếp , thiết bị đo lường sẽ cho chúng ta biết kết quả đo trực tiếp đại lượng đo , mà không thông qua đại lượng đo nào khác .

Phương pháp đo lường trực tiếp này cho kết quả nhanh chóng chính xác , tuy nhiên không phải bất kỳ đại lượng nào cũng có thể dùng phương pháp đo lường trực tiếp được vì không có được những thiết bị có thể cho biết ngay kết quả đo của đại lượng đo được

Thí dụ Trong mạch đo chỉ có Volt kế và Ampere kế , ta không thể dùng phương pháp đo lường trực tiếp để đo công suất được mà phải sử dụng phương pháp đo gián tiếp

1.5.2 Phương pháp đo lường gián tiếp

Trong phương pháp đo lường gián tiếp , đại lượng đo sẽ được biết kết quả thông qua đại lượng đo khác , mà các thiết bị đo sẽ đo đại lượng đo khác này bằng phương pháp trực tiếp . Như vậy giữa đại lượng cần đo phải có sự tương quan với các đại lượng đo khác này .

Thí dụ : Công suất có sự tương quan với điện áp và dòng điện cho nên dùng Volt kế hoặc Ampe kế để đo công suất bằng phương pháp gián tiếp. Hay muốn đo điện trở của phụ tải , ta có thể đo điện áp và dòng điện , từ đó suy ra điện trở cần đo

Trong lĩnh vực đo lường , các đại lượng điện dùng phương pháp đo lường gián tiếp bao gồm những phương pháp sau

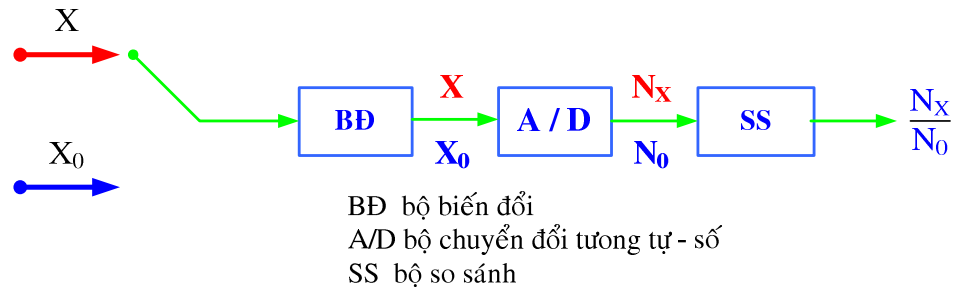
Phương pháp đo biến đổi thẳng

Phương pháp này có cấu trúc theo kiểu biến đổi thẳng , không có khâu phản hồi

Đại lượng cần đo X được đưa qua các khâu biến đổi và chuyển thành con số N_X , đồng thời đơn vị của đại lượng đo X_0 cũng được chuyển đổi thành N_0 , sau đó các đại lượng này được so sánh với nhau (thông qua bộ so sánh SS) . Quá trình được thực hiện bằng một phép chia $\frac{N_X}{N_0}$

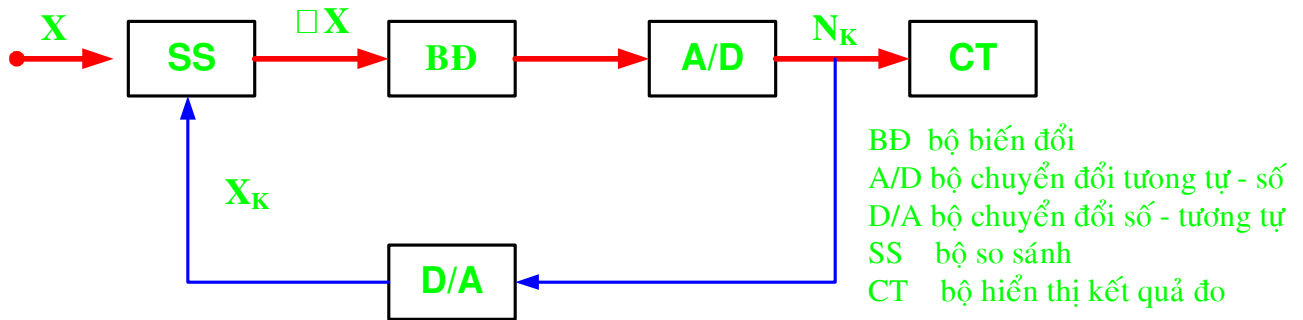
Kết quả đo được thể bằng biểu thức

$$X = \frac{N_X}{N_0} X_0$$



Từ sơ đồ trên , ta thấy quá trình đo là quá trình biến đổi thẳng . Thiết bị đo sử dụng trong cấu trúc trên gọi là thiết bị biến đổi thẳng

Phương pháp so sánh



Sơ đồ mạch có cấu trúc mạch vòng vì có khâu phản hồi D/A . Tín hiệu cần đo X được so sánh với một tín hiệu X_K tỷ lệ với đại lượng mẫu X_0 . Qua bộ so sánh , ta có $X - X_K = \Delta X$

Tùy theo cách thức so sánh mà ta có so sánh cân bằng , so sánh không cân bằng , so sánh đồng thời hay so sánh không đồng thời

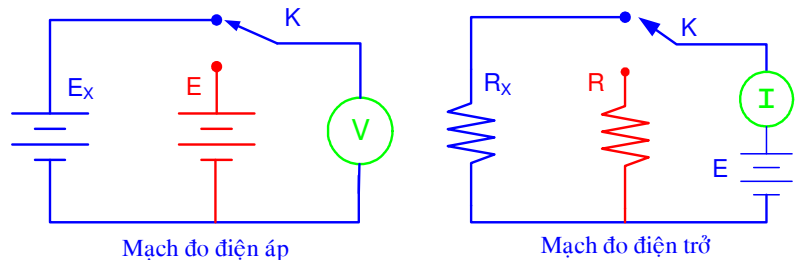
Phương pháp so sánh còn có tên gọi khác là phương pháp tương quan . Khi dùng phương pháp này thiết bị đo được dùng để so sánh đại lượng đo và đại lượng mẫu , sau đó sẽ suy ra đại lượng đo. Tuy nhiên , phương pháp này đại lượng mẫu cần phải có trị số chính xác cao. Phương pháp này có thể đạt đến độ chính xác khá cao nếu đại lượng mẫu và thiết

bị chỉ thị có độ chính xác cao tuy nhiên quá trình đo thực hiện không được nhanh chóng và thao tác tương đối phức tạp

Thí dụ : Đo điện áp và điện trở bằng phương pháp thay thế như hình vẽ Đồng hồ chỉ thị Volt và đồng hồ chỉ thị Ampere dùng để chỉ thị sự tương quan giữa đại lượng và đại lượng mẫu.

So sánh không đồng thời

Là phương pháp đo mà các giá trị đo X được thay bằng đại lượng mẫu X_K . Các giá trị đo và giá trị mẫu được đưa vào thiết bị đo không cùng thời gian, thông thường giá trị mẫu X_K được đưa vào trước, sau đó qua các vạch khắc độ để xác định giá trị đại lượng cần đo. Thiết bị đo theo phương pháp này là các thiết bị đánh giá trực tiếp như volt kế, ampere kế chỉ thị kim (loại đồng hồ cơ)



So sánh đồng thời

Là phương pháp so sánh cùng một đại lượng đo X và đại lượng mẫu X_K . Khi hai đại lượng X và X_K trùng nhau, thông qua X_K ta xác định được giá trị đại lượng cần đo X

Đây cũng là phương pháp so sánh nhưng ở phương pháp này đại lượng mẫu và đại lượng cần đo được thực trong cùng một thời gian. Thay vì lần lượt so sánh như trong phương pháp thay thế. Trong phương pháp này không đòi hỏi bộ phận chỉ thị điểm phải có độ nhạy cao và chính xác cao nhưng đòi hỏi các phần tử trong mạch có trị số chính xác không thay đổi trong quá trình đo.

Thí dụ : Đo điện áp bằng phương pháp biến trở kế, hoặc đo điện trở, điện áp, điện dung bằng cầu cân bằng.

So sánh cân bằng hoặc phương pháp “điểm không”

Là phép so sánh giữa đại lượng đo X và đại lượng mẫu X_K sao cho

$$\Delta X = X - X_K = 0 \quad \text{hay} \quad X = X_K = N_K X_0 \quad (\text{với } X_0 \text{ là đơn vị đo})$$

Như vậy X_K là một đại lượng thay đổi sao cho khi giá trị X thay đổi thì giá trị X_K cũng thay đổi để đảm bảo $\Delta X = X - X_K$ luôn bằng không (zero) và phép đo luôn cân bằng

Độ chính xác của phép đo phụ thuộc vào độ chính xác của X_K và độ nhạy của thiết bị chỉ thị cân bằng

So sánh không cân bằng

Nếu X_K là đại lượng không đổi, lúc đó ta có

$$X - X_K = \Delta X \quad \text{suy ra} \quad X = \Delta X + X_K$$

Kết quả của phép đo được đánh giá qua ΔX (vì X_K là đại lượng biết trước) . phương pháp này được sử dụng để đo các đại lượng không điện như nhiệt độ (sử dụng mạch cầu không cân bằng)

Ngoài những phương pháp đo lường kể trên , hiện nay người ta sử dụng máy tính để xử lý các tín hiệu điều khiển hệ thống tự động , điều khiển dùng phương pháp số (digital)

Trong phương pháp số , các tín hiệu của các đại lượng đo lường là những tín hiệu có dạng xung sẽ được mã hóa , vì vậy trong phương pháp này cần đòi hỏi có độ biến đổi tín hiệu điện thế hoặc dòng điện gọi chung là tín hiệu tương tự (analog) sang tín hiệu số (digital)

Tóm lại các phương pháp đo lường nói trên cần phải đạt được những yêu cầu chung sau đây :

- ✚ Nhanh chóng
- ✚ Thuận lợi khi sử dụng
- ✚ Chính xác cao
- ✚ Thiết bị gọn gàng
- ✚ Đạt được hiệu quả kinh tế cao .

Khi sử dụng thiết bị đo lường cần phải quan tâm đến nguyên lý hoạt động và phương pháp đo.

1.5 SAI SỐ TRONG ĐO LƯỜNG

Trong quá trình đo , ta không thể tránh khỏi những sai số như sai số xảy ra trong kỹ thuật đo lường , sai số này do nhiều nguyên nhân vì thế đo lường không thể đo được trị số chính xác một cách tuyệt đối mà phải có sai số .

1.5.1 Các dạng sai số

Ta có thể phân loại sai số theo nhiều phương pháp khác nhau như sau :

Những sai số do nhiều bước khác nhau của cách thức tiến hành đo lường :

- ✚ Sai số do việc chuẩn hóa
- ✚ Sai số do việc biến đổi đại lượng đo cho phù hợp với mạch đo
- ✚ Sai số của sự so sánh
- ✚ Sai số của sự quan sát

Những sai số theo nhiều nguồn khác nhau

- ✚ **Sai số phương pháp** : do cách thức tiến hành đo lường tạo ra , hoặc do những khái niệm toán học về thông số đo lường cần giải quyết , sai số này có thể khắc phục được bằng cách tiến hành nhiều phương pháp khác nhau .

- ✚ Sai số do thiết bị : do sự không chính xác của thiết bị đo . Nguyên nhân gây ra do sự làm việc của mạch đo và sự không ổn định của phân tử trong mạch đo.
- ✚ Sai số do điều kiện bên ngoài tác động vào điều kiện đo lường
- ✚ Sai số do con người thực hiện , có những lỗi lầm khi đo như chọn sai phương pháp đo , đọc kết quả sai , nội dung sai .

Sai số theo điều kiện mà cách thức tiến hành đo lường làm việc

- ✚ Sai số căn bản là sai số vốn có của dụng cụ đo , do quá trình chế tạo dụng cụ gây ra hay do điều kiện chung quanh của môi trường như nhiệt độ , độ ẩm , nguồn cung cấp điện . . .
- ✚ Sai số phụ : là sai số gây ra do phương pháp đo không chính xác hoặc do cá nhân người sử dụng dụng cụ gây ra . Sai số này sẽ tăng lên khi điều kiện đo lường bắt đầu từ trị số chuẩn

Sai số theo sự hoạt động của những đại lượng cần đo trong khoảng thời gian đo lường

- ✚ Sai số tĩnh : khi đại lượng đo không thay đổi theo thời gian
- ✚ Sai số giao thời (quá độ) : những đại lượng đột biến thay đổi theo thời gian tạo ra sai số giao thời .
- ✚ Sai số động : khi đại lượng đo thay đổi theo thời gian , trong suốt quá trình đo lường , sai số động sẽ xảy ra phụ thuộc vào đáp ứng của thiết bị đo đối với đại lượng thay đổi . Nếu tần số của đại lượng đo vượt quá tần số đáp ứng của thiết bị đo sẽ tạo nên sai số động càng lớn .

Theo hình thức mà hệ thống xảy ra sai số

Có hai hình thức sai số xảy ra

- ✚ Sai số hệ thống : sai số được duy trì ở kết quả đo lường , khi sự đo lường được lập đi lập lại trong cùng một điều kiện làm việc . Sai số này có thể đo dụng cụ đo, do việc định cho cầu thang đo, do ảnh hưởng của môi trường như : nhiệt độ , độ ẩm , từ trường hoặc điện trường nhiễu .
- ✚ Sai số ngẫu nhiên : sai số này hoàn toàn khác hẳn sai số hệ thống , khi sự đo lường được lập đi lập lại thì trị số sai số này lại khác nhau . Muốn tính toán sai số ngẫu nhiên này thì phải dùng đến lý thuyết xác suất và thống kê .

1.5.2 Sai số trong kỹ thuật đo

Sau khi được xuất xưởng chế tạo, thiết bị đo lường sẽ được kiểm nghiệm chất lượng, được chuẩn hoá theo cấp tương ứng và sẽ được phòng kiểm nghiệm định cho cấp chính xác sau khi được xác định sai số cho từng tầm đo của thiết bị . Do đó khi sử dụng thiết bị đo lường, chúng ta nên quan tâm đến cấp chính xác của thiết bị đo được ghi trên thiết bị đo

Chất lượng thiết bị đo được đánh giá thông qua các tiêu chuẩn như độ nhạy , độ chính xác , khả năng quá tải . . .

Độ chính xác

Nguyên nhân chính của sự sai số là do mức độ chính xác của thiết bị đo. Sự sai số này gọi là sai số chính. Ngoài sai số chính, còn có các sai số khác do khách quan như nhiệt độ môi trường thay đổi, độ ẩm, từ trường...

Một đại lượng có trị số thật là $X_{\text{thật}}$. Trị số đo được là $X_{\text{đo}}$ thì có các sai số

$$\pm \quad \text{Sai số tuyệt đối} \quad \Delta X = |X_{\text{thật}} - X_{\text{đo}}|$$

$$\pm \quad \text{Sai số tương đối} \quad \frac{\Delta X}{X} 100 = \frac{\Delta X}{X} \%$$

Để đánh giá độ chính xác của một dụng cụ đo, người ta quy định ra cấp chính xác

Cấp chính xác của dụng cụ đo là giá trị sai số cực đại mà dụng cụ đo mắc phải. Người ta qui ước cấp chính xác của dụng cụ đo đúng bằng sai số tương đối qui đổi của dụng cụ đo được nhà nước qui định cụ thể

$$\Delta X_{\text{qd}} (\%) = \frac{\Delta X_{\text{max}}}{X_{\text{max}}} 100 \%$$

Cấp chính xác của dụng cụ là trị số lớn nhất cho phép tính theo phần trăm của sai số cơ bản so với trị số lớn nhất thang đo

Theo tiêu chuẩn đo dụng cụ có 8 cấp chính xác : **0,05 – 0,1 – 0,2 – 0,5 – 1,5 – 2,5 – 4**

1.5.3 Cách tính toán sai số

Sai số tuyệt đối

Sai số tuyệt đối: là hiệu số giữa giá trị đại lượng đo X và giá trị thực $X_{\text{thật}}$ (là giá trị đại lượng đo xác định thông qua dụng cụ mẫu)

Sai số tuyệt đối được định nghĩa bằng biểu thức sau đây

$$\Delta X = |X_{\text{thật}} - X_{\text{đo}}|$$

$X_{\text{đo}}$ là trị số đo được do thiết bị đo

$X_{\text{thật}}$ trị số thật của đại lượng đo

Nhưng trong thực tế trị sai số tuyệt đối không xác định được vì $X_{\text{thật}}$ không thể xác định. Cho nên trong thực tế chúng ta chỉ xác định trị số giới hạn lớn nhất của sai số tuyệt đối ΔX mà thôi

$$\Delta X = |X_{\text{thật}} - X_{\text{đo}}|_{\text{max}}$$

Do đó

$$\delta_X \leq \Delta X$$

Như vậy δ_n được gọi là giới hạn sai số của đại lượng đo

Thí dụ: Một điện trở có trị số được viết như sau : $R = 200 \pm 20 \text{ Ohm}$

± 20 Ohm có ý nghĩa là giới hạn sai số tuyệt đối của điện trở đo được . Nên biểu diễn giới hạn sai số theo phần trăm (%)

$$\Delta X (\%) = \frac{\Delta a}{a'} 100$$

Theo thí dụ trên , ta có

$$\Delta X (\%) = \frac{20}{200} 100 = 10\%$$

Sai số tương đối

Trong thực tế trị số sai số tương đối tính theo (%) thường được suy từ độ chính xác hoặc cấp chính xác của thiết bị đo thường được cho bởi nhà sản xuất và thường được ghi trên thiết bị đo.

Sai số tương đối là phần trăm của tỷ số giữa sai số tuyệt đối và giá trị thực . Sai số tương đối được xác định theo biểu thức sau

$$\Delta X_{td} = \frac{\Delta X}{X} 100 \%$$

Sai số tương đối của tầm đo (hoặc thang đo)

Đối với thiết bị đo có nhiều tầm đo khác nhau người ta thường dùng sai số tương đối của tầm đo . Sai số tương đối của tầm đo được xác định như sau :

$$\delta_{rL} = \frac{\Delta a}{L}$$

L : là trị số lớn nhất của tầm đo

Thí dụ : Một volt kế có tầm đo 0 – 150V trị số Δa của Volt kế này là 1V5 . Như vậy sai số tương đối của tầm đo này là :

$$\delta_{rL} = \frac{\Delta a}{L} = \frac{1.5}{150} = 0.01 \quad \text{hoặc} \quad 1\%$$

Nếu trị số thang đo tối đa là 100V thì sai số tương đối của thang đo này là

$$\delta_{rL} = \frac{\Delta a}{L} = \frac{1.5}{100} = 0.015 \quad \text{hoặc} \quad 1,5\%$$

Như vậy nếu Δa không đổi trong tầm đo và trị số đo thay đổi t thì khi số đo càng nhỏ thì sai số tương đối càng lớn . Cho nên thông thường Δa được xác định theo tầm đo và độ chính xác trên thiết bị đo.

Thí dụ một thiết bị đo có độ chính xác là 1,5% và thang đo là 0 – 150 V . Sai số tương đối của tầm đo là

$$\Delta a = \delta_{rL} \times 150V = 1.5\% \times 150V = 2.25V$$

Vậy giới hạn sai số của tầm đo này là 2V25 của thiết bị đo.

Sai số tương đối của tổng hai đại lượng

Nếu 2 đại lượng đó có tính chất độc lập với nhau mỗi đại lượng có trị số sai số tương đối riêng biệt δ_{ra} và δ_{rb} . Sai số tương đối của tổng 2 đại lượng a và b được xác định

$$\delta_{r(a \pm b)} = \frac{\Delta a \pm \Delta b}{a \pm b}$$

Mà $\delta_{ra} = \frac{\Delta a}{a}$ và $\delta_{rb} = \frac{\Delta b}{b}$

Do đó

$$\delta_{r(a \pm b)} = \frac{a \delta_a \pm b \delta_b}{a \pm b}$$

Sai số tương đối của tích hai đại lượng

Nếu hai đại lượng độc lập với nhau mà mỗi đại lượng có 1 trị số sai số tương đối riêng biệt thì sai số tương đối của tích hai đại lượng được xác định

$$\delta_{r(a \cdot b)} = \delta_{ra} + \delta_{rb}$$

Từ biểu thức trên , ta có thể suy rộng cho nhiều đại lượng độc lập

$$\delta_{rp} = \sum \delta_{rai}$$

Sai số quy dẫn

Sai số quy dẫn (quy đổi) là tỷ số giữa sai số tuyệt đối với giới hạn lớn nhất của thang đo

$$\Delta X_{qd} = \frac{\Delta X}{X_{max}}$$

Độ nhạy

Độ nhạy của dụng cụ đo được xác định theo biểu thức sau

$$S = \frac{dY}{dX} = f(X)$$

Trong đó , Y là đại lượng ra (hiển thị) và X là đại lượng vào

Đại lượng $C = \frac{1}{S}$ là hằng số của dụng cụ đo

Nói cách khác , độ nhạy biểu thị quan hệ góc lệch phần động khi có dòng điện tác động lên cơ cầu đo . Đó chính là dòng điện nhỏ nhất có khả năng làm lệch kim chỉ thị . Độ nhạy thực tế , được biểu diễn theo tỉ số Ω / V . Đồng hồ càng nhạy thì tỉ số càng lớn

Sai số ngẫu nhiên

Đây là một sai số không thể loại bỏ được , mà phải giảm thiểu sai số này bằng kỹ thuật đo lường tốt nhất là phải phân tích bằng lý thuyết xác suất . Trong nhiều trường hợp những lượng ngẫu nhiên có thể diễn tả thật tốt dưới dạng phân bố xác suất , cũng vì lý do đó mà khi thực hiện đo lường theo sự phân bố gì mà nó tuân theo . Sự phân bố này thay đổi từ thiết bị đo này đến thiết bị đo khác , phần lớn nó tuân theo đường phân bố chuẩn , còn gọi là phân bố Gauss.

Trị số trung bình của mỗi chuỗi quan sát trong điều kiện giống nhau của thiết bị đo
lượng $A_0 = \frac{\sum A_i}{n}$

Trị số này được xem như trị số có xác suất lớn nhất của đại lượng đo .

Sai số của trị số này được gọi là sai số ngẫu nhiên này qui tụ thì phân nửa số lượng đo sẽ vượt qua trị sai số này còn phân nửa thì sẽ không vượt qua nó .

Sai số ngẫu nhiên này được xác định bởi phương trình sau :

$$\Delta A_{or} = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{i_1^2 + i_2^2 + \dots + i_n^2}{n(n-1)}}$$

Trong đó sự khác biệt giữa trị số trung bình và trị số đo được ở mỗi đo là :

$$I_i = A_i - A_0 \quad \text{với } i = 1, 2, \dots, n$$

Được gọi là độ lệch ngẫu nhiên hoặc sai số thẳng dư (Residual error)

Sai số ngẫu nhiên tương đối :

$$\delta \Delta r = \frac{\Delta A_{or}}{A_0} 100\%$$

và giới hạn của sai số ngẫu nhiên được cho bởi :

$$\text{Lim } \Delta A_{or} = 4.5 \Delta A_{or}$$

Những trị số đo nào vượt quá trị số giới hạn này , phải được loại bỏ . Do đó kết quả đo có thể được viết như sau :

$$A = A_0 \pm \Delta A_{or}$$

Thí dụ : trong một thí nghiệm xác định giá trị điện trở . Trong 8 lần đo có kết quả lần lượt như sau :

$$R_1 = 116.2$$

$$R_4 = 117.0$$

$$R_7 = 117.8$$

$$R_2 = 118.2$$

$$R_5 = 118.2$$

$$R_8 = 118.1$$

$$R_3 = 118.5$$

$$R_6 = 118.4$$

Giá trị trung bình điện trở

$$R_0 = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_8}{8} = 117.8 \text{ Ohm}$$

Độ lệch ngẫu nhiên :

$$I_1 = R_1 - R_0 = -1.6$$

$$R_4 = -0.8$$

$$R_7 = 0.0$$

$$I_2 = R_2 - R_0 = 0.4$$

$$R_5 = 0.4$$

$$R_8 = 0.3$$

$$I_3 = R_3 - R_0 = 0.7$$

$$R_6 = 0.6$$

Do đó sai số ngẫu nhiên của kết quả đo

$$\Delta R_{0r} = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_8^2}{8 \cdot 7}}$$

$$\Delta R_{0r} = 0.19 \approx 0.20 \text{ Ohm}$$

Giới hạn của sai số ngẫu nhiên như sau

$$R = R_0 \pm R_{0r} = 117.8 \pm 0.20 \text{ Ohm}$$

Như vậy kết quả dưới điều kiện đã cho không được vượt quá 0.9 Ohm theo kết quả đo lần thứ nhất $R_1 = 116.2 \Omega$ có $I_1 = -1.6$ Ohm không thể chấp nhận được

Phạm vi thang đo

Để đồng hồ có khả năng đo được các đại lượng khác nhau, phải cần có nhiều thang đo khác nhau. Thang đo được xem là phù hợp khi giá trị đo được hiển thị trên đồng hồ khoảng 2/3 khung đo (thang đo)

1.6 ĐƠN VỊ ĐO – CHUẨN – MẪU ĐO

1.6.1 Khái niệm chung

Đơn vị đo là giá trị đơn vị tiêu chuẩn về một đại lượng về một đại lượng đo nào đó được quốc tế qui định mà mỗi quốc gia đều phải tuân thủ . Trên thế giới , người ta đưa ra những đơn vị tiêu chuẩn được gọi là các chuẩn

Ví dụ Chuẩn Ohm quốc tế của điện trở là điện trở của cột thủy ngân có tiết diện 1mm^2 dài 106,300 cm ở nhiệt độ 0°C và có khối lượng 14,452.1 gam

Chuẩn “ Ampere “ là dòng điện có thể giải phóng 0,001.111.800 gam bạc khỏi dung dịch nitrat trong thời gian 1 giây

Cấp chính xác của các chuẩn này khoảng 0,001% (1/ 100.000)

1.6.2 Hệ thống đơn vị

Hệ thống đơn vị bao gồm hai nhóm

Đơn vị cơ bản

Được thể hiện bằng các đơn vị chuẩn với độ chính xác cao nhất mà khoa học kỹ thuật hiện đại có thể thực hiện được

Chuẩn cấp 1 là chuẩn đảm bảo tạo ra những đại lượng có đơn vị chính xác nhất của một quốc gia

Ví dụ

Chuẩn đơn vị độ dài mét (m) là quãng đường ánh sáng đi được trong chân không trong khoảng thời gian 1/ 299.792.458 giây (CGPM lần thứ 17 năm 1983 – CGPM là tên viết tắt tiếng Pháp của Đại Hội Cân Đo Quốc Tế)

Chuẩn khối lượng (kg) bằng khối lượng của mẫu kilogam quốc tế đặt tại trung tâm mẫu và cân quốc tế ở Paris (nước Pháp)

Chuẩn đơn vị thời gian (giây – second) là khoảng thời gian của 9.192.631.770 chu kỳ phát xạ , tương ứng với thời gian chuyển giữa hai mức gần nhất ở trạng thái cơ bản của nguyên tử xesi 133

Chuẩn đơn vị dòng điện (ampe – A) là dòng điện không đổi khi chạy trong hai dây dẫn thẳng , song song , dài vô hạn , tiết diện tròn nhỏ không đáng kể , đặt cách nhau 1 mét trong chân không , sẽ gây ra trên mỗi mét dài của dây một lực 2.10^{-7} Niuton (CGPM lần thứ 9 – 1948)

Chuẩn đơn vị nhiệt độ (Kenvin – K) đó là nhiệt độ có giá trị bằng 1/ 273,16 phần nhiệt độ đông của điểm thứ ba của nước (là điểm cân bằng của 3 trạng thái rắn – lỏng và hơi)

Chuẩn đo đơn vị cường độ ánh sáng (Candela – Cd) là cường độ ánh sáng theo một phương xác định của một nguồn phát bức xạ đơn sắc có tần số 540×10^{12} Hz và có cường độ bức xạ theo phương đó là $1/683$ watt trên steradian (CGPM lần thứ 6 – 1979)

Đơn vị kéo theo

Là đơn vị có liên quan đến các đơn vị đo cơ bản thể hiện qua các biểu thức

Ví dụ Theo định luật Ohm ta có biểu thức $R = \frac{U}{I}$ tương ứng với đơn vị $(\Omega) = \frac{(V)}{(A)}$

Ngày nay , các nước thường sử dụng hệ thống đơn vị thống nhất đó là hệ thống đơn vị quốc tế SI là hệ thống đã được thông qua ở hội nghị quốc tế năm 1960 . Có 7 đơn vị cơ bản là

TÊN ĐƠN VỊ CƠ BẢN	KÝ HIỆU
Mét (đo chiều dài)	M
Kilogram (đo khối lượng)	Kg
Thời gian	Giây (second)
Cường độ dòng điện	A
Nhiệt độ	K
đơn vị số lượng vật chất	Mol
Cường độ ánh sáng	Cd

Ngoài 7 đơn vị cơ bản trên , còn có các đơn vị kéo theo trong lĩnh vực cơ , điện , quang học và từ . . .

CÁC ĐẠI LƯỢNG	TÊN ĐƠN VỊ	KÝ HIỆU
1. Các đại lượng cơ bản		
Độ dài	Mét	m
Khối lượng	Kilogram	kg
Thời gian	Giây	s
Dòng điện	Ampere	A
Nhiệt độ	Kelvin	K
Số lượng vật chất	Mol	mol
Cường độ ánh sáng	candela	Cd

2. Các đại lượng cơ học		
Tốc độ	Mét trên giây	m / s
Gia tốc	Mét trên giây bình phương	m / s ²
Năng lượng và công	Jun	J
Lực	Niuton	N
Công suất	Watt	W
Năng lượng	Watt giây	Ws
3. Các đại lượng điện		
Lượng điện	Cublom	C
Điện áp , thế điện động	Volt	V
Cường độ điện trường	Volt trên mét	V / m
Điện dung	Fara	F
Điện trở	Ohm	Ω
Điện trở riêng	Ohm mét	Ω. M
Hệ số điện môi tuyệt đối	Fara trên mét	F / m
4. các đại lượng từ		
Từ thông	Vebe	Wb
Cảm ứng từ	Tesla	T
Cường độ từ trường	Ampere trên mét	A / m
Điện cảm	Henri	H
Hệ số từ thẩm	Henri trên mét	H / m
5. Các đại lượng quang		
Luồng ánh sáng	Lumen	lm
Cường độ sáng riêng	Candela trên mét vuông	Cd / m ²
Độ chiếu sáng	Lux	lx

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Thế nào là tín hiệu đo và đại lượng đo ? cho ví dụ minh họa ?
2. Phân biệt sự giống và khác nhau giữa tín hiệu đo và đại lượng đo ?
3. Đại lượng đo được phân loại như thế nào ? Cho ví dụ minh họa
4. Thiết bị đo là gì ? Thiết bị đo được phân loại như thế nào ?
5. Đơn vị đo là gì ? Thế nào là đơn vị tiêu chuẩn ?
6. Phương pháp đo là gì ? Trình bày các loại phương pháp đo ?
7. Có mấy loại sai số ? nêu ý nghĩa từng loại sai số đó ?



Chương 2

CÁC CƠ CẤU ĐO



2.1 CẤU TẠO CƠ CẤU CHỈ THỊ

2.1.1 Khái niệm chung

Để biết trị số đo lường của đại lượng đo, ta cần có một cơ cấu chỉ thị kết quả đo lường. Đối với các thiết bị đo cổ điển, để chỉ thị kết quả, cơ cấu chỉ thị sẽ mang kim chỉ thị kim chỉ thị sẽ di chuyển trên mặt có vạch độ chia và số tùy thuộc vào vị trí của kim chỉ thị mà chúng ta sẽ được kết quả đo. Dụng cụ đo tương tự (Analog) là loại dụng cụ đo mà số chỉ của dụng cụ tỷ lệ với đại lượng đo (là đại lượng liên tục). Trong các dụng cụ đo tương tự, người ta thường dùng các chỉ thị cơ điện, vì thế tín hiệu vào là dòng điện hay điện áp còn tín hiệu ra là góc quay của phần động (kim chỉ thị) hoặc sự di chuyển của bút ghi trên máy (dụng cụ tự ghi). Những dụng cụ này chính là những dụng cụ đo biến đổi thẳng. Các đại lượng cần đo là những đại lượng điện như dòng điện, điện áp, tần số... được biến đổi thành góc quay của phần động nghĩa là biến đổi năng lượng điện thành năng lượng cơ học $\alpha = f(x)$ trong đó x là đại lượng điện, α là góc quay. Còn đối với cơ cấu chỉ thị của các thiết bị hiện đại ngày nay người ta dùng led để chỉ thị kết quả. Do đó trong chương này chúng ta sẽ trình bày các loại cơ cấu chỉ thị cổ điển.

2.1.2 Nguyên lý làm việc của các chỉ thị cơ điện

Khi cho dòng điện vào một cơ cấu chỉ thị cơ điện, do tác động của từ trường lên phần động của cơ cấu đo sẽ tạo ra một moment quay M_q . Độ lớn của moment này tỷ lệ với độ lớn của dòng điện đưa vào cơ cấu đo:

$$M_q = \frac{dW_e}{d\alpha}$$

Trong đó W_e là năng lượng từ trường

α góc quay phần động

Nếu ta đặt vào trục của phần động một lò xo cản, khi phần động quay lò xo bị xoắn lại sinh ra moment cản M_C . Moment này tỷ lệ thuận với góc lệch α và được biểu diễn bằng biểu thức **$M_C = D \cdot \alpha$**

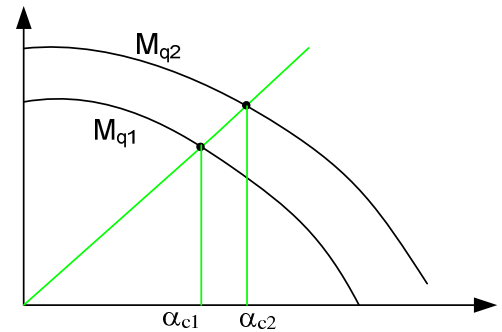
Với D là hệ số phụ thuộc vào kích thước và vật liệu chế tạo lò xo.

Khi moment cản bằng moment quay, phần động của cơ cấu đo dừng lại ở vị trí cân bằng **$M_q = M_C$**

Hay
$$\frac{dW_e}{d\alpha} = D\alpha$$

Suy ra
$$\alpha = \frac{1}{D} \frac{dW_e}{d\alpha}$$

Phương trình trên là phương trình đặc tính thang đo. Từ phương trình trên, ta biết được đặc tính của thang đo và tính chất của cơ cấu chỉ thị.



Vị trí cân bằng α_c có thể xác định bằng đồ thị như hình vẽ. Ứng với các dòng điện khác nhau ta có các góc lệch khác nhau.

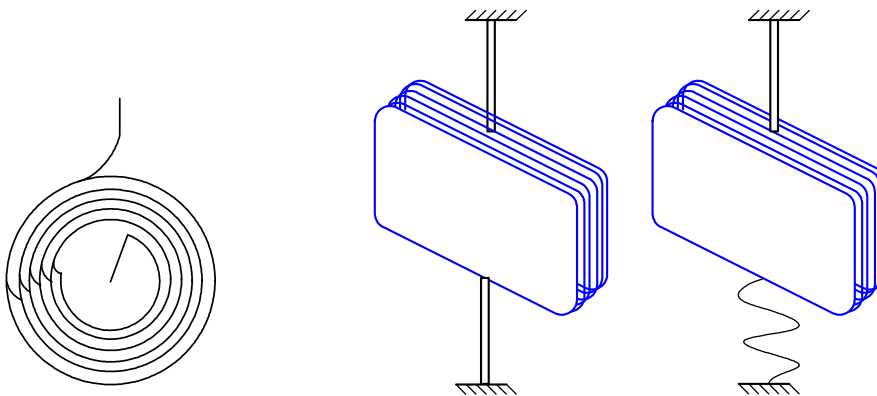
2.1.3 Các bộ phận chính và chi tiết chung của cơ cấu chỉ thị cơ

Trục và trụ

Là bộ phận đảm bảo cho phần động quay trên trục như khung dây, lò xo cản, kim chỉ thị... Trục được làm bằng thép cứng pha iridi hoặc osimi c và có tiết diện tròn có đường kính từ 0.8 đến 1.5 mm, đầu trục hình chóp với góc đỉnh là $\gamma = 45^0 - 60^0$ và đỉnh bán cầu có bán kính 0.05 – 0.3 mm. Trụ đỡ làm bằng đá cứng agat hay carbua rundum.

Lò xo phản kháng

Là chi tiết thực hiện hai nhiệm vụ: *tạo ra moment cản và dẫn dòng điện vào khung dây*. Lò xo được chế tạo bằng đồng berili hoặc đồng phốt phát để có độ đàn hồi tốt và dễ hàn, lò xo được chế tạo thành hình xoắn ốc.



Lò xo phản kháng

Dây căng và dây treo

Dây căng và dây treo

Khi cần giảm moment cản để tăng độ nhạy của cơ cấu chỉ thị, người ta thay lò xo bằng dây căng hay dây treo.

Dây căng và dây treo là các đoạn dây phẳng, có tiết diện hình chữ nhật được làm bằng đồng berili hoặc đồng phốt phát. Moment phản kháng của dây căng và dây treo nhỏ để hạn chế ma sát.

Kim chỉ thị

Kim chỉ thị được chế tạo bằng nhôm hay hợp kim nhôm . Với dụng cụ có cấp chính xác cao , kim được làm bằng thủy tinh , hình dáng của kim chỉ thị được chế tạo tùy theo cấp chính xác của dụng cụ đo và vị trí đặt dụng cụ để quan sát .

Thang đo

Thang đo là bộ phận để khắc độ các giá trị của đại lượng . Có nhiều loại thang đo khác nhau , tùy thuộc vào cấp chính xác và bản chất của cơ cấu chỉ thị . Thang đo thường được chế tạo từ nhôm lá , trên mặt có khắc vạch chia độ . Để tránh sai số trong quá trình đo trên mặt thang đo người ta gắn thêm “ mặt gương “ phản chiếu phía dưới và khi đọc kết quả đo bắt buộc kim và bóng của kim đo trên mặt gương phải trùng nhau . Đặc biệt đối với các dụng cụ làm việc cả ban đêm và ban ngày , các số trên thang đo được kẻ bằng chất phát quang (dạ quang) trong bóng tối . Có nhiều loại thang đo khác nhau , tùy theo cấp chính xác và bản chất của cơ cấu đo . Thông dụng nhất là loại thang đo có góc lệch kim là $\pm 45^0$ về hai phía so với trục thẳng đứng nghĩa là có góc lệch kim đo là $\alpha = 90^0$.

Bộ phận cản dọi

Là bộ phận làm giảm quá trình dao động của phần động và xác định vị trí cân bằng được nhanh chóng .

Cản dọi được phân thành 2 loại :

- ✚ Cản dọi bằng không khí .
- ✚ Cản dọi kiểu cảm ứng từ .

Cản dọi không khí có cấu tạo như hình vẽ , gồm một hộp kín trong có lá nhôm chuyển động được gắn liền với trục quay . Khi phần động của cơ cấu chỉ thị chuyển động , lá nhôm chuyển động theo tạo nên lực cản làm giảm quá trình dao động .

2.1.4 Công dụng của các dụng cụ đo (đồng hồ đo)

- ✚ Ampe kế (A) dùng để đo dòng điện có cường độ lớn ($> 1A$) .
- ✚ Miliampe – kế dùng để đo dòng điện có cường độ nhỏ ($< 1000mA$) .
- ✚ Vôn kế (V hoặc KV) dùng để đo điện áp .
- ✚ Milivôn – kế (mV) dùng để đo điện áp milivôn .
- ✚ Kilowatt hoặc watt – kế (KW hoặc W) dùng để đo công suất .
- ✚ Điện năng kế (Wh hoặc KWh) dùng để đo điện năng tiêu thụ .

2.2 CƠ CẤU TỪ ĐIỆN (D' ARSONVAL)

2.2.1 Cấu tạo

Bộ phận chỉ thị dùng cơ cấu từ điện gồm hai phần cơ bản : **phần tĩnh và phần động** như hình vẽ

Phần tĩnh

Gồm có nam châm vĩnh cửu , mạch từ , cực từ và lõi sắt . Các bộ phận này hình thành mạch từ kín . Giữa cực từ và lõi sắt có khe hở đều nhau gọi là khe hở làm việc , trong đó có khung quay chuyển động . Đường sức qua khe hở làm việc hướng tâm tại mọi điểm . Trong khe hở này có độ từ cảm B đều nhau tại mọi điểm .

Ngoài ra , trong mạch từ còn có **Shunt từ** dùng để điều chỉnh từ thông qua khe hở làm việc

Phần động

Gồm có một khung bằng chữ nhôm hình chữ nhật trên khung có quấn dây đồng rất nhỏ cỡ 0.03 – 0.2 mm (cũng có trường hợp khung quay không có lõi nhôm bên trong như điện năng kế) .

Khung quay được gắn vào trục quay (hoặc dây căng hay dây treo) , trục quay này được đặt trên hai điểm tựa trên và dưới (ở hai đầu trục) Như vậy khung quay được là nhờ trục quay nên chúng ta gọi khung này là khung quay .

Ở hai đầu trên và dưới của khung quay còn gắn chặt vào 2 lò xo xoắn có nhiệm vụ dẫn dòng điện vào khung quay . Khung quay được đặt trong từ trường tạo ra bởi hai cực của nam châm vĩnh cửu . Để làm tăng ảnh hưởng của từ trường đối với khung quay người ta đặt một lõi sắt non hình trụ bên trong lòng của khung quay di chuyển trong khe hở của không khí giữa lõi sắt non và 2 cực của nam châm , khe hở này thường rất hẹp.

Kim chỉ thị được gắn chặt vào trục quay của khung quay , cho nên khi khung quay di chuyển thì kim chỉ thị sẽ di chuyển tương ứng .

Trong cơ cấu đo từ điện , chất lượng nam châm vĩnh cửu ảnh hưởng rất lớn đến độ chính xác của dụng cụ đo . Do đó , yêu cầu đối với nam châm vĩnh cửu là tạo từ cảm B lớn trong khe hở làm việc , ổn định theo thời gian và nhiệt độ . Trị số từ cảm B càng lớn thì moment quay tạo ra càng lớn nên độ nhạy của cơ cấu đo càng cao và ít bị ảnh hưởng của từ trường ngoài .

2.2.2 Nguyên lý làm việc

Sự làm việc của khung quay

Khi có dòng điện chạy qua khung dây , dưới tác dụng từ trường của nam châm vĩnh cửu khung quay lệch một góc α . Moment quay tạo ra được xác định theo biểu thức

$$M_q = \frac{dW_e}{d\alpha}$$

W_e tỉ lệ với độ lớn của từ thông Φ trong khe hở làm việc và dòng điện I chạy trong khung dây

$$W_e = \Phi \cdot I$$

Mà $\Phi = B S W \alpha$

Trong đó

B là độ từ cảm của nam châm vĩnh cửu

S diện tích khung dây

W số vòng dây quấn trên khung dây

α góc lệch của khung dây so với vị trí ban đầu

Các giá trị trên là hằng số (const) khi khung dây quay

Ta có thể viết lại biểu thức trên như sau

$$M_q = \frac{d(\Phi I)}{d\alpha} = \frac{d(B S W I \alpha)}{d\alpha}$$

$$M_q = B S W I$$

Do đó $M_q = K_q I$

Khi cân bằng , moment quay bằng với moment cản

$$M_q = M_c$$

$$B S W I = D \alpha$$

Suy ra $\alpha = \frac{B S W I}{D}$

Ta nhận thấy B, S, W, D là những hằng số nên góc quay khung dây tỷ lệ bậc nhất với dòng điện I .

