



[www.mientayvn.com](http://www.mientayvn.com)

Khi đọc qua tài liệu này, nếu phát hiện sai sót hoặc nội dung kém chất lượng xin hãy thông báo để chúng tôi sửa chữa hoặc thay thế bằng một tài liệu cùng chủ đề của tác giả khác. Tài liệu này bao gồm nhiều tài liệu nhỏ có cùng chủ đề bên trong nó. Phần nội dung bạn cần có thể nằm ở giữa hoặc ở cuối tài liệu này, hãy sử dụng chức năng Search để tìm chúng.

Bạn có thể tham khảo nguồn tài liệu được dịch từ tiếng Anh tại đây:

[http://mientayvn.com/Tai\\_lieu\\_da\\_dich.html](http://mientayvn.com/Tai_lieu_da_dich.html)

Thông tin liên hệ:

Yahoo mail: [thanhlam1910\\_2006@yahoo.com](mailto:thanhlam1910_2006@yahoo.com)

Gmail: [frbwrthes@gmail.com](mailto:frbwrthes@gmail.com)

**Theo yêu cầu của khách hàng, trong một năm qua, chúng tôi đã dịch qua 16 môn học, 34 cuốn sách, 43 bài báo, 5 sổ tay (chưa tính các tài liệu từ năm 2010 trở về trước) Xem ở đây**

**DỊCH VỤ  
DỊCH  
TIẾNG  
ANH  
CHUYÊN  
NGÀNH  
NHANH  
NHẤT VÀ  
CHÍNH  
XÁC  
NHẤT**

Chỉ sau một lần liên lạc, việc dịch được tiến hành

Giá cả: có thể giảm đến 10 nghìn/1 trang

Chất lượng: Tạo dựng niềm tin cho khách hàng bằng công nghệ 1. Bạn thấy được toàn bộ bản dịch; 2. Bạn đánh giá chất lượng. 3. Bạn quyết định thanh toán.

Bài giảng

---

# KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG

ĐỖ CÔNG THÀNH

09-2009

---

## **Đánh giá**

Điểm thứ nhất:	0.2	Kiểm tra giữa học phần.
Điểm thứ hai:	0.8	Thi kết thúc học phần.
Hình thức thi:	Thi viết, thời lượng: 90 phút.	

## **Mục tiêu của học phần**

Sinh viên nắm được cơ sở lý thuyết về kỹ thuật đo lường; các mạch gia công tính toán, một số loại sensor cơ bản, nắm được phương pháp đo một số đại lượng không điện cơ bản.



---

## **Tài liệu học tập:**

[1]: Nguyễn Hữu Công – Giáo trình “*Kỹ thuật đo lường*” ; NXB Đại học Quốc gia; 2008

## **Tài liệu tham khảo:**

[2]: Phan Quốc Phó; Giáo trình cảm biến ; NXB Khoa học và kỹ thuật; 2006.

[3]: Phạm Thượng Hàn; Đo lường các đại lượng vật lý; NXB Khoa học và kỹ thuật; 1999.

[4]: Nguyễn Trọng Quế; Giáo trình đo các đại lượng điện và không điện; NXB ĐHBK Hà Nội, 1996

## **Mô tả tóm tắt học phần**

Môn học cung cấp cho sinh viên các kiến thức cơ bản về Kỹ thuật đo lường, đánh giá sai số của phép đo và gia công kết quả đo. thiết bị đo, các phương pháp nâng cao độ chính xác của phép đo, các cơ cấu chỉ thị, các sensor đo lường; mạch đo lường và gia công thông tin: mạch tỉ lệ, mạch gia công tính toán, khái niệm cơ bản về AD; DA...; đo dòng điện, điện áp, đo các đại lượng không điện: lực, áp suất, nhiệt độ, độ bóng, bề dày, kích thước sản phẩm...

---

Bố cục: 5 chương

**Chương 1**

**CƠ SỞ KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG, THÔNG TIN VÀ THIẾT BỊ ĐO**

**Chương 2**

**CÁC CƠ CẤU CHỈ THỊ**

**Chương 3**

**MẠCH ĐO LƯỜNG VÀ GIA CÔNG THÔNG TIN**

**Chương 4**

**CÁC BỘ CHUYỂN ĐỔI ĐO LƯỜNG SƠ CẤP**

**Chương 5**

**ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG KHÔNG ĐIỆN**

# Chương 1

---

## 1.1 Định nghĩa và phân loại thiết bị đo

### 1.1.1. Định nghĩa

### 1.1.2. Phân loại

a. Dụng cụ đo lường

b. Chuyển đổi đo lường

c. Tổ hợp thiết bị đo (với một thiết bị cụ thể và một hệ thống thông tin đo lường)

## 1.2 Sơ đồ cấu trúc thiết bị đo lường tương tự và số

### 1.2.1. Thiết bị đo chuyển đổi thẳng

### 1.2.2. Thiết bị đo kiểu so sánh

## 1.3 Các đặc tính tĩnh của thiết bị đo

### 1.3.1 Độ nhạy, độ chính xác và các sai số của TBĐ

a. Độ nhạy

b. Độ chính xác và các sai số của TBĐ

### 1.3.2 Tổng trở vào và tiêu thụ công suất của TBĐ

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

### 1.4.1. Tính toán sai số ngẫu nhiên

### 1.4.2. Tính toán sai số gián tiếp

## 1.1 Định nghĩa và phân loại thiết bị đo

---

### 1.1.1 Định nghĩa

*Đo lường là một quá trình đánh giá định lượng đối tượng cần đo để có kết quả bằng số so với đơn vị.*

Với định nghĩa trên thì đo lường là quá trình thực hiện 3 thao tác chính:

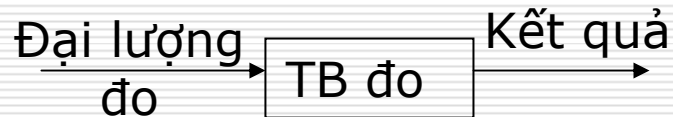
- Biến đổi tín hiệu và tin tức.
- So sánh với đơn vị đo hoặc so sánh với mẫu trong quá trình đo lường.
- Chuyển đơn vị, mã hoá để có kết quả bằng số so với đơn vị.

## 1.1 Định nghĩa và phân loại thiết bị đo

---

### *Thiết bị đo và thiết bị mẫu*

- Thiết bị đo là một hệ thống mà đại lượng đo gọi là lượng vào, lượng ra là đại lượng chỉ trên thiết bị (là thiết bị đo tác động liên tục) hoặc là con số kèm theo đơn vị đo (thiết bị đo hiện số). Đôi khi lượng ra không hiển thị trên thiết bị mà đưa tới trung tâm tính toán để thực hiện các Algorithm kỹ thuật nhất định.



- Thiết bị mẫu dùng để kiểm tra và hiệu chỉnh



## 1.1 Định nghĩa và phân loại thiết bị đo

---

### 1.1.2 Phân loại

#### a Thiết bị đo lường

*Thiết bị đo chuyển đổi thẳng:*

Đại lượng cần đo đưa vào thiết bị dưới bất kỳ dạng nào cũng được biến thành góc quay của kim chỉ thị. Người đo đọc kết quả nhờ thang chia độ và những quy ước trên mặt thiết bị, loại thiết bị này gọi là thiết bị đo cơ điện. Ngoài ra lượng ra còn có thể biến đổi thành số, người đo đọc kết quả rồi nhân với hệ số ghi trên mặt máy hoặc máy tự động làm việc đó, ta có thiết bị đo hiện số.

*Thiết bị đo kiểu so sánh :*

Cũng có thể là chỉ thị cơ điện hoặc là chỉ thị số. Tùy theo cách so sánh và cách lập đại lượng bù (bộ mã hoá số tương tự) ta có các thiết bị so sánh khác nhau như: thiết bị so sánh kiểu tự động ( đại lượng đo  $x$  và đại lượng bù  $x_k$  luôn biến đổi theo nhau); thiết bị so sánh kiểu quét ( đại lượng bù  $x_k$  biến thiên theo một quy luật thời gian nhất định và sự cân bằng chỉ xảy ra tại một thời điểm trong chu kỳ).

---



## 1.1 Định nghĩa và phân loại thiết bị đo

---

### b. Chuyển đổi đo lường

Có hai khái niệm:

-Chuyển đổi chuẩn hoá: Có nhiệm vụ biến đổi một tín hiệu điện phi tiêu chuẩn thành tín hiệu điện tiêu chuẩn

Với loại chuyển đổi này chủ yếu là các bộ phân áp, phân dòng, biến điện áp, biến dòng điện, các mạch khuếch đại...

- Chuyển đổi sơ cấp (S: Sensor): Có nhiệm vụ biến một tín hiệu không điện sang tín hiệu điện, ghi nhận thông tin giá trị cần đo. Có rất nhiều loại chuyển đổi sơ cấp khác nhau như: chuyển đổi điện trở, điện cảm, điện dung, nhiệt điện, quang điện...

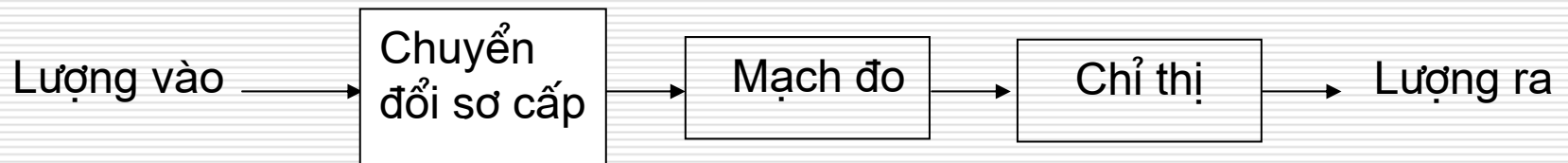


## 1.1 Định nghĩa và phân loại thiết bị đo

---

### c. Tổ hợp thiết bị đo

Với một thiết bị cụ thể (1 kênh )



*Hình 1.1 Cấu trúc hệ thống đo 1 kênh*

- + Chuyển đổi đo lường : biến tín hiệu cần đo thành tín hiệu điện.
- + Mạch đo: thu nhận, xử lý, khuếch đại thông tin.... bao gồm: nguồn, các mạch khuếch đại, các bộ biến đổi A/D, D/A, các mạch phụ...
- + Chỉ thị: thông báo kết quả cho người quan sát, thường gồm chỉ thị số và chỉ thị cơ điện, chỉ thị tự ghi, v.v...

## 1.1 Định nghĩa và phân loại thiết bị đo

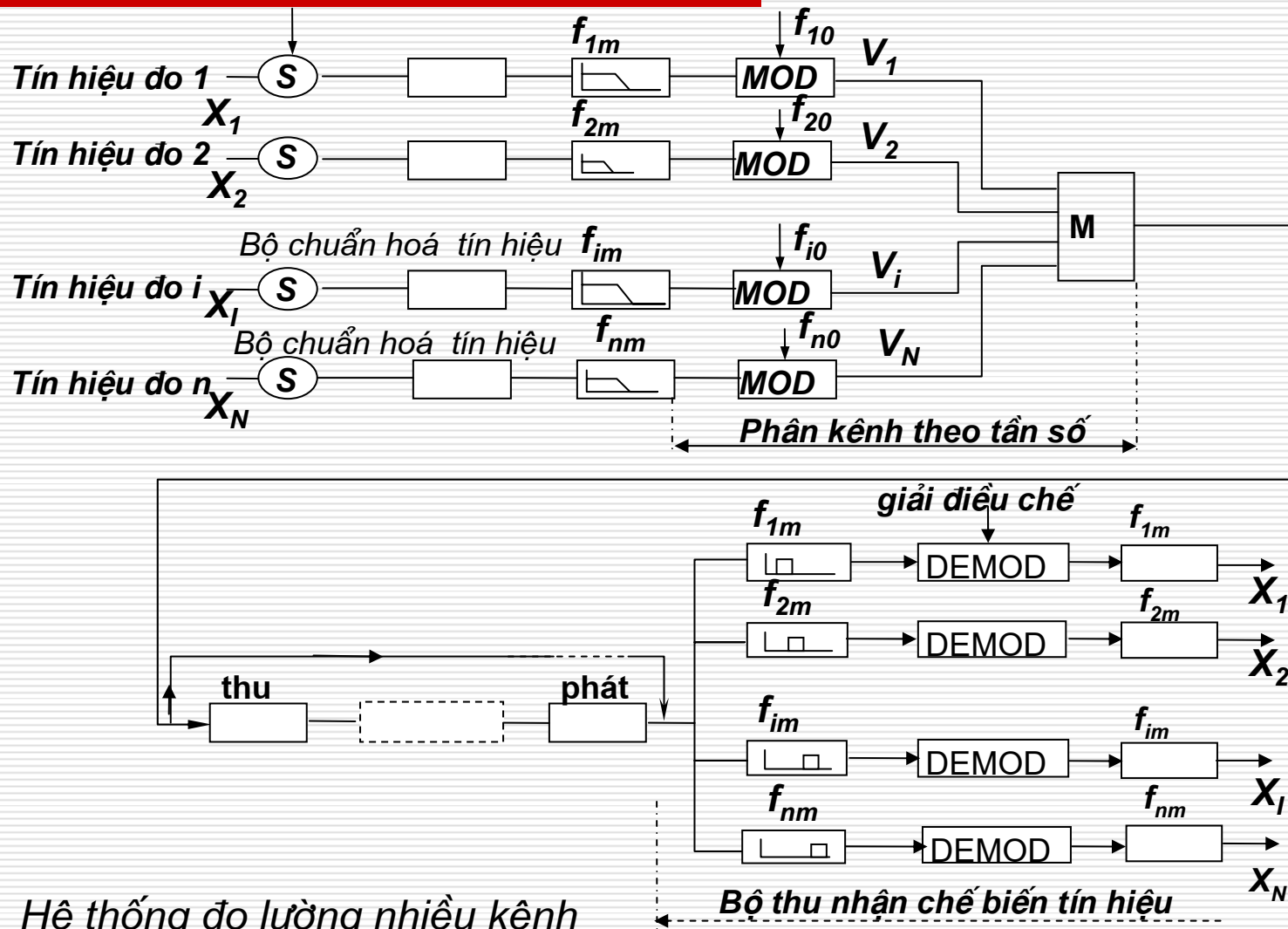
---

### **Với hệ thống đo lường nhiều kênh**

Trường hợp cần đo nhiều đại lượng, mỗi đại lượng đo ở một kênh, như vậy tín hiệu đo được lấy từ các sensor qua bộ chuyển đổi chuẩn hoá tới mạch điều chế tín hiệu ở mỗi kênh, sau đó sẽ đưa qua phân kênh (multiplexer) để được sắp xếp tuần tự truyền đi trên cùng một hệ thống dẫn truyền. Để có sự phân biệt, các đại lượng đo trước khi đưa vào mạch phân kênh cần phải mã hoá hoặc điều chế (Modulation - MOD) theo tần số khác nhau (thí dụ như  $f_{10}$ ,  $f_{20}$ ...) cho mỗi tín hiệu của đại lượng đo.

Tại nơi nhận tín hiệu lại phải giải mã hoặc giải điều chế (Demodulation – DEMOD) để lấy lại từng tín hiệu đo. Đây chính là hình thức đo lường từ xa (Telemetry) cho nhiều đại lượng đo.

# 1.1 Định nghĩa và phân loại thiết bị đo



Hình 1.2 Hệ thống đo lường nhiều kênh

## 1.2 Sơ đồ cấu trúc thiết bị đo lường tương tự và số

---

### 1.2.1 Hệ thống đo biến đổi thẳng

Trong hệ thống đo biến đổi thẳng đại lượng vào  $x$  qua nhiều khâu biến đổi trung gian được biến thành đại lượng ra  $z$ .

Quan hệ giữa  $z$  và  $x$  có thể viết:  $Z = f(x)$

Trong đó  $f(x)$  là một toán tử thể hiện cấu trúc của thiết bị đo

Trong trường hợp quan hệ lượng vào và lượng ra là tuyến tính ta có thể viết :

$$Z = S.x \quad (1-1)$$

Lúc đó :  $S$  gọi là độ nhạy tĩnh của thiết bị.

- Nếu một thiết bị gồm nhiều khâu nối tiếp thì quan hệ giữa lượng vào và lượng ra có thể viết:

$$Z = \prod_{i=1}^n S_i . x \quad (1.2)$$

$S_i$ : là độ nhạy của khâu thứ  $i$  trong thiết bị.

## 1.2 Sơ đồ cấu trúc thiết bị đo lường tương tự và số

---

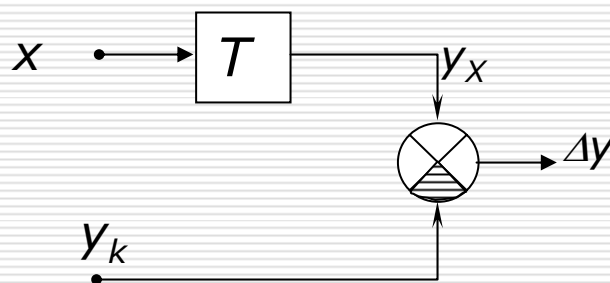
### 1.2.2 Hệ thống đo kiểu so sánh

Trong thiết bị đo kiểu so sánh đại lượng vào  $x$  thường được biến đổi thành đại lượng trung gian  $y_x$  qua một phép biến đổi  $T$ :

$$y_x = T.x$$

Sau đó  $y_x$  được so sánh với đại lượng bù  $y_k$ .

Ta có:  $\Delta y = y_x - y_k$



Hình 1.3 Hệ thống đo kiểu so sánh

## 1.2 Sơ đồ cấu trúc thiết bị đo lường tương tự và số

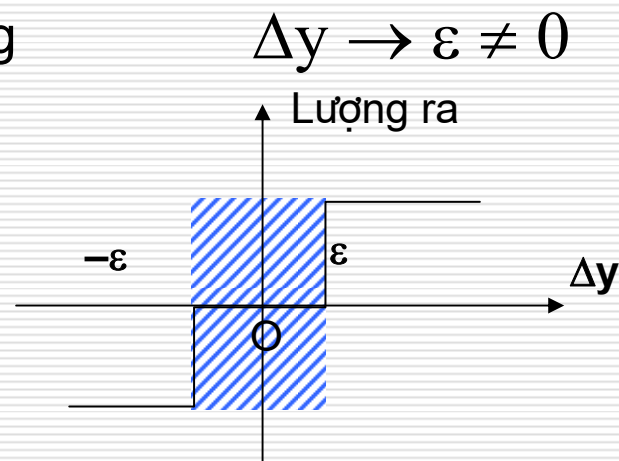
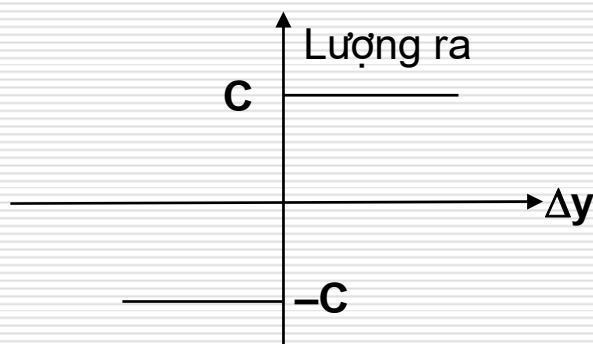
### a. Phương pháp so sánh kiểu cân bằng (hình 1.4)

Trong phương pháp này, đại lượng vào so sánh:  $y_x = \text{const}$  ; đại lượng bù  $y_k = \text{const}$

Tại điểm cân bằng :  $\Delta y = y_x - y_k \rightarrow 0$

### b. Phương pháp so sánh không cân bằng (hình 1.5)

Cũng giống như trường hợp trên song



Hình 1.4 Phương pháp so sánh cân bằng      Hình 1.5 Phương pháp so sánh không cân bằng

## 1.2 Sơ đồ cấu trúc thiết bị đo lường tương tự và số

### c. Phương pháp mã hoá thời gian

Trong phương pháp này đại lượng vào  $y_x = \text{const}$  còn đại lượng bù  $y_k$  cho tăng tỉ lệ với thời gian  $t$ :

$$y_k = y_0 \cdot t \quad (y_0 = \text{const})$$

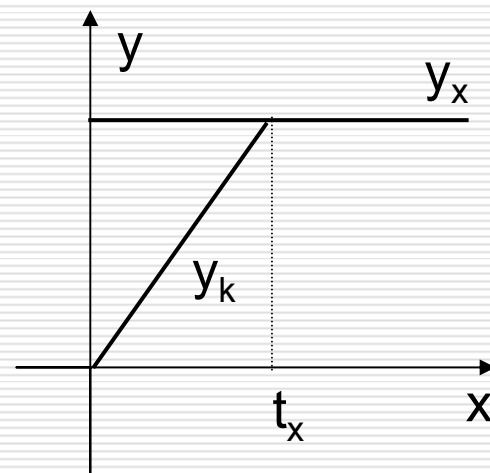
Tại thời điểm cân bằng  $y_x = y_k = y_0 \cdot t_x$

$$\Rightarrow t_x = \frac{y_x}{y_0} \quad (1-3)$$

Đại lượng cần đo  $y_x$  được biến thành khoảng thời gian  $t_x$

ở đây phép so sánh phải thực hiện một bộ ngưỡng

$$\Delta y = \text{sign}(y_x - y_k) = \begin{cases} 1 & y_x \geq y_k \\ 0 & y_x < y_k \end{cases}$$



Hình 1.6 Phương pháp mã hoá thời gian

## 1.2 Sơ đồ cấu trúc thiết bị đo lường tương tự và số

### d. Phương pháp mã hoá tần số xung

Trong phương pháp này đại lượng vào  $y_x$

cho tăng tỉ lệ với lượng cần đo  $x$  và khoảng thời gian  $t$ :  $y_x = t.x$

Còn đại lượng bù  $y_k$  được giữ không đổi

Tại điểm cân bằng có:

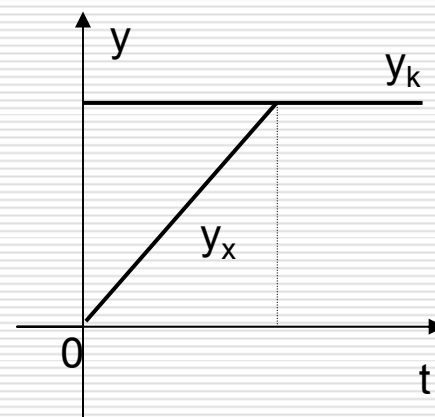
$$y_x = x.t_x = y_k = \text{const}$$

$$\rightarrow: f_x = 1/t_x = x / y_k \quad (1-4).$$

Đại lượng cần đo  $x$  đã được biến thành tần số  $f_x$ . ở đây phép so sánh cũng phải thực

hiện 1 bộ ngưỡng

$$\Delta y = \text{sign}(y_k - y_x) = \begin{cases} 1 & \text{nếu } y_k \geq y_x \\ 0 & \text{nếu } y_k < y_x \end{cases}$$



Hình 1.7 Phương pháp mã hoá tần số xung



## 1.2 Sơ đồ cấu trúc thiết bị đo lường tương tự và số

### e. Phương pháp mã hoá số xung

Trong phương pháp này đại lượng vào  $y_x$  được giữ bằng const, còn đại lượng bù  $y_k$  cho tăng tỉ lệ với thời gian  $t$  theo quy luật bậc thang với những bước nhảy không đổi  $y_0$  gọi là bước lượng tử.

$T = \text{const}$  còn gọi là xung nhịp

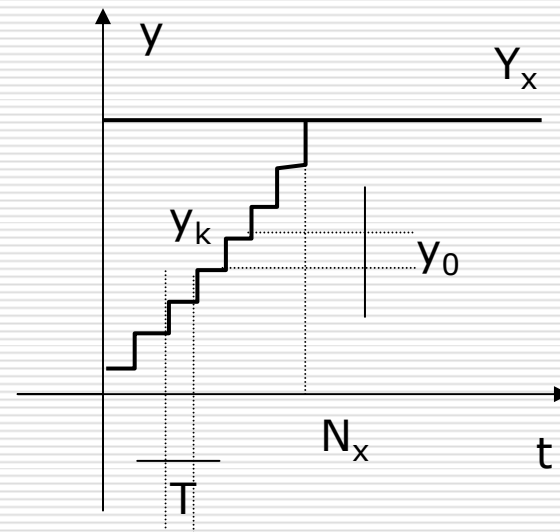
$$\text{Ta có: } y_k = y_0 \sum_{i=1}^n 1(t - iT) \quad (1.5)$$

Tại điểm cân bằng đại lượng vào  $y_x$  được biến thành con số  $N_x$ .

$$y_x \approx N_x \cdot y_0 \quad (1-6)$$

Để xác định được điểm cân bằng, phép so sánh cũng phải thực hiện một bộ ngưỡng

$$\Delta y = \text{sign}(y_x - y_k) = \begin{cases} 1 & \text{nếu } y_x \geq y_k \\ 0 & \text{nếu } y_x < y_k \end{cases}$$



Hình 1.8 Phương pháp mã hoá số xung

## 1.3 Các đặc tính tĩnh của thiết bị đo

---

### 1.3.1 Độ nhạy, độ chính xác và các sai số của thiết bị đo

#### a. Độ nhạy và ngưỡng độ nhạy

Để có một sự đánh giá về quan hệ giữa lượng vào và lượng ra của thiết bị đo, ta dùng khái niệm về độ nhạy của thiết bị:

$$S = \frac{\Delta z}{\Delta x} \quad (1-7)$$

S: Độ nhạy tĩnh của thiết bị đo.

Nếu thiết bị đo gồm nhiều khâu nối tiếp:  $S = \prod_{i=1}^n S_i$

Với  $S_i$  là độ nhạy của khâu thứ  $i$  trong thiết bị.

Xét quan hệ giữa ngưỡng độ nhạy và thang đo của thiết bị:

$$D = x_{\max} - x_{\min} \quad \{ x_{\min} \text{ thường} = 0 \}$$

Từ đó đưa ra khái niệm về khả năng phân ly của thiết bị đo:

$$\frac{D}{\varepsilon} = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{\varepsilon} \text{ và so sánh các } R \text{ với nhau}$$

## 1.3 Các đặc tính tĩnh của thiết bị đo

---

### **b. Độ chính xác và các sai số của thiết bị đo**

-Độ chính xác là tiêu chuẩn quan trọng nhất của thiết bị đo. Bất kỳ 1 phép đo nào đều có sai lệch so với đại lượng đúng

$$\delta_i = x_i - x_d$$

$x_i$  : kết quả của lần đo thứ  $i$

$x_d$  : giá trị đúng của đại lượng đo

$\delta_i$  : Sai lệch của lần đo thứ  $i$

- Sai số tuyệt đối của 1 thiết bị đo được định nghĩa là giá trị lớn nhất của các sai lệch gây nên bởi thiết bị trong khi đo:

$$\Delta x = \max[\delta_i]$$

- Sai số tuyệt đối chưa đánh giá được tĩnh chính xác và yêu cầu công nghệ của thiết bị đo. Thông thường độ chính xác của 1 phép đo hoặc 1 thiết bị đo được đánh giá bằng sai số tương đối:

## 1.3 Các đặc tính tĩnh của thiết bị đo

---

+ Với 1 phép đo, sai số tương đối được tính

$$\beta = \frac{\Delta x}{x} \quad \text{Với } x \text{ là giá trị đại lượng đo}$$

+ Với 1 thiết bị đo, sai số tương đối được tính

$$\gamma = \frac{\Delta x}{D}$$

Giá trị % gọi là sai số tương đối quy đổi dùng để sắp xếp các thiết bị đo thành các cấp chính xác.

Theo quy định hiện hành của nhà nước, các dụng cụ đo cơ điện có cấp chính xác: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; và 4

Thiết bị đo số có cấp chính xác: 0,005; 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2;; 0,5; 1.

## 1.3 Các đặc tính tĩnh của thiết bị đo

---

Khi biết cấp chính xác của một thiết bị đo ta có thể xác định được sai số tương đối quy đổi và suy ra sai số tương đối của thiết bị trong các phép đo cụ thể.

$$\text{Ta có: } \beta = \gamma \cdot \frac{D}{x} \quad (1-8)$$

Trong đó :  $\gamma$  là sai số tương đối của thiết bị đo, phụ thuộc cấp chính xác và không đổi nên sai số tương đối của phép đo càng nhỏ nếu  $D/x$  dần đến 1.

Vì vậy khi đo một đại lượng nào đó cố gắng chọn  $D$  sao cho:  $D \approx x$

## 1.3 Các đặc tính tĩnh của thiết bị đo

---

### 1.3.2 Điện trở vào và tiêu thụ công suất của thiết bị đo

Thiết bị đo phải thu năng lượng từ đối tượng đo dưới bất kì hình thức nào để biến thành đại lượng đầu ra của thiết bị. Tiêu thụ năng lượng này thể hiện ở phản tác dụng của thiết bị đo nên đối tượng đo gây ra những sai số mà ta thường biết được nguyên nhân gọi là sai số phụ về phương pháp. Trong khi đo ta cố gắng phấn đấu sao cho sai số này không lớn hơn sai số cơ bản của thiết bị.

- Với các thiết bị đo cơ học sai số chủ yếu là phản tác dụng của chuyển đổi. Với các thiết bị đo dòng áp, sai số này chủ yếu là do ảnh hưởng của tổng trở vào và tiêu thụ công suất của thiết bị.

Tổn hao năng lượng với mạch đo dòng áp là:

$$\Delta P_A = R_A \cdot I^2 \quad ; \quad \Delta P_U = U^2 / R_V.$$

Vậy ta tạm tính sai số phụ do ảnh hưởng của tổng trở vào là:

$$\gamma_I = R_A / R_t \quad ; \quad \gamma_U = R_t / R_V.$$

$R_A$ : Điện trở của ampemet hoặc phần tử phản ứng với dòng

$R_V$ : Điện trở của vônmet hoặc phần tử phản ứng với áp

## 1.3 Các đặc tính tĩnh của thiết bị đo

Ví dụ : phân tích sai số phụ khi đo áp trên hình 1.9.

+ Giả sử cần kiểm tra điện áp  $U_{AO}$ .

Theo lý lịch  $[U_{AO}] = 50 \pm 2(v)$ .

+ Xét khi chưa đo (k mở), ta có ngay:

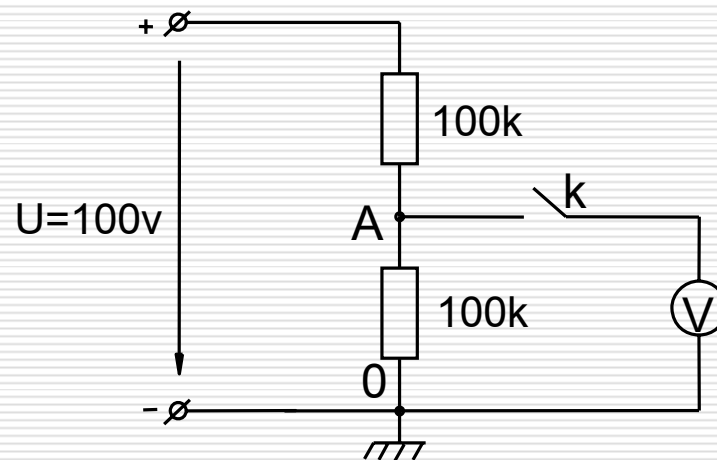
$$U_{AO} = 50 (v).$$

+ Xét khi đo (k đóng).

Giả sử  $R_V = 100 \text{ k}\Omega$ . Vậy điện áp đo được:

$$U_V = U_{AO}' = 33,3 \text{ V}$$

Sai số từ 33V trở lên 50V chính là sai số phụ về phương pháp do ảnh hưởng điện trở của V sinh ra.



Hình 1.9 Ví dụ về sai số phụ

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

---

Gia công kết quả đo lường là dựa vào kết quả của những phép đo cụ thể ta xác định giá trị đúng của phép đo đó và sai số của phép đo ấy.

$$x = x_d \pm \Delta x = \bar{x} \pm \Delta x \quad (1-10)$$

Dụng cụ đo nào cũng có sai số và nguyên nhân sai số rất khác nhau, vì vậy cách xác định sai số phải tùy theo từng trường hợp mà xác định. Hiện nay đã dùng nhiều phương pháp khác nhau để phép đo đảm bảo yêu cầu kỹ thuật đề ra.



## 1.4 Gia công kết quả đo lường

---

### 1.4.1 Tính toán sai số ngẫu nhiên

- Để xác định sai số ngẫu nhiên ta dựa vào phương pháp thống kê nhiều kết quả đo lường. Sai số ngẫu nhiên của lần đo thứ  $i$  được tính

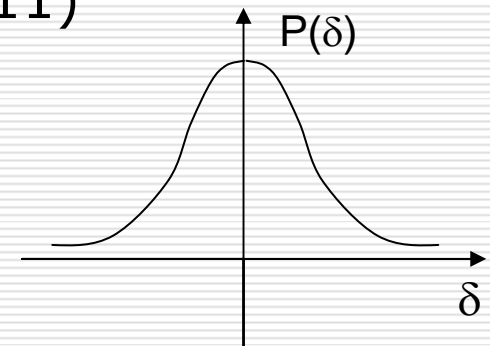
$$\delta_i = x_i - M[x] \quad (1-11)$$

Trong đó:

$x_i$  : kết quả lần đo thứ  $i$

$M[x]$ : Kỳ vọng toán học của vô số lần đo đại lượng  $x$

- Theo toán học thống kê thì sự phân bố của sai số ngẫu nhiên xung quanh giá trị kỳ vọng toán học theo một quy luật nhất định gọi là luật phân bố xác suất.



Hình 1.10 Luật phân bố chuẩn

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

Trong các thiết bị đo lường và điều khiển thường theo quy luật phân bố chuẩn:

$$P(\delta) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{\frac{-\delta^2}{2\sigma^2}} \quad (1-12)$$

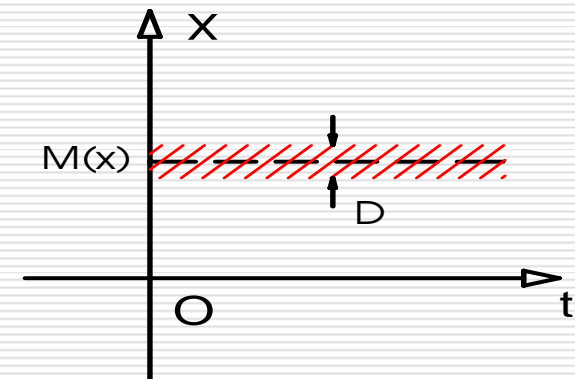
trong đó:

$\sigma$ : Độ lệch quân phương hay phương sai của sai số ngẫu nhiên. Ta có công thức

$$\sigma^2 = D = \int_{-\infty}^{\infty} \delta^2 P(\delta) d\delta \quad (1-13)$$

Với D gọi là độ tán xạ

Trong kĩ thuật ta thường dùng khái niệm phương sai  $\sigma = \sqrt{D}$  vì nó có cùng thứ nguyên với đại lượng cần đo.



Hình 1.11 Kì vọng và độ tán xạ của luật phân bố chuẩn

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

---

Quá trình gia công kết quả như sau:

***Khi số lần đo là rất lớn ( $n > 30$ )***

Sai số ngẫu nhiên được tính:

$$\Delta x = k \cdot \sigma \quad (1-14)$$

Trong đó k là hệ số, được tra trong sổ tay kỹ thuật (bảng hoặc đường cong)

***Khi số lần đo có giới hạn ( $n \leq 30$ ).***

Quá trình gia công được tiến hành như sau:

+ Kỳ vọng toán học được lấy là trung bình cộng của n lần đo.

$$M[x] = \bar{x} = x_d = \frac{\sum_{k=1}^n x_i}{n} \quad (1-15)$$

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

---

+ Phương sai của sai số ngẫu nhiên được tính theo công thức Bessel

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( x_i - \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \right)^2}{n-1}} \quad (1-16)$$

Nếu ta lấy kết quả là giá trị trung bình của n lần đo thì phương sai sẽ giảm đi căn n lần ( $\sqrt{n}$ )

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (1-17)$$

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

---

Sai số ngẫu nhiên được tính:

$$\Delta x = k_{st} \sigma_{\bar{x}}$$

$k_{st}$ : Hệ số Student, nó phụ thuộc vào số lần thu thập  $n$  và xác suất yêu cầu  $p$ . Hệ số  $k_{st}$  được tra trong các sổ tay kỹ thuật:  $k_{st} = f(n, p)$

+ Kết quả đo được tính

$$x = \bar{x} \pm \Delta x = \frac{\sum x_i}{n} \pm k_{st} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( x_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \right)^2}{n(n-1)}} \quad (1-18)$$

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

---

*Chú ý:* Trong thực tế có những lần thu thập số liệu mà kết quả của nó không đáng tin cậy (và ta thường gọi là nhiễu của tập số liệu), vì vậy ta phải loại bỏ lần đo này nhờ thuật toán sau:

Sau khi tính  $\sigma$  ta so sánh các  $|\delta_i|$  với  $3\sigma$  Với  $i = 1$  đến  $n$ , nếu lần đo nào có  $|\delta_i| \geq 3\sigma$  thì phải loại bỏ lần đo đó và tính lại từ đầu với  $(n-1)$  phép đo còn lại. Người ta đã chứng minh rằng việc loại bỏ đó đã đảm bảo độ tin cậy 99,7%

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

---

### Ví dụ

Tính kết quả đo và sai số ngẫu nhiên với một xác suất đáng tin  $p=0.98$  của một phép đo điện trở bằng cầu kép với kết quả như sau :

(Đơn vị tính =  $m\Omega$ ) ( $n = 12 \rightarrow k_{st} = 2,72$ ;  $n = 14 \rightarrow k_{st} = 2,65$ )

140,25 ; 140,50 ; 141,75 ; 139,25 ; 139,50 ; 140,25 ; 140,00 ; 126,75 ;  
141,15 ; 142,25 ; 140,75 ; 144,15 ; 140,15 ; 142,75.

Biết sai số ngẫu nhiên có phân bố chuẩn.

### Giải

Sau khi tính ta được giá trị trung bình của phép đo:

$$\bar{R} = M[R] = \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{14} = 139,96(m\Omega)$$

+ Phương sai của sai số ngẫu nhiên được tính :

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(R_i - \bar{R})^2}{n-1}} = 4,03(m\Omega)$$

So sánh các  $\delta_i = R_i - \bar{R}$  với  $3\sigma$ .

Ta thấy lần đo thứ 8 phạm phải sai lầm lớn:

$$\delta_8 = R_8 - \bar{R} \geq 3\sigma$$

nên ta bỏ qua lần đo này và tính lại từ đầu với 13 lần đo còn lại.

Lập bảng:

STT	$R_i$	$\delta_i$	$\delta_i^2$
1	140,25	-0,73	0,5329
2	140,50	-0,48	0,2304
3	141,75	0,77	0,5929
4	139,25	-1,73	2,9929
5	139,50	-1,48	2,1904
6	140,25	-0,73	0,5329
7	140,00	-0,98	0,9624
8	141,15	0,17	0,0289
9	142,25	1,27	1,6129
10	140,75	-0,23	0,0529
11	144,15	3,71	13,7641
12	140,15	-0,83	0,6889
13	142,75	1,77	3,1329
	Tổng:	0	23,64



## 1.4 Gia công kết quả đo lường

---

Tính lại:

$$M[R] = \bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^{13} R_i}{13} = 140,98; \quad \sum_{i=1}^{13} \delta_i^2 = 23,64$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (R_i - \bar{R})^2}{13 - 1}} = \sqrt{\frac{\sum \delta_i^2}{13 - 1}} \approx 1,4(m\Omega)$$

$$\sigma_{\bar{R}} = \frac{\sigma}{\sqrt{13}} \approx 0,38(m\Omega)$$

Với  $P = 0,98$ ;  $n = 13$ ; chọn  $k_{st} = \frac{2,72 + 2,65}{2} = 2,685$

$$\Delta R = k_{st} \cdot \sigma_{\bar{R}} \approx 1,4(m\Omega)$$

Kết quả

$$R = \bar{R} \pm \Delta R = 140,98 \pm 1,4(m\Omega)$$

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

### 1.4.2 Tính toán sai số gián tiếp

Trong thực tế có nhiều phương pháp đo mà kết quả được tính từ phép đo trực tiếp khác, người ta gọi phép đo đó là phép đo gián tiếp.

Giả sử có 1 phép đo gián tiếp đại lượng  $y$  thông qua các phép đo trực tiếp  $x_1, x_2, \dots, x_n$

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Ta có: 
$$dy = \frac{\partial y}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial y}{\partial x_2} dx_2 + \dots + \frac{\partial y}{\partial x_n} dx_n \quad (1-19)$$

Sai số tuyệt đối của phép đo gián tiếp được đánh giá:

$$\Delta y = \sqrt{\left(\frac{\partial y}{\partial x_1} \Delta x_1\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial x_2} \Delta x_2\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial y}{\partial x_n} \Delta x_n\right)^2} = \sqrt{\sum_{k=1}^n \left(\frac{\partial y}{\partial x_k} \Delta x_k\right)^2} \quad (1-20)$$

$\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$ : sai số tuyệt đối của phép đo các đại lượng trực tiếp  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

---

Sai số tương đối của phép đo gián tiếp được tính là

$$\begin{aligned}\beta_y = \frac{\Delta y}{y} &= \sqrt{\left(\frac{\Delta x_1}{y}\right)^2 \left(\frac{\partial y}{\partial x_1}\right)^2 + \dots + \left(\frac{\Delta x_n}{y}\right)^2 \left(\frac{\partial y}{\partial x_n}\right)^2} \\ &= \sqrt{\beta_{x_1}^2 + \beta_{x_2}^2 + \dots + \beta_{x_n}^2}\end{aligned}\quad (1-21)$$

hoặc :

$$\Delta y = \left|\frac{\partial y}{\partial x_1} \Delta x_1\right| + \left|\frac{\partial y}{\partial x_2} \Delta x_2\right| + \dots + \left|\frac{\partial y}{\partial x_n} \Delta x_n\right| = \sum_{i=1}^n \left|\frac{\partial y}{\partial x_i} \Delta x_i\right| \quad (1-22)$$

Trong đó:  $\beta_{x_1}, \beta_{x_2}, \dots, \beta_{x_n}$  là sai số tương đối của các phép đo trực tiếp  $x_1, x_2, \dots, x_n$

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

$$\gamma_y = \Delta y / y$$

Bảng tính sai số tuyệt đối và sai số tương đối của 1 số hàm y thường gặp

Hàm y	Sai số tuyệt đối $\Delta y$	Sai số tương đối $\gamma_y = \Delta y / y_0$
$x_1 + x_2$	$\pm \sqrt{(\Delta x_1)^2 + (\Delta x_2)^2}$	$\pm \sqrt{\frac{(\Delta x_1)^2 + (\Delta x_2)^2}{(x_1 + x_2)^2}}$
$x_1 \cdot x_2$	$\pm \sqrt{x_1^2 (\Delta x_2)^2 + x_2^2 (\Delta x_1)^2}$	$\pm \sqrt{\left(\frac{\Delta x_1}{x_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta x_2}{x_2}\right)^2}$
$\frac{x_1}{x_2}$	$\pm \sqrt{\frac{x_1^2 (\Delta x_2)^2 + x_2^2 (\Delta x_1)^2}{x_2^4}}$	$\pm \sqrt{\left(\frac{\Delta x_1}{x_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta x_2}{x_2}\right)^2}$
$x^n$	$\pm n x^{n-1} \Delta x$	$\pm n \left(\frac{\Delta x}{x}\right)$

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

### Ví dụ

Người ta sử dụng Ampemét và Volmét để đo điện trở bằng phương pháp gián tiếp. Ampemét có thang đo là 1A, cấp chính xác là 1. Volmét có thang đo là 150V, cấp chính xác 1.5. Khi đo ta được số chỉ của hai đồng hồ là:  $I = 1A$ ,  $U = 100V$

Hãy tính sai số tuyệt đối và tương đối của phép đo điện trở trên.

### Giải

+ Sai số tuyệt đối của Ampemét là:

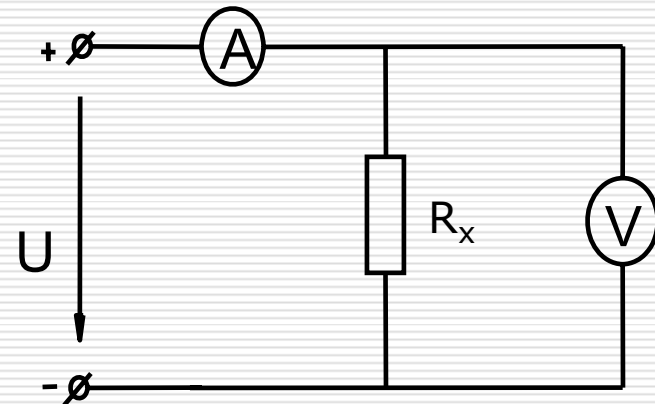
$$\Delta I = D_I \gamma\% = 1. 1/100 = 0.01(A)$$

+ Sai số tuyệt đối của Volmét là:

$$\Delta U = D_U \gamma\% = 150.1.5/100=2.25(V)$$

+ Giá trị điện trở theo phép đo là:

$$R = U/I = 100/1 = 100(\Omega)$$



Hình 1.12 Ví dụ về tính toán sai số gián tiếp

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

---

**+ Sai số tuyệt đối của phép đo điện trở là:**

$$\Delta R = \sqrt{\frac{I^2 \Delta U^2 + U^2 \Delta I^2}{I^4}} = \sqrt{\frac{1 * 2.25^2 + 100^2 * 0.01^2}{1}} = 2.46\Omega$$

**+ Sai số tương đối của phép đo điện trở**

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{\Delta R}{R} 100 = \sqrt{\left(\frac{\Delta U}{U}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I}{I}\right)^2} * 100 \\ &= \sqrt{\left(\frac{2.25}{100}\right)^2 + \left(\frac{0.01}{1}\right)^2} * 100 = 0.024 * 100 = 2.4\%\end{aligned}$$

## Bài tập ví dụ

---

1. Người ta dùng Ampemet và Volmet một chiều để xác định giá trị điện trở của một đoạn mạch. Kết quả của các lần đo như sau

Lần đo	1	2	3	4	5	6	7
U (V)	10,50	9,25	11,15	12,45	11,75	10,00	10,50
I (mA)	2,50	2,75	2,40	3,00	1,75	2,00	1,75
Lần đo	9	8	10	11	12	13	14
U (V)	8,50	13,25	12,00	10,75	11.50	11,00	12,00
I(mA)	4,25	3,25	3,00	2,15	2,25	2,15	2,50

Yêu cầu: Xác định giá trị điện trở cần đo và xác định sai số của phép đo trên. Biết các giá trị đo phân bố theo luật phân bố chuẩn, xác suất đáng tin  $p = 0,99$ , với  $n = 14$   $k_{st} = 3,01$ ;  $n = 12$   $k_{stt} = 3,1$

---

**2.** Người ta sử dụng Ampemét và Volmét để đo điện trở bằng phương pháp gián tiếp. Ampemét có thang đo là 10A, cấp chính xác là 0.5. Volmét có thang đo là 100V, cấp chính xác 1. Khi đo ta được số chỉ của hai đồng hồ là:  $I = 1A$ ,  $U = 95V$

Hãy tính sai số tuyệt đối và tương đối của phép đo điện trở trên.

**3.** Tính toán sai số gián tiếp khi thí nghiệm đo điện trở  $R_x$  và tổng trở  $z_x$  bằng phương pháp nguồn xoay chiều như hình dưới đây. Biết:  
Ampemét có thang đo là 10A, cấp chính xác là 0.5. số chỉ 8,5A  
Volmét có thang đo là 250V, cấp chính xác 1. số chỉ 240V  
Wattmet có thang đo 100W, cấp chính xác 1, số chỉ 85W



## Câu hỏi thảo luận chương 1.

---

**1.** Kết quả đo lường thường tùy thuộc vào hạn chế của thiết bị đo. Các hạn chế đó sẽ làm cho giá trị đo được (hay giá trị biểu kiến) hơi khác nhẹ với giá trị đúng (tức là giá trị tính toán theo thiết kế). Do vậy, để quy định hiệu suất của các thiết bị đo, cần phải có các định nghĩa về độ chính xác [accuracy], độ rõ [precision], độ phân giải [resolution], độ nhạy [sensitivity] và sai số [error] .

Anh (chị) hãy tìm hiểu về các định nghĩa trên.

**2.** Ảnh hưởng do quá tải có nghĩa là *sự suy giảm về trị số của thông số ở mạch cần đo khi mắc thiết bị đo vào mạch.*

Anh (chị) hãy giải thích rõ định nghĩa trên qua ví dụ thực tế mà anh (chị) biết.

Bài giảng

---

# KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG

ĐỖ CÔNG THÀNH

09-2009

---

## **Đánh giá**

Điểm thứ nhất:	0.2	Kiểm tra giữa học phần.
Điểm thứ hai:	0.8	Thi kết thúc học phần.
Hình thức thi:	Thi viết, thời lượng: 90 phút.	

## **Mục tiêu của học phần**

Sinh viên nắm được cơ sở lý thuyết về kỹ thuật đo lường; các mạch gia công tính toán, một số loại sensor cơ bản, nắm được phương pháp đo một số đại lượng không điện cơ bản.

---

## **Tài liệu học tập:**

[1]: Nguyễn Hữu Công – Giáo trình “*Kỹ thuật đo lường*” ; NXB Đại học Quốc gia; 2008

## **Tài liệu tham khảo:**

[2]: Phan Quốc Phó; Giáo trình cảm biến ; NXB Khoa học và kỹ thuật; 2006.

[3]: Phạm Thượng Hàn; Đo lường các đại lượng vật lý; NXB Khoa học và kỹ thuật; 1999.

[4]: Nguyễn Trọng Quế; Giáo trình đo các đại lượng điện và không điện; NXB ĐHBK Hà Nội, 1996

## **Mô tả tóm tắt học phần**

Môn học cung cấp cho sinh viên các kiến thức cơ bản về Kỹ thuật đo lường, đánh giá sai số của phép đo và gia công kết quả đo. thiết bị đo, các phương pháp nâng cao độ chính xác của phép đo, các cơ cấu chỉ thị, các sensor đo lường; mạch đo lường và gia công thông tin: mạch tỉ lệ, mạch gia công tính toán, khái niệm cơ bản về AD; DA...; đo dòng điện, điện áp, đo các đại lượng không điện: lực, áp suất, nhiệt độ, độ bóng, bề dày, kích thước sản phẩm...

---

Bố cục: 5 chương

**Chương 1**

**CƠ SỞ KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG, THÔNG TIN VÀ THIẾT BỊ ĐO**

**Chương 2**

**CÁC CƠ CẤU CHỈ THỊ**

**Chương 3**

**MẠCH ĐO LƯỜNG VÀ GIA CÔNG THÔNG TIN**

**Chương 4**

**CÁC BỘ CHUYỂN ĐỔI ĐO LƯỜNG SƠ CẤP**

**Chương 5**

**ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG KHÔNG ĐIỆN**

# Chương 1

---

## 1.1 Định nghĩa và phân loại thiết bị đo

### 1.1.1. Định nghĩa

### 1.1.2. Phân loại

a. Dụng cụ đo lường

b. Chuyển đổi đo lường

c. Tổ hợp thiết bị đo (với một thiết bị cụ thể và một hệ thống thông tin đo lường)

## 1.2 Sơ đồ cấu trúc thiết bị đo lường tương tự và số

### 1.2.1. Thiết bị đo chuyển đổi thẳng

### 1.2.2. Thiết bị đo kiểu so sánh

## 1.3 Các đặc tính tĩnh của thiết bị đo

### 1.3.1 Độ nhạy, độ chính xác và các sai số của TBĐ

a. Độ nhạy

b. Độ chính xác và các sai số của TBĐ

### 1.3.2 Tổng trở vào và tiêu thụ công suất của TBĐ

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

### 1.4.1. Tính toán sai số ngẫu nhiên

### 1.4.2. Tính toán sai số gián tiếp

## 1.1 Định nghĩa và phân loại thiết bị đo

---

### 1.1.1 Định nghĩa

*Đo lường là một quá trình đánh giá định lượng đối tượng cần đo để có kết quả bằng số so với đơn vị.*

Với định nghĩa trên thì đo lường là quá trình thực hiện 3 thao tác chính:

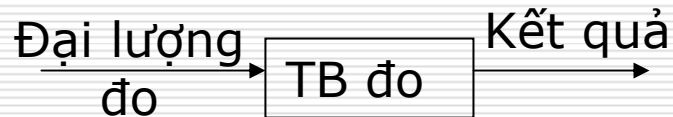
- Biến đổi tín hiệu và tin tức.
- So sánh với đơn vị đo hoặc so sánh với mẫu trong quá trình đo lường.
- Chuyển đơn vị, mã hoá để có kết quả bằng số so với đơn vị.

## 1.1 Định nghĩa và phân loại thiết bị đo

---

### *Thiết bị đo và thiết bị mẫu*

- Thiết bị đo là một hệ thống mà đại lượng đo gọi là lượng vào, lượng ra là đại lượng chỉ trên thiết bị (là thiết bị đo tác động liên tục) hoặc là con số kèm theo đơn vị đo (thiết bị đo hiện số). Đôi khi lượng ra không hiển thị trên thiết bị mà đưa tới trung tâm tính toán để thực hiện các Algorithm kỹ thuật nhất định.



- Thiết bị mẫu dùng để kiểm tra và hiệu chỉnh





## 1.1 Định nghĩa và phân loại thiết bị đo

---

### 1.1.2 Phân loại

#### a Thiết bị đo lường

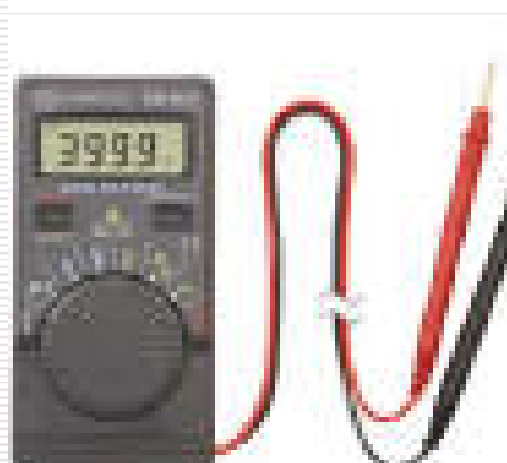
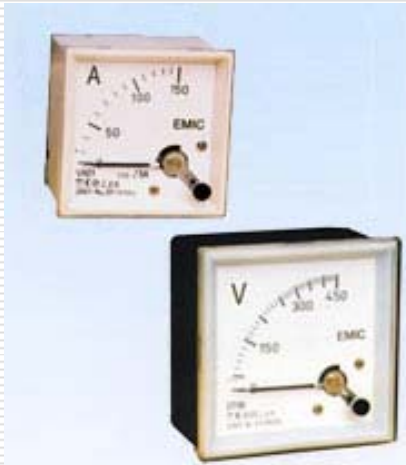
*Thiết bị đo chuyển đổi thẳng:*

Đại lượng cần đo đưa vào thiết bị dưới bất kỳ dạng nào cũng được biến thành góc quay của kim chỉ thị. Người đo đọc kết quả nhờ thang chia độ và những quy ước trên mặt thiết bị, loại thiết bị này gọi là thiết bị đo cơ điện. Ngoài ra lượng ra còn có thể biến đổi thành số, người đo đọc kết quả rồi nhân với hệ số ghi trên mặt máy hoặc máy tự động làm việc đó, ta có thiết bị đo hiện số.

*Thiết bị đo kiểu so sánh :*

Cũng có thể là chỉ thị cơ điện hoặc là chỉ thị số. Tùy theo cách so sánh và cách lập đại lượng bù (bộ mã hoá số tương tự) ta có các thiết bị so sánh khác nhau như: thiết bị so sánh kiểu tự động ( đại lượng đo  $x$  và đại lượng bù  $x_k$  luôn biến đổi theo nhau); thiết bị so sánh kiểu quét ( đại lượng bù  $x_k$  biến thiên theo một quy luật thời gian nhất định và sự cân bằng chỉ xảy ra tại một thời điểm trong chu kỳ).

---



## 1.1 Định nghĩa và phân loại thiết bị đo

---

### b. Chuyển đổi đo lường

Có hai khái niệm:

-Chuyển đổi chuẩn hoá: Có nhiệm vụ biến đổi một tín hiệu điện phi tiêu chuẩn thành tín hiệu điện tiêu chuẩn

Với loại chuyển đổi này chủ yếu là các bộ phân áp, phân dòng, biến điện áp, biến dòng điện, các mạch khuếch đại...

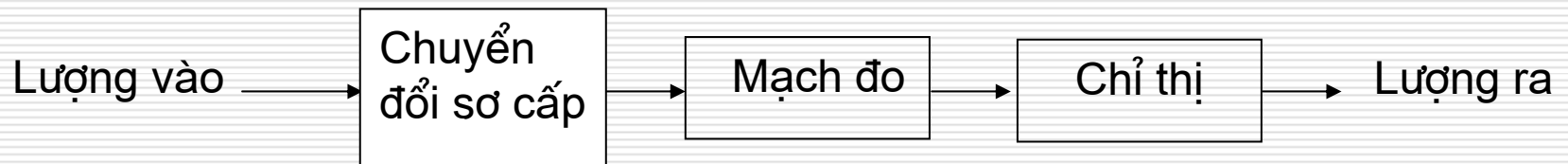
- Chuyển đổi sơ cấp (S: Sensor): Có nhiệm vụ biến một tín hiệu không điện sang tín hiệu điện, ghi nhận thông tin giá trị cần đo. Có rất nhiều loại chuyển đổi sơ cấp khác nhau như: chuyển đổi điện trở, điện cảm, điện dung, nhiệt điện, quang điện...

## 1.1 Định nghĩa và phân loại thiết bị đo

---

### c. Tổ hợp thiết bị đo

Với một thiết bị cụ thể (1 kênh )



*Hình 1.1 Cấu trúc hệ thống đo 1 kênh*

- + Chuyển đổi đo lường : biến tín hiệu cần đo thành tín hiệu điện.
- + Mạch đo: thu nhận, xử lý, khuếch đại thông tin.... bao gồm: nguồn, các mạch khuếch đại, các bộ biến đổi A/D, D/A, các mạch phụ...
- + Chỉ thị: thông báo kết quả cho người quan sát, thường gồm chỉ thị số và chỉ thị cơ điện, chỉ thị tự ghi, v.v...

## 1.1 Định nghĩa và phân loại thiết bị đo

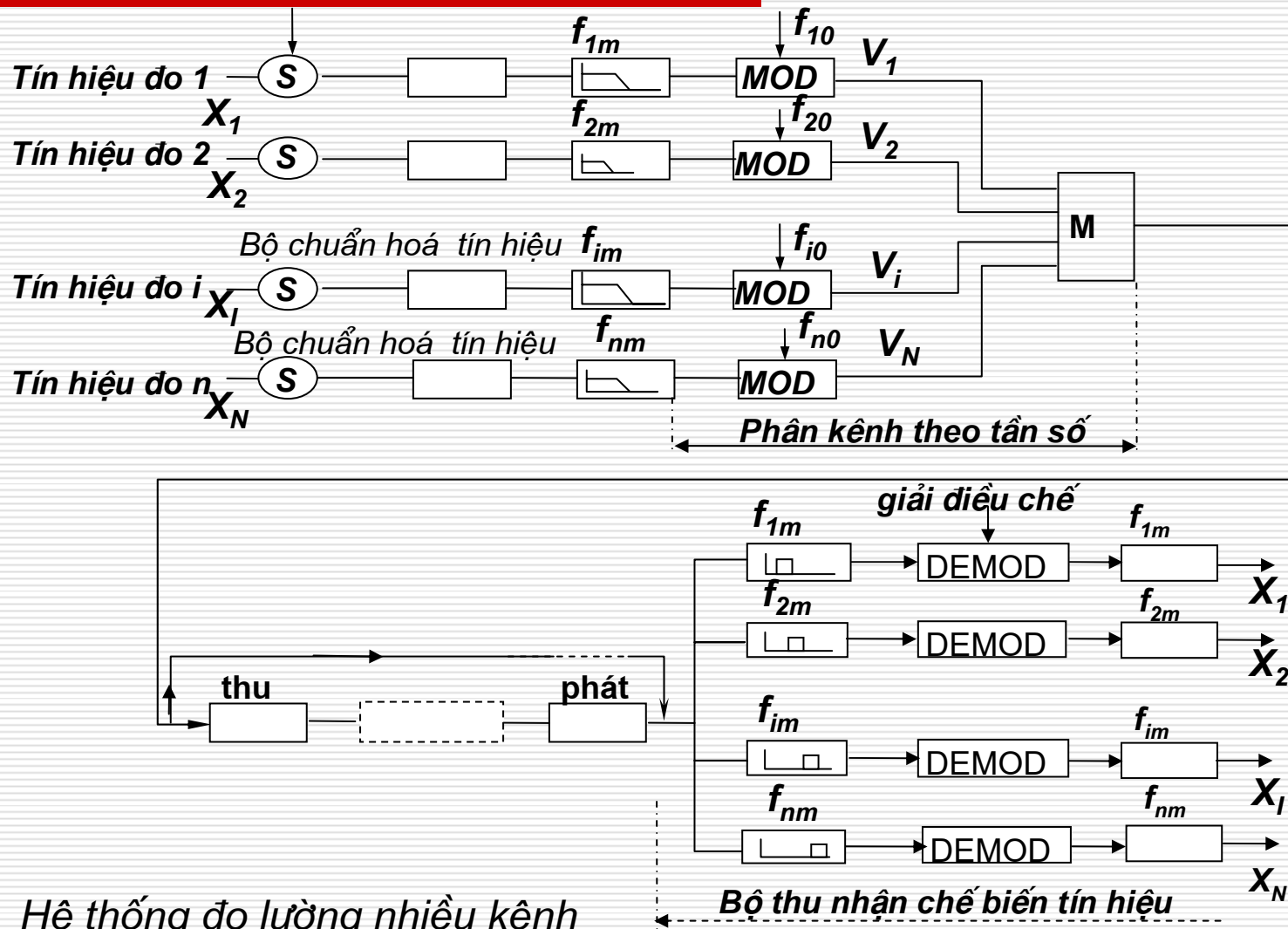
---

### **Với hệ thống đo lường nhiều kênh**

Trường hợp cần đo nhiều đại lượng, mỗi đại lượng đo ở một kênh, như vậy tín hiệu đo được lấy từ các sensor qua bộ chuyển đổi chuẩn hoá tới mạch điều chế tín hiệu ở mỗi kênh, sau đó sẽ đưa qua phân kênh (multiplexer) để được sắp xếp tuần tự truyền đi trên cùng một hệ thống dẫn truyền. Để có sự phân biệt, các đại lượng đo trước khi đưa vào mạch phân kênh cần phải mã hoá hoặc điều chế (Modulation - MOD) theo tần số khác nhau (thí dụ như  $f_{10}$ ,  $f_{20}$ ...) cho mỗi tín hiệu của đại lượng đo.

Tại nơi nhận tín hiệu lại phải giải mã hoặc giải điều chế (Demodulation – DEMOD) để lấy lại từng tín hiệu đo. Đây chính là hình thức đo lường từ xa (Telemetry) cho nhiều đại lượng đo.

# 1.1 Định nghĩa và phân loại thiết bị đo



Hình 1.2 Hệ thống đo lường nhiều kênh

## 1.2 Sơ đồ cấu trúc thiết bị đo lường tương tự và số

---

### 1.2.1 Hệ thống đo biến đổi thẳng

Trong hệ thống đo biến đổi thẳng đại lượng vào  $x$  qua nhiều khâu biến đổi trung gian được biến thành đại lượng ra  $z$ .

Quan hệ giữa  $z$  và  $x$  có thể viết:  $Z = f(x)$

Trong đó  $f(x)$  là một toán tử thể hiện cấu trúc của thiết bị đo

Trong trường hợp quan hệ lượng vào và lượng ra là tuyến tính ta có thể viết :

$$Z = S.x \quad (1-1)$$

Lúc đó :  $S$  gọi là độ nhạy tĩnh của thiết bị.

- Nếu một thiết bị gồm nhiều khâu nối tiếp thì quan hệ giữa lượng vào và lượng ra có thể viết:

$$Z = \prod_{i=1}^n S_i . x \quad (1.2)$$

$S_i$ : là độ nhạy của khâu thứ  $i$  trong thiết bị.

## 1.2 Sơ đồ cấu trúc thiết bị đo lường tương tự và số

---

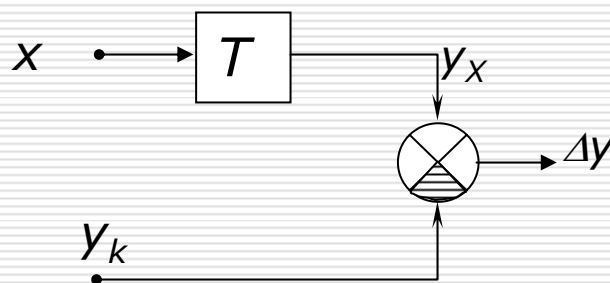
### 1.2.2 Hệ thống đo kiểu so sánh

Trong thiết bị đo kiểu so sánh đại lượng vào  $x$  thường được biến đổi thành đại lượng trung gian  $y_x$  qua một phép biến đổi  $T$ :

$$y_x = T.x$$

Sau đó  $y_x$  được so sánh với đại lượng bù  $y_k$ .

Ta có:  $\Delta y = y_x - y_k$



Hình 1.3 Hệ thống đo kiểu so sánh



## 1.2 Sơ đồ cấu trúc thiết bị đo lường tương tự và số

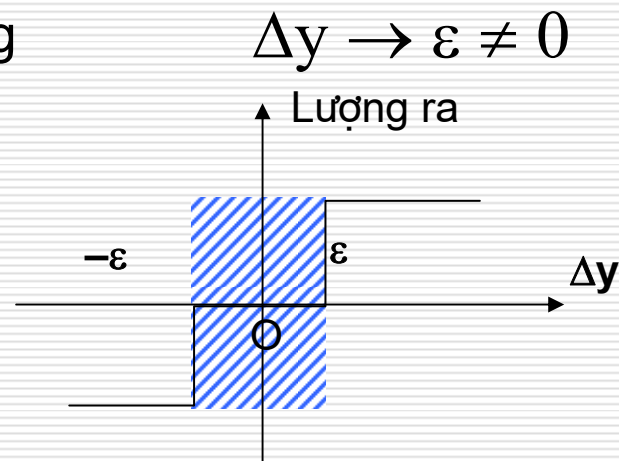
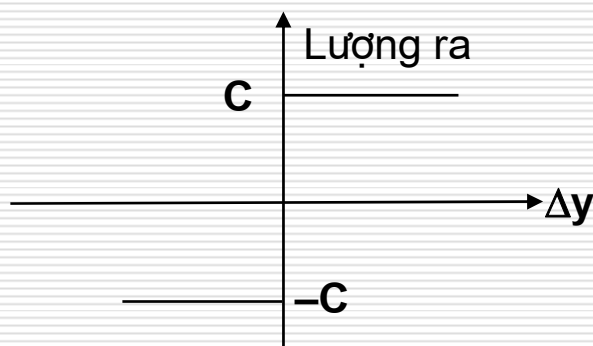
### a. Phương pháp so sánh kiểu cân bằng (hình 1.4)

Trong phương pháp này, đại lượng vào so sánh:  $y_x = \text{const}$  ; đại lượng bù  $y_k = \text{const}$

Tại điểm cân bằng :  $\Delta y = y_x - y_k \rightarrow 0$

### b. Phương pháp so sánh không cân bằng (hình 1.5)

Cũng giống như trường hợp trên song



Hình 1.4 Phương pháp so sánh cân bằng      Hình 1.5 Phương pháp so sánh không cân bằng

## 1.2 Sơ đồ cấu trúc thiết bị đo lường tương tự và số

### c. Phương pháp mã hoá thời gian

Trong phương pháp này đại lượng vào  $y_x = \text{const}$  còn đại lượng bù  $y_k$  cho tăng tỉ lệ với thời gian  $t$ :

$$y_k = y_0 \cdot t \quad (y_0 = \text{const})$$

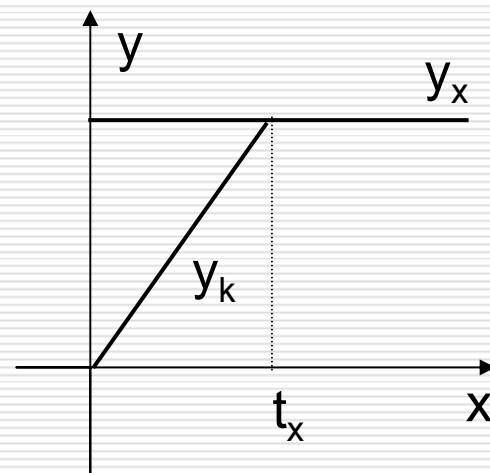
Tại thời điểm cân bằng  $y_x = y_k = y_0 \cdot t_x$

$$\Rightarrow t_x = \frac{y_x}{y_0} \quad (1-3)$$

Đại lượng cần đo  $y_x$  được biến thành khoảng thời gian  $t_x$

ở đây phép so sánh phải thực hiện một bộ ngưỡng

$$\Delta y = \text{sign}(y_x - y_k) = \begin{cases} 1 & y_x \geq y_k \\ 0 & y_x < y_k \end{cases}$$



Hình 1.6 Phương pháp mã hoá thời gian

## 1.2 Sơ đồ cấu trúc thiết bị đo lường tương tự và số

### d. Phương pháp mã hoá tần số xung

Trong phương pháp này đại lượng vào  $y_x$

cho tăng tỉ lệ với lượng cần đo  $x$  và khoảng thời gian  $t$ :  $y_x = t.x$

Còn đại lượng bù  $y_k$  được giữ không đổi

Tại điểm cân bằng có:

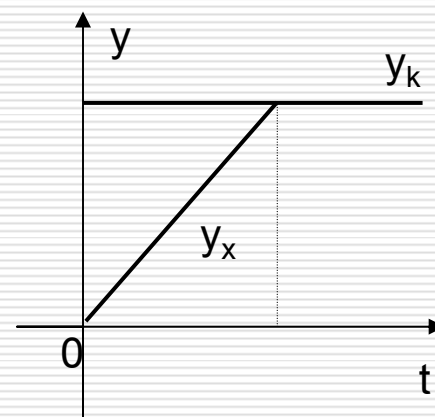
$$y_x = x.t_x = y_k = \text{const}$$

$$\rightarrow: f_x = 1/t_x = x / y_k \quad (1-4).$$

Đại lượng cần đo  $x$  đã được biến thành tần số  $f_x$ . ở đây phép so sánh cũng phải thực

hiện 1 bộ ngưỡng

$$\Delta y = \text{sign}(y_k - y_x) = \begin{cases} 1 & \text{nếu } y_k \geq y_x \\ 0 & \text{nếu } y_k < y_x \end{cases}$$



Hình 1.7 Phương pháp mã hoá tần số xung

## 1.2 Sơ đồ cấu trúc thiết bị đo lường tương tự và số

### e. Phương pháp mã hoá số xung

Trong phương pháp này đại lượng vào  $y_x$  được giữ bằng const, còn đại lượng bù  $y_k$  cho tăng tỉ lệ với thời gian  $t$  theo quy luật bậc thang với những bước nhảy không đổi  $y_0$  gọi là bước lượng tử.

$T = \text{const}$  còn gọi là xung nhịp

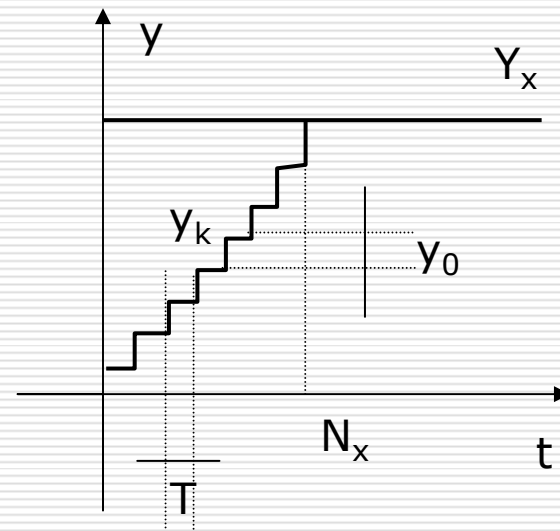
$$\text{Ta có: } y_k = y_0 \sum_{i=1}^n 1(t - iT) \quad (1.5)$$

Tại điểm cân bằng đại lượng vào  $y_x$  được biến thành con số  $N_x$ .

$$y_x \approx N_x \cdot y_0 \quad (1-6)$$

Để xác định được điểm cân bằng, phép so sánh cũng phải thực hiện một bộ ngưỡng

$$\Delta y = \text{sign}(y_x - y_k) = \begin{cases} 1 & \text{nếu } y_x \geq y_k \\ 0 & \text{nếu } y_x < y_k \end{cases}$$



Hình 1.8 Phương pháp mã hoá số xung

## 1.3 Các đặc tính tĩnh của thiết bị đo

---

### 1.3.1 Độ nhạy, độ chính xác và các sai số của thiết bị đo

#### a. Độ nhạy và ngưỡng độ nhạy

Để có một sự đánh giá về quan hệ giữa lượng vào và lượng ra của thiết bị đo, ta dùng khái niệm về độ nhạy của thiết bị:

$$S = \frac{\Delta z}{\Delta x} \quad (1-7)$$

S: Độ nhạy tĩnh của thiết bị đo.

Nếu thiết bị đo gồm nhiều khâu nối tiếp:  $S = \prod_{i=1}^n S_i$

Với  $S_i$  là độ nhạy của khâu thứ  $i$  trong thiết bị.

Xét quan hệ giữa ngưỡng độ nhạy và thang đo của thiết bị:

$$D = x_{\max} - x_{\min} \quad \{ x_{\min} \text{ thường} = 0 \}$$

Từ đó đưa ra khái niệm về khả năng phân ly của thiết bị đo:

$$\frac{D}{\varepsilon} = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{\varepsilon} \text{ và so sánh các } R \text{ với nhau}$$

## 1.3 Các đặc tính tĩnh của thiết bị đo

---

### **b. Độ chính xác và các sai số của thiết bị đo**

-Độ chính xác là tiêu chuẩn quan trọng nhất của thiết bị đo. Bất kỳ 1 phép đo nào đều có sai lệch so với đại lượng đúng

$$\delta_i = x_i - x_d$$

$x_i$  : kết quả của lần đo thứ  $i$

$x_d$  : giá trị đúng của đại lượng đo

$\delta_i$  : Sai lệch của lần đo thứ  $i$

- Sai số tuyệt đối của 1 thiết bị đo được định nghĩa là giá trị lớn nhất của các sai lệch gây nên bởi thiết bị trong khi đo:

$$\Delta x = \max[\delta_i]$$

- Sai số tuyệt đối chưa đánh giá được tĩnh chính xác và yêu cầu công nghệ của thiết bị đo. Thông thường độ chính xác của 1 phép đo hoặc 1 thiết bị đo được đánh giá bằng sai số tương đối:

## 1.3 Các đặc tính tĩnh của thiết bị đo

---

+ Với 1 phép đo, sai số tương đối được tính

$$\beta = \frac{\Delta x}{x} \quad \text{Với } x \text{ là giá trị đại lượng đo}$$

+ Với 1 thiết bị đo, sai số tương đối được tính

$$\gamma = \frac{\Delta x}{D}$$

Giá trị % gọi là sai số tương đối quy đổi dùng để sắp xếp các thiết bị đo thành các cấp chính xác.

Theo quy định hiện hành của nhà nước, các dụng cụ đo cơ điện có cấp chính xác: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; và 4

Thiết bị đo số có cấp chính xác: 0,005; 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2;; 0,5; 1.

## 1.3 Các đặc tính tĩnh của thiết bị đo

---

Khi biết cấp chính xác của một thiết bị đo ta có thể xác định được sai số tương đối quy đổi và suy ra sai số tương đối của thiết bị trong các phép đo cụ thể.

$$\text{Ta có: } \beta = \gamma \cdot \frac{D}{x} \quad (1-8)$$

Trong đó :  $\gamma$  là sai số tương đối của thiết bị đo, phụ thuộc cấp chính xác và không đổi nên sai số tương đối của phép đo càng nhỏ nếu  $D/x$  dần đến 1.

Vì vậy khi đo một đại lượng nào đó cố gắng chọn  $D$  sao cho:  $D \approx x$



## 1.3 Các đặc tính tĩnh của thiết bị đo

---

### 1.3.2 Điện trở vào và tiêu thụ công suất của thiết bị đo

Thiết bị đo phải thu năng lượng từ đối tượng đo dưới bất kì hình thức nào để biến thành đại lượng đầu ra của thiết bị. Tiêu thụ năng lượng này thể hiện ở phản tác dụng của thiết bị đo nên đối tượng đo gây ra những sai số mà ta thường biết được nguyên nhân gọi là sai số phụ về phương pháp. Trong khi đo ta cố gắng phấn đấu sao cho sai số này không lớn hơn sai số cơ bản của thiết bị.

- Với các thiết bị đo cơ học sai số chủ yếu là phản tác dụng của chuyển đổi. Với các thiết bị đo dòng áp, sai số này chủ yếu là do ảnh hưởng của tổng trở vào và tiêu thụ công suất của thiết bị.

Tổn hao năng lượng với mạch đo dòng áp là:

$$\Delta P_A = R_A \cdot I^2 \quad ; \quad \Delta P_U = U^2 / R_V.$$

Vậy ta tạm tính sai số phụ do ảnh hưởng của tổng trở vào là:

$$\gamma_I = R_A / R_t \quad ; \quad \gamma_U = R_t / R_V.$$

$R_A$ : Điện trở của ampemet hoặc phần tử phản ứng với dòng

$R_V$ : Điện trở của vônmet hoặc phần tử phản ứng với áp

## 1.3 Các đặc tính tĩnh của thiết bị đo

Ví dụ : phân tích sai số phụ khi đo áp trên hình 1.9.

+ Giả sử cần kiểm tra điện áp  $U_{AO}$ .

Theo lý lịch  $[U_{AO}] = 50 \pm 2(v)$ .

+ Xét khi chưa đo (k mở), ta có ngay:

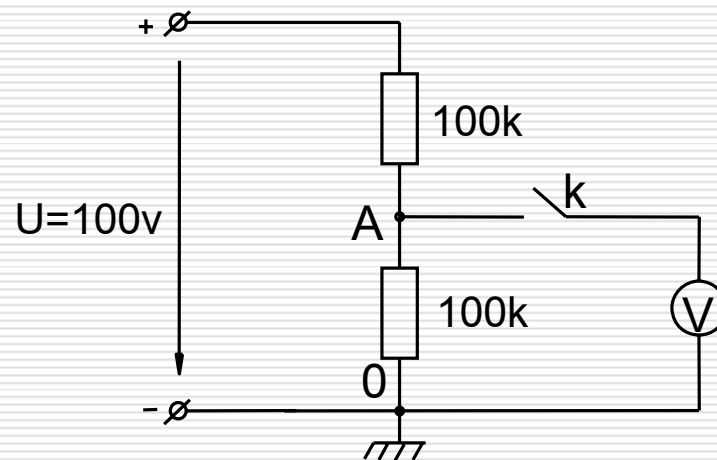
$$U_{AO} = 50 (v).$$

+ Xét khi đo (k đóng).

Giả sử  $R_V = 100 \text{ k}\Omega$ . Vậy điện áp đo được:

$$U_V = U_{AO}' = 33,3 \text{ V}$$

Sai số từ 33V trở lên 50V chính là sai số phụ về phương pháp do ảnh hưởng điện trở của V sinh ra.



Hình 1.9 Ví dụ về sai số phụ

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

---

Gia công kết quả đo lường là dựa vào kết quả của những phép đo cụ thể ta xác định giá trị đúng của phép đo đó và sai số của phép đo ấy.

$$x = x_d \pm \Delta x = \bar{x} \pm \Delta x \quad (1-10)$$

Dụng cụ đo nào cũng có sai số và nguyên nhân sai số rất khác nhau, vì vậy cách xác định sai số phải tùy theo từng trường hợp mà xác định. Hiện nay đã dùng nhiều phương pháp khác nhau để phép đo đảm bảo yêu cầu kỹ thuật đề ra.

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

---

### 1.4.1 Tính toán sai số ngẫu nhiên

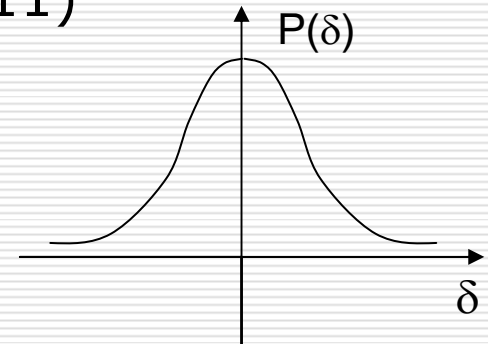
- Để xác định sai số ngẫu nhiên ta dựa vào phương pháp thống kê nhiều kết quả đo lường. Sai số ngẫu nhiên của lần đo thứ  $i$  được tính

$$\delta_i = x_i - M[x] \quad (1-11)$$

Trong đó:

$x_i$  : kết quả lần đo thứ  $i$

$M[x]$ : Kỳ vọng toán học của vô số lần đo đại lượng  $x$



Hình 1.10 Luật phân bố chuẩn

- Theo toán học thống kê thì sự phân bố của sai số ngẫu nhiên xung quanh giá trị kỳ vọng toán học theo một quy luật nhất định gọi là luật phân bố xác suất.

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

Trong các thiết bị đo lường và điều khiển thường theo quy luật phân bố chuẩn:

$$P(\delta) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{\frac{-\delta^2}{2\sigma^2}} \quad (1-12)$$

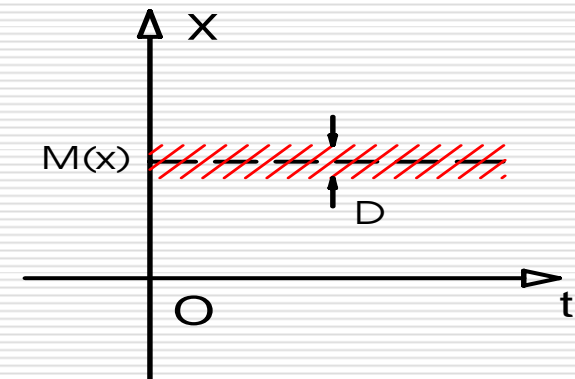
trong đó:

$\sigma$ : Độ lệch quân phương hay phương sai của sai số ngẫu nhiên. Ta có công thức

$$\sigma^2 = D = \int_{-\infty}^{\infty} \delta^2 P(\delta) d\delta \quad (1-13)$$

Với  $D$  gọi là độ tán xạ

Trong kĩ thuật ta thường dùng khái niệm phương sai  $\sigma = \sqrt{D}$  vì nó có cùng thứ nguyên với đại lượng cần đo.



Hình 1.11 Kì vọng và độ tán xạ của luật phân bố chuẩn

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

---

Quá trình gia công kết quả như sau:

***Khi số lần đo là rất lớn ( $n > 30$ )***

Sai số ngẫu nhiên được tính:

$$\Delta x = k \cdot \sigma \quad (1-14)$$

Trong đó k là hệ số, được tra trong sổ tay kỹ thuật (bảng hoặc đường cong)

***Khi số lần đo có giới hạn ( $n \leq 30$ ).***

Quá trình gia công được tiến hành như sau:

+ Kỳ vọng toán học được lấy là trung bình cộng của n lần đo.

$$M[x] = \bar{x} = x_d = \frac{\sum_{k=1}^n x_i}{n} \quad (1-15)$$

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

---

+ Phương sai của sai số ngẫu nhiên được tính theo công thức Bessel

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( x_i - \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \right)^2}{n-1}} \quad (1-16)$$

Nếu ta lấy kết quả là giá trị trung bình của n lần đo thì phương sai sẽ giảm đi căn n lần ( $\sqrt{n}$ )

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (1-17)$$

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

---

Sai số ngẫu nhiên được tính:

$$\Delta x = k_{st} \sigma_{\bar{x}}$$

$k_{st}$ : Hệ số Student, nó phụ thuộc vào số lần thu thập  $n$  và xác suất yêu cầu  $p$ . Hệ số  $k_{st}$  được tra trong các sổ tay kỹ thuật:  $k_{st} = f(n, p)$

+ Kết quả đo được tính

$$x = \bar{x} \pm \Delta x = \frac{\sum x_i}{n} \pm k_{st} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( x_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \right)^2}{n(n-1)}} \quad (1-18)$$



## 1.4 Gia công kết quả đo lường

---

*Chú ý:* Trong thực tế có những lần thu thập số liệu mà kết quả của nó không đáng tin cậy (và ta thường gọi là nhiễu của tập số liệu), vì vậy ta phải loại bỏ lần đo này nhờ thuật toán sau:

Sau khi tính  $\sigma$  ta so sánh các  $|\delta_i|$  với  $3\sigma$  Với  $i = 1$  đến  $n$ , nếu lần đo nào có  $|\delta_i| \geq 3\sigma$  thì phải loại bỏ lần đo đó và tính lại từ đầu với  $(n-1)$  phép đo còn lại. Người ta đã chứng minh rằng việc loại bỏ đó đã đảm bảo độ tin cậy 99,7%

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

---

### Ví dụ

Tính kết quả đo và sai số ngẫu nhiên với một xác suất đáng tin  $p=0.98$  của một phép đo điện trở bằng cầu kép với kết quả như sau :

(Đơn vị tính =  $m\Omega$ ) ( $n = 12 \rightarrow k_{st} = 2,72$ ;  $n = 14 \rightarrow k_{st} = 2,65$ )

140,25 ; 140,50 ; 141,75 ; 139,25 ; 139,50 ; 140,25 ; 140,00 ; 126,75 ;  
141,15 ; 142,25 ; 140,75 ; 144,15 ; 140,15 ; 142,75.

Biết sai số ngẫu nhiên có phân bố chuẩn.

### Giải

Sau khi tính ta được giá trị trung bình của phép đo:

$$\bar{R} = M[R] = \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{14} = 139,96(m\Omega)$$

+ Phương sai của sai số ngẫu nhiên được tính :

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(R_i - \bar{R})^2}{n-1}} = 4,03(m\Omega)$$

So sánh các  $\delta_i = R_i - \bar{R}$  với  $3\sigma$ .

Ta thấy lần đo thứ 8 phạm phải sai lầm lớn:

$$\delta_8 = R_8 - \bar{R} \geq 3\sigma$$

nên ta bỏ qua lần đo này và tính lại từ đầu với 13 lần đo còn lại.

Lập bảng:

STT	$R_i$	$\delta_i$	$\delta_i^2$
1	140,25	-0,73	0,5329
2	140,50	-0,48	0,2304
3	141,75	0,77	0,5929
4	139,25	-1,73	2,9929
5	139,50	-1,48	2,1904
6	140,25	-0,73	0,5329
7	140,00	-0,98	0,9624
8	141,15	0,17	0,0289
9	142,25	1,27	1,6129
10	140,75	-0,23	0,0529
11	144,15	3,71	13,7641
12	140,15	-0,83	0,6889
13	142,75	1,77	3,1329
	Tổng:	0	23,64

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

---

Tính lại:

$$M[R] = \bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^{13} R_i}{13} = 140,98; \quad \sum_{i=1}^{13} \delta_i^2 = 23,64$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (R_i - \bar{R})^2}{13 - 1}} = \sqrt{\frac{\sum \delta_i^2}{13 - 1}} \approx 1,4(m\Omega)$$

$$\sigma_{\bar{R}} = \frac{\sigma}{\sqrt{13}} \approx 0,38(m\Omega)$$

Với  $P = 0,98$ ;  $n = 13$ ; chọn  $k_{st} = \frac{2,72 + 2,65}{2} = 2,685$

$$\Delta R = k_{st} \cdot \sigma_{\bar{R}} \approx 1,4(m\Omega)$$

Kết quả

$$R = \bar{R} \pm \Delta R = 140,98 \pm 1,4(m\Omega)$$

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

### 1.4.2 Tính toán sai số gián tiếp

Trong thực tế có nhiều phương pháp đo mà kết quả được tính từ phép đo trực tiếp khác, người ta gọi phép đo đó là phép đo gián tiếp.

Giả sử có 1 phép đo gián tiếp đại lượng  $y$  thông qua các phép đo trực tiếp  $x_1, x_2, \dots, x_n$

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Ta có: 
$$dy = \frac{\partial y}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial y}{\partial x_2} dx_2 + \dots + \frac{\partial y}{\partial x_n} dx_n \quad (1-19)$$

Sai số tuyệt đối của phép đo gián tiếp được đánh giá:

$$\Delta y = \sqrt{\left(\frac{\partial y}{\partial x_1} \Delta x_1\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial x_2} \Delta x_2\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial y}{\partial x_n} \Delta x_n\right)^2} = \sqrt{\sum_{k=1}^n \left(\frac{\partial y}{\partial x_k} \Delta x_k\right)^2} \quad (1-20)$$

$\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$ : sai số tuyệt đối của phép đo các đại lượng trực tiếp  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

---

Sai số tương đối của phép đo gián tiếp được tính là

$$\begin{aligned}\beta_y = \frac{\Delta y}{y} &= \sqrt{\left(\frac{\Delta x_1}{y}\right)^2 \left(\frac{\partial y}{\partial x_1}\right)^2 + \dots + \left(\frac{\Delta x_n}{y}\right)^2 \left(\frac{\partial y}{\partial x_n}\right)^2} \\ &= \sqrt{\beta_{x_1}^2 + \beta_{x_2}^2 + \dots + \beta_{x_n}^2}\end{aligned}\quad (1-21)$$

hoặc :

$$\Delta y = \left|\frac{\partial y}{\partial x_1} \Delta x_1\right| + \left|\frac{\partial y}{\partial x_2} \Delta x_2\right| + \dots + \left|\frac{\partial y}{\partial x_n} \Delta x_n\right| = \sum_{i=1}^n \left|\frac{\partial y}{\partial x_i} \Delta x_i\right| \quad (1-22)$$

Trong đó:  $\beta_{x_1}, \beta_{x_2}, \dots, \beta_{x_n}$  là sai số tương đối của các phép đo trực tiếp  $x_1, x_2, \dots, x_n$

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

$$\gamma_y = \Delta y / y$$

Bảng tính sai số tuyệt đối và sai số tương đối của 1 số hàm y thường gặp

Hàm y	Sai số tuyệt đối $\Delta y$	Sai số tương đối $\gamma_y = \Delta y / y_0$
$x_1 + x_2$	$\pm \sqrt{(\Delta x_1)^2 + (\Delta x_2)^2}$	$\pm \sqrt{\frac{(\Delta x_1)^2 + (\Delta x_2)^2}{(x_1 + x_2)^2}}$
$x_1 \cdot x_2$	$\pm \sqrt{x_1^2 (\Delta x_2)^2 + x_2^2 (\Delta x_1)^2}$	$\pm \sqrt{\left(\frac{\Delta x_1}{x_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta x_2}{x_2}\right)^2}$
$\frac{x_1}{x_2}$	$\pm \sqrt{\frac{x_1^2 (\Delta x_2)^2 + x_2^2 (\Delta x_1)^2}{x_2^4}}$	$\pm \sqrt{\left(\frac{\Delta x_1}{x_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta x_2}{x_2}\right)^2}$
$x^n$	$\pm n x^{n-1} \Delta x$	$\pm n \left(\frac{\Delta x}{x}\right)$

## 1.4 Gia công kết quả đo lường

### Ví dụ

Người ta sử dụng Ampemét và Volmét để đo điện trở bằng phương pháp gián tiếp. Ampemét có thang đo là 1A, cấp chính xác là 1. Volmét có thang đo là 150V, cấp chính xác 1.5. Khi đo ta được số chỉ của hai đồng hồ là:  $I = 1A$ ,  $U = 100V$

Hãy tính sai số tuyệt đối và tương đối của phép đo điện trở trên.

### Giải

+ Sai số tuyệt đối của Ampemét là:

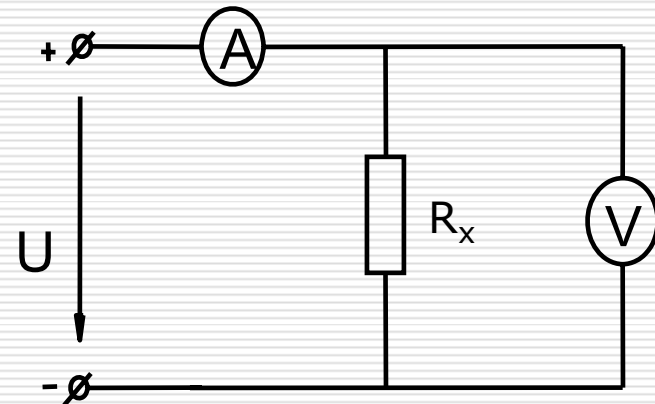
$$\Delta I = D_I \gamma\% = 1. 1/100 = 0.01(A)$$

+ Sai số tuyệt đối của Volmét là:

$$\Delta U = D_U \gamma\% = 150.1.5/100=2.25(V)$$

+ Giá trị điện trở theo phép đo là:

$$R = U/I = 100/1 = 100(\Omega)$$



Hình 1.12 Ví dụ về tính toán sai số gián tiếp



## 1.4 Gia công kết quả đo lường

---

**+ Sai số tuyệt đối của phép đo điện trở là:**

$$\Delta R = \sqrt{\frac{I^2 \Delta U^2 + U^2 \Delta I^2}{I^4}} = \sqrt{\frac{1 * 2.25^2 + 100^2 * 0.01^2}{1}} = 2.46\Omega$$

**+ Sai số tương đối của phép đo điện trở**

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{\Delta R}{R} 100 = \sqrt{\left(\frac{\Delta U}{U}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I}{I}\right)^2} * 100 \\ &= \sqrt{\left(\frac{2.25}{100}\right)^2 + \left(\frac{0.01}{1}\right)^2} * 100 = 0.024 * 100 = 2.4\%\end{aligned}$$

## Bài tập ví dụ

---

1. Người ta dùng Ampemet và Volmet một chiều để xác định giá trị điện trở của một đoạn mạch. Kết quả của các lần đo như sau

Lần đo	1	2	3	4	5	6	7
U (V)	10,50	9,25	11,15	12,45	11,75	10,00	10,50
I (mA)	2,50	2,75	2,40	3,00	1,75	2,00	1,75
Lần đo	9	8	10	11	12	13	14
U (V)	8,50	13,25	12,00	10,75	11.50	11,00	12,00
I(mA)	4,25	3,25	3,00	2,15	2,25	2,15	2,50

Yêu cầu: Xác định giá trị điện trở cần đo và xác định sai số của phép đo trên. Biết các giá trị đo phân bố theo luật phân bố chuẩn, xác suất đáng tin  $p = 0,99$ , với  $n = 14$   $k_{st} = 3,01$ ;  $n = 12$   $k_{stt} = 3,1$

---

**2.** Người ta sử dụng Ampemét và Volmét để đo điện trở bằng phương pháp gián tiếp. Ampemét có thang đo là 10A, cấp chính xác là 0.5. Volmét có thang đo là 100V, cấp chính xác 1. Khi đo ta được số chỉ của hai đồng hồ là:  $I = 1A$ ,  $U = 95V$

Hãy tính sai số tuyệt đối và tương đối của phép đo điện trở trên.

**3.** Tính toán sai số gián tiếp khi thí nghiệm đo điện trở  $R_x$  và tổng trở  $Z_x$  bằng phương pháp nguồn xoay chiều như hình dưới đây. Biết:  
Ampemét có thang đo là 10A, cấp chính xác là 0.5. số chỉ 8,5A  
Volmét có thang đo là 250V, cấp chính xác 1. số chỉ 240V  
Wattmet có thang đo 100W, cấp chính xác 1, số chỉ 85W

## Câu hỏi thảo luận chương 1.

---

**1.** Kết quả đo lường thường tùy thuộc vào hạn chế của thiết bị đo. Các hạn chế đó sẽ làm cho giá trị đo được (hay giá trị biểu kiến) hơi khác nhẹ với giá trị đúng (tức là giá trị tính toán theo thiết kế). Do vậy, để quy định hiệu suất của các thiết bị đo, cần phải có các định nghĩa về độ chính xác [accuracy], độ rõ [precision], độ phân giải [resolution], độ nhạy [sensitivity] và sai số [error] .

Anh (chị) hãy tìm hiểu về các định nghĩa trên.

**2.** Ảnh hưởng do quá tải có nghĩa là *sự suy giảm về trị số của thông số ở mạch cần đo khi mắc thiết bị đo vào mạch.*

Anh (chị) hãy giải thích rõ định nghĩa trên qua ví dụ thực tế mà anh (chị) biết.

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

BÀI GIẢNG  
MÔN ĐO LƯỜNG ĐIỆN

SVTH: HOÀNG THỊ HẢI YẾN

LỚP: K43SKD

*Thái nguyên 2012*



## 2.7.2 ĐO CÔNG SUẤT TÁC DỤNG MẠCH XOAY CHIỀU 3 PHA

### 2.7.2 .1 ĐO CÔNG SUẤT TÁC DỤNG MẠCH 3 PHA CÂN BẰNG

### 2.7,2,2 ĐO CÔNG SUẤT TÁC DỤNG MẠCH 3 PHA KHÔNG CÂN BẰNG

## 2.7.2 Đo công suất tác dụng mạch xoay chiều 3 pha

---

### 2.7.2.1. Đo công suất tác dụng trong mạch 3 pha cân bằng

a, Đo công suất tác dụng mạch 3 pha bốn dây.

Đối với mạch ba pha cân bằng ta có công suất tổng của cả mạch là :

-Theo đại lượng pha :

$$P_{3Pha} = P_A + P_B + P_C = 3P_A = 3U_f I_f \cos \varphi$$

Trong đó  $P_A, P_B, P_C$  là công suất ở từng pha A, B, C

---

-Theo đại lượng dây:

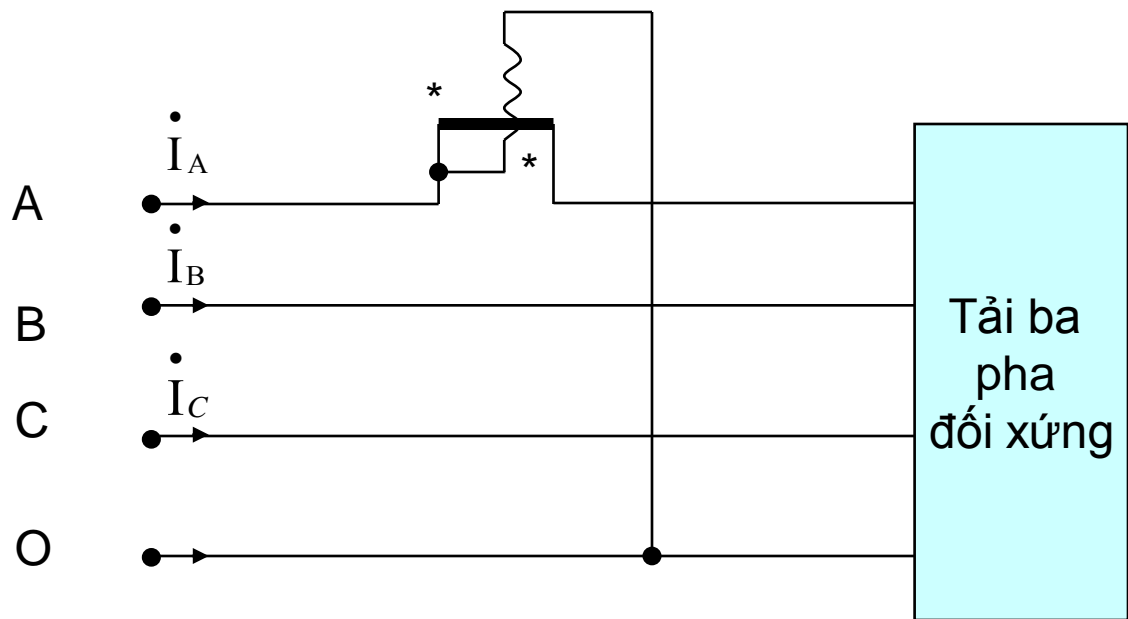
$$P_{3Pha} = \sqrt{3}U_d I_d \cos \varphi$$

Trong đó  $U_d, I_d$  là điện áp và dòng điện dây

---



Giả sử wattmet mắc vào pha A như sau :



Hình 1.1

Số chỉ của wattmet là :

$$P_W = U_A I_A \cos \varphi_A$$

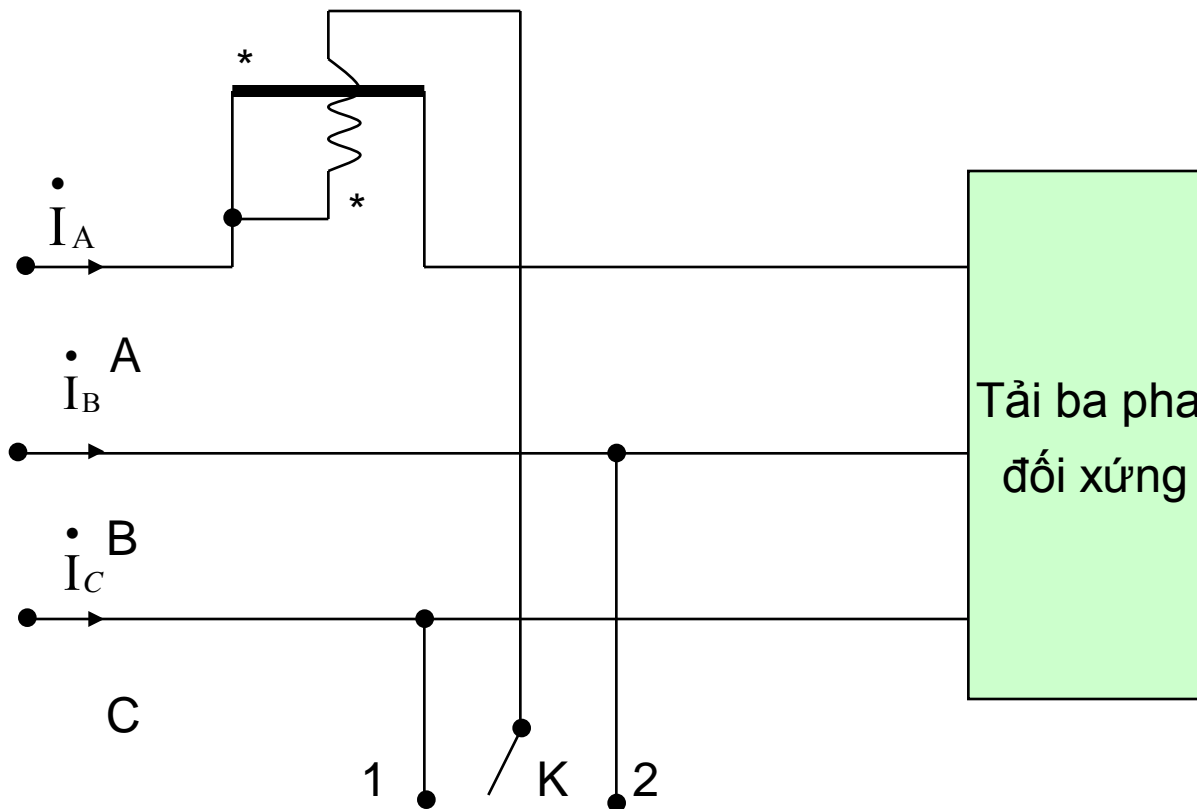
Do vậy công suất của ba pha là :

$$P_{3Pha} = 3P_A = 3P_W$$

Tương tự có thể mắc wattmet vào pha B hoặc pha C.

# b, Đo công suất tác dụng mạch ba pha ba dây

Sơ đồ mắc wattmet như sau:



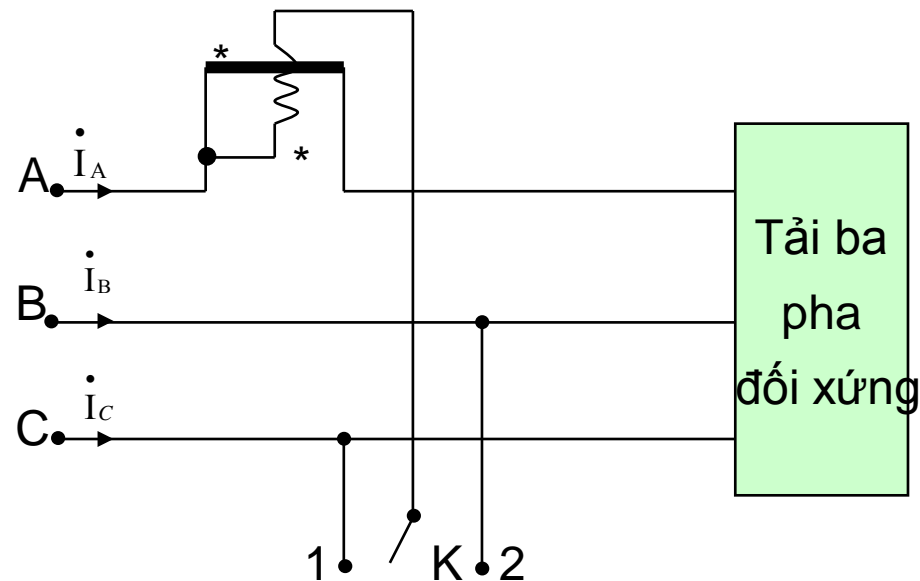
Hình 1.2

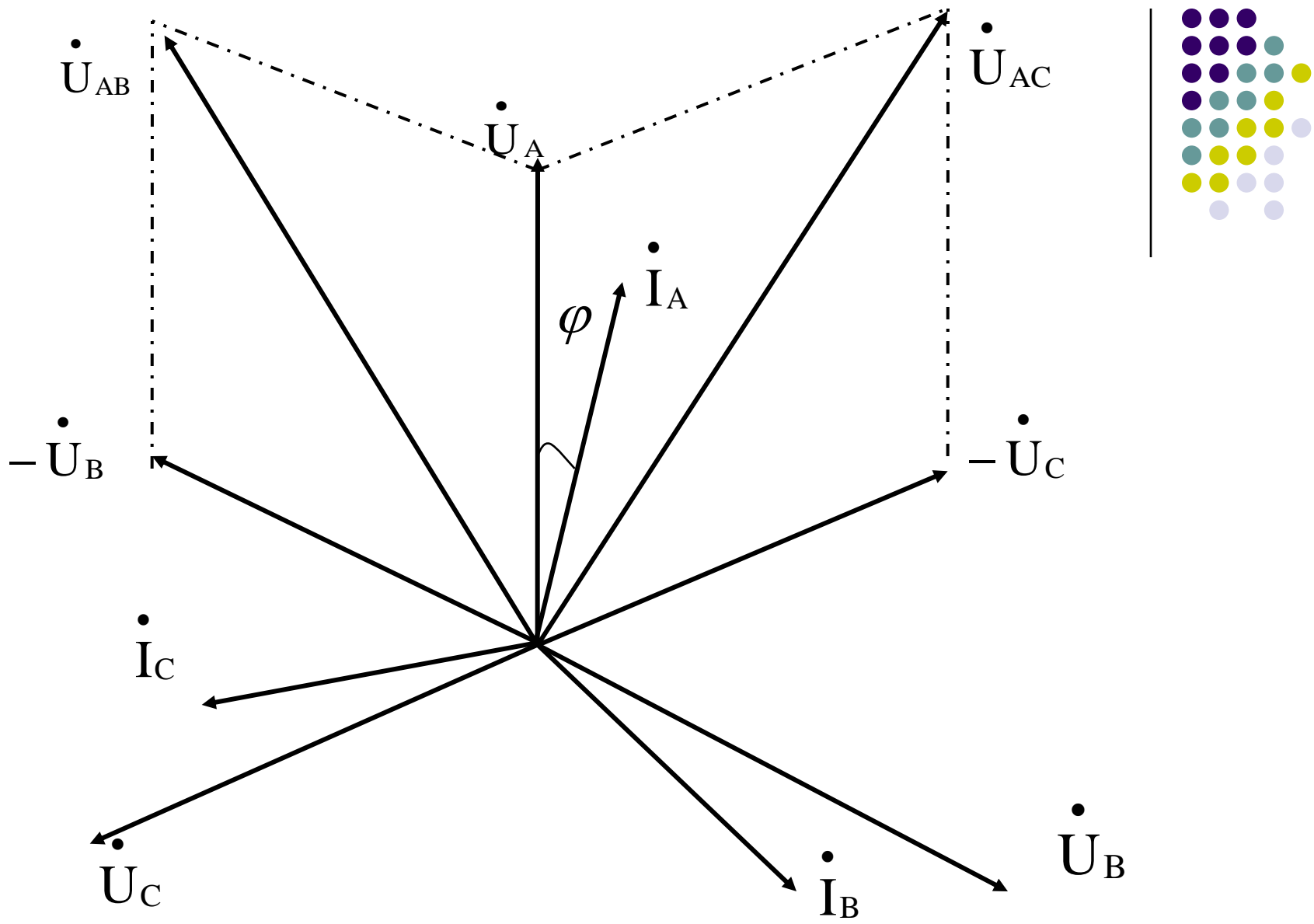
Khi đóng khoá K về phía 1  
số chỉ của wattmet là:

$$P_{W1} = U_{AC} I_A \cos(\dot{U}_{AC}, \dot{I}_A)$$

Khi đóng khoá K về phía 2  
Số chỉ của wattmet là :

$$P_{W2} = U_{AB} I_A \cos(\dot{U}_{AB}, \dot{I}_A)$$



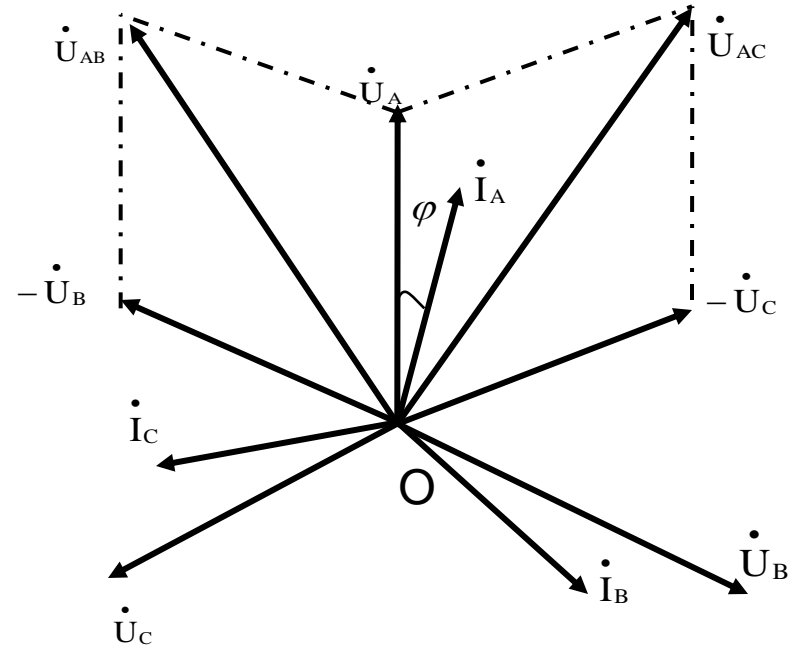


Hình 1.3 Đồ thị vectơ của phương pháp đo công suất dùng khóa chuyển đổi

Theo đồ thị vectơ ta có :

$$P_{W2} = U_d I_d \cos(30^\circ + \varphi)$$

$$P_{W1} = U_d I_d \cos(30^\circ - \varphi)$$



Từ đó ta có công suất của ba pha là :

$$P_{W1} + P_{W2} = U_d I_d [\cos(30^\circ - \varphi) + \cos(30^\circ + \varphi)]$$

$$= \sqrt{3} U_d I_d \cos \varphi = p_{3\text{Pha}}$$

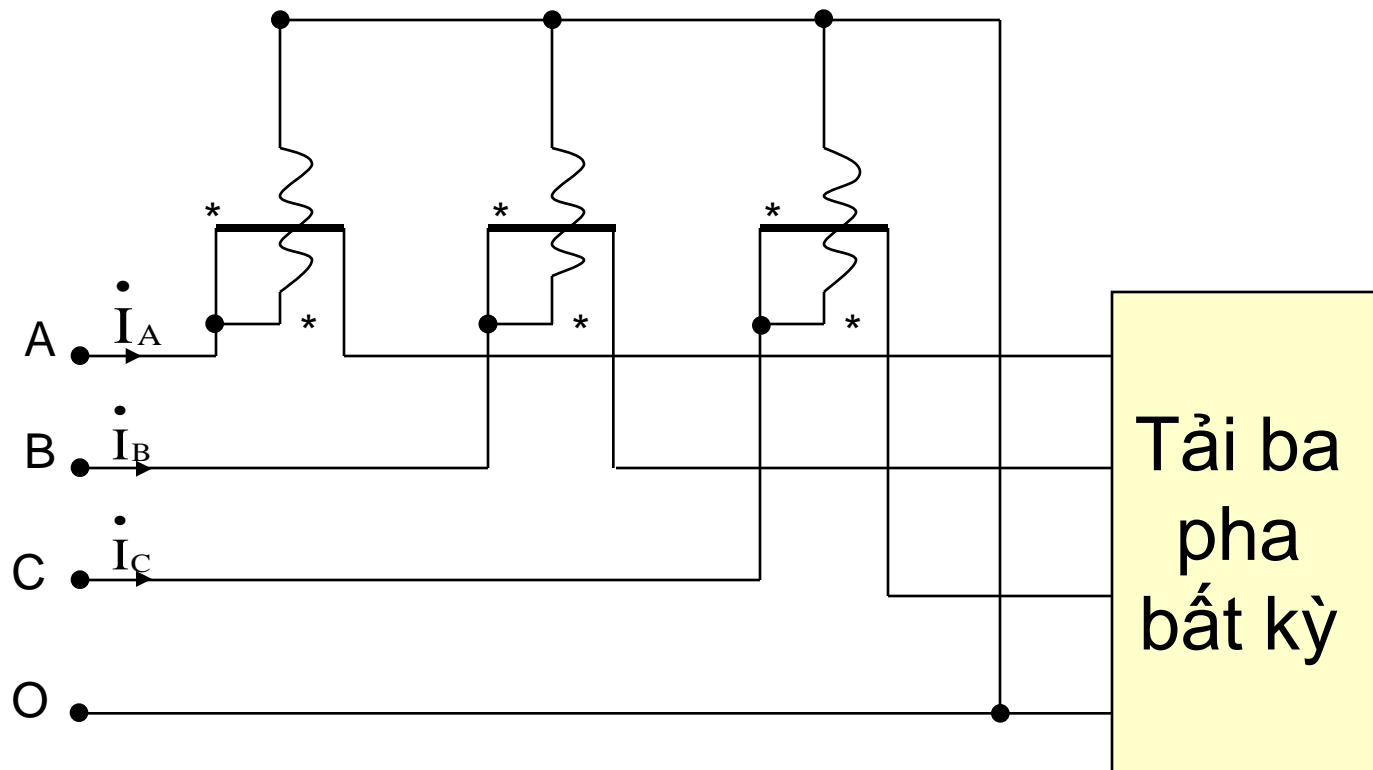
## 2.7.2.2.Đo công suất tác dụng trong mạch ba pha không cân bằng.

---

**a, Đo công suất tác dụng mạch ba pha bốn dây**

Với mạch ba pha không cân bằng ,ta có :

$$\begin{aligned} P_{3\text{Pha}} &= P_A + P_B + P_C \\ &= U_A I_A \cdot \cos(\dot{U}_A, \dot{I}_A) + U_B I_B \cdot \cos(\dot{U}_B, \dot{I}_B) + U_C I_C \cdot \cos(\dot{U}_C, \dot{I}_C) \end{aligned}$$



Hình 1.4 sơ đồ đo công suất tác dụng bằng ba wattmet



Ta có:

$$P_W = P_{WA} + P_{WB} + P_{WC}$$

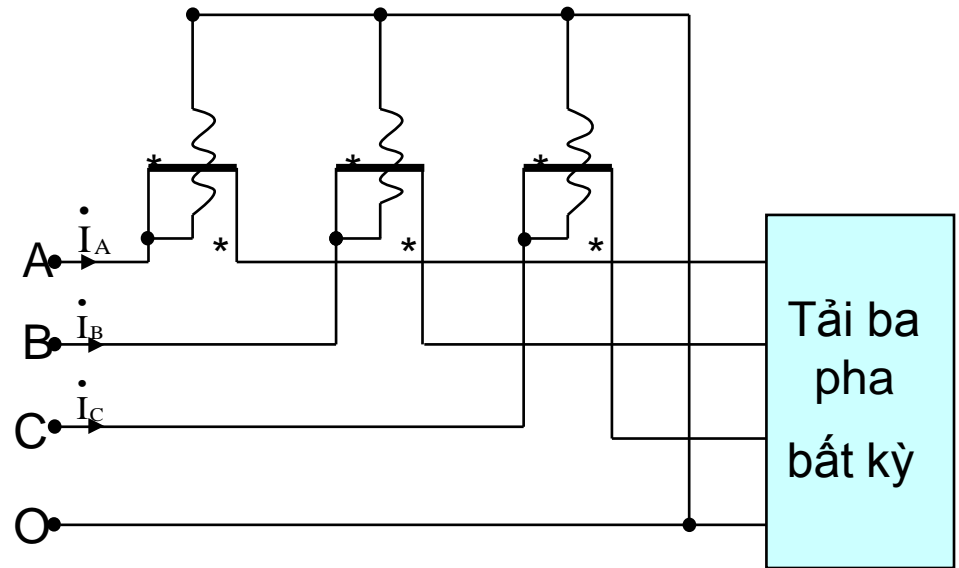
$$= U_A I_A \cos \varphi_A + U_B I_B \cos \varphi_B + U_C I_C \cos \varphi_C$$

$$= P_{3Pha}$$

Mô men làm quay phần động:

$$M_q = K(U_A I_A \cos \varphi_A + U_B I_B \cos \varphi_B + U_C I_C \cos \varphi_C)$$

$$= K \cdot P_{3Pha}$$



## b, Đo công suất tác dụng mạch 3 pha ba dây

Xét công thức tức thời của mạch ba pha là:

$$P_{3\text{pha}} = u_A i_A + u_B i_B + u_C i_C$$

Đối với mạch ba pha

$$i_A + i_B + i_C = 0$$

$$\Rightarrow i_C = -(i_A + i_B)$$

Vậy :

$$P_{3\text{pha}} = u_A i_A + u_B i_B - u_C (i_A + i_B)$$

$$= u_A i_A + u_B i_B - u_C i_A - u_C i_B$$

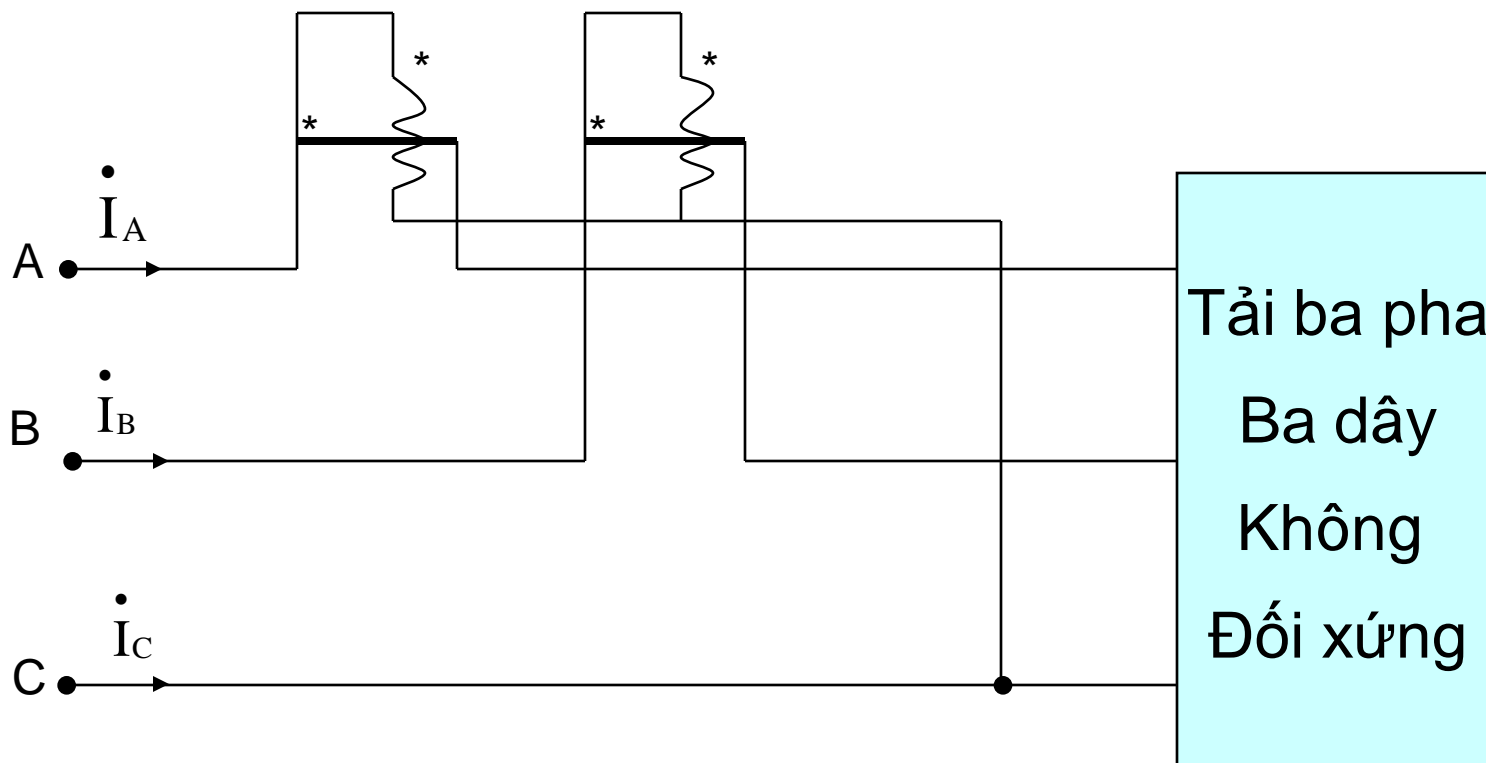
$$= i_A (u_A - u_C) + i_B (u_B - u_C)$$

$$= i_A u_{AC} + i_B u_{BC}$$

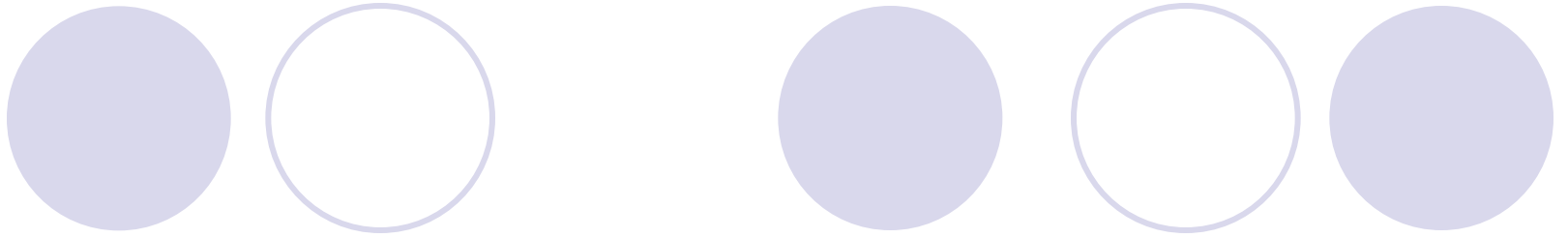
Công suất tác dụng của ba pha là :

$$P_{3\text{Pha}} = U_{AC} I_A \cos(\dot{U}_{AC}, \dot{I}_A) + U_{BC} I_B \cos(\dot{U}_{BC}, \dot{I}_B)$$

Như vậy có thể dùng hai wattmet một pha để đo công suất trong mạch ba pha. Cách mắc như sơ đồ

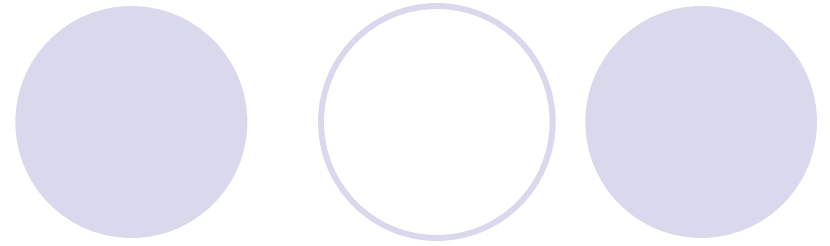
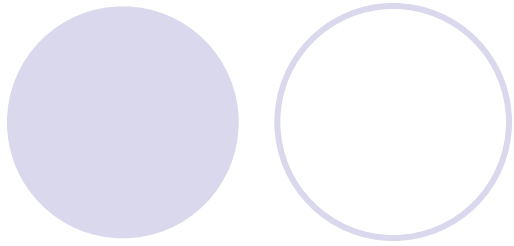


Hình 1.5 sơ đồ đo công suất tác dụng trong mạch ba pha ba dây



## **Bài tập vận dụng:**

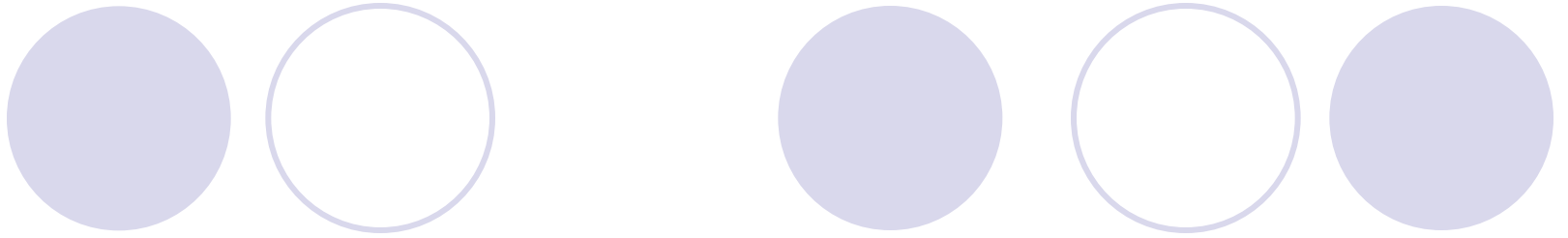
Xác định công thức tính công suất tác dụng mạch ba pha ba dây (không cân bằng) biết Wattmet có cuộn dòng mắc vào pha B và pha C ?.



Xác định công thức:

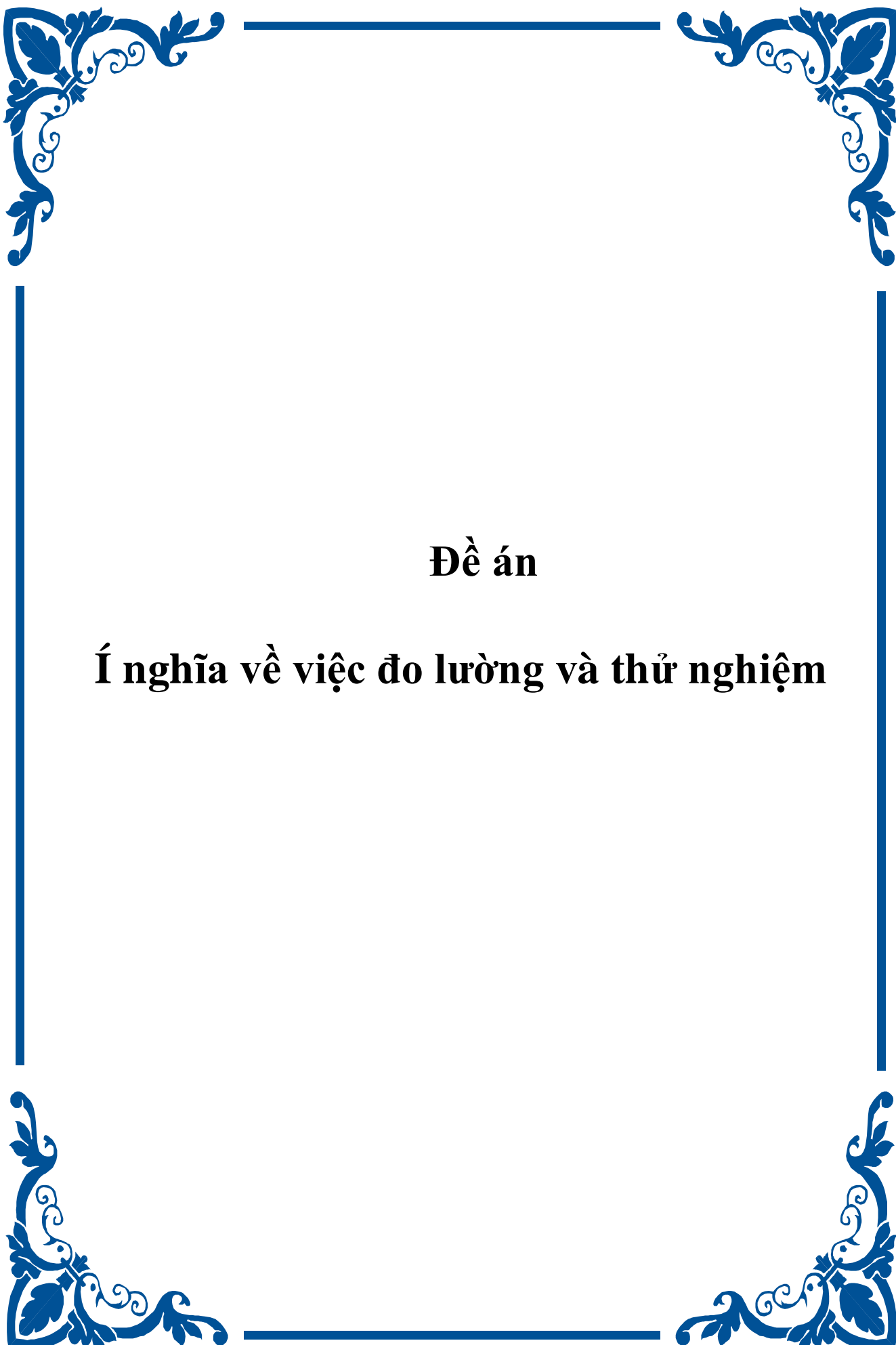
$$\dot{i}_A + \dot{i}_B + \dot{i}_C = 0 \quad \Rightarrow \quad \dot{i}_A = -(\dot{i}_C + \dot{i}_B)$$

$$\begin{aligned} P_{3\text{pha}} &= u_C \dot{i}_C + u_B \dot{i}_B - u_A (\dot{i}_C + \dot{i}_B) \\ &= u_C \dot{i}_C + u_B \dot{i}_B - u_A \dot{i}_C - u_A \dot{i}_B \\ &= \dot{i}_C (u_C - u_A) + \dot{i}_B (u_B - u_A) \\ &= \dot{i}_C u_{CA} + \dot{i}_B u_{BA} \end{aligned}$$



Công suất tác dụng của ba pha là:

$$P_{3\text{Pha}} = U_{CA} I_C \cos(\dot{U}_{CA}, \dot{I}_A) + U_{BA} I_B \cos(\dot{U}_{BA}, \dot{I}_B)$$



## **Đề án**

**Í nghĩa về việc đo lường và thử nghiệm**



# Ý NGHĨA CỦA VIỆC ĐO LƯỜNG VÀ THỬ NGHIỆM

## I. Ý nghĩa của đo lường

Kỹ thuật đo lường là một trong những ngành quan trọng nhất đối với sự phát triển của khoa học kỹ thuật trong mọi ngành kinh tế quốc dân. Với trình độ hiện nay, khả năng của kỹ thuật đo lường rất lớn mạnh và phát triển. Sau đây là những khả năng của kỹ thuật đo lường:

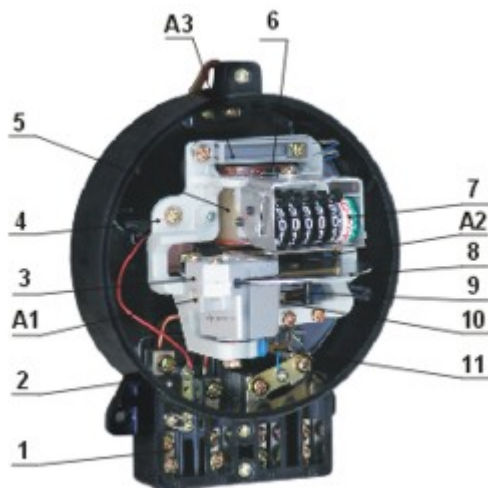
- Có thể đo bất kỳ đại lượng vật lý nào bằng cách biến nó thành điện hoặc bằng các thông số trong mạch điện. Rất nhiều loại chuyển đổi đo lường dựa trên nhiều nguyên tắc khác nhau, liên kết tất cả các ngành với ngành điện.
- Cũng có thể có phạm vi đo rất rộng, đại lượng cần đo có thể rất lớn hoặc rất nhỏ.
- Có thể đo những đại lượng không đổi hoặc biến đổi nhanh và theo dõi các quá trình.
- Có thể đo tại chỗ cũng như từ xa
- Có thể thực hiện những phép đo đơn giản và phương pháp đo phối hợp phức tạp.
- Trong lĩnh vực chinh phục vũ trụ, kỹ thuật đo lường đóng vai trò rất quan trọng. Đo các đại lượng trên khoảng không vũ trụ, đòi hỏi những thiết bị đo làm việc trong những môi trường đặc biệt, những phương pháp mã hoá và truyền tin đi xa không bị ảnh hưởng của khoảng cách.
- Trong sinh học, kỹ thuật đo lường góp phần rất lớn vào việc theo dõi sức khoẻ con người. Nhiều thiết bị tinh vi, độ chính xác cao đã được chế tạo để phục vụ cho con người.

## **II. Ý nghĩa việc thử nghiệm các thiết bị đo lường**

Thử nghiệm các thiết bị đo là nhiệm vụ hết sức quan trọng nhằm mục đích là tăng số điểm đo, tăng tốc độ đo, nâng cao độ chính xác, độ nhạy nâng cao tính tin cậy. Thử nghiệm các thiết bị đo lường sẽ thúc đẩy sự phát triển của kỹ thuật đo và các hệ thống thông tin đo lường.

## Chương II. GIỚI THIỆU MỘT SỐ LOẠI CÔNG TƠ

### I. Công tơ điện một pha

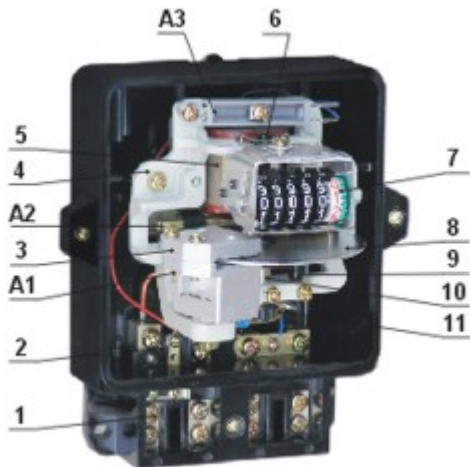


1. Ổ đấu dây
2. Đế
3. Nam châm hãm
4. Khung
5. Phần tử điện áp
6. Gói đỡ trên
7. Bộ số
8. Rô to
9. Cơ cấu chống quay ngược
10. Gói đỡ dưới
11. Phần tử dòng điện
12. Mặt số
13. Nắp
14. Nắp che ổ đấu dây

A1: Hiệu chỉnh tải đầy 100%

A2: Hiệu chỉnh tải thấp (5% và 10%)

A3: Hiệu chỉnh tải cảm ứng ( $\cos\phi$ )



## Vỏ

Đế và Ổ đầu dây Công tơ bằng nhựa Bakêlít đen.

Các Đầu cốt đồng của Ổ đầu dây được bắt vít hoặc hàn với Cuộn dây dòng. 1 vít M3 hoặc 1 cầu nối mạch áp trượt trong Ổ đầu dây (được bố trí bên trong hoặc bên ngoài Nắp Công tơ) để nối hoặc không nối mạch áp, dễ dàng cho việc hiệu chỉnh và kiểm tra Công tơ.

Nắp Công tơ bằng thủy tinh hoặc nhựa PC (Polycacbonat) chống cháy hoặc bằng nhựa bakêlít đen có cửa sổ bằng kính. Cửa sổ trong suốt cho phép nhìn thấy Bộ số, Mặt số và Đĩa rôto.

Nắp che ổ đầu dây dài hoặc ngắn bằng nhựa Bakêlít đen hoặc sắt. Sơ đồ đầu dây Công tơ ở phía trong Nắp che ổ đầu dây.

## **Khung**

Khung Công tơ bằng hợp kim nhôm. Trên Khung gá lắp các phần tử dòng, áp cùng với Nam châm hãm, hệ thống Gối đỡ , Bộ số thường và Cơ cấu chống quay ngược hoặc Bộ số 1 hướng.

## **Phần tử phát động**

Phần tử phát động gồm có 1 phần tử dòng điện và 1 phần tử điện áp. Mỗi phần tử có 1 Lõi từ và 1 Cuộn dây.

Các Lõi từ dòng và áp bằng tôn silic có đặc tính từ tốt, được xử lý chống gỉ.

Lõi dòng có bù quá tải bằng thép đặc biệt, có khả năng quá tải lớn.

Các cuộn dây dòng và áp cách điện cao và chống ẩm tốt.

Phần tử phát động có Cơ cấu hiệu chỉnh tải thấp và Cơ cấu hiệu chỉnh tải cảm ứng có hiệu quả tuyến tính

## **Rô to**

Trục rôto bằng thép không gỉ. Đĩa rôto được gắn với Trục rôto nhờ phương pháp ép phun nhựa đặc biệt.

Đĩa rôto bằng nhôm có độ tinh khiết cao đảm bảo mômen quay đủ cho dải tải rộng. Mặt phía trên đĩa Rôto có các vạch chia và cạnh bên Đĩa rôto có dấu đen tại vị trí **0** để hiệu chỉnh và kiểm tra Công tơ.

Trục vít bằng nhựa POM (Polyacetal) lắp trên Trục rôto để dẫn động Bộ số.

Rôto tránh được những hư hại do vận chuyển theo hướng dọc trục và hướng kính bằng các cữ dừng cơ khí.

## **Gối đỡ trên**

Gối đỡ trên (không bôi trơn): 1 bạc nhựa POM liền Trục vít (lắp trên Trục

Rôto) quay trong 1 Trục thép không gỉ có vỏ nhựa POM bảo vệ (lắp trên Khung Công tơ).

### **Gối đỡ dưới**

Công tơ có thể được cấp với 1 trong 2 loại Gối đỡ dưới sau:

**Gối đỡ dưới loại 2 chân kính:** 1 Viên bi quay giữa 2 Chân kính (1 Chân kính lắp cố định trên Khung Công tơ và 1 Chân kính quay cùng với Trục rôto), do đó ma sát giảm đáng kể và đặc tính Công tơ ổn định tốt ngay cả ở tải thấp.

**Gối đỡ dưới loại gối từ:** 2 Nam châm hình vành khăn nạp từ đồng cực (1 Nam châm lắp cố định trên Khung Công tơ và 1 Nam châm lắp với trục rôto) đẩy nhau. Ổ đỡ gồm 1 Trục thép không gỉ và 1 bạc nhựa POM (không bôi trơn). Do đó Gối từ mang được khối lượng Rôto trên một "đệm từ", gần như không có ma sát. Nguyên lý lực đẩy từ của Gối từ phòng ngừa được sự xâm nhập của các phần tử sắt từ vào khe hở giữa 2 nam châm, đảm bảo ổn định đặc tính Công tơ. Sự ổn định từ của Gối từ được đảm bảo bởi một quá trình chế tạo đặc biệt.

### **Nam châm hãm**

Nam châm bằng Alnico có lực kháng từ cao, có vỏ bảo vệ bằng hợp kim nhôm đúc. Một hợp kim đặc biệt được gắn với cực Nam châm để bù ảnh hưởng của nhiệt độ. Hiệu chỉnh tinh thực hiện được nhờ chuyển động của Sun từ lắp bên trong Nam châm hãm do quay Vít hiệu chỉnh.

### **Cơ cấu chống quay ngược**

Cơ cấu chống quay ngược gồm 1 Đĩa cam POM lắp trên Trục rôto, 1 Cá hãm POM quay trên 1 trục thép không gỉ và Trục đỡ lắp trên Khung Công tơ.

Cơ cấu chống quay ngược làm dừng sự quay ngược của Rôto và sự đếm của Bộ số khi Công tơ bị quay ngược.

### **Bộ số**

Công tơ có thể được cấp với 1 trong 2 loại bộ số sau:

**Bộ số thường:** Các Tang trống số, Bánh gậy, Bánh răng, Bạc đỡ, Bạc chặn bằng nhựa POM và các Trục thép không gỉ được lắp trên khung bộ số. Khung bộ số bằng hợp kim nhôm tấm.

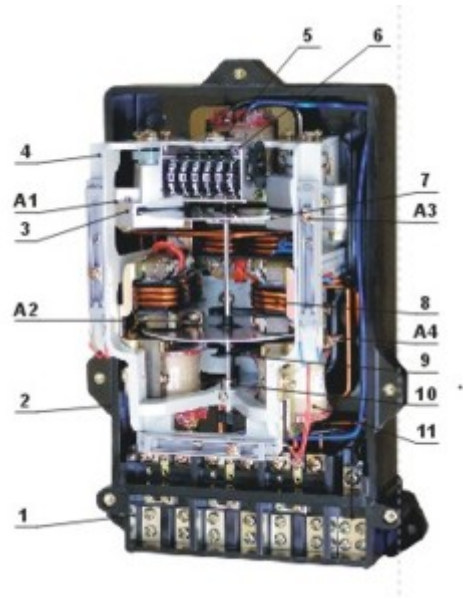
**Bộ số một hướng:** Bộ số một hướng có thể được cung cấp theo yêu cầu để thay thế cho Bộ số thường và Cơ cấu chống quay ngược. Bộ số một hướng sẽ chỉ quay theo 1 hướng, ngay cả khi Rôto của Công tơ bị quay ngược.

Các Tang trống số, Bánh gậy, Bánh răng, Bánh cóc, Cá, Bạc đỡ, Bạc chặn bằng nhựa POM và các Trục thép không gỉ được lắp trên Khung bộ số bằng hợp kim nhôm tấm.

Các bộ số có 5 hoặc 6 Tang trống số (trong đó có hoặc không có phần thập phân). Chữ số của Tang trống màu trắng trên nền đen từ 0 đến 9 (Riêng chữ số của Tang trống số thập phân màu đỏ trên nền trắng từ 0 đến 9). Chữ số cao 5mm, rộng 3mm và nét 0,8mm. Bộ số (không bôi trơn) có ma sát rất nhỏ.

## II. Công tơ điện 3 pha

### Cấu tạo



1. Ổ đầu dây
2. Đế
3. Nam châm hãm
4. Khung
5. Gối đỡ trên
6. Bộ số
7. Rôto
8. Phần tử dòng điện
9. Cơ cấu chống quay ngược
10. Gối đỡ dưới



11. Phần tử điện áp

12. Mặt số

13. Nắp

14. Nắp che ổ đầu dây

A1. Hiệu chỉnh tải đầy (100%)

A2. Hiệu chỉnh tải thấp (5% and 10%)

A3. Hiệu chỉnh tải cảm ứng ( $\cos\varphi$ )

A4. Hiệu chỉnh cân bằng mômen

## **Vỏ**

Đế và ổ đầu dây Công tơ bằng nhựa Bakêlít đen.

Các Đầu cốt đồng của Ổ đầu dây được bắt vít hoặc hàn với Cuộn dây dòng.

Cầu nối mạch áp trượt trong ổ đầu dây(được bố trí bên trong hoặc bên ngoài Nắp Công tơ) để nối hoặc không nối mạch, dễ dàng cho việc hiệu chỉnh và kiểm tra Công tơ.

Nắp Công tơ bằng nhựa PC (Polycacbonat) chống cháy hoặc nhựa Bakêlít đen có cửa sổ kính. Cửa sổ trong suốt cho phép nhìn thấy Bộ số, Mặt số và Đĩa Rôto.

Nắp che ổ đầu dây dài hoặc ngắn bằng nhựa PC chống cháy màu đen.Sơ đồ đầu dây Công tơ ở phía trong Nắp che ổ đầu dây.

## **Khung**

Khung Công tơ bằng hợp kim nhôm. Trên Khung gá lắp các phần tử phát động cùng với Nam châm hãm, hệ thống Gối đỡ, Bộ số thường và Cơ cấu chống quay ngược hoặc Bộ số 1 hướng.

## **Phần tử phát động**

Phần tử phát động gồm loại 2 phần tử và loại 3 phần tử (theo loại Công tơ).  
Mỗi phần tử phát động gồm có 1 phần tử dòng điện và 1 phần tử điện áp. Mỗi phần tử có một Lõi từ và 1 Cuộn dây lắp trên 1 Giá đỡ bằng thép dẫn từ.  
Các Lõi từ dòng và áp bằng tôn silic có đặc tính từ tốt, được xử lý chống gỉ.  
Lõi dòng có bù quá tải bằng một hợp kim đặc biệt, có khả năng quá tải lớn.  
Các Cuộn dây dòng và áp cách điện cao và chống ẩm tốt.  
Mỗi phần tử phát động đều có Cơ cấu hiệu chỉnh cân bằng mô men, Cơ cấu hiệu chỉnh tải thấp và Cơ cấu hiệu chỉnh tải cảm ứng có hiệu quả tuyến tính.

## **Rô to**

Trục Rôto bằng thép không gỉ. 2 đĩa Rôto được gắn với Trục Rôto nhờ phương pháp ép phun nhựa đặc biệt.  
Đĩa Rôto bằng nhôm có độ tinh khiết cao đảm bảo mômen quay đủ cho dải tải rộng. Cạnh bên Đĩa Rôto có dấu đen tại vị trí 0 để hiệu chỉnh và kiểm tra Công tơ. Trục vít bằng nhựa POM (Polyacetal) lắp trên trục Rôto để dẫn động Bộ số.  
Rôto tránh được những hư hại do vận chuyển theo hướng dọc trục và hướng kính bằng các cữ dừng cơ khí.

## **Gối đỡ trên**

Gối đỡ trên (không bôi trơn): 1 bạc nhựa POM liền Trục vít (lắp trên Trục Rôto) quay trong 1 Trục thép không gỉ có vỏ nhựa POM bảo vệ (lắp trên Khung Công tơ).

## **Gối đỡ dưới**

Công tơ có thể được cấp với 1 trong 2 loại Gối đỡ dưới sau:

## **Gối đỡ dưới loại 2 chân kính**

1 Viên bi quay giữa 2 Chân kính (1 Chân kính lắp cố định trên Khung Công tơ và 1 Chân kính quay cùng với Trục Rôto), do đó ma sát giảm đáng kể và đặc tính Công tơ ổn định tốt ngay cả ở tải thấp.

## **Gối đỡ dưới loại Gối Từ**

Gối đỡ dưới loại gối từ: 2 Nam châm hình vành khăn nạp từ đồng cực (1 Nam châm lắp cố định trên Khung công tơ và 1 Nam châm lắp với Trục Rôto) đẩy nhau. Ổ đỡ gồm 1 Trục thép không gỉ và 1 bạc nhựa POM (không bôi trơn). Do đó Gối từ mang được khối lượng Rôto trên một "đệm từ", gần như không có ma sát. Nguyên lý lực đẩy từ của Gối từ phòng ngừa được sự xâm nhập của các phần tử sắt từ vào khe hở giữa 2 nam châm, đảm bảo ổn định đặc tính Công tơ. Sự ổn định từ của Gối từ được đảm bảo bởi một quá trình chế tạo đặc biệt.

## **Nam châm hãm**

Nam châm bằng Alnico có lực kháng từ cao, có vỏ bảo vệ bằng hợp kim nhôm đúc. Một hợp kim đặc biệt được gắn với cực Nam châm để bù ảnh hưởng của nhiệt độ. Hiệu chỉnh tinh thực hiện được nhờ chuyển động của Sun từ lắp bên trong Nam châm hãm do quay Vít hiệu chỉnh.

## **Cơ cấu chống quay ngược**

Cơ cấu chống quay ngược gồm 1 Đĩa cam POM lắp trên trục Rôto, 1 Cá hãm POM quay trên 1 Trục thép không gỉ và Trụ đỡ lắp trên Khung Công tơ. Cơ cấu chống quay ngược làm dừng sự quay ngược của Rôto và sự đếm của Bộ số khi Công tơ bị quay ngược.

## **Bộ số**

Công tơ có thể được cấp với 1 trong 2 loại bộ số sau:

**Bộ số thường:** Các Tang trống số, Bánh gậy, Bánh răng, Bạc đỡ, Bạc chặn bằng nhựa POM và các Trục thép không gỉ được lắp trên Khung Bộ số. Khung bộ số bằng hợp kim nhôm tấm.

**Bộ số một hướng:** Bộ số một hướng có thể được cung cấp theo yêu cầu để thay thế cho Bộ số thường và Cơ cấu chống quay ngược. Bộ số một hướng sẽ chỉ quay theo 1 hướng, ngay cả khi Rôto của Công tơ bị quay ngược. Các Tang trống số, Bánh gậy, Bánh răng, Bánh cóc, Cá, Bạc đỡ, Bạc chặn bằng nhựa POM và các Trục thép không gỉ được lắp trên Khung bộ số bằng hợp kim nhôm tấm.

Các bộ số có 5 hoặc 6 Tang trống số (trong đó có hoặc không có phần thập phân). Chữ số của Tang trống màu trắng trên nền đen từ 0 đến 9. (Riêng chữ số của Tang trống số thập phân màu đỏ trên nền trắng từ 0 đến 9). Chữ số cao 5mm, rộng 3mm và nét 0,8mm. Bộ số (không bôi trơn) có ma sát rất nhỏ.

## **III. Công tơ điện tử một pha nhiều biểu giá**

Công tơ có thể đo đếm theo biểu giá:

-Biểu giá theo khoảng thời gian trong ngày: Chuyển biểu giá tự động theo đồng hồ thời gian thực bên trong Công tơ.

-Biểu giá theo ngưỡng công suất tiêu thụ.

Có thiết bị cầm tay để đọc số liệu Công tơ và lập trình lại Công tơ.

**Lấy chỉ số từ xa:** Công tơ có thể được cài đặt sẵn hoặc



nâng cấp dễ dàng với tính năng lấy chỉ số từ xa do khách hàng lựa chọn như:

-Công nghệ lấy chỉ số từ xa dùng sóng Radio.

-Công nghệ lấy chỉ số từ xa tự động bằng đường dây tải điện hạ thế (PLC).

Công tơ có công bố trợ đưa ra các tín hiệu điều khiển lập trình được như:

-Tín hiệu dùng để kiểm tra sai số Công tơ.

-Tín hiệu điều khiển các thiết bị đóng cắt ...

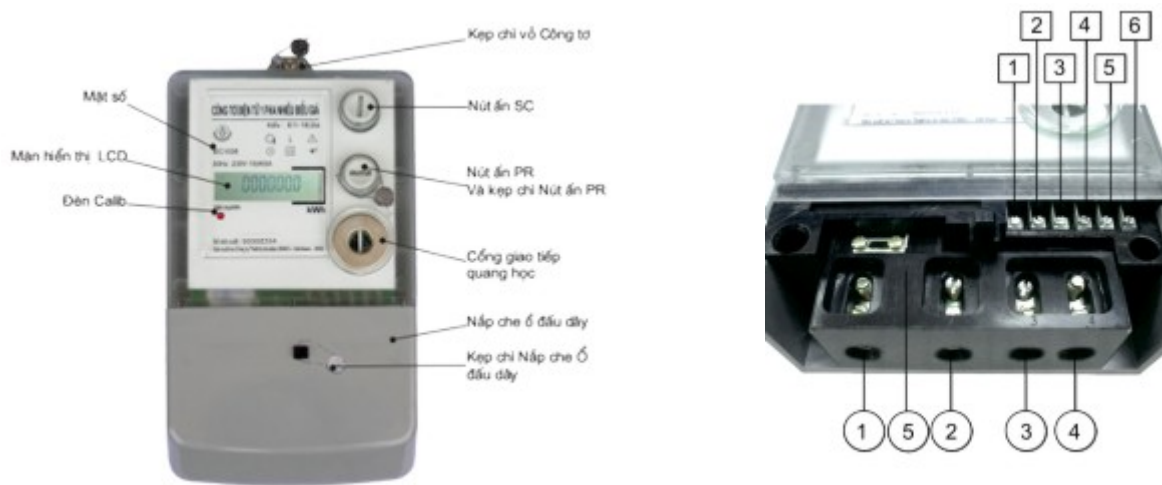
### **Cấu tạo**

#### **Đế công tơ**

Đế Công tơ bằng nhựa PBT có cơ tính cao, chịu va đập mạnh, chống cháy.

#### **Ổ đấu dây**

Ổ đấu dây bằng nhựa Bakelit đen, chứa các Đầu nối dây điện áp và dòng điện bằng đồng khối mạ Ni có các Vít bắt dây dẫn điện cũng bằng đồng mạ Ni đảm bảo tiếp xúc tốt và không gỉ. Cuộn dây dòng điện được hàn nối trực tiếp với Đầu nối đảm bảo tiếp xúc tin cậy. Một Cầu nối mạch áp trượt trên ổ đấu dây (bên ngoài Nắp Công tơ) để nối hoặc không nối mạch áp, dễ dàng cho kiểm tra Công tơ. Ngoài ra còn có các Cầu nối dây của Công bố trợ.



## Cổng hỗ trợ

Công tơ có Cổng phụ nằm ở phía bên phải của ổ đầu dây, cho phép nối dây ra các thiết bị bên ngoài và được đánh số thứ tự từ 1 - 6. Có thể cài đặt được chức năng của Cổng hỗ trợ thông qua Máy tính.

## Nắp Công tơ

Nắp Công tơ bằng nhựa PC trong suốt, chịu va đập mạnh, chịu nhiệt độ cao, chịu tia cực tím, chống cháy. Trên nắp có các Phím bấm điều khiển và Cổng giao tiếp quang học (theo chuẩn IEC 1107).

## Nắp che ổ đầu dây

Nắp che ổ đầu dây bằng nhựa PC đảm bảo che kín Đầu nối và Cáp đầu, chịu va đập, chống cháy. Sơ đồ đầu dây Công tơ ở phía trong Nắp che ổ đầu dây.

## **Bo mạch điện tử**

Bo mạch điện tử được thiết kế trên cơ sở các Linh kiện đặc chủng của các hãng nổi tiếng trên Thế giới. Mạch điện nhỏ gọn làm việc tin cậy, đơn giản trong sửa chữa và bảo trì.

Mạch điện được gia công hàn dán và kiểm tra hiệu chỉnh trên dây chuyền công nghệ hiện đại của Tây âu và Nhật Bản.

Bo mạch sau khi chế tạo xong được sơn phủ bề mặt để nhiệt đới hoá.

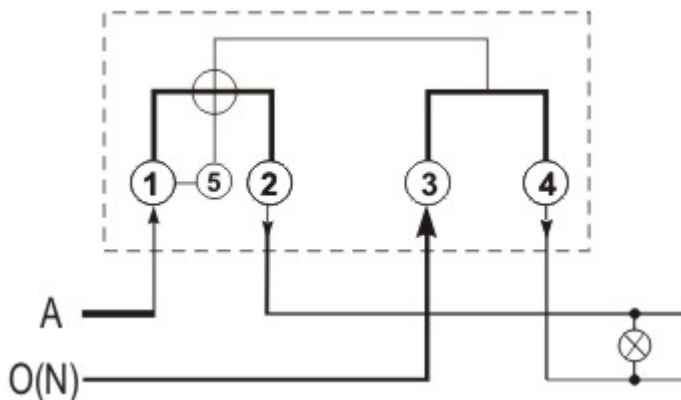
## **Màn hiển thị LCD**

Màn hiển thị LCD của Công tơ là loại chịu được nhiệt độ cao tới  $75^{\circ}\text{C}$  và tia cực tím phù hợp với điều kiện nhiệt đới hoá và thời tiết Việt Nam.

## **Pin**

Công tơ sử dụng Pin Litium có tuổi thọ 10 năm trong điều kiện làm việc liên tục trên lưới điện và  $\geq 2$  năm bảo quản Công tơ trong kho. Do vậy mà các số liệu cài đặt và thu thập được trong Công tơ là hoàn toàn tin cậy

## **Sơ đồ đấu dây**



## **Hoạt động của công tơ**

Hệ thống nhiều biểu giá:

Công tơ có 4 thanh ghi biểu giá: T1, T2, T3, T4

Nếu cài đặt biểu giá theo thời gian trong ngày thì có thể cài đặt tới 4 biểu giá.

Nếu cài đặt theo cả thời gian trong ngày và theo mức công suất thì cài được 2 cặp biểu giá:

(T1, T3) là cặp biểu giá mức thấp (T2, T4) là cặp biểu giá mức cao.

### **Có thể cài đặt thêm các lựa chọn sau:**

- Biểu giá ngày xác định theo mùa.
- Các ngày đặc biệt (ngày làm việc, ngày nghỉ, ngày lễ...).

Có thể cài đặt thêm cho các lựa chọn sau:

Việc chuyển biểu giá được đồng bộ với thời gian thực. Đồng hồ thời gian thực là một tính năng của Công tơ.

Cài đặt biểu giá và mức công suất tiêu thụ thông qua phần mềm CSMcom trên Máy tính .

### **Thông tin hiển thị:**

Thông tin được hiển thị trên màn hình LCD với 7 chữ số và một số ký hiệu kèm theo. Chỉ số của các biểu giá (kWh) hiển thị bằng 6 chữ số và một số thập phân.

Trong chế độ bình thường - Công tơ hiển thị chỉ số của biểu giá tích cực - Khi bấm nút SC (SCROLL) các thông số sẽ tuần tự hiển thị (Xem chi tiết trong tài liệu Kỹ thuật kèm theo Công tơ).



## **Tự động lưu chỉ số công tơ**

Cho phép lưu chỉ số điện năng của các biểu giá và biểu giá tổng vào 00.00giờ của ngày chỉ định (cài đặt bằng phần mềm CSMcom trên Máy tính). Nếu lúc đó mất điện thì sẽ lưu ngay sau khi có điện trở lại. Mặc định lưu vào ngày đầu tháng. Công tơ có thể lưu được chỉ số điện năng của 6 tháng gần nhất.

## **Cổng quang**

Cổng quang có kích thước vật lý và giao thức truyền thông phù hợp với IEC 1107:1996.

Cổng quang dùng để giao tiếp với HHU (Thiết bị cầm tay) hoặc Máy tính thông qua Cáp nối chuyên dụng.

Sử dụng cổng này để cài đặt và lấy chỉ số của Công tơ (ngoài phương thức lấy chỉ số từ xa).

## **Lưu trữ số liệu:**

Công tơ lưu giữ thông tin năng lượng, thời gian thực, mô hình biểu giá và thông tin khách hàng được tối thiểu là 2 năm mất điện.

### Chương III.

## NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA CÁC LOẠI CÔNG TƠ

### I. Công tơ điện một pha đo năng lượng

a> khái quát chung

Năng lượng điện trong mạch xoay chiều một pha được tính theo biểu thức

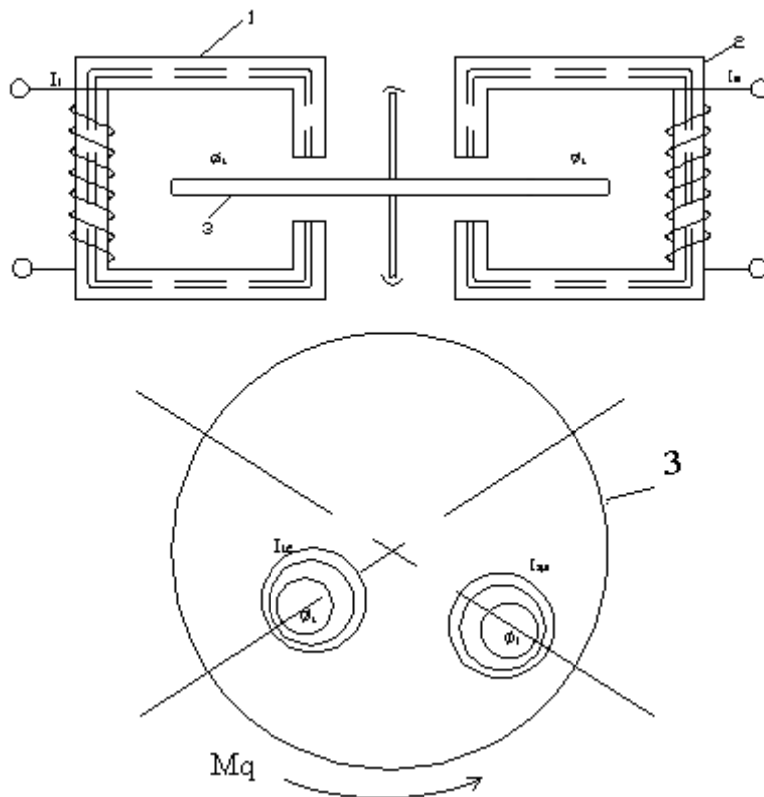
$$W = \int_{t_1}^{t_2} P dt = \int_{t_1}^{t_2} UI \cos \varphi dt = KPt$$

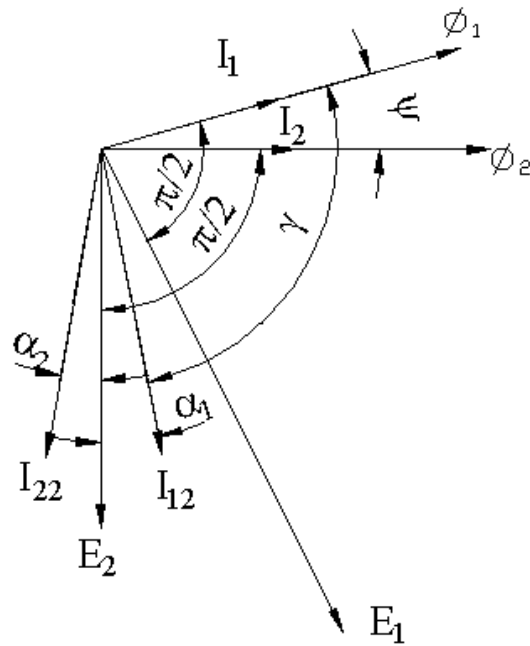
Trong đó P: công suất tiêu thụ trên phụ tải

t: khoảng thời gian tiêu thụ công suất;

K: hệ số

Công tơ được chế tạo dựa trên cơ cấu chỉ thị cảm ứng





Giản đồ véc tơ

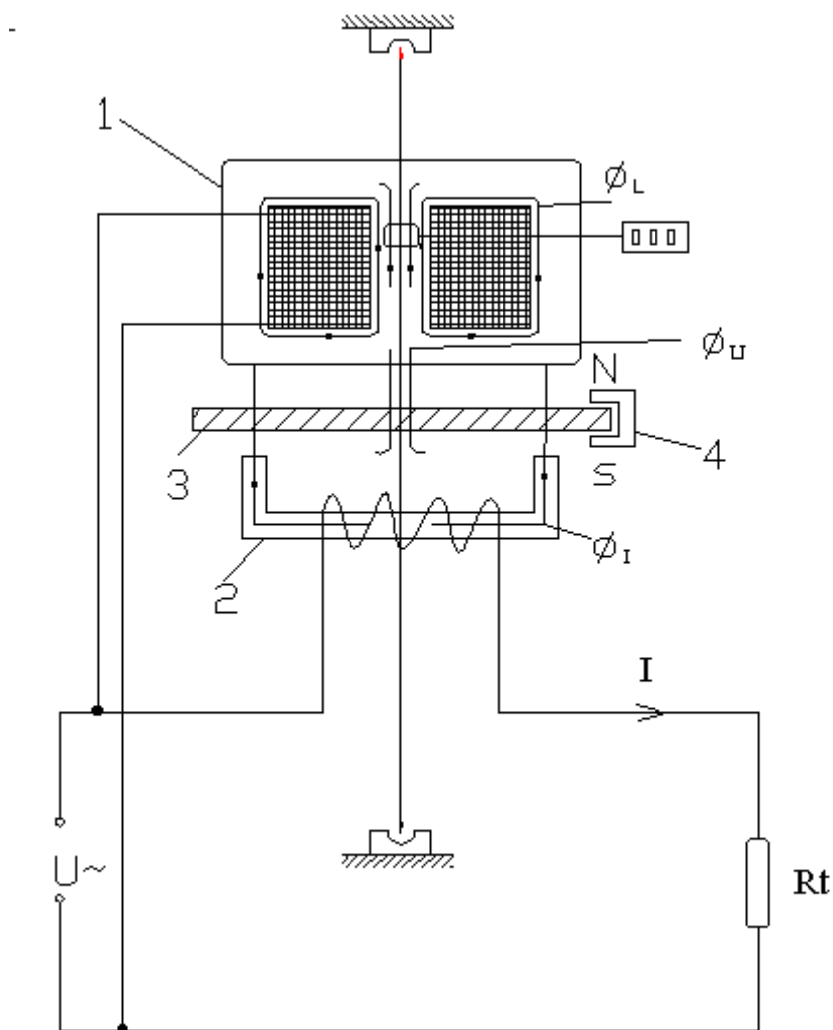
Cấu tạo gồm 2 phần: phần tĩnh và phần động. Phần tĩnh là 2 cuộn dây quấn trên lõi thép 1 và 2. Khi có dòng điện chạy qua các cuộn dây tạo ra từ trường móc vòng qua lõi thép và phần động. Phần động là đĩa nhôm 3 được gắn trên trục quay. Khi có dòng điện  $I_1$  và  $I_2$  đi vào các cuộn dây phần tĩnh, chúng tạo ra từ thông  $\phi_1$  và  $\phi_2$ , các từ thông này xuyên qua đĩa nhôm làm xuất hiện trong đĩa nhôm các sức điện động tương ứng  $E_1$  và  $E_2$  lệch pha với  $\phi_1$  và  $\phi_2$  một góc  $\pi/2$  và các dòng điện xoáy  $I_{12}$  và  $I_{22}$ . Do sự tác động tương hỗ giữa từ thông  $\phi_1$ ,  $\phi_2$  và dòng điện xoáy  $I_{12}$ ,  $I_{22}$  tạo thành momen làm quay đĩa nhôm.

Mômen quay  $M_q$  là tổng của các momen thành phần:

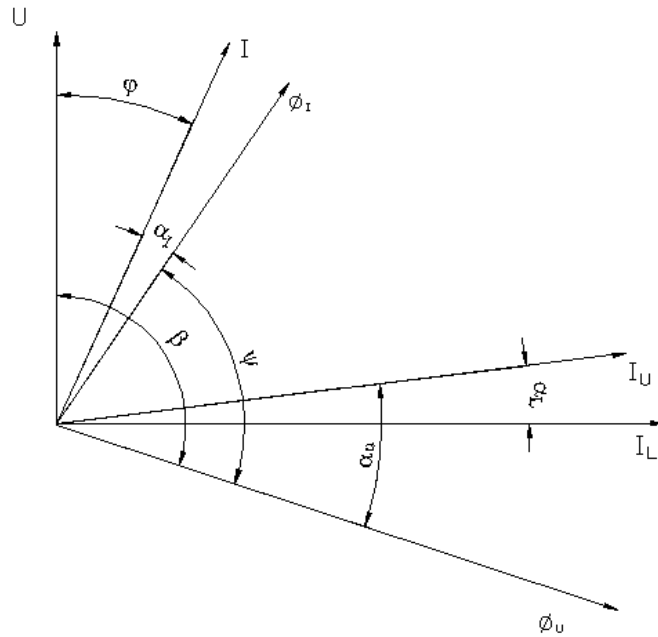
$$M_q = C_1 \phi_1 I_{22} \psi + C_2 \phi_2 I_{12} \sin \psi$$

$C_1, C_2$  là hệ số;  $\psi$  - góc lệch pha giữa  $\phi_1$  và  $\phi_2$

## b> Cấu tạo công tơ một pha



Hai cuộn dây tạo thành 2 nam châm điện 1 và 2. cuộn dây một mắc song song với phụ tải có số vòng dây lớn và tiết diện nhỏ gọi là cuộn áp. cuộn dây 2 mắc nối tiếp với phụ tải có ít vòng, đường kính dây từ 1-2 mm gọi là cuộn dòng. Đĩa nhôm 3 gắn trên trục có thể quay tự do giữa cuộn 1 và 2. Trên trục gắn hộp số cơ khí để chỉ thị. Nam châm 4 có nhiệm vụ tạo momen hãm do từ trường của nó xuyên qua đĩa nhôm khi đĩa quay.



Giản đồ véc tơ

Khi có dòng điện  $I$  chạy qua phụ tải và qua cuộn dòng sẽ tạo ra từ thông  $\theta_i$  cắt đĩa nhôm 2 lần. Điện áp  $U$  được đặt vào cuộn áp, dòng  $I_u$  tạo thành 2 từ thông  $\phi_u$  xuyên qua đĩa nhôm và  $\phi_l$  không xuyên qua đĩa nhôm.

Ta có:  $\phi_l = K_1 I$

$$\phi_u = K_u I_u = K_u U / Z_u$$

$U$ : điện áp đặt lên cuộn áp

$Z_u$ : tổng trở của cuộn áp;  $K_1, K_u$  - hệ số tỉ lệ

Do cuộn áp có điện trở thuần khá nhỏ so với cuộn kháng nên ta có thể coi

$$Z_u \approx X_u = 2\pi f L_u$$

$L_u$  - điện cảm của cuộn dây

$f$  - tần số

Do đó:

$$\phi_u = \frac{Ku.U}{2\pi fLu} = Ku' \frac{U}{f}$$

Ta có momen quay của cơ cấu chỉ thị kiểu cảm ứng:

$$M_q = Cf \phi_1 \cdot \phi_2 \sin \psi$$

nếu ta coi  $\phi_1 \approx \phi_i, \phi_2 \approx \phi_u$  thì

$$M_q = Cf \phi_i \cdot \phi_u \cdot \sin \psi$$

Hay  $M_q = CK_i K'_u UI \cdot \sin \psi$

$$M_q = KUI \cdot \sin \psi$$

$$K = CK_i K'_u; \psi : \text{góc lệch pha giữa } \phi_i, \phi_u$$

Từ biểu đồ vectơ ta có:  $\psi = \beta - \alpha - \varphi$

Nếu thực hiện  $\beta - \alpha = \pi/2$  thì  $\psi = \pi/2 - \varphi$  và biểu thức trên sẽ là:

$$M_q = KUI \cos \varphi = KP$$

Từ đó ta thấy momen tỉ lệ với công suất tiêu thụ

Để có thể thực hiện  $\beta - \alpha = \pi/2$  người ta điều chỉnh góc  $\beta$  tức là điều chỉnh  $\phi_u$  bằng cách thay đổi vị trí sun từ của cuộn áp hoặc điều chỉnh góc  $\alpha$  nghĩa là thay đổi  $\phi_i$  bằng cách thêm hoặc bớt vòng ngắn mạch của cuộn dòng.

Momen quay  $M_q$  làm cho đĩa nhôm quay, khi đĩa nhôm quay trong từ trường của nam châm vĩnh cửu, nó bị cản bởi momen cản  $M_c$  do từ trường của nam châm khi xuyên qua đĩa nhôm tạo nên.

$$M_c = k_1 I_M \phi m$$

$\phi m$  : từ thông do nam châm sinh ra

$I_M$ : dòng điện xoáy sinh ra trong đĩa nhôm

Trong đó  $I_M = k_2 \phi m n_o$ ;  $n_o$ : tốc độ quay đều của đĩa nhôm khi momen quay bằng momen cản. Nên ta có:

$$M_c = k_1 k_2 \phi^2 m n_o$$

$$\text{Và } M_c = k_3 \phi^2 m n_o$$

Khi cân bằng giữa momen quay và momen cản ta có:

$$M_q = M_c$$

$$\text{Và } KP = k_3 \phi^2 m n_o$$

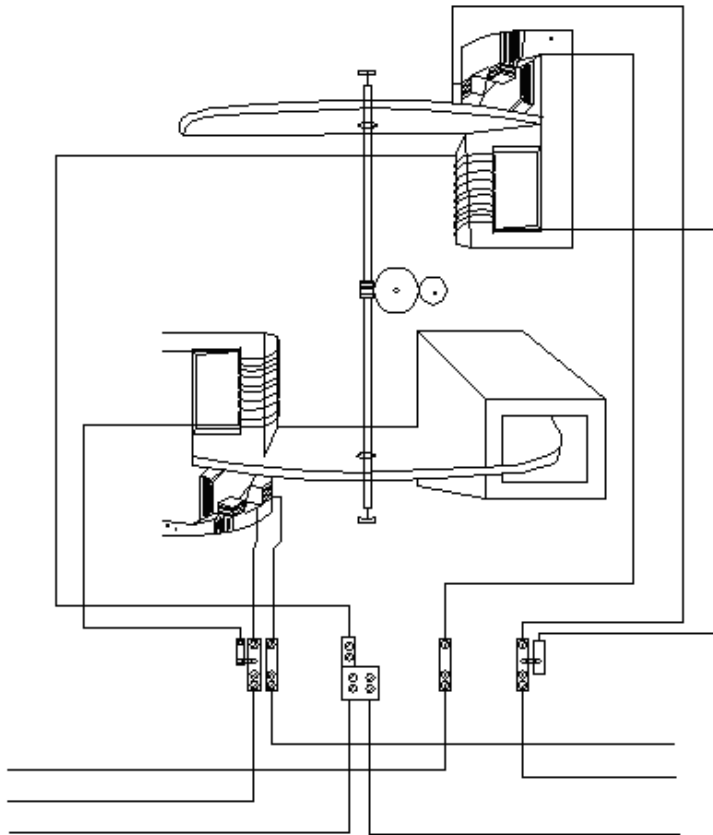
Trong khoảng thời gian  $t$  đĩa quay được  $n$  vòng vì vậy

$$n_o = N/t$$

$$\text{suy ra } N = C_p P t = C_p W$$

$C_p$ : hằng số của công tơ,  $C_p = N/W$  [vòng/kwh]

## II. Công tơ điện 3 pha đo năng lượng



Công tơ này có 2 phần tử. Phần động gồm 2 đĩa nhôm được gắn vào cùng một trục. Mỗi đĩa nhôm đều nằm trong từ trường cuộn áp và cuộn dòng của các pha tương ứng. Các cuộn áp được mắc song song với phụ tải. Nam châm cản

được đặt vào một trong 2 đĩa nhôm. Momen quay được tạo ra bằng tổng của 2 momen quay của 2 phần tử và năng lượng đo được chính là năng lượng của mạch 3 pha.

### **III. Công tơ nhiều biểu giá**

#### **1. Nhu cầu và lợi ích thiết thực của công tơ nhiều biểu giá**

Một đặc điểm bất lợi đối với hệ thống điện lực Việt Nam là đồ thị phụ tải rất không bằng phẳng, gây ra nhiều khó khăn cho công tác quy hoạch, phát triển, vận hành hệ thống.

Để khắc phục tình trạng trên cần phải áp dụng biện pháp điều hoà phụ tải. Đó là dung giải pháp bán giá điện theo thời gian sử dụng trong ngày cho khách hàng sản xuất và kinh doanh dịch vụ. Theo biểu giá này thì giá điện trong giờ cao điểm sẽ cao hơn bình thường và ngược lại trong giờ thấp điểm.