Độ nhạy của cơ cấu đo được xác định bằng biểu thức sau $S = \frac{d\alpha}{dI}$ Nghĩa là độ nhạy dòng điện tương ứng với sự biến thiên góc quay khi có sự biến thiên dòng điện qua khung dây . Trong thực tế người ta thường dùng trị số dòng điện tối đa hay còn gọi là dòng điện cực đại RMS mà kim chỉ thị lệch tối đa hay lệch hết khung đo (FSD = Full Scale Deviation) để đặc trưng độ nhạy của cơ cấu .

Độ nhạy càng lớn khi I_{max} càng nhỏ vì góc quay của kim chỉ thị là không đổi (vào khoảng 105^0) Do đó muốn tăng độ nhạy , ta tăng giá trị K_q (nghĩa là tăng cảm ứng từ B hay tăng diện tích khung dây hoặc tăng số vòng dây quấn trên khung dây) .

Theo biểu thức xác định độ nhạy S của cơ cấu được xác định

$$S = \frac{K_D}{K_C} = \frac{50}{50} = 1$$

Thí dụ

Độ nhạy của cơ cấu chỉ thị là 50 micro ampe nghĩa là dòng điện tối đa qua cơ cấu chỉ thị lệch tối đa qua cơ cấu chỉ thị là 50 micro ampe như vậy dòng điện lớn nhất qua cơ cấu có trị số càng nhỏ thì cơ cấu càng nhạy .

- ✚ Cơ cấu đo từ điện còn dùng để làm chỉ thị trong các mạch đo các đại lượng không điện
- ✚ Dùng để chế tạo các dụng cụ đo điện tử tương tự như volt kế điện tử , tần số điện tử , pha kế điện tử . . .
- ✚ Kết hợp với các bộ biến đổi như cầu chỉnh lưu , cảm biến , cặp nhiệt để có thể đo các đại lượng xoay chiều (dòng và áp xoay chiều)

2.3 CƠ CẤU ĐIỆN TỬ

Cơ cấu đo điện tử còn được gọi là cơ cấu có miếng sắt di động (Moving Iron)

2.3.1 Cấu tạo cơ cấu đo điện tử

Cơ cấu đo điện tử có hai loại là loại hút và loại đẩy

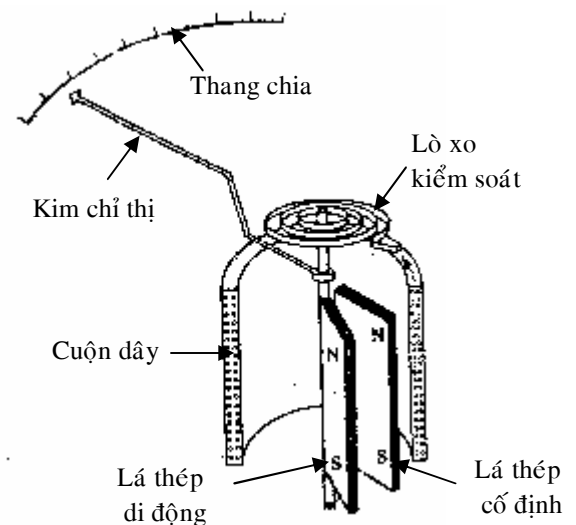
Cơ cấu đo điện tử loại hút

Gồm có cuộn dây cố định , miếng sắt di động trong vùng từ trường do cuộn dây tạo ra khi có dòng điện chạy qua cuộn dây . Nếu từ trường tạo ra càng lớn thì miếng sắt càng bị hút mạnh vào và kim chỉ thị càng bị lệch nhiều . Để cân bằng lực hút , ta gắn thêm lò xo kiểm soát đối kháng lại . Khi không có dòng điện chạy qua cuộn dây , từ trường sẽ không còn nên kim chỉ thị sẽ trở về vị trí cân bằng ban đầu

Sự chuyển động của kim chỉ thị cũng được đệm để làm dịu , bộ phận đệm gồm một lá nhôm gắn chặt với kim chỉ thị di chuyển trong buồng được che kín

Cơ cấu đo điện tử loại lực đẩy

Gồm có hai miếng sắt di động được gắn chặt với trục quay , còn miếng sắt cố định được gắn với vách trong của nòng cuộn dây . Khi có dòng điện chạy qua sẽ từ hóa 2 miếng sắt có cùng cực tính cho nên 2 miếng sắt sẽ đẩy nhau , khi đó miếng sắt di động sẽ di chuyển



Nguyên lý làm việc

Cơ cấu điện tử là loại lực hút và đẩy có cùng nguyên lý làm việc

Khi cho dòng điện chạy qua cuộn dây, cuộn dây trở thành nam châm điện và trong cuộn dây xuất hiện moment quay được xác định theo biểu thức

$$M_q = \frac{dW_e}{d\alpha}$$

Năng lượng từ trường tích lũy trong cuộn dây được xác định theo biểu thức

$$W_{tt} = \frac{1}{2} L I^2$$

Trong đó L là điện cảm của cuộn dây

Từ trường trong lòng cuộn dây sẽ từ hoá các lá thép. Sự phân cực các lá thép tạo thành những nam châm cùng cực có tác dụng đẩy lá thép động. Lực này làm quay lá thép đi động quanh trục

Khi lá thép bị hút vào cuộn dây sẽ tổn hao một năng lượng từ trường là dW_{tt} , năng lượng này được chuyển thành cơ năng tác dụng lên lá thép $M_q \cdot d\alpha$

Ta có $dW_{tt} = M_q \cdot d\alpha$

$$d\left(\frac{1}{2} L I^2\right) = M_q \cdot d\alpha$$

Suy ra $M_q = \frac{d\left(\frac{1}{2} L I^2\right)}{d\alpha} = \frac{1}{2} \frac{dL}{d\alpha} I^2$

Do đó $M_q = K_q \cdot I^2$

Khi kim ở vị trí cân bằng, moment quay bằng với moment phản kháng

$$M_q = M_{pk}$$

$$K_q I^2 = K_{pk} \alpha$$

Hay $\alpha = \frac{K_q}{K_{pk}} I^2$

$$\alpha = K \cdot I^2$$

Tỷ góc quay tỉ lệ với bình phương dòng điện. Do đó, thang đo của cơ cấu đo kiểu điện từ có các vạch chia không đều nhau.

2.3.2 Đặc điểm của cơ cấu đo điện từ

Từ biểu thức trên, ta có một số nhận xét sau

- ✚ Góc quay α của khung dây tỷ lệ với bình phương dòng điện và không phụ thuộc vào chiều dòng điện nên cơ cấu đo điện từ có thể đo đại lượng dòng điện và điện áp một chiều và xoay chiều có tần số lên đến 10.000 Hz (10kHz)

Do góc quay khung dây tỷ lệ bình phương với dòng điện nên thang đo chia vạch không đều và phụ thuộc vào tỷ số $\frac{dL}{d\alpha}$ (đây là đại lượng phi tuyến). Thực tế , người ta tính toán sao cho góc lệch α của khung dây thay đổi thì tỷ số $\frac{dL}{d\alpha}$ thay đổi theo qui luật ngược với bình phương dòng điện . Nghĩa là ta phải tính toán và lựa chọn kích thước , hình dáng lõi động của mạch từ và vị trí đặt cuộn dây cho phù hợp

Để cản dọi , cơ cấu đo điện từ thường sử dụng không khí hoặc cảm ứng

2.4 CƠ CẤU ĐO ĐIỆN ĐỘNG

Là cơ cấu đo phối hợp giữa cơ cấu đo từ điện (khung quay mang kim chỉ thị) và cơ cấu đo điện từ (cuộn dây cố định tạo từ trường cho khung quay)

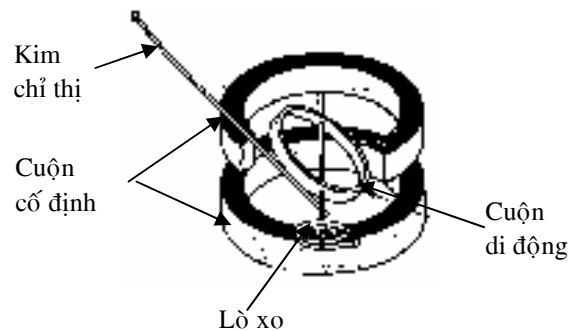
2.4.1 Cấu tạo cơ cấu đo điện động

Phần tĩnh gồm cuộn dây được chia thành 2 cuộn dây nối tiếp nhau để tạo ra từ trường khi có dòng điện chạy qua cuộn dây . Hai cuộn dây được đặt cách nhau một khoảng để cuộn dây động nằm trong khoảng này và chịu ảnh hưởng của từ trường do cuộn dây tĩnh tạo ra

Phần động gồm một khung dây đặt trong lòng cuộn dây tĩnh . Khung dây được gắn với trục quay , trục quay có gắn lò xo cản dọi và kim chỉ thị . Trục quay được đặt xuyên qua khe hở khoảng không của cuộn dây tĩnh .

Phần động và phần tĩnh được bọc kín bằng màng chắn để tránh ảnh hưởng của từ trường ngoài làm sai lệch giá trị đo .

Thông thường cuộn dây di động không có lõi sắt non (như ở cơ cấu từ điện) mà là lõi không khí cho nên tránh được hiện tượng từ trễ và dòng điện xoáy . Khi được sử dụng để đo dòng điện xoay chiều cuộn dây phần tĩnh và phần động được nối với nhau như thế nào thì phụ thuộc vào sự sử dụng của cơ cấu đo . Cơ cấu đo kiểu điện động được sử dụng để làm ampe kế , Volt kế hoặc Watt kế .



2.4.2 Nguyên lý làm việc

Khi có dòng điện chạy qua cuộn dây tĩnh , trong lòng cuộn dây tĩnh xuất hiện từ trường , từ trường này tác động lên dòng điện chạy trong khung dây (cuộn dây động) Giữa các cuộn dây sẽ có lực tác động tương hỗ tạo nên moment quay làm cho cuộn dây động quay đi một góc α .

Khi có dòng điện một chiều đi vào cuộn dây tĩnh

Moment quay được xác định theo biểu thức

$$M_q = \frac{dW_e}{d\alpha} = \frac{dM_{12}}{d\alpha} I_1 I_2$$

$$M_q = K_q \cdot I_1 \cdot I_2$$

Nếu $I_1 = I_2 = I$ thì $M_q = k_q \cdot I^2$

Ở vị trí cân bằng moment quay bằng với moment cản . Ta có đẳng thức sau $M_q = M_{pk}$

$$\frac{dM_{12}}{d\alpha} I_1 I_2 = D \cdot \alpha$$

Suy ra
$$\alpha = \frac{1}{D} \frac{dM_{12}}{d\alpha} I_1 I_2$$

Khi dòng điện xoay chiều đi vào cuộn dây tĩnh

Moment quay được xác định theo biểu thức

$$M_q = \frac{dW_e}{d\alpha} = \frac{dM_{12}}{d\alpha} i_1 i_2$$

Do có quán tính nên phần động không kịp thay đổi theo giá trị tức thời . Cho nên , trên thực tế người ta lấy giá trị trung bình trong một chu kỳ tương ứng với giá trị hiệu dụng RMS

Ta có
$$M_q = \frac{1}{T} \int_0^T M_{qt} dt$$

Suy ra
$$M_q = \frac{dM_{12}}{d\alpha} I_1 I_2 \cos\varphi$$

$$M_q = K_q \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \cos\varphi$$

Với φ là góc lệch pha giữa hai dòng điện I_1 và I_2

Ở vị trí cân bằng moment quay bằng với moment cản . Ta có đẳng thức sau

$$\frac{dM_{12}}{d\alpha} I_1 I_2 \cos\varphi = D \cdot \alpha$$

Suy ra
$$\alpha = \frac{1}{D} \frac{dM_{12}}{d\alpha} I_1 I_2 \cos\varphi$$

Hay
$$\alpha = \frac{k_q}{k_p} I^2 = K \cdot I^2$$

Năng lượng từ trường trong 2 cuộn dây phân tĩnh và phân động là :

$$W_u = \frac{1}{2} L_1 \cdot I_1^2 + \frac{1}{2} L_2 \cdot I_2^2 + M \cdot I_1 \cdot I_2$$

M là hệ số tương hỗ giữa 2 cuộn dây phần tĩnh và phần động thay đổi theo vị trí của cuộn dây phần động đối với cuộn dây phần tĩnh tức thay đổi theo góc quay α .

Độ biến thiên dW_{tt} là : $dW_{tt} = M_q \cdot d\alpha$

2.4.3 Đặc điểm của cơ cấu đo kiểu điện động

Cơ cấu đo điện động có ưu và nhược điểm của cơ cấu đo từ điện và cơ cấu đo điện từ

Ưu điểm của cơ cấu đo kiểu điện động

- ✚ Cơ cấu đo kiểu điện động có thể sử dụng để đo điện một chiều và xoay chiều
- ✚ Moment quay M_q tỷ lệ với giá trị hiệu dụng dòng điện và $\cos\phi$ nên ta có thể sử dụng cơ cấu đo kiểu điện động để làm watt kế (đo công suất)

Nhược điểm của cơ cấu đo kiểu điện động

- ✚ Cơ cấu đo kiểu điện động tiêu thụ công suất nên chỉ thích hợp cho việc đo công suất lớn
- ✚ Moment quay của cơ cấu đo không lớn vì từ trường của bản thân cuộn dây sinh ra nhỏ và từ thông kếp kín qua không khí có từ trở lớn vì thế tổn hao từ nhiều . Do đó cơ cấu đo kiểu điện động bị ảnh hưởng nhiều bởi từ trường ngoài nên để hạn

2.4.4 Ứng dụng của cơ cấu đo kiểu điện động

Cơ cấu đo kiểu điện động được sử dụng để chế tạo các ampe kế , volt kế , watt kế một chiều và xoay chiều với tần số công nghiệp . Đồng hồ đo hệ số công suất $\cos\phi$ hay góc lệch giữa các pha . Khi sử dụng trong mạch xoay chiều tần số cao , ta phải lắp thêm mạch bù tần số và cơ cấu đo này có thể đo được ở dải tần lên đến 20 kHz . Ngoài ra , ta cũng có thể tạo ra tỉ số kế điện động để làm $\cos\phi$ kế

Lưu ý

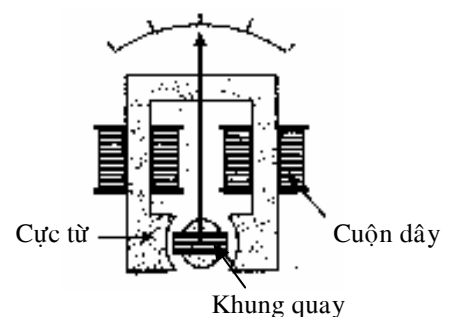
Chiều quay của cơ cấu đo điện động (sắt điện động) được xác định trước khi hoạt động với dòng điện điện xoay chiều . Như vậy , khi kim chỉ thị của cơ cấu đo bị lệch ngược thì ta phải hoán đổi cực tính của cuộn dây để kim chỉ thị quay thuận

2.5 CƠ CẤU CẢM ỨNG

2.5.1 Cấu tạo cơ cấu đo kiểu cảm ứng

Gồm hai phần chính là phần động và phần tĩnh

Phần tĩnh gồm có hai cuộn dây quấn trên mạch từ (lõi thép kỹ thuật) để tạo ra nam châm điện . Khi có dòng điện chạy qua các cuộn dây sẽ sinh ra từ trường



móc vòng qua mạch từ và qua phần động . Số lượng nam châm ít nhất là 2

Phần động là một đĩa kim loại thường làm bằng nhôm gắn vào trục quay và trên có mang kim chỉ thị

2.5.2 Nguyên lý hoạt động

Khi có dòng điện I_1 và I_2 chạy qua, từ thông sinh ra sẽ cảm ứng lên đĩa nhôm làm cho trên đĩa nhôm xuất hiện dòng điện xoáy .

Khi 2 cuộn dây của nam châm điện có dòng điện xoay chiều i_1 và i_2 có biên độ là I_1 và I_2 đi qua hai cuộn dây của nam châm điện và chúng lệch pha một góc φ . Các dòng điện này tạo ra từ thông Φ_1 và Φ_2 có cùng pha với i_1 và i_2 . Như vậy Φ_1 tạo ra sức điện động cảm ứng E_1' và Φ_2 tạo ra E_2' . Sức điện động cảm ứng E_1' lệch pha 90° so với Φ_1 và sđđ cảm ứng E_2' lệch pha 90° so với Φ_2

Trên đĩa nhôm , sđđ cảm ứng E_1' tạo ra dòng điện xoáy i_1' (có biên độ là I_1') và sđđ cảm ứng E_2' tạo ra dòng điện xoáy i_2' (có biên độ là I_2') có cùng pha với sức điện động cảm ứng phát sinh ra dòng điện xoáy này . Các dòng điện xoáy nằm trong từ trường của các nam châm điện nên chúng sẽ tác dụng tương hỗ lẫn nhau , làm xuất hiện các lực từ trên đĩa nhôm và là xuất hiện moment làm cho đĩa nhôm quay

Moment quay được xác định theo biểu thức

$$M_q = C . f . \Phi_1 . \Phi_2 \sin\varphi$$

Trong đó C là hằng số của cơ cấu đo kiểu cảm ứng

$$\text{Hay } M_q = K . U . I \cos\varphi = K . P$$

Moment phản kháng tỉ lệ với tốc độ quay của đĩa nhôm

$$M_{pk} = K' . n$$

Đĩa nhôm quay đều khi moment quay cân bằng với moment phản kháng

$$M_q = M_{pk}$$

$$\text{Hay } K . P = K' . n$$

$$\text{Suy ra } n = \frac{K}{K'} P$$

Để có được từ thông lớn cần phải có từ trở của mạch từ nhỏ , ngoài ra còn phải chịu được quá tải và chống lại từ trường nhiễu bên ngoài . Hơn nữa chúng ta còn ghi nhận nhiệt độ cũng ảnh hưởng đến điện trở của dòng điện xoáy trên đĩa và cuộn dây . Do đó cơ cấu này cũng có sai số do nhiệt độ

Kết luận

- ⚡ Tốc độ quay của đĩa nhôm tỉ lệ với công suất của phụ tải
- ⚡ Khi $M_q > M_{pk}$ đĩa nhôm quay nhanh

- ⊕ Khi $M_q < M_{pk}$ đĩa nhôm quay chậm

2.5.3 Đặc tính của cơ cấu đo kiểu cảm ứng

Ưu điểm của cơ cấu đo kiểu cảm ứng

- ⊕ Có moment lớn
- ⊕ Cấu tạo chắc chắn
- ⊕ Khả năng chịu quá tải cao

Nhược điểm của cơ cấu đo kiểu cảm ứng

- ⊕ Độ chính xác thấp do có sai số và do từ trễ nên chủ yếu dùng để đo công suất xoay chiều
- ⊕ Moment quay phụ thuộc vào tần số nên cần phải ổn định tần số

Đặc tính

Điều kiện để có moment quay là phải có ít nhất hai từ trường

Moment quay đạt giá trị cực đại nếu góc lệch pha giữa hai từ trường là $\Phi = \frac{\pi}{2}$

Moment quay phụ thuộc vào tần số của dòng điện tạo ra từ trường

Cơ cấu đo kiểu cảm ứng chỉ làm việc trong mạch điện xoay chiều

Ứng dụng

Cơ cấu đo kiểu cảm ứng chủ yếu dùng để chế tạo công tơ điện (counter điện hay comptor điện) để đo điện năng tiêu thụ . Đôi khi người ta dùng để đo tần số

2.6 CÁC KÝ HIỆU GHI TRÊN CƠ CẤU CHỈ THỊ

Thông thường trên mặt của bộ phận chỉ thị thường được ghi ký hiệu ở hai góc dưới. Nhờ những ký hiệu này mà chúng ta sẽ biết được cấp chính xác của thiết bị đo , đo điện một chiều , xoay chiều hoặc cho cả một chiều (DC) và xoay chiều (AC) . . .

Ngoài ra dựa vào ký hiệu này chúng ta biết được cơ cấu chỉ thị cho thiết bị đo này từ đó ta suy ra nguyên lý hoạt động của cơ cấu đo cũng như biết được ưu và khuyết điểm của cơ cấu đo đó

- | | |
|--|--|
| ⊕ Cơ cấu đo từ điện | ⊕ Cơ cấu tỉ số kế từ điện (logomét) |
| ⊕ Cơ cấu đo từ điện có bộ phận chỉnh lưu dùng diode | ⊕ Cơ cấu đo điện từ (miếng sắt di động) cơ cấu điện từ có nam châm thường trực |
| ⊕ Cơ cấu đo từ điện có phần biến đổi điện xoay chiều sang một chiều dùng cơ cấu nhiệt điện | ⊕ Tỉ số kế điện từ |
| | ⊕ Cơ cấu điện động |

- ✚ Cơ cấu sắt điện động
- ✚ Cơ cấu cảm ứng
- ✚ Cơ cấu tỉ số kế điện động
- ✚ Cơ cấu tỉ số kế cảm ứng
- ✚ Tỉ số kế sắt điện động
- ✚ Cơ cấu đo tĩnh điện

Ngoài ra có những ký hiệu khác ghi trên các máy được nhà sản xuất sẽ quy định cho chúng ta biết khi sử dụng các thiết bị đo . Vì thế , khi sử dụng thiết bị đo chúng ta cần lưu ý đến các ký hiệu ghi trên máy

2.7 CHỈ THỊ SỐ (DIGITAL)

Trong quá khứ các thiết bị cơ học và quang học đã giúp ích cho kỹ thuật đo lường . Tuy nhiên các thiết bị này vẫn còn một số hạn chế như không đáp ứng được các đại lượng đo có tần số cao , sai số lớn , khó truyền tín hiệu đi xa và khó xử lý các tín hiệu này nên việc tự động hóa sẽ gặp nhiều khó khăn .

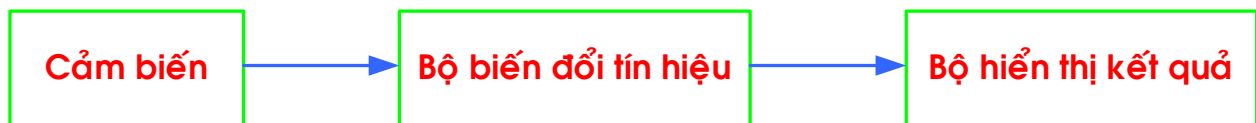
Hiện nay trên thị trường ngoài các thiết bị đo hiển thị cơ (Analog) còn có các thiết bị đo hiển thị số (Digital) . So với các thiết bị đo cơ điện , thiết bị đo hiển thị số đã khắc phục được một số nhược điểm của thiết bị đo cơ điện như tăng độ nhạy , tăng tổng trở đầu vào nên hạn chế được sai số trong quá trình đo , cấu tạo nhỏ gọn . Đặc biệt là do hiển thị số nên kết quả đọc được nhanh chóng đồng thời đáp ứng được tần số cao

Thiết bị đo hiển thị số có các ưu điểm sau

- ✚ Độ nhạy thích hợp
- ✚ Tiêu thụ năng lượng ít
- ✚ Tốc độ đáp ứng nhanh
- ✚ Dễ tương thích và tín hiệu dễ dàng truyền đi xa
- ✚ Độ tin cậy cao
- ✚ Tính linh hoạt cao phù hợp với các vấn đề về đo lường

2.7.1 Nguyên lý hoạt động của chỉ thị số

Một thiết bị đo hiển thị số gồm có ba khối



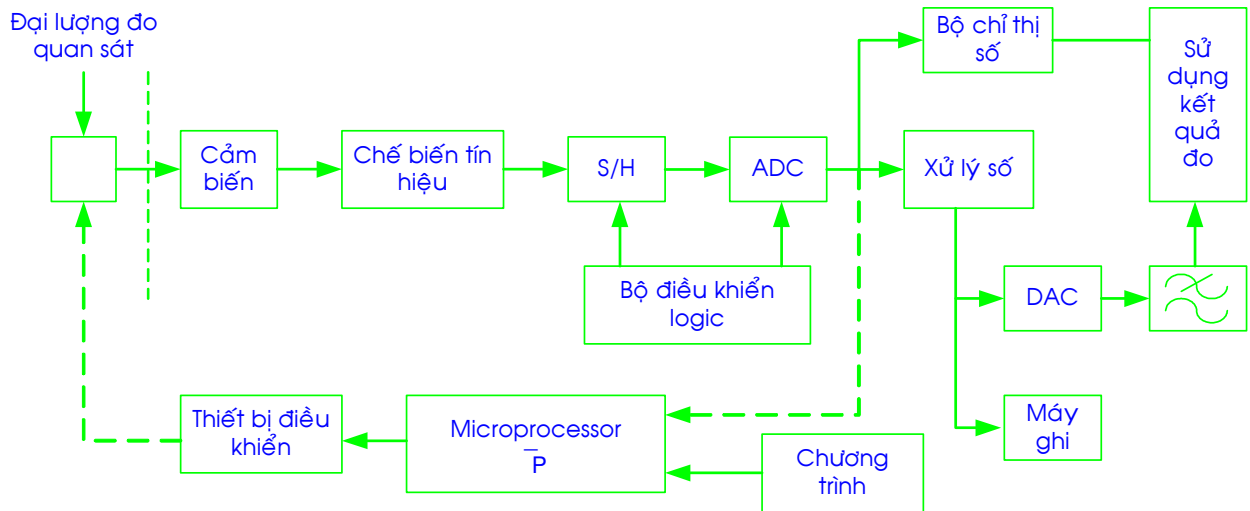
Cảm biến : dùng để biến đổi các đại lượng không điện sang đại lượng điện . Bộ phận này chỉ ở các thiết bị đo các đại lượng trong công nghiệp

Bộ biến đổi tín hiệu : dùng để biến đổi các đại lượng điện như dòng điện , điện áp điện trở . . . cho phù hợp với bộ hiển thị kết quả (hiển thị số) . Bộ này gồm có mạch phân tầm đo , mạch điều chỉnh tổng trở , mạch khuếch đại tín hiệu đo . Ngoài ra còn

có mạch lọc , mạch chỉnh lưu , mạch sửa dạng tín hiệu , mạch chopper , mạch biến đổi tín hiệu (A / D) . . .

Bộ chỉ thị kết quả đo : kết quả đo được hiển thị dưới hai hình thức kim hoặc hiển thị số (hiện nay đa phần là hiển thị số)

Khảo sát sơ đồ khối của hệ thống đo lường dạng số (Digital)



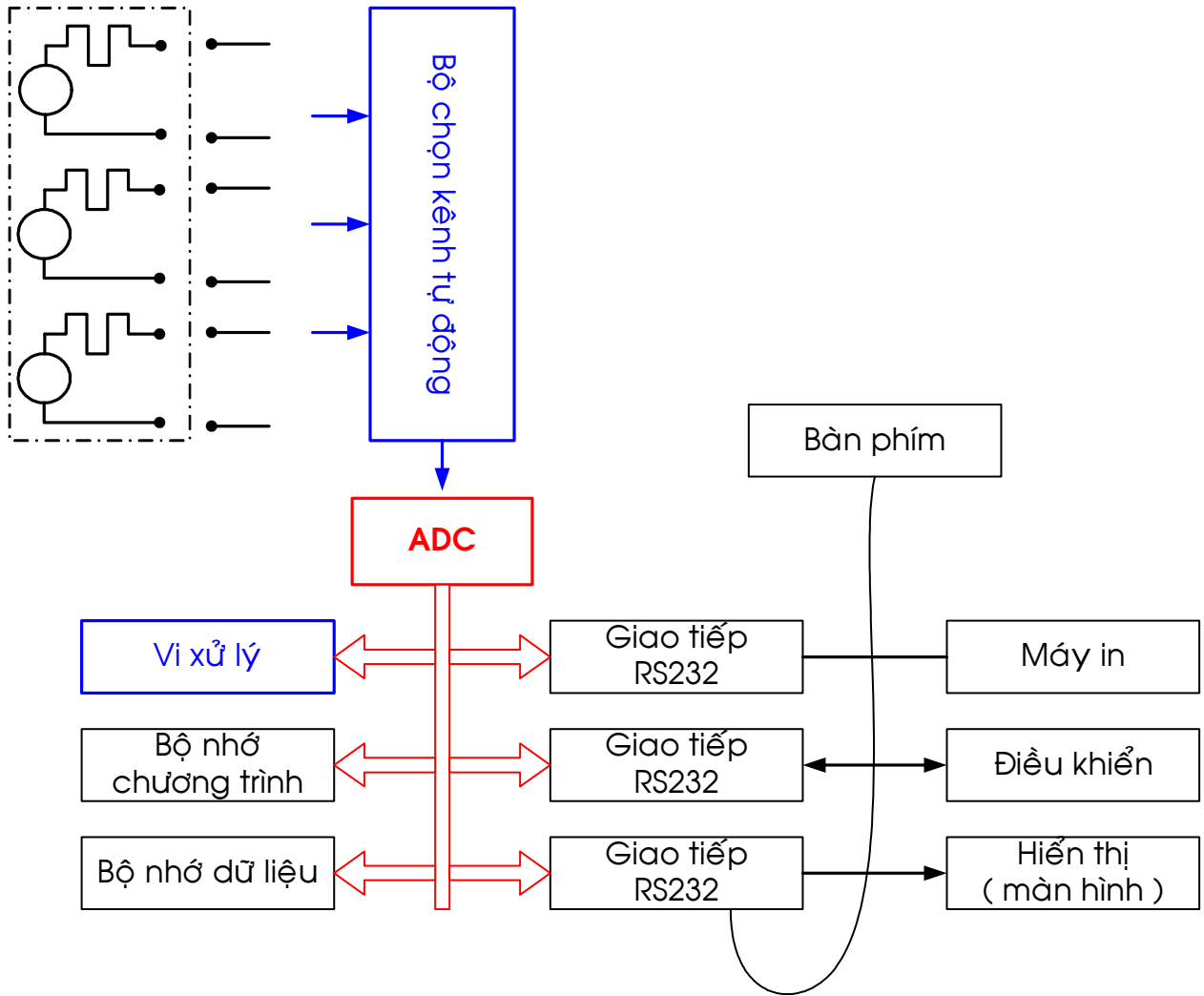
Hệ thống đo lường số kết hợp với \bar{P}

Bộ vi xử lý (Microprocessor μP) tham gia vào hệ thống đo để xử lý nhanh tín hiệu đo và chống nhiễu khi truyền tín hiệu đi xa . Với sự phát triển của máy tính cao nhân (PC) hệ thống đo lường sử dụng PC để tự động hóa hệ thống đo lường ở mức độ cao hơn và việc sử dụng cũng được thuận tiện hơn . Hiện nay chúng ta bước sang giai đoạn “ máy tính hoá thiết bị đo lường “ (Computerized Instrumentation)

Trong hệ thống đo lường kỹ thuật số , tín hiệu Analog được biến đổi sang tín hiệu Digital bằng mạch ADC (Analog Digital Converter) , tín hiệu này được chuyển đến bộ μP để xử lý dữ liệu . Muốn thể hiện tín hiệu ở dạng Analog , ta dùng mạch DAC (Digital Analog Converter) để chuyển đổi tín hiệu sang analog .

Ngoài ra , hệ thống đo lường dạng số còn có ưu điểm là hoạt động thông minh vì có phần mềm (soft ware) xử lý tín hiệu đo lường và điều khiển hệ thống một cách tự động hóa . Việc xử lý tín hiệu và điều khiển hệ thống từ xa (remote) là nhờ được kết nối với máy tính , máy tính sẽ điều khiển thiết bị đo lường thông qua bộ giao tiếp chuẩn (interface bus standard) thông dụng là IE488 hoặc RS232C . Phần giao tiếp truyền số đa năng (GPIB – General Purpose Interface Bus) được thiết kế để được thực hiện sự điều khiển .

Sơ đồ khối của hệ thống thu nhận và xử lý dữ liệu dùng mạch giao tiếp RS232 như sau :



CÂU HỎI ÔN TẬP

- Câu 1 Cơ cấu hiển thị bao gồm những bộ phận nào ?
- Câu 2 Công dụng của từng bộ phận trong cơ cấu hiển thị ?
- Câu 3 Nêu cấu tạo cơ cấu đo từ điện ?
- Câu 4 Trình bày nguyên lý hoạt động của cơ cấu đo từ điện ?
- Câu 5 Nêu ưu điểm của cơ cấu đo từ điện ?
- Câu 6 Nêu nhược điểm của cơ cấu đo từ điện ?
- Câu 7 Nêu cấu tạo cơ cấu đo điện từ ?
- Câu 8 Trình bày nguyên lý hoạt động của cơ cấu đo điện từ ?
- Câu 9 Nêu ưu điểm của cơ cấu đo điện từ ?
- Câu 10 Nêu nhược điểm của cơ cấu đo điện từ ?
- Câu 11 Nêu cấu tạo cơ cấu đo điện động ?
- Câu 12 Trình bày nguyên lý hoạt động của cơ cấu đo điện động ?
- Câu 13 Nêu ưu điểm của cơ cấu đo điện động ?
- Câu 14 Nêu nhược điểm của cơ cấu đo điện động ?
- Câu 15 Nêu cấu tạo cơ cấu đo cảm ứng ?
- Câu 16 Trình bày nguyên lý hoạt động của cơ cấu đo cảm ứng ?
- Câu 17 Nêu ưu điểm của cơ cấu đo cảm ứng ?
- Câu 18 Nêu nhược điểm của cơ cấu đo cảm ứng ?
- Câu 19 So sánh ưu và nhược điểm của các cơ cấu đo ?
- Câu 20 Giải thích các ký hiệu ghi trên thiết bị đo
- Câu 21 Nêu tính ưu việt của cơ cấu đo hiển thị số so với cơ cấu đo hiển thị cơ ?
- Câu 22 Vẽ sơ đồ khối và giải thích nguyên lý hoạt động của hệ thống đo lường dạng số ?

Chương 3

ĐO DÒNG ĐIỆN VÀ ĐIỆN ÁP



3.1 . KHÁI NIỆM

Trong các đại lượng điện , đại lượng dòng điện và điện áp là các đại lượng cơ bản nhất Cho nên trong công nghiệp cũng như trong các nghiên cứu khoa học , người ta luôn quan tâm đến các phương pháp và thiết bị đo dòng điện

Ta có thể đo dòng điện bằng phương pháp

- ⊕ Đo trực tiếp
- ⊕ Đo gián tiếp
- ⊕ Phương pháp so sánh (hay còn gọi là phương pháp bù)

Ở phương pháp đo trực tiếp , ta sử dụng các dụng cụ đo dòng điện như ampe kế miliampe kế hay microampe kế tùy theo cường độ dòng điện cần đo và giá trị đo được đọc trực tiếp trên dụng cụ đo

Trong phương pháp đo gián tiếp , ta đo điện áp rơi trên điện trở mẫu được mắc trong mạch cần đo dòng điện . Thông qua tính toán , ta sẽ xác định được dòng điện cần đo (áp dụng định luật Ohm)

Ở phương pháp so sánh , ta so sánh dòng điện cần đo với dòng điện mẫu chính xác . Ở trạng thái cân bằng của dòng điện cần đo và dòng điện mẫu , kết quả được đọc trên mẫu . Ta có thể sử dụng phương pháp so sánh trực tiếp và phương pháp so sánh gián tiếp

3.2 CÁC DỤNG CỤ ĐO DÒNG ĐIỆN

3.2.1 Đặc điểm cơ cấu đo

Khi đo dòng điện , ta mắc dụng cụ đo nối tiếp với mạch điện cần đo . Vì thế ampe kế sẽ lấy một phần năng lượng của mạch đo , cho nên sẽ gây ra sai số trong quá trình đo . Phần năng lượng này còn gọi là công suất tiêu thụ của ampe kế và được tính theo biểu thức

$$P_A = I_A^2 \cdot R_A$$

Từ biểu thức trên , ta nhận thấy công suất tiêu thụ của dụng cụ đo càng nhỏ thì sai số của phép đo càng nhỏ nghĩa là điện trở của cơ cấu đo càng nhỏ càng tốt

Đối với các dụng cụ đo dòng điện xoay chiều , do tần số ảnh hưởng đến cơ cấu đo $X_L = 2 \pi f L$ là thành phần trở kháng của cơ cấu đo . Cho nên người ta thiết kế cơ cấu đo làm việc ở dải tần số nhất định để đảm bảo cấp chính xác cho cơ cấu đo

3.2.2 Các yêu cầu của cơ cấu đo

Trước khi đo

- ✚ Kiểm tra sự an toàn cho người và thiết bị
- ✚ Đảm bảo độ tin cậy của mạch cần đo dòng điện

Trong khi đo

- ✚ Chọn thang đo thích hợp
- ✚ Điều chỉnh kim và que đo đúng vị trí

Sau khi đo

- ✚ Đánh giá kết quả đo được
- ✚ Tính sai số

3.2.3 Cách tính sai số

Mắc ampe kế nối tiếp với phụ tải như hình vẽ

Gọi

I là dòng điện qua phụ tải khi chưa mắc ampe kế (Khi khoá K đóng)

I_A là dòng điện qua phụ tải khi mắc ampe kế (Khi khoá K hở)

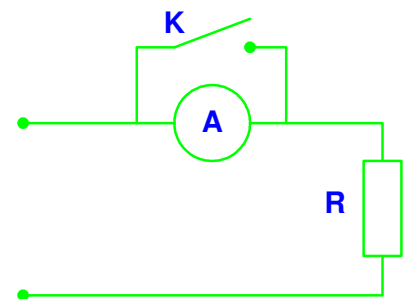
R_A là điện trở nội của ampe kế

R là điện trở của phụ tải

U là điện áp nguồn cung cấp cho mạch điện

Ta có $I = \frac{U}{R}$ và $I_A = \frac{U}{R_A + R}$

Sai số tương đối $\Delta\% = \frac{I - I_A}{I} 100\% = \frac{R_A}{R_A + R} 100\%$

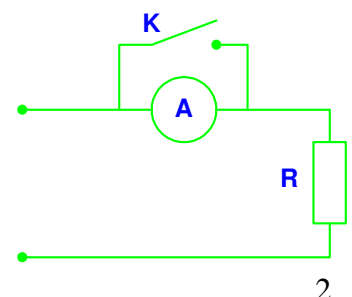


Ví dụ

Tính sai số của phép đo khi mắc vào mạch một ampe kế có nội trở là $R_m = 50 \Omega$, điện trở tải có giá trị là $1k\Omega$ và điện áp đặt vào mạch điện là 12 vôn

Dòng điện qua điện trở tải khi khoá K đóng (không có ampe kế trong mạch)

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12}{1000} = 0.012 \text{ A} = 12\text{mA}$$



Dòng điện qua điện trở khi khóa K mở (có ampe kế trong mạch)

$$I_A = \frac{U}{R_A + R} = \frac{12}{1050} = 0.0114 \text{ A} = 11.4 \text{ mA}$$

Sai số tương đối $\Delta\% = \frac{I - I_A}{I} 100\% = \frac{12 - 11.4}{12} 100\% = 5\%$

3.3 ĐO DÒNG ĐIỆN MỘT CHIỀU

3.3.1 Đặc điểm

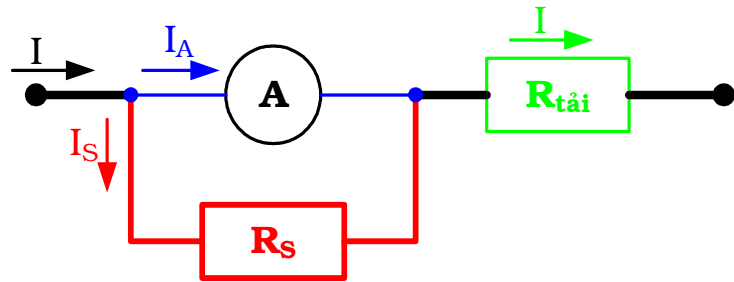
Để đo dòng điện một chiều, ta có thể sử dụng cơ cấu đo kiểu điện từ, từ điện hay điện động. Thông thường ta sử dụng cơ cấu đo kiểu từ điện vì có độ nhạy cao lại tiêu thụ năng lượng ít khoảng 0.2 đến 0.4W và vạch chia trên thang đo đều nên dễ đọc



Khung dây của ampe kế kiểu từ điện được quấn bằng dây đồng có đường kính từ 0.03 đến 0.2mm, số vòng dây khoảng 300 vòng nên dòng điện cho phép qua cơ cấu đo từ 100μA đến 20mA và điện trở của cơ cấu đo khoảng 20Ω đến 2000Ω

3.3.2 Phương pháp mở rộng thang đo

Trong quá trình đo dòng điện, đôi khi giá trị cần đo lớn hơn giới hạn cho phép của cơ cấu đo, khi đó ta phải mở rộng thang đo cho ampe kế. Phương pháp phổ biến là dùng điện trở Shunt, điện trở Shunt thường làm bằng manganin mắc song song với cơ cấu đo (thường dòng điện đi qua điện trở Shunt lớn hơn dòng điện đi qua cơ cấu đo rất nhiều)



Khi có điện trở Shunt trong mạch đo, dòng điện phân nhánh vào khung quay và điện trở shunt tỉ lệ nghịch với giá trị điện trở của chúng. Để thay đổi giới hạn khung đo của ampe kế, ta thay đổi giá trị điện trở shunt. ta có thể điều chỉnh giá trị điện trở shunt để phù hợp cho từng giá trị dòng điện cần đo

$$\frac{I_S}{I_A} = \frac{R_A}{R_S} \quad \text{hay} \quad R_S = \frac{R_A \cdot I_A}{I_S}$$

$$I_{t\ddot{a}t} = I_A + I_S$$

Ví dụ

Một ampe kế kiểu từ điện có nội trở $R_m = 99 \Omega$ và dòng điện làm kim lệch tối đa là $I_{max} = 0.1 \text{ mA}$. Tính giá trị dòng điện thực tế nếu giá trị điện trở shunt là $R_S = 1 \Omega$

Giải

Để hạn chế dòng điện chạy qua cơ cấu đo , ta mắc song song với cơ cấu đo một điện trở shunt R_S

Điện áp rơi trên cơ cấu đo là

$$V_m = I_m \cdot R_m = 0.1\text{mA} \cdot 99 \Omega = 9.9 \text{ mV}$$

Dòng điện qua điện trở shunt là



$$I_S = \frac{V_m}{R_S} = \frac{9.9 \text{ mV}}{1\Omega} = 9.9\text{mA}$$

Dòng điện qua ampe kế là

$$I_A = I_m + I_S = 0.1\text{mA} + 9.9\text{mA} = 10 \text{ mA}$$

a. Các loại điện trở shunt

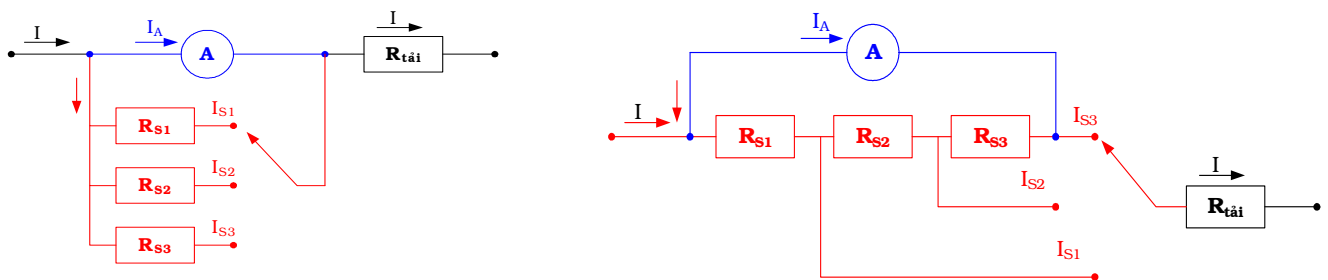
Có hai loại điện trở shunt

-  Điện trở shunt gắn trong
-  Điện trở shunt gắn ngoài

Điện trở shunt gắn trong được chế tạo đặt trong ampe kế đo dòng điện nhỏ hơn 30A

Điện trở shunt gắn ngoài là bộ phận điện trở gắn ngoài đi kèm với ampe kế bộ điện trở shunt ngoài được đặt trong một hộp riêng để đảm bảo điều kiện tỏa nhiệt . Với bộ điện trở shunt gắn ngoài ta có thể đo dòng điện có cường độ từ vài ampe đến 10 kA .

Shunt gắn ngoài có 4 cực , 2 cực nhỏ còn gọi là cực áp gắn vào ampe kế và 2 cực lớn còn gọi là cực dòng đấu với cực cần đo dòng điện . Khi sử dụng , ta cần lưu ý các cực này tránh nhầm lẫn để không làm hư cơ cấu đo



Để có nhiều cấp đo khác nhau (nhiều thang đo) , ta có thể mắc các điện trở shunt độc lập hay nối tiếp . Điện trở shunt mắc độc lập như hình 1 (song song) ít được sử dụng hơn dạng điện trở shunt mắc nối tiếp (hình 2)

Đối với điện trở shunt mắc nối tiếp , giá trị điện trở thành phần được xác định theo biểu thức

$$R_K = R_A \frac{n_1}{n_1 - 1} \left(\frac{1}{n_K} - \frac{1}{n_{K+1}} \right)$$

Tính toán điện trở shunt để mở rộng thang đo

Gọi n là hệ số điều chỉnh dòng điện (là tỷ số giữa dòng điện tải và dòng điện qua ampe kế)

$$n = \frac{I}{I_A} = \frac{I_A + I_S}{I_A} = 1 + \frac{R_A}{R_S}$$

Ta có
$$\frac{I}{I_A} = \frac{R_S}{R_A}$$

Suy ra
$$R_S = \frac{R_A}{n - 1}$$

Như vậy để mở rộng thang đo , ta mắc điện trở shunt có giá trị nhỏ hơn điện trở của cơ cấu đo ($n - 1$) lần

Ví dụ

Một cơ cấu đo có giá trị giới hạn đo là $I_{\max} = I_A = 50\mu\text{A}$, điện trở nội của cơ cấu đo là $r_0 = 300\Omega$. Tính các giá trị của điện trở shunt để có thang đo $100\mu\text{A}$, 1mA và 10mA

Giải

Hệ số điều chỉnh dòng điện ở từng thang đo tương ứng là

Thang đo $100\mu\text{A}$
$$n_1 = \frac{I_1}{I_A} = \frac{100}{50} = 2$$

Thang đo 1mA
$$n_2 = \frac{I_2}{I_A} = \frac{1000}{50} = 20$$

Thang đo 10mA
$$n_3 = \frac{I_3}{I_A} = \frac{10000}{50} = 200$$

$$R_1 = R_A \frac{n_1}{n_1 - 1} \left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2} \right)$$

$$R_1 = 300 \cdot \frac{2}{2 - 1} \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{20} \right) = 270 \Omega$$

Tương tự ta có $R_2 = 27 \Omega$

$$R_3 = 3 \Omega$$

3.4 ĐO DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

Để đo dòng điện xoay chiều ở tần số công nghiệp , ta thường dùng các ampe kế điện từ , điện động hay sắt điện động .

Để đo dòng điện xoay chiều ở tần số âm tần và có thể sử dụng nhiều cấp thang đo khác nhau, ta thường sử dụng ampe vòng từ điện chỉnh lưu. Ampe nhiệt điện được dùng để đo dòng điện xoay chiều có tần số cao và siêu cao

3.4.1 Ampe kế điện từ

Ampe kiểu điện từ được chế tạo dựa trên cơ cấu đo chỉ thị điện từ. Mỗi cơ cấu đo được chế tạo với số ampe vòng IW nhất định.

- ✚ Đối với các cơ cấu đo có cuộn dây hình xoắn thường có ampe vòng là
 $IW = 200 \text{ A.vòng}$
- ✚ Đối với cuộn dây dẹp có ampe vòng là $IW = 100 \div 150 \text{ A.vòng}$
- ✚ Đối với mạch từ khép kín có ampe vòng là $IW = 50 \div 1000 \text{ A.vòng}$

Kết luận

Muốn mở rộng thang đo của ampe kế điện từ chỉ cần thay đổi sao cho
 $IW = W_1 I_1 = W_2 I_2 = W_3 I_3 = \dots = W_n I_n = \text{const}$

Ví dụ

Một ampe kế điện từ có $IW = 300 \text{ A.vòng}$ có 3 tầm đo (thang đo) là $I_1 = 1\text{A}$, $I_2 = 5\text{A}$ và $I_3 = 10\text{A}$. Xác định số vòng dây ở từng phân đoạn

Giải

Ta có $IW = W_1 I_1 = W_2 I_2 = W_3 I_3 = 300 \text{ A.vòng}$

Khi đó ta xác định được số vòng ở từng phân đoạn cho từng thang đo

$$\text{Ở thang đo } I_1 = 1\text{A} \text{ là } W_1 = \frac{300}{1} = 300 \text{ vòng}$$

$$\text{Ở thang đo } I_2 = 5\text{A} \text{ là } W_2 = \frac{300}{5} = 60 \text{ vòng}$$

$$\text{Ở thang đo } I_3 = 10\text{A} \text{ là } W_3 = \frac{300}{10} = 30 \text{ vòng}$$

Ampe kế điện từ có nhiều thang đo được chế tạo bằng cách chia cuộn dây tĩnh thành nhiều phân đoạn bằng nhau, khi thay đổi cách nối ghép các phân đoạn này song song hay nối tiếp ta sẽ có các thang đo khác nhau

Kết luận

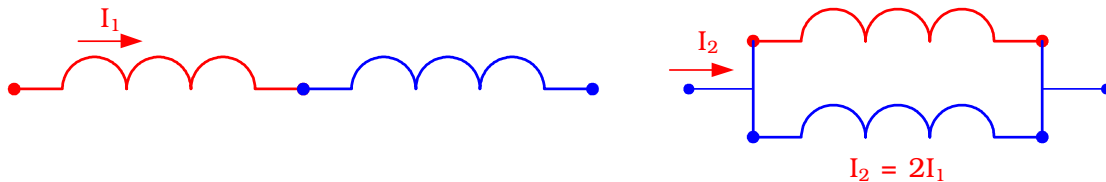
Ampe kế điện từ có nhiều nhất là ba thang đo vì khi tăng số lượng thang đo lên việc bố trí mạch chuyển thang đo sẽ phức tạp không thể thực hiện được

Muốn đo các dòng điện có các trị số khác nhau, ta sử dụng biến dòng để cơ cấu đo được đơn giản hơn (sử dụng ampe kìm)

Ví dụ

Một ampe kế điện từ có 2 thang đo, ta chia cuộn dây tính thành hai phân đoạn bằng nhau

- ✚ Nếu nối tiếp 2 phân đoạn này ta sẽ được dòng điện là I_1
- ✚ Nếu đấu song song hai phân đoạn này ta sẽ được dòng điện là $I_2 = 2I_1$



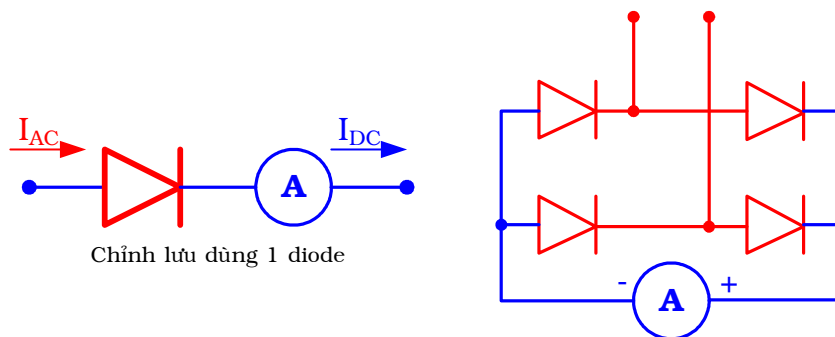
Việc mở rộng tầm đo cho cơ cấu điện động: mắc điện trở shunt song song với cuộn dây di động (tương tự như mở rộng tầm đo cho cơ cấu từ điện)

Như đã trình bày ở trên, cơ cấu điện từ và điện động đều hoạt động được với dòng xoay chiều. Do đó có thể dùng cơ cấu này trực tiếp hoặc mở rộng tầm đo dòng như đã đề cập ở phần trên. Riêng cơ cấu từ điện khi dùng ta phải biến đổi dòng AC thành DC bằng cách dùng diode để chỉnh lưu dòng điện. Số lượng diode có thể là 1 (nắn bán kỳ) 2 hoặc 4 diode (nắn toàn kỳ)

Dòng điện qua diode nối tiếp với cơ cấu từ điện là dòng điện xoay chiều đã chỉnh lưu thành dòng một chiều.

Trị trung bình của dòng điện chỉnh lưu

$$I_{cltb} = \frac{1}{T} \int_0^T i_{cl} dt \leq I_{max}$$



Nếu dòng điện xoay chiều có dạng $i = I_m \sin \omega t$

- ✚ Khi đó nếu dùng phương pháp chỉnh lưu bán kỳ (dùng 1 diode) thì

$$I_{cltb} = 0.318 \sqrt{2} I_{hd} = 0.318 I_{max}$$

✚ Nếu dùng phương pháp chỉnh lưu toàn kỳ (dùng cầu diode) thì

$$I_{cltb} = 0.636\sqrt{2} I_{hd} = 0.636 I_{max}$$

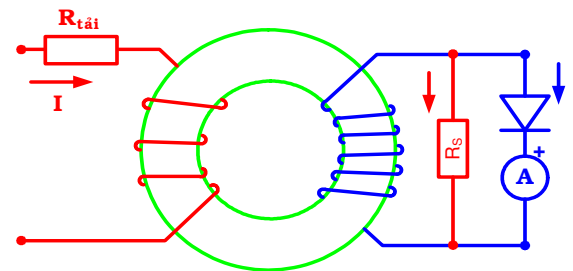
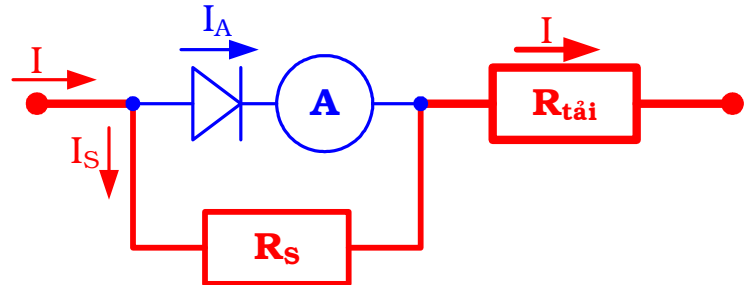
✚ Trường hợp dòng điện AC có dạng bất kỳ thì I_{cltb} có trị số phụ thuộc vào dạng và tần số của tín hiệu

Để mở rộng tầm đo cho cơ cấu đo từ điện ta cũng có thể sử dụng điện trở shunt . Giá trị điện trở Shunt được xác định nếu dòng điện xoay chiều có dạng sin

$$R_S = \frac{V_D + R_m I_{max} / 0,318\sqrt{2}}{I_S (RMS)}$$

Ngoài việc sử dụng điện trở shunt , ta còn có thể mở rộng tầm đo bằng cách dùng biến dòng TI (CT) . TI có số vòng dây cuộn sơ cấp W_1 rất ít (thường là 1 vòng) so với số vòng dây cuộn thứ cấp W_2 . Khi thay đổi số vòng dây sẽ thay đổi thang đo theo tỉ số $\frac{W_1}{W_2}$

Ta nhận thấy dòng điện tải (dòng điện sơ cấp) I_1 có giá trị lớn hơn dòng điện qua cơ cấu đo (dòng điện thứ cấp) rất nhiều , thường từ 25 đến hàng trăm lần



Nguyên tắc hoạt động của CT (TI)

Dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ , khi có dòng điện i_1 đi qua cuộn sơ cấp , làm xuất hiện từ thông biến thiên trong mạch , từ thông này móc vòng qua cuộn dây thứ cấp nên ở hai đầu cuộn dây thứ cấp có sức điện động cảm ứng . Do cuộn dây thứ cấp của TI kín mạch nên có dòng điện i_2 , dòng điện này phù hợp với cơ cấu đo

Theo nguyên lý hoạt động của biến dòng, ta có

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{W_2}{W_1}$$

Do sơ cấp có $W_1 = 1$ vòng nên

$$I_2 = \frac{I_1}{W_2}$$

CT thường có các thông số sau : 50/5A , 100 /5A hay 250/5A

Lưu ý

- ✚ *Khi đo dòng điện chạy qua động cơ cần lưu ý đến dòng khởi động để chọn thang đo thích hợp ($I_{kd} = 3 - 7 I_{dm}$)*
- ✚ *Khi sử dụng ampe kềm muốn chuyển tầm đo phải tách kềm ra khỏi mạch cần đo. ampe kềm chỉ đo được dòng xoay chiều .*
- ✚ *Khi sử dụng CT , tuyệt đối không để hở mạch thứ cấp vì lúc đo điện áp ở 2 đầu mạch thứ cấp có thể rất lớn gây nguy hiểm cho thiết bị và người sử dụng .*
- ✚ *Để đảm bảo an toàn cho người và thiết bị , ta nên nối đất bảo vệ cho CT*

3.4.2 Ampe kềm

a. Chức năng của ampe kềm

Để thuận tiện cho việc đo cường độ dòng điện lớn và hạn chế thao tác khi đo , người ta sử dụng ampe kềm . Đây là một dạng kết hợp đặc biệt của cơ cấu đo với biến dòng CT .

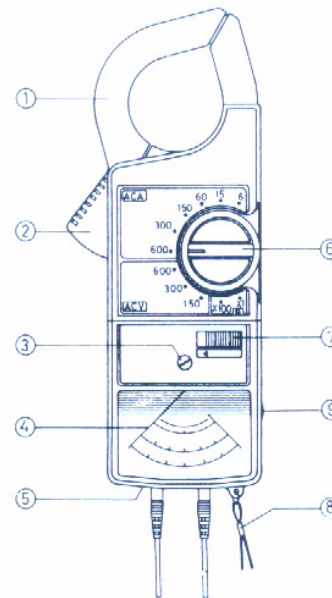
Ampe kềm là thiết bị đo dòng điện rất tiện lợi vì khi cần đo dòng điện chạy qua một dây dẫn nào đó, ta không cần ngắt mạch điện để mắc dụng cụ đo vào như các loại ampe kế khác .

Mạch từ của máy biến dòng trong ampe kế kềm có thể đóng mở được như một chiếc kềm. Khi cần đo dòng điện chạy qua dây dẫn (phụ tải), ta cho dây dẫn vào mạch từ khép kín , dây dẫn có dòng điện cần đo lúc này đóng vai trò cuộn dây sơ cấp của máy biến dòng với số vòng $W_1 = 1$ vòng . Trên mạch từ ta mắc thêm cuộn thứ cấp W_2 vòng , hai đầu cuộn thứ cấp được nối với cơ cấu đo .

Chức năng chính của ampe kềm là dùng để đo dòng điện xoay chiều từ 1A đến 600A hoặc lớn hơn tùy theo hãng chế tạo . Ngoài ra còn có thêm chức năng đo điện áp và điện trở như không chính xác vì hai chức năng này chỉ là phụ

b. Cách sử dụng ampe kềm (để đo dòng điện xoay chiều)

- Bước 1** Ước lượng dòng điện phụ tải và thang đo lớn nhất của ampe kềm
- Bước 2** Chọn thang đo thích hợp 6A – 15A – 60A – 150A hay 300A (600A) bằng cách chuyển gallet về tầm đo thích hợp
- Bước 3** Tách riêng dây dẫn cần đo dòng điện chạy qua (dây dẫn điện đến phụ tải)
- Bước 4** Đặt dây dẫn vào trong mạch từ của ampe kềm
- Bước 5** Cấp điện cho phụ tải
- Bước 6** Gạt công tắc “ LOCK “ sang vị trí : “hold” để giữa cố định kim chỉ thị (Khi thành thực , ta không cần thực hiện thao tác này)
- Bước 7** Đọc giá trị dòng điện trên mặt đồng hồ (mặt hiển thị)
- Bước 8** Lấy dây dẫn ra khỏi mạch từ của ampe kềm
- Bước 9** Vận gallet về tầm đo dòng điện cao nhất (600A) để đảm bảo an toàn cho thiết bị



3.5 ĐO ĐIỆN ÁP

Thiết bị dùng để đo điện áp được gọi là volt kế

Volt kế được mắc song song với phụ tải

Khi điện áp cần đo tạo ra dòng điện nằm trong giới hạn dòng tối đa của cơ cấu , thì ta có thể đo trực tiếp

Khi điện áp cần đo lớn, ta phải mở rộng tầm đo cho volt kế

Khi mắc volt kế vào mạch điện , volt kế sẽ tiêu thụ một phần điện năng nên gây ra sai số trong quá trình đo

Khi chưa mắc volt kế vào mạch (khoá K hở) , điện áp rơi trên tải là

$$U_{t\grave{a}i} = \frac{E}{R_{t\grave{a}i} + R_0} R_{t\grave{a}i}$$

Khi mắc volt kế vào mạch (khoá K đóng) , điện áp rơi volt kế

$$U = I_V \cdot R_V = I_{t\grave{a}i} \cdot R_{t\grave{a}i}$$

$$I = I_V + I_{t\grave{a}i} = I_T \left(1 + \frac{R_T}{R_V} \right)$$

Nếu $I = I_{t\grave{a}i}$ thì phép đo chính xác nhất .

Từ biểu thức trên , ta thấy để phép đo đạt được chính xác khi

$$\frac{R_T}{R_V} = 0 \quad \text{hay} \quad R_V \gg R_{t\grave{a}i}$$

Công suất tiêu hao trên volt kế

$$\Delta P = \frac{U^2}{R_V}$$

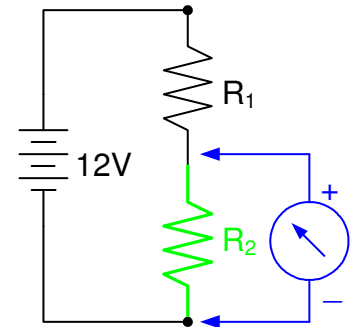
Để công suất tiêu hao trên volt kế nhỏ thì nội trở của volt kế phải rất lớn (lớn hơn điện trở tải càng nhiều càng tốt , tốt nhất là 10 lần)

Ví dụ

Một vôn kế có tầm đo 5V được mắc vào mạch như sơ đồ

- Tính giá trị điện áp trên điện trở R_2 khi chưa mắc vôn kế vào mạch
- Tính giá trị điện áp trên điện trở R_2 khi mắc vôn kế vào mạch (vôn kế có $R_m = 100 \text{ k}\Omega$)

Biết rằng $R_1 = 70 \text{ k}\Omega$ và $R_2 = 50 \text{ k}\Omega$



Giải

Khi chưa mắc vôn kế , ta có

$$V_{R_2} = E \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 12 \frac{50 \text{ k}\Omega}{70 \text{ k}\Omega + 50 \text{ k}\Omega} = 5 \text{ vôn} \quad (1)$$

Khi mắc vôn kế vào mạch , ta có

$$R_V // R_2 = 100 \text{ k}\Omega // 50 \text{ k}\Omega = 33.3 \text{ k}\Omega$$

$$\text{Nên} \quad V_{R_2} = E \frac{R_2 // R_V}{R_1 + R_2 // R_V} = 3.87 \text{ vôn} \quad (2)$$

So sánh (1) và (2) , ta nhận thấy giá trị đo nhỏ hơn giá trị thực vì lúc này có nội trở của vôn kế tham gia vào mạch làm cho giá trị của phép đo bị thay đổi

3.5.1 Đo điện áp một chiều

Các cơ cấu đo từ điện, điện từ, điện động đều hoạt động với dòng điện một chiều nên được dùng để chế tạo volt kế một chiều .

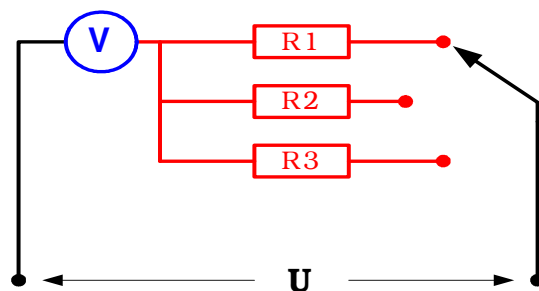
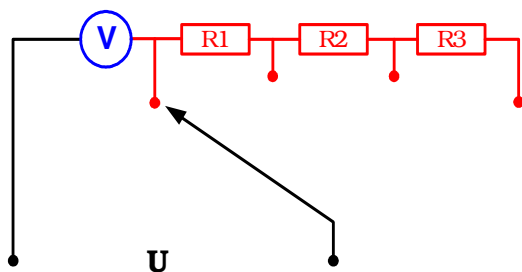
Trong các cơ cấu đo trên , cơ cấu đo kiểu từ điện được sử dụng nhiều hơn cả vì có độ chính xác cao và tiêu tốn ít năng lượng (tổn hao thấp) nhưng cơ cấu này có nhược điểm là điện áp định mức khoảng từ 50 mV đến 75mV . Cho nên khi đo điện áp lớn hơn giá trị định mức , ta phải mắc thêm điện trở shunt nối tiếp với cơ cấu đo

Sơ đồ hình bên sử dụng một điện trở shunt mắc nối tiếp với cơ cấu đo để giảm điện áp đặt lên cơ cấu đo

$$\begin{aligned} \text{Ta có } I_V &= \frac{U_V}{R_V} = \frac{U_S}{R_S} \\ U &= U_V + U_S \\ U &= \left(1 + \frac{R_S}{R_V} \right) U_V \end{aligned}$$

Gọi K_V là hệ số mở rộng thang đo . Khi đó ta có $K_V = \frac{U}{U_V}$

$$\text{Suy ra } U = K_V U_V \text{ hay } K_V = 1 + \frac{R_P}{R_V}$$



Để tăng tính linh hoạt cho cơ cấu đo có thể đo được ở nhiều thang đo , ta sử dụng bộ điện trở shunt gồm nhiều điện trở shunt có giá trị khác nhau được mắc nối tiếp với nhau hoặc mắc độc lập với nhau như hình vẽ

Để hạn chế sai số trong quá trình đo , điện trở shunt thường được chế tạo bằng manganin là vật liệu ít thay đổi giá trị điện trở theo nhiệt độ

Ví dụ

Một cơ cấu đo từ điện có dòng điện cực đại của khung đo là 60mA , điện trở của cơ cấu đo là $R_V = 10\Omega$ Tính giá trị điện trở shuntt gắn thêm vào để khung đo lệch hết kim khi đo nguồn điện áp 30V

Giải

$$\text{Ta có } I_V = \frac{U}{R_S + R_V}$$

$$\text{Suy ra } R_S = \frac{U}{I_V} - R_V$$

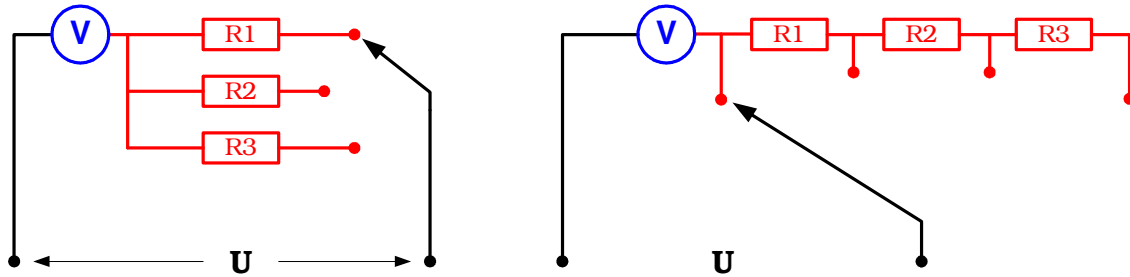
Thay các giá trị vào , ta được $R_S = 490 \Omega$

Như vậy để kim lệch hết khung đo khi đo nguồn điện 30 V thì điện trở shunt cần mắc thêm vào phải có giá trị là $R_S = 490 \Omega$

3.5.2 Đo điện áp xoay chiều

Để đo điện áp xoay chiều , ta có thể sử dụng cơ cấu đo kiểu từ điện , điện từ hay điện động kết hợp với bộ chỉnh lưu

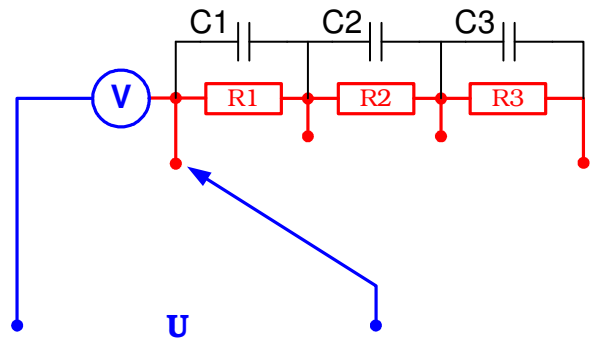
1. Volt kế điện từ



Cơ cấu đo điện từ mặc dù độ chính xác không cao nhưng giá thành hạ nên được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp . Do yêu cầu điện trở nội của cơ cấu đo phải lớn nên số lượng vòng dây quấn trên cuộn tĩnh rất lớn từ 1000 đến 6000 vòng với cỡ dây nhỏ (do dòng điện qua cuộn dây này nhỏ)

Để mở rộng thang đo cho cơ cấu đo , ta sử dụng điện trở shunt (giống như đo điện áp một chiều)

Khi đo điện áp xoay chiều ở tần số cao sẽ xuất hiện sai số do tần số . Để khắc phục hiện tượng này , ta gắn các tụ điện song song với điện trở các điện trở shunt như hình vẽ



Riêng đối với điện áp lớn hơn 600 V ta có thể sử dụng biến áp đo lường TU (VT) kết hợp với cơ cấu đo . Ta dùng biến áp đo lường để chuyển đổi điện áp cao thành điện áp thấp . Việc sử dụng biến áp đo lường TU có ưu điểm là đảm bảo an toàn trong quá trình đo và tạo ra điện áp phù hợp với điện áp cơ cấu đo

Nguyên lý hoạt động của biến áp đo lường TU (VT) giống như biến dòng TI (CT)

$$K_U = \frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} \approx \frac{I_2}{I_1}$$

Hay $U_1 = K_U \cdot U_2$

Khi biết giá trị U_2 , ta sẽ xác định được giá trị thực của điện áp cần đo (K_U được ghi trên biến áp đo lường)

Ví dụ

Xác định điện áp của nguồn điện cấp cho phụ tải , biết rằng điện áp hiển thị trên cơ cấu đo là 50V và tỷ số biến áp đo lường là $K_U = 100$

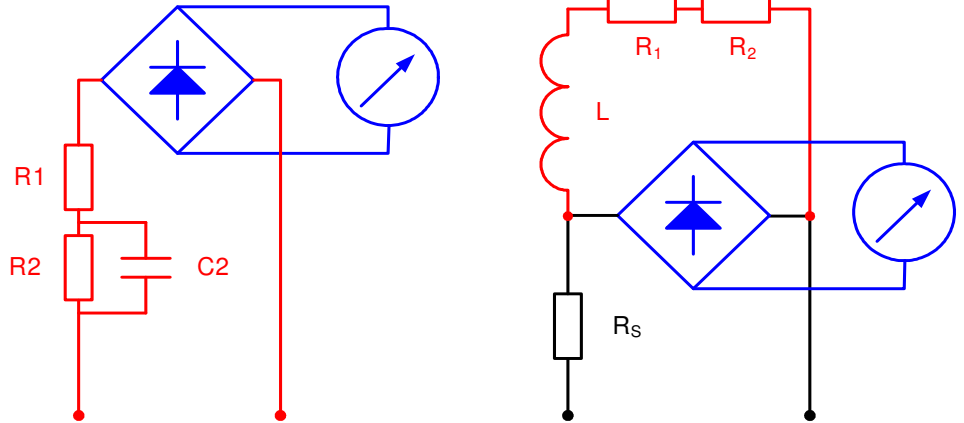
Giải

Ta có $U_1 = K_U \cdot U_2 = 100 \cdot 50 = 5000 \text{ V}$

Như vậy điện áp nguồn cung cấp cho phụ tải có giá trị là 5000V

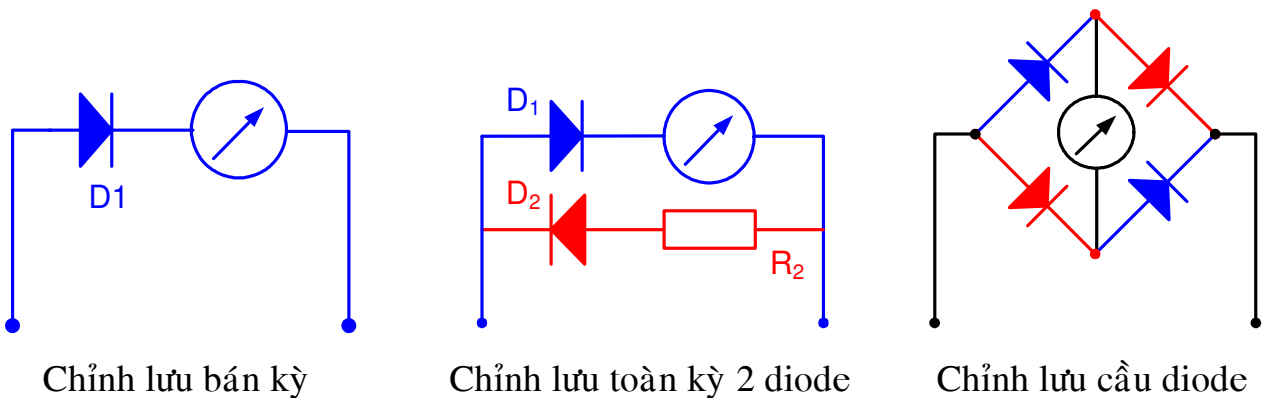
2. Volt kế từ điện

Do cơ cấu đo từ điện chỉ đo được điện áp một chiều , vì thế để đo điện áp xoay chiều bằng cơ cấu đo kiểu từ điện ta phải chỉnh lưu điện áp xoay chiều thành điện một chiều



Để hạn chế sai số , người ta gắn điện trở shunt vừa có tác dụng mở rộng thang đo vừa có tác dụng bù nhiệt nên điện trở R_1 được làm bằng đồng và R_2 được làm bằng manganin còn tụ điện C dùng để bù sai số do tần số , ta cũng có thể thay tụ điện C bằng cuộn kháng L như hình vẽ

Mạch chỉnh lưu có thể sử dụng một diode , hai diode hay bốn diode (cầu diode)



Trong mạch chỉnh lưu dùng 2 diode , diode D_2 được gắn ngược cực để tránh cho diode D_1 chịu được điện áp ngược ở bán kỳ âm của hiệu điện thế xoay chiều (chỉ có bán kỳ dương của điện áp xoay chiều qua cơ cấu đo)

3. Volt kế điện động

Volt kế điện động có cấu tạo tương tự như ampe kế điện động , nhưng số vòng dây ở cuộn tĩnh nhiều hơn và cỡ dây nhỏ hơn do volt kế cần điện trở nội lớn để hạn chế sai số

trong quá trình đo . Ở volt kế điện động , cuộn dây tĩnh và cuộn dây động luôn mắc nối tiếp nhau .

Nghĩa là
$$I_1 = I_2 = I = \frac{U}{Z_V}$$

Phương trình đặc tính thang đo của cơ cấu đo điện động cho volt kế được viết như sau

$$\alpha = \frac{U^2}{D \cdot Z_V^2} \frac{dM_{1,2}}{d\alpha}$$

Với Z_V là tổng trở toàn mạch của volt kế

Người ta có thể chế tạo volt kế điện động có nhiều thang đo bằng cách thay đổi cách đấu hai phân đoạn cuộn dây tĩnh từ song song sang nối tiếp và nối tiếp với các điện trở phụ

Ở volt kế này , cuộn dây tĩnh và cuộn dây động luôn mắc nối tiếp nhau và nối tiếp các điện trở phụ R_p

Bộ đổi nối K làm nhiệm vụ thay đổi giới hạn đo .

- ⚡ Khi khóa ở vị trí 1 , hai phân đoạn A_1 và A_2 của cuộn dây tĩnh được đấu song song với nhau tương ứng với giới hạn đo 150V
- ⚡ Khi khóa ở vị trí 2 , hai phân đoạn A_1 và A_2 của cuộn dây tĩnh được đấu nối tiếp với nhau tương ứng với giới hạn đo 300V

Các tụ điện C tạo mạch bù tần số cho volt kế

3.5.3 Đo điện áp bằng phương pháp so sánh

1. Cơ sở của phương pháp so sánh

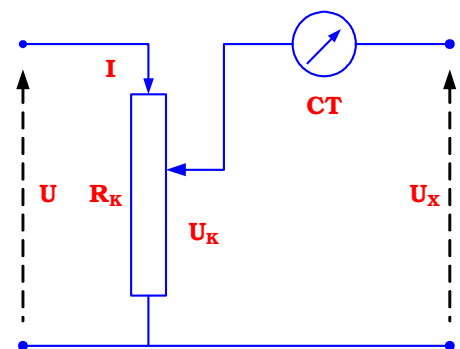
Các dụng cụ đo trình bày ở trên sử dụng cơ cấu đo cơ điện để biểu diễn kết quả đo (đo trực tiếp) vì vậy cấp chính xác của dụng cụ không thể vượt quá cấp chính xác của chỉ thị . Muốn đo điện áp có độ chính xác hơn , ta sử dụng phương pháp so sánh với mẫu . Tức là so sánh điện áp cần đo với điện áp rơi trên điện trở mẫu . Phương pháp này còn có tên gọi khác là phương pháp bù

Nguyên lý cơ bản của phương pháp được mô tả trên sơ đồ

Ta có
$$U_K = I \cdot R_K$$

U_K là điện áp mẫu chính xác cao được tạo bởi dòng điện I ổn định chạy qua điện trở mẫu R_K khá chính xác

CT là thiết bị tự động phát hiện sự chênh lệch điện áp $\Delta U = U_X - U_K$



Khi thực hiện phép đo , ta so sánh điện áp cần xác định U_X với điện áp mẫu U_K , nếu $\Delta U \neq 0$ thì ta chỉnh con trượt D sao cho $\Delta U = 0$, khi đó ta đọc kết quả đo được khắc trên điện trở mẫu theo thứ nguyên điện áp

Có các loại dụng cụ bù điện áp khác nhau , nhưng nguyên lý chung vẫn giống nhau , chúng chỉ khác nhau ở cách chế tạo điện áp mẫu U_K

2. Điện thế kế một chiều điện trở lớn

Loại điện thế kế này được chế tạo dựa trên nguyên tắc giữ dòng điện ổn định $I = \text{const}$ Khi thay đổi điện trở R_K để thay đổi U_K bù cho điện áp U_X là giá trị điện áp cần đo

Để đảm bảo độ chính xác cao cho điện thế kế , ta phải thỏa mãn các yêu cầu sau

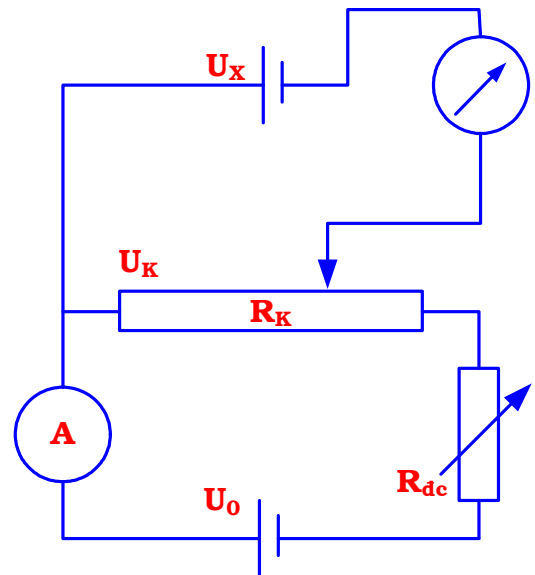
- ✚ Điện trở mẫu có độ chính xác cao
(Phụ thuộc vào vật liệu chế tạo , quy trình công nghệ , thiết bị mẫu)
- ✚ Dòng điện qua điện trở mẫu phải chính xác cao
(Mạch hợp lý và nguồn điện ổn định)
- ✚ Bộ chỉ thị cân bằng đủ nhạy để phát hiện sự chênh lệch giữa tín hiệu đo và mẫu

Mạch điện thế kế một chiều cổ điển gồm hai bộ phận chính

- ✚ Bộ phận một bộ phận tạo dòng công tác I_p
- ✚ Bộ phận là mạch đo

Bộ phận tạo dòng điện công tác gồm nguồn cung cấp U_0 , điện trở điều chỉnh $R_{đc}$, ampe kế để đo dòng điện công tác I_p và điện trở mẫu R_K

Bộ phận mạch đo gồm điện áp cần đo U_X , điện thế chỉ sự cân bằng giữa U_X và U_K , một phần điện trở mẫu R_K



Điện thế kế hoạt động như sau

Trước tiên, ta xác định giá trị dòng điện công tác I_p nhờ nguồn điện U_0 , điện trở điều chỉnh và ampe kế

Giữ giá trị dòng điện I_p cố định trong suốt quá trình đo

Điều chỉnh con trượt của điện trở mẫu R_K cho đến khi điện kế chỉ zero (cơ cấu đo cân bằng)

Đọc kết quả đo trên điện trở mẫu R_K . Khi đó $U_X = U_K = I_p \cdot R_K$

Ta nhận thấy, trong mạch này ampe kế dùng để xác định dòng điện I_p nên điện thế kế không thể chính xác hơn cấp chính xác của ampe kế

Để loại trừ ampe kế ra khỏi mạch điện thế kế, người ta sử dụng pin mẫu để xác định dòng điện I_p

Pin mẫu thường được chế tạo với giá trị nhất định $E_N = 1.01863V$ có độ chính xác khá cao cỡ 0.01% - 0.001%. Nhưng nguồn pin mẫu lại bị ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường, do đó để khắc phục nhược điểm này, người ta chế tạo điện trở R_N sao cho $\frac{E_N}{R_N}$ là một số tròn

Để đạt được độ chính xác cao cho điện thế kế, dòng điện công tác I_p và mạch đo cũng như các giá trị điện trở R_N, R_K phải có độ chính xác cao thường đạt tới 0.02%

Trình tự vận hành

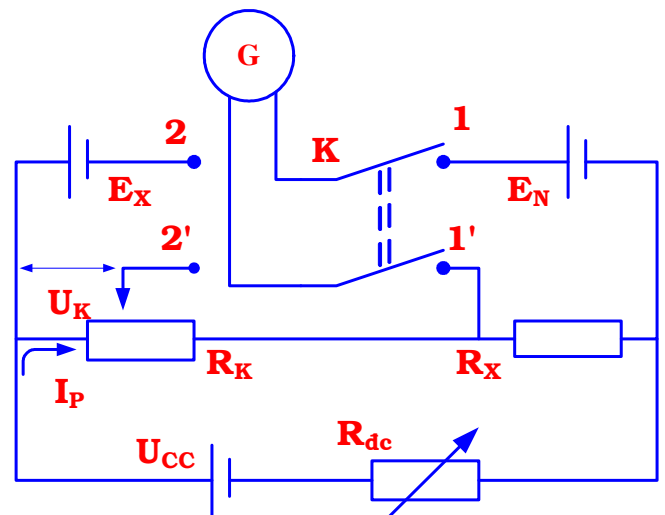
- ✚ Lắp mạch theo như sơ đồ
- ✚ Gạt công tắc K sang vị trí (1 – 1') để xác định dòng điện công tác I_p
- ✚ Điều chỉnh điện trở R_{dc} để điện kế G ở vị trí 0 (zero)

$$E_N = U_{RN} = I_p \cdot R_N$$

Hay
$$I_p = \frac{E_N}{R_N} = \frac{1.0186}{10186} = 1mA$$

- ✚ Cố định vị trí con trượt của điện trở R_{dc}
- ✚ Gạt khóa K sang vị trí (2 – 2') để đo sức điện động E_X
- ✚ Điều chỉnh con trượt của điện trở R_K cho đến khi điện kế G chỉ zero. Lúc đó giá trị E_X được xác định là

$$E_X = U_{RK} = U_K = I_p \cdot R_K \quad \text{hay} \quad E_X = \frac{E_N}{R_N} R_K$$



- Trên điện trở R_K , người ta khắc độ sẵn tương ứng với giá trị điện áp. Ta chỉ việc đọc giá trị trên điện trở R_K

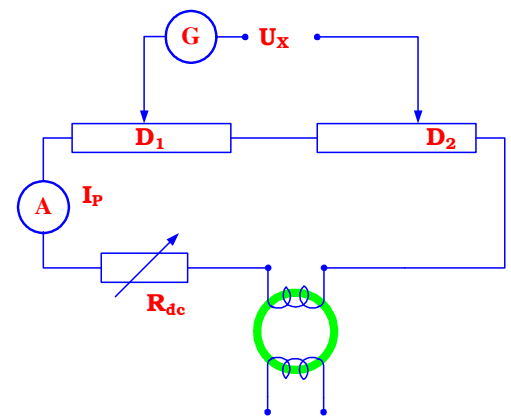
Sơ đồ điện thế kế kiểu này chỉ đo những điện áp có giá trị cỡ volt trở lên và chịu ảnh hưởng bởi điện trở tiếp xúc ở các decac và các điện trở R_{dc} , R_K có giá trị lớn. Để đo điện áp có giá trị nhỏ ta dùng điện thế kế điện trở nhỏ. Còn muốn đo đại lượng điện áp cao, ta sử dụng cầu phân áp để giảm điện áp cho phù hợp với điện thế kế

3. Điện thế kế xoay chiều

Về nguyên tắc điện thế kế xoay chiều cũng giống như điện thế kế một chiều, nghĩa là cũng so sánh điện áp cần đo với điện áp rơi trên điện trở mẫu khi có dòng điện công tác đi qua.