Để có thể đo đếm được chính xác điện năng sử dụng của khách hàng theo thời gian sử dụng và các thông số quản lý phụ tải, Tổng công ty Điện Lực Việt Nam tiến hành lắp đặt công tơ điện tử nhiều biểu giá cho các khách hàng thuộc đối tượng áp dụng giá điện theo thời gian sử dụng trong ngày.

#### **2. Khả năng đo đếm của công tơ nhiều biểu giá**

Công tơ điện tử nhiều biểu giá cung cấp nhiều khả năng đo đếm theo thời gian sử dụng điện của khách hàng. Cấp chính xác của loại công tơ này tương đối cao, có thể là 0,2; 0,5; 1. Công tơ điện tử có thể được lập trình hoàn toàn cho các chức năng sử dụng của nó. Thông thường, theo yêu cầu của giá điện các công tơ điện tử có 8 đến 16 bộ ghi điện năng theo thời gian sử dụng, 4 đến 8 bộ ghi nhu cầu công suất cực đại, 7 đến 12 mức khác nhau. Dung lượng bộ nhớ cho phép ghi dữ liệu phụ tải khoảng 60-90 ngày. Các khả năng này cho phép thực hiện các biểu giá điện theo thời gian sử dụng phức tạp trong ngày của từng năm. Một số loại công tơ điện tử còn có khả năng ghi lại biểu đồ phụ



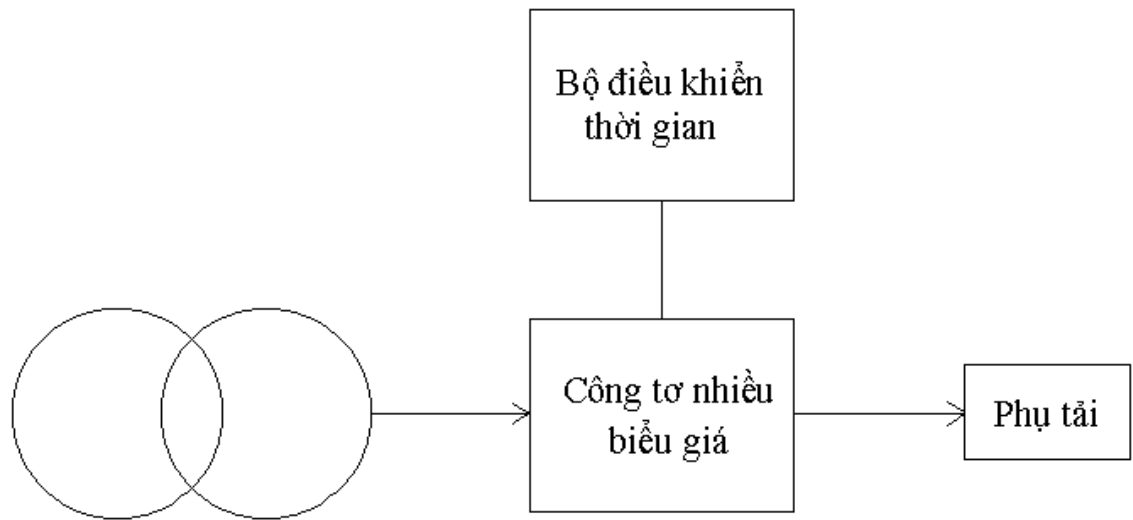
tải và đưa ra các tín hiệu cảnh báo khi khách hàng sử dụng quá công suất trong giờ cao điểm.

Các công tơ điện tử thường được lập trình để có được khả năng đo đếm sau:

1. Tổng điện năng hữu công
2. Tổng điện năng vô công
3. Điện năng sử dụng giá bình thường
4. Điện năng sử dụng giá cao điểm
5. Điện năng sử dụng giá thấp điểm
6. Công suất sử dụng cực đại trong thời gian bình thường
7. Công suất sử dụng cực đại trong thời gian cao điểm
8. Công suất sử dụng cực đại trong thời gian thấp điểm
9. Thời điểm công suất cực đại của thời gian thường
10. Thời điểm công suất cực đại của thời gian cao điểm
11. Thời điểm công suất cực đại của thời gian thấp điểm
12. Số lần mất điện
13. Thời điểm mất điện
14. Số lần cài đặt lại
15. Thời điểm cài đặt lại
16. Số lần lập trình
17. Thời điểm lập trình

### 3. Cấu tạo nguyên lý hoạt động

Đây là một loại công tơ có hai hay nhiều bộ số và bộ số chỉ làm việc trong thời gian ấn định. Điện năng tiêu thụ ghi được trên mỗi bộ số ứng với một biểu giá quy định. Trừ bộ số ra thì nó có cấu tạo giống công tơ thông thường.

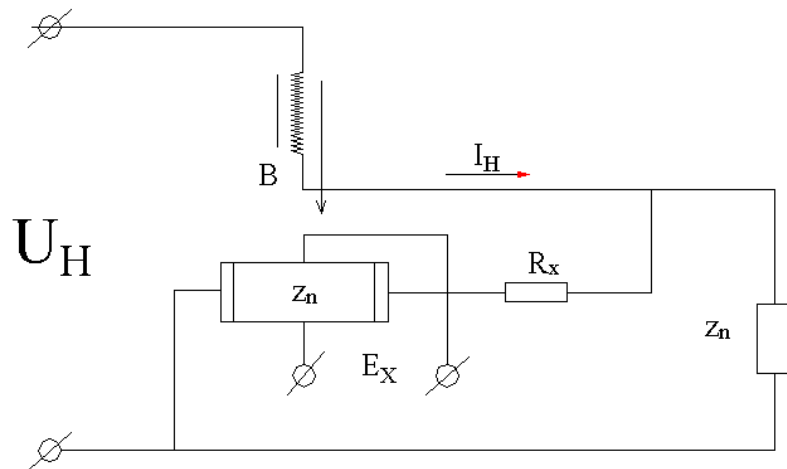
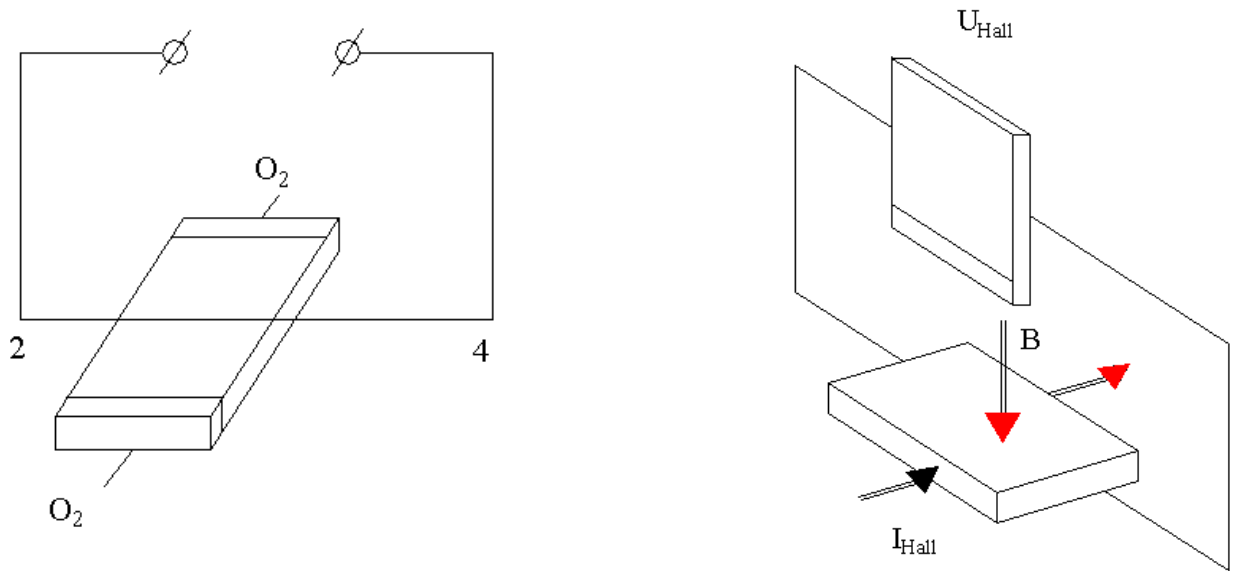


Công tơ điện tử được lập trình để đọc dữ liệu tại chỗ qua cổng thông tin quang hoặc đọc từ xa qua công RS232. Việc đọc công tơ và cài đặt chương trình cho công tơ được thực hiện trực tiếp bằng máy tính hoặc bằng thiết bị cầm tay. Một trong những ứng dụng hữu ích của công tơ điện tử là cho phép đọc tín hiệu từ xa. Tại trung tâm xử lý số liệu có thể đọc được kết quả đo đếm của công tơ qua mạng điện thoại mà không cần đến nơi trực tiếp đặt công tơ, kết quả đọc được lưu trữ dưới dạng các file dữ liệu nên công việc xử lý dữ liệu trên máy tính rất thuận lợi.

#### **IV. Công tơ chỉ thị số**

Dựa trên cảm ứng Hall được tóm tắt như sau:

Nếu dọc theo tấm mạch bán dẫn cho chạy qua một dòng điện, dưới tác dụng của một từ trường có hướng vuông góc với dòng điện đó sẽ xuất hiện một điện thế theo hướng cắt ngang vuông góc với hướng dòng điện.



Bộ biến đổi gồm một tấm bán dẫn mỏng: Hai đầu tấm bán dẫn (1 và 2) được nối với một nguồn dòng bên ngoài. Điểm tác động của cảm ứng từ theo hướng mũi tên trên hai đầu cực (3 và 4) sẽ xuất hiện sức điện động gọi là sức điện động Hall và bằng:

$$E_x = R_x \frac{l.B}{n} . F\left(\frac{a}{l} U.B\right) \sin \alpha$$

Trong đó :

$R_x$  : hằng số Hall phụ thuộc vào chất liệu của tấm bán dẫn

$a, l, n$  : kích thước hình học của bộ biến đổi Hall

$U$  : độ linh động của các phân tử dẫn điện

$I$  : dòng điện trong bộ biến đổi

$\alpha$  : góc giữa véc tơ cảm ứng B và mặt phẳng bộ biến đổi

Khi đo công suất và năng lượng, trong bộ biến đổi phải bảo đảm được sự phụ thuộc giữa các đại lượng đầu vào với điện thế  $U_n$  trên tải và dòng điện  $I_n$  qua tải. Có hai phương án chế tạo:

- Một là, qua cuộn dây tạo ra từ trường sẽ có dòng điện chạy qua, dòng điện này chạy qua tải  $I_n$ , còn dòng điện qua bộ biến đổi tỉ lệ thuận với hiệu điện thế trên bộ biến đổi.
- Hai là, dòng điện chạy qua cuộn dây tạo ra từ trường sẽ tỉ lệ với hiệu điện thế trên tải  $U_n$ . Còn dòng điện qua bộ biến đổi sẽ tỉ lệ thuận với dòng điện qua tải  $I_n$ .

Trong thực tế cách thứ nhất được ứng dụng rộng rãi hơn vì trong cách thứ hai khi đầu cuộn dây tạo ra từ trường vào mạch song song, do ảnh hưởng gây bởi thành phần điện cảm, sai số do tần số sẽ tăng.

Khi dòng điện ổn định, sức điện động  $E_x$  cũng sẽ ổn định, với dòng điện có dạng song hình sin tần số  $E_x$  sẽ có thành phần ổn định và biến thiên:

$$E_x = K_1 K_2 K_3 U_n I_n [\cos \varphi - \cos(2\omega t - \varphi)]$$

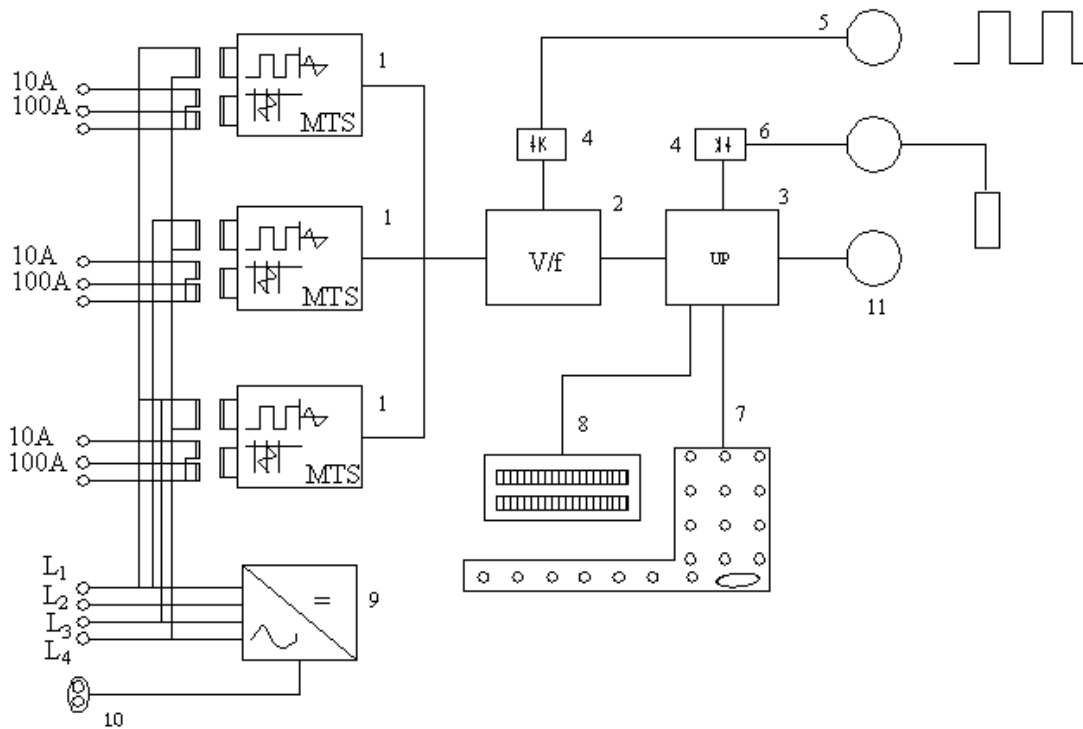
trong đó:

$K_1, K_2$  là những hệ số tỉ lệ, chúng phụ thuộc vào tính chất của bộ biến đổi và các thông số của hệ thống tạo từ thông.

$K_3$  hệ số biến đổi điện áp ra dòng điện.

$\varphi$  : góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp phụ tải.

Dưới đây là sơ đồ nguyên lý của một công tơ chỉ thị số:



- |                                    |                           |
|------------------------------------|---------------------------|
| 1. Các phân tử đo                  | 7. Bàn phím điều khiển    |
| 2. Bộ biến đổi điện áp ra tần số   | 8. Chỉ thị số             |
| 3. Bộ vi xử lý                     | 9,10. Nguồn cấp điện      |
| 4. Cửa cho tín hiệu vào            | 11. Cổng kết nối máy tính |
| 5. Cửa phát xung năng lượng        |                           |
| 6. Cửa nhận tín hiệu xung kiểm tra |                           |

## Chương IV. ĐO CÔNG SUẤT VÀ NĂNG LƯỢNG

### I.1 Đo công suất tác dụng

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

- Đối với mạch một chiều công suất tác dụng được tính theo biểu thức:

$$P=UI$$

- Với mạch xoay chiều một pha:

$$P=UI=\frac{1}{T}\int_0^T Pdt=\int_0^T UI\cos\varphi dt$$

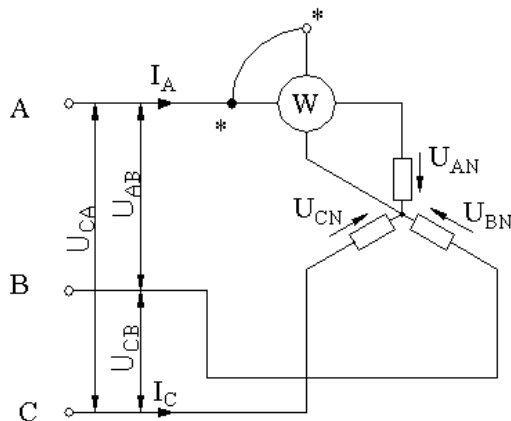
- Với mạch xoay chiều 3 pha:

$$P=\frac{1}{T}\int_0^T Pdt=U_1I_{f1}\cos\varphi_1+U_2I_{f2}\cos\varphi_2+U_3I_{f3}\cos\varphi_3$$

Nếu mạch 3 pha hoàn toàn đối xứng ta có:

$$P_{\Sigma}=\frac{1}{T}3U_1I_f\cos\varphi=\sqrt{3}U_dI_d\cos\varphi$$

Tuy nhiên trong mạch điện 3 pha thực tế, phụ tải thường không đối xứng. Để thực hiện phép đo công suất tổng trong mạch 3 pha ta hãy xét trường hợp chung, đó là mạch 3 pha 3 dây với tải hình sao không có dây trung tính với tải bất kỳ:



Trong đó:

$U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$  là các giá trị tức thời của điện áp dây

$U_{AN}, U_{BN}, U_{CN}$  là các giá trị tức thời của điện áp pha

$i_A, i_B, i_C$  là các dòng tức thời của các pha

Có thể viết các phương trình sau:

tại N ta có:  $i_A + i_B + i_C = 0$

$$\alpha = k I_u I \cos\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right) = K \frac{U}{Z_u} I \sin \varphi = SQ$$

$$S = \frac{d}{Z_u}$$

Ta có  $i_C = -i_A - i_B$

$$\Rightarrow P_{\Sigma} = U_{AN}i_A + U_{BN}i_B - U_{CN}i_A - U_{CN}i_B = (U_{AN} - U_{CN})i_A + (U_{BN} - U_{CN})i_B$$

$$P_{\Sigma} = U_{AB}i_A + U_{BN}i_B$$

Dựa vào kết quả trên ta có thể tính công suất trong mạch 3 pha theo một trong 3 biểu thức:

$$P_{\Sigma} = U_{AC}i_A + U_{BC}i_B$$

$$P_{\Sigma} = U_{AB}i_A + U_{CB}i_C$$

$$P_{\Sigma} = U_{BA}i_B + U_{CA}i_C$$

## I.2 Đo công suất tác phản kháng

Công suất phản kháng được tính theo biểu thức:

$$Q = UI \sin \varphi$$

### I.2.1 Đo công suất phản kháng trong mạch một pha

Khác với công suất tác dụng, công suất phản kháng tỉ lệ với  $\sin \varphi$ . Để tạo ra được góc  $\sin \varphi$  phải làm sao tạo được góc lệch  $\gamma = \frac{\pi}{2}$  giữa véctơ dòng và áp của cuộn dây điện áp trong oatmet. Muốn vậy người ta mắc thêm một điện trở  $R_1$  song song với cuộn áp sau đó mắc nối tiếp cuộn dây điện cảm  $L_2$  và điện trở  $R_2$ . Với cách mắc trên đã tạo ra được góc lệch pha giữa  $U$  và  $I_u$  trong cuộn áp một góc  $\gamma = \frac{\pi}{2}$  bằng cách chọn các thông số của mạch thích hợp.

Khi đó góc lệch  $\alpha$  của oatmet là:

$$\alpha = k I_u I \cos\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right) = K \frac{U}{Z_u} I \sin \varphi = S Q$$

$S = k/Z_u$  : Độ nhạy của oatmet phản kháng

### 1.2.2 Đo công suất phản kháng trong mạch 3 pha

Công suất phản kháng của mạch 3 pha có thể coi là tổng công suất phản kháng của từng pha.

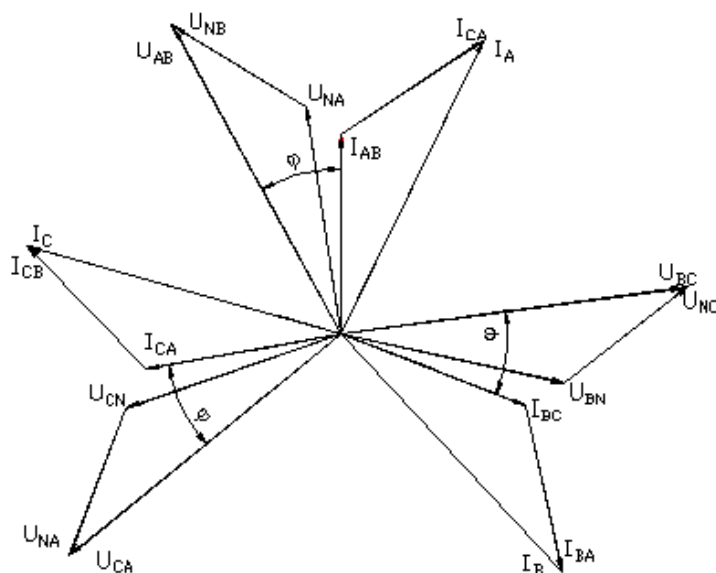
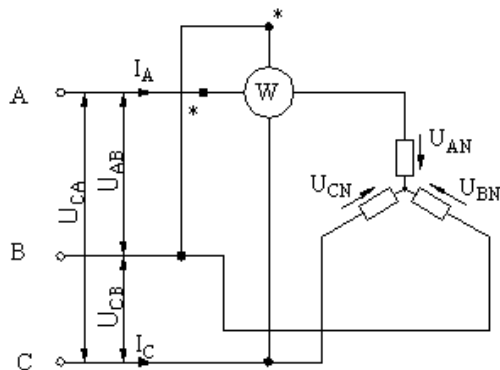
$$Q = U_{fA} I_{fA} \sin \varphi_A + U_{fB} I_{fB} \sin \varphi_B + U_{fC} I_{fC} \sin \varphi_C$$

Khi tải đối xứng ta có:

$$Q = 3 U_f I_f \sin \varphi$$

Để công suất phản kháng của mạch 3 pha tải đối xứng, ta có thể sử dụng oatmet đo công suất tác dụng nhưng mắc theo sơ đồ sau dưới. Trong đó cuộn dòng của oatmet mắc vào pha A, cuộn áp mắc vào pha B và pha C.





### Đồ thị véc tơ

Trong trường hợp này ta có:

$$Q_A = U_{BC} I_A \cos(\angle U_{BC} I_A) = U_d I_d \cos\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right) = U_d I_d \sin \varphi$$

Theo sơ đồ vectơ  $\angle U_{BC} I_A = \frac{\pi}{2} - \varphi$

Công suất phản kháng trong mạch 3 pha đối xứng được tính:

$$Q_{3f} = \sqrt{3} Q_A = \sqrt{3} U_d I_d \sin \varphi$$

## Chương V. CÁC TIÊU CHUẨN THỬ NGHIỆM

### I. Định nghĩa về các đại lượng của công tơ

1. Dòng cơ bản ( $I_b$ ): giá trị dòng điện mà ứng với giá trị này, đặc tính liên quan của công tơ mắc trực tiếp được ấn định.
2. Dòng danh định ( $I_{dd}$ ): giá trị mà dòng ứng với giá trị này, đặc tính liên quan của công tơ làm việc có máy biến dòng được ấn định.
3. Dòng cực đại ( $I_{max}$ ): giá trị dòng điện cao nhất công tơ có thể chịu được mà vẫn thoả mãn yêu cầu về độ chính xác theo tiêu chuẩn này.
4. Điện áp chuẩn: giá trị điện áp mà ứng với điện áp này, đặc tính liên quan của công tơ được ấn định.
5. Tần số chuẩn: giá trị tần số mà ứng với tần số này, đặc tính liên quan của công tơ được ấn định.
6. Chỉ số cấp chính xác: số nêu các giới hạn sai số cho phép tính bằng phần trăm, đối với mọi giá trị dòng trong khoảng từ  $0.1I_b$  đến  $I_{max}$  hoặc trong khoảng từ  $0.05I_b$  đến  $I_{max}$  đối với hệ số công suất bằng một.
7. Sai số phần trăm:

$$\text{sai số phần trăm} = \frac{\text{dien nang ghi duoc cua cong to} - \text{dien nang thuc}}{\text{dien nang thuc}}$$

### II. Các phép kiểm định

1. Kiểm tra bên ngoài
2. Kiểm tra độ bền cách điện

Điều kiện thử nghiệm chung:

Quy trình thử nghiệm theo TCVN 6099-1996

Trước tiên thử nghiệm điện áp xung sau đó thử nghiệm điện áp xoay chiều.

Đối với các thử nghiệm này thì thuật ngữ “đất” có ý nghĩa sau:

- Trong trường hợp vỏ công tơ làm bằng kim loại thì đất là bản than vỏ công tơ được đặt trên một bề mặt dẫn điện phẳng.
- Trong trường hợp vỏ công tơ hoặc một phần vỏ làm bằng vật liệu cách điện thì đất là một lá mỏng dẫn điện bao bọc công tơ tiếp xúc với tất cả những phần tử dẫn điện có thể chạm tới được và được nối với bề mặt dẫn điện phẳng trên đó đặt đế công tơ.

Trong khi thử nghiệm điện áp xung và điện áp xoay chiều, các mạch không chịu thử nghiệm đều được nối vào đất như chỉ dẫn sau đây:

Không được xảy ra phóng điện bề mặt và phóng điện chọc thủng.

- a. Thử nghiệm điện áp xung
- b. Thử nghiệm điện áp xoay chiều

Thực hiện theo bảng sau.

Điện áp thử nghiệm phải thực chất là hình sin, tần số nằm giữa 45 Hz và 65 Hz, và được đặt trong 1 min.

Nguồn điện phải có khả năng cung cấp ít nhất là 500 VA.

Trong khi thực hiện các thử nghiệm đối với đất thì các mạch phụ có điện áp chuẩn nhỏ hơn hoặc bằng 40V phải được nối đất.

Giá trị hiệu dụng của điện áp thử nghiệm	Các điểm đặt điện áp thử nghiệm
2KV	<p>A. Các thử nghiệm được tiến hành khi vỏ kín, công tơ đã lắp đủ nắp và nắp đầu nối</p> <p>a. giữa một bên là tất cả mạch dòng, mạch áp, cũng như các mạch phụ kiện có điện áp chuẩn lớn hơn 40V, được nối với nhau và một bên là đất.</p> <p>b. giữa các mạch điện không nối với nhau trong vận hành.</p>
<p>4 KV (đối với thử nghiệm ở điểm a )</p> <p>40V (đối với thử nghiệm thuộc điểm c)</p>	<p>B.</p> <p>C. Các thử nghiệm bổ xung đối với những công tơ có vỏ cách điện thuộc cấp bảo vệ II.</p> <p>a. giữa một bên là tất cả các mạch dòng, mạch áp, cũng như các mạch phụ có điện áp chuẩn lớn hơn 40V, được nối với nhau và một bên là đất. (*)</p> <p>b. kiểm tra sự phù hợp với các điều kiện quy định ở 4.2.7 bằng cách xem xét.</p> <p>c. giữa một bên là tất cả các bộ phận dẫn điện bên trong công tơ được nối với nhau, một bên là tất cả các bộ phận dẫn điện bên ngoài vỏ công tơ mà que thử có thể chạm đến, được nối với nhau. (**)</p>

1. thử nghiệm ở điểm a phần B được thực hiện khi vỏ nắp kín, công tơ đã đủ nắp và nắp đầu nổi.
2. thử nghiệm ở điểm c phần B không cần thực hiện, nếu như thử nghiệm ở điểm b không có gì nghi vấn.

### 3. Kiểm tra tỉ số truyền và cơ cấu đếm

Ta biết rằng với mọi giá trị của phụ tải thì tốc độ quay của công tơ tỉ lệ thuận với điện năng tiêu thụ. Tốc độ quay của đĩa công tơ sẽ được truyền lên bộ số. Cấu tạo của công tơ phải thoả mãn được công thức:

$$C.N = P.t$$

Trong đó:

C: Hằng số công tơ

N: Số vòng quay của đĩa công tơ

P: Công suất điện phụ tải

t: Khoảng thời gian tiêu thụ điện năng

Ta có thể kiểm tra bằng cách đếm từng vòng hoặc theo một trong hai phương pháp:

Phương pháp công suất thời gian hoặc phương pháp dung công tơ chuẩn.

Ta điều chỉnh sao cho  $U=U_{dm}$ ,  $I=I_{dm}$ .

Trong khoảng thời gian đó bộ số sẽ dịch chuyển một đơn vị nhất định. Từ đó ta sẽ xác định được mức độ đếm của cơ cấu.

Ta có:

$$\frac{W-P.t}{P.t} . 100 \leq S \quad (\text{Phương pháp công suất thời gian})$$

$$\frac{W-W_0}{W_0} . 100 \leq S \quad (\text{Phương pháp dung công tơ chuẩn})$$

Trong đó:

S: cấp chính xác của công tơ kiểm

$W_0, W$ : Số chỉ điện năng ghi được ở công tơ chuẩn và công tơ kiểm

P: Công suất đưa vào công tơ tính theo wattmet

t: thời gian kiểm tra

#### 4. Kiểm tra tự quay

Như ta đã biết momen ma sát của công tơ do phải quay hộp số và do ma sát giữa trục trụ là rất lớn, momen này gây nên sai số của công tơ. Để khử momen này cần phải tạo ra một momen bù ban đầu  $M_b$  bằng cách gây ra một từ thông lệch trong không gian và trong thời gian với  $\phi_U$  bằng một lá sắt từ đặt trong mạch từ của cuộn áp:  $M_b = k\phi_U\phi_I \sin\psi_k$

Để thay đổi momen bù ta thay đổi vị trí của lá sắt từ bằng vít chỉnh vị trí. Thường momen bù lớn hơn momen ma sát. Khi chúng tự quay ta chỉnh biên áp  $BA_1$  sao cho điện áp bằng điện áp định mức  $U=U_{dm}$

Dòng điện đi qua oátmet, công tơ, ampemet bằng không  $I=0$ , lúc này oátmet chỉ không và công tơ phải đứng yên. nếu công tơ quay đó là hiện tượng tự quay, ta điều chỉnh vít đến khi công tơ đứng yên.

- **Hiệu chỉnh góc**  $\beta - \alpha_1 = \frac{\pi}{2}$  (**hiệu chỉnh góc**  $\varphi$ )

Đặt  $U=U_{dm}$ ,  $I=I_{dm}$ ; điều chỉnh góc lệch pha  $\varphi = \frac{\pi}{2}$  tức là  $\cos\varphi = 0$ , khi đó oátmet

chỉ “0”. Công tơ đứng yên, nếu công tơ vẫn quay tức  $\beta - \alpha_1 \neq \frac{\pi}{2}$

Để điều chỉnh  $\beta(\phi_U)$  ta điều chỉnh bộ phân nhánh từ của cuộn áp hoặc điều chỉnh  $\alpha_1(\phi_I)$  bằng cách điều chỉnh vòng ngắn mạch của cuộn dòng đến khi công tơ đứng yên.

## 5. Kiểm tra ngưỡng độ nhạy

Công tơ phải khởi động được và tiếp tục ghi khi có dòng cho trong bảng sau:

Công tơ dùng để	cấp chính xác của công tơ		Hệ số công suất
	1	2	
Nối trực tiếp	$0.004 I_b$	$0.005 I_b$	1
Nối qua máy biến dòng	$0.002 I_{dd}$	$0.003 I_{dd}$	1

## 6. Xác định sai số cơ bản

Các giới hạn sai số tính bằng phần trăm:

a> Công tơ một pha và nhiều pha chịu tải cân bằng

Giá trị dòng		Hệ số công suất	Giới hạn sai số tính bằng phần trăm đối với công tơ cấp chính xác	
đối với công tơ nối trực tiếp	đối với công tơ nối qua máy biến dòng		1	2
$0,05I_b \leq I \leq 0,1I_b$	$0,02I_{dd} \leq I \leq 0,05I_{dd}$	1	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$
$0,1I_b \leq I \leq 0,2I_{max}$	$0,05I_{dd} \leq I \leq 0,05I_{max}$	1	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$
$0,1I_b \leq I \leq 0,2I_b$	$0,05I_{dd} \leq I \leq 0,1I_{dd}$	0,5L	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$
		0,8C	$\pm 1,5$	-
$0,2I_b \leq I \leq I_{max}$	$0,1I_{dd} \leq I \leq I_{max}$	0,5L	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$
		0,8C	$\pm 1,0$	-
Khi có yêu cầu đặc biệt của khách hàng		0,25L	$\pm 3,5$	-
$0,2I_b \leq I \leq I_b$	$0,1I_{dd} \leq I \leq I_{dd}$	0,5C	$\pm 2,5$	-

b> Công tơ nhiều pha mang tải một pha nhưng có điện áp các pha cân bằng đặt vào mạch điện áp

Giá trị dòng		Hệ số công suất	Giới hạn sai số tính bằng phần trăm đối với công tơ cấp chính xác	
đối với công tơ nối trực tiếp	đối với công tơ nối qua máy biến dòng			
$0,1I_b \leq I \leq I_{max}$	$0,05I_{dd} \leq I \leq I_{max}$	1	$\pm 2,0$	$\pm 3,0$
$0,2I_b \leq I \leq I_{max}$	$0,1I_{dd} \leq I \leq I_{max}$	0,5L	$\pm 2,0$	$\pm 3,0$

Đo sai lệch giữa sai số phần trăm khi công tơ mang tải một pha và ba pha cân bằng ở dòng điện cơ bản và hệ số công suất bằng một đối với công tơ nối trực tiếp và ở dòng danh định và hệ số công suất bằng một đối với công tơ nối qua máy biến dòng, không được vượt quá 1,5% đối với công tơ cấp chính xác 1 và 2,5% đối với công tơ cấp chính xác 2.



## **Chương VI. THIẾT KẾ THIẾT BỊ KIỂM ĐỊNH**

Xuất phát từ yêu cầu thực tế công tơ đo đếm điện năng các loại được quy về 2 loại chủ yếu:

- Loại 1 pha và loại 3 pha 4 dây
- Loại 3 pha 3 dây 2 cơ cấu

Vấn đề cần giải quyết là tạo nên một bộ nguồn có khả năng kiểm được hai loại công tơ nói trên. Từ đó ta tiến hành tính toán lắp ráp bàn kiểm công tơ thỏa mãn phương pháp đo công suất 3 pha bằng 2 oát mét hoặc oát mét 3 pha 2 cơ cấu

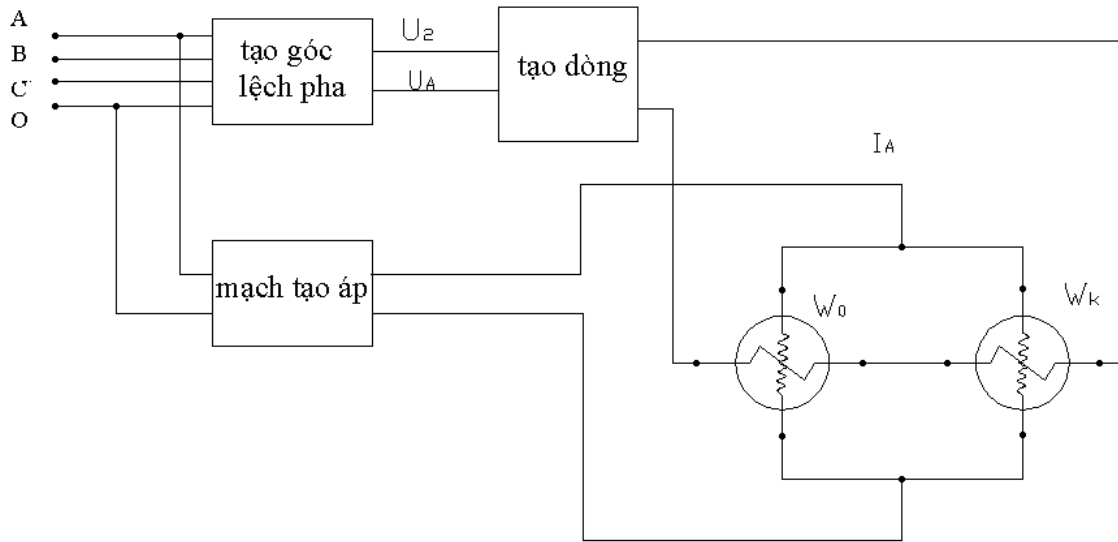
Căn cứ vào tiêu chuẩn về bàn kiểm công tơ, yêu cầu đặt ra là:

- Nguồn áp , nguồn dòng phải riêng rẽ
- Dòng điện phải thay đổi được từ 0 đến 250% giá trị định mức của công tơ
- Điện áp ra phải là điện áp định mức 220V hoặc 380V
- Dòng điện và điện áp phải có góc lệch pha bằng  $0^0$ ,  $30^0$ ,  $90^0$  và biến đổi liên tục
- Dạng sóng điện áp phải đạt được dạng sóng hình sin có độ méo cho phép
- Thỏa mãn được phương pháp đo công suất bằng hai oát mét hoặc oát mét 3 pha 2 cơ cấu

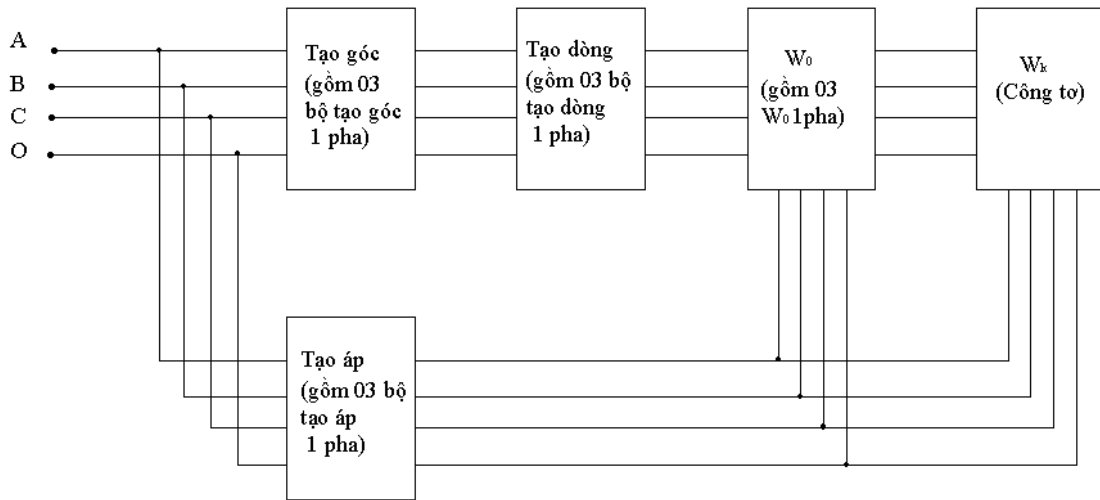
Từ những yêu cầu trên quyết định chọn phương án thiết kế 2 pha lẻ (A và C)

rồi ghép lại. nếu dùng 3 oát mét lẻ có thể sử dụng 3 mạch 3 pha lẻ ghép lại

Sơ đồ khối của mạch kiểm công tơ 1 pha và 3 pha 4 dây:



Sơ đồ khối mạch một pha



Sơ đồ khối mạch 3 pha 4 dây

Trong đó công tơ 3 pha 4 dây được sử dụng 3 mạch lẻ 1 pha ghép lại. mỗi

mạch 1 pha cấp cho 1 phần tử của công tơ và 1 phần tử của oát mét (công tơ mẫu)

điện áp  $U_{AO}$ ,  $U_{AB}$  đưa vào bộ tạo góc lệch pha tạo ra  $U_{A2}$  được tạo đưa vào mạch tạo dòng  $I_{OA}$  sao cho  $I_A$  và vectơ  $U$  có góc lệch pha tùy ý. Bộ biến đổi góc

góc  $\varphi$  có khả năng tạo ra  $U_{A2}$  sao cho qua bộ tạo dòng tạo ra được  $I_A$  hợp với  $U_{AO}$  một góc theo ý muốn.

## I. Thiết kế bộ tạo áp

Chọn máy biến áp tự ngẫu 1 pha tăng áp có các số liệu sau

$$S_{tr} = 1000 \text{ VA}$$

$$U_1 = U_{dm} = 220 \text{ V}$$

$$U_2 = 600 \text{ V}$$

Có 4 cấp điện áp thứ cấp: 127V, 220V, 300V, 600V

### 1. Công suất tính toán

Theo công thức (8-19) sách thiết kế máy biến áp của Phạm Văn Bình và Lê Văn Doanh ta có:

$$S_{tt} = S_{tr}(1 - U_2/U_1)$$

$$S_{tt} = 1000(1 - 600/220) = 633.33 \text{ (VA)}$$

### 2. Dòng điện phía sơ cấp

Có

$$S_{tt} = U_1 I_1$$

Dòng điện phía sơ cấp :

$$I_1 = \frac{S_u}{U_1} = \frac{633.33}{220} = 2,88 \text{ (A)}$$

3. Dòng điện phía thứ cấp máy biến áp:

$$S_{tt} = U_2 \cdot I_2$$

Dòng điện thứ cấp máy biến áp:

$$I_2 = \frac{S_u}{U_2} = \frac{633.33}{600} = 1,056 \text{ (A)}$$

4. Tính sơ bộ mạch từ

a> Tiết diện sơ bộ trụ

Chọn máy biến áp một pha dây quấn trên trụ giữa, tiết diện trụ tính theo công thức kinh nghiệm:

$$S_t = K_Q \sqrt{\frac{S_u}{C \cdot f}}$$

Trong đó :

C : số trụ máy biến áp

$K_Q$  : hệ số phụ thuộc phương thức làm mát

chọn  $K_Q=6$  (làm mát bằng không khí)

f : tần số điện áp lưới

$$\text{Vậy: } S_t = 6 \cdot \sqrt{\frac{633.33}{1.50}} = 21.35 \text{ (cm}^2\text{)}$$

b. Đường kính trụ

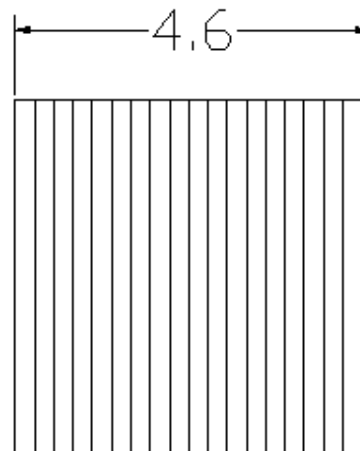
$$d_t = \sqrt{S_t} = \sqrt{21,35} = 4.6 \text{ (cm)}$$

$$\text{Chọn tỉ số } m = \frac{h}{d_t} = 2,2$$

$$h = 2,2 \cdot 4,6 = 10,12 \text{ (cm)}$$

chọn h=10 (cm)

Chọn loại thép tôn silic, tôn thắt



1,3w/kg, bề dày 0,5mm

chọn B=1T

Tính dây quấn

5. Số vòng dây cuộn sơ cấp máy biến áp:

$$w_1 = \frac{U_1}{4,44 \cdot f \cdot S_t \cdot B}$$

$$w_1 = \frac{220 \cdot 10^4}{4,44 \cdot 50 \cdot 21,35 \cdot 1} = 464(\text{vong})$$

6. Số vòng dây cuộn thứ cấp máy biến áp:

$$w_2 = w_1 \frac{U_2}{U_1}$$

$$w_2 = 464 \cdot \frac{600}{220} = 1266(\text{vong})$$

7. Chọn sơ bộ mật độ dòng điện trong máy biến áp:

Với dây dẫn đồng, máy biến áp khô chọn  $J_1=J_2=2,75 \text{ A/mm}^2$

8. Tiết diện dây dẫn sơ cấp máy biến áp:

$$S_1 = \frac{I_1}{J_1} = \frac{2,88}{2,75} = 1,05(\text{mm}^2)$$

chọn dây dẫn tròn, cách điện cấp B có tiết diện chuẩn:

$$d_1=1,16 \text{ mm}$$

$$S_1=1,0568 \text{ mm}^2$$

$$m_{\text{Cu}}=9,4 \text{ g/m}$$

$$R=0,0163 \Omega / \text{m}$$

9. Tính lại mật độ dòng điện trong cuộn sơ cấp:

$$J_1=I_1/S_1 = 2,88/1,0568=2,72 \text{ A/mm}^2$$

10. Tiết diện dây dẫn thứ cấp của máy biến áp:

$$S_2 = \frac{I_2}{J_2} = \frac{1,056}{2,75} = 0,384(\text{mm}^2)$$

Chọn dây dẫn tròn cách điện cấp B có tiết diện chuẩn:

$$S_2=0,4072 \text{ mm}^2$$

$$d_2=0,72 \text{ mm}$$

$$m_{\text{Cu}}=3,6 \text{ g/m}$$

$$R=0,0423 \text{ } \Omega / m$$

11. Tính lại mật độ dòng điện trong cuộn thứ cấp:

$$J_2 = \frac{I_2}{S_2} = \frac{1,056}{0,4072} = 2,59 (\text{A} / \text{mm}^2)$$

Kết cấu dây dẫn sơ cấp

12. Tính sơ bộ số vòng dây trên một lớp của cuộn sơ cấp:

$$W_{11} = \frac{h - 2.h_g}{d_1} . k_c = \frac{10 - 2.0,2}{0,116} . 0,95 = 79 (\text{vong})$$

Trong đó

$k_c=0,95$  là hệ số ép chặt

$h$  - chiều cao trụ

$h_g$  - khoảng cách từ gông đến cuộn dây sơ cấp

chọn sơ bộ khoảng cách cách điện gông là 0,2 cm

13. Tính sơ bộ số lớp dây ở cuộn sơ cấp:

$$n_{11} = \frac{w_1}{w_{11}} = \frac{464}{79} = 5,87 (\text{lop})$$

14. Chọn số lớp  $n_{11}=6$  lớp. Như vậy 464 vòng chia làm 6 lớp. 5 lớp đầu mỗi lớp có 79 vòng, lớp thứ 6 có 69 vòng

15. Chọn ống quấn dây làm bằng vật liệu cách điện có bề dày  $S_{01}=0,1$  cm

16. Chu vi trong của cuộn sơ cấp:

$$D_{t1} = (d_t + 0,2) . 4 = (4,6 + 0,2) . 4 = 19,2 (\text{cm})$$

17. Chọn bề dày giữa 2 lớp dây ở cuộn sơ cấp:  $cd_{11}=0,2$  mm

18. Bề dày cuộn sơ cấp

$$B_{d1}=(d_1+cd_{11}).n_{11}=(1,16+0,2).6=0,816(\text{cm})$$

22. Chu vi ngoài cuộn sơ cấp

$$D_{n1}=2.\Pi.Bd_1+4.(d_t+0,2)=2.3,14.0,816+4.(4.6+0.2)=24,32(\text{cm})$$

19. Chu vi trung bình cuộn sơ cấp

$$D_{tb1}=\frac{D_{t1}+D_{n1}}{2}=\frac{19,2+24,32}{2}=21,76(\text{cm})$$

20. Chiều dài dây quấn sơ cấp:

$$l_1=w_1.D_{tb.}=21,76.464=100,9664(\text{m})$$

Kết cấu dây quấn thứ cấp

21. Chọn sơ bộ chiều cao cuộn thứ cấp.  $h_1=h_2=10 \text{ cm}$

22. Tính sơ bộ số vòng dây trên một lớp

$$W_{12}=\frac{h_2}{d_2}.kc=\frac{10}{0,072}.0,95=132(\text{vong})$$

23. Tính sơ bộ số lớp dây quấn thứ cấp

$$n_{12}=\frac{w_2}{w_{12}}=\frac{1266}{132}=9,6 \text{ lớp}$$

24. Chọn số lớp dây quấn thứ cấp  $n_{12}=10$  lớp. chọn 9 lớp đầu có 132 vòng, lớp 10 có 78 vòng.

25. Chọn bề dày cách điện giữa cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp  $cd_{12}=0.2 \text{ cm}$

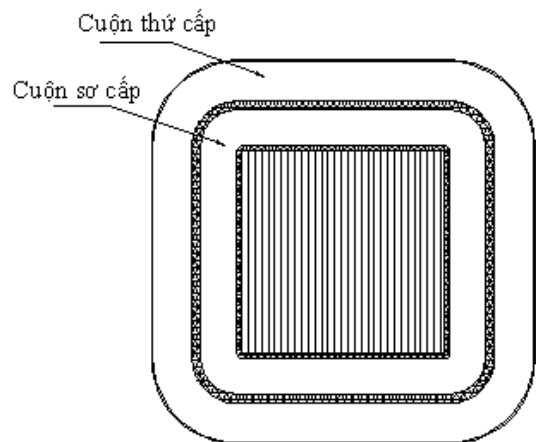
26. Chu vi trong cuộn thứ cấp

$$D_{t2}=2.\Pi.(Bd_1+0,2)+4.(d_t+0,2) \\ =2.3,14.(0,816+0,2)+4.(4.6+0.2)=25,58(\text{cm})$$

27. Chọn bề dày cách điện giữa các lớp dây ở cuộn thứ cấp:  $cd_2=0,2\text{mm}$

28. Bề dày cuộn thứ cấp

$$B_{d2}=(d_2+cd_2).n_{12}=(0,072+0,02).10=0,92 (\text{cm})$$



29. Chu vi ngoài cuộn thứ cấp

$$D_{n2} = 2.\Pi.(Bd_2 + 0,2 + B_{d1}) + 4.(d_t + 0,2)$$

$$= 2.3,14.(0,92 + 0,2 + 0,816) + 4.(4,6 + 0,2) = 31,358(\text{cm})$$

30. Chu vi trung bình cuộn thứ cấp

$$D_{tb2} = \frac{D_{t2} + D_{n2}}{2} = \frac{25,58 + 31,358}{2} = 28,469 \text{ (cm)}$$

31. Chiều dài dây quấn thứ cấp

$$l_2 = \pi.w_2.D_{tb2} = 1266.28,469 = 360,417(\text{m})$$

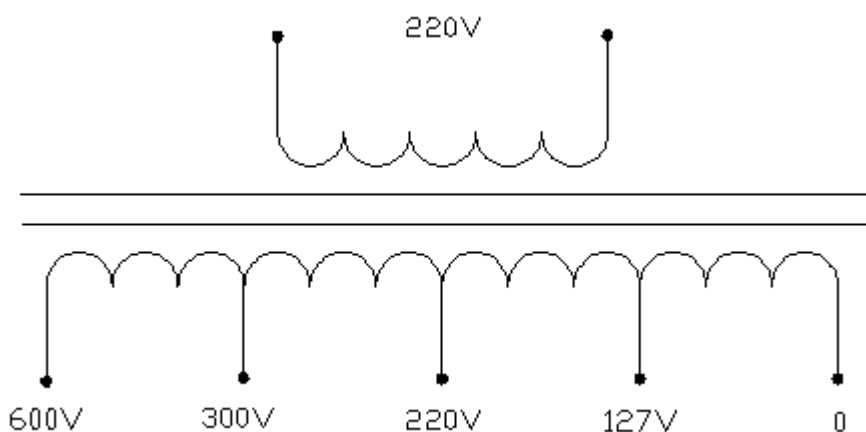
32. Chọn khoảng cách giữa cuộn thứ cấp đến gông:  $cd_{22}=1 \text{ cm}$

**Tính số vòng dây ứng với các cấp điện áp ở thứ cấp**

$$W_{127} = 127. \frac{1266}{600} = 268 \text{ (vòng)}$$

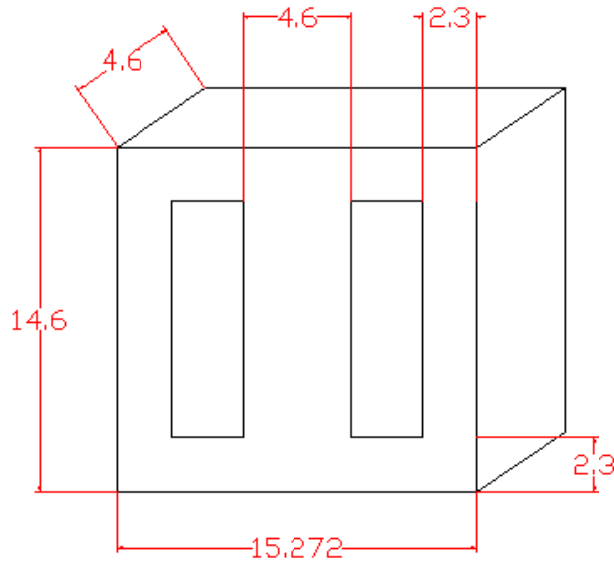
$$W_{220} = 220. \frac{1266}{600} = 464 \text{ (vòng)}$$

$$W_{300} = 300. \frac{1266}{600} = 633 \text{ (vòng)}$$





### Tính kích thước mạch từ



33. Số lá thép dùng trong một trụ

$$n = d/0,5 = 0,95.4,6/0,05 = 87 \text{ lá}$$

34. Tiết diện hiệu quả của trụ

$$Q_T = 0,95.21,35 = 20,2825 \text{ cm}^2$$

35. Để đơn giản ta chọn gông như trên

Tiết diện gông:

$$Q_g = 2,3.4,6 = 10,58 \text{ cm}^2$$

36. Tiết diện hiệu quả của gông

$$Q_{hg} = 0,95.10,58 = 10,051 \text{ cm}^2$$

37. Tính chính xác mật độ từ cảm trong trụ

$$B_T = \frac{U_1}{4,44.f.w_1.Q_T} = \frac{220.10^4}{4,44.50.464.20,2825} = 1,053 \text{ T}$$

38. Mật độ từ cảm trong gông

$$B_g = B_T \frac{Q_T}{Q_g.2} = 1,053. \frac{20,2825}{10,58.2} = 1,01 \text{ T}$$

39. Chiều rộng cửa sổ

$$c = S_{01} + cd_{12} + B_{d1} + B_{d2} + cd_{22} = 0,1 + 0,2 + 0,816 + 0,92 + 1 = 3,036(\text{cm})$$

40. Chiều rộng mạch từ

$$C = 3,036.2 + 2,3.2 + 4,6 = 15,272(\text{cm})$$

41. Chiều cao mạch từ

$$H = 10 + 2,3.2 = 14,6(\text{cm})$$

Tính khối lượng của sắt và đồng

42. Thể tích của trụ

$$V_T = Q_T \cdot h = 20,2825 \cdot 10 = 202,825(\text{cm}^3)$$

43. Thể tích gông

$$V_g = 2.2,3.4,6.10 + 2.2,3.4,6.16,672 = 564,38(\text{cm}^3)$$

47. Khối lượng của trụ

$$M_T = V_T \cdot m_{Fe} = 0,202825 \cdot 7,85 = 1,592(\text{kg})$$

48. Khối lượng của gông

$$M_g = V_g \cdot m_{Fe} = 0,56438 \cdot 7,85 = 4,43(\text{kg})$$

49. Khối lượng đồng

$$M_{Cu} = (L_1 \cdot m_{Cu} + L_2 \cdot m_{Cu}) = 100,9664 \cdot 9,4 + 360,417 \cdot 3,6 = 2,138(\text{Kg})$$

Tính các thông số của máy biến áp

50. Điện trở của cuộn sơ cấp máy biến áp ở 75°C

$$R_1 = \rho \frac{l_1}{s_1} = 0,02133 \cdot \frac{100,9664}{1,0568} = 2,04(\Omega)$$

51. Điện trở cuộn thứ cấp máy biến áp ở 75°C

$$R_2 = \rho \frac{l_2}{s_2} = 0,02133 \cdot \frac{360,417}{0,4072} = 18,88(\Omega)$$

52. Điện trở máy biến áp quy đổi về thứ cấp

$$R_{ba} = R_2 + R_1 \left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2 = 18,88 + 2,04 \left(\frac{1266}{464}\right)^2 = 24(\Omega)$$

53. Sụt áp trên điện trở máy biến áp

$$\square U_r = R_{ba} \cdot I_{dm} = 34 \cdot 1,056 = 36 \text{ (V)}$$

54. Điện kháng máy biến áp quy đổi về thứ cấp

$$\begin{aligned} X_{ba} &= 8 \cdot \Pi^2 \cdot W^2 \cdot \left( \frac{r}{h_{qd}} \right) \cdot \left( a_{12} + \frac{B_{d1} + B_{d2}}{2} \right) \cdot \omega \cdot 10^{-7} \\ &= 8 \cdot 3,14^2 \cdot 1266^2 \cdot \left( \frac{4,336}{10} \right) \cdot \left( 0,02 + \frac{0,816 + 0,92}{2} \right) \cdot 314 \cdot 10^{-7} = 10,28 \Omega \end{aligned}$$

55. Điện cảm máy biến áp quy đổi về thứ cấp

$$L_{ba} = \frac{X_{ba}}{\omega} = \frac{10,28}{314} = 0,0327 \text{ H}$$

56. Sụt áp trên điện kháng máy biến áp

$$\square U_x = \frac{X \cdot I_{dm}}{\Pi} = \frac{10,28 \cdot 1,056}{3,14} = 3,43 \text{ V}$$

57. Tổng trở ngắn mạch quy đổi về thứ cấp

$$Z_{ba} = \sqrt{R_{ba}^2 + X_{ba}^2} = \sqrt{10,28^2 + 24^2} = 26,1 \Omega$$

58. Dòng điện ngắn mạch

$$I_n = \frac{U_2}{Z_{ba}} = \frac{600}{26,1} = 22,99 \text{ (A)}$$

59. Điện áp ngắn mạch phần trăm

$$U_n \% = \frac{Z_{ba} \cdot I_n}{U_2} = \frac{26,1 \cdot 22,99}{600} = 9,9\%$$

## II. Thiết kế bộ tạo dòng

Bộ tạo dòng điện có các thông số sau:

$$S_{tk} = 3000 \text{ VA}$$

$$U_1 = U_{dm} = 220 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0,8$$

$$\eta = 0,9$$

Phía thứ cấp tạo ra 7 cấp dòng điện:

$$I_2 = (0,5; 1; 2,5; 5; 10; 25; 50) \text{ A}$$

1. Dòng điện phía sơ cấp

$$I_1 = \frac{S}{U_1 \cdot \eta \cdot \cos\varphi}$$

$$I_1 = \frac{3000}{220 \cdot 0,8 \cdot 0,9} = 18,94 \text{ A}$$

2. Tính sơ bộ mạch từ

a. Tiết diện sơ bộ trụ

Chọn mạch từ có 2 trụ, tiết diện mỗi trụ tính theo công thức kinh nghiệm:

$$Q = K_Q \sqrt{\frac{S_{tk}}{C \cdot f}}$$

Trong đó :

C : số trụ bộ tạo dòng

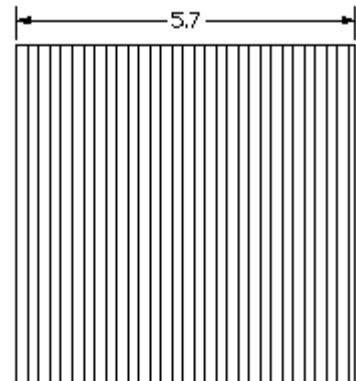
$K_Q$  : hệ số phụ thuộc phương thức làm mát

chọn  $K_Q = 6$  (làm mát bằng không khí)

f : tần số điện áp lưới

$$\text{Vậy: } Q = 6 \cdot \sqrt{\frac{3000}{2 \cdot 50}} = 32,86 (\text{cm}^2)$$

b> Đường kính trụ



$$d_t = \sqrt{S_t} = \sqrt{32,86} = 5,73 \text{ (cm)}$$

chọn  $d_t = 5,7 \text{ cm}$

$$\text{Chọn tỉ số } m = \frac{h}{d} = 2,3$$

$$h = 2,3 \cdot 5,7 = 13 \text{ (cm)}$$

Chọn loại thép tôn silic, tôn thắt 1,3w/kg, bề dày 0,5mm, chọn  $B=0,8 \text{ T}$

### Tính dây quấn

3. Số vòng dây cuộn sơ cấp bộ tạo dòng

$$w_1 = \frac{U_1}{4,44 \cdot f \cdot Q \cdot B}$$

$$w_1 = \frac{220 \cdot 10^4}{4,44 \cdot 50 \cdot 32,86 \cdot 0,8} = 377 \text{ (vòng)}$$

4. Số vòng dây cuộn thứ cấp

$$w_2 = \frac{I_1 w_1}{I_2}$$

$$w_2 = \frac{18,94 \cdot 377}{50} = 143 \text{ (vòng)}$$

5. Chọn sơ bộ mật độ dòng điện trong máy tạo dòng

Với dây dẫn đồng, máy biến áp không chọn  $J_1 = J_2 = 3,2 \text{ A/mm}^2$

6. Tiết diện dây dẫn sơ cấp máy biến áp:

$$S_1 = \frac{I_1}{J_1} = \frac{18,94}{3,2} = 5,918 \text{ (mm}^2\text{)}$$

chọn dây dẫn tròn, cách điện cấp B có tiết diện chuẩn:

$$d_1 = 2,83 \text{ mm}$$

$$S_1 = 6,29 \text{ mm}^2$$

$$m_{Cu} = 55,9 \text{ g/m}$$

$$R = 0,00278 \Omega / m$$

7. Tính lại mật độ dòng điện trong cuộn sơ cấp:

$$J_1 = I_1 / S_1 = 18,94 / 6,29 = 3,01 \text{ A/mm}^2$$

8. Tiết diện dây dẫn thứ cấp của bộ tạo dòng

$$S_2 = \frac{I_2}{J_2} = \frac{50}{3,2} = 15,625 (\text{mm}^2)$$

Chọn dây dẫn tròn cách điện cấp B có tiết diện chuẩn:

$$S_2 = 15,9 \text{ mm}^2$$

$$d_2 = 4,5 \text{ mm}$$

$$m_{\text{Cu}} = 142 \text{ g/m}$$

$$R = 0,0011 \Omega / \text{m}$$

9. Tính lại mật độ dòng điện trong cuộn thứ cấp:

$$J_2 = \frac{I_2}{S_2} = \frac{50}{15,9} = 3,14 (\text{A/mm}^2)$$

Kết cấu dây dẫn sơ cấp

10. Tính sơ bộ số vòng dây trên một lớp của cuộn sơ cấp:

$$W_{11} = \frac{h - 2 \cdot h_g}{d_1} \cdot k_c = \frac{13 - 2 \cdot 0,2}{0,283} \cdot 0,95 = 42,3 (\text{vòng})$$

Trong đó

$k_c = 0,95$  là hệ số ép chặt

$h$  - chiều cao trụ

$h_g$  - khoảng cách từ gông đến cuộn dây sơ cấp

chọn sơ bộ khoảng cách cách điện gông là 0,2 cm

11. Tính sơ bộ số lớp dây ở cuộn sơ cấp:

$$n_{11} = \frac{w_1}{w_{11}} = \frac{377}{42} = 9 (\text{lớp})$$

12. Chọn số lớp  $n_{11} = 9$  lớp. Như vậy 377 vòng chia làm 9 lớp

8 lớp đầu mỗi lớp có 42 vòng, lớp thứ 9 có 41 vòng.

13. Chọn ống quấn dây làm bằng vật liệu cách điện có bề dày  $S_{01} = 0,1 \text{ cm}$

14. Chu vi trong của cuộn sơ cấp:

$$D_{t1} = (d_t + 0,1) \cdot 4 = (5,7 + 0,1) \cdot 4 = 23,32 \text{ (cm)}$$

15. Chọn bề dày giữa 2 lớp dây ở cuộn sơ cấp:  $cd_{11} = 0,2 \text{ mm}$

16. Bề dày cuộn sơ cấp

$$B_{d1} = (d_1 + cd_{11}) \cdot n_{11} = (2,86 + 0,2) \cdot 9 = 2,754 \text{ (cm)}$$

17. Chu vi ngoài cuộn sơ cấp

$$D_{n1} = 2 \cdot \Pi \cdot B_{d1} + 4 \cdot (d_t + 0,1) = 2 \cdot 3,14 \cdot 2,754 + 4 \cdot (5,7 + 0,1) = 40,61512 \text{ (cm)}$$

18. Chu vi trung bình cuộn sơ cấp

$$D_{tb1} = \frac{D_{t1} + D_{n1}}{2} = \frac{23,32 + 40,61512}{2} = 31,96756 \text{ (cm)}$$

19. Chiều dài dây quấn sơ cấp:

$$l_1 = w_1 \cdot D_{tb1} = 31,96756 \cdot 3,77 = 120,517 \text{ (m)}$$

### Kết cấu dây quấn thứ cấp

20. Chọn sơ bộ chiều cao cuộn thứ cấp.  $h_1 = h_2 = 13 \text{ cm}$

21. Tính sơ bộ số vòng dây trên một lớp

$$W_{12} = \frac{h_2}{d_2} \cdot kc = \frac{13}{0,45} \cdot 0,95 = 27,44 \text{ (vong)}$$

chọn  $W_{12} = 28$  vòng

22. Tính sơ bộ số lớp dây quấn thứ cấp

$$n_{12} = \frac{w_2}{w_{12}} = \frac{143}{28} = 5,1 \text{ lớp}$$

23. Chọn số lớp dây quấn thứ cấp  $n_{12} = 5$  lớp. chọn 4 lớp đầu có mỗi lớp có 28 vòng, lớp 5 có 31 vòng.

24. Chu vi trong cuộn thứ cấp

$$D_{t2} = D_{t1} = 23,32 \text{ (cm)}$$

25. Chọn bề dày cách điện giữa các lớp dây ở cuộn thứ cấp:  $cd_2 = 0,2 \text{ mm}$

26. Bề dày cuộn thứ cấp

$$B_{d2}=(d_2+cd_2).n_{12}=(0,45+0,02).5=2.35 \text{ (cm)}$$

27. Chu vi ngoài cuộn thứ cấp

$$D_{n2}= 2.\Pi.Bd_2 + 4.(d_i + 0,1) = 2.3,14.2,35 + 4.(5,73 + 0.1) = 38,078(cm)$$

28. Chu vi trung bình cuộn thứ cấp

$$D_{tb2}=\frac{D_{i2} + D_{n2}}{2} = \frac{23,32 + 38,078}{2} = 30,7 \text{ (cm)}$$

29. Chiều dài dây quấn thứ cấp

$$l_2=\pi.w_2.D_{tb2} = 143.30,7 = 43,9(m)$$

30. Chọn khoảng cách giữa 2 cuộn:  $cd_{12}=1 \text{ cm}$

**Tính số vòng dây ứng với các cấp điện áp ở thứ cấp**

$$W_{0,5}=0,5. \frac{143}{50} = 2 \text{ (vòng)}$$

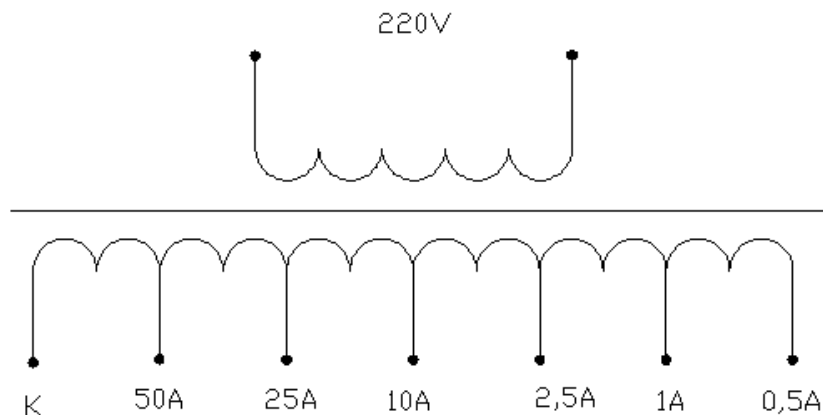
$$W_{1,0}=1. \frac{143}{50} = 3 \text{ (vòng)}$$

$$W_{2,5}=2,5. \frac{143}{50} = 7 \text{ (vòng)}$$

$$W_{5,0}=5. \frac{143}{50} = 14 \text{ (vòng)}$$

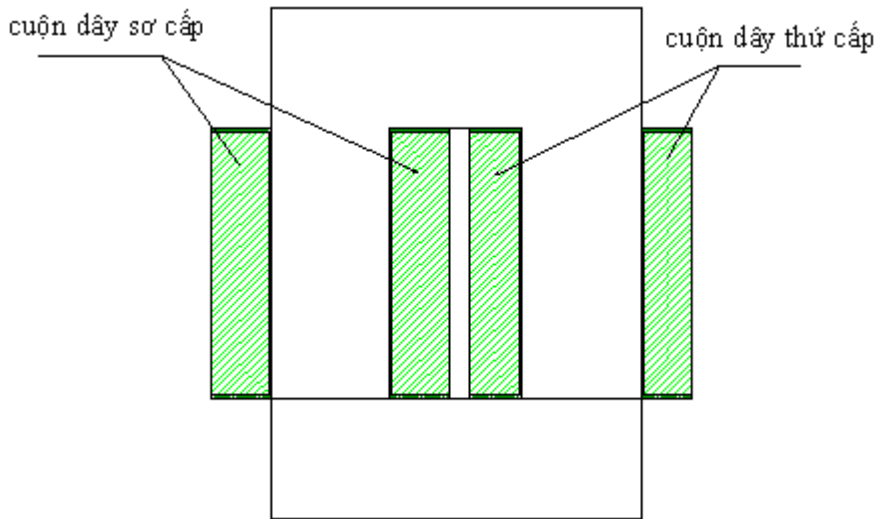
$$W_{10}=10. \frac{143}{50} = 28 \text{ (vòng)}$$

$$W_{25}=25. \frac{143}{50} = 71 \text{ (vòng)}$$





## Tính kích thước mạch từ



31. Số lá thép dung trong một trụ

$$n = d_i / 0,5 = 5,7 / 0,05 = 115 \text{ lá}$$

32. Tiết diện hiệu quả của trụ

$$Q_T = 0,95 \cdot 32,86 = 31,217 \text{ cm}^2$$

33. Tính chính xác mật độ từ cảm trong trụ

$$B_T = \frac{U_1}{4,44 \cdot f \cdot w_1 \cdot Q_T} = \frac{220 \cdot 10^4}{4,44 \cdot 50 \cdot 377 \cdot 31,217} = 0,842 \text{ T}$$

34. Mật độ từ cảm trong gông

$$B_g = B_T \frac{Q_T}{Q_g} = 0,842 \cdot 1 = 0,842 \text{ T}$$

35. Chiều rộng cửa sổ

$$c = 2S_{01} + cd_{12} + B_{d1} + B_{d2} = 2.0,1+1+2,754+2,35=6,304(\text{cm})$$

36. Tính khoảng cách giữa hai tâm trục

$$c'=c+d= 6,304+5,7=12,034(\text{cm})$$

37. Chiều rộng mạch từ

$$C=c+2d= 6,304+2.5,7=17,764 (\text{cm})$$

38. Chiều cao mạch từ

$$H= h+2d=13+2.5,7=24,46(\text{cm})$$

Tính khối lượng của sắt và đồng

39. Thể tích của trụ

$$V_T=2.Q_T.h=2.31,217.13=811,642(\text{cm}^3)$$

40. Thể tích gông

$$V_g=2.Q_g.C=2.31,217.17,764=1109,077(\text{cm}^3)$$

41. Khối lượng của trụ

$$M_T=V_T.m_{Fe}=0,811642.7,85=6,3713 (\text{kg})$$

42. Khối lượng của gông

$$M_g=V_g.m_{Fe}=1,109077.7,85=8,706 (\text{kg})$$

43. Khối lượng đồng

$$M_{Cu}=(L_1.m_{Cu}+L_2.m_{Cu})=120,517.55,9+43,9.142=12,97 (\text{Kg})$$

Tính các thông số của bộ tạo dòng

44. Điện trở của cuộn sơ cấp bộ tạo dòng ở 75°C

$$R_1 = \rho \frac{l_1}{s_1} = 0,02133 \cdot \frac{120,517}{6,29} = 0,408(\Omega)$$

45. Điện trở cuộn thứ cấp bộ tạo dòng ở 75°C

$$R_2 = \rho \frac{l_2}{s_2} = 0,02133 \cdot \frac{43,9}{15,9} = 0,0589(\Omega)$$

46. Điện trở bộ tạo dòng quy đổi về thứ cấp

$$R_{ba} = R_2 + R_1 \left( \frac{W_2}{W_1} \right)^2 = 0,408 + 0,0589 \left( \frac{143}{377} \right)^2 = 0,416 (\Omega)$$

47. Sụt áp trên điện trở bộ tạo dòng

$$\square U_r = R_{ba} \cdot I_{dm} = 0,416 \cdot 50 = 20,8 (\text{V})$$

48. Điện kháng bộ tạo dòng quy đổi về thứ cấp

$$\begin{aligned} X_{ba} &= 8 \cdot \Pi^2 \cdot W_2^2 \cdot \left( \frac{r}{h_{qd}} \right) \cdot \left( a_{12} + \frac{B_{d1} + B_{d2}}{2} \right) \cdot \omega \cdot 10^{-7} \\ &= 8 \cdot 3,14^2 \cdot 143^2 \cdot \left( \frac{6,336}{13} \right) \cdot \left( 0,02 + \frac{2,754 + 2,35}{2} \right) \cdot 314 \cdot 10^{-7} = 0,97 \Omega \end{aligned}$$

49. Điện cảm bộ tạo dòng quy đổi về thứ cấp

$$L_{ba} = \frac{X_{ba}}{\omega} = \frac{0,97}{314} = 3,1 \cdot 10^{-3} H$$

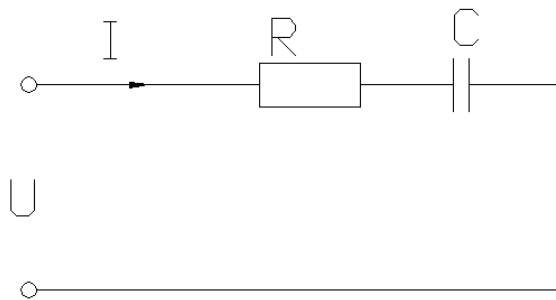
50. Sụt áp trên điện kháng bộ tạo dòng

$$\square U_x = \frac{X \cdot I_{dm}}{\Pi} = \frac{0,97 \cdot 50}{3,14} = 15,4 \text{ V}$$

### III. Bộ tạo góc lệch pha

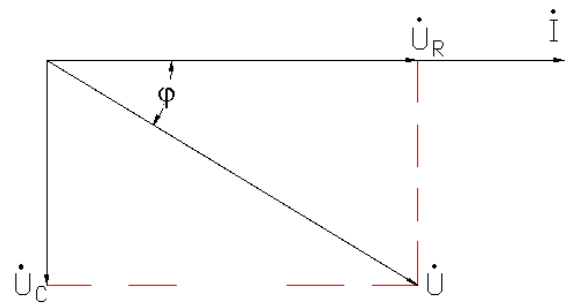
#### Các phương án lựa chọn

##### a. Dùng tụ điện và điện trở

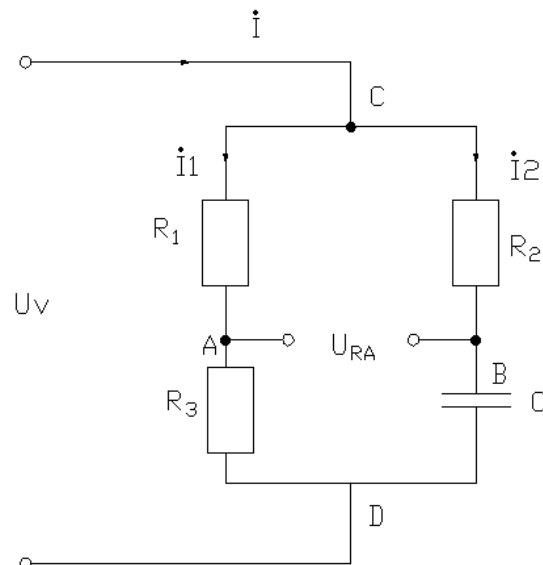


$$\varphi = \arctg \left| \frac{Z_C}{R} \right|$$

vậy khi ta có định giá trị tụ C  
và thay đổi biến trở R sẽ tạo được góc  
 $\varphi$  mong muốn.



##### b. Dùng mạch cầu:



Ta có:

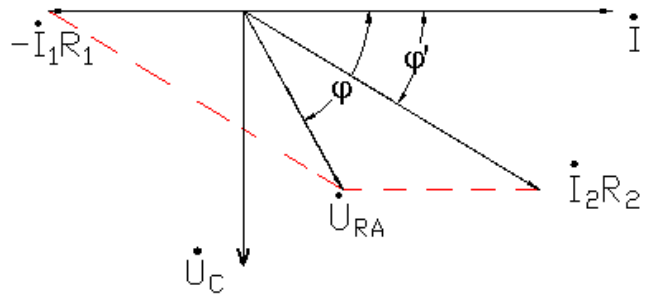
$$U_{AB} = U_{AC} + U_{CB}$$

$$= -I_1 R_1 + I_2 R_2$$

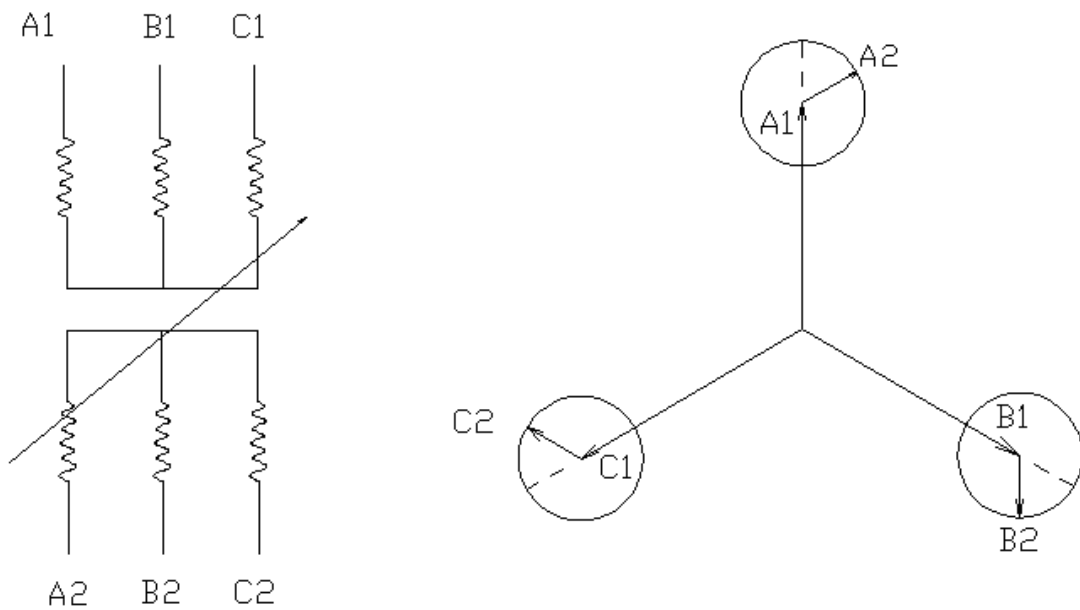
$$U_V = I_1 R_1 + I_3 R_3$$

$$= I_2 R_2 + I_2 \cdot Z_C$$

$$\varphi' = \arctg \left| \frac{Z_C}{R_2} \right|$$



c. Tạo góc lệch pha bằng phương pháp cảm ứng (động cơ làm việc ở 2 chế độ hãm)



Điện áp 3 pha ( $A_1, B_1, C_1$ ) được đưa vào Stato của động cơ. Điện áp ( $A_2, B_2, C_2$ ) là điện áp cảm ứng trên Roto của động cơ và được lấy ra qua cổ góp của động cơ; góc lệch pha  $\varphi_A (U_{A1}, U_{A2})$ ;  $\varphi_B (U_{B1}, U_{B2})$ ;  $\varphi_C (U_{C1}, U_{C2})$ ; được quyết định bởi vị trí tương đối giữa roto và stato của động cơ. Phương pháp tạo góc lệch pha này được áp dụng vào bàn kiểm  $\varphi$  của liên xô.

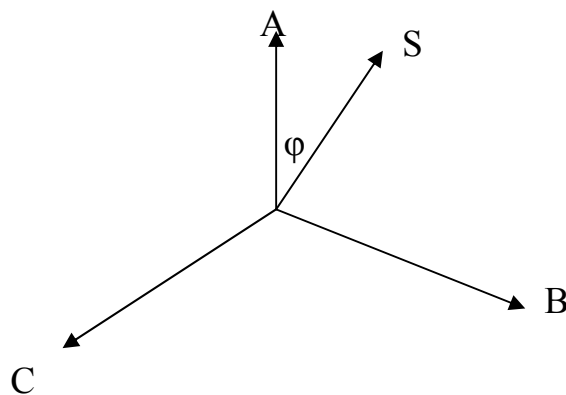
### Ưu điểm:

- Cùng một lúc tạo được 3 pha đối xứng
- Điều chỉnh dễ dàng, góc  $\varphi$  thay đổi liên tục từ  $0^0$  đến  $360^0$
- Cho phép kiểm định các loại dụng cụ đo điện xoay chiều

### Nhược điểm

- Đắt tiền, khó chế tạo, phụ thuộc nhiều vào sự đối xứng của điện áp nguồn cấp
- Sử dụng nhiều thiết bị gây tiếng ồn không tiện lợi khi sử dụng vì động cơ điều chỉnh pha nằm ngoài bàn kiểm

d. Phương pháp tạo góc lệch pha bằng cách kết hợp giữa điện áp pha và điện áp dây



Góc  $\varphi$  được tạo nên bởi véc tơ  $U_A$  và  $OS$ . Tùy theo vị trí giữa  $U_A$  và  $OS$  mà ta có góc theo ý muốn. Mặt khác lợi dụng trong cùng một pha  $U_A$  và  $I_A$  chậm

pha hoặc vượt trước từ 0 đến  $10^0$ , ta có góc biến đổi từ  $-10^0$  đến  $110^0$  (theo lý thuyết thì góc  $\varphi$  biến đổi từ 0 đến  $120^0$ )

Đây chính là nguyên lý thiết kế bàn kiểm công tơ điện với phụ tải sử dụng là  $U_2$  (mạch dòng)

Ưu điểm:

- góc  $\varphi$  biến đổi từ  $0^0$  đến  $120^0$  thực tế là ( $-10^0$  đến  $110^0$ ), như vậy không cần thay đổi vị trí đầu mà ta vẫn có góc mong muốn, nhưng khi đó khó tạo vì dòng trong mạch tạo pha bị lớn nên tốt nhất vẫn dùng phương pháp thay đổi đầu đầu dây

- sử dụng được với lưới điện công nghiệp 220 – 380V

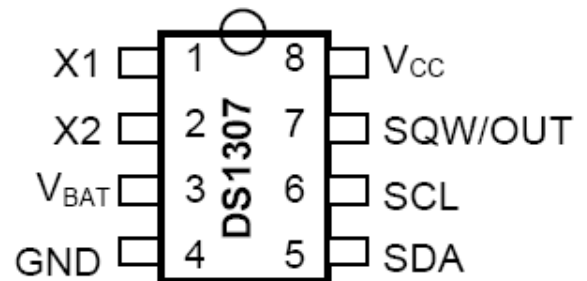
#### IV. Bộ đếm thời gian

##### *Mạch đồng hồ kỹ thuật số*

##### 1. Chíp tạo dao động: DS1307

Chíp thời gian thực DS1307 là loại chíp tiêu thụ điện áp thấp, tích hợp sẵn mã chuyển đổi BCD  $\rightarrow$  clock/calendar. Bộ nhớ trong 56 byte SRAM. Quá trình giao tiếp với chíp được truyền theo chuẩn  $I^2C$ .

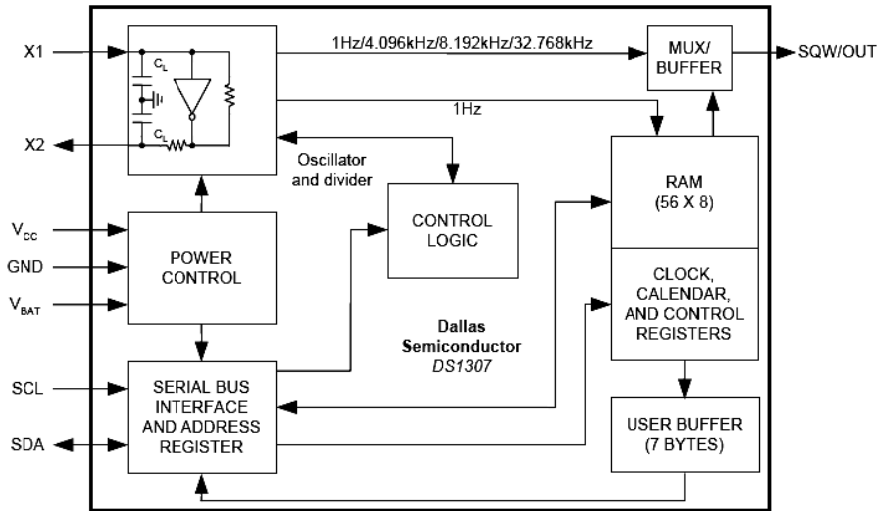
Mã clock/calendar tích hợp mã: giây, phút, giờ, ngày, thứ, tháng, năm. Chíp có khả năng tự điều chỉnh ngày trong tháng (ứng với từng trường hợp tháng có 30 ngày hoặc 31 ngày), có khả năng chọn chế độ hiển thị giờ trong ngày có thể là



**PDIP (300 mils)**

12 giờ với AM hoặc PM, hoặc 24 giờ. Các đặc tính đó có được thông qua việc tác động vào thanh ghi của chip.

Sơ đồ khối:



Chức năng của các chân như sau:

Chân	Tên	Chức năng
1	X1	Kết nối với thạch anh bên ngoài (chuẩn 32.768kHz)
2	X2	Mạch tạo dao động bên trong ứng với $C_L=12.5pF$ , X1: input, X2: Output
3	$V_{BAT}$	Nguồn battery bên ngoài (chuẩn 3V)
4	GND	Nối đất
5	SDA	Serial data. Chân truyền nhận dữ liệu giữa DS1307 với thiết bị khác theo chuẩn I <sup>2</sup> C, kiểu chân open drain nên phải có mắc điện trở treo (pullup) bên ngoài
6	SCL	Serial clock, trong giao thức I2C dữ liệu được truyền nối tiếp, đồng bộ, đây chính là chân xung nhịp clock của quá trình truyền.



7	SQW/OUT	Chân điều khiển đầu ra
8	V <sub>CC</sub>	Nguồn cung cấp 5V

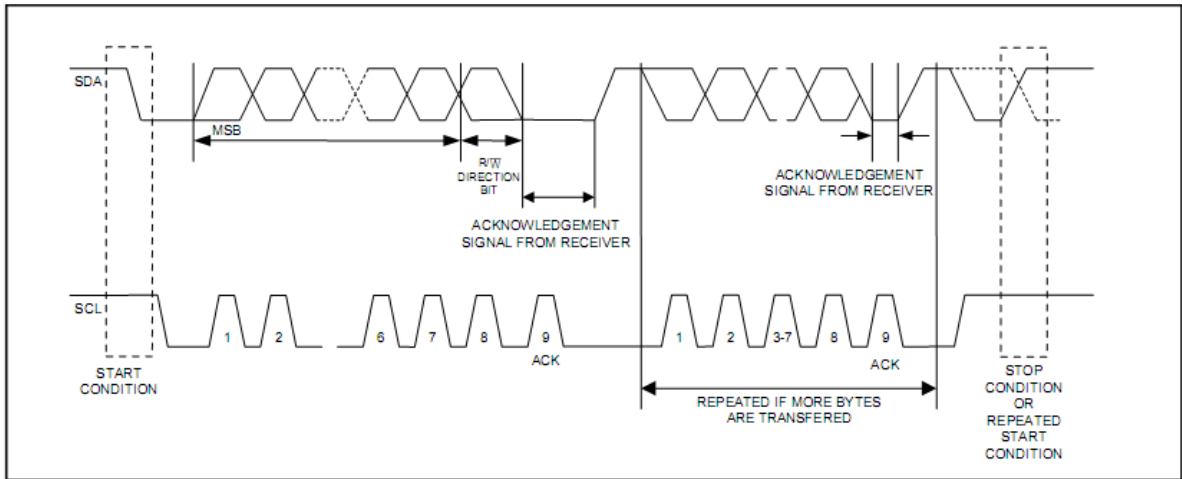
Hoạt động

Sự hoạt động của DS1307 dựa trên việc tác động vào thanh ghi. Cụ thể như sau:

Địa chỉ	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Chức năng	Khoảng giá trị
00H	CH	Lưu giá trị giây lớn hơn 10			Lưu giá trị giây bé hơn 10				T/h giây	0 – 59
01H	0	Lưu giá trị phút 10			Lưu giá trị phút bé hơn 10				T/h phút	0 – 59
02H	0	12	10	10 giờ	Giờ				Giờ	1-12 AM/PM 00-23
		24	Pm/am							
03H	0	0	0	0	0	Thứ			Thứ	01 – 07
04H	0	0	Ngày trên 10		Ngày				Ngày	01-31
05H	0	0	0	Tháng trên 10	Tháng				Tháng	01-12
06H	Năm trên 10				Năm				Năm	00-99
07H	OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0	Control	
08-3FH									RAM 56 x 8	00H – FF H

Chuẩn truyền thông I<sup>2</sup>C trong quá trình giao tiếp với chip DS1307

Sơ đồ truyền nhận:



*Quá trình truyền nhận theo chuẩn I<sup>2</sup>C diễn ra như sau:*

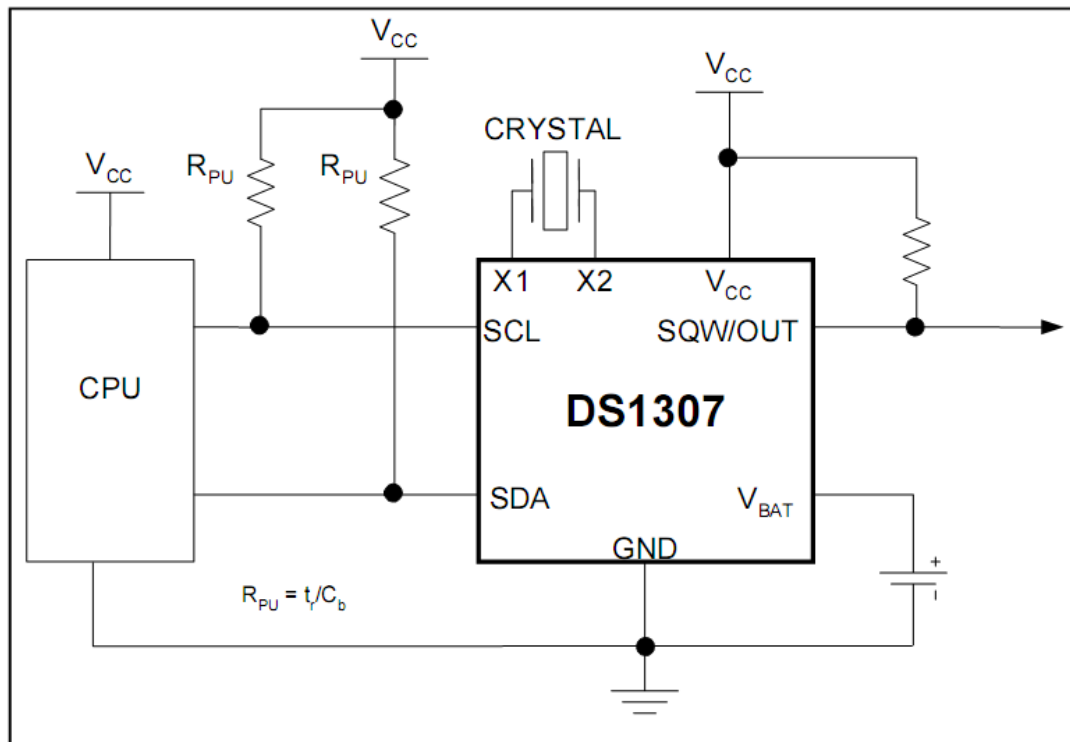
Thông thường trong các ứng dụng DS1307 được coi như slave, bus phải được điều khiển từ một thiết bị master khác là thiết bị phát ra xung chuẩn trên đường SCL, sự truyền nhận được thực hiện thông qua việc phát tín hiệu STOP và START, quá trình truyền nhận như sau:

- Khi đường dữ liệu và đường clock ở mức cao: Bus ở trạng thái nhàn rỗi
- Khi có sự thay đổi trạng thái trên bus từ mức HIGH xuống mức LOW, trong khi bus clock ở mức HIGH tương ứng với điều kiện START
- Khi có sự thay đổi trạng thái trên bus từ mức LOW xuống mức HIGH, trong khi bus clock ở mức HIGH tương ứng với điều kiện STOP
- Sau khi có tín hiệu START dữ liệu được truyền trên đường I<sup>2</sup>C, dữ liệu được thiết lập trong khi xung clock ở mức HIGH. Dữ liệu được nạp trong quá trình xung đồng hồ ở mức LOW.
- Với mỗi thiết bị nhận đều có một địa chỉ xác định, địa chỉ của thiết bị được phát bởi thiết bị MASTER, thiết bị SLAVE có quá trình nhận biết địa chỉ, nếu địa chỉ đó đúng với địa chỉ của thiết bị thì SLAVE phát lại tín hiệu nhận biết và tiến hành trao đổi dữ liệu với MASTER.

- Quá trình trao đổi dữ liệu kết thúc khi MASTER phát lên đường truyền tín hiệu STOP

## 2. Ứng dụng của chip DS1307 trong đồng hồ thời gian thực:

Mô hình ứng dụng

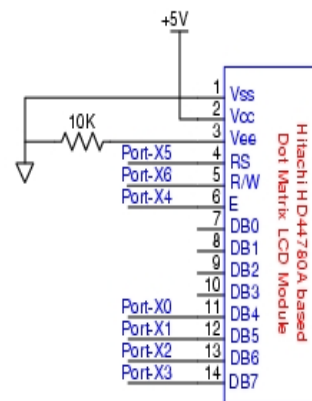


Mô hình có 3 khối chính:

### a. Vi điều khiển

Có vai trò đọc, điều khiển chip DS1307.

Quá trình giao tiếp giữa vi điều khiển và DS1307 được thực hiện theo chuẩn nối tiếp I<sup>2</sup>C trong đó vi điều khiển là Master, DS1307 là Slave. Vi điều khiển sẽ đọc và tác động các thanh ghi trong DS1307, nhận giá trị từ DS1307 và hiển thị lên thiết bị hiển thị. ứng dụng là vi



điều khiển PSoC-CY27443 của hãng Cypress (tham khảo tại [www.cypress.com](http://www.cypress.com)) đây là vi điều khiển tích hợp sẵn chuẩn truyền thông nối tiếp I<sup>2</sup>C thích hợp cho việc kết nối với DS1307

b. Thiết bị hiển thị

Dùng loại truyền theo giao thức Hitachi HD44780, với 7 chân truyền dữ liệu và điều khiển (như hình vẽ):

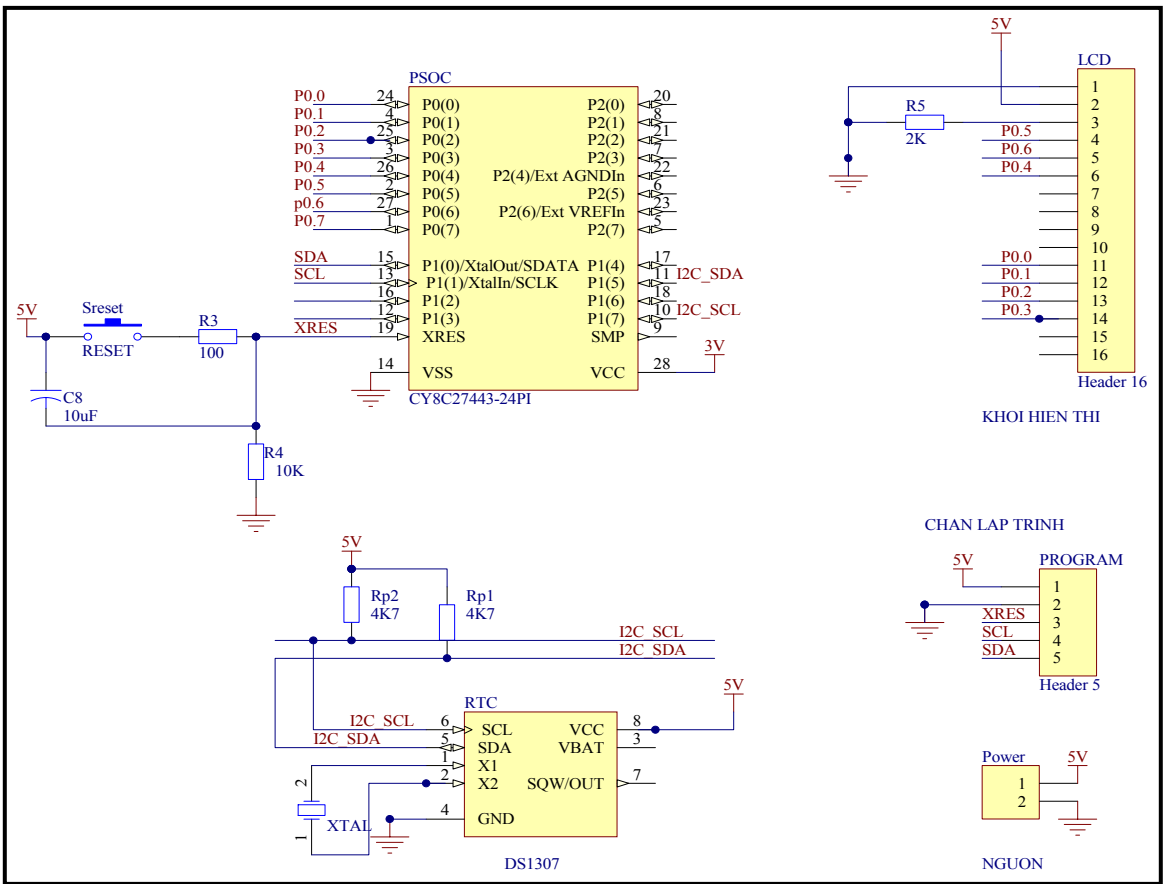
PSoC Pin	LCD Pin	Description
Port-X0	DB4	Data Bit 0
Port-X1	DB5	Data Bit 1
Port-X2	DB6	Data Bit 2
Port-X3	DB7	Data Bit 3
Port-X4	E	LCD Enable
Port-X5	RS	Register Select
Port-X6	R/W	Read/ Not Write

LCD đóng vai trò hiển thị kết quả giây, phút, ngày giờ, tháng năm, thiết bị hiển thị được điều khiển bởi vi điều khiển PSoC-CY27443

Trong Chip vi điều khiển PSoC có tích hợp sẵn môđul giao tiếp với LCD theo chuẩn HD 44780.

c. Chip thời gian thực DS1307

**Sơ đồ nguyên lý :**



# Chương V. CÁC PHƯƠNG PHÁP THỬ NGHIỆM VÀ TÍNH TOÁN SỬ LÝ SAI SỐ

## I. Phương pháp công suất thời gian

Phương pháp này được áp dụng rộng rãi nhưng năng suất thấp và phức tạp. Với phương pháp này, mạch điện áp và dòng điện của công tơ được tách biệt rồi đưa công suất điện qua công tơ. Trong đó các đại lượng điện áp, dòng điện và góc lệch pha có khả năng điều chỉnh được ở các giá trị quy định, đồng thời phải đếm được số vòng quay của công tơ theo đồng hồ bấm giây.

Để loại trừ sai số do phương pháp, cần phải giữ công suất ổn định trong thời gian đếm số vòng dây của đĩa công tơ.

Ta có:

$$C.N=P.t$$

Trong đó:

C- Hằng số công tơ

N- Số vòng quay đĩa công tơ

P- Công suất tiêu thụ ở phụ tải

t- Thời gian để đĩa công tơ quay được N vòng.

$$\Rightarrow t = \frac{C.N}{P}$$

Đây chính là thời gian chuẩn danh nghĩa mà nhà chế tạo thiết lập trên cơ sở tính toán theo hằng số công tơ, số vòng quay của đĩa công tơ và công suất tải.

Khi kiểm nghiệm bằng phương pháp công suất thời gian, trong quá trình tính toán phải chú ý 5 điểm sau:

1. Những công tơ có quy định các thiết bị phụ lắp đồng bộ và được ghi nhận trên mặt số công tơ, công suất trong công thức tính thời gian phải nhân thêm với hệ số biến đổi  $T_1$  và  $T_u$

$$t = \frac{C.N}{P.K_I.K_U}$$

2. Đối với những công tơ 3 pha, khi kiểm nghiệm từng phần tử, công suất đưa vào từng phần tử bằng:

$$P_n = \frac{P}{n}$$

Trong đó:

P- Tổng công suất mạch

n- Số phần tử trong công tơ

Từ đó suy ra cách tính thời gian chuẩn danh nghĩa cho từng phần tử trong công tơ. Cần chú ý rằng khi kiểm từng phần tử nào đưa dòng điện vào phần tử đó trong khi điện áp vẫn phải cấp đủ ở tất cả các phần tử.

3. Ứng với công suất tải định mức có thể vạch chia trên thang đo của oátmet không chẵn, trong trường hợp này để tránh sai số thì sai cho phép tăng dòng điện để đạt được trị số chẵn của oátmet và như vậy phải tính lại thời gian chuẩn ứng với công suất đã làm tròn số.

- Ví dụ: Tính giá trị công suất làm tròn số trong trường hợp sau:

Công tơ điện 1 pha 220V, 5 A

Oát met có thông số:

Thang điện áp 240 V

Thang dòng điện 5 A

Tổng số vạch chia thang đo oátmet 150 vạch

a. Công suất định mức đưa vào công tơ ở hệ số công suất  $\cos\varphi=1$

$$P_n=U.I. \cos\varphi=1=220.5.1=1100 \text{ (W)}$$

b. Giá trị vạch chia của oátmet

$$C_w = \frac{240.5}{150} = 8 \text{ (W/vòng)}$$

c. Số chỉ của oátmet ứng với công suất định mức

$$W = \frac{P_n}{C_w} = \frac{1100}{8} = 137,5 \text{ (vạch)}$$

Ta làm tròn lên 140 vạch

Trong trường hợp này phải tăng dòng điện để đạt được số chỉ 140 vạch trên thang đo của oátmet và phải tính lại thời gian chuẩn ứng với công suất định mức đã làm tròn là 1120 W.

4. Nên chọn số vòng quay của đĩa công tơ là số chẵn và là bộ của 10 để đếm, như vậy sẽ thuận tiện cho việc tính toán và thực hiện trong quá trình kiểm nghiệm ở các chế độ tải thấp và ở hệ số công suất khác 1.

Khi kiểm nghiệm bằng phương pháp công suất thời gian, sai số của công tơ được tính theo công thức sau:

$$\delta = \frac{t_0 - t}{t} \cdot 100(\%)$$

Trong đó:

$t_0$  - Thời gian chuẩn tính theo giá trị định mức.

$t$  - Thời gian thực tế đếm được trên thiết bị đo ứng với N vòng quay của đĩa công tơ.

5. Do cách ký hiệu của từng nước sản xuất công tơ khác nhau, nên khi tính hằng số C của công tơ phải chú ý đến đơn vị đo được ghi trên mặt số công tơ.

Để nâng cao năng suất của việc kiểm tra, giảm thời gian tính toán và sử lý kết quả đo, nên tiến hành tính toán trước các số liệu sau:

- Số chỉ của oátmet ứng với các giá trị của phụ tải và các hệ số công suất cần kiểm tra.



- Số vòng quay đĩa được chọn để kiểm tra phải được chọn sao cho thời gian phải trên 30s.

Sau khi xác định được thời gian chuẩn danh nghĩa, số chỉ của oátmet ứng với 100% giá trị phụ tải ở hệ số công suất  $\cos\varphi = 1$ . Ta tính tiếp số chỉ của oátmet và số vòng quay của đĩa cho những giá trị khác của phụ tải và ở các hệ số khác của góc lệch pha.

Ví dụ: Xác định sai số của công tơ đo điện năng tác dụng.

$$3 \times 100V ; 2 \times 5A ; 1KWh = 2500 \text{ vòng}$$

Để kiểm tra người ta dùng 2 oátmet có thang đo như sau:

- Điện áp 150 V

- Dòng điện 5 A

Tổng số vạch chia thang đo 150 vạch

Số chỉ của oátmet tại thời điểm kiểm tra

$$W_1 = 34 \text{ vạch}; W_2 = 56 \text{ vạch}$$

Thời gian đếm được của 20 vòng quay đĩa công tơ là 63,4 s

- a. Tính hằng số công tơ

$$C = \frac{3600 \cdot 1000}{2500} = 1440 \text{ (W.S/Vòng)}$$

- b. Tính giá trị vạch chia của oát met

$$C_w = \frac{150 \cdot 5}{150} = 5 \text{ (W/vạch)}$$

- c. Thời gian chuẩn danh nghĩa

$$t_0 = \frac{C \cdot N}{C_w (W_1 + W_2)} = \frac{1440 \cdot 20}{(34 + 56) \cdot 5} = 64 \text{ (S)}$$

- d. Sai số của công tơ

$$\delta = \frac{t_0 - t}{t} \cdot 100 = \frac{64 - 63,4}{63,4} \cdot 100 = 0,94\%$$

## II. Phương pháp so sánh trực tiếp với công tơ chuẩn

Đây là phương pháp đơn giản dễ thực hiện và có nhiều ưu điểm trong đó nổi bật là việc loại trừ được ảnh hưởng do nguồn điện không ổn định. Tuy nhiên ở nước ta do số lượng công tơ chuẩn ít, nên việc áp dụng phương pháp này chưa phổ cập. Trong quá trình thực hiện, phải chú ý thứ tự pha của công tơ định trong QTKĐ 19-1994. Trong khi kiểm thời gian điểm bắt đầu và thời gian kết thúc thì số vòng quay của cả công tơ chuẩn và công tơ kiểm phải trùng hợp chính xác, Trong quá trình tính toán sai số của công tơ kiểm phải lưu ý sai số của công tơ chuẩn ở các giá trị phụ tải.

Xác định sai số của công tơ kiểm theo công thức:

$$\delta = \frac{C.NC_0.N_0}{C_0.N_0} . 100(\%)$$

Trong đó:

C và C<sub>0</sub> - hằng số của công tơ kiểm và công tơ chuẩn

N và N<sub>0</sub> - số vòng quay đĩa điểm được của công tơ kiểm và công tơ chuẩn.

Nếu công tơ chuẩn là loại cơ điện, để đơn giản việc tính toán sai số, công thức trên có thể rút gọn dưới dạng:

$$\delta = \frac{100A_0.N}{A.N_0} . 100(\%) = \left(\frac{A_0.N}{A.N_0}\right) . 100(\%)$$

Trong đó:

A và A<sub>0</sub> - Số vòng quay của đĩa công tơ kiểm và công tơ chuẩn ứng với 1KWh.

N và N<sub>0</sub> - số vòng quay của đĩa công tơ kiểm và công tơ chuẩn, đếm được trong thời gian kiểm tra.

Trong trường hợp cần phải mở rộng giới hạn đo của công tơ chuẩn, phải sử dụng các T<sub>1</sub> chuẩn cơ cấp chính xác cao hơn, hoặc sử dụng máy T<sub>1</sub> Trang bị

trong các bàn kiểm công tơ . Cách đầu công tơ trên bàn kiểm tương tự như đầu oát mét . nhưng công thức sai số sẽ là:

$$\delta = \left( \frac{A_0 \cdot N}{A \cdot N_0 \cdot K_{T1}} - 1 \right) \cdot 100(\%)$$

Trong đó :

A và  $A_0$  ; N và  $N_0$  – tương tự như trên

$K_{T1}$  – Hệ số biến đổi  $T_1$

- Ví dụ 1: Xác định sai số của công tơ 3 pha đo điện năng tác dụng với các thông số kỹ thuật như sau:

$$3 \times 100V; 2 \times 5A$$

Công tơ kiểm : 1KWh=1750 vòng

Công tơ chuẩn: 1KWh=1000vóng

Số vòng quay của đĩa công tơ điểm được trong thời gian kiểm tra

Công tơ kiểm : 10 vòng

Công tơ chuẩn : 5,73 vòng

Sai số của công tơ kiểm;

$$\delta = \left( \frac{1000 \cdot 10}{1750 \cdot 5,73} - 1 \right) \cdot 100(\%) = -0.27(\%)$$

- Ví dụ 2: Xác định sai số của công tơ 3 pha đo điện năng phản kháng với các thông số kỹ thuật sau:

- $3 \times 100V; 3 \times 5A$

- Công tơ kiểm : 1KVARh=2500 vòng

- Công tơ chuẩn : 1KVARh=750 vòng

Số vòng quay của đĩa công tơ điểm được trong thời gian kiểm tra :

Công tơ kiểm : 20 vòng

Công tơ chuẩn: 6,05 vòng

Sai số của công tơ kiểm:

$$\delta = \left( \frac{750.20}{2500.6,05} - 1 \right) . 100 = -0,83(\%)$$

Khi sử dụng công tơ chuẩn loại cơ điện , để nhằm mục đích đơn giản hoá công việc tính toán và xử lý sai số , tăng năng suất kiểm nghiệm , hiệu chính. Trên cơ sở biết trước được các thông số kỹ thuật của công tơ kiểm và công tơ chuẩn , ta có thể lập bảng tính sẵn cho tất cả các loại công tơ ; ứng với một số vòng quay của công tơ kiểm đã ấn định và căn cứ vào cấp chính xác của nó , tính trước được miền giới hạn số vòng quay của công tơ chuẩn, ứng với một số vòng quay của công tơ kiểm đã ấn định và căn cứ vào cấp chính xác của nó, tính trước được miền giới hạn số vòng quay của công tơ chuẩn, trong đó công tơ kiểm sẽ đạt được cấp chính xác . Cách làm như sau:

1. Tính số vòng quay của công tơ chuẩn khi công tơ kiểm quay được N vòng và có sai số bằng 0.

$$\delta = \left( \frac{A_0 \cdot N}{A \cdot N_0 \cdot K_{TI}} - 1 \right) . 100 = 0$$

Suy ra:  $N_0 = \frac{A_0 \cdot N}{A \cdot K_{TI}}$

2. Căn cứ vào cấp chính xác, tính giới hạn sai số cho phép của công tơ kiểm qua số vòng quay của công tơ chuẩn:

$$\Delta = \pm N_0 \cdot \delta = \pm \frac{A_0 \cdot N}{A \cdot K_{TI}} \cdot \delta$$

Trong đó  $\delta$  - cấp chính xác của công tơ kiểm

3. Tính sẵn miền giới hạn số vòng quay của công tơ chuẩn để công tơ kiểm đạt được cấp chính xác.

Ví dụ: Công tơ kiểm loại 1 pha có cấp chính xác 2 có các thông số sau:

$$U=220V, I=10A, 1KWh=600 \text{ vòng}$$

Công tơ chuẩn có cấp chính xác 0,6 có các thông số kỹ thuật:

$$U=220V, I=5A, 1 \text{ KWh}=900 \text{ vòng}$$

a. Tính  $N_0$  khi số vòng quay của công tơ kiểm là 10 vòng và có sai số bằng 0. chọn  $K_{TI}=2$ .

$$N_0 = \frac{900 \cdot 10}{600 \cdot 1} = 7,5 \text{ (vòng)}$$

b. Tính giới hạn sai số cho phép ứng với cấp chính xác của công tơ kiểm  $\delta = 2$

$$\Delta = \pm 7,5 \cdot 2\% = \pm 0,15 \text{ (vòng)}$$

c. Tính miền giới hạn số vòng quay của công tơ chuẩn để công tơ kiểm đạt cấp chính xác 2.

$$N_0 = (7,5 \pm 0,15) \text{ vòng}$$

Như vậy khi kiểm nghiệm công tơ đã nêu trên ở 10 vòng quay, để công tơ đạt cấp chính xác 2, số vòng quay của công tơ chuẩn phải nằm trong giới hạn từ 7,35 đến 7,65 vòng.

### III. Phương pháp đóng tải dài hạn

Phương pháp này thường được áp dụng ở các trạm kiểm định hoặc các điểm kiểm tra để kiểm một số lượng lớn công tơ cùng một lúc. Với phương pháp này, chuẩn để kiểm tra có thể là công tơ chuẩn hoặc công tơ có sai số nhỏ. Nếu nguồn điện ổn định có thể dung oátmet và đồng hồ bấm giây chuẩn.

Tất cả các công tơ chuẩn được treo trên bàn kiểm tra và đóng điện trong khoảng thời gian dài, lần lượt kiểm tra ở các chế độ tải khác nhau, ở mỗi chế độ tải, ghi chỉ số trên mỗi bộ số công tơ kiểm ứng với thời điểm đầu và cuối thời gian dòng điện. Thời gian dòng điện ở mỗi chế độ tải có thể lâu tùy ý nhưng đủ để tang trống khắc vạch nhỏ nhất của bộ số quay được 2 vòng.

Dựa vào lượng điện năng ghi nhận được mà tính sai số của công tơ theo công thức:

$$\delta = \frac{W - W_0}{W_0} \cdot 100 + \delta_0$$

Trong đó:

$W$  - điện năng ghi được của công tơ kiểm

$W_0$  - điện năng ghi được của công tơ chuẩn hoặc bằng  $P \cdot t$   
nếu dùng chuẩn là oátmet và đồng hồ bấm giây.

$\delta_0$  - sai số công tơ chuẩn.

## LỜI KẾT

Để hoàn thành được đồ án tốt nghiệp này, em vô cùng cảm ơn sự chỉ bảo hướng dẫn tận tình của thầy giáo Chu Đình Khiết cùng toàn thể các thầy cô giáo và các bạn.

Đây là lần đầu tiên em được tiếp xúc và làm quen với việc nghiên cứu thiết kế. Vì kiến thức và kinh nghiệm còn hạn chế, nên trong quá trình tính toán thiết kế còn nhiều thiếu sót. Vì vậy em rất mong được sự chỉ bảo và giúp đỡ của thầy cô duyệt đề tài thiết kế và toàn thể thầy cô giáo trong hội đồng bảo vệ.

Em xin chân thành cảm ơn!

### Tài liệu tham khảo:

1. Kỹ thuật đo lường các đại lượng vật lý
2. Kỹ thuật điện tử\_ Đỗ Xuân Thụ
3. Thiết kế thiết bị điện tử công suất\_ Trần Văn Thịnh
4. Thiết kế máy biến áp\_ Phạm Văn Bình; Lê Văn Doanh
5. Tiêu chuẩn đo lường và thử nghiệm\_ Tổng cục đo lường chất lượng
6. Datasheet DS1307, [www.maximic.com](http://www.maximic.com)
7. Datasheet PSoC-CY27443, [www.cypress.com](http://www.cypress.com)
8. Datasheet LCD hitachi



## CHƯƠNG I

### KHÁI NIỆM VỀ ĐO LƯỜNG

#### § 1.1 Định nghĩa, phân loại các loại mẫu đo và dụng cụ đo

**1.1.1 Định nghĩa:** Đo lường là một quá trình đánh giá định lượng đại lượng cần đo để có kết quả bằng số so với đơn vị đo.

Kết quả đo lường ( $A_x$ ) là giá trị bằng số, được định nghĩa bằng tỉ số giữa đại lượng cần đo ( $X$ ) và đơn vị đo ( $X_0$ ):

$$A_x = X/X_0.$$

**Quá trình đo lường:** quá trình đo là quá trình xác định tỉ số:  $A_x = \frac{X}{X_0}$  (1-1)

Từ (1.1) có phương trình cơ bản của phép đo:  $X = A_x \cdot X_0$ , chỉ rõ sự so sánh  $X$  so với  $X_0$ , như vậy muốn đo được thì đại lượng cần đo  $X$  phải có tính chất là các giá trị của nó có thể so sánh được, khi muốn đo một đại lượng không có tính chất so sánh được thường phải chuyển đổi chúng thành đại lượng có thể so sánh được.

**Như vậy,** trong quá trình đo lường cần phải quan tâm đến: đại lượng cần đo  $X$  (các tính chất của nó), đơn vị đo  $X_0$  và phép tính toán để xác định tỉ số (1-1) để có các phương pháp xác định kết quả đo lường  $A_x$  thỏa mãn yêu cầu.

**Ví dụ:** đo được dòng điện  $I=5A$ , có nghĩa là: đại lượng cần đo là dòng điện  $I$ , đơn vị đo là  $A$ (ampe), kết quả bằng số là 5.

**1.1.2 Phân loại các loại mẫu đo và dụng cụ đo:** Mẫu và dụng cụ đo được chia làm hai loại: loại làm mẫu và loại công tác

- Mẫu đo và dụng cụ đo làm mẫu dùng để kiểm tra các mẫu đo và dụng cụ đo khác, loại này được chế tạo và sử dụng theo các tiêu chuẩn kỹ thuật đảm bảo làm việc chính xác. Được các cơ sở nhà nước quản lý và bảo quản.

- Mẫu đo và dụng cụ đo công tác dùng để đo trong thực tế như trong quá trình sửa chữa, sản xuất, và thí nghiệm.

#### § 1.2 Các loại phương pháp đo

Tùy thuộc vào đối tượng đo, điều kiện đo và độ chính xác yêu cầu của phép đo mà người quan sát phải biết chọn các phương pháp đo khác nhau để thực hiện tốt quá trình đo lường.

Có thể có nhiều phương pháp đo khác nhau nhưng trong thực tế thường phân thành 2 loại phương pháp đo chính là phương pháp đo biến đổi thẳng và phương pháp đo kiểu so sánh.

##### 1.2.1 Phương pháp đo biến đổi thẳng

**a. Định nghĩa:** là phương pháp đo có sơ đồ cấu trúc theo kiểu biến đổi thẳng,

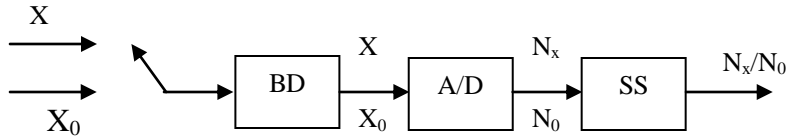
nghĩa là không có khâu phản hồi.

**b. Quá trình thực hiện:**

\* Đại lượng cần đo  $X$  qua các khâu biến đổi để biến đổi thành con số  $N_X$ , đồng thời đơn vị của đại lượng đo  $X_0$  cũng được biến đổi thành con số  $N_0$ .

\* Tiến hành quá trình so sánh giữa đại lượng đo và đơn vị (thực hiện phép chia  $N_X/N_0$ ),

■ Thu được kết quả đo:  $A_X = X/X_0 = N_X/N_0$



Hình 1.1. Lưu đồ phương pháp đo biến đổi thẳng

Quá trình này được gọi là quá trình biến đổi thẳng, thiết bị đo thực hiện quá trình này gọi là thiết bị đo biến đổi thẳng. Tín hiệu đo  $X$  và tín hiệu đơn vị  $X_0$  sau khi qua khâu biến đổi (có thể là một hay nhiều khâu nối tiếp) có thể được qua bộ biến đổi tương tự-số A/D để có  $N_X$  và  $N_0$ , qua khâu so sánh có  $N_X/N_0$ .

Dụng cụ đo biến đổi thẳng thường có sai số tương đối lớn vì tín hiệu qua các khâu biến đổi sẽ có sai số bằng tổng sai số của các khâu, vì vậy dụng cụ đo loại này thường được sử dụng khi độ chính xác yêu cầu của phép đo không cao lắm.

**1.2.2. Phương pháp đo kiểu so sánh**

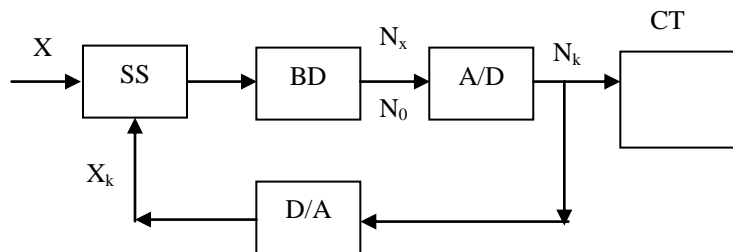
**a. Định nghĩa:** là phương pháp đo có sơ đồ cấu trúc theo kiểu mạch vòng, nghĩa là có khâu phản hồi.

**b. Quá trình thực hiện:**

Đại lượng đo  $X$  và đại lượng mẫu  $X_0$  được biến đổi thành một đại lượng vật lý nào đó thuận tiện cho việc so sánh.

Quá trình so sánh  $X$  và tín hiệu  $X_K$  (tỉ lệ với  $X_0$ ) diễn ra trong suốt quá trình đo, khi hai đại lượng bằng nhau đọc kết quả  $X_K$  sẽ có được kết quả đo.

Quá trình đo như vậy gọi là quá trình đo kiểu so sánh. Thiết bị đo thực hiện quá trình này gọi là thiết bị đo kiểu so sánh (hay còn gọi là kiểu bù).



Hình 1.2. Lưu đồ phương pháp đo kiểu so sánh

**c. Các phương pháp so sánh:** bộ so sánh SS thực hiện việc so sánh đại lượng đo X và đại lượng tỉ lệ với mẫu  $X_K$ , qua bộ so sánh có:  $\Delta X = X - X_K$ . Tùy thuộc vào cách so sánh mà sẽ có các phương pháp sau:

**\* So sánh cân bằng:**

+ **Quá trình thực hiện:** đại lượng cần đo X và đại lượng tỉ lệ với mẫu  $X_K = N_K \cdot X_0$  được so sánh với nhau sao cho  $\Delta X = 0$ , từ đó suy ra

$$X = X_K = N_K \cdot X_0 \quad \blacksquare \text{ suy ra kết quả đo: } A_X = X/X_0 = N_K.$$

Trong quá trình đo,  $X_K$  phải thay đổi khi X thay đổi để được kết quả so sánh là  $\Delta X = 0$  từ đó suy ra kết quả đo.

+ **Độ chính xác:** phụ thuộc vào độ chính xác của  $X_K$  và độ nhạy của thiết bị chỉ thị cân bằng (độ chính xác khi nhận biết  $\Delta X = 0$ ).

**Ví dụ:** cầu đo, điện thế kế cân bằng ...

**\* So sánh không cân bằng:**

+ **Quá trình thực hiện:** đại lượng tỉ lệ với mẫu  $X_K$  là không đổi và biết trước, qua bộ so sánh có được  $\Delta X = X - X_K$ , đo  $\Delta X$  sẽ có được đại lượng đo  $X = \Delta X + X_K$  từ đó có kết quả đo:  $A_X = X/X_0 = (\Delta X + X_K)/X_0$ .

+ **Độ chính xác:** độ chính xác của phép đo chủ yếu do độ chính xác của  $X_K$  quyết định, ngoài ra còn phụ thuộc vào độ chính xác của phép đo  $\Delta X$ , giá trị của  $\Delta X$  so với X (độ chính xác của phép đo càng cao khi  $\Delta X$  càng nhỏ so với X).

Phương pháp này thường được sử dụng để đo các đại lượng không điện, như đo ứng suất (dùng mạch cầu không cân bằng), đo nhiệt độ...

**\* So sánh không đồng thời:**

+ **Quá trình thực hiện:** dựa trên việc so sánh các trạng thái đáp ứng của thiết

bị đo khi chịu tác động tương ứng của đại lượng đo X và đại lượng tỉ lệ với mẫu  $X_K$ , khi hai trạng thái đáp ứng bằng nhau suy ra  $X = X_K$ .

Đầu tiên dưới tác động của X gây ra một trạng thái nào đó trong thiết bị đo, sau đó thay X bằng đại lượng mẫu  $X_K$  thích hợp sao cho cũng gây ra đúng trạng thái như khi X tác động, từ đó suy ra  $X = X_K$ . Như vậy rõ ràng là  $X_K$  phải thay đổi khi X thay đổi.

+ **Độ chính xác:** phụ thuộc vào độ chính xác của  $X_K$ . Phương pháp này chính xác vì khi thay  $X_K$  bằng X thì mọi trạng thái của thiết bị đo vẫn giữ nguyên.

Thường thì giá trị mẫu được đưa vào khắc độ trước, sau đó qua các vạch khắc mẫu để xác định giá trị của đại lượng đo X. Thiết bị đo theo phương pháp này là các thiết bị đánh giá trực tiếp như vônmet, ampemét chỉ thị kim.

**\* So sánh đồng thời:**

+ **Quá trình thực hiện:** so sánh cùng lúc nhiều giá trị của đại lượng đo X và đại lượng mẫu  $X_K$ , căn cứ vào các giá trị bằng nhau suy ra giá trị của đại lượng đo.

**Ví dụ:** xác định 1 inch bằng bao nhiêu mm: lấy thước có chia độ mm (mẫu), thước kia theo inch (đại lượng cần đo), đặt điểm 0 trùng nhau, đọc được các điểm trùng nhau là: 127mm và 5 inch, 254mm và 10 inch, từ đó có được:

$$1 \text{ inch} = 127/5 = 254/10 = 25,4 \text{ mm}$$

Trong thực tế thường sử dụng phương pháp này để thử nghiệm các đặc tính của các cảm biến hay của thiết bị đo để đánh giá sai số của chúng.

**Từ các phương pháp đo trên có thể có các cách thực hiện phép đo là:**

- **Đo trực tiếp** : kết quả có chỉ sau một lần đo
- **Đo gián tiếp**: kết quả có bằng phép suy ra từ một số phép đo trực tiếp.
- **Đo hợp bộ**: như gián tiếp nhưng phải giải một phương trình hay một hệ phương trình mới có kết quả.
- **Đo thống kê**: đo nhiều lần và lấy giá trị trung bình mới có kết quả.

### § 1.3 Các đặc trưng cơ bản của dụng cụ đo

Mục đích của quá trình đo lường là tìm được kết quả đo lường  $A_X$ , tuy nhiên để kết quả đo lường  $A_X$  thỏa mãn các yêu cầu đặt ra để có thể sử dụng được đòi hỏi phải nắm vững các đặc trưng của quá trình đo lường.

#### 1.3.1 Độ nhạy

- Là 1 thông số khảo sát mối quan hệ giữa đại lượng ra và đại lượng vào

#### 1.3.2 Ngưỡng nhạy

- Là giá trị nhỏ nhất của đại lượng đo ở đầu vào mà ta biết được ở đầu ra

#### 1.3.3 Thang đo và thang chia độ

- Thang đo là phạm vi làm việc của 1 dụng cụ đo.
- Thang chia độ là 1 khung tròn trên đó có khắc các vạch bằng nhau và không bằng nhau. Trên mỗi vạch tương ứng với giá trị nhất định của đại lượng cần đo.

#### 1.3.4 Các sai số và cấp chính xác của dụng cụ đo

##### a. Sai số tuyệt đối, sai số tương đối, sai số hệ thống

- Sai số của phép đo: là sai số giữa kết quả đo lường so với giá trị chính xác của đại lượng đo.

- **Giá trị thực  $X_{th}$  của đại lượng đo**: là giá trị của đại lượng đo xác định được với một độ chính xác nào đó (thường nhờ các dụng cụ mẫu có cấp chính xác cao hơn dụng cụ đo được sử dụng trong phép đo đang xét).

Giá trị chính xác (giá trị đúng) của đại lượng đo thường không biết trước, vì vậy khi đánh giá sai số của phép đo thường sử dụng giá trị thực  $X_{th}$  của đại lượng đo.

Như vậy, ta chỉ có sự đánh giá gần đúng về kết quả của phép đo. Việc xác định sai số của phép đo - tức là xác định độ tin tưởng của kết quả đo là một trong những nhiệm vụ cơ bản của đo lường học.

Sai số của phép đo có thể phân loại theo cách thể hiện bằng số, theo nguồn gây ra sai số hoặc theo qui luật xuất hiện của sai số.

Tiêu chí phân loại	Theo cách thể hiện bằng số	Theo nguồn gây ra sai số	Theo quy luật xuất hiện của sai số
Loại sai số	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sai số tuyệt đối</li> <li>- Sai số tương đối</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sai số phương pháp</li> <li>- Sai số thiết bị</li> <li>- Sai số chủ quan</li> <li>- Sai số bên ngoài.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sai số hệ thống</li> <li>- Sai số ngẫu nhiên.</li> </ul>

- Sai số tuyệt đối  $\Delta X$ : là hiệu giữa đại lượng đo  $X$  và giá trị thực  $X_{th}$  :

$$\Delta X = X - X_{th}$$

- Sai số tương đối  $\gamma X$  : là tỉ số giữa sai số tuyệt đối và giá trị thực tính bằng phần

trăm:  $\left| \frac{\Delta X}{X_{th}} \right| \cdot 100(\%)$

Vì  $X \approx X_{th}$  nên có thể có:  $\left| \frac{\Delta X}{X} \right| \cdot 100(\%)$

Sai số tương đối đặc trưng cho chất lượng của phép đo.

Độ chính xác của phép đo  $\varepsilon$  : đại lượng nghịch đảo của sai số tương đối:

$$\varepsilon = \frac{1}{\left| \frac{\Delta X}{X_{th}} \right|}$$

- **Sai số hệ thống** (systematic error): thành phần sai số của phép đo luôn không đổi hoặc thay đổi có qui luật khi đo nhiều lần một đại lượng đo.

Qui luật thay đổi có thể là một phía (dương hay âm), có chu kỳ hoặc theo một qui luật phức tạp nào đó.

**Ví dụ:** sai số hệ thống không đổi có thể là: sai số do khắc độ thang đo (vạch khắc độ bị lệch...), sai số do hiệu chỉnh dụng cụ đo không chính xác (chỉnh đường tâm ngang sai trong dao động ký...).

Sai số hệ thống thay đổi có thể là sai số do sự dao động của nguồn cung cấp (pin yếu, ổn áp không tốt...), do ảnh hưởng của trường điện từ...

### b. Cấp chính xác

- Cấp chính xác của dụng cụ đo là giá trị sai số cực đại mà dụng cụ đo mắc phải.

Cấp chính xác của dụng cụ đo được qui định đúng bằng sai số tương đối qui đổi của

dụng cụ đó và được Nhà nước qui định cụ thể:  $\left| \frac{\Delta X_m}{X_m} \right| \cdot 100(\%)$

với  $\Delta X_m$ - sai số tuyệt đối cực đại,  $X_m$ - giá trị lớn nhất của thang đo.

Sau khi xuất xưởng chế tạo thiết bị đo lường sẽ được kiểm nghiệm chất lượng, chuẩn hóa và xác định cấp chính xác. Từ cấp chính xác của thiết bị đo lường sẽ đánh giá được sai số của kết quả đo.

Thường cấp chính xác của dụng cụ đo được ghi ngay trên dụng cụ hoặc ghi trong sổ tay kĩ thuật của dụng cụ đo.

- Dụng cụ làm mẫu: 0.05, 0.1

- Dùng trong phòng thí nghiệm: 0.2, 0.5

- Ngành điện thường dùng: 1, 1.5

- Dùng trong sản xuất : 2.5, 4

## CHƯƠNG 2

### CÁC CƠ CẤU ĐO

#### \*. Cơ cấu chỉ thị của dụng cụ đo tương tự

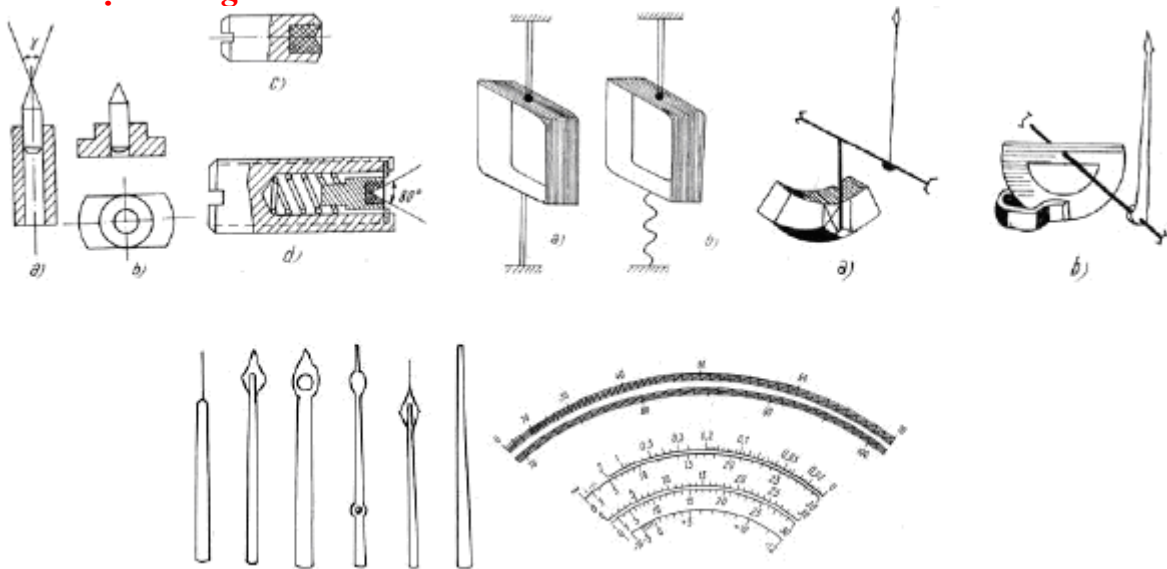
Dụng cụ đo tương tự có số chỉ là đại lượng liên tục tỉ lệ với đại lượng đo liên tục. Thường sử dụng các chỉ thị cơ điện có tín hiệu vào là dòng điện, tín hiệu ra là góc quay của kim chỉ hoặc bút ghi trên giấy (dụng cụ tự ghi). Những dụng cụ đo này là dụng cụ đo biến đổi thẳng: đại lượng cần đo X như điện áp, dòng điện, tần số, góc pha ... được biến đổi thành góc quay  $\alpha$  của phần động (so với phần tĩnh), tức là biến đổi từ năng lượng điện từ thành năng lượng cơ học. Từ đó có biểu thức quan hệ:  $\alpha = f(X)$

với X là đại lượng điện.

Các cơ cấu chỉ thị này thường dùng trong các dụng cụ đo các đại lượng: dòng điện, điện áp, công suất, tần số, góc pha, điện trở... của mạch điện một chiều và xoay chiều tần số công nghiệp.

#### \*\*. Cơ sở chung của các chỉ thị cơ điện

##### Cấu tạo chung:



Hình 2.1. Các bộ phận và chi tiết chung của cơ cấu chỉ thị cơ điện

- Trục và trụ: đảm bảo cho phần động quay trên trục như: khung dây, kim chỉ, lò xo cân...
- Lò xo phản kháng hoặc dây căng và dây treo: tạo ra mômen cản (có mômen cản riêng D) và dẫn dòng điện vào khung dây. Dây căng và dây treo được sử dụng khi cần giảm mômen cản để tăng độ nhạy của cơ cấu chỉ thị.
- Kim chỉ: được gắn vào trục quay, độ di chuyển của kim trên thang chia độ tỉ lệ với góc quay  $\alpha$ .
- Thang đo: là mặt khắc độ khắc giá trị của đại lượng đo.

- Bộ phận cản dọi: có tác dụng rút ngắn quá trình dao động của phần động, xác lập vị trí cân bằng nhanh chóng.

**Nguyên lý làm việc chung:**

Khi cho dòng điện vào một cơ cấu chỉ thị cơ điện, do tác động của từ trường (do nam châm vĩnh cửu hoặc do dòng điện đưa vào sinh ra) lên phần động của cơ cấu đo sẽ sinh ra mômen quay  $M_q$  tỷ lệ với độ lớn của dòng điện  $I$  đưa vào cơ

cấu:  $M_q = D \cdot I$

trong đó:

$W_e$ : năng lượng điện từ trường

$\alpha$ : góc lệch của phần động

Nếu đặt vào trục của phần động một lò xo cản, khi phần động quay lò xo bị xoắn lại sinh ra mômen cản  $M_c$  tỷ lệ thuận với góc lệch  $\alpha$  và được tính:  $M_c = D \cdot \alpha$

**Trong đó:**  $D$  là hệ số phụ thuộc vào vật liệu và kích thước lò xo.

Khi mômen cản bằng mômen quay, phần động của cơ cấu dừng lại ở vị trí cân bằng:

$$M_q = M_c \Rightarrow D \cdot I = D \cdot \alpha \Rightarrow \alpha = I \quad (2-1)$$

Phương trình (2-1) là phương trình đặc tính thang đo, cho biết đặc tính thang đo và tính chất của cơ cấu chỉ thị.

Ngoài hai mômen cơ bản trên trong thực tế phần động của cơ cấu chỉ thị cơ điện còn chịu tác dụng của nhiều mômen khác: mômen ổn định, mômen ma sát, mômen cản dọi, mômen động lượng... với các tính chất và tác dụng khác nhau.

**§2.1 Cơ cấu từ điện(Permanent Magnet Moving Coil).**

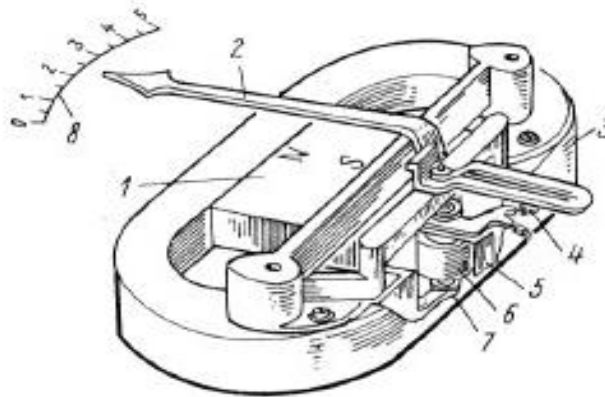
Đây là cơ cấu đo chế tạo theo nguyên tắc lực tương tác của từ trường trong một nam châm vĩnh cửu lên dòng điện chạy qua cuộn dây của cơ cấu đo .

**2.1.1 Cấu tạo và nguyên lý làm việc**

**a. Cấu tạo :** Cơ cấu đo từ điện gồm hai phần chính :

- **Phần tĩnh:** gồm: nam châm vĩnh cửu 1; mạch từ và cực từ 3 và lõi sắt 6 hình thành mạch từ kín. Giữa cực từ 3 và lõi sắt 6 có khe hở không khí đều gọi là khe hở làm việc, ở giữa đặt khung quay chuyển động.

- **Phần động:** gồm: khung dây quay 5 được quấn bằng dây đồng. Khung dây được gắn vào trục quay (hoặc dây căng, dây treo). Trên trục quay có hai lò xo cản 7 mắc ngược nhau, kim chỉ thị 2 và thang đo 8.



Hình 2.2. Cơ cấu chỉ thị từ điện

**b. Nguyên lý làm việc:**

- Khi có dòng điện chạy qua khung dây 5 (phần động), dưới tác động của từ trường nam châm vĩnh cửu 1 (phần tĩnh) sinh ra mômen quay  $M_q$  làm khung dây lệch khỏi vị trí ban đầu một góc  $\alpha$ . Mômen quay được tính theo biểu thức:

$$M_q = \frac{dW_e}{d\alpha} = B.S.W.I$$

B: độ từ cảm của nam châm vĩnh cửu

S: tiết diện khung dây

W: số vòng dây của khung dây

- Tại vị trí cân bằng, mômen quay bằng mômen cản:

$$M_q = M_c = D.S.W.I = D.S_1.I \quad (2-2)$$

Trong đó B, S, W, D là hằng số nên góc lệch  $\alpha$  tỷ lệ bậc nhất với dòng điện I chạy qua khung dây.

Nhìn công thức ta thấy góc  $\alpha$  tỷ lệ với dòng điện chạy vào khung dây và độ nhạy  $S_I$ . Dòng điện và độ nhạy càng lớn thì góc quay càng lớn, muốn cho độ nhạy của cơ cấu đo lớn ta phải dùng nam châm có từ trường mạnh, cuộn dây phần động phải có nhiều vòng nhưng tiết diện phải nhỏ và trọng lượng nhẹ hoặc dùng dây treo như đã nói ở trên.

**2.1.2 Đặc điểm và ứng dụng**

**a. Đặc điểm:**

\* **Ưu điểm:**- Từ trường mạnh ít chịu ảnh hưởng của từ trường ngoài, tổn thất điện năng trong cơ cấu ít nên độ chính xác cao ( có thể chế tạo tới cấp chính xác 0,05), độ nhạy cao, góc quay tỷ lệ bậc nhất với dòng điện nên thang chia độ đều.

\* **Khuyết điểm:** - Khả năng chịu quá tải kém ( vì tiết diện của cuộn dây phần động rất nhỏ ) nên rất dễ hỏng do thao tác nhầm của người đo. việc chế tạo khó và giá thành đắt, momen quay tỷ lệ bậc nhất với dòng điện nên chỉ đo được các đại lượng điện một chiều.

- Muốn đo được đại lượng điện xoay chiều bằng cơ cấu từ điện thì dụng cụ đo phải kết hợp với bộ chỉnh lưu để biến dòng điện xoay chiều thành một chiều trước khi đưa vào cỗ cấu đo.



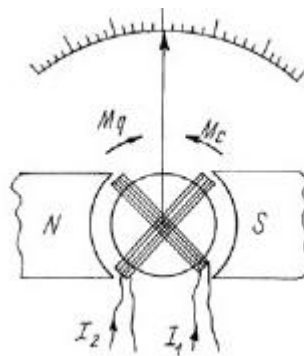
- Để kim chỉ thị của dụng cụ đo ít dao động xung quanh trị số đo, thì các cơ cấu đo đều phải có bộ phận cản dộng. Nó có nhiệm vụ sinh ra mômen cản dộng lúc kim dao động làm cho kim chóng ổn định. ở cơ cấu đo từ điện khung dây đã là cơ cấu cản dộng: Khi khung dây quay trong từ trường nam châm trong nó sẽ cảm ứng và tạo ra sđđ e và dòng điện i, từ trường nam châm vĩnh cửu tác dụng lên dòng điện cảm ứng i và trong khung nhôm sẽ tạo ra mômen cản dao động làm cho khung nhôm nhanh chóng đứng ở vị trí ổn định

**b. Ứng dụng:**

- Cơ cấu chỉ thị từ điện dùng để chế tạo ampemét, vônmet, ômmét nhiều thang đo và có dải đo rộng; độ chính xác cao (cấp 0,1 ÷ 0,5).

**Lôgômét từ điện:** Là loại cơ cấu chỉ thị để đo tỉ số hai dòng điện, hoạt động theo nguyên lý giống cơ cấu chỉ thị từ điện, chỉ khác là không có lò xo cản mà thay bằng một khung dây thứ hai tạo ra mômen có hướng chống lại mômen quay của khung dây thứ nhất.

**Nguyên lý làm việc:** trong khe hở của từ trường của nam châm vĩnh cửu đặt phần động gồm hai khung quay đặt lệch nhau góc  $\delta$  ( $30^0 \div 90^0$ ). Hai khung dây gắn vào một trục chung. Dòng điện  $I_1$  và  $I_2$  đưa vào các khung dây bằng các dây dẫn không mômen.



Hình 2.3. Lôgômét từ điện

- Dòng  $I_1$  sinh ra mômen quay  $M_q$ :  $M_q = I_1 \frac{d\Phi_1}{d\alpha}$

- Dòng  $I_2$  sinh ra mômen cản  $M_c$ :  $M_c = I_2 \frac{d\Phi_2}{d\alpha}$

Với  $\Phi_1, \Phi_2$ : từ thông của nam châm móc vòng qua các khung dây, thay đổi theo  $\alpha$ .  
 Dấu của  $M_q$  và  $M_c$  ngược nhau. Các giá trị cực đại của các mômen lệch nhau góc  $\delta$ .  
 Ở trạng thái cân bằng có:

$$M_q = M_c \Rightarrow I_1 \frac{d\Phi_1}{d\alpha} = I_2 \frac{d\Phi_2}{d\alpha} \quad (2-3)$$

Với  $f_1(\alpha), f_2(\alpha)$  là các đại lượng xác định tốc độ thay đổi của từ thông móc vòng.

Từ biểu thức trên có:  $I_1 f_1(\alpha) = I_2 f_2(\alpha)$

**Đặc tính cơ bản:** góc lệch  $\alpha$  tỉ lệ với tỉ số của hai dòng điện đi qua các khung dây.

**Ứng dụng:** lôgômét từ điện được ứng dụng để đo điện trở, tần số và các đại lượng không điện.

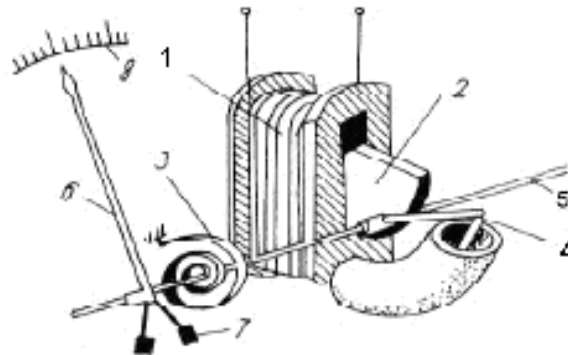
## §2-2 Cơ cấu đo điện từ

### 2.2.1 Cấu tạo và nguyên lý làm việc

**a. Cấu tạo:** Cơ cấu đo điện từ có hai loại : loại cuộn dây phẳng và loại cuộn dây tròn. Hai loại này chỉ khác nhau về cấu tạo còn nguyên lý làm việc thì như nhau

- **Phần tĩnh:** là cuộn dây 1 bên trong có khe hở không khí (khe hở làm việc).

- **Phần động:** là lõi thép 2 được gắn lên trục quay 5, lõi thép có thể quay tự do trong khe làm việc của cuộn dây. Trên trục quay có gắn: bộ phận cản dũa không khí 4, kim chỉ 6, đối trọng 7. Ngoài ra còn có lò xo cân 3, băng khắc độ 8.



Hình 2.4. Cấu tạo chung của cơ cấu chỉ thị điện từ

### b. Nguyên lý làm việc:

Dòng điện  $I$  chạy vào cuộn dây 1 (phần tĩnh) tạo thành nam châm điện hút lõi thép 2 (phần động) vào khe hở không khí với mômen quay:  $M_q \propto \frac{dW_e}{d\alpha}$  với  $W_e \propto \frac{I^2}{2}$

Trong đó:  $L$  là điện cảm của cuộn dây, suy ra:  $M_q \propto \frac{1}{2} \cdot I^2 \frac{dL}{d\alpha}$ , khi kim ở vị trí cân

bằng ta có:  $M_q \propto M_c \propto \frac{I^2 dL}{2D.d}$  (2-4) là phương trình thể hiện đặc tính của cơ cấu chỉ thị điện từ.

Từ (2-4) ta thấy góc quay  $\alpha$  tỉ lệ với bình phương của dòng điện, tức là không phụ thuộc vào chiều của dòng điện nên có thể đo trong cả mạch xoay chiều hoặc một chiều.

### 2.2.2 Đặc điểm và ứng dụng

#### a. Đặc điểm:

\* **Ưu điểm :** - Cấu tạo đơn giản, rẻ tiền.

- Momen quay tỷ lệ với bình phương dòng điện nên có thể đo được cả dòng điện xoay chiều và một chiều.

- Cuộn dây phần tĩnh có thể chế tạo với tiết diện lớn nên có khả năng chịu quá tải tốt

\* **Nhược điểm:** Là mạch từ khép mạch qua không khí nên từ trường yếu vì vậy độ nhạy kém và chịu ảnh hưởng bởi từ trường bên ngoài, tổn hao sắt từ trong cơ cấu lớn nên cấp chính xác thấp, góc quay tỷ lệ với bình phương dòng điện nên thang đo chia không đều.

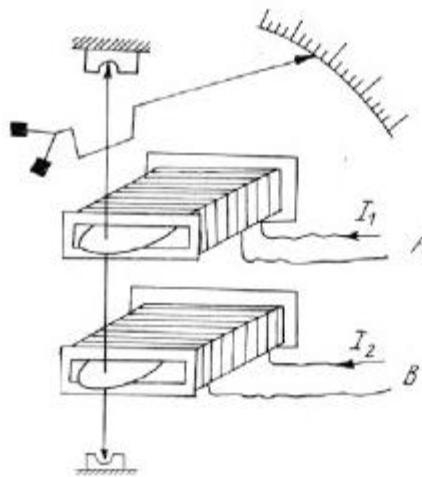
**b. Ứng dụng:** thường được sử dụng để chế tạo các loại ampe mét, vôn mét trong mạch xoay chiều tần số công nghiệp với độ chính xác cấp 1÷2. Ít dùng trong các mạch có tần số cao.

**Lôgômét điện từ**

**Nguyên lý làm việc:** có nguyên tắc hoạt động giống lôgômét từ điện. Gồm hai cuộn dây tĩnh A và B, hai lõi đồng được gắn lên cùng một trục quay. Khi có dòng điện chạy qua cả hai cuộn dây thì cuộn A sinh ra mômen quay  $M_q$ , cuộn B sinh ra mômen cản  $M_c$ , ở vị trí cân bằng có:

$$M_q = M_c \Rightarrow \frac{I_1^2 dL_1}{2d} = \frac{I_2^2 dL_2}{2d} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \sqrt{\frac{dL_2/d}{dL_1/d}} \quad (2-5)$$

**Đặc tính cơ bản:** góc lệch  $\alpha$  tỉ lệ với bình phương tỉ số các dòng điện. Tỉ số này không thay đổi khi nguồn điện áp cấp cho hai cuộn dây thay đổi → loại trừ được sai số do sự biến đổi của nguồn cung cấp khi cần đo các đại lượng thụ động.



Hình 2.5. Cấu tạo của cơ cấu lôgômét điện từ

**Ứng dụng:** đo các đại lượng như điện trở, điện cảm, điện dung (trong mạch xoay chiều), đo tần số, góc pha và các đại lượng không điện...

**§2.3 Cơ cấu đo điện động**

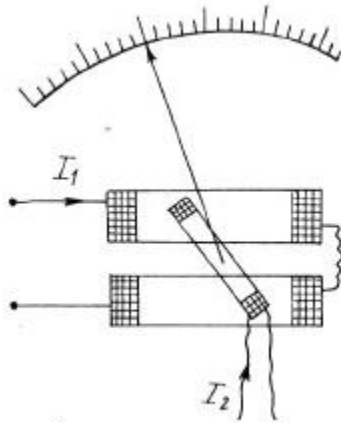
**2.3.1 Cấu tạo và nguyên lý làm việc**

**a/ Cấu tạo:**

- **Phần tĩnh:** gồm: cuộn dây 1 (được chia thành hai phần nối tiếp nhau) để tạo ra từ trường khi có dòng điện chạy qua. Trục quay chui qua khe hở giữa hai phần cuộn dây tĩnh.

- **Phần động:** gồm một khung dây 2 đặt trong lòng cuộn dây tĩnh. Khung dây 2 được gắn với trục quay, trên trục có lò xo cân, bộ phận cản dũa và kim chỉ thị.

Cả phần động và phần tĩnh được bọc kín bằng màn chắn để ngăn chặn ảnh hưởng của từ trường ngoài



Hình 2.6. Cấu tạo của cơ cấu chỉ thị điện động.

**b. Nguyên lý làm việc:** khi cho dòng điện  $I_1$  chạy vào cuộn dây 1 (phần tĩnh) làm xuất hiện từ trường trong lòng cuộn dây. Từ trường này tác động lên dòng điện  $I_2$  chạy trong khung dây 2 (phần động) tạo nên mômen quay làm khung dây 2 quay một góc  $\alpha$ .

Mômen quay được tính:  $M_q = \frac{dW_e}{d\alpha}$  với:  $W_e$  là năng lượng điện từ trường.

**Có hai trường hợp xảy ra:**

-  $I_1, I_2$  là dòng điện một chiều:  $M = \frac{dM_{12}}{D.d} I_1 I_2$  (2-6)

Với:  $M_{12}$  là hằng số giữa cuộn dây tĩnh và động.

-  $I_1$  và  $I_2$  là dòng điện xoay chiều:  $M = \frac{dM_{12}}{D.d} I_1 I_2 \cos \psi$  (2-7)

Với:  $\psi$  là góc lệch pha giữa  $I_1$  và  $I_2$ .

Từ (2-6) và (2-7) ta thấy, cơ cấu điện động có thể dùng trong cả mạch điện một chiều và xoay chiều. Góc quay  $\alpha$  phụ thuộc tích  $(I_1.I_2)$  nên thang đo không đều. Trong mạch điện xoay chiều  $\alpha$  phụ thuộc góc lệch pha  $\psi$  giữa hai dòng điện nên có thể ứng dụng làm Oátmét đo công suất.

### 2.3.2 Đặc điểm và ứng dụng

#### a. Đặc điểm:

\***Ưu điểm:** Là có thể đo được các đại lượng điện một chiều và xoay chiều, cấp chính xác cao.

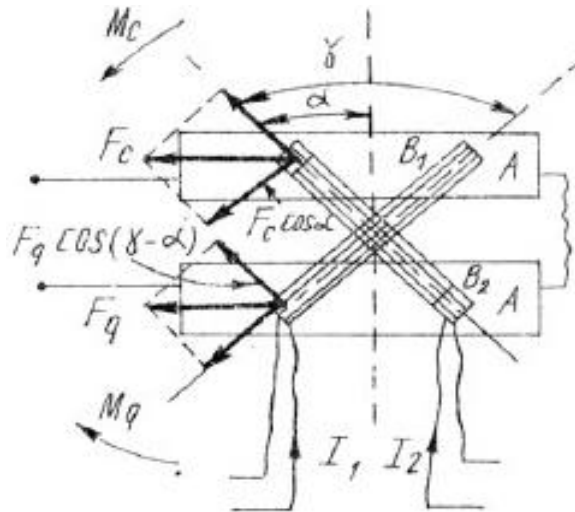
\***Nhược điểm:** Là cuộn dây động phải chế tạo với tiết diện nhỏ, nhẹ nên khả năng chịu quá tải kém cấu tạo phức tạp, giá thành đắt, từ trường bản thân của dụng cụ yếu nên chịu ảnh hưởng bởi từ trường ngoài.

#### b. Ứng dụng:

Chế tạo các ampe mét, vôn mét, óát mét một chiều và xoay chiều tần số công nghiệp; các pha kế để đo góc lệch pha hay hệ số công suất  $\cos\varphi$ .

Trong mạch có tần số cao phải có mạch bù tần số (đo được dải tần đến 20KHz).

**Lôgômét điện động:** có cấu tạo như hình 2.7: phần tĩnh giống lôgômét điện động, phần động mắc thêm một khung dây 2 gắn chặt với khung dây 1 chéo nhau một góc  $\gamma$ .



Hình 2.7. Lôgômét điện động

**Nguyên lý làm việc:**

Dòng điện I chạy vào cuộn tĩnh A sinh ra từ trường trong lòng cuộn dây, từ trường này tác động với dòng  $I_1$  chạy trong cuộn dây động  $B_1$  và dòng  $I_2$  trong cuộn dây động  $B_2$  sinh ra các mômen tương ứng là mômen quay  $M_q$  và mômen cản  $M_c$ .

Tại vị trí cân bằng  $M_q = M_c$ , tính được góc quay  $\alpha$  là:

$\psi_1$  là góc lệch pha giữa I và  $I_1$

$\psi_2$  là góc lệch pha giữa I và  $I_2$

Trường hợp đặc biệt nếu  $\psi_1 = \psi_2 = 0$ , tức là dòng điện trong cuộn tĩnh và cuộn động cùng pha thì suy ra:  $\alpha = F (I_1 / I_2)$  : giống với lôgômét từ điện.

**Đặc tính cơ bản:** Góc quay  $\alpha$  tỉ lệ với tỉ số hai dòng điện và với góc lệch pha.

**Ứng dụng:** Chế tạo các loại dụng cụ đo các đại lượng thụ động như pha kế, tần số kế, điện dung kế... trong đó sự biến động của nguồn cung cấp không ảnh hưởng đến kết quả đo.

**§2.4 Cơ cấu đo kiểu cảm ứng**

Cơ cấu đo kiểu cảm ứng chỉ dùng để chế tạo dụng cụ đo các đại lượng điện xoay chiều, chủ yếu để chế tạo công tơ đếm điện năng.

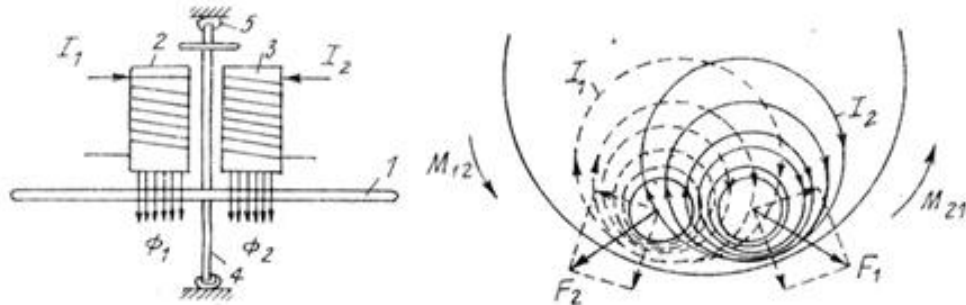
**2.4.1 Cấu tạo và nguyên lý làm việc**

**a. Cấu tạo:**

**Phần tĩnh:** các cuộn dây điện 2,3 có cấu tạo để khi có dòng điện chạy trong

cuộn dây sẽ sinh ra từ trường móc vòng qua mạch từ và qua phần động, có ít nhất là 2 nam châm điện.

**Phần động:** đĩa kim loại 1 (thường bằng nhôm) gắn vào trục 4 quay trên trụ 5.



Hình 2.8 Cấu tạo của cơ cấu cảm ứng

### b. Nguyên lý làm việc:

Dựa trên sự tác động tương hỗ giữa từ trường xoay chiều (được tạo ra bởi dòng điện trong phần tĩnh) và dòng điện xoáy tạo ra trong đĩa của phần động, do đó cơ cấu này chỉ làm việc với mạch điện xoay chiều:

Khi dòng điện  $I_1, I_2$  vào các cuộn dây phần tĩnh  $\rightarrow$  sinh ra các từ thông  $\Phi_1, \Phi_2$  (các từ thông này lệch pha nhau góc  $\psi$  bằng góc lệch pha giữa các dòng điện tương ứng), từ thông  $\Phi_1, \Phi_2$  cắt đĩa nhôm 1 (phần động)  $\rightarrow$  xuất hiện trong đĩa nhôm các sức điện động tương ứng  $E_1, E_2$  (lệch pha với  $\Phi_1, \Phi_2$  góc  $\pi/2$ )  $\rightarrow$  xuất hiện các dòng điện xoáy  $I_{x1}, I_{x2}$  (lệch pha với  $E_1, E_2$  góc  $\alpha_1, \alpha_2$ ). Các từ thông  $\Phi_1, \Phi_2$  tác động tương hỗ với các dòng điện  $I_{x1}, I_{x2}$   $\rightarrow$  sinh ra các lực  $F_1, F_2$  và các mômen quay tương ứng  $\rightarrow$  quay đĩa nhôm (phần động).

Mômen quay được tính:  $M_q = C f \Phi_1 \Phi_2 \sin \psi$

với:  $C$  là hằng số

$f$  là tần số của dòng điện  $I_1, I_2$

$\psi$  là góc lệch pha giữa  $I_1, I_2$

### 2.4.2 Đặc điểm và ứng dụng

**a. Đặc điểm:** Điều kiện để có mômen quay là ít nhất phải có hai từ trường.

- Mômen quay đạt giá trị cực đại nếu góc lệch pha  $\psi$  giữa  $I_1, I_2$  bằng  $\pi/2$ .

- Mômen quay phụ thuộc tần số của dòng điện tạo ra các từ trường.

- Chỉ làm việc trong mạch xoay chiều.

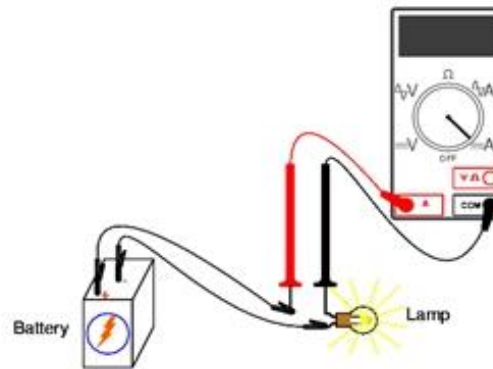
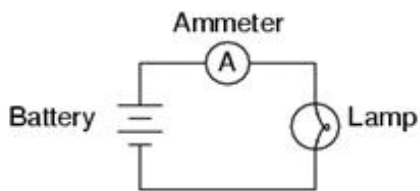
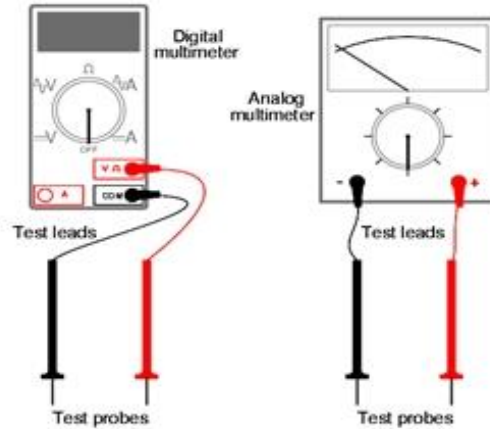
Nhược điểm: mômen quay phụ thuộc tần số nên cần phải ổn định tần số.

### b. Ứng dụng:

Chủ yếu để chế tạo công tơ đo năng lượng; có thể đo tần số...

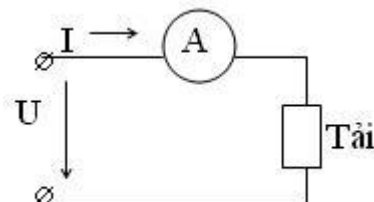
# CHƯƠNG 3 ĐO DÒNG ĐIỆN VÀ ĐIỆN ÁP

## §3.1 Đo dòng điện:



### 3.1.1 Đặc điểm của Amperemét

**Công suất tiêu thụ:** khi đo dòng điện amperemét được mắc nối tiếp với các mạch cần đo



của ampemét  $R_A$  phải rất nhỏ so với  $R_t$  để tổn hao công suất trên ampemét :

$$P_A = R_A I^2 \quad (3-1)$$

là một giá trị không đáng kể nghĩa là  $R_A \ll R_t$ .

**Đải tần hoạt động:** khi đo dòng điện xoay chiều, tổng trở của ampemét còn chịu ảnh hưởng của tần số:

$$Z_A = R_A + X_A$$

với:  $X_A \approx \omega L_A$  là thành phần trở kháng của cuộn dây ampemét.

Để đảm bảo cấp chính xác của dụng cụ đo, dụng cụ đo xoay chiều phải được thiết kế chỉ để đo ở các miền tần số sử dụng nhất định (đải tần nhất định). Nếu dùng dụng cụ đo dòng ở miền tần số khác miền tần số thiết kế sẽ gây ra sai số do tần số.

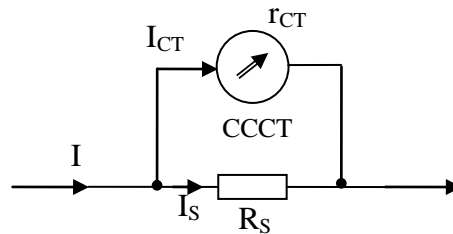
### 3.1.2 Các loại Ampemet thường gặp và phương pháp mở rộng thang đo

#### a/ Đo dòng điện 1 chiều:

**Các đặc tính cơ bản:** các ampemét một chiều được chế tạo chủ yếu dựa trên cơ cấu chỉ thị từ điện với các đặc tính cơ bản sau:

- Dòng cho phép: thường là  $10-1 \div 10-2A$
- Cấp chính xác: 1,5; 1; 0,5; 0,2; cao nhất có thể đạt tới cấp 0,05.
- Điện trở cơ cấu: khoảng từ  $20\Omega \div 2000\Omega$ .

Vì vậy, muốn sử dụng cơ cấu này để chế tạo các dụng cụ đo dòng điện lớn hơn dòng qua cơ cấu chỉ thị, phải dùng thêm một điện trở sun phân nhánh nối song song với cơ cấu chỉ thị từ điện.



Hình 3.1. Mắc điện trở Sun phân nhánh nối song song với cơ cấu chỉ thị từ điện

**Chọn điện trở sun cho ampemét từ điện chỉ có một thang đo:** dựa trên các thông số của cơ cấu chỉ thị từ điện và dòng điện cần đo, có thể tính giá trị điện trở

sun phù hợp cho từng dòng điện cần đo là:  $R_S = \frac{r_{ct}}{n} \quad (3-2)$

Với:  $r_{ct}$  : điện trở trong của cơ cấu chỉ thị từ điện

$n = \frac{I}{I_{ct}}$  : hệ số mở rộng thang đo của Ampemét

$I$  : dòng điện cần đo

$I_{ct}$  : dòng cực đại mà cơ cấu chỉ thị chịu được.

Đối với các ampemét đo dòng điện nhỏ hơn 30A thì sun đặt trong vỏ của ampemét.

Còn các ampemét dùng đo dòng điện lớn hơn hoặc bằng 30A thì sun đặt ngoài vỏ (coi như một phụ kiện kèm theo ampemét

**Chọn điện trở sun cho ampemét từ điện có nhiều thang đo:**

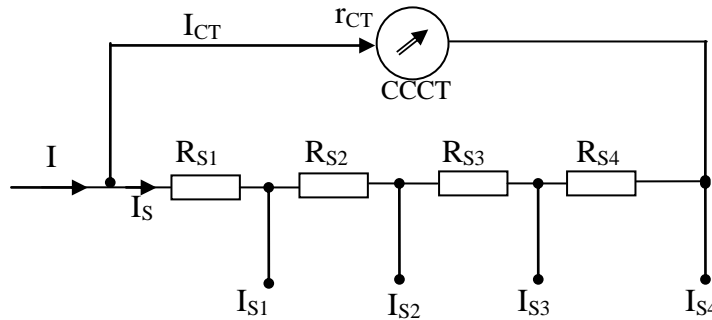


Trên cơ sở mắc sun song song với cơ cấu chỉ thị có thể chế tạo ampemét từ điện có nhiều thang đo. Hình 3.2 là sơ đồ ampemét từ điện 4 thang đo ( $I_1, I_2, I_3, I_4$ ).

Các điện trở sun  $R_{S1}, R_{S2}, R_{S3}, R_{S4}$  mắc nối tiếp với nhau rồi nối song song với  $r_{ct}$ . Tính các điện trở sun  $R_{S1}, R_{S2}, R_{S3}, R_{S4}$  bằng cách lập hệ phương trình ứng với các dòng khác nhau:

$$\begin{aligned}
 R_{S4} + \frac{r_{CT}}{n_4} + R_{S1} + R_{S2} + R_{S3} + R_{S4} &= n_4 \frac{I_4}{I_{CT}} \\
 R_{S3} + \frac{r_{CT}}{n_3} + R_{S4} + R_{S1} + R_{S2} + R_{S3} &= n_3 \frac{I_3}{I_{CT}} \\
 R_{S2} + \frac{r_{CT}}{n_2} + R_{S4} + R_{S3} + R_{S1} + R_{S2} &= n_2 \frac{I_2}{I_{CT}} \\
 R_{S1} + \frac{r_{CT}}{n_1} + R_{S4} + R_{S3} + R_{S2} + R_{S1} &= n_1 \frac{I_1}{I_{CT}}
 \end{aligned}$$

Ta có 4 phương trình với 4 ẩn số, giải ra tìm được  $R_{S1}, R_{S2}, R_{S3}, R_{S4}$ .



Hình 3.2. Mắc điện trở Sun phân nhánh nối song song với cơ cấu chỉ thị từ điện

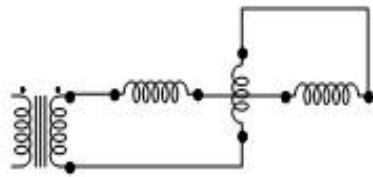
Để giữ cho cấp chính xác của ampemét từ điện không thay đổi ở các giới hạn đo khác nhau, phải chế tạo sun với độ chính xác cao hơn độ chính xác của cơ cấu từ điện ít nhất là một cấp.

**Ví dụ:** Cơ cấu từ điện có cấp chính xác 0,5 thì sun phải có cấp chính xác 0,2. Thường chế tạo sun bằng mangannin và chỉnh định rất chính xác.

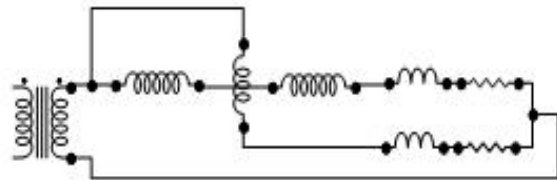
**b. Các ampemét xoay chiều:**

Tùy theo phạm vi và mục đích sử dụng mà có các loại ampemét xoay chiều cơ bản sau:

- Để đo dòng điện xoay chiều miền tần số công nghiệp: thường dùng các ampemét điện từ, điện động và sắt điện động.
- Đo dòng điện ở miền tần số âm tần và có thể dùng ở nhiều thang đo khác nhau: thường sử dụng ampemét vòng từ điện chỉnh lưu.
- Đo dòng xoay chiều có tần số cao và siêu cao: thường dùng ampemét nhiệt điện.



Hình 3.3a

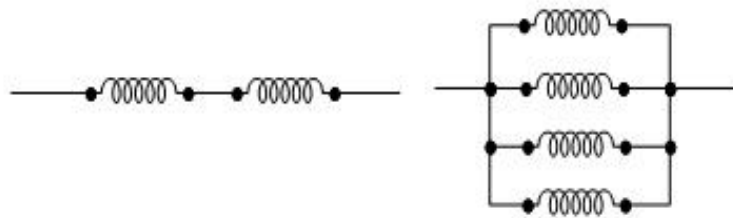


Hình 3.3b

**\*Ampemét điện động:**

thường dùng để đo dòng điện ở miền tần số cao hơn tần số công nghiệp (cỡ 400÷2000Hz). Do cơ cấu điện động là cơ cấu chính xác cao đối với tín hiệu xoay chiều vì vậy ampemét điện động cũng có chính xác cao (0,2 ÷ 0,5) nên thường được sử dụng làm dụng cụ mẫu

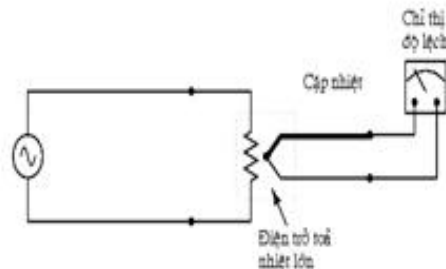
- Khi dòng điện cần đo nhỏ hơn hoặc bằng 0,5A: thì trong mạch của ampemét cuộn dây động và cuộn dây tĩnh ghép nối tiếp với nhau (H.3.3a).
- Khi dòng điện cần đo lớn hơn 0,5A: thì trong sơ đồ mạch của ampemét cuộn dây động và cuộn dây tĩnh ghép song song với nhau (H.3.3b).



Hình 3.4

Các phần tử R và L trong sơ đồ này dùng để tạo mạch bù sai số do tần số và làm cho dòng điện trong cuộn dây động và trong cuộn dây tĩnh cùng pha với nhau. Cách mở rộng thang đo và chế tạo ampemét điện động nhiều thang giống như ở ampemét điện từ.

Sai số do tần số của các ampemét điện từ và điện động ở tần số vài kHz đến vài chục kHz khá lớn. Vì vậy để đo dòng điện âm tần người ta thường dùng các ampemét từ điện chỉnh lưu.



Hình 3.5

**\* Ampemét điện từ :** được chế tạo dựa trên cơ cấu chỉ thị điện từ. Mỗi cơ cấu điện từ được chế tạo với số ampe.vòng nhất định (I.W):

- Cơ cấu cuộn dây tròn: thường có I.W = 200A vòng

- Cơ cấu cuộn dây dẹt: thường có  $I.W = 100 \div 150A$  vòng
- Cơ cấu có mạch từ khép kín:  $I.W = 50 \div 1000A$  vòng

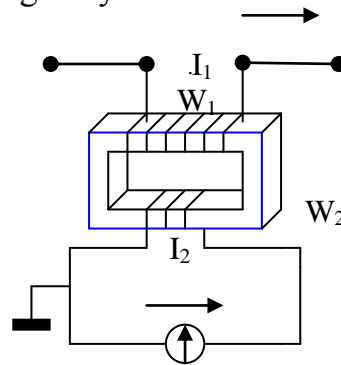
Như vậy để mở rộng thang đo của ampemét điện từ chỉ cần thay đổi thể nào để đảm bảo  $I.W = \text{const}$ .

- Mở rộng thang đo của ampemét điện từ bằng phương pháp phân đoạn cuộn dây tĩnh của cơ cấu điện từ: ampemét điện từ nhiều thang đo được chế tạo bằng cách chia cuộn dây tĩnh thành nhiều phân đoạn bằng nhau, thay đổi cách nối ghép các phân đoạn (song song hoặc nối tiếp) để tạo các thang đo khác nhau.

**Ví dụ:** Ampemét điện từ có hai thang đo: ta chia cuộn dây tĩnh thành hai phần bằng nhau. Nếu nối tiếp hai phân đoạn với nhau ta sẽ đo được dòng điện là  $2I$  (h.3.4).

Tuy nhiên phương pháp này cũng chỉ áp dụng để chế tạo ampemét điện từ có nhiều nhất là ba thang đo, vì khi tăng số lượng thang đo việc bố trí mạch chuyển thang đo phức tạp không thể thực hiện được.

- Mở rộng thang đo của ampemét điện từ bằng cách dùng biến dòng: khi muốn tăng số lượng thang đo lên nhiều thường kết hợp biến dòng với ampemét điện từ để mở rộng giới hạn đo dòng xoay chiều.



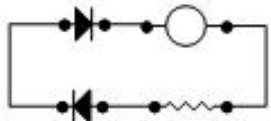
Hình 3.6

Cuộn dây sơ cấp của biến dòng mắc nối tiếp với dòng điện cần đo  $I$  còn cuộn thứ cấp mắc trực tiếp với (H3.6) ampemét có dòng điện  $I_2$  bé chạy qua.

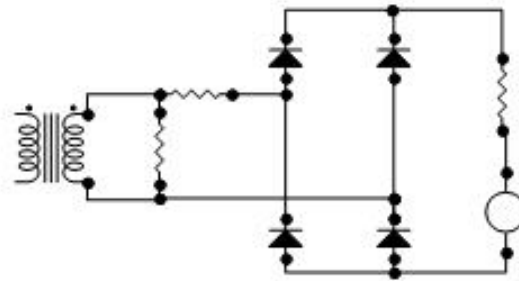
Chọn máy biến dòng điện có hệ số biến dòng  $K = I_1/I_2$  thích hợp, ta có thể giảm dòng điện  $I_2$  đến mức phù hợp với thang đo của ampemét.