Có nhiều loại điện thế kế xoay chiều như điện thế kế xoay chiều tọa độ cực, điện thế kế xoay chiều tọa độ vuông góc. Sau đây ta nghiên cứu sơ đồ điện thế kế xoay chiều tọa độ cực

Trong điện thế kế này, điện áp cần đo U_X được cân bằng với điện áp trên điện trở R (xác định bởi các điện trở D_1 và D_2) dòng điện công tác I_P được xác định nhờ ampe kế có độ chính xác cao và điện trở điều chỉnh R_{dc} . Bộ điều chỉnh pha dùng để cân bằng về pha đồng thời cũng dùng để làm nguồn cung cấp cho mạch tạo dòng công tác I_P



Tuy nhiên, nhược điểm của điện thế kế này là cần phải có bộ điều chỉnh pha cung cấp cho mạch, khó xác định chính xác vị trí ổn định của phần quay ứng với góc pha khi quay rotor điều chỉnh pha, dòng I_P thay đổi làm cho việc điều chỉnh cân bằng khó khăn

4. Cách sử dụng và bảo quản cơ cấu đo

Trước khi sử dụng thiết bị đo, ta cần lưu ý những điểm sau

- Đọc kỹ các ký hiệu ghi trên volt kế (thường ở phía dưới góc trái hoặc góc phải của mặt chỉ thị): cấp chính xác, cách đặt cơ cấu đo, nội trở của cơ cấu đo...
- Chọn volt kế theo mục đích sử dụng: dùng để điện áp xoay chiều, điện áp một chiều hay điện áp dạng xung
- Chọn volt kế có dải tần số trùng với dải tần của điện áp cần đo
- Chọn theo dải lượng trình đo của volt kế
- Chọn nội trở của volt kế R_V lớn hơn điện trở R của mạch đo từ 50 đến 100 lần (Để giảm thiểu sai số) và C_V nhỏ (đối với volt kế xoay chiều)
- Khi đo điện áp một chiều cần lưu ý đến cực tính của nguồn cần đo

- ✚ Chọn thang đo có trị số lớn hơn giá trị cần đo (giá trị điện áp cần đo khoảng $2/3$ thang đo . Nếu chưa phỏng định được giá trị điện áp cần đo , ta để chọn thang đo cao nhất rồi sau đó giảm dần xuống cho đến khi có được thang đo phù hợp
- ✚ Các tiếp xúc phải chắc chắn và không được chạm tay vào phần tử dẫn điện khi đo

Bảo quản

- ✚ Không để volt kế ở nơi có nhiệt độ cao , hay ở nơi có từ trường mạnh hoặc nơi ẩm ướt
- ✚ Tránh gây chấn động mạch trong quá trình vận chuyển hay trong quá đo

Chương 4

ĐO ĐIỆN TRỞ



4.1 KHÁI NIỆM

Điện trở là một trong những đại lượng điện quan trọng . Người ta phân loại điện trở theo giá trị ohm của chúng , điện trở được phân thành 3 cấp

- ✚ Điện trở có giá trị lớn là điện trở có giá trị từ $0.1\text{M}\Omega$ ($1\text{M}\Omega = 1.000.000\Omega$) trở lên
- ✚ Điện trở có giá trị trung bình từ $1\text{k}\Omega$ đến $0.1\text{M}\Omega$
- ✚ Điện trở có giá trị nhỏ từ $1\text{k}\Omega$ trở xuống

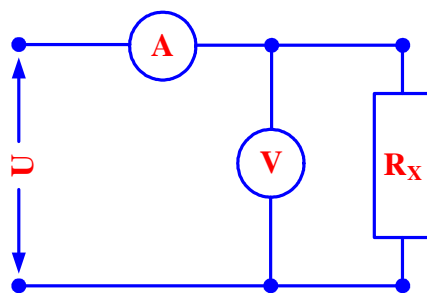
4.2 ĐO ĐIỆN TRỞ BẰNG VÔN KẾ VÀ AMPE KẾ

Theo định luật Ohm , ta có $R = \frac{U}{I}$

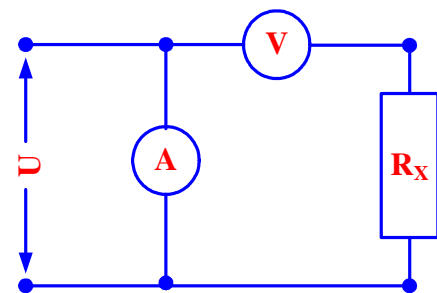
Như vậy để xác định giá trị điện trở ta sử dụng ampe kế và volt kế . Ở phương pháp này , ta xác định giá trị điện trở đang hoạt động (đo nóng) theo yêu cầu .

Có hai đấu mạch là

- ✚ “ *Mắc rẽ dài* ” hay “ *Ampe kế mắc sau* ” Nghĩa là mắc volt kế trước – ampe kế mắc sau
- ✚ “ *Mắc rẽ ngắn* ” hay “ *Ampe kế mắc trước* ” Nghĩa là mắc ampe kế trước – volt kế mắc sau



Mắc rẽ ngắn



Mắc rẽ dài

4.2.1 Mắc rẽ ngắn (Ampe kế mắc trước)

Do volt kế mắc song song với điện trở tải nên ta có

$$I_A = I_V + I_R$$

Nếu $I_R \gg I_V$ thì sai số do ảnh hưởng của volt kế không đáng kể

Thật vậy, nội trở của volt kế và điện trở tải điện trở tương đương được xác định

$$R_X' = \frac{R_V \cdot R_X}{R_V + R_X} = \frac{R_X}{1 + \frac{R_X}{R_V}}$$

Sai số tương đối của phép đo $\Delta\%$

$$\Delta\% = \frac{\Delta}{A_T} 100\% = \left(\frac{1}{1 + \frac{R_X}{R_V}} - 1 \right) 100\%$$

Để sai số $\Delta\%$ nhỏ nhất thì biểu thức $\left(1 + \frac{R_X}{R_V} \right) \rightarrow 1$

Nghĩa là $\frac{R_X}{R_V} \rightarrow 0$ hay $R_V \gg R_X$

4.2.2 Mắc rẽ dài (Ampe kế mắc sau)

Do ampe kế mắc nối tiếp với điện trở cần đo nên tổng trở được xác định theo biểu thức $R_X' = R_A + R_X$ hay $U = U_A + U_{RX}$

Sai số tương đối của phép đo

$$\Delta\% = \frac{R_X - (R_A + R_X)}{R_X} = \frac{R_A}{R_X} 100\%$$

Để giảm thiểu sai số tương đối $\Delta\%$ thì $R_X \gg R_A$ (nghĩa là $U_{RX} \gg U_A$)

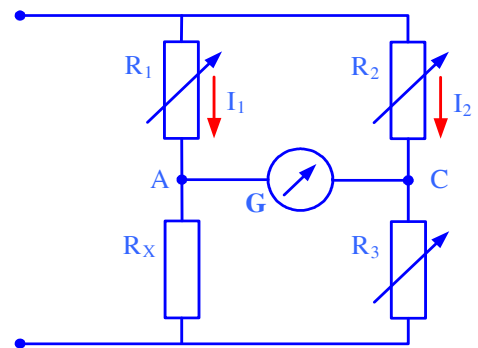
4.3 PHƯƠNG PHÁP SO SÁNH

Ở phương pháp này, người ta thường dùng cầu đo Wheatstone để xác định giá trị điện trở được chính xác hơn và thường được dùng trong phòng thí nghiệm vì những ưu điểm của nó

Có hai phương pháp đo là

⚡ Phương pháp cân bằng

⚡ Phương pháp không cân bằng



4.3.1 Đo điện trở dùng cầu Wheatstone cân bằng

Cầu Wheatstone được mắc như hình vẽ.

Trong đó

R_1, R_2, R_3 là các điện trở mẫu

G là điện kế chỉ thị 0

R_X là điện trở cần đo

Vận hành

Ta chỉnh các giá trị điện trở R₁, R₂, R₃ cho đến khi điện kế G chỉ zero. Khi cầu cân bằng, dòng điện qua điện kế G bằng không (zero) nghĩa là U_C = U_A

$$\text{Hay } U_{R1} = U_{R2} \quad \text{và} \quad U_{RX} = U_{R3}$$

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 \quad \text{và} \quad I_1 R_X = I_2 R_3$$

$$\text{Suy ra } \frac{R_1}{R_X} = \frac{R_2}{R_3} \quad \text{hay} \quad R_X = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2}$$

Với phương pháp đo này R_X sẽ được so sánh với các điện trở mẫu

Ta nhận thấy, kết quả đo điện trở R_X không phụ thuộc vào nguồn cung cấp cho mạch điện, đây là ưu điểm của cầu đo Wheatstone. Tuy nhiên phương pháp thao tác phức tạp vì phải điều chỉnh các điện trở mẫu nhiều lần và giá trị điện trở cần đo R_X lại phụ thuộc vào độ nhạy của điện kế G, độ nhạy của điện kế G càng cao thì sự xác định cân bằng càng đúng và phụ thuộc vào dây nối và điện trở tiếp xúc ở các mối nối. Ngoài ra sai số của các điện trở mẫu cũng ảnh hưởng đến sai số của R_X, chẳng hạn, nếu sai số của các điện trở lần lượt là ΔR₁ = ΔR₂ = ± 0.5%, ΔR₃ = ± 10% thì sai số của điện trở khi đo là

$$\Delta R = \Sigma \Delta R_{1,2,3} = \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3 = 0.5\% + 1\% + 1\% = \pm 2.5\%$$

Với điện trở bất kỳ R_X, để cầu Wheatstone cân bằng, ta thay đổi tỷ số giữa R₁/R₂ và thay đổi giá trị điện trở R₃, điện trở R₃ có giá trị thay đổi từng cấp, mỗi cấp có giá trị 0.1Ω hoặc từng Ohm một như các cầu Wheatstone trong phòng thí nghiệm

Ứng dụng của phương pháp dùng cầu Wheatstone là xác định chỗ chạm “mass” của dây cáp điện

Giải sử

UV là đoạn dây còn tốt

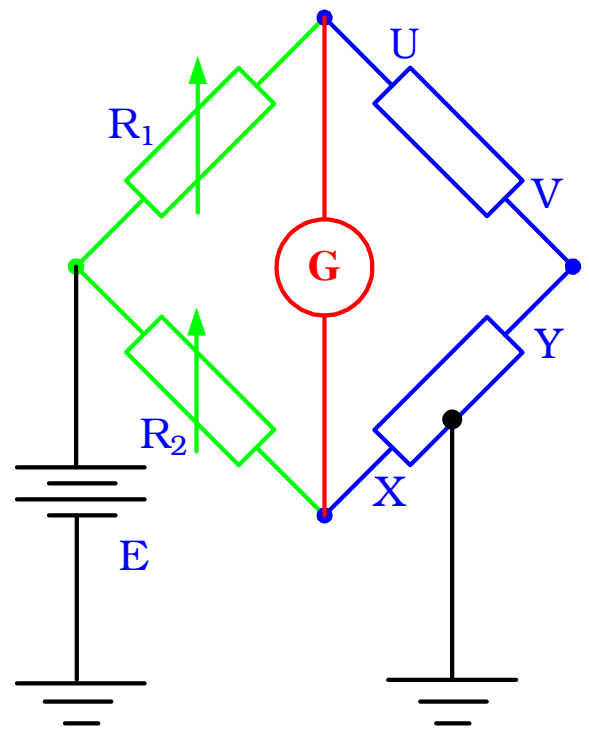
XY là đoạn dây bị chạm vỏ

Các đoạn dây UV, XY có chiều dài là L và điện trở của các đoạn dây này là R

Khi cầu Wheatstone cân bằng, ta có

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{2R - R_X}{R_X}$$

Suy ra



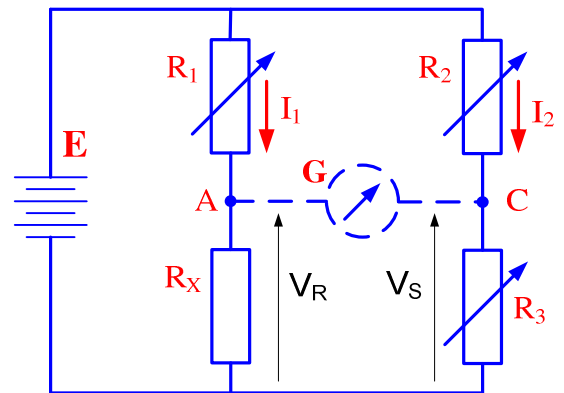
$$R_X = \frac{2R \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Do chiều dài dây dẫn tỷ lệ với điện trở của dây dẫn , nên ta có

$$L_X = 2L \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

4.3.2 Đo điện trở bằng cầu Wheatstone không cân bằng

Trong công nghiệp , người ta thường dùng nguyên lý cầu Wheatstone không cân bằng nghĩa là căn cứ vào điện áp ra hay dòng điện ra ở ngõ ra của cầu Wheatstone để đo điện trở hay sai số ΔR của phần tử đo . phương pháp này cần có nguồn cung cấp ổn định vì điện áp ra phụ thuộc vào nguồn cung cấp E , ngoài ra sai số còn phụ thuộc vào các điện trở mẫu thành phần của cầu Wheatstone . Còn độ nhạy của cầu lại phụ vào nguồn cung cấp E và nội trở của bộ chỉ thị .



Điện áp ngõ ra để hở của cầu Wheatstone

Khi tháo điện kế G ra khỏi mạch , ta có

✚ Tổng trở được xác định

$$R_{\Sigma} = (R_1 // R_X) + (R_2 // R_3)$$

✚ Điện áp ở ngõ ra của cầu

$$U_A - U_C = E \left(\frac{R_X}{R_X + R_1} - \frac{R_2}{R_2 + R_3} \right)$$

Như vậy mạch tương đương Thevenin của cầu được xác định . Do đó dòng điện I_g qua điện kế khi cầu không cân bằng

$$I_g = \frac{U_A - U_C}{r + r_g} \quad r_g \text{ là nội trở của điện kế G}$$

Ví dụ

Xác định sự thay nhỏ nhất của giá trị điện trở R_X mà điện kế G phát hiện được khi độ nhạy của điện kế G là $1\mu A / diV$ (diV là một vạch chia của thang đo) .

Biết rằng $R_1 = 3.5 K\Omega$, $R_2 = 7 K\Omega$ và $R_3 = 4 K\Omega$, $R_X = 2 K\Omega$ và nội trở của điện kế G là $r_g = 2.5 K\Omega$, sử dụng nguồn điện $E = 10V$

Giải

Theo biểu thức mạch tương đương Thevenin

$$U_A - U_C = I_g (r + r_g)$$

$$r = (R_1 // R_X) + (R_2 // R_3)$$

$$r = (3.5 \times 2) / (3.5 + 2) + (7 \times 4) / (7 + 4) = 3.82 \text{K}\Omega$$

Khi I_g thay đổi $1\mu\text{A}$ thì $(U_A - U_C)$ cũng thay đổi. Sự thay đổi này được xác định

$$\Delta(U_A - U_C) = \Delta I_g (r + r_g) = 1\mu\text{A} \times (3.82 + 2.5) = 6.32\text{mA}$$

$$\text{Mà } \Delta(U_A - U_C) = E (\Delta R_X + R_X) / (\Delta R_X + R_X + R_1) - R_2 / (R_2 + R_3)$$

Như vậy ΔR_{\min} có được khi $\Delta(U_A - U_C)$ càng lớn, độ nhạy càng tăng thì nguồn cung cấp E phải lớn, nhưng việc tăng nguồn cung cấp chỉ có thể tăng trong phạm vi nào đó. Do đó để khắc phục hiện tượng này ta phải khuếch đại $\Delta(U_A - U_C)$ và tổng trở Z_i của mạch khuếch đại phải lớn.

4.4 MẠCH ĐO ĐIỆN TRỞ TRONG OHM KẾ

4.4.1 Nguyên lý đo điện trở

Trong đồng hồ đo vạn năng còn có tên gọi khác là multimeter VOM, đây là loại đồng hồ dùng để đo điện áp, dòng điện và điện trở. Trong trường hợp dùng Ohm kế để đo điện trở thì trạng thái đo là phần tử điện trở đo R_X không có năng lượng (đo nguội) mạch đo sẽ sử dụng nguồn pin riêng

Đây là mạch Ohm kế mắc nối tiếp, dòng điện qua cơ cấu chỉ thị I_m

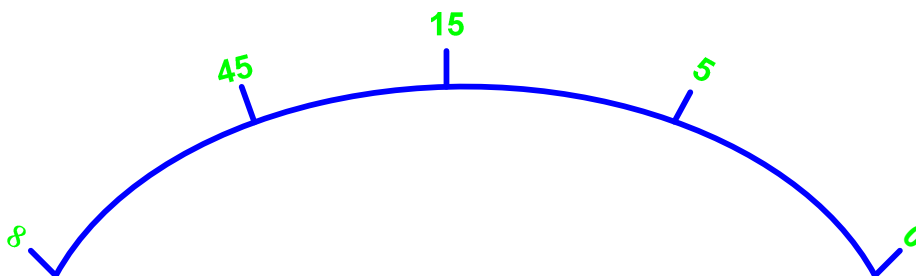
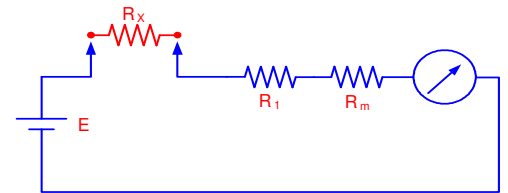
$$I_m = \frac{E_b}{R_x + R_1 + R_m}$$

R_1 điện trở chuẩn của tầm đo.

R_m điện trở nội của cơ cấu.

Khi $R_x \rightarrow 0\Omega$, $I_m \rightarrow I_{\max}$ (dòng cực đại của cơ cấu từ điện)

Khi $R_x \rightarrow \infty$, $I_m \rightarrow 0$ (không có dòng qua cơ cấu)



Thang đo không tuyến tính của Ohm kế

Ví dụ

Cho mạch đo điện trở như hình vẽ. Biết rằng điện áp nguồn pin là $E_b = 1.5\text{V}$ và $R_1 + R_m = 15$

$$k\Omega - I_{\max} = 100\mu\text{A}$$

Xác định độ lệch kim của cơ cấu đo khi

- R_X được nối tắt
- Xác định giá trị điện trở R_X khi kim cơ cấu đo lệch $\frac{1}{2} D_m$

Giải

Từ sơ đồ trên, ta nhận thấy khi $R_X = 0$ (nối tắt) thì dòng điện qua cơ cấu đo có giá trị lớn nhất ($I_m = I_{\max}$)

$$\text{Thật vậy, ta có } I_m = I_{\max} = \frac{E_b}{R_1 + R_m} = \frac{1.5\text{V}}{15\text{ k}\Omega} = 100\mu\text{A}$$

$$I_m = I_{\max} = 100\mu\text{A}$$

Khi kim cơ cấu đo lệch $\frac{1}{2} D_m$, thì dòng điện qua cơ cấu đo có giá trị là

$$I_m = \frac{1}{2} I_{\max} = 50\mu\text{A}$$

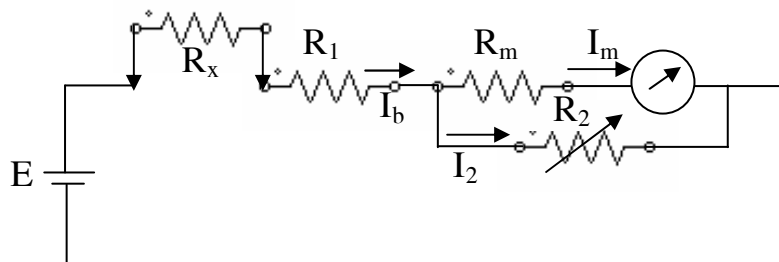
Từ đó ta xác định được giá trị của điện trở R_X là

$$R_X = \frac{E_b}{I_m} - (R_1 + R_m)$$

$$R_X = 15\text{ k}\Omega$$

4.4.2 Mạch đo điện trở thực tế

Trong thực tế nguồn pin E_b có thể thay đổi. Khi $R_x \rightarrow 0\Omega$, dòng điện I_m qua cơ cấu không bằng I_{\max} do đó mạch đo có thể mắc thêm R_2 , biến trở này dùng để chỉnh điểm “0 Ω ” cho mạch đo khi E_b thay đổi. Như vậy, trước khi đo ta phải ngắn mạch AB (nối tắt điện trở R_X - động tác chập 2 que đo) và điều chỉnh R_2 (nút Adj của đồ hồ VOM) để cho kim chỉ thị của Ohm kế chỉ “0 Ω ” .



Theo mạch trên dòng I_b

$$I_b = \frac{E_b}{R_x + R_1 + R_2 // R_m}$$

Nếu $R_2 // R_m \ll R_1$ thì :

$$I_b = \frac{E_b}{R_x + R_1}$$

Như vậy, điện áp V_m được xác định

$$V_m = I_b (R_2 // R_m)$$

Dòng điện I_m qua cơ cấu chỉ thị

$$I_m = \frac{V_m}{R_m} = \frac{I_b (R_2 // R_m)}{R_m}$$

Do đó mỗi lần đo ta cho $R_x \rightarrow 0$ bằng cách điều chỉnh R_2 để cho

$$I_m = \frac{E_b}{R_1} \times \frac{(R_2 // R_m)}{R_m} = I_{\max}$$

Như vậy , việc chỉnh giá trị điện trở R_2 có tác dụng khi E_b có sự thay đổi (do nguồn pin sử dụng luôn ngày sẽ bị yếu) thì sự chỉ thị giá trị điện trở R_x sẽ không thay đổi

Ví dụ 1

Cho mạch điện đo điện trở như sơ đồ bên . Biết rằng $E_b = 1.5V$ - $R_1 = 15 k\Omega$ - $I_{\max} = 50 \mu A$ và $R_m = R_2 = 1 k\Omega$

Xác định giá trị của điện trở R_x khi dòng điện qua cơ cấu đo là $I_m = I_{\max}$

Xác định giá trị của điện trở R_x khi dòng điện qua cơ cấu đo là $25 \mu A$

Giải

Khi $I_m = I_{\max} = 50 \mu A$ thì $V_m = I_{\max} \cdot R_m = 50 \mu A \cdot 1 k\Omega = 50 mV$

$$\text{Do đó } I_2 = \frac{V_m}{R_2} = \frac{50 mV}{1 k\Omega} = 50 \mu A$$

$$\text{Vậy } I_b = I_m + I_2 = I_{\max} + I_2 = 50 \mu A + 50 \mu A = 100 \mu A$$

$$R_x + R_1 \# \frac{E_b}{I_b} \quad \text{nếu } (R_x + R_1) \gg (R_2 // R_m) \gg 500 \Omega$$

$$\# \frac{E_b}{I_b} = \frac{50 mV}{100 \mu A} = 500 \Omega \cdot R_x + 15 k\Omega = 15 k\Omega$$

$$\text{Suy ra } R_x = 0 \Omega$$

Khi $I_m = \frac{1}{2} I_{\max}$ thì điện áp đặt lên cơ cấu đo là

$$V_m = I_m \cdot R_m = 25 \text{ mV}$$

Dòng điện qua điện trở R_2 là

$$I_2 = \frac{V_m}{R_2} = \frac{25 \text{ mV}}{1 \text{ k}\Omega} = 25 \mu\text{A}$$

Dòng điện qua điện trở R_x là

$$I_b = I_m + I_2 = 50 \mu\text{A}$$

$$\text{Do đó } R_x + R_1 \approx \frac{E_b}{I_b}$$

$$\text{Suy ra } R_x = 15 \text{ k}\Omega$$

4.4.3 Nguyên lý đo Ohm kế tuyến tính

Thang đo của Ohm kế theo nguyên lý dòng điện như đã đề cập ở trên không tuyến tính theo điện trở đo. Do đó các mạch đo Ohm kế tuyến tính trong máy đo điện tử chỉ thị kim hoặc chỉ thị số, chúng ta chuyển trị số đo điện trở R_x sang điện áp đo V_x bằng cách cung cấp nguồn dòng điện I không đổi (bất chấp trị số R_x). $V_x = R_x \cdot I$. Sau đó R_x được đo bởi mạch điện áp, V_x tuyến tính theo R_x

Như vậy, khi $R_x \rightarrow 0$, $V_x \rightarrow 0\text{V}$

Khi $R_x \rightarrow \infty$, V_x giá trị lớn nhất của mạch đo

Như vậy nếu vôn kế có điện trở chỉnh máy trước khi đo, thì phải chỉnh $R_x \rightarrow \infty$ cho mạch đo. Không chỉnh $R_x \rightarrow 0$ như ở mạch đo dùng nguyên lý dòng trong phần trước

4.5 ĐO ĐIỆN TRỞ ĐẤT

Cọc đo điện trở đất thanh dẫn điện bằng kim loại (thường bằng đồng) hoặc nhiều thanh dẫn điện được đóng xuống đất, vùng đất cần đo điện trở, khi đó chúng ta có cọc đất. Sau đó các cọc đất này được nối vào mạch đo bằng những dây dẫn điện.

Điện trở đất điện trở của vùng đất cần đo tiếp xúc với cọc đất sẽ được xác định bởi điện áp rơi trên điện trở đất khi có dòng điện đi qua nó. Trong thực tế điện trở đất phụ thuộc vào điều kiện môi trường xung quanh (nhiệt độ, độ ẩm), thành phần của đất.

Khoảng cách giữa các cọc đất để cho điện trở đất khảo sát các cọc đất không ảnh hưởng với nhau (nghĩa là các điện trở cọc A là R_A không bị ảnh hưởng bởi vùng đất của cọc B có điện trở đất là R_B). hai cọc đất cách nhau 20m sẽ có điện trở đất không ảnh hưởng lẫn nhau.

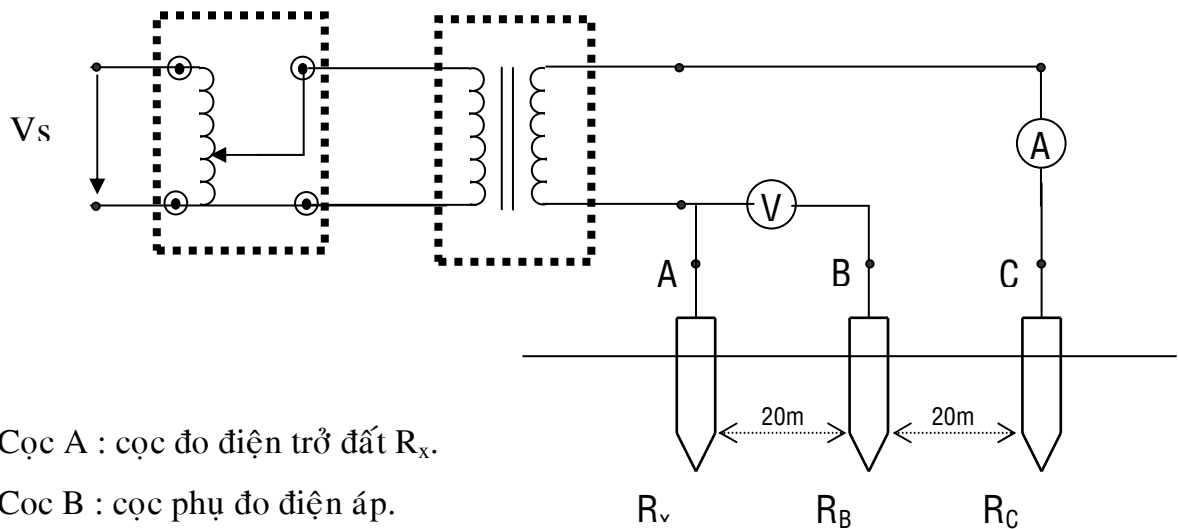
Nguồn điện áp cung cấp cho mạch đo nguồn tín hiệu cung cấp cho mạch đo là nguồn tín hiệu xoay chiều dạng sin hoặc xung vuông.

- ✚ Chúng ta tránh dùng nguồn DC do ảnh hưởng của điện giải sẽ làm tăng sai số do điện thế điện cực.
- ✚ Nếu dùng điện lưới điện lực thì phải dùng biến áp cách ly tránh ảnh hưởng dòng trung tính và cọc đất của dây trung tính.

4.5.1 Mạch đo điện trở đất dùng vôn kế và ampe kế

Phương pháp trực tiếp

Mạch đo được mắc như sơ đồ



Cọc A : cọc đo điện trở đất R_x .

Cọc B : cọc phụ đo điện áp.

Cọc C : Cọc phụ đo dòng điện.

Theo mạch tương đương của điện trở đất cọc A, B, C :

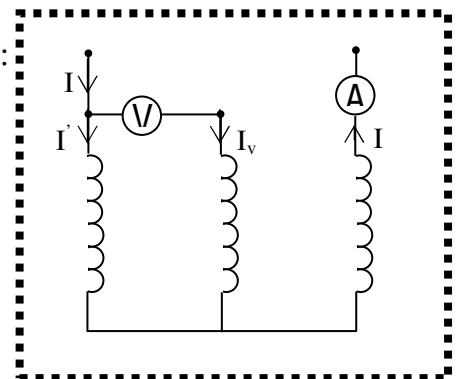
Ta được :

$$V_{AB} = R_A \cdot I' + R_B \cdot I_V$$

Ta có : $I = I' + I_V$ mà $I_V \ll I' \rightarrow I \approx I'$

Nên $V_{AB} \approx R_A \cdot I' \approx R_A \cdot I$

Suy ra $R_A = \frac{V_{AB}}{I}$



Vậy điện trở đất cọc A được xác định bởi trị số đọc trên vôn kế và ampe kế.

Phương pháp đo gián tiếp

Trong trường hợp này ta đo điện trở đất của từng hai cọc :

Vôn kế và ampe kế sẽ cho giá trị điện trở của từng hai cọc :

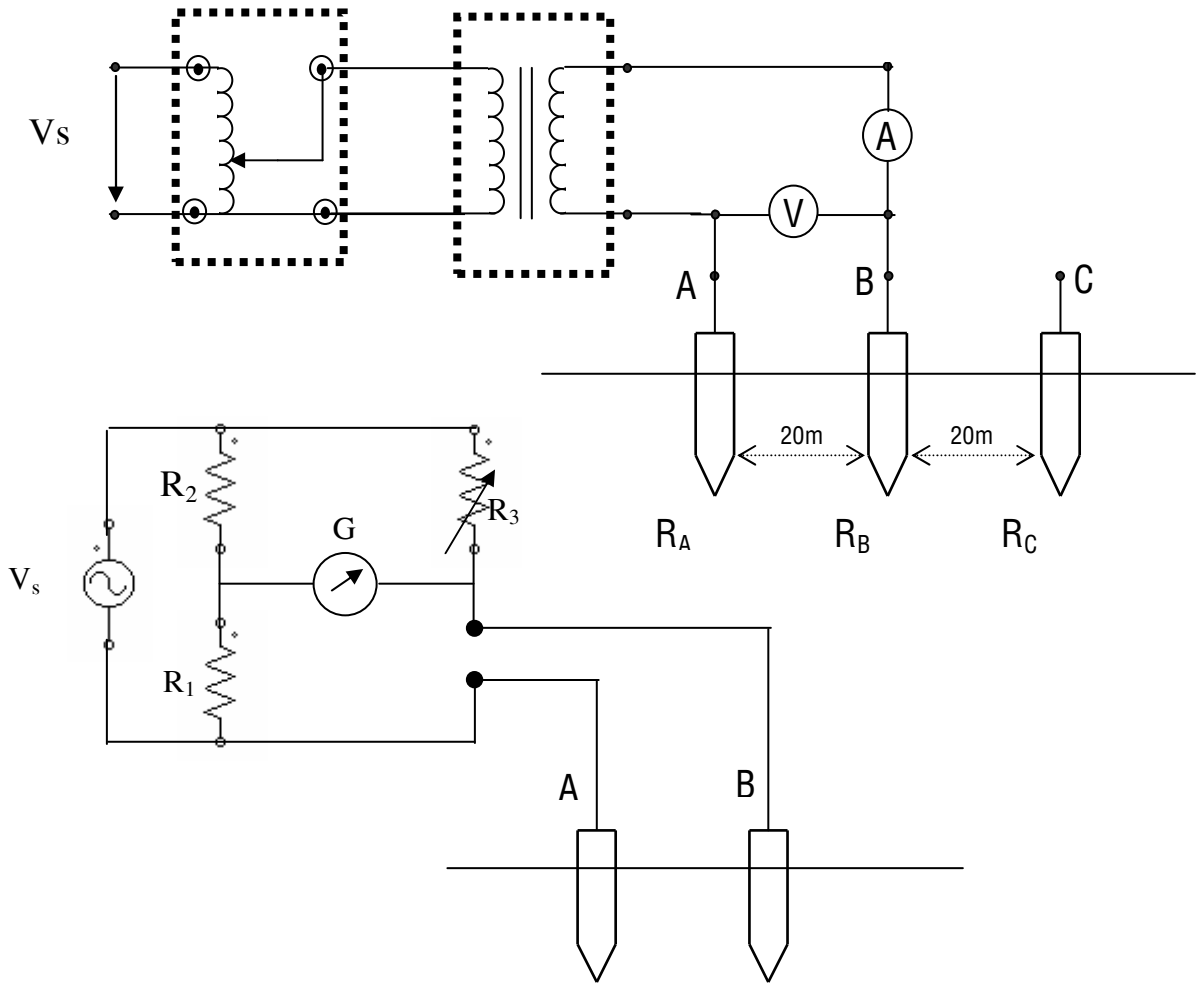
$$R_A + R_B = \frac{V_1}{I_1}$$

Sau đó, lần lượt đo cho cọc A - C và B - C ta được :

$$R_A + R_C = \frac{V_2}{I_2}$$

$$R_B + R_C = \frac{V_3}{I_3}$$

Sau đó giải ba phương trình ta xác định được R_A , R_B , R_C .



4.5.2 Mạch đo điện trở đất dùng cầu Kohlrausch

Đây là dạng cầu Wheatstone để đo điện trở của dung dịch có tính chất điện giải bằng hai điện cực cũng được ứng dụng để đo điện trở đất.

Điện trở $R_A + R_B$ được xác định khi cầu cân bằng :

$$R_A + R_B = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_3$$

Tương tự ta lần lượt xác định được $R_A + R_C$ và $R_B + R_C$ sau đó giải hệ ba phương trình ta được R_A, R_B, R_C (giống như phương pháp gián tiếp dùng vôn kế và ampe kế).

4.5.3 Đo điện trở đất bằng đồng hồ chuyên dùng

Hiện nay, để đơn giản trong quá trình đo điện trở đất, ta sử dụng phương pháp đo trực tiếp bằng đồng hồ đo điện trở đất. Đồng hồ có dạng như sau

Loại đồng hồ này có thông số kỹ thuật là

EARTH RESISTANCE TESTER

(Máy đo điện trở đất)

Thông số kỹ thuật

- ⚡ Điện trở đất : 0-20Ω/0-200Ω/0-2000Ω
- ⚡ Độ chính xác : ± 0.1Ω
- ⚡ Điện áp đất : 0-200V AC (40-500 Hz)
- ⚡ Độ chính xác : ± (1%rdg+2dgt)
- ⚡ Độ phân giải : 0.01Ω/0.1Ω/1Ω
- ⚡ Màn hình hiển thị LCD 3 ½ digit
- ⚡ Điện áp nguồn : pin 1.2V loại AA
- ⚡ Kích thước : 163x 100x50mm
- ⚡ Khối lượng : 480g



Cách đóng cọc đất cho máy đo điện trở đất

Với loại đồng hồ trên, có 3 cọc là cọc đất (E) cọc điện áp (P) và cọc dòng điện (C), trong đó cọc E là cọc chính còn 2 cọc P và C là hai cọc phụ (cọc giả định).

Khoảng cách giữa các cọc từ 5 đến 10 mét, vị trí các cọc tạo ra một góc lớn hơn 100°

Nếu các cọc đóng thẳng hàng thì khoảng cách các cọc EC, EP cần phải lớn hơn 10 mét (thông thường là 15 mét)

Cách đo điện áp rơi trên các cọc E, P và C

Như chúng ta đã biết, nếu điện áp giữa hai cọc đất thấp hơn 10 vôn thì tính an toàn chấp nhận được, khi đó ta tiến hành đo điện trở đất. Nếu điện áp trên các cọc lớn hơn 10V thì việc đo điện trở đất và khả năng an toàn về điện cần phải lưu ý do có sự hiện diện của dòng điện rò và sự hiện diện của dòng điện trung tính do sự mất cân bằng của lưới điện. Hiện nay trên thị trường, có những máy đo điện trở đất cho phép ta đo điện áp rơi trên cọc đất 1 với cọc đất 2, khi đó bộ chỉ thị trên máy đo điện trở đất sẽ cho chúng ta biết điện áp trên hai cọc

Thực hiện đấu dây như sơ đồ

CÂU HỎI ÔN TẬP

- Câu 1 Khi cần đo điện trở theo phương pháp gián tiếp , ta cần thiết bị nào ?
- Câu 2 Có mấy cách mắc thiết bị đó ? Nêu ưu và khuyết điểm của từng phương pháp ?
- Câu 3 Khi đo điện trở theo phương pháp rẽ dài thì sai số của kết quả đo phụ thuộc vào thiết bị nào ? Chứng minh
- Câu 4 chứng minh rằng nội trở của vôn kế sẽ ảnh hưởng đến kết quả đo điện trở khi mắc theo phương pháp rẽ ngắn ?
- Câu 5 Trình bày cách đo điện trở theo phương pháp so sánh ?
- Câu 6 Mô tả cách đo điện trở bằng cầu Wheatstone không cân bằng ?
- Câu 7 Trình bày nguyên lý đo điện trở ở mạch điện đo Ohm kế ?
- Câu 8 Trình bày cách đo điện trở đất dùng vôn kế và ampe kế ?
- Câu 9 Để đo điện trở đất dùng vôn kế và ampe kế , nguồn điện sử dụng cho mạch điện là nguồn như thế nào ? Tại sao ?
- Câu 10 Cho mạch đo Ohm như hình vẽ . Biết rằng nguồn cung cấp cho mạch là $E_b = 3V$ dòng điện của cơ cấu đo là $I_{FS} = 50\mu A$ và $R_m + R_1 = 15 k\Omega$
- Xác định giá trị điện trở R_X khi dòng điện qua cơ cấu đo là $I_m = 40 \mu A$
 - Tính giá trị điện trở R_X khi kim lệch $\frac{3}{4}$ FSD (FSD là độ lệch tối đa thang đo)
 - Xác định độ lệch kim chỉ thị nếu điện trở R_X có giá trị là $1 k\Omega$
- Câu 11 Một ohm kế có mạch đo như sơ đồ bên . Biết rằng $E_b = 1.5V - R_1 = 15 k\Omega - R_m = R_2 = 50 \Omega$, cơ cấu đo có $I_{FS} = 50 \mu A$
- Tính giá trị điện trở R_X khi kim chỉ thị có độ lệch là $\frac{1}{2}$ FSD
 - Tính giá trị điện trở R_X khi kim chỉ thị có độ lệch là $\frac{3}{4}$ FSD
 - Tính giá trị điện trở R_X khi kim chỉ thị có độ lệch là $\frac{3}{5}$ FSD
- Câu 12 xác định giá trị điện trở R_X khi kim lệch $\frac{1}{2}$ FSD , $\frac{3}{4}$ FSD và $\frac{3}{5}$ FSD nếu các thông số như câu 11 và nguồn lúc này bị suy giảm còn $E_b = 1.3 V$
- Câu 13 tính dòng điện chạy qua cơ cấu đo và độ lệch kim chỉ thị nếu ta sử dụng tầm đo R_{x1} và giá trị điện trở R_X lần lượt là 0Ω và 24Ω



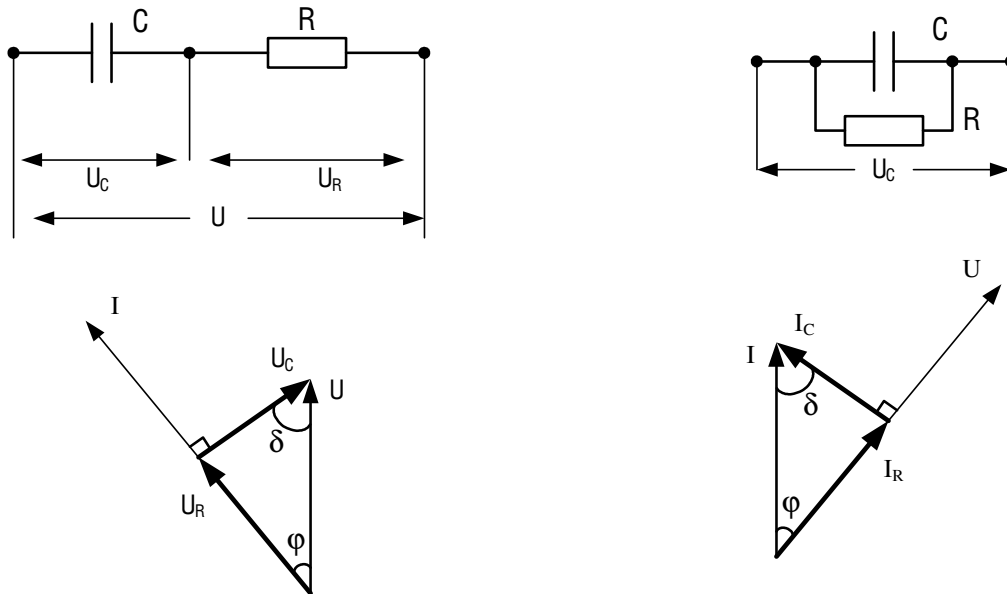
Chương 7

ĐO ĐIỆN CẢM VÀ ĐIỆN DUNG

7.1 KHÁI NIỆM VỀ ĐIỆN DUNG C

Một tụ điện được xem là lý tưởng khi không tiêu thụ công suất (nghĩa là không cho dòng điện một chiều đi qua tụ điện) nhưng trong thực tế do có lõi điện môi nên vẫn có dòng điện rò đi qua từ bản cực này sang bản cực kia . Vì thế tụ điện vẫn tiêu tốn năng lượng điện nghĩa là có sự tổn hao công suất . Để đánh giá sự tổn hao công suất này , người ta thường đo góc tổn hao .

Một tụ điện thực tế được xem tương đương với một tụ điện lý tưởng và một điện trở mắc nối tiếp nhau hoặc mắc song song với nhau .



Hình a : Tụ điện có tổn hao nhỏ Hình b :Tụ điện có tổn hao lớn

Căn cứ vào đồ thị vector , ta xác định được góc tổn hao δ

- Đối với tụ có tổn hao nhỏ (sơ đồ hình a) , ta xác định góc tổn hao tgδ theo biểu thức sau :

$$U_R = I \cdot R \quad \text{và} \quad U_C = \frac{I}{\omega C}$$

$$\text{tg}\delta = \frac{U_R}{U_C} = \frac{IR}{I/\omega C} \quad \text{hay} \quad \text{tg}\delta = \omega \cdot R \cdot C$$

- Đối với tụ có tổn hao lớn (sơ đồ hình b) , ta xác định góc tổn hao tgδ theo biểu thức sau

$$I_R = \frac{U}{R} \quad \text{và} \quad I_C = \omega \cdot U \cdot C$$

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{I_R}{I_C} = \frac{U/R}{\omega U C} \quad \text{hay} \quad \operatorname{tg}\delta = \frac{1}{\omega R C}$$

7.2 XÁC ĐỊNH ĐIỆN DUNG C

Có hai cách xác định điện dung của tụ điện là phương pháp đo gián tiếp và phương pháp so sánh

7.2.1. Phương pháp đo gián tiếp

Ta xác định điện dung bằng cách sử dụng đồng hồ vôn kế và ampe kế để xác định U_C và I_C . Từ đó ta xác định được dung kháng của tụ điện và suy ra điện dung C của tụ điện

Mắc mạch theo sơ đồ hình bên

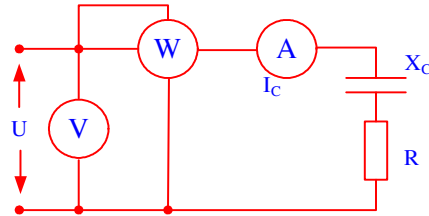
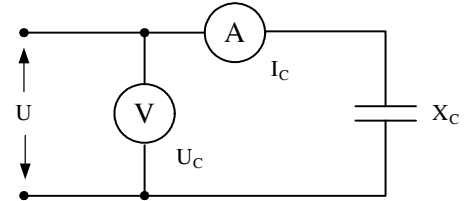
$$\text{Ta có} \quad Z_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

Căn cứ vào các đồng hồ đo, ta xác định được U_C và I_C .

Dung kháng của tụ điện

$$Z_C = \frac{U_C}{I_C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$\text{Suy ra} \quad C = \frac{I_C}{2\pi f U_C}$$



Phương pháp trên có sai số lớn nếu điện áp nguồn không hoàn toàn là điện áp hình sin. Vì thế, để giảm sai số, người ta sử dụng thêm Watt kế. Mạch được mắc như hình trên

$$\text{Điện trở được xác định theo biểu thức} \quad R = \frac{P}{I^2}$$

Tổng trở của điện dung được xác định theo biểu thức

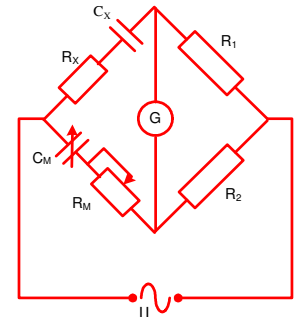
$$Z = \frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + X_C^2} \quad \text{hay} \quad C = \frac{1}{\omega \sqrt{Z^2 - R^2}}$$

$$\text{Kết hợp với biểu thức trên, ta có} \quad C = \frac{I^2}{\omega \sqrt{U^2 I^2 - P^2}}$$

7.2.2 Phương pháp so sánh

Cầu đo điện dung tụ điện có tổn hao nhỏ

Đối với tụ điện có tổn hao nhỏ, người ta sử dụng cầu đo điện dung. Cầu đo gồm có 4 nhánh trong đó điện trở R_1 và R_2 là điện trở thuần còn các nhánh còn lại gồm có các thành phần C_X , R_X và điện trở mẫu R_M , C_M điều chỉnh được. Hai đỉnh còn lại được mắc một điện kế G như hình vẽ



Khi cầu cân bằng , điện áp ở điện kế G bằng 0 . Do đó ta có mối quan hệ

$$R_2 \left(R_X + \frac{1}{j\omega C_X} \right) = R_1 \left(R_M + \frac{1}{j\omega C_M} \right)$$

$$R_2 R_X + \frac{R_2}{j\omega C_X} = R_1 R_M + \frac{R_1}{j\omega C_M}$$

Cân bằng thành phần thực và thành phần kháng , ta được

$$R_2 R_X = R_1 R_M$$

Suy ra $R_X = R_M \frac{R_1}{R_2}$

$$\frac{R_2}{j\omega C_X} = \frac{R_1}{j\omega C_M}$$

Suy ra $C_X = C_M \frac{R_2}{R_1}$

$$\text{tg}\delta = \omega R_X C_X = \omega R_M C_M$$

Cầu đo điện dung tụ điện có tổn hao lớn

Lắp mạch theo như hình vẽ , trong đó R_1 và R_2 là điện trở thuần . R_M mắc song song với C_M là điện trở và điện dung mẫu , C_X và R_X là điện dung và điện trở của tụ điện cần đo

Khi cầu đo cân bằng $Z_1 Z_X = Z_2 Z_M$

Trong đó

$$Z_1 = \frac{1}{\frac{1}{R_X} + j\omega C_X} \quad \text{và} \quad Z_2 = R_1 \quad \text{và} \quad Z_3 = R_2$$

$$Z_4 = \frac{1}{\frac{1}{R_M} + j\omega C_M}$$

Thay vào phương trình trên , ta được

$$R_2 \left(\frac{1}{R_M} + j\omega C_M \right) = R_1 \left(\frac{1}{R_X} + j\omega C_X \right)$$

Cân bằng phần thực và phần ảo , ta có

$$\frac{R_2}{R_M} = \frac{R_1}{R_X} \quad \text{Suy ra} \quad R_X = R_M \frac{R_1}{R_2}$$

$$\frac{R_2}{j\omega C_M} = \frac{R_1}{j\omega C_X} \quad \text{Suy ra} \quad C_X = C_M \frac{R_1}{R_2}$$

Góc tổn hao công suất

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\omega R_M C_M} = \frac{1}{\omega R_X C_X}$$

7.3 KHÁI NIỆM VỀ ĐIỆN KHÁNG

Theo hiện tượng cảm ứng điện từ, tác dụng của dòng điện cảm ứng trong mạch điện xoay chiều có cuộn dây là chống lại sự thay đổi của dòng điện xoay chiều. Sự cản trở này được gọi là cảm kháng X_L .

Một điện kháng được xem là lý tưởng khi không tiêu thụ công suất. Nghĩa là chỉ có thành phần điện kháng $X_L = \omega L = 2\pi f L$. Nhưng trong thực tế ngoài thành phần điện kháng X_L còn tồn tại điện trở của cuộn dây R_L .

Điện trở R_L càng lớn thì độ phẩm chất của cuộn dây càng kém. Nếu gọi Q là độ phẩm chất của cuộn dây thì Q được đặt trưng bởi tỷ số giữa điện kháng X_L và điện trở của cuộn dây

$$Q = \frac{X_L}{R_L}$$

7.3.1 Phương pháp đo gián tiếp

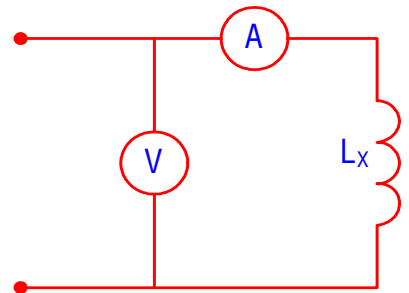
Như ta đã biết một cuộn dây gồm có hai thành phần là thành phần thuần trở R_L và thành phần cảm kháng X_L . Để xác định thành phần thuần trở R_L , ta sử dụng nguồn điện một chiều và lắp mạch theo sơ đồ sau:

Ta xác định được giá trị điện trở thuần của cuộn dây $R_L = \frac{U_{DC}}{I_{DC}}$

Sau đó thay nguồn một chiều bằng nguồn điện xoay chiều AC để xác định tổng trở cuộn dây $Z_L = \frac{U_{AC}}{I_{AC}}$

Thành phần cảm kháng X_L được xác định theo biểu thức sau $X_L = \sqrt{Z_L^2 - R_L^2}$

Suy ra điện cảm của cuộn dây là $L = \frac{X_L}{2\pi f}$



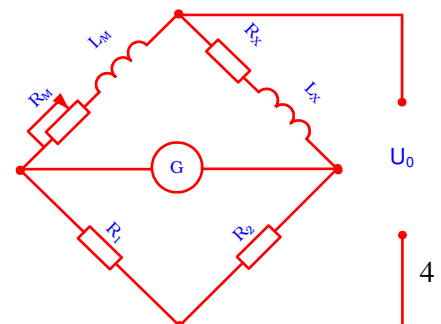
7.3.2 Các mạch cầu đo thông số cuộn cảm

Để đo các thông số X_L , R_L và Q người ta thường dùng mạch cầu xoay chiều bốn nhánh

Cầu xoay chiều dùng điện cảm mẫu

Mắc mạch được như sơ đồ bên. Khi đo người ta điều chỉnh các điện trở R_M , R_1 và R_2 để đạt được cân bằng cầu

Ở chế độ cân bằng ta có $Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$



Trong đó

$$Z_1 = R_M + j \omega L_M$$

$$Z_3 = R_2$$

$$Z_2 = R_X + j \omega L_X$$

$$Z_4 = R_1$$

Thay vào biểu thức trên , ta có

$$R_1 (R_M + j \omega L_M) = R_2 (R_X + j \omega L_X)$$

Cân bằng thành phần thực và thành phần ảo ta được : $R_1 R_M = R_2 R_X$

$$\text{Suy ra } R_X = R_M \frac{R_1}{R_2}$$

$$\text{Hay } j R_1 \omega L_M = j R_2 \omega L_X$$

$$\text{Suy ra } L_X = L_M \frac{R_1}{R_2}$$

Cầu đo điện cảm Maxwell

Do tụ điện chuẩn dễ chế tạo hơn là các cuộn dây điện cảm . Vì thế người ta thường dùng điện dung chuẩn để đo hơn là sử dụng điện cảm chuẩn . Cầu đo có tụ điện chuẩn được gọi là cầu đo Maxwell , trong mạch đo này tụ điện chuẩn C_3 được mắc song song với điện trở R_3 , các nhánh còn lại là điện trở R_1 và R_4 . Sơ đồ mạch điện như hình vẽ

Khi mạch cầu cân bằng , ta có biểu thức sau :

$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$$

Trong đó

$$Z_3 = \frac{1}{\frac{1}{R_3} + j \omega C_3}$$

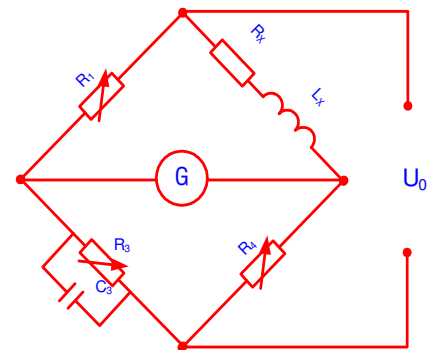
$$Z_2 = R_X + j \omega L_X$$

$$Z_1 = R_1 \text{ và } Z_4 = R_4$$

Thay vào biểu thức và cân bằng các thành phần thực và thành phần ảo , ta có

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_X}{R_4} \quad \text{Suy ra } R_X = \frac{R_1 R_4}{R_3}$$

$$\omega C_3 R_1 = \frac{\omega L_X}{R_4} \quad \text{Suy ra } L_X = C_3 R_1 R_4$$

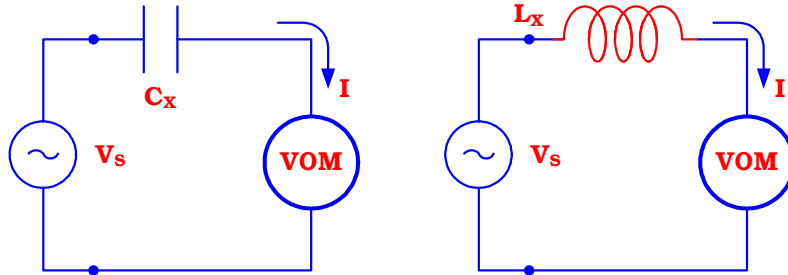


7.4 ĐO ĐIỆN CẢM VÀ ĐIỆN DUNG BẰNG ĐỒNG HỒ VOM

Có một số đồng hồ đo VOM ngoài chức năng đo điện áp , dòng điện , điện trở , còn có chức năng đo điện dung , điện cảm nhưng với khoảng thang đo hạn chế

Mạch đo cũng dựa trên nguyên tắc “ đo tổng trở “ và những đại lượng này được chuyển sang những đại lượng xoay chiều và được chỉ thị trên thang đo của đồng hồ VOM Đơn vị tính của điện cảm là mH và đơn vị tính của điện dung μF (MF – micro fara)

Sơ đồ mạch đo điện dung và điện cảm như hình vẽ



V_s là nguồn điện áp biết được biên độ và tần số và thường có sẵn trong đồng hồ đo VOM

Bộ chỉ thị G bao gồm cơ cấu đo điện từ và bộ chỉnh lưu dòng điện xoay chiều

Dòng điện I qua cơ cấu đo phụ thuộc vào trị số C_x hoặc L_x . Khi biết trị hiệu dụng V_s và tần số nguồn $\omega = 2\pi f$, ta xác định được giá trị C_x hoặc L_x

$$C_x = \frac{I}{V_s \cdot \omega} \quad \text{hoặc} \quad L_x = \frac{V_s}{I \cdot \omega}$$

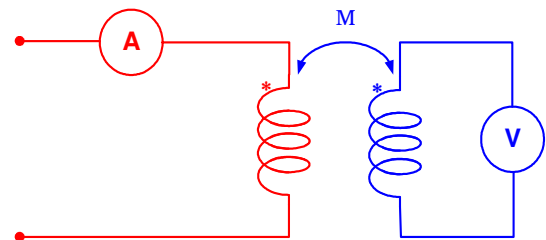
7.5 ĐO HỆ SỐ HỖ CẢM M

Hệ số hồ cảm M giữa hai cuộn dây được xác định bởi biểu thức $M = \frac{U}{\omega \cdot I}$, giá trị U và I được xác định bằng volt kế và ampere kế

Ngoài ra , ta cũng có biểu thức

$$M = \frac{W_1 \cdot W_2}{R}$$

Trong đó W_1 và W_2 là số vòng dây ở cuộn dây 1 và cuộn dây 2



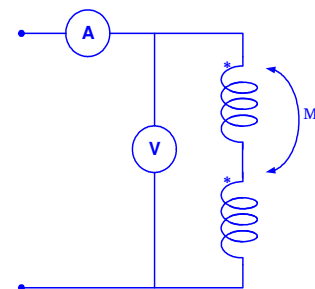
Trong trường hợp , hai cuộn dây mắc nối tiếp trên cùng một mạch từ và cùng chiều quấn dây (cùng cực tính) như hình 1 , thì điện cảm tổng được xác định là

$$L_a = L_1 + L_2 + 2M$$

Với L_a được xác định bởi tổng trở Z_a cho bởi volt kế và ampere kế (Z_a là tổng trở của 2 cuộn dây)

$$L_a = \frac{1}{\omega} \sqrt{Z_a^2 + (R_1 + R_2)^2}$$

Trong trường hợp , hai cuộn dây mắc nối tiếp nhau trên



cùng một mạch từ nhưng ngược chiều nhau (ngược cực tính) như hình 2 . Khi đó tổng điện cảm của 2 cuộn dây là

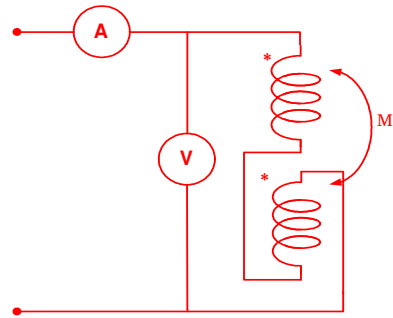
$$L_b = L_1 + L_2 - 2M$$

L_b được xác định từ tổng trở của 2 cuộn dây

$$L_a = \frac{1}{\omega} \sqrt{Z_a^2 - (R_1 + R_2)^2}$$

Như vậy từ hai giá trị điện cảm L_a và L_b , ta xác định được giá trị hồ cảm M

$$L_a - L_b = 4M \quad \text{hoặc} \quad M = \frac{L_a - L_b}{4}$$



CÂU HỎI ÔN TẬP

- Câu 1 Trình bày cách xác định giá trị điện dung của một tụ điện bị mất nhãn ?
- Câu 2 Làm thế nào để xác định giá trị điện cảm của một cuộn dây ?
- Câu 3 Trình bày cách xác định giá trị điện dung của tụ điện bằng phương pháp so sánh ?
- Câu 4 Nêu cách xác định giá trị hồ cảm ?

Chương 6

ĐO CÔNG SUẤT VÀ ĐIỆN NĂNG

6.1 KHÁI NIỆM CHUNG

Công suất và năng lượng là các đại lượng cơ bản của hệ thống điện . Các đại lượng này liên quan nhiều đến nền kinh tế quốc dân . Do đó việc xác định công suất và năng lượng là nhiệm vụ rất quan trọng

Trong thực tế , người ta phân thành các loại công suất sau

- ✚ Công suất thực hay còn gọi là công suất hữu ích P (Watt)
- ✚ Công suất phản kháng , còn gọi là công suất vô công Q (VAR)
- ✚ Công suất biểu kiến hay công suất danh định S (VA)

Tầm đo của công suất từ 10^{-20} W đến 10^{10} W và dải tần số từ 0 đến 10^9 Hz

Đối với mạch điện một chiều , công suất thực được xác định theo biểu thức

$$P = U \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}$$

Với mạch điện xoay chiều một pha

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt$$

Nếu dòng và áp có dạng hình sin , thì

- ✚ Công suất thực được xác định theo biểu thức

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Trong đó U , I là các giá trị điện áp hiệu dụng , cường độ dòng điện hiệu dụng và $\cos \varphi$ là hệ số công suất

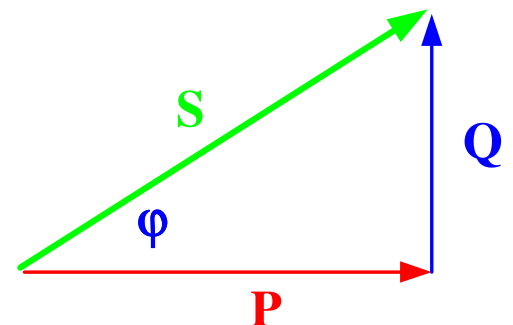
- ✚ Biểu thức tính công suất phản kháng là

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

- ✚ Biểu thức tính công suất biểu kiến

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Ngoài các thông số công suất điện , còn có một thông số quan trọng là năng lượng W . Đó là công suất tiêu thụ của mạch điện trong khoảng thời gian $t_1 \div t_2$



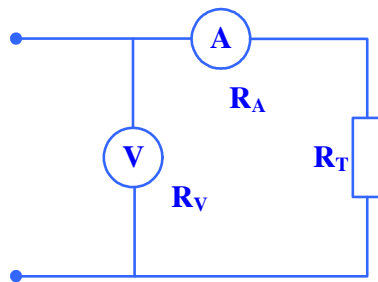
Năng lượng được tính theo biểu thức

$$W = \int_{t_1}^{t_2} P dt = \int_{t_1}^{t_2} UI \cos \varphi dt$$

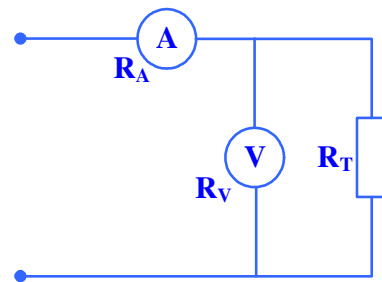
6.2 ĐO CÔNG SUẤT ĐIỆN

6.2.1 Phương pháp đo gián tiếp

Ở mạch điện một chiều hoặc mạch điện xoay chiều có tải là thuần trở ta có thể sử dụng đồng hồ vôn và đồng hồ ampe để xác định công suất



Ampere kế mắc trong



Ampere kế mắc ngoài

Phương pháp mắc ampe trong phương pháp này được sử dụng trong trường hợp điện trở cần đo có giá trị lớn hoặc nội trở của ampe kế có giá trị nhỏ

Phương pháp mắc ampe ngoài phương pháp này được sử dụng trong trường hợp điện trở cần đo R_X có giá trị nhỏ hoặc volt kế có giá trị lớn. Phương pháp này có sai số tương đối lớn vì khi tải thay đổi ta không thể cùng lúc đọc chính xác trị số ampe và vôn. Mặt khác phải sử dụng công thức để tính toán sau khi đo

Công suất điện được xác định theo biểu thức sau

$$P = U \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}$$

Phương pháp này có sai số lớn (sai số ở volt kế và ampe kế) vì khi tải thay đổi , ta không thể quan sát sự thay đổi thông số ở cả hai đồng hồ đo cùng lúc . Mặt khác , phương pháp này khá phức tạp và phải sử dụng công thức để tính toán sau khi đo và cũng gây ra sai số

Thật vậy , ta thấy công suất tải P_L được xác định bởi volt kế và ampe kế . Theo cách đấu dây như sơ đồ trên , trị số công suất của tải được xác định bởi giá trị điện áp và dòng điện

Chẳng hạn ở sơ đồ ampe kế mắc ngoài , ta có biểu thức sau

$$I = I_V + I_L$$

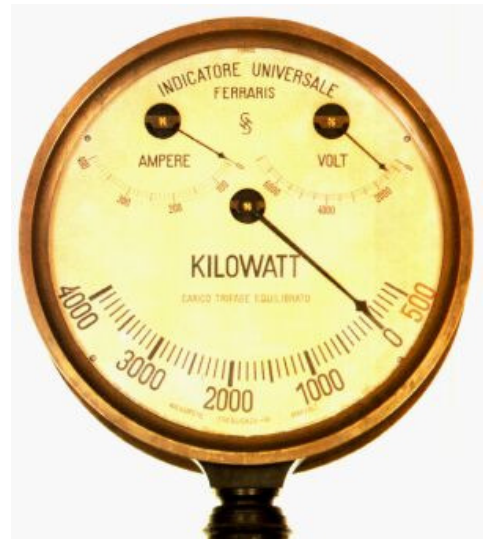
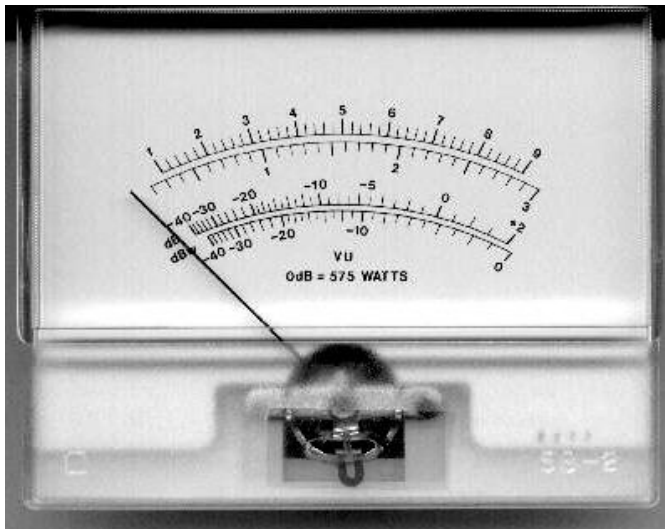
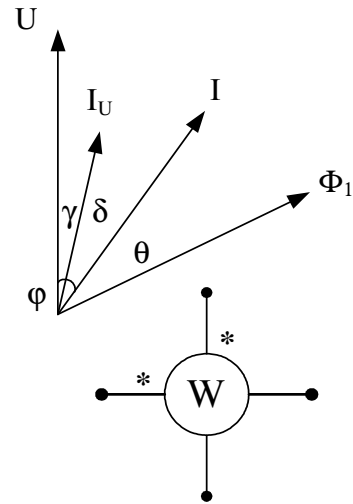
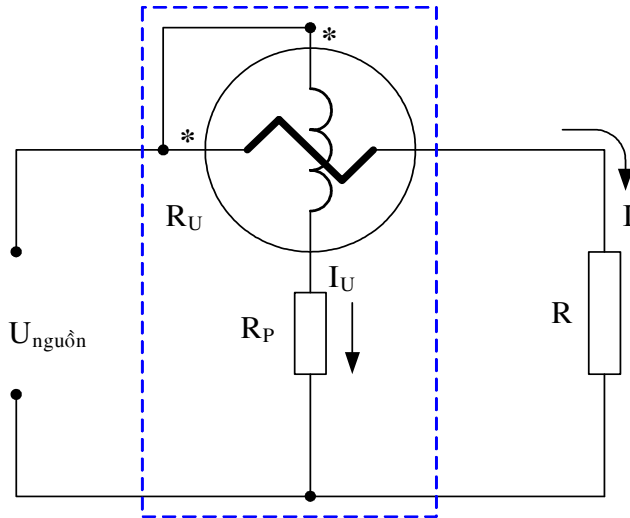
Suy ra
$$I_L = I - I_V$$

$$P_L = U_V \cdot I_L = U_V \cdot (I - I_V)$$

$$P_L = U_V \cdot I + U_V \cdot I_V$$

Như vậy , sai số do cách mắc này phụ thuộc vào dòng điện I_V đi qua volt kế , nếu I_V càng nhỏ thì phép đo càng chính xác

6.2.2 Phương pháp đo trực tiếp bằng Watt kế



Như đã trình bày ở trên , phương pháp đo gián tiếp có những hạn chế nhất định . Để khắc phục những nhược điểm trên , người ta sử dụng phương pháp đo trực tiếp là dùng Watt kế

Watt kế là dụng cụ cơ điện, dùng để đo trực tiếp công suất thực trong mạch điện một chiều hoặc xoay chiều một pha

Watt kế được chế tạo theo kiểu điện động hoặc sắt điện động, gồm có 2 cuộn dây: một cuộn dây di động (cuộn dây điện áp) và một cuộn dây tĩnh (cuộn dây dòng điện)

Cuộn dây tĩnh có tiết diện lớn nhưng ít vòng dây (nên có điện trở nhỏ) được *mắc nối tiếp với tải nên được gọi là cuộn dòng*

Cuộn dây động có tiết diện nhỏ, nhiều vòng dây (nên có điện trở lớn) được *mắc song song với tải nên còn gọi là cuộn áp*

Như vậy dòng điện I_1 qua phụ tải sẽ đi qua cuộn dòng, còn điện áp đặt lên cuộn dây tĩnh tỷ lệ với dòng điện I_2 đi qua cuộn dây áp

Khi có điện áp U đặt vào cuộn dây động và có dòng điện chạy qua cuộn dòng (dòng điện đi qua phụ tải) dưới tác động của từ trường điện từ, kim của watt kế lệch đi một góc α

Đối với nguồn điện một chiều, giá trị của góc lệch α này được xác định theo biểu thức

$$\alpha = \frac{1}{D} \frac{UI}{R_U + R_P} \frac{dM_{12}}{d\alpha}$$

Giả sử $\frac{dM_{12}}{d\alpha} = \text{const}$ thì $\alpha = K \cdot U \cdot I = K \cdot P$

Với $K = \frac{1}{D} \frac{1}{R_U + R_P} \frac{dM_{12}}{d\alpha}$ gọi là hệ số của watt kế với dòng điện một chiều

Đối với mạch điện xoay chiều, giá trị của góc lệch α này được xác định theo biểu thức

$$\alpha = \frac{1}{D} I \cdot I_U \cdot \cos \delta \frac{dM_{12}}{d\alpha}$$

Với $\delta = \varphi - \gamma$

Trong đó I_U là dòng điện trong mạch song song của watt kế

$$I_U = \frac{U}{R_U + R_P} \cos \gamma \quad \text{Với} \quad \frac{dM_{12}}{d\alpha} = \text{const}$$

Ta có $\alpha = K U I \cdot \cos (\varphi - \gamma) \cos \gamma$

Khi $\varphi = \gamma$ thì $\alpha = K U I \cos \varphi = KP$

Từ biểu thức trên, ta nhận thấy chỉ số của watt kế tỉ lệ với công suất tiêu thụ trên phụ tải.

6.3 CÁCH MẮC DÂY WATT KẾ

Do watt kế điện động có cực tính , cho nên khi đảo pha của một trong hai cuộn dây , kim của watt kế sẽ quay ngược vì vậy các cuộn dây được đánh dấu đầu đầu để tránh làm kim watt kế quay ngược . Khi đấu mạch điện , ta phải nối các đầu dây có dấu * với nhau

Watt kế điện động thường có nhiều thang đo theo dòng và áp . Giới hạn đo theo cường độ dòng điện là 5A và 10A , theo điện áp là 150V và 300 V . Giải tần từ 0 đến hàng KHz , cấp chính xác có thể đạt từ 0.1 đến 0.2% ở tần số thấp hơn 200Hz .

Do đó khi đo muốn đọc giá trị cho đúng , ta cần phải xác định hằng số Watt kế C_W (vì Watt kế có nhiều giới hạn đo) đồng thời phải chú ý đến cực tính của các cuộn dây

$$C_W = \frac{U_{dm} I_{dm}}{\alpha_{dm}} \quad (W / vạch)$$

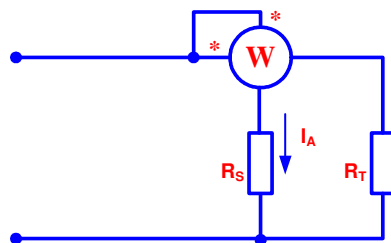
U_{dm} là cỡ đo điện áp đã chọn

I_{dm} là cỡ đo dòng điện đã chọn

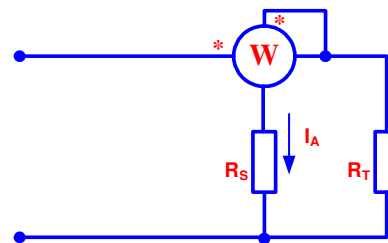
α_{dm} số vạch chia giới hạn trên watt kế

Giả sử khi đo , kim chỉ vạch thứ α thì công suất mạch là

$$P_W = C_W \alpha \quad \text{với } \alpha \text{ là số vạch kim chỉ thực tế trên đồng hồ đo)}$$



Hình a



Hình b

Theo sơ đồ đấu dây như hình trên , chỉ thị của cơ cấu điện động được xác định như sau

$$\alpha = K \cdot I_L \cdot I_A$$

Mà
$$I_A = \frac{E}{R_S + R_2}$$

Trong đó

R_S là điện trở dùng để hạn chế dòng điện qua cuộn dây điện áp (cuộn dây động)

R_2 là điện trở cuộn dây điện áp

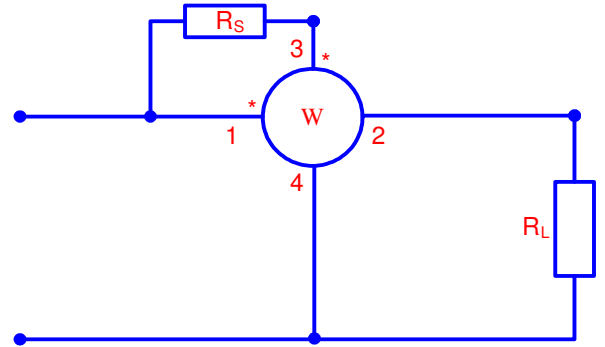
Suy ra
$$\alpha = K \cdot I_L \cdot \frac{E}{R_S + R_2}$$

Từ biểu thức trên, ta nhận thấy điện trở nội của cuộn dây dòng điện càng nhỏ thì sai số càng giảm (do tổn hao trên cuộn dây này giảm). Điện trở R_S dùng để giảm bớt điện áp trên cuộn dây điện áp vì thế nếu điện áp vào càng lớn thì điện trở R_S phải càng lớn.

Ở hình a : dòng điện tải bằng dòng điện qua cuộn dây tĩnh

Ở hình b : dòng điện qua cuộn dây tĩnh bằng tổng dòng điện qua tải và dòng điện qua cuộn dây động

Ta xét sơ đồ mạch điện sau, khi điện trở R_S mắc như hình bên, hiệu điện thế giữa đầu dây 2 và đầu dây 4 gần bằng điện nguồn. Do đó có khả năng gây hư hỏng cho Watt kế vì sự cách điện của 2 cuộn dây. Ngoài ra khi mắc như thế sai số phụ sẽ tăng lên do ảnh hưởng tĩnh điện lẫn nhau của 2 cuộn dây Watt kế. Vì thế ta phải mắc điện trở shunt ở đầu dây 4 để giảm thiểu sai số và tăng tuổi thọ cho Watt kế



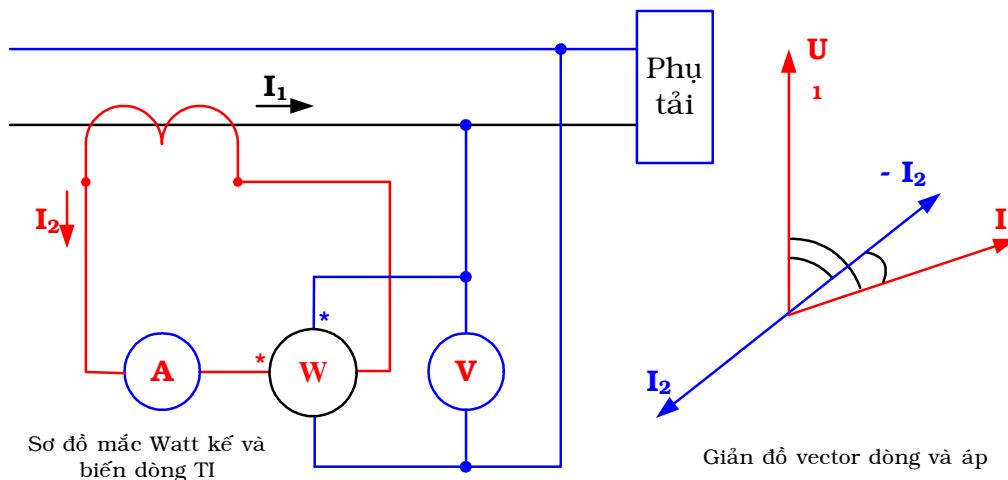
Muốn mở rộng thang đo, ta có thể

- Phân đoạn cuộn dây dòng điện
- Nối điện trở phụ nối tiếp với cuộn dây áp

6.4 DÙNG WATT KẾ VỚI MÁY BIẾN ÁP ĐO LƯỜNG

6.4.1 Dùng Watt kế với máy biến dòng TI

Khi dòng điện phụ tải lớn hơn dòng điện định mức của Watt kế, ta phải kết hợp Watt kế với biến dòng TI. Sơ đồ đấu dây như sau



Công suất cho bởi Watt kế là

$$P_W = P_2 = I_2 U_1 \cos \varphi_2 = I_2 U_1 \cos (\varphi_1 - \delta)$$

Khi biết giá trị công suất trên Watt kế, ta xác định được công suất thực

$$P_{\text{thực}} = K_I \cdot I_2 U_1 \cos (\varphi_1 - \delta)$$

Trong đó P_W là công suất trên Watt kế

K_I là tỷ số danh định của biến dòng

Do góc δ nhỏ nên ta có thể xem $\varphi_1 = \varphi_2$ (xem giản đồ vector dòng và áp)

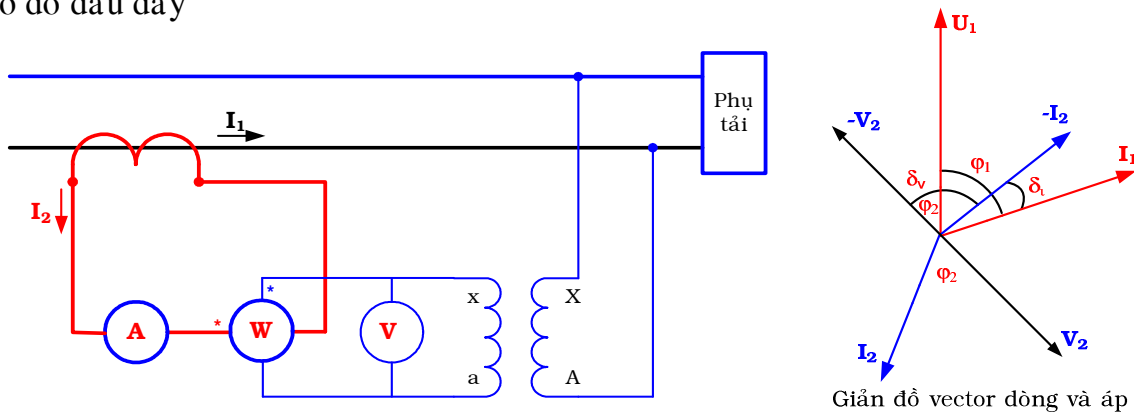
Vì thế ta có thể viết $P_{\text{thực}} = K_I \cdot I_2 U_1 \cos\varphi_2$

Như vậy , công suất tiêu thụ của tải bằng tích số giữa trị số đọc được trên Watt kế với tỷ số danh định biến dòng TI

6.4.2 Dùng Watt kế với máy biến dòng TI và biến điện áp TU

Khi cần đo công suất của phụ tải có dòng điện và điện áp lớn hơn dòng điện và điện áp danh định của Watt kế , ta phải sử dụng biến dòng TI và biến điện áp TU để tương thích với dòng điện và điện áp của Watt kế

Sơ đồ đấu dây



Sơ đồ mắc Watt kế , biến dòng TI và biến điện áp TU

Cuộn dây điện áp của Watt kế được mắc ở hai đầu cuộn dây thứ cấp ax của TU ,hai đầu dây sơ cấp của TU được nối với nguồn điện (đấu song song với phụ tải)

Cuộn dây dòng điện của Watt kế được mắc nối tiếp với cuộn dây thứ cấp của TI (thực hiện tương tự như ở 6.4.1) để đảm bảo an toàn , vỏ của TI và TU được nối đất

Công suất trên Watt kế là $P_W = U_2 I_2 \cos\varphi_2$

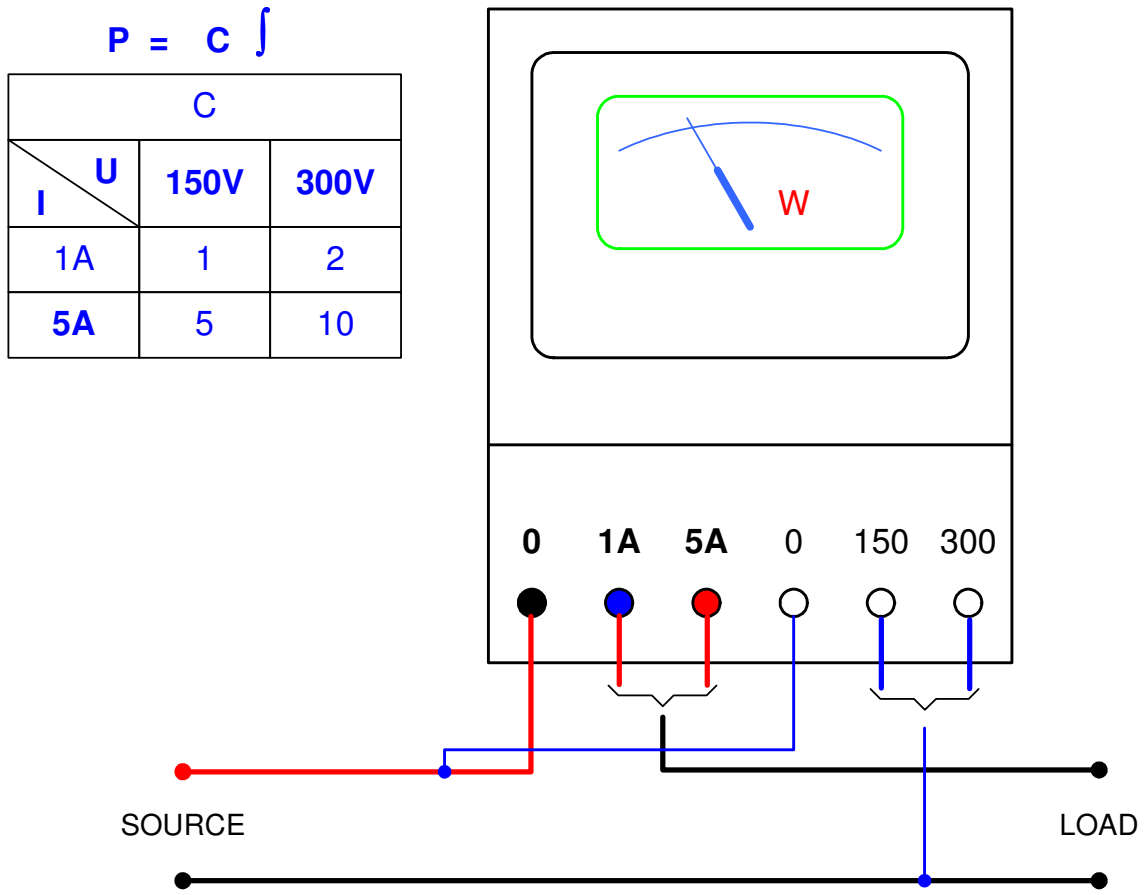
Công suất thực của phụ tải là $P_{\text{tải}} = K_I i_2 K_V u_2 \cos (\varphi_1 + \delta_V - \delta_i)$

Nếu góc lệch δ_V và δ_i nhỏ , ta có thể xem $\varphi_2 = \varphi_1$

Như vậy công suất thực gần đúng của phụ tải được xác định bởi biểu thức

$$P_{\text{thực}} = K_I \cdot K_U \cdot P_W = U_1 I_1 \cos\varphi_1$$

Sơ đồ cách mắc watt kế có nhiều tầm đo



6.5 ĐO CÔNG SUẤT MẠCH ĐIỆN BA PHA

6.5.1 Mạch ba pha đối xứng

Mạch ba pha 4 dây

Đối với mạch điện ba pha có tải đối xứng, ta chỉ cần sử dụng một watt kế để đo công suất ở một pha, rồi sau đó ta nhân với 3 sẽ được giá trị công suất cho toàn bộ mạch điện

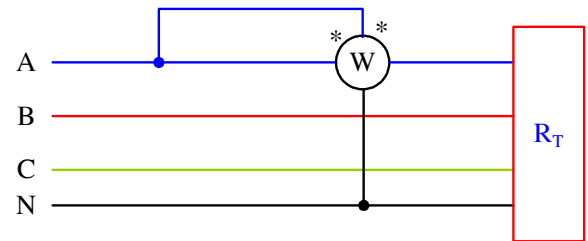
Phép đo được thực hiện như sau

Công suất một pha

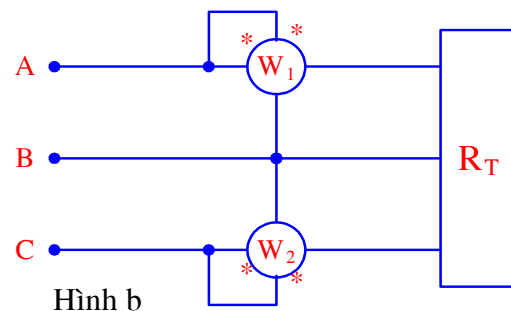
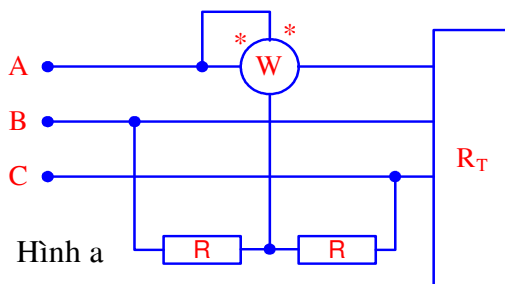
$$P_w = U_p I_p \cos\phi$$

Công suất ba pha

$$P_{3p} = 3 \cdot P_w = 3 U_p I_p \cos\phi$$



Mạch ba pha 3 dây



Để đo công suất điện, ta tạo trung tính “giả” bằng cách sử dụng 2 điện trở phụ có giá trị bằng giá trị của cuộn dây áp. Sơ đồ đấu dây theo sơ đồ hình a

Công suất ba pha được xác định theo biểu thức

$$P_{3p} = \sqrt{3} \cdot P_w$$

Ngoài ra, ta cũng có thể sử dụng 2 watt kế để xác định công suất điện cho toàn mạch. Sơ đồ đấu dây như hình b. Công suất ba pha được xác định theo biểu thức

$$P_{3p} = P_{w1} + P_{w2}$$

Trong quá trình đo, nếu một trong hai watt kế chỉ ngược thì ta đổi cực tính cuộn dây dòng điện hay cuộn dây điện áp. Lúc đó kết quả nhận được từ watt kế đó sẽ lấy giá trị âm.