\* **Ampemét nhiệt điện:** Hình 3.5

\* **Ampemét chỉnh lưu:** là ampemét kết hợp cơ cấu chỉ thị từ điện và mạch chỉnh lưu bằng điốt hoặc chỉnh lưu bằng cặp nhiệt ngẫu (gọi là ampemét nhiệt điện). Các mạch chỉnh lưu thường gặp trong các ampemét chỉnh lưu bao gồm:

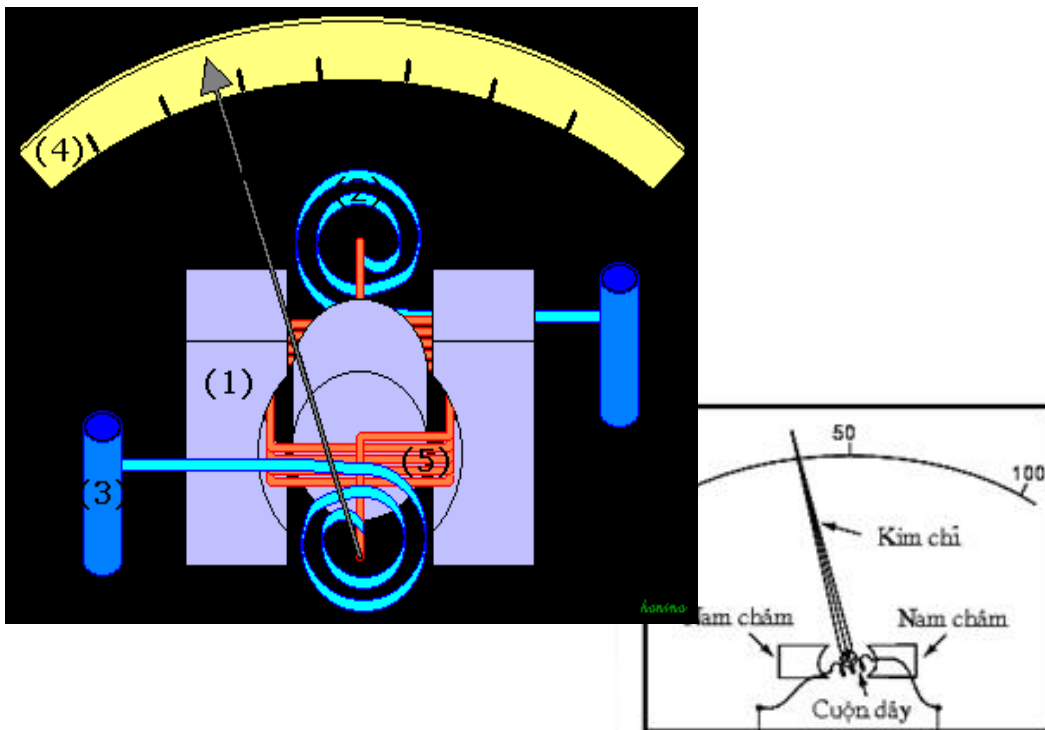


Hình 3.7 Mạch chỉnh lưu nửa chu kì

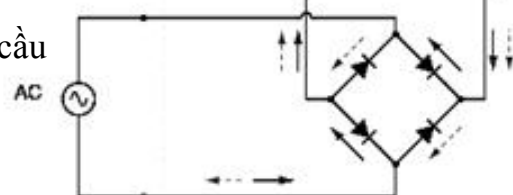


Hình 3.8 Mạch chỉnh lưu hai nửa chu kì

Trong các mạch chỉnh lưu này dùng điốt dòng (Si hoặc Ge).



Hình 3.8 Mạch chỉnh lưu hình cầu



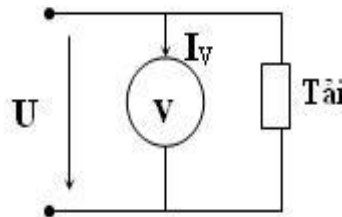
### 3.1.3 Các phương pháp đo dòng điện

- **Phương pháp đo trực tiếp:** dùng các dụng cụ đo dòng điện như ampemét, mili ampemét, micro ampemét ... để đo dòng và trực tiếp đọc kết quả trên thang chia độ của dụng cụ đo.
  - **Phương pháp đo gián tiếp:** có thể dùng vônmet đo điện áp rơi trên một điện trở mẫu (mắc trong mạch có dòng điện cần đo chạy qua ); thông qua phương pháp tính toán ta sẽ được dòng điện cần đo.
  - **Phương pháp so sánh:** đo dòng điện bằng cách so sánh dòng điện cần đo với dòng điện mẫu, chính xác; ở trạng thái cân bằng của dòng cần đo và dòng mẫu sẽ đọc được kết quả trên mẫu.
- Có thể so sánh trực tiếp và so sánh gián tiếp.

### §3.2 Đo dòng điện

#### 3.2.1 Đặc điểm của Vonmet

Để đo điện áp của mạch điện ta dùng volmét, khi đo ta mắc volmét song



song với đoạn mạch cần đo.

Hình 3.9

Những cơ cấu nào dùng để chế tạo thành ampemét cũng có thể chế tạo thành volmét. thật vậy dòng điện qua cơ cấu đo là  $I_v$

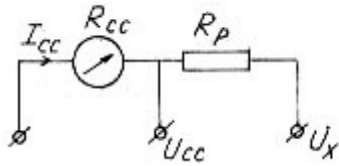
$I_v = U / r_v$  sẽ làm kim quay một góc tỷ lệ với dòng điện  $I_v$ , cũng chính là tỷ lệ với điện áp cần đo  $U$ , trên thang đo ta ghi trị số điện áp. Như vậy volmét chỉ khác ampe mét ở chỗ là điện trở của am mét rất nhỏ còn điện trở của volmét rất lớn để tổn hao trên điện trở volmét  $r_v$  là không đáng kể.

Tổn hao trong volmét là :  $P = r_v \cdot I_v^2 = r_v ( U / r_v )^2 = U^2 / r_v$

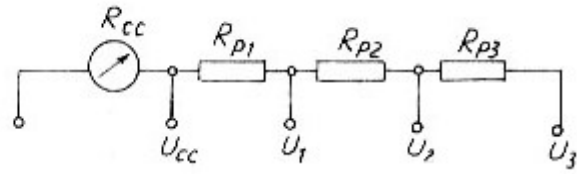
Như vậy ta thấy để  $P$  nhỏ thì  $r_v$  phải rất lớn có như vậy điện áp đo được chính xác.

#### 3.1.2 Các loại Volmet thường gặp và phương pháp mở rộng thang đo

**a. Vônmet từ điện đo điện áp một chiều:** cơ cấu từ điện chế tạo sẵn, có điện áp định mức khoảng  $50 \div 75mV$ . Muốn tạo ra các vônmet đo điện áp lớn hơn phạm vi này cần phải mắc nối tiếp với cơ cấu từ điện những điện trở phụ  $R_p$  (thường làm bằng vật liệu manganin).



Hình 3.10 a



Hình 3.10 b

Cách tính giá trị điện trở phụ phù hợp với điện áp  $U_x$  cần đo:

$$I_{cc} \cdot \frac{U_{cc}}{R_{cc}} = \frac{U_x}{R_p} \Rightarrow R_p = R_{cc} \cdot \frac{U_x}{U_{cc}}$$

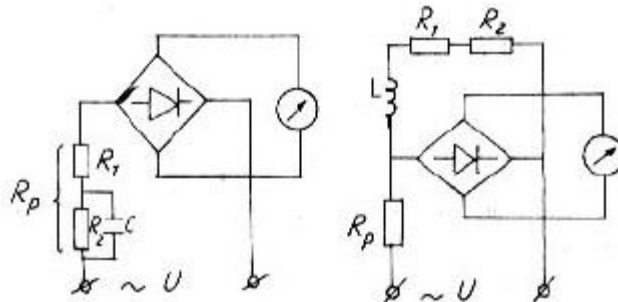
Với  $\frac{U_x}{U_{cc}} = n$ : gọi là hệ số mở rộng thang đo về áp.

Lúc này điện trở phụ  $R_p$  được chọn theo công thức:  $R_p = R_{cc} \cdot (n_u - 1)$ .

Bằng phương pháp này có thể tạo ra các vônmet từ điện nhiều thang đo khi mắc nối tiếp vào cơ cấu từ điện các điện trở phụ khác nhau. Ví dụ sơ đồ vônmet từ điện có 3 thang đo như hình 4.2a.

Các vônmet từ điện đo trực tiếp tín hiệu một chiều có sai số do nhiệt độ không đáng kể vì hệ số nhiệt độ của mạch vônmet được xác định không chỉ là hệ số nhiệt độ dây đồng của cơ cấu từ điện mà còn tính cả hệ số nhiệt độ của điện trở phụ trong khi điện trở phụ có điện trở ít thay đổi theo nhiệt độ do được chế tạo bằng manganin.

**b. Vônmet từ điện đo điện áp xoay chiều:** đo điện áp xoay chiều bằng cách phối hợp mạch chỉnh lưu với cơ cấu từ điện để tạo ra các vônmet từ điện đo điện áp xoay chiều (Hình. 4.3):



Hình 3.11. Sơ đồ nguyên lý của vônmet từ điện đo điện áp xoay chiều:

- Sơ đồ milivônmet chỉnh lưu
- Sơ đồ vônmet chỉnh lưu.

**Sơ đồ milivônmet chỉnh lưu:** như hình 4.3a, trong đó  $R_p$  vừa để mở rộng giới hạn đo vừa để bù nhiệt độ nên  $R_1$  bằng đồng;  $R_2$  bằng Manganin còn tụ điện C để bù sai số do tần số.

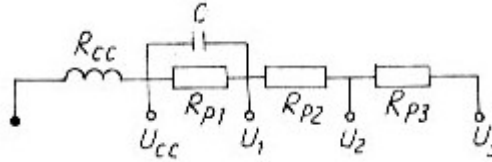
**Sơ đồ vônmet chỉnh lưu:** như hình 4.3b, trong đó điện cảm L dùng để bù sai số do tần số; điện trở  $R_1$  bằng đồng; điện trở  $R_2$  bằng manganin tạo mạch bù nhiệt độ.

**c. Vônmet điện từ:**

Vônmet điện từ ứng dụng cơ cấu chỉ thị điện từ để đo điện áp. Trong thực tế vônmet điện từ thường được dùng để đo điện áp xoay chiều ở tần số công nghiệp.

Vì yêu cầu điện trở trong của vônmet lớn nên dòng điện chạy trong cuộn dây nhỏ, số lượng vòng dây quấn trên cuộn tĩnh rất lớn, cỡ 1000 đến 6000 vòng.

Để mở rộng và tạo ra vônmet nhiều thang đo thường mắc nối tiếp với cuộn dây các điện trở phụ giống như trong vônmet từ điện.  
 Khi đo điện áp xoay chiều ở miền tần số cao hơn tần số công nghiệp sẽ xuất hiện sai số do tần số. Để khắc phục sai số này người ta mắc các tụ điện song song với các điện trở phụ.

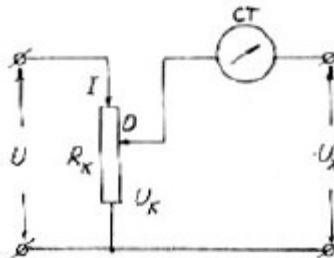


Hình 3.12. Khắc phục sai số do tần số của vônmet điện từ

### 3.2.3 Các phương pháp đo điện áp

Các dụng cụ đo điện áp đã được xét ở trên sử dụng cơ cấu cơ điện để biểu hiện kết quả đo theo phương pháp biến đổi thẳng, vì vậy cấp chính xác của dụng cụ không thể vượt qua cấp chính xác của cơ cấu chỉ thị.

Muốn đo điện áp chính xác hơn phải dùng 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 gọi là phương pháp bù.



Hình 3.13. Nguyên lý cơ bản của dụng cụ đo điện áp bằng phương pháp so sánh trong đó:

$$U_k = I \cdot R_k$$

với:

- $U_k$ : 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  $\Delta U = U_X - U_k$ , còn gọi là cơ cấu chỉ thị không.

Khi đo điện áp cần đo  $U_X$  sẽ được so sánh với điện áp mẫu  $U_k$ . Quá trình so sánh có thể được tiến hành bằng tay hoặc hoàn toàn tự động theo nguyên tắc:

- Nếu  $\Delta U \neq 0$ : điều chỉnh con trượt D của điện trở mẫu  $R_k$  cho đến khi  $\Delta U = 0$ .

- Khi  $\Delta U = 0$ : đọc kết quả trên điện trở mẫu  $R_k$  đã được khắc độ theo thứ nguyên điện áp, từ đó suy ra điện áp cần đo  $U_X = U_k$ .

Có nhiều loại dụng cụ bù điện áp khác nhau, nhưng nguyên lý chung giống nhau, chỉ khác nhau ở cách tạo điện áp mẫu  $U_k$ .

## CHƯƠNG IV

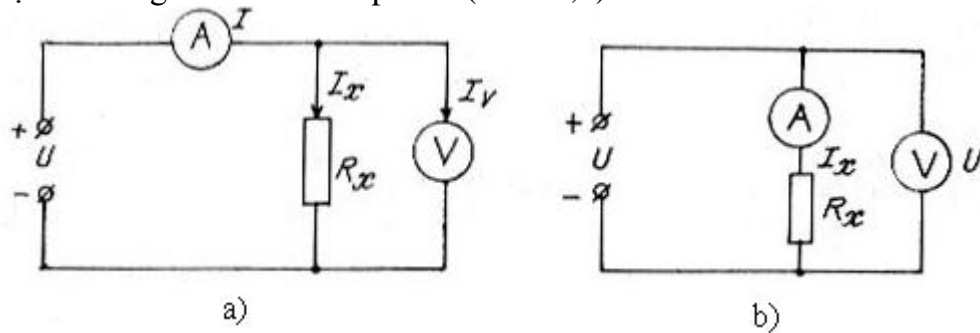
### ĐO CÁC THÔNG SỐ CỦA MẠCH ĐIỆN

#### §4.1 Các phương pháp đo điện trở

Có nhiều phương pháp đo điện trở, tùy theo điều kiện và yêu cầu cụ thể ta có thể chọn một trong các phương pháp sau:

##### 4.1.1 Đo điện trở bằng phương pháp gián tiếp

- Đo điện trở bằng vônmet và ampemét (H.4.1a,b):



Hình 4.1. Đo điện trở bằng vônmet và ampemét

Dựa vào số chỉ của Ampemét và vônmet xác định được giá trị điện trở  $R'_x$ :

$$R'_x = \frac{U}{I}$$

Giá trị thực  $R_x$  của điện trở cần đo được xác định theo cách mắc Ampemét và vônmet trong mạch như sau:

Đối với hình 4.1a:  $R_x = \frac{U}{I_x} = \frac{U}{I - I_v} = \frac{U}{I} \cdot \frac{U}{U - I R_v}$

Đối với hình 4.1b:  $R_x = \frac{U}{I_x} = \frac{U}{I + I_A} = \frac{U}{I} \cdot \frac{1}{1 + \frac{I_A}{I}}$

Như vậy, giá trị  $R'_x$  tính theo độ chỉ của Ampemét và Vônmet sẽ có sai số.

Trong sơ đồ hình 7.1a do độ chỉ của Ampemét là tổng dòng qua Vônmet và dòng qua  $R_x$ , tức là sai số phụ thuộc điện trở trong của Vônmet ( $R_v$ ):

$$\text{Sai số} = \left( \frac{R'_x - R_x}{R_x} \right) \cdot 100(\%) = \left( \frac{R_x}{R_x + R_v} - 1 \right) \cdot 100(\%) = - \frac{R_v}{R_x + R_v} \cdot 100(\%)$$



Trong sơ đồ hình 7.1b do độ chỉ của Vônmet là tổng điện áp rơi trên Ampemét và điện áp rơi trên  $R_x$ , tức là sai số phụ thuộc điện trở trong của Ampemét ( $R_v$ ):

$$\% \left[ \frac{R_x}{R_x} + \frac{R_v}{R_x} \right] 100(\%) = \frac{R_v}{R_x} \cdot 100(\%)$$

Như vậy, để đảm bảo sai số nhỏ nhất ta phải:

- Đo điện trở  $R_x$  tương đối nhỏ thì dùng sơ đồ hình 4.1a.
- Đo điện trở  $R_x$  tương đối lớn thì dùng sơ đồ hình 4.1b.

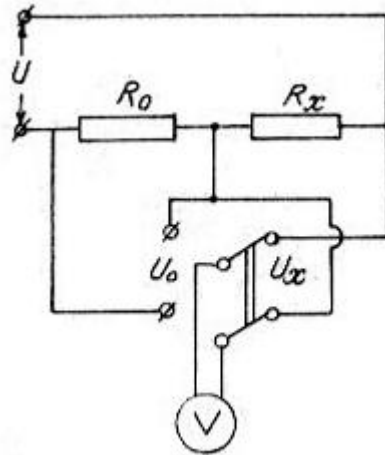
■ Đo điện trở bằng vônmet và điện trở mẫu  $R_0$  (H.4.2):

Điện trở  $R_x$  cần đo mắc nối tiếp với điện trở mẫu  $R_0$  (có độ chính xác cao) và nối vào nguồn  $U$ . dùng Vônmet đo điện áp rơi trên  $R_x$  là  $U_x$  và điện áp rơi trên điện trở mẫu là  $U_0$ .

Dựa trên giá trị các điện áp đo được tính ra giá trị điện trở cần đo  $R_x$ :

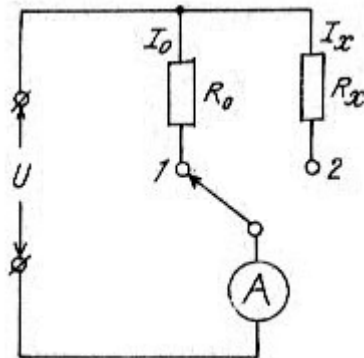
$$I_0 = I_x = \frac{U_0}{R_0} = \frac{U_x}{R_x} \Rightarrow R_x = \frac{U_x}{U_0} R_0$$

Sai số của phép đo điện trở này bằng tổng sai số của điện trở mẫu  $R_0$  và sai số của Vônmet (hoặc dụng cụ đo điện áp).



Hình 4.2. Đo điện trở bằng vônmet và điện trở mẫu.

■ Đo điện trở  $R_x$  bằng một ampemét và điện trở mẫu ( $R_0$ ) (H.4.3):



Hình 4.3. Đo điện trở bằng một ampemét và điện trở mẫu.

Điện trở  $R_x$  cần đo nối song song với điện trở mẫu  $R_0$  và mắc vào nguồn cung cấp  $U$ . Dùng ampe mét lần lượt đo dòng điện qua  $R_x$  là  $I_x$  và dòng qua  $R_0$  là  $I_0$ . Dựa trên giá trị các dòng điện đo được tính ra giá trị điện trở cần đo  $R_x$ :

$$U_0 \quad I_x \quad R_0 \quad I_x R_x \quad \frac{I_0}{I_x} R_0$$

## CHƯƠNG V

### ĐO CÔNG SUẤT VÀ ĐO ĐIỆN NĂNG

#### §5.1 Đo công suất

##### Đặc điểm của oát mét

Dụng cụ đo công suất của dòng điện là oát mét nó được cấu tạo bởi cơ cấu đo điện động gồm:

- Cuộn dây phân tính mắc nối tiếp với tải gọi là cuộn dòng điện
- Cuộn dây phân động mắc song song với tải gọi là cuộn điện áp và được mắc nối tiếp với điện trở phụ
- Do  $W$  mét điện động có thể đo được công suất xoay chiều và 1 chiều nên khi đổi chiều dòng điện 1 trong 2 cuộn dây thì momen quay đổi chiều và kim chỉ thị cũng đổi chiều.

- Khi sử dụng  $W$  mét cần đầu đúng cực tính của cuộn dây . Để tránh nhầm cực các cuộn dây của  $W$  mét người ta ký hiệu dấu \* để nối với nguồn

##### 5.1.1. Công suất trong mạch một chiều:

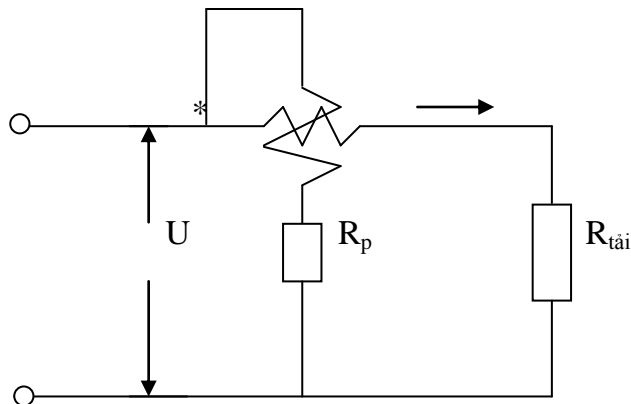
Công suất trong mạch một chiều được tính theo một trong các biểu thức sau đây:

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

Với:

- $I$  - dòng điện trong mạch
- $U$  - điện áp rơi trên phụ tải với điện trở  $R$
- $P$  - lượng nhiệt toả ra trên phụ tải trong một đơn vị thời gian.

##### 5.1.2. Công suất tác dụng trong mạch xoay chiều một pha:



Hình 5.1 Sơ đồ woat mét điện động 1 pha  
Được xác định như là giá trị trung bình của công suất trong một chu kỳ  $T$ :

$$P = \int_0^T p dt = \int_0^T u.i dt$$

Trong đó: p, u, i là các giá trị tức thời của công suất, áp và dòng.

Trong trường hợp khi dòng và áp có dạng hình sin thì công suất tác dụng được tính là :

$$P = U.I.\cos\phi$$

hệ số  $\cos\phi$  được gọi là hệ số công suất.

Còn đại lượng  $S = U.I$  gọi là công suất toàn phần được coi là công suất tác dụng khi phụ tải là thuần điện trở tức là, khi  $\cos\phi = 1$ .

Khi tính toán các thiết bị điện để đánh giá hiệu quả của chúng, người ta còn sử dụng khái niệm công suất phản kháng. Đối với áp và dòng hình sin thì công suất phản kháng được tính theo :  $Q = U.I.\sin\phi$ .

Như ta đã biết trong cơ cấu điện động momen quay tức thời của cuộn dây phần động được tính :

$$M_q = K.i_1 i_2$$

Momen quay trung bình trong một chu kỳ của dòng điện là :

$$M_q = \frac{1}{T} \int_0^T K.i_1 i_2 dt$$

Vì dòng điện qua cuộn dây tính  $i_1$  chính là dòng điện qua tải  $I_t$  còn dòng điện qua

$$M_q = \frac{K}{R_v R_p} \cdot \frac{1}{T} \int_0^T u i dt$$

cuộn dây động  $i_2$  là :

$$i_2 = \frac{U}{R_v R_p}$$

$$\text{nên: } M_q = K P \text{ với } (K = \frac{K}{R_v R_p} ; P = UI \cos\phi)$$

Ta thấy momen quay của woaat mét tỷ lệ với công suất tác dụng P nên nó được dùng để đo công suất trong mạch điện xoay chiều ( tất nhiên là cũng đo được công suất của mạch một chiều )..

Để mở rộng thang đo cho woaat mét ta có thể mở rộng thang đo cuộn dòng và cuộn áp . Nếu hệ số mở rộng của cuộn dòng là  $K_i$  của cuộn áp là  $K_u$  , thì hệ số mở rộng thang đo của woaat mét là  $K_w = K_i.K_u$ .

Khi sử dụng woaat mét kiểu điện động ta cần chú ý cực tính của cuộn dây để nối cho đúng. Nếu nối ngược chiều một trong hai cuộn dây thì dòng điện trong cuộn dây đó sẽ đổi chiều và momen quay sẽ đổi chiều quay ngược lại . Bởi vậy đầu của cuộn dây woaat mét cùng nối về một phía đầu nguồn và có thêm dấu ký hiệu (\*) hay dấu ( $\pm$ ) .

**Cách xác định hằng số W mét**

Với W mét có nhiều cỡ đo cần xác định hằng số W mét C w để đọc đúng trị số khi đo. Nếu chọn  $U_{dm}$ ,  $I_{dm}$  của thang đo và chọn  $n$  là số vạch chia trên mặt số thì hằng số W mét

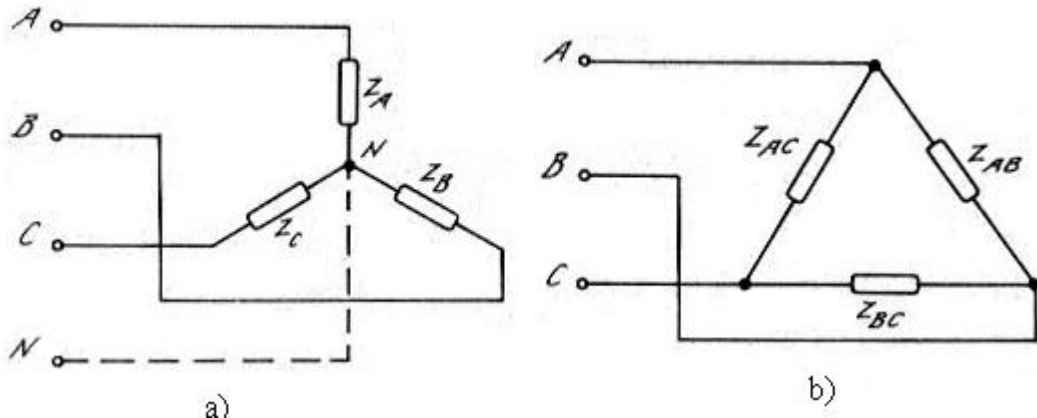
$$C_w = \frac{U_{dm} \cdot I_{dm}}{n} \quad (\text{W/ vạch})$$

và khi kim chỉ ở một vạch  $n$  nào đó thì trị số thực tế là :  $P = n \cdot C_w$

**5.1.3 Đo công suất tác dụng trong mạch điện 3 pha**

Trong mạch điện 3 pha, phụ tải thường được mắc theo hai cách: phụ tải mắc hình sao hoặc phụ tải mắc hình tam giác.

Đối với phụ tải hình sao có thể không có dây trung tính (nghĩa là mạch chỉ có 3 dây) hoặc có dây trung tính (tức là mạch có 4 dây)



Hình 5.2. Cách mắc phụ tải trong mạch ba pha. a) Mắc hình sao; b) Mắc hình tam giác.

Về nguyên tắc có thể biến đổi từ hình sao ra hình tam giác được (sơ đồ tương đương) và ngược lại. Phụ tải ở đây có thể đối xứng (ở cả 3 dây đều như nhau) hoặc không đối xứng. Trong thực tế phụ tải thường không đối xứng nhưng khi vận hành lưới điện người ta cố gắng tạo ra phụ tải đối xứng (hay gần đối xứng) như thế sẽ có lợi nhất cho máy phát và cho lưới điện.

Để thực hiện lưới đo công suất tổng trong mạch 3 pha, ta xét trường hợp chung là mạch 3 pha 3 dây. Ví dụ: tải hình sao không có dây trung tính, phụ tải bất kỳ (đối xứng hay không đối xứng):

Các điện áp  $u_{AB}$ ,  $u_{BC}$ ,  $u_{AC}$  là các giá trị tức thời của điện áp dây;  $u_{AN}$ ,  $u_{BN}$ ,  $u_{CN}$  là các giá trị tức thời của điện áp pha ;  $i_A$ ,  $i_B$ ,  $i_C$  là các giá trị tức thời của dòng điện pha.

Ta có thể viết các phương trình sau đây :

$$i_A + i_B + i_C = 0;$$

suy ra:  $P = u_{AN}i_A + u_{BN}i_B + u_{CN}i_C$

$$\begin{aligned} P &= u_{AN}i_A + u_{BN}i_B - u_{CN}i_A - u_{CN}i_B \\ &= i_A \cdot (u_{AN} - u_{CN}) + i_B \cdot (u_{BN} + u_{CN}) \\ &= i_A \cdot u_{AC} + i_B \cdot u_{BC}. \end{aligned}$$

Dựa vào kết quả này công suất của mạch 3 pha có thể viết theo một trong 3 công thức sau đây :

$$P_{\Sigma} = u_{AC}i_A + u_{BC}i_B ; P_{\Sigma} = u_{AB}i_A + u_{CB}i_C ; P_{\Sigma} = u_{BA}i_B + u_{CA}i_C .$$

Như vậy trong mạch 3 pha sử dụng điện áp dây và dòng điện pha ta có thể chỉ sử dụng hai watmet là đủ.

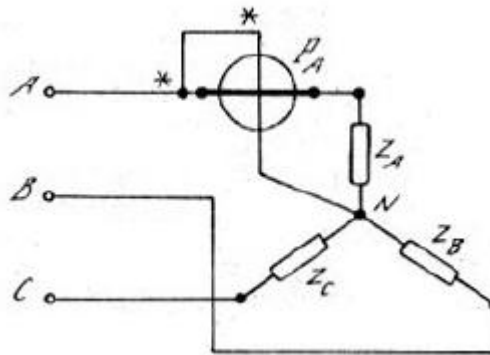
Chứng minh trên đây phù hợp với tải bất kỳ và mạch chỉ có 3 dây (tải hình sao hay hình tam giác không có dây trung tính). Từ đó ta có thể rút ra các phương pháp đo công suất sau đây:

- \* Đo công suất bằng một watmet
- \* Đo công suất bằng hai watmet
- \* Đo công suất bằng ba watmet

**Đo công suất bằng một watmet:**

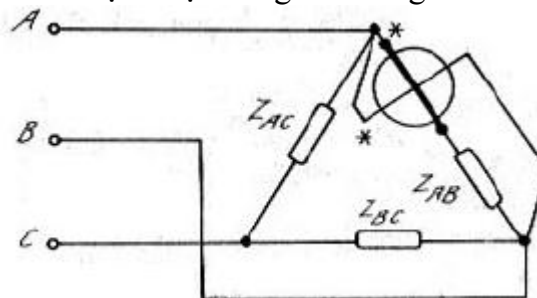
- Nếu như mạch 3 pha có phụ tải hình sao đối xứng: chỉ cần đo công suất ở một pha của phụ tải sau đó nhân 3 ta nhận được công suất tổng :

$$P_{\Sigma} = 3.P$$



Hình 5.3. Đo công suất trong mạch ba pha có phụ tải hình sao đối xứng.

Nếu mạch 3 pha có phụ tải là tam giác đối xứng: chỉ cần đo công suất ở một nhánh của phụ tải sau đó nhân 3 sẽ nhận được công suất tổng:



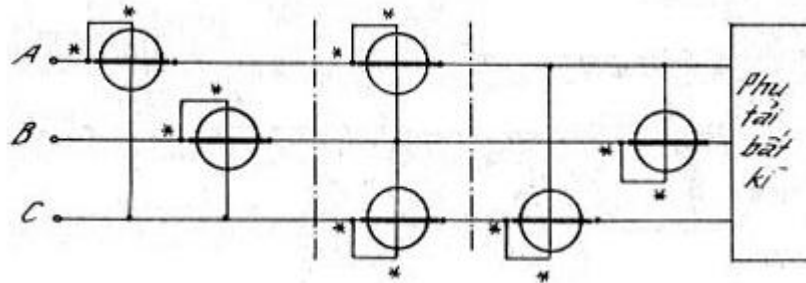
Hình 5.4. Đo công suất trong mạch ba pha có phụ tải hình tam giác đối xứng.

**Đo công suất bằng hai watmet:**

Dựa trên các công thức:

$$P_{\Sigma} = u_{AB}i_A + u_{CB}i_C ; P_{\Sigma} = u_{AC}i_A + u_{BC}i_B ; P_{\Sigma} = u_{BA}i_B + u_{CA}i_C$$

Suy ra có thể đo công suất mạch 3 pha bằng 2 Watmet.

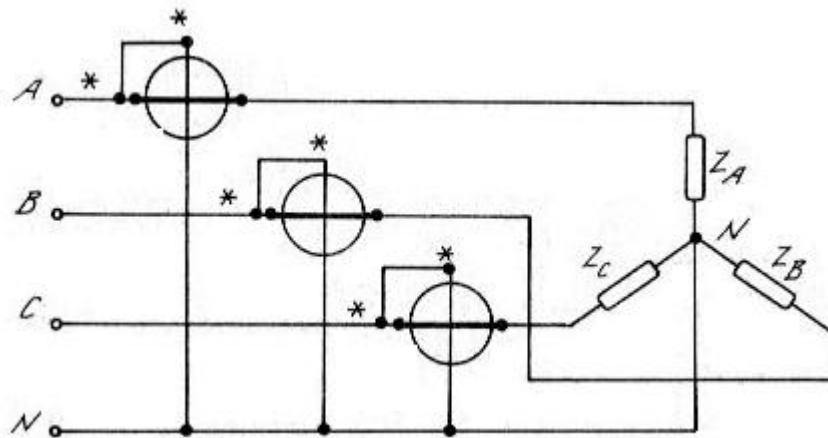


Hình 5.5. Đo công suất trong mạch ba pha bằng hai Watmet.

Không phụ thuộc vào phụ tải (đối xứng hay không đối xứng, tam giác hay hình sao không có dây trung tính) đều có thể đo công suất tổng bằng hai watmet theo một trong 3 cách mắc như hình 5.5: theo cách thứ nhất ta lấy pha C làm pha chung; cách thứ hai là pha B chung; còn cách thứ 3 là pha A chung. Công suất tổng được tính theo công thức trên.

**Đo công suất bằng ba watmet:**

Trong trường hợp mạch 3 pha có tải hình sao có dây trung tính: nghĩa là mạch 3 pha 4 dây phụ tải không đối xứng. Để đo được công suất tổng ta phải sử dụng 3 watmet, công suất tổng bằng tổng công suất của cả 3 watmet.

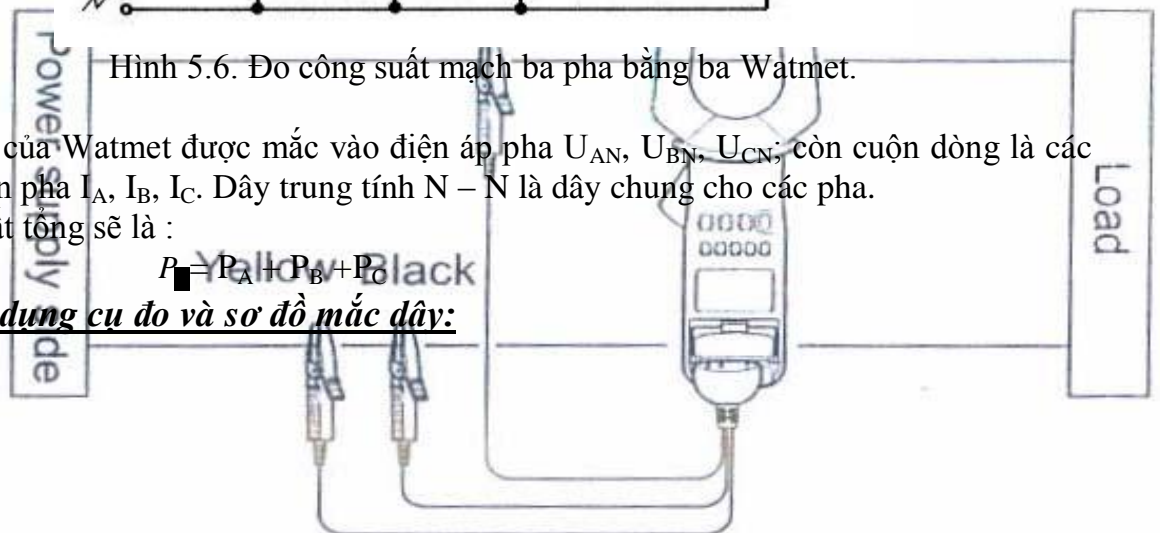


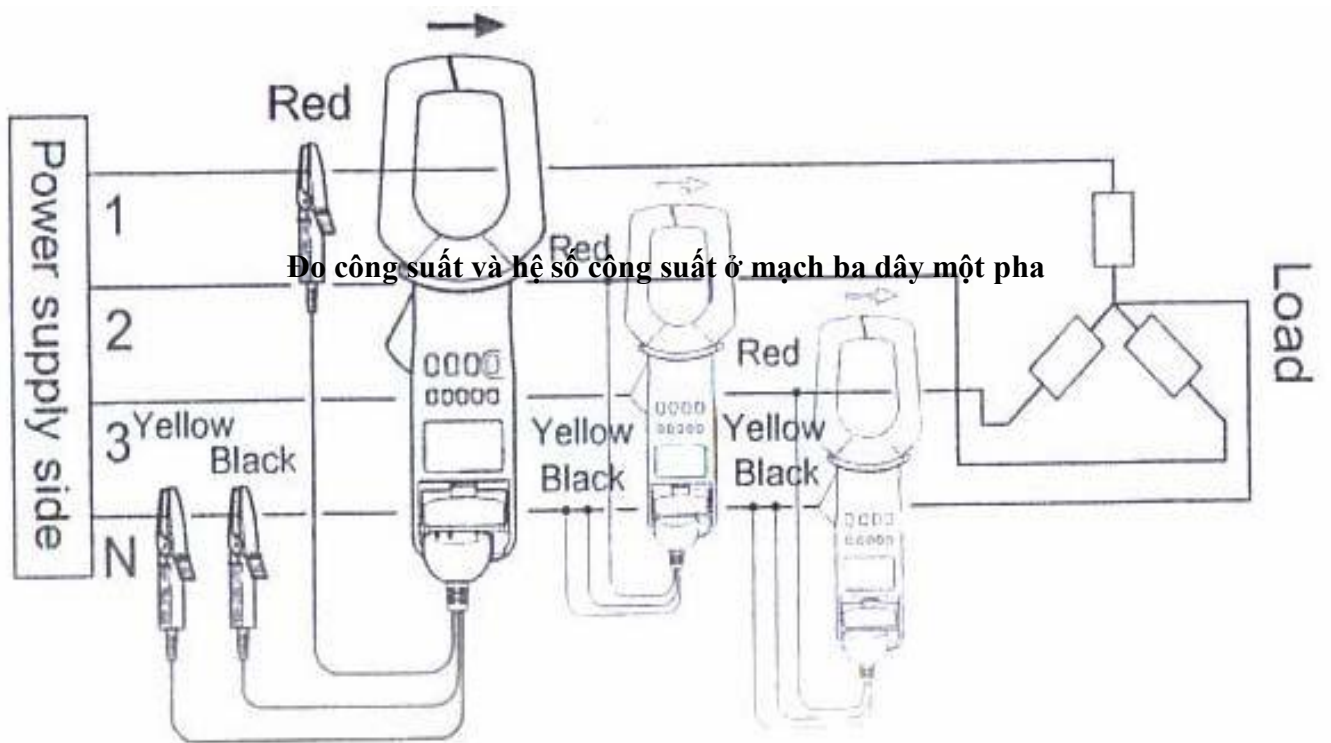
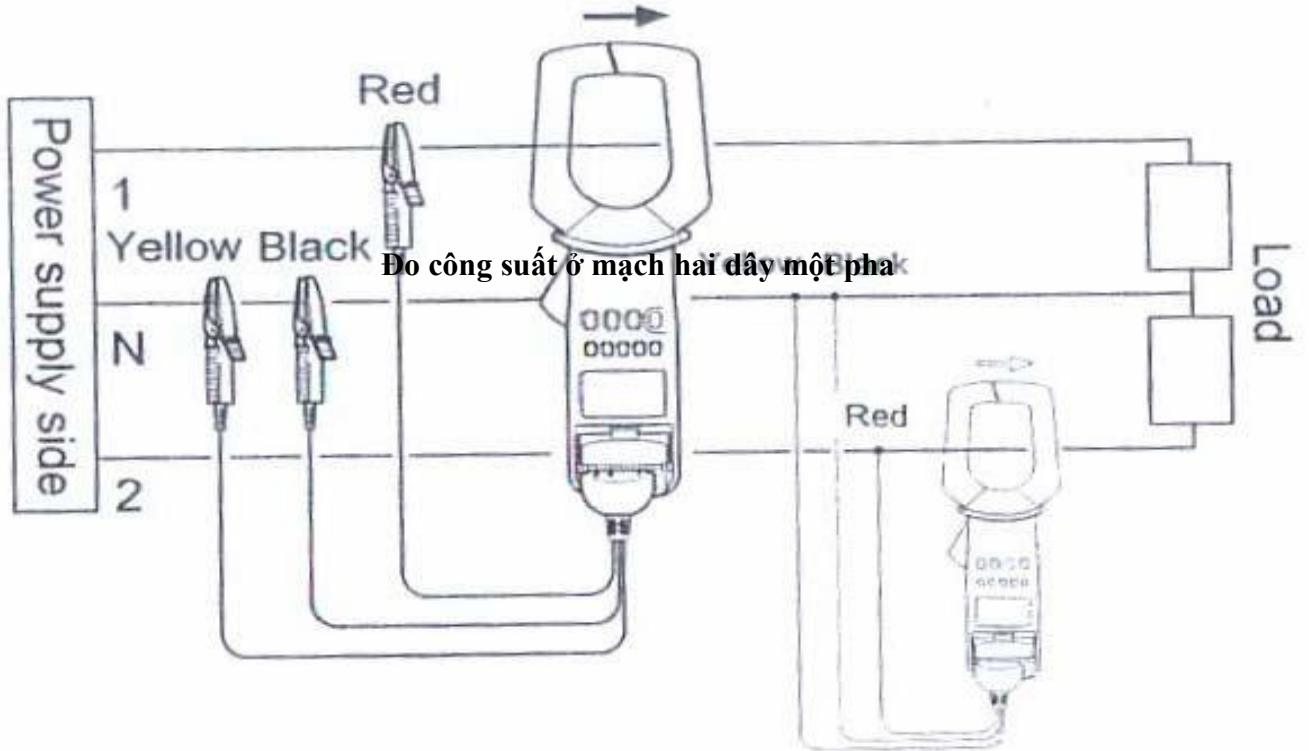
Hình 5.6. Đo công suất mạch ba pha bằng ba Watmet.

Cuộn áp của Watmet được mắc vào điện áp pha  $U_{AN}$ ,  $U_{BN}$ ,  $U_{CN}$ ; còn cuộn dòng là các dòng điện pha  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$ . Dây trung tính N – N là dây chung cho các pha. Công suất tổng sẽ là :

$$P = P_A + P_B + P_C$$

**Một số dụng cụ đo và sơ đồ mắc dây:**



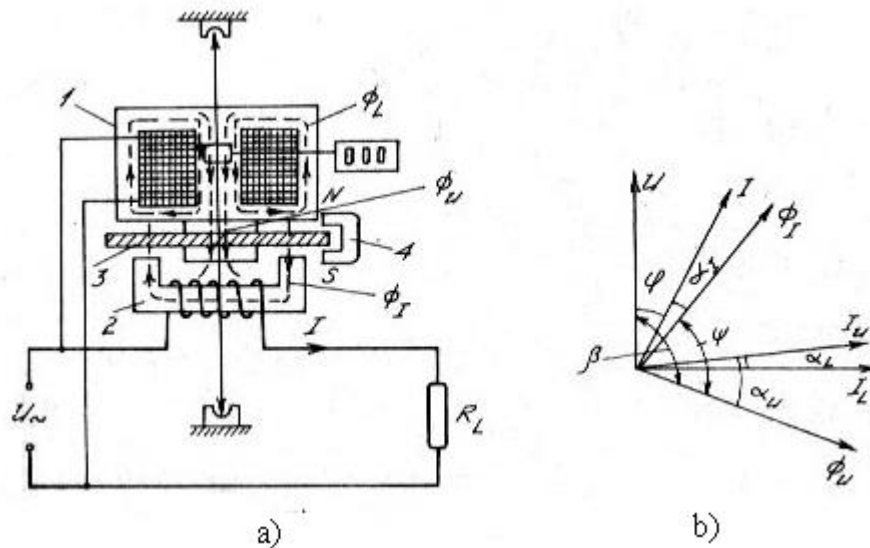


Đo công suất và hệ số công suất ở mạch 4 dây ba pha

§5.2 Đo điện năng

5.2.1 Cấu tạo và nguyên lý làm việc của công tơ đo điện năng

a. Cấu tạo :



Hình 5.7. Cấu tạo công tơ 1pha

Cuộn dây 1 (tạo nên nam châm điện 1): gọi là cuộn áp được mắc song song với phụ tải. Cuộn này có số vòng dây nhiều, tiết diện dây nhỏ để chịu được điện áp cao. Cuộn dây 2 (tạo nên nam châm điện 2): gọi là cuộn dòng được mắc nối tiếp với phụ tải. Cuộn này dây to, số vòng ít, chịu được dòng lớn. Đĩa nhôm 3: được gắn lên trục từ trụ có thể quay tự do giữa hai cuộn dây 1, 2. Hộp số cơ khí: gắn với trục của đĩa nhôm. Nam châm vĩnh cửu 4: có từ trường của nó xuyên qua đĩa nhôm để tạo ra mômen hãm.

b. Nguyên lý làm việc :

Để đo điện năng trong mạch điện xoay chiều một pha người ta dùng công tơ một pha. Công tơ một pha thường chế tạo theo kiểu cảm ứng nhưng phần qua không có lò so cân mà trục quay liên hệ với bộ số gồm bánh xe răng khứa và vít vô tận để đếm số vòng quay.

Khi dòng điện phụ tải chạy qua cuộn dây dòng điện và điện áp phụ tải đặt lên cuộn dây điện áp của công tơ. sẽ có một mô men quay tác dụng vào đĩa nhôm làm nó quay với vận tốc n. Đĩa nhôm quay trong từ trường của nam châm vĩnh cửu 3



trên đĩa nhôm có dòng điện cảm ứng  $I_e$  tỷ lệ với tốc độ quay  $n$  và từ thông  $\Phi$  của nam châm vĩnh cửu :

$$I_e = K_1 \Phi n$$

Dòng điện  $I_e$  nằm trong từ trường của nam châm vĩnh cửu sẽ chịu lực tác dụng sinh ra mô men hãm ngược chiều với mô men quay .

Trị số momen hãm tỷ lệ với  $I_e$  và  $\Phi$  :  $M_h = K_2 \Phi I_e = K_1 \Phi n K_2 \Phi = K_1 K_2 \Phi^2 n$ .  
 Đặt  $K_h = K_1 K_2 \Phi^2$  ta có  $M_h = K_h.n$  đĩa nhôm quay với vận tốc đều khi momen quay bằng mômen hãm và ta đã biết :

$$M_q = K_p P \text{ do đó ta có : } K.P = K_h.n$$

Điện năng phụ tải tiêu thụ trong thời gian  $t$  là :

$$A = P.t = C.n.t = C N \quad (N = n.t)$$

trong đó  $N$  là số vòng quay của đĩa nhôm

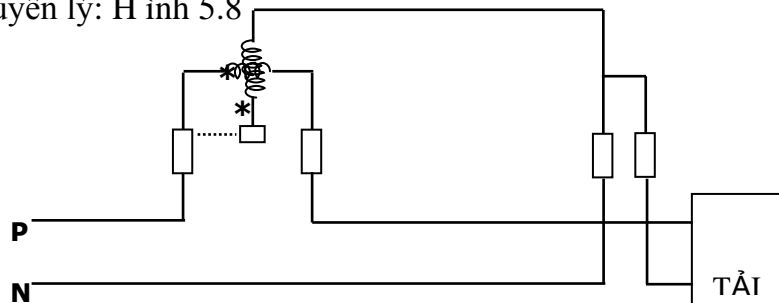
trong thời gian  $t$  . từ đó ta thấy điện năng tiêu thụ của phụ tải tỷ lệ với số vòng quay của đĩa nhôm . Đếm được số vòng quay của đĩa nhôm

trong thời gian  $t$  ta suy ra được điện năng tiêu thụ của phụ tải . hệ số  $C=A/N$  là hằng số công tơ , nó là woat giây ứng với một vòng quay . Muốn đo điện năng trong mạch điện xoay chiều ba pha ta có thể dùng công tơ một pha , cách mắc dây tương tự như phương pháp đo công suất ba pha bằng hai woat mét một pha . Hay cũng có thể dùng công tơ ba pha để đo điện năng xoay chiều ba pha . cấu tạo công tơ ba pha gồm hai cơ cấu công tơ một pha nối trên cùng một trục quay.

### 5.2.2 Các phương pháp đo điện năng

#### Đo điện năng xoay chiều 1pha

Sơ đồ nguyên lý: Hình 5.8



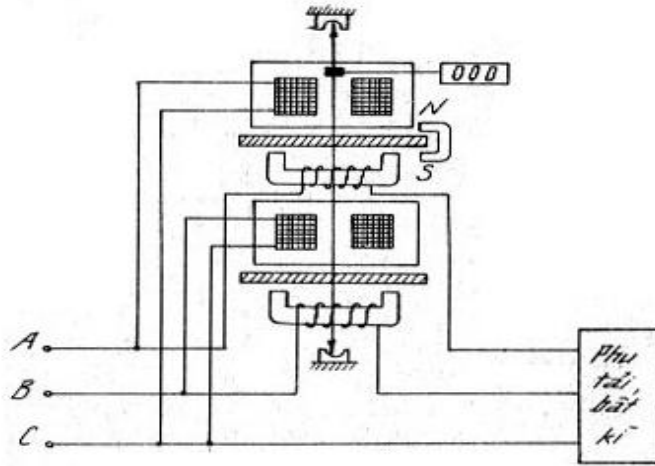
#### Đo điện năng xoay chiều 3pha

Muốn đo điện năng xoay chiều 3 pha 4 dây trong sinh hoạt ta có thể sử dụng 3 công tơ 1 pha hoặc 1 công tơ 3 pha để đo.

- Cấu tạo: công tơ 3 pha gồm 3 phần tử là 3 hệ thống mạch từ (mỗi hệ thống mạch từ giống như 1 pha) tác dụng lên 3 đĩa nhôm và được đặt lên trên cùng 1 trục quay. Trục quay sẽ quay theo tổng mômen 3 thành phần.

- Trong thực tế nhà chế tạo thường chế tạo công tơ 2 phần tử 1 đĩa nhôm nên công tơ 3 pha 3 phần tử chỉ có 2 đĩa nhôm.

- Đối với mạch 3 pha 3 dây ta có thể đo điện năng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử có 1 đĩa.



Hình 5.9. Sơ đồ cấu tạo công tơ ba pha 2 phần tử.

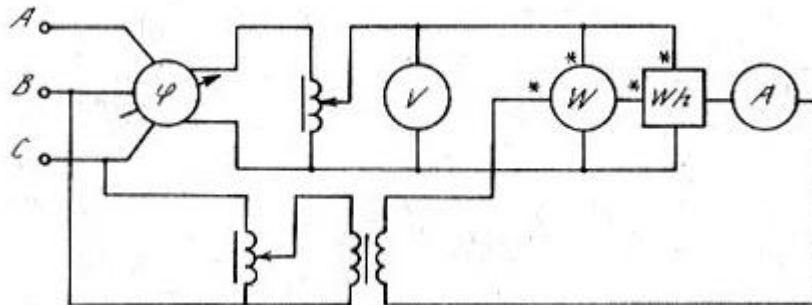
Phần động gồm 2 đĩa nhôm được gắn vào cùng một trục dựa vào trụ có thể quay được. Mỗi đĩa nhôm đều nằm trong từ trường của cuộn áp và cuộn dòng của pha tương ứng (phần tĩnh). Cuộn áp được mắc song song với phụ tải (có một pha chung), cuộn dòng của các pha được mắc nối tiếp với phụ tải.

Nam châm vĩnh cửu được đặt vào một trong hai đĩa nhôm. Như vậy mômen quay tạo ra sẽ bằng tổng của hai mômen quay do hai phần tử sinh ra và năng lượng đo được chính là tổng của mạch 3 pha.

#### Kiểm tra công tơ:

Để công tơ chỉ được chính xác, trước khi đem sử dụng người ta thường phải kiểm tra hiệu chỉnh và cặp chì.

Để kiểm tra công tơ ta phải mắc chúng theo sơ đồ hình 5.10:



Hình 5.10. Sơ đồ kiểm tra công tơ.

Từ nguồn điện 3 pha qua bộ điều chỉnh pha để lấy ra điện áp một pha có thể lệch pha với bất kỳ pha nào của nguồn điện từ 0 đến 3600. Sau đó qua biến dòng (dưới dạng biến áp tự ngẫu)  $L_1$ , dòng điện ra được mắc nối tiếp với phụ tải  $Z_T$  ampe mét và các cuộn dòng của watmet và công tơ.

Điện áp được lấy ra từ một pha bất kỳ của nguồn điện (ví dụ pha B,C), qua biến áp tự ngẫu  $L_2$  và đặt vào cuộn áp của watmet cũng như của công tơ, vôn mét chỉ điện áp đó ở đầu ra của biến áp tự ngẫu  $L_2$ .

#### Việc kiểm tra công tơ theo các bước sau đây:

1. Điều chỉnh tự quay của công tơ: điều chỉnh  $L_2$ , đặt điện áp vào cuộn áp của watmet và công tơ bằng điện áp định mức  $U = U_N$ ; điều chỉnh  $L_1$  sao cho dòng điện vào cuộn dòng của watmet và công tơ bằng không  $I = 0$ , lúc này watmet chỉ 0 và công tơ phải đứng yên. Nếu công tơ quay thì đó là hiện tượng tự quay của công tơ.

Nguyên nhân của hiện tượng này là khi chế tạo để thắng được lực ma sát bao giờ cũng phải tạo ra một mômen bù ban đầu, nếu mômen này quá lớn (lớn hơn mômen ma sát giữa trục và trụ) thì xuất hiện hiện tượng tự quay của công tơ.

Để loại trừ hiện tượng tự quay, ta phải điều chỉnh vị trí của mấu từ trên trục của công tơ sao cho tăng mômen hãm, tức là giảm mômen bù cho đến khi công tơ đứng yên thì thôi.

2. Điều chỉnh góc  $\theta = \beta - \alpha_1 = \frac{\pi}{2}$ : cho điện áp bằng điện áp định mức  $U = U_N$ , dòng

điện bằng dòng điện định mức  $I = I_N$ . Điều chỉnh góc lệch pha  $\theta = \pi/2$  tức là  $\cos\theta = 0$ . Lúc này Watmet chỉ 0, công tơ lúc này phải đứng yên, nếu công tơ quay điều đó có nghĩa là  $\theta \neq \pi/2$  và công tơ không tỉ lệ với công suất.

Để điều chỉnh cho góc  $\theta = \pi/2$  ta phải điều chỉnh góc  $\beta$  hay từ thông  $\Phi_u$  bằng cách điều chỉnh bộ phận phân nhánh từ của cuộn áp, hoặc có thể điều chỉnh góc  $\alpha_1$  hay từ thông  $\Phi_I$  bằng cách điều chỉnh vòng ngắn mạch của cuộn dòng. Cứ thế cho đến khi công tơ đứng yên. Lúc này thì số chỉ của công tơ tỉ lệ của công suất, tức là góc  $\theta = \pi/2$ .

3. Kiểm tra hằng số công tơ: để kiểm tra hằng số công tơ  $C_p$  thì cần phải điều chỉnh sao cho  $\cos\theta = 1$  (tức là  $\theta = 0$ ), lúc này Watmet chỉ  $P = U.I$ .

Cho  $I = I_N, U = U_N$ ; Lúc đó  $P = U_N I_N$

Đo thời gian quay của công tơ bằng đồng hồ bấm giây  $t$ . Đếm số vòng  $N$  mà công tơ quay được trong khoảng thời gian  $t$ . Từ đó ta tính được hằng số công tơ:

$$C_p = \frac{N}{U_N I_N t} = \frac{N}{P_N t}$$

Hằng số này thường không đổi đối với mỗi loại công tơ và được ghi trên mặt công tơ.

Ví dụ :Trên công tơ có viết : “1kWh = 600 vòng”.Điều này có nghĩa là  $C_p = 600$ vòng /1kWh.

Trong thực tế đôi khi người ta sử dụng một đại lượng nghịch đảo với hằng số  $C_p$  đó là hằng số  $k$ :

$$k = \frac{1}{C_p} = \frac{P.t}{N} = \frac{kWh}{\text{ô vòng}}$$

Để thuận tiện, trên hộp số người ta tính toán để cho  $k = 1kWh/1số$ , sẽ dễ dàng cho người dùng.

Nếu  $C_p$  hoặc  $k$  không bằng giá trị định mức đã ghi trên mặt công tơ thì ta phải điều chỉnh vị trí của nam châm vĩnh cửu để tăng hoặc giảm mômen cản  $M_c$  cho đến khi  $C_p$  hoặc  $k$  đạt được giá trị định mức.

## CHƯƠNG VI

### ĐO TẦN SỐ VÀ GÓC LỆCH PHA

#### §6.1 Đo tần số

##### 6.1.1 Khái niệm chung

- Tần số (f: frequency): được xác định bởi số các chu kỳ lặp lại của sự thay đổi tín hiệu trong một đơn vị thời gian. Tần số là một trong các thông số quan trọng nhất của quá trình dao động có chu kỳ.
- Chu kỳ (Time period, Time cycle): là khoảng thời gian nhỏ nhất mà giá trị của tín hiệu lặp lại độ lớn của nó (tức là thoả mãn phương trình  $u(t) = u(t + T)$ ).
- Tần số kế: là dụng cụ để đo tần số. Ngoài ra còn có thể đo tỉ số giữa hai tần số, tổng của hai tần số, khoảng thời gian, độ dài các xung...

- Các phương pháp đo tần số: việc lựa chọn phương pháp đo tần số được xác định theo khoảng đo, theo độ chính xác yêu cầu, theo dạng đường cong và công suất nguồn tín hiệu có tần số cần đo và một số yếu tố khác.

Để đo tần số của tín hiệu điện có hai phương pháp: phương pháp biến đổi thẳng và phương pháp so sánh:

##### a) Đo tần số bằng phương pháp biến đổi thẳng:

Được tiến hành bằng các loại :tần số kế cộng hưởng, tần số kế cơ điện, tần số kế tụ điện, tần số kế chỉ thị số: Các tần số kế cơ điện tương tự (tần số kế điện từ, điện động, sắt điện động): được sử dụng để đo tần số trong khoảng từ 20Hz ÷ 2,5kHz trong các mạch nguồn với cấp chính xác không cao (cấp chính xác 0,2; 0,5; 1,5; 2,5). Các loại tần số kế này nói chung hạn chế sử dụng vì tiêu thụ công suất khá lớn và bị rung. Các tần số kế điện dung tương tự: để đo tần số trong dải tần từ 10Hz ÷ 500kHz, được sử dụng khi hiệu chỉnh, lắp ráp các thiết bị ghi âm và radiô v.v...

Tần số kế chỉ thị số: được sử dụng để đo chính xác tần số của tín hiệu xung và tín hiệu đa hài

trong dải tần từ 10Hz ÷ 50GHz. Còn sử dụng để đo tỉ số các tần số, chu kỳ, độ dài các xung, khoảng thời gian.

**b) Đo tần số bằng phương pháp so sánh:**

Được thực hiện nhờ ôxilôscôp, cầu xoay chiều phụ thuộc tần số, tần số kế đổi tần, tần số kế cộng hưởng...: Sử dụng ôxilôscôp: được thực hiện bằng cách đọc trực tiếp trên màn hình hoặc so sánh tần số cần đo với tần số của một máy phát chuẩn ổn định (dựa trên đường cong Litsazua). Phương pháp này dùng để đo tần số các tín hiệu xoay chiều hoặc tín hiệu xung trong dải tần từ 10Hz đến 20MHz. Tần số kế trộn tần: sử dụng để đo tần số của các tín hiệu xoay chiều, tín hiệu điều chế biên độ trong khoảng từ 100kHz ÷ 20GHz trong kỹ thuật vô tuyến điện tử. Cầu xoay chiều phụ thuộc tần số: để đo tần số trong khoảng từ 20Hz - 20kHz. Tần số kế cộng hưởng: để đo tần số xoay chiều tần số tín hiệu điều chế biên độ, điều chế xung trong khoảng từ 50kHz ÷ 10GHz; thường sử dụng khi lắp thiết bị thu phát vô tuyến. Trong những năm gần đây tần số kế chỉ thị số được sử dụng rộng rãi và còn cài đặt thêm  $\mu P$  để điều khiển và sử dụng kết quả đo nữa... Dưới đây sẽ tiến hành xét một số phương pháp và dụng cụ đo tần số phổ biến nhất, bao gồm:

Đo tần số bằng phương pháp cộng hưởng

Tần số kế điện tử

Cầu đo tần số

Tần số kế chỉ thị số

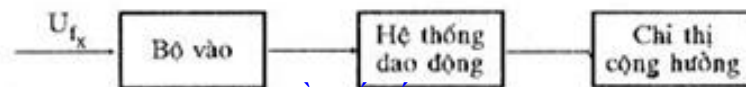
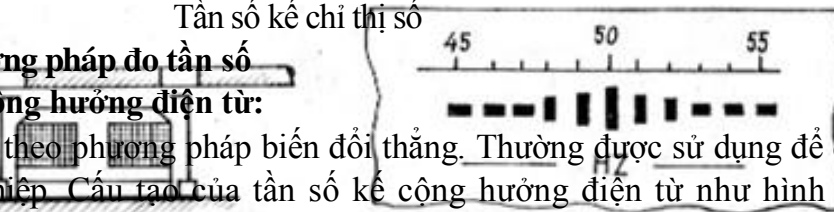
**6.1.2 Các phương pháp đo tần số**

**a. Tần số kế cộng hưởng điện từ:**

Là dụng cụ đo theo phương pháp biến đổi thẳng. Thường được sử dụng để đo tần số của lưới điện công nghiệp. Cấu tạo của tần số kế cộng hưởng điện từ như hình 12.1, bao gồm 2 phần chính: một nam châm điện và các thanh thép. Các thanh thép được gắn chặt một đầu, còn đầu kia dao động tự do, mỗi thanh có tần số riêng bằng hai lần tần số của nguồn điện cần đo và tần số riêng của mỗi thanh khác nhau.

Nguyên lý hoạt động của tần số kế điện từ: dưới tác dụng của từ trường nam châm điện trong một chu kỳ của tín hiệu cần đo các thanh kim loại sẽ được hút vào nam châm hai lần và do đó dao động. Thanh nào có biên độ dao động lớn nhất thì thanh đó có tần số riêng bằng hai lần tần số cần đo. Trên mặt dụng cụ đo

(H .6.1b) ta thấy biên độ dao động của thanh kim loại lớn nhất ứng với tần số đã khắc độ trên mặt số.



Hình 6.1. Tần số kế cộng hưởng điện từ:

a) Cấu tạo ; b) Mặt chỉ thị

**Ưu điểm:** Cấu tạo đơn giản, bền

**Nhược điểm:** giới hạn đo hẹp (45 ÷ 55Hz) hoặc (450 ÷ 550Hz); sai số của phép đo thường là ± (1,5 ÷ 2,5)%; không sử dụng được ở nơi có độ rung lớn và thiết bị di chuyển.

**b. Tần số kế cộng hưởng điện:**

Là dụng cụ đo theo phương pháp so sánh. Tần số kế sử dụng hiện tượng cộng hưởng điện là một hệ thống dao động được điều chỉnh cộng hưởng với tần số cần đo của nguồn tín hiệu. Sơ đồ khối nguyên lý như hình 6.2:

Hình 6.2. Sơ đồ khối nguyên lý của tần số kế cộng hưởng điện

Trạng thái dao động được phát hiện theo số chỉ cao nhất của bộ chỉ thị cộng hưởng tỉ lệ với dòng áp (hay áp) trong hệ thống dao động. Tần số cần đo được khắc độ ngay trên núm vặn của thiết bị dò tìm dao động hoặc sử dụng bảng số hay đồ thị. Bộ vào để hoà hợp giữa tần số kế và nguồn tín hiệu cần đo.

**Ví dụ: tần số kế chứa hệ thống dao động sử dụng tụ xoay để tìm dao động có thể đo tần số đến 200MHz.**

Phương pháp cộng hưởng đơn giản, tiện lợi; cấp chính xác có thể đạt tới 0,1%.

**§6.2 Đo góc lệch pha**

**6.2.1 Khái niệm chung**

Góc pha cùng với tần số và biên độ là một thông số cơ bản của quá trình dao động:

$$x(t) = X_m \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

trong đó:  $X_m$  là biên độ của dao động

$\omega$  là tần số góc của dao động

$(\omega t + \varphi)$  là pha của dao động, trong đó  $\varphi$  - góc lệch pha ban đầu là đại lượng không đổi, còn  $\omega t$  là đại lượng thay đổi theo thời gian.

Thông thường người ta đo góc lệch pha giữa hai dao động  $x_1$  và  $x_2$  có tần số như nhau:

$$x_1 = X_{1m} \cos(\omega t + \varphi_1)$$

$$x_2 = X_{2m} \cos(\omega t + \varphi_2)$$

Trong trường hợp này góc lệch pha sẽ bằng hiệu giữa hai thành phần pha ban đầu không đổi của hai tín hiệu:  $\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$

nó không phụ thuộc vào mốc tính thời gian.

Thông thường góc lệch pha được đo bởi radian hay độ. Còn độ lệch thời gian được đo bằng giây (s).

Thường gặp trường hợp cần đo góc lệch pha giữa hai tín hiệu có cùng tần số trong khoảng từ 0 ÷ 3600.

Có nhiều phương pháp đo góc lệch pha:

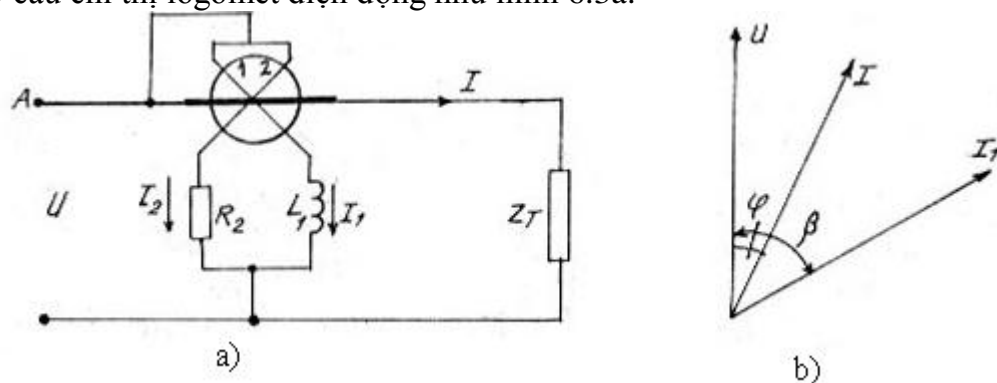
**Dựa vào cách biến đổi:** có thể chia thành phương pháp biến đổi thẳng và phương pháp biến đổi bù.

**Dựa vào cách lấy thông tin đo:** có thể chia thành phương pháp sử dụng thông tin khi tín hiệu vượt qua một mức nhất định và phương pháp dùng toàn bộ thông tin nhận được.

Nhóm thứ nhất được sử dụng khi ít nhiều hay đúng hơn là tỉ số giữa tín hiệu trên nhiều lớn. Nhóm thứ hai được sử dụng khi tín hiệu có nhiều lớn hay tỉ số giữa tín hiệu trên nhiều nhỏ.

**6.2.2. Đo góc pha bằng Fazômet điện động.**

Dụng cụ để đo góc pha và hệ số cos $\varphi$  là fazômet. Thông thường nhất là dụng cụ sử dụng cơ cấu chỉ thị lôgômet điện động như hình 6.3a:



Hình 6.3. Fazômet sử dụng cơ cấu chỉ thị lôgômet điện động

Nguyên lý hoạt động: Điện áp U và dòng I qua phụ tải lệch pha với nhau một góc  $\varphi$  cần phải đo.

Ở mạch song song cuộn động 1 được mắc nối tiếp một điện cảm  $L_1$  có dòng đi qua cuộn này là  $I_1$  (H.11.1b), cuộn động 2 được mắc nối tiếp một điện trở  $R_2$  (thuần trở) nên dòng  $I_2$  trùng pha với điện áp U. Theo công thức của cơ cấu chỉ thị lôgômet điện động ta có:

$$F = F_1 \cos(\alpha) + F_2 \cos(\beta)$$

Theo sơ đồ véc tơ hình 6.3.b ta có:

$$F = F_1 \cos(\alpha) + F_2 \cos(\beta)$$

Nếu như ở mạch song song ta làm sao cho  $I_1 = I_2$ ;  $\beta = \gamma$  thì suy ra:

$$\alpha = \varphi$$

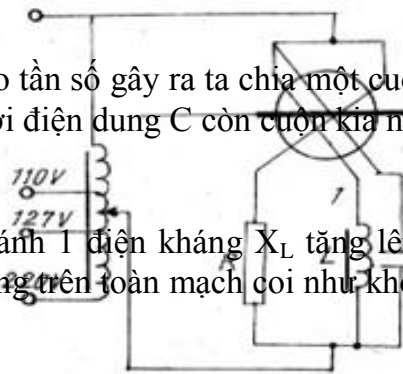
Như vậy độ lệch góc  $\alpha$  của cơ cấu chỉ thị được xác định bởi góc  $\varphi$ . Bảng khác độ được khác theo đơn vị của góc  $\varphi$  hay hệ số cos  $\varphi$ .

Nhược điểm của loại fazômet này: là chỉ được tính cho một cấp điện áp. Nếu thay đổi điện áp thì phải thay đổi điện trở  $R_1$  và điện cảm  $L_2$  do đó dẫn đến thay đổi góc  $\beta$ . Ngoài ra sai số còn phụ thuộc vào tần số vì trong mạch có cuộn cảm.

Để khắc phục sai số do tần số gây ra ta chia một cuộn thành hai cuộn nối song song với nhau. Một cuộn nối với điện dung C còn cuộn kia nối với điện cảm L như hình 6.2.

Ta có:  $\frac{1}{Z} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}$

Khi tần số tăng, ở nhánh 1 điện kháng  $X_L$  tăng lên còn điện kháng  $X_C$  ở nhánh 1' sẽ giảm kết quả điện kháng trên toàn mạch coi như không đổi.

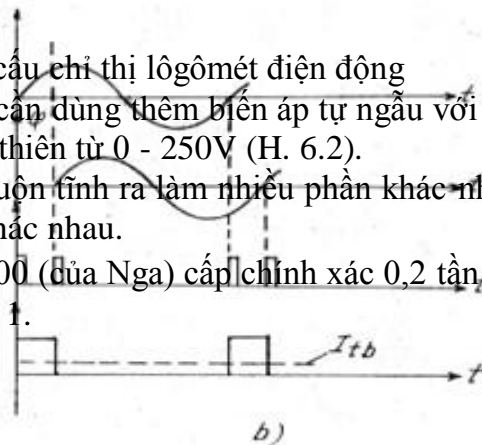


Hình 6.4. Fazômét sử dụng cơ cấu chỉ thị lôgômét điện động

Để sử dụng với nhiều cấp điện áp thì cần dùng thêm biến áp tự ngẫu với các đầu vào là 110V, 127V, 220V đầu ra có thể biến thiên từ 0 - 250V (H. 6.2).

Để mở rộng thang đo về dòng có thể phân cuộn tính ra làm nhiều phần khác nhau mắc nối tiếp hoặc song song ta sẽ được các cấp khác nhau.

Ví dụ: trong công nghiệp loại Fazômét Д5000 (của Nga) cấp chính xác 0,2 tần số 50-60Hz có thang đo  $I = 0 \div 3600$ ,  $\cos \phi = 0 \div 1$ .



### Fazômét điện từ:



Hình 6.3. Fazô mét điện tử:

a) Sơ đồ khối nguyên lý

b) Biểu đồ thời gian

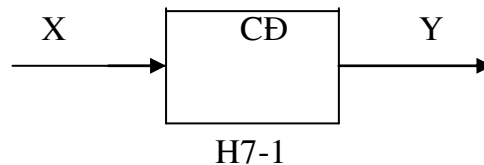
Nguyên lý hoạt động: dựa trên việc phân biến đổi góc lệch pha trực tiếp thành dòng hay áp. Để đo góc lệch pha giữa hai điện áp hình sin ta thực hiện theo sơ đồ hình 6.3a: Tín hiệu hình sin  $x_1$  và  $x_2$  qua các bộ tạo xung TX<sub>1</sub> và TX<sub>2</sub>. Khi tín hiệu đi qua mức "0" tạo ra các xung U'<sub>1</sub> và U'<sub>2</sub> (H.6.3b), các xung này được đưa đến đầu vào của Trigonô (S-R). Như vậy các tín hiệu hình sin ở đầu vào nhờ các bộ tạo xung đã biến độ lệch pha thành khoảng thời gian giữa các xung. Khi có sự tác động của các xung này lên

## CHƯƠNG VII ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG KHÔNG ĐIỆN

### Khái niệm chung:

Trong các chương trước ta đã nghiên cứu về các cơ cấu đo điện, các phương pháp đo các đại lượng điện bằng các dụng cụ đo điện, trong kỹ thuật đo lường nói chung ta cũng có thể sử dụng các dụng cụ đo điện để đo các đại lượng không điện bằng cách ta chuyển đổi các đại lượng vật lý khác không phải là điện thành đại lượng điện rồi dùng dụng cụ đo điện để đo.

Mô hình của mạch chuyển đổi giá trị khác lượng như hình vẽ H7-1 các đại lượng không điện X được đưa vào đầu vào của bộ chuyển đổi CĐ



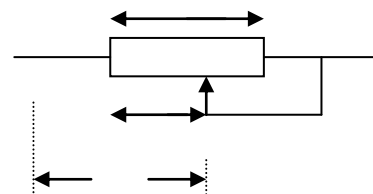
tín hiệu ra đã được chuyển đổi thành tín hiệu điện là Y sẽ được đưa đến bộ chỉ thị là dụng cụ đo điện. quan hệ giữa tín hiệu vào và ra như sau :

$$Y = f(x)$$

Các bộ chuyển đổi này có thể là : chuyển đổi điện trở, chuyển đổi điện dung, chuyển đổi điện cảm, chuyển đổi áp điện, chuyển đổi cảm ứng, tĩnh điện, nhiệt điện, chuyển đổi điện từ .v.v...

R L

### Chuyển đổi điện trở :



Giá trị điện trở tính theo công thức cấu tạo:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Thay đổi chiều dài l dẫn đến thay đổi

Rx

giá trị R . Nếu ta nối chiết áp R trong mạch

H7-2

phân áp thì khi thay đổi con chạy (Lx thay đổi ) dẫn đến thay đổi Rx và thay đổi điện áp đo được trên chiết áp theo quan hệ :

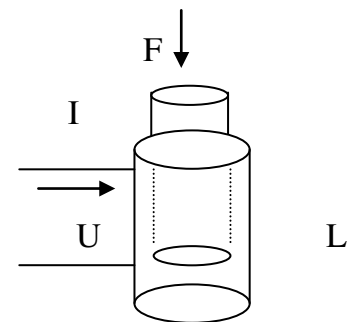
$$R_x = R \frac{L_x}{L}$$

Khi  $L_x = L$  ; thì  $U_x = U$  ; Như vậy đo được giá trị  $U_x$  ta biết được sự thay đổi  $L_x$  là đại lượng đo chiều dài .

$$L_x = f(u)$$

**Chuyển đổi điện từ :**

Các chuyển đổi có liên quan đến cảm ứng , hộ cảm , điện cảm , áp từ đều có thể chuyển đổi các đại lượng vật lý như chuyển động , thay đổi kích thước , chiều dài , lực tác dụng ... thành đại lượng điện để đo .



ví dụ : sự thay đổi vị trí ( kéo ra kéo vào ) lõi sắt của cuộn dây sẽ làm cho hệ số tự cảm thay đổi và làm cho dòng điện hay điện áp của mạch đo thay đổi .

**Chuyển đổi áp điện :** như ta đã biết thạch anh là loại có tính áp điện trên một mặt của khối tinh thể thạch anh nếu ta tác dụng lên một lực này sẽ làm cho hai mặt vuông góc với nó suất hiện sđđ E có độ lớn tỷ lệ với lực F .

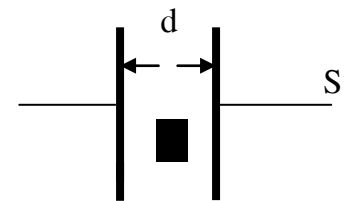
$$F = f (E)$$

**Chuyển đổi điện dung :**

Như ta đã biết cấu tạo của điện dung và công thức tính giá trị của điện dung theo cấu tạo :

$$C = \epsilon \frac{S}{d}$$

Trong đó S tiết diện của hai bản cực,  $\epsilon$  hằng số điện môi của vật chất giữa hai bản cực , còn d là khoảng cách hai bản cực của tụ điện . vậy nếu có sự thay đổi về lực

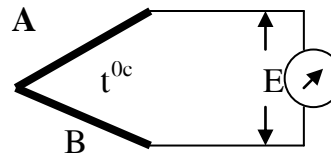


tác dụng làm thay đổi khoảng cách  $d$ , hay sự thay đổi nồng độ, bản chất của chất điện môi giữa hai bản cực sẽ làm cho giá trị điện dung của tụ thay đổi và sẽ làm thay đổi thông số mạch và làm cho đại lượng điện trong mạch thay đổi theo. như vậy ta có thể chuyển đổi lực cơ, kích thước, hóa học thành điện.

$$dx = f(u_c)$$

**Chuyển đổi nhiệt điện :**

Có hai kim loại A và B có hiệu thế tiếp xúc khác nhau khi ở một đầu của chúng hàn



chặt với nhau tại 0 thì ở đầu kia suất hiện suất nhiệt điện động  $E$  có độ lớn phụ thuộc vào sự chênh lệch nhiệt độ giữa hai đầu của chúng. Như vậy đây là một thiết bị chuyển đổi nhiệt độ thành điện và được dùng làm dụng cụ đo trực tiếp nhiệt độ. quan hệ của chúng :

$$t^{0c} = f(E)$$

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. **Kỹ thuật đo** - Tác giả: Nguyễn Ngọc Tân - Ngô Tấn Nhơn – Ngô Văn Kỳ  
- Đại Học Bách Khoa TPHCM.
2. **Giáo trình đo lường các đại lượng điện và không điện**  
- Tác giả: Nguyễn Văn Hoà – NXBGD ( Sách dùng cho hệ trung học và dạy nghề).
3. **Kỹ thuật đo lường các đại lượng vật lý**  
- Tác giả: Phạm Thượng Hàn - Nguyễn Trọng Quế - Nguyễn Văn Hoà  
- Nguyễn Thị Vân- NXBGD.
4. **Các bộ cảm biến trong kỹ đo lường và điều khiển**  
- Tác giả: Lê Văn Doanh -Phạm Thượng Hàn-Võ Thạch Sơn- Nguyễn Văn Hoà

Đào Văn Tân  
NXBKHKKT -2001.



**HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG**



**Đỗ Mạnh Hà**

**BÀI GIẢNG**  
**CƠ SỞ ĐO LƯỜNG ĐIỆN TỬ**

**Hà Nội 2011**



# MỤC LỤC

<b>MỤC LỤC</b> .....	<b>i</b>
<b>LỜI NÓI ĐẦU</b> .....	<b>vi</b>
<b>CHƯƠNG 1 - GIỚI THIỆU CHUNG VỀ KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG ĐIỆN TỬ</b> .....	<b>9</b>
1.0. GIỚI THIỆU CHUNG .....	9
1.1 CÁC KHÁI NIỆM VỀ ĐO LƯỜNG ĐIỆN TỬ .....	10
1.2 ĐỐI TƯỢNG CỦA ĐO LƯỜNG ĐIỆN TỬ .....	12
1.3 PHÂN LOẠI PHÉP ĐO .....	13
1.4 CHỨC NĂNG VÀ PHÂN LOẠI THIẾT BỊ ĐO .....	16
1.5 ĐƠN VỊ ĐO LƯỜNG, CHUẨN, MẪU .....	20
1.5.1 Đơn vị đo lường .....	20
1.5.2 Cấp chuẩn hóa .....	21
1.6 ĐẶC TÍNH CƠ BẢN CỦA THIẾT BỊ ĐO .....	22
1.6.1 Đặc tính tĩnh .....	22
1.6.2 Đặc tính động .....	24
1.7. ĐẶC TÍNH ĐIỆN CỦA THIẾT BỊ ĐO ĐIỆN TỬ .....	26
1.7.1. Các tham số giới hạn .....	26
1.7.2. Ảnh hưởng do quá tải .....	28
1.7.3. Can nhiễu ở phép đo .....	29
1.7.4. Vỏ bảo vệ .....	31
1.7.5. Nối đất .....	32
1.8. SO SÁNH THIẾT BỊ ĐO TƯƠNG TỰ VÀ THIẾT BỊ ĐO SỐ .....	33
1.9. CHỌN KHOẢNG ĐO TỰ ĐỘNG VÀ ĐO TỰ ĐỘNG .....	35
1.10. ĐO TRONG MẠCH (ICT) .....	36
1.11. KỸ THUẬT SỬ DỤNG THIẾT BỊ ĐO ĐIỆN TỬ .....	36
CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP .....	39
<b>CHƯƠNG 2 – ĐÁNH GIÁ SAI SỐ ĐO LƯỜNG</b> .....	<b>41</b>
2.1. KHÁI NIỆM VỀ SAI SỐ .....	41
2.2. NGUYÊN NHÂN GÂY SAI SỐ .....	41
2.3. PHÂN LOẠI SAI SỐ .....	42
2.3.1. Phân loại sai số theo nguồn gốc gây ra sai số .....	42
2.3.2. Phân loại theo sự phụ thuộc của sai số vào đại lượng đo .....	44
2.3.3. Phân loại theo vị trí sinh ra sai số .....	44

2.4. BIỂU THỨC BIỂU DIỄN SAI SỐ .....	45
2.5. PHÂN TÍCH THÔNG KÊ ĐO LƯỜNG .....	47
2.5.1. Hàm phân bố chuẩn sai số .....	47
2.5.2. Hệ quả của hàm phân bố chuẩn sai số.....	49
2.5.3. Chuẩn hóa hàm phân bố sai số .....	50
2.5.4. Các đặc số phân bố ứng dụng trong đo lường .....	52
2.5.5. Ứng dụng các đặc số phân bố để xác định kết quả đo từ nhiều lần đo .....	55
2.6. ĐÁNH GIÁ SAI SỐ CỦA PHÉP ĐO GIÁN TIẾP.....	58
CÂU HỎI ÔN TẬP .....	61
BÀI TẬP .....	64
<b>CHƯƠNG 3 – CƠ SỞ KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG ĐIỆN TỬ.....</b>	<b>65</b>
3.0. GIỚI THIỆU CHƯƠNG .....	65
3.1. CẤU TRÚC CƠ BẢN CỦA MÁY ĐO .....	65
3.1.1. Máy đo tham số và đặc tính của tín hiệu:.....	66
3.1.2. Máy đo tham số và đặc tính của mạch điện: .....	69
3.1.3. Máy tạo tín hiệu đo lường .....	70
3.1.4. Các linh kiện đo lường .....	72
3.2. CẤU TRÚC CHUNG CỦA MÁY ĐO SỐ.....	72
3.2.1. Sự tiến triển trong công nghệ chế tạo thiết bị đo .....	72
3.2.1. Sơ đồ cấu trúc chung của máy đo số.....	73
3.2.3. Ưu điểm của máy đo số.....	76
3.3. THIẾT BỊ ĐO GHÉP NỐI VỚI MÁY TÍNH .....	78
3.4. MỘT SỐ MẠCH ĐO LƯỜNG VÀ GIA CÔNG TÍN HIỆU ĐO CƠ BẢN.....	85
3.5. CƠ CẤU CHỈ THỊ ĐO LƯỜNG.....	86
3.5.1 Cơ cấu chỉ thị kim (Cơ cấu đo điện cơ bản - CCD).....	87
3.5.2 Thiết bị chỉ thị dùng LED.....	99
3.5.3 Thiết bị chỉ thị dùng LCD - Liquid Crystal Display .....	105
3.5.4 Ống tia điện tử - CRT.....	116
CÂU HỎI ÔN TẬP .....	127
<b>CHƯƠNG 4 - MÁY HIỆN SÓNG (Ô-XI-LÔ).....</b>	<b>128</b>
4.1 GIỚI THIỆU CHUNG .....	128
4.1.1 Khái niệm chung về quan sát dạng tín hiệu.....	128
4.1.2 Các ưu điểm và khả năng ứng dụng của ô-xi-lô. ....	130
4.1.3 Phân loại ô-xi-lô.....	131
4.2 Ô-XI-LÔ TƯƠNG TỰ.....	132



4.2.1	Sơ đồ khối và nguyên lý làm việc của ô-xi-lô tương tự 1 kênh.....	132
4.2.2	Ô-xi-lô nhiều kênh. ....	146
4.3	ĐÂY ĐO DÙNG CHO Ô-XI-LÔ.....	151
4.3.1	Đây đo thụ động trở kháng cao.....	152
4.3.2	Đây đo tích cực.....	153
4.4	Ô-XI-LÔ SỐ.....	155
4.4.1	Khả năng của ôxilô số.....	155
4.4.2	Cấu trúc ô-xi-lô số.....	156
4.5	ỨNG DỤNG ĐO LƯỜNG DÙNG Ô-XI-LÔ.....	158
4.5.1	Đo tham số tín hiệu điện áp.....	161
4.5.2	Đo tần số bằng phương pháp Lissajous.....	163
4.5.3	Đo góc lệch pha.....	165
4.5.4	Vẽ đặc tuyến Vôn-Ampe của điốt.....	167
4.5.5	Vẽ đặc tuyến ra của BJT.....	168
	CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP.....	169
	<b>CHƯƠNG 5 – CÁC PHÉP ĐO ĐIỆN CƠ BẢN.....</b>	<b>171</b>
5.1	GIỚI THIỆU CHUNG.....	171
5.2	ĐO DÒNG ĐIỆN.....	172
5.2.1	Ampe mét can thiệp.....	172
5.2.2	Ampe mét không can thiệp.....	177
5.3	ĐO ĐIỆN ÁP.....	180
5.3.1	Các trị số điện áp.....	180
5.3.2	Giới thiệu về dụng cụ đo điện áp.....	182
5.3.3	Đo điện áp sử dụng cơ cấu đo từ điện.....	184
5.3.4	Vôn mét điện tử.....	187
5.4	ĐO ĐIỆN TRỞ.....	193
5.5	THIẾT BỊ ĐO ĐIỆN TỬ VẠN NĂNG (MULTIMETERS).....	195
5.5.1	Đồng hồ vạn năng tương tự - VOM.....	195
5.5.2	Đồng hồ vạn năng số - DMM.....	198
	<b>CHƯƠNG 6 - ĐO TẦN SỐ, KHOẢNG THỜI GIAN VÀ GÓC LỆCH PHA ....</b>	<b>Error!</b>
	Bookmark not defined.	
6.0	GIỚI THIỆU CHUNG.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.1	ĐO TẦN SỐ.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.1.1	Đo tần số bằng phương pháp đếm xung.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

<b>CHƯƠNG 7 – ĐO CÔNG SUẤT.....</b>	<b>226</b>
7.1. KHÁI NIỆM VỀ ĐO CÔNG SUẤT .....	226
7.1.1 Các thành phần công suất.....	226
7.1.2. Đơn vị công suất .....	228
7.1.3 Các nguyên lý đo công suất.....	229
7.2. ĐO CÔNG SUẤT Ở TẦN SỐ THẤP VÀ TẦN SỐ CAO .....	231
7.2.1 - Phương pháp cơ điện .....	232
7.2.2. Phương pháp điện .....	233
7.2.3. Phương pháp so sánh.....	238
7.3. ĐO CÔNG SUẤT Ở DẢI SIÊU CAO TẦN.....	239
7.3.1. Oát met sử dụng cảm biến điện trở nhiệt .....	241
<b>CHƯƠNG 8 – PHÂN TÍCH PHỔ TÍN HIỆU.....</b>	<b>247</b>
8.1. GIỚI THIỆU CHUNG PHÂN TÍCH TÍN HIỆU .....	247
8.1.1 Giới thiệu chung về máy phân tích tín hiệu .....	247
8.1.2. Đồ thị phổ của tín hiệu .....	248
8.2. MÁY PHÂN TÍCH PHỔ .....	250
8.2.1. Ứng dụng đo lường của máy phân tích phổ .....	250
8.2.2. Các nguyên lý máy phân tích phổ.....	251
8.2.3. Máy phân tích phổ song song .....	252
8.2.4. Máy phân tích phổ nối tiếp.....	253
<b>CHƯƠNG 9 - ĐO THAM SỐ CỦA MẠCH VÀ LINH KIỆN ĐIỆN TỬ .....</b>	<b>Error!</b>
Bookmark not defined.	
9.0. GIỚI THIỆU CHUNG.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9.1. CÁC THAM SỐ VÀ ĐẶC TÍNH MẠCH ĐIỆN..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9.1.1. Các tham số, đặc tính của mạch điện có các phần tử tập chung.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9.1.2. Các tham số và đặc tính của mạch điện có phần tử phân bố	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9.2 ĐO TRỞ KHÁNG CỦA MẠCH VÀ LINH KIỆN ĐIỆN TỬ	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9.2.1 Sai số của phép đo trở kháng.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9.2.2. Mô hình mạch tương đương của các linh kiện	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9.2.3. Tổng quan các phương pháp đo trở kháng .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9.2.2. So sánh các phương pháp đo .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

9.3. ỨNG DỤNG CỦA CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐO TRỞ KHÁNG	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9.3.1. Phương pháp cầu 4 nhánh cân bằng	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9.3.2. Phương pháp cộng hưởng	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9.3.3. Phương pháp cầu tự cân bằng	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9.3.4. Phương pháp phóng nạp cho tụ	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9.4. ĐO THAM SỐ VÀ ĐẶC TÍNH CỦA LINH KIỆN VÀ MẠCH PHI TUYẾN	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9.4.1. Vẽ đặc tuyến Von-Ampe	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9.4.2. Vẽ đặc tuyến biên độ tần số của mạng 4 cực	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9.5. ĐO THAM SỐ CỦA MẠCH ĐIỆN CÓ THAM SỐ PHÂN BỐ	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9.5.1. Giới thiệu chung	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9.6. ĐO LƯỜNG, KIỂM NGHIỆM CÁC MẠCH ĐIỆN TỬ SỐ VÀ VI XỬ LÝ	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9.6.1. Khái niệm và đặc tính chung của mạch số	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9.6.2. Các phương pháp phân tích	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b>	<b>310</b>

# LỜI NÓI ĐẦU

Với sự phát triển của khoa học kỹ thuật và công nghệ, Kỹ thuật đo lường nói chung, kỹ thuật đo lường điện tử nói riêng đang có một vai trò quan trọng trong đời sống kinh tế kỹ thuật và công nghệ. Các máy đo lường điện tử ngày càng được sử dụng rất rộng rãi trong nhiều lĩnh vực. Để sử dụng chúng có hiệu quả, việc nghiên cứu về lý thuyết và nguyên lý đo lường điện tử là rất quan trọng, nhất là đối với kỹ sư làm việc trong các lĩnh vực điện, điện tử, viễn thông. Bài giảng này nhằm trang bị cho sinh viên những kiến thức cơ bản về đo lường điện tử như: Cơ sở kỹ thuật đo lường điện tử, đánh giá sai số và xử lý kết quả đo, các phương pháp đo, nguyên lý xây dựng, cấu trúc, cũng như ứng dụng đo lường của các thiết bị đo tham số và đặc tính của tín hiệu và mạch điện tử.

Bài giảng gồm các nội dung chính như sau:

Chương 1 - Cơ sở lý thuyết về đo lường điện tử

Chương 2 - Sai số trong đo lường

Chương 3 - Cơ sở kỹ thuật đo lường điện tử

Chương 4 - Máy hiện sóng (Ô-xi-lô)

Chương 5 - Các phép đo điện cơ bản

Chương 6 - Đo tần số, khoảng thời gian và góc lệch pha

Chương 7 - Phân tích tín hiệu

Chương 8 - Đo công suất

Chương 9 - Đo các tham số và đặc tính của mạch điện tử

Bài giảng được thực hiện trong một thời gian ngắn, nên khó tránh khỏi những thiếu sót. Tác giả rất mong nhận được những ý

*kiến đóng góp các đồng nghiệp để bài giảng được hoàn thiện hơn. Mọi góp ý xin vui lòng gửi về Bộ môn kỹ thuật điện tử - Khoa Kỹ thuật Điện tử 1- Học viện Công nghệ Bru chính Viễn thông hoặc email: hadm@ptit.edu.vn. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn các đồng nghiệp đã đóng góp các ý kiến quý báu; xin chân thành cảm ơn lãnh đạo Học viện, Phòng Đào tạo và NCKH, Khoa Kỹ thuật Điện tử 1, 2 đã tạo điều kiện để chúng tôi hoàn thành bài giảng này.*

*Hà nội, tháng 9 năm 2010*

**Tác giả**



# CHƯƠNG 1 - GIỚI THIỆU CHUNG VỀ KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG ĐIỆN TỬ

- Các khái niệm về đo lường điện tử
- Đối tượng của đo lường điện tử
- Phân loại phép đo
- Chức năng và phân loại thiết bị đo
- Đơn vị đo lường, chuẩn, mẫu
- Đặc tính cơ bản của thiết bị đo
- Đặc tính điện của thiết bị đo điện tử
- So sánh thiết bị đo tương tự và thiết bị đo số
- Chọn khoảng đo tự động và đo tự động
- Đo trong mạch
- Kỹ thuật sử dụng thiết bị đo điện tử

## 1.0. GIỚI THIỆU CHUNG

Chương này sẽ trình bày khái quát về kỹ thuật đo lường nói chung, kỹ thuật đo lường điện tử nói riêng. Những khái niệm trong đo lường, phép đo, phương pháp đo, thiết bị đo, đặc tính của thiết bị đo, và đặc biệt là sai số đo lường, phân loại số số, tính toán sai số ... sẽ được làm sáng tỏ trong chương này. Đó là những cơ sở để có thể học các chương tiếp theo.

- Sau khi học chương này sinh viên có thể hiểu được những vấn đề sau:
- Thế nào là đo lường, đo lường điện tử.
- Khái niệm về phép đo, phương pháp đo.

- Phân biệt được các phương pháp đo khác nhau.
- Hiểu chức năng của thiết bị đo, và phân loại được các thiết bị đo.
- Biết các đặc tính cơ bản của một thiết bị đo.
- Phân biệt được Đơn vị đo, chuẩn, mẫu.

## **1.1 CÁC KHÁI NIỆM VỀ ĐO LƯỜNG ĐIỆN TỬ**

Đo lường học (Metrology) là lĩnh vực khoa học ứng dụng liên ngành nghiên cứu về các đối tượng đo, các phép đo, các phương pháp thực hiện và các công cụ đảm bảo cho chúng, kỹ thuật đo, các phương pháp để đạt được độ chính xác mong muốn.

Các hướng nghiên cứu chính của đo lường bao gồm:

- Các lý thuyết chung về phép đo.
- Các đơn vị vật lý và hệ thống của chúng.
- Các phương pháp và công cụ đo.
- Kỹ thuật đo
- Phương pháp xác định độ chính xác của phép đo.
- Cơ sở bảo đảm cho việc thống nhất giữa phép đo và rất nhiều công cụ thực hiện nó.
- Công cụ đo chuẩn và barem.
- Các phương pháp để chuyển đơn vị đo từ công cụ chuẩn hoặc gốc ra công cụ làm việc.

Ngành kỹ thuật chuyên nghiên cứu và áp dụng các thành quả của đo lường học vào phục vụ sản xuất vào đời sống gọi là kỹ thuật đo lường

Phần này sẽ trình các khái niệm cơ bản về đo lường điện tử.

- **Đo lường (Measurement) là gì?** Đo lường là quá trình thực nghiệm vật lý nhằm đánh giá được tham số, cũng như đặc tính của



đối tượng chưa biết. Thông thường đo lường là quá trình so sánh đối tượng chưa biết với một đối tượng làm chuẩn (đối tượng chuẩn này thường là đơn vị đo), và có kết quả bằng số so với đơn vị đo.

+ Ví dụ đo điện áp: Điện áp của một nguồn đo được là 5V nghĩa là điện áp của nguồn đó gấp 5 lần điện áp của một nguồn chuẩn 1V.

- **Đo lường điện tử (Electronic Measurement)** : là đo lường mà trong đó đại lượng cần đo được chuyển đổi sang dạng tín hiệu điện mang thông tin đo và tín hiệu điện đó được xử lý và đo lường bằng các dụng cụ và mạch điện tử.

+ Nếu kết hợp đo lường điện tử và các bộ biến đổi phi điện - điện (sensor - các bộ cảm biến) cho phép đo lường được hầu hết các đại lượng vật lý trong thực tế.

- **Đại lượng đo (Measurand)**: là các đại lượng vật lý chưa biết cần xác định tham số và đặc tính nhờ phép đo.

- **Tín hiệu đo (Measuring Signal)**: Tín hiệu điện mang thông tin đo.

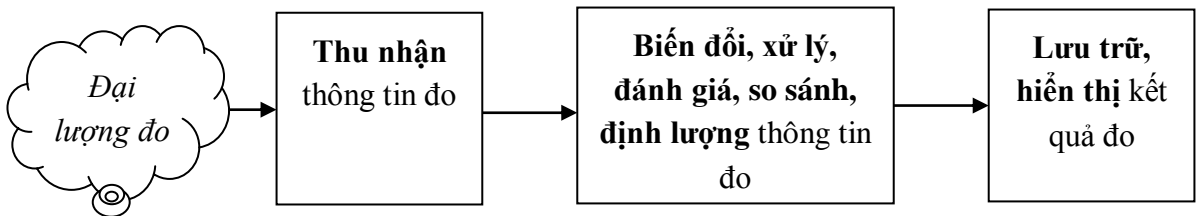
- **Phép đo (Measurement)**: Là quá trình xác định tham số và đặc tính của đại lượng vật lý chưa biết bằng các phương tiện kỹ thuật đặc biệt - hay còn được gọi là thiết bị đo.

- **Thiết bị đo (Instrument)**: là phương tiện kỹ thuật để thực hiện phép đo có chức năng biến đổi tín hiệu mang thông tin đo thành dạng phù hợp cho việc sử dụng và nhận kết quả đo, chúng có những đặc tính đo lường cơ bản đã được qui định. Trong thực tế Thiết bị đo thường được hiểu là máy đo (ví dụ: Máy hiện sóng, Vôn mét số, Máy đếm tần ...).

- **Kỹ thuật đo (Instrumentation)**: là một nhánh khoa học về các phương pháp kỹ thuật công nghệ ứng dụng trong đo lường và điều khiển.

- **Phương pháp đo (Measuring method)** : Là cách thức thực hiện quá trình đo lường để xác định được tham số và đặc tính của các đại lượng đo. Phương pháp đo phụ thuộc vào nhiều yếu tố: Phương pháp nhận thông tin đo từ đại lượng đo, Phương pháp xử lý thông tin đo, Phương pháp đánh giá, so sánh thông tin đo, Phương pháp hiển thị, lưu trữ kết quả đo ... Mỗi loại máy đo có thể coi là một thiết bị đo hoàn chỉnh thực hiện theo một hay một vài phương pháp đo cụ thể nào đó.

Về cơ bản quá trình đo lường có thể được chia thành các bước



khác nhau và được minh họa như hình vẽ sau:

*Hình 1.1 – Quá trình đo lường*

## **1.2 ĐỐI TƯỢNG CỦA ĐO LƯỜNG ĐIỆN TỬ**

Đo lường điện tử có phạm vi ứng dụng rất rộng rãi, đối tượng đo rất rộng. Tuy nhiên trong lĩnh vực điện tử - viễn thông, đối tượng của đo lường tập chủ yếu vào đối tượng: Hệ thống tham số và đặc tính của tín hiệu và của mạch điện tử.

- **Hệ thống tham số và đặc tính của tín hiệu điện tử:**

+ Tham số về cường độ tín hiệu điện tử gồm: Cường độ dòng điện, Cường độ điện áp, Công suất tác dụng của tín hiệu...

+ Tham số về thời gian gồm: Chu kỳ, tần số của tín hiệu, góc lệch pha giữa 2 tín hiệu cùng tần số, độ rộng phổ tín hiệu, độ rộng xung, độ rộng sườn trước, sườn sau ...

+ Đặc tính tín hiệu gồm: Phổ của tín hiệu, độ méo dạng của tín hiệu, hệ số điều chế tín hiệu...

+ Tín hiệu số gồm các tham số: Mức logic, tần số, chu kỳ...

**- Hệ thống tham số và đặc tính của mạch điện tử:**

+ Các tham số về trở kháng: Trở kháng tương đương, dẫn nạp tương đương, điện trở, điện dung, điện kháng tương đương, trở kháng sóng, hệ số phản xạ, hệ số tổn hao, hệ số phẩm chất của mạch...

+ Đặc tính của mạch: Đặc tuyến Vôn-Ampe, Đặc tuyến biên độ - tần số, đặc tuyến Pha - tần số của mạch...

**Chú ý:** Tùy theo dải tần và hệ thống tham số và đặc tính của tín hiệu và của mạch điện tử cần đo cũng khác nhau.

### **1.3 PHÂN LOẠI PHÉP ĐO**

Phép đo là công việc thực hiện chính của đo lường, đó là việc tìm ra giá trị vật lý bằng cách thí nghiệm với sự trợ giúp của các công cụ kỹ thuật đặc biệt. Giá trị tìm được gọi là kết quả của phép đo. Hoạt động thực hiện trong quá trình đo để cho ta kết quả là một đại lượng vật lý gọi là quá trình ghi nhận kết quả. Tùy thuộc vào đối tượng nghiên cứu, vào tính chất của công cụ đo và người ta cần thực hiện phép đo ghi nhận một lần hay nhiều lần. Nếu như có một loại ghi nhận thì kết quả phép đo nhận được là kết quả khi xử lý các kết quả từ các ghi nhận đó.

Phép đo có bản chất là quá trình so sánh đại lượng vật lý cần đo với một đại lượng vật lý được dùng làm đơn vị. Kết quả của phép đo được biểu diễn bằng một số là tỷ lệ của đại lượng cần đo với một đơn vị đó. Như vậy để thực hiện phép đo, ta cần thiết lập đơn vị đo, so sánh giá trị của đại lượng cần đo với đơn vị và ghi nhận kết quả so sánh được. Thông thường người ta thường biến đổi tín hiệu đến dạng thuận tiện nhất cho việc so sánh.

Như vậy, ta có thể tóm tắt lại thành bốn bước chính của phép đo là: thiết lập đơn vị vật lý, biểu diễn tín hiệu đo, so sánh tín hiệu đo với đơn vị được lấy làm chuẩn và ghi nhận kết quả so sánh.

Có nhiều cách phân loại phương pháp đo, tùy thuộc vào phương pháp nhận kết quả đo, phương pháp xử lý thông tin đo, dải trình đo, điều kiện đo, sai số...

+ **Đo trực tiếp** : Là phương pháp đo mà kết quả đo nhận được trực tiếp trên thiết bị đo từ một lần đo duy nhất. Thông thường dùng các thiết bị đo tương ứng cho chính đối tượng cần đo.

- VD: đo điện áp bằng vôn-mét, đo tần số bằng tần số-mét, đo công suất bằng oát-mét,...

Đặc điểm của phép đo trực tiếp là quá trình thực hiện đơn giản về biện pháp kỹ thuật, tiến hành đo được nhanh chóng và loại trừ được các sai số do tính toán.

+ **Đo gián tiếp** : Là phương pháp đo mà kết quả đo nhận được từ biểu thức tính toán các kết quả của phép đo trực tiếp các đại lượng vật lý khác nhau.

- VD: Đo công suất một chiều:  $P=U.I$  - đo điện áp và dòng điện bằng Vôn-mét và Ampe-mét.

- Đặc điểm: nhiều phép đo và thường không nhận biết ngay được kết quả đo

Trong kỹ thuật đo lường, thông thường người ta muốn tránh phương pháp đo gián tiếp, vì trước hết nó yêu cầu tiến hành nhiều phép đo (ít nhất là hai phép đo) và thường là không nhận biết ngay được kết quả đo. Song trong một số trường hợp thì không thể tránh được phương pháp này.

+ **Đo thống kê**: Là phương pháp thực hiện đo nhiều lần một đại lượng đo với cùng thiết bị đo và trong cùng điều kiện đo, kết

quả đo được tính là giá trị trung bình thống kê của của các lần đo đo.

Đặc điểm: Phương pháp này cho phép loại trừ các sai số ngẫu nhiên và thường dùng khi kiểm chuẩn thiết bị đo.

Hiện nay, kỹ thuật đo lường đã phát triển nhiều về phương pháp **đo tương quan**. Nó là một phương pháp riêng, không nằm trong phương pháp đo trực tiếp hay phương pháp đo gián tiếp. Phương pháp tương quan dùng trong những trường hợp cần đo các quá trình phức tạp, mà ở đây không thể thiết lập một quan hệ hàm số nào giữa các đại lượng là các thông số của một quá trình nghiên cứu. Ví dụ: tín hiệu đầu vào và tín hiệu đầu ra của một hệ thống nào đó.

Khi đo một thông số của tín hiệu nào bằng phương pháp đo tương quan, thì cần ít nhất là hai phép đo mà các thông số từ kết quả đo của chúng không phụ thuộc lẫn nhau. Phép đo này được thực hiện bởi cách xác định khoảng thời gian và kết quả của một số thuật toán có khả năng định được trị số của đại lượng thích hợp. Độ chính xác của phép đo tương quan được xác định bằng độ dài khoảng thời gian của quá trình xét. Khi đo trực tiếp thật ra là người đo đã phải giả thiết hệ số tương quan giữa đại lượng đo và kết quả rất gần 1, mặc dù có sai số do quy luật ngẫu nhiên của quá trình biến đổi gây nên.

Ngoài các phép đo cơ bản nói trên, còn một số các phương pháp đo khác thường được thực hiện trong quá trình tiến hành đo lường như sau:

**Phép đo thay thế:** Phép đo được tiến hành hai lần, một lần với đại lượng cần đo và một lần với đại lượng đo mẫu. Điều chỉnh để hai trường hợp đo có kết quả chỉ thị như nhau.

**Phép đo hiệu số:** Phép đo được tiến hành bằng cách đánh giá hiệu số trị số của đại lượng cần đo và đại lượng mẫu.

**Phép đo vi sai,** phương pháp **chỉ thị không,** phương pháp **bù,** cũng là những trường hợp riêng của phương pháp hiệu số. Chúng thường được dùng trong các mạch cầu đo hay trong các mạch bù.

**Phép đo thẳng:** kết quả đo được định lượng trực tiếp trên thanh độ của thiết bị chỉ thị. Tất nhiên sự khắc độ của các thang độ này đã được lấy chuẩn trước với đại lượng mẫu cùng loại với đại lượng đo.

**Phép đo rời rạc hóa** (chỉ thị số): đại lượng cần được đo được biến đổi thành tín tức là các xung rời rạc. Trị số của đại lượng cần đo được tính bằng số xung tương ứng này.

## **1.4 CHỨC NĂNG VÀ PHÂN LOẠI THIẾT BỊ ĐO**

Hầu hết các thiết bị đo có chức năng cung cấp cho chúng ta kết quả đo được đại lượng đang khảo sát. Kết quả này được chỉ thị hoặc được ghi lại trong suốt quá trình đo, hoặc được dùng để tự động điều khiển đại lượng đang được đo.

*Ví dụ:* trong hệ thống điều khiển nhiệt độ, máy đo nhiệt độ có nhiệm vụ đo và ghi lại kết quả đo của hệ thống đang hoạt động và giúp cho hệ thống xử lý và điều khiển tự động theo thông số nhiệt độ.

Nói chung thiết bị đo lường có chức năng quan trọng là kiểm tra sự hoạt động của hệ thống tự điều khiển, nghĩa là *đo lường quá trình* trong công nghiệp (Industrial process measurements). Đây cũng là môn học trong ngành tự động hóa.

**- Phân loại thiết bị đo:** Gồm 2 nhóm chính

Thiết bị đo đơn giản: mẫu, thiết bị so sánh, chuyển đổi đo lường.

Thiết bị đo phức tạp: máy đo, thiết bị đo tổng hợp và hệ thống thông tin đo lường.

+ Thiết bị chuẩn: Chuẩn là mẫu có cấp chính xác cao nhất. Chuẩn là phương tiện đo đảm bảo việc sao và giữ đơn vị đo tiêu chuẩn.

+ Thiết bị mẫu: là thiết bị đo dùng để sao lại đại lượng vật lí có giá trị cho trước với độ

chính xác cao.

+ Thiết bị so sánh: thiết bị đo dùng để so sánh 2 đại lượng cùng loại.

+ Thiết bị chuyển đổi đo lường: Thiết bị đo dùng để biến đổi tín hiệu mang thông tin đo lường về dạng thuận tiện cho việc truyền tiếp, biến đổi tiếp, xử lí tiếp và giữ lại, nhưng người quan sát chưa thể nhận biết trực tiếp được kết quả đo (VD: bộ KĐ đo lường; bộ biến dòng, biến áp đo lường; sensor, quang điện trở, nhiệt điện trở, ADC ...)

+ **Máy đo (Instrument)** : Thiết bị đo dùng để biến đổi tín hiệu mang thông tin đo lường về dạng mà người quan sát có thể nhận biết trực tiếp được (VD: vôn-mét, ampe mét,...)

+ Thiết bị đo tổng hợp: là các thiết bị đo phức tạp, đa năng dùng để kiểm tra, kiểm chuẩn đo lường, đo lường các tham số phức tạp.

+ Hệ thống thông tin đo lường: Hệ thống mạng kết nối của nhiều thiết bị đo, cho phép đo lường và điều khiển từ xa, đo lường phân tán...

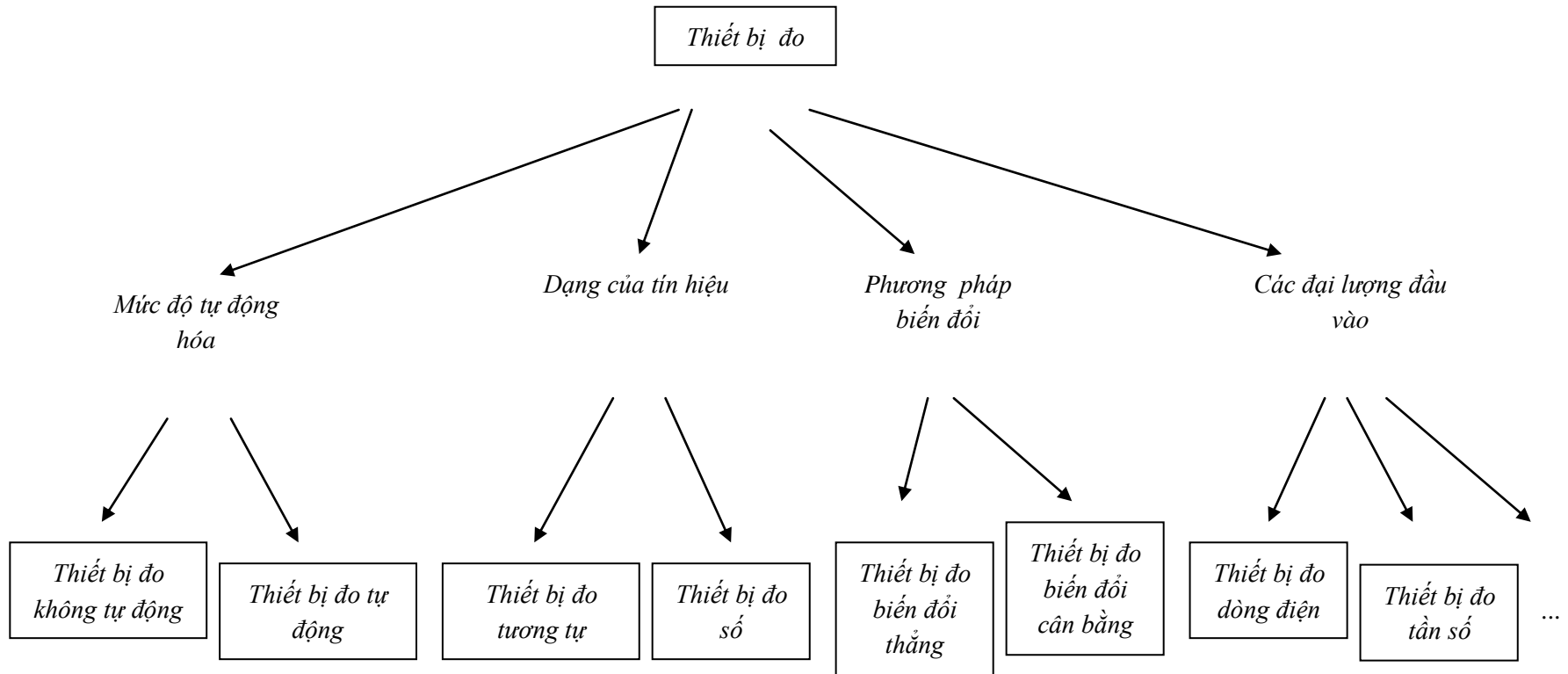
Với nhiều cách thức đo đa dạng khác nhau cho nhiều đại lượng có những đặc tính riêng biệt, một cách tổng quát chúng ta có thể phân biệt 2 dạng thiết bị đo phụ thuộc vào đặc tính.

*Ví dụ:* để đo độ dẫn điện chúng ta dùng thiết bị đo dòng điện thuần túy điện là micro ampe kế hoặc mili ampe kế. Nhưng nếu chúng ta dùng thiết bị đo có sự kết hợp mạch điện tử để đo độ dẫn điện thì lúc bấy giờ phải biến đổi dòng điện đo thành điện áp đo. Sau đó mạch đo điện tử đo dòng điện dưới dạng điện áp. Như vậy chúng ta có đặc tính khác nhau giữa *thiết bị đo điện* và *thiết bị đo điện tử*. Hoặc có những thiết bị đo chỉ thị kết quả bằng *kim chỉ thị* (thiết bị đo dạng analog), hiện nay thiết bị đo chỉ thị bằng *hiện số* (thiết bị đo dạng digital). Đây cũng là một đặc tính phân biệt của thiết bị đo.

Ngoài ra thiết bị đo lường còn mang đặc tính của một thiết bị điện tử (nếu là thiết bị đo điện tử) như: tổng trở vào cao, độ nhạy cao, hệ số khuếch đại ổn định và có độ tin cậy đảm bảo cho kết quả đo. Còn có thêm chức năng, truyền và nhận tín hiệu *đo lường từ xa* (telemetry). Đây cũng là môn học quan trọng trong lĩnh vực *đo lường điều khiển từ xa*.

Bảng phân loại tổng quan thiết bị đo như Hình 1.2:





**Hình 1.2 - Bảng phân loại tổng quan thiết bị đo**

## 1.5 ĐƠN VỊ ĐO LƯỜNG, CHUẨN, MẪU

### 1.5.1 Đơn vị đo lường

+ **Đơn vị đo:** Là một giá đơn vị tiêu chuẩn về một đại lượng đo nào đó được quốc tế quy định.

Trên thế giới người ta chế tạo ra những đơn vị tiêu chuẩn gọi là các chuẩn.

Ví dụ: Chuẩn Ôm quốc tế là điện trở của một cột thủy ngân thiết diện  $1\text{mm}^2$ , dài 106,300 cm, ở  $0^{\circ}\text{C}$  và có khối lượng là 14,4521 g.

Hệ đơn vị đơn vị đo lường phổ biến được dùng ở Việt Nam là hệ SI. Hệ SI gồm các đơn vị đo cơ bản và đơn vị đo kéo theo:

+ **Đơn vị đo 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, gồm 7 đơn vị đo là : m (đơn vị đo khoảng cách), kg (đơn vị đo khối lượng), S (đơn vị đo thời gian), A (đơn vị đo cường độ dòng điện), K (đơn vị đo nhiệt độ), mol (đơn vị đo lượng chất), Cd (Candela - đơn vị đo cường độ ánh sáng).

+ **Đơn vị kéo theo:** là đơn vị có liên quan đến các đơn vị cơ bản bởi những luật thể hiện bằng các biểu thức, ví dụ:  $[\text{Hz}] = 1/[\text{S}]$ ,  $[\text{C}] = [\text{A.S}]$ ,  $[\text{V}] = [\text{A.S/m}] \dots$

Ngoài ra hệ SI còn sử dụng các hệ số và ước số của các đơn vị:

T	G	K	h	da	D	c	m	■	n	p	f	a
$10^{12}$	$10^9$	$10^6$	$10^3$	10	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$	$10^{-12}$	$10^{-15}$	$10^{-18}$

+ **Chuẩn:** là phương tiện đo đảm bảo việc sao, giữ 1 đơn vị tiêu chuẩn.

+ Mẫu: Phương tiện đo dùng để sao lại các đại lượng vật lý với giá trị cho trước và với độ chính xác cao. Với mỗi quốc gia, mẫu có cấp chính xác cao nhất gọi là chuẩn của quốc gia đó.

### **1.5.2 Cấp chuẩn hóa**

Khi sử dụng thiết bị đo lường, chúng ta mong muốn thiết bị được kiểm chuẩn khi được xuất xưởng nghĩa là đã được chuẩn hóa với thiết bị *đo lường chuẩn* (standard Instrument). Việc chuẩn hóa 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 chuẩn hóa cấp 1 này theo định kỳ được đánh giá và kiểm tra lại 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 được.

**Cấp 2:** *Chuẩn quốc gia*. Các thiết bị đo lường tại các *Viện định chuẩn quốc gia* ở các quốc gia khác nhau trên thế giới các thiết bị này cũng đã được chuẩn hóa 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* (National standard). Những thiết bị được đo lường được định chuẩn tại các trung tâm định chuẩn này sẽ mang *chuẩn khu vực* (Zone standard).

**Cấp 4:** *Chuẩn phòng thí nghiệm*. Trong từng khu vực chuẩn hóa sẽ có những phòng thí nghiệm được công nhận để chuẩn hóa các thiết bị được dùng trong sản xuất công nghiệp. Như vậy các thiết bị được chuẩn hóa tại các phòng thí nghiệm này sẽ có *chuẩn hóa của phòng thí nghiệm*. Do đó các thiết bị đo lường khi được

sản xuất ra được chuẩn hóa ở cấp nào thì sẽ mang chất lượng tiêu chuẩn đo lường của cấp đó.

Còn các thiết bị đo lường tại các trung tâm đo lường, viện định chuẩn quốc gia, thì phải được chuẩn hóa và mang tiêu chuẩn cấp cao hơn. Thí dụ phòng thí nghiệm phải trang bị các thiết bị đo lường có tiêu chuẩn của *chuẩn vùng* hoặc *chuẩn quốc gia*. Còn các thiết bị đo lường tại viện định chuẩn quốc gia thì phải có *chuẩn quốc tế*. Ngoài ra theo định kỳ được đặt ra phải được kiểm tra và chuẩn hóa lại các thiết bị đo lường.

## **1.6 ĐẶC TÍNH CƠ BẢN CỦA THIẾT BỊ ĐO**

Có nhiều đặc tính cơ bản của thiết bị đo, cần phải xác định chúng để lựa chọn chính xác thiết bị đo. Có 2 loại đặc tính: Đặc tĩnh tính và đặc tính động.

### **1.6.1 Đặc tính tĩnh**

Các đặc tính tĩnh được xác định thông qua trình kiểm chuẩn (*Calibration Test*) thiết bị. Kiểm chuẩn là quá trình so sánh thiết bị đo với một thiết bị chuẩn (thiết bị mẫu) để nhằm mục đích kiểm tra khác độ thiết bị đo (Xác định mối quan hệ giữa thang chỉ thị của thiết bị đo và giá trị của các thiết bị mẫu, chuẩn), cũng như xác định các đặc tính của thiết bị đo.

Các đặc tính cơ bản của thiết bị đo như sau:

+ **Hàm biến đổi (*Transfer Function*):** Là tương quan hàm số giữa đại lượng đầu ra Y và các đại lượng đầu vào X của thiết bị đo, thường cho dưới dạng hàm số hoặc đồ thị:  $Y=f(X)$

+ **Độ nhạy (*Sensitivity*):** Là tỷ số giữa độ biến thiên của đầu ra Y của phương tiện đo với độ biến thiên của đại lượng đo đầu vào X tương ứng.

Ký hiệu:  $s \blacksquare \frac{dY}{dX}$

+ **Phạm vi đo (Range)**: Là phạm vi thang đo bao gồm những giá trị mà sai số của phép đo nằm trong giới hạn cho trước.

+ **Phạm vi chỉ thị (Display Range)**: là phạm vi thang đo được giới hạn bởi giá trị đầu và giá trị cuối của thang đo.

+ **Cấp chính xác (Accuracy-Level)**: được xác định bởi giá trị lớn nhất của các sai số trong thiết bị đo.

Thường được tính toán bằng giới hạn của sai số tương đối quy

đôi:

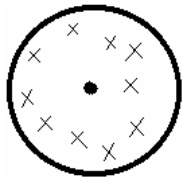
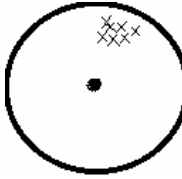
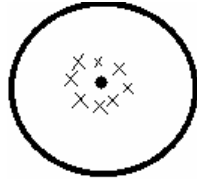
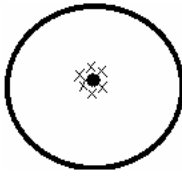
$$\frac{\left| \begin{matrix} \text{max} \\ \text{max} \end{matrix} \right|}{X_{dm}} \cdot 100$$

+ **Độ chính xác (Accuracy)**: Mức độ gần giá trị thực của đại lượng đo và giá trị đo được.

+ **Độ rõ (Precision)** : Mức độ sai khác của kết quả đo của các phép đo liên tiếp một đại lượng đo không đổi với cùng máy đó.

Bảng sau minh họa sự khác nhau giữa Độ chính xác và Độ rõ:

*Bảng 1.1 – Minh họa sự khác nhau giữa độ chính xác và độ rõ*

<b>Kết quả bắn bia</b>				
Độ chính xác	Thấp	Thấp	Cao	Cao
Độ rõ	Thấp	Cao	Thấp	Cao

+ **Độ phân giải (Resolution)**: là giá trị nhỏ nhất có thể phân biệt được sự biến đổi của đại lượng đo trên thiết bị đó. Thường gồm độ chia nhỏ nhất của thang đo hay giá trị nhỏ nhất có thể phân biệt được trên thang đo (mà có thể phân biệt được sự biến đổi trên thang đo).

+ **Độ ổn định (Stability)** : Sự biến đổi không quá nhiều của giá trị đo trong điều kiện đo khác nhau.

### 1.6.2 Đặc tính động

Một số rất ít thiết bị đo đáp ứng tức thời ngay với đại lượng đo thay đổi. Phần lớn nó *đáp ứng chậm* hoặc không theo kịp sự thay đổi của đại lượng đo. Sự chậm chạp này phụ thuộc đặc tính của thiết bị đo như tính quán tính, nhiệt dung hoặc điện dung... được thể hiện qua thời gian trễ của thiết bị đo. Do đó sự hoạt động ở trạng thái động hoặc trạng thái giao thời của thiết bị đo cũng quan trọng như trạng thái tĩnh.

Đối với đại lượng đo có 3 dạng thay đổi như sau:

- Thay đổi có dạng hàm bước theo thời gian.
- Thay đổi có dạng hàm tuyến tính theo thời gian.
- Thay đổi có dạng hàm điều hòa theo thời gian.

*Đặc tuyến động của thiết bị đo*

- Tốc độ đáp ứng.
- Độ trung thực.
- Tính trễ.
- Sai số động

#### **Đáp ứng động ở bậc Zero (bậc không)**

Một cách tổng quát tín hiệu đo và tín hiệu ra của thiết bị đo được diễn tả theo phương trình sau đây:

$$a_n \frac{d^n x_0}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} x_0}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dx_0}{dt} + a_0 x_0 = b_m \frac{d^m x_i}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} x_i}{dt^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{dx_i}{dt} + b_0 x_0$$

Trong đó:  $x_0$ : tín hiệu ra của thiết bị đo;  $x_i$ : tín hiệu đo.

$a_0 \dots a_n$ : thông số của hệ thống đo giả sử không thay đổi.

$b_0$  và  $b_n$ : thông số của hệ thống đo giả sử không thay đổi.

Khi  $a_0, b_0$  khác không (khác 0) thì các giá trị  $a, b$  khác bằng không ( $\neq 0$ ).

Phương trình vi phân còn lại:

$$a_0 x_0 + b_0 x_1 + x_0 \frac{b_0}{a_0} x_i + K \frac{b_0}{a_0} : \text{độ nhạy tĩnh}$$

Như vậy đây là trường hợp đại lượng vào và đại lượng ra không phụ thuộc vào thời gian, là điều kiện lý tưởng của trạng thái động. Thí dụ như sự thay đổi vị trí con chạy của biến trở tuyến tính theo đại lượng đo.

### Áp ứng động ở bậc 1

Khi các giá trị  $a_1, b_1, a_0, b_0$  khác không (khác 0), còn các giá trị còn lại bằng không ( $=0$ ):  $a_1 \frac{dx_0}{dt} + b_0 x_0 + b_0 x_i$

Bất kỳ thiết bị đo nào thỏa mãn cho phương trình này được gọi là *thiết bị bậc nhất*. Chia hai vế cho  $a_0$  phương trình trên ta có:

$$\frac{a_1}{a_0} \frac{dx_0}{dt} + \frac{b_0}{a_0} x_0 + \frac{b_0}{a_0} x_i \quad \text{Hoặc:} \quad \frac{dx_0}{dt} + \frac{b_0}{a_0} x_0 + K x_i$$

Với  $D = \frac{a_1}{a_0} \frac{d}{dt}$ ;  $\tau = \frac{a_0}{b_0}$ : thời hằng;  $K = \frac{b_0}{a_0}$ : độ nhạy tĩnh

Thời hằng  $\tau$  có đơn vị là thời gian. Trong khi đó độ nhạy tĩnh  $K$  đơn vị của tín hiệu ra/tín hiệu vào.

Hàm truyền hoạt động (Transfer function) của bất kỳ thiết bị đo bậc nhất:  $\frac{x_0}{x_i} = \frac{K}{D + \tau^{-1}}$

Thí dụ cụ thể của thiết bị đo bậc nhất là nhiệt kế thủy ngân.

**Áp ứng động của thiết bị bậc 2, được định nghĩa theo phương trình:**

$$a_2 \frac{d^2 x_0}{dt^2} + b_1 \frac{dx_0}{dt} + c_0 x_0 = p_0 x_i$$

Phương trình trên được rút gọn lại:  $p^2 + 2\zeta \omega_0 p + \omega_0^2 = K x_i$

$\omega_0 = \sqrt{a_0/a_2}$ : tần số không đệm tự nhiên (đơn vị: radian/thời gian).

$$\zeta: \text{tỉ số đệm}; \quad \zeta = \frac{b_1}{2\sqrt{a_0 a_2}}; \quad K = \frac{b_0}{a_0}$$

Bất kỳ thiết bị đo nào thỏa cho phương trình này gọi là thiết bị đo bậc 2. Thí dụ:

Loại cân dùng lò xo đàn hồi (lực kế), thông thường loại thiết bị đo bậc 1 chỉ hoạt động đo với đại lượng có năng lượng.

Nhiệt kế có năng lượng là nhiệt năng, trong khi đó loại thiết bị bậc 2 có sự trao đổi giữa hai dạng năng lượng. Thí dụ: năng lượng tĩnh điện và từ điện trong mạch LC, cụ thể như sự chỉ thị cơ cấu từ điện kết hợp với mạch khuếch đại.

## 1.7. ĐẶC TÍNH ĐIỆN CỦA THIẾT BỊ ĐO ĐIỆN TỬ

Ngoài những đặc tính cơ bản, thiết bị đo điện tử có những đặc tính điện riêng. Các đặc tính này ảnh hưởng rất lớn đến mức độ chính xác của kết quả đo.

### 1.7.1. Các tham số giới hạn

+ **Giới hạn về thang đo:** Mỗi thiết bị đo có khoảng đo lớn nhất về một thông số cần đo. Khoảng đo sẽ được chia thành các thang đo nhỏ thích hợp. Ví dụ, một Voltmeter có thể đo cao nhất là 300V chia thành 5 thang đo phụ: 3V, 10V, 30V, 100V và 300V. Chuyển mạch thang đo sẽ thiết lập tại các vị trí chính xác tùy thuộc vào giá trị đo yêu cầu. Giả sử phép đo điện áp là 9V thì chúng ta sẽ sử dụng thang đo 10V. Các thang đo cần phải có cho tất cả các thông số cần đo. Cần phải chọn thang đo đúng cho mỗi



thông số đo thích hợp. Nếu đo điện áp trên thang đo dòng điện, thì đồng hồ đo sẽ hư hỏng.

+ **Độ mở rộng thang đo:** Là thuật ngữ được sử dụng chỉ sự chênh lệch giữa giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất của một thang đo. Đối với giá trị đo của đồng hồ ở mức nhỏ nhất là 10mA và 100mA ở mức cao nhất, thì độ mở rộng của thang đo là  $100\text{mA} - 10\text{mA} = 90\text{mA}$ . Một đồng hồ đo điện áp có mức 0V ở giữa, với + 10V một bên và - 10V ở phía khác, sẽ có độ mở rộng thang đo là 20V.

+ **Giới hạn về công suất:** Mỗi thiết bị đo đều có khả năng xử lý công suất lớn nhất, nên công suất của tín hiệu vào không được vượt quá giới hạn công suất đo. Công suất vượt quá có thể làm hỏng đồng hồ đo hay mạch khuếch đại bên trong đồng hồ đo.

+ **Giới hạn về tần số:** Phần lớn cơ cấu động ở đồng hồ đo tương tự có vai trò như một điện cảm mắc nối tiếp và do vậy sẽ suy giảm ở dải tần số cao. Trong các thiết bị đo sử dụng các mạch chỉnh lưu và các mạch khuếch đại, các điện dung của tiếp giáp được cho là một hạn chế đối với tín hiệu đo ở dải tần số cao. Cơ cấu đo điện động có thể chỉ được sử dụng để đo tín hiệu có tần số lên đến 1000Hz (do điện cảm nối tiếp), các cơ cấu đo từ điện (có bộ chỉnh lưu) có thể sử dụng để đo tín hiệu có tần số lên đến 10000Hz, millivoltmeter xoay chiều có thể đo các tín hiệu có tần số lên đến một vài MHz. Các hạn chế tần số khác có thể gây ra do các điện dung song song. Máy hiện sóng có thể sử dụng để đo các tín hiệu có tần số ở dải Megahertz, nhưng giá thành sẽ tăng khi cần độ rộng băng tần cao hơn. Máy hiện sóng không sử dụng cuộn dây và hệ thống chỉ thị kim, do vậy ảnh hưởng bất lợi ở phần lớn các cơ cấu đo sẽ được hạn chế và loại bỏ.

+ **Giới hạn về trở kháng:** Các thiết bị đo được dùng để đo các tín hiệu AC, có trở kháng ra phụ thuộc vào mạch ra của transistor được sử dụng. Một máy phát tín hiệu tần số cao có thể có trở kháng là 75  $\Omega$  hay 50  $\Omega$  để phù hợp với trở kháng vào của hệ thống cần đo. Các thiết bị đo điện áp như voltmeter và máy hiện sóng có trở kháng vào cao. Một voltmeter tốt vừa phải có thể có trở kháng vào khoảng 20000  $\Omega$ , trong khi một máy hiện sóng và đồng hồ đo số hay đồng hồ đo điện tử có thể có trở kháng vài megohm. Thiết bị đo điện áp có trở kháng cao hơn sẽ cho độ chính xác của phép đo cao hơn, hay có ảnh hưởng quá tải ít hơn. Trở kháng của các cơ cấu đo cuộn dây động tùy thuộc vào độ nhạy của đồng hồ, còn trở kháng của máy hiện sóng kiểu ống tia phụ thuộc vào trở kháng vào của bộ khuếch đại dọc sử dụng trong máy hiện sóng.

### **1.7.2. Ảnh hưởng do quá tải**

Ảnh hưởng do quá tải có nghĩa là *sự suy giảm về trị số của thông số ở mạch cần đo khi mắc thiết bị đo vào mạch*. Thiết bị đo sẽ tiêu thụ công suất từ mạch cần đo và sẽ làm tải của mạch cần đo. Điện trở của đồng hồ đo dòng sẽ làm giảm dòng điện trong mạch cần đo. Tương tự, một voltmeter khi mắc song song với mạch có điện trở cao, thực hiện vai trò như một điện trở song song [shunt], nên sẽ làm giảm điện trở của mạch. Điều này tạo ra mức điện áp thấp trên tải đo được trên đồng hồ đo. Do đó, đồng hồ sẽ chỉ thị mức điện áp thấp hơn so với điện áp thực, nghĩa là cần phải lấy mức điện áp cao hơn để có độ lệch đúng. Như vậy, ảnh hưởng do quá tải sẽ hạn chế độ nhạy và do đó cũng được gọi là *giới hạn độ nhạy*. Những ảnh hưởng này sẽ còn được nhắc lại trong phần đo điện áp và dòng điện.

### **1.7.3. Can nhiễu ở phép đo**

So với tạp nhiễu bên trong được tạo ra bởi các gợn sóng của nguồn cung cấp, hay bằng sự di chuyển lớn một cách ngẫu nhiên về cả số lượng và vận tốc của các điện tử trong các cấu kiện chủ động và thụ động (gọi là nhiễu Johnson hay nhiễu trắng, nhiễu vạch), hoặc do các quá trình quá độ gây ra bởi sự giảm đột ngột thông lượng qua một điện cảm, các thiết bị đo có thể bị can nhiễu từ bên ngoài được giải thích như sau.

1. *Can nhiễu tần số thấp.* Khi các dây dẫn điện nguồn cung cấp chính  $ac$  chạy song song gần với các đầu dây tín hiệu đo, thì nhiễu mạnh  $ac$  (tần số 50Hz) sẽ can nhiễu vào đầu tín hiệu đo do hiệu ứng điện dung giữa các dây dẫn.

2. *Can nhiễu tần số cao.* Các tín hiệu tần số cao được tạo ra bất cứ khi nào có sự phát ra tia lửa điện ở vùng xung quanh thiết bị đo. Tia lửa điện có thể tạo ra khi chuyển mạch nguồn cung cấp, do các hệ thống đánh lửa, do các động cơ điện một chiều, do các máy hàn, do sự phóng điện hào quang (tức sự ion hoá không khí gần các mạch điện áp cao), và do hồ quang điện trong các đèn huỳnh quang. Tia chớp là các nguồn tần số cao trong tự nhiên. Phát thanh quảng bá từ các đài thu phát vô tuyến và các đài phát thanh di động công suất cao, được lắp đặt gần các thiết bị đo cũng tạo ra các tín hiệu tần số cao. Các tín hiệu cao tần đó đều có thể can nhiễu vào thiết bị đo, các tín hiệu cao tần có thể được chĩnh lưu bằng các cấu kiện bán dẫn có trong các thiết bị đo, và như vậy sẽ tác động đến các kết quả đo do điện áp không mong muốn thể hiện dưới các dạng khác nhau trong phép đo, làm cho kết quả đo sai hoàn toàn. Một số phép đo  $dc$  tiến hành ở các điểm đo trong mạch có cả điện áp  $dc$  và điện áp của các tín hiệu tần số cao. Các phép

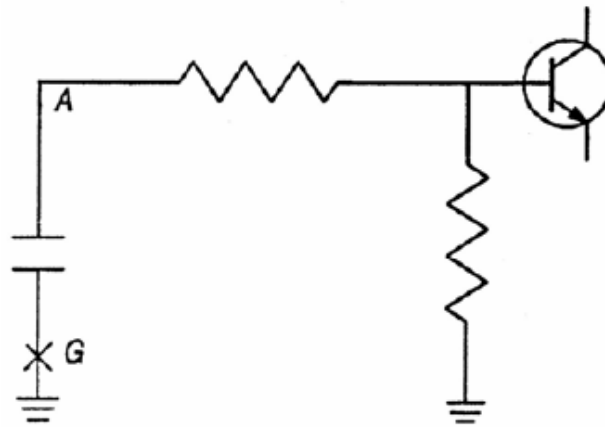
đo điện áp  $dc$  sẽ không chính xác nếu không lọc bỏ điện áp cao tần trước khi tín hiệu đo được chỉnh lưu trong thiết bị đo.

*Các cách phòng ngừa và khắc phục ở các phép đo để loại bỏ can nhiễu cao tần.*

1. Trước tiên là bao bọc có hiệu quả thiết bị đo để không bị can nhiễu ngoài trực tiếp vào thiết bị đo.

2. Thiết bị đo phải được nối đất.

3. Cần phải lọc các tín hiệu không mong muốn tại mạch vào, dây đo và dây nguồn cung cấp để các tín hiệu cao tần sẽ được lọc bỏ trước khi chỉnh lưu, phải có mạch chọn băng tần tín hiệu đo để loại bỏ nhiễu và can nhiễu tần số cao. Mạch nối đất với bộ máy cần phải đảm bảo. Mỗi hàn bị nứt hay thiếu kết nối, sẽ tạo ra một điện trở giữa đầu vào và đất đối với các tín hiệu tần số cao, nên điện áp cao tần sẽ xâm nhập tại đầu vào như minh họa ở Hình 1.3. Tụ điện trong Hình 1.3 dùng để lọc bỏ các tín hiệu cao tần, có vai trò như một ngắn mạch đối với tần số cao. Nếu tụ hở mạch, hay điểm G không kết nối với đất (do áp lực nào đó hay mối hàn bị nứt), thì tín hiệu tần số cao sẽ có tại điểm A sẽ được đưa đến đầu vào của mạch khuếch đại bằng Transistor, nên sẽ được khuếch đại và chỉnh lưu (phần phi tuyến của đặc tuyến) và sẽ có tại đầu ra dưới dạng điện áp  $dc$ . Các đài phát thanh quảng bá địa phương thỉnh thoảng nghe được trong ống nghe điện thoại do can nhiễu đó.



Hình 1.3 – Mạch bị mất nối đất đầu vào

4. Khi thực hiện phép đo *dc* tại điểm có cả điện áp *dc* cũng như điện áp cao tần, điện áp cao tần có thể gây ra mức dòng điện lớn chảy qua đầu que đo bởi vì đầu que đo gần như được ngắn mạch với bộ máy đối với tín hiệu cao tần thông qua ảnh hưởng điện dung, có thể làm nóng đầu que đo (thực tế này xảy ra khi đo các điện áp *dc* trong máy phát). Mắc nối tiếp cuộn cảm RF với đầu que đo để loại bỏ tình trạng trên. 5. Sử dụng mạch khuếch đại thuật toán ở chế độ vi sai sẽ làm giảm các tín hiệu nhiễu đồng kênh rất cơ bản, có thể loại bỏ nhiễu đồng kênh lên đến mức 100dB. (Nếu mặc dù đã có các dự phòng nhiễu cao tần trên, hư hỏng hệ thống có thể từ tầng này đến tầng khác, thì nguyên nhân có thể là vỏ bảo vệ, nối đất, mạch lọc và cuộn cảm cao tần, cần phải kiểm tra kỹ các vấn đề đó).

#### 1.7.4. Vỏ bảo vệ

Vỏ bảo vệ là lớp chặn bằng vật liệu dẫn điện được lắp ở phần có tín hiệu nhiễu. Hiệu quả của lớp bảo vệ tùy thuộc vào: (i) kiểu lớp bảo vệ, (ii) các đặc tính của vật liệu làm lớp bảo vệ và (iii) độ hở của lớp bảo vệ.

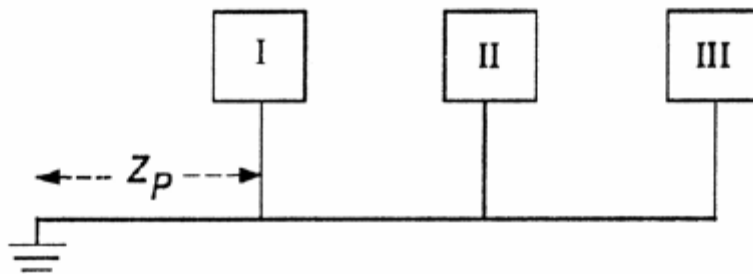
Trường nhiễu có thể là điện trường hoặc từ trường. Các lớp bảo vệ bằng từ tính sử dụng vật liệu sắt từ như sắt. Các lớp bảo vệ

tĩnh điện sử dụng vật liệu dẫn điện không nhiễm từ như nhôm. Các vật liệu dẫn điện có đặc tính điện môi kém nên sẽ hấp thụ các nhiễu do điện trường tĩnh. Ngoài việc hấp thụ, nhiễu cũng sẽ giảm do sự phản xạ của điện trường khỏi lớp bảo vệ. Độ hấp thụ nhiễu tỷ lệ với độ dày của vật liệu. Sự phản xạ sẽ xảy ra khi có gián đoạn trở kháng đặc trưng giữa lớp bảo vệ và môi trường xung quanh lớp bảo vệ.

### **1.7.5. Nối đất**

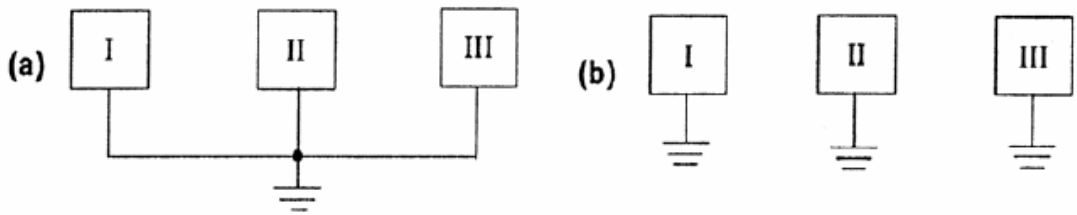
Có đường dẫn trở lại mức đất trên bảng mạch in, thường là đường mạch rộng và có điện trở rất thấp. Dây tín hiệu cần phải được đặt gần với đường nối đất để giảm ảnh hưởng điện cảm. Đường mức đất trên mạch bảng mạch sẽ được nối với đường đất hiệu dụng.

Mức đất, như mạch ở Hình 1.4, là không đúng, bởi vì điện áp được bộc lộ trên chiều dài  $Z_p$  do phần tử II sẽ được nối trở lại phần tử I. Ảnh hưởng sẽ xấu nếu phần tử I có độ nhạy cao, hoặc nếu phần tử II là thiết bị công suất lớn.



*Hình 1.4 - Nối đất sai*

Các cách nối đất như mạch ở Hình 1.5a và Hình 1.5b, là thích hợp, nhất là đối với tín hiệu có tần số trên 10MHz, nếu chú ý chọn để tránh việc hình thành các vòng đất.



Hình 1.5 - Nối đất đúng

## 1.8. SO SÁNH THIẾT BỊ ĐO TƯƠNG TỰ VÀ THIẾT BỊ ĐO SỐ.

Các thiết bị đo tương tự sử dụng độ lệch của kim chỉ thị do tương tác giữa dòng điện và từ trường, hoặc giữa hai từ trường. Đa số các bộ phận cơ cấu động đều có ma sát, nên có nhiều hạn chế (như giới hạn tần số cao, độ nhạy, sai số do quá tải) và các sai số. Trong các đồng hồ đo số, không liên quan đến sự làm lệch, số chỉ thị được đọc ở bộ hiển thị (hiển thị bằng tinh thể lỏng hay bằng LED), nên các đồng hồ đo số không có các sai số như của các đồng hồ đo tương tự. Các ưu điểm của thiết bị đo số so với các loại đồng hồ đo tương tự như sau. a) Ưu điểm của đồng hồ đo số so với đồng hồ đo tương tự.

1. Độ chính xác cao (thông dụng là 0,0005% hay 5ppm)
2. Độ rõ cao (khi số lượng đo được thể hiện bằng chữ số, nên sẽ không thay đổi giá trị của nó) (điển hình là 1ppm).
3. Độ phân giải tốt hơn (tình trạng không rõ ràng chỉ bị giới hạn nhiều nhất là một chữ số).
4. Không có sai số do thị sai.
5. Không có sai số do đọc. Không có sai số trong việc chuyển đổi số liệu đo.
6. Trở kháng vào rất cao (điển hình là 10M $\Omega$  và điện dung vào thấp là 40pF) và vì vậy sai số do quá tải không đáng kể.
7. Trở kháng vào hầu như không thay đổi trên tất cả các thang đo.

8. Sự định chuẩn từ các nguồn mẫu bên trong đồng hồ là hoàn toàn ổn định.

9. Không có sai số do dạng sóng tín hiệu.

10. Hiển thị cực tính tự động, có khả năng tự động chỉnh 0 và tự động chuyển thang đo. Các thang đo thay đổi theo các bậc thập phân thay vì thang đo, nên có số lượng thang đo ít hơn, khả năng mở rộng thang đo lớn hơn.

11. Có khả năng xử lý số đo bằng máy tính. Các số liệu đo có thể được lưu trữ và truy xuất bất kỳ lúc nào.

12. Có khả năng xử lý các tín hiệu đo ở dải tần số rộng hơn.

13. Thao tác đo đơn giản, chỉ cần ấn nút ấn để thiết lập lại tự động chính xác thiết bị đo cho các số liệu đo mới.

14. Có khả năng kết hợp nhiều thiết bị đo vào một thiết bị bằng kỹ thuật số. Có thể lập trình phép đo dễ dàng.

15. Thiết bị đo gọn và kết cấu chắc chắn hơn.

b) Các nhược điểm của đồng hồ đo số.

1. Cần phải có nguồn cung cấp do sử dụng các vi mạch (IC).

2. Các đại lượng thay đổi chậm, như khi nạp tụ không thể quan sát được. Các đồng hồ tương tự có thể quan sát các biến thiên như khi đo thử tụ điện phân.

3. Khi đo thử diode không thể thực hiện như cách thông thường, nên có bổ sung mạch chuyên dụng dành riêng cho mục đích đo thử diode ở một số đồng hồ đo số (tức chức năng đo mức sụt áp trên tiếp giáp  $pn$ ).

4. Giá thành cao, nhưng giá thành sẽ giảm xuống theo sự phát triển của công nghệ chế tạo các IC mới. Vẫn còn nhiều tranh luận giữa các lợi thế của thiết bị đo tương tự so với các hiển thị số. Tuy nhiên, các ưu điểm của thiết bị đo số có phần được chú trọng hơn



các loại thiết bị đo tương tự, nên thiết bị đo số ngày càng trở nên thông dụng hơn, nhất là khi giá thành của thiết bị đo số giảm xuống. Trong các hệ thống đo rất phức tạp, cơ cấu đo tương tự chỉ thị kim có thể thể hiện bằng hình vẽ trên máy tính ngoài hiển thị số.

## **1.9. CHỌN KHOẢNG ĐO TỰ ĐỘNG VÀ ĐO TỰ ĐỘNG**

Khoảng đo tự động sẽ định vị dấu chấm thập phân một cách tự động để nhận được độ phân giải tối ưu. Nếu số chỉ thị dưới 200, thiết bị đo số 3 ½ - chữ số sẽ tự động được chuyển mạch đến thang đo có độ nhạy cao hơn, còn nếu giá trị hiển thị cao hơn 1999, thì thang đo có độ nhạy ít hơn tiếp theo sẽ được chọn. Bộ đếm và bộ giải mã sẽ thay đổi vị trí dấu chấm thập phân khi yêu cầu khoảng đo tự động. Một đồng hồ đo tự động hoàn toàn chỉ cần tín hiệu cần đo có tại hai đầu vào của đồng hồ đo và điều chỉnh để đo thông số nào, còn sau đó toàn bộ các tiến trình đo (chính 0, chỉ thị cực tính, thang đo, hiển thị) sẽ được tiến hành tự động. Đối với các thiết bị đo hiện đại, xu hướng là kết hợp nhiều thiết bị đo vào một thiết bị. Ví dụ, Hệ thống giám sát thông tin có các thiết bị đo như sau:

- |                            |                          |
|----------------------------|--------------------------|
| 1. Máy tạo tín hiệu RF     | 6. Đồng hồ đo độ nhạy    |
| 2. Máy tạo tín hiệu AF     | 7. Đồng hồ đo hệ số méo  |
| 3. Đồng hồ đo công suất RF | dạng                     |
| 4. Voltmeter số            | 8. Bộ đếm tần số         |
| 5. Đồng hồ đo công suất AF | 9. Máy phân tích phổ     |
|                            | 10. Máy hiển sóng nhớ số |

Bất kỳ thiết bị đo nào trong số các thiết bị đo trên có thể hình thành hoạt động theo lập trình. Chế độ làm việc đã được chọn, thiết bị đo sẽ được chọn, loại phép đo yêu cầu đã được lập trình theo lệnh, nên tín hiệu ra sẽ được hiển thị hay được in ra, toàn bộ

được điều khiển bằng bàn phím. Phép đo theo chương trình trên máy tính cũng được gọi là đo tự động.

### **1.10. ĐO TRONG MẠCH (ICT)**

Việc đo thử trong mạch có thể đo thử IC mức độ nhỏ hay trung bình mà không cần tháo IC ra khỏi mạch. Điểm mấu chốt của ICT là giao diện BON. Các đầu kẹp là các đầu que đo ở bộ giao tiếp sẽ được bật để gắn được tải, nối chắc chắn đến điểm cần đo thử. Chương trình đo thử tự động sẽ cung cấp dữ liệu vào để đo thử linh kiện. Ví dụ, để đo thử một IC, bộ đo thử trong mạch sẽ truy xuất bảng trạng thái cho IC từ RAM của thiết bị đo thử tự động (ATE), và sẽ so sánh với dữ liệu ra của IC cần đo thử với bảng trạng thái chính xác.

### **1.11. KỸ THUẬT SỬ DỤNG THIẾT BỊ ĐO ĐIỆN TỬ**

Phép đo cần phải được thực hiện một cách cẩn thận và sự thể hiện các số liệu đo phải phù hợp sau khi đã có tính toán đến các giới hạn về độ nhảy, độ chính xác và khả năng của thiết bị đo.

Đôi khi số đo có thể đúng nhưng nếu thể hiện kết quả sai, người ta có thể hiểu mạch đang tốt là có sai hỏng và ngược lại. Hơn nữa, việc sử dụng thiết bị đo sai có thể tạo ra các nguy hiểm cho sự an toàn của người đo và thiết bị đo. Các kỹ thuật đo sau đây cần phải tuân theo khi đo thử hay thực hiện các phép đo trong việc chẩn đoán hư hỏng, sửa chữa và bảo dưỡng các thiết bị điện tử.

1. Nối thiết bị đến nguồn điện lưới, tốt hơn hết là thông qua đầu nối ba chân, và thực hiện bật nguồn cho hệ thống theo trình tự sau: Các điểm quan trọng được chuyển mạch ON đầu tiên, tiếp theo là đóng [ON] nguồn cung cấp, sau đó đóng [ON] thiết bị đo, và cuối cùng đóng nguồn cung cấp cho mạch cần đo thử. Khi tắt (chuyển mạch sang OFF), thì trình tự là ngược lại, thì trình tự phải được thực hiện ngược lại: trước tiên tắt nguồn cung cấp cho mạch

cần đo, tiếp theo là tắt thiết bị đo, sau đó tắt nguồn cung cấp và cuối cùng là ngắt điện lưới. Điều này sẽ bảo vệ thiết bị đo và thiết bị cần đo khỏi các xung quá độ. Không hàn hay tháo mối hàn linh kiện khi nguồn cung cấp đang bật.

2. Bất kỳ lúc nào cũng phải tắt thiết bị đo còn nếu thiết bị đo được chuyển mạch sang đóng [on] ngay sau đó thì cần phải có khoảng thời gian đáng kể để cho phép các tụ trong thiết bị xả.

3. Các thiết bị đo thử cần phải được nối đất một cách hiệu quả để giảm thiểu các biến thiên của nhiễu.

4. Chọn thang đo phù hợp theo tham số cần đo, tùy theo giá trị đo yêu cầu. Nếu không biết giá trị đo yêu cầu, thì hãy chọn thang đo cao nhất và sau đó giảm dần thang đo cho phù hợp, để tránh cho thiết bị đo bị quá tải và bị hư hỏng. Thang đo được chọn cuối cùng sẽ cho kết quả đo gần với độ lệch lớn nhất có thể có đối với phép đo điện áp và dòng điện, và gần mức trung bình đối với phép đo điện trở, để có độ chính xác tối ưu đối với hệ thống đo.

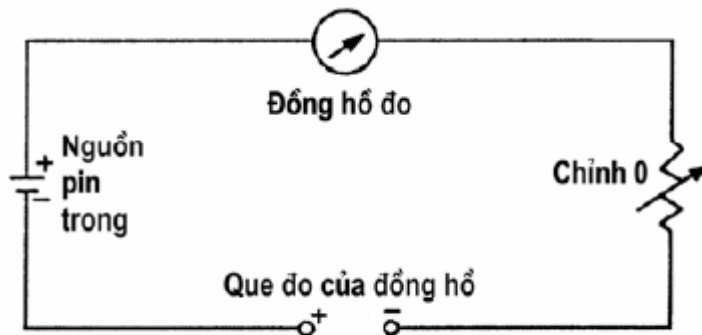
5. Khi giá trị đo bằng 0, thì đồng hồ đo cần phải chỉ thị bằng 0, nếu không thì cần phải được chỉnh 0 phù hợp.

6. Không sử dụng các đầu đo có kích thước lớn vì chúng có thể gây ngắn mạch. Các đầu que đo cần phải nhọn nhất nếu có thể được.

7. Điểm quan trọng là kết nối phép đo tại các điểm đo thử: các hãng chế tạo thiết bị thường quy định các điểm đo thử tại các vị trí thuận tiện trên bảng mạch in. Điện trở, mức điện áp  $dc$ , mức điện áp tín hiệu và các dạng sóng của tín hiệu sẽ được quy định cho mỗi điểm đo thử. (điểm đo thử thường là chốt lắp đứng trên bảng mạch in). Các điểm đo thử có các mạch đệm tốt nhất để tránh nguy hiểm quá tải cho mạch cần đo. Các điểm đo thử được thiết kế bởi các

nhà chuyên môn có kinh nghiệm, khi cần khảo sát thiết bị, không được bỏ qua các điểm đo thử trong quá trình sửa chữa.

8. Thông thường các đầu que đo mang dấu dương và âm đối với các phép đo điện áp và dòng điện trong mạch. Nguồn pin bên trong đồng hồ đo sẽ có cực tính ngược lại, tức là đầu que đo âm của nguồn pin trong đồng hồ đo sẽ được nối đầu que được đánh dấu dương (que đo màu đen) và ngược lại, như thể hiện ở Hình 1.6. Thực tế này cần phải nhớ khi đo thử các diode, các tụ điện phân, các transistor và các vi mạch.



*Hình 1.6 - Cực tính của nguồn pin và cực tính ghi trên que đo đồng hồ*

9. Nếu các điểm đo thử là không cho trước, hoặc nếu các phép đo là được thực hiện tại các điểm khác nhau, thì cần phải chú ý các điểm như sau: a) Khi đo các điện áp *dc*, phép đo cần phải được thực hiện ngay tại các linh kiện thực tế, và đối với vi mạch đo trực tiếp trên các chân. b) Sử dụng đầu kẹp đo thử IC để thực hiện các phép đo trên các chân của IC. c) Khi cần đo tín hiệu trên mạch in trong bảng mạch, nên kẹp đầu đo trên chân của cấu kiện điện tử được nối với đường mạch in. d) Khi thực hiện các phép đo trên bảng mạch, cần phải đảm bảo rằng các IC không bị điện tích tĩnh do thiết bị đo. e) Khi kiểm tra hở mạch, hãy tháo một đầu của cấu kiện điện tử rồi thực hiện phép đo. Nếu cấu kiện không được tháo một đầu, thì các cấu kiện khác mắc song song với cấu kiện nghi ngờ sẽ chỉ thị không đáng tin cậy. Có thể kiểm tra cấu kiện nghi

ngờ bằng cầu đo. . . Khi tháo mối hàn ra khỏi bảng mạch in là khó khăn thì có thể cắt đường mạch in liên quan, do dễ dàng hàn lại vết cắt hơn so với việc tháo mối hàn cấu kiện để đo rồi hàn lại, nhưng khi hàn lại vết cắt, cần đề phòng mối hàn bị nứt không xảy ra.

f) Việc tháo và hàn IC là một quá trình khá phức tạp cần phải hết sức cẩn thận. Cần phải tháo mối hàn cho IC để đo thử chỉ khi xác minh chắc chắn các phép đo trên bảng mạch cho thấy IC đã thực sự hỏng.

10. Cần phải tuân theo các lưu ý về an toàn để đảm bảo an toàn cho người đo và thiết bị đo. 11. Cần phải tuân theo các chỉ dẫn từ hướng dẫn sử dụng thiết bị đo thử, cũng như trình tự đo thử. 12. Cần phải nghiên cứu kỹ cách vận hành thiết bị đo để thực hiện phép đo và cần phải tuân theo tất cả các điểm lưu ý đã được đề cập.

## **CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP**

1. Thế nào là phương pháp đo trực tiếp (khái niệm, biểu thức, ví dụ)?
2. Thế nào là phương pháp đo gián tiếp (khái niệm, biểu thức, ví dụ)?
3. Thế nào là phương pháp đo tương quan (khái niệm, đặc điểm, ví dụ)?
4. Nêu một số phương pháp đo khác?
5. Định nghĩa thiết bị đo?
6. Nêu tên các thiết bị đo đơn giản?
7. Nêu tên các thiết bị đo phức tạp?
8. Nêu định nghĩa mẫu và chuẩn? Chúng thuộc thiết bị đo đơn giản hay phức tạp?

9. Nêu định nghĩa thiết bị chuyển đổi đo lường? Nó thuộc thiết bị đo đơn giản hay phức tạp?
10. Nêu định nghĩa thiết bị so sánh? Nó thuộc thiết bị đo đơn giản hay phức tạp?
11. Nêu định nghĩa dụng cụ đo? Nó thuộc thiết bị đo đơn giản hay phức tạp?
12. Nêu tên ít nhất 3 đặc tính cơ bản của thiết bị đo?
13. Nêu định nghĩa độ nhạy của thiết bị đo, biểu thức độ nhạy?
14. Nêu định nghĩa hàm biến đổi của thiết bị đo?
15. Nêu định nghĩa phạm vi đo của thiết bị đo?
16. Nêu định nghĩa phạm vi chỉ thị của thiết bị đo?
17. Nêu định nghĩa độ phân giải của thiết bị đo?

## CHƯƠNG 2 – ĐÁNH GIÁ SAI SỐ ĐO LƯỜNG

### 2.1. KHÁI NIỆM VỀ SAI SỐ

Đo lường là sự so sánh đại lượng chưa biết (đại lượng đo) với đại lượng được chuẩn hóa (đại lượng mẫu hoặc đại lượng chuẩn). Quá trình so sánh như vậy bao giờ cũng có sai lệch. Trong thực tế khó xác định trị số thực các đại lượng đo. Vì vậy trị số được đo cho bởi thiết bị đo được gọi là trị số tin cậy được (expected value). Bất kỳ đại lượng nào cũng bị ảnh hưởng nhiều thông số. Do đó kết quả đo ít khi phản ánh đúng trị số tin cậy được. Cho nên có nhiều hệ số (factor) ảnh hưởng trong đo lường liên quan đến thiết bị đo. Ngoài ra có những hệ số khác liên quan đến con người sử dụng thiết bị đo. Như vậy độ chính xác của thiết bị đo được diễn tả dưới hình thức sai số

*Khái niệm sai số:* là độ chênh lệch giữa kết quả đo và giá trị thực của đại lượng đo. Nó phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: thiết bị đo, phương thức đo, người đo... Sai số cũng có ý nghĩa quan trọng không kém gì kết quả đo, cho phép đánh giá được độ tin cậy của kết quả đo.

### 2.2. NGUYÊN NHÂN GÂY SAI SỐ

Các nguyên nhân gây sai số gồm:

- **Nguyên nhân khách quan:** do dụng cụ đo không hoàn hảo, hay là có một phần khuyết điểm hoặc hư hỏng, đại lượng đo bị can nhiễu nên không hoàn toàn được ổn định, điều kiện môi trường không tiêu chuẩn tác động lên thiết bị, lên đối tượng đo hay người đo ...

- **Nguyên nhân chủ quan:** là sai lầm của người đo, như đọc kết quả đo sai, do thiếu thành thạo trong thao tác, phương pháp tiến hành đo không hợp lý,...

\* *Các nguồn sai số:* Thiết bị đo không đo được trị số chính xác vì những lý do sau:

- Không nắm vững những thông số đo và điều kiện thiết kế.
- Thiết kế nhiều khuyết điểm.
- Thiết bị đo không ổn định sự hoạt động.
- Bảo trì thiết bị đo kém.
- Do người vận hành thiết bị đo không đúng.
- Do những giới hạn của thiết kế.

## **2.3. PHÂN LOẠI SAI SỐ**

Có nhiều cách phân loại sai số khác nhau: phân loại theo nguồn gốc, nguyên nhân...

### **2.3.1. Phân loại sai số theo nguồn gốc gây ra sai số**

+ **Sai số thô:** Các sai số thô có thể quy cho giới hạn của các thiết bị đo hoặc là các sai số do người đo:

■ **Sai lầm (*Gross error*):** một cách tổng quát sai số này do lỗi lầm của người sử dụng thiết bị đo như việc đọc sai kết quả, hoặc ghi sai, hoặc sử dụng sai không đúng theo qui trình hoạt động...

■ **Sai số giới hạn của thiết bị đo.** Ví dụ như ảnh hưởng quá tải gây ra bởi một voltmeter có độ nhạy kém. Voltmeter như vậy sẽ rẽ dòng đáng kể từ mạch cần đo và vì vậy sẽ tự làm giảm mức điện áp chính xác...



+ **Sai số hệ thống (Systematic error):** Sai số do những yếu tố thường xuyên hay các yếu tố có quy luật tác động, nó làm cho sai số của lần đo nào cũng giống nhau hoặc thay đổi theo quy luật, Nguyên nhân thường do tính không hoàn hảo của thiết bị, do điều kiện môi trường tác động...

*Sai số do thiết bị đo:* Các phần tử của thiết bị đo có sai số do công nghệ chế tạo, sự lão hóa do sử dụng... Để làm giảm sai số này bằng cách bảo trì định kỳ cho thiết bị đo.

*Sai số do ảnh hưởng điều kiện môi trường:* cụ thể như nhiệt độ tăng cao, áp suất tăng, độ ẩm tăng, cường độ điện trường hoặc từ trường ngoài tăng đều ảnh hưởng đến sai số của thiết bị đo lường. Giảm sai số này bằng cách giữ sao cho điều kiện môi trường ít thay đổi hoặc bổ chính (compensation) đối với nhiệt độ và độ ẩm. Và dùng biện pháp bảo vệ chống ảnh hưởng tĩnh điện và từ trường nhiễu. Sai số hệ thống đều có ảnh hưởng khác nhau. Ở trạng thái tĩnh và trạng thái động:

*Ở trạng thái tĩnh* sai số hệ thống phụ thuộc vào giới hạn của thiết bị đo hoặc do qui luật vật lý chi phối sự hoạt động của nó.

*Ở trạng thái động* sai số hệ thống do sự không đáp ứng theo tốc độ thay đổi nhanh theo đại lượng đo.

Đối với sai số hệ thống: xử lý bằng cách cộng đại số giá trị của sai số hệ thống vào kết quả đo, hoặc hiệu chỉnh lại máy móc, thiết bị đo với máy mẫu

+ **Sai số ngẫu nhiên (Random error):** Là sai số do các yếu tố bất thường không tuân theo quy luật tác động nào. Tuy đã thực hiện đo trong cùng điều kiện và tính cẩn thận như nhau nhưng do nhiều yếu tố bất thường mà sinh ra các kết quả đo khác nhau khi thực hiện phép đo nhiều lần cùng một đại lượng đo. Sự nảy sinh

sai số ngẫu nhiên do nhiều nguyên nhân khách quan tác động lên đối tượng đo, thiết bị đo, người đo ...

*Ví dụ:* giả sử điện áp được đo bởi một vôn kế được đọc cách khoảng 1 phút. Mặc dù vôn kế hoạt động trong điều kiện môi trường không thay đổi và được chuẩn hóa trước khi đo và đại lượng điện áp đó xem như không thay đổi. Khi đó trị số đọc của vôn kế có thay đổi chút ít. Sự thay đổi này không được hiệu chỉnh bởi bất kỳ phương pháp định chuẩn nào khác, vì do sai số ngẫu nhiên gây ra.

+**Sai số giới hạn (Limiting Error)** là sai số tương đối khi kết quả đo ở vị trí lệch toàn thang:

$$\left[ \frac{X_{\max}}{X_{\max}} \cdot 100 \right] \%, \quad X_{\max}: \text{ giá trị toàn thang.}$$

Khi kết quả đo ở vị trí thang đo nhỏ hơn vị trí lệch toàn thang thì sai số tương đối tăng lên. Như vậy một yếu tố quan trọng khi đo lường là kết quả đo càng gần vị trí toàn thang càng tốt.

*Ví dụ:* Dùng vôn mét thang đo 300V, cấp chính xác 2%, tính sai số tương đối khi đo điện áp 120V?

### **2.3.2. Phân loại theo sự phụ thuộc của sai số vào đại lượng đo**

- Sai số điểm 0 (sai số cộng) là sai số không phụ thuộc vào giá trị đại lượng đo.

- Sai số độ nhạy (sai số nhân) là sai số phụ thuộc vào giá trị đại lượng đo

### **2.3.3. Phân loại theo vị trí sinh ra sai số**

- Sai số phương pháp là sai số do phương pháp đo không hoàn hảo

- Sai số phương tiện đo là sai số do phương tiện đo không hoàn hảo. Gồm: sai số hệ thống, sai số ngẫu nhiên, sai số điểm 0, sai số độ nhạy, sai số cơ bản, sai số phụ, sai số động, sai số tĩnh.

- Sai số cơ bản của phương tiện đo là sai số của phương tiện đo khi sử dụng trong điều kiện tiêu chuẩn

- Sai số phụ của phương tiện đo là sai số sinh ra khi sử dụng phương tiện đo ở điều kiện không tiêu chuẩn

- Sai số tĩnh là sai số của phương tiện đo khi đại lượng đo không biến đổi theo thời gian

- Sai số động là sai số của phương tiện đo khi đại lượng đo biến đổi theo thời gian

## **2.4. BIỂU THỨC BIỂU DIỄN SAI SỐ**

- **Sai số tuyệt đối:** là hiệu giữa kết quả đo được với giá trị thực của đại lượng đo

$$K_{do} = K_t - K_d$$

- **Sai số tương đối chân thực:** là giá trị tuyệt đối của tỉ số giữa sai số tuyệt đối và

giá trị thực của đại lượng đo

$$\frac{K_{do}}{X_t} \cdot 100 \quad [\%]$$

- **Sai số tương đối danh định:**

$$\frac{K_{do}}{X_d} \cdot 100 \quad [\%]$$

- **Sai số tương đối qui đổi:** là giá trị tuyệt đối của tỷ số giữa sai số tuyệt đối và giá trị định mức của thang đo.

$$\frac{K_{do}}{X_{dm}} \cdot 100 \quad [\%]$$

Trong đó:  $X_{dm} = X_{max} - X_{min}$  : giá trị định mức của thang đo.

Nếu giá trị thang đo: 0  $X_{dm}$  thì  $X_{dm} = X_{max}$  (giá trị toàn thang - full-scale)

+ **Độ chính xác (Accurate)** : Mức độ gần giá trị thực của đại lượng đo và giá trị đo được:

$$A = \left| \frac{X_t - X_{do}}{X_t} \right| \cdot 100 [\%]$$

+ **Độ chính tương đối**:  $a = \frac{1}{100} \left| \frac{X_t - X_{do}}{X_t} \right| \cdot 100 [\%]$

**Ví dụ:** điện áp 2 đầu điện trở có trị số *tin cậy* được là 50V. Dùng vôn kế đo được 49 V.

Như vậy sai số tuyệt đối:  $1V$

Sai số tương đối:  $\frac{1V}{50V} = 2\%$

Độ chính xác:  $A = 2,02\%$ ;  $a = 0,8\%$

+ **Độ rõ (Precision)**: Đánh giá mức độ giống nhau của mỗi kết quả đo với nhiều kết quả đo khác của một đại lượng đo duy nhất với cùng máy đo và điều kiện đo:

$$P_i = \left| \frac{X_i - \bar{X}_n}{\bar{X}_n} \right|$$

$\bar{X}_n$  : trị số trung bình của n lần đo,  $X_i$  - kết quả của lần đo thứ i.

**Ví dụ:**  $X_5 = 97$  – Kết quả đo của lần đo thứ 5

$\bar{X}_n = 101,1$  - trị số trung bình của 10 lần đo

Tính chính xác của kết quả đo  $X_i$  là :  $1 - \frac{97 - 101,1}{101,1} = 0,96 = 96\%$

## 2.5. PHÂN TÍCH THÔNG KÊ ĐO LƯỜNG

Ứng dụng các hàm phân bố ngẫu nhiên để đánh giá sai số ngẫu nhiên.

Thông thường sai số ngẫu nhiên do một số lớn những tác động nhỏ ảnh hưởng, và thường được tính toán trong đo lường có độ chính xác cao. Đối với sai số ngẫu nhiên thì không xử lý được, chỉ có thể định lượng được giá trị sai số ngẫu nhiên bằng lý thuyết xác suất và thống kê.

Với sai số của mỗi lần đo riêng biệt, sau khi đã loại bỏ sai số hệ thống thì nó hoàn toàn có tính chất của một sự kiện ngẫu nhiên. Kết quả của lần đo này không phụ thuộc gì với kết quả đo của các lần khác, và **suất** hiện hoàn toàn ngẫu nhiên. Tuy nhiên muốn áp dụng xác suất thống kê để nghiên cứu đánh giá, tính toán các sai số ngẫu nhiên, thì cần thực hiện các điều kiện sau:

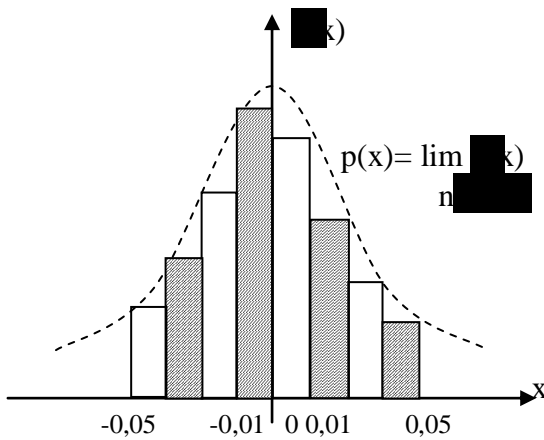
- Tất cả các lần đo để phải tiến hành với các độ chính xác như nhau: Nghĩa là không những cùng đo ở một máy, trong cùng điều kiện, mà với cả sự thận trọng, chu đáo như nhau. Sai số hệ thống phải nhỏ hơn so với sai số ngẫu nhiên.

- Phải đo nhiều lần, phép tính xác suất chỉ đúng khi có một số nhiều các sự kiện.

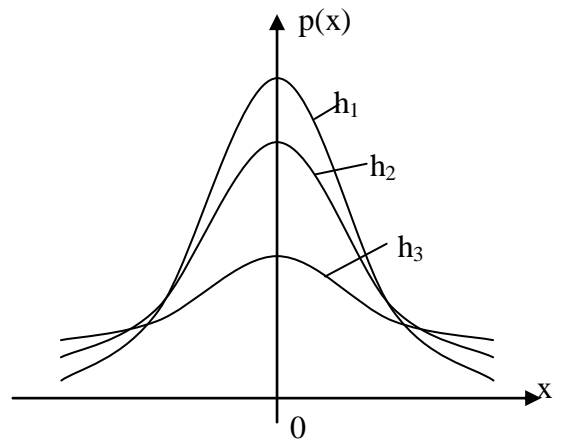
### 2.5.1. Hàm phân bố chuẩn sai số

Để đánh giá sai số ngẫu nhiên ta cần biến sự kiện suất hiện sai số này thành một sự kiện ngẫu nhiên tuân theo một số hàm phân bố xác suất nào đó.

Giả sử đo đại lượng  $X$  không đổi nhiều lần độc lập với điều kiện đo giống nhau. Với số lần đo là  $n$  thu được  $n$  kết quả hoàn toàn ngẫu nhiên  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ , và sai số tuyệt đối tương ứng  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  ( $x_i = a_i - X$  ( $i=1 \dots n$ )).



Hình 2.1 - Biểu đồ tần suất xuất hiện sai số.



Hình 2.2 - Hàm phân bố tiêu chuẩn sai số.

Sắp xếp các sai số theo giá trị độ lớn thành từng nhóm riêng biệt. Giả sử có  $n_1$  sai số có trị số từ  $0 \div 0,01$ ;  $n_2$  sai số có trị số từ  $0,01 \div 0,02$ ; ... Tần suất xuất hiện mỗi nhóm sai số này tương ứng là  $\frac{n_1}{n}$ ,  $\frac{n_2}{n}$  ... Như vậy ta vẽ được biểu đồ phân bố tần suất xuất hiện số theo độ lớn sai số là  $\frac{k}{n}$  như Hình 2.1. Nếu tiến hành rất nhiều lần đo hay số lần đo  $n$  thì giản đồ  $\frac{k}{n}$  tiến tới đường cong trung bình  $p(x)$  như hình vẽ. Hàm số  $p(x)$  là hàm phân bố tiêu chuẩn sai số vì nó biểu thị theo quy luật phân bố tiêu chuẩn và nó có dạng hàm Gauss. Trong phần lớn các trường hợp sai số đo lường điện tử thì thực tế đều thích hợp với quy luật này. Biểu thức của  $p(x)$  như sau:

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{h}} e^{-\frac{x^2}{h}}$$

Trong đó  $h$  là *tham số phẩm chất* (thông số đo chính xác), Hình 2.2 biểu diễn một số dạng đường cong  $p(x)$  với các tham số  $h$  khác nhau,  $h$  càng lớn thì đường cong càng hẹp và nhọn, có nghĩa là xác suất các sai số có trị số bé lớn hơn. Thiết bị nào ứng với đường cong có  $h$  lớn thì có độ chính xác cao hơn.

### 2.5.2. Hệ quả của hàm phân bố chuẩn sai số

Từ hàm phân bố sai số rút ra các kết luận như sau:

- Xác suất xuất hiện các sai số không phụ thuộc vào dấu:

$$p(x_i) = p(-x_i).$$

- Sai số có trị số càng bé thì xác suất xuất hiện càng lớn: nếu  $|x_1| < |x_2|$  thì  $p(x_1) > p(x_2)$ .

- Giá trị trung bình của tất cả các sai số ngẫu nhiên khi  $n \rightarrow \infty$  bằng 0.

+ **Biểu thức vi phân của hàm phân bố sai số:**

Số lượng các sai số có giá trị nằm trong khoảng  $dx$  giữa  $x$  và  $x+dx$  là  $dn = p(x) \cdot n \cdot dx$ . Vậy xác suất xuất hiện các sai số có giá trị nằm trong khoảng  $x$  và  $x+dx$  là:

$$dp = \frac{dn}{n} = p(x) dx = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-2x^2} dx - \text{Biểu thức vi phân hàm phân bố sai số.}$$

+ **Biểu thức tích phân của hàm phân bố sai số**

- Xác suất xuất hiện sai số trong khoảng  $x_1$  và  $x_2$  được tính như sau:

$$P(x_1 < x < x_2) = \int_{x_1}^{x_2} dp = \int_{x_1}^{x_2} \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-2x^2} dx$$

- Xác suất xuất hiện các sai số không vượt quá trị số  $x_i > 0$  nào đó là:

$$P(|x| < x_i) = \int_{-x_i}^{x_i} dp = \int_{-x_i}^{x_i} \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-2x^2} dx = 2 \int_0^{x_i} \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-2x^2} dx$$

$$P(|x| < x_i) = \frac{2h}{\sqrt{\pi}} \int_0^{x_i} e^{-2x^2} dx$$

(Biểu thức này được sử dụng để đánh giá độ tin cậy của kết quả đo)

- Xác suất xuất hiện sai số trong khoảng  $[-x_i, x_i]$  bằng 1 do đó ta có:

$$P(|x| < x_i) = \int_{-x_i}^{x_i} f(x) dx$$

- Như vậy  $P(|x| > x_i) = 1 - P(|x| < x_i)$ .