Ví dụ như watt kế 2 quay ngược, sau khi đổi cực tính cuộn dây thì công suất toàn mạch sẽ là $P_{3p} = P_{w1} - P_{w2}$

6.5.2 Mạch điện ba pha không đối xứng (tải không cân bằng)

Mạch ba pha bốn dây

Để xác định công suất điện , ta phải sử dụng 3 watt kế . Việc đấu dây cũng tương tự như đấu dây Watt kế một pha đối xứng (lưu ý đến dòng điện định mức của Watt kế và điện áp danh định của cuộn áp ở Watt kế)

Công suất toàn mạch được xác định theo biểu thức sau $P_{3p} = P_{W1} + P_{W2} + P_{W3}$

Mạch ba pha ba dây

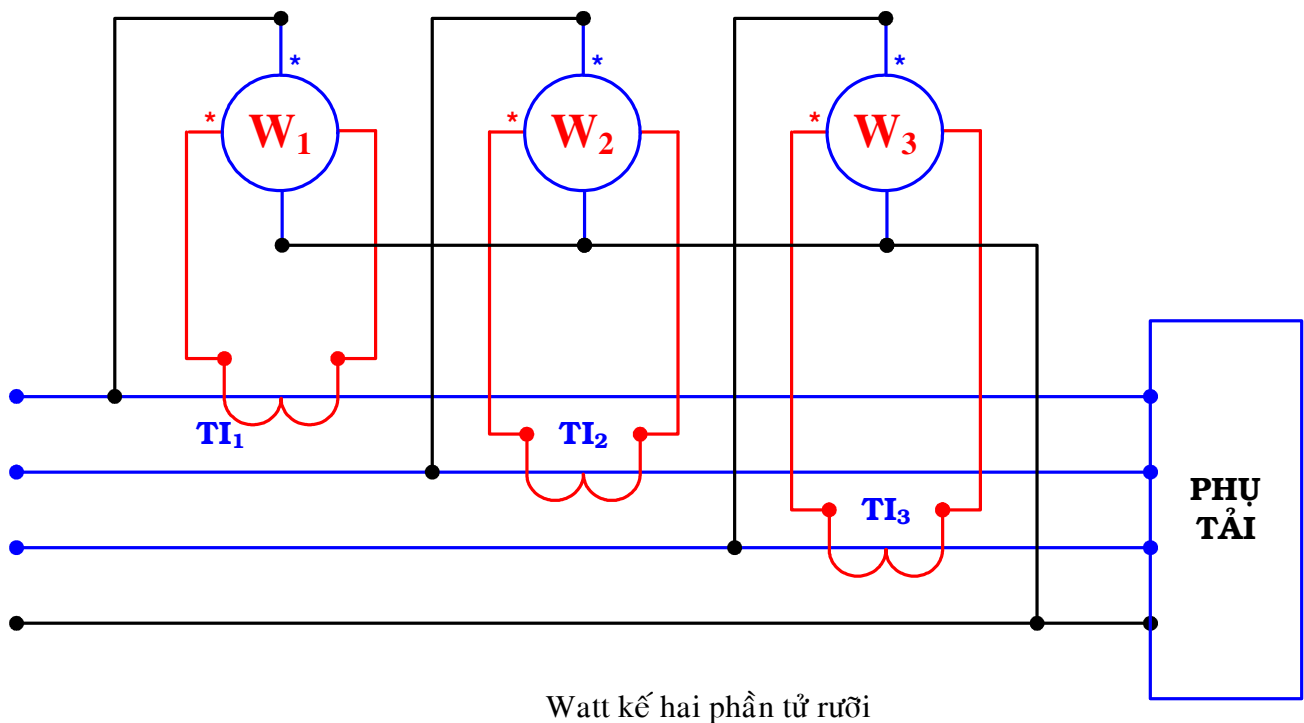
Thực hiện tương tự như ở mạch ba pha đối xứng

6.5.3 Sử dụng watt kế ba pha để đo tải ba pha không cân bằng

Watt kế ba pha hai phần tử

Được cấu tạo gồm hai cuộn dây điện áp (hai cuộn dây di động) có cùng trục quay và hai cuộn dây dòng điện cố định . Phương pháp đo sử dụng Watt kế này cũng giống như phương pháp đo dùng 2 Watt kế một pha để đo công suất tải ba pha ba dây . Vì thế cách mắc cũng giống như cách mắc 2 Watt kế một pha để đo công suất tải ba pha ba dây

Watt kế ba pha hai phần tử rưỡi



Loại Watt kế này thường được sử dụng trong công nghiệp . Watt kế hai phần tử rưỡi có 2 cuộn dây áp có cùng trục quay và 3 cuộn dây dòng điện gồm cuộn dây thứ 3 , một nửa ở cuộn dây áp (1) , một nửa ở cuộn dây áp (2)

Phương pháp đo và cách đấu dây giống như Watt kế ba pha , hai phần tử ở cuộn dây áp và loại ba phần tử ở phần cuộn dây dòng

6.5.4 Đo công suất ba pha của tải sử dụng biến dòng và biến áp

Cũng giống như ở Watt kế một pha , khi dòng điện tải lớn hơn dòng điện danh định của Watt kế , để sử dụng Watt kế này ta phải kết hợp với biến dòng TI . Mạch được đấu như sơ đồ trên

Lý luận tương tự như đã trình bày ở trên (xem 6.4.1) , ta xác định được công suất tiêu thụ của phụ tải

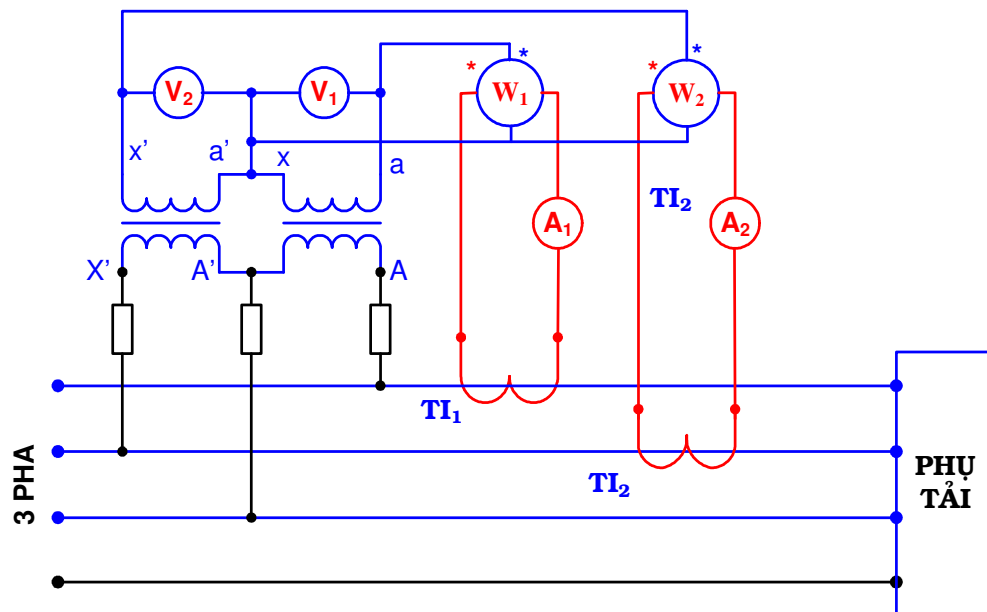
$$\begin{aligned} P_{\text{pha A}} &= K_{I1} \cdot P_{W1} \\ P_{\text{pha B}} &= K_{I2} \cdot P_{W2} \\ P_{\text{pha C}} &= K_{I3} \cdot P_{W3} \\ P_{\text{phụ tải}} &= P_{\text{pha A}} + P_{\text{pha B}} + P_{\text{pha C}} \end{aligned}$$

Thường ta sử dụng 3 TI có tỷ số biến dòng giống nhau . Do đó

$$P_{\text{phụ tải}} = K_I (P_{W1} + P_{W2} + P_{W3})$$

Khi phụ tải có dòng điện và điện áp lớn hơn dòng điện và điện áp danh định của Watt kế , ta phải sử dụng biến dòng và biến điện áp .

Sơ đồ đấu mạch như hình vẽ



Lưu ý

Để đảm bảo an toàn cho người và thiết bị , các TI và TU phải được nối đất

6.6 ĐO CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG

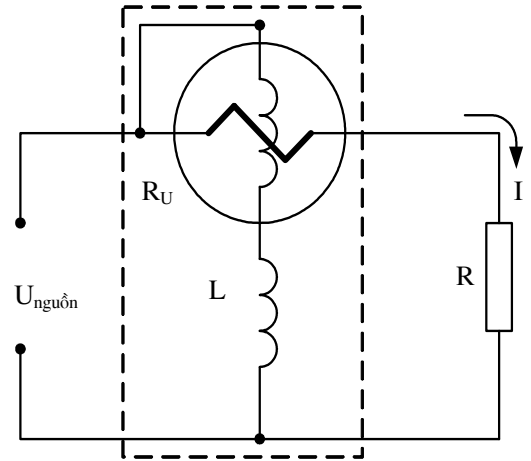
6.6.1 Đo trực tiếp bằng watt kế phản kháng một pha (VAR kế)

Theo định nghĩa , công suất phản kháng của tải

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = U \cdot I \cdot \cos (90^\circ - \varphi)$$

Watt kế phản kháng có cấu tạo tương tự như watt kế điện động, nhưng để làm lệch pha ở cuộn dây điện áp, người ta mắc nối tiếp một cuộn dây cảm hay một tụ điện như hình vẽ

Tương tự như watt kế, góc quay của kim cũng tỷ lệ với dòng điện qua cuộn dây dòng và cuộn dây áp, đồng thời cũng phụ thuộc sin của góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp. Do đó góc quay tỷ lệ với công suất phản kháng



6.6.2 Cách đo công suất phản kháng

Việc đo công suất phản kháng tương tự như đo công suất hữu ích đã được trình bày ở trên

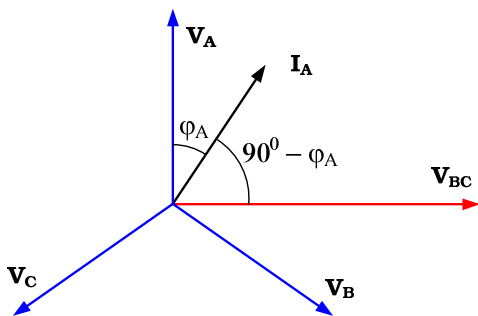
Ngoài cách đo công suất bằng watt kế, ta cũng có thể đo gián tiếp bằng vôn kế và ampe kế và Watt kế. Nhưng phương pháp này cho kết quả không chính xác và sơ đồ đấu dây phức tạp nên ít được sử dụng

6.6.3 Đo công suất phản kháng của tải ba pha

Đo công suất phản kháng trong hệ thống điện ba pha bốn dây

Như ta đã biết điện áp dây U_{BC} , U_{AC} và U_{AB} trễ pha 90° so với điện áp pha U_A , U_B và U_C . Vì thế ta có thể sử dụng Watt kế một pha để đo công suất phản kháng Q

Sơ đồ như hình vẽ



Công suất ở pha A : $P_A = I_A \cdot U_{BC} \cdot \cos(90^\circ - \varphi)$

$$P_A = \sqrt{3} I_A U_A \sin\varphi = \sqrt{3} Q_A$$

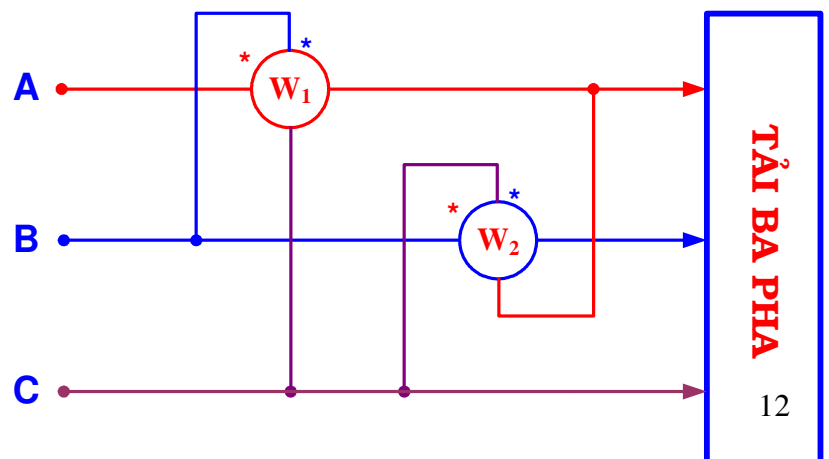
Nghĩa là $Q_A = \frac{P_A}{\sqrt{3}}$

Giá trị P_A được đọc trên Watt kế

Tương tự đối với pha B và pha C, công suất phản kháng của phụ tải ba pha sẽ bằng tổng công suất phản kháng ở các pha

$$Q_{ba\text{ pha}} = Q_A + Q_B + Q_C$$

$$Q_{ba\text{ pha}} = \frac{P_{W1} + P_{W2} + P_{W3}}{\sqrt{3}}$$



Đo công suất phản kháng trong hệ thống điện ba pha ba dây

⚡ *Nếu tải cân bằng và điện áp nguồn đối xứng*

Trong trường hợp này , ta có thể sử dụng 2 Watt kế một pha hoặc 1 Watt kế ba pha hai phần tử

Giả sử , ta sử dụng 2 Watt kế một pha và mắc mạch như hình vẽ

Công suất đo bằng 2 Watt kế một pha cho kết quả là

$$P_W = I_A \cdot U_{BC} \cdot \cos (90^0 - \varphi) + I_A \cdot U_{BC} \cdot \cos (90^0 - \varphi)$$

Do tải cân bằng và điện áp đối xứng , nên $U_{BC} = U_{CA}$ và $I_B = I_A$

Vì vậy công suất tác dụng là

$$P_W = 2 I_A U_{BC} \sin\varphi = 2\sqrt{3} I_A U_A \sin\varphi$$

Mà $Q = I_A U_A \sin\varphi$

Do đó $P_W = 2\sqrt{3} Q$

Suy ra $Q = \frac{1}{2\sqrt{3}} P_W$

Kết luận

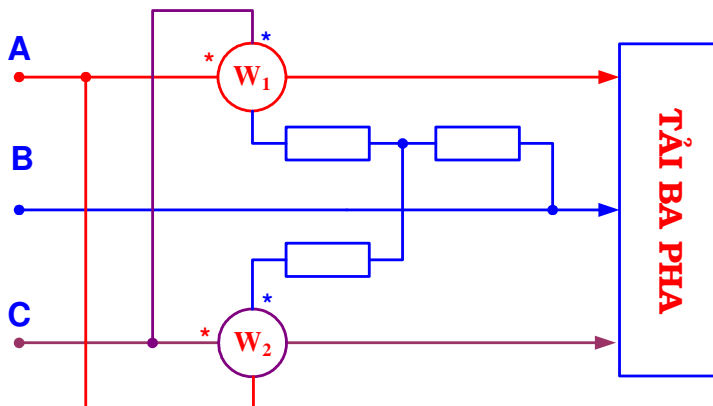
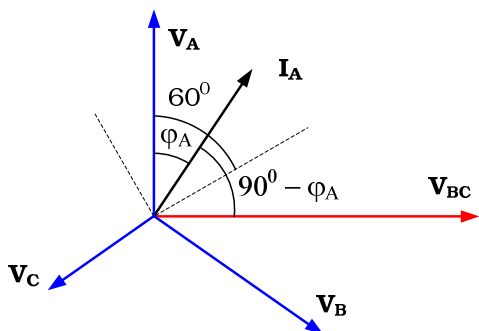
Muốn chuyển Watt kế thành VAR – kế thì kết quả đọc trên thang đo Watt kế nhân với hệ số tỷ lệ và đơn vị VAR (hoặc KVAR)

⚡ *Nếu điện áp đối xứng và phụ tải không cân bằng*

Trong trường hợp này , ta phải sử dụng 3 Watt kế và được đấu mạch như hình bên . Công suất phản kháng ở mỗi pha bằng kết quả đọc trên công suất tác dụng chia cho $\sqrt{3}$

$$Q_A = \frac{P_{W1}}{\sqrt{3}} , Q_B = \frac{P_{W2}}{\sqrt{3}} \text{ và } Q_C = \frac{P_{W3}}{\sqrt{3}}$$

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C = \frac{P_{W1} + P_{W2} + P_{W3}}{\sqrt{3}}$$



Cũng với cách mắc trên, nếu tải cân bằng thì kết quả công suất phản kháng sẽ là tích số giữa kết quả đọc trên Watt kế với $\sqrt{3}$

$$Q = \sqrt{3} P_W$$

Nếu sử dụng Watt kế hai phần tử hoặc hai Watt kế một pha, mạch điện được mắc như hình vẽ. Mạch sử dụng 3 điện trở mắc nối tiếp tạo ra mạch sao cân bằng, như vậy điện áp pha C được áp vào mạch thứ nhất và điện áp pha A được áp vào mạch thứ hai

Đối với pha B, ta có

$$P_W = P_{W1} + P_{W2} = I_A U_C \cos(60^\circ - \varphi) + I_C U_A \cos(120^\circ - \varphi)$$

$$P_W = I_{\text{pha}} U_{\text{pha}} [0.5 \cos\varphi + (\sqrt{3}/2) \sin\varphi - 0.5 \cos\varphi + (\sqrt{3}/2) \sin\varphi]$$

$$P_W = \sqrt{3} I_{\text{pha}} U_{\text{pha}} \sin\varphi = \sqrt{3} Q_{\text{pha}}$$

Suy ra $\sqrt{3} P_W = 3 Q_{\text{pha}}$

Kết luận

Công suất phản kháng của tải ba pha không cân bằng trị số đọc được của hai Watt kế nhân với $\sqrt{3}$

6.7 CÔNG TƠ ĐIỆN MỘT PHA - ĐO NĂNG LƯỢNG ĐIỆN

6.7.1 Khái niệm chung

Điện năng là sản phẩm chính của ngành điện việc đo điện năng có ý nghĩa rất lớn về mặt kinh tế và kỹ thuật.

Năng lượng điện trong mạch điện xoay chiều một pha được xác định theo biểu thức

$$W = \int_{t_1}^{t_2} P dt = \int_{t_1}^{t_2} UI \cos\varphi dt = K \cdot P \cdot t$$

Trong đó

P là công suất tiêu thụ trên phụ tải

$t = t_2 - t_1$ là khoảng thời gian phụ tải tiêu thụ điện

K là hệ số

6.7.2 Cấu tạo công tơ điện

Công tơ điện được chế tạo dựa trên cơ cấu chỉ thị cảm ứng điện từ, gồm hai phần chính là *phần tĩnh và phần động*

Phần tĩnh gồm có

- ✚ Cuộn dây dòng điện được mắc nối tiếp với phụ tải nên cuộn dây có cỡ dây lớn nhưng ít vòng dây
- ✚ Cuộn dây điện áp mắc song song với phụ tải , nên có số vòng dây nhiều nhưng cỡ dây nhỏ
- ✚ Một nam châm vĩnh cửu hình chữ U đặt vuông góc với đĩa nhôm để tạo ra moment hãm

Phần động gồm

- ✚ Một đĩa nhôm D mỏng có đường kính từ 80 đến 100 mm bề dày 0.5mm được gắn với trục , đĩa nhôm D có mép đĩa nằm trong khe hở của mạch từ cuộn dòng và cuộn áp . Để cho đĩa nhôm quay đều , người ta gắn thêm nam châm đệm M và bộ cơ học E có bánh răng ăn khớp trục quay của đĩa nhôm D
- ✚ Bộ hiển thị được nối liền với bộ số cơ khí (hệ thống bánh răng) để hiển thị giá trị điện năng tiêu thụ

6.7.3 Nguyên tắc hoạt động của công tơ điện

Khi có dòng điện chạy qua cuộn dòng và qua cuộn áp , sẽ sinh ra từ thông Φ_1 và Φ_2

Các từ thông này xuyên qua đĩa nhôm và cảm ứng trong đĩa nhôm các sức điện động cảm ứng E_1 và E_2 , các sức điện động tạo ra các dòng điện xoáy trên đĩa nhôm . Các dòng điện xoáy này lại nằm trong từ trường của nam châm điện tạo bởi cuộn dây dòng và cuộn dây áp nên nó chịu lực tác dụng và tạo thành moment quay .

Vì cuộn dây áp có nhiều vòng dây nên hệ số tự cảm L đáng kể so với cuộn dòng nên có thể xem điện áp lệch pha 90^0 so với dòng điện . Tác động tương hỗ giữa từ thông Φ_1 và Φ_2 với các dòng điện xoáy tạo thành moment làm quay đĩa nhôm

Moment quay M_q là tổng các moment thành phần

$$M_q = K_1 \Phi_1 I_{22} \sin\psi + K_2 \Phi_2 I_{12} \sin\psi$$

ψ là góc lệch pha giữa Φ_1 và Φ_2

K_1, K_2 là hệ số

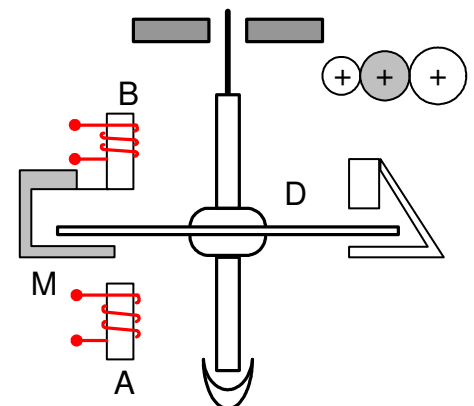
Nếu dòng điện tạo ra từ thông Φ_1 và Φ_2 là hình sin và đĩa nhôm được cấu tạo đồng nhất thì dòng điện xoáy I_{12} và I_{22} tỷ lệ với tần số f của nguồn điện và từ thông sinh ra chúng

$$I_{12} = C_3 f \quad \text{và} \quad I_{22} = C_4 f \Phi_2$$

Như vậy , ta có

$$M_q = C f \Phi_1 \Phi_2 \sin \psi$$

Với $C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$



$$\Phi_1 = K_I I$$

$$\Phi_2 = K_U I_U = K_U \frac{U}{Z_U}$$

Trong đó U là điện áp đặt lên cuộn áp

Z_U là tổng trở cuộn áp

K_I, K_U là hệ số tỷ lệ

Do cuộn dây áp có điện từ thuần nhỏ so với điện kháng nên ta có thể xem

$$Z_U = X_U = 2\pi f L_U$$

L_U là điện cảm của cuộn dây và f là tần số nguồn

Do đó
$$\Phi_U = \frac{K_U U}{2\pi f L_U} = K_U' \frac{U}{f} \quad \text{với} \quad K_U' = \frac{K_U}{2\pi L_U}$$

Nếu ta xem $\Phi_1 = \Phi_1$ và $\Phi_2 = \Phi_U$ thì $M_q = C f \Phi_1 \Phi_U \sin \psi$

Do đó
$$M_q = C K_I K_U' U I \sin \psi$$

Ngoài ra, ta có
$$M_q = K_1 U I \sin \psi$$

Nếu $\psi = 90^\circ - \varphi$ thì $\sin \psi = \sin(90^\circ - \varphi) = \cos \varphi$

Do đó biểu thức moment quay có thể viết lại là
$$M_q = K_1 U I \cos \varphi = K_1 P$$

Dưới tác dụng của moment quay, đĩa nhôm sẽ quay với tốc độ là n_0 (vòng / phút). Dòng điện xoáy kết hợp với từ trường do nam châm vĩnh cửu tạo thành moment hãm đĩa nhôm $M_c = K_2 n_0$

Khi đĩa nhôm quay đều (trạng thái cân bằng), ta có

$$M_c = M_q \quad \text{hay} \quad K_2 n_0 = K_1 P$$

Suy ra
$$P = \frac{K_2}{K_1} n_0$$

Trong khoảng thời gian $t = t_2 - t_1$, đĩa nhôm quay được N vòng. Vì vậy $n_0 = \frac{N}{t}$

Như vậy, điện năng tiêu thụ được xác định

$$W = P \cdot t = \frac{K_2}{K_1} n_0 \cdot t = \frac{N}{C}$$

Hay
$$C = \frac{N}{W} \quad (\text{vòng / KWh})$$

Trong đó $C = \frac{K_1}{K_2}$ là hằng số thực của công tơ điện, là số vòng quay của đĩa nhôm khi tiêu thụ công suất 1KW trong 1 giờ

$N = n_0 \cdot t$ là số vòng quay thực tế của đĩa nhôm

Kết luận

- ✚ Số vòng quay của đĩa nhôm trong khoảng thời gian t tỷ lệ thuận với điện năng tiêu thụ
- ✚ Từ số vòng quay của đĩa nhôm, ta xác định được điện năng tiêu thụ
- ✚ Mỗi công tơ điện được đặt trưng bởi các thông số sau

Độ nhạy $S_{đm}$ (vòng / KWh)

Hằng số định mức công tơ $C_{đm} = S_{đm}$ (vòng / KWh)

Hằng số thực tế của công tơ $C = \frac{W}{N}$ (KWh / vòng)

Điện áp định mức của công tơ $U_{đm}$ (điện áp định mức của cuộn dây áp)

Dòng điện định mức của công tơ điện $I_{đm}$

6.7.4 Kiểm tra hằng số công tơ

Để kiểm tra hằng số công tơ C , người ta điều chỉnh sao cho $I = I_{đm}$, $U = U_{đm}$ và hệ số công suất $\cos\varphi = 1$. Khi đó $P = U_{đm} \cdot I_{đm}$

Trong khoảng thời gian t , công tơ sẽ quay được N vòng

$$\text{Ta có } C = \frac{N}{U_{đm} \cdot I_{đm} \cdot t} = \frac{N}{P_{đm} \cdot t}$$

Hằng số này không đổi đối với mỗi loại công tơ và được ghi trên mặt công tơ điện. Chẳng hạn như một công tơ điện trên có ghi thông số 1KWh – 1500vòng, nghĩa là nếu đĩa nhôm quay 1500 vòng thì mặt hiển thị sẽ nhảy thêm 1 đơn vị công suất

Nếu hằng số C không bằng giá trị định mức đã ghi trên mặt công tơ điện, người ta sẽ điều chỉnh vị trí nam châm vĩnh cửu để tăng hoặc giảm moment cản M_C cho đến khi giá trị C đạt được giá trị định mức thì dừng lại

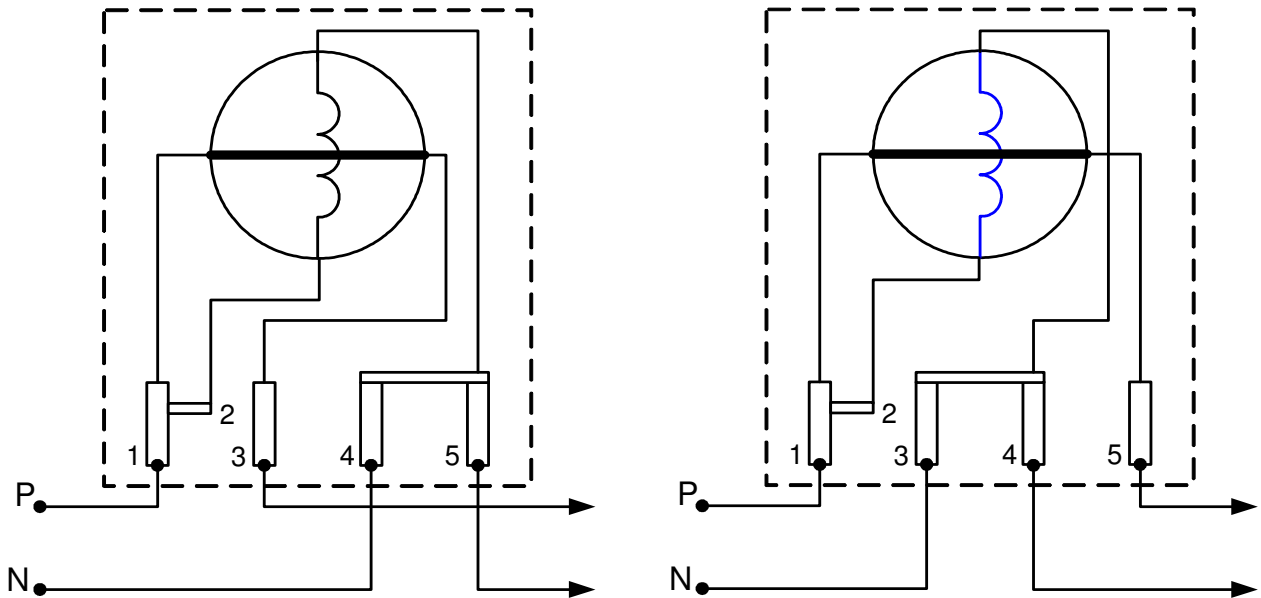
Sai số của công tơ điện

$$\gamma\% = \frac{C_{đm} - C_{đo}}{C_{đo}} 100\%$$

6.8 SƠ ĐỒ ĐẦU DÂY CÔNG TƠ ĐIỆN MỘT PHA – BA PHA

Khi lắp đặt công tơ điện, ta phải đấu các đầu dây đúng theo sơ đồ hướng dẫn của hãng sản xuất. Mỗi loại công tơ điện có một kiểu mắc dây riêng nhưng vẫn đảm bảo nguyên tắc “Cuộn dòng mắc nối tiếp với phụ tải, cuộn áp song song với phụ tải”

6.8.1 Mắc công tơ điện một pha



Tùy theo cách đấu các đầu dây cuộn dòng và cuộn áp mà ta có cách đấu dây khác nhau

Sơ đồ đấu dây thường được ghi trên nắp công tơ điện.

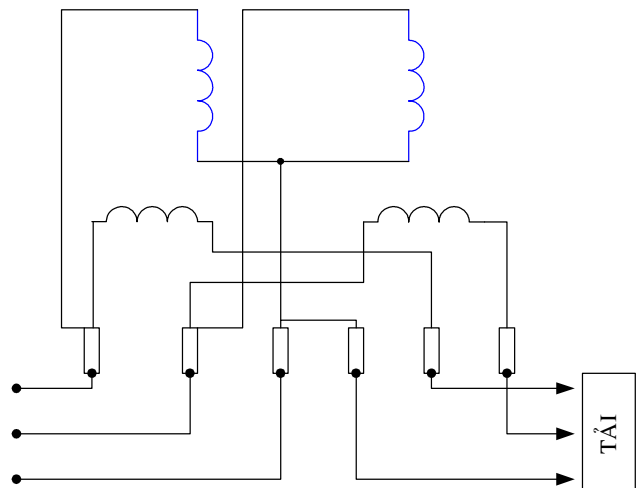
6.8.2 Cách mắc công tơ điện ba pha

Công tơ điện ba pha có cấu tạo tương tự như công tơ điện một pha. Thông thường công tơ điện ba pha có các loại sau

Công tơ điện ba pha 2 phần tử : loại công tơ điện này có 2 cuộn dây dòng điện và 2 cuộn dây điện áp, các đầu dây cuộn dòng và cuộn áp được đấu lại với nhau để đưa ra ngoài 6 đầu dây. Cách mắc công tơ điện loại này tương tự như cách mắc watt kế 3 pha.

Công tơ điện ba pha 2 phần tử được sử dụng để đo điện năng trong hệ thống điện ba pha 3 dây. Sơ đồ đấu dây như hình vẽ

Công tơ điện ba pha 3 phần tử loại công tơ điện này có 3 cuộn dây dòng điện và 3 cuộn



dây điện áp, các đầu dây cuộn dòng và cuộn áp được đấu lại với nhau để đưa ra ngoài 7, 8 hoặc 11 đầu dây (nếu có sử dụng máy biến dòng). Cách mắc công tơ điện loại này tương tự như cách mắc watt kế 3 pha 3 phần tử

Công tơ điện ba pha 3 phần tử được sử dụng để đo điện năng trong hệ thống điện ba pha 4 dây (có dây trung tính). Sơ đồ đấu dây như hình vẽ

Khi dòng điện đi qua phụ tải có trị số lớn hơn nhiều so với dòng điện định mức của công tơ điện 3 pha, ta phải kết hợp với 3 máy biến dòng. Giá trị thực sẽ là tích số của tỷ số máy biến dòng K_I với giá trị đo được trên công tơ điện

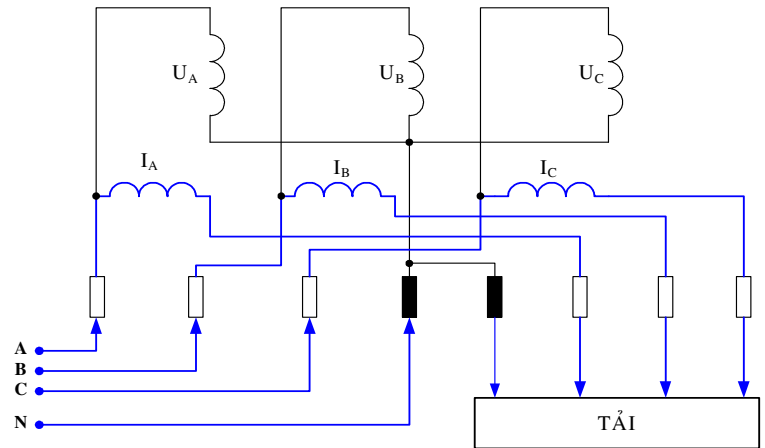
Lưu ý

Khi chọn máy biến dòng, ta phải căn cứ vào công suất của phụ tải để chọn dòng điện máy biến dòng cho phù hợp

Ví dụ

Nếu phụ tải có dòng điện định mức trong khoảng $100A > I_{pt} > 50A$ thì ta chọn TI có tỉ số K_I là 100/5 hoặc 150/5

Nếu phụ tải có dòng điện định mức trong khoảng $150A > I_{pt} > 100A$ thì ta chọn TI có tỉ số K_I là 150/5 hoặc 200/5



CÂU HỎI ÔN TẬP

- Câu 1 Nêu cấu tạo của watt kế tác dụng ? Tại sao watt có cực tính ?
- Câu 2 Nêu tác dụng của các cuộn dây trong watt kế tác dụng ?
- Câu 3 Trình bày cách mắc watt kế ?
- Câu 4 Trình bày cách đo công suất tác dụng ở mạch điện ba pha có tải đối xứng ? (mạng điện ba pha 3 dây và ba pha 4 dây)
- Câu 5 Nêu cấu tạo watt kế phản kháng ? So sánh với watt kế điện động ?
- Câu 6 Có bao nhiêu cách đo công suất phản kháng ? Trong các cách đó, cách nào là thông dụng ?
- Câu 7 Trình bày cấu tạo của công tơ điện một pha ?
- Câu 8 Trình bày nguyên lý làm việc của công tơ điện một pha ?
- Câu 9 Vẽ các sơ đồ đấu công tơ điện một pha ?

- Câu 10 Trình bày cách xác định công tơ điện quay nhanh hay quay chậm ? nêu cách khắc phục ?
- Câu 11 Vẽ các sơ đồ đấu dây công tơ điện ba pha ? Nêu điểm khác nhau của các loại công tơ điện này ?
- Câu 12 Làm thế nào để đo năng lượng điện khi dòng điện phụ tải lớn hơn dòng điện định mức của công tơ điện ?
- Câu 13 Tính công suất điện tiêu thụ của một phụ tải được gắn vào công tơ điện trên có ghi 600 vòng / kWh . Biết rằng phụ tải được sử dụng trong thời gian 15 phút và công tơ điện quay được 50 vòng
- Câu 14 Một bếp điện có công suất 1000W – 220V
- Tính dòng điện và giá trị điện trở của dây may xo dùng làm bếp điện
 - Tính số vòng quay của công tơ điện nếu ta sử dụng bếp điện trên trong khoảng thời gian là 20 phút . Biết rằng trên công tơ điện có ghi 450 vòng/kWh
- Câu 15 Mô tả cách xác định công suất điện của một động bị mất nhãn ? (ta có thể sử dụng vôn kế ampe kế , watt kế và $\cos\phi$ kế để xác định)
- Câu 16 Trong quá trình đo công suất tác dụng , nếu kim của 1 trong 3 watt kế bị quay ngược thì ta xử lý như thế nào ?
- Câu 17 Nêu ý nghĩa các thông số ghi trên công tơ điện một pha và ba pha ?



Chương 8

ĐO HỆ SỐ CÔNG SUẤT VÀ TẦN SỐ

8.1 KHÁI NIỆM

Dòng điện và điện áp là hai tín hiệu điện khi đi qua tải sẽ lệch pha nhau một góc φ góc lệch này tùy thuộc vào tính chất của tải .

- ✚ Nếu tải là thuần trở thì $\varphi = 0$ ($\cos\varphi = 1$)
- ✚ Nếu tải là thuần cảm thì điện áp sẽ nhanh pha so với dòng điện một góc là $\varphi = \frac{\pi}{2}$
- ✚ Nếu tải là thuần dung thì điện áp sẽ chậm pha so với dòng điện một góc là $\varphi = -\frac{\pi}{2}$

Đại lượng thể hiện sự lệch pha giữa hai tín hiệu này là $\cos\varphi$, đại lượng này gọi là hệ số công suất $\cos\varphi$. Đại lượng này dùng làm chỉ tiêu để đánh giá chất lượng cung cấp điện năng . Hệ số công suất $\cos\varphi$ càng lớn (càng gần bằng 1) thì hiệu quả sử dụng điện càng cao và quá trình truyền tải điện năng càng hiệu quả

Việc nâng cao hệ số công suất sẽ tận dụng tốt công suất nguồn .

Ví dụ một máy phát điện có công suất định mức $S_{dm} = 10000\text{kVA}$

Nếu hệ số công suất của phụ tải là $\cos\varphi = 0.5$ thì công suất tác dụng của máy phát cung cấp cho phụ tải là

$$P = S_{dm} \cdot \cos\varphi = 10000 \times 0.5 = 5000 \text{ kW}$$

Nếu hệ số công suất của phụ tải là 0.9 thì công suất tác dụng của máy phát cung cấp cho phụ tải là

$$P = S_{dm} \cdot \cos\varphi = 10000 \times 0.9 = 9000 \text{ kW}$$

Như vậy hệ số công suất là đại lượng có ý nghĩa rất lớn về kinh tế cũng như chất lượng cung cấp điện . Do đó , trong lĩnh vực đo lường điện , ta cần phải biết hệ số công suất $\cos\varphi$. Từ đó có biện pháp nâng

cao hệ số công suất $\cos\phi$ nếu hệ số công suất thấp hơn qui định nhằm cải thiện chất lượng lưới điện

8.2 ĐO HỆ SỐ CÔNG SUẤT $\cos\phi$

8.2.1 Đo $\cos\phi$ bằng volt kế

Để kiểm tra hoặc lấy chuẩn cho $\cos\phi$ kế hoặc đo sự lệch pha ϕ giữa hai tín hiệu

$$e_1 = E_1 \cos\omega t \quad \text{và} \quad e_2 = E_2 \cos(\omega t + \phi)$$

Ta có thể sử dụng phương pháp sau

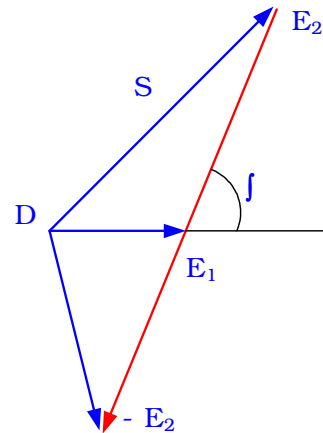
⊕ Dùng volt kế đo S là tổng điện áp của tín hiệu e_1 và e_2

⊕ Đo D là hiệu số giữa hai tín hiệu

$$S^2 = E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos\phi$$

$$D^2 = E_1^2 + E_2^2 - 2E_1 E_2 \cos\phi$$

Như vậy
$$\cos\phi = \frac{S^2 - D^2}{4E_1 E_2}$$



Tương tự ta cũng có thể xác định hệ số công suất $\cos\phi$ của tải kháng bằng cách sử dụng 3 volt kế Sơ đồ đấu mạch như hình vẽ

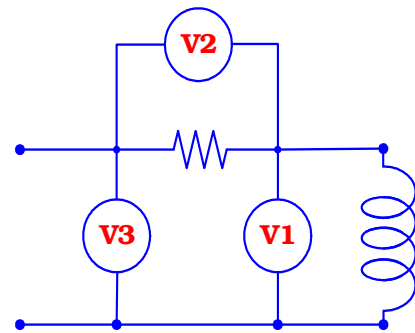
$$\cos\phi = \frac{V_3^2 - V_1^2 - V_2^2}{2 V_1 V_2}$$

Trong đó

V_1 là điện áp trên tải

V_2 là điện áp trên điện trở thuần

V_3 là điện trên điện trở thuần và phụ tải



Phương pháp này có sai số từ 5^0 đến 10^0 nếu góc lệch pha khoảng 90^0 và sự sai số này cũng phụ thuộc vào cấp chính xác của volt kế V_1 , V_2 và V_3

8.2.2 Phương pháp đo gián tiếp

Đo hệ số công suất $\cos\phi$ mạch điện một pha

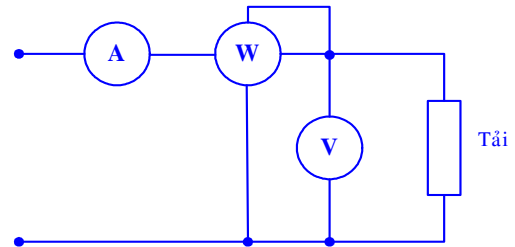
Dùng vôn kế , ampere kế và watt kế . Phương pháp này đơn giản nhưng sơ đồ mắc dây phức tạp và có sai số lớn . Watt kế cho biết công suất hiệu dụng của tải , vôn kế và ampere kế cho biết giá trị điện áp và cường độ dòng điện .