### 2.5.3. Chuẩn hóa hàm phân bố sai số

Như ta đã biết xác suất xuất hiện các sai số có giá trị không vượt qua trị số  $x_i > 0$  nào đó là:  $P(|x| < x_i) = \int_{-x_i}^{x_i} \frac{2h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2} dx$  - biểu thức dưới dấu tích phân không có nguyên hàm, và hàm tích phân phụ thuộc vào 2 tham số  $h$  và  $x_i$ , để thuận tiện cho tính toán ta loại bỏ bớt tham số  $h$  bằng cách thực hiện chuẩn hóa hàm phân bố như sau:

Thay  $x = \frac{t}{h\sqrt{2}}$  vào biểu thức tích phân ta được:

$$P(|x| < x_i) = P(|t| < t_i) = \int_{-t_i}^{t_i} \frac{2h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 \left(\frac{t}{h\sqrt{2}}\right)^2} \frac{1}{h\sqrt{2}} dt = \int_{-t_i}^{t_i} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} e^{-t^2/2} dt$$

(trong đó  $t_i = x_i h\sqrt{2}$  - được gọi là hệ số phân bố)

Đặt  $f(t) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} e^{-t^2/2}$  - Hàm mật độ Laplace.

**Ý nghĩa:** Như vậy nếu biết được sự phân bố sai số, ta có thể tính được xác suất xuất hiện những lần đo có sai số mà trị số của nó lớn hơn hay bé hơn một giá trị sai số nào đó cho trước. Điều này có ý nghĩa thực tế là ở kết quả đo ta cần lấy giới hạn của trị số sai số phải bằng bao nhiêu thì đảm bảo chính xác với độ tin cậy nào đó.

**Bảng 2.1** – Bảng giá trị của hàm Laplace



*Chương 2 – Đánh giá sai số đo lường*

$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t
0,50	0,675	0,992	2,652
0,60	0,842	0,993	2,697
0,70	1,036	0,994	2,748
0,75	1,150	0,995	2,807
0,80	1,282	0,996	2,878
0,85	1,440	0,997	2,968
0,90	1,645	0,998	3,090
0,95	1,960	0,999	3,291
0,96	2,054	0,9995	3,481
0,97	2,170	0,9999	3,801
0,98	2,326	0,99999	4,417
0,99	2,576	0,999999	4,892
0,991	2,612	0,9999999	5,327

### 2.5.4. Các đặc số phân bố ứng dụng trong đo lường

#### a. Sai số trung bình bình phương

Giả sử đo nhiều lần một đại lượng X, kết quả nhận được ở n lần đo tương ứng là  $a_1, a_2, \dots, a_n$  và các sai số tương ứng là  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

Xác suất xuất hiện sai số tại giá trị  $x_i$  và lân cận của nó là:

$$dp_i = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-2x_i^2} dx_i$$

Xác suất xuất hiện của cả n lần đo đó coi như là xác suất của một sự kiện phức hợp, theo lý thuyết xác suất tính bằng tích số của các xác suất của các sự kiện độc lập riêng rẽ:

$$P_{ph} = dp_1 dp_2 \dots dp_n = \left( \frac{h}{\sqrt{\pi}} \right)^n e^{-2(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2)} dx_1 dx_2 \dots dx_n$$

Tìm điều kiện cực trị của hàm  $P_{ph}$ , (coi h là tham số biến số).

$$\frac{dP_{ph}}{dh} = P_{ph} \left( \frac{1}{h} - \frac{2}{h^2} \sum_{i=1}^n x_i^2 \right)$$

Do đó  $\frac{1}{h\sqrt{2}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}}$  - Gọi là sai số trung bình bình phương.

Hàm phân bố tiêu chuẩn các sai số trở thành

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2}$$

Ta có  $x = \frac{t}{h\sqrt{2}}$ , vậy sai số tuyệt đối có thể viết là  $x_i = t_i$  và

kết quả đo có thể viết là  $X = a_i + t_i$

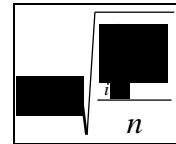
Nếu chọn  $x_i = 1$  hay  $t_i = 1$  thì độ tin cậy của kết quả đo là:

$$P(|x| \leq 1) = \int_{-1}^1 \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2} dt = 0,683$$
 - độ tin cậy chưa cao.

Nếu chọn  $x_i = 3$  hay  $t_i = 3$  thì độ tin cậy của kết quả đo là:

$$P(|x_i - \bar{x}| \leq 3\sigma) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i - \bar{x})^2}{2\sigma^2}} dt \approx 0,997 - \text{độ tin cậy cao.}$$

Có nghĩa là trong số 1000 lần đo một đại lượng nào đó thì có khoảng 3 lần đó có sai số vượt quá  $3\sigma$ . Người ta gọi  $M=3\sigma$  là sai số cực đại.



**Tóm lại :** - Giá trị trung bình bình phương:

- Sai số cực đại:  $M=3\sigma$

### b. Trị số trung bình cộng

Gọi  $X$  là giá trị thực của đại lượng đo, ta có sai số tuyệt đối của mỗi kết quả đo là:  $x_i = a_i - X$  ( $i=1..n$ ).

Thực tế không xác định được  $x_i$ , nên  $X$  cũng không xác định được mà chỉ xác định một kết quả đo gần đúng với giá trị thực tế nhất, gọi giá trị này là  $a_{tb}$  thì nó phải là giá trị có xác suất xuất hiện lớn nhất, cần tìm giá trị này.

Để  $a_{tb}$  có xác suất lớn nhất thì tất cả các sai số  $x_1, x_2, \dots, x_n$  cũng phải có xác suất lớn nhất, vậy  $a_{tb}$  phải cực tiểu. Vì  $a_{tb}$  gần với trị số thực  $X$  nên có thể thay  $a_{tb}$  cho  $X$  trong biểu thức tính  $x_i$ .

$$f(x_i) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i - \bar{x})^2}{2\sigma^2}}$$

$$\text{Để } a_{tb} \text{ cực tiểu thì } \frac{df}{da_{tb}} = 0 \Rightarrow a_{tb} = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$$

Trị số trung bình cộng.

Như vậy  $a_{tb}$  có trị số bằng trung bình cộng của tất cả các lần đo, nó là trị số có xác suất lớn nhất, tức là gần trị số thực nhất khi tiến hành đo nhiều lần một đại lượng cần đo  $X$ .

Nếu lấy  $a_{tb}$  làm kết quả đo, thì xác định độ chính xác và độ tin cậy của kết quả này như thế nào?

Xác suất của các sai số có trị số không vượt qua một giá trị cho trước là:

$$P(|a_{tb} - X| < t_i \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{n}}) = \int_{-\frac{t_i \sqrt{2}}{\sqrt{n}}}^{\frac{t_i \sqrt{2}}{\sqrt{n}}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt, \text{ trong đó } t_i = \frac{t_i \sqrt{2}}{\sqrt{n}}$$

Như vậy nếu cho trước độ tin cậy, có nghĩa là biết xác suất  $P(|a_{tb} - X| < \dots)$  từ đó tra bảng xác định được  $t_i$  và suy ra sai số phải lựa chọn là  $\dots t_i \dots$  để kết quả đo đảm bảo độ tin cậy đã cho. Khoảng tin cậy là:  $(a_{tb} - \dots, a_{tb} + \dots)$

Sự kiện lấy  $a_{tb}$  là kết quả đo có thể coi như là một sự kiện phức hợp  $X_{tb}$  được xác định từ các sự kiện xuất hiện kết quả đo  $a_i$  là  $X_i$ :

$$X_{tb} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

Theo lý thuyết xác suất thông kê ta có thể tính sai số trung bình bình phương (phương sai) của sự kiện  $X_{tb}$  theo công thức sau:

$$\frac{\sigma_{tb}}{\sqrt{n}}$$

### c. Sai số dư

Trên thực tế tính toán, vì không biết  $X$  nên ta không biết được các sai số  $x_i$ , ta chỉ có thể tính được sai số tuyệt đối giữa các lần đo so với  $a_{tb}$ , và gọi đó là sai số dư. Sai số dư của kết đo thứ  $i$  là:

$$\delta_i = a_i - a_{tb} \quad (i=2..n)$$

Ta có :  $\dots a_{tb} \dots$

$$\text{Mặt khác } \dots X_i - a_{tb} \dots$$

Như vậy :  $\frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$

Khai triển ta được:

$$\frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Theo quy luật phân bố chuẩn, các sai số có trị số tuyệt đối bằng nhau nhưng trái dấu thì có xác suất như nhau. Như vậy nếu tiến hành đo một số lần đủ lớn thì các sai số ấy sẽ từng đôi một triệt tiêu nhau: do đó:

thay kết quả này vào biểu thức trên ta có:

$$\frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Như vậy sai số trung bình bình phương có thể tính theo sai số dư như sau:

$$\frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

### 2.5.5. Ứng dụng các đặc số phân bố để xác định kết quả đo từ nhiều lần đo

Giả sử đo  $n$  lần một đại lượng  $X$  với kết quả tương ứng là  $a_1, a_2, \dots, a_n$  đã được loại trừ sai số hệ thống, xác định kết quả đo với độ tin cậy là  $P_{tc}$ , nghĩa là xác định kết quả đo và sai số tuyệt đối tương ứng sao cho xác suất xuất hiện các sai số nhỏ hơn sai số đã chọn không vượt quá  $P_{tc}$ .

Dựa vào các kết quả các đặc số ở trên, ta có thể thực hiện xử lý kết quả đo từ nhiều lần đo theo các bước như sau:

**Bước 1:** Lập bảng ghi  $n$  kết quả đo đã nhận được:

$i$	$a_i$	■	■
1	$a_1$	■	■ <sup>2</sup>
2	$a_2$	■	■ <sup>2</sup>
...	...	...	...
$n$	$a_n$	■	■ <sup>2</sup>

**Bước 2:** Tính giá trị trung bình:

$$a_{tb} = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$$

**Bước 3:** Tính sai số dư và điền vào bảng trên:

$$\Delta_i = a_i - a_{tb} \quad (i=2..n)$$

Kiểm tra sai số tính toán: Kiểm tra xem  $\Delta_i$  có đúng không, nếu không đúng kiểm tra lại các tính toán từ bước 2.

**Bước 4:** Tính sai số trung bình bình phương:

$$s = \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}{n-1}} \quad (n \geq 30)$$

**Bước 5:** Chọn hệ số phân bố  $t_i$ : Từ độ tin cậy  $P_{tc}$  và số lần đo  $n$  tra bảng phân bố laplace xác định được hệ số phân bố  $t_i$ . Tuy nhiên thông thường nếu số lần đo nhỏ ( $1 < n < 11$ ) thì thường dùng phân bố student để xử lý kết quả, và  $t_i$  được tra từ bảng phân bố Student. Bảng phân bố Laplace và Student có thể xem trong phần phụ lục.

**Chương 2 – Đánh giá sai số đo lường**

Ví dụ: Khi  $P_{tc}=0,997$  thì bảng phân bố của  $t_i$  thay đổi theo số lần đo như sau:

n	5	6	7	10	15	20	■
$t_i$	5,2	4,6	4,2	3,6	3,2	3,1	3

( $P_{tc}=0,997, n=7$ ) tra bảng ta có  $t_i=4,2$ .

**Bảng 2.2** – Bảng giá trị  $t_i$  ứng với xác suất tin cậy  $P_{TC}$  và số lần đo  $n$  khác nhau

$P_{TC} \backslash n$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	0,999
2	1,000	1,376	1,963	3,08	6,31	12,71	31,8	63,7	636,6
3	0,816	1,061	1,336	1,886	2,92	4,30	6,96	6,92	31,6
4	0,765	0,978	1,250	1,638	2,35	3,18	4,54	5,84	12,9
5	0,741	0,941	1,190	1,533	2,13	2,77	3,75	4,60	8,61
6	0,737	0,920	1,156	1,476	2,02	2,57	3,36	4,03	6,86
7	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,45	3,14	4,71	5,96
8	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,36	3,00	3,5	5,40
9	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,31	2,90	3,36	5,04
10	0,703	0,883	1,110	1,383	1,833	2,26	2,82	3,25	4,78

**Bước 6:** Tính sai số cực đại :  $M=t_i \cdot \blacksquare$

**Bước 7:** Kiểm tra sai số thô hay không: Nếu có  $\blacksquare > M$  thì kết quả đo  $a_i$  có sai số thô.

Nếu có bất kỳ sai số thô nào thì loại các kết quả đo có sai số thô và tính loại từ **bước 1** với bộ kết quả đo mới, số lần đo  $n$  mới.

Nếu không có bất kỳ sai số thô nào thì thực hiện tiếp bước 8.

**Bước 8:** Xác định sai số trung bình bình phương của  $a_{tb}$ :

$$\blacksquare_b \blacksquare_i \sqrt{n}$$

**Bước 9:** Biểu diễn kết quả đo:

$$X \blacksquare_{tb} \blacksquare_i \blacksquare_b$$

**Chú ý:** Cuối cùng, ta còn phải chú ý tới các viết hàng chữ số của kết quả cuối cùng và cách tính tới sai số đo trong catalog sử dụng của máy đó.

*Cách viết hàng chữ số của kết quả và sai số:*

- Khi lấy  $t_{i,b}$  chỉ cần lấy với hai số, vì bản thân nó là một đại lượng gần đúng có trị số bé.

- Lấy kết quả  $a_{tb}$  phải chú ý lấy số chữ số sau dấu phẩy sao cho bậc của các số cuối của nó không được thấp hơn bậc của 2 hai con số của  $t_{i,b}$

Ví dụ  $X=234,56\blacksquare,06$  thì phải viết lại là:  $X=234,7\blacksquare,1$

*Cách xử lý sai số của máy đo:*

Trị số sai số trong catalog của máy đo là sai số cực đại. Nó biểu thị khả năng sai số có thể gặp phải khi tiến hành đo lường ở điều kiện tiêu chuẩn đã quy định cho máy. Như vậy, nếu không thực hiện lấy chuẩn được máy, tức là so sánh với máy mẫu, để xác định ra sai số hệ thống của máy đó, thì trị số đã cho trong thuyết minh được coi là trị số sai số ngẫu nhiên cực đại. Cách xử lý đối với nó cũng coi như một số số ngẫu nhiên khác. Khi đó ta có không thể cộng gộp lại theo quy luật cộng đại số, như sai số hệ thống, mà phải cộng theo quy luật cộng trung bình bình phương.

## **2.6. ĐÁNH GIÁ SAI SỐ CỦA PHÉP ĐO GIÁN TIẾP**

Trong nhiều trường hợp, đại lượng cần đo không thể được biểu thị trực tiếp ngay, mà phải tính toán gián tiếp bằng công thức thông qua các đại lượng đo trực tiếp khác. Ví dụ công suất tác dụng của dòng một chiều trong mạch  $P=U.I$ , ta thực hiện bằng cách đo trực tiếp điện áp  $U$  và dòng điện  $I$  trong mạch. Trường hợp sai số của phép đo  $P$  cần được tính như thế nào?



Xét trường hợp tổng quát đại lượng cần đo là R được tính gián tiếp từ kết quả của n đại lượng đo trực tiếp X1, X2,...Xn như sau:

$$R = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

**Sai số tuyệt đối**

Giả sử khi đo các giá trị X1, X2,... Xn đo được có giá trị là gặp phải các sai số hệ thống tương ứng là  $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$ , thì cũng phải tính sai số hệ thống của Y, giả sử sai số đó là  $\Delta R$ , dựa vào khai triển Taylor của hàm nhiều biến, bỏ qua các vô cùng bé bậc cao, ta có ta có:

$$R + \Delta R = f(X_1 + \Delta x_1, X_2 + \Delta x_2, \dots, X_n + \Delta x_n)$$

$$R + \Delta R \approx f(X_1, X_2, \dots, X_n) + \frac{\partial f}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2} \Delta x_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} \Delta x_n$$

Vậy:  $\Delta R \approx \frac{\partial f}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2} \Delta x_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} \Delta x_n$  - Đây là công thức tổng quát để xác định sai số tuyệt đối của phép đo gián tiếp từ sai số tuyệt đối của n đại lượng đo trực tiếp.

Thông thường chúng ta có thể xác định giới hạn của sai số tuyệt đối như sau:

$$\Delta R \approx \left| \frac{\partial f}{\partial x_1} \Delta x_1 \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial x_2} \Delta x_2 \right| + \dots + \left| \frac{\partial f}{\partial x_n} \Delta x_n \right| \approx \Delta R_{\max}$$

**Sai số tương đối**

$$\frac{\Delta R}{R} \cdot 100 \quad \text{(\%)}$$

**Sai số trung bình bình phương**

Giả sử X1, X2, ... . X2 được đo bằng nhiều lần đo khác nhau:

- Khi đo X1, tiến hành đo m1 lần và có các sai số ngẫu nhiên là: x1,1, x1,2, ..., x1,m1, và tương ứng sai số trung bình bình phương của X1 là  $\Delta x_{1, \text{trung bình}}$

**Chương 2 – Đánh giá sai số đo lường**

- Khi đo  $X_2$ , tiến hành đo  $m_2$  lần và có các sai số ngẫu nhiên là:  $x_{2,1}, x_{2,2}, \dots, x_{2,m_2}$ , và tương ứng sai số trung bình bình phương của  $X_2$  là  $\sigma_{2,i}$

...

- Khi đo  $X_n$ , tiến hành đo  $m_n$  lần và có các sai số ngẫu nhiên là:  $x_{n,1}, x_{n,2}, \dots, x_{n,m_n}$ , và tương ứng sai số trung bình bình phương của  $X_n$  là  $\sigma_{n,i}$

Tương ứng:

$$\sigma_{1,i}, \sigma_{2,i}, \dots, \sigma_{n,i}$$

Theo lý thuyết xác suất thống kê, sai số trung bình bình phương của R là  $\sigma_R$  được tính như sau:

$$\sigma_R = \sqrt{\sigma_{1,i}^2 + \sigma_{2,i}^2 + \dots + \sigma_{n,i}^2}$$

Như vậy, sai số của một đại lượng phải đo gián tiếp thì bằng trị số trung bình bình phương của các sai số mỗi đại lượng cục bộ đo trực tiếp.

Từ phép cộng trung bình bình phương, ta có nhận xét là: sai số của đại lượng tính toán gián tiếp thì chủ yếu được xác định bằng các thành phần sai số cục bộ nào có giá trị lớn, mà ít phụ thuộc vào các thành phần sai số cục bộ nào có trị số bé. Điều này cho ta một chú ý cần thiết khi đo là: tăng độ chính xác của phép đo trực tiếp những đại lượng cục bộ nào có vai trò quyết định hơn; cũng như có thể bỏ qua những thành phần sai số cục bộ nào bé hơn ba lần so

với thành phần sai số cục bộ lớn nhất để cho phép tính được đơn giản hơn.

**Một số trường hợp riêng:**

- Giả sử quan hệ hàm có dạng  $R=a.X+b.Y+c.Z$ , khi đó sai số tuyệt đối của phép đo gián tiếp được tính như sau:

$$\Delta R = a.\Delta X + b.\Delta Y + c.\Delta Z$$

Thông thường có thể lấy giới hạn của nó là sai số tuyệt đối cho phép đo R:

$$|\Delta R|_{\max} = |a.\Delta X| + |b.\Delta Y| + |c.\Delta Z|$$

- Giả sử quan hệ hàm có dạng  $R=X^m.Y^n.Z^p$ , (giả sử m, n, p  $\geq 1$ ) khi đó sai số tuyệt đối của phép đo gián tiếp sẽ là:

$$\Delta R = m.X^{m-2}.Y^n.Z^p .\Delta X + n.X^m.Y^{n-2}.Z^p .\Delta Y + p.X^m.Y^n.Z^{p-2}.\Delta Z$$

Biểu thức trên khá phức tạp không thuận tiện cho việc tính toán. Trong thực tế người ta dùng sai số tương đối:

$$\frac{\Delta R}{R} = m.\frac{\Delta X}{X} + n.\frac{\Delta Y}{Y} + p.\frac{\Delta Z}{Z}$$

Như vậy có thể tính sai số tương đối của R thông qua sai số tương đối của các thành phần cục bộ như sau:

$$\left| \frac{\Delta R}{R} \right| = m \left| \frac{\Delta X}{X} \right| + n \left| \frac{\Delta Y}{Y} \right| + p \left| \frac{\Delta Z}{Z} \right|$$

**CÂU HỎI ÔN TẬP**

- 18. Sai số là gì? Nguyên nhân gây sai số?
- 19. Nếu phân loại theo cách biểu diễn sai số thì có những loại sai số nào (kể tên)?
- 20. Nêu khái niệm, biểu thức diễn đạt sai số tuyệt đối?
- 21. Nêu khái niệm, biểu thức diễn đạt sai số tương đối chân thực?

22. Nêu khái niệm, biểu thức diễn đạt sai số tương đối danh định?

23. Nêu khái niệm, biểu thức diễn đạt sai số tương đối qui đổi?

24. Nếu phân loại theo qui luật xuất hiện sai số thì có những loại sai số nào (kể tên)?

25. Nêu khái niệm sai số hệ thống? nêu một số nguyên nhân gây sai số hệ thống?

26. Nêu khái niệm sai số ngẫu nhiên? nêu một số nguyên nhân gây sai số ngẫu nhiên?

27. Nêu khái niệm trị số đo sai?

28. Nêu vắn tắt cách xử lí sai số hệ thống?

29.  $p(x)$  là hàm số phân bố tiêu chuẩn các sai số (hàm chính tắc).

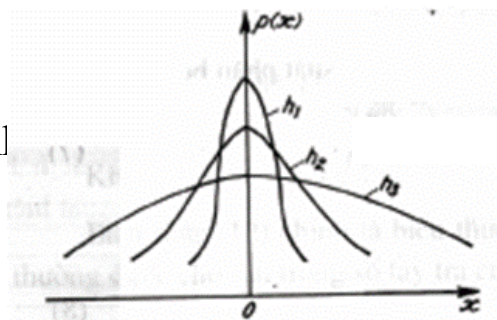
$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (\text{hàm Gauss})$$

$h$  là thông số đo chính xác.

$h_1, h_2, h_3$  là các thông số đo chính các thiết bị đo khác nhau.

a.  $h_1 < h_2 < h_3$

b.  $h_1 > h_2 > h_3$



30. Cũng giống câu hỏi 32, thiết bị đo tương ứng giá trị  $h$  nào có độ chính xác cao nhất?

Hình 8.1 thiết bị đo tương ứng  $h_1$

Hình 8.2 thiết bị đo tương ứng  $h_2$

Hình 8.3 thiết bị đo tương ứng  $h_3$

31. Nêu 2 qui tắc phân bố sai số?

32. Đo  $n$  lần một đại lượng  $X$  thu được  $n$  kết quả đo có các sai số tuyệt đối tương ứng là  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Biểu thức tính sai số trung bình bình phương là:

a/  $\sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}{n}}$

b/  $\sqrt{\frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}}$

c/  $\frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$

d/  $\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}{n}$

16. Sai số trung bình bình phương của  $\bar{a}$  là:

a/  $\frac{\Delta a_1 + \Delta a_2 + \dots + \Delta a_n}{\sqrt{n}}$

b/  $\frac{\Delta a_1^2 + \Delta a_2^2 + \dots + \Delta a_n^2}{\sqrt{n}}$

c/  $\frac{\Delta a_1 + \Delta a_2 + \dots + \Delta a_n}{n}$

d/  $\frac{\Delta a_1^2 + \Delta a_2^2 + \dots + \Delta a_n^2}{n}$

17. Kết quả đo với  $n > 10$  được xác định theo biểu thức sau:

a/  $\bar{x} \pm \frac{\Delta \bar{x}}{\sqrt{n}}$

b/  $\bar{x} \pm \Delta \bar{x}$

c/  $\bar{x} \pm \frac{\Delta \bar{x}}{n}$

d/  $\bar{x} \pm n \Delta \bar{x}$

18. Kết quả đo với  $2 \leq n \leq 10$  được xác định theo biểu thức sau:

a/  $\bar{x} \pm \frac{\Delta \bar{x}}{\sqrt{n}}$

b/  $\bar{x} \pm \Delta \bar{x}$

c/  $\bar{x} \pm \frac{\Delta \bar{x}}{n}$

d/  $\bar{x} \pm n \Delta \bar{x}$

19.  $X$  là đại lượng cần đo bằng phép đo gián tiếp;  $Y, V, Z$  là các đại lượng đo được bằng phép đo trực tiếp thành phần,  $X = F(Y, V, Z)$ ;  $\Delta Y, \Delta V, \Delta Z$  là các sai số hệ thống tương ứng khi đo  $Y, V, Z$ ;  $\Delta X$  là sai số hệ thống khi xác định  $X$ . Giả sử các sai số có giá trị nhỏ, viết biểu thức tính  $\Delta X$  theo  $\Delta Y, \Delta V, \Delta Z$ .

20.  $X$  là đại lượng cần đo bằng phép đo gián tiếp;  $Y, V, Z$  là các đại lượng đo được bằng phép đo trực tiếp thành phần,  $X = aY + bV + cZ$ ;  $\Delta Y, \Delta V, \Delta Z$  là các sai số hệ thống tương ứng khi đo  $Y, V, Z$ ;  $\Delta X$  là sai số hệ thống khi xác định  $X$ . Giả sử các sai số có giá trị nhỏ, viết biểu thức tính  $\Delta X$  theo  $\Delta Y, \Delta V, \Delta Z$ .

21.  $X$  là đại lượng cần đo bằng phép đo gián tiếp;  $Y, V, Z$  là các đại lượng đo được bằng phép đo trực tiếp thành phần,  $x, y, v, z$ ;  $\Delta x, \Delta y, \Delta v, \Delta z$  là các sai số tương đối tương ứng khi đo  $Y, V, Z$ ;  $\Delta X$  là sai số tương đối khi xác định  $X$ . Viết biểu thức tính  $\Delta X$  theo  $\Delta y, \Delta v, \Delta z$ .

## **BÀI TẬP**

1. Đo điện áp của một nguồn điện một chiều 6 lần, thu được các kết quả tương ứng với các lần đo lần lượt là: 110,50 V; 112,20 V; 107,55 V; 97,10 V; 105,75 V; 113,35V. Hãy xác định kết quả đo và khoảng tin cậy biết xác suất tin cậy là 0,95.

2. Có 2 vôn mét một chiều:

+ Vôn mét thứ nhất có thang đo định mức 20V, 30V, 50V với cấp chính xác 0,5.

+ Vôn mét thứ hai có thang đo định mức 50V, 75V, 100V với cấp chính xác 0,2.

Hãy lựa chọn những Vôn mét và những thang đo thích hợp để đo điện áp của nguồn một chiều có giá trị khoảng 25V sao cho:

- Sai số đo nhỏ nhất
- Sai số đo không lớn hơn 0,7%.

## CHƯƠNG 3 – CƠ SỞ KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG ĐIỆN TỬ

- Cấu trúc cơ bản của máy đo
- Cấu trúc chung của máy đo số
- Thiết bị đo ghép nối với máy tính
- Một số mạch đo lường và gia công tín hiệu đo cơ bản
- Cơ cấu chỉ thị đo lường

### 3.0. GIỚI THIỆU CHƯƠNG

Chương này sẽ trình bày những vấn đề kỹ thuật cơ sở cho kỹ thuật đo lường điện tử như: Cấu trúc chung của máy đo, các kỹ thuật, thiết bị chỉ thị, mạch điện tử dùng trong đo lường ... Đây là những tiền đề cho việc nghiên cứu nguyên lý đo cũng như nguyên lý cấu tạo của máy đo.

### 3.1. CẤU TRÚC CƠ BẢN CỦA MÁY ĐO

Máy đo và các thiết bị mẫu là các thiết bị đo để thực hiện các yêu cầu về đo lường. Thông thường thì dựa vào phương pháp phân tích tham số và đặc tính của đại lượng đo, phương pháp và công nghệ cảm biến, phương pháp và kỹ thuật điện tử, Kỹ thuật xử lý tín hiệu, phương pháp và công nghệ chỉ thị mà hình thành nên các phương pháp đo khác nhau. Bản thân máy đo đã là một mạch đo được cấu trúc theo một hoặc một vài phương pháp đo để đo lường một đại lượng nào đó. Sự phát triển của Máy đo phụ thuộc rất nhiều vào sự phát triển của các mảng lý thuyết và kỹ thuật, công nghệ trên.

Dựa vào các đối tượng chính mà đo lường điện tử cần giải quyết, thì các máy đo có thể phân loại tổng quát thành các nhóm máy đo như sau:

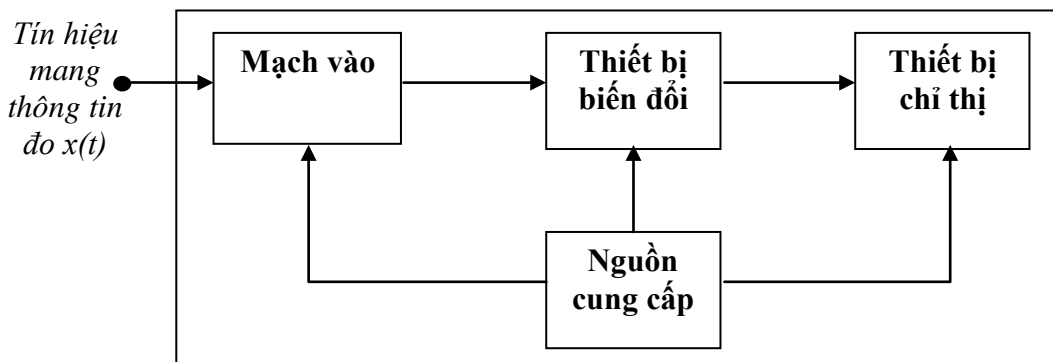
Máy đo tham số và đặc tính của tín hiệu.

Máy đo tham số và đặc tính của mạch điện tử.

Máy tạo tín hiệu.

Các linh kiện đo lường

### 3.1.1. Máy đo tham số và đặc tính của tín hiệu:



Hình 3.1 – Cấu trúc máy đo tham số và đặc tính của tín hiệu.

Nhiệm vụ chính của máy đo này là xác định được tham số và đặc tính của tín hiệu điện. Các tham số và đặc tính của tín hiệu điện này có thể là đại lượng cần đo hoặc chúng lại gián tiếp mang thông tin đo cho một đại lượng điện hay phi điện khác. Các máy đo thuộc loại này ví dụ như: Vôn mét; Ampe mét; Máy đếm tần; Pha mét; Ô-xi-lô; Máy phân tích méo dạng; Máy phân tích phổ; Máy phân tích luồng thông tin (Phân tích giao thức)... Loại máy đo này đều có cấu trúc chung như Hình 3.1.

- Tín hiệu điện  $x(t)$  mang thông tin cần đo cần đưa tới đầu vào.

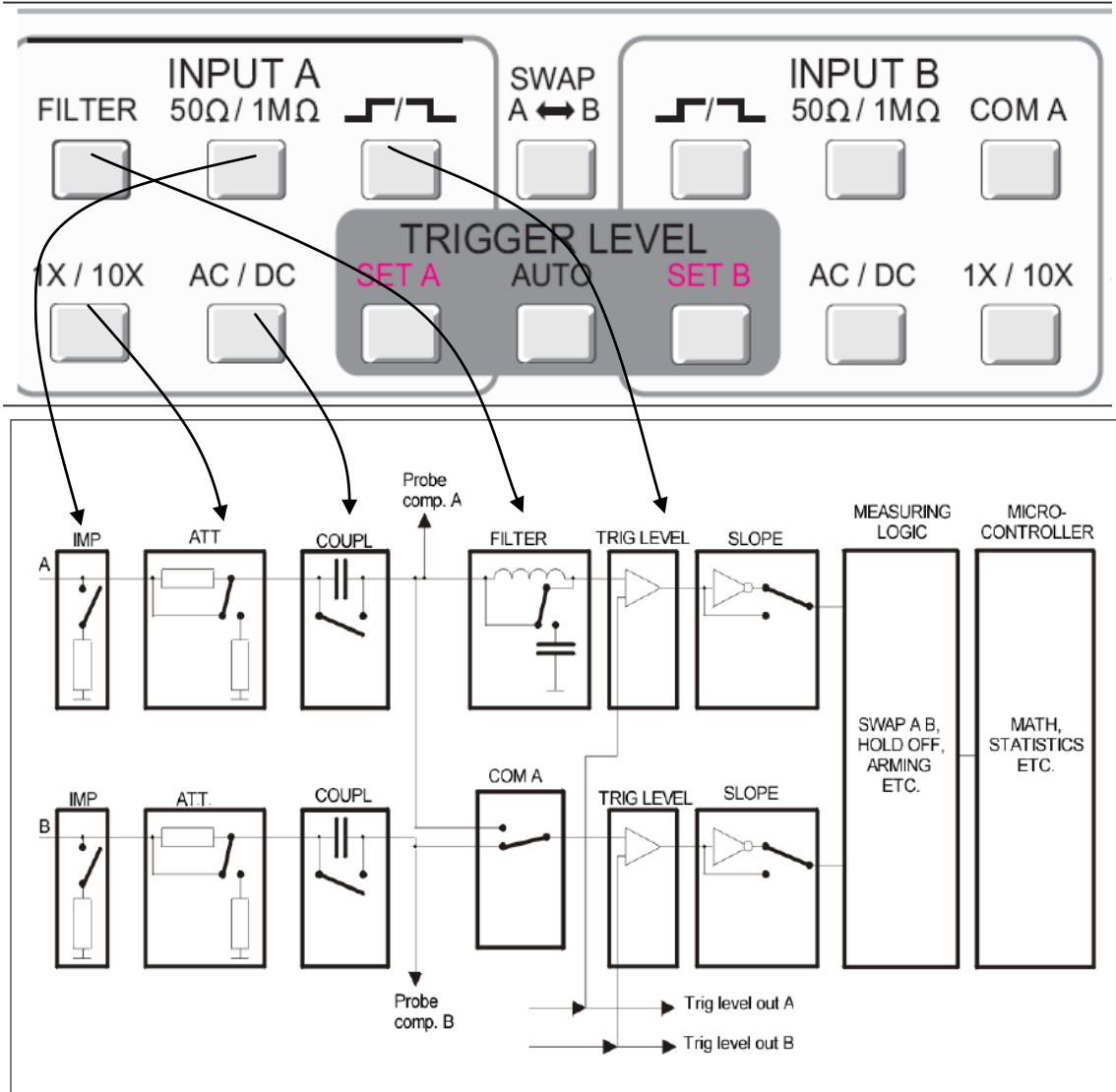
- **Mạch vào: (Signal Condition)** Có nhiệm vụ nhận tín hiệu và truyền dẫn tín hiệu tới *Thiết bị biến đổi*. Ngoài ra còn có chức năng thực hiện tiền xử lý tín hiệu vào như tiền khuếch đại, suy



giảm, giới hạn băng tần, lọc nhiễu, phối hợp trở kháng,... nhưng không làm mất thông tin đo. Mạch vào thường là bộ KĐ phụ tải catốt (Zvào cao), thực hiện phối hợp trở kháng, có các bộ suy giảm, bộ dây làm chậm... Nhiều chức năng mạch vào có được lựa chọn bởi người sử dụng thông qua những chuyển mạch, công tắc điều chỉnh đưa đưa ra ngoài mặt máy đo. Mạch vào quyết định mức độ ảnh hưởng của máy đo với chế độ công tác của đối tượng đo. Ở phạm vi tần số thấp và cao thì đặc tính này được biểu thị bằng trở kháng vào của máy. Ở siêu cao tần thì đặc tính này được biểu thị bằng công suất mà máy đo hấp thụ được.

- **Thiết bị biến đổi:** Đây là bộ phận trung tâm của máy đo, có nhiệm vụ thực hiện so sánh, biến đổi và phân tích tín hiệu theo một thuật toán nào đó để đánh giá được tham số và đặc tính cần đo mang trong tín hiệu, xác định mối qua hệ giữa thang chỉ thị của thiết bị chỉ thị và đại lượng đo và tạo ra tín hiệu phù hợp đưa tới Thiết bị chỉ thị. Trong bản thân thiết bị này có thể tạo ra tín hiệu cần thiết để so sánh tín hiệu cần đo với tín hiệu mẫu. Có thể phân tích tín hiệu đo về biên độ, tần số, hay chọn lọc theo thời gian. Thường là các mạch khuếch đại, tách sóng, biến đổi dạng điện áp tín hiệu, chuyển đổi dạng năng lượng, tín toán xử lý tín hiệu tương tự và số ...

- **Thiết bị chỉ thị:** để biểu thị kết quả đo dưới dạng sao cho thích hợp với giác quan giao tiếp của sinh lí con người, hay đưa ra những thông tin phù hợp để đưa vào bộ vào bộ phận điều chỉnh, tính toán,... Ví dụ các dạng thiết bị chỉ thị như: Các cơ cấu chỉ thị, Ống tia điện tử, cơ cấu chỉ thị số dùng LED 7 đoạn hay LCD 7 đoạn...

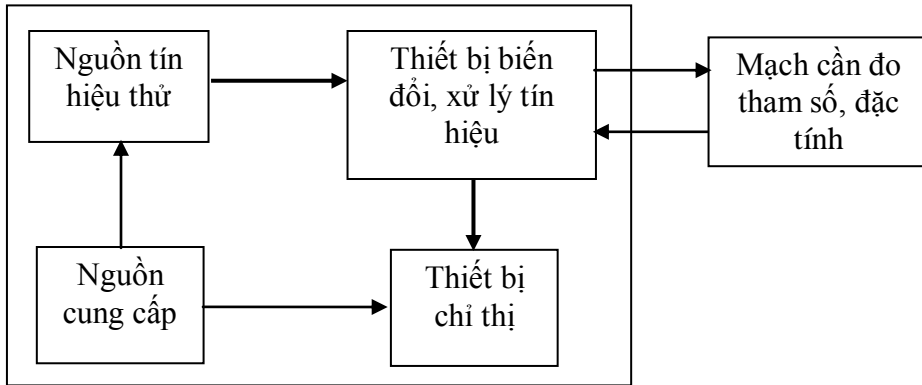


Hình 3.2 - Ví dụ về mối qua hệ giữa các phím điều khiển và mạch vào của máy đo.

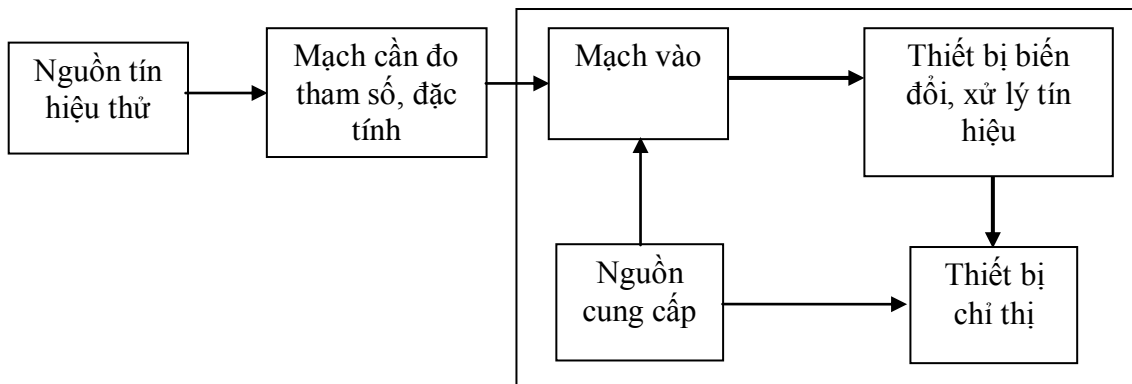
- **Nguồn cung cấp:** cung cấp năng lượng cho máy, và còn làm nguồn tạo tín hiệu chuẩn.

Các loại máy đo thuộc nhóm này thì thực hiện theo phương pháp đo trực tiếp, kết quả đo có thể được đọc thẳng hay thông qua phép đo so sánh với đại lượng mẫu.

### 3.1.2. Máy đo tham số và đặc tính của mạch điện:



(a) – Cấu trúc máy đo tham số và đặc tính của mạch có nguồn tín hiệu



(a) – Cấu trúc máy đo tham số và đặc tính của mạch có nguồn tín hiệu thử độc

**Hình 3.3** – Cấu trúc máy đo tham số và đặc tính của mạch

Mạch điện cần đo thông số như: mạng 4 cực, mạng 2 cực, các phần tử của mạch điện, đường truyền dẫn, hệ thống, thiết bị điện tử... Các loại máy đo thuộc nhóm này như: máy đo đặc tính tần số mạch hay thiết bị điện tử; máy đo đặc tính quá độ; máy đo hệ số phẩm chất; đo điện cảm; điện dung; điện trở; máy thử đèn điện tử, linh kiện bán dẫn, hay IC; máy phân tích đường truyền; máy phân tích logic; máy phân tích mạng 4 cực...

Để đo được tham số và đặc tính, thì mạch điện cần phải hoạt động trong chế độ thực hoặc chế độ tín hiệu thử. Máy đo sẽ thực hiện xử lý, phân tích và so sánh tín hiệu ra của mạch với tín hiệu vào mạch để đánh giá được tham số và đặc tính nào đó của mạch.

Tín hiệu thử mạch thường được tạo hay được điều khiển bởi chính máy đo. Nguồn tín hiệu thử này có thể được xây dựng kèm theo máy đo hoặc là các thiết bị tạo tín hiệu độc lập, như vậy cấu trúc chung của các loại máy đo thuộc nhóm này có 2 dạng khác nhau như Hình 3.3.

Về cơ bản cấu trúc của máy đo tham số và đặc tính của mạch không khác gì nhiều cấu trúc máy đo tham số và đặc tính của tín hiệu, ngoài việc có sử dụng thêm nguồn tín hiệu thử. Máy đo tạo tín hiệu thử phù hợp với yêu cầu đo và đưa tới mạch cần đo, sau đó nhận tín hiệu ra của mạch và thực hiện đo tham số của tín hiệu này hay so sánh với tham số của tín hiệu thử từ đó đánh giá được tham số và đặc tính nào đó của mạch điện cần đo.

### **3.1.3. Máy tạo tín hiệu đo lường**

Nhóm máy này cũng bao gồm nhiều loại, chúng tạo tín hiệu chuẩn (mô phỏng được các dạng tín hiệu trong thực tế) sử dụng khi cần kiểm chuẩn trong đo lường, để nghiên cứu và điều chỉnh thiết bị. Kết hợp với các máy đo khác để đo tham số và đặc tính của mạch điện tử, hệ thống điện tử. Các dạng tín hiệu chuẩn thường được tạo ra như: Tín hiệu hình sin, các dạng tín hiệu xung, tín hiệu quét tần số, các dạng tín hiệu điều chế, các dạng tín hiệu số, và các dạng tín hiệu thử khác thường dùng trong đo lường viễn thông...



### 3.1.4. Các linh kiện đo lường

Nhóm này bao gồm các linh kiện lẻ, phụ thêm với máy đo để tạo nên các mạch đo cần thiết. Chúng là các linh kiện tiêu chuẩn cao để làm mẫu (như điện trở, điện cảm, điện dung mẫu), hay các linh kiện để ghép giữa các bộ phận của mạch đo. Các linh kiện chủ yếu hay dùng ở đo lường siêu cao tần như bộ suy giảm, bộ dịch pha, bộ phân mạch định hướng, các bộ cảm biến công suất ...

## 3.2. CẤU TRÚC CHUNG CỦA MÁY ĐO SỐ

### 3.2.1. Sự tiến triển trong công nghệ chế tạo thiết bị đo

Ngày nay các công nghệ kỹ thuật điện tử tiến tiến nhất đều được đưa vào việc chế tạo thiết bị đo.

Sự phát triển của điện tử số và công nghệ chế tạo vi mạch cho phép chế tạo nhiều vi mạch tích hợp cao như VLSI. Điển hình là các bộ vi xử lý với khả năng tính toán cao ra đời đã làm thay đổi quan niệm, công nghệ và cơ cấu, tính năng của thiết bị đo lường điện tử.

Các thiết bị đo sử dụng công nghệ số hiện nay khác với thiết bị đo tương tự chỉ thị kim, ống tia điện tử... chủ yếu là ở phương pháp biến đổi và xử lý tín hiệu mang thông tin đo của đại lượng cần đo.

- **Thiết bị đo tương tự:** Là thiết bị đo biến đổi liên tục các đại lượng cần đo, để kết quả hiển thị ở đầu ra cũng biến đổi liên tục, tương tự như các giá trị đầu vào. Việc xử lý tín hiệu và đo lường được thực hiện bằng các mạch điện tử tương tự.

- **Thiết bị đo số:** Thiết bị đo biến đổi giá trị của đại lượng cần đo thành hệ các giá trị rời rạc để thực hiện xử lý và hiển thị kết quả ở đầu ra.

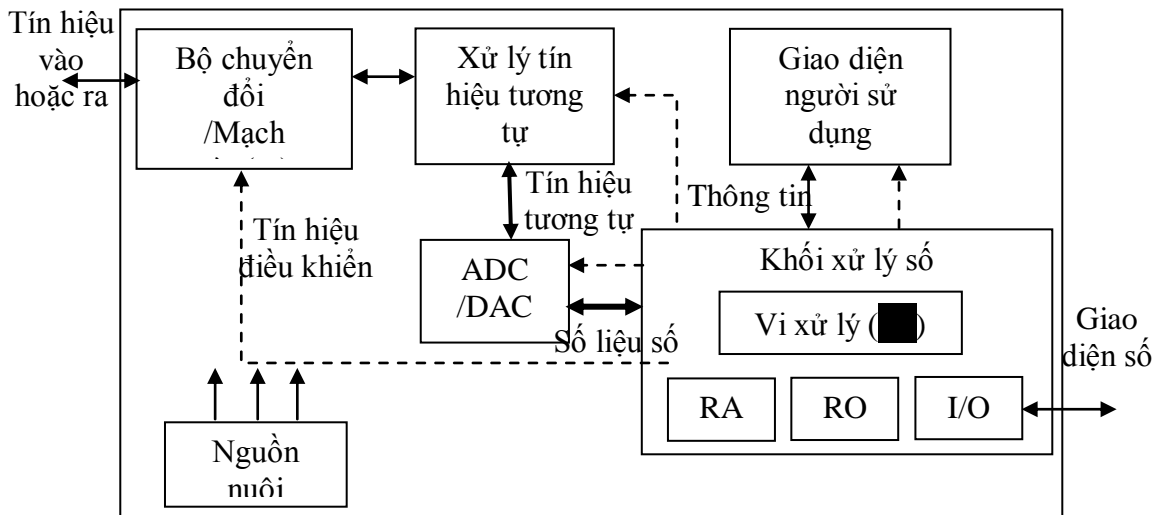
Vấn đề tin học hóa phương pháp đo, số hoá cấu trúc thiết bị đo đã làm thay đổi chất lượng của quá trình đo lường, mà điều quan trọng hơn cả là nâng cao được về độ chính xác của thiết bị đo và tự động hóa được quá trình đo.

Các thiết bị đo lường số đang có xu hướng dần thay thế các thiết bị đo tương tự. Tuy vậy, các thiết bị đo số vẫn còn có những hạn chế do chính phương pháp đo số và cấu trúc cơ sở của mạch đo gây ra (ví dụ như sai số do không đồng bộ, sai số do độ trễ của các phần tử logic, và sai số lượng tử ...).

### 3.2.1. Sơ đồ cấu trúc chung của máy đo số

Máy đo số hiện nay thường được thiết kế dựa trên các hệ vi xử lý, hay hệ vi điều khiển có cấu trúc như một máy tính chuyên dụng. Sơ đồ cấu trúc tổng quát của một thiết bị đo số (cả máy đo và thiết bị tạo tín hiệu) như sau:

Trong số đồ trên, tín hiệu mang thông tin đo hoặc tín hiệu tạo ra được đưa vào hoặc đưa ra từ bộ chuyển đổi /Mạch vào(ra).



Hình 3.5 – Sơ đồ cấu trúc thiết bị đo số

- **Bộ chuyển đổi** (Transducer)/ **Mạch vào(ra)**: Biến đổi các đại lượng phi điện thành đại lượng điện, hoặc biến đổi các dạng năng

lượng ở đầu vào thành tín hiệu điện... Nếu đầu vào hoặc đầu ra là tín hiệu điện thì đó là khối Mạch vào, còn nếu là thiết bị tạo tín hiệu thì đó là Mạch ra. Ví dụ các bộ chuyển đổi dùng trong đo lường như sau: Cặp nhiệt điện, Điện trở nhiệt, tinh thể áp điện (biến đổi áp suất thành điện áp), biến đổi công suất siêu cao tần thành tín hiệu điện, các loại bộ cảm biến sensor...

- **Khối xử lý tín hiệu tương tự:** Thực hiện các tiền xử lý với tín hiệu tương tự khuếch đại, lọc nhiễu, phối hợp trở kháng, đổi tần, phân áp, suy giảm, khuếch đại công suất, lấy mẫu và giữ mẫu... Sử dụng những mạch riêng biệt để tách những đặc tính riêng trong dạng tín hiệu vào và có thể có chức năng quan trọng nữa là so sánh tín hiệu tương tự với một tín hiệu chuẩn tương tự, tạo ra tín hiệu có tỉ lệ biên độ, tần số, dạng ... phù hợp với đầu vào của tầng tiếp theo.

- **ADC/DAC:** Trong trường hợp là thiết bị đo thì thực hiện chức năng ADC - biến đổi tín hiệu tương tự - tín hiệu số. Còn trong trường hợp máy tạo tín hiệu thì thực hiện chức năng DAC - biến đổi tín hiệu số thành tín hiệu tương tự.

- **Khối xử lý tín hiệu:** bản chất như một máy tính chuyên dụng (gồm có các bộ vi xử lý, bộ nhớ và giao diện vào ra I/O) được thiết kế phù hợp với những yêu cầu điều khiển và tính toán trong máy đo. Khối này có thể có một hay nhiều bộ vi xử lý, bộ vi điều khiển, bộ xử lý tín hiệu số DSP... để thực hiện việc điều khiển chung cho máy đo và thực hiện tính toán số liệu thô từ ADC. Số liệu này sẽ được tính toán thành các thông tin đo lường theo một thuật toán nào đó. Các thao tác xử lý tín hiệu số chủ yếu ở khối này có thể là:

+ Chọn lọc thông tin: ví dụ như tính toán biên độ, chu kỳ tín hiệu...



+ Chuyển đổi các thông tin trên thành dạng có ý nghĩa hơn ví dụ như thực hiện DFT biến đổi số liệu biểu diễn trong miền thời gian thành số liệu biểu diễn trong miền tần số.

+ Kết hợp với những thông tin thích hợp.

+ Định dạng thông tin cho truyền thông qua giao diện thông tin: giao diện người sử dụng, giao diện máy tính..., ví dụ như số liệu 3 chiều có thể miêu tả bằng màn hình 2 chiều ...

Chức năng khác của khối này là ứng dụng những hệ số chuẩn hóa cho số liệu, thực hiện kết hợp bù sai số, hệ số chuẩn hóa với thông tin để làm tăng độ chính xác, độ tuyến tính, độ tin cậy của phép đo. Bên cạnh đó khối này còn thực hiện điều khiển các khối khác.

- **Giao diện người sử dụng:** Thực hiện chỉ thị các kết quả đo, hay nhận các thao tác điều khiển thiết bị từ người sử dụng như điều khiển từ bàn phím, nút xoay, chuột..., yêu cầu của khối này là phải hiển thị kết quả dễ dàng cho người sử dụng, tránh hiểu sai thông tin đưa ra bởi máy đo. Màn hình chỉ thị thường dùng cơ cấu chỉ thị số như màn hình LCD với nhiều số và nhiều dòng văn bản, màn hình ma trận, màn hình ống tia điện tử ...

- **Giao diện số:** Ví dụ như RS232, Ethernet, USB hay một số chuẩn giao diện số đặc biệt dùng trong đo lường như GPIB..., cho phép truyền thông tin giữa máy đo với máy tính hay với các máy đo khác trong hệ thống thông tin đo lường. Các chuẩn giao diện này quy định khuôn dạng thông tin, ngôn ngữ điều khiển, cấu trúc dữ liệu để thực hiện trao đổi thông tin và điều khiển giữa máy đo và máy tính.

### **3.2.3. Ưu điểm của máy đo số**

#### **+ Tăng chức năng đo cho thiết bị**

Những máy đo nhiều chức năng không có vi xử lý trước đây, phải chuyển chức năng đo bằng chuyển mạch, quy **tình** đã được chế tạo cố định, nên không thay đổi được, vì phần cứng và mạch logic là cố định.

Khi có sử dụng vi xử lý, thì có thể đổi thiết bị đang năng chế tạo bằng các mạch logic cố định trước đây thành thiết bị đo có chương trình hóa, bằng cách cài đặt chương trình điều hành trong các bộ nhớ ROM khác nhau.

Các máy đo có lưu trữ chương trình như vậy đã làm tăng khả năng mềm dẻo của máy thỏa mãn yêu cầu đo mà không phải thay đổi mạch điện.

Đồng thời, logic chương trình hóa cũng đã làm giảm đáng kể giá thành của máy đo.

#### **+ Nâng cao độ chính xác đo lường**

Độ chính xác của thiết bị đo phụ thuộc vào cấp chính xác của nó. Sai số của thiết bị còn phụ thuộc vào đặc tính đo lường của thiết bị đo đó. Có nhiều cách để nâng cao độ chính xác, xong với bản thân máy đo thì ở khả năng như:

Thực hiện tự loại bỏ sai số hệ thống, ví dụ khả năng tự động xác định điểm không khi bắt đầu đo.

Thực hiện tự chuẩn, tử thử được chính xác. Khả năng này còn có sai số ngẫu nhiên, nên cần phải thực hiện đo nhiều lần và lấy trung bình thống kê các kết quả đo.

Máy đo số dùng vi xử lý có khả năng thực hiện các yêu cầu trên.

**+ Mở rộng khả năng đo**

Cấu trúc của máy đo số cho phép mở rộng và phát triển khả năng đo lường của máy để thích hợp với các dạng yêu cầu khác nhau của kỹ thuật đo, ví dụ yêu cầu đo gián tiếp một đại lượng vật lý nào đó.

Một đại lượng vật lý phải đo gián tiếp thì được thực hiện thông qua tính toán bằng những quan hệ toán học giữa các đại lượng đo trực tiếp, ví dụ: Hệ số khuếch đại của một mạch được tính toán từ các trị số đo của điện áp đầu vào và đầu ra. Tổng quát hơn, một đại lượng vật lý  $R$  cần đo có mối quan hệ với các đại lượng  $X_1, X_2, \dots, X_n$  (mà các đại lượng này có thể đo trực tiếp được):  $R=f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ . Với máy đo số có thể thiết kế để cho phép đo các đại lượng khác nhau đó, mỗi phép đo có thể được chương trình hóa và lưu vào bộ nhớ chương trình, việc lưu trữ kết quả và thực hiện tính toán cũng dễ dàng, đặc biệt là với tốc độ tính toán của Vi xử lý hiện nay.

**+ Điều khiển đơn giản**

Máy đo số có thể thực hiện nhiều chức năng, tuy nhiên những chức năng đó đã được chương trình hóa và việc điều khiển được thực hiện tự động, nên mặt máy cũng đã được đơn giản đi nhiều.

Một thiết bị đo càng thông minh nếu như nó càng ít đi sự điều khiển từ người sử dụng. Sự đơn giản điều khiển của máy đo có vi xử lý rõ nét hơn cả là sự tự động chọn cấu hình máy đo như chọn chức năng đo, chọn thang đo, chọn khoảng thời gian chuẩn, chọn các điều kiện thao tác. Một số thiết bị đo còn có thiết bị báo lỗi khi người đo có nhầm lẫn và có hướng dẫn cách thực hiện đúng trên màn hiển thị của máy.

+ ***Thực hiện được các phép tính mong muốn cho kết quả đo***

Nhiều trường hợp người đo mong muốn thực hiện một hàm số toán học nào đó cho kết quả đo hơn là chỉ biết bản thân kết quả riêng biệt. Máy đo có vi xử lý cho khả năng chương trình hóa để thực hiện các biến đổi kết quả này. Như các yêu cầu hiệu chỉnh kết quả, xác định sai số, biến đổi đơn vị đo, tạo mối quan hệ tuyến tính, hay thực hiện phân tích thông kê đo lường.

+ ***Có tối thiểu hóa cấu hình thiết bị***

Nhờ khả năng chương trình hóa và khả năng tích hợp vi mạch với mật độ cao nên cấu hình phần cứng của máy đo giảm nhỏ.

+ ***Máy đo có giá thành ngày càng giảm***

Giá hạ do cấu hình thiết bị nhỏ, giá thành chế tạo giảm nhỏ, nhưng chức năng lại tăng

+ ***Có thể nâng cao được độ tin cậy***

Cấu hình phần cứng giảm nhỏ, sử dụng ít linh kiện nên độ tin cậy tăng lên.

+ ***Giảm thời gian đo***

Vì có thư viện mẫu, các chương trình con, nên thao tác phần mềm đã làm đơn giản, thời gian tính toán các thuật toán phức tạp cũng giảm. Tính thông minh của máy làm giảm bớt thời gian điều khiển máy của người đo.

+ ***Phối hợp tổ chức được trong hệ thống đo, mạng đo***

Máy đo có thêm các card ghép nối, cho phép tổ chức thành một hệ thống đo hay một mạng đo của nhiều máy đo riêng biệt.

### **3.3. THIẾT BỊ ĐO GHÉP NỐI VỚI MÁY TÍNH**

Các hệ thống đo lường ghép nối với máy tính đang được sử dụng rộng rãi trong nhiều ứng dụng. Các hệ thống này được sử dụng rất nhiều lý do: Quá trình điều khiển đo nhanh hơn, quá trình

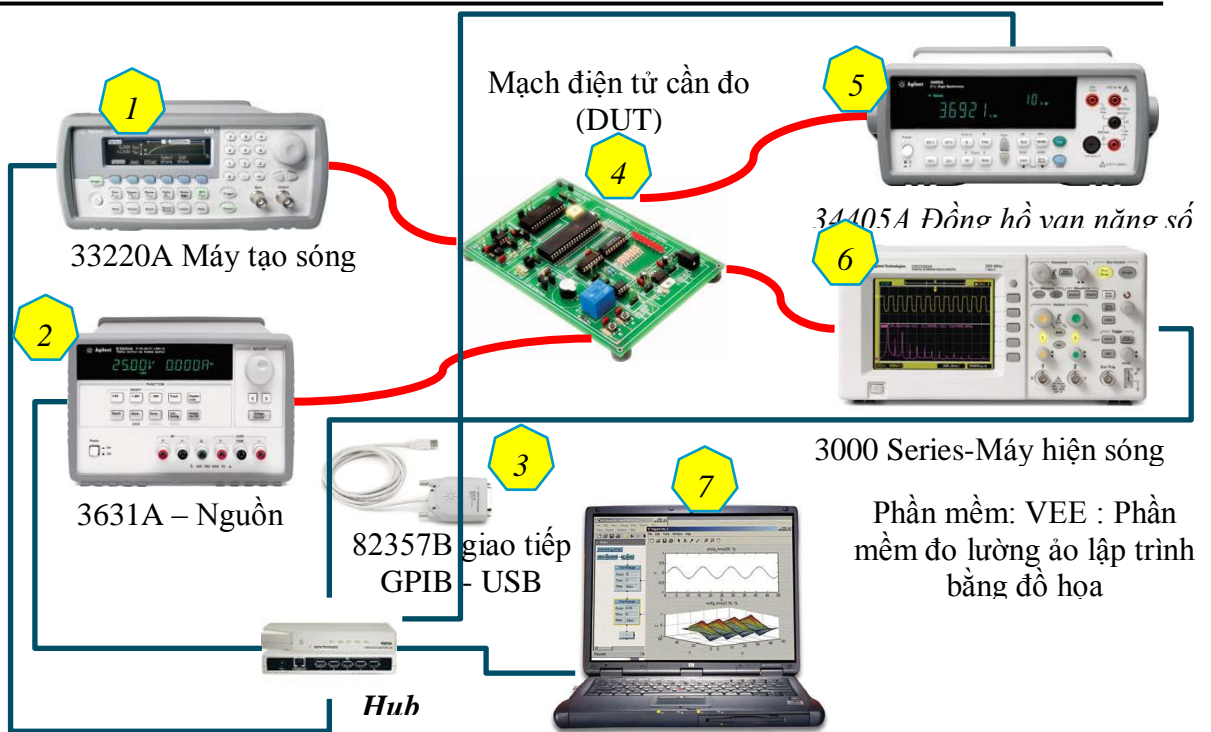
tự động hóa cao hơn, chính xác hơn, giảm nhỏ sai lầm của người sử dụng. Nhiều phép đo, quá trình đo phức tạp có thể được thực hiện nhờ sự trợ giúp của máy tính. Có nhiều mức độ điều khiển khác nhau của máy tính đến máy đo, đến hệ thống đo. Nhiều máy đo có vai trò như là hệ thống thu thập số liệu hay đo lường đa năng, phần mềm cài đặt trên máy tính vừa có nhiệm vụ điều khiển máy đo vừa thu thập số liệu, cũng như vừa có nhiệm vụ tính toán, phân tích, đo lường, đánh giá số liệu thu nhận được từ máy đo và biểu diễn kết quả dưới dạng mong muốn của người sử dụng. Máy tính còn có vai trò điều khiển từ máy đo, thu thập kết quả từ nhiều máy đo khác nhau trong hệ thống đo lường và thực hiện phân tích kết quả đo lường của hệ thống đo đó... Hệ thống thu thập số liệu - DAS là một mô hình hệ thống đo ghép nối với máy tính điển hình, quá trình đo lường được thực hiện chủ yếu trên phần mềm.

Các mô hình ghép nối máy đo với máy tính điển hình như Hình 3.6:

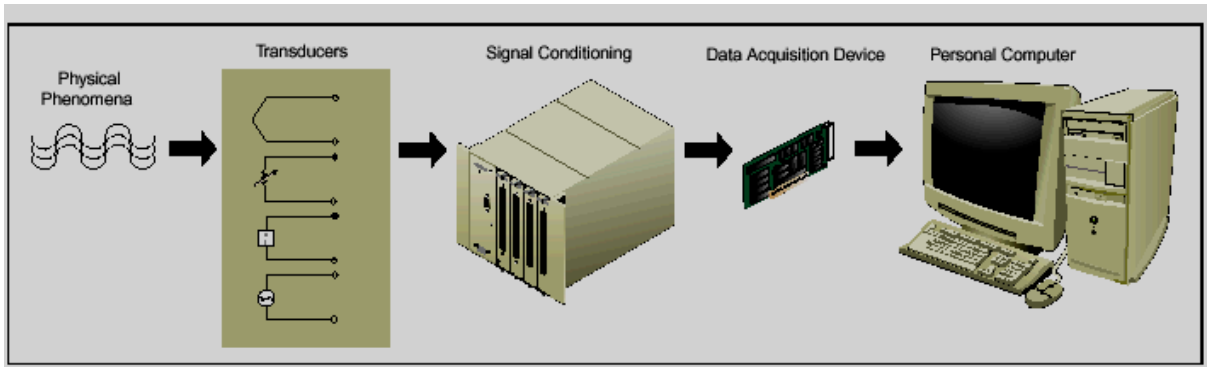
- Máy đo được ghép nối với máy tính
- Nối mạng các máy đo thành hệ thống đo lường
- Hệ thống thu thập số liệu DAS



(a) – Máy đo được ghép nối với máy tính



(b) - Nối mạng các máy đo thành hệ thống đo lường

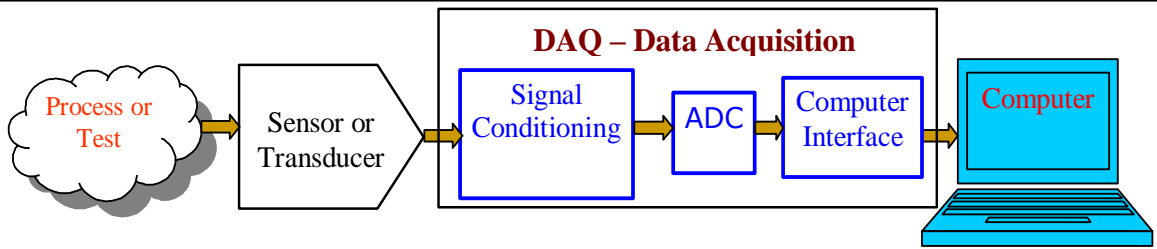


(c) – Hệ thống thu thập số liệu DAS

Hình 3.6 - Hệ thống đo ghép nối với máy tính

**+ Hệ thống thu thập số liệu**

Hệ thống thu thập số liệu DAS (*Data acquisition (DAQ) systems*) là hệ thống thu thập tín hiệu đo lường từ nhiều nguồn khác nhau, thực hiện số hóa rồi thực hiện lưu trữ, phân tích, đo lường, đánh giá, và biểu diễn trên máy tính. DAS gồm các thành phần chính như Hình 3.7:



Hình 3.7 - Hệ thống thu thập số liệu DAS

1. Sensor or Transducer - Thiết bị cảm biến hoặc Chuyển đổi:

Thu nhận các đại lượng vật lý trong thực tế cần đo như nhiệt độ, cường độ sáng, áp suất, lực cơ học, v.v.., thực hiện biến đổi các đại lượng vật lý phi điện đó thành tín hiệu điện có thể đo được như tín hiệu điện áp hoặc tín hiệu dòng điện. Khái niệm Cảm biến và Chuyển đổi đồng nghĩa với nhau trong hệ thống DAS. Có nhiều dạng Thiết bị Chuyển đổi khác nhau, bảng sau giới thiệu một số loại thiết bị Chuyển đổi cho các đại lượng vật lý phổ biến:

<b>Đại lượng</b>	<b>Thiết bị chuyển đổi</b>
<i>Nhiệt độ</i>	<i>Cặp nhiệt điện, RTD, Điện trở nhiệt</i>
<i>Ánh sáng</i>	<i>Cảm biến ánh sáng</i>
<i>Âm thanh</i>	<i>Microphone</i>
<i>Lực và Áp lực</i>	<i>Strain Gage Chuyển đổi áp điện</i>
<i>Vị trí và độ dịch chuyển</i>	<i>Potentiometer, LVDT, Optical Encoder</i>
<i>Gia tốc</i>	<i>Accelerometer</i>
<i>pH</i>	<i>pH Electrode</i>

2. *Signal Conditioning – Thiết bị gia công thông tin đo* (Gọi tắt là *Thiết bị Mạch vào*): Sau thiết bị cảm biến thường yêu cầu có thiết bị gia công thông tin đo để gia công tín hiệu đo phù hợp, chính xác hơn trước khi đưa tới thiết bị số hóa. Thiết bị này có thể bao gồm nhiều chức năng như: khuếch đại tín hiệu, suy hao, lọc nhiễu, cách ly điện, ghép kênh tín hiệu tương tự ... Ngoài ra nhiều loại thiết bị chuyển đổi còn yêu cầu có tín hiệu điện áp hoặc dòng kích thích, hoàn chỉnh mạch cầu, thực hiện tuyến tính hóa, hay khuếch đại để tăng sự chính xác và sự hoàn hảo của thiết bị chuyển đổi. Như vậy Thiết bị mạch vào có vai trò quan trọng trong hệ thống thu thập số liệu nói riêng trong các hệ thống đo số nói chung. Thiết bị mạch vào được thiết kế dưới dạng module độc lập hoặc các card ghép nối với máy tính, tham khảo Hình 3.8.





Hình 3.8 - Các loại thiết bị mạch vào

Mỗi loại Cảm biến hay thiết bị chuyển đổi có yêu cầu về chức năng của Thiết bị mạch vào khác nhau. Bảng sau là đặc tính điện của các loại thiết bị cảm biến phổ biến và yêu cầu của thiết bị mạch vào cơ bản:

**Bảng 3.1 – Các loại thiết bị cảm biến thông dụng**

Sensor	Đặc tính điện	Yêu cầu mạch vào
Thermocouple (Cặp nhiệt điện)	Đầu ra điện áp thấp Độ nhạy thấp Đầu ra phi tuyến	Cảm biến nhiệt chuẩn Mạch khuếch đại hệ số lớn Mạch tuyến tính hóa
RTD	Trở kháng thấp (phổ biến 100 $\Omega$ ) Độ nhạy thấp Đầu ra phi tuyến	Yêu cầu dòng kích thích Cấu hình 4-dây/3-dây Mạch tuyến tính hóa
Strain gauge	Thiết bị trở kháng thấp Độ nhạy thấp Đầu ra phi tuyến	Yêu cầu dòng hoặc điện áp kích thích Mạch khuếch đại hệ số lớn Các nhánh cầu Mạch tuyến tính hóa Điện trở sơn tiêu chuẩn
Thermistor (Điện trở nhiệt)	Điện trở Trở kháng và độ nhạy cao Đầu ra phi tuyến	Cần dòng và điện áp kích thích với các điện trở chuẩn Mạch chỉnh tuyến tính
Active Accelerometers	High-level voltage or current output Linear output	Power source Moderate amplification
AC Linear Variable Differential Transformer (LVDT)	AC voltage output	AC excitation Demodulation Linearization

3. *Data Acquisition Device* - Thiết bị thu thập số liệu: Đây là thiết bị phần cứng thực hiện ghép nối máy tính với thế giới bên

ngoài. Thiết bị thu thập số liệu có nhiệm vụ chủ yếu là số hóa tín hiệu tương tự (biến đổi ADC) và tạo ra chuẩn giao tiếp số với máy tính.

Thiết bị thu thập số liệu và Thiết bị mạch có thể được chế tạo riêng, tuy nhiên cũng có thể được ghép chung và gọi là Bộ thu thập số liệu DAQ.

4. *Máy tính cài phần mềm điều khiển và đo lường*: Máy tính được ghép nối với Thiết bị thu thập số liệu thông qua các chuẩn giao tiếp số điển hình như GPIB, USB, Ethernet, RS232, RS485, .... và được các phần mềm điều khiển thiết bị cũng như phần mềm đo lường. Các quá trình lưu trữ số liệu cũng như thực hiện xử lý số liệu, tính toán đo lường, cũng như hiển thị kết quả được thực hiện trên phần mềm đo lường đó. Ngoài ra hiện nay có có nhiều phần mềm cho phép người sử dụng lập trình để tạo ra các chức năng điều khiển và đo lường mới, điển hình nhất là phần mềm LABVIEW của NI.

### **3.4. MỘT SỐ MẠCH ĐO LƯỜNG VÀ GIA CÔNG TÍN HIỆU ĐO CƠ BẢN**

Trong kỹ thuật đo lường điện tử, quá trình đo lường được thực hiện nhờ mạch đo lường và gia công tín hiệu. Chúng là các mạch điện thực hiện việc thu nhận tín hiệu đo, biến đổi, gia công, so sánh, tính toán ... tín hiệu đo và được phối hợp với nhau trong một hệ vật lý thống nhất tạo ra các thiết bị đo, máy đo, hệ thống đo.

Theo chức năng của các mạch đo và gia công tín hiệu ta có thể phân loại thành nhiều loại mạch đo như sau:

- *Mạch tỉ lệ*: Mạch thực hiện một phép nhân, hoặc chia tín hiệu với hệ số  $k$ , ví dụ như: Mạch suy giảm (mạch phân áp, chia dòng), biến áp, biến dòng, mạch ghép và chia công suất, v.v..

- *Mạch khuếch đại*: Cũng giống như mạch tỉ lệ, mạch khuếch đại có nhiệm vụ nhân thêm tham số nào đó của tín hiệu với một hệ số K (hệ số khuếch đại), tuy nhiên ở mạch khuếch đại thì công suất ra lớn hơn công suất vào (điều này ngược với mạch tỉ lệ), nghĩa là đại lượng đầu vào điều khiển đại lượng ra).

- *Mạch gia công và tính toán*: bao gồm các mạch thực hiện các phép tính đại số như cộng, trừ, nhân, chia, tích phân, vi phân, v.v..

- *Mạch so sánh tương tự*: là mạch so sánh giữa 2 điện áp.

- *Mạch cầu*.

- *Mạch tạo hàm*: Là mạch tạo ra những hàm số theo yêu cầu của phép đo nhằm mục đích tuyến tính hóa các đặc tính của tín hiệu đo ở đầu ra các bộ phận cảm biến, ví dụ như các mạch bình phương, lũy thừa (exp), logarit (log), v.v..

- *Mạch biến đổi A/D, D/A, mạch S&H (lấy mẫu và giữ mẫu)*.

- *Mạch lọc và mạch cộng hưởng tương tự*.

- *Mạch số và vi xử lý*.

...

Mạch điện được sử dụng trong đo lường điện tử rất đa dạng, một số mạch đo đặc thù trong đo lường mới được trình bày trong phần này.

### **3.5. CƠ CẤU CHỈ THỊ ĐO LƯỜNG**

Cơ cấu chỉ thị đóng một vai trò quan trọng trong thiết bị đo, nó có nhiệm vụ hiển thị chính xác kết quả đo dưới dạng phù hợp với khả năng nhận biết của con người. Cơ cấu chỉ thị cũng ảnh hưởng đến độ chính xác, tốc độ của máy đo... Trong thực tế có nhiều dạng cơ cấu chỉ thị khác nhau dùng cho đo lường, mỗi loại cơ cấu đo có những ưu nhược điểm khác nhau về kỹ thuật đo, giá

thành, về công nghệ chế tạo... Các loại cơ cấu chỉ thị phổ biến như sau:

- + Các cơ cấu chỉ thị kim.
- + Ống tia điện tử CRT
- + Cơ cấu chỉ thị số (dùng LED 7 đoạn hay LCD 7 đoạn).
- + Màn hình ma trận (LED, LCD, Flasma, OLED...).

### **3.5.1 Cơ cấu chỉ thị kim (Cơ cấu đo điện cơ bản - CCD)**

Cơ cấu chỉ thị kim hay còn gọi là cơ cấu đo điện cơ bản (CCĐ) dùng nhiều trong các thiết bị đo điện (như đo dòng điện, đo điện áp, đo công suất, đo điện trở, ...) ở tần số thấp. Đây là những dụng cụ đo biến đổi thẳng. Đại lượng điện cần đo  $X$  (dòng điện mang thông tin của đối tượng đo) được biến đổi thành góc quay của phần động (phần có gắn kim chỉ thị)  $\alpha$  với phần tĩnh  $\beta$   $f(X)$

#### ***Nguyên lý cấu tạo chung của CCD:***

Cấu tạo của CCD bao gồm 2 thành phần cơ bản : phần tĩnh và phần động. CCD hoạt động theo nguyên tắc biến đổi liên tục điện năng thành cơ năng làm quay phần động của nó. Trong quá trình quay lực cơ sinh công cơ học một phần thắng lực ma sát, một phần làm biến đổi thế năng phần động.

Quá trình biến đổi năng lượng trong CCD như sau: Khi có dòng điện  $I_x$  (hoặc điện áp  $U_x$ ) vào CCD sẽ có sự biến đổi thành năng lượng điện từ  $W_e$ ,  $W_e$  tạo ra sự tương tác với phần động và phần tĩnh và tạo ra Momen quay  $M_q$  làm quay phần động một góc  $\alpha$  tỷ lệ với  $f(I_x)$  hoặc  $f(U_x)$ .

Giả sử cơ cấu đo có  $n$  phần tĩnh điện (mang điện tích) và  $n$  cuộn dây.

Thông thường điện áp được đưa vào cuộn dây. Năng lượng điện từ sinh ra được xác định như sau:

$$W_e = \frac{1}{2} \sum_{i,j} C_{ij} U_{ij}^2 + \sum_i L_i I_i^2 + \sum_{i,j} M_{ij} I_i I_j$$

Trong đó:

+  $i$  : cuộn dây thứ  $i$ .

+  $j$  : phần tử mang điện tích thứ  $j$ .

+  $C_{ij} U_{ij}^2$  điện áp và điện dung giữa 2 phần tử tích điện  $i$  và  $j$ .

+  $I_i I_j$  : dòng điện trong các cuộn dây  $i$  và  $j$ .

+  $L_i$ : điện cảm của cuộn dây  $i$

+  $M_{ij}$ : hồ cảm giữa hai cuộn dây  $i$  và  $j$

Năng lượng điện từ sinh ra và phụ thuộc vào điện áp, điện dung, dòng điện, cuộn cảm, và hồ cảm.

Tương tác giữa phần tĩnh và phần động tạo ra 1 momen quay bằng sự biến thiên của năng lượng từ trên sự biến thiên góc quay.  $M_q = \frac{dW_e}{d\alpha}$

Để tạo ra sự phụ thuộc giữa góc quay và giá trị đo, trong khi đo người ta sử dụng thêm lò xo phản kháng để tạo ra momen phản kháng chống lại sự chuyển động của phần động.

$$M_{pk} = D \alpha$$

Trong đó:  $D$  là hệ số của lò xo phản kháng,  $\alpha$  là góc lệch của kim chỉ thị.

Kim chỉ thị sẽ dừng lại ở vị trí cân bằng khi:







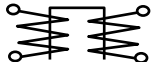

$$M_{pk} = M_q \Rightarrow D \alpha = \frac{dW_e}{d\alpha} \Rightarrow \frac{1}{D} \frac{dW_e}{d\alpha}$$

$W_e$  : phụ thuộc vào điện áp  $U_x$ , dòng điện  $I_x$  đặt vào cuộn dây.

Biểu thức trên được gọi là phương trình đặc trưng của thang đo, cho ta biết đặc tính của thang đo và tính chất của CCD.

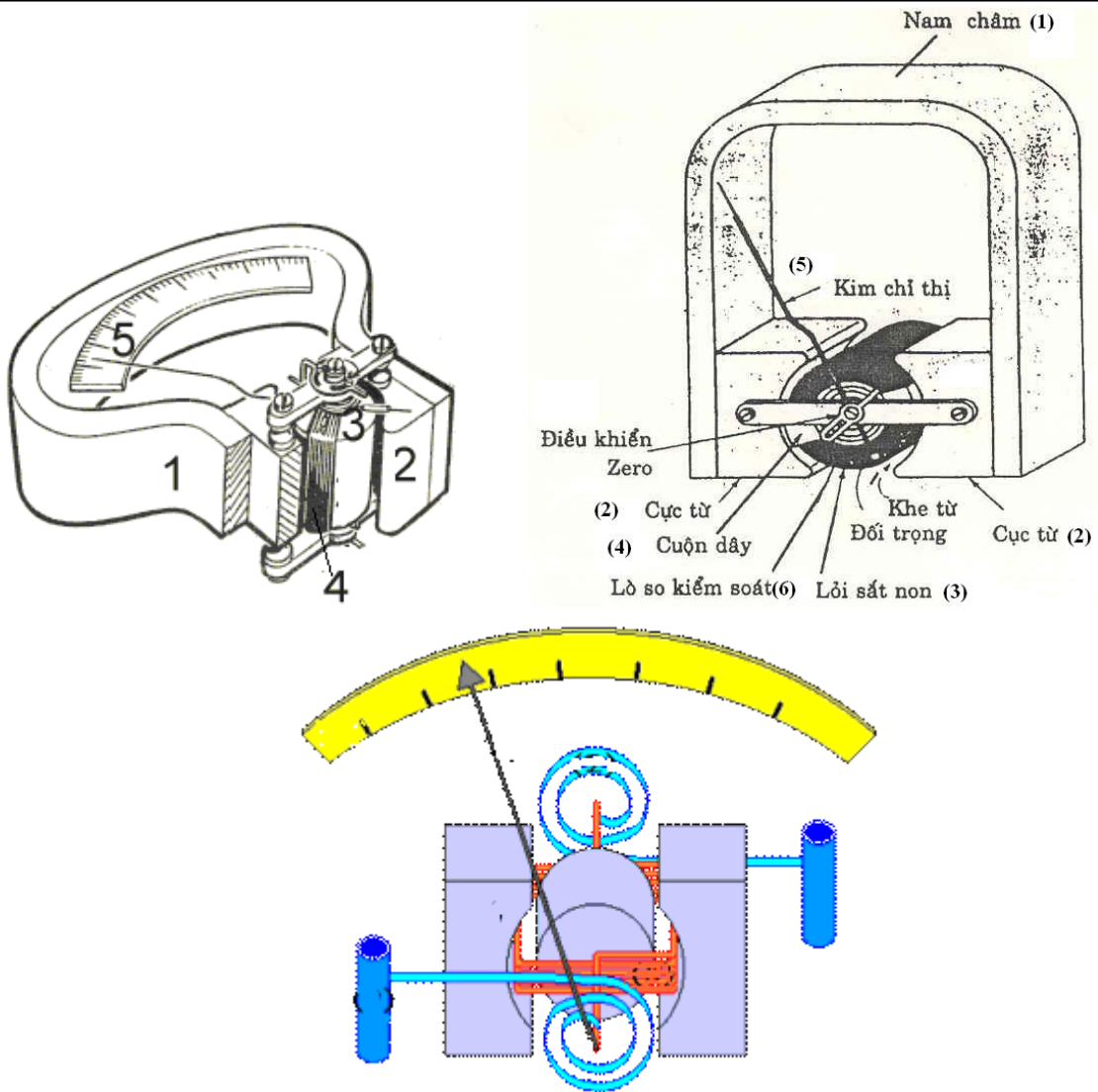
Ngoài 2 momen cơ bản trên, trong thực tế phần độ còn chịu tác dụng của nhiều momen khác như momen ma sát, momen cản dũa, momen động lượng ...

Mỗi dạng cơ cấu đo có cách tạo ra năng lượng điện từ và cách biến đổi thành cơ năng tạo ra momen quay khác nhau. Dựa vào các biến đổi đó người ta phân chia CCD thành các loại khác nhau như sau:

<i>Loại cơ cấu đo</i>	<i>Ký hiệu</i>
<i>Cơ cấu đo từ điện</i>	
<i>Cơ cấu đo điện từ</i>	
<i>Cơ cấu đo điện động</i>	
<i>Cơ cấu đo tĩnh điện</i>	
<i>Cơ cấu đo cảm ứng</i>	
<i>Logô mét điện động</i>	
<i>Logô mét điện từ</i>	
<i>Logô mét từ điện</i>	

**a. Cơ cấu đo từ điện**

Cơ cấu đo từ điện hoạt động theo nguyên lý biến đổi điện năng thành cơ năng tạo ra momen quay nhờ sự tương tác giữa từ trường của 1 nam châm vĩnh cửu và từ trường của dòng điện I qua khung dây động.



Hình 3.9 – Cấu tạo của cơ cấu đo từ điện

### Cấu tạo

Cấu tạo của cơ cấu đo từ điện như hình Hình 3.9, gồm 2 phần cơ bản:

**Phần tĩnh:** Gồm *nam châm vĩnh cửu (1)* hình chữ U được chế tạo bằng thép đặc biệt như hợp kim Vonfram, hợp kim Crôm, 2 *má cực từ (2)*, *lõi sắt từ hình trụ (3)*. Giữa (2) và (3) tạo thành khe hẹp hình vành khuyên cho phép khung dây quay xung quanh và có từ trường đồng hướng tâm, khe hẹp này có độ từ cảm B đồng đều.

**Phần động:** Gồm :



- *Khung quay (4)* – khung chữ nhật bằng nhôm, trên khung có cuộn dây đồng các điện (cỡ 0,03 mm) cho phép dòng điện I chạy qua. Toàn bộ khối lượng khung quay phải càng nhỏ càng tốt sao cho momen quán tính rất nhỏ. Khung quay được đặt trên trục quay hoặc bởi dây treo. Dòng điện I được đưa vào khung dây thông qua trục của khung dây.

- *Kim chỉ thị (5)* được gắn chặt trên trục quay hoặc dây treo. Phía sau kim chỉ thị có mang đối trọng để sao cho trọng tâm của kim chỉ nằm trên trục quay hoặc dây treo và ngoài ra còn có vít điều chỉnh lệch không (Điều khiển zero).

- *Lò xo phản kháng (6)* một đầu gắn vào trục quay đầu kia được giữ cố định có nhiệm vụ kéo kim chỉ thị về vị trí ban đầu hoặc tạo ra lò xo phản kháng giữ kim chỉ thị tại vị trí cân bằng.

### **Nguyên lý hoạt động**

Khi có dòng điện I qua khung dây sẽ tạo nên năng lượng điện từ và tương tác với từ trường B của nam châm vĩnh cửu tạo ra momen quay:

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

Trong đó:  $d\Phi$  là độ biến thiên của từ thông qua khung dây N vòng, diện tích là S:

$$d\Phi = B.N.S.d\alpha$$

+  $d\alpha$ : độ biến thiên góc quay của khung dây.

$$\Rightarrow M_q = I.B.N.S$$

Mômen quay  $M_q$  làm quay khung dây, giả sử kim chỉ thị lệch một góc  $\alpha$  thì momen phản kháng do lò xo (6) sinh ra tác động lên khung dây tăng:  $M_{pk} = D.\alpha$  (D- Hệ số của lò xo phản kháng).

Kim chỉ thị sẽ dừng lại ở vị trí cân bằng khi:

$$M_q \propto I_{pk}$$

$$\propto B.N.S \cdot D$$

$$\propto \frac{B.N.S}{D} \cdot I \propto S_0 \cdot I$$

Trong điều kiện tiêu chuẩn  $S_0 \propto \frac{B.N.S}{D} = const$  - được gọi là độ nhạy của CCD từ điện.

**Kết luận:** Độ lệch góc quay của kim chỉ thị tỷ lệ tuyến tính với cường độ dòng điện qua khung dây. Như vậy, có thể khắc độ thang đo của dòng điện I tuyến tính theo góc quay của kim chỉ thị.

**Đặc tính của cơ cấu đo từ điện:**

- Thang đo tuyến tính.
- Chỉ làm việc với dòng 1 chiều qua khung dây.
- Độ nhạy dòng điện của cơ cấu đo từ điện:

$$S_i \propto \frac{d\alpha}{dI} \propto S_0$$

Nghĩa là độ nhạy dòng điện được tương ứng với sự biến thiên của góc quay khi có sự biến thiên của dòng điện. Trong thực tế người ta thường dùng tham số dòng điện toàn thang  $I_{tt}$  – dòng điện lớn nhất cho phép qua CCD và khi đó kim chỉ thị vị trí cực đại  $\alpha_x$  (thường bằng khoảng  $105^\circ$ ) – để chỉ độ nhạy. Có thể tăng độ nhạy bằng cách tăng  $M_q$  và giảm  $M_{pk}$ .

- Dòng toàn thang ( $I_{tt}$ ) rất nhỏ (vài mA)
- Độ nhạy điện áp của cơ cấu:  $S_v \propto \frac{d\alpha}{dU}$ . Nếu nội trở của khung dây là  $R_i$  thì:

$$S_v \propto \frac{d\alpha}{R_i dI} \propto \frac{1}{R_i} S_i$$

Ưu điểm của cơ cấu đo từ điện: CCD từ điện có ưu điểm so với những CCD khác nhờ những điểm sau đây:

- Độ chính xác cao, có thể tạo ra các thang đo có cấp chính xác tới 0,5%, do từ trường của nam châm vĩnh cửu mạnh nên độ nhạy ít bị ảnh hưởng của từ trường bên ngoài.

- Công suất tiêu thụ nhỏ, tùy theo dòng  $I_{tt}$  mà công suất tiêu thụ khoảng từ 25  $\mu$ W đến 200  $\mu$ W.

- Phương trình đặc tính là tuyến tính nên có thể tạo thang đo tuyến tính.

Nhược điểm của cơ cấu đo từ điện

- Cuộn dây của khung quay thường chịu đựng quá tải nhỏ nên thường dễ bị hư hỏng nếu có dòng điện quá lớn đi qua.

- Chỉ sử dụng với dòng một chiều.

- Cấu tạo phức tạp, dễ bị hư hỏng khi có va đập mạnh.

### **Ứng dụng:**

Cơ cấu đo từ điện được dùng rất nhiều làm cơ cấu chỉ thị cho các thiết bị đo điện như Vôn mét, Ampe mét, dụng cụ đo điện vạn năng, cơ cấu chỉ thị trong phép đo cầu cân bằng...



**Hình 3.7 - Một số thiết bị đo điện sử dụng CCD từ điện**

**b. Cơ cấu đo điện từ**

Cơ cấu đo điện từ hoạt động theo nguyên lý: năng lượng điện từ được biến đổi liên tục thành cơ năng nhờ sự tương tác giữa từ trường của cuộn dây tĩnh khi có dòng điện đi qua với phần động của cơ cấu là các lá sắt từ.

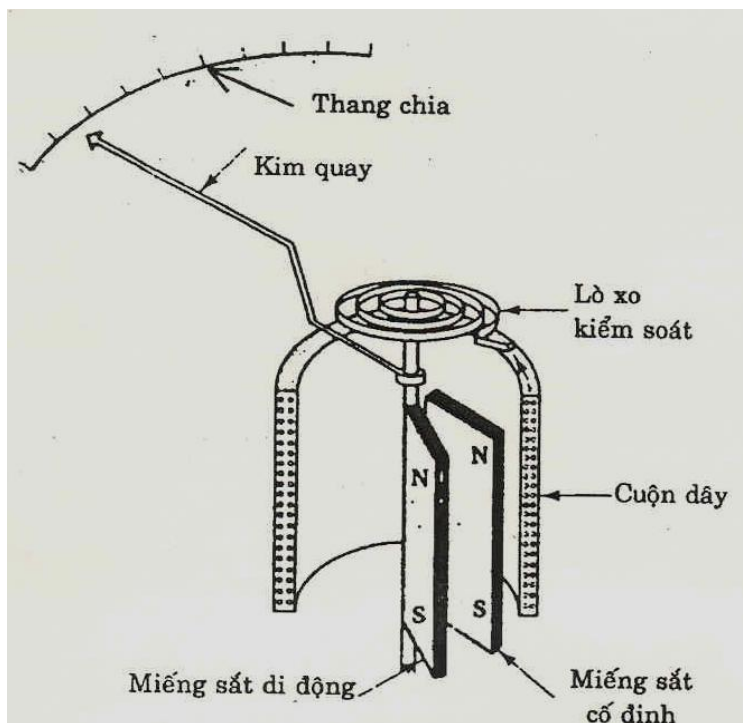
CCĐ điện từ có 2 loại:

Loại lực hút (loại cuộn dây hình dẹt) có cấu tạo như Hình 3.10.

Loại lực đẩy (loại cuộn dây hình tròn) có cấu tạo như Hình 3.11.

**Cấu tạo**

+ **Loại cuộn dây hình tròn:**

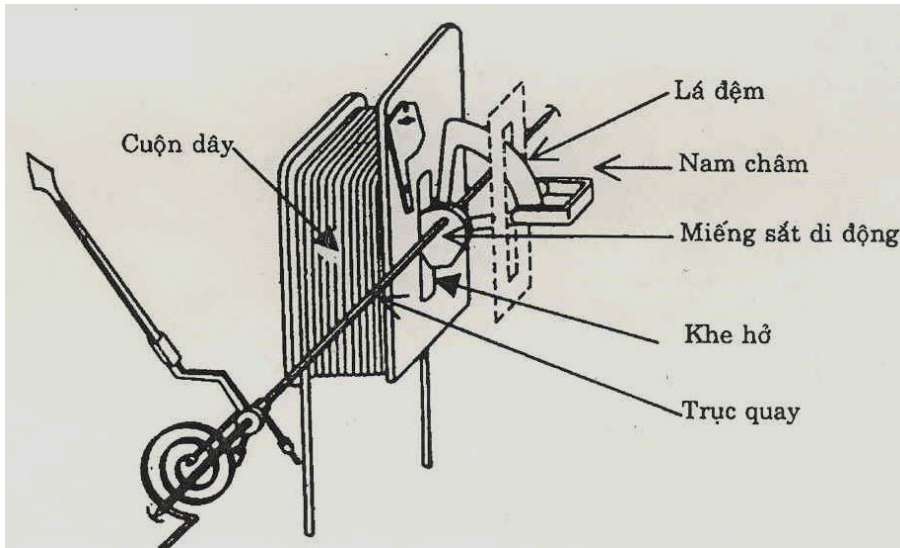


**Hình 3.10 - Cơ cấu điện từ loại cuộn dây hình tròn**

- Phần tĩnh: là 1 cuộn dây hình trụ, phía trong thành ống có gắn lá sắt từ mềm uốn quanh.

- Phần động: gồm 1 lá sắt từ cũng được uốn cong và gắn vào trục quay nằm đối diện. Trên trục quay có gắn kim chỉ thị và lò xo phản kháng.

+ **Loại cuộn dây dẹt:**



**Hình 3.11 – Cơ cấu điện từ loại cuộn dây dẹt**

- Phần tĩnh: gồm 1 cuộn dây dẹt, ở giữa có 1 khe hẹp.
- Phần động: Gồm 1 đĩa sắt từ được gắn lệch tâm, chỉ 1 phần nằm trong khe hẹp và có thể quay xung quanh trục. Trên trục của đĩa sắt từ có gắn kim chỉ thị và lò xo phản kháng.

**Nguyên lý hoạt động chung:**

Cuộn dây tĩnh khi có dòng điện I (một chiều hoặc xoay chiều) đi qua sẽ tạo ra 1 năng lượng từ:

$$W_{dt} = \frac{1}{2} LI^2$$

Trong đó: L là điện cảm cuộn dây, tùy thuộc vào vị trí tương đối của lá sắt từ động và tĩnh.  $L=f(x)$ .

Momen quay là:  $M_q = \frac{dW_{dt}}{dx}$

Khi kim chỉ thị quay, mômen phản kháng tăng:  $M_{pk} = -D$

Tại vị trí cân bằng:

$$M_{pk} = \frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\theta}$$

$$S_0 = \frac{1}{2D} \frac{dL}{d\theta} I^2$$

$$S_0 I^2$$

Góc quay của kim chỉ thị tỷ lệ với bình phương của dòng điện qua cuộn dây.



Hình 3.12 – Đồng hồ đo điện áp cao sử dụng CCD điện từ

**Đặc điểm của CCD điện từ:**

- Tiêu thụ năng lượng nhiều hơn cơ cấu đo từ điện.
- Làm việc được với cả dòng điện một chiều và xoay chiều.
- Thang đo phi tuyến.
- Công nghệ chế tạo dễ dàng hơn, cơ cấu vững chắc, khả năng chịu tải tốt.
- Độ nhạy kém do từ trường phần tĩnh yếu.
- Có hiện tượng từ dư trong lá sắt non nên kém chính xác hơn cơ cấu đo từ điện.
- Do từ trường tạo ra bởi cuộn dây nhỏ nên dễ bị ảnh hưởng bởi từ trường bên ngoài, cần phải bảo vệ bằng cách chắn từ cho cơ cấu.

- Độ chính xác thấp do dễ bị ảnh hưởng của từ trường bên ngoài và do tổn hao của sắt từ lớn. Tuy nhiên vẫn được dùng nhiều trong các loại đồng hồ đo điện áp cao.

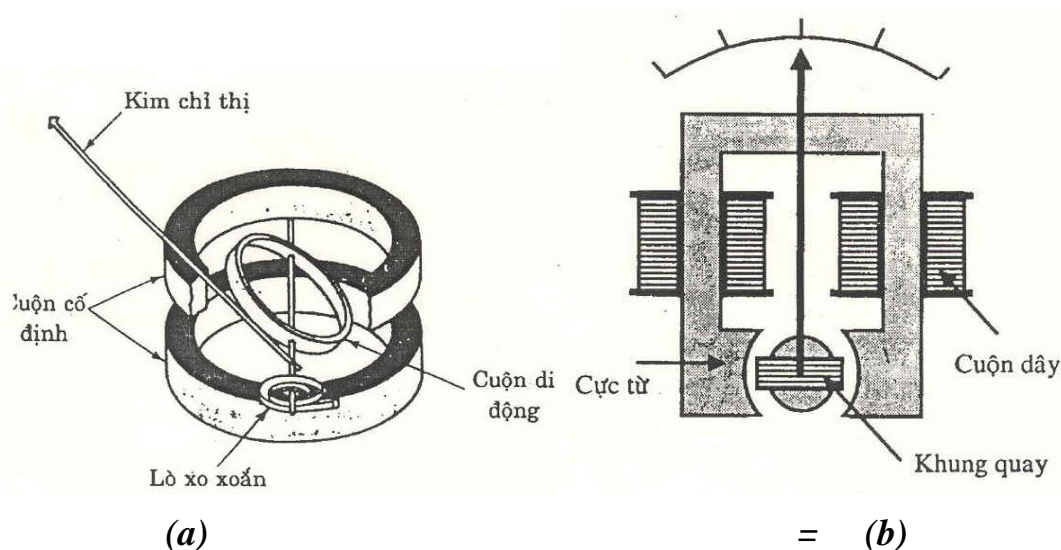
**c. Cơ cấu đo điện động**

Là cơ cấu có sự phối hợp giữa cơ cấu từ điện và cơ cấu điện từ. Hoạt động theo nguyên lý biến đổi liên tục điện năng thành cơ năng nhờ sự tương tác giữa từ trường của cuộn dây tĩnh và cuộn dây động khi có dòng điện đi qua.

**Cấu tạo**

Cơ cấu đo điện động cũng có 2 loại là Cơ cấu điện động (a) và cơ cấu sắt điện động (b), cấu tạo như Hình 3.13 .

Cấu tạo cơ cấu điện động gồm có cuộn dây tĩnh và cuộn dây động (khung quay). Thông thường cuộn dây động không có lõi sắt non tránh được hiện tượng từ trễ và dòng điện xoáy. Cuộn động nằm trong vùng từ trường được tạo ra bởi cuộn tĩnh. Nếu cuộn tĩnh được cuốn trên một lõi sắt từ thì đó là cơ cấu sắt điện động.



**Hình 3.13 – Cơ cấu đo điện động**

**Nguyên lý hoạt động**

Khi có dòng điện  $I_1, I_2$  (một chiều hoặc xoay chiều) đi vào cuộn dây động và cuộn tĩnh sẽ tạo ra momen quay:

$$M_q = K_q I_1 I_2 = NBSI_1 I_2 \text{ (dòng điện DC)}$$

$$\text{Hoặc } M_q = K_q \int i_1 i_2 dt \text{ (dòng điện AC)}$$

$$\text{Vậy góc quay } \frac{K_q}{D} I_1 I_2 \text{ hoặc } \frac{K_q}{D} \int i_1 i_2 dt$$

Trong đó  $D$  là hệ số của lò xo phản kháng hoặc của dây treo.

Để thang đo tuyến tính theo  $I_1 I_2$  thì  $K_q/D$  là hằng số.

### Đặc điểm của cơ cấu đo điện động

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

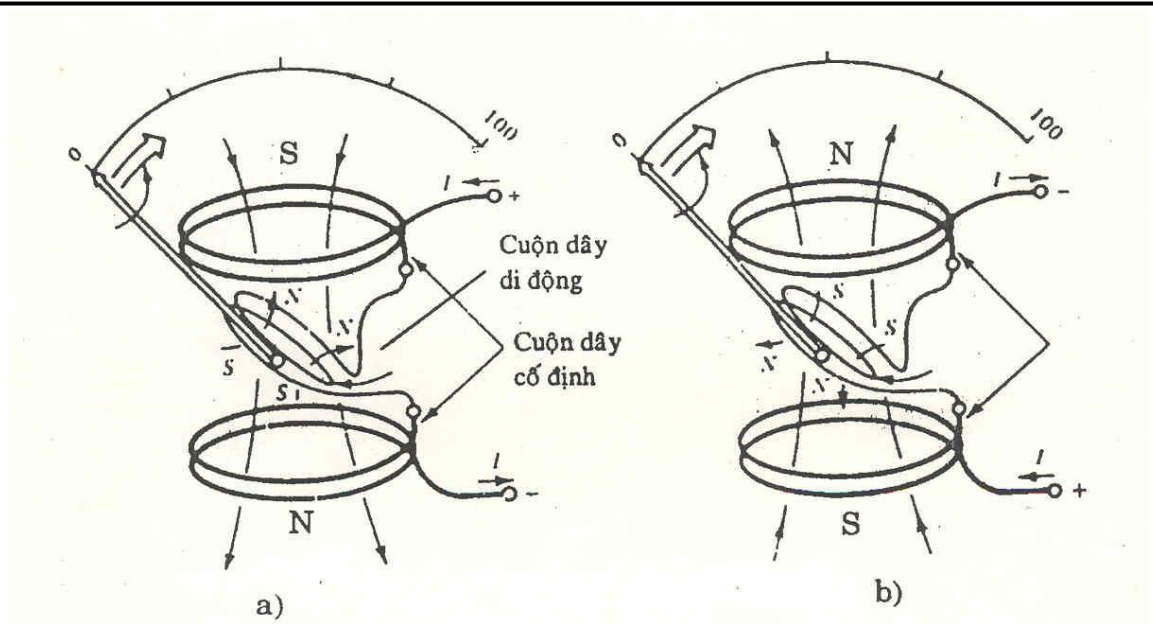
Thường dùng làm bộ chỉ thị cho Vônmet hoặc Ampemét hay Watt mét công suất tải 1 pha hay 3 pha.

Ngoài ra người ta còn sử dụng để chế tạo tỷ số kế điện động dùng đo hệ số công suất  $\cos \phi$

Chiều quay của cơ cấu điện động và sắt điện động được xác định trước khi hoạt động với dòng xoay chiều (như Hình 3.14). Như vậy khi kim chỉ thị của cơ cấu bị lệch ngược thì phải đổi cực tính của cuộn dây để kim chỉ thị quay thuận

Cơ cấu điện động hay được sử dụng cho thiết bị đo công suất của điện áp cao.





Hình 3.14 – Chiều quay của kim chỉ thị phụ thuộc vào chiều dòng điện



Hình 3.15 – Đồng hồ đo công suất điện áp cao dùng CCD điện động.

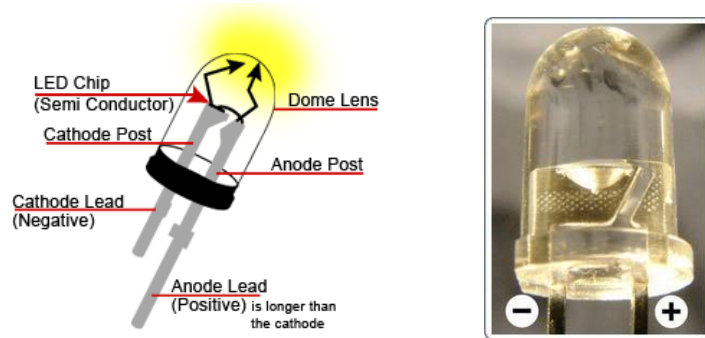
### 3.5.2 Thiết bị chỉ thị dùng LED

#### a. Cơ cấu chỉ thị dùng LED- Light emitting diode

##### a.1. LED đơn

LED là một tiếp xúc p-n, vật liệu chế tạo đều là các liên kết của nguyên tố nhóm 3 và nhóm 5 của bảng hệ thống tuần hoàn

**Mendeleeev** như GaAs (LED có màu đỏ), GaP (LED có màu đỏ hoặc màu lục), GaAsP (LED có màu đỏ hoặc vàng).



Hình 3.16 – LED đơn

Khi LED được phân cực thuận các hạt dẫn đa số khuếch tán ồ ạt qua tiếp xúc P-N (điện tử tự do từ n sang p, lỗ trống từ p sang n) chúng gặp nhau sẽ tái hợp và phát sinh ra photon ánh sáng. Cường độ phát sáng của LED tỉ lệ với dòng điện qua điốt. Độ sụt áp khi phân cực thuận điốt là 1,2V và dòng thuận khi có độ chói hợp lí là 20mA.

Để có ánh sáng có màu khác nhau thì sử dụng loại bán dẫn khác nhau hoặc dùng nhựa bọc có màu khác nhau. Thông thường LED phát ra tia hồng ngoại hên người ta thường bao quanh LED một lớp Phosphor vì vậy do bức xạ của Phosphor nhìn thấy ta nhận ra được ánh sáng phát ra.

Nhược điểm của LED là cần dòng tương đối lớn, nhưng ưu điểm của nó là nguồn điện áp một chiều thấp, khả năng chuyển mạch nhanh, bền, kích thước nhỏ.

### ➤ Tính chất của LED

Tùy theo mức năng lượng giải phóng cao hay thấp mà bước sóng ánh sáng phát ra khác nhau (tức màu sắc của LED sẽ khác nhau). Mức năng lượng (và màu sắc của LED) hoàn toàn phụ thuộc vào cấu trúc năng lượng của các nguyên tử chất bán dẫn. LED thường có điện thế phân cực thuận cao hơn điốt thông

thường, trong khoảng 1,5 đến 3Volt. Nhưng điện thế phân cực nghịch ở LED thì không cao. Do đó, LED rất dễ bị hư hỏng do điện thế ngược gây ra.

### ➤ **Cách xác định hai cực của LED**

Để phân biệt chân Anode và chân Catode của LED, ta dùng đồng hồ kim để ở thang đo điện trở. Hai đầu que đo có điện áp (do nguồn pin lắp trong đồng hồ phát ra) que đen là dương nguồn, que đỏ là âm nguồn. Khi có thông dòng qua LED làm LED sáng, cực nào của LED nối que dương là cực dương, cực kia là cực âm.

Hai cực của LED có thể phân biệt bằng cách nhìn vào 2 khối bán dẫn nằm bên trong LED, cái nào to hơn là cực âm, nhỏ hơn là cực dương.

### ➤ **Chọn điện trở cho LED**

Việc mắc nối tiếp R để hạn chế dòng điện qua LED là cần thiết. Dòng điện sẽ quyết định cường độ sáng của LED, có nghĩa là khi tăng dòng lên thì LED sẽ sáng mạnh hơn, thông thường từ 10 đến 20mA.

Khi có dòng chạy qua, thì điện áp rơi trên LED ở khoảng 1,6V. Vì vậy nên lắp thêm R để điều khiển dòng - điều chỉnh độ sáng theo mong muốn.

Thông số cơ bản khi chọn LED:

<b>Màu</b>	<b>Điện áp</b>
<i>Infrared</i>	<i>1.6 V</i>
<i>Red</i>	<i>1.8 V ÷ 2.1 V</i>
<i>Orange</i>	<i>2.2 V</i>
<i>Yellow</i>	<i>2.4 V</i>
<i>Green</i>	<i>2.6 V</i>
<i>Blue</i>	<i>3.0 V ÷ ÷ 3.5 V</i>

White	$3.0\text{ V} \div 3.5\text{ V}$
Ultraviolet	$3.5\text{ V}$

### **-Ứng dụng của LED.**

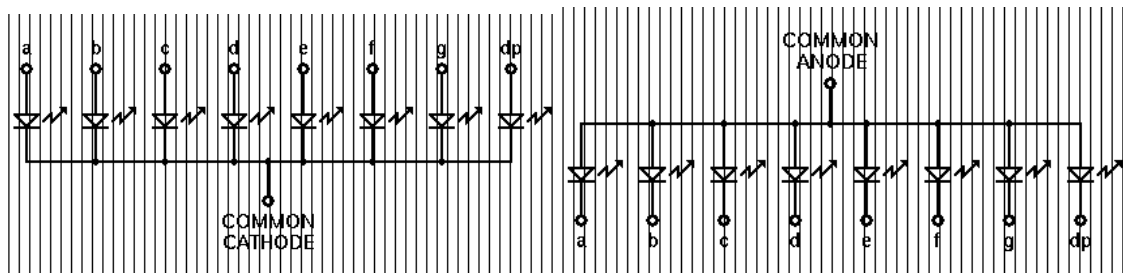
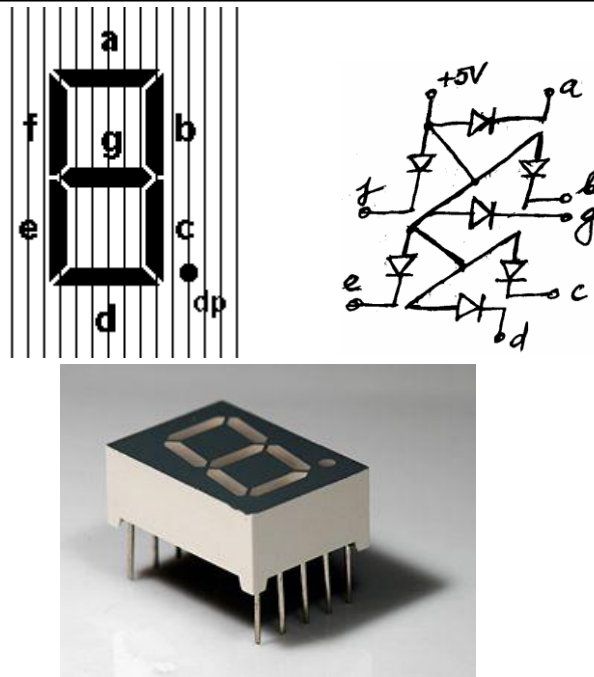
Ngày nay, LED được coi là một giải pháp tiết kiệm năng lượng mới. Với các ưu điểm nổi bật như tiêu hao nhiệt rất ít, LED hầu như không nung nóng môi trường xung quanh; ánh sáng đèn LED ổn định, không gây chói, mỏi mắt, không phát ra tia cực tím; đèn LED có tuổi thọ lên đến 80.000 – 100.000 giờ. Vì vậy, đèn LED ngày càng được ứng dụng nhiều trong thực tế. LED được dùng để làm bộ phận hiển thị trong các thiết bị điện, điện tử, biển quảng cáo, đèn trang trí, đèn giao thông... Đèn chiếu sáng bằng LED có ưu điểm bền, gọn nhẹ, tiết kiệm năng lượng.

+ LED được dùng làm bộ phận hiển thị trong các thiết bị điện tử



### **a.2. LED 7 đoạn**

Các dụng cụ đo hiển thị số thường dùng bộ chỉ thị 7 đoạn sáng LED ghép lại với nhau theo hình số 8. Khi cho dòng điện chạy qua những đoạn thích hợp có thể hiện hình bất kì số nào từ 0-9.



Hình 3.17 - Cơ cấu LED 7 đoạn

Các cách mắc LED thông dụng: LED 7 đoạn sáng Anốt chung, LED 7 đoạn sáng Katốt chung.

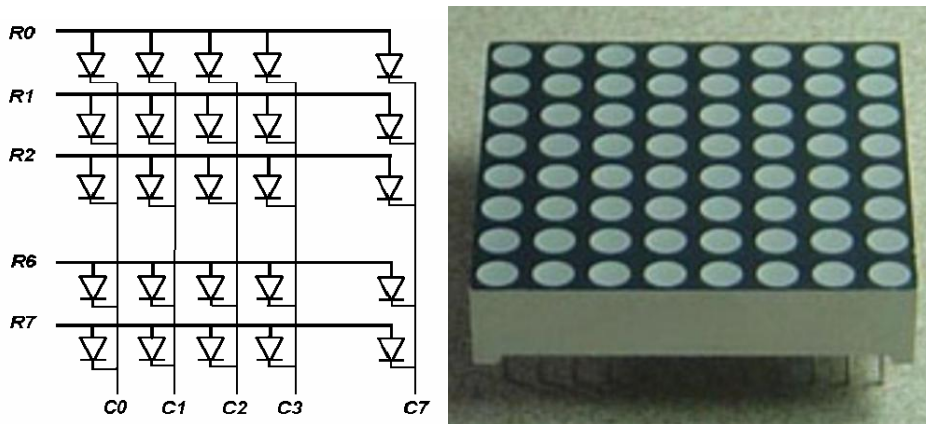
*LED 7 đoạn sáng Katốt chung:* Katốt của tất cả các điốt đều được nối chung với điểm có điện thế bằng 0 (hay cực âm của nguồn). Tác động vào đầu vào (Anốt) của điốt mức logic 1 → điốt sáng.

*LED 7 đoạn sáng Anốt chung:* các anốt được nối chung với cực dương của nguồn (mức logic 1). Tác động vào đầu vào (Katốt) của điốt mức logic 0 → điốt sáng.

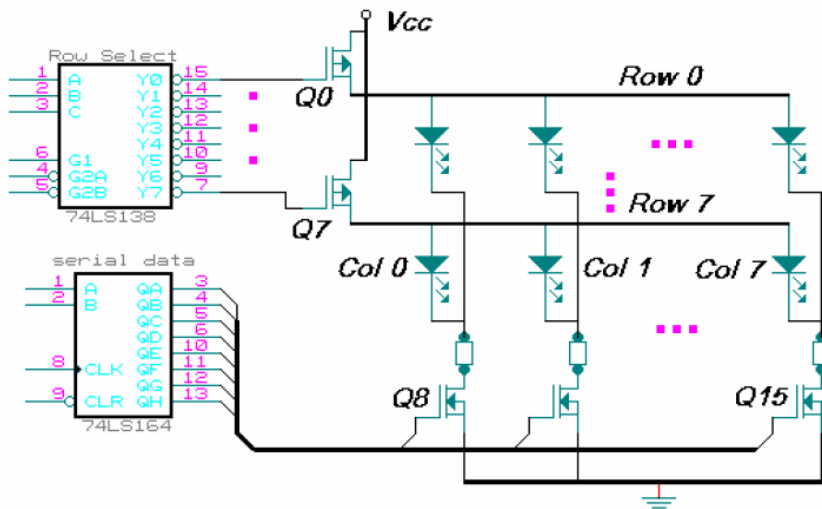
### a.3. Màn hình ma trận LED

Các điểm LED được sắp xếp thành ma trận điểm sáng. Ví dụ ma trận LED8x8 như Hình 3.18, trong đó các tín hiệu điều khiển

hàng  $R_i$  được nối với Anode của tất cả các LED trên cùng một hàng, còn các tín hiệu điều khiển cột  $C_j$  cũng được nối với Cathode của tất cả các LED trên cùng một cột. Khi có một tín hiệu điều khiển ở cột và hàng, các chân Anode của các led trên hàng tương ứng được cấp điện áp cao, đồng thời các chân Cathode của các led trên cột tương ứng được cấp điện áp thấp. Tuy nhiên lúc đó chỉ có một LED sáng, vì nó có đồng thời điện thế cao trên Anode và điện thế thấp trên Cathode. Như vậy khi có một tín hiệu điều khiển hàng và cột, thì tại một thời điểm chỉ có duy nhất một led tại chỗ gặp nhau của hàng và cột là sáng. Các bảng quang báo với số lượng led lớn hơn cũng được kết nối theo cấu trúc như vậy.

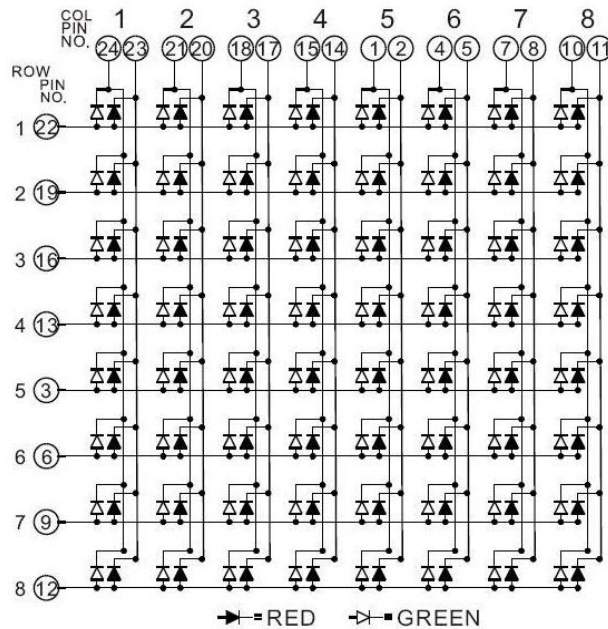


*Hình 3.18 Ma trận LED*





Hình 3.19 - Ví dụ mạch điều khiển ma trận LED



Hình 3.20 - Sơ đồ chân ma trận LED 8x8 hai màu (M23088C/DEG)

Ma trận led có thể là loại chỉ hiển thị được một màu hoặc hiển thị được 2 màu trên một điểm, khi đó led có số chân ra tương ứng: đối với ma trận LED 8x8 hiển thị một màu thì số chân ra là 16, trong đó 8 chân dùng để điều khiển hàng và 8 chân còn lại dùng để điều khiển cột. Đối với loại 8x8 có 2 màu thì số chân ra của LED là 24 chân, trong đó có 8 chân dùng để điều khiển cột (hoặc hàng) chung cho cả hai màu, 16 chân còn lại thì 8 chân dùng để điều khiển hàng (hoặc cột) của màu thứ nhất, 8 chân còn lại dùng để điều khiển hàng (hoặc cột) của màu thứ 2.

### 3.5.3 Thiết bị chỉ thị dùng LCD - Liquid Crystal Display

#### a. Nguyên lý của màn hình LCD

Tinh thể lỏng là tên trạng thái của một vài hợp chất hữu cơ đặc biệt. Các chất này nóng chảy ở 2 trạng thái: lúc đầu ở trạng thái nóng chảy liên tục, sau đó nếu nhiệt độ tiếp tục tăng thì chuyển sang chất lỏng đẳng hướng bình thường. Pha trung gian giữa hai

trạng thái này là trạng thái tinh thể lỏng (vừa có tính chất lỏng vừa có tính chất tinh thể).

- Các phân tử tinh thể lỏng sắp xếp dọc theo khe rãnh.

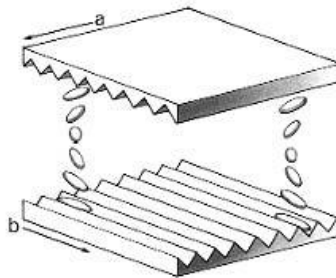
- Ở trạng thái tự nhiên, các phân tử tinh thể lỏng sắp xếp không theo trật tự nào cả.

- Khi được tiếp cận với bề mặt có khe rãnh, các phân tử tinh thể lỏng sắp xếp song song dọc theo khe rãnh.



*Hình 3.21 - Trạng thái tự nhiên Khi tiếp cận với bề mặt có khe rãnh*

- Khi các tinh thể lỏng đan xen vào giữa các phiến trên và phiến dưới chúng sắp xếp thẳng hàng với khe rãnh lần lượt theo hướng "a" và "b".

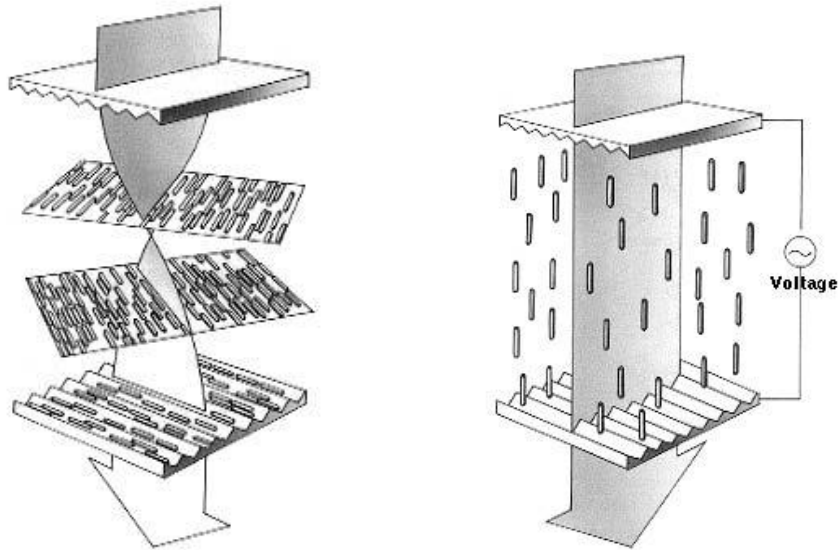


*Hình 3.22 - Sắp xếp phân cực của tinh thể lỏng*

Các phân tử phía trên dọc theo chiều "a" còn phía dưới dọc theo chiều khác là "b" đây tinh thể lỏng sắp xếp theo một cấu trúc xoay  $90^\circ$ .

- Ánh sáng xuyên qua vùng không gian (khoảng trống) của phân tử sắp xếp.





a. Khi chưa có nguồn phân cực phân cực

b. Khi có nguồn phân cực

Hình 3.23 - Sự lan truyền ánh sáng trong lớp tinh thể lỏng

- Ánh sáng cũng xoay khi xuyên suốt, hết như các tinh thể lỏng xoay.

- Ánh sáng xuyên qua các tinh thể lỏng, tiếp đó hướng vào các phân tử đã sắp xếp xoay  $90^\circ$  như hình vẽ  $\Rightarrow$  ánh sáng cũng xoay  $90^\circ$  xuyên qua các tinh thể lỏng.

- Ánh sáng bẻ uốn cong  $90^\circ$  như các phân tử khi xoay.

- Các phân tử sắp xếp khi có điện trường đặt vào.

Khi có điện trường đặt vào, tinh thể lỏng cấu trúc lại làm xoay ánh sáng khi xuyên qua.

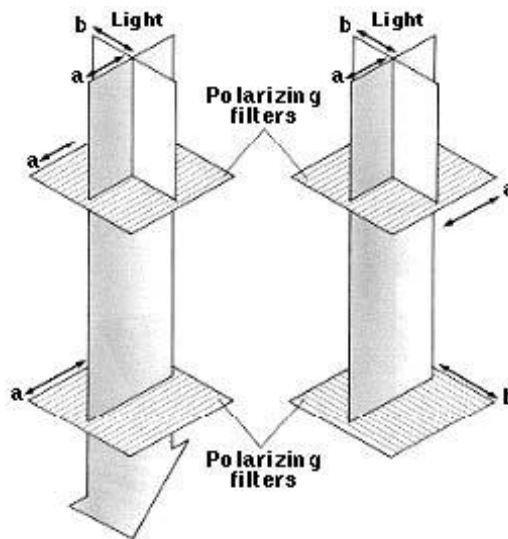
- Cấu trúc phân tử trong các tinh thể lỏng sắp xếp một cách dễ dàng khi có điện trường đặt vào hoặc điện cực Anot ngoài tác dụng. Khi có điện áp đặt, các phân tử tự sắp xếp theo chiều dọc (dọc theo điện trường) và ánh sáng cũng xuyên suốt dọc theo chiều sắp xếp của phân tử.

- Chặn sáng với 2 bộ lọc phân cực (Polarizing filters - bộ lọc phân cực)

- Khi có điện áp đặt vào, kết hợp cả 2 bộ lọc phân cực làm xoay tinh thể lỏng trở thành 1 hiển thị LCD.

- Ánh sáng sẽ xuyên qua khi hai bộ lọc phân cực sắp xếp với trục phân cực như hình vẽ trái.

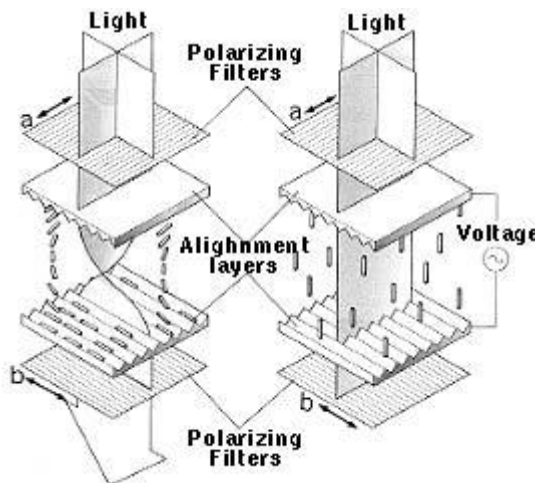
- Ánh sáng sẽ bị chặn khi 2 bộ lọc phân cực sắp xếp với trục phân cực như hình vẽ phải.



*Hình 3.24 - Sử dụng bộ lọc phân cực*

### **b. Cấu tạo của Màn hình LCD**

Kết hợp cả hai bộ lọc phân cực và sự xoay của tinh thể lỏng tạo lên một màn hình tinh thể lỏng.



Hình 3.25 - Nguyên lý cấu tạo màn hình LCD

■ Polarizing Filters: Bộ lọc phân cực.

■ Alignment layers: Sắp xếp lớp.

■ Voltage: Điện áp.

■ Light: Ánh **sang**.

■ Chỉ hai bộ lọc phân cực sắp xếp dọc suốt theo hướng vuông góc với trục điện cực, ánh sáng đi vào từ phía trên, đổi hướng  $90^\circ$  dọc theo hướng đường hình xoắn ốc của các phân tử tinh thể lỏng, vì vậy ánh sáng xuyên qua bộ lọc dưới.

■ Chỉ có điện áp đặt vào, các phân tử tinh thể lỏng nắn thẳng trên đường ra từ hình đường xoắn ốc và dừng, đổi hướng rẽ của ánh sáng, do vậy đã ngăn cản ánh sáng xuyên qua bộ lọc dưới (bộ lọc thấp)

■ Hình vẽ miêu tả nguyên lý điện hình **cửa** sự xoay màn hình tinh thể lỏng trong LCD, các tinh thể lỏng nơi mà các phân tử xoay hình đường xoắn ốc là đan xen giữa hai bộ lọc điện cực (phân cực). Khi có điện áp đặt vào ánh sáng bị chặn và màn hình xuất hiện đen.

### c. Các hệ thống hiển thị.

Có hai kiểu cấu tạo màn hình tinh thể lỏng chính, khác nhau ở thiết kế nguồn sáng.

Trong kiểu thứ nhất, ánh sáng được phát ra từ một đèn nền, có vô số phương phân cực như các ánh sáng tự nhiên. Ánh sáng này được cho lọt qua lớp kính lọc phân cực thứ nhất, trở thành ánh sáng phân cực phẳng chỉ có phương thẳng đứng. Ánh sáng phân cực phẳng này được tiếp tục cho truyền qua tấm thủy tinh và lớp điện cực trong suốt để đến lớp tinh thể lỏng. Sau đó, chúng tiếp tục đi tới kính lọc phân cực thứ hai; có phương phân cực vuông góc

với kính lọc thứ nhất, rồi đi tới mắt người quan sát. Kiểu màn hình này thường áp dụng cho màn hình màu ở máy tính hay TV. Để tạo ra màu sắc, lớp ngoài cùng, trước khi ánh sáng đi ra đến mắt người, có kính lọc màu.

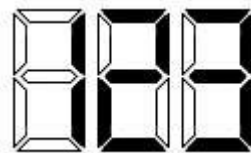
Ở loại màn hình tinh thể lỏng thứ hai, chúng sử dụng ánh sáng tự nhiên đi vào từ mặt trên và có gương phản xạ nằm sau, dội ánh sáng này lại cho người xem. Đây là cấu tạo thường gặp ở các loại màn hình tinh thể lỏng đen trắng trong các thiết bị bỏ túi. Do không cần nguồn sáng nên chúng tiết kiệm năng lượng.

### ***Các nguyên lý hiển thị***

• Các ký tự, chữ số và đồ họa được hiển thị cơ bản dựa theo 3 phương pháp hiển thị:

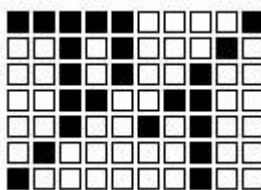
#### ***1. Hệ thống thanh đoạn***

Hiển thị độ dài sắp xếp theo dạng hình số "8" để hiển thị số.



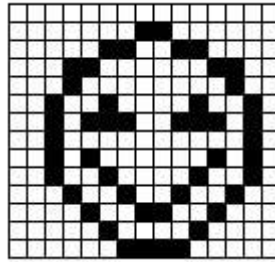
#### ***2. Hệ thống ma trận điểm (hiển thị ký tự)***

Hiển thị sắp xếp theo các hàng và các cột để hiển thị ký tự.



#### ***3. Hệ thống ma trận điểm (hiển thị đồ họa)***

Hiển thị sắp xếp theo các hàng và các cột để hiển thị đồ họa

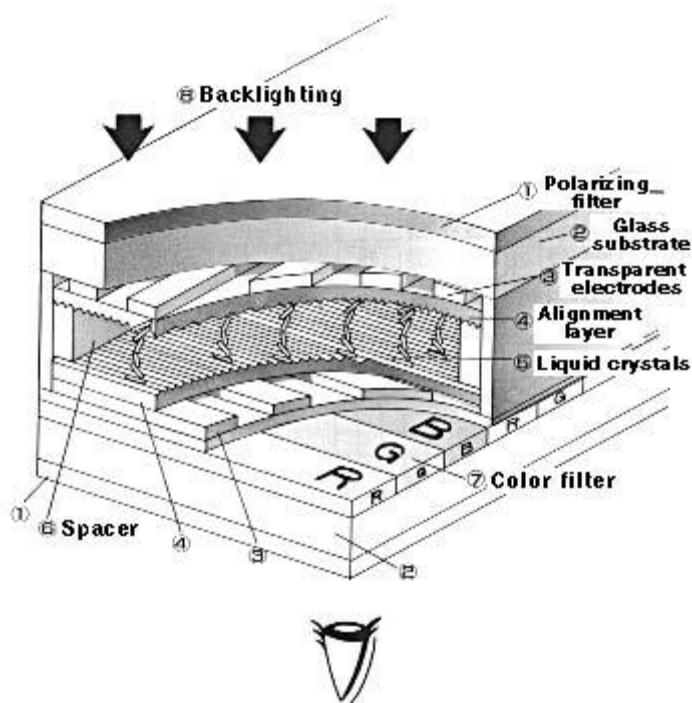


### c. Nguyên lý hiển thị màu

• Màu được hiển thị nhờ các bộ lọc màu dành cho mỗi thành phần hiển thị, trong hệ thống ma trận điểm, các điểm màu đỏ (R), xanh lá (G), xanh dương (B) nhận được do sử dụng các bộ lọc màu, ba màu cơ bản trên kết hợp lại cho ta một điểm ảnh, mỗi điểm màu sẽ cho một màu có cường độ sáng

khác nhau, một điểm ảnh có thể cho vô số màu và là màu tổng hợp được từ ba màu cơ bản trên.

### Cấu trúc màn hình LCD



Hình 3.26 - Cấu trúc màn hình LCD màu

Cấu trúc màn hình LCD màu như Hình 3.26, trong đó gồm:

1. Polarizing filter (Bộ lọc phân cực) Điều khiển ánh sáng đi vào và thoát ra.

3. Glass substrate (Hợp chất thủy tinh đặc biệt) Lọc chặn điện từ các điện cực.

3. Transparent electrodes (Điện cực trong suốt) Là các thanh dẫn điện trong suốt cho phép ánh sáng xuyên qua.

4. Alignment layer (Sắp xếp lớp) Là hai bề mặt có rãnh, ở giữa là các phân tử tinh thể lỏng, Các phân tử được sắp xếp theo hình xoắn ốc 90o.

5. Liquid crystals (Các tinh thể lỏng).

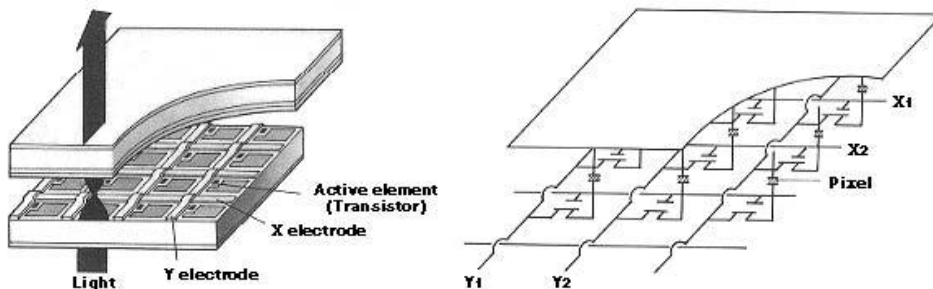
6. Spacer (Khoảng trống) Duy trì khoảng cách đều giữa các tấm kính.

7. Color filter (Bộ lọc màu) Màu được lọc và thể hiện khi dùng các bộ lọc R, G và B.

8. Backlighting (Ánh sáng phía sau) Ánh sáng được chiếu từ phía sau màn hình xuyên qua các

lớp trên, ở màn hình điện thoại, người ta sử dụng ánh sáng chiếu từ xung quanh sau đó dùng lớp phản xạ để hướng ánh sáng chiếu thẳng góc với màn hình từ sau về phía trước.

### **Nguyên tắc hoạt động**



+ Active element (Transistor) - Phần tử tích cực (Transistor).

+ X Electronic - Điện cực X.

+ Y Electronic - Điện cực Y.

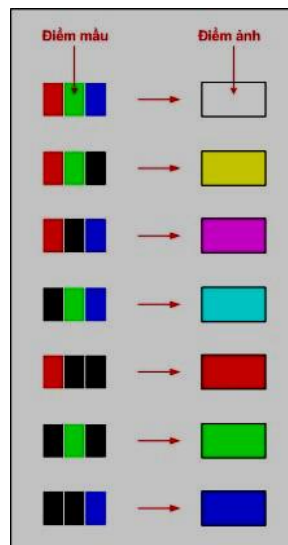
+ Light - Ánh **sang**.

*Hình 3.27 - Cấu tạo các phần tử điều khiển điểm ảnh*

Cấu tạo các phần tử điều khiển điểm ảnh cho màn hình LCD như Hình 3.27. Trong đó:

- Các điện cực X và Y sắp xếp thành hàng và dãy, mỗi điểm giao nhau có một Transistor trường, chân S đấu vào điện cực Y, chân G đấu vào điện cực X, khi Transistor dẫn thì chân D sẽ có điện áp bằng điện cực Y tạo ra một điện áp chênh lệch với đế trên của LCD.

- Mỗi Transistor sẽ điều khiển một điểm màu, các tín hiệu ngắt mở được đưa đến điện cực X, tín hiệu Video được đưa đến điện cực Y, điện áp chênh lệch giữa điện cực X và Y sẽ làm Transistor dẫn tạo ra một điểm màu có cường độ sáng nhất định.



● Mỗi điểm màu do một Transistor điều khiển, mỗi điểm màu sẽ phát ra một màu có cường độ sáng khác nhau, cường độ sáng phụ thuộc vào tín hiệu Video đặt vào điện cực Y.

● Ba điểm màu mang ba màu khác nhau R(đỏ), G (Xanh lá) và B (Xanh lơ) tạo lên một điểm ảnh, khi thay đổi cường độ sáng

của các điểm màu sẽ tạo ra cho điểm ảnh có vô số màu sắc khác nhau (Nguyên lý trộn màu trong tự nhiên).

- Màn hình điện thoại có độ phân giải là  $96 \times 128$  nghĩa là sẽ có  $96 \times 128 = 12338$  điểm ảnh  $\Leftrightarrow$  hoặc có  $12338 \times 3 = 37014$  điểm màu.

#### ***d. Phân loại màn hình LCD***

##### **LCD ma trận thụ động**

LCD ma trận thụ động (Dual Scan Twisted Nematic, DSTN LCD) có đặc điểm là đáp ứng tín hiệu khá chậm (300ms) và dễ xuất hiện các điểm sáng xung quanh điểm bị kích hoạt khiến cho hình có thể bị nhòe. Các công nghệ được Toshiba và Sharp đưa ra là HPD (hybrid passive display), cuối năm 1990, bằng cách thay đổi công thức vật liệu tinh thể lỏng để rút ngắn thời gian chuyển đổi trạng thái của phân tử, cho phép màn hình đạt thời gian đáp ứng 150ms và độ tương phản 50:1. Sharp và Hitachi cũng đi theo một hướng khác, cải tiến giải thuật phân tích tín hiệu đầu vào nhằm khắc phục các hạn chế của DSTN LCD, tuy nhiên hướng này về cơ bản chưa đạt được kết quả đáng chú ý.

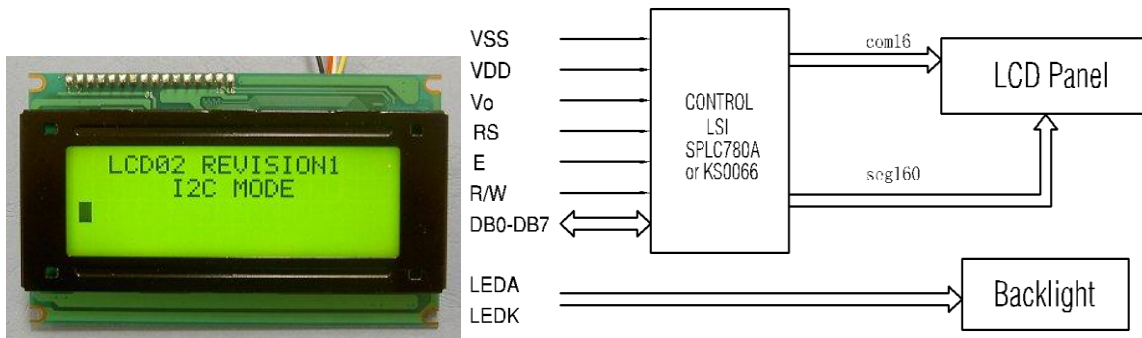
##### **LCD ma trận chủ động**

LCD ma trận chủ động thay thế lưới điện cực điều khiển bằng loại ma trận Transistor phiên mỏng (thin film transistor, TFT LCD) có thời gian đáp ứng nhanh và chất lượng hình ảnh vượt xa DSTN LCD. Các điểm ảnh được điều khiển độc lập bởi một transistor và được đánh dấu địa chỉ phân biệt, khiến trạng thái của từng điểm ảnh có thể điều khiển độc lập, đồng thời và tránh được bóng ma thường gặp ở DSTN LCD.

### **Một số hình ảnh Màn hình LCD trong thực tế**

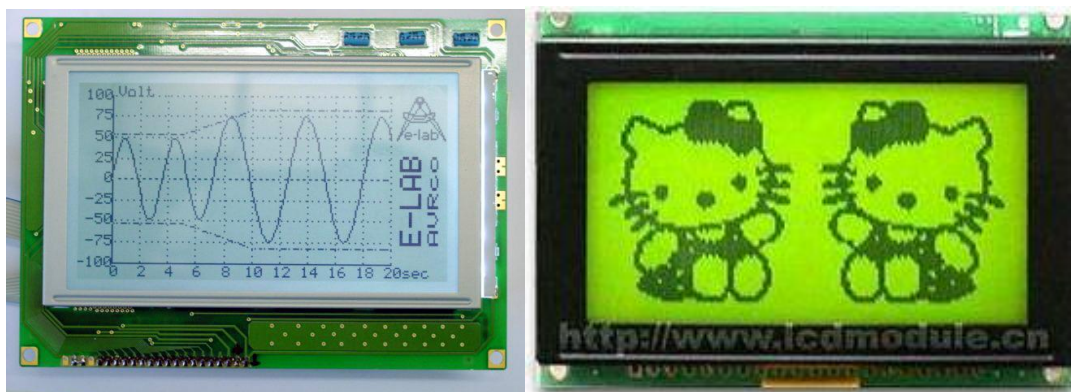


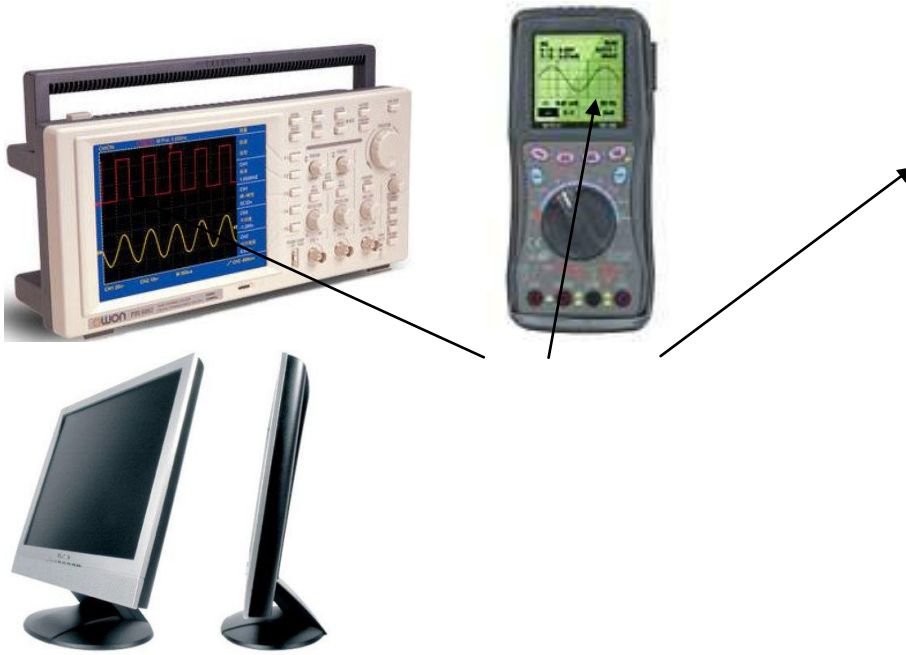
+ Màn hình ký tự LCD 4x16



Symbol	Level	Description
VSS	--	Ground for Logic
VDD	--	Power supply for Logic
Vo	--	Power supply for LCD drive
RS	H/L	Register selection (H:Data register, L:Instruction register)
R/W	H/L	Read/write selection (H:Read,L:Write)
E	H/H-L	Enable signal for LCM
DB0-DB7	H/L	Data Bus lines
LEDA	--	Power supply for Backlight(+)
LEDK	--	Power supply for Backlight(-)

+ Màn hình đồ họa LCD





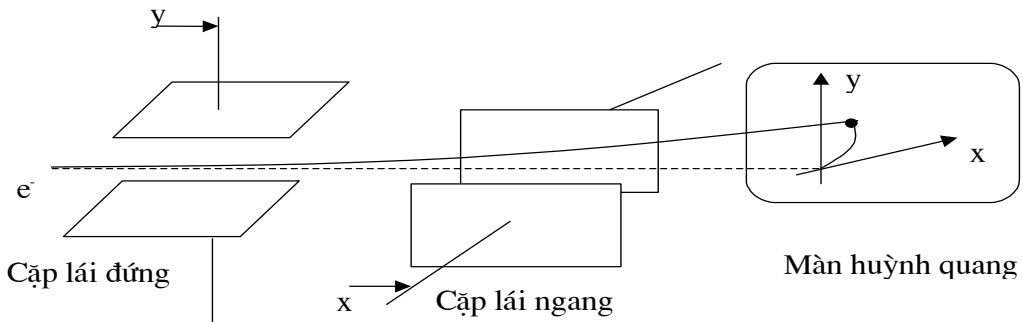
Màn hình ma trận LCD

### 3.5.4 Ống tia điện tử - CRT

Ống tia điện tử - CRT (Cathode Ray Tube), hay còn được sử dụng khá phổ biến trong gọi là ống tia âm cực được máy đo lường điện tử (như Ô-xi-lô, máy phân tích phổ, máy vẽ đặc tính biên độ - tần số...), cho phép hiển thị dạng tín hiệu trên màn hình.

#### Nguyên lý chung của CRT:

Cho chùm tia  $e^-$  bay trong chân không đi qua lần lượt 2 bản kim loại nằm ngang nhận tín hiệu điện áp  $y$  và 2 bản thẳng đứng nhận tín hiệu điện áp  $x$  và đập **trội** màn huỳnh quang (Như Hình 3.28). Do  $e^-$  chịu tác dụng của điện trường tạo bởi 2 cặp bản kim loại đó nên  $e^-$  sẽ phải bay lệch theo phương  $x$  và  $y$ , độ lệch theo phương  $y$  tỉ lệ với tín hiệu  $y$ , độ lệch theo phương  $x$  tỉ lệ với tín hiệu  $x$ . Kết quả vết sáng trên màn huỳnh quang sẽ nằm tại tọa độ  $(x,y)$ . Khi tín hiệu  $x$  và  $y$  thay đổi vết sáng vẽ một đường dao động đồ nào đó trên màn hình.



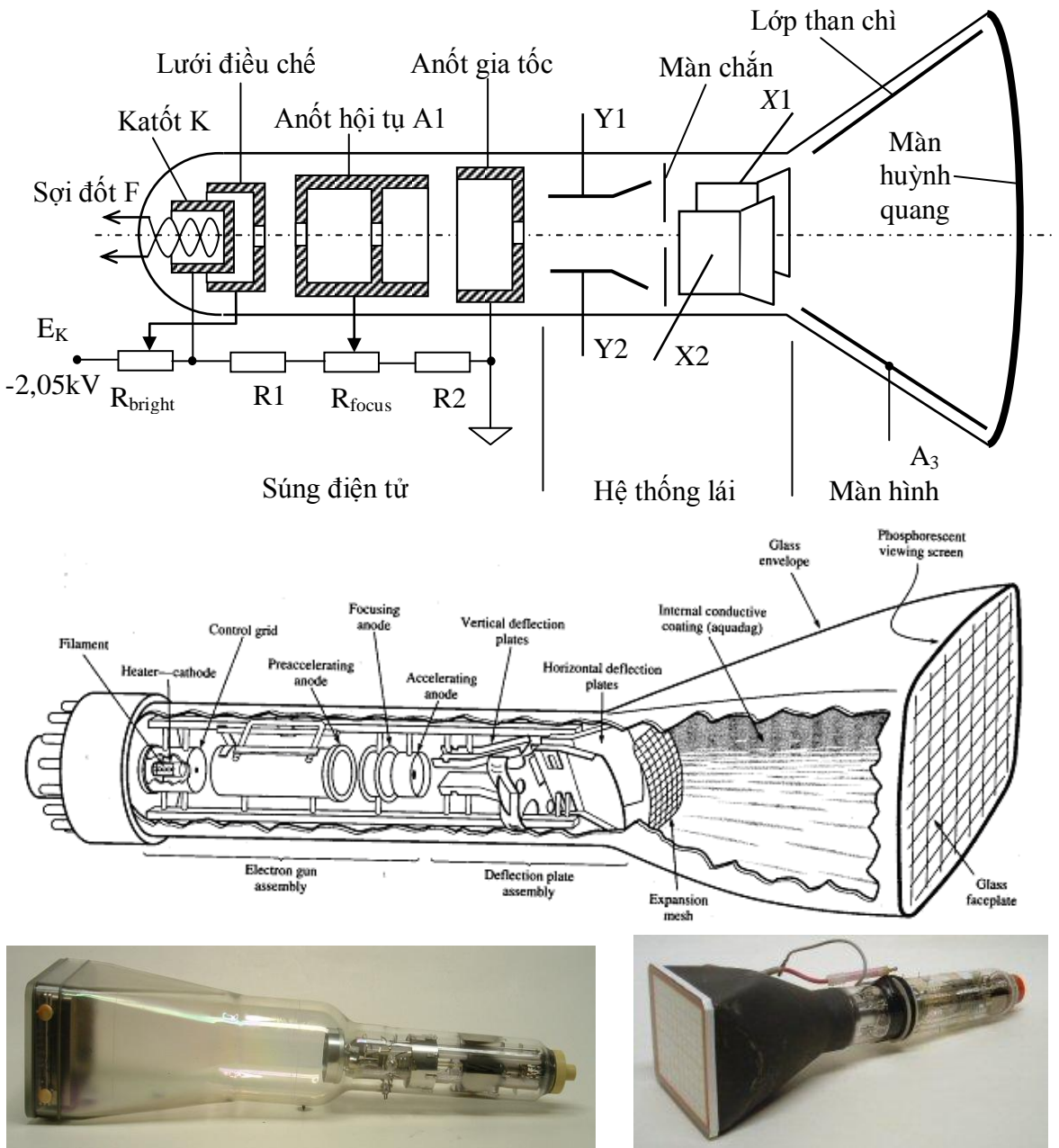
Hình 3.28 – Nguyên tắc chung của CRT

Như vậy, CRT là một loại dụng cụ điện tử mà trong đó có chùm điện tử e- được bức xạ từ Katốt bị nung nóng, chúng được gia tốc, hội tụ bằng điện trường hay từ trường, tạo thành một chùm điện tử nhỏ gọn bắn tới màn huỳnh **quan** (hợp chất của Phosphor), màn phát sáng tại điểm có điện tử bắn tới. Chùm điện tử được làm lệch theo chiều đứng và chiều ngang trên màn hình theo quy luật điện áp đặt vào các tấm làm lệch, tạo ra dạng hình ảnh (dạng **dao động đồ**) trên màn hình. Dao động đồ có thể là dạng tín hiệu (waveforms), hay là các hình ảnh (pictures)...

Có nhiều loại CRT: Loại CRT khống chế bằng từ trường (màn hình ti vi và màn hình máy vi tính); Loại CRT khống chế bằng điện trường (dùng nhiều trong các thiết bị đo).

### **CRT khống chế bằng điện trường**

Cấu tạo CRT khống chế bằng điện trường như Hình 3.29, trong đó CRT được cấu tạo từ 1 ống thủy tinh hình trụ có độ chân không cao (áp suất khoảng từ  $10^{-5}$  đến  $10^{-4}$  mN/cm<sup>2</sup>) – để không ngăn cản sự chuyển động của chùm điện tử từ Katot tới màn hình). Đầu ống hình trụ tròn có chứa súng điện tử và hệ thống lái tia, phía cuối loe ra hình nón cụt, mặt đáy được phủ 1 lớp huỳnh quang tạo thành màn hình. Cấu tạo của CRT gồm 3 phần chính: màn huỳnh quang, súng điện tử, hệ thống lái tia.



Hình 3.29 – Cấu tạo CRT không chế bằng điện trường

**a. Màn huỳnh quang**

Lớp huỳnh quang thường là hợp chất của Phosphor (P). Khi có điện tử bắn tới màn hình, tại vị trí va đập, điện tử sẽ truyền động năng cho điện tử lớp ngoài cùng của nguyên tử P, điện tử này sẽ nhảy từ mức năng lượng thấp lên mức năng lượng cao và tồn tại trong 1 thời gian rất ngắn rồi tự nhảy về mức năng lượng thấp ban

đầu và phát ra photon ánh sáng. Ví trí nào bị bắn phá ví trí đó được phát sáng, ánh sáng được lưu lại trong một khoảng thời gian nhất định (gọi là độ dư huy của màn hình), cộng với độ lưu ảnh của võng mạc, làm cho người **qua** sát có cảm giác điểm sáng đó tồn tại lưu trên màn hình, hình ảnh dao động đồ được quan sát như là liên tục.

Màu sắc ánh sáng phát ra tùy thuộc vào hợp chất của P, thường màu xanh lá cây nhạy cảm với mắt người (hợp chất có chứa Silicat Kẽm), ánh sáng màu tím (hợp chất của Vonframát Canxi) tích cực với thuốc ảnh.

Độ dư huy của màn hình sẽ phụ thuộc vào chất huỳnh quang, thông thường khoảng từ vài  $\mu$ s đến vài s. Khi quan sát tín hiệu có tần số thấp thì dùng màn hình có độ dư huy lớn, còn khi quan sát tín hiệu tần số cao thì dùng màn hình có độ dư huy nhỏ.

Chất huỳnh quang cách điện và phát xạ điện tử thứ cấp khi có tia điện tử bắn tới, điện tử thứ cấp này phải được thu gom bằng Anốt hậu (lớp than chì xung quanh màn hình) để không tạo thành lớp điện tử che lấp màn hình, ngăn cản chuyển động của chùm tia điện tử.

Ngoài ra người ta còn dùng kiểu ống có màng nhôm mỏng cho kết tủa tại bề mặt nơi có điện tử bắn tới, màng nhôm cho chùm điện tử đi qua và thu gom điện tử thứ cấp dẫn chúng xuống đất của máy, và còn tác dụng phản xạ ánh sáng làm tăng cường độ sáng và là nơi tiêu nhiệt làm tăng tuổi thọ cho màn hình.

### ***b. Súng điện tử***

Súng điện tử: Có nhiệm vụ tạo, gia tốc và hội tụ chùm tia điện tử. Cấu tạo gồm: sợi đốt F, Katốt K bao quanh sợi đốt, lưới điều chế G, Anốt hội tụ  $A_1$ , Anốt gia tốc  $A_3$ . Các điện cực có dạng hình trụ có lỗ nhỏ ở giữa, làm bằng Niken, riêng K có phủ một lớp ôxit

kim loại ở đáy để tăng khả năng bức xạ điện tử. Các điện cực phía sau (theo chiều chuyển động của chùm tia điện tử) thường có vành rộng hơn điện cực phía trước và có nhiều vách ngăn có tác dụng để các chùm điện tử không đi quá xa trục ống, việc hội tụ sẽ dễ dàng hơn. Với cấu tạo đặc biệt của các điện cực như vậy sẽ tạo ra 1 điện trường không đều đặc biệt có thể hội tụ và gia tốc chùm tia.

Các điện cực được cấp nguồn nhờ các phân áp như hình vẽ ( $U_K = -2kV$ ,  $U_{KG} = 0V$ ,  $U_{A2} = 0V$ ,  $U_{A1} = 50V$ ). Triết áp  $R_{\text{bright}}$  điều chỉnh điện áp  $U_{GK}$  làm thay đổi lượng điện tử bắn tới màn huỳnh quang, làm thay đổi độ sáng của dao động đồ. Triết áp này thường được đưa ra ngoài mặt máy ký hiệu là “**Bright** hay **Intensity**”. Triết áp  $R_{\text{focus}}$  thay đổi điện áp trên A1 làm thay đổi độ tụ của chùm tia điện tử và cũng được đưa ra ngoài mặt máy ký hiệu là “**Focus**”.

Lưới điều chế G được cung cấp điện áp âm hơn so với K và được ghép sát K để dễ dàng cho việc điều chỉnh cường độ của chùm điện tử bắn tới màn hình.

Anốt  $A_2$  (Anốt gia tốc) thường được nối đất để tránh méo dao động để khi điện áp cung cấp cho các điện cực không phải là điện áp đối xứng.

### Xét quỹ đạo chuyển động của chùm điện tử khi đi qua điện trường của các điện cực

Quy luật chuyển động của các hạt mang điện trong điện trường và từ trường về cơ bản cũng giống quy luật lan truyền ánh sáng trong môi trường quang học. Quy luật chuyển động của điện tử trong điện trường tĩnh tuân theo quy luật sau:

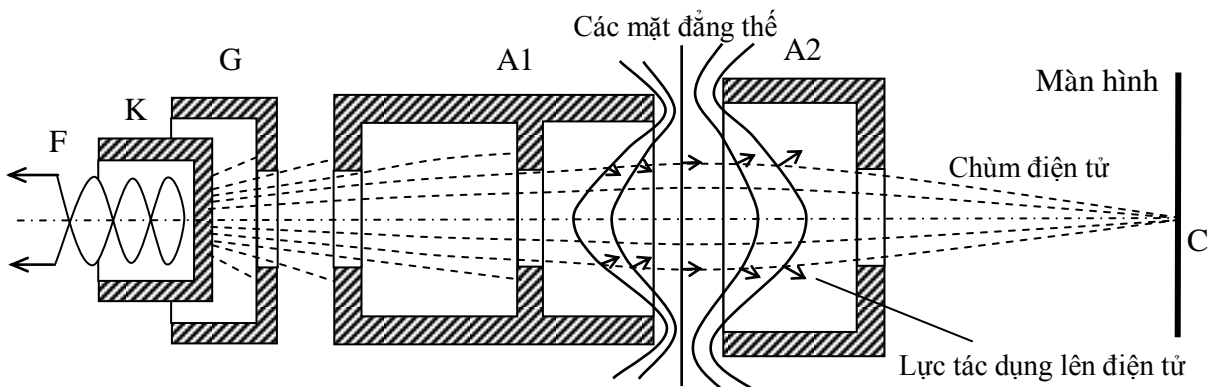
- + Điện tử chuyển động thẳng trong vùng có thể không đổi.
- + Nếu chùm điện tử chuyển động trong vùng điện trường không đồng đều thì nó có thể bị khúc xạ hay phản xạ khi chuyển

động qua mặt đẳng thế. Nếu bị phản xạ thì góc phản xạ bằng góc tới. Nếu bị khúc xạ thì khi điện tử chuyển động từ vùng có điện thế  $U_1$  sang vùng có điện thế  $U_2$  hướng và độ lớn vận tốc của điện tử thay đổi và được xác định theo quy luật khúc xạ như sau:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{U_2}}{\sqrt{U_1}}$$

Nếu  $U_2 > U_1$  thì  $v_2 > v_1$  điện tử được tăng tốc.

Xét quỹ đạo chuyển động của chùm tia điện tử khi đi qua điện



trường giữa A1 và A2 như hình vẽ:

Hình 3.30 – Chùm điện tử chuyển động qua điện trường giữa các điện cực

Trong không gian giữa A1 và A2 hình thành các mặt đẳng thế, lực tác dụng của điện trường lên điện tử tại một vị trí nào đó là:  $\vec{F} = -e\vec{E}$ . Mặt đẳng thế hướng bẻ lồi về phía Katot có tác dụng hội tụ chùm tia, còn mặt đẳng thế có hướng lõm quay về phía Katot có tác dụng phân kỳ chùm tia. Nhưng tổng hợp lại thì điện trường giữa A1-A2 có tác dụng hội tụ chùm tia (tương đương với một thấu kính điện hội tụ).

Cơ cấu G, A1, A2 tương tự như một hệ thống kính được thiết kế sao cho điện trường không đều giữa chúng có tác dụng gia tốc và hội tụ chùm tia điện tử tạo thành chùm điện tử nhỏ gọn, mảnh bắn tới màn huỳnh quang.

**c. Hệ thống lái tia**

Hệ thống lái tia có nhiệm vụ làm lệch chùm tia điện tử bắn tới màn hình theo chiều đứng hoặc chiều ngang của màn hình.

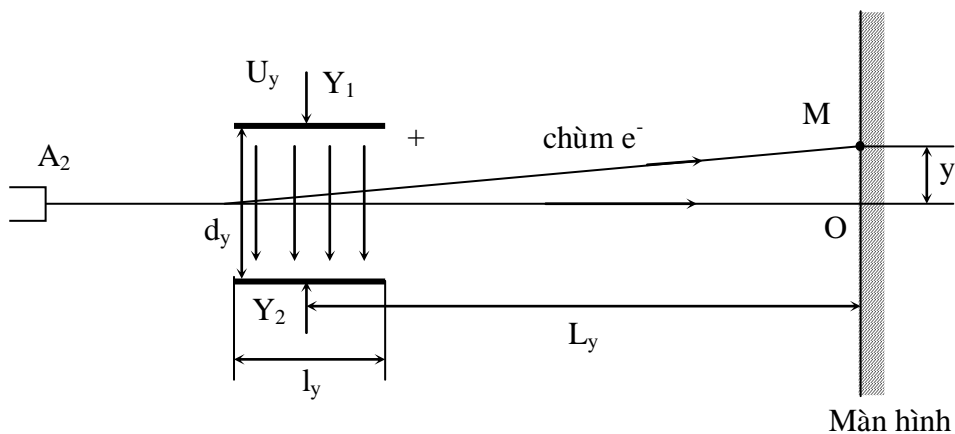
Cấu tạo gồm 2 cặp phiến làm lệch được đặt trước, sau và bao quanh trục của ống.

+ Cặp lái đứng  $Y_1Y_2$  : 2 phiến kim loại đặt song song với nhau theo phương nằm ngang.

+ Cặp lái ngang  $X_1X_2$ : 2 phiến kim loại đặt song song với nhau theo phương thẳng đứng.

Giữa các cặp phiến làm lệch tạo ra điện trường đều có tác dụng làm lệch quỹ đạo chuyển động của chùm tia điện tử khi qua nó.

Xét quỹ đạo chuyển động của chùm tia khi qua cặp lái đứng như hình vẽ ...



Hình 3.31 – Quỹ đạo chuyển động của chùm điện tử qua cặp lái đứng



- Khi  $U_y=0$ , tia điện tử bắn thẳng tới chính giữa màn hình tại điểm O.

- Khi  $U_y \neq 0$ , điện trường giữa các phiến làm lệch sẽ làm lệch quỹ đạo của tia điện tử theo chiều đứng và bắn tới màn hình tại vị trí M, lệch 1 khoảng theo chiều đứng là  $y$  so với điểm O.

Khoảng lệch đứng  $y$  tỉ lệ thuận với cường độ điện trường trong cặp lá chắn  $E_y$  (mà  $E_y [V/mm] = U_y/d_y$  – trong đó:  $U_y$  – điện áp giữa Y1 và Y2,  $d_y [mm]$  - khoảng cách giữa Y1 và Y2) và độ dài của phiến làm lệch  $l_y [mm]$ , và thời gian bay của điện tử. Thời gian bay tỉ lệ nghịch với vận tốc của chùm tia hay tỉ lệ nghịch với điện áp gia tốc  $U_A$  (phụ thuộc chủ yếu vào  $U_{A2K}$ ) và tỉ lệ thuận với khoảng cách từ cặp lá chắn tới màn hình  $L_y [mm]$ . Như vậy độ lệch đứng trên màn hình được xác định như sau:

$$y \approx \frac{U_y \cdot L_y \cdot l_y}{2d_y \cdot U_A} \quad \text{hay} \quad y \approx S_{0y} \cdot U_y$$

$$S_{0y} [mm/V] \approx \frac{y}{U_y} \approx \frac{L_y \cdot l_y}{2d_y \cdot U_A} \approx \text{const} - \text{được gọi là độ nhạy của ống tia}$$

điện tử theo phương đứng.  $S_{0y}$  đặc trưng cho đặc tính của CRT và là độ lệch đứng của tia điện tử khi bắn tới màn hình tính theo mm khi điện áp đặt vào cặp lá chắn là 1 V. Thông thường  $S_{0y}=0,1$  mm/V.

Trong nhiều trường hợp, muốn tăng độ nhạy mà không thể tăng chiều dài  $l_y$  vì không thể tăng quá mức chiều dài của ống tia nên cặp lá chắn thường được cấu tạo loe ra ở đầu cuối chứ không phải bản phẳng hoàn toàn.

Tương tự, ta có độ lệch của tia điện tử theo chiều ngang.

$$x \approx \frac{U_x \cdot L_x \cdot l_x}{2d_x \cdot U_A} \quad \text{hay} \quad x \approx S_{0x} \cdot U_x$$

$S_{0x} [mm/V] = \frac{x}{U_x} \cdot \frac{L_x \cdot l_x}{2d_x \cdot U_A} \cdot \text{const}$  - được gọi là độ nhạy của ống tia

điện tử theo phương ngang.  $S_{0x}$  đặc trưng cho đặc tính của CRT và là độ lệch ngang của tia điện tử khi bắn tới màn hình tính theo mm khi điện áp đặt vào cặp lái ngang là 1 V. Thông thường  $S_{0x} = 0,1$  mm/V.

**Kết luận:** Độ lệch tia điện tử trên màn hình theo phương đứng và phương ngang tỉ lệ tuyến tính với điện áp tương ứng đặt vào cặp lái đứng và cặp lái ngang tương ứng.

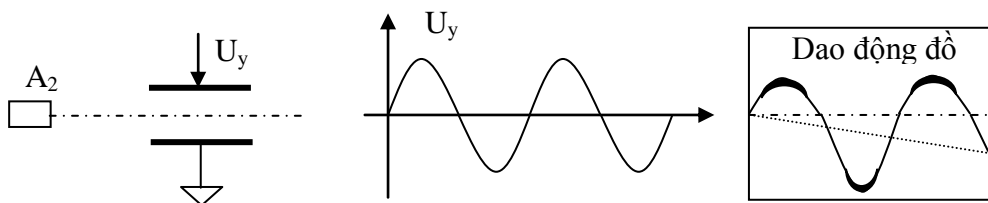
### **Vấn đề gây méo dao động đồ**

Độ sáng của dao động đồ trên màn huỳnh quang của CRT phụ thuộc vào năng lượng của mỗi điện tử, mà còn phụ thuộc vào số lượng điện tử được bắn tới màn hình trong một đơn vị thời gian, (tức là phụ thuộc vào mật độ chùm điện tử). Vì vậy, nếu thay đổi được mật độ của chùm tia điện tử thì có thể thay đổi độ sáng của dao động đồ. Thay đổi mật độ chùm điện tử có thể thực hiện dễ dàng bằng cách thay đổi điện áp trên cực điều chế G. Ta đã biết, giữa G và A1 cũng có tạo thành điện trường không đều như A1 và A2 có tác dụng hội tụ chùm tia. Do vậy nếu thay đổi điện áp của G thì độ tụ của chùm tia cũng sẽ bị ảnh hưởng. Đó là lý do tại sao mà khi thực hiện điều chế độ sáng ta chỉ được dùng điện áp biên độ nhỏ. Vì nếu cực G có điện thế dương lớn thì không những độ sáng của dao động đồ tăng mạnh mà còn gây méo dao động đồ trên màn do độ tụ giảm đi. Phép đo do vậy cũng có sai số.

Độ sáng của dao động đồ còn tăng khi tăng điện áp trên A2, nhưng khi tăng điện áp trên A2 thì độ nhạy giảm đi. Để khắc phục mâu thuẫn này, trong CRT thường được cấu tạo thêm Anốt hậu A3 ở sau các phiến làm lệch. Cấu tạo của A3 là lớp than chì dẫn điện được phủ xung quanh thành ống ở gần sát màn hình. Điện áp trên

A3, thường lớn gấp đôi điện áp  $U_{A2K}$ . Dưới tác dụng của điện trường này, điện tử được gia tốc thêm nhưng độ nhạy hầu như không bị ảnh hưởng gì. Tuy nhiên, điện tử cũng vẫn được tăng tốc khi đi qua các cặp phiến do tác dụng của A3, nhưng khoảng thời gian này không đáng kể so với khoảng thời gian điện tử đi từ cặp phiến lái tia đến màn hình. Hơn nữa, sự giảm độ nhạy do A3 có thể được bù lại bằng cách giảm điện áp  $U_{A2K}$ .

Độ nhạy và độ tụ của CRT còn bị ảnh hưởng bởi hiệu điện thế giữa A2 và các cặp phiến làm lệch. Để khử bỏ ảnh hưởng này, thì phải làm có điện thế của A2 bằng điện thế giữa 2 cặp phiến (tức là điện thế trên đường trục giữa của ống tia). Để dễ dàng thực hiện điều này, người ta thường nối đất A2 và cung cấp điện áp âm cho K. Nếu không quan tâm đến vấn đề này, mà nối đất một phiến trong 2 phiến làm lệch, còn phiến kia đưa điện áp xoay chiều vào thì có hiện tượng méo dạng dao động đồ như hình vẽ... Thật vậy, ứng với từng thời điểm khác nhau, điện thế tại trục giữa 2 cặp phiến là  $U_{A2}+U_y/3$ . Như vậy khi ứng với  $U_y=U_m$  có trị số dương thì điện thế tại điểm giữa là  $U_{A2}+U_m/2$ , khi đó độ nhạy có giá trị nhỏ nhất, độ tụ giảm đi. Ứng với  $U_y = -U_m$  có trị số âm, thì điện thế tại điểm giữa phiến là:  $U_{A2}-U_m/2$ , khi đó độ nhạy lại có trị số cao nhất, độ tụ giảm đi. Dao động đồ biểu diễn tín hiệu hình sin  $U_y$  sẽ không còn đối xứng với trị số trung bình nữa.



Hình 3.32 – Méo dao động đồ do cung cấp điện áp không đối xứng cho cặp lái tia

Vì độ hội tụ phụ thuộc vào điện trường giữa các phiến và A2, trong trường hợp này là chúng có thay đổi, nên sự hội tụ chỉ thực hiện được tốt ứng với một thời điểm nào đó mà thôi. Nếu nếu như độ tụ tốt nhất khi  $U_y=0$ , thì khi độ tụ sẽ giảm đi ứng với các thời điểm điện áp  $U_y=$             m.

Để khử hiện tượng méo dao động đồ này, người ta thực hiện nối đất A2 và đồng thời cung cấp điện áp đối xứng cho các cặp lái tia (tức là điện áp trên 2 cặp phiến đồng thời lệch pha nhau  $180^\circ$ ). Như vậy thì điện thế tại các điểm giữa các cặp phiến là không đổi khi có điện áp đặt vào. Để thực hiện được điều này, thì tầng khuếch đại tín hiệu cuối trước khi đưa vào các cặp lái tia là các bộ khuếch đại đối xứng dùng kiểu khuếch đại đẩy kéo hay tự động đảo pha.

***b/ ứng dụng của CRT:***

Thường làm màn hình chỉ thị cho máy hiện sóng, các máy phân tích phổ, máy vẽ đặc tuyến biên độ, tần số...



(a)



(b)

(a): CRT không chế bằng điện trường ứng dụng cho máy đo.

(b): CRT không chế bằng từ trường ứng dụng cho màn hình máy vi tính.

*Hình 3.33 – Ứng dụng của ống tia điện tử - CRT*

## **CÂU HỎI ÔN TẬP**

1. Trong cơ cấu đo chỉ thị kim, kim chỉ thị sẽ dừng lại ở vị trí cân bằng khi có sự cân bằng của 2 mômen nào, viết phương trình cân bằng của 2 mômen đó.
2. Nêu nguyên tắc hoạt động của bộ chỉ thị kiểu từ điện?
3. Nêu nguyên tắc hoạt động của bộ chỉ thị kiểu điện từ?
4. Nêu cấu tạo, hoạt động và đặc điểm của cơ cấu đo điện từ?
5. Nêu cấu tạo, hoạt động và đặc điểm của cơ cấu đo từ điện?
6. Sơ đồ khối và nguyên lý hoạt động chung của cơ cấu chỉ thị số?
7. Các ưu điểm, nhược điểm của cơ cấu chỉ thị số?
8. Kể tên 2 loại bộ chỉ thị số thường dùng?
9. Khái niệm LED 7 đoạn sáng Katốt chung? Muốn hiển thị số 0, 5 thì phải làm gì?
10. Khái niệm LED 7 đoạn sáng Anốt chung? Muốn hiển thị số 3, 6 thì phải làm gì?
11. Khái niệm LCD và các ưu, nhược điểm của LCD? (chú ý: không cần nêu nguyên lý hoạt động)

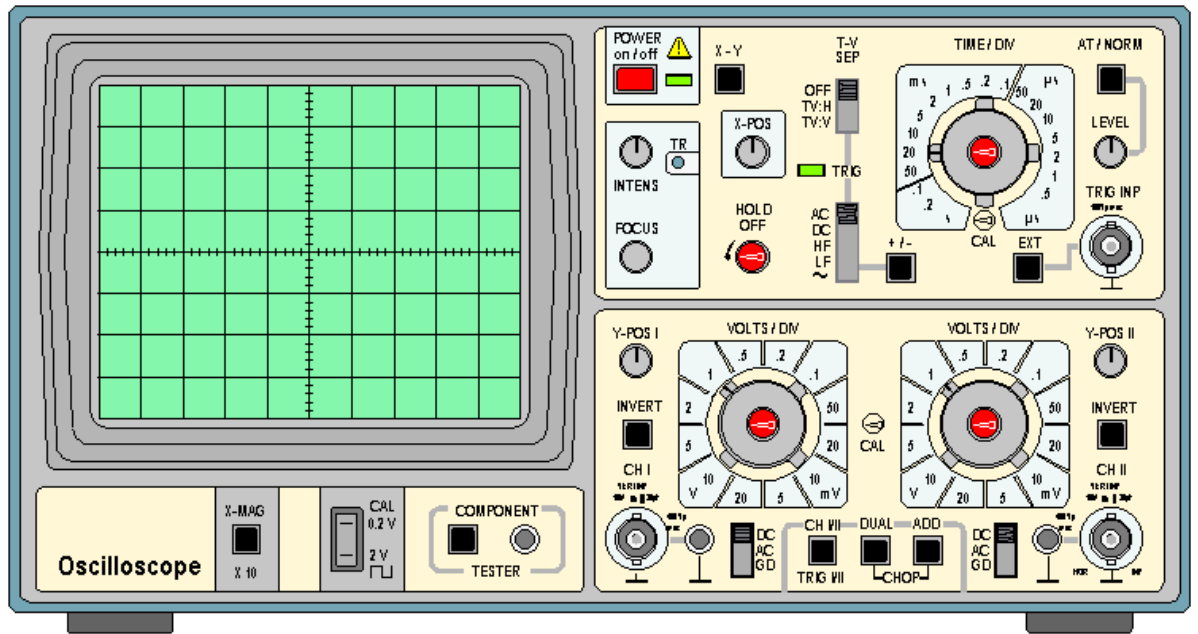
## CHƯƠNG 4 - MÁY HIỆN SÓNG (Ô-XI-LÔ)

### 4.1 GIỚI THIỆU CHUNG

#### 4.1.1 Khái niệm chung về quan sát dạng tín hiệu

Trong lĩnh vực Điện, Điện tử, và Viễn thông có nhiều dạng tín hiệu khác nhau, mỗi dạng tín hiệu có một số tham số đặc trưng nào đó. Trong đo lường điện tử, một trong những yêu cầu cơ bản để xác định tín hiệu là quan sát dạng của tín hiệu.





Hình 4.1 - Hình ảnh Máy hiện sóng (Ô-xi-lô)

Các tín hiệu thường được biểu diễn theo mối quan hệ biến thiên theo thời gian hay theo tần số. Giả sử tín hiệu được biểu diễn theo thời gian như sau  $u=f(t)$ . Nếu ta có tín hiệu  $y=b.f(t)$  và tín hiệu  $x=a.t$  thì có thể biểu diễn  $y=b.f(x/a)$ . Do vậy quan hệ giữa  $y$  và  $x$  cũng tỉ lệ như quan hệ giữa  $u$  và  $t$ . Nếu có thiết bị vẽ được trực tiếp đồ thị của  $y=b.f(x/a)$  thì ta cũng nhận được đồ thị biến thiên của tín hiệu theo thời gian. Như vậy ngoài việc quan sát được trực tiếp dạng tín hiệu ta còn đo lường được các thông số cường độ ( $U_m$ ) và thông số thời gian (Chu kỳ  $T$ )... của tín hiệu.

Ngoài ra ta có thể xác định được tín hiệu khi biết được phổ của nó (Theo biến đổi Fourier ngược). Giả sử tín hiệu có mật độ phổ là  $S(\blacksquare)$ . Nếu ta tìm được tín hiệu  $y=b.S(\blacksquare)$  và tín hiệu  $x=a.\blacksquare$  thì có thể biểu diễn  $y=b.S(x/a)$ . Do vậy quan hệ giữa  $y$  và  $x$  cũng tỉ lệ như quan hệ giữa  $S$  và  $\blacksquare$ . Nếu có thiết bị vẽ được trực tiếp đồ thị của  $y=b.S(x/a)$  thì ta cũng nhận được phổ của tín hiệu và từ đó cũng xác định được các thông số khác của tín hiệu như năng lượng phổ, dải tần...

Tóm lại ta có thể biểu diễn tín hiệu theo thời gian hay theo tần số trên màn hình phẳng. Đo lường bằng phương pháp quan sát dạng tín hiệu như vậy có nhiều hiệu quả, ta có thể xác định định tính tín hiệu một cách nhanh chóng, *phân biệt được loại tín hiệu* và có thể định lượng chính xác các đại lượng cần đo của tín hiệu. Thiết bị quan sát dạng sóng tín hiệu thường được sử dụng rất phổ biến trong kỹ thuật đo.

Thiết bị trực tiếp dùng để nghiên cứu dạng của tín hiệu là Ô-xi-lô, còn gọi là *máy hiện sóng (oscilloscope)* hay thực tế thường gọi theo phiên âm tiếng nước ngoài là *ô-xi-lô*. Ô-xi-lô thực hiện vẽ dao động đồ của tín hiệu trên màn hình.

#### **4.1.2 Các ưu điểm và khả năng ứng dụng của ô-xi-lô.**

Ô-xi-lô là loại thiết bị đo đa năng: ngoài việc cho phép quan sát dạng tín hiệu, còn có thể đo được hầu hết các thông số của các loại tín hiệu điện. Ngoài ra còn có thể ghi lại được trên phim ảnh các giá trị tức thời của các tín hiệu điện biến đổi có chu kỳ hay phi chu kỳ.

Ô-xi-lô là loại máy đo có nhiều tính năng tốt như : trở kháng vào lớn; độ nhạy cao (đo được điện áp từ vài      tới hàng chục kV); quán tính ít, dải tần rộng (từ 0 Hz tới vài chục GHz), màn chỉ thị (có thể dùng ống tia điện tử) khá sắc nét và màn hình rộng (từ 70-150mm) máy càng lớn chất lượng càng cao thì màn sáng hiện thị càng lớn....

Ô-xi-lô được sử dụng rất rộng rãi và là một trong những dụng cụ đo quan trọng nhất trong quá trình kiểm tra mạch và thiết bị điện tử, chủ yếu được dùng để quan sát dạng tín hiệu thay đổi theo thời gian ở đầu vào/ra, hay các vị trí khác nhau trong mạch, bên cạnh đó nó còn cho phép đo các tham số của tín hiệu như: Các trị số điện áp, chu kỳ, tần số, góc lệch pha, độ méo dạng, hệ số điều



ché,... Ngoài ra khi kết hợp với một số thiết bị chuyển đổi dạng năng lượng thì Ô-xi-lô có thể đo lường được nhiều dạng đại lượng vật lý biến đổi khác nhau như trong cơ học, trong sinh học, trong y học...

Bên cạnh đó khi kết hợp với một số thiết bị phụ trợ khác thì Ô-xi-lô có thể trở thành máy đo các thông số của mạch điện tử. (Ví dụ vẽ đặc tuyến biên độ tần số của mạch...).

Tóm lại Ô-xi-lô là một thiết bị đo vạn năng không những được dùng khá rộng rãi trong lĩnh vực Điện tử - Viễn thông mà còn được dùng nhiều trong các ngành công nghiệp khác nữa.

### **4.1.3 Phân loại ô-xi-lô.**

Có nhiều cách phân loại ô-xi-lô khác nhau tùy theo ứng dụng và cấu tạo...

Phân loại theo chế độ đồng bộ:

■ Ô-xi-lô không đồng bộ dùng để quan sát những tín hiệu phi chu kỳ.

■ Ô-xi-lô đồng bộ dùng để quan sát tín hiệu có chu kỳ.

Phân loại theo dải tần làm việc:

■ Ô-xi-lô tần số thấp.

■ Ô-xi-lô tần số cao,

■ Ô-xi-lô tần số siêu cao.

Phân loại theo cấu tạo:

■ Ô-xi-lô 1 kênh.

■ Ô-xi-lô 2 kênh.

■ Ô-xi-lô hỗn hợp (2 kênh tương tự +16 kênh tín hiệu số)).

Ô-xi-lô có nhớ kiểu tương tự hay kiểu số.

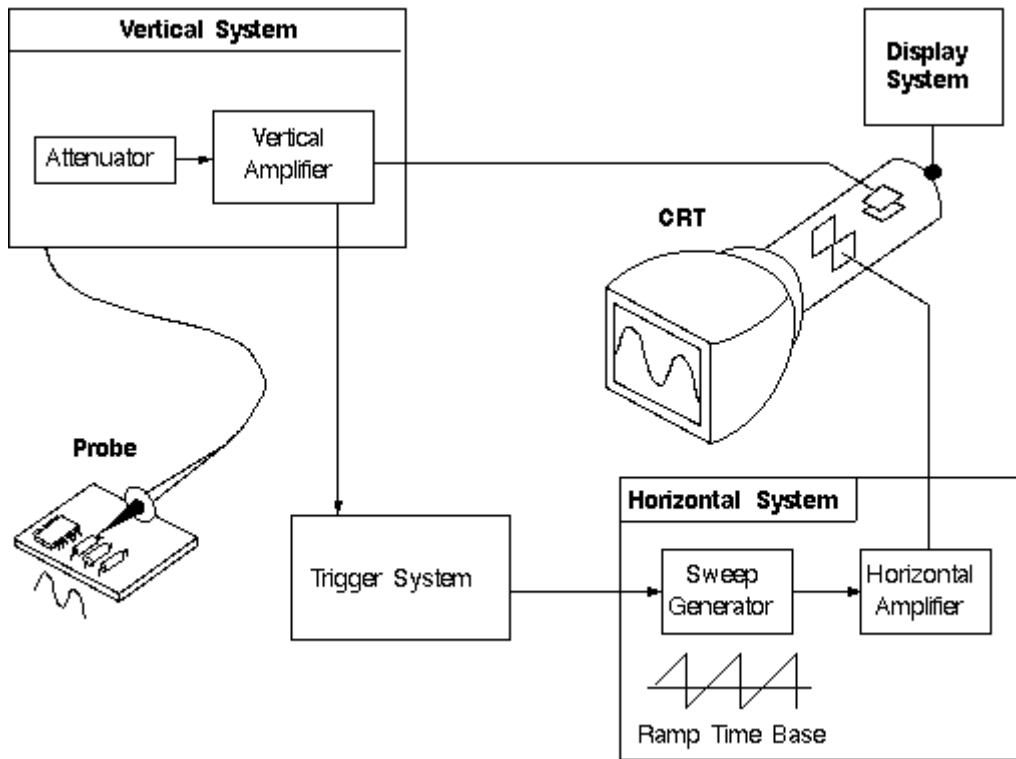
Ô-xi-lô xung để quan sát tín hiệu có khoảng thời gian tồn tại ngắn.

## 4.2 Ô-XI-LÔ TƯƠNG TỰ

### 4.2.1 Sơ đồ khối và nguyên lý làm việc của ô-xi-lô tương tự 1 kênh.

Như đã xét ở trên, có rất nhiều loại ô-xi-lô khác nhau: ô-xi-lô số, ô-xi-lô tương tự, ô-xi-lô 1 tia hay 2 tia ... nhưng sau đây ta chỉ xét chi tiết cấu tạo và nguyên lý hoạt động của ô-xi-lô tương tự 1 tia.

#### a. Cấu trúc chung của Ô-xi-lô tương tự dùng CRT



**Probe:** Dây đo

**Vertical System:** Kênh lệch đứng Y

**Attenuator:** Bộ phân áp

**Vertical Amplifier:** Khuếch đại lệch đứng Y

**Trigger System:** Khối kích khởi (đồng bộ)

**Horizontal System:** Kênh lệch ngang X

**Sweep Generator:** Bộ tạo điện áp quét

**Horizontal Amplifier:** Khuếch

đại lệch ngang

**Display System:** Kênh điều chỉnh độ sáng Z

*Hình 4.2 - Cấu trúc chung của Ô-xi-lô tương tự 1 kênh*

Cấu trúc chung của Ô-xi-lô tương tự 1 kênh dùng CRT gồm:

+ **CRT:** Màn chỉ thị ống tia điện tử không chế bằng điện trường. Có nhiệm vụ hiển thị dạng sóng trên màn hình. Đây bộ phận trung tâm của Ô-xi-lô. Và là đối tượng điều khiển chính trong ô-xi-lô.

Về cấu tạo ống tia điện tử là một ống chân không vô thủy tinh, bên trong có chứa các điện cực. Đầu ống hình trụ có chứa súng điện tử và 2 cặp phiến làm lệch. Đầu cuối ống loe to hình nón cụt, đáy ống là màn huỳnh quang có tác dụng phát sáng khi có tia  $e^-$  đập vào. ống điện tử có nhiệm vụ tạo ra tia  $e^-$  xuất phát từ Catot đến màn hình tạo ra vết sáng có dạng phụ thuộc vào quy luật của tín hiệu đưa đến các phiến làm lệch Y1Y2 và X1X2 của ống tia. Các khối khác của Ô-xi-lô Điện áp điều khiển cặp lái đứng  $U_{Y1Y2}$  và cặp lái ngang  $U_{X1X2}$ .

+ **Kênh lệch đứng Y (Vertical System):** Có nhiệm vụ nhận tín hiệu cần quan sát  $U_{th}$  được đưa vào từ dây đo (**Probe**) thực hiện các chức năng biến đổi tín hiệu và tạo ra tín hiệu phù hợp (dạng điện áp đối xứng) đưa tới cặp lái đứng Y1Y2 của CRT.

+ **Khối đồng bộ (Triger System):** hay còn được gọi là Khối kích khởi, có nhiệm vụ nhận tín hiệu đồng bộ (tín hiệu kích khởi)  $U_{đb}$  tạo ra xung đồng bộ  $U_{xđb}$  để điều khiển kênh lệch ngang X.

+ **Kênh lệch ngang X (Horizontal System):** Tạo ra điện áp quét răng cưa hay nhận tín hiệu quét từ bên ngoài (qua đầu vào Ext) để tạo ra điện áp quét ngang đưa tới cặp lái ngang X1X2 của CRT.

Tùy theo dạng điện áp quét mà hình ảnh sáng trên CRT có dạng khác nhau:

+ Nếu  $U_q$  là điện áp răng cưa tuyến tính thì dao động đồ là dạng tín hiệu theo thời gian.

+  $U_q$  giống dạng tín hiệu vào thì dao động đồ là các hình ảnh phức tạp dạng cánh hoa, ... được gọi là dao động đồ Lissajous.

### ***b. Nguyên lý và các phương pháp quét***

Đưa điện áp của tín hiệu cần nghiên cứu lên cặp phiến lệch Y, và điện áp quét răng cưa lên cặp phiến lệch X. Do tác dụng đồng thời của cả hai điện trường lên 2 cặp phiến mà tia điện tử dịch chuyển cả theo phương trục X và Y. Quỹ đạo của tia điện tử dịch chuyển trên màn sẽ vạch nên hình dáng của điện áp nghiên cứu biến thiên theo thời gian. Nếu điện áp quét là hàm liên tục theo thời gian thì được gọi là quét liên tục, nếu điện áp quét là hàm gián đoạn theo thời gian thì được gọi là quét đợi.

#### ***b.1. Nguyên lý quét tuyến tính liên tục***

Điện áp quét tuyến tính liên tục có tác dụng lái tia điện tử dịch chuyển lặp đi lặp lại 1 cách liên tục theo phương ngang tỷ lệ bậc nhất với thời gian. Để quét tuyến tính liên tục cần phải dùng điện áp biến đổi tuyến tính liên tục (tăng tuyến tính hay giảm tuyến tính).

Giả sử:

+  $U_{th} \sin \omega t$  đưa vào kênh Y và đưa tới cặp lái đứng  $Y_1Y_2$

+  $U_q \cdot t$  đưa tới cặp lái ngang  $X_1X_2$  -> điện áp trên các cặp lái tia như sau:

$$U_y = U_{y1y2} = U_{th} S_y$$

$$U_x = U_{x1x2} = U_q S_x$$

Trong đó: +  $S_y K_y S_{oy}$ : độ nhạy của kênh Y  
 +  $S_x K_x S_{ox}$ : độ nhạy của kênh X  
 +  $K_X$  và  $K_Y$  là hệ số khuếch đại tổng cộng của kênh Y và X.

Như vậy độ lệch tia trên màn hình theo chiều đứng và chiều ngang

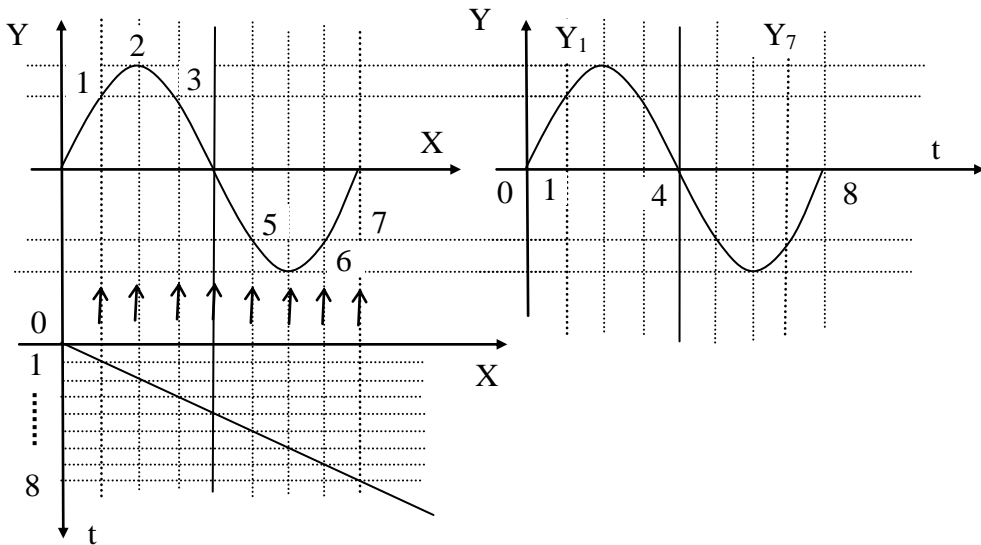
$$y = U_{th} K_y S_{oy} \sin \left( \frac{2\pi}{\lambda} S_{oy} \cdot a \cdot t \right)$$

$$x = U_{th} K_x S_{ox} \sin \left( \frac{2\pi}{\lambda} S_{ox} \cdot a \cdot t \right)$$

$$y = \frac{K_y S_{oy} U_m}{K_x S_{ox} a} \sin \left( \frac{2\pi}{\lambda} S_{ox} \cdot a \cdot t \right) \quad (1)$$

Trong đó:  $Y_m = K_y S_{oy} U_m$

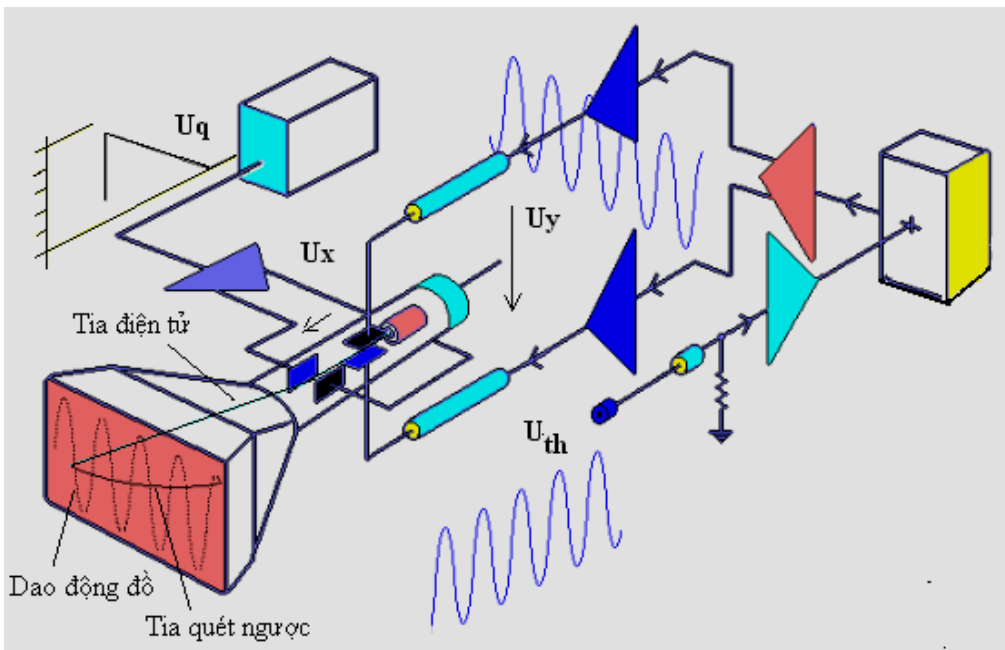
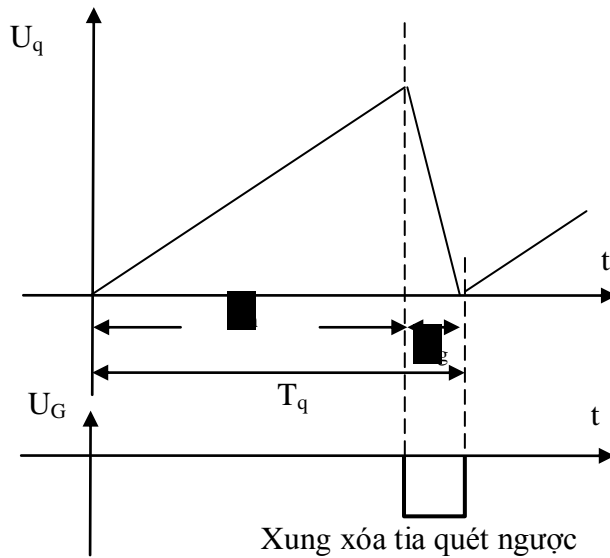
Biểu thức (1) chính là đồ thị của dao động đồ trên màn hình, nó có dạng giống dạng  $U_{th}$  cần quan sát. Như vậy khi điện áp quét được đưa vào cặp lái ngang  $X_1 X_2$  là điện áp tuyến tính thì dạng dao động đồ trên màn hình chính là dạng tín hiệu cần nghiên cứu theo thời gian. Minh họa nguyên lý quét tuyến tính như Hình 4.3



Hình 4.3 – Minh họa nguyên lý quét tuyến tính

Nếu  $t \rightarrow \infty$  thì tia điện tử vượt quá giới hạn màn hình điện áp quét được sử dụng phải là dạng điện áp quét răng cưa tuyến tính. Điện áp quét răng cưa lý tưởng thời gian quét ngược  $t_{\text{q}} = 0$  trường hợp này sẽ không có tia quét ngược. Tuy nhiên trong thực tế  $t_{\text{q}} \neq 0$ . Do tồn tại thời gian quét ngược nên điểm sáng trên màn hình sẽ chuyển ngược từ trái qua phải tạo nên 1 đường quét ngược không mong muốn, để loại trừ thì chọn  $T_{\text{th}} \gg t_{\text{q}}$ . Để loại trừ hoàn toàn, trong thời gian quét ngược người ta tạo ra 1 xung âm đưa tới cực điều chế G của CRT để xóa tia quét ngược đó.

Nếu tần số quét đủ cao, màn huỳnh quang có độ dư huy đủ mức cần thiết thì khi mới chỉ có  $U_{\text{q}}$  đặt vào cặp phiến X1X2 đã có một đường sáng theo phương ngang. Khi có cả  $U_{\text{th}}$  đặt vào cặp phiến Y và nếu  $T_{\text{q}} = nT_{\text{th}}$  thì trên màn xuất hiện dao động đồ của một hay vài chu kì của điện áp nghiên cứu ( $U_{\text{th}}$ ).



Hình 4.4 – Minh họa nguyên lý tạo ảnh trên màn hình

Để có ảnh quan sát với chất lượng cao cần chọn:

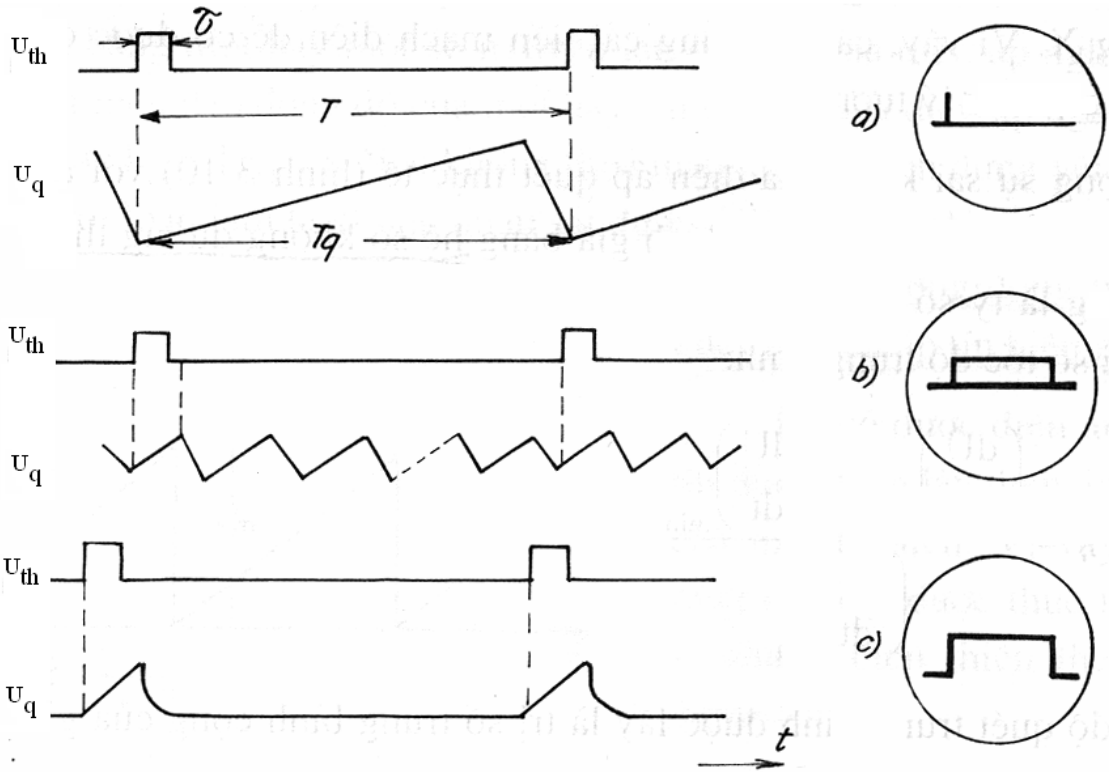
$$t_g \ll T_q \text{ hay } T_q \gg t_g$$

Điều kiện đồng bộ phải thỏa mãn:  $T_q = nT_{th}$

### b.2. Nguyên lý quét đợi

Quét đợi là chế độ quét tuyến tính mà điện áp quét không xuất hiện liên tục, tuần hoàn mà chỉ xuất hiện khi tín hiệu vào cần quan sát được đưa tới kênh Y của của Ô-xi-lô đạt được biên độ và cực

tính nhất định. Chế độ này thường dùng để quan sát các dạng xung có độ xấp lớn (hệ số lấp đầy  $\ll T$  bé), hoặc tín hiệu xung không tuần hoàn. Ví dụ minh họa nguyên lý quét đợi như



Hình 4.5 - Minh họa chế độ quét đợi

Giả sử tín hiệu xung  $U_{th}$  có hệ số lấp đầy nhỏ  $\ll T$ , hình ảnh dao động đồ tương ứng với các trường hợp khác nhau của điện áp quét như Hình 4.5.

(a):  $U_q$  liên tục và  $T_q = T_{th}$  : xung chỉ xuất hiện trong một thời gian rất bé ( $\ll T_{th}$ ) nên rất khó quan sát và đo lường đợc.

(b):  $U_q$  liên tục và  $T_q \approx T$  Hình dáng xung đã đợc khuếch đại ra, tuy nhiên xung mờ so với đường nền ở dưới nên cũng khó quan sát và đo lường, mặt khác khó thực hiện đồng bộ nên dao động đồ không ổn định, không quan sát đợc đầy đủ dạng xung (sườn xung, đỉnh xung,...).



(c):  $U_q$  dạng điện áp quét đơi: chỉ có điện áp quét khi có xung, như vậy hình dáng xung đã được khuếch đại ra, dễ dàng quan sát hơn, để quan sát toàn bộ xung nghiên cứu thì nên điều chỉnh để  $>$  một chút.

**c. Nguyên lý đồng bộ và các phương pháp kích khởi**

+ Hiện tượng mất đồng bộ:

Trong các trường hợp khi chúng ta quan sát trên ô-xi-lô ở chế độ tuyến tính liên tục thì thấy có xảy ra hiện tượng dao động đồ không đứng yên mà có cảm giác như là chuyển động trên màn hình, hoặc hình ảnh dao động đồ không phản ánh trung thực dạng tín hiệu. Hiện tượng đó gọi là hiện tượng mất đồng bộ. Để dao động đồ đứng yên ta phải thực hiện nguyên lý đồng bộ.

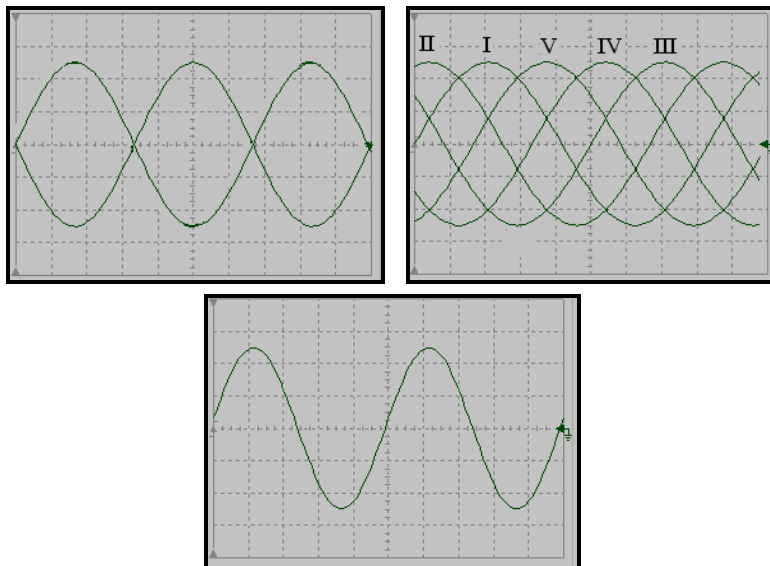
+ Điều kiện đồng bộ:

Để rút ra điều kiện đồng bộ, ta xét dao động đồ khi của tín hiệu  $U_{th}$  là dạng điện áp hình sin trong các trường hợp chu kỳ điện áp quét tuyến tính liên tục khác nhau sau:

(a)  $T_q \ll T_{th}$

(b)  $T_q \approx T_{th}$

(c)  $T_q \gg T_{th}$



Hình 4.6 - Hình ảnh dao động đồ với các trường hợp  $T_q$  khác nhau

(a):  $T_q \ll T_{th}$ : Hình ảnh dao động đồ đứng yên và lặp lại sau 2 chu kỳ điện áp quét, nhưng không phản ánh đúng dạng tín hiệu -> Ô-xi-lô mất đồng bộ.

(b)  $T_q \approx T_{th}$ : Ứng với 5 chu kỳ quét liên tiếp dao động đồ xuất hiện ở các vị trí khác nhau I, II, III, IV, V, như vậy dao động đồ lặp lại sau khoảng thời gian rất lớn, bằng 6 chu kỳ điện áp quét, do đó khi quan sát dao động đồ sẽ chuyển động trên màn hình -> Ô-xi-lô mất đồng bộ.

(c)  $T_q = n.T_{th}$ : Qua mỗi chu kỳ quét dao động đồ dao động đồ xuất hiện trên màn hình trên một đường duy nhất, như vậy dao động đồ quan sát được ổn định, rõ nét, như vậy Ô-xi-lô đạt điều kiện đồng bộ.

Tóm lại điều kiện đồng bộ đối với chế độ quét tuyến tính liên tục như sau:

$$T_q = n.T_{th} \quad (n: \text{nguyên dương})$$

Như vậy để thỏa mãn điều kiện đồng bộ, chu kỳ điện áp quét tuyến tính liên tục phải bằng số nguyên lần chu kỳ tín hiệu cần quan sát.

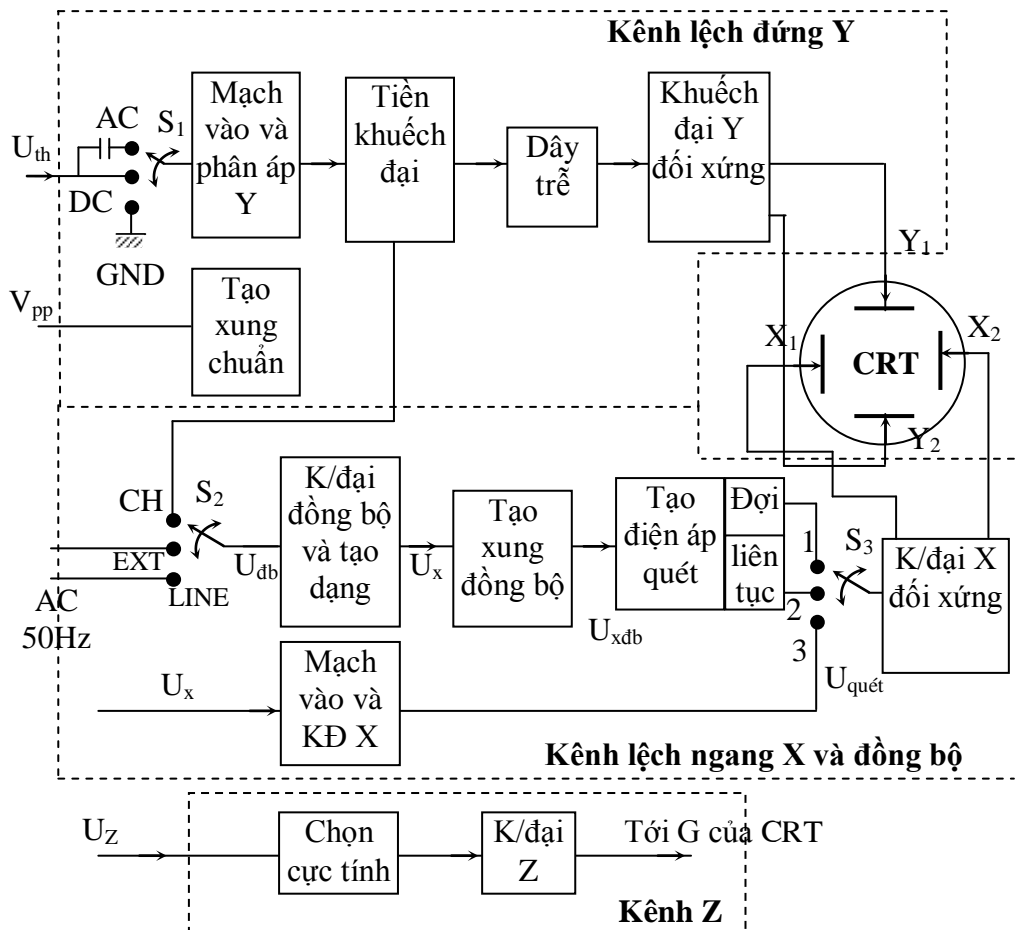
Quá trình thiết lập và duy trì điều kiện này là quá trình đồng bộ của Ô-xi-lô. Quá trình này được thực hiện theo sơ đồ đồng bộ.

+Các chế độ đồng bộ:

- Đồng bộ trong: tín hiệu đồng bộ lấy từ kênh Y của Ô-XI-LÔ
- Đồng bộ ngoài (EXT)
- Đồng bộ điện lưới (LINE)

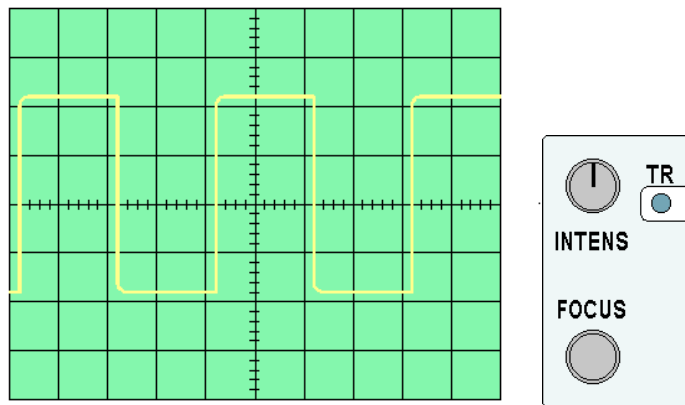
**d. Sơ đồ khối chi tiết của ô-xi-lô tương tự.**

Sơ đồ khối điển hình của một Ô-xi-lô tương tự (có ống tia điện tử không chế bằng điện trường) như sau: (hình 3.3)



+ Chức năng các khối trong sơ đồ cấu tạo của ô-xi-lô tương tự.

**Màn hình ống tia CRT:**

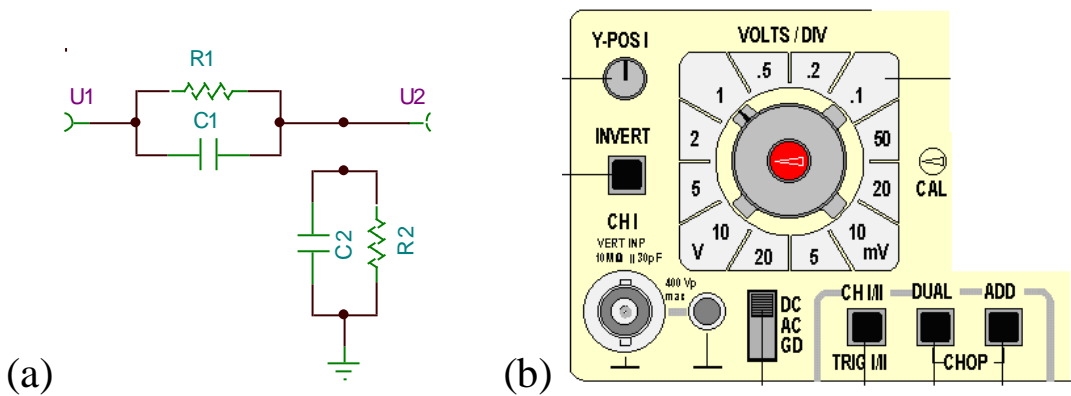


**Kênh lệch đứng y (Kênh tín hiệu):**

Có tác dụng biến đổi điện áp tín hiệu cần nghiên cứu phù hợp với độ lệch tia theo chiều đứng. Kênh lệch đứng y bao gồm:

+ *Khối suy giảm hay bộ phân áp* vào thường là mạch điện dung-điện trở và có hệ số phân áp không đổi trong dải tần rộng để đưa điện áp có giá trị biên độ thích hợp vào mạch vào và tầng khuếch đại kênh y để có thể mở rộng lượng trình điện áp cần đo. Chuyển mạch của bộ phân áp được ghi ra ngoài mặt máy Volts/Div (Div độ chia dọc).

Ví dụ sơ đồ tương đương khâu suy giảm R-C như hình vẽ (a):



Hình 4.7 – Chuyển mạch phân áp

Hệ số chia áp của khâu phân áp RC là:

$$H = \frac{U_1}{U_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

Trong đó  $Z_1, Z_2$  là trở kháng tương đương của mỗi khâu phân áp.

$$Z_1 = \frac{R_1}{1 + j\omega C_1 R_1} \quad \text{và} \quad Z_2 = \frac{R_2}{1 + j\omega C_2 R_2}$$

Để hệ số phân áp không phụ thuộc tần số, chọn  $R_1 C_1 = R_2 C_2$ , khi đó:

$$H \frac{R_1 R_2}{R_2} - \text{không phụ thuộc vào tần số}$$

+ *Khối mạch vào và tiền khuếch đại y*: Tăng  $Z_v$  của kênh y (hay chính của ô-xi-lô) và để phối hợp trở kháng vào của kênh y với trở kháng sóng của cáp dẫn tín hiệu đến. Tiền KĐ y để làm tăng độ nhạy kênh y: ( $K_{\text{tổng}} = K_{\text{tiền KĐy}} + K_{\text{KĐ đối xứng}}$ ) Mạch này còn tham gia vào dải thông tần của kênh y. (Mạch vào thường là tầng KĐ dùng dalinhtror mắc CC, JFET, MOS-FET, sau đó là tiền KĐ y là KĐTT mắc vi sai). Triết áp điều chỉnh đưa ra mặt máy để biến đổi  $K_{\text{tiền KĐ}}$  để dao động đồ biến thiên theo chiều y.

+ *Khối dây trễ*: thường là chuỗi các phần tử LC dùng khi tín hiệu  $U_y$  là dạng xung, để tạo trễ giữa xung vào đưa đến phiến làm lệch đứng với điện áp đưa đến phiến lệch ngang để khi quan sát tín hiệu không bị mất sườn trước của xung, và sử dụng trong trường hợp quét đợi.

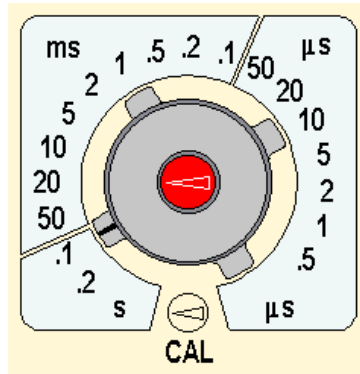
+ *Bộ khuếch đại y đối xứng*: làm tăng độ nhạy chung của kênh y, thực hiện đảo pha tín hiệu để cung cấp đối xứng cho cặp phiến làm lệch độ tiêu tụ chùm tia tới mới tốt, độ nhạy mới đối xứng nhau đối với trục x, và không làm méo dạng đồ thị dao động do cách cung cấp tín hiệu không đối xứng gây nên.

+ *Khối tạo dao động có biên độ chuẩn*  $U_{pp}$  cố định để kiểm chuẩn thang khắc độ của chuyển mạch phân áp y trước khi thực hiện phép đo biên độ điện áp. Thường là là bộ dao động đa hài đối xứng tự dao động.

### **Kênh lệch ngang x.**

Đùng để tạo nên điện áp quét và truyền đạt điện áp để cặp phiến làm lệch ngang. Và khuếch đại tín hiệu đồng bộ với điện áp lệch ngang. Trong kênh lệch ngang gồm có:

+ Trường hợp quét trong thì có : *Bộ tạo điện áp quét răng cưa* (quét nội ) tăng hay giảm tuyến tính (có thể là điện áp răng cưa quét liên tục hay quét đợt) .



+ Trường hợp quét ngoài thì cần có :

- *Mạch vào và tiền khuếch đại* thường là bộ phối hợp trở kháng và suy giảm để giảm nhỏ biên độ điện áp quét ngoài đến mức cần thiết.

+ *Bộ khuếch đại đối xứng kênh X* để khuếch đại điện áp quét trong hay quét ngoài đến mức cần thiết.

### **Khối đồng bộ**

Giải quyết vấn đề pha của tín hiệu cần quan sát  $U_q$  với tín hiệu quét ngang, để được dao động đồ cố định và trung thực, rõ ràng. Có 3 loại tín hiệu đồng bộ đưa đến chuyển mạch S1:

- *Đồng bộ ngoài* : Tín hiệu đồng bộ ngoài cho qua bộ đảo cực tính, sau đó tới khuếch đại và tạo dạng xung đồng bộ, tiếp đó qua bộ tạo xung kích phát quét , xoá, chiếu sáng, và tiếp đó tới bộ tạo quét (liên tục hay đợt) và cuối cùng đưa tới bộ khuếch đại X đối xứng. Trường hợp này dùng khi quan sát tín hiệu xung có độ rộng hẹp, tần số xung lớn.

- *Đồng bộ trong* : Lấy một phần tín hiệu  $U_y$  cần quan sát từ khối tiền Khuếch đại Y đưa xuống đồng bộ, trường hợp này dùng để quan sát tín hiệu  $U_y$  là sin hoặc xung trong dải tần số thấp, cao.

- Đồng bộ 50 Hz xoay chiều : Lấy một phần tín hiệu điện áp xoay chiều nguồn nuôi 50Hz đưa vào chuyển mạch đồng bộ. Dùng để quan sát tín hiệu ở phạm vi tần số thấp, tần số công nghiệp dạng sin...

**Kênh khuếch đại z :**

Bao gồm mạch vào, đổi cực tính, khuếch đại z và vào cực điều chế G để thay đổi độ sáng trên màn. Sử dụng trong trường hợp có tín hiệu điều chế độ sáng vào.

**Khởi nguồn nuôi :**

Đảm bảo cấp nguồn cho toàn bộ máy hiện sóng.

**Một số chế độ làm việc:**

- Quét liên tục đồng bộ trong (ngoài): Dùng để quan sát ảnh của tín hiệu liên tục theo thời gian và đo các tham số của chúng. S2 ở vị trí CH (hoặc EXT nếu là đồng bộ ngoài), S3 ở vị trí 2. Tín hiệu từ lối vào kênh Y, qua Mạch vào và bộ phân áp Y được khuếch đại tới một mức nhất định, sau đó được giữ chậm lại rồi đưa qua Bộ KĐ Y đối xứng để tạo 2 tín hiệu có biên độ đủ lớn, đảo pha nhau đưa tới 2 phiến đứng

- Quét đợt đồng bộ trong: Dùng để quan sát và đo tham số của dãy xung không tuần hoàn hoặc dãy xung tuần hoàn có độ hỏng lớn. S2 ở vị trí CH, S3 ở vị trí 1. Quá trình hoạt động: giống chế độ 1

- Chế độ khuếch đại (chế độ quét lissajous): Dùng để đo tần số, góc lệch pha, độ sâu điều chế, vẽ đặc tính Vôn-Ampe của diốt hoặc dùng làm thiết bị so sánh. Hình nhận được trên màn Ô-XI-LÔ gọi là hình **Lissajous**. S3 ở vị trí 3. Bộ tạo quét trong được ngắt ra khỏi quá trình hoạt động. Ô-XI-LÔ làm việc theo 2 kênh độc lập X,Y và đầu vào X cũng là đầu vào tín hiệu.

### **4.2.2 Ô-xi-lô nhiều kênh.**

Trong những trường hợp cần so sánh nhiều tín hiệu cần đo, ta phải khảo sát hai hay nhiều quá trình trên một Ô-xi-lô. Vấn đề này được giải quyết bằng các biện pháp:

- Mỗi quá trình nghiên cứu được dùng một tia điện tử riêng biệt.

- Chỉ dùng một tia điện tử để ghi cả hai quá trình nhưng làm cho tia điện tử thay đổi có chu kỳ để ghi từ quá trình này sang quá trình khác.

Phương pháp thứ nhất phải dùng nhiều Ô-xi-lô khác nhau, mỗi Ô-xi-lô nghiên cứu một quá trình riêng biệt. Cách thực hiện như vậy thì rất tốn kém, vì phải dùng nhiều Ô-xi-lô. Hơn nữa, vì độ nhạy của các ống tia điện tử khác nhau, tỷ lệ xích về thời gian không giống nhau, nên phương pháp này ít dùng.

Trên thực tế, người ta dùng Ô-xi-lô nhiều tia, mà phổ biến là loại hai tia. Trong các loại Ô-xi-lô này, ống tia điện tử được cấu tạo theo hai cách.

- Loại ống tia có ngăn đôi (hoặc nhiều hơn), hệ thống súng điện tử. Những hệ thống này tạo nên hai tia điện tử (hay nhiều tia) tác dụng lên cùng một màn hình.

- Loại ống có tia điện tử phát ra từ cùng một catốt ra một số tia.

Cả hai loại ống trên đều có khó khăn trong chế tạo là làm sao để khử bỏ được tác dụng ảnh hưởng lẫn nhau của các tia điện tử. Khó khăn này càng lớn khi số tia điện tử càng nhiều. Vì vậy, thông thường chỉ có loại ống có hai tia. Trong một số quá trình có cùng tần số, có thể khảo sát đồng thời trên màn của một Ô-xi-lô có ống tia điện tử có một tia. Cách này được thực hiện theo biện pháp thứ



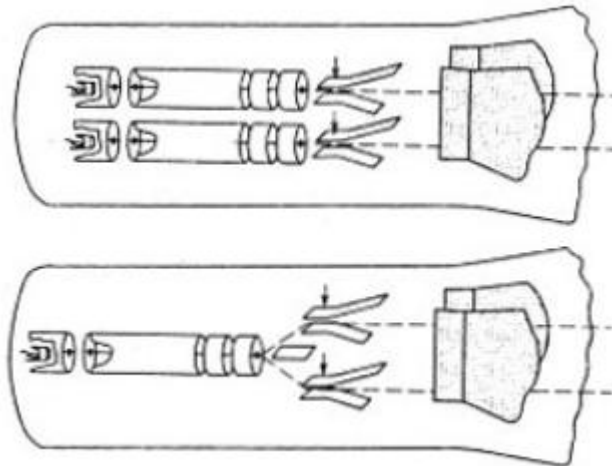
hai đã nói ở trên; nó được kèm theo một bộ phận phụ của Ô-xi-lô nữa là chuyển mạch điện tử.

Chuyển mạch điện tử là thiết bị dùng đèn điện tử hoặc đèn bán dẫn, đầu vào được đưa tới cả hai quá trình điện áp cần nghiên cứu. Đầu ra của nó đưa tới cặp phiến lệch Y (hay bộ khuếch đại y) của Ô-xi-lô.

Tác dụng của chuyển mạch điện tử là làm cho tia điện tử chuyển đổi thời gian quét để ghi quá trình cần nghiên cứu này sang quá trình cần nghiên cứu khác. Sự chuyển mạch trên được thực hiện do sự không chế dao động xung vuông đối xứng được tạo ra từ một bộ đa hài. Điện áp chuyển mạch cần yêu cầu dạng xung của nó gần vuông góc, có như vậy thì sự chuyển trạng thái mới tức thời, không gây mờ rối dao động đồ cần quan sát. Xung điện áp này cần phải đối xứng, tức thời gian hai khoảng chu kỳ dương và âm phải bằng nhau, có như vậy thì độ sáng của hai dao động đồ mới bằng nhau.

**a. Ô-xi-lô 2 kênh dùng CRT 2 tia**

Cấu tạo của Ô-xi-lô hai tia được minh họa như ở Hình 4.8

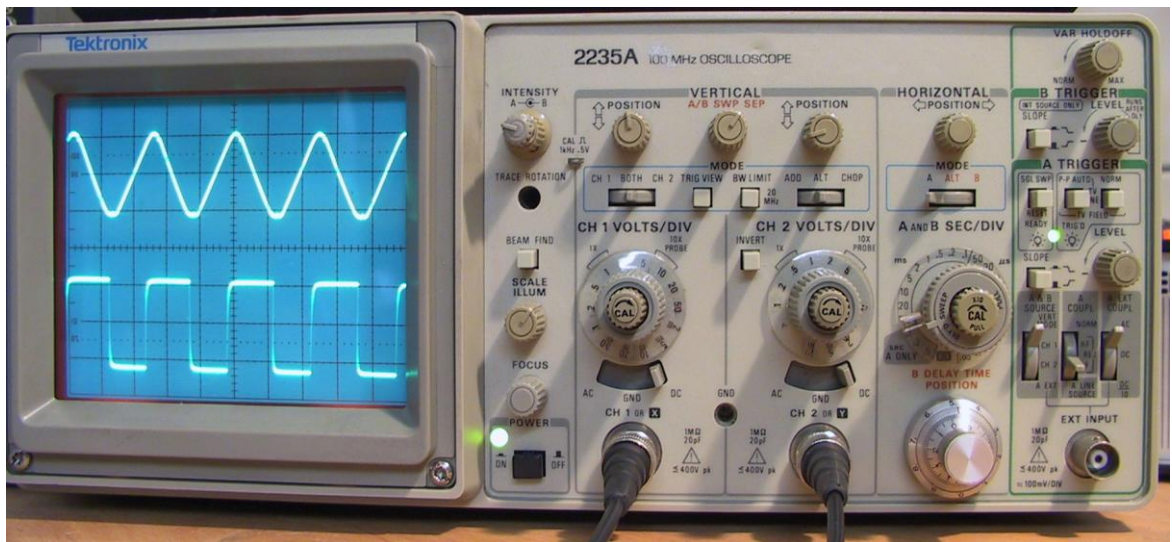


**Hình 4.8 - CRT 2 tia**

## Chương 4 – Máy hiện sóng (Ô-xi-lô)

Cấu tạo cơ bản của Ô-xi-lô điện tử hai tia giống như Ô-xi-lô một tia, nhưng ở Ô-xi-lô hai tia cần chú ý rằng trong một ống tia điện tử có hai súng phóng tia điện tử riêng biệt, tức là gần đôi hệ thống súng điện tử, ta có hai súng phóng tia điện tử riêng biệt. Mỗi chùm tia điện tử cho một vết dạng sóng. Mỗi tia điện tử được súng điện tử tạo ra từ catốt qua các điện cực đến màn huỳnh quang được qua các cặp phiến làm lệch riêng của nó (Y11; Y12 và Y21; Y22) để lái tia điện tử (1) và (2) theo chiều đứng. Dạng sóng quét răng cưa từ bộ tạo góc thời gian đưa vào cặp phiến lệch ngang và cả hai chùm tia điện tử này được làm lệch ngang màn hình một cách đồng thời. Ô-xi-lô sử dụng CRT 2 tia có lối vào cặp phiến lệch đứng tách biệt hoàn toàn, kênh A và kênh B. Mỗi kênh đều có các mạch khuếch đại làm lệch riêng biệt của nó để tới một cặp phiến làm lệch đứng. Bộ tạo góc thời gian điều khiển một bộ duy nhất các tấm lái tia ngang.

### b. Ô-xi-lô 2 kênh dùng CRT 1 tia kết hợp chuyển mạch điện tử



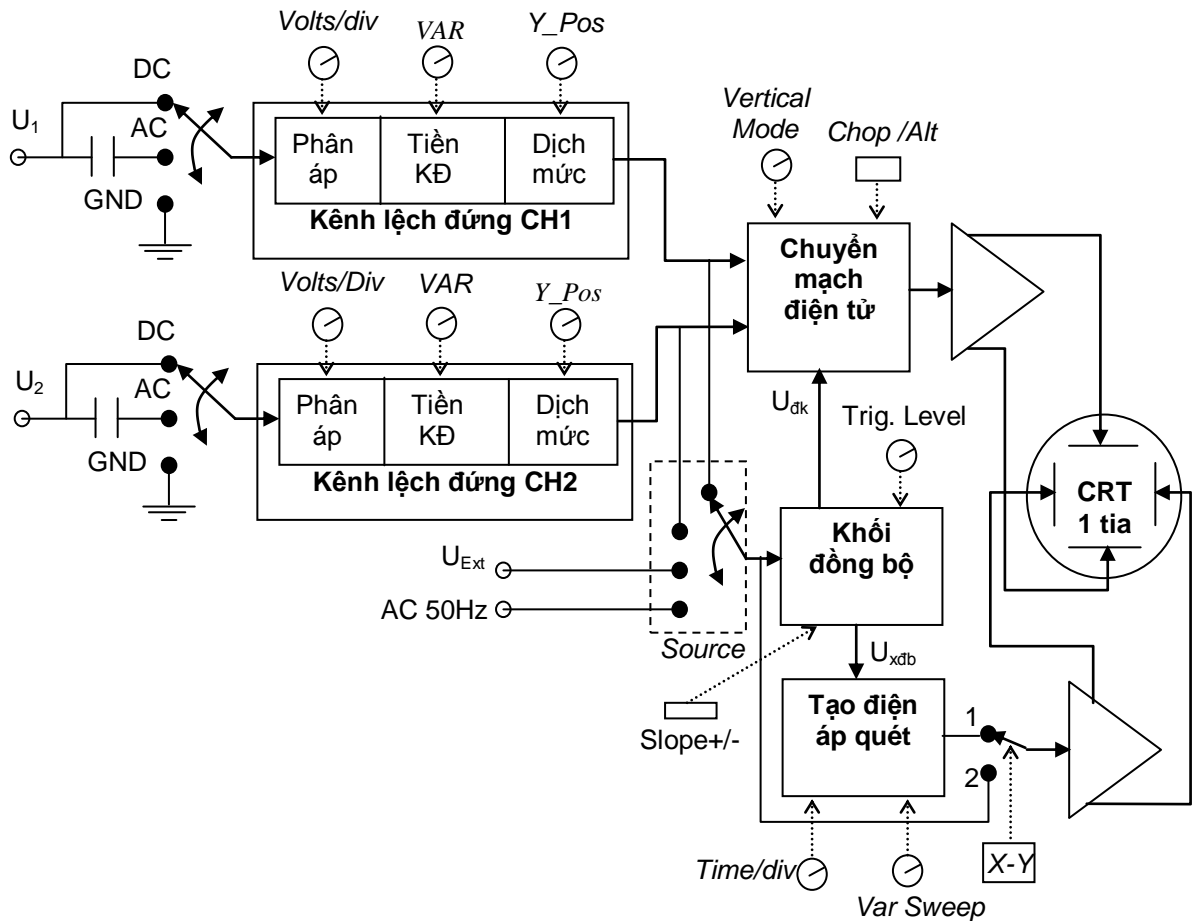
Hình 4.9 - Hình ảnh của Ô-xi-lô tương tự 2 kênh dùng CRT 1 tia

Sơ đồ nguyên lý của Ô-xi-lô 2 kênh dùng CRT 1 tia kết hợp chuyển mạch điện tử như 150. Trong đó hai tín hiệu cần quan sát ( $U_1(t)$ ,  $U_2(t)$ ) sẽ được đưa vào 2 kênh lệch đứng riêng biệt giống

nhau rồi đưa tới chuyển mạch điện tử. Chuyển mạch điện tử sẽ được điều khiển để tại 1 thời điểm chỉ có 1 tín hiệu qua nó và đưa tới khuếch đại Y đối xứng để đưa tới cặp lái đứng  $Y_1Y_2$  và tín hiệu đó sẽ được hiển thị trên màn hình. Hai tín hiệu sẽ được lần lượt hiển thị trên màn hình theo 2 chế độ quét: quét tuần tự và quét xen kẽ.

+Chế độ quét tuần tự (**Alt Mode**): Nguyên lý: lần lượt qua mỗi chu kỳ quét, các tín hiệu  $U_1(t)$  (giả sử là dạng điện áp hình sin) và  $U_2(t)$  (giả sử là dạng điện áp tam giác) được đưa qua chuyển mạch điện tử và đưa qua khuếch đại Y đối xứng để lần lượt hiển thị trên màn hình. Giả sử trong các chu kỳ quét lẻ  $U_1$  được hiển thị còn trong các chu kỳ quét chẵn  $U_2$  được hiển thị. Minh họa chế độ quét tuần tự như

Ưu điểm của chế độ quét tuần tự là tốc độ chuyển mạch không cần lớn, rất phù hợp để quan sát nhưng tín hiệu có tần số cao, nhược điểm điểm là khi tần số tín hiệu quan sát nhỏ,  $T_q$  lớn dao động đồ quan sát không ổn định.



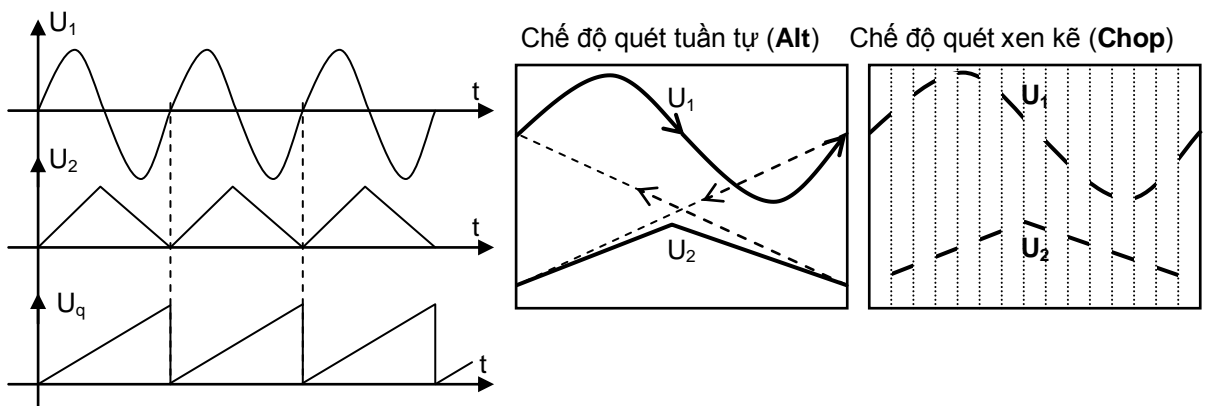
Hình 4.10 - Sơ đồ nguyên lý ô-xi-lô 2 kênh

+ Chế độ quét xen kẽ (**Chop Mode**): Trong 1 chu kỳ  $T_q$ , người ta chia làm nhiều khoảng thời gian bằng nhau. Lần lượt qua mỗi khoảng thời gian này các tín hiệu  $U_1$ ,  $U_2$  được đưa qua chuyển mạch điện tử và đưa tới k/đại Y đối xứng để hiển thị lên màn hình. Giả sử trong khoảng thời gian lẻ  $U_1$  được hiển thị, trong khoảng thời gian chẵn  $U_2$  được hiển thị. Như vậy, trong 1 chu kỳ  $T_q$ , cả 2 tín hiệu đều được hiển thị trên màn hình dưới dạng các đoạn sáng đứt nét xuất hiện xen kẽ nhau. Tuy nhiên những chỗ đứt nét ở dạng sóng đã tạo ra ngấn tới mức không thể nhận ra chúng khi tần số chuyển mạch là cao. Khi tín hiệu nghiên cứu ở tần số thấp thì tín hiệu hiện hình trên máy xem sóng gần như liên tục. Khi tín hiệu nghiên cứu ở tần số cao, thực hiện không đồng bộ

(chọn  $T_q$  thì đoạn ngắt bị lấp do độ dư huy của ống và độ lưu ảnh của mắt.

Để khắc phục nhược điểm này của kiểu luân phiên đối với tần số thấp ta sử dụng chuyển mạch ngắt quãng. Bởi vì những chỗ đứt quãng trong từng vết ngắn tới mức không thể nhìn thấy được, khiến cả hai dạng sóng tín hiệu đều được hiện hình một cách liên tục, dễ dàng cho việc quan sát so sánh.

Ưu điểm của chế độ quét xen kẽ là dao động đồ ổn định khi quan sát những tín hiệu có tần số nhỏ, nhưng nhược điểm là tốc độ chuyển mạch làm việc phải lớn, do đó không phù hợp khi quan sát những tín hiệu có tần số lớn.



Hình 4.11 - Minh họa các chế độ quét

### 4.3 ĐÂY ĐO DÙNG CHO Ô-XI-LÔ

Dây đo (Probe) được sử dụng để đưa các tín hiệu vào máy đo nói chung hay Ô-xi-lô nói riêng. Dây đo thường được cấu tạo gồm đầu dò (thường là đầu móc vào điểm đo trong mạch), các phân tiền xử lý (phân áp, hoặc khuếch đại,...), cáp dẫn đồng trục, và connector chuẩn BNC. Dây đo cũng có vai trò quan trọng và ảnh hưởng lớn đến sai số của phép đo.

Có 2 dạng dây đo chính:

- + Dây đo thụ động.

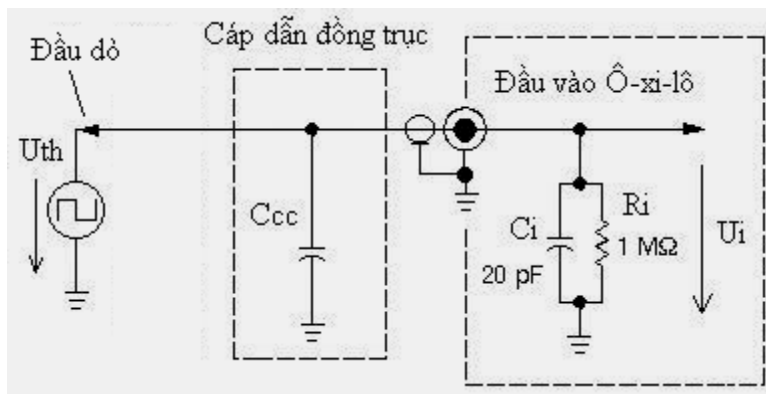
+ Dây đo tích cực.

### 4.3.1 Dây đo thụ động trở kháng cao

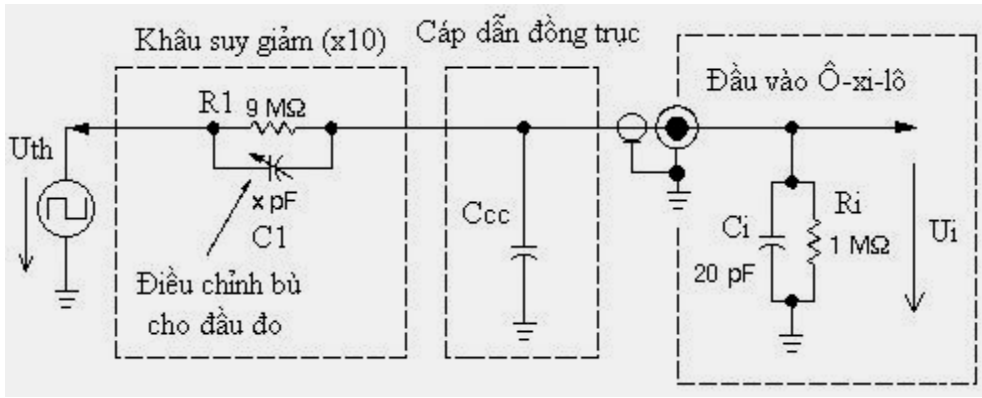


Hình 4.12 - Hình ảnh của dây đo thụ động

Dây đo thụ động trở kháng cao thường có 2 chế độ làm việc: Không suy giảm (ví trí x1) và có suy giảm (vị trí x10 – làm suy giảm tín hiệu vào 10 lần). Sơ đồ tương đương của dây đo loại này trong các trường hợp như Hình 4.13.



(a) Dây đo không suy giảm (vị trí x1)

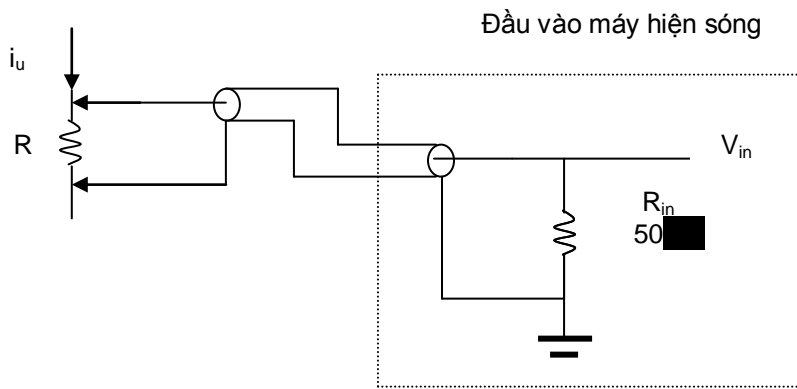


(b)- Dây đo có suy giảm (vị trí x10)

Hình 4.13 - Sơ đồ tương đương dây đo thụ động có khâu suy giảm (x1/x10)

### 4.3.2 Dây đo tích cực

Dây đo tích cực thường được tích hợp thêm các bộ khuếch đại tín hiệu, hay bộ biến dòng vào đầu đo điện áp. Các dạng dây đo dòng như Hình 4.14 và Hình 4.15.



Hình 4.14 – Dây đo dòng dùng điện trở Shun

Một bộ chuyển đổi tạo ra điện thế đầu vào tỷ lệ với dòng trong mạch điện sử dụng thì được gọi là "Đầu dò dòng điện". Một điện trở và một đầu dò điện thế 1:1 như Hình 4.14 và chúng là phương thức sử dụng ở trạng thái chắc chắn. Tuy thế việc xen điện trở vào mạch điện sử dụng có một vài bất lợi. Sự tạo ra sụt áp đủ lớn trước điện trở tương ứng trong Ô-xi-lô sẽ có bất lợi ảnh hưởng đến sự vận hành mạch điện và phải kết nối đầu ra đất của máy dò tới mạch

điện ở điểm dòng điện được giám sát. Sử dụng đầu dò vi sai sẽ cho phép đo dòng vào và ra của nút mà nó không được nối đất.

Đầu dò dòng điện thực hiện được nếu sử dụng biến áp có hiệu quả, cho điện trở nhỏ vào mạch điện sử dụng Hình 4.15, đặt đúng vào đầu dò một biến áp có cuộn dây thứ cấp  $n_s$  vòng cấp điều khiển đầu dò 50  $\mu\text{A}$  mà đầu cuối ví dụ điện trở 50  $\Omega$  tới đầu vào Ô-xi-lô. Dòng điện được đo trong mạch sử dụng được dẫn qua cuộn dây sơ cấp 1 vòng, khi nó phụ thuộc vào biến áp, phương pháp này không được đo dòng điện DC, i, e... nó bị ghép AC. Phương trình cho biến áp được trình bày rõ ràng như sau:

$$(1) i_s = i_u/n_s$$

$$(2) \text{Độ nhạy của đầu dò là } R_{in}/n_s \text{ V/A.}$$

$$(3) \text{Điện trở của cuộn sơ cấp dĩ nhiên là } R_{in}/n_s$$

Khi biến áp đầu dò dòng điện sử dụng chiều mạch điện trên dây nối trong mạch điện sử dụng, điện trở  $R_{in}/n_s^2$  được biểu diễn thêm vào dây mà ảnh hưởng tải của dòng điện đo không thể là cuối cùng.

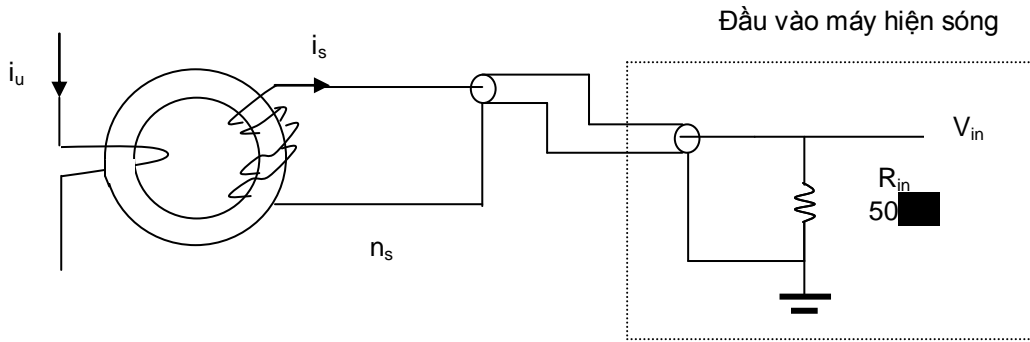
Đáng tiếc là đầu dò chế tạo thường xuyên gặp tình trạng số các vòng quấn của cuộn thứ cấp máy biến áp là không rõ ràng, nhưng có thể đưa lại điện trở đầu cuối và độ nhạy, số vòng cuộn thứ cấp có thể tính toán dễ dàng.

Đầu dò dòng điện thực hiện với việc sử dụng "hiệu ứng lớn" hoặc một "bộ tự dao động lớn", lấy tức thời cường độ qua nam châm trong lõi biến áp phát sinh ra một tín hiệu điện thế, được khuếch đại và đưa tới đầu vào Ô-xi-lô. Phương pháp này để đo dòng DC nhưng nó có hạn chế khi đo tín hiệu tần số tương đối thấp.

Đầu dò dòng điện ghép phối hợp với một biến áp và một bộ tạo động lớn đưa vào một khối tích phân và phối hợp các đầu ra để



cung cấp những đặc trưng nhất của hai kiểu đó. Độ rộng băng đo được có giá trị xấp xỉ 50MHz. Trong kiểu này dòng điện biến áp có một đoạn dây ngắn qua lõi biến áp và dây này được xen vào nhánh của mạch điện sử dụng cần đo. Có kiểu sắp đặt lõi biến áp đưa vào hai phân di chuyển được song biến áp có thể có phạm vi xung quanh các vòng dây, nó được tách rời đầu kia. Tỷ số vòng dây biến áp và độ nhạy đầu dò có thể thay đổi bởi hai vòng hoặc nhiều vòng của dây mang dòng điện qua biến áp. Cộng hoặc trừ dòng điện trong các nhánh khác nhau của mạch điện sử dụng có thể thực hiện bằng sự liên kết các dòng điện đồng thời qua đầu dò dòng điện, nhưng sẽ có vài phép đo cặp chéo giữa các nhánh.



*Hình 4.15 - Đầu dò biến đổi dòng*

## **4.4 Ô-XI-LÔ SỐ**

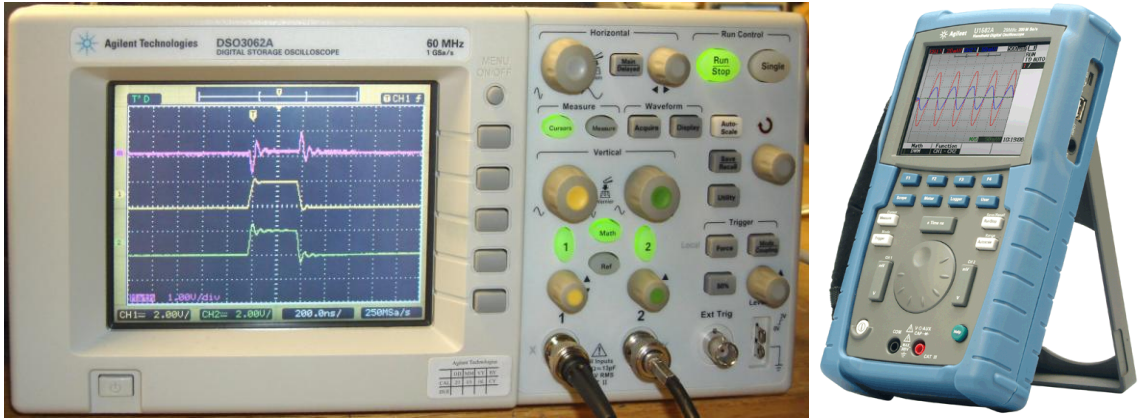
### **4.4.1 Khả năng của ôxilô số**

Ôxilô điện tử số có các ưu điểm là:

- Duy trì hình ảnh dạng của tín hiệu trên màn hình với khoảng thời gian không hạn chế.
- Tốc độ đọc có thể thay đổi trong giới hạn rộng.
- Các đoạn hình ảnh lưu giữ có thể xem lại được ở tốc độ thấp hơn nhiều, tốc độ quét có thể tới 1cm/1h.
- Tạo được hình ảnh dao động đồ tốt hơn, tương phản hơn loại ôxilô tương tự.

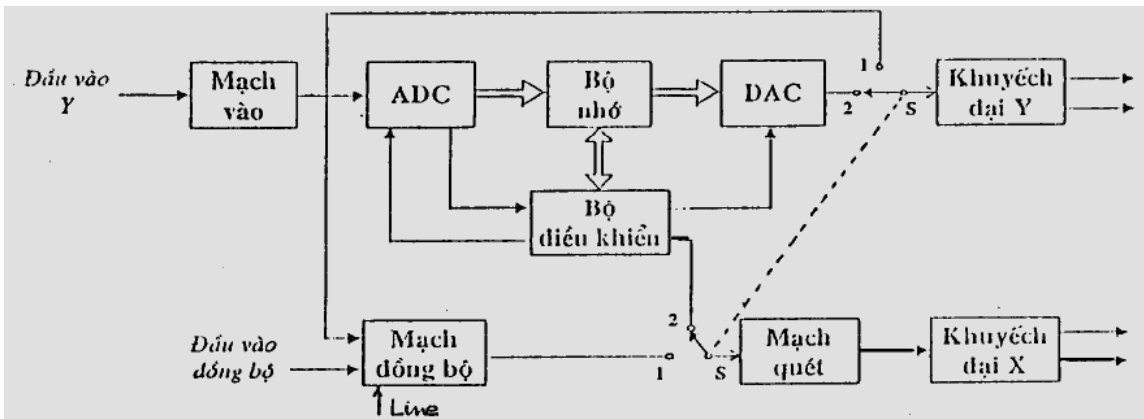
## Chương 4 – Máy hiện sóng (Ô-xi-lô)

- Đơn giản hơn trong sử dụng, vận hành.
- Có thể truyền trực tiếp số liệu của tín hiệu cần quan sát dưới dạng số, ghép trực tiếp với máy tính hay được xử lý trong ôxilô.



### 4.4.2 Cấu trúc ô-xi-lô số

Sơ đồ khối cấu tạo của ôxilô (có nhớ) số, được vẽ cơ bản như Hình 4.16.



Hình 4.16 - Sơ đồ khối nguyên lý cấu tạo Ô-xi-lô số

Khi chuyển mạch S (đồng trục) có vị trí 1 thì ôxilô làm việc như một ôxilô đa năng thông thường.

Khi chuyển mạch S đặt ở vị trí 2 thì ôxilô làm việc là một ôxilô có nhớ số. Điện áp tín hiệu cần quan sát được đưa vào đầu vào Y, tới bộ biến đổi tương tự - số ADC. Tại thời điểm đó ( $t_1$ ), khối điều khiển gửi một lệnh tới đầu vào điều khiển của bộ ADC và khởi động quá trình biến đổi. Kết quả là điện áp tín hiệu được

số hóa, có nghĩa là bộ biến đổi lấy mẫu dạng tín hiệu ở nhiều điểm và biến đổi giá trị tức thời của biên độ tại mỗi điểm thành giá trị mã nhị phân tỷ lệ với biên độ đó. Tại thời điểm kết thúc quá trình biến đổi, bộ ADC gửi tín hiệu kết thúc tới bộ điều khiển.

Mỗi số nhị phân được chuyển tới bộ nhớ và được nhớ ở vị trí ô nhớ riêng biệt. Bởi vì đây là bộ nhớ không linh hoạt (cố định – nonvolatile memory) nên nó có thể lưu trữ lượng lưu trữ lớn các số nhị phân với bất kỳ độ dài thời gian nào. Khi cần thiết, một lệnh từ khối điều khiển có thể làm cho các số nhị phân này được sắp xếp theo chuỗi lại theo thứ tự đã xác định và được đưa tới bộ biến đổi DAC. Bộ biến đổi số - tương tự sẽ biến các giá trị nhị phân thành điện áp tương tự, và điện áp này được đưa qua bộ khuếch đại Y và tới cặp phiến làm lệch Y của ống tia điện tử.

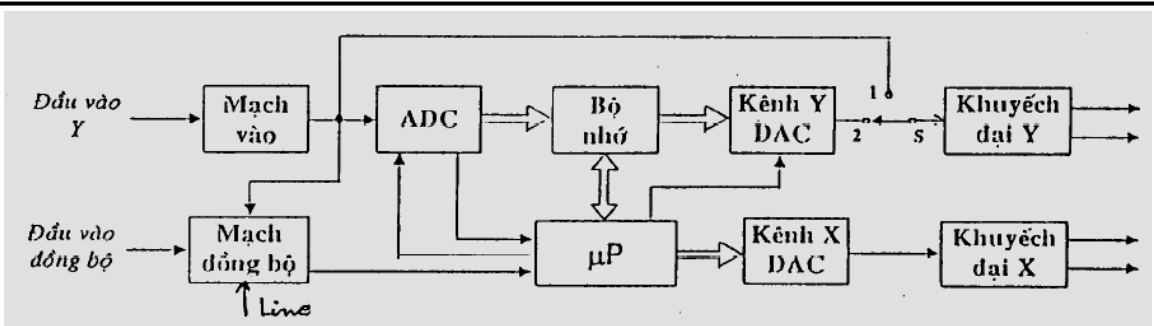
Do bộ nhớ được liên tiếp quét nhiều lần trong một giây nên màn hình được sáng liên tục và hiện lên dạng sóng là hình vẽ các điểm sáng, biểu thị dạng sóng cần quan sát.

Để đạt được một đường sáng liên tục, còn có thể có thêm một mạch nội suy (làm mượt) giữa bộ DAC và bộ khuếch đại Y.

Một điểm hạn chế của ôxilô có nhớ số vừa mô tả trên là dải tần bị hạn chế, do tốc độ của bộ biến đổi ADC thấp (thông thường hiện nay, ôxilô có nhớ số có dải tần 1-10 MHz).

Gần đây, các ôxilô có nhớ số có dải tần rộng được phát triển nhờ có cài đặt microprocessor, các bộ biến đổi ADC có tốc độ biến đổi nhanh hơn, kỹ thuật số hóa mới hơn, cách nội suy và phương pháp thể hiện tín hiệu.

Một loại ôxilô có nhớ khác được trình bày như Hình 4.17.



Hình 4.17 - - Sơ đồ khối nguyên lý cấu tạo Ô-xi-lô số sử dụng Vi xử lý

Sơ đồ Hình 4.17 khác với sơ đồ Hình 4.17 ở chỗ bộ dao động quét thực sự là bộ biến đổi DAC kênh X, được điều khiển từ số liệu của Vi xử lý. Đầu ra bộ DAC tạo ra điện áp nhảy bậc, sao cho sự nhảy bậc thang không khác biệt quá nhiều so với điện áp bậc thang được tạo từ bộ dao động quét tương tự.

Với ADC loại 10 bit, số bước nhảy là  $2^{10}=1024$ . Toàn bộ đoạn điện áp ra được chia thành 1023 bước riêng biệt, và sự lệch ngang của tia điện tử thực tế là tỷ lệ theo thời gian. Tốc độ biến đổi DAC và bộ điều khiển quét quyết định tốc độ quét cực đại. Tốc độ quét có thể điều chỉnh được bằng việc thay đổi số đến đầu vào số của bộ DAC.

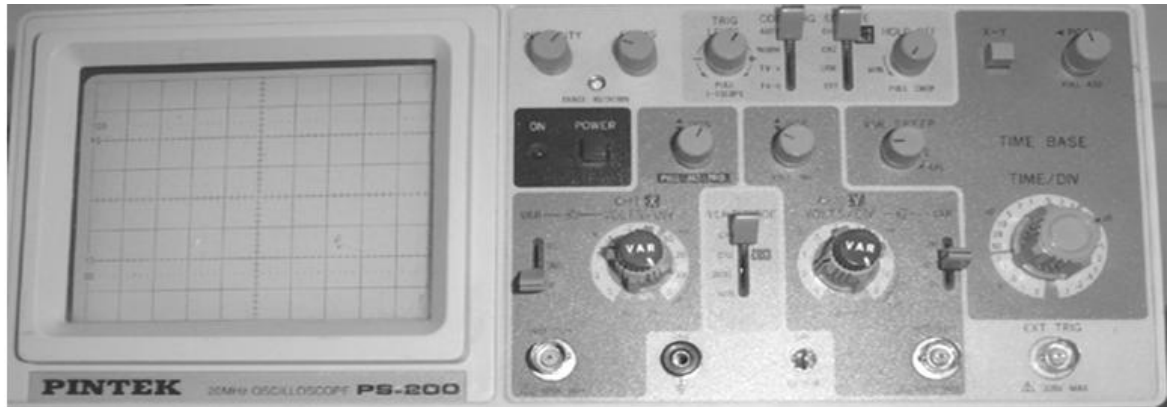
Còn tổ hợp các bộ phận phía trên, gồm: ADC, bộ nhớ, và DAC của kênh Y cho phép khả năng thay đổi trễ của tín hiệu vào hệ thống làm lệch Y trong một giới hạn rộng, đồng thời nó có thể kết hợp được với DAC của kênh X, như vậy đảm bảo sự đồng bộ chính xác.

#### 4.5 ỨNG DỤNG ĐO LƯỜNG DÙNG Ô-XI-LÔ

Ô-xi-lô là một loại thiết bị đo rất thông dụng và đa năng, ngoài chức năng hiển thị dạng tín hiệu trên màn hình còn cho phép đo các tham số của nó. Mỗi loại Ô-xi-lô khác nhau có cách điều chỉnh khác nhau để thực hiện phép đo, tuy nhiên về cơ bản chúng

đều có những nguyên lý đo giống nhau. Để hiểu rõ hơn các phép đo dùng Ô-xi-lô bài giảng có giới thiệu một loại Ô-xi-lô tương tự cụ thể và hướng dẫn cách thực hiện phép đo theo Ô-xi-lô đó.

+ **Giới thiệu về 1 loại ô-xi-lô tương tự 2 kênh dùng CRT 1 tia**



### CRT

-Núm INTENSITY: điều chỉnh độ sáng của dao động đồ trên màn hình.

-Núm FOCUS : điều chỉnh độ hội tụ của chùm tia điện tử, thay đổi độ nét của dao động đồ.

### KÊNH LỆCH ĐÚNG Y (CH1 và CH2)

- Vert. Mode: Thay đổi chế độ hiển thị

- Chuyển mạch kết nối đầu vào: gồm AC, GND, DC.

■ Khi chuyển mạch đặt ở AC: chỉ có thành phần xoay chiều của tín hiệu được hiển thị trên màn.

■ Khi chuyển mạch đặt ở DC: cả thành phần xoay chiều và 1 chiều của tín hiệu được hiển thị trên màn.

■ Khi chuyển mạch đặt ở GND: tín hiệu GND được đưa vào lối vào của MHS.

- Núm VOLTS/DIV thay đổi hệ số phân áp của kênh Y.

- VAR : Thay đổi hệ số khuếch đại của mạch tiền KĐ

**Chú ý:** khi tính biên độ của tín hiệu dựa vào số ô tương ứng với biên độ của tín hiệu cần tính và hệ số volts/div, cần điều chỉnh núm VAR (màu đỏ nằm phía trên núm volts/div về vị trí chuẩn (CAL) của nó (xoay theo chiều kim đồng hồ về vị trí tận cùng).

-Núm X-Y: ấn nút này để chuyển sang chế độ khuếch đại, ảnh trên màn hình là hình Lixazu. Chú ý: thông thường trong chế độ này thì chuyển mạch SOURCE lựa chọn tín hiệu đưa vào kênh X, chuyển mạch VERTICAL MODE lựa chọn tín hiệu đưa vào kênh Y.

-Núm POS↑ để dịch ảnh trên màn theo chiều dọc.

### KÊNH LỆCH NGANG X

-Núm Time/Div: thay đổi chu kỳ quét thích hợp.

- VAR SWEEP : Thay đổi liên tục thời gian quét thuận

**Chú ý:** khi tính chu kỳ của tín hiệu dựa vào số ô trong 1 chu kỳ và hệ số time/div, cần điều chỉnh núm VARSWEEP về vị trí chuẩn (CAL) của nó (xoay theo chiều kim đồng hồ về vị trí tận cùng).

-Núm POS←→ Khi chuyển mạch đặt ở để dịch ảnh trên màn theo chiều ngang.

-Núm HOLD OFF: kết hợp với việc điều chỉnh chuyển mạch SOURCE để điều chỉnh đồng bộ.

### ĐỒNG BỘ VÀ KÍCH KHỞI

-Núm TRIG LEVEL: Điều chỉnh mức kích khởi

-Chuyển mạch COUPLING: lựa chọn chế độ kích khởi .

■ AUTO: chế độ kích khởi động tự động. Tín hiệu quét được tạo ra khi không có tín hiệu kích khởi phù hợp và tự động trở

lại hoạt động  
hợp.

■ NORM: chế  
tạo ra khi c

■ TV-V: phạm

■ TV-H: phạm vi băng thông kích khởi là 1kHz-100kHz

-Chuyển mạch SOURCE: Nguồn tín hiệu đồng bộ

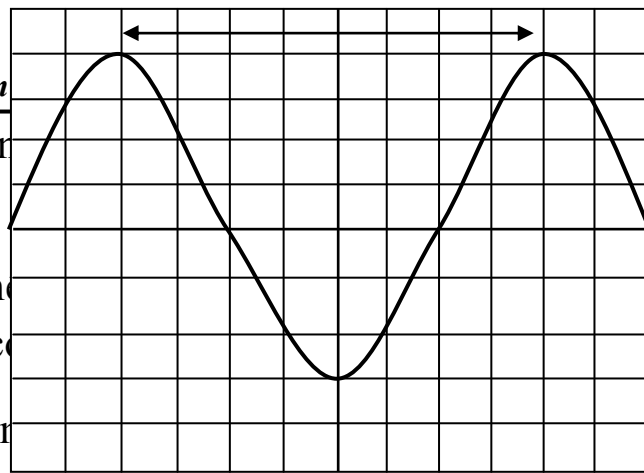
■ CH1: tín hiệu từ kênh CH1 trở thành nguồn kích khởi không quan tâm đến việc lựa chọn ở chuyển mạch VERTICAL MODE.

■ CH2: tín hiệu từ kênh CH2 trở thành nguồn kích khởi.

■ Khi CM ở vị trí CH1 hoặc CH2 ta có **đồng bộ trong (tự đồng bộ)**.

■ LINE: tín hiệu xoay chiều từ lưới điện được dùng làm nguồn kích khởi (đồng bộ với lưới điện, tần số 50Hz).

■ EXIT: tín hiệu kích khởi lấy từ đầu nối EXIT TRIG (đồng bộ ngoài).

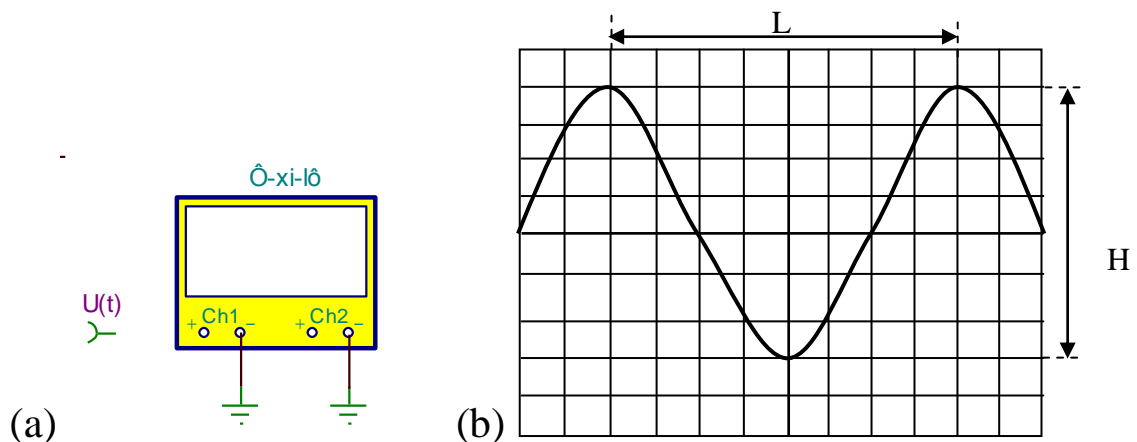


ích khởi phù

uết chỉ được

Z

### 4.5.1 Đo tham số tín hiệu điện áp



Hình 4.18 - Đo tham số của tín hiệu điện áp  $U(t)$

Giả sử sử dụng Ô-xi-lô tương tự 2 kênh để đo tham số của tín hiệu điện áp. Đưa tín hiệu điện áp cần đo  $U(t)$  (giả sử là dạng điện áp hình sin) vào đầu vào kênh CH1 hoặc CH2 của Ô-xi-lô. Điều chỉnh Ô-xi-lô ở chế độ quét trong tuyến tính liên tục và đồng bộ sao cho có ít nhất một chu kỳ tín hiệu hiển thị trên màn hình với biên độ đủ lớn và nằm trong giới hạn màn hình (ví dụ hình ảnh dao động đồ như hình Hình 4.18-b). Giả sử các hệ số lệch đứng và ngang của Ô-xi-lô là: Volts/div = 2mV/div, Time/div=1ms.

+ **Đo điện áp đỉnh – đỉnh  $U_{pp}$** : Dựa vào dao động đồ, xác định độ lệch theo chiều đứng giữa đỉnh và đỉnh dưới H(div) như hình vẽ.

$$U_{pp} = H(\text{div}) \times [\text{Volts/div}]$$

$$\Rightarrow U_{pp} = 7 \text{ div} \times (2\text{mV/div}) = 14 \text{ mV}$$

Với  $U(t)$  là dạng điện áp hình sin:  $\Rightarrow$  Biên độ  $U_m = U_{pp}/2$ ; giá trị hiệu dụng  $U_{RMS} = \frac{U_{pp}}{2\sqrt{2}}$ .

+ **Đo chu kỳ  $T$** : Dựa vào dao động đồ, xác định độ lệch theo chiều ngang của 1 chu kỳ tín hiệu L (div) (ví dụ độ lệch giữa 2 đỉnh liên tiếp).

$$T = L(\text{div}) \times [\text{Time/div}]$$

$$\Rightarrow f = 1/T$$

+ **Đo thành phần 1 chiều  $U_{DC}$** : có thể thực hiện theo 2 cách sau đây:

- Xác định vị trí đường điện áp 0V (GND) bằng cách đưa chuyển mạch (AC-GND-DC)  $\rightarrow$  GND, sau đó đưa lại chuyển mạch về vị trí DC, thành phần một chiều chính là khoảng điện áp giữa đường 0V và đường trung bình của dạng điện áp hiển thị trên màn hình ở chế độ DC.



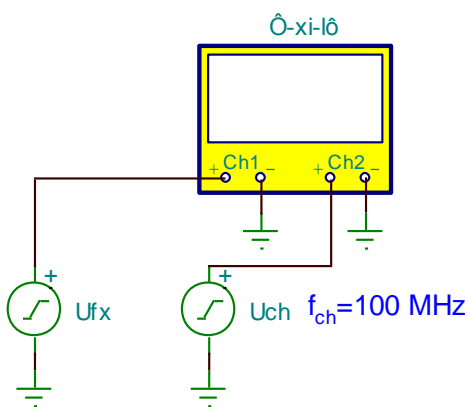
- Đưa chuyển mạch (AC-GND-DC) → AC, đánh dấu một đỉnh bất kỳ của dao động đồ, sau đó đưa chuyển mạch về vị trí DC, xác định độ dịch chuyển của đỉnh đó (div).

$U_{DC}$  (div) (olts/div) - Nếu đỉnh dịch chuyển lên trên  
 (div) (olts/div) - Nếu đỉnh dịch chuyển xuống dưới

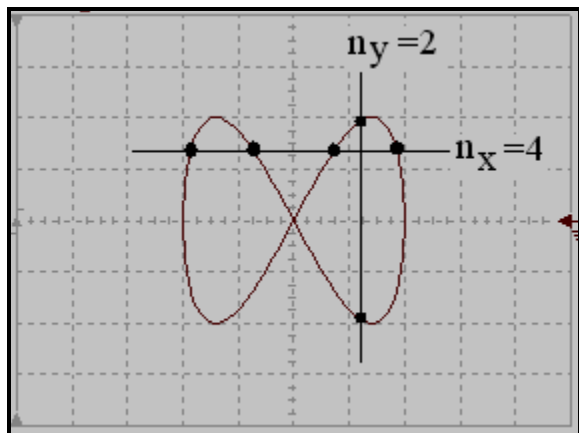
### 4.5.2 Đo tần số bằng phương pháp Lissajous

Đo chu kỳ hay tần số bằng phương pháp quét tuyến tính có độ chính xác không cao nhất là khi tín hiệu có tần số lớn. Mặt khác phương pháp đó bị hạn chế bởi giới hạn của tần số quét của Ô-xi-lô, do đó với những yêu cầu phép đo tần số lớn với yêu cầu độ chính xác cao người ta phải chuyển sang đo bằng phương pháp Lissajous (phương pháp quét X-Y, hay phương pháp khuếch đại).

Bản chất của đo tần số bằng phương pháp là phương pháp so sánh tần số của tín hiệu chưa biết với một tần số chuẩn đã biết có độ chính xác cao thông qua hình ảnh của dao động đồ Lissajous. Sơ đồ đo của phương pháp này như Hình 4.19.



(a)- Sơ đồ đo



(b)- Kết quả đo

Hình 4.19 - Đo tần số bằng phương pháp Lissajous

## Chương 4 – Máy hiện sóng (Ô-xi-lô)

Giả sử ta đo bằng Lissajous Ô-xi-lô 2 kênh, ta phải điều chỉnh:

+ Tín hiệu cần đo tần số:  $U_{fx} \rightarrow$  Kênh CH<sub>1</sub>  $\rightarrow$  Kênh Y

+ Điện áp chuẩn  $U_{fch} \rightarrow$  Kênh CH<sub>2</sub>  $\rightarrow$  Kênh X.

+ Điều chỉnh Oxilo làm việc ở chế độ quét Lissajous ( $U_{fx} \rightarrow Y_1-Y_2$ ;  $U_{fch} \rightarrow X_1-X_2$ ).

■ Chọn chuyển mạch X-Y

■ Vert.Mode  $\rightarrow$  CH<sub>1</sub>  $\Leftrightarrow$   $U_{CH1} \rightarrow$  Kênh Y

■ Source  $\rightarrow$  CH<sub>2</sub>  $\Leftrightarrow$   $U_{CH2} \rightarrow$  Kênh X

+Điều chỉnh các chuyển mạch Volts/div (CH<sub>1</sub> và CH<sub>2</sub>); POS-Y (CH<sub>1</sub>); POS-X

để nhận được dao động đồ Lissajous nằm chính giữa và trong giới hạn màn hình.

+Thay đổi tần số chuẩn fch để nhận được dao động đồ Lissajous ổn định trên màn hình.

### Xác định $f_x$ :

■ Xác định số điểm cắt dao động đồ của một cắt tuyến nằm ngang (phương X) bất kỳ :  $n_X$

■ Xác định số điểm cắt dao động đồ của một cắt tuyến thẳng đứng (phương Y) bất kỳ :  $n_Y$

■ Tỷ số giữa tần số của tín hiệu đưa vào kênh X và tần số của tín hiệu đưa vào kênh Y sẽ lệ nghịch với tỷ số của số điểm cắt dao động đồ của cắt tuyến theo phương X và phương Y tương ứng:

$$\frac{f_X}{f_Y} \quad \blacksquare \quad \frac{n_Y}{n_X}$$

Giả sử kết quả đo như Hình 4.19-b, ta có:

$$\frac{f_x}{f_{ch}} \quad \blacksquare \quad \frac{f_{CH1}}{f_{CH2}} \quad \blacksquare \quad \frac{f_Y}{f_X} \quad \blacksquare \quad \frac{n_X}{n_Y}$$

$$\Rightarrow f_x \ll f_{ch} \frac{n_x}{n_y} \ll 0,4 \cdot 200 \text{MHz}$$

Phép đo tần số bằng phương pháp Lissajous có độ chính xác bằng với độ chính xác của tần số  $f_{ch}$ , và giới hạn tần số đo được lớn, bằng giới hạn tần số của kênh lệch đứng.

Để việc số đếm cắt dễ dàng, thường điều chỉnh  $f_{ch}$  sao cho dao động đồ không quá phức tạp và số đếm cắt dao động đồ không quá lớn.

### 4.5.3 Đo góc lệch pha

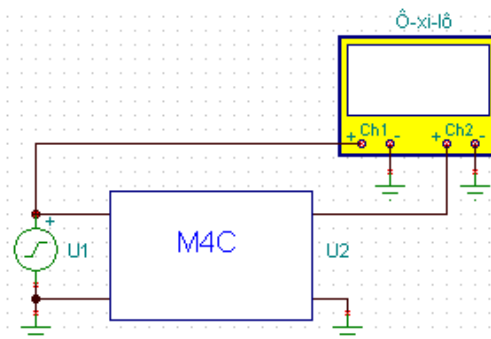
Giả thiết đo độ lệch pha của tín hiệu qua 1 mạng 4 cực (M4C) sử dụng Ô-xi-lô 2 kênh.

#### a. Sử dụng phương pháp quét tuyến tính

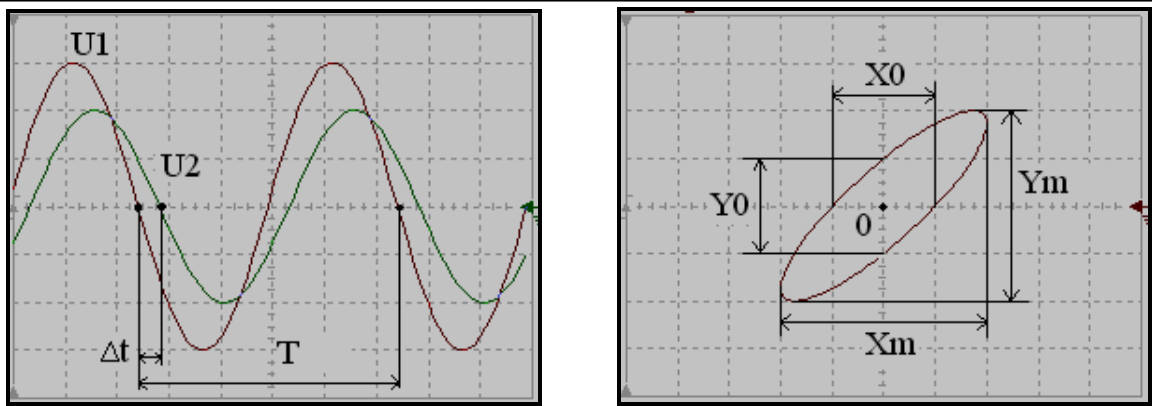
Sơ đồ đo như Hình 4.20: Điện áp vào hình sin  $U_1(t)$  được đưa vào kênh CH1, Điện áp ra  $U_2(t)$  được đưa vào kênh CH2.

+ Điều chỉnh Ô-xi-lô ở chế độ hiển thị 2 kênh, quét trong tuyến tính liên tục.

+ Điều chỉnh các hệ số lệch tia và vị trí sao cho nhận được ít nhất một chu kỳ của các tín hiệu, biên độ đủ lớn và nằm trong giới hạn màn hình. Giả sử kết quả hiển thị như Hình 4.21-a.



Hình 4.20 - Sơ đồ đo độ lệch pha của mạng 4 cực



(a)- Đo bằng phương pháp quét tuyến tính (b) – Đo bằng phương pháp Lissajous

Hình 4.21 - Kết quả đo góc lệch pha

### b. Sử dụng phương pháp quét lissajous

Sơ đồ đo như Hình 4.20: Điện áp vào hình sin  $U_1(t)$  được đưa vào kênh CH1, Điện áp ra  $U_2(t)$  được đưa vào kênh CH2. Điều chỉnh Ô-xi-lô ở chế độ quét Lissajous sao cho:

■  $U_1(t) \rightarrow$  kênh CH<sub>1</sub>  $\rightarrow$  kênh Y

■  $U_2(t) \rightarrow$  kênh CH<sub>2</sub>  $\rightarrow$  kênh X

Điều chỉnh các chuyển mạch như sau:

■ Chọn chuyển mạch X-Y (chuyển sang chế độ quét lissajous)

■ Vert.Mode  $\rightarrow$  CH<sub>1</sub> = U<sub>CH1</sub>  $\rightarrow$  Kênh Y

■ Source  $\rightarrow$  CH<sub>2</sub> = U<sub>CH2</sub>  $\rightarrow$  Kênh X

+ Điều chỉnh các hệ số Volts/div (CH<sub>1</sub> và CH<sub>2</sub>), POS-Y (CH<sub>1</sub>), POS-X để nhận được dao động đồ Lissajous nằm chính giữa và trong giới hạn màn hình. Dao động đồ sẽ có đường thẳng hoặc đường Elip hay đường tròn.

+ Xác định góc trung tâm của dao động đồ: đưa các chuyển mạch kết nối đầu vào của cả 2 kênh về vị trí GND, trên màn hình

sẽ là 1 điểm sáng, dịch chuyển điểm sáng đó về chính giữa màn hình (điểm O).

+ Đưa các chuyển mạch kết nối đầu vào về vị trí AC, khi đó sẽ nhận được dao động đồ có dạng đường thẳng hoặc Elip. Giả sử kết quả là đường Elip như Hình 4.21-b.

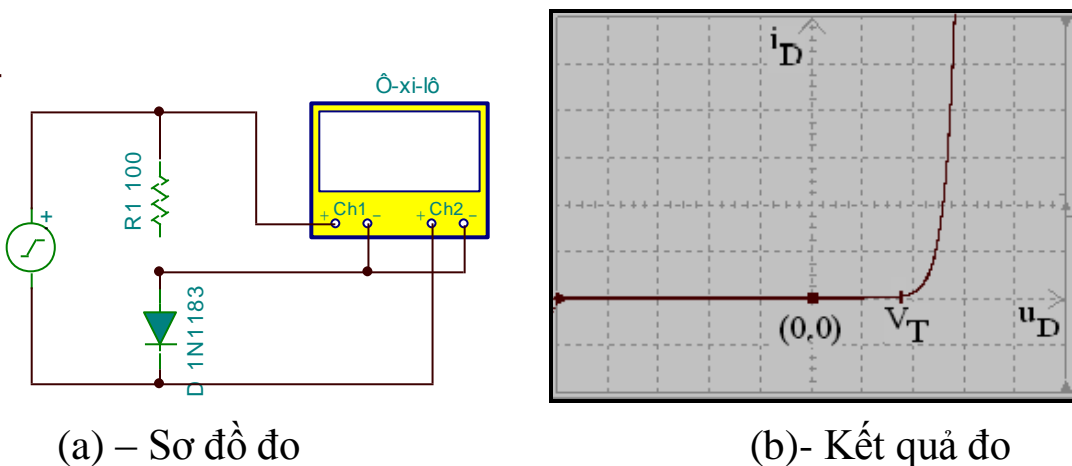
+Xác định góc lệch pha: Xác định các khoảng lệch không và cực đại ( $Y_0$  và  $Y_m$ ) hoặc ( $X_0$  và  $X_m$ ).

$$\left| \sin \frac{Y_0}{Y_m} - \frac{X_0}{X_m} \right|$$

$$\Rightarrow \left| \arcsin \frac{Y_0}{Y_m} - \arcsin \frac{X_0}{X_m} \right|$$

Tùy theo từng dạng dao động đồ mà cách định giá trị khác nhau. Phương pháp này không xác định được dấu của góc lệch pha. Muốn xác định được dấu của hay muốn biết tín hiệu nào sớm pha hay chậm pha hơn, ta sẽ chuyển sang quan sát rất nhanh ở chế độ quét tuyệt tính.

**4.5.4. Vẽ đặc tuyến Vôn-Ampe của điốt**



**Hình 4.22 - Vẽ đặc tuyến Vôn-Ampe của Điốt**

+ Chọn  $R_1=100$  hoặc  $1k$

+ Điều chỉnh máy tạo sóng phát ra xung tam giác, điều chỉnh biên độ xung (khoảng 10V) và mức điện áp một chiều của xung (phím OFFSET) bằng 0V, tần số của xung khoảng 200-300 Hz.

+ Thực hiện các bước điều chỉnh để vẽ đặc tuyến V-A của Điốt theo lý thuyết đã học.

+ Chuyển ôxilô sang chế độ đo x-y (chế độ quét Lissajous).

+ Đảo cực tính kênh 2 : Pull (POS\_Y của kênh CH2).

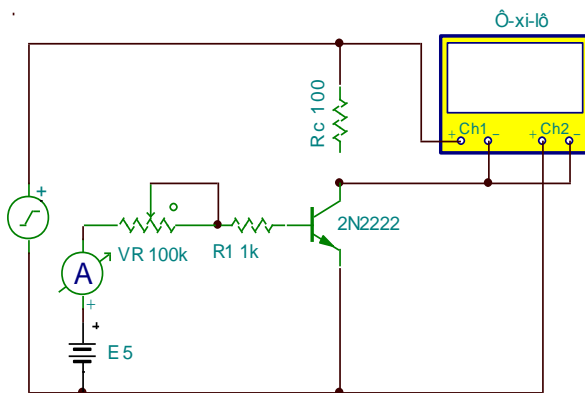
+ Xác định gốc tọa độ bằng cách ấn các phím GND của cả hai kênh CH1, CH2 sao đó chuyển sang chế độ DC

+ Bật máy phát xung và điều chỉnh biên độ hoặc mức một chiều của xung để nhận được dạng đặc tuyến V-A của điốt. Vẽ dạng đặc tuyến đo được.

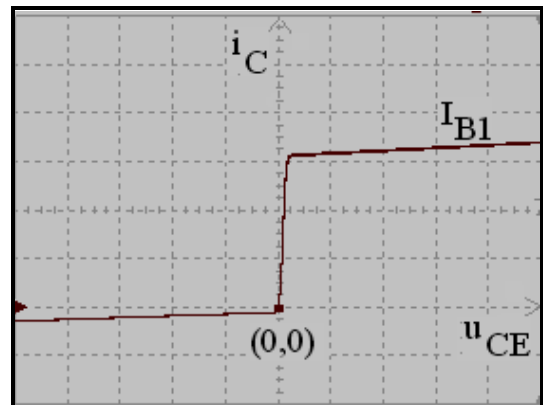
+ Xác định điện áp thông của điốt.

#### 4.5.5. Vẽ đặc tuyến ra của BJT

Mắc mạch đo như Hình 4.23-a.



(a)- Sơ đồ đo



(b)- Kết quả đo

**Hình 4.23 - Vẽ đặc tuyến ra của BJT**

+ Điều chỉnh máy tạo sóng phát ra xung tam giác, điều chỉnh biên độ xung (khoảng 10V) và mức điện áp một chiều của xung (phím OFFSET) bằng 0V, tần số của xung khoảng 200-300 Hz.

+ Thực hiện các bước điều chỉnh để vẽ đặc tuyến ra của BJT theo lý thuyết đã học.

+ Chuyển ôxilô sang chế độ đo x-y (chế độ quét Lissajous).

+ Đảo cực tính kênh 2 : Pull (POS\_Y của kênh CH2).


+ Xác định gốc tọa độ bằng cách ấn các phím GND của cả hai kênh CH1, CH2 sao đó chuyển sang chế độ

+ Bật máy phát xung và điều chỉnh biên độ hoặc mức một chiều của xung để nhận được dạng đặc tuyến ra của BJT. Vẽ dạng đặc tuyến đo được.

+ Thay đổi biến trở VR để vẽ đặc tuyến ra ứng với các giá trị dòng  $I_B$  khác nhau.

## **CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP**

1. Nêu các tính năng cơ bản của ôxilô?
2. Độ nhạy (hệ số lái tia theo chiều dọc) của một MHS là 20mV/cm cho ta biết điều gì?
3. Độ nhạy (hệ số lái tia theo chiều dọc) của một MHS là 500mm/V cho ta biết điều gì?
4. Có nhận xét gì khi quan sát dao động đồ trên màn MHS nếu có  $\tau_q$  (n nguyên dương)?
5. Khi MHS làm việc ở chế độ khuếch đại, bộ tạo quét trong hoạt động ở chế độ quét liên tục hay quét đợi?
6. Ở MHS 2 kênh dùng ống tia điện tử 1 tia và chuyển mạch điện tử thì khi cần quan sát tín hiệu cao tần ta nên dùng chuyển mạch điện tử kiểu ngắt quãng hay chuyển mạch điện tử kiểu luân phiên?
7. Các yêu cầu để ảnh quan sát có chất lượng cao?
8. Khi nào thì quét đợi được sử dụng? Nêu vắn tắt khái niệm quét đợi?

9. Khi quan sát tín hiệu trên MHS đôi khi ảnh bị trôi, nháy là do nguyên nhân gì? Cách khắc phục?
10. Có nhận xét gì khi quan sát dao động đồ trên màn MHS nếu có  $T_q$   (a,b nguyên dương)
11. Trong MHS, kênh Z có nhiệm vụ gì?
12. Trong MHS, kênh Y có nhiệm vụ gì?
13. Trong MHS, kênh X có nhiệm vụ gì?
14. Nêu các chế độ đồng bộ ở MHS?
15. Vẽ sơ đồ khối kênh Y và trình bày nhiệm vụ kênh Y, chức năng của các thành phần cấu tạo nên kênh Y?
16. Vẽ sơ đồ khối kênh X và trình bày nhiệm vụ kênh X, chức năng của các thành phần cấu tạo nên kênh X?
17. Nêu tên 3 bộ phận cơ bản cấu tạo nên ống tia điện tử?
18. Nêu nhiệm vụ và cấu tạo của súng điện tử trong ống tia điện tử?
19. Nêu một số ưu điểm của ôxilô điện tử số?
20. Cấu tạo và hoạt động của ôxilô điện tử số?



## CHƯƠNG 5 – CÁC PHÉP ĐO ĐIỆN CƠ BẢN

### 5.1 GIỚI THIỆU CHUNG

Đo điện áp, đo cường độ dòng điện, đo điện trở là những phép đo cơ bản được sử dụng nhiều không chỉ trong kỹ thuật mà trong cả cuộc sống hàng ngày. Các tham số này có thể được đo trực tiếp, gián tiếp và so sánh.

Phương pháp đo trực tiếp: dùng các dụng cụ đo tương ứng như Vôn mét (để đo điện áp), Ampe mét (để đo dòng điện), Ôm mét (để đo điện trở), kết quả đọc trực tiếp trên dụng cụ đo. Dụng cụ đo đơn chức năng được chế tạo tương ứng với mỗi đại lượng, tên của dụng cụ đo thường được đặt theo tên của đơn vị đo của đại lượng đo. Hiện nay để tối ưu việc đo cũng như tăng độ chính xác cũng như giới hạn đo mà người ta có ta chế tạo những dụng cụ đo đơn chức năng như vậy ví dụ; picoampe mét, Megaohm mét, Microhm mét...

Phương pháp gián tiếp: Theo định luật ôm  $U=I.R$ , như vậy có thể thực hiện đo gián tiếp các 3 đại lượng điện áp, dòng điện, điện trở thông qua đo giá trị của một đại lượng kia trên một đại lượng mẫu và áp dụng công thức tính toán để xác định đại lượng cần đo còn lại. Ví dụ đo dòng trên một điện trở mẫu sẽ xác định được điện áp đặt trên điện trở  $U_{\text{cần đo}}=I_{\text{đo được}} \cdot R_{\text{mẫu}}$ . Nhờ tính chất này mà hiện nay người ta thường chế tạo các loại dụng cụ đo vạn năng cho phép đo được cả 3 đại lượng cơ bản nói trên (Multimeters).

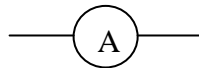
Phương pháp so sánh: Đo điện áp, dòng điện, điện trở bằng cách so sánh với điện áp, dòng điện, điện trở mẫu tương ứng thông qua các thiết bị so sánh. Ở trạng thái cân bằng, đại lượng cần đo thường bằng với đại lượng mẫu.

Có nhiều phương pháp đo điện áp, dòng điện, điện trở khác nhau, phần này sẽ trình bày tổng quan về các phương pháp và kỹ thuật đo điện áp, dòng điện, điện trở.

## **5.2 ĐO DÒNG ĐIỆN**

Phép đo dòng điện có phạm vi đo rộng (từ vài pA đến vài MA), dải tần rộng (từ đo dòng 1 chiều đến đo dòng xoay chiều tần số tới hàng GHz). Tùy phạm vi đo và dải tần đo lại sử dụng các phương pháp đo khác nhau. Tuy nhiên trong thực tế phép đo dòng điện thường chỉ được thực hiện ở dải tần tới hàng trăm MHz, còn ở dải tần số siêu cao người ta thường đo công suất.

Dụng cụ đo dòng điện được gọi là Ampe mét (Ampe kế), với đồng hồ vạn năng khi để chức năng đo dòng thì cũng được gọi là Ampe mét. Ký hiệu của Ampe mét trong sơ đồ là một vòng tròn có chữ A ở giữa và có thể thêm ký hiệu các cực dương và âm hai bên cho dòng điện một chiều:



Có 2 dạng Ampe mét khác nhau: Ampe mét can thiệp và Ampe mét không can thiệp.

### **5.2.1 Ampe mét can thiệp**

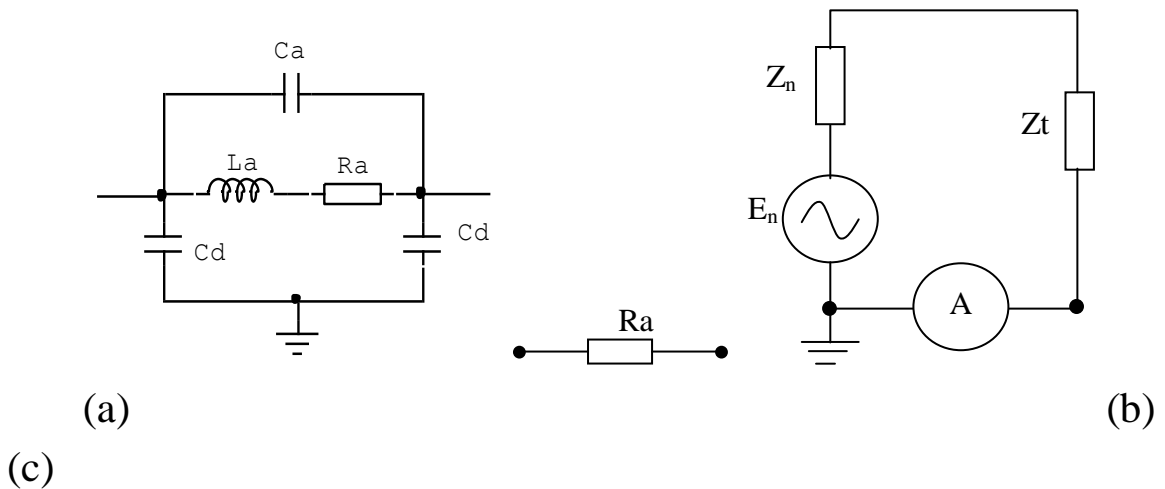
Khi đo dòng điện chạy trong một dây điện Ampe mét phải được mắc nối tiếp với dây điện, nó sẽ tiêu thụ một hiệu điện thế nhỏ nối tiếp trong mạch điện.

Để giảm ảnh hưởng đến mạch điện cần đo, hiệu điện thế tiêu thụ trong mạch của ampe kế phải càng nhỏ càng tốt. Điều này nghĩa là trở kháng tương đương của ampe mét trong mạch điện phải rất nhỏ so với điện trở của mạch.

Khi mắc ampe mét vào mạch điện một chiều, chú ý nối các cực điện theo đúng chiều dòng điện. Luôn chọn thang đo phù hợp

trước khi đo: chọn thang lớn nhất trước, rồi hạ dần cho đến khi thu được kết quả nằm trong thang đo.

Mỗi Ampe mét đều có trong kháng trong, khi đo dòng một chiều và xoay chiều tần số thấp, có thể coi trở kháng của ampe mét là thuần trở  $R_a$  (Hình 5.1-b). Nhưng tần số cao trở kháng tương đương của ampe mét còn cần phải tính đến các thành phần điện dung và điện cảm ký sinh, sơ đồ tương đương như Hình 5.1-a (trong đó:  $L_a$ - điện cảm của cuộn dây,  $C_a$ - điện dung giữa 2 đầu ampe mét,  $C_d$ - điện dung giữa 2 đầu ampe mét với đất).



Hình 5.1 - Trở kháng tương đương của ampe mét.

Để giảm sai số do điện dung ký sinh ở tần số cao người ta mắc ampe mét vào vị trí nào có điện thế thấp nhất so với đất. Ví dụ như cách mắc ở Hình 5.1-c, trong đó  $Z_n$  – trở kháng của nguồn,  $Z_t$  – trở kháng phụ tải.

Khi mắc ampe mét vào mạch đo bao giờ cũng làm cho dòng điện qua mạch thay đổi so với giá trị thực  $I_x$

$$I_x \approx \frac{E_n}{Z_n + Z_t}$$

Sau khi mắc ampe mét vào mạch dòng điện mà ampe mét chỉ thị là:

$$I_{đo} = \frac{E_n}{Z_n + Z_t + Z_A}$$

Sai số tương đối do ảnh hưởng của trở kháng trong ampe mét được xác định như sau:

$$\left| \frac{I_x - I_{đo}}{I_x} \right| \cdot 100 = \left| \frac{1}{1 + \frac{Z_t + Z_0}{Z_n + Z_a}} \right| \cdot 100$$

Để giảm nhỏ sai số tương đối cần chọn ampe mét có trở kháng trong nhỏ.

Để mở rộng thang đo dòng điện cho ampe mét ở mạch một chiều và tần số thấp người ta mắc ampe mét song song với điện trở Shunt với tác dụng phân chia dòng điện. Ở tần số cao do ảnh hưởng của hiệu ứng bề mặt, Shunt điện trở được thay bằng Shunt điện cảm, Shunt điện dung hay biến dòng đo lường cao tần.

Các phương pháp cơ bản đo dòng điện theo kiểu can thiệp như sau:

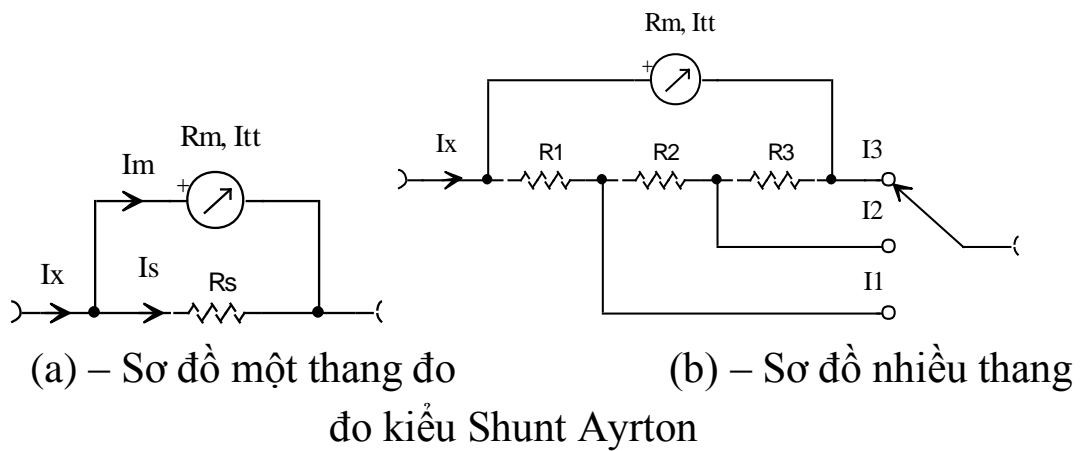
- Đo dòng điện dùng cơ cấu đo từ điện
- Đo dòng bằng phương pháp nhiệt điện
- Đo dòng bằng phương pháp quang điện,

...

### a. Đo dòng điện dùng cơ cấu đo từ điện

#### a.1 Đo dòng điện một chiều DC dùng cơ cấu từ điện

Cơ cấu đo từ điện làm việc với dòng một chiều, nhưng dòng toàn thang  $I_{tt}$  khá nhỏ, do đó phải mở rộng thang đo cho phù hợp bằng cách mắc CCD song song với điện trở Shunt  $R_s$ .



Hình 5.2 – Sơ đồ thang đo dòng một chiều dùng CCD từ điện

Sơ đồ thang đo dòng một chiều dùng CCD từ điện như Hình 5.2-a. Dòng điện đo:

$$I_x = I_m + I_s$$

Dòng điện đo được lớn nhất của thang đo là  $I_{max}$ . Khi  $I_x = I_{max}$  thì  $I_m = I_{tt}$ , do đó điện trở Shunt được xác định như sau:

$$R_s = n \frac{R_m}{n - 1}, \text{ với } n = \frac{I_{max}}{I_{tt}} - \text{hệ số mở rộng thang đo.}$$

Với Ampe mét có nhiều thang đo thì dùng nhiều điện trở Shunt, thông thường các điện trở Shunt được mắc nối tiếp theo kiểu Shunt Ayrton như Hình 5.2-b với 3 thang đo là  $I_1, I_2, I_3$ , hệ số mở rộng của mỗi thang đo là  $n_k (k=1,2,3)$ .

$$R_{sk} = n_k \frac{R_m}{n_k - 1}, \text{ với } n_k = \frac{I_{kmax}}{I_{tt}}$$

+ Thang đo  $I_1$ :  $R_{s1} = R1, R_{m1} = Rm + R2 + R3$ .

+ Thang đo  $I_2$ :  $R_{s2} = R1 + R2, R_{m2} = Rm + R3$ .

+ Thang đo  $I_3$ :  $R_{s3} = R1 + R2 + R3, R_{m3} = Rm$ .

### a.2 Đo dòng điện xoay chiều AC dùng cơ cấu từ điện

Cơ cấu đo từ điện chỉ làm việc với dòng một chiều, do đó khi đo dòng xoay chiều AC phải biến đổi dòng AC thành dòng DC khi

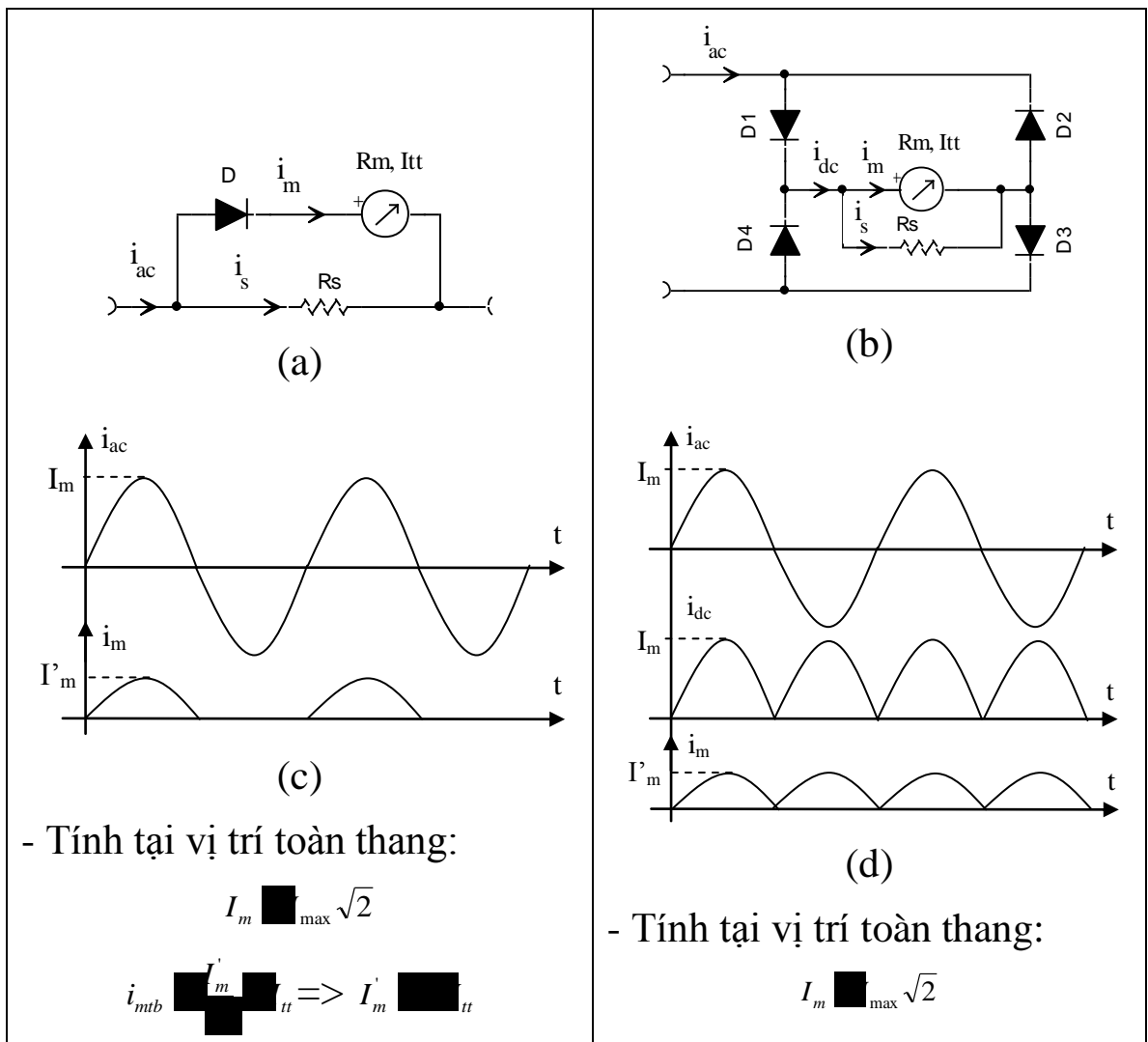
qua CCD theo các cách khác nhau như: Dùng phương pháp chỉnh lưu bằng Điốt, Dùng phương pháp biến đổi nhiệt điện.

- Dùng phương pháp chỉnh lưu bằng Điốt:

Ví dụ thang đo dòng AC dùng mạch chỉnh lưu 1/2 chu kỳ như Hình 5.3-a, và dùng mạch chỉnh lưu cầu như Hình 5.3-b. Xây dựng thang đo trị số hiệu dụng của dòng điện xoay chiều hình sin cho các thang đo này. Giả sử dòng điện AC là  $i_{ac} = I_m \sin \omega t$

Nếu giới hạn của thang đo là  $I_{max}$ , thì khi dòng điện AC có giá trị hiệu dụng  $I_{RMS} = I_{max}$  thì dòng điện trung bình qua CCD là  $i_{mtb} = I_{tt}$ .

Hình 5.3 – Thang đo dòng xoay chiều



$\Rightarrow R_s \frac{I_m R_m}{I_m} \frac{J_D}{I_m}$	$i_{mb} \frac{2I_m}{I_m} \Rightarrow I_m \frac{I_m}{2}$ $\Rightarrow R_s \frac{I_m R_m}{I_m}$
---	---

### 5.2.2. Ampe mét không can thiệp

Ampe mét can thiệp có nhược điểm là cần phải được lắp đặt như một thành phần trong mạch điện. Chúng không dùng được cho các mạch điện đã được chế tạo khó thay đổi. Đối với các mạch điện này, người ta có thể đo đặc từ trường sinh ra bởi dòng điện để suy ra cường độ dòng điện. Phương pháp đo như vậy không gây ảnh hưởng đến mạch điện, an toàn, nhưng đôi khi độ chính xác không cao bằng phương pháp can thiệp.

#### a. Đo dòng điện bằng hiệu ứng Hall

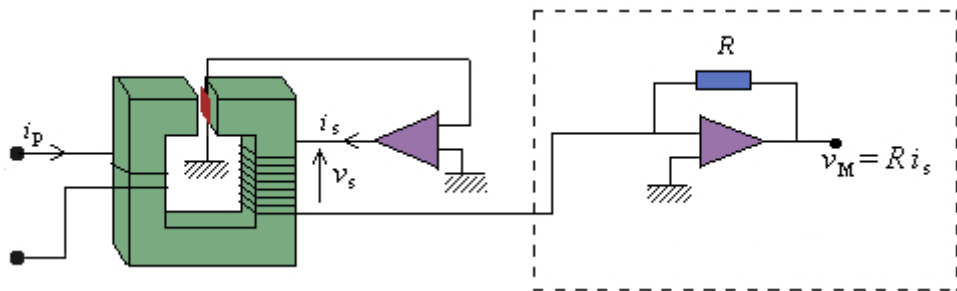
Hiệu ứng Hall là một hiệu ứng vật lý được thực hiện khi áp dụng một từ trường vuông góc lên một bản làm bằng kim loại hay chất bán dẫn hay chất dẫn điện nói chung (thanh Hall) đang có dòng điện chạy qua. Lúc đó người ta nhận được hiệu điện thế (hiệu thế Hall) sinh ra tại hai mặt đối diện của thanh Hall. Tỷ số giữa hiệu thế Hall và dòng điện chạy qua thanh Hall gọi là điện trở Hall, đặc trưng cho vật liệu làm nên thanh Hall. Hiệu ứng này được khám phá bởi Edwin Herbert Hall vào năm 1879.

Hiệu ứng Hall được giải thích dựa vào bản chất của dòng điện chạy trong vật dẫn điện. Dòng điện này chính là sự chuyển động của các điện tích (ví dụ như electron trong kim loại). Khi chạy qua từ trường, các điện tích chịu lực Lorentz bị đẩy về một trong hai phía của thanh Hall, tùy theo điện tích chuyển động đó âm hay dương. Sự tập trung các điện tích về một phía tạo nên sự tích điện trái dấu ở 2 mặt của thanh Hall, gây ra hiệu điện thế Hall.

Công thức liên hệ giữa hiệu thế Hall, dòng điện và từ trường là:  $V_H = (I.B)/(d.e.n)$ , trong đó  $V_H$  là hiệu thế Hall,  $I$  là cường độ dòng điện,  $B$  là cường độ từ trường,  $d$  là độ dày của thanh Hall,  $e$  là điện tích của hạt mang điện chuyển động trong thanh Hall, và  $n$  mật độ các hạt này trong thanh Hall.

Phương pháp đo này sử dụng hiệu ứng Hall tạo ra một hiệu điện thế tỷ lệ thuận (với hệ số tỷ lệ biết trước) với cường độ dòng điện cần đo.

Hiệu điện thế Hall  $V$  gần như tỷ lệ thuận với cường độ từ trường sinh ra bởi dòng điện, do đó tỷ lệ thuận với cường độ của dòng điện đó. Chỉ cần cuốn một hoặc vài vòng dây mang dòng điện cần đo quanh một lõi sắt từ của đầu đo là ta có được từ trường đủ để kích thích hoạt động của đầu đo. Thậm chí đôi khi chỉ cần kẹp lõi sắt cạnh đường dây là đủ.



Sơ đồ mạch điện của một đầu đo cường độ dòng điện sử dụng hiệu ứng Hall. Sử dụng lõi sắt từ, thanh Hall, bộ khuếch đại điện, điện trở. Điện thế ra  $v_M$  tỷ lệ với cường độ dòng điện vào  $i_p$ .

Tuy nhiên hiện tượng từ trễ không tuyến tính trong sắt từ có thể làm giảm độ chính xác của phép đo. Trên thực tế người ta có thể sử dụng một mạch điện hồi tiếp để giữ cho từ thông trong lõi sắt luôn xấp xỉ không, giảm thiểu hiệu ứng từ trễ và tăng độ nhạy của đầu đo, như trong hình vẽ. Dòng điện hồi tiếp  $i_s$  được chuyển hóa thành hiệu điện thế ra  $v_s$  nhờ bộ khuếch đại điện. Tỷ lệ giữa



số vòng cuộn trên lõi sắt từ m (thường trong khoảng từ 1000 đến 10000) cho phép liên hệ giữa dòng cần đo và dòng hồi tiếp:  $i_s = 1/m \cdot i_p$ .

**Các ưu điểm:**

Hiệu điện thế tiêu thụ trên đoạn dây cuộn vào đầu đo chỉ chừng vài mV.

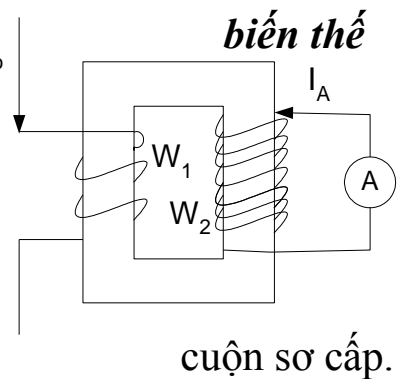
Hệ thống rất an toàn do được cách điện với mạch điện.

Hệ thống có thể đo dòng điện xoay chiều có tần số từ 0 (tức là điện một chiều) đến 100kHz

Hệ thống này cũng được ứng dụng trong đồng hồ vạn năng điện tử, hay thậm chí trong máy hiện sóng.

**b. Đầu dò biến đổi dòng – điện áp dùng  $I_{do}$**

Khi đo dòng điện xoay chiều, nhất là đo dòng điện lớn, có thể dùng đầu dò biến đổi dòng – điện áp dùng biến thế theo nguyên lý như hình vẽ bên:



$$\frac{I_{do}}{I_A} = \frac{W_2}{W_1}, \quad W_1 - \text{số vòng dây của}$$

$W_2$  - số vòng dây của cuộn thứ cấp.

$n = \frac{W_2}{W_1} \cdot I_A$ , n được gọi là hệ số biến dòng.

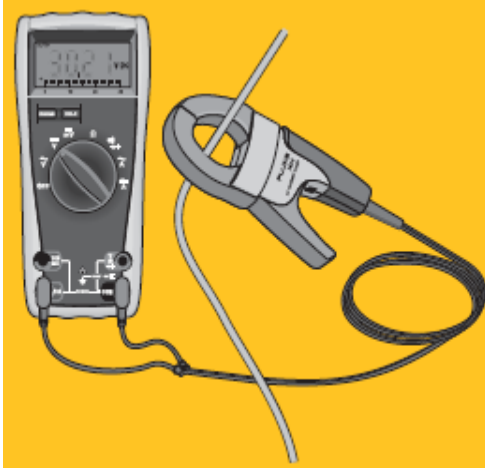
\* Ampe mét không can thiệp sử dụng đầu dò dòng hiệu ứng hall hoặc đầu dò biến đổi dòng - điện áp dùng biến thế thường được chế tạo dưới dạng Ampe kìm (clamp Ampemeter).



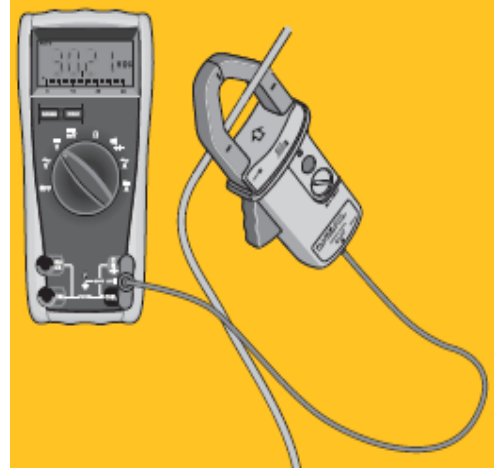
(a)



(b)



(c): Đầu dò dòng dùng biến áp  
dùng hiệu ứng Hall



(d) Đầu dò dòng

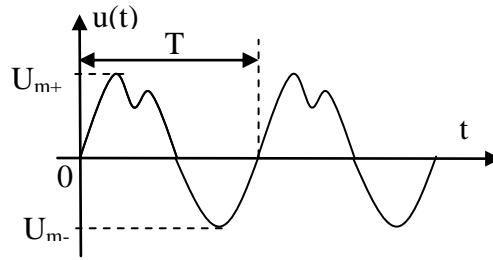
Hình 5.4 – Ampe mét kìm (clamp Ampemeter)

### 5.3. ĐO ĐIỆN ÁP

Phép đo điện áp có phạm vi đo rộng (từ vài  $\mu$ V đến vài kV), dải tần rộng (từ đo dòng 1 chiều đến đo dòng xoay chiều tần số tới hàng GHz). Tùy phạm vi đo và dải tần đo lại sử dụng các phương pháp đo khác nhau. Tuy nhiên trong thực tế phép đo điện áp thường chỉ được thực hiện ở dải tần tới hàng trăm MHz, còn ở dải tần số siêu cao người ta thường đo công suất.

#### 5.3.1. Các trị số điện áp

Trong thực tế tín hiệu điện áp biến thiên có nhiều dạng nhau, do đó các trị số điện áp của nó cũng khác nhau. Phép đo điện áp là phép đo để xác định các trị số điện áp này. Giả sử tín hiệu điện áp tuần hoàn theo chu kỳ T, ví dụ dạng điện áp như Hình 5.5.



Hình 5.5 – Đồ thị tín hiệu điện áp

+ Biên độ điện áp:

- Biên độ điện áp dương:  $U_{m+}$
- Biên độ điện áp âm:  $U_{m-}$

Nếu điện áp có  $U_{m+} = -U_{m-} = U_m$ , thì chỉ cần đo biên độ điện áp  $U_m$ .

+ Thành phần điện áp một chiều  $U_{DC}$  hay  $U_0$

$$U_{DC} = J_0 = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u(t) dt$$

+ Trị số điện áp trung bình  $U_{tb}$  hay  $\bar{U}$

$$U_{tb} = \bar{U} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} |u(t)| dt$$

+ Trị số điện áp hiệu dụng  $U_{hd}$  hay  $U_{RMS}$

$$U_{RMS} = U_{hd} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u^2(t) dt}$$

+ Hệ số biên độ

$$k_b = \frac{U_m}{U_{RMS}}$$

+ Hệ số dạng

$$k_d = \frac{U_{RMS}}{U_{tb}}$$

Ví dụ điện áp điều hòa hình sin:  $u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi)$  (V). Các trị số điện áp là:

$$U_{m+} = -U_{m-} = U_m$$

$$U_{DC} = 0 \text{ V}$$

$$U_{RMS} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \text{ (V)}$$

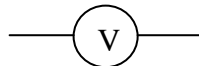
$$U_{tb} = \frac{2U_m}{\sqrt{2}} \text{ (V)}$$

$$k_b = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad k_d = \frac{1}{2\sqrt{2}} \quad (11)$$

Trong khi đó điện áp dạng xung vuông chuẩn có  $k_b = k_d = 1$ .

### 5.3.2. Giới thiệu về dụng cụ đo điện áp

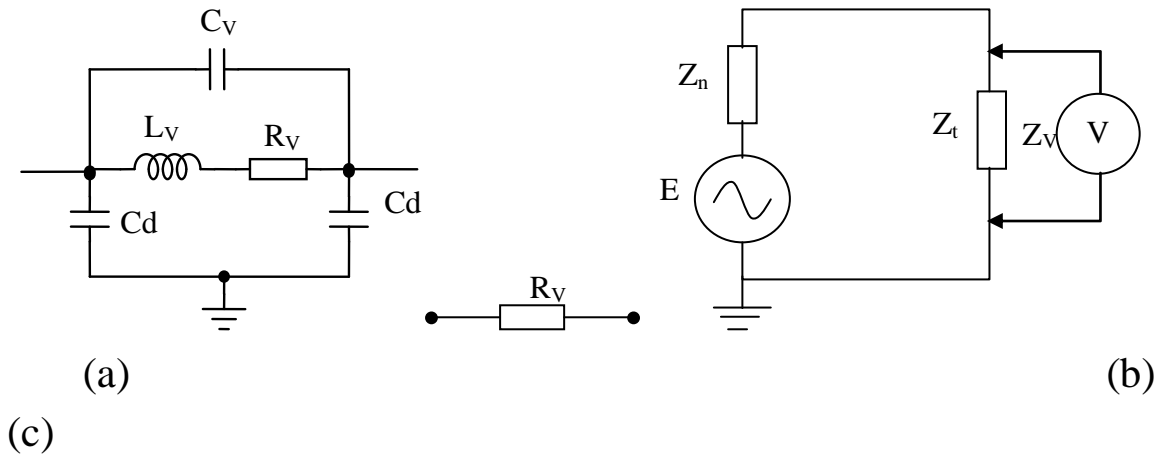
Dụng cụ đo dòng điện được gọi là Vôn mét (Vôn kế), với đồng hồ vạn năng khi để chức năng đo điện áp thì cũng được gọi là Vôn mét. Ký hiệu của Vôn Ampe mét trong sơ đồ là một vòng tròn có chữ V ở giữa và có thể thêm ký hiệu các cực dương và âm hai bên cho dòng điện một chiều:



Khi đo điện áp phải được mắc song song Vôn mét với đoạn mạch cần đo điện áp. Để giảm ảnh hưởng đến mạch điện cần đo, dòng điện trong mạch của Vôn mét phải càng nhỏ càng tốt. Điều này nghĩa là trở kháng tương đương của Vôn mét  $Z_V$  trong mạch điện phải lớn hơn rất nhiều trở kháng tương đương của đoạn mạch cần đo điện áp.

Khi mắc Vôn mét vào mạch điện một chiều, chú ý nối các cực điện theo đúng chiều điện áp. Luôn chọn thang đo phù hợp trước khi đo: chọn thang lớn nhất trước, rồi hạ dần cho đến khi thu được kết quả nằm trong thang đo.

Mỗi Vôn mét đều có trở kháng trong hữu hạn, khi đo điện áp một chiều và xoay chiều tần số thấp, có thể coi trở kháng của Vôn mét là thuần trở  $R_V$  (Hình 5.6-b). Nhưng tần số cao trở kháng tương đương của ampe mét còn cần phải tính đến các thành phần điện dung và điện cảm ký sinh, sơ đồ tương đương như Hình 5.6- a (trong đó:  $L_V$ - điện cảm của cuộn dây,  $C_V$ - điện dung giữa 2 đầu Vôn mét,  $C_d$ - điện dung giữa 2 đầu Vôn mét với đất).



Hình 5.6 - Trở kháng tương đương của Vôn mét

Ví dụ như cách mắc Vôn mét đo điện áp trên tải  $Z_t$  như Hình 5.6-c, trong đó  $Z_0$  – trở kháng của nguồn,  $Z_t$  – trở kháng phụ tải.

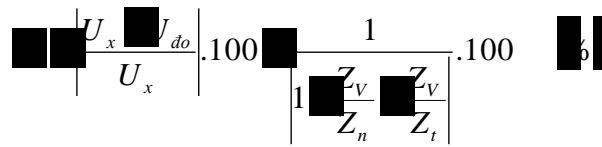
Khi mắc Vôn mét vào mạch đo bao giờ cũng làm cho điện áp trên tải thay đổi so với giá trị thực  $U_x$

$$U_x = \frac{E \cdot Z_t}{Z_n + Z_t}$$

Sau khi mắc Vôn mét vào mạch điện áp mà Vôn mét chỉ thị là:

$$U_{do} = \frac{E \cdot Z_{td}}{Z_n + Z_{td}} \text{ trong đó } Z_{td} = \frac{Z_t \cdot Z_V}{Z_t + Z_V}$$

Sai số tương đối do ảnh hưởng của trở kháng trong ampe mét được xác định như sau:



Để giảm nhỏ sai số tương đối cần chọn Vôn mét có trở kháng trong càng lớn càng tốt.

Các Vôn mét dùng trong đo lường điện tử được phân loại căn cứ vào các tính năng sau đây:

- Dạng chỉ thị: Vôn mét chỉ thị kim hay Vôn mét chỉ thị số.
- Thông số của điện áp đo: Vôn mét đo điện áp đỉnh, điện áp trung bình hay điện áp hiệu dụng.
- Dải trị số điện áp đo: Micro Vôn mét, Mili Vôn mét hay Kilo Vôn mét.
- Mục đích sử dụng: Vôn mét mẫu (để làm chuẩn), Vôn mét xoay chiều, Vôn mét một chiều, Vôn mét xung hay Vôn mét có tính năng đặc biệt (Vôn mét nhạy pha, Vôn mét chọn lọc ...).

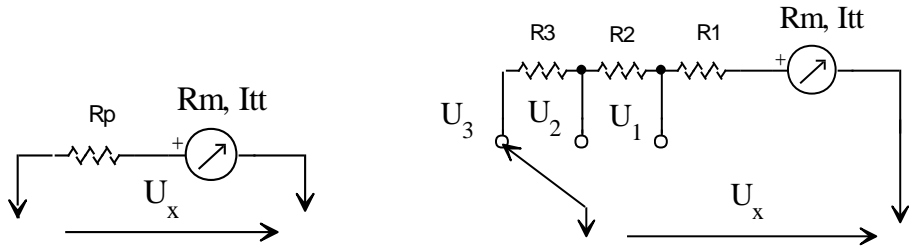
Các phương pháp cơ bản đo điện áp:

- Đo điện áp dùng cơ cấu đo.
- Đo dòng dùng Vôn mét điện tử tương tự, Vôn mét điện tử số.
- ...

### 5.3.3. Đo điện áp sử dụng cơ cấu đo từ điện

#### a. Đo điện áp một chiều DC

Cơ cấu đo từ điện làm việc với điện áp một chiều, nhưng điện áp toàn thang khá nhỏ  $U_{tt} = R_m \cdot I_{tt}$ , nên do đó phải mở rộng thang đo điện áp cho phù hợp bằng cách mắc CCD nối tiếp với điện trở phụ  $R_p$ .



(a) – Sơ đồ một thang đo

(b) – Sơ đồ nhiều thang điện

áp

Hình 5.7 – Sơ đồ thang đo điện áp một chiều dùng CCD từ điện

Sơ đồ thang đo điện áp một chiều dùng CCD từ điện như Hình 5.7-a. Điện áp đo:

$$U_x = U_{Rp} + U_m$$

Điện áp đo được lớn nhất của thang đo là  $U_{max}$ . Khi  $U_x = U_{max}$  thì  $I_m = I_{tt}$ , đó đó điện trở phụ được xác định như sau:

$$R_p \blacksquare R_m (n \blacksquare), \text{ với } n \blacksquare \frac{I_{max}}{I_{tt}} \blacksquare \frac{I_{max}}{I_{tt} R_m} - \text{ hệ số mở rộng thang đo.}$$

Với Vôn mét có nhiều thang đo thì dùng nhiều điện trở phụ, thông thường các điện trở phụ được mắc theo kiểu nối tiếp như Hình 5.7-b với 3 thang đo là  $U_1, U_2, U_3$ , hệ số mở rộng của mỗi thang đo là  $n_k (k=1,2,3)$ .

$$R_{pk} \blacksquare \frac{R_m}{n_k}, \text{ với } n_k \blacksquare \frac{I_k}{I_{tt}} \blacksquare \frac{U_k}{I_{tt} R_m}$$

+ Thang đo  $U_1$ :  $R_{p1} = R1$ .

+ Thang đo  $U_2$ :  $R_{p2} = R1 + R2$ .

+ Thang đo  $U_3$ :  $R_{p3} = R1 + R2 + R3$ .

Chú ý: Trong trường hợp  $I_{tt}$  nhỏ, có thể mắc thêm điện trở Shunt  $R_s$  song song với CCD để tăng dòng toàn thang tổng trước khi mắc nối tiếp với các điện trở phụ.

**b. Đo điện áp xoay chiều AC dùng cơ cấu từ điện**

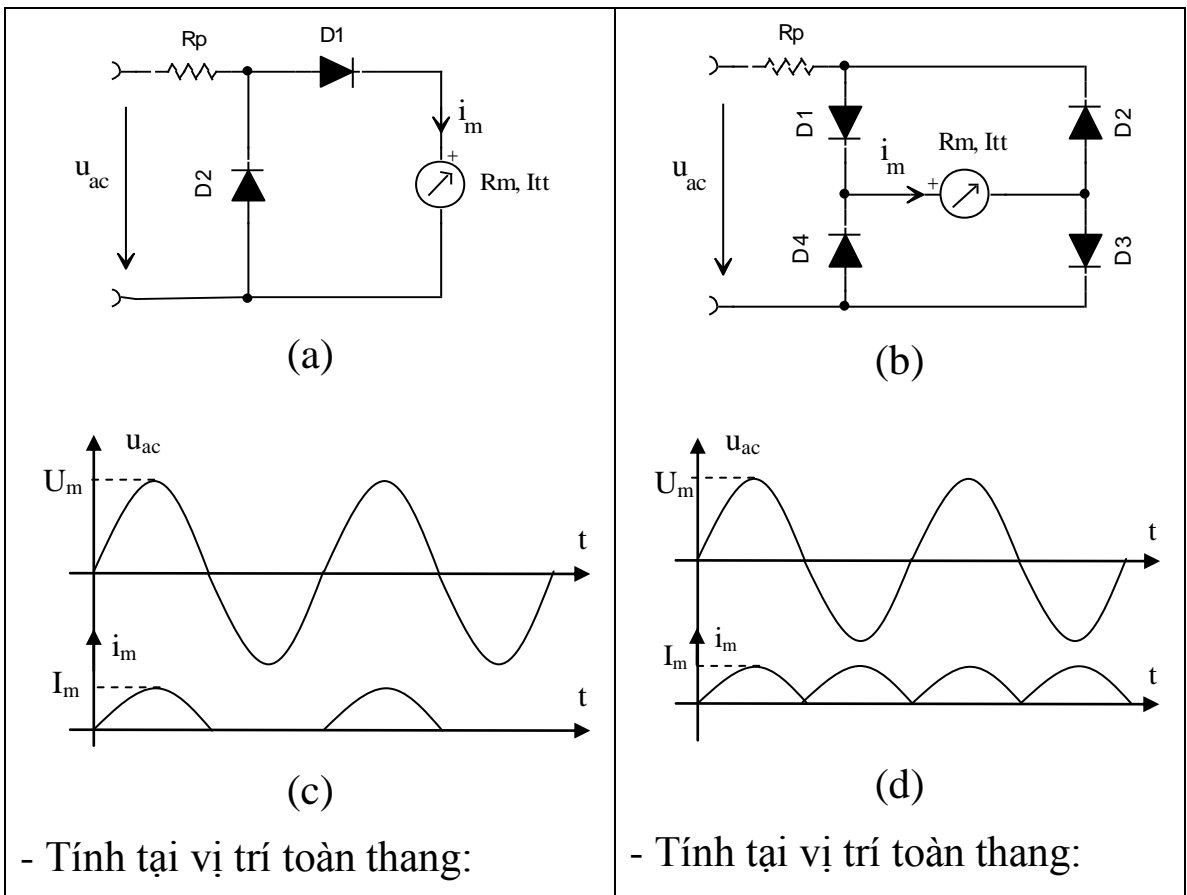
Cơ cấu đo từ điện chỉ làm việc với điện áp một chiều, do đó khi đo điện áp xoay chiều AC phải biến đổi điện áp AC thành điện áp DC đặt vào CCD theo các cách khác nhau như: Dùng phương pháp chỉnh lưu bằng Điốt, Dùng phương pháp biến đổi nhiệt điện.

**Dùng phương pháp chỉnh lưu bằng Điốt:**

Ví dụ thang đo dòng AC dùng mạch chỉnh lưu  $\frac{1}{2}$  chu kỳ như Hình 5.8-a, và dùng mạch chỉnh lưu cầu như Hình 5.8-b. Xây dựng thang đo trị số hiệu dụng của điện áp xoay chiều hình sin cho các thang đo này. Giả sử dòng điện AC là  $u_{ac}=U_m \sin \omega t$

Nếu giới hạn của thang đo là  $U_{max}$ , thì khi điện áp AC có giá trị hiệu dụng  $U_{RMS}=U_{max}$  thì dòng điện trung bình qua CCD là  $i_{mtb}=I_{tt}$ .

Hình 5.8 – Thang đo dòng xoay chiều





$U_m \sqrt{2} = I_m R_p$ $\Rightarrow R_p = \frac{U_m \sqrt{2}}{I_m}$	$U_m \sqrt{2} = I_m R_p$ $\Rightarrow R_p = \frac{U_m \sqrt{2}}{I_m}$
---	---

### 5.3.4. Vôn mét điện tử

Khi đo điện áp xoay chiều cao tần, thì thiết bị đo được sử dụng nhiều hơn cả là Vôn mét điện tử. vì vôn-mét điện tử có một số ưu điểm cơ bản như : trở kháng vào lớn, độ nhạy cao, tiêu thụ ít năng lượng của mạch điện được đo, và chịu được quá tải.

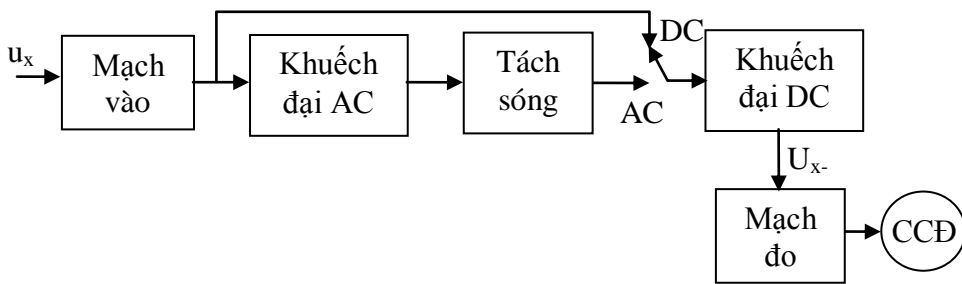
Tuy nhiên vôn-mét điện tử cũng có những nhược điểm là cần yêu cầu có nguồn cung cấp, nguồn cung cấp cần phải ổn định, và độ chính xác của thang độ chỉ thị phụ thuộc nhiều vào đặc tính thông số của phần tử tích cực như Điốt, BJT, KĐT, ... nên khi thay thế phần tử này thì thiết bị đo có thể bị ảnh hưởng.

Vôn-mét điện tử có nhiều loại, tùy theo cấu tạo mà nó có thể dùng để đo điện áp một chiều, điện áp xoay chiều hay đo cả hai loại điện áp này. Cũng tùy theo cấu tạo mà kết quả đo được chỉ thị bằng kim hay chỉ thị bằng số.

#### a. Vôn mét điện tử chỉ thị kim

Sơ đồ khối rút gọn của Vôn mét điện tử chỉ thị kim như Hình 5.9. Cũng như các máy đo thông số tín hiệu khác, thiết bị vào ở đây thường gồm các phần tử để biến đổi điện áp đo ở đầu vào, như bộ phân áp, suy giảm và mạch khuếch đại đệm vào để tăng trở kháng vào của vôn-mét.

Chức năng đo điện áp sau khuếch đại một chiều DC sẽ được thực hiện ở mạch đo và chỉ thị bằng cơ cấu đo chỉ thị kim, CCD từ điện được sử dụng phổ biến nhất trong trường hợp này.



Hình 5.9 – Sơ đồ khối rút gọn của Vôn mét điện tử chỉ thị kim

Khối tách sóng có nhiệm vụ biến đổi điện áp xoay chiều thành điện áp 1 chiều trị số trung bình tỉ lệ với trị số điện áp nào đó của điện áp xoay chiều. Có các cách phân loại mạch Tách sóng như sau:

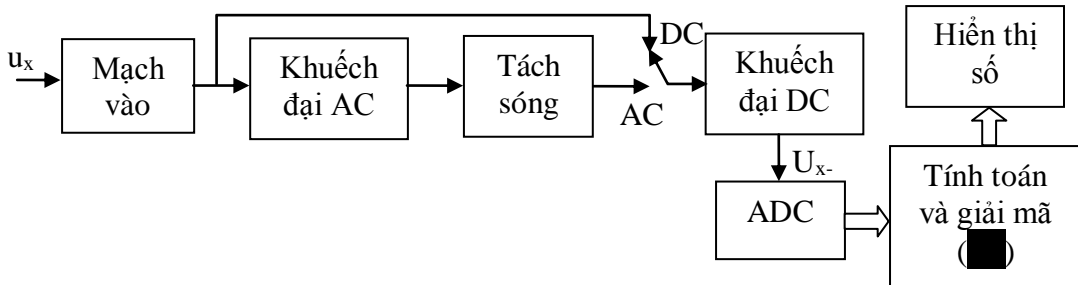
- Theo trị số điện áp hay theo dòng điện ra của bộ tách sóng: Tách sóng đỉnh (biên độ), Tách sóng hiệu dụng hay Tách sóng trung bình.
- Theo chế độ tách sóng: chế độ A, chế độ B hay chế độ C.
- Theo mạch điện tách sóng: Tách sóng mạch Điốt, Tách sóng dùng Transistor,...
- Theo cấu tạo mạch vào tách sóng: Tách sóng mạch vào đóng hay tách sóng mạch vào mở.
- Theo đặc tuyến tách sóng: Tách sóng đường thẳng hay tách sóng bậc hai.

Trong phần này, ta sẽ xét bộ tách sóng của vôn-mét theo cách phân loại đầu tiên, vì nó tương đối tổng quát và phù hợp với cách phân loại các loại vôn-mét hơn.

### **b. Vôn mét điện tử chỉ thị số**

Sơ đồ khối rút gọn của Vôn mét điện tử số như Hình 5.10. Về cơ bản Vôn mét điện tử số cũng có khác khối chức năng như Vôn mét điện tử chỉ thị kim, chúng chỉ khác nhau ở phần đo điện áp  $U_x$ .

sau khuếch đại một chiều. Trong Vôn mét điện tử số điện áp một chiều này được biến đổi sang tín hiệu số nhờ ADC và được tính toán và giải mã bằng mạch số hoặc sử dụng vi xử lý/ vi điều khiển (■) rồi kết quả đo được hiển thị số sử dụng các cơ cấu chỉ thị số.



Hình 5.10 – Sơ đồ khối rút gọn của Vôn mét điện tử số

Bộ biến đổi ADC (biến đổi tương tự - số) là một bộ phận quan trọng của Vôn mét điện tử số, nó thực hiện tất cả mọi thao tác để biến đổi một tín hiệu biến đổi liên tục theo thời gian thành một số hữu hạn trong một hệ thống đã cho. Thường là khâu nối giữa bộ phận nguồn tin và xử lý tin trong hệ thống đo lường số nói chung.

Thông thường, quá trình biến đổi của ADC là quá trình:

-*Tạo điện áp chuẩn*: Điện áp chuẩn ví dụ như là tập hợp các giá trị khác nhau của một điện áp ổn định, hay điện áp biến đổi tuyến tính theo thời gian.

-*Thực hiện so sánh*: Điện áp tương tự cần biến đổi với điện áp chuẩn.

-*Tạo mã số*: Thực hiện do bộ đếm xung hay trực tiếp do các khối thuật toán thực hiện.

Các thông số của bộ biến đổi ADC:

-*Tốc độ biến đổi*.

-*Độ chính xác biến đổi*: Có sai số do nguyên lý biến đổi và sai số do dụng cụ biến đổi.

-*Dải biến đổi*: Biên độ tín hiệu vào từ cực tiểu đến cực đại.

Ngoài ra còn có: độ nhạy, độ tin cậy, khả năng biến đổi nhiều kênh, điện trở vào, kích thước...

Phân loại các bộ biến đổi ADC

Có nhiều cách phân loại, ở đây chúng ta sẽ chủ yếu hai cách:

- *Theo đại lượng tương tự*: Thời gian - số, điện áp - số ...,
- *Theo thuật toán biến đổi*: Đếm nối tiếp, mã theo từng bit, đếm song song.

Nói chung, khi phân tích mạch cụ thể thì thường phân loại theo đại lượng biến đổi và kết cấu mạch. Khi tổng hợp mạch một cách tổng quát thì theo thuật toán hay phương pháp biến đổi.

Trong đo lường thường sử dụng loại ADC tuyến tính, độ phân giải cao, điển hình nhất là loại ADC thời gian xung hay còn gọi là ADC tích phân: ADC tích phân 1 sườn dốc và ADC tích phân 2 sườn dốc. Do độ phân giải cao, khả năng chống nhiễu tốt nên ADC tích phân 2 sườn dốc được sử dụng phổ biến nhất trong Vôn mét điện tử số.

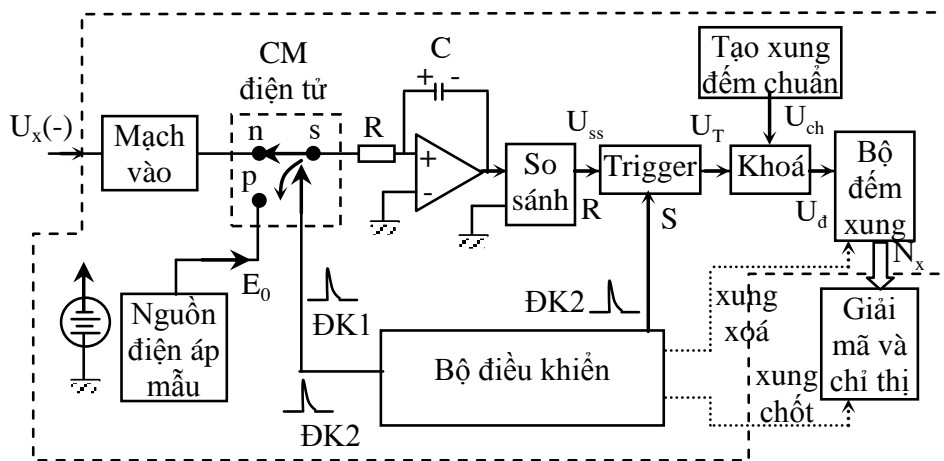
### **Vôn mét số một chiều thời gian xung**

Ví dụ sơ đồ khối của Vôn mét số một chiều thời gian xung (Nguyên lý của ADC tích phân 2 sườn dốc (Dual-slope ADC) Hình 5.11.

+ *Nguyên lý làm việc*:

- Khi chưa đo, khoá S hở (không ở vị trí nạp n hoặc phóng p).
- Quá trình biến đổi được thực hiện theo 2 bước tích phân sau:
  - \* Bước 1: Tại thời điểm  $t_1$ , bộ điều khiển đưa ra xung điều khiển ĐK1 đưa khoá S về vị trí n, điện áp  $U_x$  qua mạch vào qua R nạp cho C, nên  $U_C$  tăng.

\* Bước 2: Đến thời điểm  $t_2$ , bộ điều khiển đưa ra xung điều khiển ĐK2 đưa S về vị trí p và kết thúc quá trình nạp, C sẽ phóng điện qua nguồn điện áp mẫu (nguồn điện áp không đổi, 1 chiều  $E_0$ ),  $u_C$  giảm đến thời điểm  $t_3$  thì  $u_C = 0$ , bộ so sánh đưa ra xung so sánh  $U_{SS}$ , xung ĐK2 và xung  $U_{SS}$  này sẽ được đưa vào đầu vào thiết lập (S) và xoá (R) của Trigger, kết quả đầu ra của Trigger là xung vuông có độ rộng  $T_x$  tỉ lệ với  $U_x$ , xung này sẽ điều khiển đóng mở khoá để cho phép xung đếm chuẩn qua khoá kích thích cho bộ đếm xung. Giả sử trong thời gian  $T_x$  có  $N_x$  xung qua khoá, số xung đếm được trong khoảng thời gian này cũng tỉ lệ với điện áp một chiều vào  $U_x$ . Như vậy số xung  $N_x$  được đưa qua mạch giải mã và chỉ thị để biểu thị kết quả là điện áp một chiều cần đo.



Hình 5.11 – Sơ đồ khối Vôn mét số một chiều thời gian xung

Xác định  $U_x = f(N_x)$ ?

- Quá trình C nạp:

$$u_C(t_1) = \frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_2} K_v \cdot U_x \cdot dt$$

$K_v$ : hệ số truyền đạt của mạch vào.

Giả sử trong thời gian biến đổi,  $U_x = \text{const}$ :

$$U_n = u_C(t_2) - u_C(t_1) = \frac{1}{RC} \cdot K_v \cdot U_x \cdot (t_2 - t_1) = \frac{K_v \cdot U_x \cdot T_1}{RC} \text{ với } T_1 = t_2 - t_1$$

- Quá trình C phóng:

$$u_c(t_3) = \int_{t_2}^{t_3} \frac{1}{RC} E_0 dt$$

$$= \frac{1}{RC} E_0 (t_3 - t_2)$$

$$u_c(t_3) = \frac{K_v U_x T_1}{RC} E_0 T_x \text{ với } T_x = t_3 - t_2$$

$$U_c(t_3) = \frac{K_v U_x T_1}{E_0} N_x T_{ch} \text{ với } T_{ch} \text{ là chu kỳ của xung đếm}$$

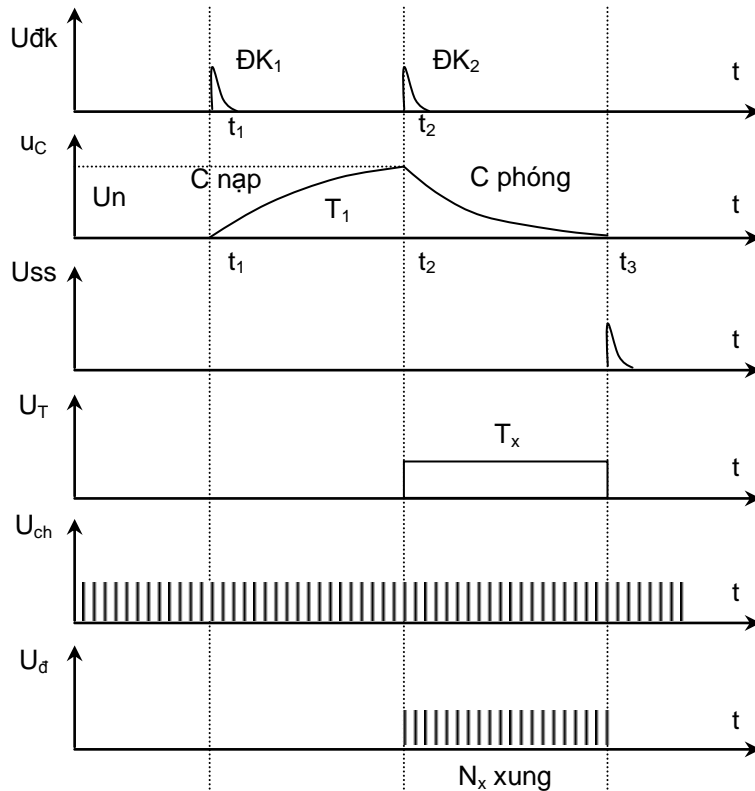
chuẩn.

$$J_x = \frac{T_{ch} \cdot E_0}{K_v \cdot T_1} \cdot N_x \cdot S_0 \cdot N_x$$

$$\text{với } S_0 = \frac{T_{ch} \cdot E_0}{K_v \cdot T_1} \cdot const, \text{ (thường chọn } S_0 = 10^k \text{ với } k=0, \dots)$$

$$J_x = 10^k \cdot N_x$$

+ Giải đồ thời gian:



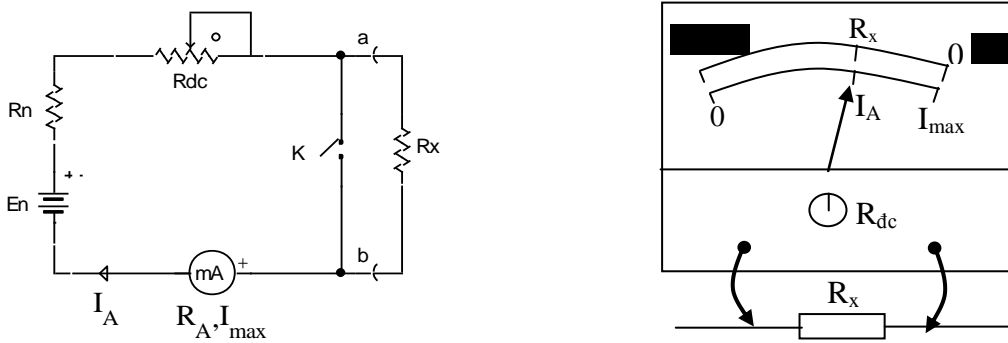
+ **Đánh giá sai số:** Kết quả đo bị ảnh hưởng bởi các sai như sau:

- Sai số  $T_{ch}$ ,  $K_v$ ,  $E_0$ ,  $T_1$ .
- Sai số lượng tử (do xấp xỉ  $T_x = T_{ch}N_x$ ).
- Sai số do độ trễ của các Trigger.
- Sai số do nhiễu tác động từ đầu vào. Tuy nhiên, với phương pháp tích phân 2 lần, có thể loại trừ hoàn toàn nhiễu chu kỳ nếu chọn  $T_1 = n \cdot T_{nh}$  với  $T_{nh}$  là chu kỳ của nhiễu.

#### **5.4. ĐO ĐIỆN TRỞ**

Đo điện trở cũng là một phép đo điện cơ bản thường được thực hiện cùng với các phép đo điện áp và đo dòng điện. Các phương pháp đo trở kháng nói chung, đo điện trở nói riêng sẽ được trình bày trong chương 9, nên trong phần này chỉ tập trung trình bày một ứng dụng của phương pháp Vôn-ampe để xây dựng thang đo điện trở sử dụng cơ cấu đo từ điện - một thang đo được sử dụng khá phổ biến trong các dụng cụ đo vạn năng (MultiMeter).

Theo định luật Ôm:  $R_x = \frac{U_x}{I_x}$ , nếu  $U_x = \text{const}$  thì đo  $I_x$  sẽ xác định được  $R_x$ , như vậy có thể xây dựng được thang đo điện trở trên cơ sở sử dụng thang đo dòng điện sử dụng CCD từ điện, và thang đo được khắc độ theo đơn vị đo điện trở. Thang đo điện trở theo phương pháp này có thể được xây dựng theo sơ đồ mắc nối tiếp hoặc song song, trong phần này chỉ trình bày sơ đồ mắc nối tiếp như Hình 5.12.



Hình 5.12 – Sơ đồ một thang đo điện trở kiểu nối tiếp

Sơ đồ thang đo có sử dụng thang đo dòng mA có nội trở  $R_A$ , giới hạn thang đo  $I_{max}$ , nguồn pin  $E_n = const$ , có nội trở  $R_n$ , biến trở điều chỉnh  $R_{dc}$ .

+ Khi chưa đo, để hở 2 đầu que đo a và b, tương ứng với  $R_x = \infty$  dòng điện qua mA bằng không, góc quay của kim chỉ thị 0 A, vị trí này được khắc độ  $\infty$

+ Khi bắt đầu đo, nối tắt 2 que đo a và b, ứng với  $R_x = 0$  dòng qua mA đạt giá trị cực đại  $I_{max}$  và góc quay của kim chỉ thị đạt giá trị cực đại, vị trí này khắc độ 0. Do đó nếu kim chỉ thị lệch khỏi vị trí 0 trên thang khắc độ thì ta phải điều chỉnh biến trở  $R_{dc}$  để kim chỉ đúng 0 khi đó:

$$I_A \cdot (R_n + R_A + R_{dc}) = \frac{E_n}{I_{max}}$$

$$\Rightarrow (R_n + R_A + R_{dc}) = \frac{E_n}{I_{max}}$$

+ Khi đo nối  $R_x$  vào 2 đầu que đo a và b, lúc này dòng qua mA là  $I_A$ :

$$R_x \cdot \frac{E_n}{I_A} + R_n + R_A + R_{dc} = \frac{E_n}{I_{max}} - \text{Phương trình khắc độ thang đo}$$

Như vậy có thể khắc độ thang đo theo đơn vị đo điện trở tương ứng từ thang đo dòng điện với phương trình khắc độ thang đo như trên. Tuy nhiên thang đo điện trở theo phương pháp đo



dòng là thang đo phi tuyến. Để xây dựng thang đo điện trở tuyến tính thì phải sử dụng nguồn dòng  $I_x = \text{const}$ , đo điện áp  $U_x$  để xác định điện trở  $R_x$ :  $U_x = R_x \cdot I_x$ .

Trong thực tế thang đo điện trở trong các dụng cụ đo vạn năng sử dụng CCD từ điện được xây dựng theo nguyên lý đo dòng có thể được mắc theo cách trình bày ở trên hay theo các cách mắc khác như:  $R_{dc}$  như một điện trở Shunt được mắc song song với CCD hay mắc nối tiếp với CCD rồi mới mắc song song với điện trở Shunt.

## **5.5. THIẾT BỊ ĐO ĐIỆN TỬ VẠN NĂNG (MULTIMETERS)**

Thiết bị đo điện tử vạn năng hay còn gọi là Đồng hồ vạn năng (Multimeters) là một loại dụng cụ đo điện cơ bản đa chức năng được dùng khá phổ biến, có các chức năng cơ bản là đo dòng điện, đo điện áp, và đo điện trở ngoài ra có một số đồng hồ còn có thể đo tần số dòng điện, điện dung tụ điện, kiểm tra điốt, kiểm tra Transistor lưỡng cực... Đồng hồ vạn năng được thiết kế trên cơ sở chức năng đo cơ bản là đo dòng điện hoặc đo điện áp, và từ đó xây dựng thêm các chức năng đo khác. Có 2 loại đồng hồ vạn năng đó là: Đồng hồ vạn năng tương tự (hay còn được gọi tắt là VOM – Volt-Ohm-Milliammeter), và đồng hồ vạn năng số (DMM – Digital Multimeter).

### **5.5.1. Đồng hồ vạn năng tương tự - VOM**

#### **a. Chức năng**

Đồng hồ vạn năng tương tự thường có các chức năng đo như sau:

- Đo điện áp một chiều: DCV
- Đo giá trị hiệu dụng của điện áp xoay chiều: ACV.
- Đo cường độ dòng điện một chiều: DCA

■ Đo điện trở: ■

Ngoài ra có một số đồng hồ còn có thêm chức năng khác như:

■ Đo điện dung tụ điện

■ Kiểm tra điốt, kiểm tra Transistor lưỡng cực...

VOM thường được cấu tạo từ 1 cơ cấu đo từ điện, và sử dụng các mạch đo khác nhau sẽ tạo thành chức năng đo và thang đo khác nhau, sử dụng chuyển mạch để chọn chức năng đo và thang đo, và thang chỉ thị của CCD được khắc độ phù hợp với mỗi chức năng và thang đo tương ứng.

VOM trong thực tế rất đa dạng, Hình – là ví dụ về hình ảnh của các các VOM có trong thực tế.

Sơ đồ khối tổng quát của một VOM đơn giản như hình vẽ,



Hình 5.13 - Đồng hồ vạn năng tương tự - VOM

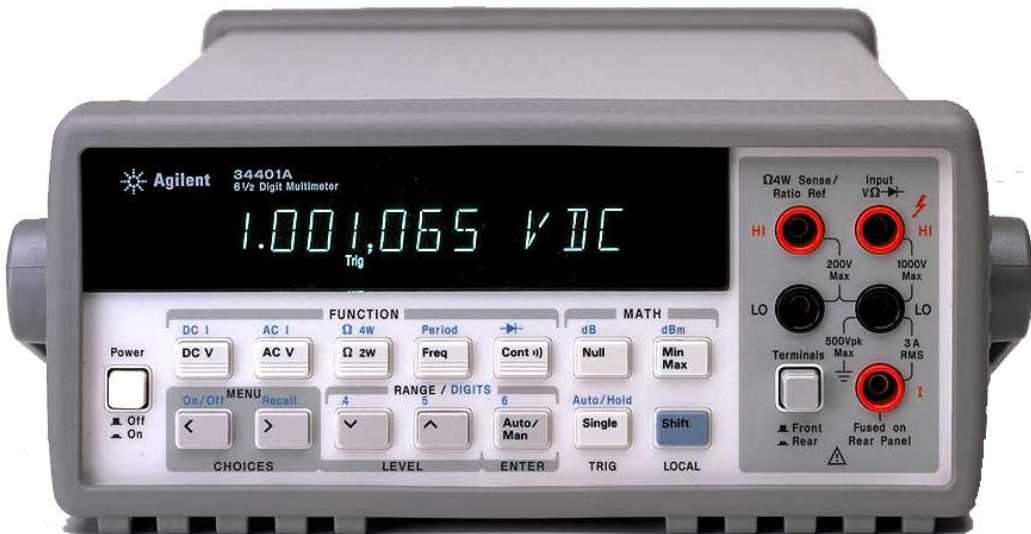
b. Sơ đồ cấu tạo

5.5.2. Đồng hồ vạn năng số - DMM.

a. Chức năng



Hình 5.14 – Đồng hồ vạn năng số cầm tay (Handheld DMM)



Hình 5.15 – Đồng hồ vạn năng số để bàn (Bench DMM)

Đồng hồ vạn năng số DMM có nhiều tính năng đo nội bật hơn đồng hồ vạn năng tương tự, cũng có các chức năng đo cơ bản như của VOM như:

■ Đo điện áp một chiều

■ Đo giá trị hiệu dụng (trị số đỉnh hoặc trung bình) của điện áp xoay chiều.

■ Đo cường độ dòng điện một chiều

■ Đo trị số hiệu dụng (trị số đỉnh hoặc trung bình) cùng dòng điện xoay chiều

■ Đo điện trở

Ngoài ra có một số đồng hồ còn có thêm chức năng nổi bật khác như:

■ Đo tần số dòng điện.

■ Kiểm tra điốt, kiểm tra Transistor lưỡng cực..

■ Kiểm tra nối mạch: máy kêu "bíp" khi điện trở giữa 2 đầu đo (gần) bằng 0.

■ Hiển thị số thay cho kim chỉ trên thước.

■ Có thêm các bộ khuếch đại điện để đo hiệu điện thế hay cường độ dòng điện nhỏ, và điện trở lớn.

■ Đo độ tự cảm của cuộn cảm và điện dung của tụ điện. Có ích khi kiểm tra và lắp đặt mạch điện.

■ Hỗ trợ cho đo nhiệt độ bằng cặp nhiệt.

■ Đo tần số trung bình, khuếch đại âm thanh, để điều chỉnh mạch điện của radio. Nó cho phép nghe tín hiệu thay cho nhìn thấy tín hiệu (như trong máy hiện sóng).

■ Dao động kế cho tần số thấp. Xuất hiện ở DMM có giao tiếp với máy tính.

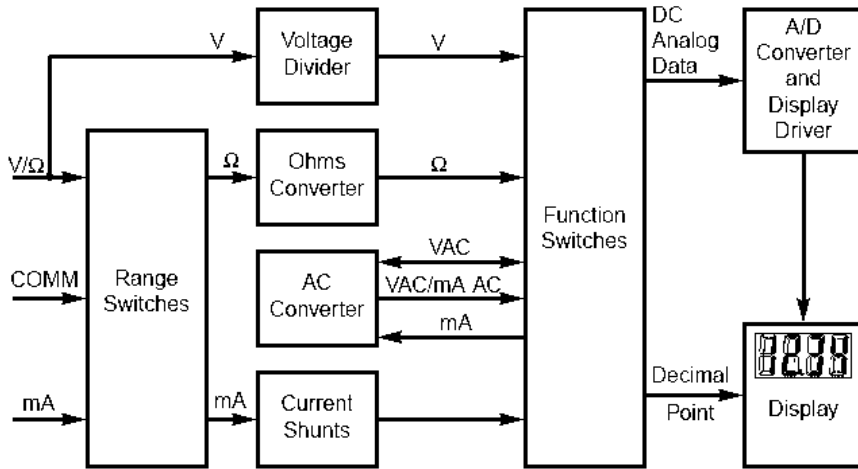
■ Bộ kiểm tra điện thoại.