Sơ đồ mắc mạch như hình vẽ

Hệ số công suất được xác định theo biểu thức

$$\cos\varphi = \frac{P}{U \cdot I}$$

Từ biểu thức trên , ta nhận thấy , nếu biết các giá trị công suất hữu ích P , điện áp U và cường độ dòng điện I ta sẽ tính được $\cos\varphi$



Đo hệ số công suất $\cos\varphi$ mạch điện ba pha đối xứng

Trong trường hợp này góc lệch pha được đo giữa dòng điện của một dây pha với điện áp giữa các dây pha của tải ba pha

$$P = U_d I_d \cos\varphi$$

Suy ra
$$\cos\varphi = \frac{P}{U_d I_d}$$

8.2.3 Phương pháp trực tiếp

Cos φ kế điện động một pha

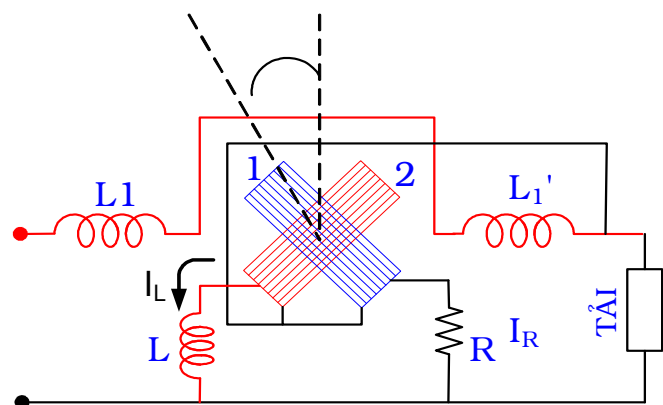
Cơ cấu đo kiểu tỉ số kế điện động hoặc sắt điện động , phần tĩnh và phần động chia làm hai cuộn dây mắc nối tiếp nhau . Đặc biệt cuộn dây 1 được mắc nối tiếp với điện trở R và cuộn dây 2 được mắc nối tiếp với cuộn kháng L để sao cho dòng điện I_R và I_L lệch pha nhau một góc 90° . Do 2 cuộn dây được đặt vuông góc với nhau sẽ tạo ra hai moment quay được xác định theo biểu thức

$$M_1 = M \cdot \cos\theta$$

$$M_2 = M \cdot \sin\theta$$

Trong đó

M_1 là hệ số hỗ cảm giữa cuộn dây di động 1 với cuộn



dây cố định

M_2 là hệ số hỗ cảm giữa cuộn dây di động 2 với cuộn dây cố định

M là hệ số hỗ cảm lớn nhất khi các cuộn dây di động có từ thông (do cuộn dây cố định tạo ra

Giả sử tổng trở của cuộn dây rất nhỏ so với giá trị điện trở R và X_L của cuộn dây L

Ta có $u_{\text{tải}} = U\sqrt{2} \cos \omega t$ là điện áp của tải

$i_{\text{tải}} = U\sqrt{2} \cos (\omega t - \varphi)$ là dòng điện của tải

Khi đó dòng điện qua cuộn dây 1 và cuộn dây 2 là

$$i_r = \frac{U}{R} \sqrt{2} \cos \omega t \quad \text{và} \quad i_L = \frac{U}{\omega L} \sqrt{2} \cos (\omega t - \varphi)$$

Do đó moment quay của của cuộn dây 1 và cuộn dây 2 là

$$M_{q1} = \frac{UI}{R} \frac{dM_1}{d\theta} \cos\varphi \quad \text{và} \quad M_{q2} = \frac{UI}{\omega L} \frac{dM_2}{d\theta} \sin\varphi$$

Tại trị số θ_i của cuộn dây di động $M_{q1} = M_{q2}$, hai cuộn dây di động đứng yên (cân bằng) . lúc này ta xác định được góc lệch pha φ giữa hai tín hiệu áp và dòng

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\omega L}{R} \operatorname{tg}\theta_i$$

Nếu như cuộn dây và mạch điện được chế tạo sao cho $R = \omega L$ thì tại vị trí của chỉ thị của 2 cuộn dây ta có $\theta_i = \varphi$

Trên $\cos\varphi$ kẻ được khắc độ theo trị số \cos của góc lệch pha φ có trị số 0 ở giữa (tương ứng với giá trị $\cos\varphi = 1$)

- ✚ Nếu kim $\cos\varphi$ kẻ lệch về phía trên (hay phía phải) thì điện áp nhanh pha hơn dòng điện (Lead)
- ✚ Nếu kim $\cos\varphi$ kẻ lệch về phía dưới (hay phía trái) thì điện áp nhanh pha hơn dòng điện (Lag)

Việc lấy chuẩn cho $\cos\varphi$ kẻ phụ thuộc vào tần số của tín hiệu đo . Để hạn chế ảnh hưởng của tần số ta sử dụng cuộn dây 2 gồm 2 phần tử bằng nhau , phần tử 1 nối với L và phần tử 2 nối tụ điện như hình . giá trị của L và C được chọn sao cho $LC\omega^2 = 1$ khi đó góc lệch pha của các tín hiệu (Cộng hưởng ở tần số của tín hiệu đo)

Cosφ kẻ ba pha

Khi đo hệ số công suất $\cos\varphi$ ba pha nghĩa là ta đo góc lệch pha φ giữa dòng điện một dây pha với điện áp giữa các dây pha của tải ba pha. Theo hình vẽ, ta thấy cuộn dây cố định của pha kế được mắc nối tiếp với tải ở một trên ba pha điện của tải, còn 2 khung dây 1 và 2 được mắc giữa các pha của tải qua trung gian các điện trở R có trị số lớn và điện cảm của cuộn dây có trị số không đáng kể

Moment quay trung bình của khung quay 1 và 2 là

$$M_{q1} = K_1 U_{AB} I_A \cos (120^\circ + \varphi)$$

$$M_{q2} = K_2 U_{AC} I_A \cos (120^\circ - \varphi)$$

Tại vị trí cân bằng, ta có $M_{q1} = M_{q2}$

$$\text{Hay } \frac{K_1}{K_2} = \frac{\cos (120^\circ + \varphi)}{\cos (120^\circ - \varphi)}$$

Do đó $\cos\varphi = G(\alpha)$

Ngược với một pha, pha kế 3 pha không ảnh hưởng bởi tần số nếu như tần số của tín hiệu không cao

Ngoài ra ta cũng có thể đo độ lệch pha bằng dao động ký (máy hiện sóng hay máy Oscillocope cho các tín hiệu có biên độ nhỏ)

8.3 ĐO TẦN SỐ

8.3.1 Khái niệm

Tần số và góc pha là các đại lượng đặc trưng cho quá trình dao động có chu kỳ. Tần số được xác định bởi số chu kỳ lặp lại của tín hiệu trong một đơn vị thời gian.

Với kỹ thuật tiên tiến ngày nay, các phép đo chính xác nhất được qui về đo tần số do tần số chuẩn có thể đạt độ chính xác cao với sai số từ 10^{-13} đến 10^{-12} mà các đại lượng mẫu khác khó đạt được. Ngoài ra, việc so sánh tần số có những biện pháp đạt độ phân ly rất cao và có thể truyền đi dễ dàng

Chu kỳ là khoảng thời gian nhỏ nhất mà giá trị của tín hiệu lặp lại quá trình biến thiên và thỏa mãn phương trình $u(t) = u(t + T)$

Nếu gọi T là chu kỳ của tín hiệu và f là tần số của tín hiệu thì

$$f = \frac{1}{T} \quad (\text{Hz})$$

Tần số góc của tín hiệu được xác định theo biểu thức

$$\omega = 2 \pi f$$

Tần số, chu kỳ và góc pha có mối quan hệ chặt chẽ với nhau theo biểu thức

$$\varphi = 2 \pi \frac{\tau}{T}$$

φ là góc lệch giữa hai tín hiệu

τ là khoảng thời gian lệch nhau giữa hai tín hiệu

Do đó việc đo tần số góc và góc lệch pha được quy về đo tần số và khoảng thời gian τ . Thật vậy, giả sử ta có hai tín hiệu $x_1(t) = X_{1m} \cos(\omega_1 t + \varphi_1)$ và tín hiệu thứ hai là $x_2(t) = X_{2m} \cos(\omega_2 t + \varphi_2)$

Góc lệch pha giữa hai tín hiệu được tính như sau

$$\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 \quad \text{khi} \quad \omega_1 = \omega_2$$

$$\varphi = \varphi_1 - \frac{\omega_1}{\omega_2} \varphi_2 \quad \text{nếu} \quad \omega_1 = n \omega_2 \quad (n \text{ là số nguyên})$$

$$\text{Hoặc} \quad \varphi = -\varphi_2 + \frac{\omega_2}{\omega_1} \varphi_1$$

Thông thường, góc lệch pha được tính bằng gradian hoặc độ, khoảng thời gian được tính bằng giây (s - second)

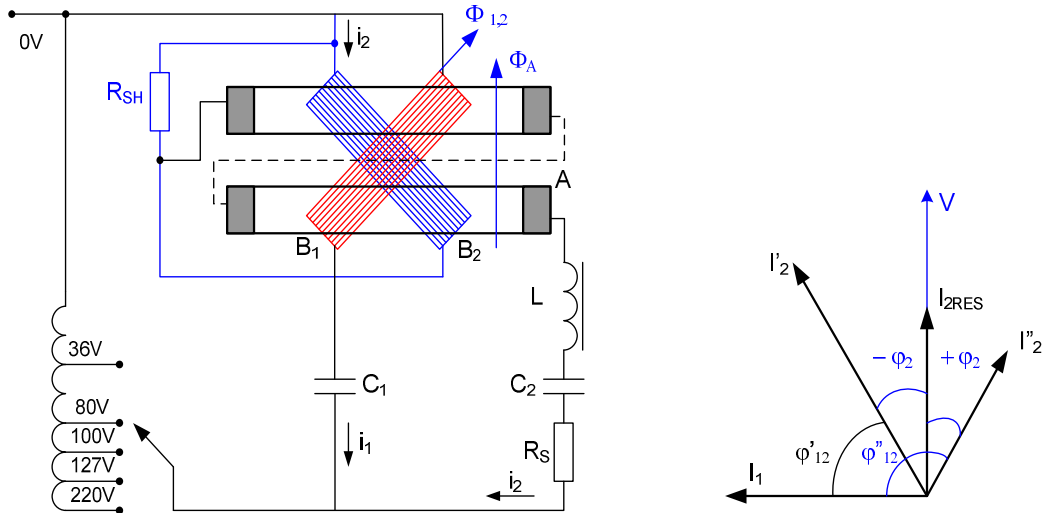
Để đo tần số, ta có thể thực hiện theo 2 phương pháp là: phương pháp biến đổi thẳng và phương pháp so sánh. Các dụng cụ dùng để đo tần số được gọi là tần số kế

Để đo góc lệch pha, ta có thể thực hiện theo 2 phương pháp là: phương pháp biến đổi thẳng và phương pháp bù

8.3.2 Tần số kế

Hiện nay trên thị trường có nhiều loại dụng cụ để đo tần số tín hiệu, ta có thể đo tần số nguồn bằng tần số kế bản rung (tần số kế cộng hưởng cơ học), tần số kế điện động (hay sắt điện động), tần số kế từ điện có chỉnh lưu hay tần số kế điện tử

Tần số kế điện động



Sau đây ta khảo sát cấu tạo tần số kế điện động (hay sắt điện động) như sơ đồ trên

Tần số kế điện động gồm có cơ cấu tỉ số kế điện động dựa trên cơ cấu logomet điện động và sắt điện động.

Phần động của cơ cấu gồm 2 cuộn dây B_1 , B_2 gắn chặt với nhau và lệch một góc γ và được nối với tụ điện C_1 . Phần tĩnh là cuộn dây cố định A được tách làm hai phần nối với điện cảm L và tụ điện C_2 . Để điều chỉnh dòng điện qua cuộn dây B_2 cho thích hợp người ta còn mắc thêm cuộn dây R_{sh} song song với với cuộn dây B_2 .

Nguyên lý hoạt động của tần số kế điện động

Điều chỉnh L và C_2 để đạt tần số cộng hưởng . Lúc này moment quay M_1 sẽ làm quay cuộn B_1 bằng 0 . Moment quay M_2 tạo bởi dòng điện I_2 trong cuộn dây A và B_2 làm di chuyển cuộn dây sao cho từ thông tạo nên bởi cuộn dây A và B_2 trùng nhau . Như vậy dòng điện I_2 sẽ thay đổi bất kỳ sự lệch tần số của tín hiệu đo so với tần số cộng hưởng . sự lệch pha giữa dòng I_2 và điện áp theo chiều dương khi f tăng và theo chiều âm khi f giảm . Với các tần số cộng hưởng thì M_1 khác 0 sẽ tạo nên ngẫu lực phụ thuộc vào sự lệch pha giữa dòng I_1 và dòng I_2 . Hai moment này quay ngược chiều nhau và phụ thuộc vào tần số của tín hiệu

$$M_1 = I_1 \cos (I_1 , I_1) \cos \alpha \frac{dM_{AB1}}{d\alpha}$$

$$M_2 = I_2 \cos (I_2 , I_2) \cos (\gamma - \alpha) \frac{dM_{AB2}}{d\alpha}$$

Ở vị trí cân bằng $M_1 = M_2$ (lúc này kim sẽ đứng yên)

$$\frac{dM_{AB1}}{d\alpha} = \frac{dM_{AB2}}{d\alpha} \quad \text{thì} \quad \frac{I_1 \cos (I , I_1)}{I_2 \cos (I , I_2)} = \frac{\cos (\gamma - \alpha)}{\cos \alpha}$$

Do đó $\alpha = F \left(\frac{I_1 \cos (I , I_1)}{I_2 \cos (I , I_2)} \right)$

Ta nhận thấy góc lệch α tỉ lệ với tỉ số của hai dòng điện I_1 , I_2 và $\cos (I , I_1) , \cos (I , I_2)$

Nhược điểm của logomet điện động là độ nhạy thấp . Để tăng độ nhạy của cơ cấu , ta gắn thêm lõi thép vào và được gọi là cơ cấu đo chỉ thị sắt điện động . Moment quay của cơ cấu sắt điện động khi có dòng điện i_1 chạy vào cuộn dây tĩnh và dòng điện i_2 chạy vào cuộn dây động được xác định theo biểu thức

$$M_t = B S_2 W_2 i_2$$

Với B là độ từ cảm của khe hở không khí được tạo bởi dòng điện i_1

S_2 , W_2 là diện tích và số vòng của cuộn dây động

Moment trung được xác định

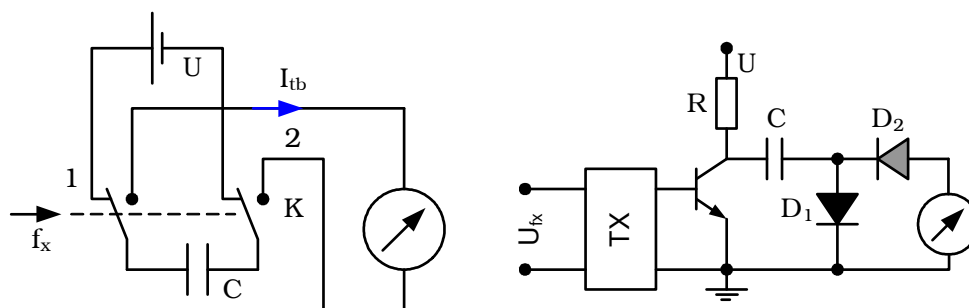
$$M_q = \frac{1}{T} \int_0^T M dt = BS_2W_2I_2 \cos(B , I_2)$$

Nếu ta sử dụng đoạn tuyến tính của đường cong từ hoá thì

$$B = K_1 I_1 \quad \text{và} \quad (B , I_1) = (I_1 , I_2)$$

Do đó $M_q = K_1 S_2W_2I_1I_2 \cos (I_1 , I_2)$

Tần số kế điện tử



Hiện nay trên thị trường , ngoài tần số kế cơ còn có tần số kế điện tử . Tần số kế điện tử có ưu điểm là có thể đo tần số âm tần và cao tần mà các tần số kế cơ không thể đo được . Tần số kế điện tử là dụng cụ đo tần số phối hợp giữa cơ cấu đo từ điện với các bộ biến đổi để

thực hiện biến đổi tần số thành dòng điện một chiều . Sơ đồ nguyên lý của tần số kế điện tử như hình vẽ

Khi khóa K ở vị trí 1 , tụ điện C được tích điện đến điện áp U của nguồn điện . Điện tích nạp là $Q = C . U$. Khi khóa K chuyển sang vị trí 2 , tụ điện phóng điện qua cơ cấu đo từ điện .

Nếu khóa K thay đổi với tần số đo f_x thì giá trị dòng điện trung bình qua cơ cấu đo là $I_{tb} = Q . f_x = C . U . f_x$

Nếu C và U là đại lượng không đổi thì dòng điện trung bình tỉ lệ với tần số f_x

$$I_{tb} = K . f_x \quad \text{với K là hằng số}$$

Do dòng điện tỉ lệ với tần số cần đo , nên ta có thể khắc vạch trực tiếp trên tần số kế .

Ta có thể thay khóa K bằng khóa điện tử transistor . Lúc này điện áp có tần số cần đo U_{fx} được đưa qua bộ tạo xung TX .

Khi chưa có tín hiệu đặt vào cực nền B của transistor, transistor ở trạng thái “khóa” và tụ điện được nạp đến điện áp U với điện tích $Q = C . U$

Khi có điện áp đặt vào cực nền B của transistor , lúc đó transistor dẫn làm cho tụ điện C phóng điện qua transistor T , diode D_2 và cơ cấu đo từ điện CT và làm cho kim chỉ thị lệch . Thang đo của cơ cấu được khắc độ giá trị tần số đo .

Với loại cơ cấu đo này có thể đo tần số từ 10Hz đến 500 kHz và sai số là $\pm 2\%$. Nếu tín hiệu ở dạng xung thì có thể đo với tần số 10Hz đến 20 kHz sai số là $\pm 2\%$

Tần số kế digital (tần số kế số)

Ngày nay do công nghệ digital phát triển nên các thiết bị số ngày càng được sử dụng rộng rãi vì có những tính năng vượt trội như thiết bị đo gọn nhẹ , dải tần rộng từ vài hert (Hz) đến vài mê ga hert (MHz) , hiện thị bằng số nên dễ đọc vì thế hạn chế được sai số , tiêu tốn năng lượng rất ít nên không làm ảnh hưởng đến mạch đo và nhất là có thể tự động hóa một cách dễ dàng

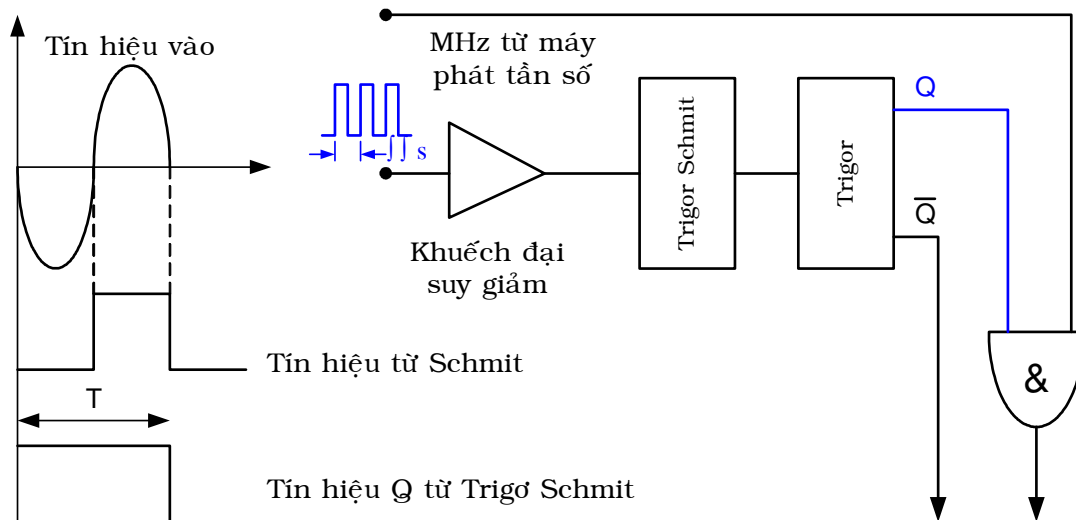
Nguyên lý hoạt động

Nguyên tắc chung là tín hiệu mang tần số cần đo f_x được chuyển thành dạng xung vuông có tần số bằng với tần số f_x . Các xung vuông này được đưa vào bộ đếm trong khoảng thời gian nhất định (thường là

1 giây) vì thế số xung đếm được qua bộ hiển thị tỷ lệ với tần số f_x cần đo .

Khảo sát sơ đồ khối tần số kế digital như sau

$$\Delta f_x = \frac{\Delta f_x}{f_x} = \frac{\Delta N}{N} + \frac{\Delta T_{do}}{T_{do}}$$



Để đo tần số thấp ta sử dụng thiết bị có sơ đồ khối trên . Tín hiệu có tần số cần đo f_x được đưa vào bộ khuếch đại suy giảm rồi đưa vào mạch Trigơ Schmit để chuyển đổi thành dạng xung vuông có cùng tần số với tín hiệu cần đo tần số . Các xung ra của mạch Schmit được đưa vào mạch Trigơ và tín hiệu ngõ ra Q của mạch Trigơ được đưa vào cổng AND đồng thời tần số f_0 chuẩn (1 MHz) từ máy phát xung cũng được đưa vào ngõ còn lại của cổng AND

Các xung từ máy phát tần số chuẩn được đếm trong thời gian đó

$$N = \frac{T_x}{T_0} = \frac{f_0}{f_x} \quad \text{hay} \quad f_x = \frac{f_0}{N}$$

Ví dụ

Để đo tần số có $f_x = 100\text{Hz}$, cổng AND sẽ mở trong khoảng thời gian 10ms .

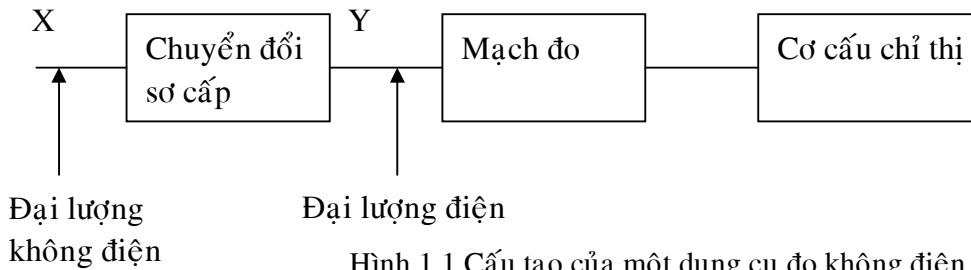
Các xung từ máy phát xung chuẩn có chu kỳ $T_0 = 1\mu\text{s}$ và số xung đếm được trong khoảng thời gian 10ms là $N = 10\text{ms}/1\mu\text{s} = 10.000$ và con số này được hiển thị trên tần số kế digital là 100Hz

Chương 9 : ĐO KHÔNG ĐIỆN

1.1. SƠ ĐỒ CẤU TRÚC CỦA MỘT DỤNG CỤ ĐO KHÔNG ĐIỆN

Máy đo dù đơn giản hay phức tạp đều có cấu tạo gồm 3 khâu (hình 1.1)

- ♦ Chuyển đổi sơ cấp
- ♦ Mạch đo
- ♦ Cơ cấu chỉ thị



Chuyển đổi là bộ phận thu nhận và biến đổi sự thay đổi của đại lượng không điện đặc trưng cho đối tượng cần nghiên cứu thành sự thay đổi của đại lượng điện đầu ra theo quan hệ hàm đơn trị. Trong dụng cụ đo không điện chuyển đổi là khâu quan trọng nhất của máy đo nó quy định độ nhạy và độ chính xác của máy đo, khâu chuyển đổi sơ cấp biến đại lượng không điện thành đại lượng điện.

Mạch đo : gia công tín hiệu từ khâu chuyển đổi sơ cấp cho phù hợp với cơ cấu chỉ thị gồm: khuếch đại, dịch mức, lọc, phối hợp trở kháng

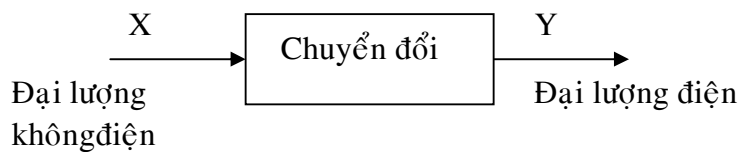
Cơ cấu chỉ thị : chỉ thị kết quả đo (số, điện tử, kim ...)

1.2. ĐỊNH NGHĨA

Chuyển đổi là bộ phận thu nhận và biến đổi sự thay đổi của đại lượng không điện đặc trưng cho đối tượng đặc trưng cần nghiên cứu thành sự thay đổi của đại lượng điện đầu ra theo quan hệ hàm đơn trị.

1.3. CÁC THÔNG SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA CHUYỂN ĐỔI

1.3.1. Phương trình chuyển đổi

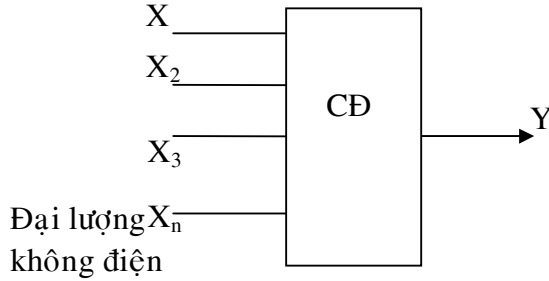


Hình 1.2 ngõ vào và ra của chuyển đổi

Đại lượng điện (Y) ở ngõ ra của chuyển đổi luôn có thể biểu diễn theo ngõ vào không điện (X) qua một hàm f. Tức là $Y = f(X)$ (1.1)

Biểu thức (1.1) được gọi là phương trình chuyển đổi của cảm biến. Như vậy, phương trình chuyển đổi là biểu thức toán học biểu thị mối quan hệ đầu vào và đầu ra của chuyển đổi.

Thực tế ngoài đại lượng cần đo tác động vào chuyển đổi thì vẫn có nhiều yếu tố tác động vào chuyển đổi nữa. Vì vậy, có thể biểu diễn ngõ vào và ngõ ra của chuyển đổi như hình 1.2



Hình 1.2 biểu diễn ngõ vào và ra của chuyển đổi theo thực tế

Theo hình 1.2 quan hệ vào ra của chuyển đổi có thể biểu diễn:

$$Y = f(X, X_1, X_2 \dots) \quad (1.2)$$

Trong đó

X là đại lượng không điện cần đo (đại lượng chủ đạo).

$X_1, X_2 \dots$ là đại lượng phụ (nhiều). Do vậy luôn mong muốn ảnh hưởng của X_i là bằng 0 tức là đạt được (1.1).

1.3.2. Độ nhạy

1.3.2.1. Định nghĩa:

Độ nhạy là tỉ số biến thiên đầu ra trên biến thiên đầu vào

1.3.2.2. Độ nhạy chủ đạo :

$$S_x = \lim_{\Delta X \rightarrow 0} \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{\partial Y}{\partial X} \quad (1.3)$$

S_x càng lớn càng đo được các đại lượng có độ biến thiên nhỏ, tức là chuyển đổi càng tốt.

1.3.2.3. Độ nhạy phụ

$$S_{X_i} = \lim_{\Delta X_i \rightarrow 0} \frac{\Delta Y}{\Delta X_i} = \frac{\partial Y}{\partial X_i} \quad (1.4)$$

với X_i là biến phụ thứ i.

S_{X_i} càng bé càng tốt (lí tưởng $S_{X_i} = 0$)

Ví dụ 1 Để đo kích thước thì nên chọn cảm biến nào trong các cảm biến sau :

Cảm biến	S_x	S_{X_1}
CB1	100Ω/mm	1Ω/°C
CB2	105Ω/mm	0,05Ω/°C

Theo định nghĩa về độ nhạy có thể thấy khi chọn cảm biến nên chọn cảm biến có độ nhạy chủ đạo lớn và độ nhạy phụ nhỏ. Như vậy cảm biến 2 sẽ được chọn vì : $S_{XC_{B2}} > S_{XC_{B1}}$ và $S_{X_1C_{B2}} < S_{X_1C_{B1}}$.

Độ nhạy có thể giúp ích rất nhiều trong việc chọn lựa cảm biến nhưng có nhiều trường hợp nếu chỉ dựa vào độ nhạy thôi thì không đủ cơ sở để chọn lựa nên một thông số mới được đưa ra. Đó là độ chọn lựa.

1.3.3. Độ chọn lựa

Định nghĩa : độ chọn lựa là tỉ số giữa độ nhạy chủ đạo và độ nhạy phụ

$$K_i = \frac{S_x}{S_{X_i}} \quad (1.5)$$

Khi chọn lựa cảm biến thì cảm biến nào có K_i càng lớn càng tốt.

Ví dụ 2: nên chọn cảm biến nào trong 2 cảm biến sau để phục vụ việc đo khối lượng

Cảm biến	S_x	S_{x1}
CB1	8.10^{-3}mV/kg	$4.10^{-6} \text{mV}^{\circ}\text{C}$
CB2	9.10^{-3}mV/kg	$8.10^{-6} \text{mV}^{\circ}\text{C}$

Theo định nghĩa độ chọn lựa nên chọn cảm biến có K_i lớn, từ (1.5) tính được

$$\frac{S_{x_{CB1}}}{S_{x_{1CB1}}} > \frac{S_{x_{CB2}}}{S_{x_{1CB2}}} \text{ Do vậy nên chọn cảm biến 1.}$$

1.3.4. Ngưỡng độ nhạy và giới hạn đo

1.3.4.1. Ngưỡng độ nhạy

Định nghĩa : ngưỡng độ nhạy là trị số biến thiên lớn nhất của cửa ngõ vào mà ngõ ra chưa thay đổi

$$Y = f(X \pm \Delta_0)$$

Δ_0 càng bé càng tốt

1.3.4.2. Giới hạn đo

Định nghĩa : giới hạn đo là phạm vi biến thiên của ngõ vào mà phương trình chuyển đổi còn nghiệm đúng.

Khi chọn lựa chuyển đổi cần chọn chuyển đổi có giới hạn đo lớn hơn hoặc bằng khoảng muốn đo.

Ví dụ 3: Hãy chọn chuyển đổi tốt nhất để đo kích thước với khoảng cách cần đo từ 0÷800mm

Cảm biến	S	S_x	Khoảng đo	Vì yêu cầu chọn chuyển đổi để đo kích thước từ
CB1	120mV/mm	$2.10^{-2} \text{mV}^{\circ}\text{C}$	0 ÷ 150mm	0 ÷ 800mm
CB2	130mV/mm	$2,5.10^{-2} \text{mV}^{\circ}\text{C}$	0 ÷ 80mm	
CB3	160mV/mm	$8.10^{-2} \text{mV}^{\circ}\text{C}$	0 ÷ 1000mm	
CB4	80mV/mm	$4.10^{-2} \text{mV}^{\circ}\text{C}$	0 ÷ 1500mm	

0 ÷ 800mm nên CB1 và CB2 không đáp ứng được do khoảng đo nhỏ nên có thể bỏ qua, chỉ cần xét CB3 và CB4:

$$S_{x_{CB3}} > S_{x_{CB4}}$$

$$S_{CB3} > S_{CB4}$$

$$K_{CB3} = \frac{S_{CB3}}{S_{x_{CB3}}} = K_{CB4} = \frac{S_{CB4}}{S_{x_{CB4}}}$$

Có thể nhận thấy độ chọn lựa của CB3 và CB4 bằng nhau, CB3 có độ nhạy chủ đạo lớn hơn CB4, song độ nhạy phụ của nó cũng lớn hơn CB4 do đó không dựa vào độ nhạy và độ chọn lựa để chọn cảm biến. Tuy nhiên căn cứ theo điều kiện giới hạn đo của 2 cảm biến có thể chọn CB3 vì:

Khoảng đo của CB3 từ 0 ÷ 1000mm

Khoảng đo của CB4 từ 0 ÷ 1500mm

Trong khi khoảng cần đo từ 0 ÷ 800mm = khoảng 2/3 khoảng đo CB3 → Kích thước cần đo chính xác hơn.

1.3.5. Độ phi tuyến

Đặc tính chuyển đổi là đồ thị quan hệ đầu vào và đầu ra

Định nghĩa : độ phi tuyến là tỉ số giữa hiệu của giá trị ra lý tưởng với giá trị ra đo được trên giá trị lý tưởng. Giá trị ra lý tưởng là giá trị ra được tính dựa trên đặc tuyến lý tưởng.

Độ phi tuyến = $(Y_{LT} - Y_{TT}) / Y_{LT}$

Độ phi tuyến càng bé càng tốt

1.3.6. Sai số của chuyển đổi

Khi thực hiện phép đo thì kết quả đo luôn có sai số. Căn cứ vào nguyên nhân gây ra sai số, có thể thấy có 3 loại sai số tác động vào kết quả đo của chuyển đổi là:

- ♦ Sai số phi tuyến
- ♦ Sai số phụ
- ♦ Sai số ngưỡng

1.3.6.1. Sai số phi tuyến

Sai số phi tuyến là sai số xuất hiện trong kết quả đo do đặc tính chuyển đổi là phi tuyến.

Cách khắc phục:

Để giảm thiểu sai số phi tuyến thì phải tuyến tính hoá đặc tuyến chuyển đổi. Điều này có thể thực hiện bằng phần cứng hoặc phần mềm.

1.3.6.2. Sai số phụ

Sai số phụ là sai số xuất hiện trong kết quả đo do sự ảnh hưởng của các đại lượng phụ (nhiều).

Chính vì vậy để giảm sai số phụ cần giảm ảnh hưởng của các đại lượng phụ.

Cách khắc phục:

- ♦ Đặt chuyển đổi trong môi trường làm việc như yêu cầu của nhà sản xuất
- ♦ Lọc nhiễu
- ♦ Bù nhiễu
- ♦ Phối hợp tổng trở ...

1.3.6.3. Sai số ngưỡng

Sai số ngưỡng là sai số do ngưỡng độ nhạy của cảm biến. Sai số này chủ yếu phụ thuộc vào công nghệ chế tạo nên không có cách khắc phục.

1.4. PHÂN LOẠI CHUYỂN ĐỔI

Chuyển đổi có thể được phân loại theo 1 trong các tiêu chuẩn sau :

- ♦ *Những yêu cầu về nguồn cung cấp :*
 - Tích cực và thụ động
- ♦ *Trạng thái tín hiệu ra :*
 - Tương tự và số
- ♦ *Trạng thái đo lường*
 - Trạng thái lệch và trạng thái cân bằng

1.4.1. Chuyển đổi tích cực và chuyển đổi thụ động

1.4.1.1. Chuyển đổi tích cực

Các chuyển đổi này đòi hỏi có sự cung cấp năng lượng từ bên ngoài hay tín hiệu kích thích để hoạt động.

Nguồn tín hiệu ra có được nhờ năng lượng cung cấp

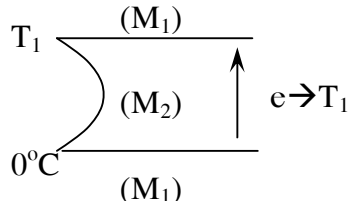
Ví dụ : Thermistors, Chemo-resistors

Về mặt nguyên lý chuyển đổi tích cực thường dựa trên hiệu ứng vật lý biến đổi dưới dạng năng lượng nào đó (nhiệt, cơ hoặc bức xạ) thành năng lượng điện. Dưới đây mô tả một cách tổng quát các dạng ứng dụng của các hiệu ứng này:

1.4.1.1.1. Hiệu ứng nhiệt điện :

Giữa các đầu ra của hai dây dẫn có bản chất hóa học khác nhau được hàn lại với nhau bằng một mạch điện có nhiệt độ ở hai mối hàn là T_1 và T_2 sẽ xuất hiện một suất điện động $e(T_1, T_2)$

Hiệu ứng này được ứng dụng để đo nhiệt độ T_1 khi biết trước nhiệt độ T_2 , thí dụ cho $T_2 = 0^{\circ}C$.

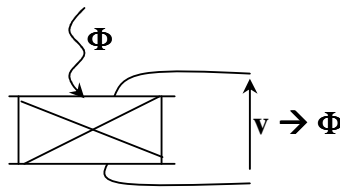


Hình 1.3-Hiệu ứng nhiệt điện

1.4.1.1.2. Hiệu ứng hỏa điện :

Một số tinh thể, gọi là tinh thể hỏa điện (thí dụ tinh thể sulfat triglycine) có tính phân cực tự phát phụ thuộc vào nhiệt độ. Trên các mặt đối diện của chúng tồn tại những điện tích trái dấu có độ lớn tỷ lệ thuận với độ phân cực điện

Hiệu ứng hỏa điện được ứng dụng để đo thông lượng của bức xạ ánh sáng. Khi tinh thể hỏa điện hấp thụ ánh sáng, nhiệt độ của nó tăng lên làm thay đổi phân cực điện. Sự thay đổi phân cực này có thể xác định được bằng cách đo sự biến thiên của điện áp trên hai cực của tụ điện

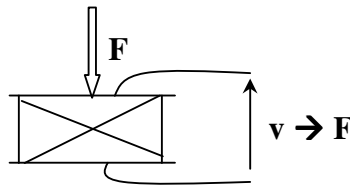


Hình 1.4-Hiệu ứng hỏa điện

1.4.1.1.3. Hiệu ứng áp điện :

Khi tác dụng lực cơ học lên một vật làm bằng vật liệu áp điện, thí dụ thạch anh, sẽ gây nên biến dạng của vật đó và làm xuất hiện lượng điện tích bằng nhau nhưng trái dấu trên các mặt đối diện của vật đó. Đó là hiệu ứng áp điện

Hiệu ứng này được ứng dụng để xác định lực hoặc các đại lượng gây nên lực tác dụng vào vật liệu áp điện (như áp suất, gia tốc...) thông qua việc đo điện áp trên hai bản cực của tụ điện .



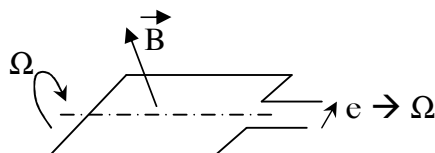
Hình 1.5- Hiệu ứng áp điện

1.4.1.1.4. Hiệu ứng cảm ứng điện từ :

Trong một dây dẫn chuyển động trong từ trường không đổi sẽ xuất hiện một suất điện động tỷ lệ với từ thông cắt ngang dây trong một đơn vị thời gian, nghĩa là tỷ lệ với tốc độ dịch chuyển của dây dẫn

Cũng tương tự như vậy, trong một khung dây dẫn chịu tác động của từ thông biến thiên sẽ xuất hiện suất điện động bằng và ngược dấu với sự biến thiên của từ thông

Hiệu ứng cảm ứng điện từ được ứng dụng để xác định tốc độ dịch chuyển của vật thông qua việc đo suất điện động cảm ứng



Hình 1.6- Hiệu ứng cảm ứng điện từ

1.4.1.1.5. Hiệu ứng quang điện :

Hiệu ứng quang điện có nhiều sự biểu hiện khác nhau nhưng đều cùng chung một bản chất : đó là hiện tượng giải phóng ra các hạt tự do trong vật liệu dưới tác dụng của bức xạ ánh sáng (hoặc bức xạ điện từ nói chung) có bước sóng nhỏ hơn giá trị ngưỡng đặc trưng cho vật liệu. Hiệu ứng này được ứng dụng để chế tạo các chuyển đổi quang (thí dụ các công tắc tự động đóng ngắt đèn chiếu sáng công cộng).

1.4.1.1.6. Hiệu ứng quang phát xạ điện tử :

Hiệu ứng quang phát xạ là hiện tượng các điện tử được giải phóng thoát ra khỏi vật liệu tạo thành dòng được thu lại dưới tác dụng của điện trường .

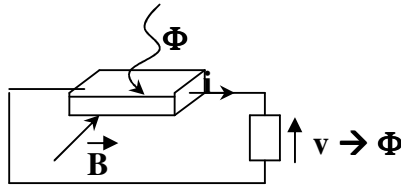
♦ **Hiệu ứng quang điện trong chất bán dẫn :**

Khi một chuyển tiếp P-N được chiếu sáng sẽ phát sinh ra các cặp điện tử – lỗ trống, chúng chuyển động dưới tác dụng của điện trường của chuyển tiếp làm thay đổi hiệu điện thế giữa hai đầu chuyển tiếp.

♦ **Hiệu ứng quang – điện – từ :**

Khi tác dụng một từ trường B vuông góc với bức xạ ánh sáng, trong vật liệu bán dẫn được chiếu sáng sẽ xuất hiện một hiệu điện thế theo hướng vuông góc với từ trường B và với hướng bức xạ ánh sáng.

Hiệu ứng quang điện từ cho phép nhận được dòng hoặc thế phụ thuộc vào độ chiếu sáng. Dựa trên nguyên tắc này có thể đo các đại lượng quang hoặc biến đổi các thông tin chứa đựng trong ánh sáng thành tín hiệu điện .



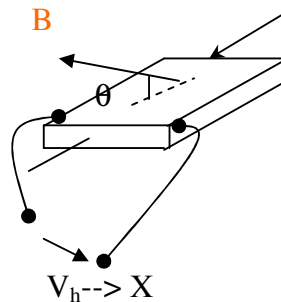
Hình 1.7- Hiệu ứng quang điện từ

1.4.1.1.7. Hiệu ứng Hall :

Trong một vật liệu (thường là bán dẫn) dạng tấm mỏng có dòng điện chạy qua đặt trong từ trường B có phương tạo thành góc θ với dòng điện I, sẽ xuất hiện một hiệu điện thế V_H theo hướng vuông góc với B và I. Biểu thức của hiệu điện thế V_H có dạng

$$V_H = K_H \cdot I \cdot B \cdot \sin \theta$$

Trong đó K_H là hệ số phụ thuộc vào vật liệu và kích thước hình học của mẫu



Hình 1.8- Hiệu ứng Hall

Hiệu ứng Hall được ứng dụng để xác định vị trí của một vật chuyển động. Vật này được ghép nối cơ học với một thanh nam châm. Ở mọi thời điểm, vị trí của thanh nam châm xác định giá

trị của từ trường B và góc θ tương ứng với tấm bán dẫn mỏng dùng làm vật trung gian. Vì vậy, hiệu điện thế V_H đo được giữa hai cạnh của tấm bán dẫn trong trường hợp này (một cách gián tiếp) là hàm phụ thuộc vào vị trí của vật trong không gian (h.1.8)

Các chuyển đổi dựa trên hiệu ứng của Hall là chuyển đổi tích cực bởi vì thông tin có liên quan đến suất điện động. Đây không phải là bộ chuyển đổi năng lượng bởi vì trong trường hợp này nguồn của dòng điện I (chứ không phải là đại lượng cần đo) cung cấp năng lượng liên quan đến tín hiệu đo.

1.4.1.2. Chuyển đổi thụ động

Lập tức phát tín hiệu đáp trả lại sự tác động bên ngoài mà không cần năng lượng cung cấp từ bên ngoài.

Nguồn tín hiệu output có được nhờ các tác nhân kích thích

Ví dụ : cặp nhiệt điện thermocouple

Chuyển đổi áp điện (Piezoelectric sensors)

Chuyển đổi thụ động thường được chế tạo từ những trở kháng có một trong các thông số chủ yếu nhạy với đại lượng cần đo. Một mặt giá trị của trở kháng phụ thuộc vào kích thước hình học của mẫu, nhưng mặt khác nó còn phụ thuộc vào tính chất điện của vật liệu như điện trở suất ρ , từ thẩm μ , hằng số điện môi ϵ . Vì vậy giá trị của trở kháng thay đổi dưới tác dụng của đại lượng đo ảnh hưởng riêng biệt đến kích thước hình học và tính chất điện của vật liệu.

Thông số hình học hoặc kích thước của trở kháng có thể thay đổi nếu chuyển đổi có phần tử chuyển động hay phần tử biến dạng. Trong trường hợp thứ nhất, chuyển đổi có chứa phần tử động, mỗi vị trí của phần tử chuyển động tương ứng với một giá trị của trở kháng cho nên đo giá trị của trở kháng sẽ xác định được vị trí của đối tượng. Đây là nguyên lý của nhiều loại chuyển đổi vị trí hoặc dịch chuyển (chuyển đổi điện thế, chuyển đổi cảm ứng có lõi động, tụ điện dùng bản cực di động ...). Trong trường hợp thứ hai, chuyển đổi có phần tử biến dạng. Sự biến dạng được gây nên bởi lực hoặc các đại lượng dẫn đến lực (áp suất, gia tốc) tác dụng trực tiếp hoặc gián tiếp lên chuyển đổi (thí dụ bản cực di động của tụ điện chịu tác dụng của áp suất vi sai, chuyển đổi đo ứng lực liên quan chặt chẽ đến cấu trúc chịu tác dụng của ứng suất). Sự thay đổi của trở kháng (do biến dạng) liên quan đến lực tác động lên cấu trúc, nghĩa là tác động của đại lượng cần đo được biến đổi thành tín hiệu điện (hiệu ứng áp trở).