■ Bộ kiểm tra mạch điện ô-tô.

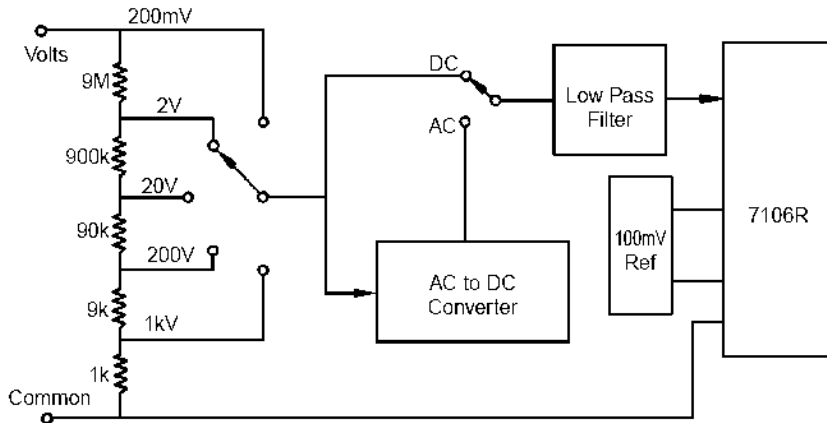
■ Lưu giữ số liệu đo đạc và tính toán kết quả.

Trong thực tế có 2 loại DMM đó là DMM cầm tay (Handheld DMM) và loại DMM để bàn (Bench DMM). Loại để DMM bàn thường có tính năng, dải trình đo, độ chính xác, giá thành cao hơn loại DMM cầm tay.

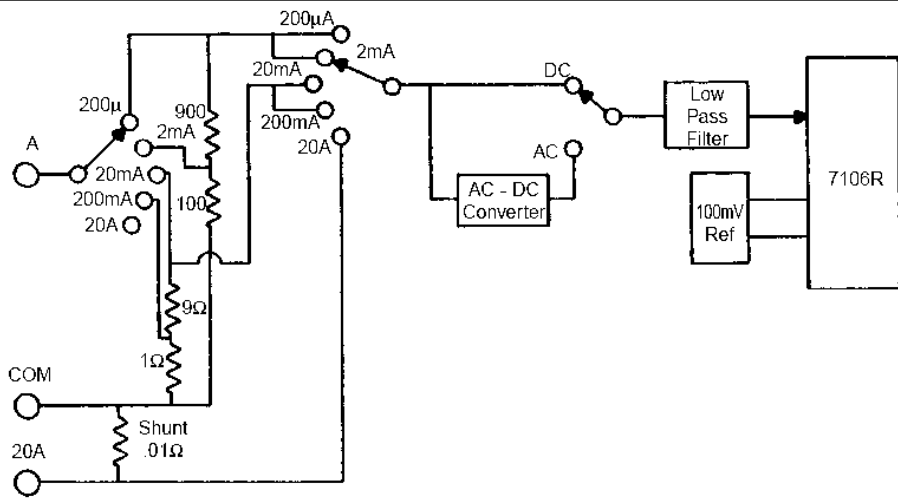
**b. Sơ đồ cấu tạo**



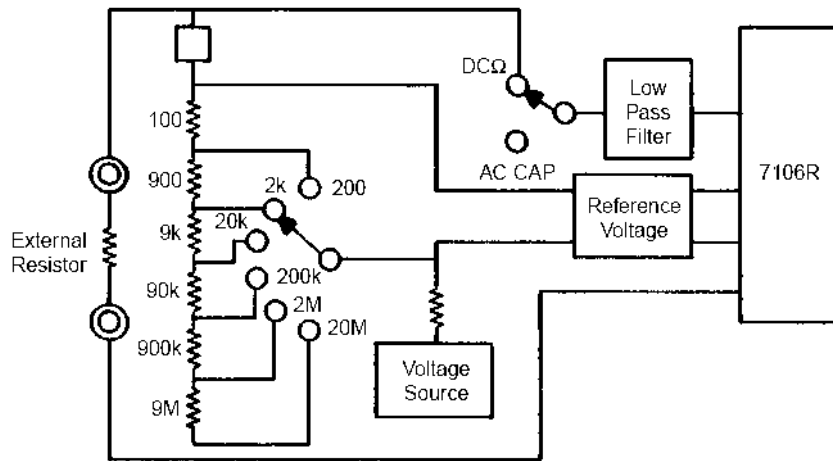
Hình 5.16 – Sơ đồ khối rút gọn của DMM số.



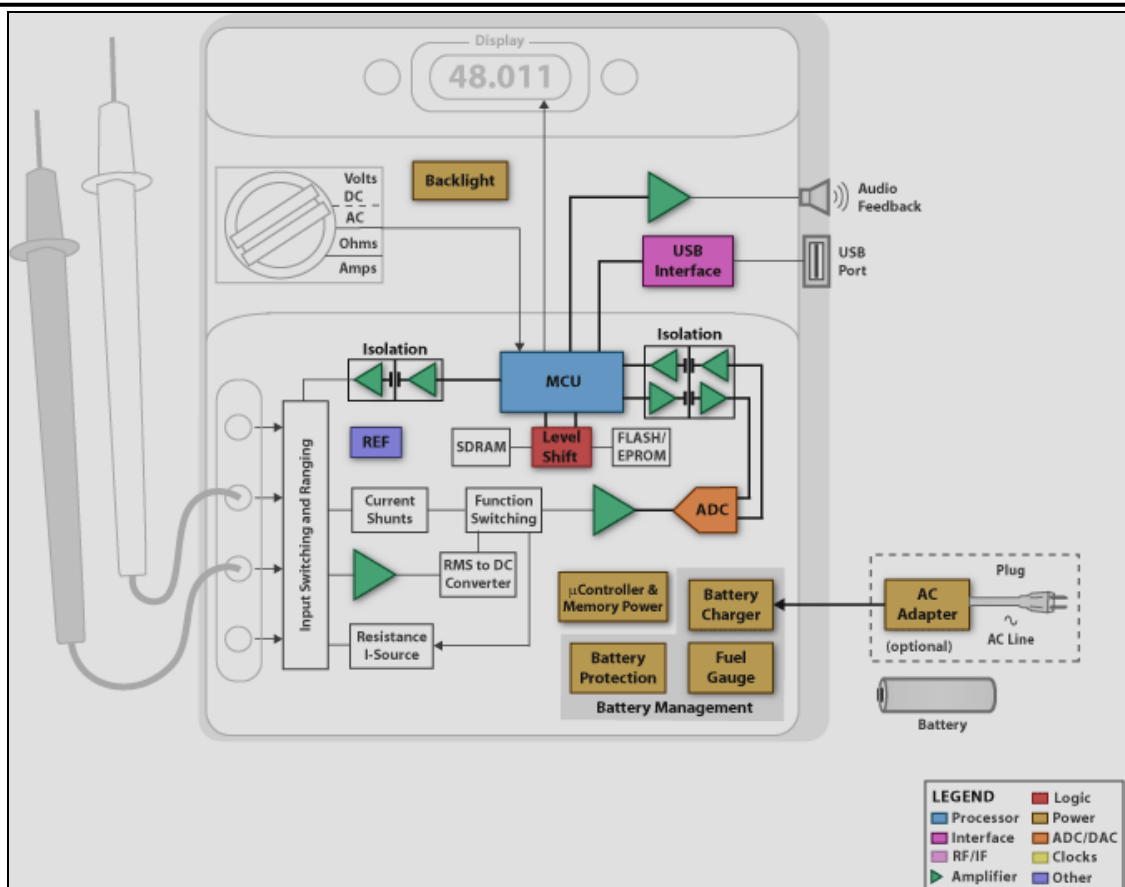
Hình 5.17 – Sơ đồ rút gọn của chức năng đo điện áp



Hình 5.18 – Sơ đồ rút gọn của chức năng đo dòng



Hình 5.19 – Sơ đồ rút gọn của chức năng đo điện trở



Hình 5.20 – Sơ đồ cấu tạo của một DMM trong thực tế



## CHƯƠNG 6 - ĐO TẦN SỐ, KHOẢNG THỜI GIAN VÀ GÓC LỆCH PHA

### 6.0. GIỚI THIỆU CHUNG

Tần số, chu kỳ, các khoảng thời gian, góc pha là các tham số quan trọng của tín hiệu. Trong kỹ thuật điện tử, thường hay dùng các tín hiệu có phổ tần số rất rộng. Dải phổ tần số này bắt đầu từ các tần số bằng một vài phần trăm Hz đến hàng trăm GHz. Toàn bộ tần phổ này có thể chia làm nhiều dải tần số có tính chất khác nhau:

- Dải tần thấp:  $< 16\text{Hz}$
- Dải tần số âm thanh:  $16\text{ Hz} < f < 20\text{ KHz}$
- Dải tần số siêu âm:  $20\text{ KHz} < f < 200\text{ KHz}$
- Dải tần số cao:  $200\text{ KHz} < f < 30\text{ MHz}$
- Dải tần số siêu cao:  $30\text{ MHz} < f < 3000\text{ MHz}$
- Dải tần số quang học:  $> 3\text{GHz}$

Các dải tần số khác nhau có các phương pháp đo tần số khác nhau. Giới hạn dùng và kỹ thuật đo lường các tần số cao tần tăng lên cùng với sự phát triển của kỹ thuật điện tử và ngày nay đã xác định được các tần số hàng trăm GHz.

*Các tham số về tần số:*

Xét tín hiệu xoay chiều điều hòa biến thiên theo thời gian:

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi)$$

- Pha của tín hiệu  $(\omega t + \varphi) = \omega t + \varphi$

- Tần số góc  $\omega$  biểu thị tốc độ thay đổi pha của dao động:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = 2\pi f$$

- Tần số  $f$  – là số dao động toàn phần (số chu kỳ) của dao động trong 1 đơn vị thời gian.

- Chu kỳ  $T$  – khoảng thời gian nhỏ nhất mà giá trị của tín hiệu lặp lại độ lớn của nó ( $u(t+T)=u(t)$ ),  $T=1/f$ .

- Bước sóng  $\lambda$  là khoảng không gian của môi trường truyền dẫn dao động được truyền đi trong một chu kỳ:

$$\lambda = T \cdot v = \frac{v}{f}$$

Trong đó  $v$  là vận tốc truyền sóng của môi trường. Sóng điện từ lan truyền trong chân không bằng vận tốc ánh sáng  $c=3 \cdot 10^8$  m/s. Với môi trường truyền sóng có hệ số điện môi tương đối là  $\epsilon_r$  thì:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

Như vậy  $f$  không phụ thuộc vào điều kiện lan truyền, còn  $\lambda$  phụ thuộc vào vận tốc truyền sóng trong môi trường truyền dẫn.

Đơn vị đo tần số  $f$ : Hz, kHz, MHz, GHz, THz, ...

Đơn vị đo chu kỳ  $T$ : s, ms,  $\mu$ s, ns, ps, ...

Đơn vị đo bước sóng  $\lambda$ : m, mm,  $\mu$ m, nm, pm, ...

Việc đo  $\lambda$ ,  $f$ ,  $T$  có ý nghĩa như nhau, tuy nhiên ở tần thấp và cao tần thường đo  $\lambda$ ,  $T$ ,  $f$ , ở dải siêu cao tần thường đo  $\lambda$

Trong kỹ thuật điện tử, truyền thông phép đo tần số được thực hiện trong các trường hợp sau:

- Cần khắc độ và chuẩn lại các máy tạo tín hiệu đo lường, phát phát, máy thu, ...
- Xác định tần số cộng hưởng của mạch dao động.

- Xác định dải thông của bộ lọc, mạng 2 cực,...
- Kiểm tra độ lệch tần số của các thiết bị đang hoạt động,..
- ...

Ngoài các tham số  $f$ ,  $T$ , góc pha cũng là tham số cơ bản của tín hiệu, nó gắn liền với dao động điều hòa:  $u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi)$  trong đó  $\varphi$  là pha ban đầu tại thời điểm  $t=0$ . Thực tế góc pha của tín hiệu biến thiên theo thời gian và pha ban đầu cũng thay đổi khi thay đổi gốc thời gian, do đó phép đo pha thường được thực hiện là phép đo góc lệch pha của 2 tín hiệu cùng tần số.

Giả sử:  $u_1(t) = U_{m1} \sin(\omega t + \varphi_1)$

$$u_2(t) = U_{m2} \sin(\omega t + \varphi_2)$$

Góc lệch pha giữa  $u_2$  và  $u_1$  là  $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$

Nếu  $\Delta\varphi = \text{const}$  thì  $\Delta\varphi = \text{const}$ .

Với tín hiệu tuần hoàn dạng bất kỳ, thì phép đo tần số là phép đo tần số của thành phần sóng hai bậc nhất (thành phần tần số cơ bản) của tín hiệu và phép đo góc lệch pha cũng là góc lệch pha của các thành phần hài bậc nhất, nhưng phổ biến là phép đo chu kỳ và độ lệch thời gian.

### **6.1. ĐO TẦN SỐ**

Các phương pháp đo tần số thông dụng trong kỹ thuật điện tử là:

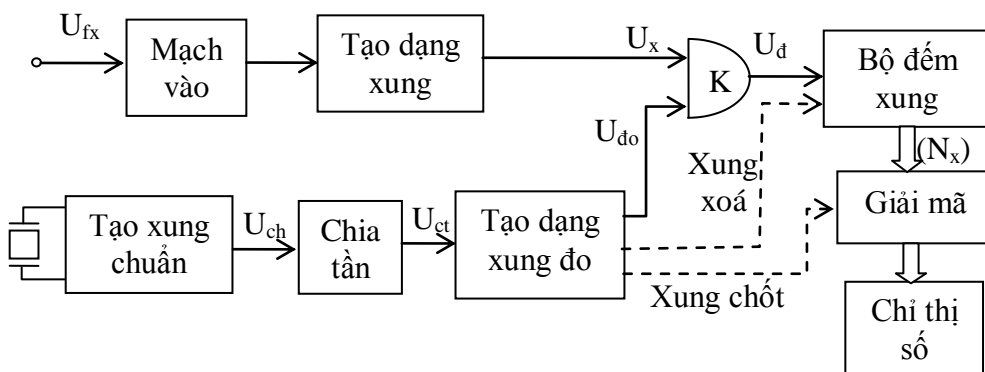
- Phương pháp so sánh: Dùng ô-xi-lô, Phương pháp đếm xung.
- Phương pháp dùng mạch điện có tham số phụ thuộc tần số: Mạch cầu cân bằng, Mạch cộng hưởng.
- Phương pháp đo tần số bằng phương pháp phóng nạp điện cho tụ.

### 6.1.1. Đo tần số bằng phương pháp đếm xung

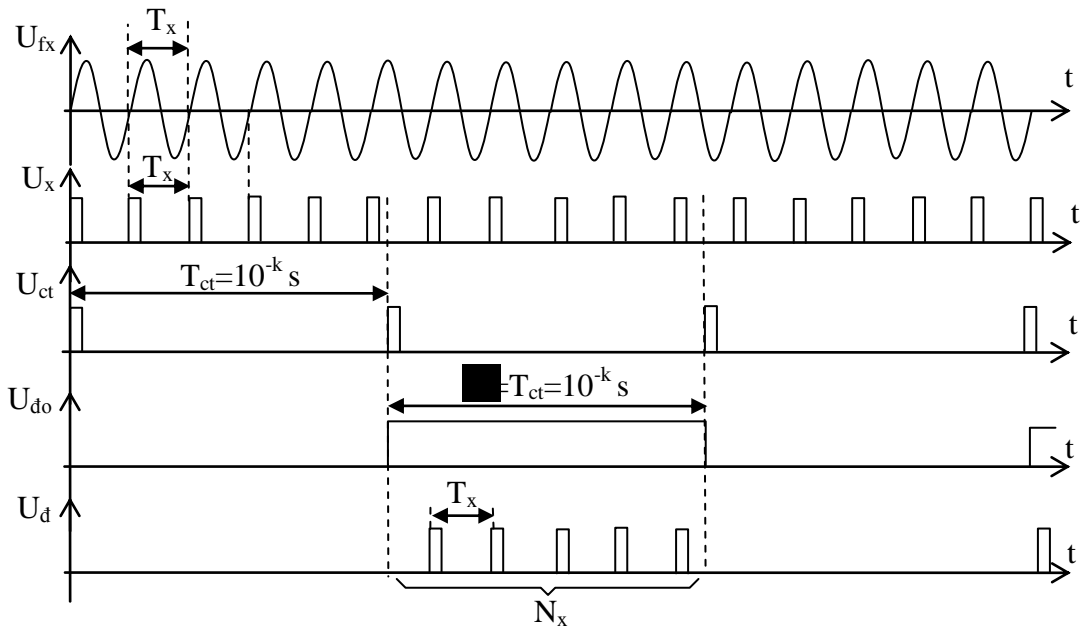
**Đặt vấn đề** : Một phương pháp khác để đo tần số là phương pháp đếm xung dựa trên cơ sở các bộ đếm xung. Giả sử nếu đưa 1 sóng xung tới đầu vào của một bộ đếm xung trong một chu kỳ đúng bằng 1s thì bộ đếm sẽ chỉ thị tần số của dạng xung. Phương pháp này hiện được sử dụng rất phổ biến để đo tần số. Tần số mét cấu tạo theo phương pháp này còn được gọi là máy đếm tần (frequency counter). Sử dụng thiết bị này để đo tần số rất thuận tiện, nhanh chóng, độ chính xác cao, độ nhạy lớn, tốc độ đo lớn, tự động hoàn toàn quá trình đo, kết quả đo hiển thị dưới dạng số...

#### a. Máy đếm tần theo phương pháp xác định nhiều chu kỳ

Nguyên lý chung của Máy đếm tần theo phương pháp xác định nhiều chu kỳ là thực hiện quá trình đếm xung có chu kỳ bằng chu kỳ của tín hiệu cần đo tần số trong một đơn vị thời gian. Sơ đồ khối rút gọn của máy đếm tần này như Hình 6.1.



Hình 6.1 - Sơ đồ khối của máy đếm tần theo phương pháp xác định nhiều chu kỳ



Hình 6.2 – Giải đồ thời gian minh họa hoạt động của máy đếm tần  
 Tín hiệu cần đo tần số  $U_{fx}$  được đưa vào Mạch vào.

- **Mạch vào** : Có trở kháng lớn để không ảnh hưởng đến mạch ra của nguồn tín hiệu và có khuếch đại dải rộng để tăng dải tần công tác của máy đếm tần, và có mạch phân áp để tạo ra tín hiệu phù hợp đưa vào mạch tạo xung (thông thường là tín hiệu điều hoà có chu kỳ bằng chu kỳ tín hiệu cần đo  $T_x$  và có biên độ ổn định không phụ thuộc vào biên độ và tần số tín hiệu vào). ... hoặc biến đổi tín hiệu tuần hoàn dạng bất kỳ ở đầu vào thành hình sin hoặc xung chuẩn cùng chu kỳ với tín hiệu cần đo.

- **Mạch tạo dạng xung** : Có nhiệm vụ biến đổi tín hiệu điện áp điều hoà (hay tín hiệu xung chuẩn có chu kỳ) thành tín hiệu xung đếm đơn cực tính  $U_x$  (xung nhọn hoặc xung vuông) có chu kỳ bằng chu kỳ tín hiệu vào  $T_x$  và có biên độ, độ rộng xung, sườn xung phù hợp cho hoạt động của bộ đếm (ví dụ yêu cầu xung vào bộ đếm xung có mức TTL, CMOS...). Khối này thường được xây dựng dựa vào mạch Trigger Schmitt.

- **Bộ tạo xung chuẩn:** Tạo ra các xung vuông chuẩn, đơn cực tính có tần số chuẩn  $f_{ch}$  lớn với độ chính xác cao, nó thường dùng bộ tạo xung dùng thạch anh, bộ tổ hợp tần số...

- **Bộ chia tần:** chia tần xung chuẩn  $f_{ch}$  để được các tần số thích hợp để đưa vào khối tạo dạng đo, thông thường các tần số chia  $f_{ct}=f_{ch}/n=10^k$  Hz ( $k=0,1,-1,2, -2\dots$ ), ví dụ tần số 10kHz, 1kHz, 100Hz, 10Hz, 1Hz, 0.1 Hz,... tương ứng với các tần số này là các chu kỳ chuẩn: 0,1ms; 1ms; 10ms, 100ms, 1s, 10s, ...

- **Khối tạo dạng đo:** Tạo xung điều khiển quá trình đo cụ thể là tạo xung vuông gốc thời gian để điều khiển khóa K có độ rộng  $\tau=1/f_{ct}=10^{-k}$  s - đây là khoảng thời gian xung đếm  $U_x$  qua khóa K kích thích cho Bộ đếm. Khối này còn tạo ra xung xóa bộ đếm trước khi bắt đầu quá trình đếm, và xung chốt để chốt giữ liệu vào mạch giải mã ngay sau khi kết thúc quá trình đếm để giữ lại kết quả cho đến khi có kết quả đo mới của lần đo tiếp theo.

Nguyên lý hoạt động của máy đếm tần này còn được minh họa qua giản đồ thời gian dưới Hình 6.2.

Trong thời gian có xung đo  $U_{do}$ , khóa K sẽ được mở, khi đó chuỗi xung đếm chu kỳ  $T_x$  qua khóa để kích thích cho bộ đếm, giả sử trong khoảng thời gian gốc thời gian  $\tau$  này số xung đếm được là  $N_x$ :

$$f_x = \frac{N_x}{\tau} = N_x \cdot \frac{n}{f_{ch}} = N_x \cdot 10^k \text{ Hz}$$

Như vậy số xung đếm được  $N_x$  tỉ lệ với tần số tín hiệu vào, số xung này được đưa qua bộ giải mã và kết quả là tần số cần đo  $f_x$  được hiện thị dưới dạng số thập phân bằng cơ cấu chỉ thị số sử dụng LED7 đoạn hay LCD.

Phương pháp trên có độ chính xác khá cao, tiệm cận được tới độ chính xác của tần số chuẩn  $f_{ch}$  và thường dùng để chế tạo tần số mét cao tần.

**Các nguyên nhân gây sai số và cách khắc phục.**

Có các nguyên nhân gây sai số chủ yếu của máy đếm tần như sau:

+ Sai số của xung chuẩn  $\left| \frac{\Delta f_{ch}}{f_{ch}} \right|$ .

**Khắc phục:** Sử dụng bộ tạo dao động có độ ổn định cao như dùng bộ tạo dao động thạch anh, thường xuyên kiểm chuẩn, hiệu chỉnh thiết bị.

+ Sai số do độ trễ của các mạch Tạo dạng xung, Khối tạo xung đo, Khóa K, ngoài ra còn do nhiều xung tác động nên tại thời điểm mà các khối mạch này chuyển trạng thái sẽ bị xô dịch thời điểm của điện áp tín hiệu khi vượt qua mức không, do đó độ dài của xung được tạo ra sẽ khác với yêu cầu nên gây ra sai số trong quá trình đếm xung.

**Khắc phục :** Chống nhiễu, bọc kim tạo lồng Faraday để tránh tác động của điện từ trường ngoài...

+ Sai số do sự không đồng bộ giữa xung mở cổng và chuỗi xung đếm trong khoảng thời gian bằng độ rộng xung cửa có thể làm cho số lượng xung đếm được lớn hơn hay bé hơn 1 xung đếm so với giá trị thực, phụ thuộc vào thời điểm đóng mở cổng, sai số của  $\Delta N_x$  là  $\Delta N_x$ . Sai số này còn được gọi là sai số  $\Delta N_x$  xung, sai số này còn gọi là sai số lượng tử, sai số này càng có ảnh hưởng lớn khi tần số đo càng thấp, nghĩa là số lượng xung đếm  $N_x$  giảm do đó sai số tương đối  $\left| \frac{\Delta N_x}{N_x} \right|$  tăng, Khi đo tần số cao  $N_x$  tăng do đó sai

số tương đối  $\left| \frac{\blacksquare}{N_x} \right|$  giảm, đây là loại sai số này đặc biệt riêng cho thiết bị đo số.

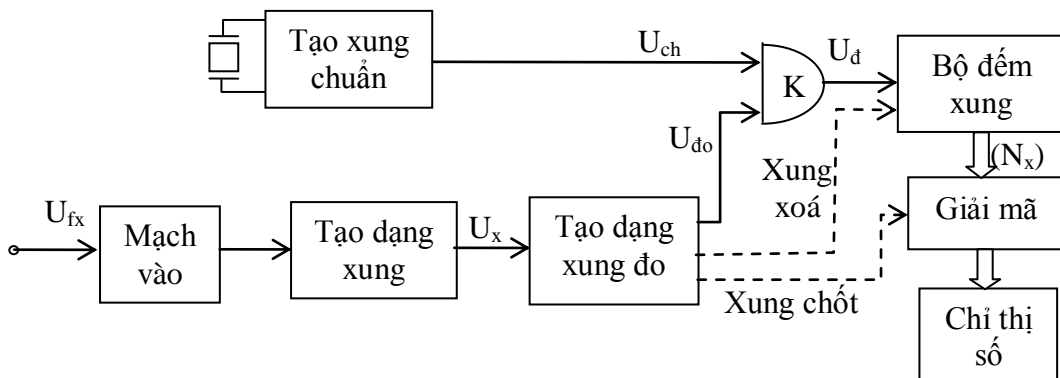
Sai số này là sai số do phương pháp đo và phương pháp số hoá gây ra có tính chất ngẫu nhiên, ta không thể loại bỏ hoàn toàn mà chỉ có khả năng nghiên cứu làm giảm tối thiểu nó.

**Khắc phục sai số lượng tử:**

- Tăng thời gian đo  $\blacksquare$  để tăng  $N_x$  nhưng khi đo ở tần số thấp thì thời gian đo sẽ kéo dài, do đó ở tần số thấp chủ yếu dùng phương pháp đo xác định một chu kỳ như trình bày ở phần sau.

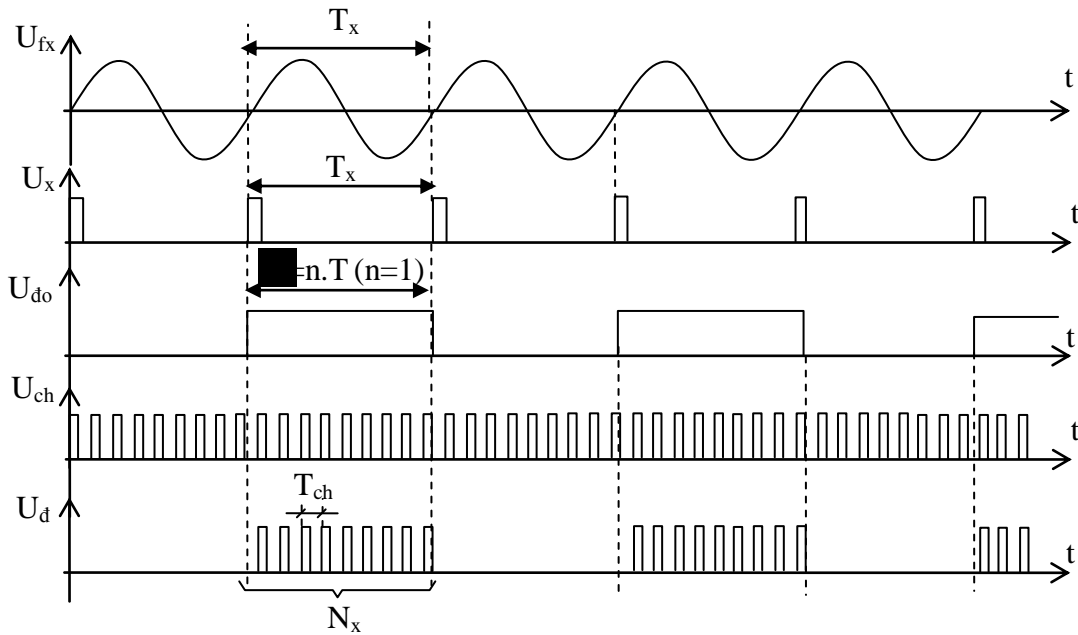
**b. Máy đếm tần theo phương pháp xác định một chu kỳ**

Nguyên lý chung của máy đếm tần theo phương pháp xác định một chu kỳ (phương pháp xác định theo chu kỳ) là thực hiện đếm số xung chuẩn tần số xác định  $f_{ch}$  trong khoảng thời gian tỉ lệ với chu kỳ  $T_x$  của tín hiệu cần đo. Sơ đồ khối rút gọn của máy đếm tần này như Hình 6.3.



Hình 6.3 - Máy đếm tần theo phương pháp xác định một chu kỳ.





Hình 6.4 – Giản đồ thời gian minh họa hoạt động của máy đếm tần

Phương pháp xác định một chu kỳ ngược với cách đo tần số theo phương pháp xác định nhiều chu kỳ ở trên. Về nguyên tắc cấu tạo của các khối trong sơ đồ của máy đếm tần này cũng tương tự như ở máy đếm tần theo phương pháp xác định nhiều chu kỳ. Khác nhau ở đây là xung đếm là dãy xung chuẩn  $T_{ch}$ . Thời gian đo  $\blacksquare$  thường lấy bằng  $n.T_x$ . Nguyên lý hoạt động của máy đếm tần theo phương pháp đo này được minh họa rõ hơn qua giản đồ thời gian sau ở Hình 6.4.

Tín hiệu  $U_{fx}$  đưa qua Mạch vào tới Bộ tạo dạng xung để tạo ra xung nhọn có chu kỳ  $T_x$ . Xung này sẽ điều khiển Bộ tạo dạng xung đo để tạo ra xung đo điều khiển đóng mở khóa K có độ rộng  $\blacksquare = n.T_x$  (ví dụ  $n = 1$ )

Trong thời gian có xung đo  $\blacksquare$  xung đếm chuẩn  $U_{ch}$  qua khoá kích thích cho bộ đếm xung. Giả sử đếm được  $N_x$  xung thì số xung  $N_x$  này sẽ được đưa qua mạch giải mã và chỉ thị để đạt được kết

quả là chu kỳ cần đo hoặc tần số cần đo (nếu máy đếm tần có sử dụng Vi xử lý).

Ta có:

$$T_x = \frac{T_{ch}}{N_x}, \text{ với } T_{ch} \text{ là chu kỳ xung đếm chuẩn}$$

$$\Rightarrow T_x = \frac{T_{ch}}{n} N_x$$

Nếu chọn  $\frac{T_{ch}}{n} = 0,1 \text{ s}$  với  $k = 0, 1, 2, \dots \Rightarrow T_x = 0,1 \cdot N_x$

Hoặc :  $f_x = \frac{n}{N_x} f_{ch}$ , việc giải mã kết quả là tần số cần đo là khá

phức tạp do đó sử dụng các bộ vi xử lý hay vi điều khiển nếu muốn hiển thị kết quả là tần số cần đo.

**Đánh giá sai số:** Có các nguyên nhân gây sai số chủ yếu của máy đếm tần này như sau:

+ *Sai số của xung đếm.* Sai số của nguồn tín hiệu tần số chuẩn  $\left| \frac{\Delta f_{ch}}{f_{ch}} \right|$ .

+ *Sai số do độ trễ của các mạch tạo dạng xung, mạch tạo xung đo, khóa.*

+ *Sai số lượng tử*  $\left| \frac{\Delta N_x}{N_x} \right|$ . Sai số do sự không đồng bộ của xung cửa và xung đếm. Trong khoảng thời gian bằng độ rộng xung cửa có thể làm cho số lượng xung đếm được lớn hơn hay bé hơn 1 xung đếm so với trị số trước, nó tùy thuộc vào thời điểm đóng mở cửa xung. Sai số này bằng:  $\pm T_{ch}$

Để giảm sai số lượng tử có thể tăng thời gian đo  $n \cdot T_x$ .

Một phương pháp khắc phục sai số lượng tử là tăng tần số  $f_{ch}$  nhưng lại bị hạn chế bởi giới hạn tần số cao của mạch khóa, mạch

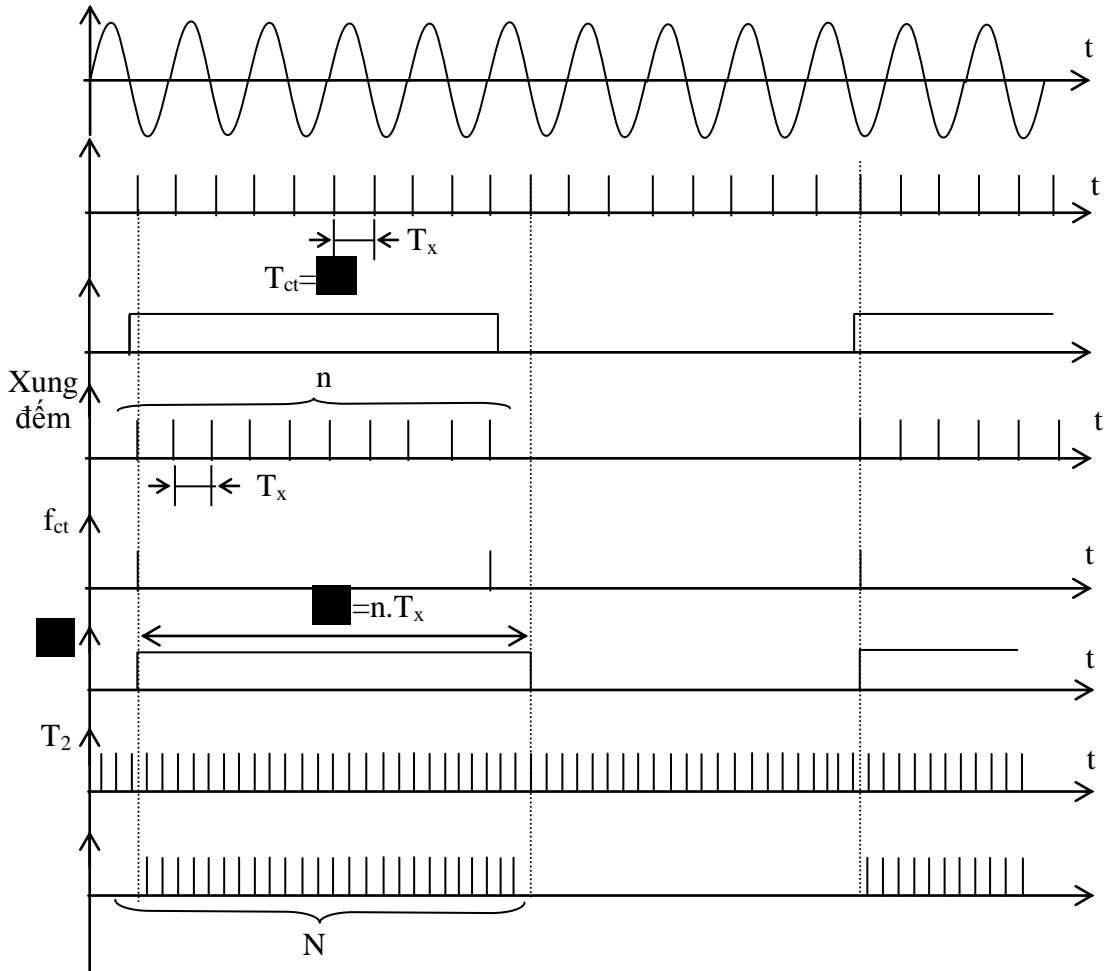
đếm. Để mở rộng phạm vi đo tần số người ta sử dụng các bộ chia tần của tín hiệu cần đo và tăng thời gian xung mở công.

Để thực hiện được các phương pháp hay sử dụng để giảm nhỏ sai số ■ hay nâng cao độ chính xác là sử dụng máy đếm tần *cài đặt vi xử lý* và *sử dụng phương pháp đếm nội suy*, sẽ được xét trong phần sau.

***c. Máy đếm tần cài đặt vi xử lý (Microprocessor).***

Trong nhiều thiết bị đo số có sử dụng Vi xử lý để nâng cao tốc độ, độ chính xác cũng như tăng sự linh hoạt, mềm dẻo của thiết bị đo... Nguyên lý máy đếm tần có cài đặt Vi xử lý có thể được thực hiện như sau, minh họa bằng giản đồ thời gian như Hình 6.5.

Tín hiệu cần đo tần số  $f_x$  được biến đổi thành chuỗi xung nhọn có chu kỳ  $T_x$ .



Hình 6.5 – Giản đồ thời gian minh hoạt động của máy đếm tần cài đặt Vi xử lý

Tín hiệu điều khiển công thứ nhất  $\blacksquare$  được tạo ra từ phần tạo xung điều khiển khóa, trong khoảng thời gian này đếm được  $n$  xung  $T_x$  và ghi giữ giá trị này trong bộ nhớ. Như vậy  $f_x' = n / \blacksquare \blacksquare_x$  cần đo, do có sai số  $\blacksquare$ .

Cùng đồng thời tiến hành với quá trình trên, 1 xung điều khiển công thứ 2 được tạo ra nhưng sườn trước của xung này trùng với xung đếm thứ nhất trong thời gian  $\blacksquare$  và sườn sau của nó trùng đúng với xung  $T_x$  đầu tiên xuất hiện ngay sau sườn sau của xung

điều khiển  $\Delta$ . Độ rộng của xung điều khiển thứ 2 này là  $\Delta = n \cdot T_X$ , xung này điều khiển mở khóa để xung đếm có chu kỳ chuẩn  $T_{ch}$  qua cổng kích thích cho bộ đếm thứ 2, kết quả là trong thời gian  $\Delta$  đếm được  $N$  xung  $T_{ch}$ , giá trị này cũng được ghi giữ lại trong bộ nhớ.

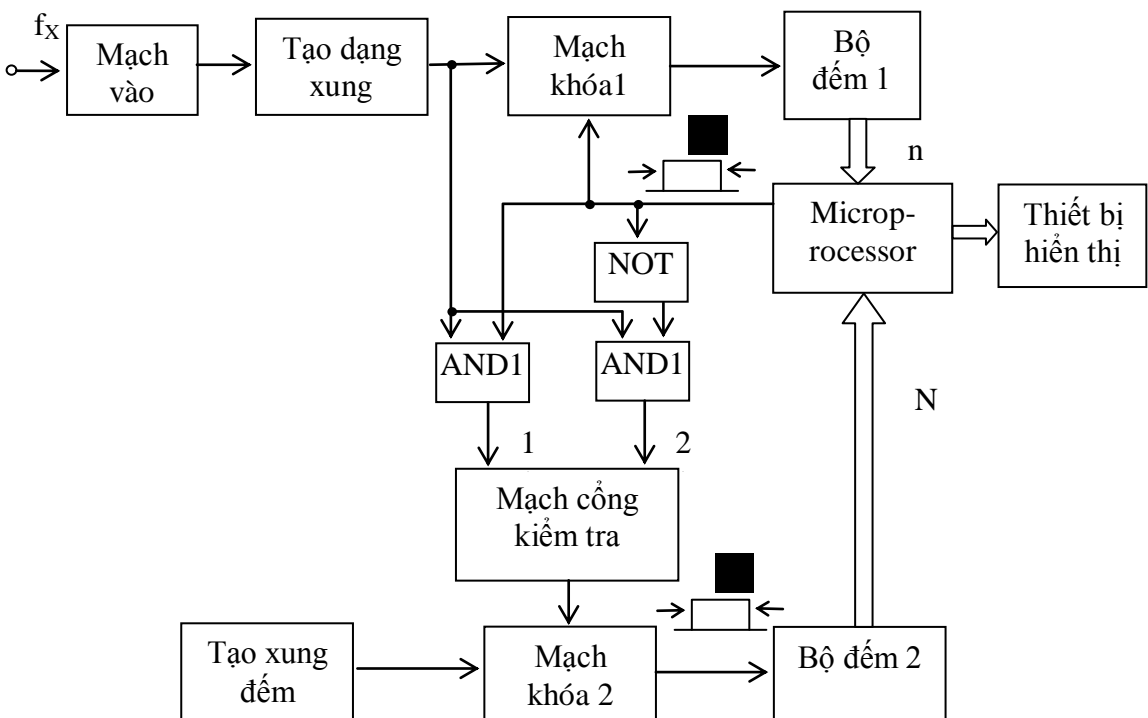
Như vậy:  $N = \frac{\Delta}{T_{ch}} = \frac{n \cdot T_X}{T_{ch}} = \frac{n \cdot f_{ch}}{f_x}$  do đó  $f_x = \frac{n}{N} \cdot f_{ch}$

Thực tế cũng còn sai số  $\Delta$  khi đo khoảng thời gian  $n \cdot T_X$  bằng chu kỳ xung chuẩn  $T_{ch}$ , và sai số tuyệt đối  $\Delta$  trong trường hợp này là:  $\Delta = \Delta_{ch}$ , sai số tương đối là:  $\frac{\Delta}{N} = \frac{T_{ch}}{n \cdot T_X} = \frac{f_x}{n} \cdot T_{ch}$ .

Theo nguyên tắc tính sai số trong trường hợp đo gián tiếp, sai số đo  $f_x$  là:

$\frac{\Delta}{f_x} = \frac{\Delta}{f_{ch}} \cdot \frac{1}{\frac{n}{N}}$ , sai số này chỉ phụ thuộc vào sai số của  $f_{ch}$  và  $\Delta$  và độc lập với tần số của tín hiệu cần đo  $f_x$ , nó cũng là hằng số trên toàn bộ các thang đo tần số. Trên cơ sở nguyên lý đo như trên sơ đồ khối của máy đếm tần có cài đặt vi xử lý như Hình 6.6.

### Sơ đồ khối của máy đếm tần có cài đặt vi xử lý



Hình 6.6 - Sơ đồ máy đếm tần có cài đặt vi xử lý.

Tín hiệu cần đo tần số  $f_x$  được đưa qua các mạch vào và tạo dạng xung để tại ra dãy xung nhọn đưa vào mạch cổng 1. Xung điều khiển cổng  $\blacksquare$  ( $=1s$ ) được đưa ra từ Vi xử lý để điều khiển mở cổng 1 cho xung đếm  $T_x$  kích thích cho bộ đếm 1, kết quả đếm được  $n$  xung và giá trị  $n$  này được ghi giữ lại trong bộ nhớ.

Mạch cổng kiểm tra tạo ra xung điều khiển cổng  $\blacksquare$ , xung này xuất hiện khi có xung nhọn đầu tiên vào chân 1 và kết thúc xung khi có xung nhọn đầu tiên xuất hiện ở chân 2. Xung này điều khiển mở cổng 2 cho xung đếm chuẩn  $T_C$  được tạo ra từ bộ tạo xung đếm qua cổng kích thích cho bộ đếm 2, kết quả đếm được  $N$  xung, giá trị này cũng được lưu vào bộ nhớ.

Vi xử lý thực hiện phép tính  $f_x = \frac{n}{N} \cdot f_{ch}$ , kết quả được hiện thị số trên màn hình hiển thị sử dụng màn tinh thể lỏng LCD hay LED 7 đoạn...

Ngoài ra Vi xử lý còn cho phép tự động chọn thang đo, định vị trí dấu phẩy, đơn vị đo... hay mở rộng phạm vi đo, chức năng đo lường của thiết bị (chu kỳ, tần số, khoảng thời gian ...).

### 6.1.2. Đo tần số bằng phương pháp dùng mạch cộng hưởng

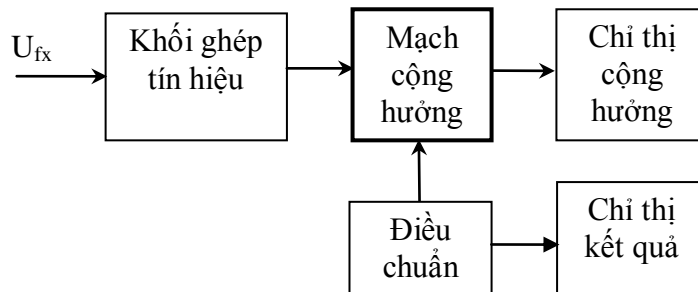
Phương pháp này chủ yếu dùng để đo tần số cao và siêu cao.

Nguyên tắc chung: dựa vào nguyên lý chọn lọc tần số của mạch cộng hưởng. Sơ đồ nguyên lý đo của phương pháp này như Hình 6.7. Khối cơ bản của tần số mét theo phương pháp này là *Mạch cộng hưởng*. Mạch này được kích thích bằng nguồn tín hiệu cần đo tần số cần đo thông qua *Khối ghép tín hiệu*. Việc điều chỉnh để thiết lập trạng thái cộng hưởng nhờ dùng *Khối điều chuẩn*. Hiện tượng cộng hưởng được phát hiện bằng *Khối chỉ thị cộng hưởng*.

Khối này thường dùng Vân mét tách sóng đỉnh. Thang đo tần số có thể được khắc độ trên thang chia độ của *khối điều chuẩn*.

Tùy theo dải tần số mà cấu tạo của mạch cộng hưởng khác nhau. Có 3 loại mạch cộng hưởng:

- Mạch cộng hưởng có L, C tập trung.
- Mạch cộng hưởng có L, C phân bố.
- Mạch cộng hưởng có L phân bố, C tập trung.



*Hình 6.7 – Sơ đồ nguyên lý phương pháp đo tần số dùng mạch cộng hưởng*

**a. Tần số mét cộng hưởng có tham số tập trung**

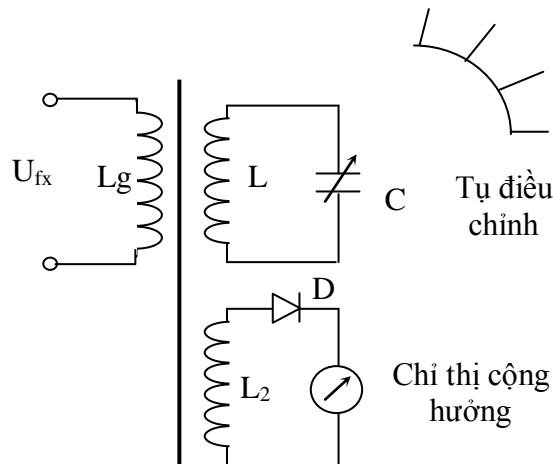
Sử dụng mạch cộng hưởng L-C, trong đó C và L đều là các linh kiện có thông số tập trung. Bộ phận điều chỉnh cộng hưởng chính là tụ biến đổi C có thang khắc độ theo đơn vị tần số.

Tín hiệu cần đo tần số  $U_{fx}$  được ghép vào mạch cộng hưởng thông qua cuộn ghép  $L_g$ . Mạch chỉ thị cộng hưởng là mạch ghép hỗ cảm giữa cuộn dây  $L_2$  và L và sử dụng mạch tách sóng bằng Điốt kết hợp với Vân mét một chiều dùng CCD từ điện để xác định biên độ điện áp trên cuộn  $L_2$ .

Khi đo ta đưa  $U_{fx}$  vào và điều chỉnh tụ C để mạch cộng hưởng. Khi đó cơ cấu đo sẽ chỉ thị cực đại.

$$f_x = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Tần số mét loại này thường dùng trong dải sóng: 10 kHz 00 MHz, sai số khoảng từ 0,25% đến 3%.



Hình 6.8 – Tần mét sử dụng mạch cộng hưởng có tham số tập trung

**b. Tần số mét cộng hưởng có tham số phân bố dùng ống dẫn sóng**

Mạch cộng hưởng là một đoạn ống dẫn sóng, có thể là loại ống dẫn sóng chữ nhật hay ống dẫn sóng tròn, một đầu được ngắn mạch, đầu kia được ngắn mạch bởi Piston P có thể điều chỉnh dọc theo ống bởi hệ thống ròng rọc xoắn ốc được khắc độ đo tần số. Cơ cấu như vậy tạo ra hốc cộng hưởng. Tín hiệu siêu cao tần cần đo bước sóng được ghép vào hốc cộng hưởng thông qua vòng ghép  $V_g$ . Còn vòng ghép  $V_d$  ghép tín hiệu ra mạch chỉ thị cộng hưởng sử dụng Von mét tách sóng sử dụng CCD từ điện. Ví trí các vòng ghép ở gần vị trí nốt tắt cố định để sao cho các vị trí này gần với vị trí bụng sóng trong quá trình điều chỉnh.

Điều chỉnh Piston để CCD chỉ thị cực đại, như vậy sẽ nhận được nhiều vị trí khác nhau của Piston mà khi đó tại  $V_g$  có cộng hưởng, tại vị trí của  $V_g$  là bụng sóng. Khi dịch chuyển Piston với độ dịch chuyển bằng bội số nguyên lần 2 sẽ đạt các điểm cộng hưởng liên tiếp. Có thể xác định bước sóng bằng xác định độ dịch chuyển của Piston tại 2 điểm cộng hưởng lân cận:

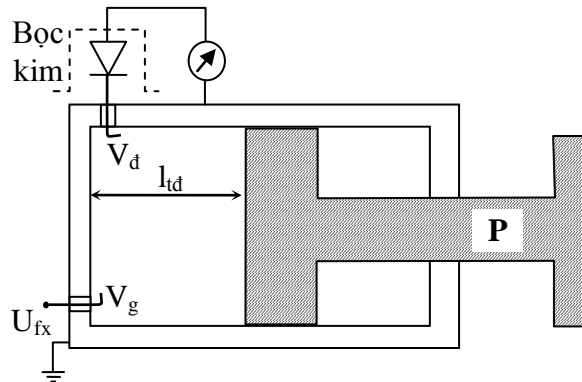


$$I_{i+1} - I_i = \dots$$

Như vậy có thể khắc độ thang đo bước sóng hoặc tần số trực tiếp trên hệ thống điều chỉnh của Piston.

Tần số mét với hốc cộng hưởng nay thích hợp với dải sóng nhỏ hơn 3cm.

Do có hệ số phẩm chất cao (khoảng 30000) nên sai số của nó nhỏ khoảng (0,01...0,05)%.



Hình 6.9 – Tần mét cộng hưởng dùng ống dẫn sóng

## 6.2. ĐO GÓC LỆCH PHA

### 6.2.1. Khái quát các phương pháp đo góc lệch pha

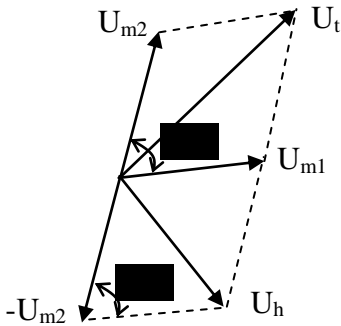
Các phương pháp cơ bản được sử dụng để đo góc lệch pha giữa 2 tín hiệu cùng tần số: Phương pháp đo dựa vào đồ thị dạng sóng của tín hiệu, Phương pháp biến đổi góc lệch pha thành điện áp, Phương pháp biến đổi góc lệch pha thành khoảng thời gian.

#### a. Phương pháp đo dựa vào đồ thị dạng sóng của tín hiệu

Phương pháp này thường sử dụng ô-xi-lô để quan sát đồng thời 2 tín hiệu và dựa vào dạng sóng này để xác định góc lệch pha của chúng, hoặc sử dụng chế độ quét lissajous, dựa vào dạng dao động đồ lissajous để xác định góc lệch pha. Các cách đo này đã được trình bày trong chương 4.

**b. Phương pháp biến đổi góc lệch pha thành điện áp**

Giả sử cần đo góc lệch pha của 2 tín hiệu  $u_1$  và  $u_2$ .



$$u_1(t) = U_{m1} \sin(\omega t)$$

$$u_2(t) = U_{m2} \sin(\omega t + \alpha)$$

Góc lệch pha giữa  $u_2$  và  $u_1$  là:  $\alpha$

Xét điện áp tổng  $u_t = u_1 + u_2$  và điện áp hiệu  $u_h = u_1 - u_2$ .

Tổng hợp bằng giản đồ Vector ta có biểu thức tính biên độ của điện áp tổng và hiệu như sau:

$$U_t^2 = U_{m1}^2 + U_{m2}^2 + 2U_{m1}U_{m2} \cos \alpha$$

$$U_h^2 = U_{m1}^2 + U_{m2}^2 - 2U_{m1}U_{m2} \cos \alpha$$

Chọn  $U_{m1} = U_{m2} = U_m$  ta có:  $\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{U_h}{U_t}$

$$\alpha = 2 \arctg \frac{U_h}{U_t}$$

Như vậy nếu đo được biên độ của điện áp tổng và điện áp hiệu là  $U_t$  và  $U_h$  thì sẽ xác định được độ lớn góc lệch pha giữa 2 điện áp  $u_1$  và  $u_2$ .

**c. Phương pháp biến đổi góc lệch pha thành khoảng thời gian**

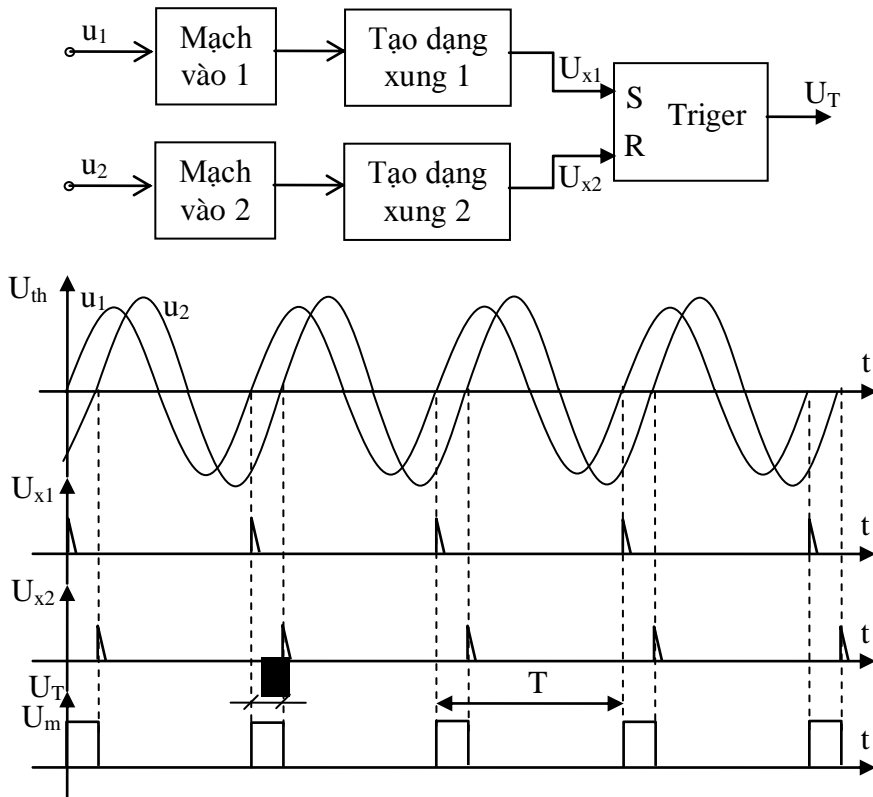
Nguyên lí chung:

Biến đổi các điện áp  $u_1$  và  $u_2$  có dạng hình sin thành các xung nhọn đơn cực tính tương ứng  $U_{x1}$  và  $U_{x2}$  với các thời điểm mà điện

áp biến đổi qua giá trị 0 với giá trị đạo hàm cùng dấu, nhờ mạch tạo dạng xung.

Xác định khoảng thời gian giữa 2 xung gần nhau của 2 điện áp xung, khoảng thời gian này tỉ lệ với góc lệch pha của chúng:

$$2\pi \frac{\Delta t}{T} \text{ (rad) hay } 360^\circ \frac{\Delta t}{T}$$



Hình 6.10 – Sơ đồ và giản đồ thời gian minh họa phương pháp biến đổi góc lệch pha thành khoảng thời gian

Để việc xác định tỉ số  $\frac{\Delta t}{T}$  thuận lợi, đưa xung  $U_{x1}$ ,  $U_{x2}$  vào các đầu vào thiết lập S và xóa R của Triger để tạo ra xung vuông  $U_T$  có độ rộng xung  $\Delta t$  chu kỳ  $T=T_1=T_2$ , biên độ  $U_m = \text{const}$ . Dựa vào xung  $U_T$  có thể dùng phương pháp tương tự hoặc phương pháp số để đo tỉ số đó.

+ Phương pháp tương tự:

Sử dụng Vôn mét trung bình để đo trị số điện áp trung bình của  $U_T$ , khi đó:

$$\bar{U}_T = \frac{U_m}{\pi} \int_0^{\pi} \sin \omega t dt = \frac{U_m}{\pi} [-\cos \omega t]_0^{\pi} = \frac{U_m}{\pi} (1 + 1) = \frac{2}{\pi} U_m$$
$$\Rightarrow U_m = \frac{\pi}{2} \bar{U}_T \approx 1,57 \bar{U}_T$$

Như vậy có thể khắc độ thang đo góc lệch pha trên thang đo của Vôn mét trung bình.

+ Phương pháp số: Đo  $\frac{U_T}{U_m}$  bằng phương pháp đếm xung, nguyên lý đo này thường được sử dụng cho Pha mét số.

### **6.2.2. Pha mét số**

Pha mét số thường được thiết kế theo phương pháp biến đổi góc lệch pha thành khoảng thời gian, và các khoảng thời gian này được đo bằng phương pháp đếm xung. Sơ đồ khối rút gọn của Pha mét số theo nguyên lý này như Hình 6.11. Chức năng chính của các khối trong sơ đồ như sau:

+ Mạch vào: thực hiện tiền xử lý tín hiệu vào, lọc nhiễu, phân áp, tiền khuếch đại,..

+ Tạo dạng xung: biến đổi tín hiệu vào tạo ra các xung nhọn đơn cực tính  $U_{x1}$ ,  $U_{x2}$  tại các thời điểm mà điện áp biến đổi qua giá trị 0 với giá trị đạo hàm cùng dấu, chu kỳ xung  $T=T_1=T_2$  - chu kỳ tín hiệu vào.

+ Trigger: tạo ra xung vuông có độ rộng và chu kỳ T chính là nhờ  $U_{x1}$ ,  $U_{x2}$  ( $U_{x1}$  được đưa vào đầu thiết lập S của Trigger,  $U_{x2}$  được đưa vào đầu xoá R của Trigger).

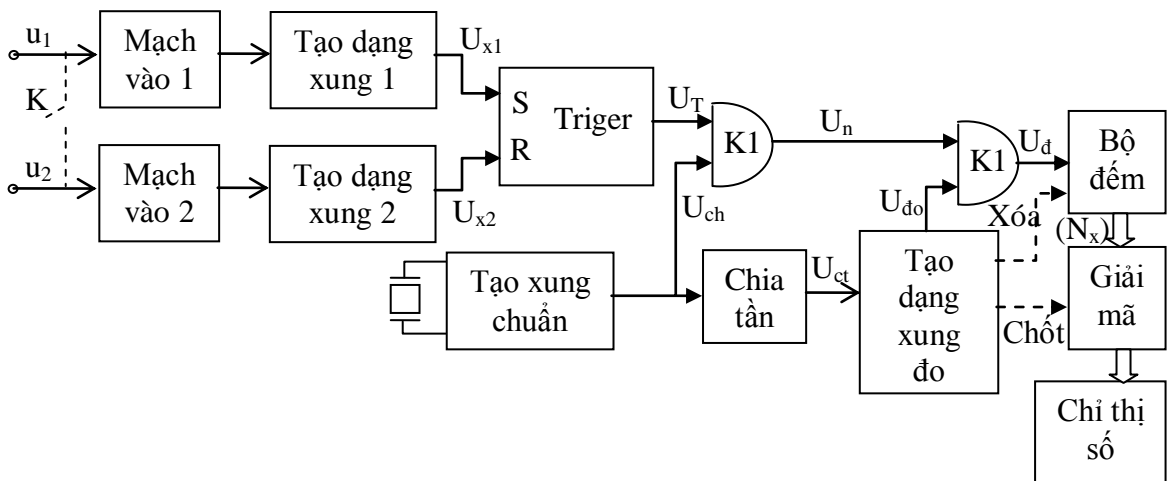
+ Tạo xung chuẩn: Tạo xung dùng thạch anh, tạo xung vuông có tần số lớn, độ chính xác cao, chu kỳ là  $T_{ch}$

+ Tạo dạng xung đo: Tạo xung đo có độ rộng  $T_{đo}$  điều khiển đóng mở khóa K2, và tạo ra xung xóa bộ đếm, xung chốt mạch giải mã.

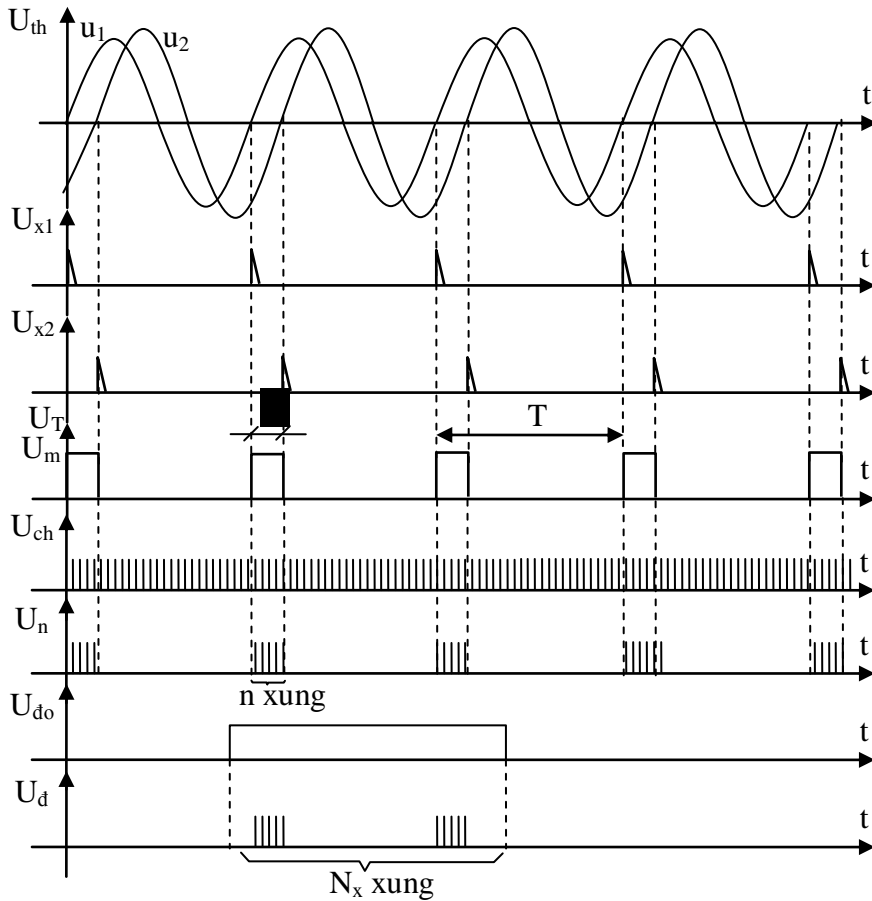
Giản đồ thời gian minh họa hoạt động của nó như Hình 6.12.

Xung  $U_T$  từ Trigger sẽ điều khiển đóng mở Khoá 1. Mỗi khi có xung, xung đếm  $U_{ch}$  từ bộ tạo xung chuẩn sẽ được đưa qua Khoá 1 và đầu ra của khoá 1 là xung  $U_n$  - là 1 chuỗi gồm nhiều nhóm xung chuẩn và được đưa vào Khoá 2.

Xung đo  $U_d$  điều khiển đóng mở Khoá 2 trong thời gian có xung đo  $T_{đo}$ .



Hình 6.11 – Pha mét số



Hình 6.12 – Giải đồ thời gian minh họa hoạt động của Pha mét số

Giả sử có h nhóm xung được đưa qua Khoá 2 vào kích thích cho bộ đếm xung, tổng số xung đếm được là  $N_x$ , số xung  $N_x$  này được đưa qua mạch giải mã và mạch chỉ thị để hiển thị kết quả là góc lệch pha cần đo.

Ta có góc lệch pha giữa 2 tín hiệu  $u_1(t)$  và  $u_2(t)$  là:

$$\alpha = 360^\circ \frac{n}{N_x}$$

(n là số xung của 1 nhóm xung,  $T_{ch}$  là chu kỳ xung chuẩn).

$$\Rightarrow n = \alpha \frac{N_x}{360^\circ} \text{ và } T = T_{do} / h \text{ với } n = \frac{N_x}{h}$$

$$\alpha = 360^\circ \frac{T_{ch}}{T_{do}} \cdot N_x$$

**Đánh giá sai số:** Sai số của máy đo do các nguyên nhân sau:

- Do sai số của  $f_{ch}$ .

- Do sai số lượng tử :  $\left| \frac{\Delta h}{h} \right|$  và  $\frac{\Delta n}{n}$

- Sai số do độ không đồng nhất của kênh 1, kênh 2 là

*Khắc phục:*

+ Đưa tín hiệu  $u_1(t)$  hoặc  $u_2(t)$  vào cả 2 kênh, giả sử Phamét chỉ thị giá trị là  $\Delta$  thì kết quả đo được hiệu chỉnh lại như sau:

$\Delta$   $\Delta$

+ Quá trình hiệu chỉnh này có thể được thực hiện nhờ bộ đếm xung thuận nghịch.

### **CÂU HỎI ÔN TẬP**

1. Nêu khái niệm tần số và tần số góc?
2. Nêu tên các nhóm phương pháp đo tần số?
3. Nêu một số ứng dụng của phép đo tần số?
4. Nêu tên 2 phương pháp đo tần số bằng các mạch điện có các thông số phụ thuộc tần số?
5. Kể tên 3 thiết bị đo tần số bằng phương pháp cộng hưởng?
6. Kể tên 2 phương pháp đo tần số bằng phương pháp số?
7. Vẽ sơ đồ khối, nêu chức năng các khối, giản đồ thời gian và nguyên lí làm việc, sai số của Tần số mét số theo phương pháp xác định nhiều chu kì.
8. Vẽ sơ đồ khối, nêu chức năng các khối, giản đồ thời gian và nguyên lí làm việc, sai số của Tần số mét số theo phương pháp xác định một chu kì.
9. Trình bày nguyên lí đo di pha bằng phương pháp đo khoảng thời gian?

Vẽ sơ đồ khối, nêu chức năng các khối, giản đồ thời gian và nguyên lí làm việc, sai số của pha mét số.

## CHƯƠNG 7 – ĐO CÔNG SUẤT

### 7.1. KHÁI NIỆM VỀ ĐO CÔNG SUẤT

Công suất và năng lượng là các đại lượng cơ bản của phần lớn các đối tượng quá trình và hiện tượng vật lý. Vì vậy việc xác định công suất và năng lượng là một phép đo rất phổ biến. Trong giới hạn của bài giảng này chỉ tập chung vào đo công suất tác dụng của tín hiệu điện tử trên tải hay truyền qua vật dẫn.

#### 7.1.1 Các thành phần công suất

**Khái niệm:** Công suất là năng lượng điện từ truyền giữa các hệ thống hay giữa các phần tử của hệ thống trong một đơn vị thời gian.

Công suất tác dụng là năng lượng điện từ trường tiêu thụ trên tải trong một đơn vị thời gian. Nếu tín hiệu trên tải là tuần hoàn với chu kỳ T, công suất tác dụng được xác định như sau:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = \frac{1}{T} \int_0^T u(t).i(t).dt = \frac{1}{n.T} \int_0^{n.T} u(t).i(t).dt$$

Trong đó, công suất tức thời  $p=u(t).i(t)$ , với  $u(t)$  và  $i(t)$  là trị số tức thời của điện áp và dòng điện trên tải.

#### a. Tín hiệu một chiều

+ Công suất tác dụng một chiều trên tải thuần trở:

$$P=U.I=I^2.R=U^2/R$$

Trong đó U, I là điện áp và dòng điện một chiều trên tải R.

#### b. Tín hiệu xoay chiều điều hòa một pha

+ Công suất tác dụng:

$$P=U_{RMS}.I_{RMS}.COS\phi$$



Trong đó  $U_{RMS}$  và  $I_{RMS}$  là trị số hiệu dụng, còn  $\varphi$  là góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện. Trị số  $\cos \varphi$  được gọi là hệ số công suất, biểu thị đặc tính của tải:

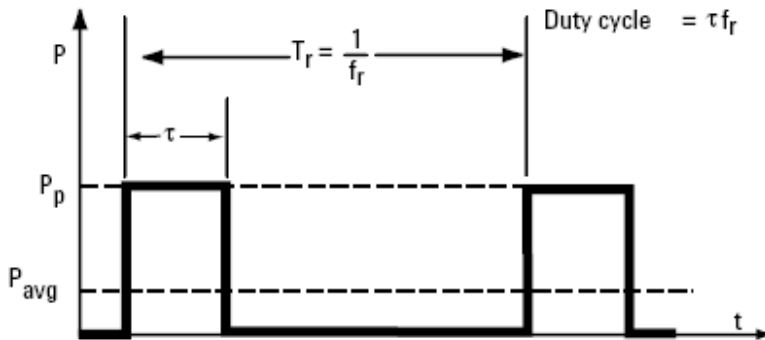
$$\cos \varphi = \frac{R_{td}}{Z_{td}}$$

$Z_{td} = \sqrt{R_{td}^2 + X_{td}^2}$  là trở kháng tương đương,  $R_{td}$ ,  $X_{td}$  là điện trở và điện kháng của tải.

+ Công suất toàn phần:  $S = U_{RMS} \cdot I_{RMS}$

+ Công suất phản kháng:  $Q = U_{RMS} \cdot I_{RMS} \cdot \sin \varphi$

### c. Tín hiệu xung



Khi mạch điện công tác ở chế độ xung, thì cần xác định trị số công suất xung. Trị số công suất xung là trị số công suất trung bình trong khoảng thời gian tồn tại của xung.

$$P_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^{\tau} P_p \cdot u \cdot dt$$

Trị số công suất trung bình thì bằng trị trung bình trong khoảng chu kỳ lặp lại của xung:

$$P_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^{\tau} P_p \cdot u \cdot dt$$

Quan hệ giữa  $P_p$  và  $P_{avg}$  là:

$$P_{avg} = P_p \frac{\tau}{T}$$

Trong đó:  $\frac{P}{T}$  được gọi là hệ số tải, hay hệ số lấp đầy (*Duty Cycle*)

#### d. Công suất siêu cao tần

Trong dải siêu cao tần phép đo công suất được sử dụng chủ yếu để đánh giá năng lượng của tín hiệu. Trong đó công suất tác dụng chung bình được sử dụng phổ biến cho các tín hiệu RF và siêu cao tần, còn khái niệm công suất xung, công suất đường bao đỉnh được sử dụng hiệu quả hơn cho các dạng tín hiệu xung của các hệ thống Rada hay hệ thống định vị.

Trong kỹ thuật điện tử, thông tin, giới hạn lượng trình đo công suất khá rộng. Từ các thiết bị có công suất lớn như máy phát, đến các thiết bị có công suất nhỏ như máy thu, máy đo... Các thiết bị này có công suất từ  $10^{-6}W$  đến  $10^7W$ , ở các chế độ công tác khác nhau, như chế độ công tác liên tục hay chế độ xung.

#### 7.1.2. Đơn vị công suất

Về đơn vị đo công suất, đơn vị tuyệt đối là Oát (W); kể cả các đơn vị ước số và bội số của oát, từ micro oát ( $\mu W$ ) tới mega oát (MW). Ngoài ra trong đo lường còn được dùng các đơn vị công suất tương đối như đêxiben oát, đêxiben mili oát... (dbW, dbm ...)

Đơn vị công suất tương đối:

$$dB = 10 \log_{10} \frac{P}{P_{ref}} = 10 \log_{10} \frac{P[W]}{1W}$$

Trong đó, P là trị số công suất tính bằng W;  $P_{ref}$  là trị số công suất ban đầu, và thường bằng 1W.

$$dBm = 10 \log_{10} \frac{P}{P_{ref}} = 10 \log_{10} \frac{P[mW]}{1mW}$$

Trong đó, P là trị số công suất tính bằng mW;  $P_{ref}$  là trị số công suất ban đầu, và thường bằng 1mW.

Với các đơn vị công suất tương đối này, cho ta khái niệm về so sánh các mức công suất ở các vị trí khác nhau một cách thuận tiện, nhất là trong kỹ thuật thông tin. Ví dụ nói dải công suất từ +63dB đến -153dB ngắn gọn hơn là nói dải công suất từ  $2 \times 10^6 \text{W}$  đến  $0,5 \times 10^{-15} \text{W}$ .

### 7.1.3 Các nguyên lý đo công suất

Việc đo công suất trong kỹ thuật điện tử, ngoài điều phải thực hiện với một dải lượng trình đo lớn, ta còn phải thực hiện với một dải tần số đo rất rộng. Do đó có nhiều phương pháp đo khác nhau thích ứng với các trường hợp cụ thể để đạt được sai số cho phép. Thường thì các phương pháp đo cơ bản tùy thuộc vào khả năng chế tạo thiết bị nên chỉ thích hợp cho sử dụng trong từng tần đoạn. Tuy nhiên, cũng có các phương pháp có thể áp dụng với mọi tần đoạn tùy theo yêu cầu cụ thể của phép đo với một mức độ nào đó.

Ở các mạch điện một chiều, mạch xoay chiều tần số công nghiệp (50Hz, 60Hz), âm tần, và cả tần số cao tần, thì phép đo công suất được thực hiện bằng phương pháp đo trực tiếp hay đo gián tiếp. Đo trực tiếp công suất có thể thực hiện bằng oát-mét. Oát-mét có độ biến đổi các đại lượng điện là một thiết bị “nhân” điện áp, và dòng điện trên tải để sao cho nó đầu ra được trực tiếp chỉ thị đại lượng đo là:  $P = U_{\text{RMS}} I_{\text{RMS}} \cos \phi$ . Thiết bị nhân này ví dụ như dụng cụ điện động, loại oát-mét dùng bộ biến đổi “Hôn” và loại dùng các bộ nhân điện tử.

Đo gián tiếp công suất thì được thực hiện bằng phép đo dòng điện, điện áp và trở kháng. Phép đo công suất bằng vôn-mét và ampe-mét thì đơn giản, song trong nhiều trường hợp, không thể được thuận lợi như phương pháp đo trực tiếp.

Ở siêu cao tần, đo công suất là một trong những phép đo cơ bản, chủ yếu để xác định thông số đặc tính của tín hiệu. Phép đo được thực hiện bằng các phương pháp biến đổi năng lượng điện từ thành các dạng năng lượng khác để đo. Các dạng năng lượng khác ví dụ như quang năng (phương pháp dùng tế bào quang điện), nhiệt năng (phương pháp dùng nhiệt lượng-mét, điện trở), hay cơ năng (phương pháp dùng tác dụng cơ học của sóng điện từ). Các phần tiếp theo sau đây sẽ xét tới các phương pháp cơ bản để đo công suất siêu cao tần.

Hiện nay, có một phương pháp đo công suất được dùng nhiều ở tất cả các tần đoạn trong dải tần số trong điện tử là phương pháp dùng hiệu ứng “Hôn” trong chất bán dẫn. Ta cũng sẽ xét tới phương pháp này.

Độ chính xác của các phép đo công suất ở kỹ thuật điện tử, được coi là cao nếu như sai số không quá 5%, và là trung bình nếu sai số không quá 25%.

Về mức độ, thì công suất của thiết bị được coi là lớn khi có trị số lớn hơn 10W; là trung bình khi có trị số từ 10W đến 0,1W; và được coi là bé khi trị số từ 0,1W đến  $10^{-6}$ W.

Về cơ bản có hai nguyên lý chung được sử dụng chủ yếu để công suất đó là:

+ *Nguyên lý đo công suất kiểu truyền dẫn (Transmission Type)*: Thiết bị đo công suất sẽ xác định công suất truyền từ nguồn đến tải thông qua thiết bị đo. Bản thân thiết bị đo công suất không hấp thụ hoặc hấp thụ một phần rất nhỏ công suất từ nguồn truyền tới tải. Thiết bị đo công suất ở tần thấp và cao tần thường được xây dựng theo nguyên lý này.

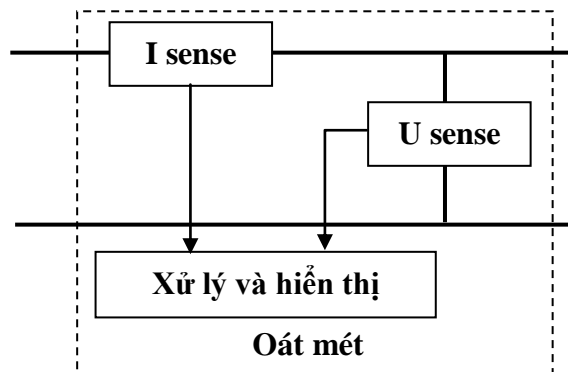
+ *Nguyên lý đo công suất kiểu hấp thụ (Absorption Type)*: Thiết bị đo công suất hấp thụ hoàn toàn hay một phần công suất

cần đo, nó như một tải hấp thụ công suất của nguồn công suất cần đo. Thiết bị đo công suất trong dải siêu cao tần thường được xây dựng theo nguyên lý này.

## 7.2. ĐO CÔNG SUẤT Ở TẦN SỐ THẤP VÀ TẦN SỐ CAO

Vấn đề đo công suất ở âm tần và cao tần ít được quan tâm. Vì khi cần khảo sát mạch điện hay thiết bị ở âm tần và cao tần, ta có thể thực hiện các phép đo lường đơn giản hơn qua các thông số đặc tính của trường hợp khác như dòng điện hay điện áp. Song cũng có những trường hợp đo trực tiếp công suất thì tiện lợi hơn. Ta sẽ xét tới những phương pháp đo công suất ở âm tần và cao tần hay dùng, đồng thời nó cũng là cơ sở cấu tạo của Oát-mét ở tần đoạn này.

Đo công suất ở tần thấp thường sử dụng phương pháp đo công suất kiểu truyền dẫn (Transmission-type), mà ở đó Oát mét được thiết kế để được kết nối giữa tải và nguồn. Nguyên lý cơ bản để xây dựng Oát mét tần thấp là sử dụng các phần tử thu nhận dòng (I sense) và điện áp (V Sense) trên tải và thực hiện các phép xử lý để xác định công suất tác dụng theo công thức tổng quát đã định nghĩa. Nguyên lý này được minh họa như 0.



– Nguyên lý cơ bản của Oát-mét tần số thấp

Các phương pháp đo công suất tần thấp cơ bản như sau:

- **Phương pháp cơ điện:** phép nhân được dựa trên cơ cấu chỉ thị như điện động, sắt điện động, tĩnh điện và cảm ứng, trong đó góc quay  $\alpha$  của phần động là hàm của công suất cần đo.

- **Phương pháp điện:** phép nhân được thực hiện bởi các mạch nhân tương tự cũng như nhân số điện tử, tín hiệu ra của nó là hàm của công suất cần đo.

- **Phương pháp nhiệt điện:** sử dụng phương pháp biến đổi thẳng công suất điện thành nhiệt. Phương pháp này thường được ứng dụng khi cần đo công suất và năng lượng trong mạch tần số cao cũng như của nguồn laze.

- **Phương pháp so sánh:** là phương pháp chính xác vì thế nó thường được sử dụng để đo công suất trong mạch xoay chiều tần số cao.

### 7.2.1 - Phương pháp cơ điện

Phương pháp này sử dụng cơ cấu đo điện động hoặc sắt điện động để xây dựng Oát met đo công suất tiêu thụ trên tải một chiều hoặc xoay chiều một pha tần số công nghiệp cũng như tần số siêu âm đến 15kHz.

Với Oát met điện động có thể đạt tới cấp chính xác là  $0,01 \div 0,1$  với tần số dưới 200Hz và trong mạch một chiều, ở tần số từ 200Hz ÷ 400Hz thì sai số đo là 0,1% và hơn nữa. Với Oát met sắt điện động với tần số dưới 200Hz sai số đo là  $0,1 \div 0,5$  % còn với tần số từ 200Hz ÷ 400Hz thì sai số đo là 0,2 % và hơn nữa.

Sơ đồ mạch đo công suất trên tải  $R_L$  sử dụng cơ cấu đo điện động như 0. Trong đó ở mạch nối tiếp cuộn tĩnh a được nối tiếp với phụ tải  $R_L$ . ở mạch song song cuộn động b được nối tiếp với điện trở phụ  $R_p$ . Cuộn tĩnh và cuộn động được nối với nhau ở hai đầu có đánh dấu \*.

Phương trình đặc tính tổng quát của cơ cấu điện động:

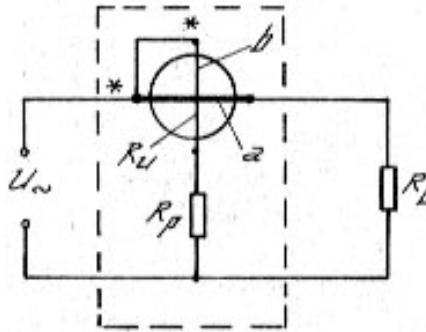
$$\frac{K_q}{D} \int_0^t i_2 dt$$

Trong đó:

$$i_1 \ll I_a \quad \text{và} \quad i_2 \ll I_b \frac{u(t)}{R_p}$$

$$\Rightarrow \frac{K_q}{D} \int_0^t i_2 dt \approx \frac{K_q}{D.R_p} \int_0^t u(t) dt = P_L \approx P_p$$

Như vậy có thể khắc độ thang đo theo công suất tác dụng trên tải.



– Đo công suất bằng Oát met điện động

### 7.2.2. Phương pháp điện

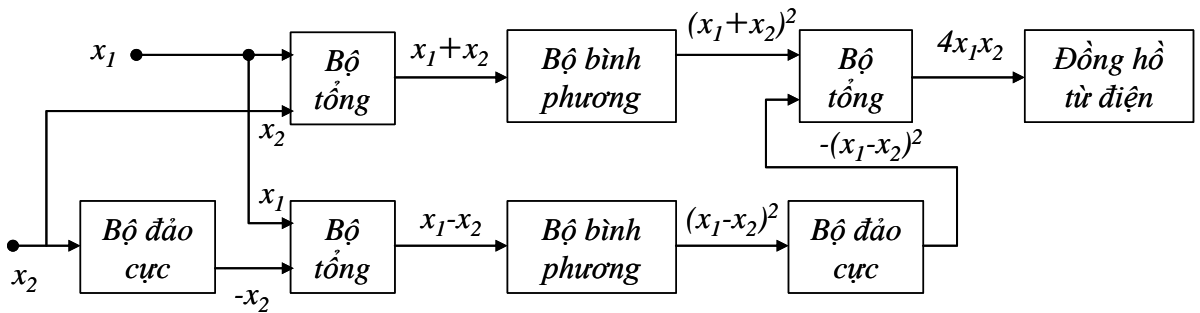
Đo công suất theo phương pháp điện thì phép nhân được thực hiện bởi mạch nhân điện tử tương tự và số. Tín hiệu ra của chúng là hàm của công suất cần đo.

Các phương pháp đo công suất bằng phương pháp điện phổ biến gồm:

- Phương pháp sử dụng mạch nhân tương tự
- Phương pháp dùng chuyển đổi Hall
- Phương pháp điều chế tín hiệu

#### a. Phương pháp sử dụng mạch nhân tương tự

Như đã trình bày ở trên, nếu muốn đo công suất tác dụng trên tải trong trường hợp dòng điện là điều hòa  $P=U_{RMS}I_{RMS}\cos\phi$ . Việc đo công suất trên tải có thể thực hiện trực tiếp phép nhân điện áp và dòng điện trên tải bằng một thiết bị nhân. Một thiết bị mạch nhân có nhiều ưu điểm và được phổ biến dùng là thiết bị nhân được xây dựng từ mạch tính toán số học đơn giản. Oát met theo phương pháp này có sơ đồ khối như 0.



– Sơ đồ khối Oát mét sử dụng mạch nhân tương tự

Nguyên lý của mạch nhân được xây dựng dựa vào thuật toán sau:

$$x_1 x_2 = \frac{1}{4} [(x_1 + x_2)^2 - (x_1 - x_2)^2]$$

Nếu ở đầu vào mạch điện mà có:  $x_1 = U_m \sin \omega t$  và  $x_2 = I_m \sin \omega t$ , tức là các thành phần điện áp và dòng điện trên tải, thì ở đầu ra sẽ có điện áp:

$$4x_1 x_2 = U_m I_m \sin^2 \omega t$$

Biến đổi lượng giác tích số trên, ta có:

$$4x_1 x_2 = \frac{1}{2} U_m I_m \cos 2\omega t - \frac{1}{2} U_m I_m \cos 0$$

$$\Rightarrow x_1 x_2 = \frac{1}{2} U_m I_m \cos 2\omega t - \frac{1}{2} U_m I_m \cos 0$$

$$x_1 x_2 = U_{RMS} I_{RMS} \cos 2\omega t - \frac{1}{2} U_m I_m \cos 0$$



Ở đây, điện áp được đo bằng đồng hồ từ điện, song song với đồng hồ có được mắc tụ điện, nên trị số chỉ thị của kim đồng hồ là chỉ tương ứng với thành phần một chiều chính là công suất tác dụng cần đo trên tải.

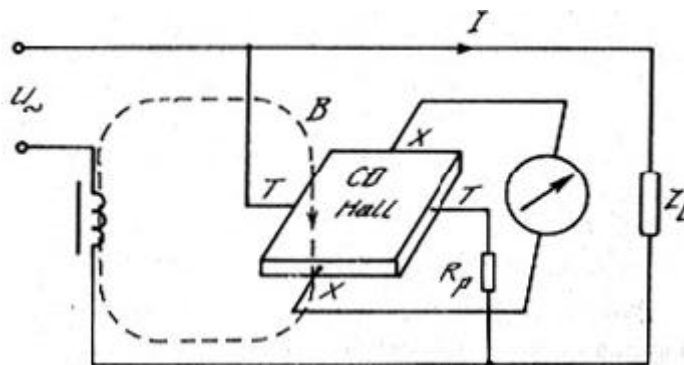
Để có được phần tử có đặc tuyến bậc hai thì có thể dùng nhiều cách như các phần tử tách sóng hiệu dụng. Ví dụ như phần đầu của đặc tuyến dòng điện-điện áp của đi-ốt hoặc của tranzito. Nhược điểm của các oát-mét dùng phương pháp nhân bằng đặc tuyến bậc hai là yêu cầu đèn phải có đặc tuyến đồng nhất. Vì vậy nó thường có sai số khi đèn có biến đổi đặc tuyến, như khi đèn bị già đi, khi đèn bị thay thế hay khi có sự thay đổi điện áp cung cấp. Để nâng cao độ chính xác thì điện áp cung cấp cho mạch phải ổn định; nên thường hay thực hiện hồi tiếp dòng điện.

Sai số của các loại oát-mét này thường vào khoảng 0%.

**b. Phương pháp đo công suất bằng hiệu ứng “Hall”**

Đo công suất bằng phương pháp hiệu ứng “Hall” là dùng oát-mét cấu tạo bằng bộ biến đổi Hall.

Bộ biến đổi Hall là bộ biến đổi dùng hiệu ứng Hall, đó là thiết bị có thể thực hiện được phép nhân hai đại lượng. Kết quả biến đổi được cho dưới dạng điện áp, và là một trị số tỷ lệ với tích số của hai đại lượng đưa vào bộ biến đổi.



– Sơ đồ nguyên lý Oát met dùng biến đổi Hall

Hiệu ứng Hall thực hiện bằng vật liệu bán dẫn thì cho dòng linh động lớn. Vì vậy các bộ biến đổi Hall thường được cấu tạo bằng các chất bán dẫn (Ge, Si, Se...).

Nguyên lý Oát met dùng biến đổi Hall như 0. Cấu tạo của bộ biến đổi Hall gồm một bản mỏng bằng chất bán dẫn đơn tinh thể, có hai cặp điện cực: cặp dòng điện T-T được mắc vào nguồn điện một chiều hoặc xoay chiều. Cặp điện áp X-X. Khi đặt vuông góc với bề mặt chuyển đổi một từ trường thì xuất hiện ở hai đầu X-X một thế điện động gọi là thế điện động Hall được tính như sau:

$$e_x = k_x B i_x$$

Trong đó:

+  $k_x$ : là hệ số mà giá trị của nó phụ thuộc vào vật liệu, kích thước và hình dáng của chuyển đổi, ngoài ra còn phụ thuộc vào nhiệt độ của môi trường xung quanh và giá trị của từ trường.

+ B: là độ từ cảm của từ trường.

Thực hiện một Oát met bằng chuyển đổi Hall bằng cách đặt chuyển đổi vào khe hở của một nam châm điện. Dòng điện đi qua cuộn hút L của nó chính là dòng điện đi qua phụ tải  $Z_L$ . Còn ở hai cực T-T có dòng điện tỉ lệ với điện áp đặt lên phụ tải  $Z_L$ . Điện trở phụ  $R_L$  để hạn chế dòng. Hướng của từ trường được minh họa bởi đường chấm chấm như trong hình vẽ. Nam châm điện được cấu tạo sao cho quan hệ giữa dòng điện  $i_L$  và B là tuyến tính:

$$B = k_i i_L = k_u u_L$$

Thế điện động Hall lúc đó sẽ được tính:

$$e_x = k_x k_u u_L i_x = k_x k_u i_x u_L = k_x P$$

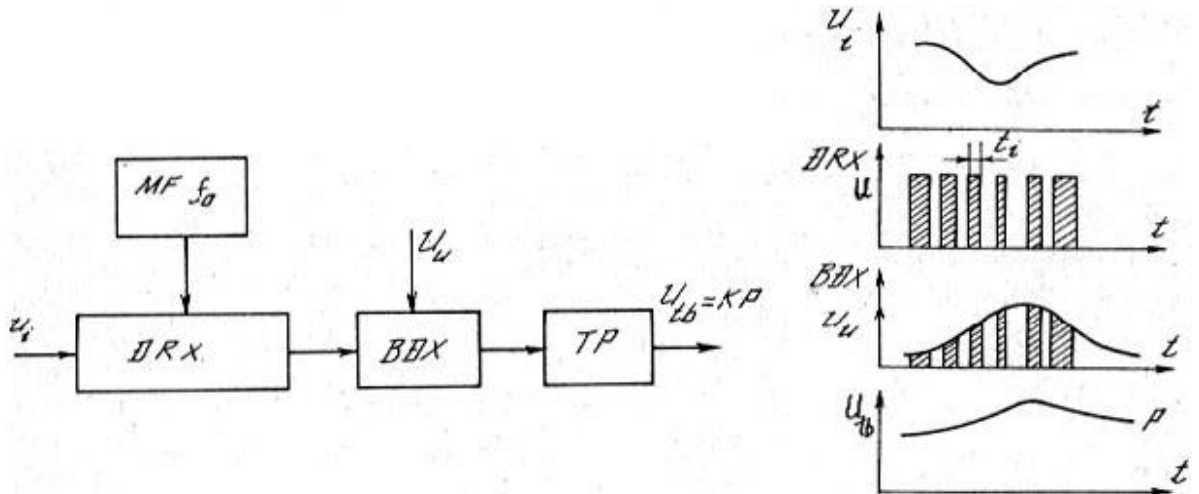
Như vậy  $e_x$  được đo bằng milivônmet và tỉ lệ với công suất cần đo.

Đặc điểm của Oát met sử dụng chuyển đổi Hall: cho phép đo công suất xoay chiều với tần số đến hàng trăm MHz.

Ưu điểm: không có quán tính, có cấu tạo đơn giản, bền, tin cậy.

Nhược điểm: có sai số do nhiệt độ lớn.

**c. Đo công suất bằng phương pháp điều chế tín hiệu**



(a) – Sơ đồ khối

(b) – Giải đồ thời gian

– Oát met theo phương pháp điều chế độ rộng xung với điều chế biên độ xung

Phương pháp điều chế tín hiệu dựa trên việc nhân các tín hiệu  $u_u$  (tỉ lệ với điện áp trên tải cần đo) và  $u_i$  (tỉ lệ với dòng điện trên tải cần đo) trên cơ sở điều chế hai lần tín hiệu xung. Các tín hiệu tương tự  $u_u$  và  $u_i$  được biến đổi thành tần số, chu kì, biên độ, độ rộng của tín hiệu xung sau đó lấy tích phân. Thông dụng nhất là kết hợp giữa các loại điều chế sau đây:

- + Điều chế độ rộng xung với điều chế biên độ xung: (ĐRX-BDX).
- + Điều chế độ rộng xung với tần số xung : (ĐRX-TSX).
- + Điều chế tần số xung và biên độ xung: TSX-BDX.

Xét Oát met trên phương pháp ĐRX–BĐX: có sơ đồ cấu trúc như 0-a và nguyên lý như 0-b.

Tín hiệu vào  $u_i$  được điều chế thành độ rộng  $t$  của xung (ĐRX) được phát ra từ máy phát tần số chuẩn  $f_0=1/T_0$ . Ở đầu ra của điều chế ĐRX có các xung với độ rộng  $t_i = k.u_i$ , tín hiệu này sẽ được đặt vào bộ điều chế biên độ xung BĐX và được điều chế biên độ bằng tín hiệu  $u_u(t)$ . Khi  $T_0 \rightarrow 0$  thì diện tích của mỗi xung ở đầu ra của bộ điều chế biên độ tỉ lệ với công suất tức thời:

$$S(t) = u_u t_i = k.u_u u_i$$

Như vậy điện áp ra của bộ tích phân (TP) sẽ có giá trị tỉ lệ với công suất trung bình  $P$ .

Sai số của các Oát met sử dụng các cặp điều chế là ở chỗ độ dài của chu kỳ điều chế bị hạn chế. Điều này làm cho dải tần bị hạn chế.

Ví dụ: với  $T_0 = 5\mu s$  và tần số của các tín hiệu vào là 10kHz thì sai số của Oát met điều chế ĐRX–BĐX cỡ khoảng 0,1%.

Ở Nhật Bản phương pháp điều chế đã được sử dụng để chế tạo chuẩn đơn vị công suất điện trong khoảng tần số từ 40Hz đến 1000Hz có độ chính xác cao, với sai số hệ thống từ 0,01÷0,2%.

### 7.2.3. Phương pháp so sánh

Đo công suất của một nguồn điện ở cao tần, có thể bằng cách so sánh nó với nguồn công suất dòng điện một chiều hay nguồn dòng điện có tần số thấp.

Ta đã biết phương pháp đo công suất dòng điện một chiều hay dòng điện tần số công nghiệp (50Hz-60Hz); các phương pháp đo này thường dễ thực hiện và có độ chính xác cao. Ví dụ như đo công suất bằng oát-mét điện động thì sai số có thể đạt tới (0,1%-0,2%).

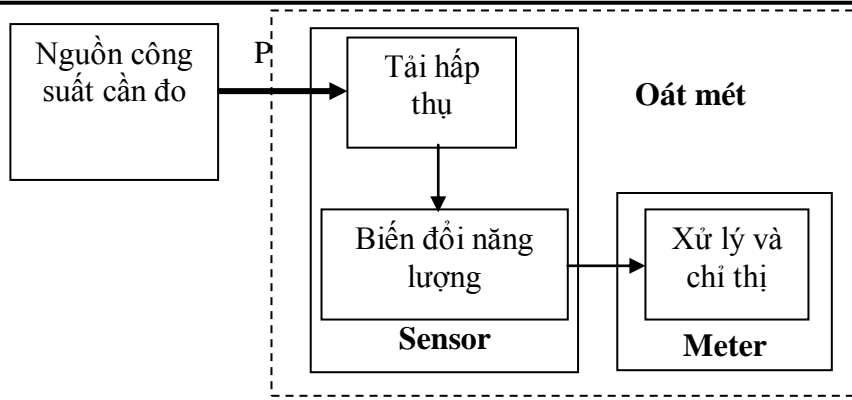
Phép đo so sánh nguồn công suất có thể được thực hiện bằng nhiều cách. Một trong các cách này được dùng thông dụng là so sánh cường độ sáng của hai đèn. Trong hai đèn này, một đèn được nối với nguồn công suất cần đo, đèn thứ hai được nối với một nguồn công suất một chiều hay tần số thấp. Khi độ sáng của hai đèn bằng nhau, điều này có thể xác định được nhờ một thiết bị đo ánh sáng (quang độ-mét), hay bằng tế bào quang điện. Khi đã xác định được nguồn có công suất dòng điện một chiều, có thể biết được công suất của nguồn công suất cao tần cần đo.

### **7.3. ĐO CÔNG SUẤT Ở DẢI SIÊU CAO TẦN**

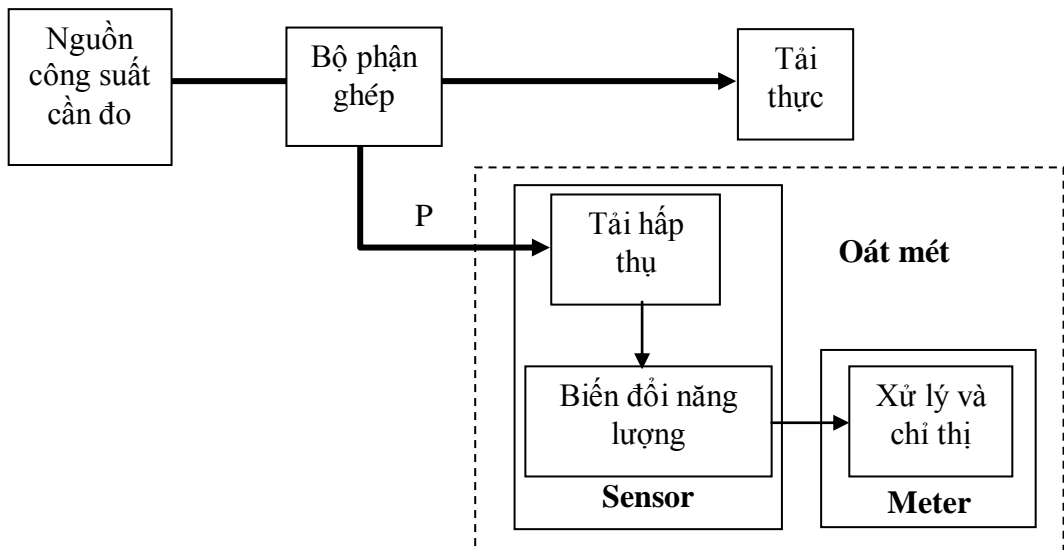
Trong đo công suất, ở siêu cao tần, thường có hai nhiệm vụ phải giải quyết:

1. Đo công suất trên tải có phối hợp trở kháng, hay đo công suất cực đại được hấp thụ, của năng lượng từ một nguồn có công suất cần đo. Trong phép đo này, tải được xác định, có trị số bằng trở kháng đặc tính của đường dây và tải là thuần điện trở. Sơ đồ khối của phép đo này như 0.

Khi đo, Oát-mét được mắc với nguồn công suất cao tần cần đo thông qua dây truyền tải. Như vậy công suất hấp thụ trên điện trở tải của oát-mét phụ thuộc vào sự phối hợp của nguồn công suất cần đo không những chỉ phụ thuộc vào cấp chính xác của oát-mét mà còn phụ thuộc cả vào mức độ phối hợp của đường dây với nguồn và với tải.



– Đo công suất hấp thụ



– Đo công suất truyền thông

2. Đo công suất được hấp thụ trên tải bất kỳ hay đo công suất truyền thông. Trong phép đo này, công suất đo được là một phần của nguồn công suất cần đo. Ví dụ cần đo công suất bức xạ trên anten từ nguồn công suất phát ra của một máy phát; hay công suất đưa tới tầng công suất cuối của tầng trước cuối của một máy phát... Sơ đồ khối của phép đo này như 0.

Đo công suất trong dải siêu cao tần thường được thực hiện theo nguyên lý hấp thụ. Oát met theo nguyên lý này về cơ bản gồm 2 thành phần đó là:

+ Cảm biến công suất (Power Sensor): Hấp thụ toàn bộ hay một phần tỉ lệ công suất cần đo và biến đổi năng lượng đó thành

tín hiệu một chiều hoặc tần thấp tỉ lệ với công suất đã hấp thụ. Có thể coi thiết bị này gồm 2 thành phần chính đó là tải hấp thụ và thiết bị biến đổi năng lượng.

+ Thiết bị xử lý và chỉ thị (Power Meter): Bao gồm mạch khuếch đại, mạch xử lý cho phép đánh giá công suất đo được và hiển thị kết quả. Thiết bị này có thể sử dụng chung cho nhiều loại cảm biến công suất ở các dải tần và dải trình đo khác nhau. Thiết bị này có thể chỉ đơn giản là các máy đo tương tự điều chỉnh bằng tay, nhưng hiện nay nó là máy đo số nhiều kênh sử dụng vi xử lý.



– Hình ảnh của Oát met ở dải siêu cao tần

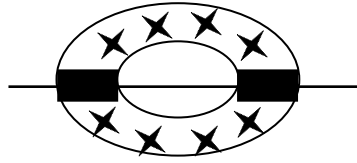
Tùy theo phương pháp đo mà người ta có các biện pháp biến đổi năng lượng thích hợp và trực tiếp hay gián tiếp chỉ thị. Đó cũng chính là cơ sở cấu tạo của các loại oát-mét.

Hiện nay trong dải siêu cao tần có 3 loại cảm biến công suất trung bình được sử dụng phổ biến đó là: Điện trở nhiệt (Thermistor), Cặp nhiệt điện (Thermocouple), và Bộ tách sóng bằng điốt (Diode Detector). Mỗi loại cảm biến sử dụng các khác nhau để biến đổi công suất sóng RF và siêu cao tần thành tín hiệu một chiều hay tần thấp.

### **7.3.1. Oát met sử dụng cảm biến điện trở nhiệt**

*a/ Cấu tạo của điện trở nhiệt:*

**Cấu tạo của Bôlômét:** là 1 sợi dây điện trở rất mảnh làm bằng bạch kim hay vonfram, được đặt trong bình thủy tinh.



Trong bình có chứa khí trơ hay có độ chân không cao để giảm sự truyền nhiệt ra môi trường và tăng tốc độ đốt nóng dây điện trở. Chiều dài của sợi dây điện trở phải thỏa mãn đk:  $\frac{l}{8} \leq l \leq \frac{l}{8}$ , để sự phân bố dẫn điện trên sợi dây được đồng đều, ở đây  $l$  là độ dài cực tiểu của bước sóng điện từ của nguồn công suất cần đo.

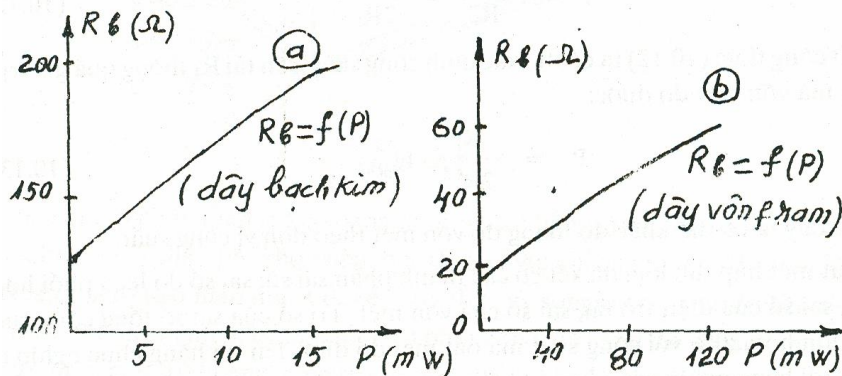
+ Quan hệ giữa điện trở của Bôlômét và công suất cần đo

$$R_b = R_0 + a.P^b$$

$R_0$  : điện trở của Bôlômét khi  $P = 0$ ;

$a, b$  : hệ số tỉ lệ, phụ thuộc kích thước, vật liệu của bôlômét

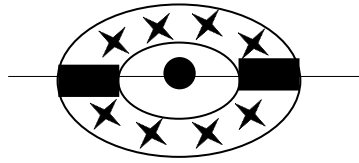
+ Dải điện trở của bôlômét: hàng chục đến vài trăm ôm với độ nhạy  $(3 \times 10^{-2}) \text{ mW}$



- Quan hệ giữa điện trở của Bôlômét và công suất cần đo

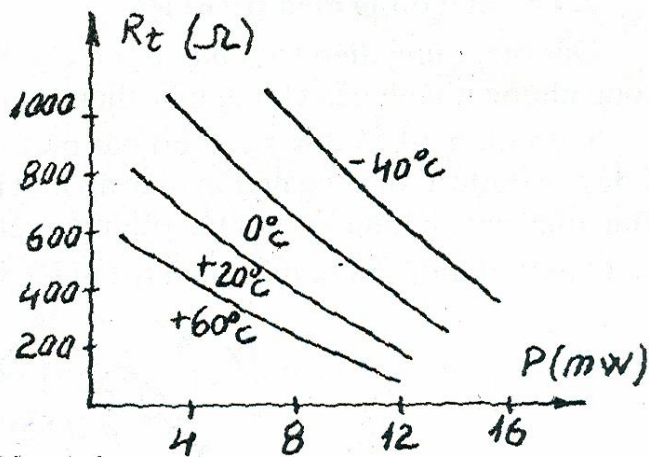
**Cấu tạo của Tesmitor:** là điện trở cân bằng bán dẫn có hệ số nhiệt âm .





Hai dây bạch kim hoặc iridian có đường kính (20- $\rightarrow$  30)  $\mu$ m nối với nhau tại hạt cầu làm bằng bán dẫn, tất cả được đặt trong bình thủy tinh. Điện trở của Thermistor khoảng (100- $\rightarrow$  3000)  $\Omega$

+ Quan hệ giữa điện trở của Bôlômét và công suất cần đo (hình 7.9)

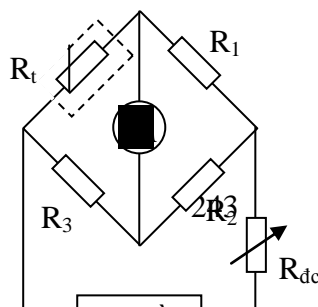


\* So sánh giữa bôlômét và tesmistor:

+ Bôlômét có ưu điểm là dễ chế tạo, đặc tính ít phụ thuộc nhiệt độ môi trường; nhược điểm: dễ bị quá tải, kích thước lớn nên hạn chế sử dụng ở đoạn sóng cm, Zvào nhỏ nên khó thực hiện phối hợp trở kháng với đường truyền.

+ Tesmistor có ưu điểm là độ nhạy cao, ít bị quá tải, trị số R lớn, trị số L,C bản thân nhỏ, kích thước nhỏ, độ bền cao; nhược điểm: khó chế tạo, đặc tính phụ thuộc t0 môi trường.

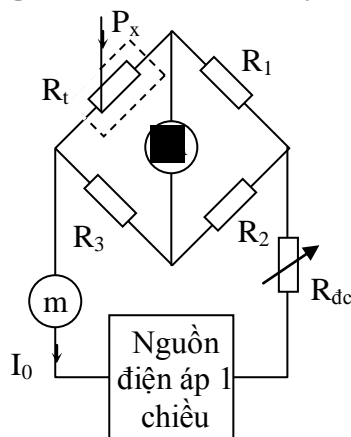
**b/ Sơ đồ Oátmét dùng điện trở nhiệt xây dựng trên mạch cầu đơn không cân bằng và hoạt động của nó:**



Sơ đồ Oátmét được nuôi bằng nguồn điện áp 1 chiều với chiết áp  $R_{dc}$  dùng để điều chỉnh dòng qua các nhánh cầu, với MicroAmpemet chỉ dòng mất cân bằng trong nhánh chỉ thị. Ở 1 nhánh cầu ta mắc điện trở nhiệt, Trước khi đo cần thay đổi điện trở Tesmitor bằng nhiệt năng của dòng điện qua chuyển đổi (Đ/chỉnh chiết áp  $R_{dc}$ ) để cầu cân bằng. Lúc này MicroAmpemet chỉ "0".

Khi có nguồn công suất cao tần tác động lên  $R_t$  làm cho nó giảm  $R$ , dẫn tới mất cân bằng cầu. Lúc này xuất hiện dòng điện qua MicroAmpemet với thang đo khắc độ trực tiếp qua công suất. Sai số của Oátmét loại này khoảng 10% phụ thuộc chủ yếu vào sự thay đổi nhiệt độ môi trường, sự không phối hợp trở kháng của Oátmét với đường truyền và sai số của thiết bị chỉ thị.

*c/ Sơ đồ và hoạt động của oát mét xây dựng trên mạch cầu đơn cân bằng.*



Trong sơ đồ,  $R_t$  chỉ thị cân bằng cầu, mA cho biết trị số của công suất.  $R_t$  mắc vào 1 nhánh cầu ta lựa chọn  $R_1=R_2=R_3=R_t=0=R$ .

Khi chưa có nguồn c/suất t/đ lên  $R_t$ , tương tự như TH trên ta điều chỉnh đđ trong mạch để thay đổi  $R_t$  và thiết lập cân bằng cầu. Ở thời điểm cầu cân bằng,  $R_t$  chỉ "0", còn mA chỉ dòng điện  $I_0$  khi có nguồn C/S t/đ lên  $R_t$  làm cho  $R_t$  cầu mất cân bằng. Để cầu cân bằng ta phải tăng đ.trở = cách giảm dòng điện trong mạch. ở thời điểm cân bằng mA chỉ  $I_0$ .

Qua hai bước đ/chỉnh cân bằng cầu, điện trở của Tesmitor không đổi nên công suất tiêu thụ trên Tesmitor trong 2 bước như nhau do đó:

$$P_t = \frac{I_0^2 R_t}{4} = \frac{(I_0')^2 R_t}{4} = P_x$$

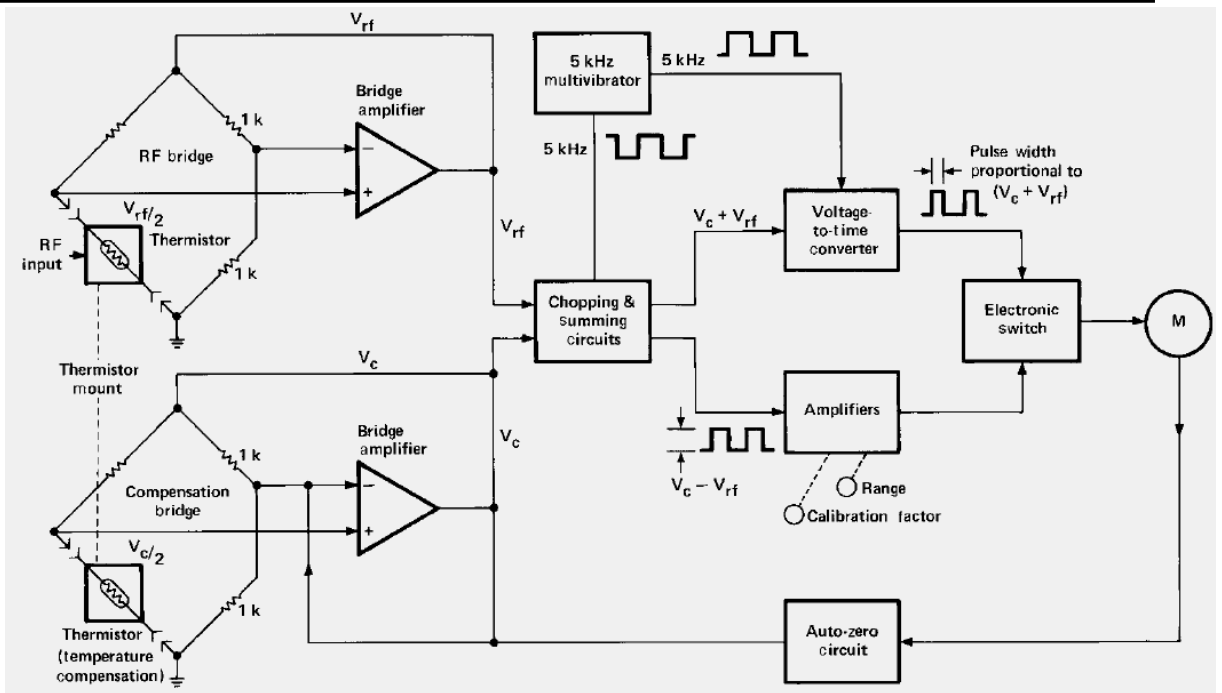
Từ đây ta xđ được công suất cao tần  $P_x$  thông qua 2 trị số dòng điện:

$$P_x = \frac{R_t}{4} (I_0')^2$$

Ưu điểm cơ bản của mạch cầu cân bằng đã xét đảm bảo được sự phối hợp trở kháng vì điện trở Tesmitor  $R_t$  không thay đổi dưới tác động của công suất  $P_x$  ở các thời điểm cân bằng cầu. Tuy nhiên thang đo của mA không khắc độ trực tiếp theo công suất vì dòng  $I_0$  luôn thay đổi theo nhiệt độ môi trường khi  $P_x=0$ .

***d. Oát mét số dùng điện trở nhiệt***

# Chương 7 – Đo công suất

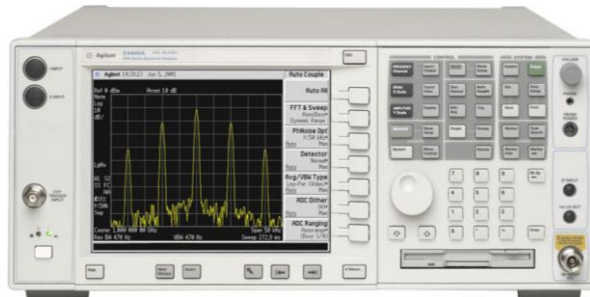


## CHƯƠNG 8 – PHÂN TÍCH PHỔ TÍN HIỆU

### 8.1. GIỚI THIỆU CHUNG PHÂN TÍCH TÍN HIỆU

#### 8.1.1 Giới thiệu chung về máy phân tích tín hiệu

Các máy phân tích tín hiệu (Signal Analyzers) là những máy đo cho phép xác định đặc tính tần số, thời gian, biên độ (điện áp hoặc công suất), hay đặc tính logic của tín hiệu. Như vậy Ô-xi-lô, máy phân tích logic cũng là máy phân tích tín hiệu. Tuy nhiên trong chương này chỉ tập trung vào trình bày máy phân tích tín hiệu trong miền tần số bao gồm máy phân tích phổ (Spectrum Analyzer), máy phân tích dạng sóng (Wave Analyzer), và máy phân tích méo dạng (Distortion Analyzer).



- Máy phân tích phổ là thiết bị đo biểu diễn đồ thị phổ của tín hiệu (đồ thị biên độ theo tần số) của tín hiệu trên màn hình.

- Máy phân tích dạng sóng bản chất là Vôn mét chọn lọc tần số với dải thông hẹp được điều chỉnh được cho phép chọn lọc theo một thành phần tần số của tín hiệu trong khi loại bỏ các thành phần tần số còn lại.

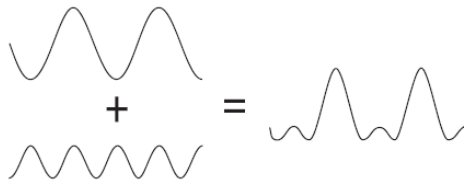
- Máy phân tích méo dạng, ngược với máy phân tích dạng sóng, cho phép xác định năng lượng trong khoảng tần số ngoài dải tần xác định của tín hiệu.

Trong chương này chủ yếu trình bày về phương pháp xây dựng máy phân tích phổ cũng như ứng dụng đo lường của nó.

### 8.1.2. Đồ thị phổ của tín hiệu

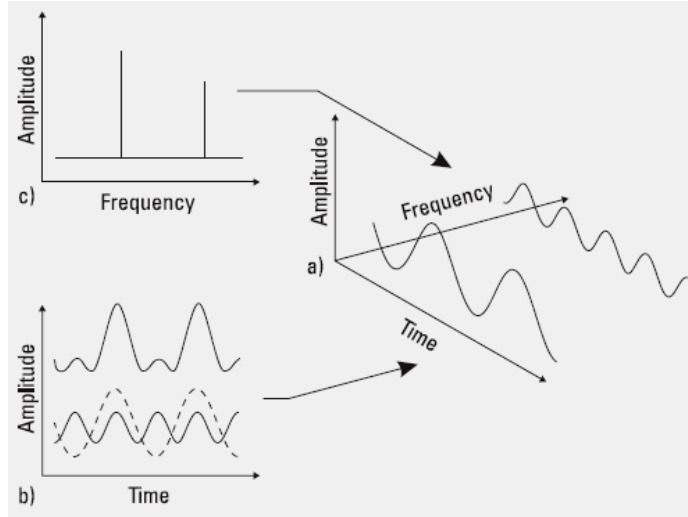
Từ hơn một trăm năm trước Baron Jean Baptiste Fourier đã chỉ ra rằng bất kỳ dạng tín hiệu này tồn tại trong thế giới thực có thể được tạo ra bằng cách cộng những dạng sóng hình sin. Hay về biểu diễn toán học biểu đồ Fourier là minh chứng của vấn đề này.

Ví dụ dưới đây minh họa dạng sóng được tổ hợp từ 2 sóng sin

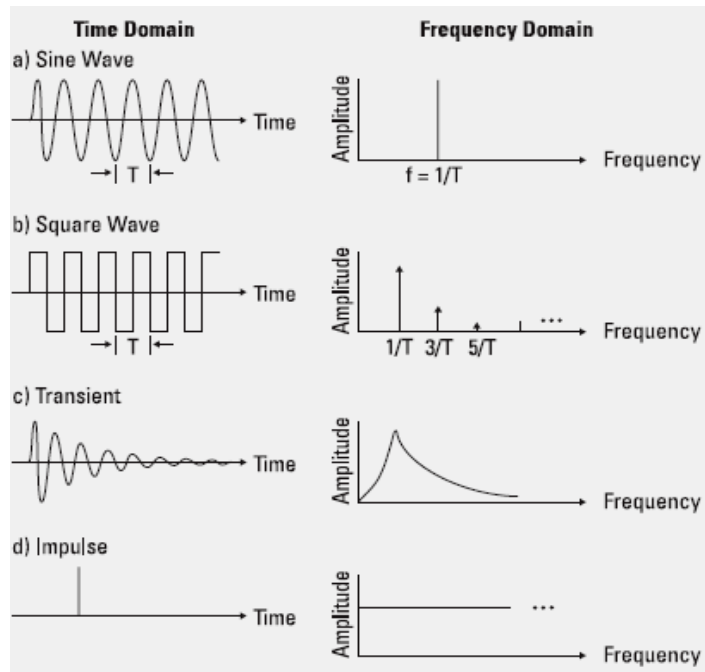


– Cộng hai tín hiệu hình sin

Như vậy chúng ta có thể biểu diễn bất kỳ dạng tín hiệu trong thế giới thực nào bằng một tổ hợp duy nhất của các dạng tín hiệu hình sin. Đồ thị biểu diễn biên độ của các tín hiệu hình sin đó theo tần số chính là phổ biên độ của tín hiệu hay gọi tắt là phổ của tín hiệu. Hình 1.7 biểu diễn mối quan hệ giữa biểu diễn tín hiệu trong miền thời gian và miền tần số. Trong đó hình (a) là đồ thị 3 chiều của biên độ, thời gian, tần số biểu diễn riêng biệt các tín hiệu hình sin theo thời gian ở các tần số khác nhau, hình (b) là dạng tín hiệu được tổ hợp từ các dạng tín hiệu hình sin đó, hình (c) biểu diễn biên độ của các tín hiệu hình sin tổ hợp nên tín hiệu theo tần số - hay đây chính là đồ thị phổ của tín hiệu, mỗi đường biểu diễn tín hiệu hình sin trên đó được gọi là một thành phần tần số của tín hiệu tổng.



Hình 1.7 – Mối quan hệ giữa biểu diễn tín hiệu ở miền thời gian và miền tần số



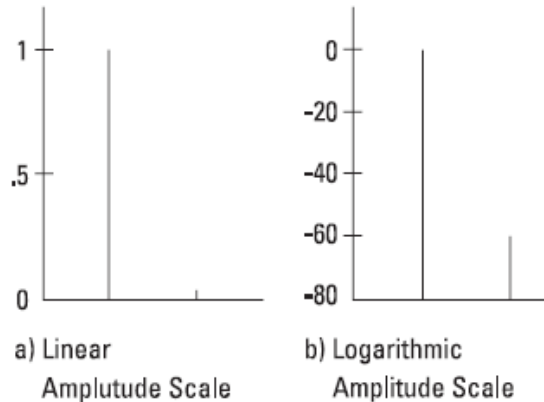
– Phổ của một số dạng tín hiệu

Ở đây là ví dụ đồ thị thời gian và đồ thị phổ của một số loại tín hiệu phổ biến.

Trong nhiều trường hợp biên độ của tín hiệu quá nhỏ, khó biểu diễn và quan sát trên đồ thị biểu diễn tuyến tính, trong trường hợp này đồ thị phổ có thể được chuyển sang biểu diễn theo thang

logarit (thang dB) như minh họa trong 0, công thức chuyển đổi như sau:

$$\text{dB} = 10 \lg(P[W]) = 20 \lg(U[V])$$



– Biểu diễn đồ thị phổ theo thang tuyến tính và thang logarit (thang dB)

## 8.2. MÁY PHÂN TÍCH PHỔ

### 8.2.1. Ứng dụng đo lường của máy phân tích phổ

- Máy phân tích phổ cho phép quan sát toàn cảnh phổ biên độ của tín hiệu, quan sát đồ thị phổ theo quan hệ bình phương của biên độ đối với tần số (phổ công suất) rất hiệu quả trong việc nghiên cứu các tín hiệu tạp âm.

- Máy phân tích phổ còn cho phép đo lường các đặc tính và tham số của tín hiệu như:

+ Đánh giá biên độ, tần số của các thành phần tần số của tín hiệu

+ Đánh giá độ rộng phổ tín hiệu, sự phân bố năng lượng của tín hiệu theo tần số.

+ Đánh giá được các thành phần nhiễu, hệ số S/N, độ méo dạng của tín hiệu,..

+ Đánh giá được các đặc tính tần số của tín hiệu điều chế: hệ số điều chế, chất lượng điều chế, EVM, Độ không cân bằng IQ,...



+ Sử dụng như thiết bị chỉ thị, ví dụ như chỉ thị độ chọn lọc tần số, chỉ thị độ suy giảm, chỉ thị độ di tần của tín hiệu điều chế.

### 8.2.2. Các nguyên lý máy phân tích phổ

Có một số nguyên lý khác nhau để xây dựng Máy phân tích phổ.

**Nguyên lý 1:** Dựa vào phép biến đổi Fourier, tín hiệu liên tục được số hóa và sử dụng kỹ thuật xử lý tín hiệu số (DSP) để thực hiện biến đổi Fourier nhanh FFT và hiển thị tín hiệu trong miền tần số.



– Sơ đồ nguyên lý máy phân tích phổ dùng biến đổi Fourier

Ưu điểm của nguyên lý là khả năng của nó để mô tả hiện tượng đơn lẻ, Có thể đánh giá được cả pha và biên độ của các thành phần tần số.

Tuy nhiên, phân tích phổ dùng biến đổi Fourier có một số hạn chế về dải tần số, độ nhạy, và dải trình, và thường được chỉ sử dụng trong các ứng dụng phân tích phổ tín hiệu ở băng gốc giới hạn tới 40 MHz.

**Nguyên lý 2:** Kiểu phân tích tín hiệu vector (Vector Signal Analyzer - VSA), dựa vào nguyên lý 1 nhưng mở rộng cho phép phân tích tín hiệu tần số vô tuyến RF. Sử dụng kỹ thuật đổi tần để đưa dải tần tín hiệu xuống dải tần thấp và thực hiện số hóa rồi và sử dụng FFT. Máy phân tích phổ kiểu VSA này có dải tần tới 6GHz.

Ưu điểm của máy phân tích phổ theo nguyên lý VSA là nhanh, độ phân giải cao, và đặc biệt hữu ích cho phân tích đặc tính

của các dạng tín hiệu phức tạp như tín hiệu điều chế sử dụng trong các ứng dụng truyền thông, quảng bá, video, siêu âm,...

**Nguyên lý 3:** Phân tích phổ dựa vào tính chất chọn lọc tần số của các mạch cộng hưởng. Như ta đã biết, các mạch cộng hưởng có dải thông tần hẹp (có hệ số phẩm chế khá cao), thì biên độ của dao động cưỡng bức sẽ cực đại nếu như tần số tác động trùng với tần số cộng hưởng của mạch và biên độ đó có trị số rất nhỏ khi có lệch cộng hưởng. Như vậy, mạch cộng hưởng ở đây có tác dụng như một bộ lọc, bộ lọc này có khả năng tách riêng được các thành phần tần số khác nhau của tín hiệu trùng với tần số cộng hưởng của mạch và vẽ lại biên độ của các thành phần tần số đó trên màn hình tạo thành đồ thị phổ của tín hiệu. Nguyên lý này cho phép xây dựng các máy phân tích phổ có dải tần làm việc rất cao, hiện nay lên tới hàng chục GHz. Trong bài giảng này chỉ trình bày máy phân tích phổ được xây dựng theo nguyên lý này. Máy phân tích phổ theo nguyên lý này có thể được xây dựng theo kiểu song song hoặc nối tiếp.

### 8.2.3. Máy phân tích phổ song song

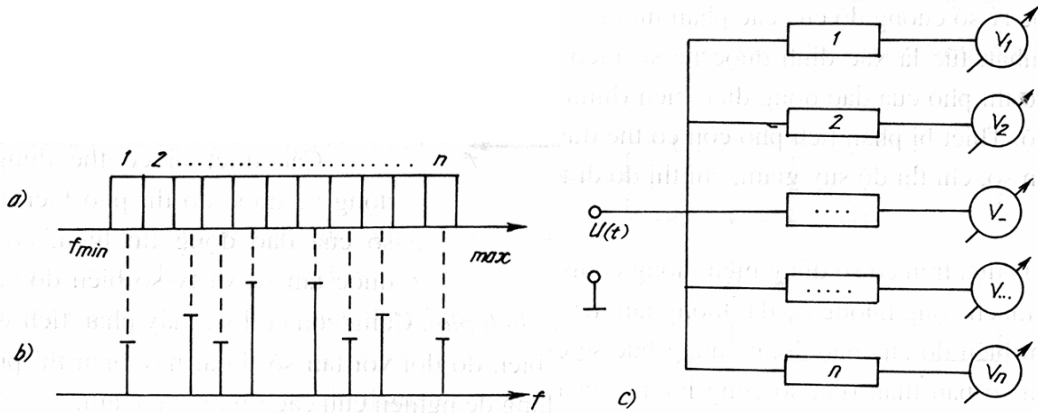
#### a. Nguyên lý chung

Theo nguyên lý phân tích phổ song song sử dụng các bộ lọc cộng hưởng như 0.

Giả sử có một hệ thống bộ lọc dải hẹp được sắp xếp liên tiếp kề sát nhau theo thang tần số trong dải tần từ  $f_{\min}$  đến  $f_{\max}$ . Mỗi đường cong cộng hưởng của bộ lọc được biểu thị đơn giản bằng một hình CN, dải thông tần của bộ lọc là  $\Delta f$  (0-a). Trong dải tần của máy phân tích phổ có n bộ lọc.

$$n \frac{f_{\max} - f_{\min}}{\Delta f}$$

Nếu tín hiệu được phân tích có phổ nằm trong dải tần số công tác của bộ lọc trên (0-b) thì khi có tín hiệu vào, mỗi bộ lọc sẽ được tác động đối với riêng từng thành phần phổ mà tần số của thành phần phổ này tương ứng với tần số của bản thân bộ lọc.



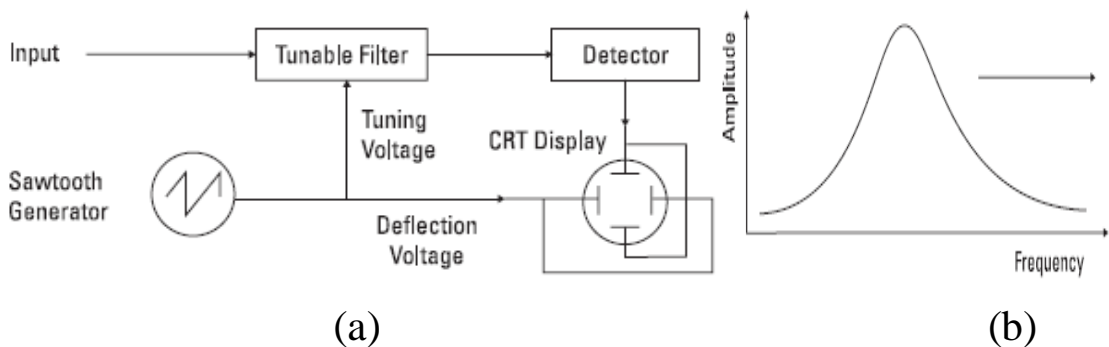
– Nguyên lý máy phân tích phổ song song

Điện áp ở đầu ra của mỗi bộ lọc sẽ tỷ lệ với biên độ của thành phần phổ tương ứng. Các điện áp này được đo bởi các Vôn mét (0-c). Từ trị số chỉ thị của các vôn mét và tần số cộng hưởng của mỗi bộ lọc có thể vẽ lại đồ thị phổ của tín hiệu điện áp nghiên cứu.

Máy phân tích phổ theo nguyên lý này có tốc độ cao, độ phân giải thấp, giá thành tăng cao do cần một số lượng rất lớn bộ lọc nếu dải tần tín hiệu phân tích lớn, nên nó không thích hợp cho máy phân tích phổ ở tần số cao và siêu cao tần.

**8.2.4. Máy phân tích phổ nối tiếp**

*a. Nguyên lý chung*



– Sơ đồ nguyên lý máy phân tích phổ nối tiếp

Nguyên lý phân tích phổ nối tiếp (hay còn gọi là phân tích phổ kiểu quét) chỉ sử dụng một bộ lọc cộng hưởng duy nhất và thay đổi tần số cộng hưởng của nó liên tục trong dải tần làm việc cần quan tâm để lần lượt tách được từng thành phần tần số của tín hiệu vào và hiển thị trên màn hình (ví dụ sử dụng CRT). 0 mô tả sơ đồ nguyên lý của máy phân tích phổ nối tiếp, biểu diễn biên độ tín hiệu ra của bộ lọc theo tần số cộng hưởng của nó sẽ nhận được phổ của tín hiệu vào. Nguyên lý này được sử dụng phổ biến cho máy phân tích phổ tần số RF và siêu cao tần.

Máy phân tích phổ theo nguyên lý này có độ phân giải cao, giá thành thấp nhưng thời gian đo lớn (đặc biệt là ở máy có độ phân giải cao) do thời gian đáp ứng của bộ lọc lớn, tốc độ quét không được quá nhanh. Như vậy nguyên lý này chỉ thích hợp cho phân tích tín hiệu có phổ không thay đổi theo thời gian một chu kỳ quét, nhưng không thích hợp phân tích tín hiệu có thời gian tồn tại ngắn hoặc có phổ thay đổi theo thời gian.

***b. Máy phân tích phổ nối tiếp dùng màn hiển thị CRT***

Trong thực tế thường sử dụng bộ lọc cộng hưởng có tần số cộng hưởng cố định và sử dụng nguyên lý đổi tần để dịch chuyển phổ của tín hiệu vào lần lượt đi qua dải thông của bộ lọc, do đó từng thành phần tần số cũng sẽ được tách ra và được hiển thị trên màn hình. Trong trường hợp này tín hiệu vào thường được trộn tần với tín hiệu quét tần số. Sơ đồ rút gọn của máy phân tích phổ nối tiếp theo nguyên lý này và sử dụng màn hiển thị CRT như 0. Có thể coi cấu tạo của máy phân tích phổ này gồm 2 phần: Mạch chọn lọc tần số và Điều khiển hiển thị sử dụng ống tia điện tử CRT (giống như một ô-xi-lô).

Mạch chọn lọc tần số: có nhiệm vụ lần lượt tách từng biên độ thành phần tần số của tín hiệu vào  $U_{th}$  và đưa tới kênh lệch đứng Y của khối điều khiển hiển thị, phần này bao gồm các khối sau:

- Khối mạch vào và phân áp: Nhận tín hiệu cần phân tích phổ vào, thực hiện các phép tiền xử lý như phối hợp trở kháng, phân áp, tiền khuếch đại, ...

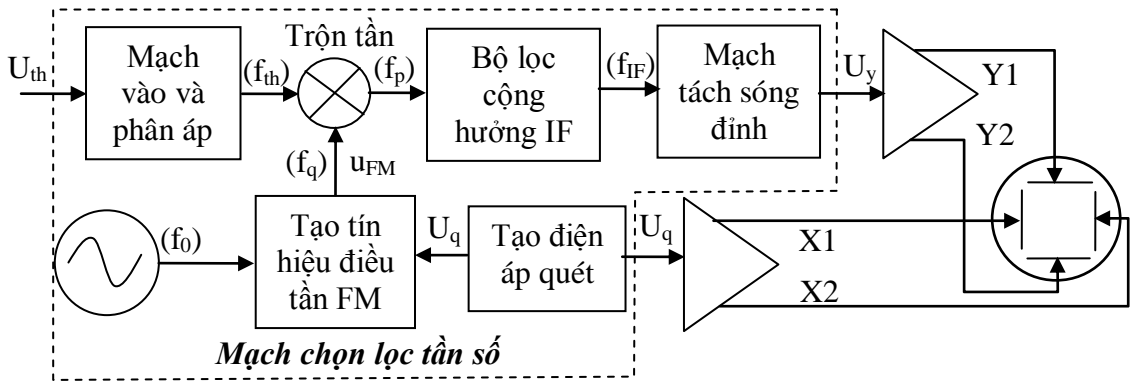
- Khối tạo điện áp quét: tạo ra điện áp quét răng cưa tuyến tính liên tục có chu kỳ  $T_q$  vừa được đưa tới Khuếch đại X đối xứng của khối điều khiển hiển thị CRT vừa đưa tới khối tạo tín hiệu điều tần FM.

- Khối tạo tín hiệu điều tần FM: thực hiện điều tần tín hiệu cao tần tự bộ tạo sóng chuẩn  $f_0$  theo điện áp quét răng cưa tuyến tính  $U_q$  tạo ra tín hiệu điều tần  $u_{FM}$  có dạng quét tần số:  $f_q = f_0 + K_f \cdot U_q = (f_{min} \dots f_{max})$ , biên độ không đổi.

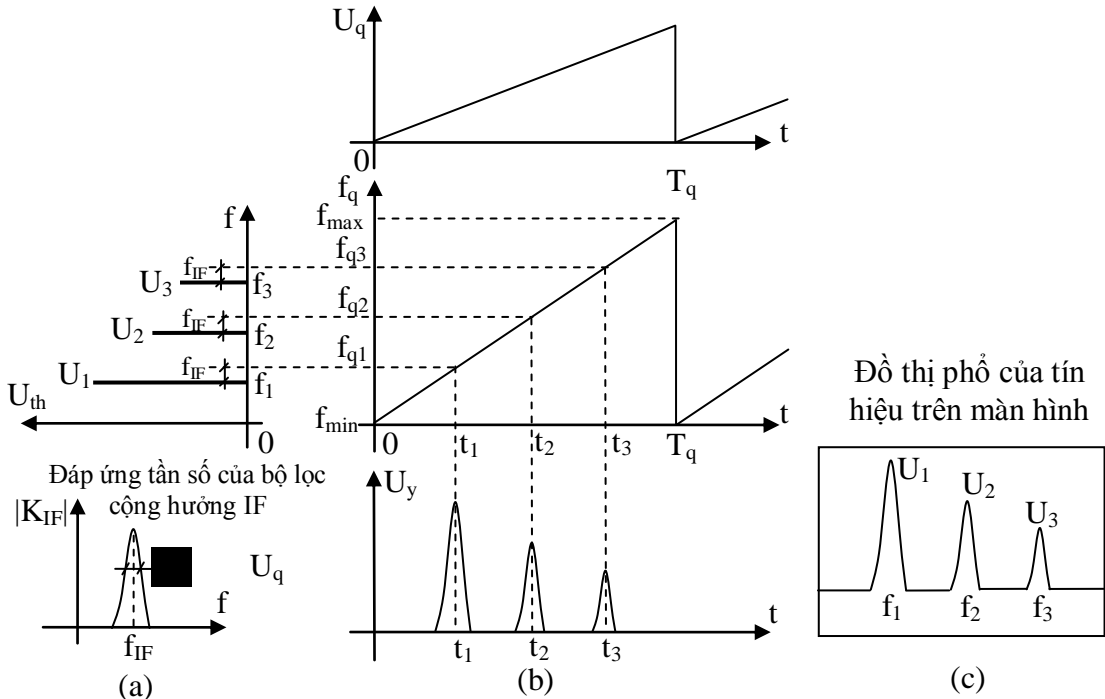
- Bộ lọc cộng hưởng IF: Bộ lọc có chọn lọc tần số cao, cộng hưởng tại tần số trung tần  $f_{IF}$ , có dải thông hẹp (rất nhỏ), đáp ứng biên độ tần số này có dạng như 0-a.

- Khối trộn tần: trộn tần tín hiệu vào có tần số  $f_{th}$  và tín hiệu quét tần số  $u_{FM}$  tạo ra tần số phách, sao cho tần số phách bậc nhất  $f_p = f_q - f_{th}$  lần lượt đi qua dải thông của bộ lọc cộng hưởng.

- Mạch tách sóng đỉnh: Mạch tách sóng đỉnh tín hiệu ra của bộ lọc cộng hưởng, dạng đường bao biên độ  $U_y$  được đưa tới khối khuếch đại Y đối xứng để tạo ra điện áp điều khiển cặp lái đứng  $Y_1 Y_2$  của CRT. Hình ảnh dao động đồ có dạng như điện áp này.



– Sơ đồ khối rút gọn của máy phân tích phổ nối tiếp dùng CRT



– Giải đồ thời gian minh họa hoạt động của máy phân tích phổ nối tiếp

Giả sử phổ của tín hiệu vào  $U_{th}$  gồm có các thành phần tần số  $f_1, f_2, \dots, f_n$  với biên độ tương ứng là  $U_1, U_2, \dots, U_n$ , ví dụ  $n=3$ , giải đồ thời gian minh họa hoạt động của máy phân tích phổ nối tiếp như 0.

$$u_{th}(t) = \dots \sin(\dots)$$

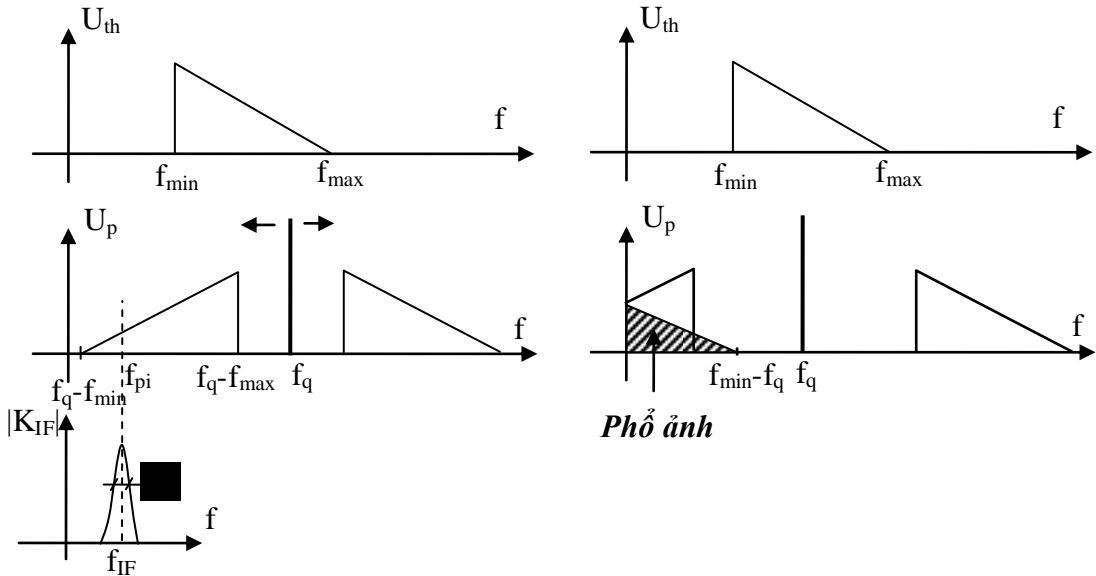
Như vậy tại đầu ra của khối trộn tần cũng gồm có  $n$  tần số phách bậc nhất:  $f_{pi}=f_q-f_i$  có biên độ tỉ lệ với thành phần tần số  $f_i$ .

Trong 1 chu kỳ quét hiển thị  $T_q$ , giả sử tại các thời điểm  $t_i$  có:  $f_{pi}=f_{qi}-f_i=f_{IF}$ , thì thành phần phách này sẽ chọn lọc bởi bộ lọc cộng hưởng và được đưa tới Mạch tách sóng đỉnh để tách được đường bao biên độ của thành phần phách này và được vẽ trên màn hình CRT, dạng của đường bao biên độ phụ thuộc vào đáp ứng biên độ - tần số của Bộ lọc cộng hưởng và giá trị lớn nhất của đường bao biên độ biên độ đó cũng tỉ lệ với biên độ của thành phần tần số  $f_i$  của tín hiệu vào, như vậy có thể nói rằng thành phần tần số  $f_i$  được riêng và vẽ lên màn hình tại thời điểm  $t_i$ .

Nếu  $f_q$  được điều chỉnh thích hợp thì trong thời gian  $T_q$  lần lượt từng thành phần tần số của tín hiệu sẽ được vẽ trên màn hình CRT, ví dụ như 0-c.

**+ Đặc tính của máy phân tích phổ nối tiếp:**

- Để dạng đồ thị phổ trên màn hình trung thực thì đặc tuyến của mạch tạo tín hiệu điều tần  $u_{FM}$  phải tuyến tính.
- Dải thông của Bộ lọc cộng hưởng      được lựa chọn tùy theo mục đích vẽ phổ:
  - Nếu khoảng cách giữa các thành phần tần số của tín hiệu vào đủ lớn thì phải chọn      đủ nhỏ để trên đồ thị phổ phân biệt được 2 thành phần tần số lân cận.
  - Khi phân tích phổ của tín hiệu có băng tần rộng, các thành phần tần số gần nhau, thì nên chọn      đủ lớn để nhận được đường bao biên độ của phổ này.



Phổ ảnh

– Hiện tượng phổ ảnh

- Tốc độ biến đổi của  $U_q$  phải phù hợp với tốc độ đáp ứng của các khối tạo tín hiệu điều tần, khối trộn tần, bộ lọc cộng hưởng, mạch tách sóng đỉnh...
- Các mạch vào, mạch khuếch đại, phân áp không được gây méo dạng tín hiệu vào, tránh làm phát sinh các tần số không mong muốn.
- Tần số  $f_q$  phải được lựa chọn thích hợp để tránh phổ ảnh làm sai lệch đồ thị phổ vẽ được trên màn hình, như minh họa trong 0:

$$f_{qmax} - f_{min} \leq f_{IF} \text{ và } f_{qmin} - f_{max} \leq f_{IF}$$

- Các tham số của  $f_q$  ( $f_{qmin}$ ,  $f_{qmax}$ ),  $f_{IF}$  cần phải điều chỉnh phù hợp để máy có thể phân tích được toàn bộ dải phổ của tín hiệu ( $f_{min}$  -  $f_{max}$ ):

$$f_{min} - f_{qmin} < f_{IF}$$

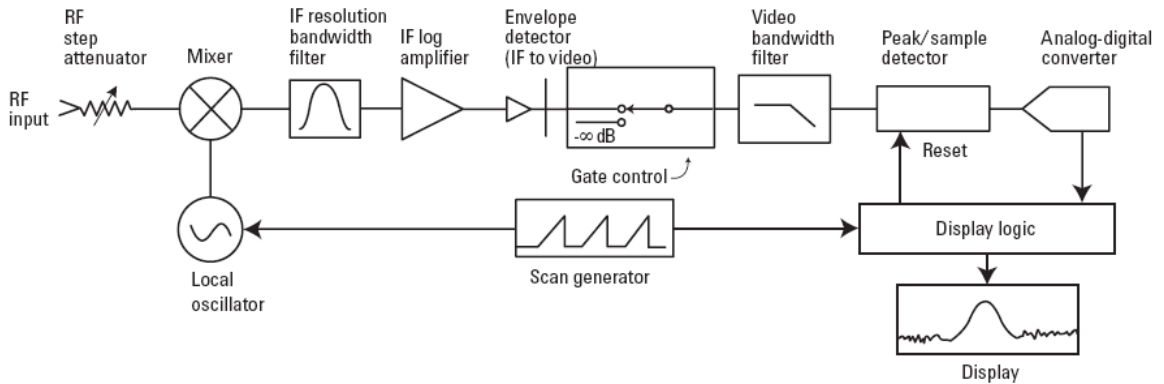
**b. Máy phân tích phổ nối tiếp dùng màn hiển thị đồ họa**

Về cơ bản sơ đồ khối máy phân tích phổ nối tiếp dùng màn hiển thị đồ họa tương tự như sơ đồ khối của máy phân tích phổ nối



**Chương 8 – Phân tích tín hiệu**

tiếp dùng màn hiển thị CRT, chỉ khác nhau ở phần xử lý và hiển thị hình ảnh phổ trên màn hình, tín hiệu phản ánh hình ảnh đồ thị phổ sau bộ tách sóng đỉnh được số hóa, được xử lý số, tính toán tạo ra hình ảnh biểu diễn phổ của tín hiệu và biểu diễn trên các màn hình đồ họa ví dụ như màn hình LCD. Ví dụ sơ đồ khối của một loại máy phân tích phổ nối tiếp sử dụng màn hiển thị đồ họa trong thực tế như 0.



– Sơ đồ khối rút gọn máy phân tích phổ dùng màn hiển thị đồ họa

## CHƯƠNG 9 - ĐO THAM SỐ CỦA MẠCH ĐIỆN TỬ

- Giới thiệu chung
- Đo và kiểm tra các phần tử và mạch điện có tham số tập trung
- Đo các phần tử của mạch điện có tham số phân bố
- Máy đo và kiểm tra linh kiện bán dẫn
- Máy phân tích mạng mạch điện (Network Analyzer)
- Máy đo theo phương pháp phản xạ mét TDR
- Máy phân tích logic

### 9.0. GIỚI THIỆU CHUNG

Tùy thuộc vào tính chất của các phần tử được sử dụng trong mạch điện có thể chia thành mạch tuyến tính và mạch phi tuyến. Bản chất của chúng khác nhau nên các thông số và đặc tính của chúng cũng khác nhau.

Mạch tuyến tính tạo thành từ phần tử có giá trị không phụ thuộc vào dòng điện qua nó (có thể áp dụng nguyên lý xếp chồng). Đặc tuyến Vôn-ampe của phần tử, của mạch là đường thẳng. Nguyên lý máy đo, phương pháp đo dựa vào các tính chất trên. Các phần tử của mạch tuyến tính thường là điện trở, tụ điện, điện cảm không có lõi sắt, đèn điện tử, đèn bán dẫn, các phần tử khuếch đại khác... làm việc ở đoạn đường thẳng của đặc tuyến Vôn-ampe.

Tuỳ theo dải tần công tác của mạch mà cấu tạo các phần tử cũng khác nhau do đó mạch tuyến tính phân thành 2 loại: Mạch có các phần tử tập chung và mạch điện có phần tử phân bố.

Mạch phi tuyến trong đó giá trị của các linh kiện của mạch phụ thuộc vào cường độ dòng điện chảy qua nó, nên không dùng thông số của bản thân nó. Ví dụ điôt, transistor... làm việc ở phần đặc tuyến không tuyến tính.

## **9.1. CÁC THAM SỐ VÀ ĐẶC TÍNH MẠCH ĐIỆN**

### **9.1.1. Các tham số, đặc tính của mạch điện có các phần tử tập chung.**

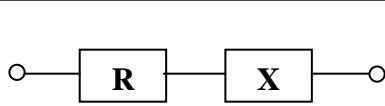
Mạch có các phần tử tập chung dùng ở dải tần nhỏ hơn vài chục MHz. Giá trị của các phần tử tuyến tính không phụ thuộc vào dòng chảy qua nó, người ta lấy các giá trị này làm thông số đặc trưng cho các phần tử của mạch. Các phần tử thụ động : điện trở R thuần túy tiêu hao năng lượng, các phần tử điện cảm L và điện dung C có thể tích lũy năng lượng. Tổ hợp của chúng tạo thành mạng 2 cực và mạng 4 cực tuyến tính.

Bản thân mỗi phần tử R, L, C riêng biệt xem như là mạng 2 cực nên các thông số của mạng 2 cực là giá trị điện trở R, điện cảm L và điện dung C.

Mạng 4 cực thường bao gồm các phần tử R, L, C mắc nối tiếp, song song hay hỗn hợp 2 cách mắc đó.

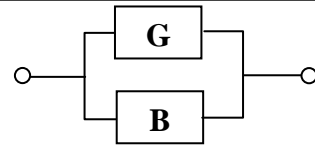
#### **Tham số trở kháng**

Đặc trưng của mạch, linh kiện là tham số trở kháng trở kháng tương đương toàn phần  $Z(\blacksquare)$  – mô hình tương đương nối tiếp, và dẫn nạp tương đương toàn phần  $Y(\blacksquare)$  – mô hình tương đương song song như minh họa trong 0.



$$Z=R+j.X$$

(a) – Sơ đồ tương đương nối tiếp  
đương song song



$$Y=G+j.B$$

(b) – Sơ đồ tương

$$Y \blacksquare \frac{1}{Z} \quad G \blacksquare \frac{1}{R}$$

$$B \blacksquare \frac{1}{X}$$

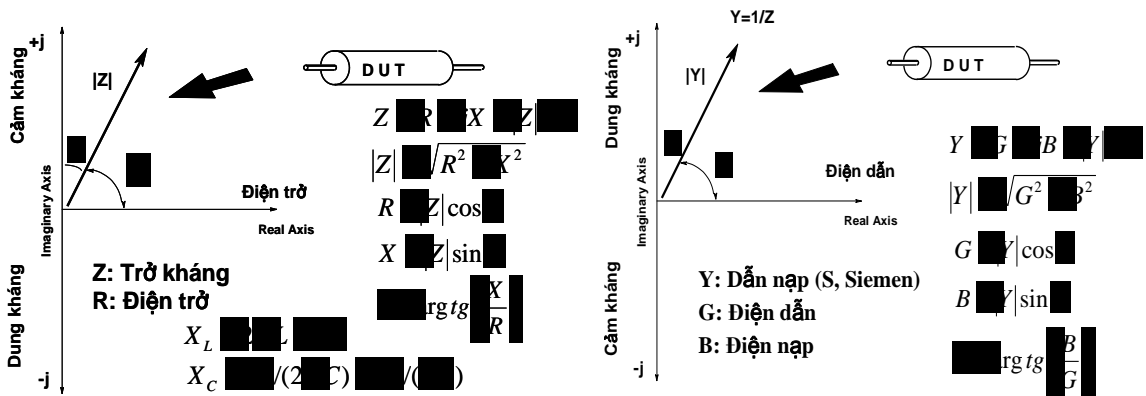
– Sơ đồ tương đương của mạch, linh kiện điện tử

+ Trở kháng tương đương:  $Z=R+j.X$

Trong đó R, X là điện trở và điện kháng tương đương của mạch.

+ Dẫn nạp tương đương :  $Y=G+j.B$

Trong đó G, B là điện dẫn và điện nạp của mạch.



– Mặt phẳng đo lường trở kháng và dẫn nạp

Đối với mạch cộng hưởng (mạch dao động), các linh kiện tụ điện, cuộn cảm,.. loại mạch hay linh kiện này có thêm các thông số khác là hệ số phẩm chất Q, hệ số tổn hao D, trở kháng đặc tính, tần số cộng hưởng  $f_{ch}$ .

$$Q \blacksquare \frac{1}{D} \blacksquare \frac{P_{pk}}{P_{th}} \blacksquare \frac{1}{\operatorname{tg} \theta} \blacksquare \frac{X_L}{R} \blacksquare \frac{X_C}{R} \blacksquare \frac{B_L}{G} \blacksquare \frac{B_C}{G}$$

Các thông số kê trên của mạch có phân tử tập chung được đo bằng các máy đo: Máy đo điện trở (Ôm mét), máy đo điện cảm điện dung, máy đo trở kháng toàn phần, máy đo hệ số phẩm chất... Thực tế thường sử dụng các thiết bị đo vạn năng đo được nhiều các tham số trên. Hai loại thiết bị vạn năng phổ biến thường được sử dụng là máy đo RLC và máy phân tích trở kháng, chúng có thể đo các tham số sau:  $|Z|$ ,  $\theta$ ,  $|Y|$ ,  $R$ ,  $X$ ,  $G$ ,  $B$ ,  $Q$  hay  $D$ .

### **Đặc tính của mạch điện tử**

+ **Đặc tính thời gian:** đặc trưng cho đáp ứng của mạch đối với những tác động đột biến người ta còn dùng đặc tính thời gian (đặc tính quá độ), đặc tính thời gian có thể quan sát trực tiếp trên màn hình ôxilô của máy đo đặc biệt hay máy đo đặc tính thời gian, từ đặc tính thời gian có thể xác định các thông số như: Hằng số thời gian, hệ số phẩm chất, và tần số cộng hưởng...

+ **Đặc tính tần số:** đặc trưng cho phản ứng của mạch đối với những tác động điều hoà, đặc tính tần số bao gồm :

- Đặc tính biên độ tần số  $A(f) = |U_{ra}|/|U_{vào}|$  (cho tần số  $f$  biến đổi);
- Đặc tính pha tần số- quan hệ giữa pha của tín hiệu ra so với tín hiệu vào khi tần số  $f$  biến đổi  $\phi(f) = \phi_o$ .

Để vẽ các đặc tính tần số này sử dụng bộ tạo dao động điều hoà mà tần số có thể biến đổi được trong dải rộng và dùng Vôn mét, pha mét đo biên độ điện áp vào và ra góc lệch pha của chúng, ghi lại kết quả và vẽ từng điểm sẽ được đặc tính tần số. Thiết bị đặc biệt có thể quan sát trực tiếp đặc tính biên độ tần số trên màn hình gọi là máy tự động vẽ đặc tuyến biên độ - tần số hay máy Vobulator.

Đối với mạch phi tuyến giá trị của các linh kiện của mạch phụ thuộc vào cường độ dòng điện chảy qua nó, nên không dùng

thông số của bản thân nó. Điện áp rơi trên các phần tử phi tuyến không tỷ lệ thuận với dòng điện chảy qua. Tuy khó khăn về tính toán và sử dụng nhưng phần tử phi tuyến không thể thiếu trong kỹ thuật điện tử – viễn thông. Khi sử dụng thiết kế mạch cần phải biết chính xác dạng đặc tuyến Vôn-Ampe của các phần tử và mạch phi tuyến. Cần phải có máy vẽ đặc tuyến này ngay sau khi dây truyền sản xuất phần tử phi tuyến và in vào sổ tay kèm theo linh kiện.

### **9.1.2. Các tham số và đặc tính của mạch điện có phần tử phân bố**

Như đã biết, mạch có phần tử tập chung là mạch có thể phân tích bằng các lý thuyết mạch điện thông thường với giả định là khi có một điện áp đặt vào mạch thì tức khắc nó gây tác dụng đồng thời trên mọi điểm của mạch, và dòng điện trên một mạch vòng khép kín nào đó của mạch sẽ có trị số về biên độ và pha như nhau. Do vậy, các phương pháp đo thông số của mạch là có thể dựa theo các định luật cơ bản như định luật Ôm, Kirchoff...

Tuy nhiên, khi kích thước của mạch, nghĩa là chiều dài các dây dẫn và các linh kiện của mạch bằng một tỷ số đáng kể nào đó so với bước sóng của năng lượng truyền lan dọc theo dây dẫn, lúc đó nếu có một điện áp đặt vào mạch, thì dòng điện có trị số pha khác nhau tại các điểm khác nhau trong mạch. Khi đó, dùng phương pháp phân tích mạch, các phương pháp đo các thông số như trên sẽ không hoàn toàn chính xác nữa và ngay cả từ các khái niệm về các thông số như điện cảm, điện dung... như mạch có phần tử tập trung cũng không còn đúng nữa. Với loại mạch như vậy, tức mạch mà sự truyền năng lượng phải mất một thời gian đáng kể, không thể bỏ qua được thì là loại mạch có phần tử phân bố. Do vậy, các thông số của mạch cũng được đặc trưng một cách khác. Ví dụ như ở đây có hiện tượng xuất hiện sóng đứng của dòng

điện và điện áp trên đường dây truyền và trở kháng vào của một đoạn mạch là đại lượng thay đổi theo tần số. Các phương pháp đo các thông số cũng khác, mà cơ sở của nó là lý thuyết truyền sóng trên đường dây (dây đồng trục, ống dẫn sóng).

Để biểu thị tính chất và mức độ phối hợp trở kháng của đường dây truyền sóng hai thông số thường được dùng nhiều hơn cả là: hệ số phản xạ (gamma hoa) và hệ số sóng đứng SWR (**standing wave ratio**).

+ Hệ số phản xạ là tỷ số của điện áp phản xạ (tức điện áp của sóng phản xạ  $V_r$ ) và điện áp tới (tức điện áp của sóng tới  $V_i$ ) tại tải:

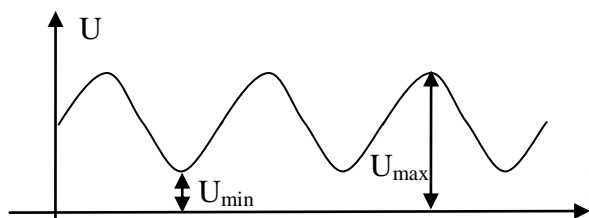
$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i}$$

Nói chung là một số phức, đúng ra phải gọi là “hệ số phản xạ điện áp tại tải”, để phân biệt với hệ số phản xạ dòng điện, và để lưu ý là hệ số phản xạ thay đổi theo vị trí trên đường dây truyền.

Hệ số phản xạ khi được tính theo trị số trở kháng của tải  $Z_t$  và trở kháng đặc tính của đường dây truyền sóng  $Z_0$  thì công thức như sau:

$$\Gamma = \frac{Z_t - Z_0}{Z_t + Z_0}$$

Với  $w = \frac{U_{\max}}{I_{\max}} = \frac{U_{\min}}{I_{\min}}$



– Ví dụ phân bố điện áp trên đường dây truyền sóng

Như vậy, hệ số phản xạ có thể dùng để biểu thị chế độ công tác của đường dây truyền sóng. Song trong thực tế đo lường thì việc xác định trị số phản xạ thường phức tạp hơn vì cần phải đo được riêng rẽ môđun của điện áp sóng tới và của điện áp sóng phản xạ. Nên có một thông số thường còn được dùng hơn là hệ số sóng đứng, ký hiệu là SWR. Hệ số sóng đứng là tỷ số điện áp tại điểm cực đại  $U_{\max}$  và điện áp tại điểm cực tiểu  $U_{\min}$  trên đường dây:

$$\text{SWR} = \frac{U_{\max}}{U_{\min}}$$

Quan hệ giữa hệ số phản xạ và hệ số sóng đứng là:

$$\text{SWR} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

$$\text{hay: } |\Gamma| = \frac{\text{SWR} - 1}{\text{SWR} + 1}$$

Về phương pháp đo, khi đo hệ số sóng đứng, và đo môđun của hệ số phản xạ, thì cần phải hoặc là đo biên độ điện áp tại các điểm cực đại và cực tiểu hoặc đo riêng rẽ được biên độ của điện áp sóng tới và của sóng phản xạ. Muốn đo trở kháng thì còn phải xác định được thêm vị trí điện trường cực tiểu, hay xác định được góc lệch pha giữa sóng tới và sóng phản xạ. Vì vậy, các thiết bị dùng để đo các thông số này có thể phân chia thành các loại sau:

+ Loại thiết bị dùng để đo được tỷ số điện áp tại điểm có điện trường cực đại và cực tiểu, hay xác định vị trí của điện trường cực tiểu (hay cực đại) tính từ một điểm cuối nào đó... Các thiết bị này ví dụ như các loại dây đo, loại dây đo có đầu đo di động được, và loại dây đo có đầu đo đặt cố định có thêm bộ biến đổi pha hay bộ nối tắt biến đổi được.

+ Loại thiết bị đo thứ hai là loại dùng để đo được tỷ số biên độ của điện áp sóng tới và sóng phản xạ. Các thiết bị của loại này ví dụ như phản xạ mét cấu tạo bằng các bộ phân mạch định hướng.



+ Loại thiết bị đo thứ ba là các loại cầu đo bằng dây đồng trục hay ống dẫn sóng, dùng để đo trở kháng. Các cầu này dùng phương pháp đo so sánh trở kháng cần đo với trở kháng mẫu.

## 9.2 ĐO TRỞ KHÁNG CỦA MẠCH VÀ LINH KIỆN ĐIỆN TỬ

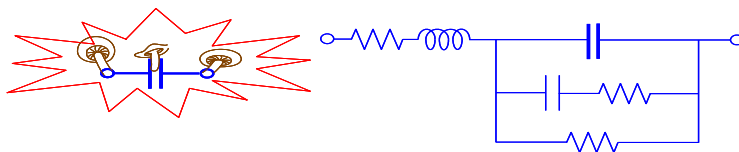
### 9.2.1 Sai số của phép đo trở kháng

Phép đo trở kháng thường có sai số khá lớn, và thường có sự khác nhau khá đáng kể giữa các kết quả đo cùng một đối tượng với các máy đo khác nhau. Nguyên nhân chính xảy ra sự không đồng nhất này là:

- Thanh phần ký sinh.
- Mô hình giá trị tham số của linh kiện.
- Các yếu tố ảnh hưởng đến giá trị đo.
- Sai số của kỹ thuật đo.
- Mô hình mạch.

#### a. Thành phần ký sinh

Các thuộc tính cơ bản của phần tử R, L, C thường được biểu diễn bởi giá trị danh định của chúng trong điều kiện tiêu chuẩn hay điều kiện cụ thể nào đó. Tuy nhiên tất cả các phần tử của mạch thường có tham số và đáp ứng không lý tưởng, chúng có các tham số ký sinh: Điện trở có điện cảm ký sinh, Tụ điện có điện trở ký sinh, Cuộn cảm có điện dung ký sinh,... Do có các tham số ký sinh nên một phần tử giống như một mạch phức tạp. Ví dụ sơ đồ tương đương của tụ điện như 0.



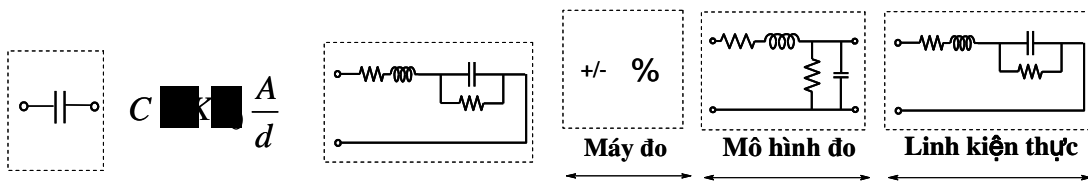
– Tụ điện và sơ đồ tương đương của nó

Do các tham số ký sinh ảnh hưởng đến đặc tính của các phần tử, giá trị của các tham số R, L, C, D, Q và các tham số trở kháng khác liên quan khác phụ thuộc vào điều kiện hoạt động của các phần tử. Những sự phụ thuộc này sẽ được trình bày trong các phần sau.

**b. Các mô hình giá trị tham số của linh kiện**

Khi xác định tham số trở kháng của một phần tử (điện trở, tụ điện, hay cuộn cảm) cần phải hiểu rõ giá trị được xác định trong thực tế. Có 3 loại giá trị tham số của linh kiện: Giá trị lý tưởng, Giá trị thực, Giá trị được đo.

- **Giá trị lý tưởng:** là giá trị tham số của linh kiện không tính đến ảnh hưởng của các tham số ký sinh. Mô hình của các phần tử là các phần tử thụ động lý tưởng, tham số thuần không phụ thuộc vào tần số. Trong trường hợp này, giá trị lý tưởng có thể được xác định bằng các quan hệ toán học liên quan đến cấu trúc vật lý của linh kiện, ví dụ mô hình lý tưởng của tụ điện như 0-a. Mô hình lý tưởng chủ yếu được dùng trong môi trường học thuật.



(a)-Giá trị lý tưởng      (b)-Giá trị thực      (c)-Giá trị đo được

– Các loại mô hình giá trị tham số của linh kiện

- **Giá trị thực (còn gọi là giá trị hiệu dụng):** Mô hình giá trị tham số của kiện tính đến cả những ảnh hưởng của các tham số ký sinh, ví dụ mô hình tham số thực của tụ điện như 0-b. Giá trị thực là tổng đại số các vector điện trở và phản kháng của phần tử, do đó nó phụ thuộc vào tần số.

- **Giá trị đo được:** là giá trị được xác định và được hiện thị bởi máy đo, ví dụ như 0-c, nó phản ánh sự không chính xác và tổn hao liên quan đến máy đo. Giá trị đo luôn có sai số khi so sánh với giá trị thực và giá trị lý tưởng, và nó cũng khác nhau với máy đo khác nhau. Sự sai khác này phụ thuộc vào nhiều yếu tố.

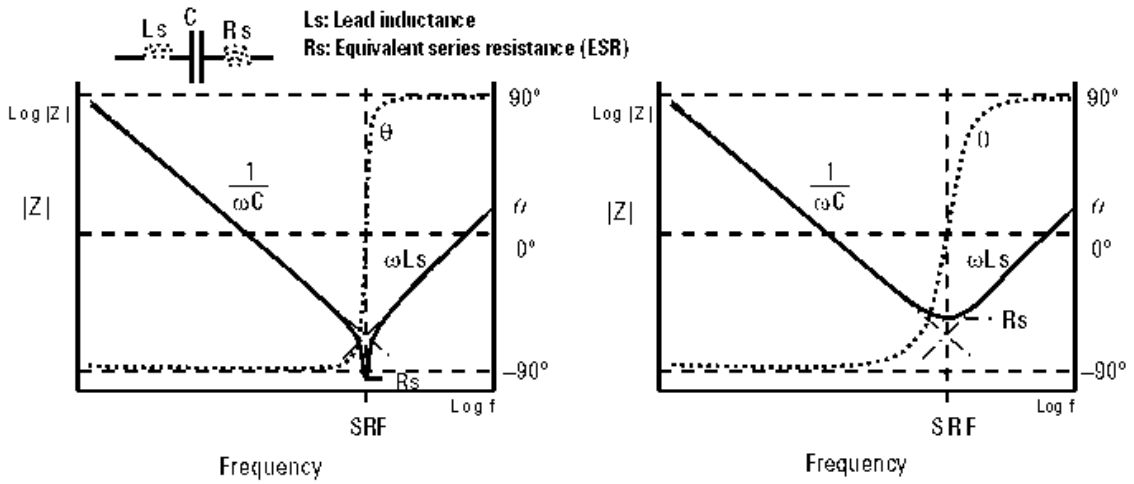
### ***c. Các yếu tố ảnh hưởng đến giá trị đo trở kháng linh kiện và mạch điện tử***

Giá trị trở kháng đo được của mỗi linh kiện hay mạch điện tử phụ thuộc vào một số điều kiện đo như tần số và mức tín hiệu thử. Ảnh hưởng của những yếu tố phụ phụ thuộc phần tử này khác nhau đối với các loại vật liệu được sử dụng cho linh kiện. Những yếu tố đó như sau:

#### **+ Tần số tín hiệu thử**

Tần số tín hiệu thử ảnh hưởng đến tham số của linh kiện do có các tham số ký sinh. Không phải tất cả các tham số ký sinh đều ảnh hưởng đến kết quả đo, nhưng một số tham số ký sinh chủ yếu lại ảnh hưởng đến đặc tính tần số của linh kiện. Các tham số ký sinh đó sẽ khác nhau khi giá trị trở kháng của phần tử ban đầu khác nhau. Các 0 đến 0 biểu diễn đáp ứng tần số điển hình của tụ điện, cuộn cảm, điện trở thực tế.

Với tụ điện, điện cảm ký sinh là nguyên nhân chính dẫn đến đáp ứng tần số có dạng như 0. Tại tần số tự cộng hưởng SRF dung kháng của tụ C và cảm kháng của điện cảm ký sinh nối tiếp  $L_s$  bằng nhau, đáp pha của tụ điện là  $0^0$ , ở dải tần lớn hơn tần số này đáp ứng pha của tụ điện là  $90^0$ , điện cảm ký sinh lại chiếm ưu thế và trở kháng của tụ điện lại có tính chất cảm kháng.

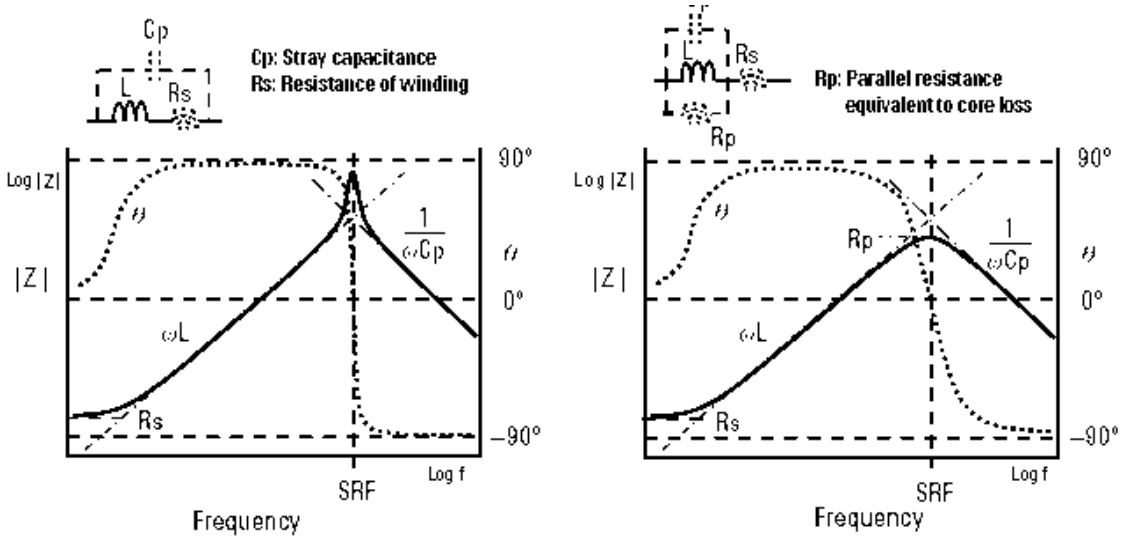


(a)- Tụ điện thông thường

(b)- Tụ điện có điện trở ký

sinh nối tiếp lớn

– Đáp ứng tần số của Tụ điện

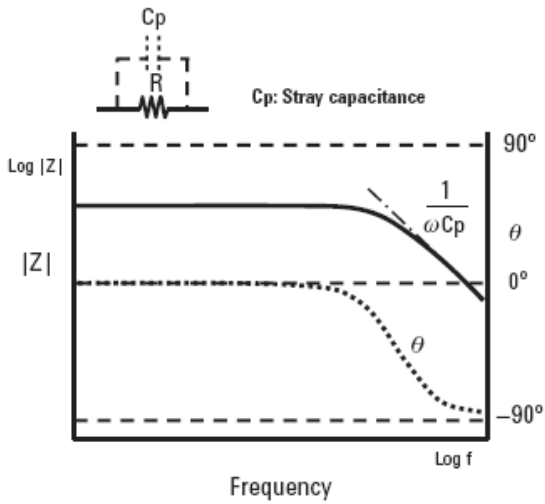


(a)- Cuộn cảm thông thường

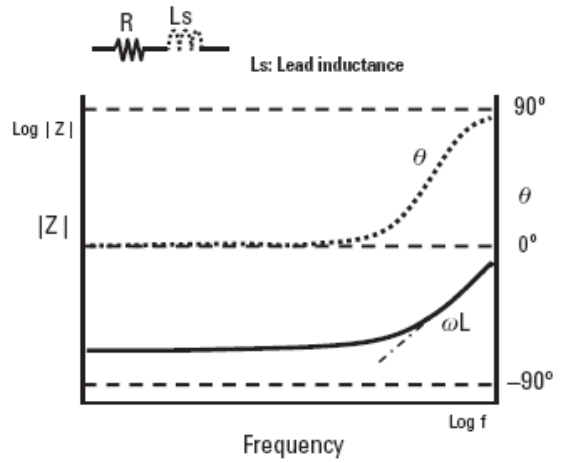
(b)- Cuộn cảm có tổn

hao tổn

– Đáp ứng tần số của Cuộn cảm



(a)- Điện trở có trị số lớn

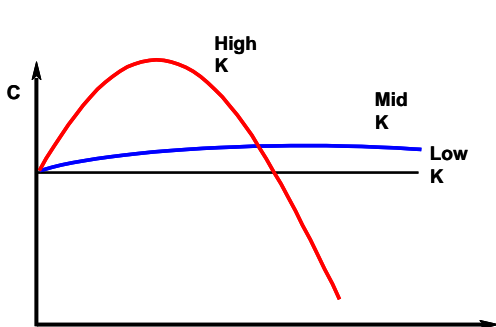


(b)- Điện trở có trị số nhỏ

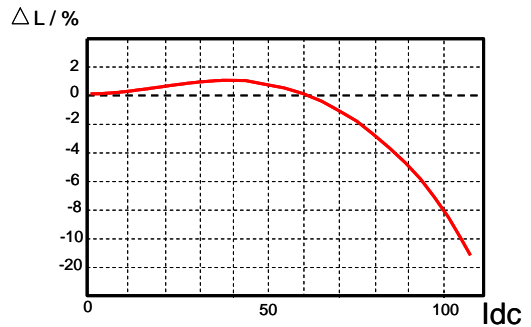
– Đáp ứng tần số của điện trở

+ **Mức tín hiệu thử**

Tín hiệu thử xoay chiều (AC) có thể ảnh hưởng đến kết quả đo của một số linh kiện. Ví dụ kết quả đo tụ điện ceramic phụ thuộc vào mức điện áp thử có dạng như 0-a. Sự phụ thuộc này cũng thay đổi theo hằng số điện môi K của vật liệu. Trị số điện cảm của cuộn cảm có lõi cũng phụ thuộc vào mức dòng điện thử do hiện tượng điện từ trễ của vật liệu chế tạo lõi. Sự phụ thuộc này được minh họa như 0-b.



(a)



(b)

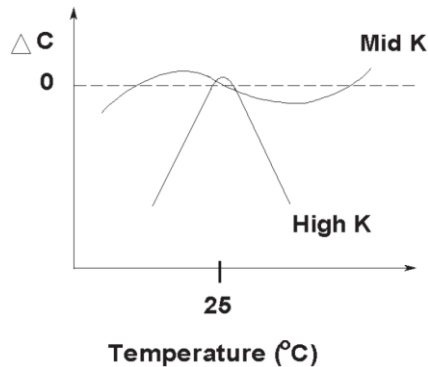
– Điện dung và điện cảm phụ thuộc và mức tín hiệu thử

### + Điện áp định thiên DC

Điện áp định thiên DC của tín hiệu thử ảnh hưởng rất phổ biến đến các linh kiện tích cực như Điốt, BJT, FET,... Các loại linh kiện như tụ điện Ceramic có hằng số điện môi cao cũng phụ thuộc vào thành phần một chiều DC của điện áp thử. Cuộn cảm loại có lõi cũng có trị số điện cảm phụ thuộc vào thành phần một chiều DC của dòng điện thử, do đặc tính bão hoà từ của vật liệu lõi.

### + Nhiệt độ

Hầu hết trị số của các linh kiện đều phụ thuộc vào nhiệt độ. Hệ số nhiệt là một tham số quan trọng của điện trở, tụ điện, cuộn cảm.  $\alpha$  là độ thị biểu diễn sự thay đổi của điện dung với hằng số điện môi khác nhau theo nhiệt độ.



### – Điện dung phụ thuộc nhiệt độ

### + Các yếu tố khác

Một số yếu tố môi trường vật lý và điện khác cũng ảnh hưởng đến kết quả đo trở kháng của linh kiện như: độ ẩm, trường điện từ trường ngoài, ánh sáng, áp suất, thời gian,...

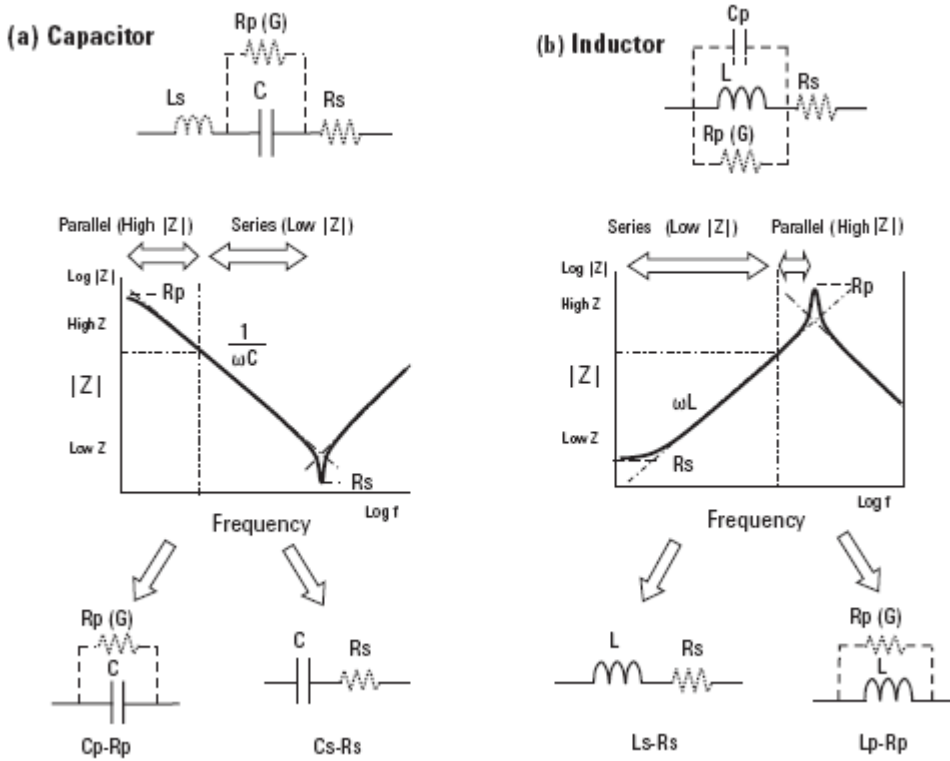
## 9.2.2. Mô hình mạch tương đương của các linh kiện

Mặc dù mô hình mạch tương đương của các linh kiện có các tham số ký sinh khá phức tạp, nó có thể được rút gọn bằng mô hình mạch song song hoặc nối tiếp đơn giản, trở kháng tương đương được biểu diễn thành phần thực (điện trở tương đương) và

thành phần ảo (điện kháng tương đương). Ví dụ trong 0-a biểu diễn mô hình tương đương tổng quát của tụ điện gồm: Điện dung  $C$ , các tham số ký sinh như điện trở nối tiếp  $R_s$ , điện cảm nối tiếp  $L_s$ , điện trở song song  $R_p$ . Khảo sát đặc tuyến tần số của tụ điện này, khi tụ làm việc ở vùng tần số thấp hơn nhiều tần số tự cộng hưởng SRF, có thể bỏ qua thành phần điện cảm ký sinh  $L_s$ . Trong dải tần thấp này tụ điện  $C$  có dung kháng lớn, điện trở ký sinh song song  $R_p$  càng có ảnh hưởng lớn, còn điện trở ký sinh nối tiếp  $R_s$  không đáng kể có thể bỏ qua. Như vậy có thể thay thế sơ đồ mạch tương đương tổng quát của tụ bằng mạch tương đương song song gồm có  $C$  và  $R_p$ . Còn ở tần số cao thì dung kháng của tụ điện  $C$  nhỏ, nên có thể bỏ qua  $R_p$  và điện trở  $R_s$  là khá đáng kể. Như vậy có thể thay thế sơ đồ tương đương tổng quát của tụ bằng sơ đồ tương đương nối tiếp gồm  $C$  và  $R_s$ .

Tóm lại tụ điện làm việc ở tần số thấp có thể thay thế bằng sơ đồ tương đương song song, còn tụ điện làm việc ở tần số cao thì thay thế bằng sơ đồ tương đương nối tiếp.

Phân tích tương tự với cuộn cảm có sơ đồ tương đương tổng quát như 0-b, với cuộn cảm làm việc ở tần số thấp có thể thay thế bằng sơ đồ tương đương nối tiếp, còn cuộn cảm làm việc ở tần số cao thì thay thế bằng sơ đồ tương đương song song.



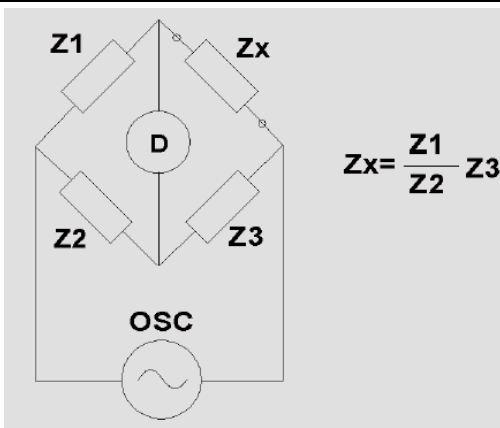
– Mô hình mạch tương đương của linh kiện

### 9.2.3. Tổng quan các phương pháp đo trở kháng

Có nhiều phương pháp đo trở kháng của mạch và linh kiện điện tử. Mỗi phương pháp có những ưu nhược điểm riêng. Không có một phương pháp đo nào đáp ứng được tất cả các khả năng và yêu cầu đo. Do đó tùy theo dải tần, dải trình đo, các yêu cầu và điều kiện đo mà lựa chọn các phương pháp đo phù hợp. Trong phần này sẽ giới thiệu tổng quan các phương pháp đo và nêu ra những ưu và nhược điểm của chúng.



## 1. Phương pháp cầu 4 nhánh cân bằng



- Sử dụng cầu 4 nhánh cân bằng như hình vẽ bên. Trong đó trở kháng cần đo  $Z_x$  được mắc vào một nhánh cầu, 3 nhánh cầu còn lại mắc các trở kháng mẫu  $Z_1, Z_2, Z_3$ .

- Nguồn tín hiệu hình sin OSC được điều chỉnh ở tần số làm việc của  $Z_x$ .

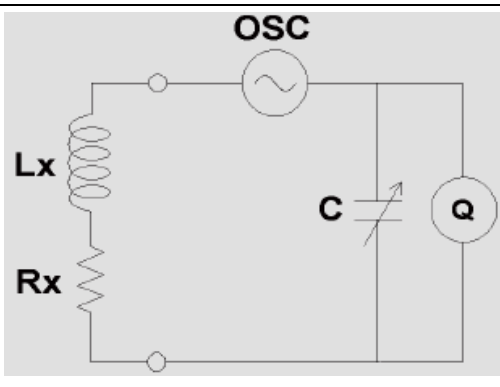
- Thiết bị chỉ thị cân bằng D (có thể sử dụng điện kế, Vôn met, Ampe mét, Ô-xi-lô, Tai nghe... Khi D chỉ thị 0 nghĩa là không có dòng qua D thì cầu đạt trạng thái cân bằng.

- Điều chỉnh một hoặc một số trở kháng mẫu để cầu cân bằng, khi đó  $Z_x$  được tính theo tham số của các trở kháng mẫu dựa vào điều kiện cầu cân bằng:

$$Z_1 \cdot Z_3 = Z_x \cdot Z_2$$

$$\Rightarrow Z_x = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot Z_3$$

## 2. Phương pháp cộng hưởng



- Ứng dụng nguyên lý cộng hưởng của mạch LC. Nguyên lý đo này thường được sử dụng để xác định hệ số phẩm chất Q.

- Mắc nối tiếp trở kháng cần đo với trở kháng mẫu. Sử dụng trở kháng

mẫu (điện dung hoặc điện cảm mẫu) có tính chất ngược với trở kháng cần đo. Ví dụ Trở kháng cần đo  $Z_x$  có tính chất cảm kháng và mô hình tương đương nối tiếp ( $L_x$  và  $R_x$ ) thì sơ đồ nguyên lý mạch đo như hình bên và tụ điện mẫu  $C$  được sử dụng.

- Nguồn tín hiệu hình sin OSC có biên độ  $E$  không đổi và thường được điều chỉnh tại tần số làm việc của  $Z_x$ .

- Sử dụng Vôn met  $Q$  (đo trị số hiệu dụng hoặc đỉnh) để đo điện áp trên  $C$ . Có thể khắc độ thang đo  $Q$  trên vôn met này.

- Khi đo điều chỉnh tụ điện mẫu  $C$  để mạch chỉ thị trên  $Q$  lớn nhất, khi đó mạch cộng hưởng:

$$X_c \cdot \frac{U_c}{I_c} = \frac{R_x \cdot U_c}{E}$$

$$\frac{1}{\omega C} \cdot \frac{U_c}{I_c} = \frac{R_x \cdot U_c}{E}$$

$$\frac{1}{\omega C} = \frac{R_x \cdot U_c}{E \cdot I_c}$$

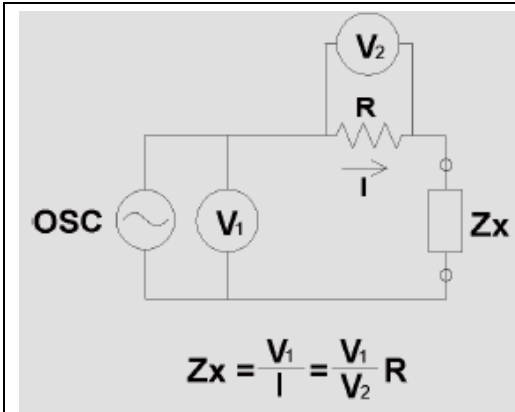
$$\frac{1}{\omega C} = \frac{R_x \cdot U_c}{E \cdot \frac{U_c}{R_x}}$$

$$\frac{1}{\omega C} = R_x^2 \cdot \frac{U_c}{E \cdot U_c}$$

$$\frac{1}{\omega C} = R_x^2 \cdot \frac{1}{E}$$

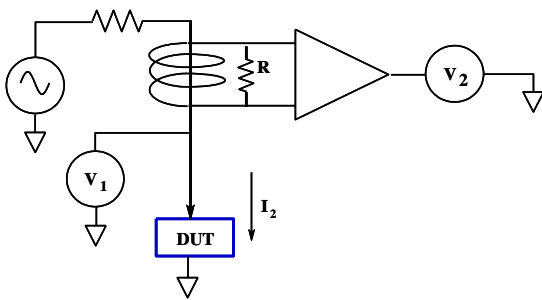
$$R_x = \sqrt{\frac{E}{\omega C}}$$

### 3. Phương pháp I-V tần thấp



$$Z_x = \frac{V_1}{I} = \frac{V_1}{V_2} R$$

- Thường sử dụng đầu rò dòng



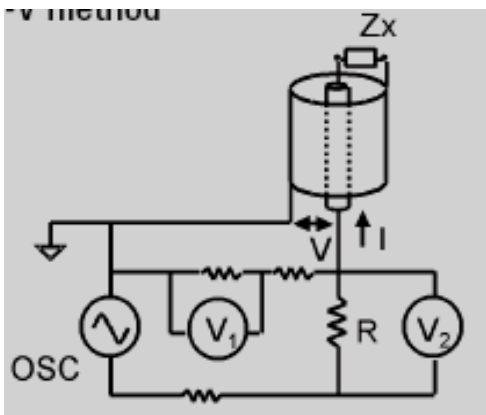
- Trở kháng cần đo  $Z_x$  có thể được xác định từ giá trị điện áp và dòng điện qua nó. Trong đó dòng điện có thể được tính thông qua đo điện áp trên điện trở  $R$  mắc nối tiếp với  $Z_x$ .

$$Z_x = \frac{V_1}{I} = \frac{V_1}{V_2} \cdot R$$

- Thang đo điện trở trong đồng hồ vạn năng là một ứng dụng của phương pháp này, với  $V_1 = \text{const}$ , dùng Ampe met để đo dòng.

### 4. Phương pháp FR I-V

Sơ đồ đo trở kháng thấp

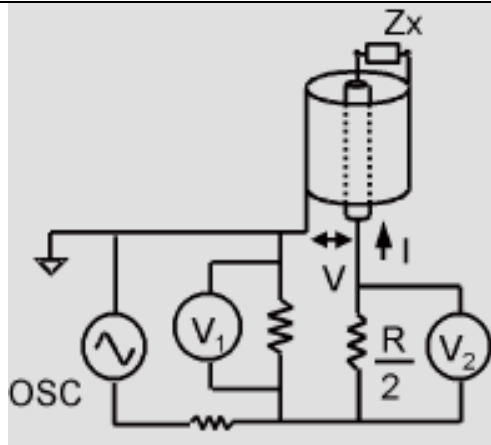


Sơ đồ đo trở kháng cao

- Phương pháp đo này có cùng nguyên tắc với phương pháp I-V ở trên, nhưng cấu hình mạch đo khác nhau nhờ sử dụng mạch đo được phối hợp trở kháng (50Ω) và công đo nối với cáp đồng trục độ chính xác cao. Có hai cách mắc Vôn mét và Ampe mét khác nhau để phù hợp với phép đo trở kháng thấp và trở kháng cao.

- Nguồn tín hiệu hình sin OSC điều chỉnh ở tần số radio.

- Dòng điện qua  $Z_x$  được xác định



thông qua đo điện áp trên điện trở R xác định. Trong thực tế biến áp cao tần suy hao thấp được sử dụng để thay thế R. Tuy nhiên nhược điểm của biến áp là suy hao lớn ở đoạn tần thấp.

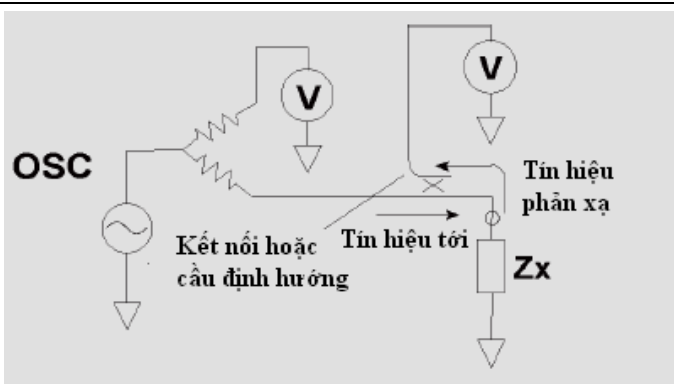
+ Theo sơ đồ đo trở kháng thấp:

$$Z_x = \frac{V}{I} = \frac{2R}{\frac{V_2}{V_1}}$$

+ Theo sơ đồ đo trở kháng cao:

$$Z_x = \frac{V}{I} = \frac{R}{2} \left| \frac{V_1}{V_2} \right|$$

### 5. Phương pháp phân tích mạch điện



- Phương pháp này chủ yếu dùng trong dải siêu cao tần.

- Hệ số phản xạ được là tỉ số giữa tín hiệu phản xạ và tín hiệu tới. Sử dụng kết nối hoặc cầu định hướng để thu tín hiệu phản xạ từ nguồn:

$$\Gamma = \frac{V_R}{V_{INC}} = \frac{Z_X - Z_0}{Z_X + Z_0}$$

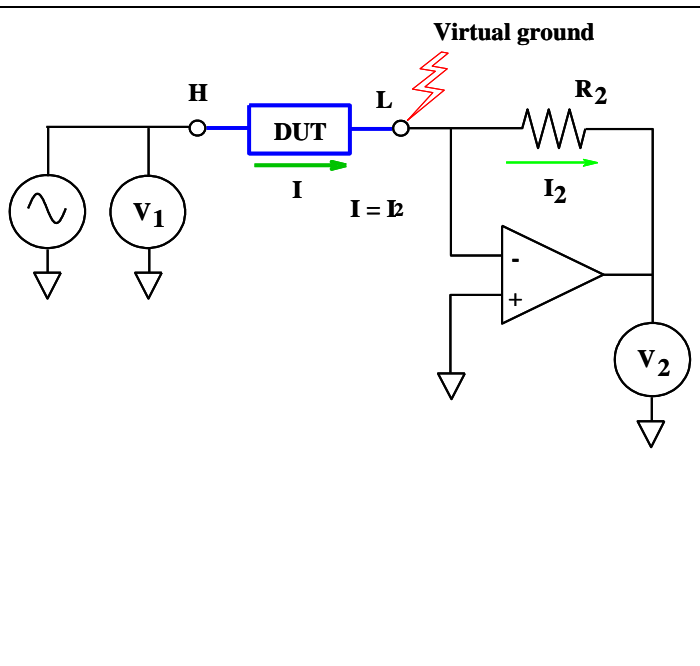
( $Z_0$ : trở kháng sóng của đường truyền)

- Bộ phân tích mạch điện vừa có nhiệm vụ tạo ra

tín hiệu truyền tới tải vừa có nhiệm vụ thu tín hiệu phản xạ cũng như tính toán và đo hệ số phản xạ.

- Phương pháp này còn được sử dụng để chế tạo máy đo phản xạ miền thời gian TDR

### 6. Phương pháp cầu tự cân bằng



- Sơ đồ mạch đo theo phương pháp này như hình vẽ. Trong đó sử dụng mạch Khuếch đại thuật toán làm phần tử tạo ra sự cân bằng giữa dòng I trên Z<sub>x</sub> (DUT) và dòng I<sub>2</sub> trên R<sub>2</sub>.

$$V_2 = I_2 R_2$$

$$Z_{(DUT)} = \frac{V_1}{I_2} = \frac{V_1 R_2}{V_2}$$

Ngoài 6 phương pháp tổng quát kể trên, khi đo điện trở, tụ điện thuần còn có thể sử dụng phương pháp biến đổi thời gian – xung. Nguyên lý chung của phương pháp này là biến đổi các tham số mạch về các đại lượng như điện áp, tần số, thời gian... nhờ các khâu biến đổi thẳng hay tạo ra các đại lượng mẫu thay đổi theo quy luật nào đó, so sánh với các đại lượng cần đo trong các mạch biến đổi cân bằng, và các đại lượng đó được đo bằng phương pháp đếm xung và hiển thị số.

9.2.2. So sánh các phương pháp đo

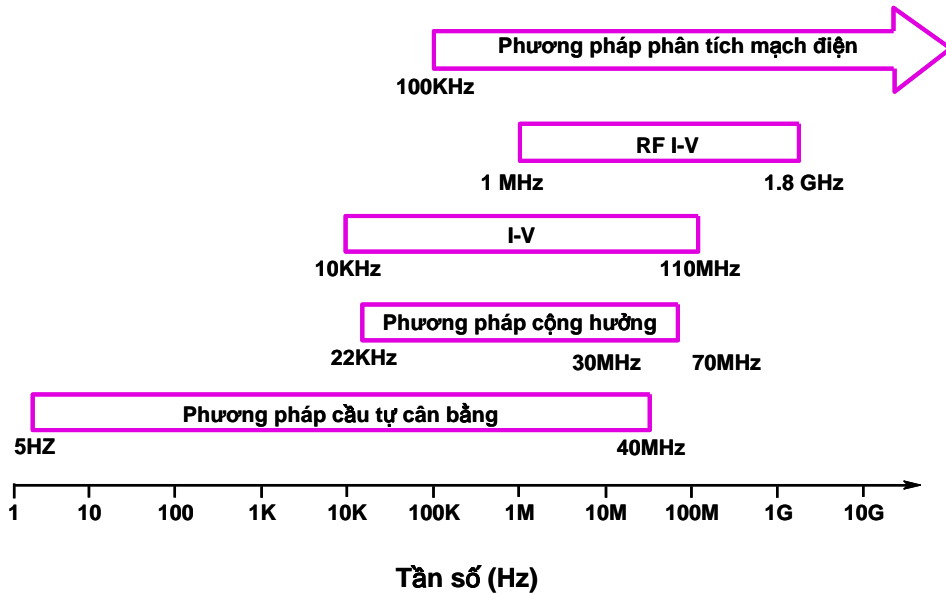
Phương pháp	Ưu điểm	Nhược điểm	Dải tần ứng dụng	Ứng dụng đo lường
Phương pháp cầu 4 nhánh cân bằng	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Độ chính xác cao (0.1%).</li> <li>- Dải tần rộng nếu sử dụng nhiều loại cầu khác nhau.</li> <li>- Giá thành thấp.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cần phải điều chỉnh cầu cân bằng.</li> <li>- Dải tần hẹp nếu chỉ sử dụng một loại cầu.</li> </ul>	DC ■ 300MHz	Sử dụng cho các phòng thí nghiệm về chuẩn đo lường
Phương pháp cộng hưởng	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Có độ chính xác cao cho phép đo <math>Q</math> cao và <math>D</math> nhỏ.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Phải điều chỉnh cộng hưởng.</li> <li>- Độ chính xác của phép đo trở kháng thấp</li> </ul>	10kHz ■ 100 kHz.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Phép đo hệ số phẩm chất và Hệ số tổn hao của linh kiện</li> </ul>
Phương pháp I-V	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dễ sử dụng.</li> <li>- Phép đo linh kiện đã được nối đất.</li> <li>- Phù hợp với nhu cầu đo kiểu sử</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dải tần bị giới hạn bởi biến áp sử dụng cho đầu rò dòng.</li> </ul>	10 kHz ■ 100 MHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Đo mạch và linh kiện có nối đất</li> </ul>

**Chương 9 – Đo tham số của mạch và linh kiện điện tử**

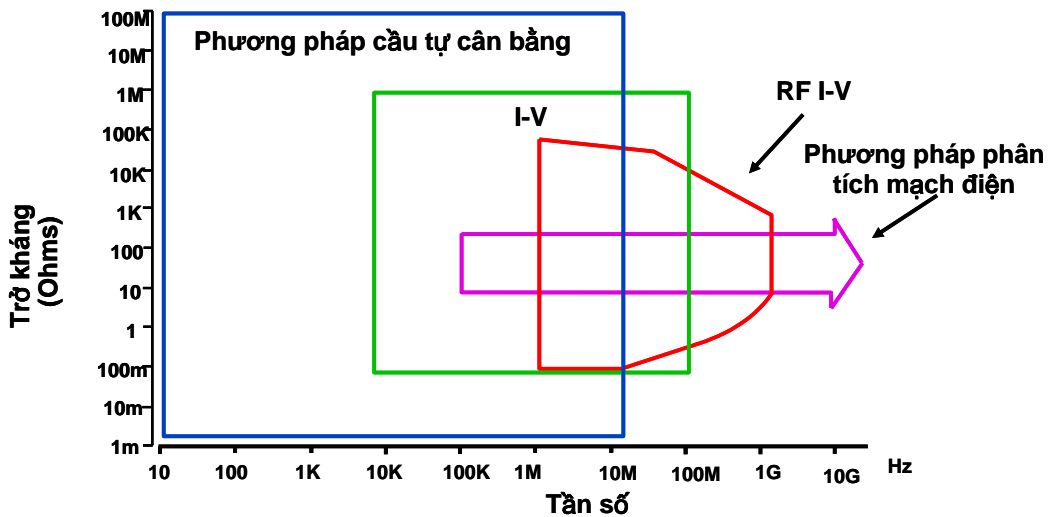
	dụng đầu rò dòng.			
Phương pháp RF I-V	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Độ chính xác cao (1%)</li> <li>- Dải trình đo trở kháng rộng ở tần số cao.</li> </ul>	- Dải tần số làm việc bị giới hạn bởi các biến áp được sử dụng ở các đầu đo.	1Mhz ■ 3 GHz	- Đo các linh kiện ở dải RF và siêu cao tần
Phương pháp phân tích mạch điện	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dải tần đo cao</li> <li>- Độ chính xác cao khi trở kháng cần đo gần bằng với trở kháng đặc tính của đường truyền.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Phải thực hiện quá trình điều chuẩn mỗi khi thực hiện phép đo.</li> <li>- Dải trình đo trở kháng nhỏ.</li> </ul>	Lớn hơn 300 kHz	- Đo các linh kiện ở dải RF và siêu cao tần
Phương pháp cầu tự cân bằng	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Có độ chính xác cao nhất (0.05%),</li> <li>- Dải tần đo thấp</li> <li>- Dễ sử dụng</li> </ul>	- Không sử dụng ở tần số cao	20 Hz ■ 110MHz	- Thường được sử dụng cho các máy đo RLC, xác định các tham số <b>C, L, D, Q, R, X, G, B, Z,</b>

**Chương 9 – Đo tham số của mạch và linh kiện điện tử**

				Y,...
--	--	--	--	-------



– Phương pháp đo và dải tần ứng dụng



– Phương pháp đo và dải trình đo

Ví dụ máy đo của hãng Agilent (HP) theo các phương pháp đo khác nhau:

Phương pháp đo	Máy đo
Phương pháp cộng hưởng	HP 42851A Q Adapter ( with HP 4285A)



Phương pháp I-V	HP 41941A Impedance Probe HP 4193A Vector Impedance Meter
Phương pháp RF I-V	HP 4286A RF LCR Meter HP 4291A Impedance/Material Analyzer
Phương pháp phân tích mạch điện	HP 4195A Network/Spectrum Analyzer with HP 41951A Impedance Test Set HP 4396A Network/Spectrum Analyzer with HP 43961A Impedance Test Kit HP 8751A Network Analyzer HP 8752C/8753D RF Network Analyzers HP 8510B Network Analyzer HP 8719C/8720C Network Analyzers
Phương pháp cầu tự cân bằng	HP 4263A LCR Meter HP 427xA LCR Meters HP 4284A Precision LCR Meter HP 4285A Precision LCR Meter HP 4192A LF Impedance Analyzer HP 4194A Impedance/Gain-Phase Analyzer
TDR	HP 54121T Digitizing Oscilloscope and TDR HP 8752C/8753D RF Network Analyzers HP 8510B Network Analyzer HP 8719C/8720C Network Analyzers

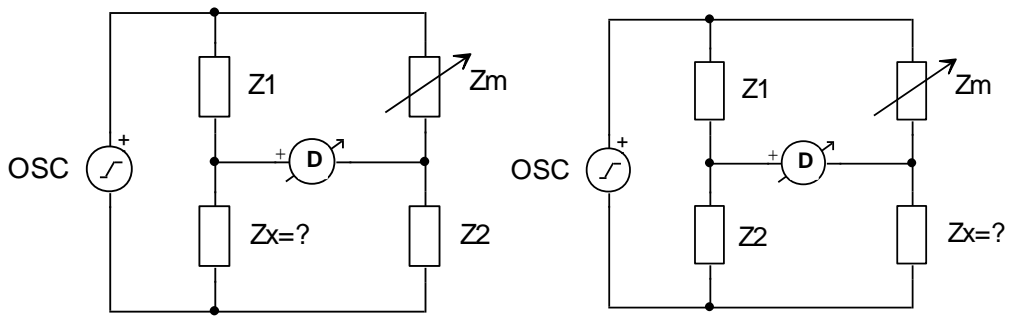
### 9.3. ỨNG DỤNG CỦA CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐO TRỞ KHÁNG

Có thể sử dụng các phương pháp khác nhau để đo trở kháng của linh kiện hoặc mạch điện tử. Mỗi phương pháp có những ưu nhược điểm riêng và thường được ứng dụng đo khác nhau để phát huy những ưu điểm của chúng. Với các phương pháp này có ứng dụng để chế tạo các máy đo trở kháng (máy đo RLC, hay máy phân tích trở kháng,...) Ngoại trừ phương pháp cầu 4 nhánh cân bằng, các phương pháp còn lại đều có thể xây dựng các máy đo trở kháng hiển thị số nhờ sử dụng các loại Vôn mét số.

#### 9.3.1. Phương pháp cầu 4 nhánh cân bằng

Phương pháp cầu 4 nhánh cân bằng được sử dụng rộng rãi trong để đo điện trở, điện cảm, điện dung, góc tổn hao của tụ, hệ số phẩm chất của cuộn cảm. Nguyên lý chung của cầu 4 nhánh là mỗi nhánh cầu có thể mắc hỗn hợp các điện trở, điện dung, điện cảm hay chỉ một loại ...,  $Z_x$  cần đo thường được mắc ở một nhánh và điều chỉnh tham số ở các nhánh cầu còn lại để mạch cân bằng, thông thường người ta chỉ điều chỉnh tham số của một nhánh cầu  $Z_m$ , 2 nhánh còn lại giữ không đổi. Như vậy có thể có 2 loại cầu đo là cầu tỷ số và cầu tích số.

Yêu cầu nguồn cung cấp OSC cho mạch cầu đo phải là điện áp điều hoà vì điều kiện cân bằng chỉ thực hiện với một trị số tần số đã được xác định, thông thường sử dụng thêm bộ khuếch đại chọn lọc tần số ở mạch chỉ thị để làm giảm ảnh hưởng của các thành phần hài và tăng độ chính xác của phép đo. Ngoài ra cũng phải kể đến ảnh hưởng do hiện tượng ghép tạp tán giữa các linh kiện, phải dùng các phần tử có kích thước bé và có bọc kim.



(a) – Cầu tích số

(b) – Cầu tỉ số

– Cầu đo 4 nhánh cân bằng

+ Cầu tích số (0-a)

Với cầu tích số  $Z_m$  mắc ở nhánh cầu đối xứng với  $Z_x$ , điều chỉnh trở kháng  $Z_m$  (thường có khắc độ) để cầu cân bằng, khi đó điện kế D chỉ 0.

- Điều kiện cân bằng cầu là:

$$Z_1 \cdot Z_2 = Z_m \cdot Z_x$$

$$\Leftrightarrow |Z_1| \cdot \exp(j\varphi_1) \cdot |Z_2| \cdot \exp(j\varphi_2) = |Z_m| \cdot \exp(j\varphi_m) \cdot |Z_x| \cdot \exp(j\varphi_x)$$

$$\Leftrightarrow |Z_1| \cdot |Z_2| \cdot \exp(j(\varphi_1 + \varphi_2)) = |Z_m| \cdot |Z_x| \cdot \exp(j(\varphi_m + \varphi_x))$$

$\Rightarrow |Z_1| \cdot |Z_2| = |Z_m| \cdot |Z_x|$  - Điều kiện cân bằng biên độ.

$\Rightarrow \varphi_1 + \varphi_2 = \varphi_m + \varphi_x$  - Điều kiện cân bằng pha.

Vậy phải điều chỉnh đồng thời cân bằng pha và cân bằng biên độ. Thông thường  $Z_1$  và  $Z_2$  là các điện trở thuần có trị số cố định nên  $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$ , do đó  $\varphi_m + \varphi_x = 0 \Rightarrow \varphi_m = -\varphi_x$ . Nếu  $Z_m$  và  $Z_x$  là 2 điện kháng thì chúng phải khác tính chất để đảm bảo cân bằng pha. Thường chọn biểu thức  $Z_m$  đồng dạng với biểu thức của  $Y_x$  hoặc biểu thức  $Y_m$  đồng dạng với biểu thức của  $Z_x$ .

+ Cầu tỉ số (0-b).

Với cầu tỉ số  $Z_m$  mắc ở nhánh cầu kề với  $Z_x$ , điều chỉnh trở kháng  $Z_m$  (thường có khắc độ) để cầu cân bằng, khi đó điện kế D chỉ 0.

- Điều kiện cân bằng cầu là:

$$Z_1 \cdot Z_x = Z_2 \cdot Z_m$$

$$\Leftrightarrow |Z_1| \cdot |Z_x| \cdot \exp(j(\varphi_1 - \varphi_x)) = |Z_2| \cdot |Z_m| \cdot \exp(j(\varphi_2 - \varphi_m))$$

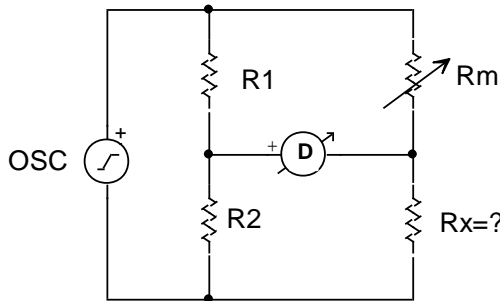
$\Rightarrow |Z_1| \cdot |Z_x| = |Z_2| \cdot |Z_m|$  - Điều kiện cân bằng biên độ.

$\Rightarrow \varphi_1 - \varphi_x = \varphi_2 - \varphi_m$  - Điều kiện cân bằng pha.

Vậy phải điều chỉnh đồng thời cân bằng pha và cân bằng biên độ. Thông thường  $Z_1$  và  $Z_2$  là các điện trở thuần có trị số cố định nên  $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$ , do đó  $\varphi_x = \varphi_m$ . Nếu  $Z_m$  và  $Z_x$  là 2 điện kháng thì chúng phải cùng tính chất để đảm bảo cân bằng pha. Thường chọn biểu thức  $Z_m$  đồng dạng với biểu thức của  $Z_x$  hoặc biểu thức  $Y_m$  đồng dạng với biểu thức của  $Y_x$ .

### a. Cầu đo điện trở

Để đo điện trở ta có thể dùng cầu tỷ số hoặc cầu tích số đều thuận lợi như nhau. Ví dụ sử dụng cầu tỷ số.



- Cầu đo điện trở (cầu Weatstone)

Khi cầu cân bằng ta có  $R_x = \frac{R_2}{R_1} R_m$

Vậy để điều chỉnh cầu cân bằng thay đổi tỷ số  $R_2/R_1$  và điều chỉnh  $R_m$  để cầu cân bằng.

Độ nhạy của cầu bằng tích độ nhạy của mạch cầu và độ nhạy của thiết bị chỉ thị. Độ nhạy của mạch cầu là tỷ số giữa sự thay đổi điện áp trên đường chéo chỉ thị và sự thay đổi điện trở nhánh  $R_x$ ,

có thể chứng minh được rằng mạch cầu có độ nhạy cực đại khi các điện trở tất cả các nhánh cầu bằng nhau.

Biểu thức xác định sai số tương đối của mạch cầu đo như sau:

$$\Delta R_x / R_x = \frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_m}{R_m} + \frac{\Delta C_m}{C_m}$$

Sai số do hạn chế về độ nhạy của thiết bị chỉ thị tính bằng tỷ số giữa ngưỡng độ nhạy và độ nhạy của thiết bị chỉ thị.

Ngoài ra còn phải kể đến sai số lượng tử bằng 1 đơn vị đề các nhỏ nhất của thang khắc độ trên các hộp điện trở mẫu.

Phép đo điện trở dùng cầu có độ chính xác cao, các điện trở mẫu dùng trong các nhánh cầu thường được làm bằng manganin có hệ số nhiệt nhỏ, độ ổn định cao theo thời gian.

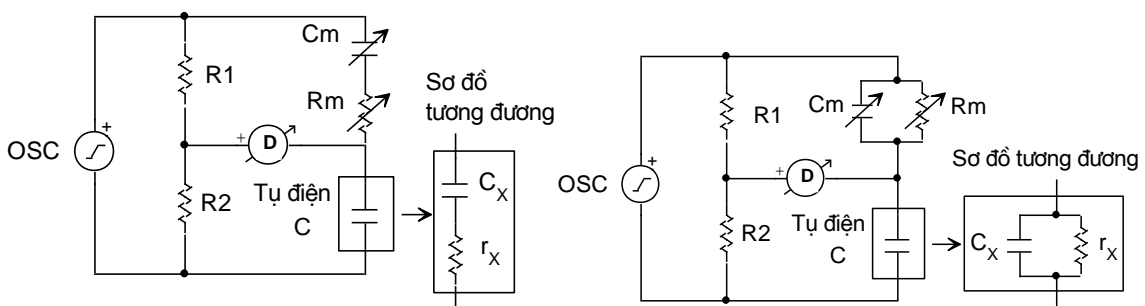
### b. Cầu đo điện dung

Tụ điện lý tưởng không tiêu thụ công suất, nhưng thực tế trong tụ có tổn hao công suất được đặc trưng bằng điện trở tổn hao  $r_x$ .

- Với tụ điện làm việc ở tần số cao sử dụng sơ đồ tương đương nối tiếp (tụ điện lý tưởng  $C_x$  mắc nối tiếp với điện trở tổn hao  $r_x$ ).

- Với tụ điện tổn làm việc ở tần số thấp sử dụng sơ đồ tương đương song song (tụ điện lý tưởng  $C_x$  mắc song song với điện trở tổn hao  $r_x$ ).

Thường sử dụng tụ điện mẫu do đó để đo điện dung ta dùng cầu tỷ số là thuận lợi hơn cả. Do sử dụng cách mắc  $Z_m$  như sơ đồ tương đương của tụ điện.

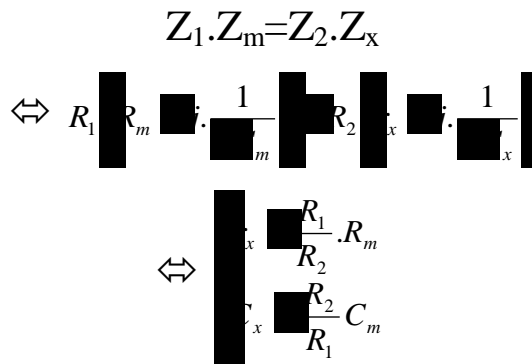


(a) – Cầu đo tụ điện ở tần số cao  
tần số thấp

(b)- Cầu đo tụ điện ở

– Cầu tỉ số đo điện dung

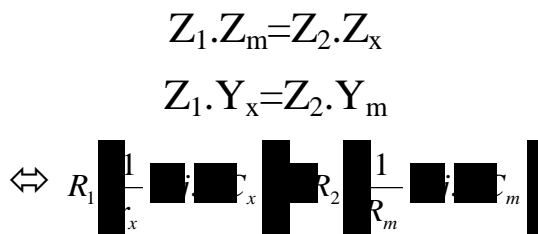
+ **Cầu đo tụ điện ở tần số cao:** Mắc sơ đồ đo như 0-a. Sử dụng  $C_m$  và  $R_m$  là các điện dung và điện trở thuần điều chỉnh được, và có khắc độ và mắc nối tiếp với nhau. Ban đầu điều chỉnh  $R_m$  để  $D$  chỉ nhỏ nhất, sau đó điều chỉnh  $C_m$  để  $D$  chỉ thị 0, khi đó cầu cân bằng:

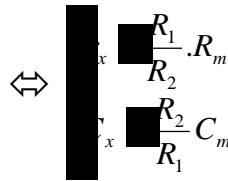


Hệ số tổn hao của tụ ở tần số cao:

$$D_m = \frac{P_{th}}{P_{pk}} = g \cdot \frac{r_x}{|X_C|} = r_x \cdot R_m$$

+ **Cầu đo tụ điện ở tần số thấp:** Mắc sơ đồ đo như 0-b. Sử dụng  $C_m$  và  $R_m$  là các điện dung và điện trở thuần điều chỉnh được và có khắc độ và mắc song song với nhau. Ban đầu điều chỉnh  $R_m$  để  $D$  chỉ nhỏ nhất, sau đó điều chỉnh  $C_m$  để  $D$  chỉ thị 0, khi đó cầu cân bằng:





Hệ số tổn hao của tụ ở tần số thấp:

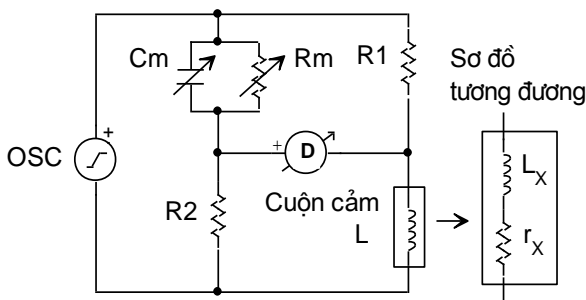
$$D_{//} = \frac{P_{th}}{P_{pk}} = g \frac{X_c}{r_x} = \frac{1}{r_x} \frac{1}{\omega C_m R_m}$$

### c. Cầu đo điện cảm

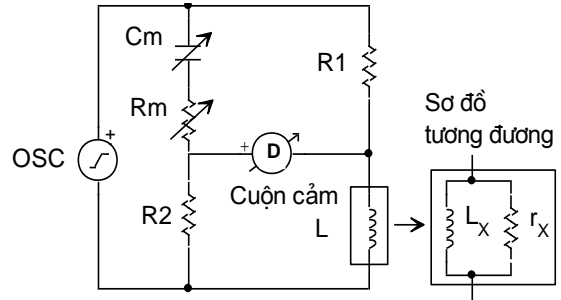
Cuộn cảm lý tưởng không tiêu thụ công suất, nhưng thực tế trong cuộn cảm có tổn hao công suất và được đặc trưng bằng điện trở tổn hao  $r_x$ . Các thông số của một cuộn cảm là điện cảm  $L_x$ , điện trở tổn hao  $r_x$  và hệ số phẩm chất của cuộn dây  $Q$ .

Để đo điện cảm ở tần số cao và để việc điều chỉnh thuận lợi người ta thường dùng các điện dung mẫu, muốn vậy ta phải mắc theo sơ đồ cầu tích số (Nếu dùng điện cảm mẫu để đo thì 2 cuộn cảm gây nhiễu ảnh hưởng đến nhau khó điều chỉnh cân bằng).

Khi tần số làm việc lớn coi sơ đồ tương đương cuộn cảm gồm  $L_x$  và  $r_x$  mắc song song còn (Cuộn cảm có tổn hao nhỏ), còn ở dải tần số thấp coi sơ đồ tương đương cuộn cảm gồm  $L_x$  và  $R_x$  mắc nối tiếp. (Cuộn cảm có tổn hao lớn).



(a) – Cầu Maxwell



(b) Cầu Hay

– Cầu tích số đo điện cảm

+ **Cầu đo cuộn cảm ở tần số thấp:** Mắc sơ đồ đo như 0-

a. Sử dụng  $C_m$  và  $R_m$  là các điện dung và điện trở thuận điều chỉnh

được, và có khắc độ và mắc song song với nhau (biểu thức của  $Y_m$  và  $Z_x$  đồng dạng). Ban đầu điều chỉnh  $R_m$  để D chỉ nhỏ nhất, sau đó điều chỉnh  $C_m$  để D chỉ thị 0, khi đó cầu cân bằng:

$$Z_x \cdot Z_m = Z_1 \cdot Z_2$$

$$\Leftrightarrow Z_x = Z_1 \cdot Z_2 \cdot Y_m$$

$$r_x \parallel \frac{1}{R_m} \parallel \frac{R_1 R_2}{r_x} \parallel \frac{1}{R_m}$$

$$\Leftrightarrow \frac{r_x \parallel \frac{R_1 R_2}{r_x}}{R_m} \parallel R_1 R_2 C_m$$

Hệ số tổn hao của cuộn cảm có tổn hao nhỏ:

$$Q_{nt} = \frac{P_{pk}}{P_{th}} = \frac{X_L}{r_x} \parallel \frac{R_m}{r_x} \parallel R_m$$

+ **Cầu đo cuộn cảm ở tần số cao:** Mắc sơ đồ đo như 0-b.

Sử dụng  $C_m$  và  $R_m$  là các điện dung và điện trở thuần điều chỉnh được, và có khắc độ và mắc nối tiếp với nhau (biểu thức của  $Z_m$  và  $Z_x$  đồng dạng). Ban đầu điều chỉnh  $R_m$  để D chỉ nhỏ nhất, sau đó điều chỉnh  $C_m$  để D chỉ thị 0, khi đó cầu cân bằng:

$$Z_x \cdot Z_m = Z_1 \cdot Z_2$$

$$\Leftrightarrow Z_m = Z_1 \cdot Z_2 \cdot Y_x$$

$$R_m \parallel \frac{1}{C_m} \parallel \frac{R_1 R_2}{r_x} \parallel \frac{1}{C_m}$$

$$\Leftrightarrow \frac{r_x \parallel \frac{R_1 R_2}{r_x}}{R_m} \parallel R_1 R_2 C_m$$

Hệ số tổn hao của cuộn cảm có tổn hao lớn:

$$Q_{//} = \frac{P_{pk}}{P_{th}} = \frac{r_x}{X_L} \parallel \frac{r_x}{R_m} \parallel \frac{1}{R_m}$$



Các sơ đồ cầu đo điện trở, tụ điện có thể sử dụng để đo trở điện trở, điện dung của các đôi dây trong cáp điện thoại, hay cáp điện lực.

### **9.3.2. Phương pháp cộng hưởng**

Nguyên lý của phương pháp đo thông số mạch điện bằng phương pháp cộng hưởng là lợi dụng hiện tượng cộng hưởng của mạch dao động, phương pháp này có độ chính xác khá cao và dùng được ở các dải tần sử dụng trong điện tử – viễn thông.

Các nguyên nhân chủ yếu gây sai số của phương pháp này là sự không chính xác vị trí điểm cộng hưởng của mạch điện; do sự không ổn định của tần số bộ tạo dao động; do ảnh hưởng các thông số điện kháng tạp tán của mạch đo, sai số của phương pháp này khoảng 25%.

So với phương pháp cầu, thì phương pháp cộng hưởng có ưu điểm là đo được trị số các thông số của phần tử cần đo tại tần số công tác của phần tử đó, có thể đo được các trị số rất nhỏ do tần số của nguồn đo cũng lớn tới hàng trăm MHz.

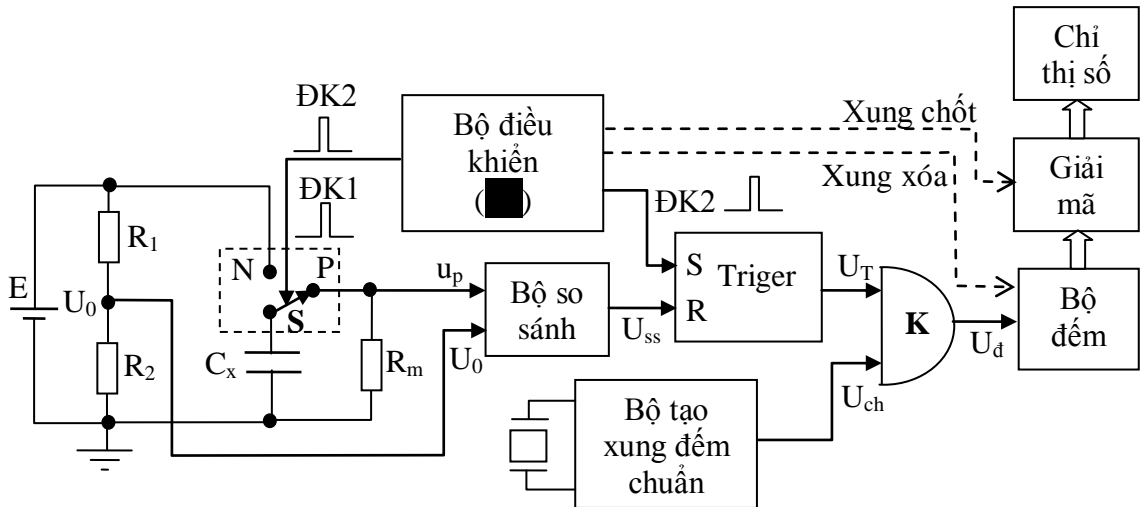
Phương pháp cộng hưởng thường được sử dụng để chế tạo máy đo hệ số phẩm chất Q với độ chính xác khá cao. Bên cạnh đó có thể sử dụng phương pháp này để đo điện dung, điện cảm và điện trở của linh kiện cũng như mạch điện. Sinh viên tự tìm hiểu các sơ đồ đo này.

### **9.3.3. Phương pháp cầu tự cân bằng**

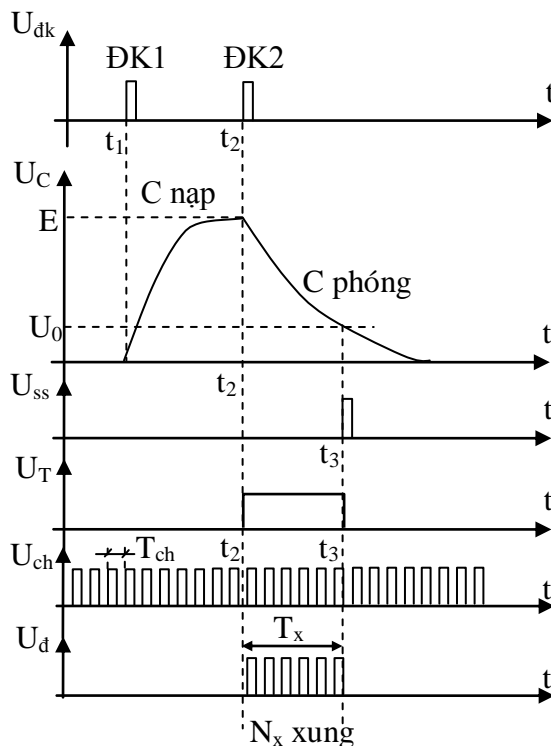
### **9.3.4. Phương pháp biến đổi thời gian - xung**

Phương pháp này được sử dụng khá phổ biến để xây dựng các thiết bị đo điện trở, điện dung hiển thị số. Ưu điểm của máy đo theo phương pháp này là dễ đọc kết quả đo, có độ chính xác khá

cao, tuy nhiên cấu tạo thiết bị đo phức tạp hơn. Sau đây ta sẽ xét một phương pháp đo điện trở và điện dung thông qua biến đổi thời gian – xung.



– Sơ đồ khối máy đo điện dung theo phương pháp thời gian - xung



– Giải đồ thời gian minh họa hoạt động của máy đo điện dung

Phương pháp biến đổi thời gian – xung này thực hiện điều khiển việc sử dụng nguồn mẫu việc nạp cho tụ điện mẫu  $C_m$  (nếu

đo điện trở) hay tụ điện cần đo  $C_x$  (nếu là đo điện dung) và phóng điện qua điện trở cần đo  $R_x$  hay điện trở mẫu  $R_m$ . Thời gian phóng của tụ sẽ tỉ lệ với điện dung và điện trở, đo thời khoảng thời gian này bằng phương pháp đếm xung.

Sơ đồ khối của máy đo điện dung  $C_x$  chỉ thị số dựa trên nguyên lý biến đổi thời gian – xung như 0 và giản đồ thời gian minh họa hoạt động như 0.

Nguyên lý hoạt động của máy đo như sau:

- Khi máy không hoạt động chuyển mạch điện tử S ở trạng thái mở,  $U_C=0V$ .

- Khi bắt đầu đo tại thời điểm  $t_1$  bộ điều khiển phát ra xung xoá bộ đếm và điều khiển ĐK1 đưa chuyển mạch S về vị trí nạp N, tụ cần đo  $C_x$  nhanh chóng được nạp tới điện áp của nguồn E.

- Đến thời điểm  $t_2$ , Bộ điều khiển phát ra xung ĐK2 đưa chuyển mạch về vị trí phóng P, tụ điện  $C_x$  phóng điện qua điện trở mẫu  $R_m$ , đồng thời xung ĐK2 cũng được đưa tới đầu vào S thiết lập Trigger lên trạng thái cao '1', lúc này khoá K mở, xung đếm chuẩn qua khoá kích thích bộ đếm.

- Điện áp trên tụ  $u_C$  giảm đến thời điểm  $t_3$  khi đó  $u_C(t_3) = U_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$  thì đầu ra của bộ so sánh có 1 xung ra tác động vào đầu vào xóa R làm Triger, xóa trạng thái thấp '0', khoá K sẽ đóng, kết thúc quá trình đếm, giả sử tổng số xung đếm được là  $N_x$ . Thời điểm nay Bộ điều khiển phát ra xung chốt để đưa số xung  $N_x$  này đưa qua mạch giải mã và đưa tới màn hiển thị số là kết quả của điện dung cần đo  $C_x$ .

Tụ  $C_x$  phóng điện qua điện trở mẫu  $R_m$  với hằng số phóng là  $\tau = R_m C_x$ , biểu thức điện áp của tụ trong quá trình phóng là :

$$u_C(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{R_m C_x}} + U_0 \cdot e^{-\frac{t}{R_m C_x}}$$

$$\Rightarrow u_C(t_3) = E \cdot e^{-\frac{t_3}{R_m C_x}} + U_0 \cdot e^{-\frac{t_3}{R_m C_x}}$$

Chọn  $U_0 = E \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{E}{e} \Rightarrow E \cdot e^{-\frac{t_3}{R_m C_x}} = \frac{E}{e}$

$$T_x = R_m C_x = N_x \cdot T_{ch}$$

$$\Rightarrow C_x = \frac{1}{R_m f_{ch}} N_x$$

Chọn  $\frac{1}{R_m f_{ch}} = const$ , vậy  $C_x$  tỷ lệ với số xung đếm được  $N_x$ .

Ví dụ  $f_{ch} = 1\text{MHz}$ ,  $R_m = 1\text{M}\Omega \Rightarrow C_x = N_x$  (pF)

Thay đổi  $R_m$  thì có thể chuyển mạch thang đo điện dung từ 1000pF đến 100pF.

Cũng phương pháp đo như trên nếu thay các điện trở mẫu bằng các điện dung mẫu thì có thể đo được điện trở bằng các thiết bị chỉ thị số.

Ngoài nguyên tắc hoạt động ở trên, máy đo theo điện dung, điện trở có thể được xây dựng theo nguyên tắc đếm xung trong khoảng thời gian nạp điện tích của tụ từ điện áp nạp bằng 0 đến điện áp bằng  $E/e$ .

*Đánh giá sai số của máy đo:* Sai số của kết quả đo  $C_x$  bao gồm các thành phần sai số chính như sau:

- Sai số lượng tử  $\left| \frac{1}{N_x} \right|$ , ví dụ nếu đo điện dung 1000pF thì ứng với 1000 xung đếm, sai số đếm xung là  $\frac{1}{1000}$ , sai số tương đối là 0,1%.

- Sai số của tần số xung đếm chuẩn  $\left| \frac{\Delta f_{ch}}{f_{ch}} \right|$

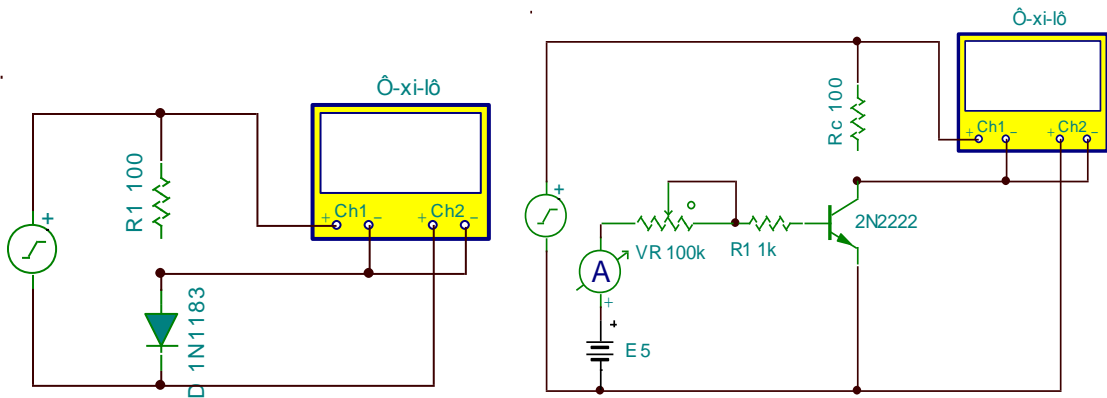
- Sai số do độ trễ của bộ so sánh và Trigger.

- Sai số của điện trở mẫu.

## 9.4. ĐO THAM SỐ VÀ ĐẶC TÍNH CỦA LINH KIỆN VÀ MẠCH PHI TUYẾN

### 9.4.1. Vẽ đặc tuyến Vôn-Ampe.

Thay đổi điện áp đặt vào mạch, xác định dòng điện ứng với mỗi thay đổi đó, từ đó ghi lại kết quả và vẽ được đặc tuyến Vôn-ampe của mạch. Có thể dùng Ô-xi-lô để tự động vẽ đặc tuyến Vôn-ampe của linh kiện, mạch điện rất thuận tiện. Ví dụ sơ đồ nguyên lý mạch đo để vẽ đặc tuyến Vôn-ampe của điốt và đặc tuyến ra của BJT dùng Ô-xi-lô (đã trình bày trong chương 4) như hình dưới đây:



– Sơ đồ mạch đo để vẽ đặc tuyến Vôn-Ampe của điốt và đặc tuyến ra của BJT

### 9.4.2. Vẽ đặc tuyến biên độ tần số của mạng 4 cực.

Muốn vẽ được đặc tuyến biên độ tần số của mạng 4 cực có thể dùng dao động điều hoà tác động vào đầu vào, cho tần số biến đổi xác định biên độ của điện vào và ra của mạng 4 cực từ đó ghi lại và vẽ được đặc tuyến biên độ tần số của mạng 4 cực đó – phương pháp lấy từng điểm. Cách làm này thường không chính xác lắm nhiều công. Thực tế thường dùng các thiết bị tự động vẽ đặc tuyến biên độ tần số – còn gọi là các máy Vobulator. Máy Vobulator có

thể được cấu tạo theo nguyên lý sử dụng mạch tương tự hay dùng kỹ thuật số và có cài đặt vi xử lý. Trong phần này chủ yếu xét máy Vobulator dùng kỹ thuật tương tự sử dụng máy phát điều tần và màn chỉ thị CRT để biểu diễn được đặc tuyến biên độ tần số của mạng 4 cực trên màn hình.

## **9.5. ĐO LƯỜNG, KIỂM NGHIỆM CÁC MẠCH ĐIỆN TỬ SỐ VÀ VI XỬ LÝ**

### **9.5.1. Khái niệm và đặc tính chung của mạch số**

Các thiết bị dùng mạch điện tử số và vi xử lý cũng cần kiểm tra để phán đoán hư hỏng như những thiết bị khác. Song có các lý do:

- Với các thiết bị tương tự, (mạch điện dùng kỹ thuật tương tự dựa trên cơ sở hàm thời gian và tần số), thì có thể dùng các thiết bị như ôxilô, máy phân tích phổ, vôn-mét điện tử để đo lường, kiểm tra.

- Thiết bị dùng kỹ thuật mạch điện tử số, có vi xử lý thì hoạt động trên cơ sở xử lý số liệu, nên không thể dùng các thiết bị đo thông thường như trên.

- Vấn đề kiểm tra là khá phức tạp, thậm chí việc sửa chữa còn khó khăn hơn là chế tạo một máy mới. Do thiết bị có dùng vi xử lý là cần nhiều thủ tục phức tạp, cần người điều hành hiểu biết sâu sắc về thiết bị.

Nếu những thủ tục kiểm tra không được thiết kế trước, thì hầu như không kiểm soát nổi hệ thống.

Để lập bộ kiểm tra thiết bị có hệ thống vi xử lý cần chú ý các đặc điểm:

- Hệ thống vi xử lý điều khiển lưu lượng thông tin số liệu, với tổ hợp những từ, số nhị phân có độ dài khác nhau một cách ngẫu nhiên, và thời gian tồn tại cũng thay đổi.

- Hệ thống vi xử lý có cấu trúc rất phức tạp, có nhiều đường vận chuyển số liệu được điều khiển bởi chương trình. Chương trình có được thực hiện tốt hay không là nhờ quan hệ thời gian giữa sự thay đổi của tín hiệu đầu vào và đầu ra.

- Hệ thống vi xử lý có khác nhau cơ bản với các thiết bị đa năng chỉ có kết cấu mạch cứng. Ví dụ như muốn thay đổi một chức năng nào đó, thay vì thay đổi phần cứng mạch điện, thì lại thay đổi chương trình thuật toán chứa trong ROM.

- Tín hiệu thông tin số không lặp lại, tồn tại trong khoảng thời gian cực ngắn. Sự kiện xảy ra trong thiết bị có vi xử lý có tốc độ rất cao rất nhanh.

- Hệ thống vi xử lý có sử dụng bus hai chiều, nó càng phức tạp khi cần thông dịch xem nó là địa chỉ hay số liệu.

- Thiết bị kiểm tra phải kiểm soát một số rất lớn các hoạt động cơ bản.

Trong các thiết bị dùng vi xử lý, chương trình xử lý có thể lên tới hàng ngàn bước thực hiện.

Những hỏng hóc liên quan tới bộ vi xử lý là rất khó phát hiện, lại càng khó hơn khi muốn cô lập nó ra. Vì vậy, những thiết bị kỹ thuật kiểm tra truyền thống thông thường rất dễ sai lầm khi đo lường chúng.

Do những lý do trên, cùng với sự phát triển của vi xử lý, việc tìm ra phương tiện và kỹ thuật mới mà hữu hiệu cho việc kiểm tra chúng là vấn đề rất cần được nghiên cứu.

Những hình thức và phương pháp kiểm nghiệm đã được sử dụng là:

- Tự động chuẩn đoán (dự đoán có chương trình).
- Kiểm nghiệm thống kê.
- Phân tích logic.
- Phân tích theo nhận dạng (theo mã chỉ dẫn)

Ta sẽ xét các phương pháp trên.

### **Phương pháp tự động chuẩn đoán**

Là phương pháp sử dụng một chương trình chuẩn đoán ở ngay bên trong của thiết bị, để gỡ rối, kiểm tra, phát hiện điểm hỏng.

Chương trình chuẩn đoán có thể tự động khởi động, hoặc được khởi động bởi người sử dụng.

Trong một vài loại thiết bị, nó lần lượt kiểm tra các chức năng, phần tử của thiết bị và đưa ra màn chỉ thị những thông báo trạng thái một cách vắn tắt và có thể tham khảo theo hướng dẫn của tài liệu sử dụng để phát hiện lỗi. Do vậy cũng ít cần sự phân tích về phương pháp này.

### **Phương pháp kiểm nghiệm thống kê**

Là phương pháp dựa trên cơ sở coi hoạt động của thiết bị giống như tổ hợp liên tiếp các trạng thái đo. Vì vậy người ta không quan tâm lắm tới quá trình hoạt động, mà có thể tiến hành kiểm nghiệm hệ thống, các trạng thái khác nhau được mô phỏng giả.

Để làm được điều này, cần thiết đưa thiết bị bộ tạo chuyển mạch. Với sự trợ giúp của bộ phận này, có thể tạo ra tất cả các trạng thái có thể.

Việc lựa chọn một tổ hợp nhất định của các chuyển mạch cho phép đưa tín hiệu tới kênh địa chỉ và điều khiển tương ứng (ví dụ



RAM), và kiểm tra khả năng làm việc của thiết bị. Cũng ít cần quan tâm nhiều đến phương pháp này.

## **9.5.2. Các phương pháp phân tích**

### **9.5.2.1. Phương pháp phân tích logic**

Phương pháp phân tích logic sử dụng ba loại thiết bị phân tích logic là:

- Bộ phân tích trạng thái logic.
- Bộ phân tích biểu đồ thời gian (định thời) logic.
- Bộ phát tín hiệu đồng bộ.

#### **a. Khái niệm**

Trước khi đưa ra những nguyên tắc của thiết bị, cần xác định thêm các khái niệm trạng thái logic và biểu đồ thời gian của thiết bị điện tử số.

#### *Trạng thái logic:*

Tín hiệu nhị phân dùng trong mạch điện tử số sử dụng hai mức điện áp rõ rệt: một mức được coi là logic “0”, mức kia là logic “1”.

Trong mạch điện thực tế, những mức này không được định nghĩa với trị số điện áp chính xác, mà nó sẽ ở trong một khoảng giá trị điện áp nào đó. Ví dụ như đối với họ vi mạch TTL LSI, mức logic 0 là trong khoảng điện áp nhỏ hơn 0,4v và mức điện áp lớn hơn 2,4v được coi là mức logic 1. Nói cách khác, logic 0 là mức thấp và logic 1 là mức cao, và cách quy ước này coi là logic khẳng định (logic dương). Nếu mức điện áp thấp được quy ước là mức 1, thì cách quy ước gọi mạch điện được xây dựng trên cơ sở của logic phủ định (logic âm).

Sự tổ hợp của một chuỗi các số các số logic 0 và 1 tại đầu ra của mạch số quyết định trạng thái của nó.

*Biểu đồ thời gian của tín hiệu logic:*

Trong quá trình phân tích hệ thống, gỡ rối chương trình, kiểm tra hoặc tìm lỗi của một hệ có vi xử lý, việc nghiên cứu và biểu diễn của dãy số liệu theo thời gian có thể nhiều khi cho biết về hệ thống hơn hẳn so với bảng trạng thái logic.

Những nhược điểm đặc trưng cho mạch tuyến tính cũng có thể xảy ra trong mạch số, ví dụ như méo sườn xung, sự không ổn định và nhấp nháy khi chuyển mạch.

*Ba dạng biểu diễn kết quả phân tích*

Ta có thể biểu diễn thông tin nhận được trong việc thử nghiệm các mạch số dưới ba dạng sau:

- Bảng trạng thái.
- Biểu đồ thời gian.
- Các thẻ trạng thái

1. Hiện thị bảng trạng thái được dùng để phân tích trạng thái logic. Nó cho phép quan sát trạng thái logic dưới dạng bảng số: Hệ cơ số 2, Hệ cơ số 8, Hệ cơ số 10, Hệ cơ số 16. Sự hiện thị này đôi khi được gọi là sự hiện thị phản ánh thông tin trong vùng số liệu.

2. Biểu đồ thời gian logic được biểu diễn thông qua màn hình tương tự như màn hình ôxilô nhiều kênh bình thường có thể quan sát đồng thời 8 biểu đồ thời gian cùng một lúc.

3. Tám thẻ trạng thái: Khi biểu diễn dưới dạng “tám thẻ trạng thái”, ta không dùng bảng bit mà dùng ma trận vạch sáng. Ở đây mỗi vạch tương ứng với một byte nhất định. Qua quan hệ giữa các vạch sáng trên màn hình, có thể quan sát quá trình xử lý số liệu trong mạch.

Tám thẻ trạng thái cho phép dễ dàng kiểm tra trạng thái chức năng của các mạch số làm việc tuần hoàn.

Khi dùng phân tích logic theo chương trình phương pháp hiển thị tám thẻ trạng thái như miêu tả ở trên để kiểm tra hoạt động chương trình hệ thống vi xử lý, ta có được những dạng đặc biệt riêng. Nếu nắm vững cách phân biệt các dạng hình ảnh đặc trưng cho từng hệ thống vi xử lý riêng, thì có thể dễ dàng kiểm tra quá trình hoạt động của chương trình.

***b. Thiết bị phân tích trạng thái logic (Logic State Analyzers)***

Để có thể phân tích, tìm ra hỏng hóc một cách có hiệu quả. Bộ phân tích trạng thái logic (đôi khi còn gọi là bộ phân tích đồng bộ) phải có những yêu cầu sau:

1- Số liệu cần phải được đọc và hiển thị dạng nhị phân, để dễ đọc mà không cần bất cứ một sự thông dịch nào.

2- Có đủ đầu vào để trong một thời điểm có thể cùng lúc hiển thị, kiểm tra toàn bộ một từ số liệu.

3- Một từ kích khởi phải được yêu cầu bởi một từ số liệu riêng, duy nhất trong một chuỗi vào.

4- Phải có một sự trễ cần thiết để đủ thời gian chuyển số hiển thị đến từ cần tham khảo.

5- Phải có khả năng lưu trữ để lưu trữ các sự kiện xảy ra.

6- Việc nối máy phân tích vào hệ thống phải đảm bảo không ảnh hưởng đến những tham số của hệ thống hoặc làm thay đổi sự hoạt động của chương trình.

7- Đầu đo cần được nối với máy phân tích một cách chắc chắn nhất trong suốt quá trình kiểm tra, đo thử.

8- Màn hiển thị phải dễ đọc dễ hiểu.

Như vậy, có nghĩa là: Số liệu phân tích được đưa vào thể hiện dưới dạng mã nhị phân, tức là dưới dạng tổ hợp các bit; cần có đủ số lượng các đầu vào ra song song để có thể cho phép kiểm

tra đồng thời một từ nguyên vẹn; vấn đề điều khiển số liệu ở đầu vào và phân định chu kỳ trong thiết bị thử nghiệm cần được tiến hành bằng một xung đồng bộ duy nhất; khoảng thời gian cần thiết để xử lý số liệu của thiết bị để xử lý số liệu của thiết bị phân tích cần phải rất ngắn; việc kết nối thiết bị phân tích với mạch cần khảo sát phải không làm ảnh hưởng tới các thông số của mạch cũng như không đòi hỏi phải thay đổi chế độ hay chương trình làm việc của mạch; đầu vào của thiết bị phải có cấu trúc sao cho có thể dễ dàng kết nối với mạch cần khảo sát; thiết bị phải có màn hình hiển thị dễ quan sát và nhận dạng để xử lý thông tin.

Theo yêu cầu thứ hai đã có nhà sản xuất thiết bị phân tích trạng thái có thể 8, 16, 32 hay 64 kênh.

### ***c. Thiết bị phân tích biểu đồ thời gian Logic (Logic timing Analyzers)***

Thiết bị phân tích trạng thái logic cho phép xác định hiện tượng (và đôi khi ngay cả vị trí) xuất hiện hư hỏng của mạch số được thử nghiệm. Tuy nhiên sau đó vẫn cần đòi hỏi tìm hiểu thêm về tính chất và nguyên nhân của hư hỏng. Lỗi sai sót thường xuất hiện do xung nhiễu trong thời gian ngắn; do đầu vào tín hiệu không đồng thời, mất đồng bộ, do câu lệnh sai. Trong những tình huống đó, việc sử dụng thiết bị phân tích biểu đồ thời gian logic (cũng còn có thể gọi là thiết bị phân tích lệnh đồng bộ) là rất hiệu quả. Nó cũng đặc biệt tiện lợi để kiểm tra các thiết bị giao diện chuẩn đối với các thông tin trên kênh truyền điều khiển, các số liệu được truyền qua các thiết bị vào/ra.

Khi phân tích theo thời gian, phải khảo sát tín hiệu và các quá trình có khoảng thời gian rất nhỏ so với thời gian của một từ, vì vậy tần số làm việc, tốc độ lấy mẫu của thiết bị phân tích biểu đồ

thời gian logic càng lớn hơn nhiều so với thiết bị trạng thái logic khi cùng làm việc với một dạng số liệu.

Trong đa số các trường hợp thì các thiết bị phân tích biểu đồ thời gian logic đều có khả năng làm việc trong cả hai chế độ; đồng bộ và dị bộ (không đồng bộ). Cách thứ hai có tốc độ làm việc cao hơn. Tốc độ cực đại phụ thuộc vào yêu cầu của thiết bị phải làm việc. Người ta đã sản xuất các thiết bị có tốc độ nhanh với tần số trên 20, 50, 100 và 200 MHz. Thiết bị có tốc độ nhanh là vô cùng cần thiết để khảo sát hệ thống vi xử lý. Ví dụ với vi xử lý Intel 8080A, mặc dù thời gian nhịp là 500ns (tần số nhịp là 2 MHz), nhưng thông tin trạng thái được truyền theo đường số liệu 8 bit, chỉ cho phép xử lý trong khoảng thời gian rất ngắn, bằng chu kỳ đồng bộ của hệ thống, nghĩa là cỡ 50ns. Trong khoảng thời gian này có một từ trạng thái (8 bit) qua và các trạng thái logic thay đổi ở hai đường đồng bộ. Để phân tích biểu đồ thời gian tương ứng với tín hiệu nêu trên, khoảng thời gian 50ns phải được chia thành 5 phần, để mỗi phần là 10ns. Rõ ràng điều này chỉ thực hiện khi tốc độ lấy mẫu (thời điểm tác động) của thiết bị phân tích không nhỏ hơn 100MHz. Có thể bổ sung thêm trong ví dụ đã nêu là kể cả với các hệ vi xử lý có tốc độ thấp (1-2MHz), thời gian lưu giữ số liệu vào và ra không thể vượt quá 10ns. Vì vậy, để phân tích quan hệ thời gian giữa tín hiệu của vi xử lý và các vi mạch ngoại vi nhất thiết phải có thiết bị phân tích có tốc độ nhanh. Ưu điểm rất quan trọng của phân tích thời gian logic mà không thể có ở phân tích trạng thái logic là khả năng phát hiện tín hiệu giả, thường là những xung gây nhiễu có độ rộng xung rất nhỏ trong dòng số liệu. Nó có thể phá vỡ hoạt động chức năng thông thường của hệ thống số mà trong chế độ hoạt động đồng bộ khó có thể phát hiện được. Trong một số các thiết bị phân tích trạng thái logic, có thể thấy các mạch flip-flop đặc biệt, cho phép ghi lại các xung giả (thậm chí có thể

phát hiện các xung có độ rộng 5 ns). Những mạch như vậy, các xung hẹp sẽ được mở rộng tới mức gần bằng khoảng thời gian lấy mẫu, điều đó cho phép phát hiện xung giả một cách đảm bảo.

Để dễ dàng quan sát số liệu, ở bộ phân tích biểu đồ thời gian, bộ hiển thị của nó có sử dụng con trỏ. Con trỏ là một vạch thẳng đứng, có thể di chuyển con trỏ dọc theo màn hình và dừng lại ở bất kỳ điểm mong muốn khảo sát nào. Với sự trợ giúp của con trỏ ta dễ dàng xác định sự dịch chuyển tương đối theo thời gian của một điểm trên biểu đồ thời gian với các điểm khác. Ở một vài thiết bị phân tích khác, lại có hai con trỏ như vậy, nó cho phép đo trực tiếp được khoảng thời gian giữa hai điểm giữa hai con trỏ mà không cần phải tính toán gì thêm.

Bộ phân tích thời gian logic được thiết kế cùng với một ôxilô hay được thiết kế phối ghép với một ôxilô riêng, để có thể hiển thị biểu đồ thời gian. Có loại được thiết kế hiển thị một bảng biểu đồ thời gian, tùy theo yêu cầu sử dụng.

### ***9.5.2.2. Phương pháp phân tích nhận dạng mã địa chỉ (Signature Analysis)***

Như đã phân tích, việc thử nghiệm đối với hệ thống vi xử lý và các thiết bị số có dùng vi xử lý là công việc rất khó khăn. Thiết bị phân tích trạng thái logic đã khảo sát ở phần trên chỉ giải quyết được một phần của vấn đề. Nó giúp sự dõi theo từng bước việc của bộ vi xử lý thông qua các chương trình thực hiện. Tuy nhiên quá trình tìm kiếm và phát hiện nguyên nhân hư hỏng đòi hỏi nhiều công sức và khả năng có thể phân tích tốt được những kết quả, những hình ảnh thu được. Ta cũng không loại trừ hoàn toàn khả năng sử dụng của các máy đo truyền thống trong lĩnh vực thời gian hay lĩnh vực tần số, như ôxilô, máy phân tích phổ, vôn-mét điện tử,... Song để xác định được nguyên nhân hư hỏng gây nên bởi vi

xử lý hoặc các phân mạch nối ghép với nó thông qua giao diện thì mất quá nhiều thời gian, công sức và cũng cần có những chuyên gia trình độ cao.

Một trong những cách hiệu quả nhất để tìm kiếm hư hỏng trong đa số các thiết bị số và đặc biệt trong các thiết bị có dùng vi xử lý là sử dụng thiết bị phân tích mã chỉ dẫn (Signature Analysis). Nguyên tắc và việc chế tạo các thiết bị này cũng mới được hình thành trong thời gian gần đây.

Tên gọi phân tích “mã chỉ dẫn” được bắt nguồn từ “chữ ký” (signature), nó có rất nhiều nghĩa cho nhiều lĩnh vực khác nhau như âm nhạc, in ấn,... song với nghĩa đơn giản nhất là chữ ký của người mang tên chữ ký đó. Trong vấn đề tìm kiếm hư hỏng của thiết bị số, thì “mã chỉ dẫn” là một số được cấu thành từ 4 ký hiệu chữ và số của hệ mã cơ số 16, được đặc trưng duy nhất cho từng điểm nút của thiết bị được khảo sát.

#### ***a. Mô tả bản chất của sự phân tích***

Phân tích mã chỉ dẫn là việc so sánh sự trùng hợp giữa mã chỉ dẫn thực của điểm nút cụ thể nào đó được phản ánh trên màn hình phân tích với mã chỉ dẫn của điểm nút này hoặc với bảng hướng dẫn sử dụng thiết bị khảo sát. Sự không trùng hợp của mã chỉ dẫn chứng tỏ về sự hư hỏng, hoạt động chức năng không bình thường của thiết bị. Ví dụ, nếu trên màn hình xuất hiện mã chỉ dẫn F865, còn trên mạch tại điểm nút đã cho thì cần phải có mã chỉ dẫn A953, như vậy rõ ràng là đã có hư hỏng. Để tìm hiểu nguyên nhân, ta có thể tiến hành khảo sát tiếp các điểm nút khác. Bằng cách đó có thể kết luận bộ phận hư hỏng là bộ phận mà ở đầu ra của nó, mã chỉ dẫn thực và mã chỉ dẫn mẫu khác nhau, trong khi ở đầu vào của nó, mã chỉ dẫn thực và mã chỉ dẫn mẫu trùng hợp nhau

Thoạt nhìn bên ngoài, quy trình phân tích mã chỉ dẫn rất giống với quy trình phát hiện hư hỏng trong các thiết bị tương tự. Trên sơ đồ nguyên lý của thiết bị tương tự tại các điểm đặc trưng, người ta chỉ ra hình dạng của tín hiệu và giá trị điện áp tại điểm đó. Có thể dùng ôxilô để quan sát hình dạng của tín hiệu và dùng vôn-mét điện tử để đo giá trị điện áp, qua đó xác định thiết bị khảo sát có làm việc bình thường hay không.

Đối với các thiết bị có chương trình, rất tiếc không thể sử dụng hệ thống kiểm tra dựa trên cơ sở so sánh tình trạng trên ôxilô được vì không thể phân biệt được dãy các giá trị nhị phân trên màn hình. Hơn nữa trong các thiết bị dùng vi xử lý, không có sự tương ứng đồng nhất giữa đặc tính của thiết bị với những điểm nút cụ thể.

Do đó, bộ phân tích mã chỉ dẫn là một công cụ thiết bị rất hiệu quả cho mục đích trên.

### ***b. Nguyên lý tạo lập mã chỉ dẫn***

Để có thể tiến hành phân tích mã chỉ dẫn của hệ thống số dùng vi xử lý, nhất thiết phải có tín hiệu thử nghiệm, đó là dãy giá trị nhị phân, nghĩa là dãy xung vuông có độ rộng xung rất nhỏ, biên độ của nó chỉ có thể nhận hai giá trị rất khác nhau theo mức điện áp, được gọi là bit 0 và bit 1.

Dãy các giá trị 0 và 1 gọi là số liệu, được tạo ra nhờ chương trình vi xử lý đặc biệt nằm bên trong thiết bị thử nghiệm. Từ dãy giá trị này hình thành tín hiệu thử nghiệm, dãy thử nghiệm.

Nguyên lý nhận mã chỉ dẫn từ dãy thử nghiệm với sự trợ giúp của thiết bị phân tích được miêu tả trên hình 9-5.

Mã chỉ dẫn được hình thành trong mạch có chứa thanh ghi dịch 16 bit (16 flip – flop), 4 bộ cộng modulo-2 mắc nối tiếp vào đường phản hồi nối từ các đầu ra của các flip-flop thứ 7,9,12 và 16



tới các đầu vào thứ hai của các bộ cộng thứ 1, 2, 3, và 4 một cách tuần tự. Thanh ghi dịch chuyển có hai đầu vào: đầu vào cơ sở, ký hiệu S (Data), được đưa vào là dãy các bit nhị phân. Và đầu vào thứ 2, ký hiệu C (Clock), được đưa vào là xung nhịp (xung đồng bộ). Như vậy, đầu vào D nhận các bit của bộ thử cơ số 2, và đầu vào nhận C nhận xung nhịp mà nó chuyển dịch bit theo bộ ghi.

Đầu vào của mạch chính là cửa vào đầu tiên của bộ cộng modulo-2 thứ nhất. Dãy tín hiệu thử nghiệm được đưa tới đây. Dãy này có thể có độ dài bất kỳ, nhưng kết thúc quá trình bao giờ cũng là một số 16 bit, được lưu lại trong thanh ghi. Số này được biểu diễn dưới dạng mã cơ số 16, đó chính là mã chỉ dẫn thu được từ dãy thử nghiệm cho trước. Chính vì số các mã hiệu trong mã chỉ dẫn nhỏ hơn nhiều so với số bit trong dãy thử nghiệm nên có thể nói thiết bị phân tích mã chỉ dẫn đã thực hiện “nén” thông tin.

Cũng cần phải lưu ý rằng mã 16 bit được dùng trong phân tích mã chỉ dẫn có một số đổi khác so với mã 16 thông thường (0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F) và được viết dưới dạng 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A C F H P U. Việc lựa chọn ký hiệu như trên có liên quan đến việc sử dụng các bộ chỉ thị, thể hiện số và chữ thông qua các segment. Sự thay đổi trên cho phép đọc mã chỉ dẫn dễ dàng hơn và không bị nhầm lẫn. Nếu vẫn sử dụng các mã 16 thông thường, sẽ rất khó phân biệt giữa chữ B với số 8, giữa chữ D với số 0 (xem mã chỉ dẫn như hình 9-6).

Mã chỉ dẫn được hình thành như sau: ở đầu vào của mạch vẽ trên hình 9-5, ta đưa sẵn thử nghiệm nhị phân với độ dài xác định, ví dụ 20 bit (hình 9-7).

Những bit này được đưa tới đầu vào D của thanh ghi sau khi đã đi qua dãy các bộ cộng modulo-2. Ở bộ cộng đầu tiên, mỗi bit của dãy thử nghiệm sẽ được cộng theo modulo-2 với bit thứ 7 của

thanh ghi, bit đầu ra của bộ cộng thứ nhất sẽ được cộng theo modulo-2 với bit thứ 6 của thanh ghi tại bộ cộng thứ 2...

Ở đây có quy luật như sau: nếu tại tất cả các cửa vào thứ 2 của 4 bộ cộng là bit 0 hoặc số chẵn các bộ cộng là bit 1, thì bit được đưa vào đầu vào của mạch sẽ được truyền tới đầu vào D của thanh ghi giữ nguyên giá trị; khi bit 1 xuất hiện ở các cửa vào thứ hai của số lẻ các bộ cộng thì tại đầu vào D của thanh ghi sẽ nhận được bit có giá trị đối so với đầu vào của mạch (theo phép cộng modulo-2 thì kết quả sẽ là 1 khi có bit khác mức logic cộng với, nếu bit cộng với cùng mức thì kết quả là 0).

Trước khi bắt đầu làm việc, tất cả các flip-flop của thanh ghi đều nằm ở trạng thái 0. Xung nhịp đầu tiên được đưa tới cửa vào C của thanh ghi sẽ cho FF1 giá trị bit đầu tiên của dãy thử nghiệm, đưa vào kênh D. Xung nhịp thứ hai sẽ đẩy bit đầu tiên sang bên trái một bước, nghĩa là từ FF1 sang FF2 và đưa tới FF1 giá trị bit thứ hai của dãy. Mỗi xung nhịp lại đẩy giá trị của thanh ghi sang bên trái một bước và đưa vào FF1 giá trị tiếp theo của dãy thử nghiệm. Toàn bộ quá trình này được kết thúc khi và chỉ khi bit thứ 20 của dãy thử nghiệm (trong ví dụ đang xét, chiều dài dãy thử nghiệm là 20), được đưa vào FF1 (sau khi đã đi qua dãy các bộ cộng modulo-2). Mã được tạo thành trong thanh ghi được biểu diễn theo hệ cơ số 16 và nhận được mã chỉ dẫn của dãy thử nghiệm đã cho.

Bây giờ ta xét mối tương quan giữa các mẫu ở dạng nhị phân tại đầu ra và đầu vào của chuỗi bộ cộng modulo-2.

Giả sử rằng chuỗi cập nhật có  $n$  bit ở đầu vào:  $a_1, a_2, \dots, a_n$ , trong đó  $a_i$  là bằng 0 hay bằng 1.

Do đã có quy ước tại thời điểm làm việc ban đầu, đầu ra của các flip-flop của thanh ghi ở trạng thái logic, nên giá trị các đường

hồi tiếp từ đầu ra của các flip-flop 7, 9, 12 và 16 được duy trì ở giá trị 0 logic ít ra trong thòi gian tính bằng 7 xung nhịp. Như vậy tính từ thòi điểm bắt đầu xuất hiện xung nhịp (clock) thứ nhất tới thòi điểm kết thúc xung nhịp thứ 7, thì bit vào thứ 2 của các bộ cộng modulo-1 ở mức 0. Căn cứ vào bảng trạng thái của bộ cộng modulo-2, ta khẳng định chắc chắn rằng trong khoảng thòi gian này giá trị của các bit thuộc chuỗi mẫu kiểm tra qua chuỗi bộ cộng modulo-2 hoàn toàn không bị thay đổi. Như vậy 7 bit đầu của hai chuỗi đầu vào và đầu ra là trùng nhau;  $a_i = b_i$ , với  $i = 1, 2, 3, \dots, 9$ .

Từ bit thứ 8 trở đi, bit thứ  $i$  có giá trị 0 hay 1, được xác định bởi sự cân bằng:

ở đây  $i$  nằm trong dải từ 8 đến  $n$ ;  $\square$  là số bù của  $a_i$ ;  $\square$  là cộng của modulo  $-2$ .

Nếu trọng số của bit  $b_{ik}$  nhỏ hơn hay bằng 0 ( $i < k$ ) thì có thể bỏ qua sự có mặt của bit đó trong biểu thức cộng modulo  $-2$  trên.

Ví dụ:

Giả sử bit đó là  $b_{10}$ ,  $i = 10$  rõ ràng là:

bỏ qua  $b_{i-16}$  và  $b_{i-12}$

$$i - 9 = 1$$

$$i - 7 = 3$$

Để có được mã ký hiệu ở dạng nhị phân, ta loại bỏ trước các bit có thứ tự từ  $(n-16)$  trở đi trong chuỗi bit  $b_1, b_2, \dots, b_n$ ; 16 bit còn lại sẽ là mã ký hiệu chỉ dẫn mong muốn ở dạng nhị phân.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Vũ Quý Điềm, *Cơ sở kỹ thuật đo lường điện tử*, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, 2001.
- [2]. Nguyễn Ngọc Tân, *Kỹ thuật đo*, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, 2001.
- [3]. Phạm Thượng Hàn, *Kỹ thuật đo lường các đại lượng vật lý*, tập1, tập 2, Nhà xuất bản giáo dục, 1996.
- [4]. Bùi Văn Sáng, *Đo lường điện - vô tuyến điện*, Học viện Kỹ thuật Quân sự, 1996.
- [5]. Bob Witte, *Electronic Test Instruments: Analog and Digital Measurement*, Prentice Hall, 2002.
- [6]. Joseph J. Carr, *Elements of Electronic Instrumentation and Measurement*, 1996.
- [7]. Clyde F. Coombs, *Electronic Instrument Handbook*, McGraw-Hill, 1999.
- [8]. Albert D. Helfrick, William D. Cooper, *Modern Electronic Instrumentation and Measurement Techniques*, Prentice Hall, 1990.
- [9]. David Buchla, Wane McLachlan, *Applied Electronic Instrumentation and Measurement*, Macmillan 1992.



# Bài Giảng

## Kỹ thuật Đo lường Điện

**MỤC LỤC**

<b>LỜI NÓI ĐẦU.....</b>	<b>3</b>
<b>PHẦN I: ĐẠI CƯƠNG VỀ ĐO LƯỜNG ĐIỆN .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 KHÁI NIỆM VỀ ĐO LƯỜNG ĐIỆN.....</b>	<b>4</b>
1.1.1. <i>Khái niệm về đo lường.</i> .....	4
1.1.2. <i>Khái niệm về đo lường điện.</i> .....	4
1.1.3. <i>Các phương pháp đo.</i> .....	4
<b>1.2. CÁC SAI SỐ VÀ TÍNH SAI SỐ.....</b>	<b>7</b>
1.2.1. <i>Khái niệm về sai số.</i> .....	7
1.2.2. <i>Các loại sai số.</i> .....	8
1.2.3. <i>Phương pháp tính sai số.</i> .....	10
1.2.4. <i>Các phương pháp hạn chế sai số.</i> .....	11
<b>PHẦN II. CÁC LOẠI CƠ CẤU ĐO THÔNG DỤNG .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1. KHÁI NIỆM VỀ CƠ CẤU ĐO.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2. CÁC LOẠI CƠ CẤU ĐO. ....</b>	<b>13</b>
2.2.1. <i>Cơ cấu đo từ điện.</i> .....	13
2.2.2. <i>Cơ cấu đo điện từ.</i> .....	16
2.2.3. <i>Cơ cấu đo điện động.</i> .....	17
2.2.4. <i>Cơ cấu đo cảm ứng.</i> .....	18
<b>PHẦN III. ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐIỆN CƠ BẢN .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1. ĐO ĐẠI LƯỢNG U, I.....</b>	<b>20</b>
3.1.1. <i>Đo dòng điện.</i> .....	20
3.1.2. <i>Đo điện áp.</i> .....	26
<b>3.2. ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG R, L, C.....</b>	<b>34</b>
3.2.1. <i>Đo điện trở.</i> .....	34
3.2.2. <i>Đo điện cảm.</i> .....	41
3.2.3. <i>Đo điện dung.</i> .....	43
3.3.1. <i>Đo tần số.</i> .....	43
3.3.2. <i>Đo công suất và điện năng (năng lượng).</i> .....	45
<b>PHẦN IV. SỬ DỤNG CÁC LOẠI MÁY ĐO THÔNG DỤNG .....</b>	<b>53</b>
<b>4.1. SỬ DỤNG VOM, MΩ. ....</b>	<b>53</b>
4.1.1. <i>Sử dụng VOM.</i> .....	53
4.1.2. <i>Sử dụng MΩ.</i> .....	55
<b>4.2. SỬ DỤNG AMPE KÌM, OSC. ....</b>	<b>56</b>
4.2.1. <i>Sử dụng AMPE KÌM.</i> .....	56
4.2.2. <i>Sử dụng Dao động ký (Oscilloscope).</i> .....	59
<b>4.3. SỬ DỤNG MÁY BIẾN ÁP ĐO LƯỜNG. ....</b>	<b>69</b>
4.3.1. <i>Máy biến điện áp.</i> .....	69
4.3.2. <i>Máy biến dòng điện.</i> .....	71
<b>PHẦN V. TÀI LIỆU CẦN THAM KHẢO.....</b>	<b>74</b>

***Lời nói đầu***

Môn học kỹ thuật đo lường trình bày các kiến thức về kỹ thuật đo dùng trong ngành điện hiện nay. Giới thiệu những phép đo cơ bản để ứng dụng cho các ngành sản xuất công nghiệp.

Kỹ thuật Đo lường Điện là môn học nghiên cứu các phương pháp đo các đại lượng vật lý: đại lượng điện: điện áp, dòng điện, công suất,... và đại lượng không điện: nhiệt độ, độ ẩm, vận tốc...

Bài giảng Kỹ thuật Đo lường Điện được biên soạn dựa trên các giáo trình và tài liệu tham khảo mới nhất hiện nay, được dùng làm tài liệu tham khảo cho sinh viên các ngành: Điện công nghiệp, Điện dân dụng, Kỹ thuật Viễn thông, Kỹ thuật Thông tin, Tự động hoá, Trang thiết bị điện, Tín hiệu Giao thông.

Cung cấp cho sinh viên những kiến thức cơ bản và chuyên sâu về kỹ thuật đo lường trong ngành điện. Trình bày các dụng cụ đo, nguyên lý đo và phương pháp đo các thông số. Trên cơ sở đó, người học biết cách sử dụng dụng cụ đo và xử lý kết quả đo trong công việc sau này.

Trong quá trình biên soạn, đã được các đồng nghiệp đóng góp nhiều ý kiến, mặc dù cố gắng sửa chữa, bổ sung cho cuốn sách được hoàn chỉnh hơn, song chắc chắn không tránh khỏi những thiếu sót, hạn chế.

Mong nhận được các ý kiến đóng góp của bạn đọc.

## **Phần I: ĐẠI CƯƠNG VỀ ĐO LƯỜNG ĐIỆN**

Trong quá trình nghiên cứu khoa học nói chung và cụ thể là từ việc nghiên cứu, thiết kế, chế tạo, thử nghiệm cho đến khi vận hành, sửa chữa các thiết bị, các quá trình công nghệ... đều yêu cầu phải biết rõ các thông số của đối tượng để có các quyết định phù hợp. Sự đánh giá các thông số quan tâm của các đối tượng nghiên cứu được thực hiện bằng cách đo các đại lượng vật lý đặc trưng cho các thông số đó.

### **1.1 KHÁI NIỆM VỀ ĐO LƯỜNG ĐIỆN.**

#### **1.1.1. Khái niệm về đo lường.**

Đo lường là một quá trình đánh giá định lượng đại lượng cần đo để có kết quả bằng số so với đơn vị đo. Kết quả đo lường ( $A_x$ ) là giá trị bằng số, được định nghĩa bằng tỉ số giữa đại lượng cần đo ( $X$ ) và đơn vị đo ( $X_0$ ):

Kết quả đo được biểu diễn dưới dạng:  $A = \frac{X}{X_0}$  và ta có  $X = A \cdot X_0$

Trong đó:  $X$  - đại lượng đo

$X_0$  - đơn vị đo

$A$  - con số kết quả đo.

Từ (1.1) có phương trình cơ bản của phép đo:  $X = A_x \cdot X_0$ , chỉ rõ sự so sánh  $X$  so với  $X_0$ , như vậy muốn đo được thì đại lượng cần đo  $X$  phải có tính chất là các giá trị của nó có thể so sánh được, khi muốn đo một đại lượng không có tính chất so sánh được thường phải chuyển đổi chúng thành đại lượng có thể so sánh được.

#### **1.1.2. Khái niệm về đo lường điện.**

Đại lượng nào so sánh được với mẫu hay chuẩn thì mới đo được. Nếu các đại lượng không so sánh được thì phải chuyển đổi về đại lượng so sánh được với mẫu hay chuẩn rồi đo. Đo lường điện là một quá trình đánh giá định lượng đại lượng điện cần đo để có kết quả bằng số so với đơn vị đo.

#### **1.1.3. Các phương pháp đo.**

Phương pháp đo là việc phối hợp các thao tác cơ bản trong quá trình đo, bao gồm các thao tác: xác định mẫu và thành lập mẫu, so sánh, biến đổi, thể hiện kết quả hay chỉ thị. Các phương pháp đo khác nhau phụ thuộc vào các phương pháp nhận thông tin đo và nhiều yếu tố khác như đại lượng đo lớn hay nhỏ, điều kiện đo, sai số, yêu cầu...

Tùy thuộc vào đối tượng đo, điều kiện đo và độ chính xác yêu cầu của phép đo mà người quan sát phải biết chọn các phương pháp đo khác nhau để thực hiện tốt quá



trình đo lường. Có thể có nhiều phương pháp đo khác nhau nhưng trong thực tế thường phân thành 2 loại phương pháp đo chính là phương pháp đo biến đổi thẳng và phương pháp đo kiểu so sánh.

**1.1.3.1. Phương pháp đo biến đổi thẳng**

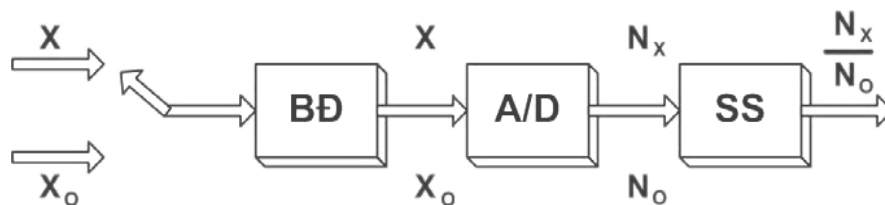
- **Định nghĩa:** là phương pháp đo có sơ đồ cấu trúc theo kiểu biến đổi thẳng, nghĩa là không có khâu phản hồi.

- **Quá trình thực hiện:**

\* Đại lượng cần đo X qua các khâu biến đổi để biến đổi thành con số  $N_x$ , đồng thời đơn vị của đại lượng đo  $X_o$  cũng được biến đổi thành con số  $N_o$ .

\* Tiến hành quá trình so sánh giữa đại lượng đo và đơn vị (thực hiện phép chia  $N_x/N_o$ ),

\* Thu được kết quả đo:  $A_x = X/X_o = N_x/N_o$ .



Hình 1.2. Lưu đồ phương pháp đo biến đổi thẳng.

Quá trình này được gọi là quá trình biến đổi thẳng, thiết bị đo thực hiện quá trình này gọi là thiết bị đo biến đổi thẳng. Tín hiệu đo X và tín hiệu đơn vị  $X_o$  sau khi qua khâu biến đổi (có thể là một hay nhiều khâu nối tiếp) có thể được qua bộ biến đổi tương tự - số A/D để có  $N_x$  và  $N_o$ , qua khâu so sánh có  $N_x/N_o$ .

Dụng cụ đo biến đổi thẳng thường có sai số tương đối lớn vì tín hiệu qua các khâu biến đổi sẽ có sai số bằng tổng sai số của các khâu, vì vậy dụng cụ đo loại này thường được sử dụng khi độ chính xác yêu cầu của phép đo không cao lắm.

**1.1.3.2. Phương pháp đo kiểu so sánh:**

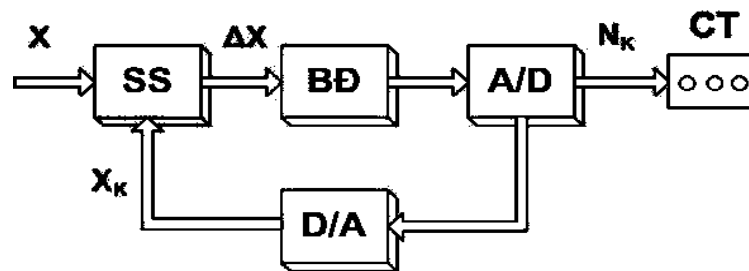
- **Định nghĩa:** là phương pháp đo có sơ đồ cấu trúc theo kiểu mạch vòng, nghĩa là có khâu phản hồi.

- **Quá trình thực hiện:**

+ Đại lượng đo X và đại lượng mẫu  $X_o$  được biến đổi thành một đại lượng vật lý nào đó thuận tiện cho việc so sánh.

+ Quá trình so sánh X và tín hiệu XK (tỉ lệ với  $X_o$ ) diễn ra trong suốt quá trình đo, khi hai đại lượng bằng nhau đọc kết quả XK sẽ có được kết quả đo.

Quá trình đo như vậy gọi là quá trình đo kiểu so sánh. Thiết bị đo thực hiện quá trình này gọi là thiết bị đo kiểu so sánh (hay còn gọi là kiểu bù).



Hình 1.3. Lưu đồ phương pháp đo kiểu so sánh.

+ **Các phương pháp so sánh:** bộ so sánh SS thực hiện việc so sánh đại lượng đo X và đại lượng tỉ lệ với mẫu  $X_K$ , qua bộ so sánh có:  $\Delta_X = X - X_K$ . Tùy thuộc vào cách so sánh mà sẽ có các phương pháp sau:

- **So sánh cân bằng:**

\* **Quá trình thực hiện:** đại lượng cần đo X và đại lượng tỉ lệ với mẫu  $X_K = N_K \cdot X_O$  được so sánh với nhau sao cho  $\Delta_X = 0$ , từ đó suy ra  $X = X_K = N_K \cdot X_O$

+ suy ra kết quả đo:  $A_X = X/X_O = N_K$ . Trong quá trình đo,  $X_K$  phải thay đổi khi X thay đổi để được kết quả so sánh là  $\Delta_X = 0$  từ đó suy ra kết quả đo.

\* **Độ chính xác:** phụ thuộc vào độ chính xác của  $X_K$  và độ nhạy của thiết bị chỉ thị cân bằng (độ chính xác khi nhận biết  $\Delta_X = 0$ ).

**Ví dụ:** cầu đo, điện thế kế cân bằng

- **So sánh không cân bằng:**

\* **Quá trình thực hiện:** đại lượng tỉ lệ với mẫu  $X_K$  là không đổi và biết trước, qua bộ so sánh có được  $\Delta_X = X - X_K$ , đo  $\Delta_X$  sẽ có được đại lượng đo  $X = \Delta_X + X_K$  từ đó có kết quả đo:  $A_X = X/X_O = (\Delta_X + X_K)/X_O$ .

\* **Độ chính xác:** độ chính xác của phép đo chủ yếu do độ chính xác của  $X_K$  quyết định, ngoài ra còn phụ thuộc vào độ chính xác của phép đo  $\Delta_X$ , giá trị của  $\Delta_X$  so với X (độ chính xác của phép đo càng cao khi  $\Delta_X$  càng nhỏ so với X).

Phương pháp này thường được sử dụng để đo các đại lượng không điện, như đo ứng suất (dùng mạch cầu không cân bằng), đo nhiệt độ...

- **So sánh không đồng thời:**

\* **Quá trình thực hiện:** dựa trên việc so sánh các trạng thái đáp ứng của thiết bị đo khi chịu tác động tương ứng của đại lượng đo X và đại lượng tỉ lệ với mẫu  $X_K$ , khi hai trạng thái đáp ứng bằng nhau suy ra  $X = X_K$ .

Đầu tiên dưới tác động của  $X$  gây ra một trạng thái nào đó trong thiết bị đo, sau đó thay  $X$  bằng đại lượng mẫu  $X_K$  thích hợp sao cho cũng gây ra đúng trạng thái như khi  $X$  tác động, từ đó suy ra  $X = X_K$ . Như vậy rõ ràng là  $X_K$  phải thay đổi khi  $X$  thay đổi.

\* **Độ chính xác:** phụ thuộc vào độ chính xác của  $X_K$ . Phương pháp này chính xác vì khi thay  $X_K$  bằng  $X$  thì mọi trạng thái của thiết bị đo vẫn giữ nguyên. Thường thì giá trị mẫu được đưa vào khắc độ trước, sau đó qua các vạch khắc mẫu để xác định giá trị của đại lượng đo  $X$ . Thiết bị đo theo phương pháp này là các thiết bị đánh giá trực tiếp như vônmet, amperemét chỉ thị kim.

- **So sánh đồng thời:**

\* **Quá trình thực hiện:** so sánh cùng lúc nhiều giá trị của đại lượng đo  $X$  và đại lượng mẫu  $X_K$ , căn cứ vào các giá trị bằng nhau suy ra giá trị của đại lượng đo.

**Ví dụ:** xác định 1 inch bằng bao nhiêu mm: lấy thước có chia độ mm (mẫu), thước kia theo inch (đại lượng cần đo), đặt điểm 0 trùng nhau, đọc được các điểm trùng nhau là: 127mm và 5 inch, 254mm và 10 inch, từ đó có được:  $1 \text{ inch} = 127/5 = 254/10 = 25,4 \text{ mm}$

Trong thực tế thường sử dụng phương pháp này để thử nghiệm các đặc tính của các cảm biến hay của thiết bị đo để đánh giá sai số của chúng.

Từ các phương pháp đo trên có thể có các cách thực hiện phép đo là:

- **Đo trực tiếp :** kết quả có chỉ sau một lần đo
- **Đo gián tiếp:** kết quả có bằng phép suy ra từ một số phép đo trực tiếp
- **Đo hợp bộ:** như gián tiếp nhưng phải giả một phương trình hay một hệ phương trình mới có kết quả
- **Đo thống kê:** đo nhiều lần và lấy giá trị trung bình mới có kết quả

## **1.2. CÁC SAI SỐ VÀ TÍNH SAI SỐ.**

### **1.2.1. Khái niệm về sai số.**

Ngoài sai số của dụng cụ đo, việc thực hiện quá trình đo cũng gây ra nhiều sai số. Nguyên nhân của những sai số này gồm:

- Phương pháp đo được chọn.
- Mức độ cẩn thận khi đo.

Do vậy kết quả đo lường không đúng với giá trị chính xác của đại lượng đo mà có

sai số, gọi là sai số của phép đo. Như vậy muốn có kết quả chính xác của phép đo thì trước khi đo phải xem xét các điều kiện đo để chọn phương pháp đo phù hợp, sau khi đo cần phải gia công các kết quả thu được nhằm tìm được kết quả chính xác.

### **1.2.2. Các loại sai số.**

*\* Sai số tuyệt đối, sai số tương đối, sai số hệ thống.*

- **Sai số của phép đo:** là sai số giữa kết quả đo lường so với giá trị chính xác của đại lượng đo.

- **Giá trị thực Xth của đại lượng đo:** là giá trị của đại lượng đo xác định được với một độ chính xác nào đó (thường nhờ các dụng cụ mẫu có cấp chính xác cao hơn dụng cụ đo được sử dụng trong phép đo đang xét).

*Giá trị chính xác (giá trị đúng) của đại lượng đo thường không biết trước, vì vậy khi đánh giá sai số của phép đo thường sử dụng giá trị thực Xth của đại lượng đo.*

Như vậy ta chỉ có sự đánh giá gần đúng về kết quả của phép đo. Việc xác định sai số của phép đo - tức là xác định độ tin tưởng của kết quả đo là một trong những nhiệm vụ cơ bản của đo lường học. Sai số của phép đo có thể phân loại theo cách thể hiện bằng số, theo nguồn gây ra sai số hoặc theo qui luật xuất hiện của sai số.

Tiêu chí phân loại Theo cách thể hiện bằng số

Theo nguồn gây ra sai số

Theo qui luật xuất hiện của sai số

Loại sai số

- Sai số tuyệt đối.
- Sai số tương đối.
- Sai số phương pháp.
- Sai số thiết bị.
- Sai số chủ quan.
- Sai số bên ngoài.
- Sai số hệ thống.
- Sai số ngẫu nhiên.

<b>Tiêu chí phân loại</b>	<b>Theo cách thể hiện bằng số</b>	<b>Theo nguồn gây ra sai số</b>	<b>Theo qui luật xuất hiện của sai số</b>
Loại sai số	- Sai số tuyệt đối - Sai số tương đối	- Sai số phương pháp - Sai số thiết bị. - Sai số chủ quan. - Sai số bên ngoài.	- Sai số hệ thống. - Sai số ngẫu nhiên

*Bảng 2.1. Phân loại sai số của phép đo.*

\* **Sai số tuyệt đối  $\Delta X$** : là hiệu giữa đại lượng đo X và giá trị thực  $X_{th}$  :

$$\Delta X = X - X_{th}$$

\* **Sai số tương đối  $\gamma_X$**  : là tỉ số giữa sai số tuyệt đối và giá trị thực tính bằng

phần trăm:  $\left| \frac{\Delta X}{X_{th}} \right| \cdot 100(\%)$ ;

Vì  $X \approx X_{th}$  nên có thể có:  $\left| \frac{\Delta X}{X} \right| \cdot 100(\%)$

Sai số tương đối đặc trưng cho chất lượng của phép đo.

**Độ chính xác của phép đo  $\varepsilon$**  : đại lượng nghịch đảo của sai số tương đối:

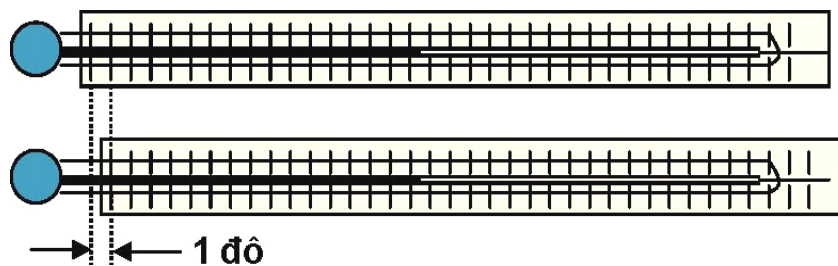
$$\varepsilon = \frac{1}{\left| \frac{\Delta X}{X_{th}} \right|}$$

\* **Sai số hệ thống (systematic error)**: thành phần sai số của phép đo luôn không đổi hoặc thay đổi có qui luật khi đo nhiều lần một đại lượng đo.

*Qui luật thay đổi có thể là một phía (dương hay âm), có chu kỳ hoặc theo một qui luật phức tạp nào đó.*

*Ví dụ: sai số hệ thống không đổi có thể là: sai số do khắc độ thang đo (vạch khắc độ bị lệch...), sai số do hiệu chỉnh dụng cụ đo không chính xác (chỉnh đường tâm ngang sai trong dao động ký...)...*

*Sai số hệ thống thay đổi có thể là sai số do sự dao động của nguồn cung cấp (pin yếu, ổn áp không tốt...), do ảnh hưởng của trường điện từ...*



Hình 2.1. Sai số hệ thống do khắc vạch là 1 đ - khi đọc cần hiệu chỉnh thêm 1 đ.

### 1.2.3. Phương pháp tính sai số.

Dựa vào số lớn các giá trị đo được có thể xác định qui luật thay đổi của sai số ngẫu nhiên nhờ sử dụng các phương pháp toán học thống kê và lý thuyết xác suất. Nhiệm vụ của việc tính toán sai số ngẫu nhiên là chỉ rõ giới hạn thay đổi của sai số của kết quả đo khi thực hiện phép đo nhiều lần, như vậy phép đo nào có kết quả với sai số ngẫu nhiên vượt quá giới hạn sẽ bị loại bỏ.

- **Cơ sở toán học:** việc tính toán sai số ngẫu nhiên dựa trên giả thiết là sai số ngẫu nhiên của các phép đo các đại lượng vật lý thường tuân theo luật phân bố chuẩn (luật phân bố Gau-xơ-Gauss). Nếu sai số ngẫu nhiên vượt quá một giá trị nào đó thì xác suất xuất hiện sẽ hầu như bằng không và vì thế kết quả đo nào có sai số ngẫu nhiên như vậy sẽ bị loại bỏ.

#### - Các bước tính sai số ngẫu nhiên:

Xét n phép đo với các kết quả đo thu được là  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

\*. **Tính ước lượng kì vọng toán học  $m_x$  của đại lượng đo:**

$$m_x = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

chính là giá trị trung bình đại số của n kết quả đo.

\*. **Tính độ lệch của kết quả mỗi lần đo so với giá trị trung bình vi :**



$$v_i = x_i - \bar{x}$$

$v_i$  (còn gọi là sai số dư).

\*. **Tính khoảng giới hạn của sai số ngẫu nhiên:** được tính trên cơ sở đường phân bố chuẩn:  $\pm \sigma$ , thường chọn:  $\pm 2\sigma$  với:

$$\pm \sigma = \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n(n-1)}}$$

với xác suất xuất hiện sai số ngẫu nhiên ngoài khoảng này là 34%.

\* **Xử lý kết quả đo:** những kết quả đo nào có sai số dư vi nằm ngoài khoảng   sẽ bị loại.

#### **1.2.4. Các phương pháp hạn chế sai số**

Một trong những nhiệm vụ cơ bản của mỗi phép đo chính xác là phải phân tích các nguyên nhân có thể xuất hiện và loại trừ sai số hệ thống. Mặc dù việc phát hiện sai số hệ thống là phức tạp, nhưng nếu đã phát hiện thì việc loại trừ sai số hệ thống sẽ không khó khăn.

\* **Việc loại trừ sai số hệ thống có thể tiến hành bằng cách:**

- **Chuẩn bị tốt trước khi đo:** phân tích lý thuyết; kiểm tra dụng cụ đo trước khi sử dụng; chuẩn bị trước khi đo; chỉnh "0" trước khi đo...

- **Quá trình đo có phương pháp phù hợp:** tiến hành nhiều phép đo bằng các phương pháp khác nhau; sử dụng phương pháp thế...

- **Xử lý kết quả đo sau khi đo:** sử dụng cách bù sai số ngược dấu (cho một lượng hiệu chỉnh với dấu ngược lại); trong trường hợp sai số hệ thống không đổi thì có thể loại được bằng cách đưa vào một lượng hiệu chỉnh hay một hệ số hiệu chỉnh:

+ **Lượng hiệu chỉnh:** là giá trị cùng loại với đại lượng đo được đưa thêm vào kết quả đo nhằm loại sai số hệ thống.

+ **Hệ số hiệu chỉnh:** là số được nhân với kết quả đo nhằm loại trừ sai số hệ thống.

*Trong thực tế không thể loại trừ hoàn toàn sai số hệ thống. Việc giảm ảnh hưởng sai số hệ thống có thể thực hiện bằng cách chuyển thành sai số ngẫu nhiên.*

\* **Xử lý kết quả đo.**

*Như vậy sai số của phép đo gồm 2 thành phần: sai số hệ thống  $\theta$  - không đổi hoặc thay đổi có qui luật và sai số ngẫu nhiên  $\Delta$  - thay đổi một cách ngẫu nhiên không có qui luật. Trong quá trình đo hai loại sai số này xuất hiện đồng thời và sai số phép đo  $\Delta X$  được biểu diễn dưới dạng tổng của hai thành phần sai số đó:  $\Delta X = \theta + \Delta$ . Để nhận được các kết quả sai lệch ít nhất so với giá trị thực của đại lượng đo cần phải tiến hành đo nhiều lần và thực hiện gia công (xử lý) kết quả đo (các số liệu nhận được sau khi đo).*

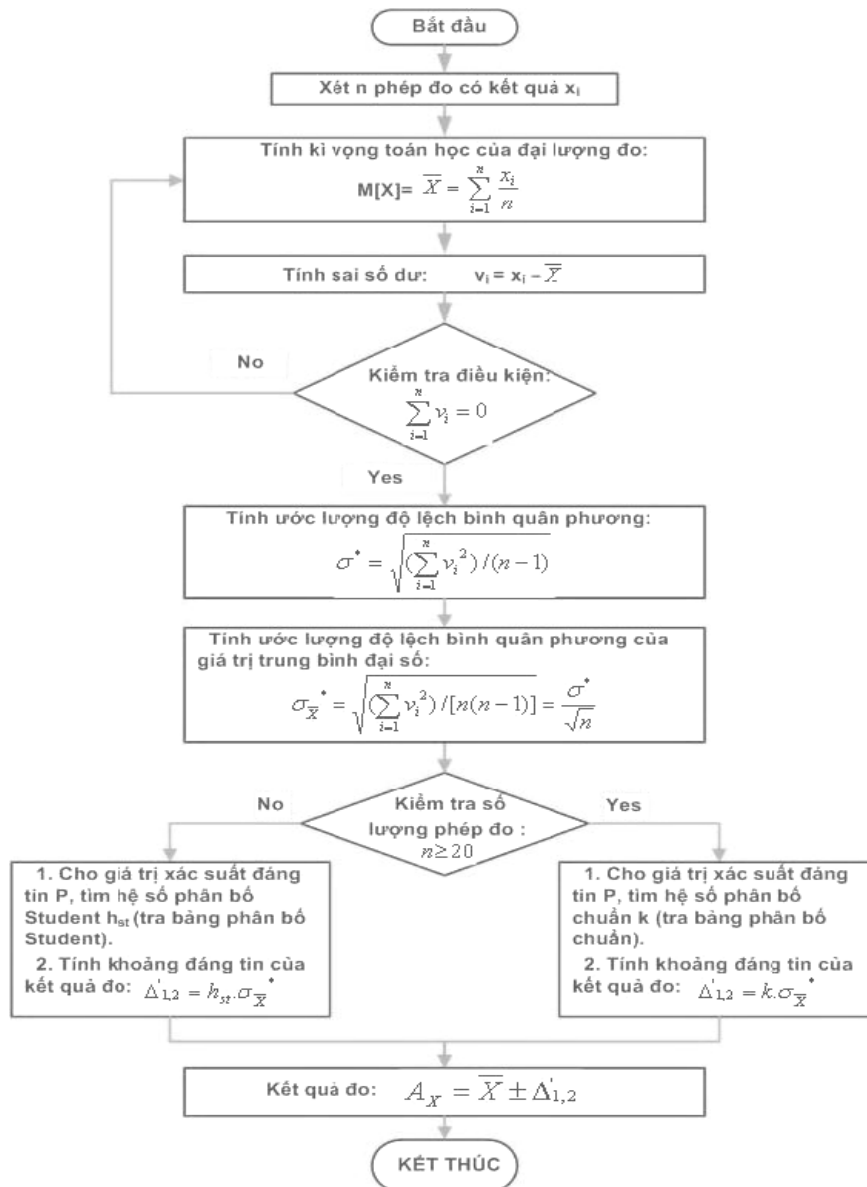
Sau  $n$  lần đo sẽ có  $n$  kết quả đo  $x_1, x_2, \dots, x_n$  là số liệu chủ yếu để tiến hành gia công kết quả đo.

\* **Loại trừ sai số hệ thống.**

Việc loại trừ sai số hệ thống sau khi đo được tiến hành bằng các phương pháp.

- Sử dụng cách bù sai số ngược dấu

- Đưa vào một lượng hiệu chỉnh hay một hệ số hiệu chỉnh



Hình 2.2. Lưu đồ thuật toán quá trình gia công kết quả đo.

## Phần II. CÁC LOẠI CƠ CẤU ĐO THÔNG DỤNG

### 2.1. KHÁI NIỆM VỀ CƠ CẤU ĐO.

Cơ cấu đo là thành phần cơ bản để tạo nên các dụng cụ và thiết bị đo lường ở dạng tương tự (analog) và hiện số Digitans.

- Ở dạng tương tự (analog) là dụng cụ đo biến đổi thẳng: đại lượng cần đo X như điện áp, dòng điện, tần số, góc pha... được biến đổi thành góc quay  $\alpha$  của phần động(so với phần tĩnh), tức là biến đổi từ năng lượng điện từ thành năng lượng cơ học.

Từ đó có biểu thức quan hệ:



■ X) với X là đại lượng điện.

Các cơ cấu chỉ thị này thường dùng trong các dụng cụ đo các đại lượng: dòng điện, điện áp, công suất, tần số, góc pha, điện trở... của mạch điện một chiều và xoay chiều tần số công nghiệp.

- Hiện số (Digitans) là cơ cấu chỉ thị số ứng dụng các kỹ thuật điện tử và kỹ thuật máy tính để biến đổi và chỉ thị đại lượng đo.

Có nhiều loại thiết bị hiện số khác nhau như: đèn sợi đốt, đèn điện tích, LED 7 thanh, màn hình tinh thể lỏng LCD, màn hình cảm ứng...

## **2.2. CÁC LOẠI CƠ CẤU ĐO.**

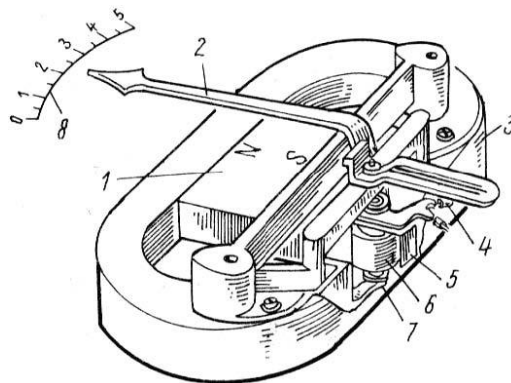
### **2.2.1. Cơ cấu đo từ điện..**

**\* lôgômét từ điện (Permanent Magnet Moving Coil).**

**a) Cấu tạo chung:** gồm hai phần cơ bản: phần tĩnh và phần động:

- **Phần tĩnh:** gồm: nam châm vĩnh cửu 1; mạch từ và cực từ 3 và lõi sắt 6 hình thành mạch từ kín. Giữa cực từ 3 và lõi sắt 6 có khe hở không khí đều gọi là khe hở làm việc, ở giữa đặt khung dây quay chuyển động.

- **Phần động:** gồm: khung dây quay 5 được quấn bằng dây đồng. Khung dây được gắn vào trục quay (hoặc dây căng, dây treo). Trên trục quay có hai lò xo cân 7 mắc ngược nhau, kim chỉ thị 2 và thang đo 8.



Hình 2.1. Cơ cấu chỉ thị từ điện.

**b) Nguyên lý làm việc chung:** khi có dòng điện chạy qua khung dây 5 (phần động), dưới tác động của từ trường nam châm vĩnh cửu 1 (phần tĩnh) sinh ra mômen quay  $M_q$  làm khung dây lệch khỏi vị trí ban đầu một góc  $\alpha$ . Mômen quay được tính theo biểu thức:

$$M_q = B.S.W.I$$

với B: độ từ cảm của nam châm vĩnh cửu

S: tiết diện khung dây

W: số vòng dây của khung dây

Tại vị trí cân bằng, mômen quay bằng mômen cản:

$$M_q = M_c \cdot B.S.W.I \cdot D \cdot \frac{1}{D} \cdot B.S.W.I \cdot S_l \cdot I$$

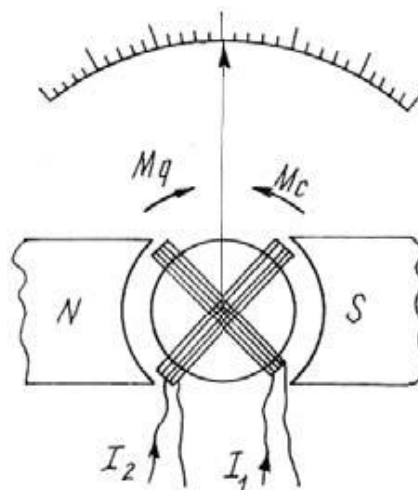
Với một cơ cấu chỉ thị cụ thể do B, S, W, D là hằng số nên góc lệch  $\alpha$  tỷ lệ bậc nhất với dòng điện I chạy qua khung dây.

**c) Các đặc tính chung:** từ biểu thức (5.1) suy ra cơ cấu chỉ thị từ điện có các đặc tính cơ bản sau:

- Chỉ đo được dòng điện một chiều.
- Đặc tính của thang đo đều.
- Độ nhạy  $S_l = \frac{1}{D} \cdot B.S.W$  là hằng số
- **Ưu điểm:** độ chính xác cao; ảnh hưởng của từ trường ngoài không đáng kể (do từ trường là do nam châm vĩnh cửu sinh ra); công suất tiêu thụ nhỏ nên ảnh hưởng không đáng kể đến chế độ của mạch đo; độ cản dẹt tốt; thang đo đều (do góc quay tuyến tính theo dòng điện).
- **Nhược điểm:** chế tạo phức tạp; chịu quá tải kém (do cuộn dây của khung quay nhỏ); độ chính xác của phép đo bị ảnh hưởng lớn bởi nhiệt độ, chỉ đo dòng một chiều.
- **Ứng dụng:** cơ cấu chỉ thị từ điện dùng để chế tạo ampemét vônmet, ômmét nhiều thang đo và có dải đo rộng; độ chính xác cao (cấp 0,1 ÷ 0,5).
  - + Chế tạo các loại ampemét, vônmet, ômmét nhiều thang đo, dải đo rộng.
  - + Chế tạo các loại điện kế có độ nhạy cao có thể đo được: dòng đến 10-12A, áp đến 10 - 4V, đo điện lượng, phát hiện sự lệch điểm không trong mạch cần đo hay trong điện thế kế.
  - + Sử dụng trong các mạch dao động ký ánh sáng để quan sát và ghi lại các giá trị tức thời của dòng áp, công suất tần số có thể đến 15kHz; được sử dụng để chế tạo các đầu rung.
  - + Làm chỉ thị trong các mạch đo các đại lượng không điện khác nhau.
  - + Chế tạo các dụng cụ đo điện tử tương tự: vônmet điện tử, tần số kế điện tử, pha kế điện tử...
  - + Dùng với các bộ biến đổi khác như chỉnh lưu, cảm biến cặp nhiệt để có thể đo được dòng, áp xoay chiều.

**d) Lôgômét từ điện:** là loại cơ cấu chỉ thị để đo tỉ số hai dòng điện, hoạt động theo nguyên lý giống cơ cấu chỉ thị điện từ, chỉ khác là không có lò xo cản mà thay bằng một khung dây thứ hai tạo ra mômen có hướng chống lại mômen quay của khung dây thứ nhất.

**Nguyên lý làm việc:** trong khe hở của từ trường của nam châm vĩnh cửu đặt phần động gồm hai khung quay đặt lệch nhau góc  $\delta$  ( $300 \div 900$ ). Hai khung dây gắn vào một trục chung. Dòng điện  $I_1$  và  $I_2$  đưa vào các khung dây bằng các dây dẫn không mômen.



Hình 2.2. Lôgômét từ điện

- Dòng  $I_1$  sinh ra mômen quay  $M_q$ :  $M_q \propto I_1 \cdot \frac{d\Phi_1}{d\alpha}$

- Dòng  $I_2$  sinh ra mômen cản  $M_c$ :  $M_c \propto I_2 \cdot \frac{d\Phi_2}{d\alpha}$

với  $\Phi_1, \Phi_2$ : từ thông của nam châm móc vòng qua các khung dây, thay đổi theo  $\alpha$ .

Dấu của  $M_q$  và  $M_c$  ngược nhau. Các giá trị cực đại của các mômen lệch nhau góc  $\delta$ .

Ở trạng thái cân bằng có:

$$M_q \propto M_c \propto \frac{d\Phi_1}{d\alpha} = I_2 \cdot \frac{d\Phi_2}{d\alpha} \propto I_2 \cdot \frac{d}{d\alpha} \left( \frac{f_1(\alpha)}{f_2(\alpha)} \right)$$

với  $f_1(\alpha), f_2(\alpha)$  là các đại lượng xác định tốc độ thay đổi của từ thông móc vòng.

Từ biểu thức trên có:  $\propto F\left(\frac{I_1}{I_2}\right)$

**Đặc tính cơ bản:** góc lệch  $\alpha$  tỉ lệ với tỉ số của hai dòng điện đi qua các khung dây.

**Ứng dụng:** lôgômét từ điện được ứng dụng để đo điện trở, tần số và các đại lượng không điện.

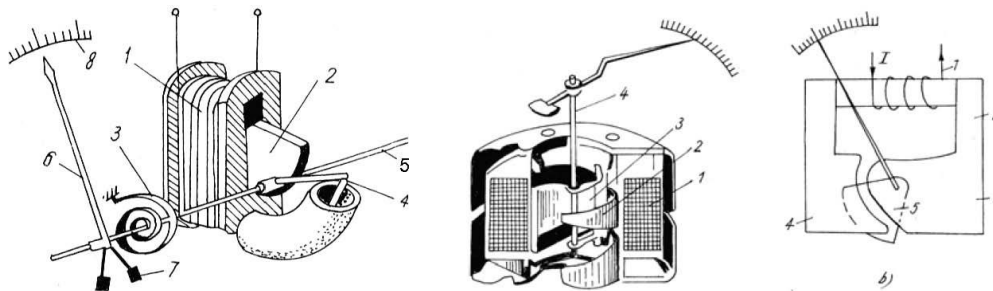
**2.2.2. Cơ cấu đo điện từ.**

*\* lôgômet điện từ.*

**a) Cấu tạo chung:** gồm hai phần cơ bản: phần tĩnh và phần động:

- *Phần tĩnh:* là cuộn dây 1 bên trong có khe hở không khí (khe hở làm việc).

- *Phần động:* là lõi thép 2 được gắn lên trục quay 5, lõi thép có thể quay tự do trong khe làm việc của cuộn dây. Trên trục quay có gắn: bộ phận cản dộ không khí 4, kim chỉ 6, đối trọng 7. Ngoài ra còn có lò xo cản 3, bảng khắc độ 8.



*Hình 2.3. Cấu tạo chung của cơ cấu chỉ thị điện từ.*

**b) Nguyên lý làm việc:** dòng điện I chạy vào cuộn dây 1 (phần tĩnh) tạo thành một nam châm điện hút lõi thép 2 (phần động) vào khe hở không khí với mômen quay:

$$M_q \propto \frac{dW_e}{d\alpha} \quad \text{với} \quad W_e \propto \frac{LI^2}{2}$$

với L là điện cảm của cuộn dây, suy ra:

$$M_q \propto \frac{1}{2} \cdot I^2 \frac{dL}{d\alpha}$$

Tại vị trí cân bằng có:

$$M_q \propto M_c \propto \frac{1}{2D} \frac{dL}{d\alpha} I^2$$

là phương trình thể hiện đặc tính của cơ cấu chỉ thị điện từ.

**c) Các đặc tính chung:**

- Góc quay  $\alpha$  tỉ lệ với bình phương của dòng điện, tức là không phụ thuộc vào chiều của dòng điện nên có thể đo trong cả mạch xoay chiều hoặc một chiều.

- Thang đo không đều, có đặc tính phụ thuộc vào tỉ số  $dL/d\alpha$  là một đại lượng phi tuyến.

- Cản dộ thường bằng không khí hoặc cảm ứng.

- *Ưu điểm:* cấu tạo đơn giản, tin cậy, chịu được quá tải lớn.

- *Nhược điểm:* độ chính xác không cao nhất là khi đo ở mạch một chiều sẽ bị sai

số (do hiện tượng từ trễ, từ dư...); độ nhạy thấp; bị ảnh hưởng của từ trường ngoài (do từ trường của cơ cấu yếu khi dòng nhỏ).

**d) Ứng dụng:** thường được sử dụng để chế tạo các loại ampe-mét, vôn-mét trong mạch xoay chiều tần số công nghiệp với độ chính xác cấp 1÷2. Ít dùng trong các mạch có tần số cao.

### 2.2.3. Cơ cấu đo điện động.

#### \* lô-gô-mét điện động.

**a) Cấu tạo chung:** như hình 2.4: gồm hai phần cơ bản: phần tĩnh và phần động:

- **Phần tĩnh:** gồm: cuộn dây 1 (được chia thành hai phần nối tiếp nhau) để tạo ra từ trường khi có dòng điện chạy qua. Trục quay chui qua khe hở giữa hai phần cuộn dây tĩnh.

- **Phần động:** gồm một khung dây 2 đặt trong lòng cuộn dây tĩnh. Khung dây 2 được gắn với trục quay, trên trục có lò xo cân, bộ phận cản dẹt và kim chỉ thị. Cả phần động và phần tĩnh được bọc kín bằng màn chắn để ngăn chặn ảnh hưởng của từ trường ngoài.

**b) Nguyên lý làm việc chung:** khi có dòng điện  $I_1$  chạy vào cuộn dây 1 (phần tĩnh) làm xuất hiện từ trường trong lòng cuộn dây. Từ trường này tác động lên dòng điện  $I_2$  chạy trong khung dây 2 (phần động) tạo nên mômen quay làm khung dây 2 quay một góc  $\alpha$ .

Mômen quay được tính:  $M_q = \frac{dW_e}{d\alpha}$

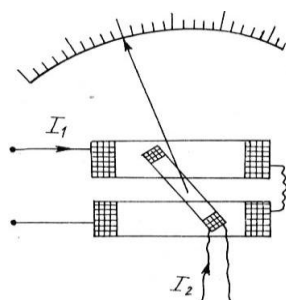
với:  $W_e$  là năng lượng từ trường. Có hai trường hợp xảy ra:

-  $I_1, I_2$  là dòng điện một chiều:  $M_q = \frac{1}{D} \frac{dM_{12}}{d\alpha} \cdot I_1 \cdot I_2$

với:  $M_{12}$  là hồ cảm giữa cuộn dây tĩnh và động.

-  $I_1$  và  $I_2$  là dòng điện xoay chiều:  $M_q = \frac{1}{D} \frac{dM_{12}}{d\alpha} \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \cos \psi$

với:  $\psi$  là góc lệch pha giữa  $I_1$  và  $I_2$ .



Hình 2.4. Cấu tạo của cơ cấu chỉ thị điện động

**c) Các đặc tính chung:**

- Có thể dùng trong cả mạch điện một chiều và xoay chiều.
- Góc quay  $\alpha$  phụ thuộc tích  $(I_1.I_2)$  nên thang đo không đều
- Trong mạch điện xoay chiều  $\alpha$  phụ thuộc góc lệch pha  $\psi$  giữa hai dòng điện nên có thể ứng dụng làm Oátmét đo công suất.
- *Ưu điểm cơ bản:* có độ chính xác cao khi đo trong mạch điện xoay chiều.
- *Nhược điểm:* công suất tiêu thụ lớn nên không thích hợp trong mạch công suất nhỏ. Chịu ảnh hưởng của từ trường ngoài, muốn làm việc tốt phải có bộ phận chắn từ. Độ nhạy thấp vì mạch từ yếu.

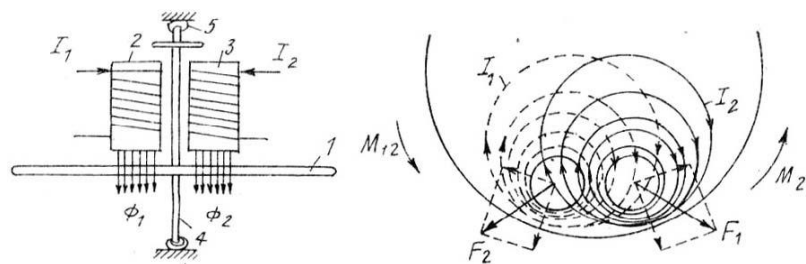
**d) Ứng dụng:** chế tạo các ampemét, vônmet, oátmét một chiều và xoay chiều tần số công nghiệp; các pha kế để đo góc lệch pha hay hệ số công suất  $\cos\phi$ .

Trong mạch có tần số cao phải có mạch bù tần số (đo được dải tần đến 20KHZ).

**2.2.4. Cơ cấu đo cảm ứng.**

**a) Cấu tạo chung:** như hình 2.5: gồm phần tĩnh và phần động.

- **Phần tĩnh:** các cuộn dây điện 2,3 có cấu tạo để khi có dòng điện chạy trong cuộn dây sẽ sinh ra từ trường móc vòng qua mạch từ và qua phần động, có ít nhất là 2 nam châm điện.
- **Phần động:** đĩa kim loại 1 (thường bằng nhôm) gắn vào trục 4 quay trên trụ 5.



Hình 2.5. Cơ cấu chỉ thị cảm ứng

**b) Nguyên lý làm việc chung:** dựa trên sự tác động tương hỗ giữa từ trường xoay chiều (được tạo ra bởi dòng điện trong phần tĩnh) và dòng điện xoáy tạo ra trong đĩa của phần động, do đó cơ cấu này chỉ làm việc với mạch điện xoay chiều:

Khi dòng điện  $I_1, I_2$  vào các cuộn dây phần tĩnh  $\rightarrow$  sinh ra các từ thông  $\Phi_1, \Phi_2$  (các từ thông này lệch pha nhau góc  $\psi$  bằng góc lệch pha giữa các dòng điện tương ứng), từ thông  $\Phi_1, \Phi_2$  cắt đĩa nhôm 1 (phần động)  $\rightarrow$  xuất hiện trong đĩa nhôm các sức điện động tương ứng  $E_1, E_2$  (lệch pha với  $\Phi_1, \Phi_2$  góc  $\pi/2$ )  $\rightarrow$  xuất hiện các dòng điện xoáy  $I_{x1}, I_{x2}$  (lệch pha với  $E_1, E_2$  góc  $\alpha_1, \alpha_2$ ).

## TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ VIỆT - ĐỨC HÀ TỈNH

Các từ thông  $\Phi_1, \Phi_2$  tác động tương hỗ với các dòng điện  $I_{x1}, I_{x2} \rightarrow$  sinh ra các lực  $F_1, F_2$  và các mômen quay tương ứng  $\rightarrow$  quay đĩa nhôm (phần động). Mômen quay được tính:  $M_q = C \cdot f \cdot \sin \psi$

với: C là hằng số

f là tần số của dòng điện I1, I2

$\psi$  là góc lệch pha giữa I1, I2

### c) Các đặc tính chung:

- Điều kiện để có mômen quay là ít nhất phải có hai từ trường.
- Mômen quay đạt giá trị cực đại nếu góc lệch pha  $\psi$  giữa I1, I2 bằng  $\pi/2$ .
- Mômen quay phụ thuộc tần số của dòng điện tạo ra các từ trường.
- Chỉ làm việc trong mạch xoay chiều.
- Nhược điểm: mômen quay phụ thuộc tần số nên cần phải ổn định tần số.

d) **Ứng dụng:** chủ yếu để chế tạo công tơ đo năng lượng; có thể đo tần số...

TT	Cơ cấu chỉ thị	Kí hiệu	Tín hiệu đo	Ứng dụng
1	Cơ cấu chỉ thị từ điện		I =	A, V, $\Omega$ , G
2	Lôgômét từ điện		$I_1 = I_2 =$	$\Omega$ , đo không điện
3	Cơ cấu chỉ thị điện từ		$I^2 \approx$	A, V
4	Lôgômét điện từ		$(I_1 / I_2 \approx)^2$	Tần số kế, ômkế, đo góc pha...
5	Cơ cấu chỉ thị điện động		$I_1 \cdot I_2 \approx$	A, V, $\Omega$ , W, $\cos\phi$ , tần số kế...
6	Cơ cấu chỉ thị sắt điện động		$I_1 \cdot I_2 \approx$	A, V, $\Omega$ , tự ghi
7	Lôgômét điện động		$I_1 / I_2 \approx$	$\Omega$ , tần số kế, $\cos\phi$
8	Cơ cấu chỉ thị tĩnh điện		$U^2 \approx$	V, kV
9	Cơ cấu chỉ thị cảm ứng		$I_1, I_2 \approx$	Công tơ

*Bảng A. Bảng tổng kết các loại cơ cấu chỉ thị cơ điện*

**Phần III. ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐIỆN CƠ BẢN**

**3.1. ĐO ĐẠI LƯỢNG U, I.**

**3.1.1. Đo dòng điện.**

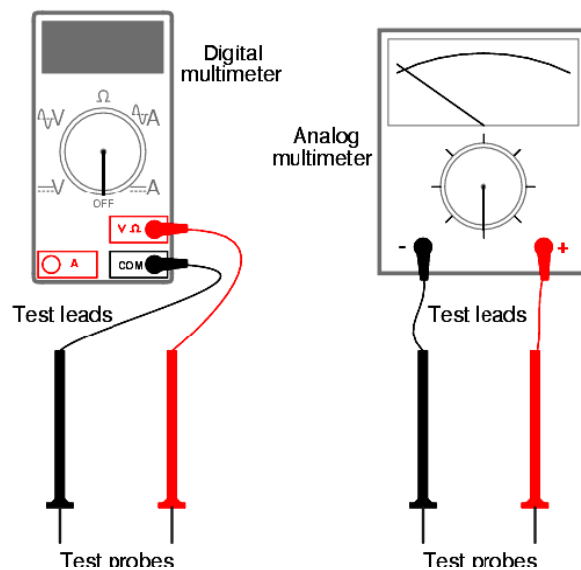
**\* Khái niệm chung**

Dụng cụ được sử dụng để đo dòng điện gọi là ampe kế hay ampemet

Ký hiệu là: A

Ampe kế có nhiều loại khác nhau, nếu chia theo kết cấu ta có:

- + Ampe kế từ điện
- + Ampe kế điện từ
- + Ampe kế điện động
- + Ampe kế nhiệt điện
- + Ampe kế bán dẫn



*Hình 1.1: Đồng hồ số và kim*

Nếu chia theo loại chỉ thị ta có:

- + Ampe kế chỉ thị số (Digital)
- + Ampe kế chỉ thị kim (kiểu tương tự /Analog)

Hình bên là hai loại đồng hồ vạn năng số và kim. Nếu chia theo tính chất của đại lượng đo, ta có:

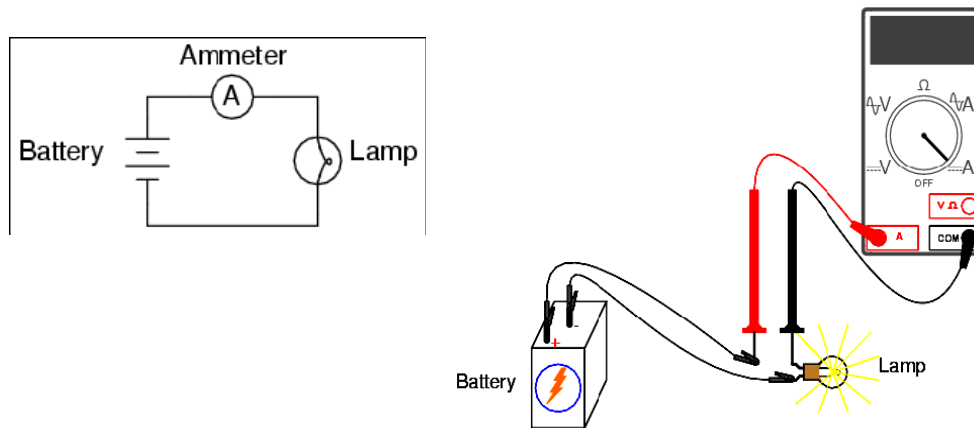
- + Ampe kế một chiều



+ Ampe kế xoay chiều

**\* Yêu cầu đối với dụng cụ đo dòng điện là:**

- Công suất tiêu thụ càng nhỏ càng tốt, điện trở của ampe kế càng nhỏ càng tốt và lý tưởng là bằng 0.
- Làm việc trong một dải tần cho trước để đảm bảo cấp chính xác của dụng cụ đo
- Mắc ampe kế để đo dòng phải mắc nối tiếp với dòng cần đo (hình dưới)



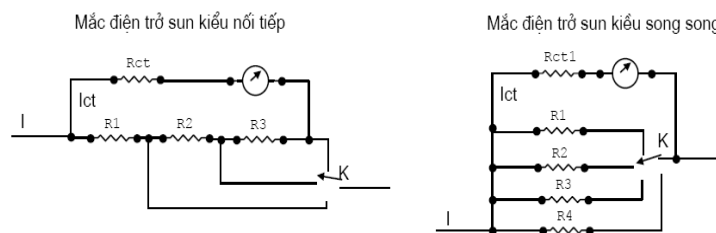
Hình 1.2: Dùng đồng hồ số đo dòng điện

**A. Ampe kế một chiều**

Ampe kế một chiều được chế tạo dựa trên cơ cấu chỉ thị từ điện. Như đã biết, độ lệch của kim tỉ lệ thuận với dòng chạy qua cuộn động nhưng độ lệch kim được tạo ra bởi dòng điện rất nhỏ và cuộn dây quấn bằng dây có tiết diện bé nên khả năng chịu dòng rất kém. Thông thường, dòng cho phép qua cơ cấu chỉ trong khoảng 10 - 4 đến 10-2 A; điện trở của cuộn dây từ 20Ω đến 2000Ω với cấp chính xác 1,1; 1; 0,5; 0,2; và 0,05.

Để tăng khả năng chịu dòng cho cơ cấu (cho phép dòng lớn hơn qua) người ta mắc thêm điện trở sun song song với cơ cấu chỉ thị có giá trị như sau:

$R_s = n \frac{R_{CT}}{n}$  với  $n = \frac{I}{I_{CT}}$  gọi là hệ số mở rộng thang đo của ampe kế



Hình 3.3: Mắc thêm điện trở sun song song với cơ cấu chỉ thị

I là dòng cần đo và  $I_{CT}$  là dòng cực đại mà cơ cấu chịu đựng được (độ lệch cực đại của thang đo)

**Chú ý:** Khi đo dòng nhỏ hơn 30A thì điện trở sun nằm ngay trong vỏ của ampe kế còn khi đo dòng lớn hơn thì điện trở sun như một phụ kiện kèm theo. Khi ampe kế có nhiều thang đo người ta mắc sun như sau:

Việc tính điện trở sun ứng với dòng cần đo được xác định theo công thức như trên nhưng với n khác nhau. ở hình a)

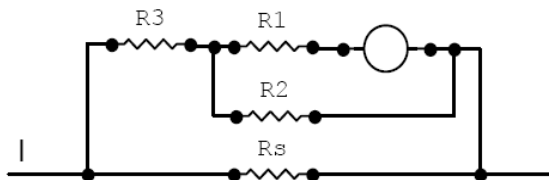
$$R_{S1} = R_1 + \frac{r_{ct} + R_{S2} + R_{S3}}{n_1} \quad \text{Với } n_1 = \frac{I_1}{I_{CT}}; \quad R_{S2} = R_1 + R_2 + \frac{r_{ct} + R_3}{n_2} \quad \text{Với } n_2 = \frac{I_2}{I_{CT}}$$

$$R_{S3} = R_1 + R_2 + R_3 + \frac{r_{ct}}{n_3} \quad \text{Với } n_3 = \frac{I_3}{I_{CT}}$$

Ở hình b:  $R_{S1} = \frac{r_{ct}}{n_1}$  Với  $n_1 = \frac{I_1}{I_{CT}}; \quad R_{S2} = \frac{r_{ct}}{n_2}$  Với  $n_2 = \frac{I_2}{I_{CT}}$

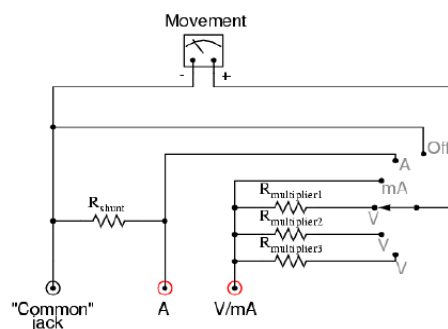
$$R_{S3} = \frac{r_{ct}}{n_3} \quad \text{Với } n_3 = \frac{I_3}{I_{CT}}; \quad R_{S4} = \frac{r_{ct}}{n_4} \quad \text{Với } n_4 = \frac{I_4}{I_{CT}}$$

**Chú ý:** điện trở sun được chế tạo bằng Manganin có độ chính xác cao hơn độ chính xác của cơ cấu đo ít nhất là 1 cấp. Do cuộn dây động của cơ cấu chỉ thị được quấn bằng dây đồng mảnh, điện trở của nó thay đổi đáng kể khi nhiệt độ của môi trường thay đổi và sau một thời gian lumen việc bản thân dòng điện chạy qua cuộn dây cũng tạo ra nhiệt độ. Để giảm ảnh hưởng của sự thay đổi điện trở cuộn dây khi nhiệt độ thay đổi, người ta mắc thêm điện trở bù bằng Manganin hoặc Constantan với sơ đồ như sau:

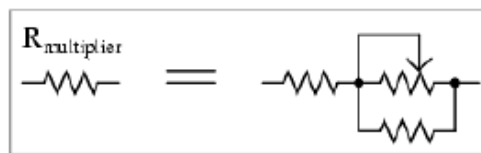


R1, 3: điện trở bằng Mr  
R2: điện trở bằng Cu

Dưới đây là ví dụ thực tế của một sơ đồ mắc điện trở sun của một dụng cụ đo cả dòng và áp



"R<sub>multiplier</sub>" resistors are actually rheostat networks

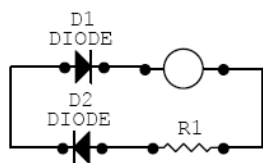


**B. Ampemet xoay chiều**

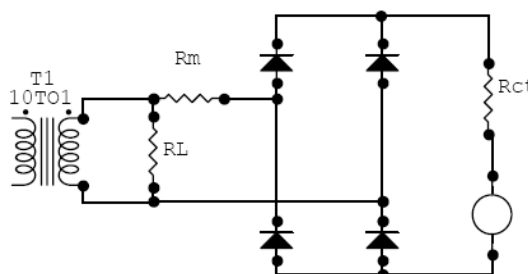
Để đo cường độ dòng điện xoay chiều tần số công nghiệp người ta thường sử dụng ampemet từ điện chỉnh lưu, ampemet điện từ, và ampemet điện động.

**C. Ampemet chỉnh lưu**

Là dụng cụ đo dòng điện xoay chiều kết hợp giữa cơ cấu chỉ thị từ điện và mạch chỉnh lưu bằng diode.



*Chỉnh lưu nửa chu kỳ*



*Chỉnh lưu hai nửa chu kỳ*

Biến áp sử dụng là loại biến áp dòng có số vòng dây của cuộn sơ cấp và thứ cấp là  $W_1$  và  $W_2$ . Khi đó tỉ số dòng thứ cấp trên dòng sơ cấp được tính bằng:

Kim chỉ thị dừng ở vị trí chỉ dòng trung bình qua cuộn dây động.  $R_L$  được chọn để gánh phần dòng dư thừa giữa  $I_{2tb}$  và  $I_{ct}$

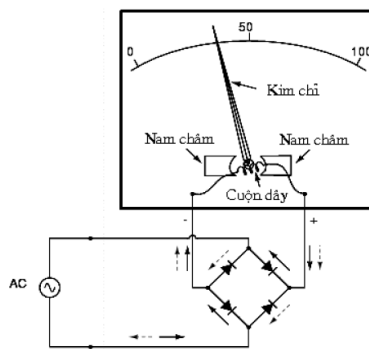
Mối quan hệ giữa dòng đỉnh  $I_p$ , dòng trung bình  $I_{trb}$  và dòng trung bình bình phương  $I_{rms}$  của sơ đồ mạch chỉnh lưu cầu như sau:

$$I_{tb} = 0,637 \cdot I_p$$

$$I_{rms} = \frac{I_p}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot I_p$$

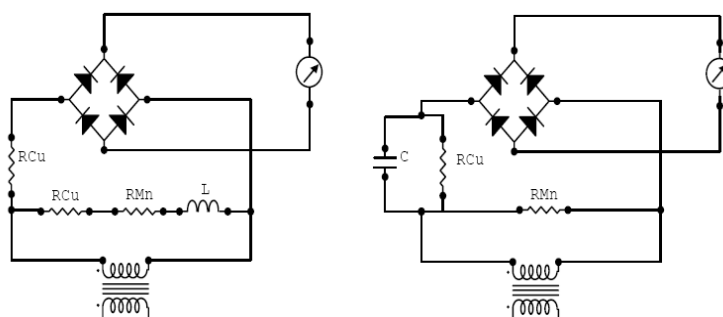
$$I_{rms} = 1,1 \cdot I_{tb}$$

**Chú ý:** Giá trị dòng mà kim chỉ thị dừng là giá trị dòng trung bình nhưng thang khắc độ thường theo giá trị rms.



*Hình a : Ampemet chỉnh lưu*

**Chú ý:** Nói chung các ampe kế chỉnh lưu có độ chính xác không cao (từ 1 tới 1,5) do hệ số chỉnh lưu thay đổi theo nhiệt độ và thay đổi theo tần số. Có thể sử dụng sơ đồ bù sai số đo nhiệt và đo tần số cho ampe kế chỉnh lưu như sau:

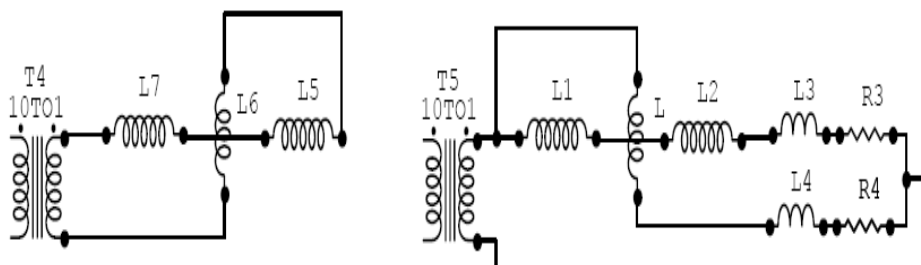


*Hình b: Ampe kế chỉnh lưu*

#### **D. Ampemet điện động**

Thường được sử dụng để đo dòng điện ở tần số 50Hz và cao hơn (400 – 2.000Hz) với độ chính xác khá cao (cấp 0,5 – 0,2).

Khi dòng điện đo nhỏ hơn 0,5A người ta mắc nối tiếp cuộn tĩnh và cuộn động còn khi dòng lớn hơn 0,5A thì mắc song song như (hình sau).



*Hình c: Ampemet điện động*

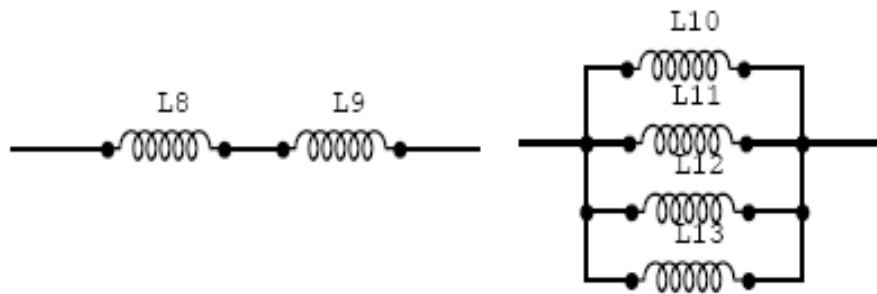
Trong đó các điện trở và cuộn dây ( $L_3, R_3$ ), ( $L_4, R_4$ ) là để bù sai số do nhiệt (thường làm bằng manganin hoặc constantan) và sai số do tần số (để dòng qua hai cuộn tĩnh và cuộn động trùng pha nhau).

Do độ lệch của dụng cụ đo điện động tỉ lệ với  $I_2$  nên máy đo chỉ giá trị rms. Giá trị rms của dòng xoay chiều có tác dụng như trị số dòng một chiều tương đương nên có thể đọc thang đo của dụng cụ như dòng một chiều hoặc xoay chiều rms.

**E. Ampemet điện từ**

Là dụng cụ đo dòng điện dựa trên cơ cấu chỉ thị điện từ. Mỗi cơ cấu điện từ được chế tạo với số ampe vòng xác định (I.W là một hằng số)

Khi đo dòng có giá trị nhỏ người ta mắc các cuộn dây nối tiếp và khi đo dòng lớn người ta mắc các cuộn dây song song.



Hình d: Ampemet điện từ

**G. Ampemet nhiệt điện**

Là dụng cụ kết hợp giữa chỉ thị từ điện và cặp nhiệt điện. Cặp nhiệt điện (hay còn gọi là cặp nhiệt ngẫu) gồm 2 thanh kim loại khác loại được hàn với nhau tại một đầu gọi là điểm làm việc (nhiệt độ  $t_1$ ), hai đầu kia nối với milivonkế gọi là đầu tự do (nhiệt độ  $t_0$ ).

Khi nhiệt độ đầu làm việc  $t_1$  khác nhiệt độ đầu tự do  $t_0$  thì cặp nhiệt sẽ sinh ra sức điện động

$$E_t = \zeta_1 \Delta t$$

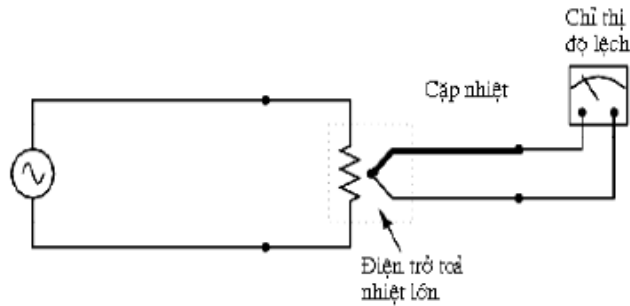
$$\Delta t = t_1 - t_0$$

Khi dùng dòng  $I_x$  để đốt nóng đầu  $t_1$  thì:

$$\Delta t = \zeta_2 \cdot I_x^2$$

$$E_t = \zeta_1 \cdot k_2 \cdot I_x^2 = \zeta_x \cdot I_x^2$$

Như vậy kết quả hiển thị trên milivon kế tỉ lệ với dòng cần đo



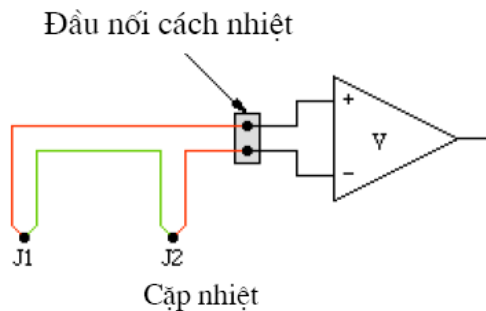
Hình e: Ampemet nhiệt điện

Vật liệu để chế tạo cặp nhiệt điện có thể là sắt – constantan; đồng – constantan; crom – alumen và platin – rodi

Ampemet nhiệt điện có sai lớn do tiêu hao công suất, khả năng chịu quá tải kém nhưng có thể đo ở dải tần rất rộng từ một chiều tới hàng MHz.

Thông thường để tăng độ nhạy của cặp nhiệt, người ta sử dụng một bộ khuếch đại áp như sơ đồ dưới đây:

J1, J2 là 2 đầu đo nhiệt



**Chú ý:** Để đo giá trị điện áp của nguồn xoay chiều người ta cũng làm như trên vì khi đó nhiệt độ đo được tỉ lệ với dòng qua điện trở nhiệt mà dòng này lại tỉ lệ với áp trên hai đầu điện trở, do vậy cũng xác định được giá trị của điện áp thông qua giá trị nhiệt độ. Đây chính là nguyên tắc để chế tạo Vôn kế nhiệt điện.

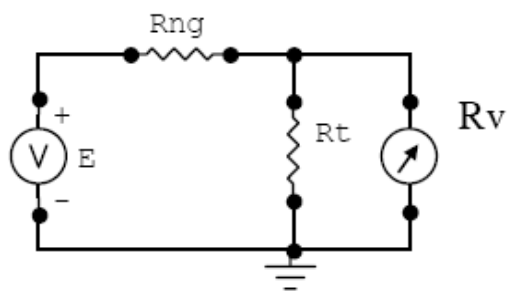
### 3.1.2. Đo điện áp.

#### a. Mở đầu

Dụng cụ dùng để đo điện áp gọi là Vôn kế hay Vôn met (Voltmeter)

Ký hiệu là: V

Khi đo điện áp bằng Vôn kế thì Vôn kế luôn được mắc song song với đoạn mạch cần đo như hình dưới đây:



Hình a: Mạch đo điện áp

- Khi chưa mắc Vôn kế vào điện áp rơi trên tải là:

$$U_t = \frac{E}{R_t + R_{ng}} \cdot R_t$$

- Khi mắc Vôn kế vào điện áp rơi trên tải là:

$$U_v = \frac{E}{R_e + R_{ng}} \cdot R_e$$

$$R_e = R_v // R_t = \frac{R_v \cdot R_t}{R_v + R_t}$$

Vậy sai số của phép đo điện áp bằng Vôn kế là:

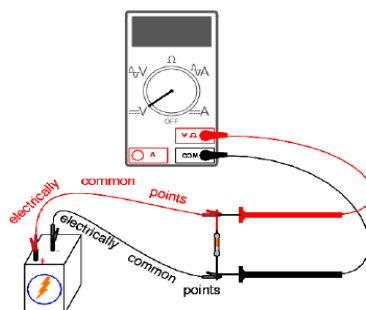
$$\gamma_u = \frac{U_t - U_v}{U_t} = \frac{U_t - U_v}{U_t} = \frac{1}{1 + \frac{R_t \cdot R_{ng}}{R_v \cdot (R_t + R_{ng})}}$$

Như vậy, muốn sai số nhỏ thì yêu cầu  $R_v$  phải càng lớn càng tốt và lý tưởng là  $R_v \approx \infty$ ?

Kết quả đo nếu muốn tính chính xác thì phải sử dụng công thức:

$$U_v = (1 + \gamma_u) \cdot U_t$$

Để đo điện áp của một phân tử nào đó người ta mắc Vôn kế như hình dưới:

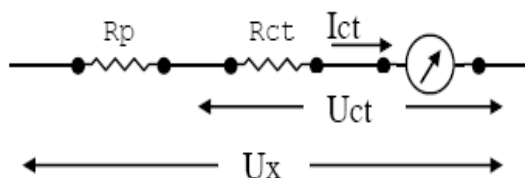


Hình b: Dùng đồng hồ số đo điện áp

**a. Vôn kế một chiều**

**\* Nguyên tắc hoạt động**

Độ lệch của dụng cụ đo TĐNCVC tỉ lệ với dòng qua cuộn dây động. Dòng qua cuộn dây tỉ lệ với điện áp trên cuộn dây nên thang đo của máy đo TĐNCVC có thể được chia để chỉ điện áp. Nghĩa là, Vôn kế chỉ là ampe kế dòng rất nhỏ với điện trở rất lớn. Điện áp định mức của chỉ thị vọt khoảng 50 – 75mV nên cần nối tiếp nhiều điện trở phụ (còn gọi là điện trở nhân) với chỉ thị để làm tăng khoảng đo của Vôn kế. Sơ đồ mắc như sau:



Trong đó:

$$I_{CT} = \frac{U_{CT}}{R_{CT}} = \frac{U_X}{R_P + R_{CT}}$$

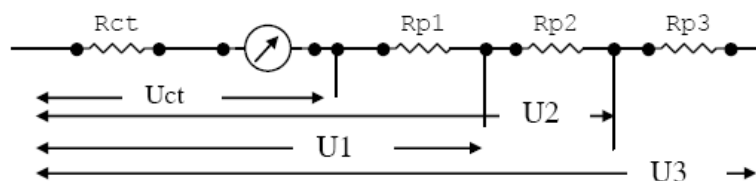
$$U_X = (R_P + R_{CT}) \cdot I_{CT} = R_{CT} \cdot U_X$$

$$m = \frac{U_X}{U_{CT}} = \frac{R_{CT}}{R_P + R_{CT}} \cdot m \cdot R_{CT}$$

với  $m = \frac{U_X}{U_{CT}}$  gọi là hệ số mở rộng thang đo về áp

Vôn kế nhiều thang đo thì các điện trở phụ được mắc như sau:

Sơ đồ mắc nối tiếp:



Trong đó:

$$R_{p1} = R_{ct}(m_1 - 1)$$

$$R_{p1} + R_{p2} = R_{ct}(m_2 - 1)$$

$$R_{p1} + R_{p2} + R_{p3} = R_{ct}(m_3 - 1)$$

$$m_1 = \frac{U_1}{U_{ct}}$$

$$m_2 = \frac{U_2}{U_{ct}}$$

$$m_3 = \frac{U_3}{U_{ct}}$$

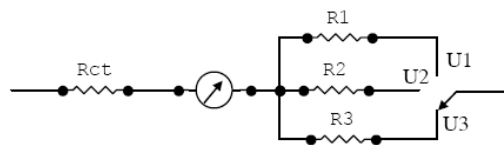
với

Hoặc sơ đồ mắc song song:



$$\begin{aligned}
 R1 &= Rct(m1 - 1) \\
 R2 &= Rct(m2 - 1) \\
 R3 &= Rct(m3 - 1)
 \end{aligned}
 \quad \text{với}$$

$$\begin{aligned}
 m1 &= \frac{U1}{Uct} \\
 m2 &= \frac{U2}{Uct} \\
 m3 &= \frac{U3}{Uct}
 \end{aligned}$$



**Nhận xét:** Thang đo có vạch chia đều (tính chất của cơ cấu từ điện)

**b. Vôn kế xoay chiều**

**\* Vôn kế từ điện đo điện áp xoay chiều**

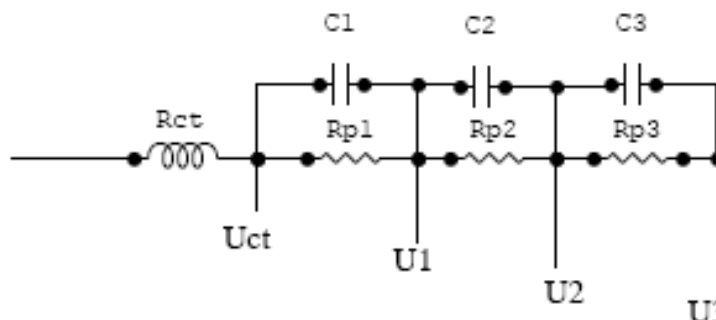
Sử dụng cơ cấu từ điện thì dụng cụ có tính phân cực và phải mắc đúng sao cho độ lệch dương (trên thang đo). Khi dòng xoay chiều có tần số rất thấp chạy qua dụng cụ TĐNCVC thì kim có xu hướng chỉ theo giá trị tức thời của dòng xoay chiều. Như vậy, khi giá trị dòng tăng theo chiều + thì kim cũng tăng tới giá trị cực đại sau đó giảm tới 0 và xuống bán kỳ âm thì kim sẽ bị lệch ngoài thang đo. Trường hợp này xảy ra khi tần số của dòng xoay chiều cỡ 0,1Hz hoặc thấp hơn.

Khi dòng xoay chiều có tần số công nghiệp (50/60Hz) hoặc cao hơn thì cơ cấu làm nhụt vệt quán tính chuyển động của cơ cấu động (toàn máy đo) không biến đổi theo mức dòng tức thời mà thay vào đó kim của dụng cụ sẽ dừng ở vị trí trung bình của dòng chạy qua cuộn động. Với sóng sin thuần túy kim lệch sẽ ở vị trí zero mặc dù dòng Irms có thể có giá trị khá lớn vệt có khả năng gây hỏng dụng cụ.

Do đó, để sử dụng dụng cụ TĐNCVC làm thành dụng cụ đo xoay chiều người ta phải sử dụng các bộ chỉnh lưu (*nửa sóng hoặc toàn sóng*) để các giá trị của dòng chỉ gây ra độ lệch dương.

**c. Vôn kế điện từ**

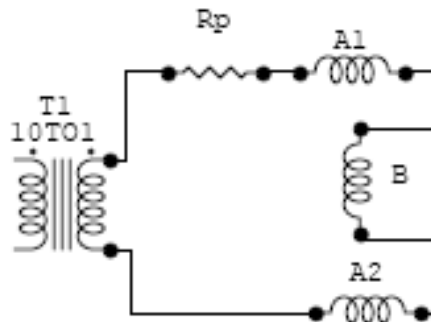
Là dụng cụ để đo điện áp xoay chiều tần số công nghiệp. Cuộn dây tĩnh có số vòng dây rất lớn từ 1000 – 6000 vòng. Để mở rộng thang đo người ta mắc nối tiếp với cuộn dây các điện trở phụ.



Các tụ C được mắc song song với các điện trở phụ để bù sai số do tần số khi tần số lớn hơn tần số công nghiệp.

**d. Vôn kế điện động**

Cuộn kích được chia làm 2 phần nối tiếp nhau và nối tiếp với cuộn động. Độ lệch của kim chỉ thị tỉ lệ với  $I_2$  nên kim dừng ở giá trị trung bình của  $I_2$  tức giá trị tức thời rms.



**\* Đặc điểm của Vôn kế điện động**

- + Tác dụng của dòng rms giống như trị số dòng một chiều tương đương nên có thể khác độ theo giá trị một chiều và dùng cho cả xoay chiều
- + Dụng cụ điện động thường đòi hỏi dòng nhỏ nhất là 100mA cho ĐLTT nên Vôn kế điện động có độ nhạy thấp hơn nhiều so với Vôn kế từ điện (chỉ khoảng 10Ω/V)
- + Để giảm thiểu sai số chỉ nên dùng ở khu vực tần số công nghiệp

**e. Đo điện áp bằng phương pháp so sánh**

**\*Cơ sở lý thuyết**

Các dụng cụ đo điện đã trình bày ở trên sử dụng có cấu cơ điện để chỉ thị kết quả đo nên cấp chính xác của dụng cụ không vượt quá cấp chính xác của chỉ thị. Để đo điện áp chính xác hơn người ta dùng phương pháp bù (so sánh với giá trị mẫu).

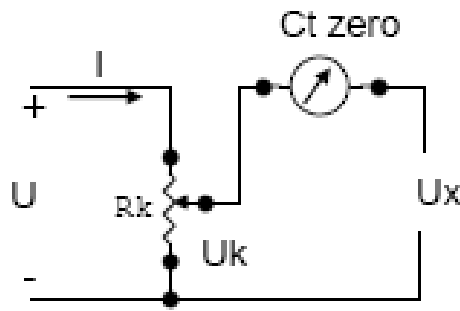
Nguyên tắc cơ bản như sau:

+  $U_k$  là điện áp mẫu với độ chính xác rất cao được tạo bởi dòng điện  $I$  ổn định đi qua điện trở mẫu  $R_k$ . Khi đó:

$$U_k = I.R_k$$

+ Chỉ thị là thiết bị phát hiện sự chênh lệch giữa điện áp mẫu  $U_k$  và điện áp cần đo  $U_x$

$$\Delta U = U_x - U_k$$



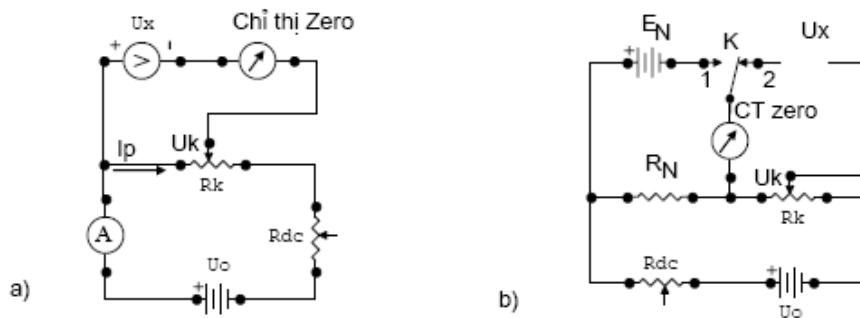
Khi  $\Delta U \neq 0$  điều chỉnh con chạy của điện trở mẫu  $R_k$  sao cho  $U_x = U_k$ , nghĩa là làm cho  $\Delta U = 0$ ; chỉ thị chỉ zero.

+ Kết quả được đọc trên điện trở mẫu đã được khắc độ theo thứ nguyên điện áp.

**Chú ý:** Các dụng cụ bù điện áp đều có nguyên tắc hoạt động như trên nhưng có thể khác nhau phần tạo điện áp mẫu  $U_k$

**g. Điện thế kế một chiều**

\* Sơ đồ mạch:



**Nguyên tắc hoạt động của sơ đồ a)**

- + Xác định dòng công tác  $I_p$  nhờ nguồn điện áp  $U_0$ ,  $R_{dc}$  và Ampe kế.
- + Giữ nguyên giá trị của  $I_p$  trong suốt thời gian đo
- + Điều chỉnh con chạy của điện trở mẫu  $R_k$  cho đến khi chỉ thị chỉ zero
- + Đọc kết quả trên điện trở mẫu, khi đó:  $U_x = U_k = I_p \cdot R_k$

Trong sơ đồ a, vì sử dụng Ampe kế nên độ chính xác của điện thế kế không thể cao hơn độ chính xác của Ampe kế.

Người ta cải tiến mạch bằng cách sử dụng nguồn pin mẫu ( $E_N$ ) và điện trở mẫu ( $R_k$ ) có độ chính xác cao như ở hình b.

**\* Nguyên tắc hoạt động của sơ đồ b)**

- + Khi K ở vị trí 1, điều chỉnh  $R_{dc}$  để chỉ thị chỉ zero.

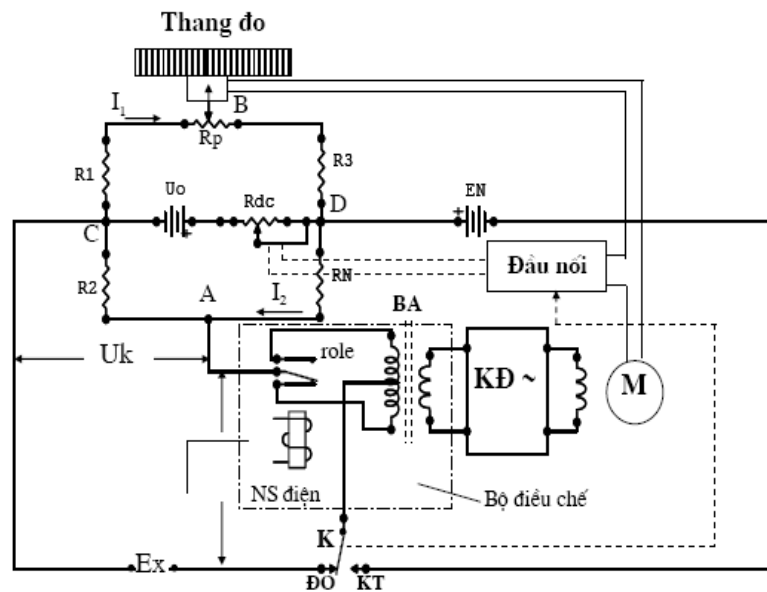
$$\text{Khi đó: } I_p = \frac{E_N}{R_N}$$

+ Giữ nguyên R<sub>đc</sub> vµ chuyển K sang vị trí 2, điều chỉnh con trượt của điện trở mẫu để chỉ thị về zero.

$$\text{Khi đó: } U_x = U_k = I_p \cdot R_k = \frac{E_N}{R_N} \cdot R_k$$

**Chú ý:** trên thực tế, người ta thường sử dụng điện thế kế một chiều tự động cân bằng (để đo sức điện động của các cặp nhiệt ngẫu đo nhiệt độ)

*Sơ đồ mạch của điện thế kế một chiều tự động cân bằng*



Trong đó:

$R_N$ ,  $E_N$  là điện trở và nguồn điện mẫu có độ chính xác cao

$U_0$  là nguồn điện áp ổn định

Động cơ thuận nghịch hai chiều để điều chỉnh con chạy của  $R_p$  và  $R_{đc}$

Bộ điều chế làm nhiệm vụ biến đổi điện áp một chiều ( $\Delta U$ ) thành điện áp xoay chiều để điều khiển động cơ

**Hoạt động:**

Trước khi đo, khóa K được đặt ở vị trí KT (kiểm tra) khi đó dòng  $I_2$  qua điện trở mẫu  $R_N$  và  $\Delta U = E_N - I_2 R_N$

$\Delta U$  qua bộ điều chế để chuyển thành tín hiệu xoay chiều (role được điều khiển bởi nam châm điện nên có tần số đóng/cắt phụ thuộc vào dòng chạy trong nam châm điện). Tín hiệu xoay chiều này thường có giá trị rất nhỏ nên phải qua bộ khuếch đại để

tăng tới giá trị đủ lớn có thể điều khiển động cơ thuận nghịch hai chiều. Động cơ này quay và kéo con chạy của  $R_{dc}$  để làm thay đổi  $I_2$  tới khi  $\Delta U = 0$ .

Đồng thời nó cũng kéo con trượt của  $R_p$  về vị trí cân bằng.

+ Khi K ở vị trí đo ta có:  $\Delta U = E_x - U_k$

với  $U_k = I_1 (R_1 + R_{p1}) - I_2 \cdot R_2$

Nếu  $E_x > U_k$  thì động cơ sẽ kéo con chạy để tăng  $U_k$  tới khi  $\Delta U = 0$

Nếu  $E_x < U_k$  thì động cơ sẽ kéo con chạy để giảm  $U_k$  tới khi  $\Delta U = 0$

Vị trí của con chạy và kim chỉ sẽ xác định giá trị của  $E_x$ . Ưu điểm của điện thế kế một chiều tự động cân bằng là tự động trong quá trình đo và có khả năng tự ghi kết quả trong một thời gian dài.

### ***h. Điện thế kế xoay chiều***

Nguyên tắc hoạt động chung 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 công tác chạy qua. Tuy nhiên, do không sử dụng pin mẫu mà sử dụng dòng xoay chiều nên việc điều chỉnh cho  $U_x$  và  $U_k$  bằng nhau là rất phức tạp.