Phụ thuộc vào bản chất của các vật liệu khác nhau, tính chất điện của chúng, có thể nhạy với nhiều đại lượng vật lý như nhiệt độ, độ chiếu sáng, áp suất, độ ẩm ... Nếu chỉ có một trong các đại lượng nêu trên có thể thay đổi và tất cả các đại lượng khác được giữ không đổi, chúng ta sẽ thiết lập được sự tương ứng đơn trị giữa giá trị của đại lượng này và trở kháng của cảm biến. Đường cong chuẩn sẽ thể hiện sự tương ứng đó và cho phép xác định giá trị của đại lượng cần đo từ phép đo trở kháng.

Bảng 1.1. Đặc trưng các đại lượng cần đo.

Đại lượng cần đo	Đặc trưng nhạy cảm	Loại vật liệu sử dụng
Nhiệt độ	ρ	Kim loại :Pt, Ni, Cu, Bán dẫn
Bức xạ ánh sáng	ρ	Bán dẫn
Biến dạng	ρ Từ thẩm(μ)	Hợp kim Ni, Si, pha tạp Hợp kim sắt từ
Vị trí (nam châm)	ρ	Vật liệu từ điện trở : Bi, InSb
Độ ẩm	ρ, ϵ	LiCl, Al ₂ O ₃ , polyme
Mức	ϵ	Chất lưu cách điện

Trở kháng của chuyển đổi thụ động và sự thay đổi của trở kháng dưới tác dụng của đại lượng cần đo chỉ có thể xác định được khi chuyển đổi là một thành phần trong một mạch điện. Trên thực tế, tùy từng trường hợp cụ thể mà người ta chọn mạch đo cho thích hợp với chuyển đổi.

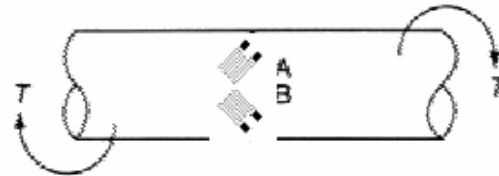
1.4.2. Chuyển đổi tương tự và chuyển đổi số

1.4.2.1. Chuyển đổi tương tự

Cung cấp tín hiệu liên tục trong cả thời gian và không gian

Hầu hết các giá trị đo lường vật lý chất tương tự

Ví dụ : nhiệt độ, sự dịch chuyển, sáng ...



cường độ,

mang bản

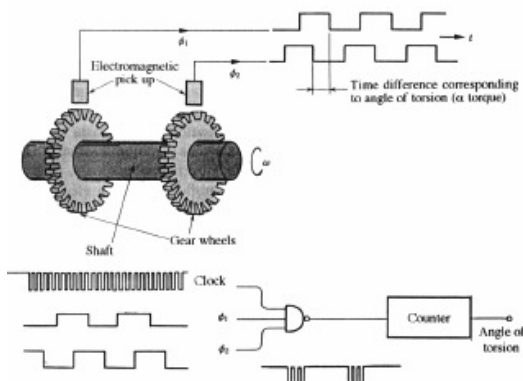
cường độ

1.4.2.2. Chuyển đổi số :

Tín hiệu output của chúng giữ ở trạng thái các bước hay rời rạc

Tín hiệu số dễ dàng lập lại, đáng tin cậy và dễ truyền đi xa hơn

Ví dụ : Shaft encoder, contact switch



1.4.3. Trạng thái hoạt động

1.4.3.1. Chế độ lệch

Chuyển đổi hay dụng cụ đo làm việc ở chế độ lệch sẽ phát tín hiệu phản hồi lại sự thay đổi (lệch) so với điều kiện ban đầu của dụng cụ đo. Sự thay đổi (biến dạng) này tương ứng với giá trị đo.

1.4.3.2. Chế độ cân bằng

Chuyển đổi hay dụng cụ đo đưa sự ảnh hưởng của nó lên hệ thống đo lường để chống lại tác động của đại lượng đo.

Sự ảnh hưởng và đại lượng đo được cân bằng (hồi tiếp đặc trưng) cho đến khi chúng cân bằng nhau nhưng trái ngược nhau về giá trị.

Dụng cụ đo lường ở chế độ cân bằng có thể có kết quả đo rất chính xác nhưng đáp ứng thường chậm hơn chế độ lệch.



1.5. CÁC ĐƠN VỊ ĐO LƯỜNG :

Các đơn vị đo lường cơ sở của hệ thống đơn vị quốc tế SI :

Bảng 1.2 : Các đơn vị đo

Đại lượng	Tên gọi	Ký hiệu	Được định nghĩa (từ năm)
Chiều dài	mét	m	Chiều dài đường chuyển ánh

			sáng trong chân không trong khoảng thời gian 1/299792458s (1983)
Khối lượng	kilogram	kg	Mẫu quả cân platin-iridi (1889)
Thời gian	giây	s	Khoảng thời gian 9192613770 chu kỳ bức xạ ứng với chuyển đổi giữa 2 mức siêu mịn trạng thái cơ bản của nguyên tử Cesium 133(1967)
Dòng điện	ampe	A	Lực bằng 2.10^{-7} N trên 1 mét dài của 2 dây dẫn mang điện trong chân không đặt cách nhau 1 mét (1946)
Nhiệt độ nhiệt động	kelvin	K	1/273.16 của nhiệt độ nhiệt động của điểm bội ba của nước (1967)
Lượng vật chất	mol	mol	Lượng vật chất chứa trong 0.012 kg Cacbon 12 (1971)
Cường độ sáng	candela	Cd	Cường độ sáng theo 1 phương đã cho của 1 nguồn bức xạ đơn sắc có tần số 54010^{12} Hz và cường độ năng lượng theo phương này là 1/683 w/ steradian

1.6. CÁC CHUẨN CHUYỂN ĐỔI:

1.6.1. Chuẩn đơn giản :

Chuẩn đơn giản là phép đo trong đó chỉ có một đại lượng vật lý duy nhất tác động lên một đại lượng đo xác định và sử dụng một chuyển đổi không nhạy với các đại lượng ảnh hưởng và cũng không chịu sự tác động của các đại lượng này. Đây là trường hợp đặc biệt của các đại lượng đo tĩnh, nghĩa là các đại lượng có giá trị không đổi, thí dụ đo khoảng cách cố định bằng một chuyển đổi mà chỉ thị của nó không phụ thuộc vào nhiệt độ và các đại lượng ảnh hưởng, đo một nhiệt độ không đổi bằng một cặp nhiệt ...

Trong những điều kiện như vậy, chuẩn chuyển đổi chính là kết hợp các giá trị hoàn toàn xác định của đại lượng đo với các giá trị tương ứng của đại lượng điện ở đâu ra. Việc chuẩn được tiến hành bằng một trong những cách sau đây :

Chuẩn trực tiếp: Các giá trị khác nhau của đại lượng đo lấy từ các mẫu chuẩn hoặc các phần tử so sánh có giá trị biết trước với độ chính xác cao.

Chuẩn gián tiếp: Sử dụng kết hợp chuyển đổi cần chuẩn với một chuyển đổi so sánh đã có sẵn đường cong chuẩn, cả hai được đặt trong cùng điều kiện làm việc. Khi tác động lần lượt lên hai chuyển đổi bằng cùng một giá trị của đại lượng đo, ta nhận được các kết quả tương ứng của chuyển đổi so sánh và chuyển đổi cần chuẩn. Lập lại tương tự với các giá trị khác của đại lượng đo sẽ cho phép xây dựng đường cong chuẩn cho chuyển đổi cần chuẩn .

1.6.2. Chuẩn nhiều lần :

Khi chuyển đổi có chứa những phần tử có độ trễ (trễ cơ học hoặc trễ từ), giá trị đo được ở đâu ra phụ thuộc không những vào giá trị tức thời của đại lượng cần đo ở đâu vào mà còn phụ thuộc giá trị trước đó của đại lượng này. Trong những trường hợp như vậy cần phải áp dụng phương pháp chuẩn nhiều lần và tiến hành như sau:

Đặt tại điểm 0 của chuyển đổi: Đại lượng cần đo và đại lượng đầu ra có các giá trị tương đương với điểm gốc, $m = 0$ và $s = 0$.

Dựng lại đại lượng đầu ra bằng cách lúc đầu tăng giá trị đầu của đại lượng cần đo ở đầu vào đến cực đại, sau đó giảm giá trị đo. Các giá trị biết trước của đại lượng cần đo cho phép xác định đường cong chuẩn theo cả hai hướng đo tăng dần và giảm dần.

Các tính chất vật lý của vật liệu chịu tác động của đại lượng cần đo có thể là một trong những thông số quyết định ảnh hưởng đến hồi đáp của cảm biến. Thí dụ điện dung của chuyển đổi tụ điện đo mức chất lỏng không những phụ thuộc vào chiều cao của chất lỏng mà còn phụ thuộc hằng số điện môi ϵ của nó. Điện trở của đầu đo nhiệt độ bề mặt của một vật là hàm của nhiệt độ bề mặt và bản chất của lớp vật liệu nằm dưới bề mặt đó, sự giãn nở của lớp vật liệu này gây nên ứng lực cho cảm biến. Trong những trường hợp tương tự như vậy, cần phải tiến hành chuẩn chuyển đổi riêng biệt với từng loại vật liệu.

1.7. NHIỄU ĐO:

Nhiều có thể được định nghĩa như bất kì tín hiệu không mong muốn làm mờ hay làm biến dạng tín hiệu quan sát.

Nhiều có thể được chia làm hai loại :

- ♦ Nhiều nội tại
- ♦ Nhiều do truyền dẫn

1.7.1. Nhiều nội tại

Nhiều nội tại phát sinh do không hoàn thiện trong việc thiết kế, công nghệ chế tạo, tính chất vật liệu của các bộ cảm biến..., do đó đáp ứng có thể bị méo so với dạng lý tưởng. Sự méo của tín hiệu ra có thể có tính hệ thống hoặc ngẫu nhiên. Dạng tín hiệu ra liên quan chặt chẽ đến hàm truyền, đặc tính tuyến tính và đặc tính động của bộ cảm biến.

Từ bộ cảm biến, tín hiệu được khuếch đại và chuyển đổi thành dạng số không biểu thị bằng độ lớn hoặc đặc tính phổ mà theo độ phân giải số. Khi tăng độ phân giải số trị số của bit có trọng số thấp sẽ giảm.

Điện áp lệch đầu vào và dòng điện phân cực có thể bị trôi. Tín hiệu nhiễu (điện áp và dòng điện) do cơ chế vật lý xảy ra trong các điện trở và transistor sử dụng để chế tạo mạch. Một nguyên nhân gây nhiễu là do tính chất rời rạc của dòng điện, bởi vì dòng điện là dòng của các điện tích chuyển động, mỗi điện tích mang một giá trị xác định. Ở mức nguyên tử dòng điện rất linh động, chuyển động của chúng phụ thuộc vào nhiệt độ. Giá trị quân phương của điện áp nhiễu có thể được tính theo công thức :

$$e^2 = 4k * TR\Delta f (V^2 / Hz)$$

Trong đó k là hằng số Boltzmann : $k = 1.3810^{-23} (J/K)$.

T là nhiệt độ tuyệt đối ($^{\circ}K$)

R là điện trở (Ω)

F là độ rộng dải tần (Hz)

Ở nhiệt độ phòng nhiễu do điện trở tạo nên có thể tính bằng $e = 0.13\sqrt{R}$.

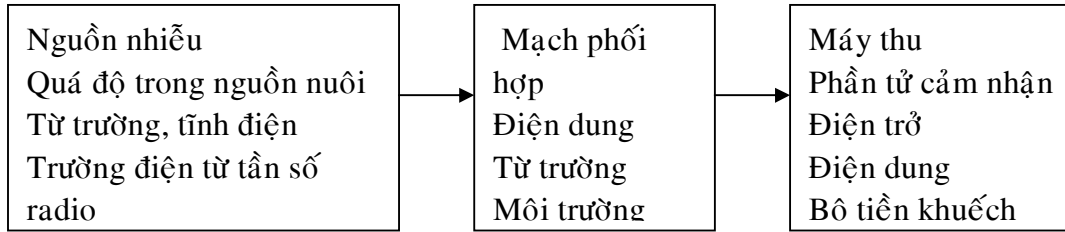
Nguồn nhiễu dòng điện xoay chiều biểu diễn tạp xoay chiều tạo nên do dòng điện một chiều trong tạp chất bán dẫn. Khi dòng điện phân cực tăng nhiễu này sẽ tăng vì thế chất bán dẫn FET và CMOS có dòng điện nhiễu rất nhỏ. Nguồn nhiễu điện áp và dòng điện có mật độ phổ thấp hơn và tỉ lệ với $1/f$, do đó gọi là tạp hồng giống như phía màu đỏ của phổ ánh sáng nhìn thấy có bước sóng thấp hơn.

Nhiều $1/f$ phát sinh trong mọi vật dẫn. Ở tần số thấp không thể tác nhiễu $1/f$ với ảnh hưởng của sự trôi điện áp một chiều. Đôi khi còn gọi nhiễu $1/f$ là nhiễu thăng giáng, xảy ra ở tần số dưới 100 Hz là vùng hoạt động của các bộ cảm biến. Do sự tiến bộ trong công nghệ chế tạo vật liệu bán

dẫn người ta đã giảm nhiễu 1/ f đáng kể nhưng khi chế tạo mạch phải sử dụng màng kim loại và điện trở dây cuốn, do đó vấn đề này vẫn gây nhiễu đáng kể.

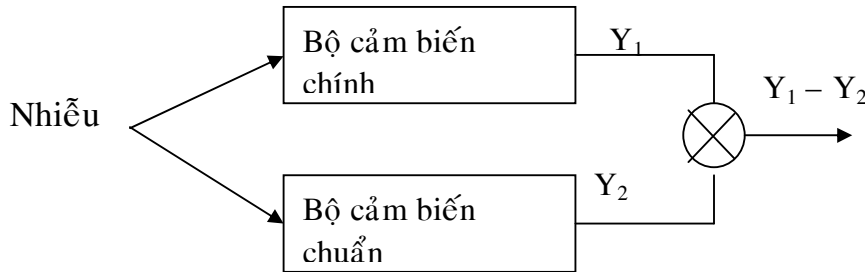
Đây là thuộc tính cơ bản của các thiết bị tách sóng, các bộ dò hay các bộ khuếch đại điện tử Nhiễu nội tại không thể khắc phục nhưng có thể giảm xuống mức tối thiểu

1.7.2. Nhiễu do truyền dẫn :



Hình1.9- Sơ đồ khối của nguồn nhiễu và mạch phối hợp với máy thu.

Để chống nhiễu ta dùng kỹ thuật vi sai phối hợp bộ chuyển đổi từng đôi, trong đó tín hiệu ra là hiệu của hai tín hiệu ra của từng bộ. Một bộ chuyển đổi gọi là chuyển đổi chính và bộ kia là chuyển đổi chuẩn được đặt trong màn chắn.



Hình 1.10-Kỹ thuật vi sai

Để giảm nhiễu đường truyền ta có thể sử dụng các biện pháp được trình bày trong bảng sau:

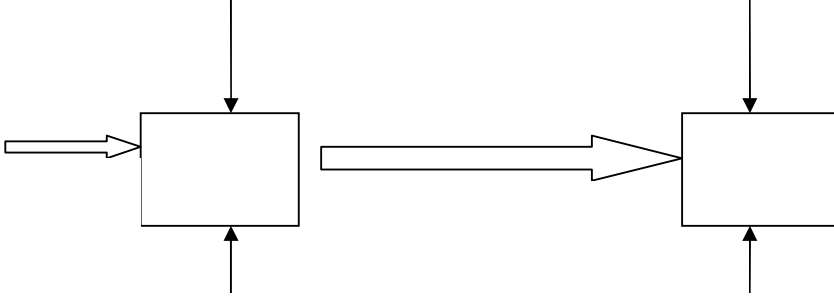
Bảng 1.3 Các biện pháp giảm nhiễu

Nguồn nhiễu	Độ lớn	Biện pháp khắc phục
Nguồn 50Hz	100pA	Cách ly nguồn nuôi, màn,nối đất
Nguồn 100Hz	3μV	Lọc nguồn
150 Hz do máy biến áp bị bão hoà	0.5μV	Bố trí linh kiện hợp lý
Đài phát thanh	1mV	Màn chắn
Tia lửa do chuyển mạch	1mV	Lọc, nối đất,màn chắn
Dao động	10pA	Ghép nối cơ khí, không để dây cao áp gần đầu vào chuyển đổi
Dao động cáp nối	100pA	Sử dụng cáp ít nhiễu(điện môi tẩm Cacbon)
Bảng mạch	0.01-10pA	Lau sạch, dùng cách điện Teflon

2.8. Cảm biến

Khái niệm

Cảm biến là các linh kiện dùng để phát hiện hoặc đánh giá đại lượng vật lý và gửi đến bộ phận điều khiển khai thác.



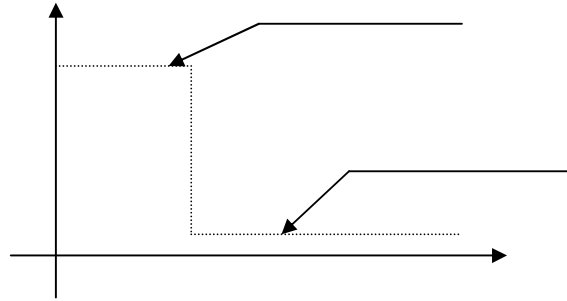
Mọi bộ cảm biến gồm có hai phần :

- Phát hiện sự thay đổi (phần tử nhạy) của đại lượng vật lý cần phát hiện.
- Tạo và truyền thông tin về bộ xử lý bằng các tín hiệu điện.

Người ta phân loại các bộ cảm biến ngoài việc theo đại lượng vật lý cần phát hiện (phần tử nhạy) như các tín hiệu phát hiện tiếp cận, vị trí, từ trường, nhiệt độ, ánh sáng, áp suất....., ngoài ra còn theo loại tín hiệu mà bộ cảm biến phát ra (tín hiệu truyền) như :

Tín hiệu có hoặc không (TOR) :

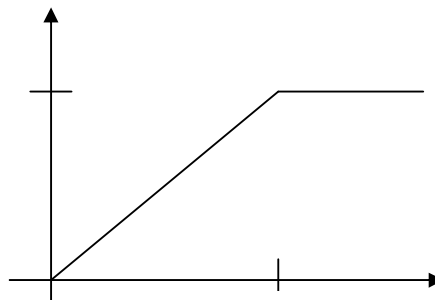
Thường dùng trong các loại tín hiệu phát hiện tiếp cận, vị trí...



Tín hiệu tương tự :

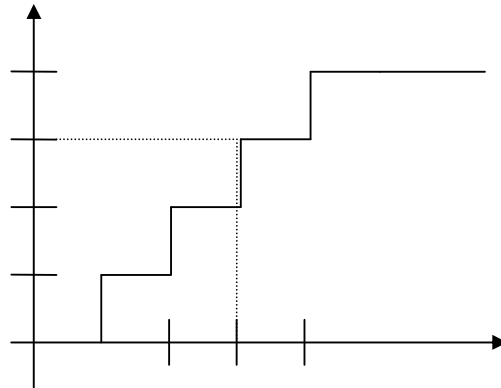
Thường dùng trong các loại tín hiệu phát hiện nhiệt độ, ánh sáng, áp suất....dưới dạng tín hiệu nằm giữa hai giới hạn.

Ví dụ : trong bộ phận phát nhiệt



Tín hiệu số :

Thường dùng trong các loại tín hiệu phát hiện góc quay, mã vạch....



Bộ cảm biến phát hiện do tiếp điểm một vị trí

Các đặc điểm

- Đối tượng cần phát hiện tiếp xúc với thiết bị.
- Chuyển động gây nên sự thay đổi tiếp điểm điện.
- Tín hiệu ra kiểu TOR.
- Công tắc vị trí thường sử dụng các bộ cảm biến cơ điện có chức năng cung cấp thông tin về điện (0 hoặc 1) ở mỗi tác động.

Phân loại

Có nhiều loại công tắc vị trí, tùy theo vấn đề đặt ra khi sử dụng (kích cỡ, nguồn gốc chuyển động cần quan tâm..) cũng như điều kiện sử dụng chúng (sự khắc nghiệt của môi trường, nơi bị ăn mòn hoặc dễ nổ ..)

Các loại công tắc vị trí :

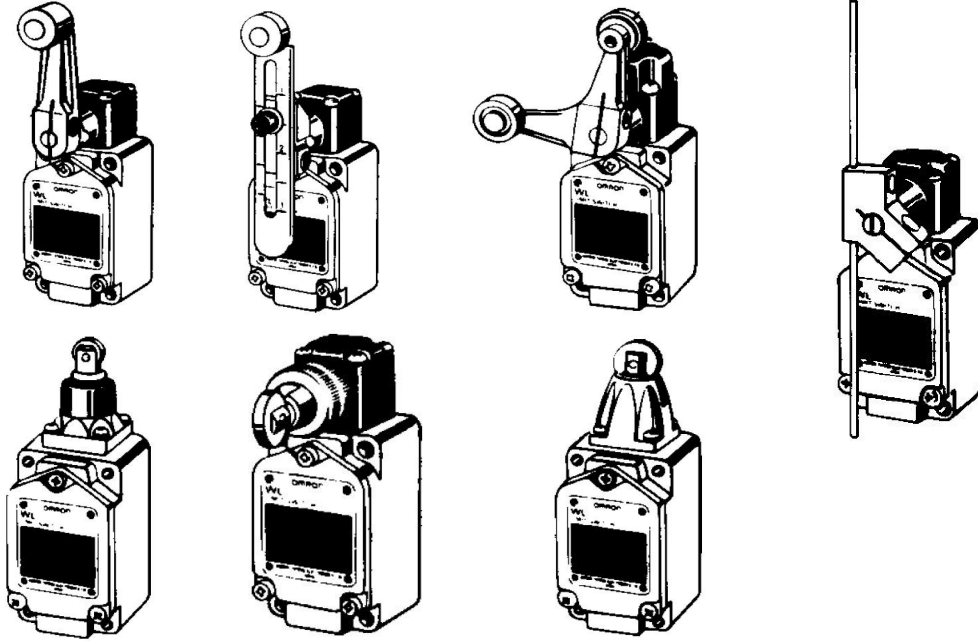
- Loại có đầu di chuyển thẳng :



- Loại thiết bị điều khiển :

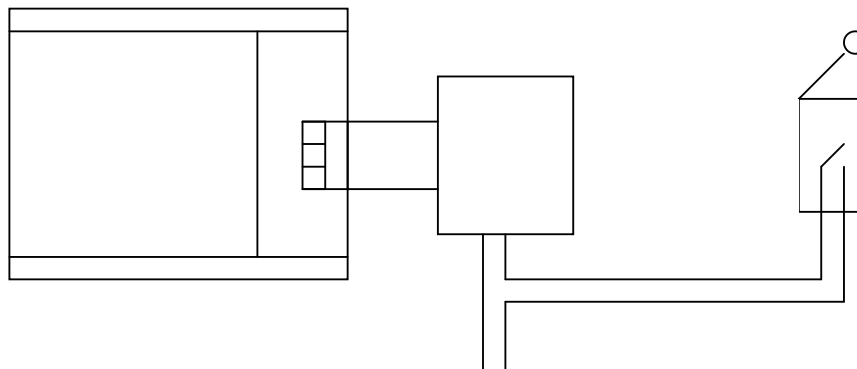


Loại có đầu chuyển động xoay :



Cách lắp đặt

- Bộ cảm biến công tắc vị trí được mắc nối tiếp giữa nguồn cung cấp và đầu vào điều khiển.
- Sự tác động của bộ cảm biến công tắc vị trí làm các cực của modul đầu vào tác động tín hiệu được lưu giữ và xử lý bằng aptomat lập trình.
- Công tắc vị trí là công tắc TOR (đóng hoặc mở) chuyển mạch cơ điện.
- Bộ cảm biến được nối với phần điều khiển bằng hai dây.
- Nguồn cung cấp cho aptomat lập trình thường là 24 VDC.



Bộ cảm biến phát hiện tiếp cận

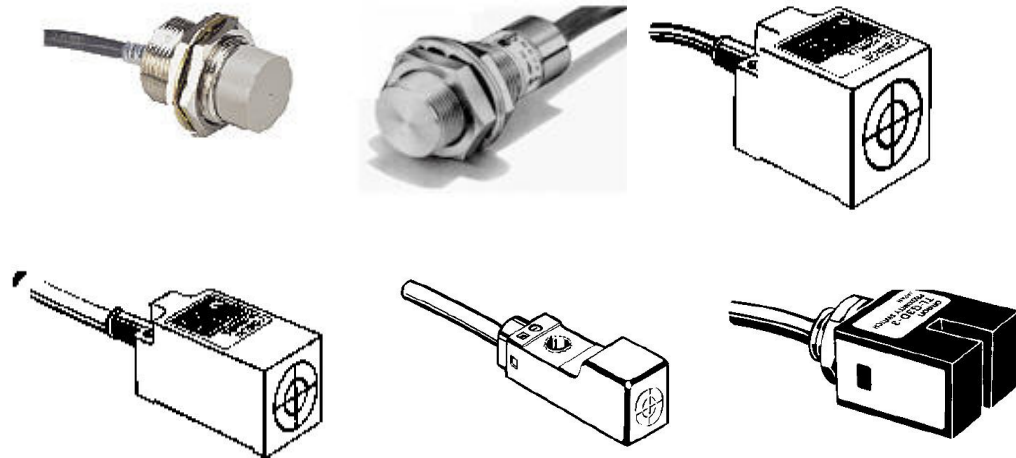
Các bộ cảm biến này rất phổ biến vì có nhiều ứng dụng, mỗi khi cần phát hiện mà không tiếp xúc trực tiếp với sự hiện diện của một phần tử. Các bộ phát hiện này cung cấp tín hiệu điện (0 hoặc 1) khi phát hiện đối tượng.

Các đặc điểm :

- Không tiếp xúc trực tiếp với đối tượng cần phát hiện.
- Không mòn, có khả năng phát hiện các đối tượng dễ vỡ, mới sơn.
- Bộ phát hiện đặt cố định, không có chi tiết di động.
- Tuổi thọ phụ thuộc vào số lần tác động.
- Sản phẩm hoàn toàn kín đặt trong hộp nhựa.
- Chịu đựng rất tốt trong môi trường công nghiệp, không khí ô nhiễm.
- Đối với bộ phát hiện điện cảm dùng cho các đối tượng kim loại: dựa vào sự biến thiên trường điện từ khi đối tượng kim loại đến gần.

Phân loại :

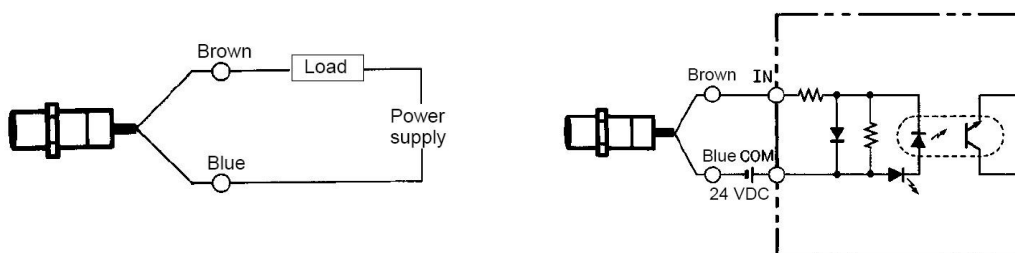
Gồm các loại sau :



Cách lắp đặt

Tùy thuộc mỗi loại cảm biến ta có cách lắp đặt khác nhau, sau đây là một số sơ đồ căn bản :

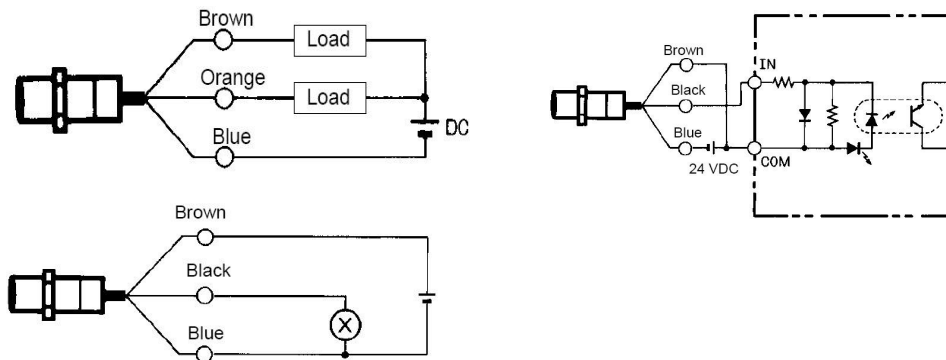
- Loại hai dây :



Với loại hai dây dùng nguồn trực tiếp, khi cảm biến tác động thì tải được cấp nguồn điện áp trực tiếp qua dây truyền tín hiệu.

Với loại hai dây dùng nguồn 24VDC qua optron để cách ly về điện áp, khi cảm biến tác động làm led hồng ngoại được cấp nguồn qua dây truyền tín hiệu, phát tín hiệu qua Transistor thu (loại NPN, PNP hoặc Rơle) cấp tín hiệu tác động mạch điều khiển cho aptomat lập trình....

Loại ba dây :



Tương tự loại hai dây về nguyên lý, dây thứ ba dùng làm dây cấp nguồn do đó mạch hoạt động sẽ ổn định hơn, chống nhiễu tốt hơn.

Loại 4 dây : thực chất là loại cảm biến 3 dây có thêm một dây phụ dùng để truyền tín hiệu bổ xung (NOT của dây truyền tín hiệu).

Nhận xét

Với loại 3 hoặc 4 dây (dùng Optron) đầu ra dây tín hiệu có các kiểu :

- Mô hình NPN : chuyển điện thế (+) đến tải (hay thiết bị điều khiển).
- Mô hình PNP : chuyển điện thế (-) đến tải (hay thiết bị điều khiển).
- Mô hình dùng Rơle : đóng cắt các tiếp điểm rơle cho tải (hay thiết bị điều khiển).

Do đó cần phải lựa chọn kiểu tín hiệu ra phù hợp theo logic đầu vào của thiết bị điều khiển.

Bộ cảm biến phát hiện Quang - Điện

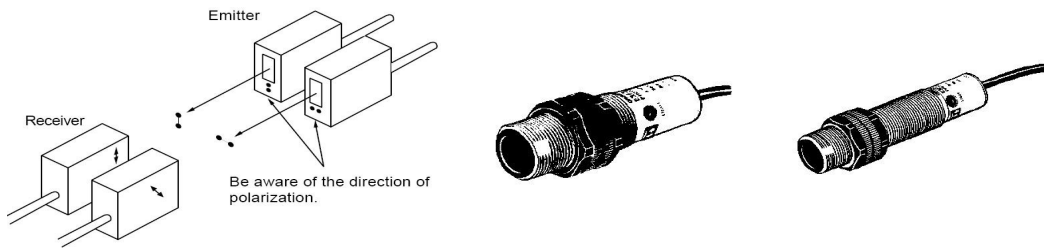
Đặc điểm

Còn gọi là hàng rào ánh sáng, là kỹ thuật điện tử và cung cấp thông tin (0 hoặc 1) mỗi khi chùm tia do bộ phát tia bị vật cản nào đó tác động tới phần nhận. Thường được ứng dụng nhiều trong các thiết bị báo động, chống trộm, điều khiển từ xa...

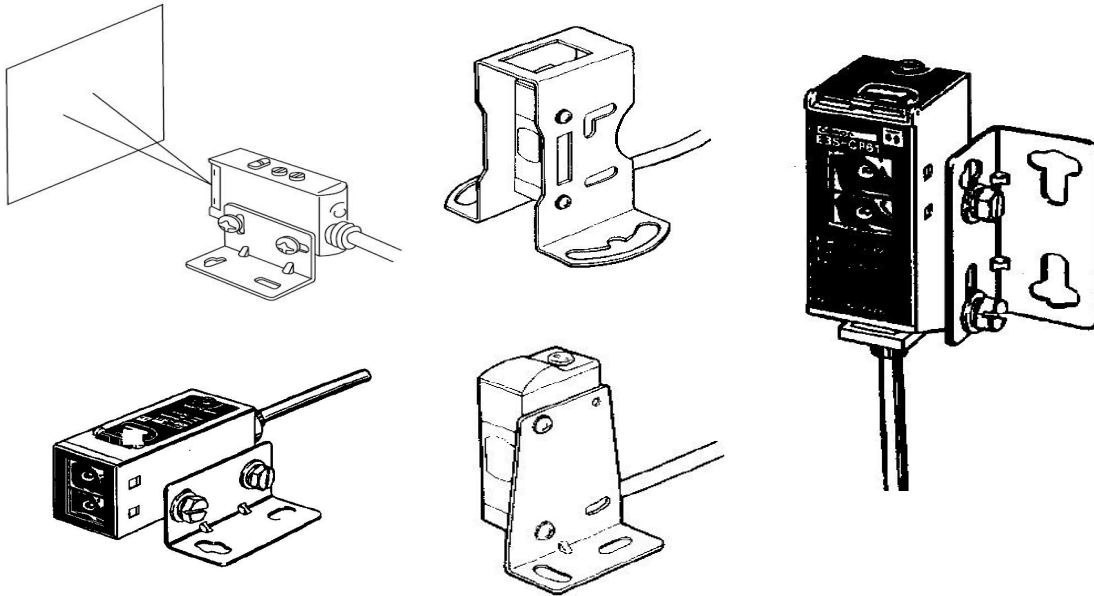
Phân loại

Gồm các loại sau

Modul phát và thu độc lập nhau



Modul phát và thu trong cùng một phần tử :



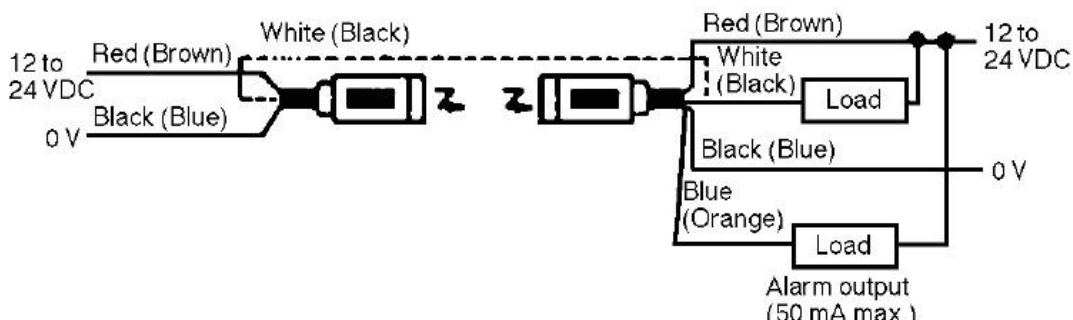
Ngoài ra người ta có thể phân loại theo kiểu phát hiện do che chắn chùm tia phát ra :

- Cảm biến phát hiện mất chùm tia phản xạ đưa về.
- Cảm biến phát hiện chùm tia phản xạ chiếu mạnh đưa về.
- Cảm biến phát hiện có sự thay đổi chùm tia phản xạ so với chùm tia phát ra trong môi trường phát tia.

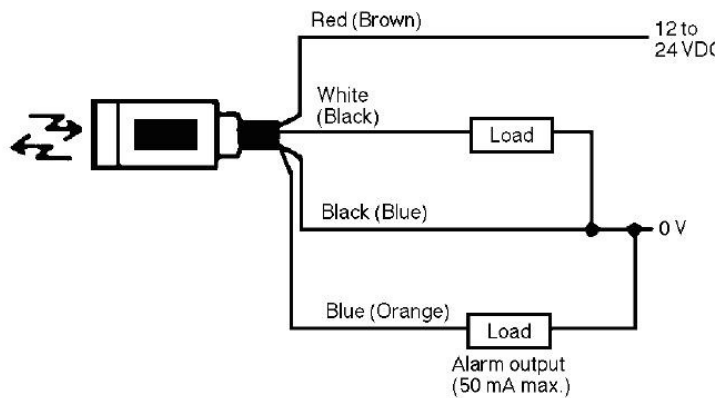
Cách lắp đặt

Tùy thuộc mỗi loại cảm biến ta có cách lắp đặt khác nhau, sau đây là một số sơ đồ căn bản :

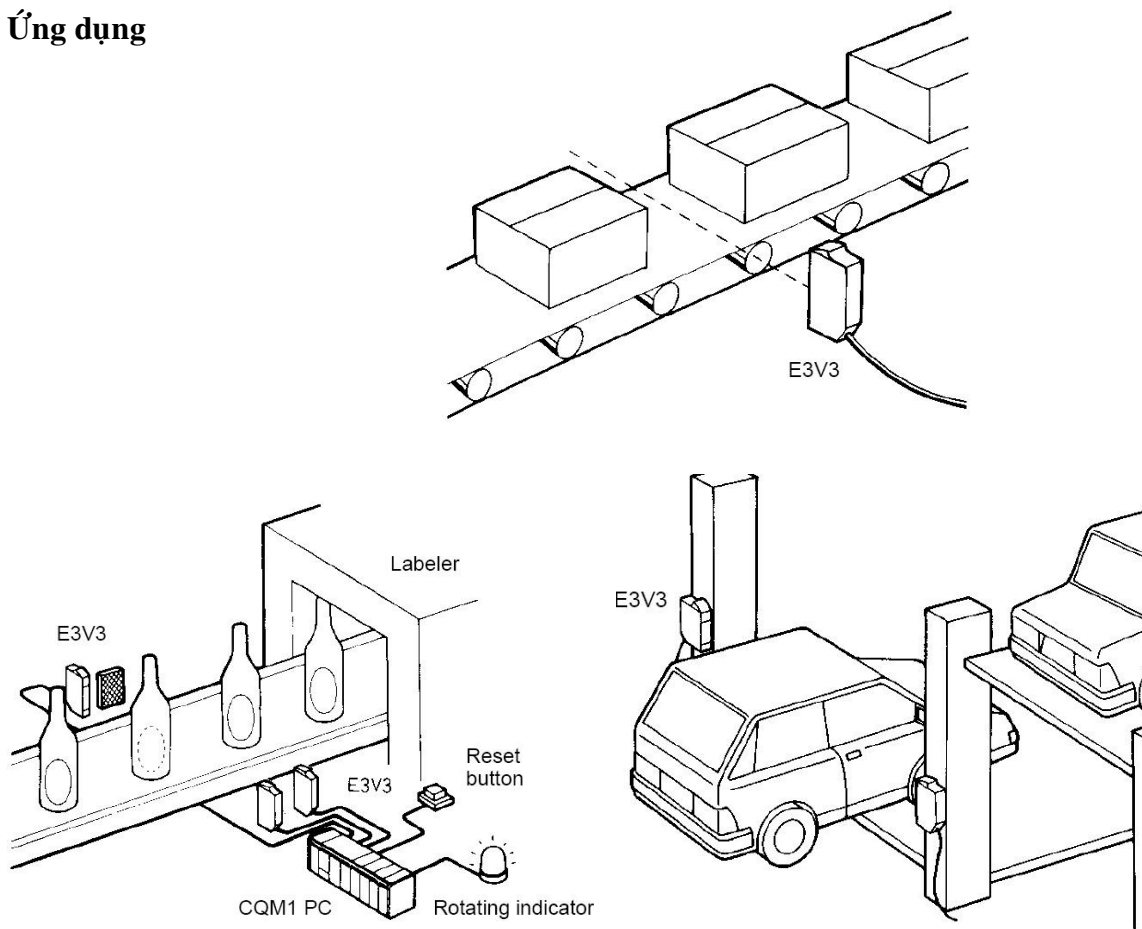
Với loại modul phát và thu độc lập nhau : cần dùng hai nguồn điện áp cho bộ phát và bộ thu, đầu dây ra bộ thu ngoài dây tín hiệu ra nối kết với tải còn có thêm dây kết nối thiết bị báo động.



Với loại modul phát và thu trong cùng một phần tử : kết nối đơn giản hơn như hình vẽ :



Ứng dụng



Bộ cảm biến nhiệt độ (thermocoupler)

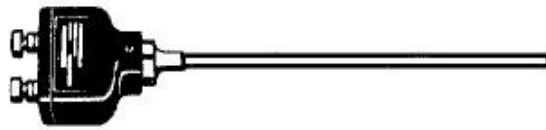
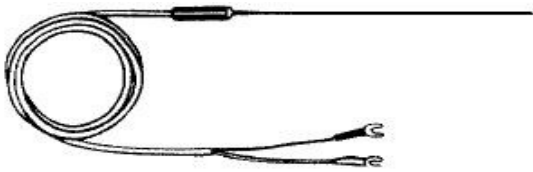
Đặc điểm

Dùng phát hiện sự thay đổi nhiệt độ trong các thiết bị điều khiển nhiệt độ như lò sấy, nhiệt độ phòng...cung cấp thông tin theo dạng tín hiệu tương tự (analog) giá trị điện trở thay đổi theo nhiệt độ.

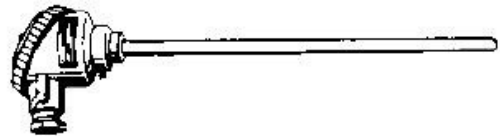
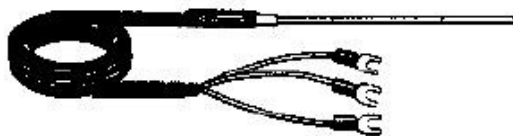
Phân loại

Gồm các loại

Hai đầu dây ra



Ba đầu dây ra



Ngo
a
ra
c
n
pha
n
bie
t
theo

nguyên lý hoạt động

Nhiệt điện trở kim loại : thông thường ký hiệu Pt 100 Ω , có giá trị điện trở là 100 Ω ở 0 $^{\circ}$ C và khi nhiệt độ tăng thì giá trị điện trở sẽ tăng theo một lượng tương ứng, được ứng dụng đo nhiệt độ trong khoảng -200 $^{\circ}$ C đến 450 $^{\circ}$ C.

Cặp nhiệt điện (thermocouples)

Tạo điện thế tiếp xúc giữa hai kim loại từ 7 đến 75 μ V/ $^{\circ}$ K.

Ví dụ cặp nhiệt điện NiCr - NiAl : Khi nhiệt độ khoảng 1000 $^{\circ}$ C thì điện áp sinh ra giữa hai cực của cặp này khoảng 400mV Vậy trung bình 40 μ V/ $^{\circ}$ K.

Cảm biến nhiệt độ - điện áp :

Ứng dụng sự thay đổi điện áp của Transistor theo nhiệt độ, người ta chế tạo một số mạch IC có điện áp đầu ra tỷ lệ với nhiệt độ của môi trường xung quanh mạch.

Ví dụ LM35 : Khi nhiệt độ 0 $^{\circ}$ C thì đầu ra 0V
Nhiệt độ thay đổi 1 $^{\circ}$ C thì điện áp thay đổi 10mV
Phạm vi làm việc 55 $^{\circ}$ C đến 150 $^{\circ}$ C
Nếu T_{min} < 0 thì phải có thêm nguồn -V_S và điện trở R
thoả mãn điều kiện :
V_S > 10T_{min} và R < V_S/50 μ A