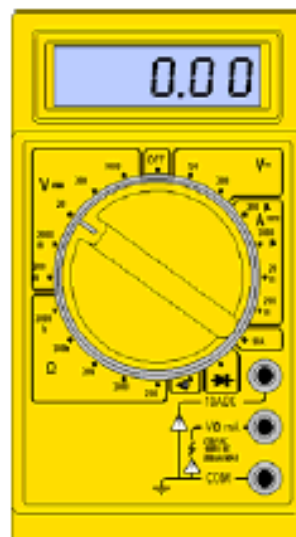
Muốn  $U_x$  và  $U_k$  cân bằng nhau thì phải thỏa mãn 3 điều kiện:

- +  $U_x$  và  $U_k$  cùng tần số
- +  $U_x$  và  $U_k$  bằng nhau về trị số
- +  $U_x$  và  $U_k$  ngược pha nhau (180°)

### ***i. Vôn kế số***

Vôn kế số là dụng cụ chỉ thị kết quả bằng con số mà không phụ thuộc vào cách đọc của người đo. Tùy thuộc vào phương pháp biến đổi người ta phân thành:

- + Vôn kế số chuyển đổi thời gian
- + Vôn kế số chuyển đổi tần số
- + Vôn kế số chuyển đổi bù



### 3.2. ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG R, L, C.

#### 3.2.1. Đo điện trở.

##### A. Đo điện trở bằng phương pháp gián tiếp

##### a) Đo điện trở bằng vôn mét và am pe mét

Sơ đồ đo điện trở R dựa trên định luật Ôm. Mặc dù có thể sử dụng các dụng cụ đo chính xác nhưng giá trị điện trở nhận được bằng phương pháp này có thể có sai số lớn. tùy theo cách mắc am pe mét và vôn mét mà giá trị  $R_x$  đo được sẽ khác nhau

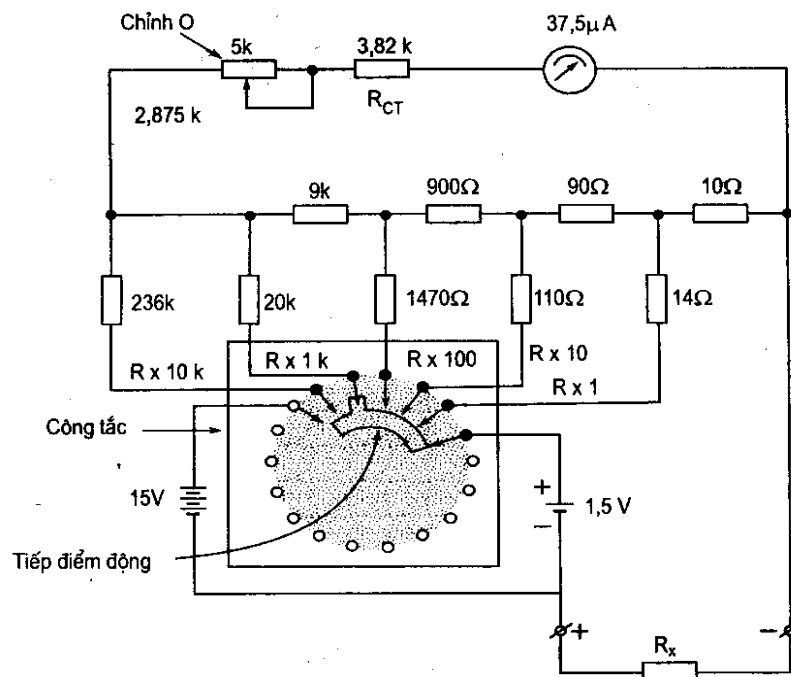
##### b. Đo điện trở bằng Ômmét

##### \*Ômmét mắc song song

Là loại dụng cụ đo trong  $R_x$  mắc song song với cơ cấu chỉ thị hình 5-5a. Ưu điểm của Ômmét loại này là có thể đo được điện trở tương đối nhỏ (cỡ  $k\Omega$  trở lại) và điện trở vào của ômmét  $R_\Omega$  nhỏ khi dòng điện từ nguồn cung cấp không lớn lắm. Do  $R_x$  mắc song song với cơ cấu chỉ thị nên khi  $R_x = \infty$  (chưa có  $R_x$ ) dòng điện qua chỉ thị là lớn nhất ( $I_{CT} = I_{CTmax}$ ) với  $R_x = 0$  dòng điện qua chỉ thị  $I_{CT} = 0$ . Thang đo được khắc độ giống như vôn mét hình 5-5b.

Điều chỉnh thang đo của ômmét trong trường hợp nguồn cung cấp thay đổi cũng dùng một biến trở  $R_M$  và điều chỉnh ứng với  $R_x = \infty$ . Xác  $R_p$  và  $R_M$  giống như sơ đồ ômmét mắc nối tiếp.

##### \*Ômmét nhiều thang đo.



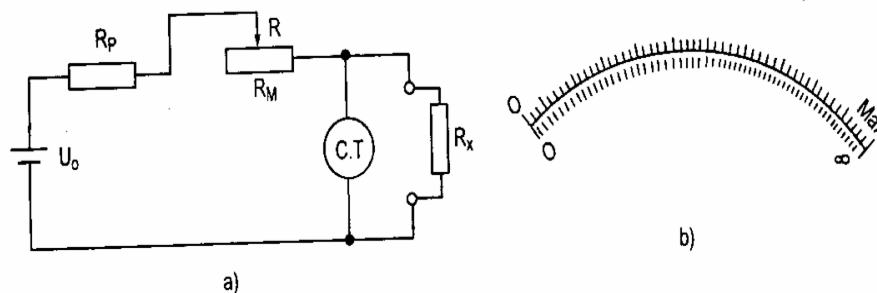
Hình 5-6a. Ômmét nhiều thang đo

Ômmét

nhieu thang đo thực hiện theo nguyên tắc chuyển từ giới hạn đo này sang giới hạn đo khác bằng cách thay đổi điện trở của ômmét với một

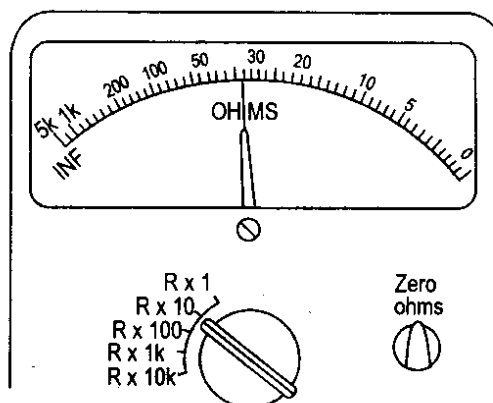
Số lần nhất định sao cho khi  $R_x = 0$  kim chỉ thị vẫn đảm bảo lệch thang đo (nghĩa là dòng qua cơ cấu đo bằng giá trị định mức đã chọn).

Để mở rộng giới hạn đo của ômmét có thể thực hiện bằng cách dùng nhiều nguồn cung cấp và các điện trở phân dòng (điện trở sun) cho các thang cấp với các điện trở sun tương ứng có chất lượng tốt.



**Hình 5 - 5.** Ômmét chỉ thị mắc song song

Thiết bị có dòng chỉ thị định mức  $I_{CT} = 37.5 \mu A$ , điện trở của chỉ  $R_{TC} = 3,82 k\Omega$ . Điều chỉnh zêrô là một biến trở  $5 k\Omega$  (với mức bình thường). Pin 1,5 V dùng cho tất cả các khoảng đo  $R_x 1; R_x 100$  và  $R_x 1 k\Omega$  pin 15V dùng cho khoảng đo  $R_x 10 k\Omega$ .  $R_x$  được mắc vào các đầu ra của mạch (+, -).



**Hình 5 - 6b.** Núm điều chỉnh ômmét

Công tắc đo có phần tiếp xúc động có thể xoay từng nấc cùng chiều hoặc ngược chiều kim đồng hồ. Hình 5-6b minh họa ômmét thường dùng và núm điều chỉnh ômmét.

### c. Cầu đo điện trở:

Cầu đo điện trở thường được chia thành hai loại: Cầu đơn và cầu kép (cầu wheatstone và cầu Kelvin)

**\*Cầu đơn:( cầu Wheatstone)**

Cầu đơn là một thiết bị dùng để đo điện trở rất chính xác. Mạch cầu hình 5-7 gồm hai điện trở cố định  $R_2$  và  $R_3$  và điện trở điều chỉnh được  $R_1$ , điện trở cần đo  $R_x$  và điện kế chỉ không(CT). Cầu được cung cấp bằng nguồn điện một chiều  $U_0$ . Các điện trở  $R_1, R_2, R_3$  được chế tạo bằng điện trở Manganin có độ ổn định và độ chính xác cao.

Để xác định điện trở chưa biết  $R_x$  người ta điều chỉnh biến trở  $R_1$  cho tới khi điện kế chỉ zêrô, lúc đó cầu đang ở chế độ cân bằng nghĩa là điện kế tại hai điểm  $V_a=V_b(U_{ab}=0)$  do dòng điện không đi qua điện kế nên  $I_1$  sẽ chạy qua  $R_1, R_2$  và  $I_2$  chạy qua  $R_3, R_x$ , ta có:

$$I_1 R_2 = I_2 R_3 \quad (5-12)$$

$$I_1 R_1 = I_2 R_x \quad (5-13)$$

Chia biểu thức (5-12) cho(5-13) ta được

$$\frac{I_1 R_2}{I_1 R_1} = \frac{I_2 R_3}{I_2 R_x} \text{ hay } \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_3}{R_x} \text{ và } R_x R_2 = R_1 R_3$$

Từ đó tính được điện trở chưa biết

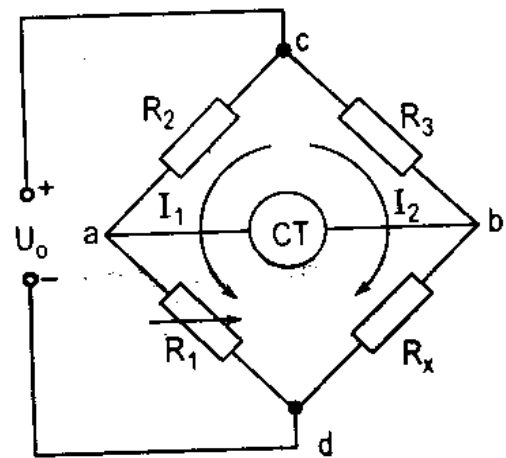
$$R_x = \frac{R_3}{R_2} R_1$$

Với  $R_3$  và  $R_2$  là các điện trở cố định

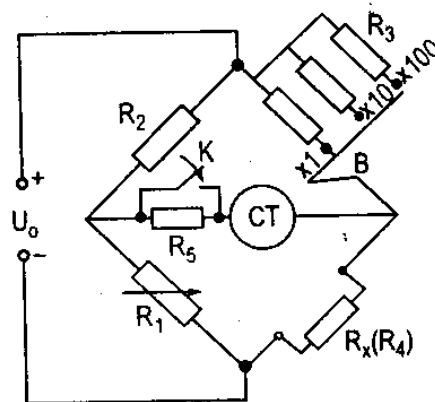
do đó tỷ số  $\frac{R_3}{R_2} = k$ ; là hệ số nhân. Nếu thay

đổi điện trở  $R_3$  bằng một số các điện trở có giá trị lớn hơn nhau 10 lần

Và giữ nguyên điện trở  $R_2$  thì ta sẽ có các hệ số nhân khác nhau. Nên có thể mở rộng thang đo của cầu như hình 5-8



**Hình 5 - 7. Cầu đơn**



**Hình 5 - 8. Cầu hộp**

Điện trở  $R_5$  (hình 5-8) dùng để điều chỉnh độ nhạy cảm của chỉ thị chỉ không. Trước khi đo khóa K được mở ra để chỉnh thô (bảo vệ quá dòng điện cho chỉ thị). Khi



cầu đã tương đối cân bằng người ta đóng khóa K lại để chỉnh tinh cho đến khi cầu cân bằng hoàn toàn.

Độ chính xác của cầu cân bằng phụ thuộc vào độ nhạy của chỉ thị và điện áp cung cấp, vì vậy chỉ thị không cần có độ nhạy cảm cao, nguồn cung cấp đảm bảo dòng qua chỉ thị không vượt quá dòng cho phép Ngoài cầu hộp như hình 5-8 người ta còn sử dụng cầu biến trở (hình 5-9).

Trong cầu biến trở, điện trở  $R_2$  và  $R_3$  là một biến trở có thể thay đổi được trị số,  $R_1$  là một dãy các điện trở có trị số lớn hơn nhau 10 lần. Khi đó, điện trở  $R_x$  được mắc vào mạch và điều chỉnh trị số  $R_3/R_2$  cho đến khi chỉ thị Zêro (cầu đã cân bằng)

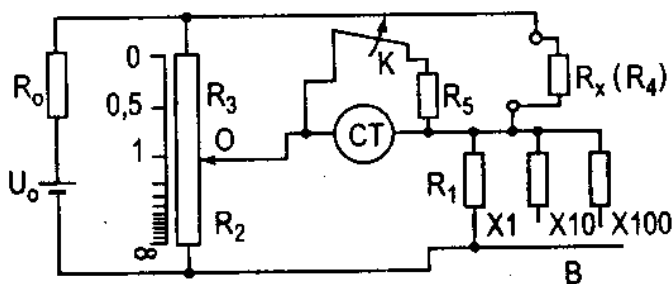
Giá trị điện trở cần đo  $R_z$  được xác định theo công thức

$$R_x = R_1 \frac{R_3}{R_2}$$

Mở rộng giải đo của cầu bằng cách chế tạo điện trở  $R_1$  thành nhiều điện trở có giá trị khác nhau và thông qua chuyển mạch B để thay đổi các giá trị

Ưu điểm của cầu biến trở là chế tạo gọn nhẹ nhưng độ chính xác không cao do sai số của biến trở và con chạy.

Cấp chính xác của cầu đơn đo điện trở thuần phụ thuộc vào giới hạn đo.



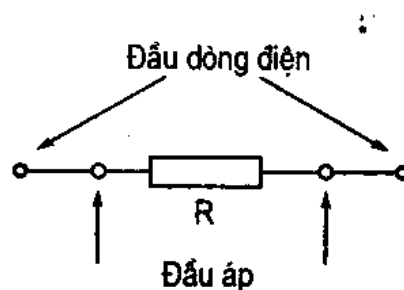
**Hình 5 - 9. Cầu biến trở**

**Ví dụ:** giải đo  $R = 50 \div 10^5 \Omega$  cấp chính xác 0,05 % với giải đo  $R = 10^5 \div 10^6 \Omega$  đạt cấp 0,5%.

**\*Cầu kép (Cầu Kelvin)**

Cầu kép là thiết bị đo điện trở nhỏ và rất nhỏ mà các cầu đơn trong quá trình đo không thuận tiện và có sai số lớn do điện trở nối dây và điện trở tiếp xúc.

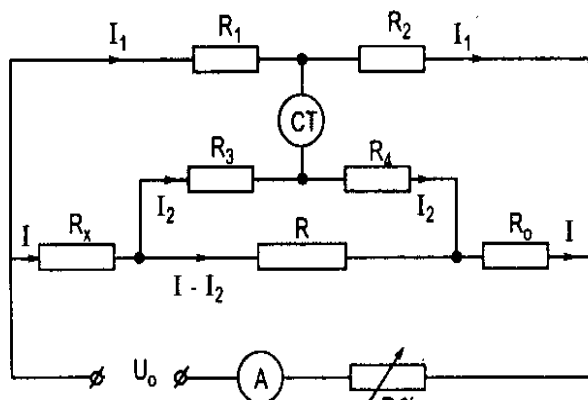
Các điện trở có trị số nhỏ như điện trở sun của ampemét phải có các đầu ra điện trở xác định chính xác. Để tránh những sai số do tiếp xúc khi chịu những dòng điện lớn gây ra, các điện trở trên thường được chế tạo bốn đầu, hai đầu dòng và hai đầu áp (hình 5-10).



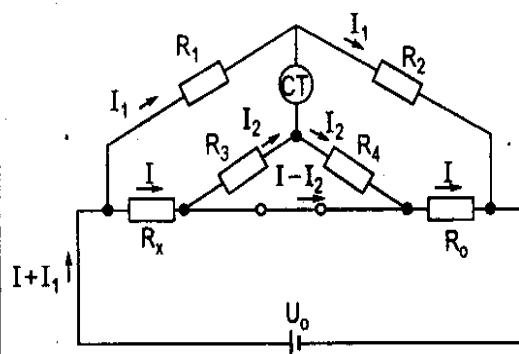
**Hình 5 - 10. Điện trở nhỏ 4 đầu**

Các đầu ra dòng lớn hơn và nằm ở các đầu mút ngoài của điện trở. Đầu ra áp nằm giữa 2 đầu dòng và những đầu ra đó thường dùng với các dòng điện nhỏ cỡ  $\mu A$  hoặc  $mA$  nên không có sự sụt áp do tiếp xúc tại các đầu ra điện áp. Điện trở được xác định đúng bằng điện trở tồn tại giữa các đầu điện áp.

Để đo các điện trở nhỏ người ta thường dùng cầu kép, hình 5-11. Cầu kép khác với cầu đơn ở chỗ có thêm một số điện trở, trong đó  $R_0$  là điện trở chuẩn có giá trị nhỏ và  $R_1, R_2, R_3, R_4$  là những điện trở điều chỉnh được.



**Hình 5 - 11.** Mạch nguyên lí của cầu kép



**Hình 5 - 12.** Cầu kép thông thường

Nếu tỉ số  $R_3/R_4$  giống như  $R_1/R_2$  thì sai số do độ sụt áp trên  $R$  được bỏ qua. Giả sử khi chỉ thị chỉ zêrô (không có dòng điện qua chỉ thị) và điện áp đầu ra của chỉ thị là  $U_{CT} = 0$  (hình 5-11). Với điều kiện trên ta có dòng  $I_1$  sẽ chạy qua  $R_1$  và  $R_2$ , dòng  $I$  chạy qua  $R_X, R_0$ , dòng  $I_2$  qua  $R_4$  và  $R_3$  và  $I - I_2$  chạy qua  $R$ .

Do cầu cân bằng ( $U_{CT}=0$ ) nên điện áp rơi trên  $R_2$  bằng tổng các điện áp rơi trên  $R_0$  và  $R_4$ :

$$I_1 R_2 = I_2 R_4 + I R_0$$

Ta có 
$$I R_0 = I_1 R_2 - I_2 R_4$$

Hoặc 
$$I R_0 = R_2 \left( I_1 - I_2 \frac{R_4}{R_2} \right) \tag{5-16}$$

Cũng như vậy, điện áp rơi trên  $R_1$  bằng tổng điện áp rơi trên  $R_3$  và  $R_X$

$$I_1 R_1 = I R_X$$

Ta có 
$$I R_X = I_1 R_1 - I_2 R_3$$

Hoặc 
$$I R_X = R_1 \left( I_1 - I_2 \frac{R_3}{R_1} \right) \tag{5-17}$$

Chia phương trình (5-17) cho (5-16) ta được 
$$\frac{I R_X}{I R_0} = \frac{R_1 \left( I_1 - I_2 \frac{R_3}{R_1} \right)}{R_2 \left( I_1 - I_2 \frac{R_4}{R_2} \right)}$$

Với điều kiện  $\frac{R_3}{R_4} = \frac{R_1}{R_2}$  hoặc  $\frac{R_3}{R_4} = \frac{R_4}{R_2}$  ta có :

$$\frac{R_x}{R_0} = \frac{R_1}{R_2} \text{ và } R_x = R_0 \frac{R_1}{R_2} \quad (5-18)$$

Trong quá trình đo người ta điều chỉnh  $R_1, R_2, R_3, R_4$  sao cho luôn giữ được tỉ số  $\frac{R_3}{R_4} = \frac{R_1}{R_2}$ . Khi đó giá trị của điện trở  $R_x$  được xác định qua biểu thức 5-18.

Hình 5-12 cho thấy các biểu diễn cầu kép thông thường trong đó  $R_0$  và  $R_x$  là các điện trở có 4 đầu ra và  $R_1, R_2, R_3, R_4$  được mắc vào các đầu ra điện áp của chúng. Khoảng đo của cầu kép thông thường từ  $10\mu\Omega$  (hoặc  $10^{-5}\Omega$ ) đến  $1\Omega$ . Tùy thuộc vào độ chính xác của linh kiện mà độ chính xác của phép đo có thể đạt đến  $\pm 0,2\%$ .

#### **d. Đo điện trở lớn**

##### ***\*Đo điện trở lớn bằng phương pháp gián tiếp***

Phương pháp gián tiếp (vônmet và ampemét) có thể đo các điện trở lớn  $10^5 \div 10^{10}\Omega$  như điện trở cách điện. Trong quá trình đo cần loại trừ dòng điện rò qua dây dẫn hoặc qua cách điện của thiết bị. Muốn tránh dòng điện rò cần phải sử dụng màn chắn tĩnh điện hoặc dây dẫn bọc kim.

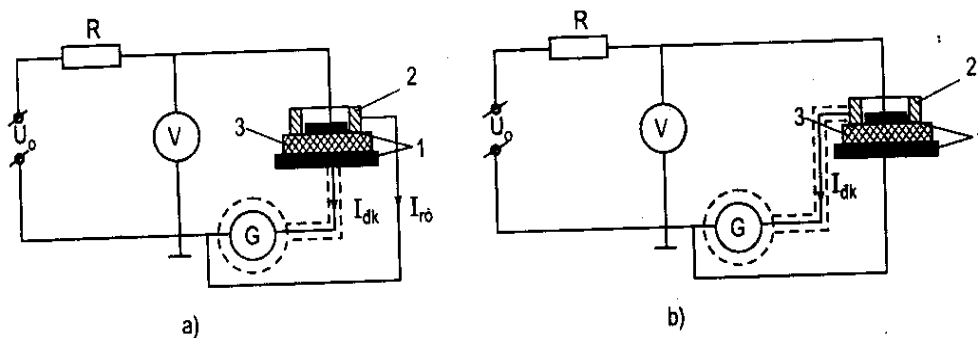
Một vấn đề xuất hiện khi đo những điện trở rất nhỏ là có hai thành phần điện trở : điện trở khối và điện trở rò bề mặt. Trong thực tế điện trở bề mặt và điện trở khối tổ hợp lại đó là điện trở hiệu dụng của lớp cách điện. Tuy nhiên trong một số trường hợp phải tách riêng hai điện trở đó ra. Để tách hai thành phần điện trở người ta sử dụng các điện cực đo và cực phụ hình 5-13.

Khi đo điện trở cách điện khối mạch đo được bố trí như hình 5-13a trong đó điện kế G đo dòng điện xuyên qua khối cách điện (cỡ  $\mu A$ ), còn dòng điện rò trên bề mặt vật liệu qua điện cực phụ nối đất. Điện trở cần đo được xác định qua vônmet và điện kế G

$$R_x = \frac{U}{I_{dk}}$$

Nguồn điện cung cấp cho mạch đo cỡ kilôvôn, điện trở R khoảng  $1M\Omega$ .

Để đo điện trở các điện mặt sơ đồ mạch được bố trí như hình 5-13b, trong đó dòng điện rò trên bề mặt của vật liệu được đo bằng điện kế G, dòng điện xuyên qua khối vật liệu được nối qua cực chính xuống đất. Điện trở cũng được xác định qua vônmet và điện kế G.

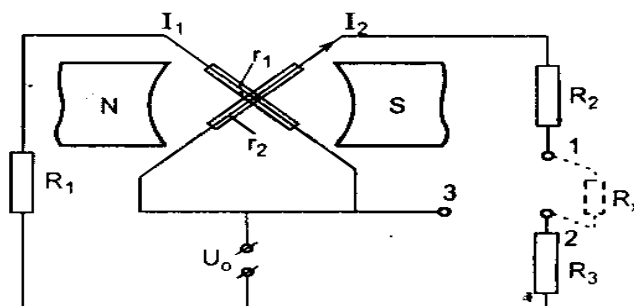


**Hình 5-13.** a) Sơ đồ đo điện trở khối b) Sơ đồ đo điện trở mặt  
1 - Hai điện cực đo 2- Cực phụ 3- Tấm cách điện

**\* Mêgômét**

Mêgômét là dụng cụ đo xách tay được dùng rộng rãi để kiểm tra điện trở cách điện của các dây cáp điện, các động cơ, máy phát và biến áp điện lực.

Dụng cụ gồm có nguồn cao áp cung cấp từ máy phát điện quay tay, điện áp có thể có trị số 500 V hoặc 1000V và chỉ thị là 1 lôgômét từ điện. Chỉ thị lôgômét (hình 5-14a) gồm hai khung dây, một khung tạo mômen quay và một khung dây tạo mômen phản kháng. Góc quay  $\alpha$  của cơ cấu đo tỷ lệ với tỷ số của hai dòng điện chạy qua hai khung dây trong đó dòng điện  $I_1$  đi qua khung dây  $W_1$ , điện trở  $R_1$ ,  $I_2$  đi qua khung dây  $W_2$ , điện trở  $R_2, R_x, R_3$ .



**Hình 5 - 14a.** Mạch nguyên lí mêgômét

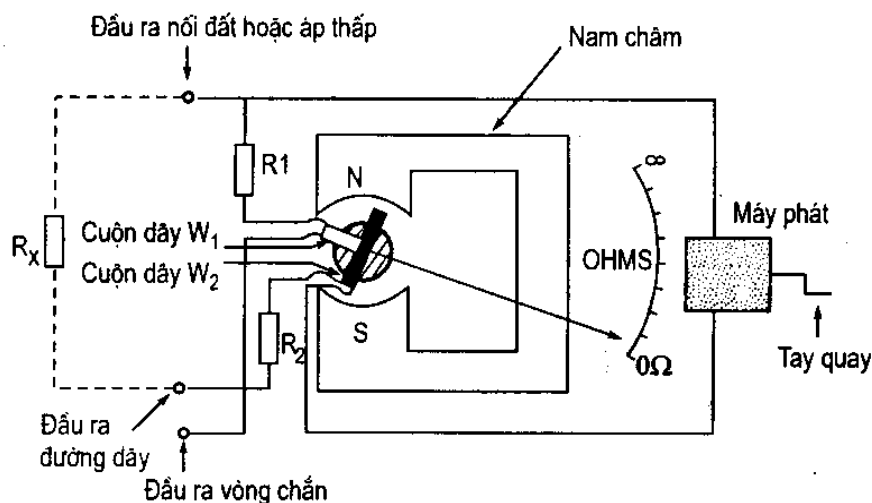
Ta có :  $I_1 = \frac{U_0}{R_1 + r_1}$

$I_2 = \frac{U_0}{R_2 + r_2 + R_x + R_3}$   $r_1, r_2$  điện trở của khung dây

Dưới tác động của lực điện từ giữa từ trường và dòng điện qua các khung sẽ tạo ra mômen quay  $M_1$  và mômen cản  $M_2$ .

Ở tại thời điểm cân bằng  $M_1=M_2$

Ta có :  $\alpha = F\left(\frac{I_1}{I_2}\right) = F\left(\frac{R_2 + R_3 + r_2 + R_x}{R_1 + r_1}\right)$  (5-19)



**Hình 5 - 14b. Mègôm-mét thông thường**

Các giá trị  $R_1, R_2, R_3$  và  $r_1, r_2$  là hằng số nên góc quay tỷ lệ với  $R_x$  và không phụ thuộc vào điện áp cung cấp. hình 5-14b là sơ đồ của Mègôm-mét thường dùng.

### 3.2.2. Đo điện cảm.

#### \* Khái niệm chung

Cuộn cảm lí tưởng là cuộn dây chỉ có thành phần điện kháng ( $X_L = \omega L$ ) hoặc chỉ thuần khiết là điện cảm  $L$ , nhưng trong thực tế các cuộn dây, ngoài thành phần kháng  $X_L$  còn có điện trở của cuộn dây  $R_L$ . Điện trở  $R_L$  càng lớn độ phẩm chất của cuộn dây càng kém. Nếu gọi  $Q$  là độ phẩm chất của cuộn dây thì  $Q$  được đặc trưng bởi tỉ số giữa điện kháng  $X_L$  và điện trở của cuộn dây đó.

$$Q = \frac{X_L}{R_L} \quad (5-36)$$

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

#### b. Các mạch cầu đo thông số cuộn cảm

##### \* Cầu xoay chiều dùng điện cảm mẫu

Mạch cầu so sánh điện cảm như hình vẽ 5-20 trong đó  $L_x, L_N$  là các thông số điện cảm và điện trở cần xác định:  $R_M, R_N$  là các cuộn dây điện cảm và điện trở chuẩn. Hai nhánh còn lại là các điện trở  $R_1$  và  $R_2$  cũng là các điện trở có độ chính cao. Khi đo người ta điều chỉnh các điện trở  $R_M$  và  $R_1, R_2$  để đạt được cân bằng cầu.

Ở chế độ cân bằng ta có:

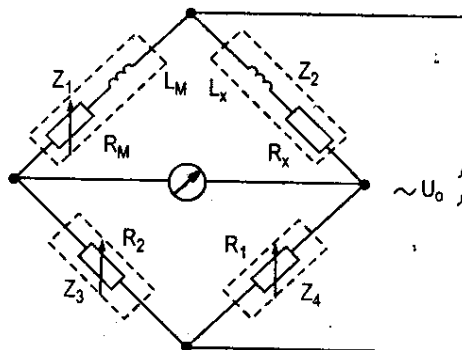
$$Z_1 \cdot Z_4 = Z_2 \cdot Z_3$$

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

$$Z_3 = R_2$$

$$Z_2 = R_x + j\omega L_x$$

$$Z_4 = R_1$$



**Hình 5 - 20.** Cầu đo điện cảm

**\* Cầu điện cảm Maxwell**

Các tụ điện chuẩn chính xác dễ chế tạo hơn các cuộn dây điện cảm chuẩn, do đó người ta thường dùng điện dung chuẩn để đo điện cảm hơn là sử dụng các cuộn điện cảm chuẩn. Cầu có tụ điện như vậy được gọi cầu Maxwell (hình 5-21)

Trong mạch cầu, tụ điện chuẩn C3 mắc song song với điện trở R3, các nhánh còn lại là điện trở R1 và R4. Các điện trở R3, R1, R4 là các điện trở có thể điều chỉnh được Rx và Lx biểu diễn cuộn cảm cần đo. Khi mạch cầu cân bằng ta có:

$$Z_1 \cdot Z_4 = Z_2 \cdot Z_3$$

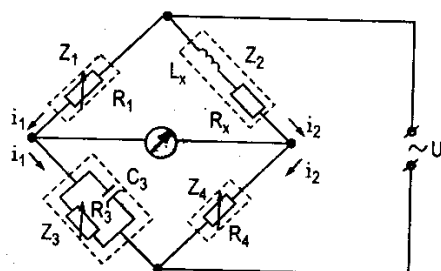
Trong đó:

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

$$Z_2 = R_x + j\omega L_x$$

$$Z_1 = R_1$$

$$Z_4 = R_4$$



**Hình 5 - 21.** Cầu điện cảm Maxwell

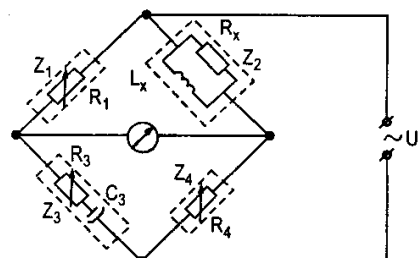
**\* Cầu điện cảm Hay**

Cầu điện cảm Hay tương tự như cầu Maxwell chỉ khác ở chỗ điện trở R3 được mắc kết nối tiếp tụ C3 (hình 5-22) và điện cảm Lx và Rx được biểu diễn dưới dạng mạch song song và Rx, Lx đo được là các thành phần của mạch song song.

Khi cầu ở trạng thái cân bằng ta có:

$$Z_1 \cdot Z_4 = Z_2 \cdot Z_3$$

Trong đó:



**Hình 5 - 22.** Cầu điện cảm Hay

$$Z_2 = \frac{1}{\frac{1}{R_x} + \frac{1}{j\omega C_x}}$$

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

$$Z_1 = R_1 \quad Z_4 = R_4$$

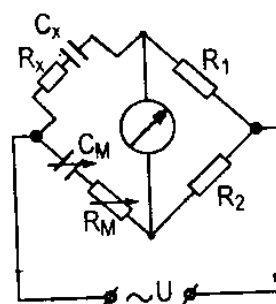
### 3.2.3. Đo điện dung

Tụ điện lý tưởng là tụ không tiêu thụ công suất (dòng điện một chiều không đi qua tụ) nhưng trong thực tế do có lớp điện môi nên vẫn có dòng điện nhỏ đi qua từ cực này đến cực kia. vì vậy trong tụ có sự tổn hao công suất.

#### a. Cầu đo xoay chiều đo điện dung

##### \* Cầu đo điện dung tổn hao nhỏ

Hình 5-18 là sơ đồ cầu đo tụ điện có tổn hao nhỏ. Cầu gồm có 4 nhánh trong đó  $R_1, R_2$  là thuần trở các nhánh còn lại là  $X_x, R_x$  và điện trở mẫu  $R_m, C_m$  điều chỉnh được. Đường chéo cầu được mắc điện kế G chỉ cân bằng và nguồn cung cấp xoay chiều U



**Hình 5 - 18.** Cầu xoay chiều đo tụ điện có tổn hao ít

##### \* Cầu đo tụ điện có tổn hao lớn

Hình 5-19 là sơ đồ mạch cầu đo tụ điện có tổn hao lớn, trong đó  $R_1, R_2$  là các điện trở thuần,  $C_m$  mắc song song với  $R_m$  là điện dung và điện trở mẫu;  $R_x, C_x$  là điện trở và điện dung của tụ điện cần đo.

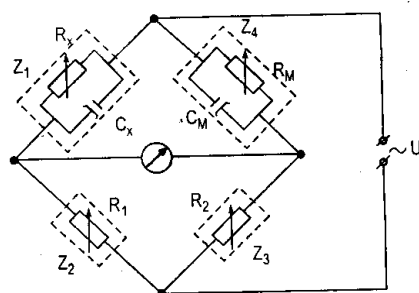
Khi cần cân bằng ta có:

$$Z_1 \cdot Z_3 = Z_2 \cdot Z_4$$

Trong đó  $Z_1 = \frac{1}{\frac{1}{R_x} + \frac{1}{j\omega C_x}}$

$$Z_2 = R_1; Z_3 = R_2$$

$$Z_4 = \frac{1}{\frac{1}{R_m} + \frac{1}{j\omega C_m}}$$



**Hình 5 - 19.** Cầu xoay chiều đo tụ điện có tổn hao lớn

## 3.3. ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG TẦN SỐ, CÔNG SUẤT, ĐIỆN NĂNG.

### 3.3.1. Đo tần số.

#### a. Khái niệm chung.

- **Tần số (f: frequency):** được xác định bởi số các chu kỳ lặp lại của sự thay đổi tín hiệu trong một đơn vị thời gian. Tần số là một trong các thông số quan trọng nhất

của quá trình dao động có chu kỳ.

- **Chu kỳ (Time period, Time cycle):** là khoảng thời gian nhỏ nhất mà giá trị của tín hiệu lặp lại độ lớn của nó (tức là thoả mãn phương trình  $u(t) = u(t + T)$ ). Quan giữa tần số và chu kỳ của tín hiệu dao động là:

$$f[Hz] = \frac{1}{T[s]}$$

- **Tần số góc tức thời ( $\omega$ ):** được xác định như là vi phân theo thời gian của góc pha của tín hiệu, tức là:

$$\omega(t) = \frac{d\varphi}{dt} [grad]$$

Quan giữa tần số góc tức thời và tần số là:

$$\omega(t) = 2\pi \cdot f(t) \Leftrightarrow f(t) = \frac{1}{2\pi} \cdot \omega(t)$$

với  $f(t)$  là tần số tức thời.

Đối với tín hiệu dao động điều hòa (tín hiệu hình sin) vì có góc pha biến đổi theo thời gian theo quy luật tuyến tính nên tần số góc tức thời là một hằng số:

$$\omega(t) = d\varphi / dt = \omega_0 = const$$

→ tần số  $f$  là một đại lượng không đổi:

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \omega(t) = \frac{\omega_0}{2\pi}$$

Khoảng tần số được sử dụng trong các lĩnh vực khác nhau như: vô tuyến điện tử, tự động hoá, vật lý thí nghiệm, thông tin liên lạc...với dải tần từ một phần Hz đến hàng nghìn GHz.

- **Tần số kế:** là dụng cụ để đo tần số. Ngoài ra còn có thể đo tỉ số giữa hai tần số, tổng của hai tần số, khoảng thời gian, độ dài các xung...

- **Các phương pháp đo tần số:** việc lựa chọn phương pháp đo tần số được xác định theo khoảng đo, theo độ chính xác yêu cầu, theo dạng đường cong và công suất nguồn tín hiệu có tần số cần đo và một số yếu tố khác. Để đo tần số của tín hiệu điện có hai phương pháp: phương pháp biến đổi thẳng và phương pháp so sánh:

\* **Đo tần số bằng phương pháp biến đổi thẳng:** được tiến hành bằng các loại tần số kế cộng hưởng, tần số kế cơ điện, tần số kế tụ điện, tần số kế chỉ thị số:

- **Các tần số kế cơ điện tương tự** (tần số kế điện từ, điện động, sắt điện động): được sử dụng để đo tần số trong khoảng từ 20Hz ÷ 2,5kHz trong các mạch nguồn với cấp chính xác không cao (cấp chính xác 0,2; 0,5; 1,5; 2,5).



Các loại tần số kế này nói chung hạn chế sử dụng vì tiêu thụ công suất khá lớn và bị rung.

+ **Các tần số kế điện dung tương tự:** để đo tần số trong dải tần từ 10Hz ÷ 500kHz, được sử dụng khi hiệu chỉnh, lắp ráp các thiết bị ghi âm và radiôv.v...

+ **Tần số kế chỉ thị số:** được sử dụng để đo chính xác tần số của tín hiệu xung và tín hiệu đa hài trong dải tần từ 10Hz ÷ 50GHz. Còn sử dụng để đo tỉ số các tần số, chu kỳ, độ dài các xung, khoảng thời gian.

**\*Đo tần số bằng phương pháp so sánh:** được thực hiện nhờ ôxilôscôp, cầu xoay chiều phụ thuộc tần số, tần số kế đổi tần, tần số kế cộng hưởng...

+ **Sử dụng OSILLOSCOPE:** được thực hiện bằng cách đọc trực tiếp trên màn hình hoặc so sánh tần số cần đo với tần số của một máy phát chuẩn ổn định (dựa trên đường cong Litsazua). Phương pháp này dùng để đo tần số các tín hiệu xoay chiều hoặc tín hiệu xung trong dải tần từ 10Hz đến 20MHz.

+ **Tần số kế trượt tần:** sử dụng để đo tần số của các tín hiệu xoay chiều, tín hiệu điều chế biên độ trong khoảng từ 100kHz ÷ 20GHz trong kỹ thuật vô tuyến điện tử.

+ **Cầu xoay chiều phụ thuộc tần số:** để đo tần số trong khoảng từ 20Hz - 20kHz.

+ **Tần số kế cộng hưởng:** để đo tần số xoay chiều tần số tín hiệu điều chế biên độ, điều chế xung trong khoảng từ 50kHz ÷ 10GHz; thường sử dụng khi lắp thiết bị thu phát vô tuyến.

Trong những năm gần đây tần số kế chỉ thị số được sử dụng rộng rãi và còn cài đặt thêm  $\mu$ P để điều khiển và sử dụng kết quả đo nữa...

Dưới đây sẽ tiến hành xét một số phương pháp và dụng cụ đo tần số phổ biến nhất, bao gồm:

- + Đo tần số bằng phương pháp cộng hưởng
- + Tần số kế điện từ
- + Cầu đo tần số
- + Tần số kế chỉ thị số

### **3.3.2. Đo công suất và điện năng (năng lượng).**

#### **a. Cơ sở chung về đo công suất và năng lượng.**

Công suất và năng lượng là các đại lượng cơ bản của phần lớn các đối tượng, quá trình và hiện tượng vật lý. Vì vậy việc xác định công suất và năng lượng là một phép đo rất phổ biến. Việc nâng cao độ chính xác của phép đo đại lượng này có ý nghĩa rất to lớn trong nền kinh tế quốc dân, nó liên quan đến việc tiêu thụ năng lượng, đến việc tìm những nguồn năng lượng mới, đến việc tiết kiệm năng lượng.

Công suất cũng như năng lượng có mặt dưới nhiều dạng khác nhau đó là: năng lượng điện, nhiệt cơ, công suất, phát xạ...tuy nhiên quan trọng nhất vẫn là việc đo công suất và năng lượng điện, còn các dạng năng lượng khác cũng thường được đo bằng phương pháp điện.

Dải đo của công suất điện thường từ  $10^{-20}$  W đến  $10^{+10}$  W. Công suất và năng lượng điện cũng cần phải được đo trong dải tần rộng từ không (một chiều) đến  $10^9$  Hz và lớn hơn.

**Ví dụ:** Công suất của tín hiệu một đài phát thanh khoảng  $10^{-16}$  W còn công suất của một đài phát thanh hiện đại khoảng trên  $10^{10}$  W. Năng lượng từ một thiên hà đến trái đất trong 1s là  $10^{-40}$  June, còn năng lượng cho ra của một máy phát điện trong một năm cỡ  $10^{20}$  June.

### **b. Công suất trong mạch một chiều:**

Công suất trong mạch một chiều được tính theo một trong các biểu thức sau đây:

$$P = U.I; \quad P = I^2R; \quad P = \frac{U^2}{R}; \quad P = k.q$$

trong đó: I - dòng điện trong mạch

U - điện áp rơi trên phụ tải với điện trở R

P - lượng nhiệt toả ra trên phụ tải trong một đơn vị thời gian.

### **c. Công suất tác dụng trong mạch xoay chiều một pha:**

Trong trường hợp khi dòng và áp có dạng hình sin thì công suất tác dụng được tính là :

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

hệ số  $\cos\varphi$  được gọi là hệ số công suất.

Còn đại lượng  $S = U.I$  gọi là công suất toàn phần được coi là công suất tác dụng khi phụ tải là thuần điện trở tức là, khi  $\cos\varphi = 1$ .

Khi tính toán các thiết bị điện để đánh giá hiệu quả của chúng, người ta còn sử dụng khái niệm công suất phản kháng. Đối với áp và dòng hình sin thì công suất phản kháng được tính theo :

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

Trong trường hợp chung nếu một quá trình có chu kỳ với dạng đường cong bất kỳ thì công suất tác dụng là tổng các công suất của các thành phần sóng hài.

$$P = \sum_{k=1}^{\infty} P_k = \sum_{k=1}^{\infty} U_k \cdot I_k \cdot \cos \varphi_k$$

Hệ số công suất trong trường hợp này được xác định như là tỉ số giữa công suất tác dụng và công suất toàn phần:

$$k_p = \frac{P}{S} \quad \text{và khi hình sin thì: } K_p = \cos \varphi.$$

#### **d. Công suất tác dụng trong mạch 3 pha:**

Biểu thức tính công suất tác dụng và công suất phản kháng là :

$$P = P_A + P_B + P_C = U_{\Phi A} I_{\Phi A} \cos \varphi_A + U_{\Phi B} I_{\Phi B} \cos \varphi_B + U_{\Phi C} I_{\Phi C} \cos \varphi_C$$
$$Q = Q_A + Q_B + Q_C = U_{\Phi A} I_{\Phi A} \sin \varphi_A + U_{\Phi B} I_{\Phi B} \sin \varphi_B + U_{\Phi C} I_{\Phi C} \sin \varphi_C$$

với:  $U_{\varphi}, I_{\varphi}$  : điện áp pha và dòng pha hiệu dụng

$\varphi_C$  : góc lệch pha giữa dòng và áp của pha tương ứng.

Biểu thức để đo năng lượng điện được tính như sau:

$$W_i = P_i \cdot t$$

với: P: công suất tiêu thụ

t: thời gian tiêu thụ

Trong mạch 3 pha có:

$$W = W_A + W_B + W_C$$

Như vậy công tơ đo năng lượng điện phải bao gồm một bộ phận chuyển đổi để đo công suất, một bộ tích phân. Bộ chuyển đổi đo công suất được thực hiện theo nhiều công suất khác nhau gồm:

- **Phương pháp cơ điện:** phép nhân được dựa trên cơ cấu chỉ thị như điện động, sắt điện động, tĩnh điện và cảm ứng, trong đó góc quay  $\alpha$  của phần động là hàm của công suất cần đo.

- **Phương pháp điện:** phép nhân được thực hiện bởi các mạch nhân tương tự cũng như nhân số điện tử, tín hiệu ra của nó là hàm của công suất cần đo.

- **Phương pháp nhiệt điện:** sử dụng phương pháp biến đổi thẳng công suất điện thành nhiệt. Phương pháp này thường được ứng dụng khi cần đo công suất và năng lượng trong mạch tần số cao cũng như của nguồn laze.

- **Phương pháp so sánh:** là phương pháp chính xác vì thế nó thường được sử dụng để đo công suất trong mạch xoay chiều tần số cao.

#### **e. Đo công suất trong mạch một chiều và xoay chiều một pha.**

Có các phương pháp đo cơ bản sau:

**- Đo theo phương pháp cơ điện:**

+ Watmet điện động

+ Watmet sắt điện động

**- Đo theo phương pháp điện:**

+ Watmet chỉnh lưu điện tử

+ Watmet dùng phương pháp nhiệt điện

**e. Đo theo phương pháp cơ điện:**

Công suất trong mạch một chiều có thể đo được bằng cách đo điện áp đặt vào phụ tải U và dòng I qua phụ tải đó. Kết quả là tích của hai đại lượng đó. Tuy nhiên đây là phương pháp gián tiếp, phương pháp này có sai số của phép đo bằng tổng sai số của hai phép đo trực tiếp (đo điện áp và đo dòng điện).

Trong thực tế thường đo trực tiếp công suất bằng w atmet điện động và sắt điện động. Những dụng cụ đo này có thể đo công suất trong mạch một chiều và xoay chiều một pha tần số công nghiệp cũng như tần số siêu âm đến 15kHz.

Với watmet điện động có thể đạt tới cấp chính xác là 0,01÷0,1 với tần số dưới 200Hz và trong mạch một chiều, ở tần số từ 200Hz ÷ 400Hz thì sai số đo là 0,1% và hơn nữa.

Với watmet sắt điện động với tần số dưới 200Hz sai số đo là 0,1 ÷ 0,5 % còn với tần số từ 200Hz ÷ 400Hz thì sai số đo là 0,2 % và hơn nữa.

**\* Đo trực tiếp công suất bằng watmet điện động:**

Để đo công suất tiêu thụ trên phụ tải  $R_L$  ta mắc watmet điện động. Trong đó ở mạch nối tiếp với một điện trở phụ  $R_p$ . Cuộn tĩnh và cuộn động được nối với nhau ở hai đầu có đánh dấu \*.

**i. Đo năng lượng trong mạch xoay chiều một pha, công tơ một pha.**

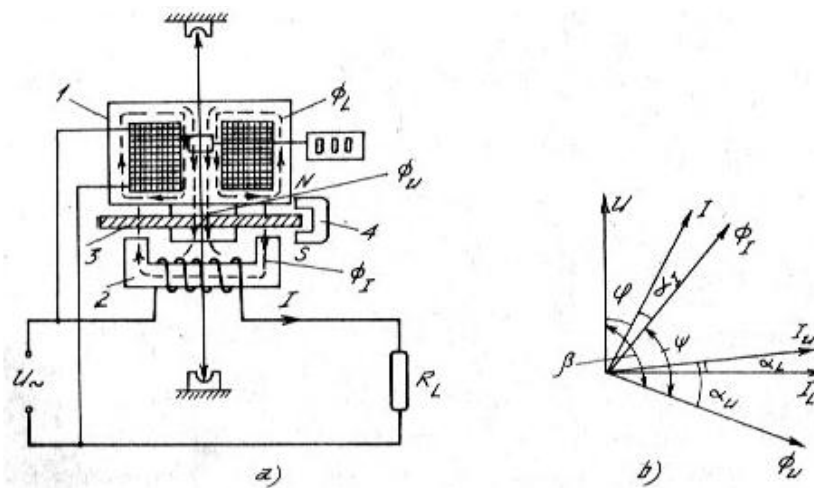
Năng lượng trong mạch xoay chiều một pha được tính:

$$A=P.t$$

với:  $P = U.I.\cos\varphi$  là công suất tiêu thụ trên tải.

t là khoảng thời gian tiêu thụ của tải.

Dụng cụ đo để đo năng lượng là công tơ. Công tơ được chế tạo dựa trên cơ cấu chỉ thị cảm ứng. Chỉ rõ sơ đồ cấu tạo của một công tơ một pha dựa trên cơ cấu chỉ thị cảm ứng:



Hình 3.1. sơ đồ cấu tạo của một công tơ một pha dựa trên cơ cấu chỉ thị cảm ứng

**\* Công tơ một pha:**

**Cấu tạo:** như hình 3.1a, gồm các bộ phận chính:

- Cuộn dây 1 (tạo nên nam châm điện 1): gọi là cuộn áp được mắc song song với phụ tải. Cuộn này có số vòng dây nhiều, tiết diện dây nhỏ để chịu được điện áp cao.
- Cuộn dây 2 (tạo nên nam châm điện 2): gọi là cuộn dòng được mắc nối tiếp với phụ tải. Cuộn này dây to, số vòng ít, chịu được dòng lớn.
- Đĩa nhôm 3: được gắn lên trục tì vào trụ có thể quay tự do giữa hai cuộn dây 1, 2.
- Hộp số cơ khí: gắn với trục của đĩa nhôm.
- Nam châm vĩnh cửu 4: có từ trường của nó xuyên qua đĩa nhôm để tạo ra mômen hãm.

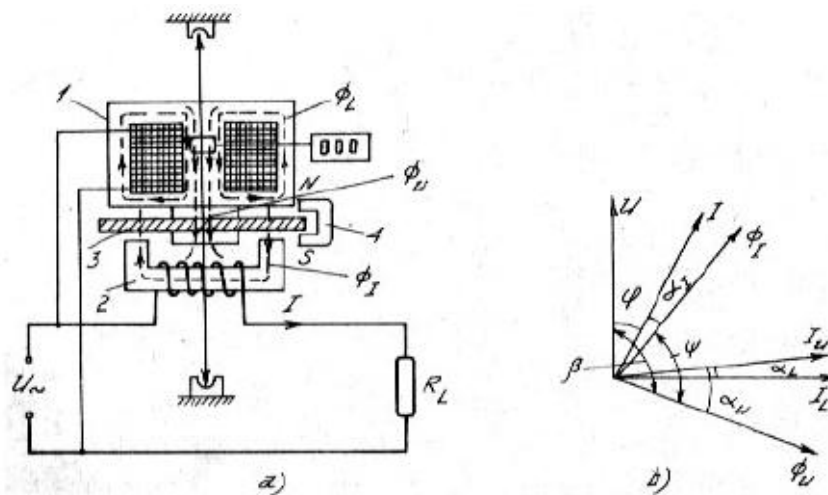
**\*Nguyên lý làm việc:** khi có dòng điện I chạy trong phụ tải, qua cuộn dòng tạo ra từ thông  $\Phi_I$  cắt đĩa nhôm hai lần. Đồng thời điện áp U được đặt vào cuộn áp sinh ra dòng  $I_U$ , dòng này chạy trong cuộn áp tạo thành hai từ thông:

- $\Phi_U$ : là từ thông làm việc, xuyên qua đĩa nhôm
- $\Phi_I$ : không xuyên qua đĩa nhôm do vậy mà không tham gia việc tạo ra mômen quay.

Từ sơ đồ vectơ như hình 3.1b có:

$$\Phi_I = k_I \cdot I ; \quad \Phi_U = k_U \cdot I_U = k_U \cdot \frac{U}{Z_U}$$

với:  $k_I, k_U$ : là hệ số tỉ lệ về dòng và áp;  $Z_U$ : là tổng trở của cuộn áp



Hình 3.2. Công tơ một pha: a) Sơ đồ cấu tạo; b) Biểu đồ vector

**Sai số của công tơ được tính như sau:**

$$\beta_w \% = \frac{W_N - W_{đo}}{W_{đo}} = \frac{C_{PN} - C_{pđđ}}{C_{pđđ}}$$

với:  $W_N, C_{PN}$ : là năng lượng và hằng số công tơ định mức.

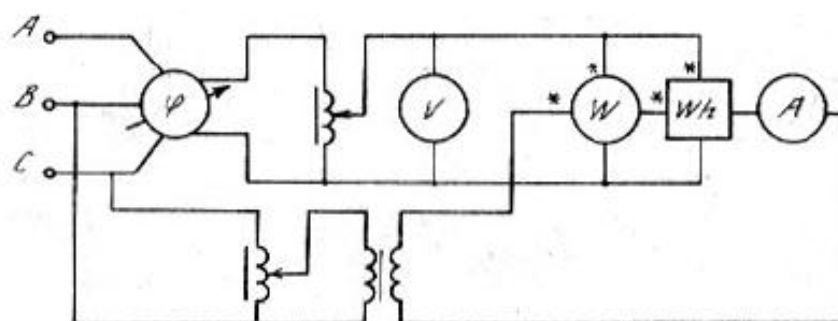
$W_{đo}, C_{pđđ}$ : là năng lượng và hằng số công tơ đo được.

Cấp chính xác của công tơ thường là: 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5.

**\* Kiểm tra công tơ:**

Để công tơ chỉ được chính xác, trước khi đem sử dụng người ta thường phải kiểm tra hiệu chỉnh và cấp chì.

Để kiểm tra công tơ ta phải mắc chúng theo sơ đồ hình 3.3:



Hình 3.3. Sơ đồ kiểm tra công tơ

Từ nguồn điện 3 pha qua bộ điều chỉnh pha để lấy ra điện áp một pha có thể lệch pha với bất kỳ pha nào của nguồn điện từ  $0$  đến  $360^{\circ}$ . Sau đó qua biến dòng (dưới dạng biến áp tự ngẫu)  $L_1$ , dòng điện ra được mắc nối tiếp với phụ tải  $Z_T$  ampe-mét và các cuộn dòng của watmet và công tơ.

Điện áp được lấy ra từ một pha bất kỳ của nguồn điện (ví dụ pha BC), qua biến áp tự ngẫu  $L_2$  và đặt vào cuộn áp của watmet cũng như của công tơ, vônmet chỉ điện áp đó ở đầu ra của biến áp tự ngẫu  $L_2$ .

**\*Việc kiểm tra công tơ theo các bước sau đây:**

1. Điều chỉnh tự quay của công tơ: điều chỉnh  $L_2$ , đặt điện áp vào cuộn áp của watmet và công tơ bằng điện áp định mức  $U = U_N$ ; điều chỉnh  $L_1$  sao cho dòng điện vào cuộn dòng của watmet và công tơ bằng không  $I = 0$ , lúc này watmet chỉ 0 và công tơ phải đứng yên. Nếu công tơ quay thì đó là hiện tượng tự quay của công tơ.

Nguyên nhân của hiện tượng này là khi chế tạo để thắng được lực ma sát bao giờ cũng phải tạo ra một mômen bù ban đầu, nếu mômen này quá lớn (lớn hơn mômen ma sát giữa trục và trụ) thì xuất hiện hiện tượng tự quay của công tơ.

Để loại trừ hiện tượng tự quay, ta phải điều chỉnh vị trí của mấu từ trên trục của công tơ sao cho tăng mômen hãm, tức là giảm mômen bù cho đến khi công tơ đứng yên thì thôi.

2. Điều chỉnh góc  $\theta = \beta - \alpha_1 = 2/\pi$ : cho điện áp bằng điện áp định mức  $U = U_N$ , dòng điện bằng dòng điện định mức  $I = I_N$ . Điều chỉnh góc lệch pha  $\varphi = \pi/2$  tức là  $\cos \varphi = 0$ . Lúc này watmet chỉ 0, công tơ lúc này phải đứng yên, nếu công tơ quay điều đó có nghĩa là  $\alpha_1 > 2$  và công tơ không tỉ lệ với công suất.

Để điều chỉnh cho góc  $\alpha_1 > 2$  ta phải điều chỉnh góc  $\beta$  hay từ thông  $\Phi_u$  bằng cách điều chỉnh bộ phận phân nhánh từ của cuộn áp, hoặc có thể điều chỉnh góc  $\alpha_1$  hay từ thông  $\Phi_1$  bằng cách điều chỉnh vòng ngắn mạch của cuộn dòng. Cứ thế cho đến khi công tơ đứng yên. Lúc này thì số chỉ của công tơ tỉ lệ của công suất, tức là góc  $\alpha_1 = 2$ .

3. Kiểm tra hằng số công tơ: để kiểm tra hằng số công tơ  $C_p$  thì cần phải điều chỉnh sao cho  $\cos \Phi = 1$  (tức là  $\Phi = 0$ ), lúc này watmet chỉ  $P = U.I$ .

Cho  $I = I_N$ ,  $U = U_N$  lúc đó  $P = U_N I_N$

Đo thời gian quay của công tơ bằng đồng hồ bấm giây t. Đếm số vòng N mà công tơ quay được trong khoảng thời gian t. Từ đó ta tính được hằng số công tơ:

$$C_p = \frac{N}{U_N I_N t} = \frac{N}{P_N t}$$

Hằng số này thường không đổi đối với mỗi loại công tơ và được ghi trên mặt công tơ.

**Ví dụ:** trên công tơ có viết : “1kWh = 600vòng” . Điều này có nghĩa là  $C_p = 600$  vòng /1kWh.

Trong thực tế đôi khi người ta sử dụng một đại lượng nghịch đảo với hằng số  $C_p$  đó là hằng số k:

$$k = \frac{1}{C_p} = \frac{P.t}{N} \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{so vong}} \right]$$

Để thuận tiện, trên hộp số người ta tính toán để cho  $k = 1\text{kWh}/1$  số, sẽ dễ dàng cho người dùng. Nếu  $C_p$  (hoặc k) không bằng giá trị định mức đã ghi trên mặt công tơ thì ta phải điều chỉnh vị trí của nam châm vĩnh cửu để tăng (hoặc giảm) mômen cản  $M_c$  cho đến khi  $C_p$  (hoặc k) đạt được giá trị định mức.

Sai số của công tơ được tính như sau :

$$\gamma_c \% = \frac{C_N - C_{do}}{C_{do}} . 100(\%) \quad \text{hoặc} \quad \gamma_k \% = \frac{k_N - k_{do}}{k_{do}} . 100(\%)$$

Sau khi tính nếu sai số này nhỏ hơn hoặc bằng cấp chính xác ghi ở trên công tơ là được. Trường hợp lớn hơn thì phải sửa chữa và hiệu chỉnh lại công tơ rồi kiểm tra lại.

### **m. Công tơ điện tử:**

Để chế tạo công tơ điện tử, người ta biến đổi dòng điện I thành điện áp  $U_1$  tỉ lệ với nó:

$$U_1 = k_1 I$$

một điện áp khác tỉ lệ với điện áp đặt vào U:

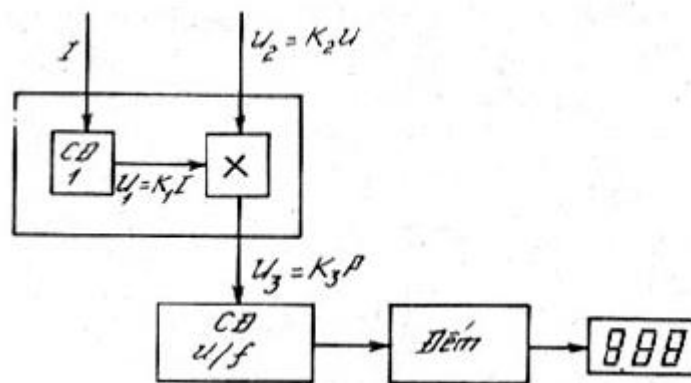
$$U_2 = k_2 U$$

qua bộ phận điện tử (nhân analog) sẽ nhận được điện áp  $U_3$  tỉ lệ với công suất P:

$$U_3 = k_3 . P$$

Tiếp theo điện áp này sẽ lần lượt qua các khâu: qua bộ biến đổi điện áp-tần số (hoặc bộ biến đổi A/D), vào bộ đếm, ra chỉ thị số. Số chỉ của cơ cấu chỉ thị số sẽ tỉ lệ với năng lượng  $N = CW$  trong khoảng thời gian cần đo năng lượng đó.





Hình 3.4. Sơ đồ khối nguyên lý của công tơ điện tử

Tất cả các bộ biến đổi trên đây đều thực hiện bằng mạch điện tử.

Công tơ điện tử có thể đạt tới cấp chính xác 0,5.

## Phần IV. SỬ DỤNG CÁC LOẠI MÁY ĐO THÔNG DỤNG

### 4.1. SỬ DỤNG VOM, MΩ.

#### 4.1.1. Sử dụng VOM.

Đồng hồ vạn năng (VOM) là thiết bị đo không thể thiếu được với bất kỳ một kỹ thuật viên điện tử nào, đồng hồ vạn năng có 4 chức năng chính là Đo điện trở, đo điện áp DC, đo điện áp AC và đo dòng điện.

Ưu điểm của đồng hồ là đo nhanh, kiểm tra được nhiều loại linh kiện, thấy được sự phóng nạp của tụ điện, tuy nhiên đồng hồ này có hạn chế về độ chính xác và có trở kháng thấp khoảng 20K/Vol do vậy khi đo vào các mạch cho dòng thấp chúng bị sụt áp.

**Đồng hồ vạn năng** hay **vạn năng kế** (VOM) là một dụng cụ đo lường điện có nhiều chức năng. Các chức năng cơ bản là ampe kế, vôn kế, và ôm kế, ngoài ra có một số đồng hồ còn có thể đo tần số dòng điện, điện dung tụ điện, kiểm tra bóng bán dẫn (transistor)...

**Đồng hồ vạn năng điện tử**, còn gọi là **vạn năng kế điện tử** là một đồng hồ vạn năng sử dụng các linh kiện điện tử chủ động, và do đó cần có nguồn điện như pin. Đây là loại thông dụng nhất hiện nay cho những người làm công tác kiểm tra điện và điện tử. Kết quả của phép đo thường được hiển thị trên một màn tinh thể lỏng nên đồng hồ còn được gọi là (*đồng hồ vạn năng điện tử hiện số*).



*Một vạn năng kế điện tử*



*Bên trong một đồng hồ vạn năng điện tử*

Việc lựa chọn các đơn vị đo, thang đo hay vị chỉnh thường được tiến hành bằng các nút bấm, hay một công tắc xoay, có nhiều nấc, và việc cắm dây nối kim đo vào đúng các lỗ. Nhiều vạn năng kế hiện đại có thể tự động chọn thang đo.

**Vạn năng kế điện tử còn có thể có thêm các chức năng sau:**

1. Kiểm tra nối mạch: máy kêu "bíp" khi điện trở giữa 2 đầu đo (gần) bằng 0.
2. Hiện thị số thay cho kim chỉ trên thước.
3. Thêm các bộ khuếch đại điện để đo hiệu điện thế hay cường độ dòng điện nhỏ, và điện trở lớn.
4. Đo độ tự cảm của cuộn cảm và điện dung của tụ điện. Có ích khi kiểm tra và lắp đặt mạch điện.
5. Kiểm tra diode và transistor. Có ích cho sửa chữa mạch điện.
6. Hỗ trợ cho đo nhiệt độ bằng cặp nhiệt.
7. Đo tần số trung bình, khuếch đại âm thanh, để điều chỉnh mạch điện của radio. Nó cho phép nghe tín hiệu thay cho nhìn thấy tín hiệu (như trong dao động kế).

8. Dao động kế cho tần số thấp. Xuất hiện ở các vạm năng kế có giao tiếp với máy tính.
9. Bộ kiểm tra điện thoại.
10. Bộ kiểm tra mạch điện ô-tô.
11. Lưu giữ số liệu đo đạc (ví dụ của hiệu điện thế).

### **Đồng hồ vạm năng hiển thị kim**



*Một vạm năng kế tương tự*



*Bên trong đồng hồ vạm năng thường*

Loại này ra đời trước và dần bị thay thế bởi vạm năng kế điện tử. Bộ phận chính của nó là một Gavanô kế. Nó thường chỉ thực hiện đo các đại lượng điện học cơ bản là cường độ dòng điện, hiệu điện thế và điện trở. Hiển thị kết quả đo được thực hiện bằng kim chỉ trên một thước hình cung. Loại này có thể không cần nguồn điện nuôi khi hoạt động trong chế độ đo cường độ dòng điện và hiệu điện thế.

#### **4.1.2. Sử dụng MΩ.**

Tính năng của thiết bị đo điện trở đất



***Mô tả đặc tính kỹ thuật:***

Chức năng đo: điện trở đất, điện áp xoay chiều (Grounding Voltage).

Dải đo và cấp chính xác:

Điện trở đất: 3 thang đo 10/100/1000 Ohm; Cấp chính xác: +/-2.5% f.s

Điện áp xoay chiều: 0 - 30 V; cấp chính xác: +/-3% f.s

Dòng đo: max :15mA AC , min : 3mA AC.

Tần số đo: 575Hz hoặc 600Hz.

Điện áp cực mở: max 50V AC.

Đồng hồ đo sử dụng phương pháp sai pha xoay chiều.

Nguồn cung cấp: Pin R6P x 6.

Kích thước: 164 x 119 x 88 mm.

Trọng lượng: 800g.

Phụ kiện kèm theo:

Cáp đo: Model 9215

Hộp đựng máy: 9393.

Que đo đất phụ: 9214.

Phụ kiện tùy chọn:

Mạng đất: Model 9050.

**4.2. SỬ DỤNG AMPE KÌM, OSC.**

**4.2.1. Sử dụng Ampe kìm.**

**\* Ampe kế kìm**



*Ampe kế kìm đo cường độ dòng điện*

## TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ VIỆT - ĐỨC HÀ TỈNH

Trong dòng điện xoay chiều, từ trường biến thiên sinh ra bởi dòng điện có thể gây cảm ứng điện từ lên một cuộn cảm nằm gần dòng điện. Đây là cơ chế hoạt động của Ampe kế kim.



- Chức năng đo: dòng và áp xoay chiều, điện trở, tần số, nhiệt độ (chọn thêm đầu đo nhiệt), kiểm tra dẫn điện...
- Có chức năng kiểm tra méo dạng sóng, đo giá trị đỉnh sóng. Slow/Peak/C.F/RMS/Record mode/Auto-off/Conduction.
- Đường kính kim mở lớn nhất: 33 mm.
- Màn hình tinh thể lỏng hiển thị số và thanh hiển thị (35 vạch) giá trị.
- Không cần cầu chì bảo vệ trong dải điện áp tới 600V.
- Kích thước: 62x218x39 mm.
- Trọng lượng: 350g.

### **Đặc tính kỹ thuật:**

*Dải đo dòng xoay chiều (3 thang đo):*

Giá trị hiệu dụng: 30 — 600A, Cấp chính xác:  $\pm 1\% \text{rdg.} \pm 5 \text{dgt}$

Imax: 75 — 1000A,  $\pm 3\% \text{rdg.} \pm 5 \text{dgt}$

*Dải đo điện áp xoay chiều (2 thang đo):*

Giá trị hiệu dụng: 300 — 600V, Cấp chính xác:  $\pm 1\% \text{rdg.} \pm 3 \text{dgt}$

Umax: 750 — 1000V,  $\pm 3\% \text{rdg.} \pm 5 \text{dgt}$

Tần số dòng xoay chiều: 40 — 1000Hz.

Đo trở kháng: 1 — 10kW.

Đo nhiệt độ: - 50 tới 150°C.

Đo tần số: 100 — 1000Hz,  $\pm 0,3\% \text{rdg.} \pm 1 \text{dgt}$ .

Kiểm tra dẫn điện: 1kW.

Hệ số méo dạng sóng: 1.00 — 5.00,  $\pm 10\% \text{rdg.} \pm 5 \text{dgt}$ .

Tốc độ lấy mẫu: max 2 — 4 lần/s, min 1 lần/3s.

*Phụ kiện kèm theo:*

Đầu đo: Model 9207-10 , 70cm.

Hộp đựng máy: 9399.

*Phụ kiện tùy chọn:*

Đầu đo nhiệt độ: Model 9462 , 1.2m, -50 tới 150°C.

**Modull: Đo lường điện**



Ampe kìm model 3280-10 của hãng Hioki - Nhật bản với tính năng sử dụng đơn giản và an toàn. Dùng đo dòng, áp xoay chiều, điện trở, kiểm tra dẫn điện.

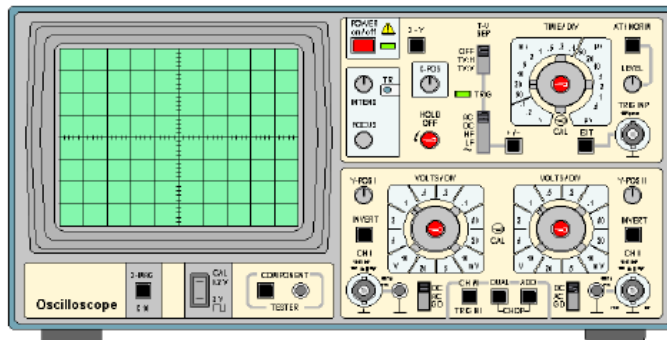
- Kích thước gọn nhẹ: 57x175x16 mm.
- Trọng lượng: 100g.
- Nguồn cung cấp cho máy: 1 pin CR2032 (3V DC).
- Đường kính mở của kìm đo: 33 mm.

**Đặc tính kỹ thuật:**

Chức năng đo	Dải đo và cấp chính xác
Dòng xoay chiều (50/60Hz)	Có 3 thang đo: 0.06 - 4/420/1000A. Cấp chính xác : +/-1.5%rdg+/-5dgt.
Điện áp một chiều	420mV/42V/420V/600V. Cấp chính xác: +/-1.3%rdg+/-4dgt.
Điện áp xoay chiều (50/500Hz)	4.2/42/420/600V. Cấp chính xác: +/-2.3%rdg+/-8dgt.
Điện trở	420W/4.2k/420k/4,2M/42MW. Cấp chính xác: +/-2.0%rdg+/-6dgt
Kiểm tra thông mạch	420W. Cấp chính xác: +/-2.0%rdg+/-6dgt

- + Tự động chuyển đổi thang đo, lưu giữ kết quả, cảnh báo pin.
- + Màn hình hiển thị LCD 4199 digits.
- + Tốc độ lấy mẫu : max 2,5 lần/s, min 1 lần/3s.
- + Bảo vệ quá áp: AC V/DC V 600V.
- + Phụ kiện kèm theo:
  - + Đầu đo: Model 9208.
  - + Hộp đựng: Model 9398.
  - + Phụ kiện tùy chọn:
    - + Đầu đo tiện dụng: Model 9209 (chỉ 1 que đo gắn vào thân máy).

**4.2.2. Sử dụng Dao động ký (Oscilloscope).**



*Hình 4.1: Hình ảnh máy hiện sóng điện tử*

**4.2.2.1. Mở đầu**

Máy hiện sóng điện tử hay còn gọi là dao động ký điện tử (electronic oscilloscope) là một dụng cụ hiển thị dạng sóng rất thông dụng. Nó chủ yếu được sử dụng để vẽ dạng của tín hiệu điện thay đổi theo thời gian. **Bằng cách sử dụng máy hiện sóng ta xác định được: ?**

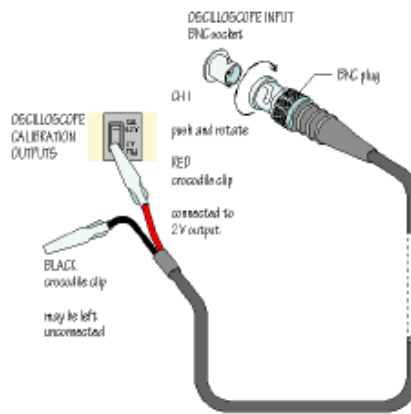


*Hình 4.2: Máy hiện sóng Oscilloscope và đầu dây đo*

- + Giá trị điện áp và thời gian tương ứng tín hiệu
- + Tần số dao động của tín hiệu
- + Góc lệch pha giữa hai tín hiệu
- + Dạng sóng tại mỗi điểm khác nhau trên mạch điện tử
- + Thành phần của tín hiệu gồm thành phần một chiều và xoay chiều như thế nào
- + Trong tín hiệu có bao nhiêu thành phần nhiễu và nhiễu đó có thay đổi theo thời gian hay không

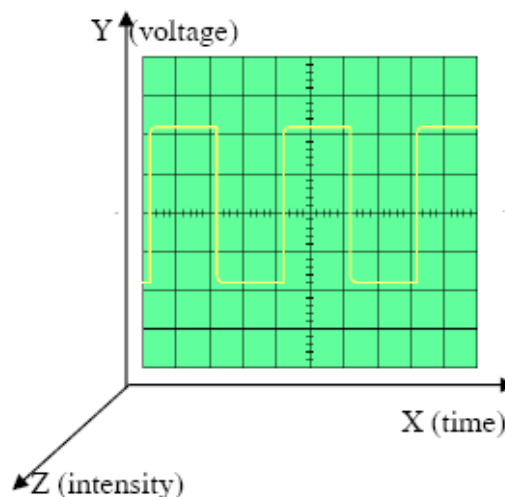
Một máy hiện sóng giống như một máy thu hình nhỏ nhưng có màn hình được kẻ ô và có nhiều phần điều khiển hơn TV. Dưới đây là panel của một máy hiện sóng thông dụng với phần hiển thị sóng; phần điều khiển theo trục X, trục Y, đồng bộ và chế độ màn hình; phần kết nối đầu đo ....





*Hình 4.3: Đầu dây đo của máy hiện sóng Oscilloscope*

Màn hình của máy hiện sóng được chia ô, 10 ô theo chiều ngang và 8 ô theo chiều đứng. ở chế độ hiển thị thông thường, máy hiện sóng hiện dạng sóng biến đổi theo thời gian: trục đứng Y là trục điện áp, trục ngang X là trục thời gian.



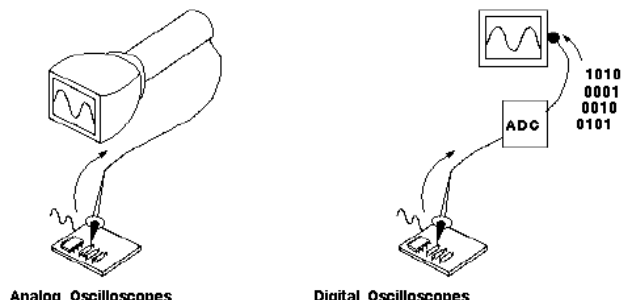
*Hình 10.4: Biểu diễn các trục trên màn hình máy hiện sóng Oscilloscope*

Độ chói hay độ sáng của màn hình đôi khi còn gọi độ chói trục Z. Máy hiện sóng có thể được dùng ở rất nhiều lĩnh vực khác nhau chứ không đơn thuần trong lĩnh vực điện tử. Với một bộ chuyển đổi hợp lý ta có thể đo được thông số của hầu hết tất cả các hiện tượng vật lý. Bộ chuyển đổi ở đây có nhiệm vụ tạo ra tín hiệu điện tương ứng với đại lượng cần đo, ví dụ như các bộ cảm biến âm thanh, ánh sáng, độ căng, độ rung, áp suất hay nhiệt độ ...

Các thiết bị điện tử thường được chia thành 2 nhóm cơ bản là thiết bị tương tự và thiết bị số, máy hiện sóng cũng vậy. Máy hiện sóng tương tự (Analog oscilloscope) sẽ chuyển trực tiếp tín hiệu điện cần đo thành dòng electron bắn lên màn hình. Điện áp làm lệch chùm electron một cách tỉ lệ và tạo ra tức thời dạng sóng tương ứng trên hình. Trong khi đó, máy hiện sóng số (Digital oscilloscope) sẽ lấy mẫu dạng sóng, đưa qua bộ chuyển đổi tương tự/số (ADC). Sau đó nó sử dụng các thông tin dưới

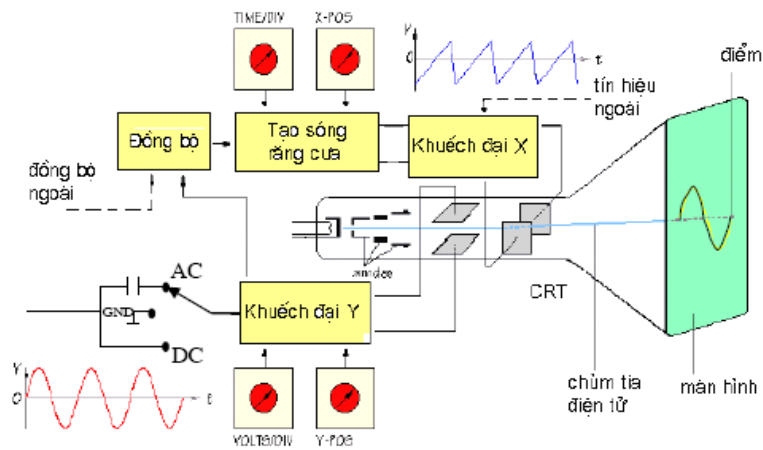


dạng số để tái tạo lại dạng sóng trên màn hình. Tùy vào ứng dụng mà người ta sử dụng máy hiện sóng loại nào cho phù hợp.



Thông thường, nếu cần hiển thị dạng tín hiệu dưới dạng thời gian thực (khi chúng xảy ra) thì sử dụng máy hiện sóng tương tự. Khi cần lưu giữ thông tin cũng như hình ảnh để có thể xử lý sau hay in ra dạng sóng thì người ta sử dụng máy hiện sóng số có khả năng kết nối với máy tính với các bộ vi xử lý. Phần tiếp theo của tài liệu chúng ta sẽ nói tới máy hiện sóng tương tự, loại dùng phổ biến trong kỹ thuật đo lường điện tử.

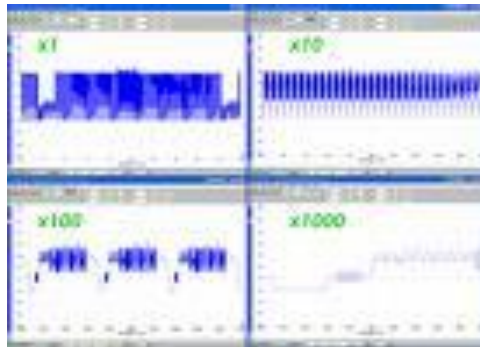
**4.2.2.2. Sơ đồ khối của một máy hiện sóng thông dụng**



*Hình 4.5: Sơ đồ khối của máy hiện sóng Oscilloscope*

Tín hiệu vào được đưa qua bộ chuyển mạch AC/DC (khoá K đóng khi cần xác định thành phần DC của tín hiệu còn khi chỉ quan tâm đến thành phần AC thì mở K). Tín hiệu này sẽ qua bộ phân áp (hay còn gọi là bộ suy giảm đầu vào) được điều khiển bởi chuyển mạch núm xoay nôm xoay VOLTS/DIV, nghĩa là xoay núm này cho phép ta điều chỉnh tỉ lệ của sóng theo chiều đứng. Chuyển mạch Y- POS để xác định vị trí theo chiều đứng của sóng, nghĩa là có thể di chuyển sóng theo chiều lên hoặc xuống tùy ý bằng cách xoay núm vặn này. Sau khi qua phân áp, tín hiệu vào sẽ được bộ khuếch đại Y khuếch đại làm lệch rồi đưa tới điều khiển cặp làm lệch đứng. Tín hiệu của bộ KĐ Y cũng được đưa tới trigo (khối đồng bộ), trường hợp này gọi là đồng bộ trong, để kích thích mạch tạo sóng răng cưa (còn gọi mạch phát quét) và đưa tới điều khiển cặp làm lệch ngang để tăng hiệu quả điều khiển, một số mạch còn sử dụng thêm các bộ khuếch đại X sau khối tạo điện áp răng cưa). Đôi khi người ta cũng cho mạch

làm việc ở chế độ đồng bộ ngoài bằng cách cắt đường tín hiệu từ khuếch đại Y, thay vào đó là cho tín hiệu ngoài kích thích khối tạo sóng răng cưa.



Đi vào khối tạo sóng răng cưa còn có hai tín hiệu điều khiển từ nút vặn TIME/DIV và X - POS. TIME/DIV (có nhiều máy kí hiệu là SEC/DIV) cho phép thay đổi tốc độ quét theo chiều ngang, khi đó dạng sóng sẽ dừng trên màn hình với n chu kỳ nếu tần số của sóng đó lớn gấp n lần tần số quét). X - POS là nút điều chỉnh việc di chuyển sóng theo chiều ngang cho tiện quan sát.

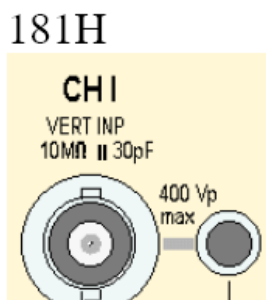
Ống phóng tia điện tử CRT đã được mô tả ở phần trước.

Sau đây ta sẽ xem xét phần điều khiển, vận và các ứng dụng thông dụng nhất của một máy hiện sóng.

#### **4.2.2.3. Thiết lập chế độ hoạt động và cách điều khiển một máy hiện sóng**

##### **a. Thiết lập chế độ hoạt động cho máy hiện sóng**

Sau khi nối đất cho máy hiện sóng ta sẽ điều chỉnh các nút vặn hay công tắc để thiết lập chế độ hoạt động cho máy.



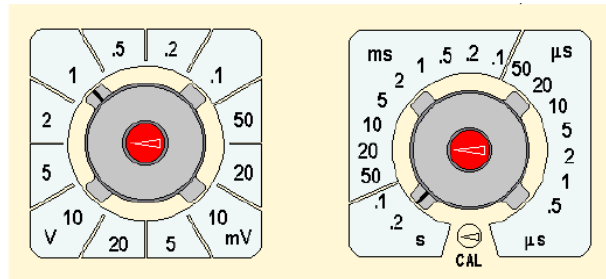
Panel trước của máy hiện sóng gồm 3 phần chính là VERTICAL (phần điều khiển đứng), HORIZONTAL (phần điều khiển ngang) và TRIGGER (phần điều khiển đồng bộ). Một số phần còn lại (FOCUS - độ nét, INTENSITY - độ sáng...) có thể khác nhau tùy thuộc vào hãng sản xuất, loài máy, và model.

Nối các đầu đo vào đúng vị trí (thường có ký hiệu CH1, CH2 với kiểu đầu nối BNC (xem hình trên). Các máy hiện sóng thông thường sẽ có 2 que đo ứng với 2 kênh và màn hình sẽ hiện dạng sóng tương ứng với mọi kênh.

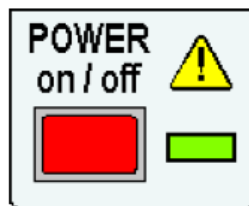
Một số máy hiện sóng có chế độ AUTOSSET hoặc PRESET để thiết lập lại

toàn bộ phần điều khiển, nếu không ta phải tiến hành bằng tay trước khi sử dụng máy.

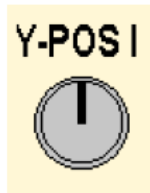
Các bước chuẩn bị như sau:



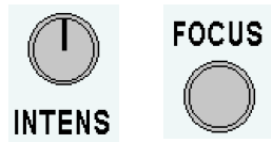
1. + Đưa tất cả các nút bấm về vị trí OUT  
+ Đưa tất cả các thanh trượt về vị trí UP  
+ Đưa tất cả các núm xoay về vị trí CENTRED  
+ Đưa nút giảm của VOLTS/DIV, TIME/DIV, HOLD OFF về vị trí CAL (cân chỉnh)
2. Vặn VOLTS/DIV và TIME/DIV về vị trí 1V/DIV và .2s/DIV
3. Bật nguồn



4. Xoay Y-POS để điều chỉnh điểm sáng theo chiều đứng (điểm sáng sẽ chạy ngang qua màn hình với tốc độ chậm). Nếu vặn TIME/DIV ngược chiều kim đồng hồ (theo chiều giảm) thì điểm sáng sẽ di chuyển nhanh hơn và khi ở vị trí cỡ  $\mu\text{s}$  trên màn hình sẽ là một vạch sáng thay cho điểm sáng.



5. Điều chỉnh INTENS để thay đổi độ chói vệt FOCUS để thay đổi độ nét của vạch sáng trên màn hình.



6. Đưa tín hiệu chuẩn để kiểm tra độ chính xác của máy đưa đầu đo tới vị trí lấy chuẩn (hoặc là từ máy phát chuẩn hoặc ngay trên máy hiện sóng ở vị trí CAL 1Vpp, 1kHz). Với giá trị chuẩn như trên nếu VOLTS/DIV ở vị trí 1V/DIV và TIME/DIV ở vị trí 1ms/DIV thì trên màn hình xuất hiện một sóng vuông có biên độ đỉnh đỉnh 1 ô trên màn hình và độ rộng xung cũng là 1 ô trên màn hình. (xoay Y - POS và X - POS để đếm ô một cách chính xác)

Sau khi lấy lại các giá trị chuẩn ở trên, tùy thuộc chế độ làm việc mà ta sử dụng các nút điều khiển tương ứng.

### **b. Các phần điều khiển chính**

#### **\* Điều khiển màn hình**

Phần này bao gồm:

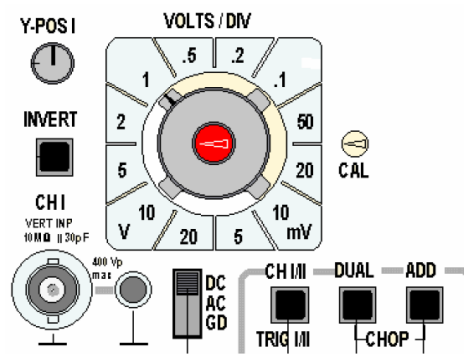


+ Điều chỉnh độ sáng - INTENSITY - của dạng sóng. Thông thường khi tăng tần số quét cần tăng thêm độ sáng để tiện quan sát hơn. Thực chất đây là điều chỉnh điện áp lưới

+ Điều chỉnh độ nét – FOCUS - của dạng sóng. Thực chất là điều chỉnh điện áp các anot A1, A2 và A3

+ Điều chỉnh độ lệch của trục ngang – TRACE - (khi vị trí của máy ở những điểm khác nhau thì tác dụng của từ trường trái đất cũng khác nhau nên đôi khi phải điều chỉnh để có vị trí cân bằng)

#### **c. Điều khiển theo trục đứng**



Phần này sẽ điều khiển vị trí và tỉ lệ của dạng sóng theo chiều đứng. Khi tín hiệu đưa vào càng lớn thì VOLTS/DIV cũng phải ở vị trí lớn và ngược lại. Ngoài ra còn một số phần như

INVERT: Đảo dạng sóng

DC/AC/GD: hiển thị phần một chiều/xoay chiều/đất của dạng sóng

CH I/II: Chỉnh kênh 1 hoặc kênh 2

DUAL: Chỉnh cả 2 kênh

ADD: Cộng tín hiệu của cả hai kênh

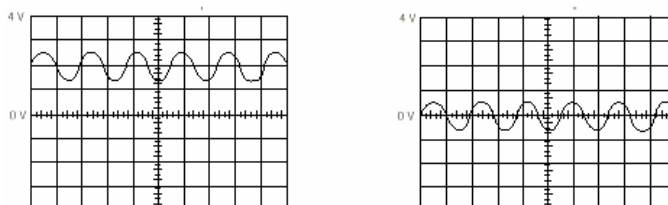
Khi bấm nút INVERT dạng sóng của tín hiệu sẽ bị đảo ngược lại đảo pha

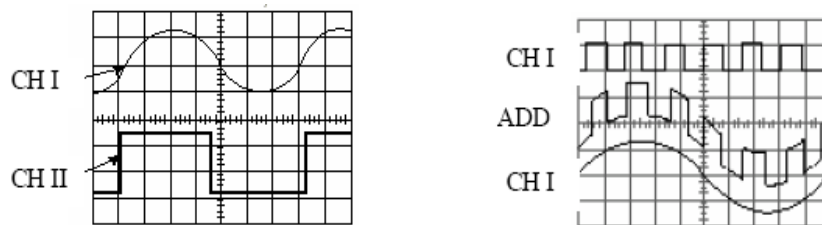
1800)

Khi gạt công tắc về vị trí GD trên màn hình sẽ xuất hiện một vệt ngang, dịch chuyển vị trí của đường này để xác định vị trí đất của tín hiệu.

Gạt công tắc về vị trí DC nghĩa là trong tín hiệu bao gồm cả thành phần một chiều và xoay chiều, gạt về vị trí AC là hiện dạng sóng đã tách thành phần một chiều. Xem hình dưới đây: (bên trái là ở chế độ DC và bên phải ở chế độ AC)

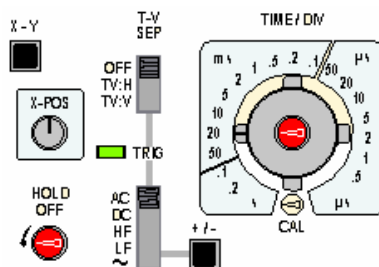
Khi ấn nút DUAL để chọn cả hai kênh thì trên màn hình sẽ xuất hiện 2 đồ thị của 2 dạng sóng ứng với 2 đầu đo. ADD để cộng các sóng với nhau. Nói chung vị trí của 3 nút CH I/II, DUAL và ADD sẽ cho các chế độ hiển thị khác nhau tùy thuộc vào từng loại máy.





**d. Điều khiển theo trục ngang**

Phần này điều khiển vị trí và tỉ lệ của dạng sóng theo chiều ngang. Khi tín hiệu đưa vào có tần số càng cao thì TIME/DIV phải càng nhỏ và ngược lại. Ngoài ra còn một số phần sau:



X - Y: ở chế độ này kênh thứ 2 sẽ làm trục X thay cho thời gian như ở chế độ thường.

**Chú ý:** Khi máy hoạt động ở chế độ nhiều kênh thì cũng chỉ có một phần điều khiển theo trục ngang nên tần số quét khi đó sẽ là tần số quét chung cho cả 2 dạng sóng.

**e. Ứng dụng của máy hiện sóng trong kỹ thuật đo lường**

Máy hiện sóng hiện nay được gọi là máy hiện sóng vạn năng vì không đơn thuần chỉ là hiển thị dạng sóng mà nó còn thực hiện được nhiều kỹ thuật khác như thực hiện hàm toán học, thu nhận thông tin và xử lý số liệu và thậm chí còn phân tích cả phổ tín hiệu ...

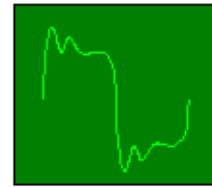
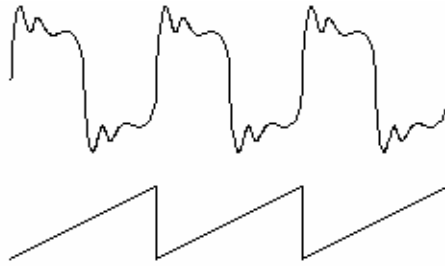
Trong phần này chúng ta chỉ nói tới những ứng dụng cơ bản nhất của một máy hiện sóng.

**f. Quan sát tín hiệu**

Để quan sát được tín hiệu chỉ cần thiết lập máy ở chế độ đồng bộ trong và điều chỉnh tần số quét và trigô để dạng sóng đứng yên trên màn hình. Khi này có thể xác định được sự biến thiên của tín hiệu theo thời gian như thế nào. Các máy hiện sóng hiện đại có thể cho phép cùng một lúc 2, 4 hoặc 8 tín hiệu dạng bất kỳ cùng một lúc và tần số quan sát có thể lên tới 400MHz.

Tín hiệu cần  
quan sát đưa  
vào trục Y

Tín hiệu quét  
đưa vào  
trục X



Dạng sóng trên  
màn hình

### \* Đo điện áp

Việc tính giá trị điện áp của tín hiệu được thực hiện bằng cách đếm số ô trên màn hình và nhân với giá trị VOLTS/DIV

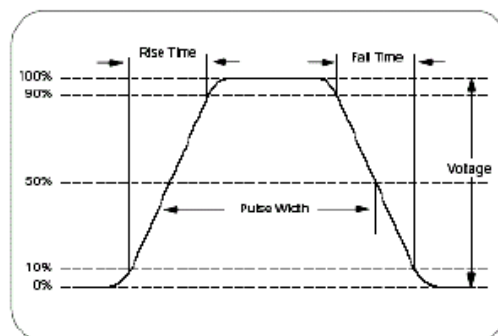
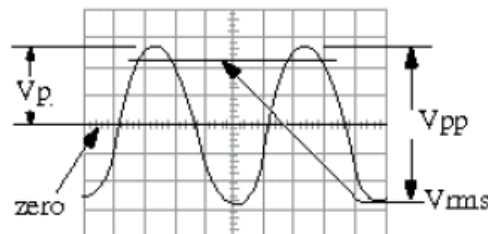
**Ví dụ:** VOLTS/DIV chỉ 1V thì tín hiệu cho ở hình trên có:

$$V_p = 2,7 \text{ ô} \times 1V = 2,8V$$

$$V_{pp} = 5,4 \text{ ô} \times 1V = 5,4V$$

$$V_{rms} = 0,707V_p = 1.98V$$

Ngoài ra, với tín hiệu xung người ta còn sử dụng máy hiện sóng để xác định thời gian tăng sườn xung (rise time), giảm sườn xung (fall time) và độ rộng xung (pulse width) với cách tính như hình dưới.



### \* Đo tần số và khoảng thời gian

Khoảng thời gian giữa hai điểm của tín hiệu cũng được tính bằng cách đếm số ô theo chiều ngang giữa hai điểm và nhân với giá trị của TIME/DIV

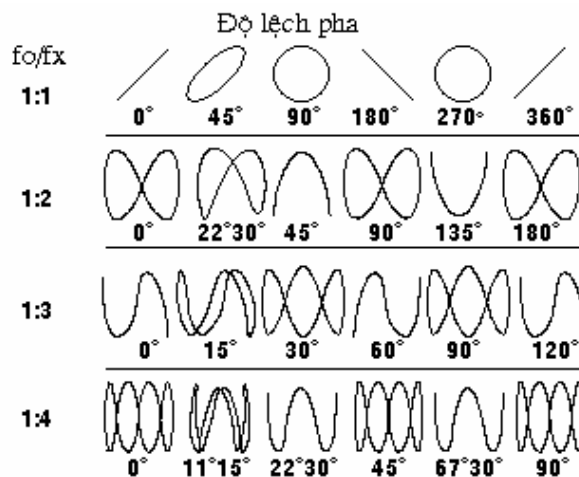
Việc xác định tần số của tín hiệu được thực hiện bằng cách tính chu kỳ theo cách như trên. Sau đó nghịch đảo giá trị của chu kỳ ta tính được tần số.

**Ví dụ:** ở hình bên s/div là 1ms. Chu kỳ của tín hiệu điện dài 16 ô, do vậy chu kỳ là 16ms →  $f=1/16ms=62,5Hz$

**\* Đo tần số và độ lệch pha bằng phương pháp so sánh**

Ngoài cách đo tần số thông qua việc đo chu kỳ như ở trên, có thể đo tần số bằng máy hiện sóng như sau: so sánh tần số của tín hiệu cần đo  $f_x$  với tần số chuẩn  $f_0$ . Tín hiệu cần đo đưa vào cực Y, tín hiệu tần số chuẩn đưa vào cực X. Chế độ làm việc này của máy hiện sóng gọi là chế độ X-Y mode và các sóng đều có dạng hình sin. Khi đó trên màn hình sẽ hiện ra một đường cong phức tạp gọi là đường cong Lissajou.

Điều chỉnh tần số chuẩn tới khi tần số cần đo là bội hoặc là ước nguyên của tần số chuẩn thì trên màn hình sẽ có một đường Lissajou đứng yên. Hình dạng của đường Lissajou rất khác nhau tùy thuộc vào tần số giữa hai tín hiệu và độ lệch pha giữa chúng. Xem hình bên.



Ta có:  $\frac{f_0}{f_x} = \frac{m}{n}$

Với n là số múi theo chiều ngang và m số múi theo chiều dọc (hoặc có thể lấy số điểm cắt lớn nhất theo mỗi trục hoặc số điểm tiếp tuyến với hình Lissajou của mỗi trục)

Phương pháp hình Lissajou cho phép đo tần số trong khoảng từ 10Hz tới tần số giới hạn của máy.

Nếu muốn đo độ lệch pha ta cho 2 tần số của hai tín hiệu bằng nhau, khi đó đường Lissajou có dạng elip. Điều chỉnh Y - POS và X - POS sao cho tâm của elip trùng với tâm của màn hình hình (góc tọa độ). Khi đó góc lệch pha được tính bằng:

$$\varphi = \arctg\left(\frac{A}{B}\right)$$

A với A, B là đường kính trục dài và đường kính trục ngắn của elip



Nhược điểm của phương pháp này là không xác định được dấu của góc pha và sai số của phép đo khá lớn (5 – 10%)

### **4.3. SỬ DỤNG MÁY BIẾN ÁP ĐO LƯỜNG.**

**Câu hỏi 1 :**

Cơ cấu đo dùng trong công tơ điện là loại cơ cấu đo nào sau đây:

- a. Cơ cấu đo kiểu từ điện.
- b. Cơ cấu đo kiểu điện động
- c. Cơ cấu đo kiểu cảm ứng.

Câu hỏi 1 :

Cơ cấu đo dùng trong công tơ điện là loại cơ cấu đo nào sau đây:

- a. Cơ cấu đo kiểu từ điện.
- b. Cơ cấu đo kiểu điện từ.
- c. Cơ cấu đo kiểu cảm ứng.

**Trả lời:** Câu trả lời đúng là c

**Câu hỏi 2 :**

Cơ cấu đo kiểu điện từ là cơ cấu đo có :

- a. Cuộn dây đứng yên khi làm việc.
- b. Cuộn dây quay tròn khi làm việc.
- c. Cuộn dây chuyển động tịnh tiến khi làm việc.

**Câu hỏi 2 :**

Cơ cấu đo kiểu điện từ là cơ cấu đo có :

- a. Cuộn dây đứng yên khi làm việc.
- b. Cuộn dây quay tròn khi làm việc.
- c. Cuộn dây chuyển động tịnh tiến khi làm việc.

**Trả lời:** Câu trả lời đúng là a.

#### **4.3.1. Máy biến điện áp.**

Máy biến điện áp trong đo lường hầu hết là máy biến áp giảm áp. Chúng được thiết kế để là giảm điện áp cuộn thứ cấp xuống còn khoảng 100 (V) , (đây là giá trị điện áp thích hợp với hầu hết các thiết bị đo).

Máy biến áp dùng để biến điện áp cao thành điện áp nhỏ để đo lường và điều khiển. Công suất của máy biến điện áp 25÷1000VA. Máy biến điện áp có dây quấn sơ nối với lưới điện và dây quấn thứ nối với Vôn mét, cuộn dây áp của Watt kế, cuộn dây của các rơ le bảo vệ, hoặc các thiết bị điều khiển khác. Các loại dụng cụ này có tổng trở Z rất lớn nên máy biến điện áp xem như làm việc ở chế độ không tải, do đó sai số về trị số nhỏ và bằng:

$$\Delta U\% = \frac{U_2 \frac{W_1}{W_2} - U_1}{U_1} 100$$

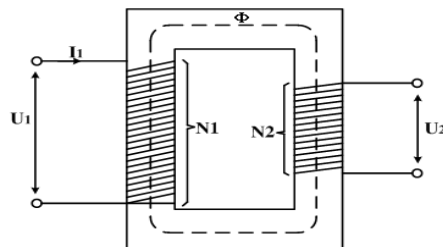
Góc  $\delta_u$  giữa  $U_1$  và  $U'_2$  cũng nhỏ.

**\* Cấu tạo**

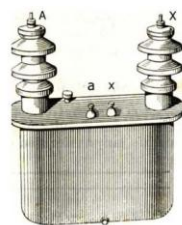
Máy biến điện áp là một máy biến áp cách ly với cuộn sơ cấp có số vòng lớn và cuộn thứ cấp có ít vòng.



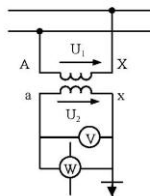
Hình dạng bên ngoài của máy biến điện áp.



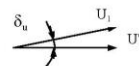
**Đặc điểm cấu tạo của máy biến điện áp**



(a)



(b)



(c)

Hình 7.6 Máy biến điện áp

**Cấp chính xác và sai số của máy biến điện áp**

Cấp chính xác	0.5	1	3
Sai số $\Delta U$	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 40'$

A - Máy Biến Áp phân phối 1 pha 8.66-12.7/ 0.46-0.23 KV

- Tần số 50 Hz.
- Chế độ làm mát : ONAN.
- Chất làm mát : Dầu khoáng cách điện
- Dung lượng : 10 KVA ~ 100 KVA.
- Điện áp sơ cấp : 8.66 - 12.7 KV
- Điện áp thứ cấp : 0.46 - 0.23 KV
- Vật liệu chế tạo cuộn dây: Đồng.
- Màu sơn vỏ máy : Màu xám nhạt.
- Nơi đặt : Trong nhà hoặc ngoài trời
- Vận hành : Liên tục



**\* Nguyên lý làm việc của máy biến điện áp**

Máy biến điện áp được thiết kế sao cho điện áp dây quấn thứ cấp ít thay đổi khi tải thay đổi từ lúc không tải đến đầy tải (tải định mức).

Trạng thái làm việc của các máy biến áp điện áp gần như không tải vì chúng làm việc với những thiết bị có tổng trở lớn (Volt kế, cuộn áp Wat kế, cuộn áp role bảo vệ. . .).

**Khi sử dụng máy biến áp điện áp cần chú ý không được nối tắt mạch thứ cấp vì sẽ gây sự cố ngắn mạch lưới điện ở sơ cấp.**

**4.3.2. Máy biến dòng điện.**

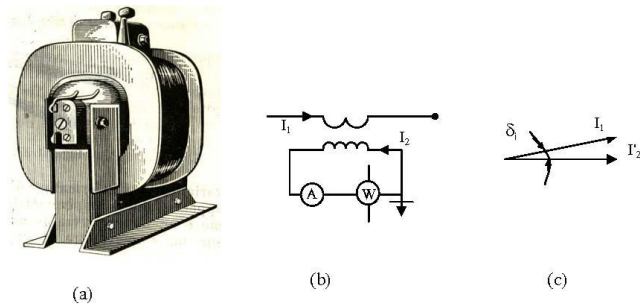
Trong hầu hết các thiết bị đo lường và điều khiển dòng điện đều được qui về chuẩn 5A nên các máy biến dòng điện sử dụng trong các lĩnh vực này thường có dòng điện ngõ ra cuộn thứ cấp là 5A.

Như đã đề cập đến ở trên, cuộn thứ cấp của máy biến dòng thường được nối với các thiết bị đo như ampere kế, watt kế hoặc các thiết bị tự động khác. Có một lưu ý là khi sử dụng máy biến dòng để cung cấp cho nhiều thiết bị thì phải mất nối tiếp các thiết bị này với nhau.

Máy biến dòng điện dùng để biến dòng điện lớn thành dòng điện nhỏ để đo lường bằng các dụng cụ đo tiêu chuẩn và điều khiển.

*Cấp chính xác và sai số của máy biến dòng điện*

Cc xác	0.2	0.5	1	3	10
S số ΔI					



Hình 7.7 Máy biến dòng điện

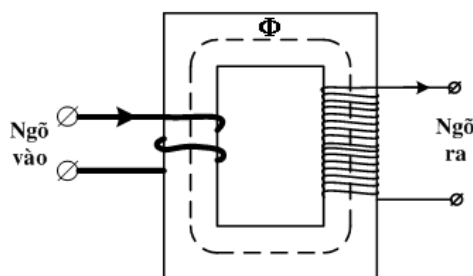
**\* Cấu tạo**

Máy biến dòng điện cũng giống như một máy biến áp cách ly thông thường gồm có lõi thép được ghép từ các lá thép kỹ thuật điện, hai cuộn dây quấn sơ cấp và thứ cấp đặt trên lõi thép.

Điểm đặc biệt của máy biến dòng nằm ở tiết diện và số vòng dây quấn cuộn sơ cấp và thứ cấp.

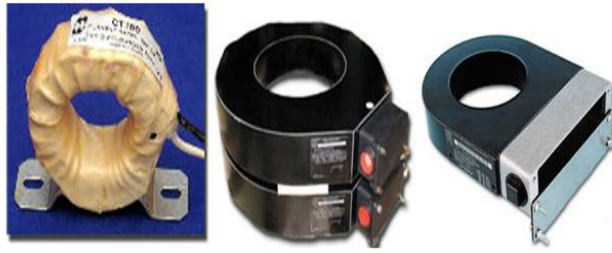
Cuộn dây sơ cấp được quấn rất ít vòng thường chỉ được quấn một vòng dây. Dây quấn sơ cấp có tiết diện rất lớn do máy phải làm việc ở điều kiện gần như ngắn mạch. Đường kính dây quấn sơ cấp phụ thuộc vào cấp công suất của máy biến dòng; máy biến dòng có công suất càng lớn thì đường kính dây quấn sơ cấp càng lớn.

Dây quấn thứ cấp của máy biến dòng có tiết diện nhỏ và có rất nhiều vòng .



*Sơ đồ nguyên lý máy biến dòng.*

Hình dạng bên ngoài của máy biến dòng điện thường là hình tròn . Vì có dạng hình tròn kín nên thông thường máy biến dòng được lắp trong lúc lắp đặt mạng điện.



*Hình dáng bên ngoài của máy biến dòng điện*



**\* Nguyên lý hoạt động của máy biến dòng:**

Như đã đề cập đến ở trên, máy biến dòng thường xuyên hoạt động ở tình trạng gần như ngắn mạch. Do đó, một điều rất quan trọng khi sử dụng máy là không được phép để máy hoạt động ở chế độ không tải vì điện áp không tải phía thứ cấp của máy biến dòng điện rất lớn có thể gây hỏng lớp cách điện dẫn đến phá huỷ máy.

Trạng thái làm việc của máy biến dòng ở trạng thái ngắn mạch vì chúng làm việc với các thiết bị có tổng trở rất nhỏ (Ampere kế, cuộn dòng Wat kế, cuộn dòng role bảo vệ. **Khi sử dụng máy biến dòng điện cần chú ý không được để dây quấn thứ cấp hở mạch vì dòng điện từ hóa sẽ rất lớn, lõi thép bảo hòa sâu sẽ nóng lên và làm cháy dây quấn.**

Ngoài ra, suất điện động sẽ nhọn đầu gây nên điện áp cao đến hàng nghìn Volt ở thứ cấp dẫn đến không an toàn cho người sử dụng.

**Câu hỏi:**

- 1. Em hãy cho biết vì sao khi sử dụng máy biến dòng điện không được để dây quấn thứ cấp hở mạch ? Giải thích ?**
- 2. Khi sử dụng máy biến điện áp người ta nối tắt mạch thứ cấp điện hay không ? Hãy trình bày hiện tượng xảy ra khi ta nối tắt mạch thứ cấp ?**

**PHẦN V. TÀI LIỆU CẦN THAM KHẢO**

- [1] Kỹ thuật đo - Ngô Văn Kỳ, Trường Đại Học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh, 1993.
- [2] Cẩm nang kỹ thuật kèm ảnh dùng cho thợ đường dây và trạm mạng điện trung thế
- [3] Trần Nguyên Thái, Trường Kỹ Thuật Điện, Công Ty Điện lực 2, Bộ năng lượng - 1994.
- [4] Vật liệu điện - Nguyễn Xuân Phú, NXB Khoa học và Kỹ thuật , 1998.
- [5] Cung cấp điện - Nguyễn Xuân Phú, NXB Khoa học và Kỹ thuật , 1998.
- [6] Đo lường và điều khiển bằng máy tính - Ngô Diên Tập, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 1997.
- [7] Sửa chữa điện máy công nghiệp - Bùi Văn Yên, NXB Đà Nẵng, 1998.
- [8] Kỹ Thuật Điện - Đặng Văn Đào, NXB Giáo Dục, 1999. Giáo trình An toàn lao động - Nguyễn Thế Đạt, Vụ Trung học chuyên nghiệp - Dạy nghề - NXB Giáo Dục, 2002.
- [9] Giáo trình An toàn điện - Nguyễn Đình Thắng, Vụ Trung học chuyên nghiệp - Dạy nghề - NXB Giáo Dục, 2002.
- [10] Giáo trình Đo lường các đại lượng điện và không điện - Nguyễn Văn Hoà, Vụ Trung học chuyên nghiệp - Dạy nghề - NXB Giáo Dục, 2002.
- [11] Phạm Thượng Hàn (chủ biên) - *Kỹ thuật đo lường các đại lượng vật lý T1,2* – NXB Giáo dục 1997.
- [12] Lê Văn Doanh (chủ biên) - *Các bộ cảm biến trong kỹ thuật đo lường và điều khiển* - NXB KH&KT 2001.
- [13] Nguyễn Ngọc Tân (chủ biên) - *Kỹ thuật đo* - NXB KH&KT 2000.
- [14] Phan Quốc Phô (chủ biên) - *Giáo trình cảm biến* - NXB KH&KT 2005.
- [15] Ernest O. Doebelin - *Measurement Systems-Application and Design - 5st edition* - McGraw-Hill
- [16] Các trang web của các hãng sản xuất thiết bị đo lường và cảm biến: OMRON, ABB, FLUKE, SIEMENS, HP, HONEYWELL, OMEGA ...
- [17] Tạp chí “Tự động hóa ngày nay” + Trang web của tạp chí Tự động hóa ngày nay: [www.automation.org.vn](http://www.automation.org.vn) - chuyên mục “Thế giới cảm biến”.
- [18] Trang web [www.hiendaihoa.com](http://www.hiendaihoa.com)

GIÁO TRÌNH

ĐO LƯỜNG NHIỆT

HOÀNG DƯƠNG HÙNG

2004

# ĐO LƯỜNG NHIỆT

## MỞ ĐẦU

**CHƯƠNG 1 : NHỮNG KHÁI NIỆM VỀ ĐO LƯỜNG**

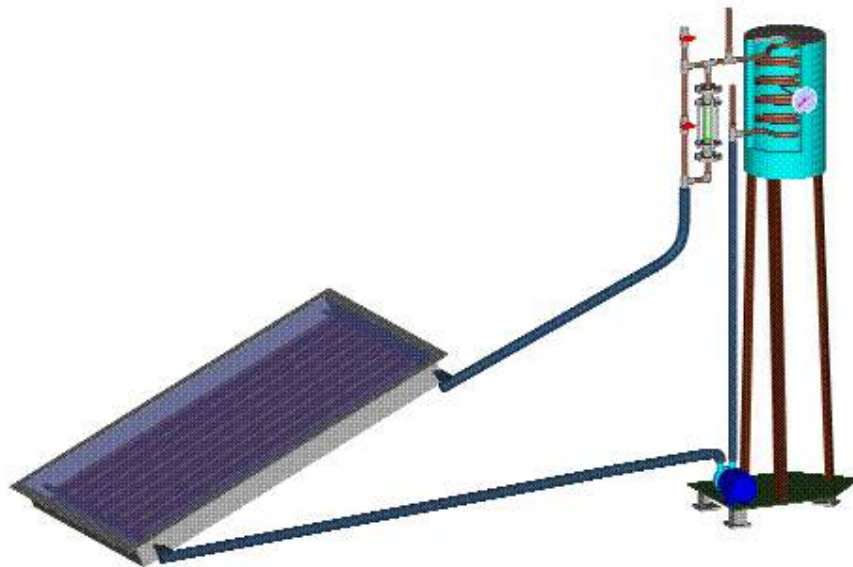
**CHƯƠNG 2 : ĐO NHIỆT ĐỘ**

**CHƯƠNG 3 : ĐO ÁP SUẤT VÀ CHÂN KHÔNG**

**CHƯƠNG 4 : ĐO LƯU LƯỢNG MÔI CHẤT**

**CHƯƠNG 5 : ĐO MỨC CAO MÔI CHẤT**

**CHƯƠNG 6 : PHÂN TÍCH CHẤT THÀNH PHẦN TRONG HỖN HỢP**





## MỞ ĐẦU

*Trong quá trình đấu tranh với thiên nhiên, con người cần phải nghiên cứu các qui luật của sự vật khách quan, vì vậy phải tìm hiểu quan hệ giữa lượng và chất của sự vật cho nên không thể tách rời khỏi đo lường.*

*Khoa học kỹ thuật bắt nguồn từ đo lường. Sự phát triển của khoa học, kỹ thuật liên quan chặt chẽ với sự không ngừng hoàn thiện của kỹ thuật đo lường. Không có đo lường thì không thể có bất kỳ một khoa học tinh vi nào, một khoa học ứng dụng nào, một thí nghiệm nào ...*

*Kỹ thuật đo lường nhiệt có liên quan đến nhiều ngành kinh tế quốc dân, vì các tham số của quá trình nhiệt cũng là những tham số quan trọng trong rất nhiều quá trình sản xuất công nghiệp, nông nghiệp... Đo lường nhiệt là quá trình đo các thông số trạng thái của môi chất của các quá trình xảy ra trong thiết bị nhiệt. Ví dụ như đo nhiệt độ  $t$ , đo áp suất  $p$ , đo lưu lượng  $Q$ , ...*

*Thiết bị nhiệt ngày càng phát triển với các tham số cao, dung lượng lớn, do đó cần phải có các dụng cụ và phương pháp đo lường thích hợp. Mặt khác muốn tự động hóa quá trình sản xuất nhiệt thì trước hết phải đảm bảo tốt khâu đo lường nhiệt. Do đó là cán bộ kỹ thuật nhiệt không những chỉ nắm rõ quá trình sản xuất của các thiết bị nhiệt mà còn phải thành thạo cả việc lựa chọn và sử dụng các loại dụng cụ cùng với các phương pháp đo khác nhau, có khả năng xác định các sai số đo lường, biết đoán nhận các nguyên nhân gây sai số và biết cách khử mất các nguyên nhân gây sai số đó ./.*

## CHƯƠNG 1 : NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ ĐO LƯỜNG

### 1.1. ĐO LƯỜNG VÀ DỤNG CỤ ĐO LƯỜNG

#### 1.1.1. Định nghĩa

Đo lường là một quá trình đánh giá định lượng một đại lượng cần đo để có kết quả bằng số so với đơn vị đo. *Hoặc có thể định nghĩa rằng đo lường là hành động cụ thể thực hiện bằng công cụ đo lường để tìm trị số của một đại lượng chưa biết biểu thị bằng đơn vị đo lường.* Trong một số trường hợp đo lường như là quá trình so sánh đại lượng cần đo với đại lượng chuẩn và số ta nhận được gọi là kết quả đo lường hay đại lượng bị đo .

Kết quả đo lường là giá trị bằng số của đại lượng cần đo  $A_x$  nó bằng tỷ số của đại lượng cần đo  $X$  và đơn vị đo  $X_0$ .

$$\Rightarrow A_x = \frac{X}{X_0} \Rightarrow X = A_x \cdot X_0$$

**Ví dụ :** ta đo được  $U = 50 \text{ V}$  ta có thể xem kết quả đó là  $U = 50 \text{ u}$

50 - là kết quả đo lường của đại lượng bị đo

u - là lượng đơn vị

*Mục đích đo lường* là lượng chưa biết mà ta cần xác định.

*Đối tượng đo lường* là lượng trực tiếp bị đo dùng để tính toán tìm lượng chưa biết .

Tùy trường hợp mà mục đích đo lường và đối tượng đo lường có thể thống nhất lẫn nhau hoặc tách rời nhau.

**Ví dụ :**  $S = ab$  mục đích là  $m^2$  còn đối tượng là  $m$ .

#### 1.1.2. Phân loại

Thông thường người ta dựa theo cách nhận được kết quả đo lường để phân loại, do đó ta có 3 loại đó là *đo trực tiếp*, *đo gián tiếp* và *đo tổng hợp* và ngoài ra còn có 1 loại nữa là *đo thống kê*.

**Đo trực tiếp:** Là ta đem lượng cần đo so sánh với lượng đơn vị bằng dụng cụ đo hay đồng hồ chia độ theo đơn vị đo. Mục đích đo lường và đối tượng đo lường thống nhất với nhau. Đo trực tiếp có thể rất đơn giản nhưng có khi cũng rất phức tạp, thông thường ít khi gặp phép đo hoàn toàn trực tiếp. Ta có thể chia đo lường trực tiếp thành nhiều loại như :

- *Phép đo trực tiếp:* Ví dụ đo chiều dài bằng  $m$ , đo dòng điện bằng Ampemét, đo điện áp bằng Vônmet, đo nhiệt độ bằng nhiệt kế, đo áp suất...

- *Phép chỉ không (hay phép bù)*. Loại này có độ chính xác khá cao và phải dùng ngoại lực để tiến hành đo lường. Nguyên tắc đo của phép bù là đem lượng chưa biết cân bằng với lượng đo đã biết trước và khi có cân bằng thì đồng hồ chỉ không.

Ví dụ : cân, đo điện áp

- *Phép trùng hợp* : Theo nguyên tắc của thước cặp để xác định lượng chưa biết.

- *Phép thay thế* : Nguyên tắc là lần lượt thay đại lượng cần đo bằng đại lượng đã biết.

Ví dụ : Tìm giá trị điện trở chưa biết nhờ thay điện trở đó bằng một hộp điện trở và giữ nguyên dòng điện và điện áp trong mạch.

- *Phép cầu sai* : thay đại lượng không biết bằng cách đo đại lượng gần nó rồi suy ra. Thường dùng hiệu chỉnh các dụng cụ đo độ dài.

**Đo gián tiếp**: Lượng cần đo được xác định bằng tính toán theo quan hệ hàm đã biết đối với các lượng bị đo trực tiếp có liên quan.

- Đại lượng cần đo là hàm số của lượng đo trực tiếp  $Y = f(x_1, \dots, x_n)$

Ví dụ : Đo diện tích , công suất.

Trong phép đo gián tiếp mục đích và đối tượng không thống nhất, lượng chưa biết và lượng bị đo không cùng loại. Loại này được dùng rất phổ biến vì trong rất nhiều trường hợp nếu dùng cách đo trực tiếp thì quá phức tạp. Đo gián tiếp thường mắc sai số và là tổng hợp của sai số trong phép đo trực tiếp.

**Đo tổng hợp**: Là tiến hành đo nhiều lần ở các điều kiện khác nhau để xác định được một hệ phương trình biểu thị quan hệ giữa các đại lượng chưa biết và các đại lượng bị đo trực tiếp, từ đó tìm ra các lượng chưa biết.

Ví dụ : Đã biết qui luật giãn nở dài do ảnh hưởng của nhiệt độ là :

$L = L_0 ( 1 + \alpha t + \beta t^2 )$ . Vậy muốn tìm các hệ số  $\alpha$ ,  $\beta$  và chiều dài của vật ở nhiệt độ  $0^\circ\text{C}$  là  $L_0$  thì ta có thể đo trực tiếp chiều dài ở nhiệt độ  $t$  là  $L_t$ , tiến hành đo 3 lần ở các nhiệt độ khác nhau ta có hệ 3 phương trình và từ đó ta xác định được các lượng chưa biết bằng tính toán.

**Đo thống kê** : Để đảm bảo độ chính xác của phép đo nhiều khi người ta phải sử dụng phương pháp đo thống kê, tức là ta phải đo nhiều lần sau đó lấy giá trị trung bình.

Cách đo này đặc biệt hữu hiệu khi tín hiệu đo là ngẫu nhiên hoặc khi kiểm tra độ chính xác của một dụng cụ đo.

### 1.1.3. Dụng cụ đo lường

Dụng cụ để tiến hành đo lường bao gồm rất nhiều loại khác nhau về cấu tạo, nguyên lý làm việc, công dụng ... Xét riêng về mặt thực hiện phép đo thì có thể chia dụng cụ đo lường thành 2 loại, đó là: *vật đo* và *đồng hồ đo*.

**Vật đo** là biểu hiện cụ thể của đơn vị đo, ví dụ như quả cân, mét, điện trở tiêu chuẩn...

**Đồng hồ đo**: Là những dụng cụ có thể đủ để tiến hành đo lường hoặc kèm với vật đo. Có nhiều loại đồng hồ đo khác nhau về cấu tạo, nguyên lý làm việc... nhưng xét về tác dụng của các bộ phận trong đồng hồ thì bất kỳ đồng hồ nào cũng gồm bởi 3 bộ phận là bộ phận nhạy cảm, bộ phận chỉ thị và bộ phận chuyển đổi trung gian.

- *Bộ phận nhạy cảm* : (đồng hồ sơ cấp hay đầu đo) tiếp xúc trực tiếp hay gián tiếp với đối tượng cần đo. Trong trường hợp bộ phận nhạy cảm đứng riêng biệt và trực tiếp tiếp xúc với đối tượng cần đo thì được gọi là đồng hồ sơ cấp.

- *Bộ phận chuyển đổi* : Làm chuyển tính hiệu do bộ phận nhạy cảm phát ra đưa về đồng hồ thứ cấp, bộ phận này có thể chuyển đổi toàn bộ hay một phần, giữ nguyên hay thay đổi hoặc khuếch đại.

- *Bộ phận chỉ thị đồng hồ* : (Đồng hồ thứ cấp) căn cứ vào tín hiệu của bộ phận nhạy cảm chỉ cho người đo biết kết quả.

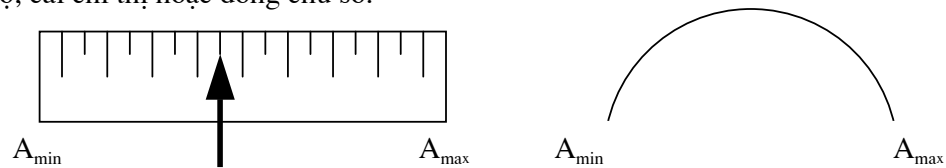
#### **Các loại đồng hồ đo:**

*Phân loại theo cách nhận được lượng bị đo từ đồng hồ thứ cấp*

+ *Đồng hồ so sánh*: Làm nhiệm vụ so sánh lượng bị đo với vật đo. Lượng bị đo được tính theo vật đo.

Ví dụ : cái cân, điện thế kế...

+ *Đồng hồ chỉ thị*: Cho biết trị số tức thời của lượng bị đo nhờ thang chia độ, cái chỉ thị hoặc dòng chữ số.



- Giới hạn đo dưới  $A_{\min}$  & Giới hạn đo trên  $A_{\max}$

- Khoảng cách giữa hai vạch gần nhất gọi là một độ chia.

Thước chia độ có thể 1 phía, 2 phía, chứa hoặc không chứa điểm 0.

- Giá trị của độ chia: là trị số biến đổi của lượng bị đo làm cho kim di chuyển 1 độ chia, độ chia có thể đều hay không đều tùy giá trị mỗi độ chia bằng nhau hay khác nhau. Có thể đọc trực tiếp hay phải nhân thêm các hệ số nào đó.

- Khoảng đo là khoảng chia của thang từ giới hạn dưới đến giới hạn trên.

+ *Đồng hồ tự ghi*: là đồng hồ có thể tự ghi lại giá trị tức thời của đại lượng đo trên giấy dưới dạng đường cong  $f(t)$  phụ thuộc vào thời gian. Đồng hồ tự ghi có thể ghi liên tục hay gián đoạn, độ chính xác kém hơn đồng hồ chỉ thị.

Loại này trên một băng có thể có nhiều chỉ số

+ *Đồng hồ tích phân*: là loại đồng hồ ghi lại tổng số vật chất chuyển qua trong một số thời gian nào đó như đồng hồ đo lưu lượng.

+ *Đồng hồ kiểu tín hiệu*: loại này bộ phận chỉ thị phát ra tín hiệu (ánh sáng hay âm thanh) khi đại lượng đo đạt đến giá trị nào đó 1 đồng hồ có thể có nhiều bộ phận chỉ thị.

*Phân loại theo các tham số cần đo:*

- + *Đồng hồ đo áp suất* : áp kế - chân không kế
- + *Đồng hồ đo lưu lượng* : lưu lượng kế
- + *Đồng hồ đo nhiệt độ* : nhiệt kế, hỏa kế
- + *Đồng hồ đo mức cao* : đo mức của nhiên liệu, nước.
- + *Đồng hồ đo thành phần vật chất* : bộ phân tích



## 1.2. CÁC THAM SỐ CỦA ĐỒNG HỒ

Trong thực tế giá trị đo lường nhận được từng đồng hồ khác với giá trị thực của lượng bị đo. Giá trị thực không biết được và người ta thay giá trị thực này bằng giá trị thực nghiệm, giá trị này phụ thuộc phẩm chất đồng hồ đo hay nói cách khác là các tham số của đồng hồ. Chúng ta chỉ xét đến những tham số chủ yếu có liên quan đến độ chính xác của số đo do đồng hồ cho biết, đó là : Sai số và cấp chính xác, biến sai, độ nhạy và hạn không nhạy.

### 1.2.1. Sai số và cấp chính xác

Trên thực tế không thể có một đồng hồ đo lý tưởng cho số đo đúng trị số thật của tham số cần đo. Đó là do vì nguyên tắc đo lường và kết cấu của đồng hồ không thể tuyệt đối hoàn thiện.

Gọi giá trị đo được là :  $A_d$

Còn giá trị thực là :  $A_t$

- Sai số tuyệt đối : là độ sai lệch thực tế

$$\gamma = A_d - A_t$$

- Sai số tương đối :  $\gamma_o = \frac{\gamma}{A_t} \cdot 100\%$

Trong thực tế ta tính :  $\gamma_o = \frac{\gamma}{A_d} \cdot 100\%$

- Sai số qui dẫn: là tỉ số giữa s.số tuyệt đối đối với khoảng đo của đồng hồ (%)

$$\delta_{qd} = \frac{\gamma}{A_{\max} - A_{\min}} \cdot 100\%$$

- Cấp chính xác : là sai số quy dẫn lớn nhất trong khoảng đo của đồng hồ

$$CCX = \delta_{qd}^{\max} = \left( \frac{\gamma_{\max}}{A_{\max} - A_{\min}} \right) \cdot 100\%$$

Dãy cấp chính xác 0.1 ; 0.2 ; 0.5 ; 1 ; 1.5 ; 2.5 ; 4.

Tiêu chuẩn để đánh giá độ chính xác của dụng cụ đo là CCX

Các dụng cụ đo có CCX = 0.1 hay 0.2 gọi là dụng cụ chuẩn. Còn dùng trong phòng thí nghiệm thường là loại có CCX = 0.5 , 1. Các loại khác được dùng trong công nghiệp. Khi nói dụng cụ đo có cấp chính xác là 1,5 tức là

$$S_{qd} = 1,5\%$$

*Các loại sai số định tính:* Trong khi sử dụng đồng hồ người ta thường để ý đến các loại sai số sau

- *Sai số cho phép:* là sai số lớn nhất cho phép đối với bất kỳ vạch chia nào của đồng hồ (với quy định đồng hồ vạch đúng t/c kỹ thuật) để giữ đúng cấp chính xác của đồng hồ.

- *Sai số cơ bản:* là sai số lớn nhất của bản thân đồng hồ khi đồng hồ làm việc bình thường, loại này do cấu tạo của đồng hồ.

- *Sai số phụ:* do điều kiện khách quan gây nên.

Trong các công thức tính sai số ta dựa vào sai số cơ bản còn sai số phụ thì không tính đến trong các phép đo.

### 1.2.2. Biến sai

Là độ sai lệch lớn nhất giữa các sai số khi đo nhiều lần 1 tham số cần đo ở cùng 1 điều kiện đo lường :  $|A_{dm} - A_{nd}|_{\max}$

*Chú ý :* Biến sai số chỉ của đồng hồ không được lớn hơn sai số cho phép của đồng hồ .

### 1.2.3. Độ nhạy

$$S = \frac{\Delta X}{\Delta A}$$

$\Delta X$  : độ chuyển động của kim chỉ thị (m ; độ ...)

$\Delta A$  : độ thay đổi của giá trị bị đo.

Ví dụ :  $S = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ mm/}^\circ\text{C}$

- Ta có thể tăng độ nhạy bằng cách tăng hệ số khuếch đại (trong lúc này không được tăng sai số cơ bản của đồng hồ)

- Giá trị chia độ bằng  $1/s = C$  hay còn gọi là hằng số của dụng cụ đo

Giá trị của mỗi độ chia không được nhỏ hơn trị tuyệt đối của sai số cho phép của đồng hồ.

#### 1.2.4. Hạn không nhạy

Là mức độ biến đổi nhỏ nhất của tham số cần đo để cái chỉ thị bắt đầu làm việc.

Chỉ số của hạn không nhạy nhỏ hơn  $1/2$  sai số cơ bản.

\* Trong thực tế ta không dùng dụng cụ có độ nhạy cao vì làm kim dao động dẫn đến hỏng dụng cụ.

#### 1.2.5. Kiểm định đồng hồ

Xác định chất lượng làm việc của đồng hồ bằng cách so sánh với đồng hồ chuẩn để đánh giá mức độ làm việc.

**Nội dung:** Xét sai số cho phép : sai số cơ bản, biến sai, độ nhạy và hạn không nhạy của đồng hồ.

- Đối với đồng hồ dùng trong công nghiệp CCX 2.5 ... thì kiểm định  $3 \div 5$  vạch chia độ trong đó có Amin & Amax.

- Đồng hồ dùng trong phòng thí nghiệm : kiểm định  $10 \div 15$  vạch và sau khi kiểm tra dùng bảng bố chính. Thông thường dùng đồng hồ có CCX là 0.1 ; 0.2 để kiểm định các đồng hồ cấp chính xác lớn hơn 0.5 .. 1.

Các đồng hồ chuẩn cấp 1 có CCX < 0.1 thì kiểm định bằng phương pháp đặc biệt và dùng đồng hồ chuẩn gốc.

Đồng hồ chuẩn cấp 2 (CCX 0.1; 0.2) thì dùng đồng hồ chuẩn cấp 1 để kiểm định.

### 1.3. SAI SỐ ĐO LƯỜNG

Trong khi tiến hành đo lường, trị số mà người xem, đo nhận được không bao giờ hoàn toàn đúng với trị số thật của tham số cần đo, sai lệch giữa hai trị số đó gọi là sai số đo lường. Dù tiến hành đo lường hết sức cẩn thận và dùng các công cụ đo lường cực kỳ tinh vi ... cũng không thể làm mất được sai số đo

lượng, vì trên thực tế không thể có công cụ đo lường tuyệt đối hoàn thiện, người xem đo tuyệt đối không mắc thiếu sót và điều kiện đo lường tuyệt đối không thay đổi ...

Trị số đo lường chỉ là trị số gần đúng của tham số cần đo, nó chỉ có thể biểu thị bởi một số có hạn chữ số đáng tin cậy tùy theo mức độ chính xác của việc đo lường. Không thể làm mất được sai số đo lường và cũng không nên tìm cách giảm nhỏ nó tới quá mức độ có thể cho phép thực hiện vì như vậy rất tốn kém. Do đó người ta thừa nhận tồn tại sai số đo lường và tìm cách hạn chế sai số đó trong một phạm vi cần thiết rồi dùng tính toán để đánh giá sai số mắc phải và đánh giá kết quả đo lường.

Người làm công tác đo lường, thí nghiệm, cần phải đi sâu tìm hiểu các dạng sai số, nguyên nhân gây sai số để tìm cách khắc phục và biết cách làm mất ảnh hưởng của sai số đối với kết quả đo lường.

### 1.3.1. Các loại sai số

Tùy theo nguyên nhân gây sai số trong quá trình đo lường mà người ta chia sai số thành 3 loại sai số sau: - Sai số nhầm lẫn - Sai số hệ thống - và sai số ngẫu nhiên .

**1- Sai số nhầm lẫn:** Trong quá trình đo lường, những sai số do người xem đo đọc sai, ghi chép sai, thao tác sai, tính sai, vô ý làm sai .... được gọi là sai số nhầm lẫn. Sai số đó làm cho số đo được khác hẳn với các số đo khác, như vậy sai số nhầm lẫn thường có trị số rất lớn và hoàn toàn không có quy luật hơn nữa không biết nó có xuất hiện hay không, vì vậy nên rất khó định ra một tiêu chuẩn để tìm ra và loại bỏ những số đo có mắc sai số nhầm lẫn. Cách tốt nhất là tiến hành đo lường một cách cẩn thận để tránh mắc phải sai số nhầm lẫn. Trong thực tế cũng có khi người ta xem số đo có mắc sai số nhầm lẫn là số đo có sai số lớn hơn 3 lần sai số trung bình mắc phải khi đo nhiều lần tham số cần đo.

**2- Sai số hệ thống:** Sai số hệ thống thường xuất hiện do cách sử dụng đồng hồ đo không hợp lý, do bản thân đồng hồ đo có khuyết điểm, hay điều kiện đo lường biến đổi không thích hợp và đặc biệt là khi không hiểu biết kỹ lưỡng tính chất của đối tượng đo lường... Trị số của sai số hệ thống thường cố định hoặc là biến đổi theo quy luật vì nói chung những nguyên nhân tạo nên nó cũng là những nguyên nhân cố định hoặc biến đổi theo quy luật. Vì vậy mà chúng ta có thể làm mất sai số hệ thống trong số đo bằng cách tìm các trị số bổ chính hoặc là sắp xếp đo lường một cách thích đáng.



Nếu xếp theo nguyên nhân thì chúng ta có thể chia sai số hệ thống thành các loại sau :

*a- Sai số công cụ* : là do thiếu sót của công cụ đo lường gây nên.

Ví dụ : - Chia độ sai - Kim không nằm đúng vị trí ban đầu - tay đòn của cân không bằng nhau...

*b- Sai số do sử dụng đồng hồ không đúng quy định* : Ví dụ : - Đặt đồng hồ ở nơi có ảnh hưởng của nhiệt độ, của từ trường, vị trí đồng hồ không đặt đúng quy định...

*c- Sai số do chủ quan của người xem đo.* Ví dụ : Đọc số sớm hay muộn hơn thực tế, ngắm đọc vạch chia theo đường xiên...

*d- Sai số do phương pháp* : Do chọn phương pháp đo chưa hợp lý, không nắm vững phương pháp đo ...

Nếu xét về mặt trị số thì có thể chia sai số hệ thống thành 2 loại.

*e- Sai số hệ thống cố định* : Sai số này có trị số và dấu không đổi trong suốt quá trình đo lường. Ví dụ sai số do trọng lượng của quả cân...

*f- Sai số hệ thống biến đổi* : Trị số của sai số biến đổi theo chu kỳ, tăng hoặc giảm theo quy luật (số mũ hay cấp số ...). Ví dụ : Điện áp của pin bị yếu dần trong quá trình đo lường, sai số khi đo độ dài bằng một thước đo có độ dài không đúng....

Vậy để hạn chế sai số hệ thống thì đồng hồ phải được thiết kế và chế tạo thật tốt, người đo phải biết sử dụng thành thạo dụng cụ đo, phải biết lựa chọn phương pháp đo một cách hợp lý nhất và tìm mọi cách giữ cho điều kiện đo lường không thay đổi.

**3- Sai số ngẫu nhiên** : Trong quá trình đo lường, những sai số mà không thể tránh khỏi gây bởi sự không chính xác tất yếu do các nhân tố hoàn toàn ngẫu nhiên được gọi là sai số ngẫu nhiên. Sự xuất hiện mỗi sai số ngẫu nhiên riêng biệt không có quy luật . Nguyên nhân gây sai số ngẫu nhiên là do những biến đổi rất nhỏ thuộc rất nhiều mặt không có liên quan với nhau xảy ra trong khi đo lường, mà ta không có cách nào tính trước được. Vì vậy chỉ có thể thừa nhận sự tồn tại của sai số ngẫu nhiên và tìm cách tính toán trị số của nó chứ không thể tìm kiếm và khử các nguyên nhân gây ra nó. Loại sai số này có tính tương đối và giữa chúng không có ranh giới.

Mỗi sai số ngẫu nhiên xuất hiện không theo quy luật không thể biết trước và không thể khống chế được, nhưng khi tiến hành đo lường rất nhiều lần thì tập

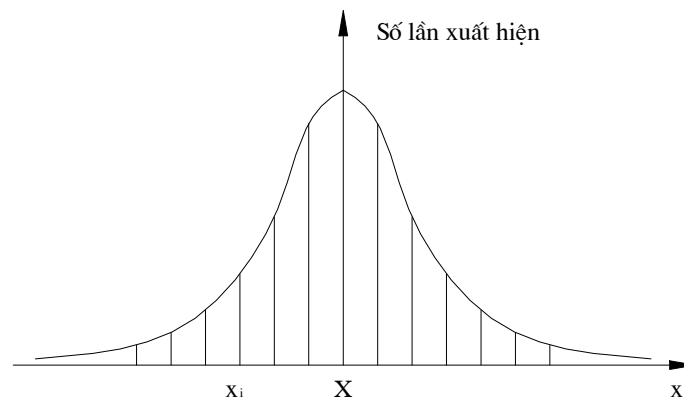
hợp rất nhiều sai số ngẫu nhiên của các lần đo đó sẽ tuân theo quy luật thống kê.

### 1.3.2. Tính sai số ngẫu nhiên trong phép đo trực tiếp

*a- Quy luật phân bố số đo và sai số ngẫu nhiên:*

Đo liên tục và trực tiếp một tham số cần đo ở điều kiện đo lường không đổi ta được một dãy số đo  $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$  và giả thiết lúc đo rất cẩn thận (không có sai số nhầm lẫn và sai số hệ thống). Gọi  $X$  là trị số thật của tham số cần đo. Ta không thể biết được một cách tuyệt đối đúng trị số của  $X$  vì trong bất kỳ số đo  $x_i$  nào cũng có sai số ngẫu nhiên. Song có thể biết trị số gần đúng đến một chừng mực nào đó của  $X$  tùy theo chất lượng của việc đo lường. Dùng trị số gần đúng thay cho  $X$  thì sẽ mắc sai số, ta không biết được cụ thể sai số đó là bao nhiêu nhưng có thể biết được là trị số sai số chỉ trong một khoảng giới hạn nào đó với một đảm bảo nhất định nhờ cách tính toán sai số ngẫu nhiên.

Trong phép đo trên, nếu ta càng đo nhiều lần hơn để được số lần đo  $n$  thật lớn thì ta thấy rằng (*như hình vẽ*)



*Đường cong phân bố các số đo*

- Các số đo  $x_i$  đều phân bố một cách đối xứng với một trị số  $X$ .
- Các số đo  $x_i$  có trị số càng gần  $X$  càng nhiều,
- Các số đo  $x_i$  càng khác xa  $X$  càng ít và các số đo  $x_i$  khác  $X$  rất lớn thực tế hầu như không có.

Theo đường cong phân bố các số đo ta thấy  $X$  là trị số tiêu biểu nhất trong dãy số đo  $x_i$  vì các lần thu được các số đo có trị số bằng  $X$  là lớn nhất và xem  $X$  là trị số thực của tham số cần đo.

Nếu gọi  $\delta_i$  là sai số ngẫu nhiên của số đo  $x_i$  thì ta có  $\delta_i = x_i - X$ .

Gọi  $y$  là cơ hội xuất hiện sai số ngẫu nhiên có trị số là  $\delta$  thì ta có đường cong phân bố của sai số ngẫu nhiên như hình vẽ (*đường phân bố Gauss*).

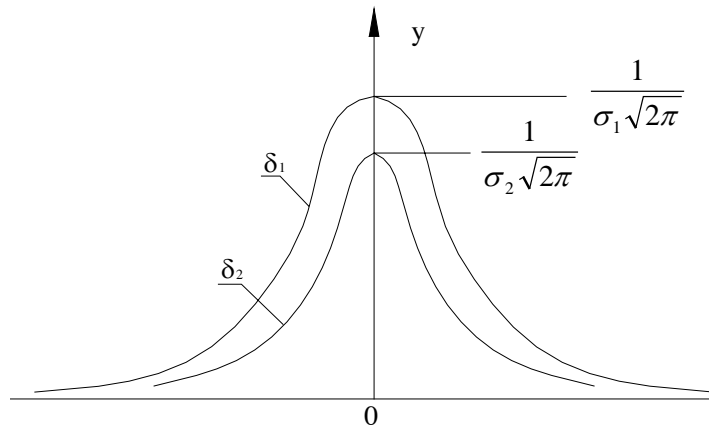
$$y = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{\delta^2}{2\sigma^2}}$$

Trong đó :  $e$  - là cơ số logarit

$\delta$  - là sai số ngẫu nhiên

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta_i^2)}{n}} \text{ - là sai số trung bình bình phương của sai số}$$

$n$  - là số lần đo



Từ rất nhiều thử nghiệm tương tự mang tính chất ngẫu nhiên người ta cũng được kết quả tương tự như trên, chúng hoàn toàn phù hợp với các tiên đề của lý thuyết xác suất dùng làm cơ sở lý luận để tính toán sai số ngẫu nhiên.

+ *Tiên đề về tính ngẫu nhiên* : Khi tiến hành một phép đo với số lần  $n$  rất lớn thì cơ hội xuất hiện sai số ngẫu nhiên có trị số đối nhau là như nhau.

+ *Tiên đề về tính phân bố* : Khi tiến hành một phép đo với số lần  $n$  rất lớn thì cơ hội xuất hiện sai số ngẫu nhiên có trị số tuyệt đối nhỏ nhiều hơn là cơ hội xuất hiện sai số ngẫu nhiên có trị số tuyệt đối lớn. Cơ hội xuất hiện sai số ngẫu nhiên có trị số tuyệt đối quá lớn là rất hiếm hoặc bằng không.

Vậy trong khi đo lường phép đo nào mà sai số không phù hợp với 2 tiên đề trên thì chắc chắn là sai số trong phép đo đó không chỉ hoàn toàn do nguyên nhân

ngẫu nhiên gây ra mà còn chịu ảnh hưởng của sai số hệ thống và sai số nhầm lẫn.

b- Sai số của dãy số đo:

Với hàm phân bố chuẩn của sai số ngẫu nhiên  $y = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{\delta^2}{2\sigma^2}}$

Nếu  $\sigma$  càng nhỏ thì sai số nhỏ càng dễ xuất hiện, tức là độ chính xác của phép đo càng lớn. Vậy với số lần đo  $n$  rất lớn ( $n \rightarrow \infty$ ) thì

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta_i^2)}{n}} \quad (\text{với } \delta_i = x_i - X) \text{ là sai số trung bình bình phương và đặc}$$

trung cho độ chính xác của dãy số đo.

Trong thực tế  $n$  là hữu hạn nên ta không thể tìm được  $X$  mà ta lấy giá trị trung

bình toán của các số đo  $L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$  thay cho  $X$  và lúc này ta có sai số dư

$U = x_i - L$  và ta tính gần đúng sai số trung bình bình phương của dãy số đo được là :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i^2)}{n}} \quad (\text{với } n \text{ là hữu hạn}) \text{ nó đặc trưng cho độ chính xác của dãy số}$$

đo.

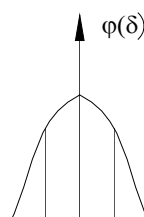
Ngoài sai số  $\sigma$  người ta còn dùng sai số ngẫu nhiên  $\rho$ , sai số trung bình toán  $\theta$  và sai số giới hạn  $\delta_{\text{lim}}$  những sai số đó đều thuộc loại sai số ngẫu nhiên của dãy số đo thu được. Định nghĩa của các sai số đó như sau:

+ Nếu  $P(-\rho, +\rho) = 1/2$  thì  $\rho$  gọi là sai số ngẫu nhiên của dãy số biến đổi và tra bảng tích phân xác suất ta được  $\rho = 2/3 \sigma$ .

+  $\theta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\delta_i|$  biến đổi và tính toán ta được  $\theta = 4/5 \sigma$ . Tra ngược lại bảng ta

có  $P(-\theta, +\theta) = 58\%$ .

+ Sai số giới hạn  $\delta_{\text{lim}}$  là sai số có trị số đủ lớn sao cho trong thực tế hầu như không có sai số ngẫu nhiên nào trong phép đo có trị số lớn hơn  $\delta_{\text{lim}}$ . Người ta thường dùng  $\delta_{\text{lim}} = 3\sigma$  lúc này  $P(-\delta_{\text{lim}}, +\delta_{\text{lim}}) = 99,7\%$ . Có khi ta dùng  $\delta_{\text{lim}} = 2\sigma$ .



$$-\delta_{\text{lim}} \quad -\sigma \quad -\theta \quad -\rho \quad 0 \quad \rho \quad \theta \quad \sigma \quad \delta_{\text{lim}}$$

c- Sai số của kết quả đo lường:

$$\text{Theo trên từ } L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \Rightarrow nL = \sum_{i=1}^n x_i \text{ do đó ta có}$$

$$\sum_{i=1}^n \delta_i = \sum_{i=1}^n (x_i - X) = nL - nX \Rightarrow L - X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_i \quad . \quad L \text{ là trị số dùng}$$

làm kết quả đo lường nên cũng gọi  $\lambda = L - X$  là sai số ngẫu nhiên của kết quả

đo lường. Vậy  $\lambda = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_i$  vì các  $\delta_i$  có trị số trái dấu nên  $\sum_{i=1}^n \delta_i$  có thể rất nhỏ

mặc dầu dãy số đo được không có độ chính xác cao. Muốn đánh giá được mức độ chính xác của dãy số đo được thì tiêu chuẩn đánh giá cần phải ảnh hưởng được mức độ lớn nhỏ của  $\delta_i$ . Vì vậy người ta chọn tiêu chuẩn so sánh là  $S =$

$$\sqrt{\lambda^2} \text{ biến đổi và tính ra được } S = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \text{ và gọi } S \text{ là sai số trung bình bình}$$

phương của kết quả đo lường. Ngoài  $S$  để đánh giá độ chính xác của kết quả đo lường người ta còn có thể dùng một trong các loại sai số sau :

$$R = \frac{\rho}{\sqrt{n}} \text{ - Sai số ngẫu nhiên của kết quả đo lường. } \Rightarrow X = L \pm R$$

$$T = \frac{\theta}{\sqrt{n}} \text{ - Sai số trung bình toán của kết quả đo lường. } \Rightarrow X = L \pm T$$

$$\lambda_{\text{lim}} = 3S \text{ - Sai số giới hạn của kết quả đo lường. } \Rightarrow X = L \pm \lambda_{\text{lim}}$$

**Chú ý:**

- Bản thân các sai số  $S, R, T$  cũng có sai số nên trong các phép đo tinh vi nhất ( phép đo mà  $\rho/L < 0,1\%$  ) thì chúng ta cần phải xét đến. Sai số của  $S, R, T$  cũng gồm 3 loại như trên tức là ứng với  $R$  thì có  $r_R, s_R, t_R$ .

Lúc này ta có thể viết  $X = L \pm (R \pm r_R)$ . Tương tự cũng với S và T.

- Trong trường hợp phép đo không thể thực hiện được với điều kiện đo lường như nhau thì độ chính xác của mỗi số đo không như nhau, vì vậy cần xét đến mức độ tin cậy của các số đo thu được. Số dùng biểu thị mức độ tin cậy đó gọi là trọng độ p, và ta dùng trị trung bình cộng trọng độ.

$$L_0 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i p_i}{\sum_{i=1}^n p_i} \quad \text{và} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i^2) p_i}{\sum_{i=1}^n p_i}} \quad \text{với } v_i = x_i - L_0.$$

### 1.3.3. Tính sai số ngẫu nhiên trong phép đo gián tiếp

Theo định nghĩa của phép đo gián tiếp ta có :

$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ . Vì các tham số  $x_1, x_2, \dots, x_n$  được xác định bằng phép đo trực tiếp nên ta sẽ thu được  $x_i = L_i \pm \xi_i$

$\xi_i$  - là sai số tuyệt đối. Từ các trị số đã thu được ta có thể tính toán (*lấy vi phân rôi bình phương 2 vế và bỏ qua bậc cao*) để xác định được y là lượng chưa biết của phép đo gián tiếp và viết được :  $y_i = L_y \pm \xi_y$  Với

$$\xi_y = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left( \frac{\partial y}{\partial x_i} \right)^2 \xi_i^2} \quad ; \quad L_y = f(L_1, L_2, \dots, L_m)$$

Như vậy ta dùng đạo hàm riêng và các sai số  $\xi_i$  của các dãy số đo mà ta tính được  $\xi_y$  của dãy số đo tương ứng của tham số đo gián tiếp.

Biết được  $\xi_y$  ta sẽ tính được các loại sai số khác theo quan hệ giữa các sai số

mà ta đã biết trong phép đo trực tiếp. Ví dụ:  $S_y = \frac{\sigma_y}{\sqrt{n}}$  ở đây n là số lần đo của

phép đo trực tiếp dùng đo các tham số  $x_i$  để xác định tham số đo gián tiếp y.

**Một số trường hợp cụ thể thường gặp trong phép đo gián tiếp :**

+ Trường hợp :  $y = a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_m x_m$

Trong đó các tham số  $a_i$  là các hệ số cố định của các tham số đo trực tiếp  $x_1, x_2, \dots, x_m$ . áp dụng cách tính toán ta được công thức tính sai số tuyệt đối :

$$\xi_y = \sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2 \xi_i^2} \quad \text{và} \quad L_y = \sum_{i=1}^n a_i L_i$$

Sai số tương đối :  $\xi_{oy} = \frac{\xi_y}{y}$  ta thường dùng  $\xi_{oy} = \frac{\xi_y}{L_y}$

+ Trường hợp :  $y = k x_1^{a_1} \cdot x_2^{a_2} \cdot \dots \cdot x_m^{a_m}$  . k - là hệ số cố định

còn các  $a_i$  là các hằng số. Ta có sai số tương đối :

$$\xi_{oy} = \sqrt{a_1^2 \xi_{01}^2 + a_2^2 \xi_{02}^2 + \dots + a_m^2 \xi_{0m}^2} .$$

$$L_y = k \cdot L_1^{a_1} \cdot L_2^{a_2} \cdot \dots \cdot L_m^{a_m} . \quad \xi_{0i} = \frac{\xi_i}{x_i} . \text{ và } \xi_y = L_y \cdot \xi_{oy}$$

**Một số ví dụ:**

*Ví dụ 1:* Một hình vuông có cạnh là  $5,00 \pm 0,05\text{m}$ . Hãy tính sai số gây nên do các cạnh đối với diện tích hình vuông ?

*Giải:* a- Gọi cạnh hình vuông là  $x$  thì diện tích hình vuông sẽ là  $y = x^2$

Ta biết rằng  $\xi_{oy} = \sqrt{a_1^2 \cdot \xi_{ox}^2} = \sqrt{2^2 \left(\frac{0,05}{5,00}\right)^2} = 0,02$

$$L_y = 5,00 \times 5,00 = 25,0000 \text{ m}^2 \rightarrow \xi_y = 0,02 \cdot 25 \text{ m}^2 = 0,5 \text{ m}^2$$

Vậy trị số đúng của  $y$  là  $y = 25 \pm 0,5 \text{ m}^2$ .

b- Ta cũng có thể tính sai số tuyệt đối trước rồi tìm sai số tương đối

$$\text{vì } y = x^2 \text{ nên theo định nghĩa } \xi_y = \sqrt{\left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)^2 \xi_x^2} \Rightarrow \xi_y = \frac{\partial y}{\partial x} \xi_x = 2x \cdot \xi_x$$

$$\Rightarrow \xi_y = 2 \times 5,00 \times 5,00 = 25 \text{ m}^2 ; L_y = 5,00 \times 5,00 = 25 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow \text{Vậy } y = 25 \pm 0,5 \text{ m}^2 .$$

$$\text{Ta cũng được : } \xi_{oy} = \frac{0,5}{25} = 0,02 = 2\%$$

*Ví dụ 2:* Từ kết quả đo trực tiếp dòng điện  $I = 7,130 \pm 0,018 \text{ Ampe}$ ,

$U = 218,7 \pm 0,4 \text{ volt}$ ,  $t = 800,0 \pm 0,6 \text{ sec}$ . Nếu xác định điện năng  $A$

bằng phương pháp gián tiếp thì trị số của  $A$  là bao nhiêu ?

*Giải:* Ta biết rằng  $A = U I t$ . Với kết quả đo gián tiếp trên ta tính được kết quả đo gián tiếp  $A$  là :

$$L_A = 7,13 \times 218,7 \times 800 = 12474,65 \text{ jun. Sai số tương đối của kết quả đo gián tiếp là :}$$

$$\xi_{oA} = \sqrt{\left(\frac{0,018}{7,13}\right)^2 + \left(\frac{0,4}{218,7}\right)^2 + \left(\frac{0,6}{800}\right)^2} = 0,0032 .$$

Sai số tuyệt đối của kết quả đo là :

$$\xi_A = \xi_{oA} \cdot L_A = 0,0032 \times 12474,65 = 39,9 \text{ jun}$$

Vậy  $A = 12470,00 \pm 39,9 \text{ jun}$ .

**Chú ý:** Về mặt đo lường ta cần phân biệt rõ sự khác nhau của các biểu thức toán có giá trị như nhau về mặt toán nhưng viết khác nhau. Xét 2 ví dụ :

1- Với  $y = x.x.x$  , biến  $x$  được cho 3 lần riêng rẽ như nhau khi tìm thể tích khối lập phương có cạnh là  $x$ . Ta cũng có thể viết  $y = x^3$ , trường hợp này có nghĩa là chỉ đo 1 cạnh  $x$  và dùng phép đo gián tiếp để xác định  $y$ . Sai số của  $y$  trong 2 trường hợp trên rõ ràng là không giống nhau.

$$\text{cụ thể :} \quad y = x.x.x \quad \text{vậy} \quad \xi_{oy} = \sqrt{3} \xi_{ox}$$

$$\text{còn} \quad y = x^3 \quad \text{vậy} \quad \xi_{oy} = 3 \xi_{ox}$$

$$2- \text{ Với } y = 2x \text{ và } y = x + x \text{ có sai số là } \xi_y = 2 \xi_x \text{ và } \xi_y = \sqrt{2} \xi_x$$

Ta thấy rằng khi đo riêng lẻ thì sai số nhỏ hơn. Sở dĩ như vậy là vì khi đo riêng lẻ các sai số ngẫu nhiên của chúng bù trừ cho nhau.



## CHƯƠNG 2 : ĐO NHIỆT ĐỘ

### 2.1. NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG

Nhiệt độ là một tham số vật lý quan trọng, thường hay gặp trong kỹ thuật, công nghiệp, nông nghiệp và trong đời sống sinh hoạt hàng ngày. Nó là tham số có liên quan đến tính chất của rất nhiều vật chất, thể hiện hiệu suất của các máy nhiệt và là nhân tố trọng yếu ảnh hưởng đến sự truyền nhiệt. Vì lẽ đó mà trong các nhà máy, trong hệ thống nhiệt... đều phải dùng nhiều dụng cụ đo nhiệt độ khác nhau. Chất lượng và số lượng sản phẩm sản xuất được đều có liên quan tới nhiệt độ, nhiều trường hợp phải đo nhiệt độ để đảm bảo cho yêu cầu thiết bị và cho quá trình sản xuất. Hiện nay yêu cầu đo chính xác nhiệt độ từ xa cũng là một việc rất có ý nghĩa đối với sản xuất và nghiên cứu khoa học....

#### 2.1.1. Khái niệm nhiệt độ

Từ lâu người ta đã biết rằng tính chất của vật chất có liên quan mật thiết tới mức độ nóng lạnh của vật chất đó. Nóng lạnh là thể hiện tình trạng giữ nhiệt của vật và mức độ nóng lạnh đó được gọi là nhiệt độ. Vậy nhiệt độ là đại lượng đặc trưng cho trạng thái nhiệt, theo thuyết động học phân tử thì động năng của vật

$$E = \frac{3}{2} KT.$$

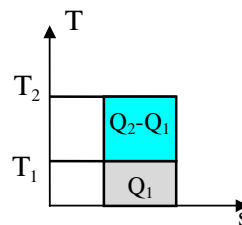
Trong đó K- hằng số Bonltzman.

E - Động năng trung bình chuyển động thẳng của các phân tử

T - Nhiệt độ tuyệt đối của vật .

Theo định luật 2 nhiệt động học: Nhiệt lượng nhận vào hay tỏa ra của môi chất trong chu trình Cárnot tương ứng với nhiệt độ của môi chất và có quan hệ

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$$



Vậy khái niệm nhiệt độ không phụ thuộc vào bản chất mà chỉ phụ thuộc nhiệt lượng nhận vào hay tỏa ra của vật.

Muốn đo nhiệt độ thì phải tìm cách xác định đơn vị nhiệt độ để xây dựng thành thang đo nhiệt độ (có khi gọi là thước đo nhiệt độ, nhiệt giai ). Dụng cụ dùng đo nhiệt độ gọi là **nhiệt kế**, nhiệt kế dùng đo nhiệt độ cao còn gọi là hỏa kế. Quá trình xây dựng thang đo nhiệt độ tương đối phức tạp. Từ năm 1597 khi

xuất hiện nhiệt kế đầu tiên đến nay thước đo nhiệt độ thường dùng trên quốc tế vẫn còn những thiếu sót đòi hỏi cần phải tiếp tục nghiên cứu thêm.

### 2.1.2. Đơn vị và thang đo nhiệt độ

#### 1. Sơ lược về quá trình xây dựng thang đo nhiệt độ :

Quá trình thành lập thước đo nhiệt độ cũng là quá trình tìm một đơn vị đo nhiệt độ thống nhất và liên quan mật thiết tới việc chế tạo nhiệt kế.

**1597** : Galilê dựa trên sự dẫn nở của nước và đã chế tạo ra nhiệt kế nước đầu tiên ; Với loại này chỉ cho chúng ta biết được vật này nóng (lạnh) hơn vật kia mà thôi. Tiếp đó nhiều người đã nghiên cứu chế tạo nhiệt kế dựa vào sự dẫn nở của các nguyên chất ở 1 pha. Thang đo nhiệt độ được quy định dựa vào nhiệt độ chênh lệch giữa 2 điểm khác nhau của một nguyên chất để làm đơn vị đo do NEWTON đề nghị đầu tiên, và cách quy định đo nhiệt độ này được dùng mãi cho đến nay.

**1724** : Farenheit lập thang đo nhiệt độ với 3 điểm : 0 ; +32 và +96 , tương ứng với -17,8 °C ; 0 °C và 35,6 °C sau đó lấy thêm điểm +212 ứng với nhiệt độ sôi của nước ở áp suất khí quyển (100 °C) .

**1731** : Reomua sử dụng rượu làm nhiệt kế. Ông lấy rượu có nồng độ thích hợp nhúng vào nước đá đang tan và lấy thể tích là 1000 đơn vị và khi đặt trong hơi nước đang sôi thì lấy thể tích là 1080 đơn vị, và xem quan hệ dẫn nở đó là đường thẳng để chia đều thước ứng với 0 °R đến 80 °R.

**1742** : A.Celsius sử dụng thủy ngân làm nhiệt kế. Ông lấy 100°C ứng với điểm tan của nước đá còn 0°C là điểm sôi của nước và sau này đổi lại điểm sôi là 100°C còn điểm tan của nước đá là 0°C .

Trên đây là một số ví dụ về các thang đo nhiệt độ, đơn vị nhiệt độ trong mỗi loại thước đo đó chưa thống nhất, các nhiệt kế cùng loại khó bảo đảm chế tạo có thước chia độ giống nhau. Những thiếu sót này làm cho người ta nghĩ đến phải xây dựng thước đo nhiệt độ theo một nguyên tắc khác sao cho đơn vị đo nhiệt độ không phụ thuộc vào chất đo nhiệt độ dùng trong nhiệt kế.

**1848** : Kelvin xây dựng thước đo nhiệt độ trên cơ sở nhiệt động học. Theo định luật nhiệt động học thứ 2, công trong chu trình Cárno tỷ lệ với độ chênh nhiệt độ chứ không phụ thuộc chất đo nhiệt độ. Kelvin lấy điểm tan của nước đá là 273,1 độ và gọi 1 độ là chênh lệch nhiệt độ ứng với 1% công trong chu trình Cárno giữa điểm sôi của nước và điểm tan của nước đá ở áp suất bình thường .

$$\frac{Q_{100}}{Q_0} = \frac{T_{100}}{T_0} \quad \Rightarrow \quad \frac{Q_{100}}{Q_{100} - Q_0} = \frac{T_{100}}{T_{100} - T_0} .$$

Nếu từ nhiệt độ  $T_0$  đến  $T_{100}$  ta chia làm 100 khoảng đều nhau và gọi mỗi khoảng là 1 độ thì ta có thể viết :

$$T_{100} - T_0 = 100 = \frac{T_{100}(Q_{100} - Q_0)}{Q_{100}} \Rightarrow T_{100} = \frac{Q_{100} \cdot 100}{Q_{100} - Q_0}$$

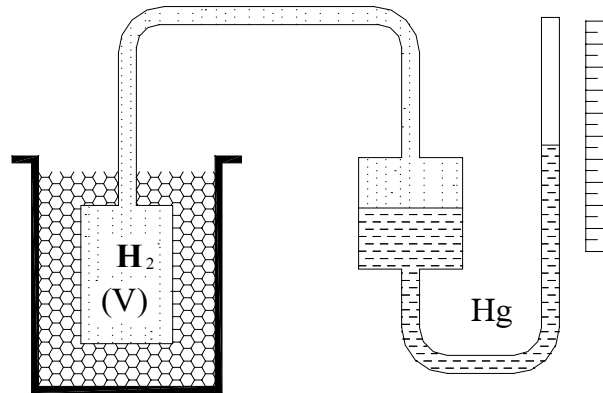
$$\text{Tổng quát ta có : } T = \frac{Q}{Q_{100} - Q_0} \cdot 100 \text{ độ.}$$

Thang đo nhiệt độ nhiệt động học trên thực tế không thể hiện được, nó có tính chất thuần túy lý luận, nhưng nhờ đó mà thống nhất được đơn vị nhiệt độ. Mặt khác quan hệ giữa công và nhiệt độ theo định luật nói trên hoàn toàn giống quan hệ thể tích và áp suất đối với nhiệt độ khí lý tưởng tức là :

$$\frac{P_{100}V_{100}}{P_0V_0} = \frac{T_{100}}{T_0} \quad \text{và ta cũng có } T = \frac{PV}{P_{100}V_{100} - P_0V_0} \cdot 100 \text{ độ.}$$

Nên người ta có thể xây dựng được thước đo nhiệt độ theo định luật của khí lý tưởng và hoàn toàn thực hiện được trên thực tế. Tuy rằng khí thực có khác với khí lý tưởng nhưng số hiệu chỉnh do sự khác nhau đó không lớn và người ta có thể đạt được độ chính xác rất cao. Nhiệt kế dùng thực hiện thang đo nhiệt độ này gọi là nhiệt kế khí.

**1877 :** Ủy ban cân đo quốc tế công nhận thước chia độ Hydrogen bách phân làm thước chia nhiệt độ cơ bản, 0 và 100 ứng với điểm tan của nước đá và điểm sôi của nước ở áp suất tiêu chuẩn (760 mmHg).



Thước đo này rất gần với thước đo nhiệt độ nhiệt động học, loại này có hạn chế là giới hạn đo chỉ trong khoảng -25 đến +100 độ (vì ở nhiệt độ cao H có độ khuếch tán mạnh nên bị lọt và khó chính xác).

Việc sử dụng nhiều thước đo nhiệt độ tất nhiên không tránh khỏi việc tính đổi từ thước đo này sang thước đo khác và kết quả tính đổi đó thường không phù hợp với nhau. Để giải quyết vấn đề đó thì :

**1933 :** Hội nghị cân đo Quốc tế đã quyết định dùng thước đo nhiệt độ Quốc tế, thước đo này lấy nhiệt độ tan của nước đá và nhiệt độ sôi của nước ở áp suất bình thường là 0 và 100 độ ký hiệu đơn vị nhiệt độ là [ °C ] và dựa trên một hệ điểm nhiệt độ cố định để chia độ còn các nhiệt độ trung gian thì xác định bằng các dụng cụ nội suy.

**1948 :** Sau khi sửa đổi và bổ sung thêm, hội nghị cân đo quốc tế đã xác định thước đo nhiệt độ quốc tế năm 1948. Theo thước đo này nhiệt độ ký hiệu là t, đơn vị đo là [ °C ]. Thước được xây dựng trên một số điểm chuẩn gốc, đó là những điểm nhiệt độ cân bằng cố định được xác định bằng nhiệt kế khí, trị số của điểm chuẩn gốc được lấy là trị số có xác suất xuất hiện cao nhất của nhiệt kế khí khi đo nhiệt độ điểm chuẩn gốc đó. Trị số nhiệt độ giữa các điểm chuẩn gốc được xác định bằng các nhiệt kế đặc biệt.

- Các điểm chuẩn gốc đều được xác định ở áp suất khí quyển tiêu chuẩn và gồm các điểm quy định sau :

- Điểm sôi của ôxy	- 182,97 °C
- Điểm tan của nước đá	0,00 °C
- Điểm sôi của nước	100,00 °C
- Điểm sôi của lưu huỳnh	444,60 °C
- Điểm đông đặc của bạc	960,80 °C
- Điểm đông đặc của vàng	1063,00 °C

Cách nội suy và ngoại suy để xác định nhiệt độ khác được quy định như sau:

+ Nhiệt độ trong khoảng từ 0 đến điểm đông đặc của seleni (630°C) dùng nhiệt kế chuẩn là nhiệt kế điện trở bạch kim mà độ tinh khiết của sợi bạch kim thỏa mãn yêu cầu sau :  $R_{100}/R_0 \geq 1,3920$ , ở đây  $R_0$  và  $R_{100}$  là điện trở của điện trở bạch kim ở 0°C và ở 100°C.

Quan hệ giữa trị số điện trở bạch kim ở nhiệt độ t (R<sub>t</sub>) và nhiệt độ t được quy định là :

$$R_t = R_0 [ 1 + At + Bt^2 ] .$$

R<sub>0</sub>, A, B là các hằng số xác định bằng cách đo R<sub>t</sub> ứng với t = 0,01°C, 100°C và 444,6 °C sau đó giải hệ 3 phương trình.

+ Nhiệt độ trong khoảng từ -182,97 °C đến 0 °C vẫn dùng nhiệt kế điện trở bạch kim nhưng theo quan hệ khác :  $R_t = R_0 \cdot [1 + At + Bt^2 + Ct^3(t-100)]$  Trong đó C là hằng số tìm được do đặt điện trở bạch kim ở nhiệt độ -182,97 °C còn các hệ số khác cũng được tính như trên.

+ Nhiệt độ trong khoảng 630 °C đến 1063 °C dùng cặp nhiệt bạch kim và bạch kim+Rôđi làm nhiệt kế chuẩn .

+ Nhiệt độ trên điểm  $1063^{\circ}\text{C}$  thì dùng hỏa kế quang học chuẩn gốc hoặc *đèn nhiệt độ* làm dụng cụ chuẩn, nhiệt độ  $t$  được xác định theo định luật Planck. Và sau đó căn cứ vào định nghĩa mới của đơn vị nhiệt độ (độ Kelvin) nên đã có thay đổi ít nhiều về thước đo nhiệt độ.

**1968** : Hội nghị cân đo quốc tế quyết định đưa ra thước đo nhiệt độ quốc tế thực dụng. Thước đo này cũng được xây dựng dựa trên 6 điểm chuẩn gốc :

- Điểm sôi của ôxy	- $182,97^{\circ}\text{C}$
- Điểm ba pha của nước	$0,01^{\circ}\text{C}$
- Điểm sôi của nước	$100,00^{\circ}\text{C}$
- Điểm đông đặc của kẽm	$419,505^{\circ}\text{C}$
- Điểm đông đặc của bạc	$960,80^{\circ}\text{C}$
- Điểm đông đặc của vàng	$1063,00^{\circ}\text{C}$

Ở các nước phát triển việc giữ gìn và lập lại thước đo nhiệt độ quốc tế thực dụng đều do cơ quan chuyên trách của nhà nước phụ trách như Viện đo lường tiêu chuẩn .... Thước đo nhiệt độ thực dụng quốc tế vẫn chưa hoàn toàn được hoàn thiện, ví dụ như chưa có quy định đối với khoảng nhiệt độ dưới  $-182,97^{\circ}\text{C}$ . Các quy định chưa thật bảo đảm cho thước đo nhiệt độ thực dụng quốc tế đúng với thước đo nhiệt độ nhiệt động học.... Vì vậy cần phải tiếp tục nghiên cứu thêm để hoàn thiện.

### 2.1.3. Dụng cụ và phương pháp đo nhiệt độ



Có nhiều loại dụng cụ đo nhiệt độ, tên gọi của mỗi loại một khác nhưng thường gọi chung là **nhiệt kế**. Trong dụng cụ đo nhiệt độ ta thường dùng các khái niệm sau :

*Nhiệt kế* là dụng cụ (đồng hồ) đo nhiệt độ bằng cách cho số chỉ hoặc tín hiệu là hàm số đã biết đối với nhiệt độ.

*Bộ phận nhạy cảm* của nhiệt kế là bộ phận của nhiệt kế dùng để biến nhiệt năng thành một dạng năng lượng khác để nhận được tín hiệu (tín tức) về nhiệt độ. Nếu bộ phận nhạy cảm tiếp xúc trực tiếp với môi trường cần đo thì gọi là nhiệt kế đo trực tiếp và ngược lại.

Theo thói quen người ta thường dùng khái niệm nhiệt kế để chỉ các dụng cụ đo nhiệt độ dưới 600°C, còn các dụng cụ đo nhiệt độ trên 600°C thì gọi là *hỏa kế*.

Theo nguyên lý đo nhiệt độ, đồng hồ nhiệt độ được chia thành 5 loại chính.

1/ *Nhiệt kế dẫn nở* đo nhiệt độ bằng quan hệ giữa sự dẫn nở của chất rắn hay chất nước đối với nhiệt độ. Phạm vi đo thông thường từ -200 đến 500°C . Ví dụ như nhiệt kế thủy ngân, rượu....

2/ *Nhiệt kế kiểu áp kế* đo nhiệt độ nhờ biến đổi áp suất hoặc thể tích của chất khí, chất nước hay hơi bão hòa chứa trong một hệ thống kín có dung tích cố định khi nhiệt độ thay đổi. Khoảng đo thông thường từ 0 đến 300 °C.

3/ *Nhiệt kế điện trở* đo nhiệt độ bằng tính chất biến đổi điện trở khi nhiệt độ thay đổi của vật dẫn hoặc bán dẫn. Khoảng đo thông thường từ -200 đến 1000°C .

4/ *Cặp nhiệt* còn gọi là *nhiệt ngẫu*, *pin nhiệt điện*. Đo nhiệt độ nhờ quan hệ giữa nhiệt độ với suất nhiệt điện động sinh ra ở đầu mối hàn của 2 cực nhiệt điện làm bằng kim loại hoặc hợp kim. Khoảng đo thông thường từ 0 đến 1600°C

5/ *Hỏa kế bức xạ* gồm hỏa kế quang học, bức xạ hoặc so màu sắc. Đo nhiệt độ của vật thông qua tính chất bức xạ nhiệt của vật. Khoảng đo thường từ 600 đến 6000 °C . Đây là dụng cụ đo gián tiếp.

Nhiệt kế còn được chia loại theo mức độ chính xác như:

- Loại chuẩn - Loại mẫu - Loại thực dụng .

Hoặc theo cách cho số đo nhiệt độ ta có các loại :

- Chỉ thị - Tự ghi - Đo từ xa

## 2.2. NHIỆT KẾ DẪN NỞ

Thể tích và chiều dài của một vật thay đổi tùy theo nhiệt độ và hệ số dẫn nở của vật đó. Nhiệt kế đo nhiệt độ theo nguyên tắc đó gọi là nhiệt kế kiểu dẫn

nở. Ta có thể phân nhiệt kế này thành 2 loại chính đó là : Nhiệt kế dẫn nở chất rắn (còn gọi là nhiệt kế cơ khí) và nhiệt kế dẫn nở chất nước.

### 2.2.1. Nhiệt kế dẫn nở chất rắn

Nguyên lý đo nhiệt độ là dựa trên độ dẫn nở dài của chất rắn.

$$L_t = L_{t_0} [ 1 + \alpha ( t - t_0 ) ]$$

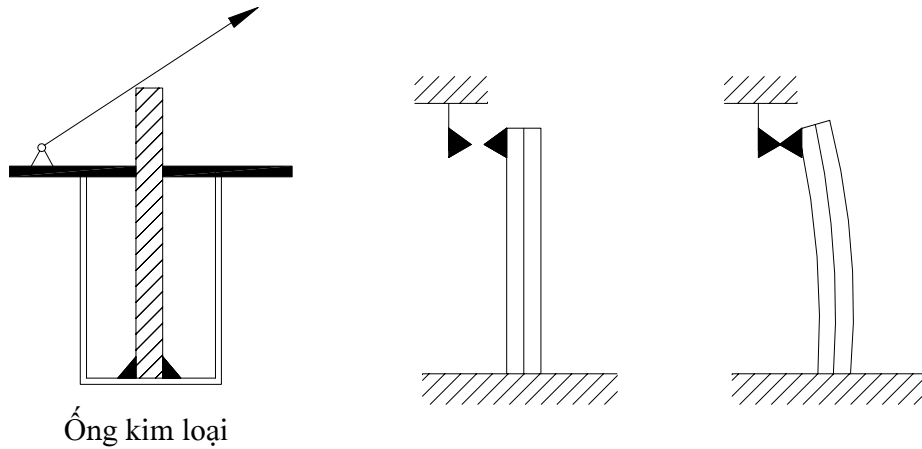
$L_t$  và  $L_{t_0}$  là độ dài của vật ở nhiệt độ  $t$  và  $t_0$

$\alpha$  - gọi là hệ số dẫn nở dài của chất rắn

Các loại :

+ *Nhiệt kế kiểu đũa :*

Cơ cấu là gồm - 1 ống kim loại có  $\alpha_1$  nhỏ và 1 chiếc đũa có  $\alpha_2$  lớn



Ống kim loại

+ *Kiểu bản hai kim loại* (thường dùng làm rơle trong hệ thống tự động đóng ngắt tiếp điểm).

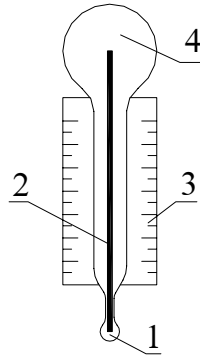
Hệ số dẫn nở dài của một số vật liệu

Vật liệu	Hệ số dẫn nở dài $\alpha$ (1/độ)
Nhôm Al	$0,238 \cdot 10^{-4} \div 0,310 \cdot 10^{-4}$
Đồng Cu	$0,183 \cdot 10^{-4} \div 0,236 \cdot 10^{-4}$
Cr - Mn	$0,123 \cdot 10^{-4}$
Thép không gỉ	$0,009 \cdot 10^{-4}$
H kim Inva (64% Fe & 36% N)	$0,00001 \cdot 10^{-4}$

### 2.2.2. Nhiệt kế dẫn nở chất lỏng

*Nguyên lý:* tương tự như các loại khác nhưng sử dụng chất lỏng làm môi chất (như Hg , rượu )

*Cấu tạo:* Gồm ống thủy tinh hoặc thạch anh trong đựng chất lỏng như thủy ngân hay chất hữu cơ.



1 - Phần tiếp xúc môi trường cần đo gọi là bao nhiệt.

2 - ống mao dẫn có đường kính rất nhỏ.

3 - thang đo.

4 - đoạn dự phòng.

Nếu dùng Hg thì  $\alpha = 0,18 \cdot 10^3 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  còn thủy tinh thì  $\alpha = 0,02 \cdot 10^3 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  ( nên có thể bỏ qua)

Tuy Hg có  $\alpha$  không lớn nhưng nó không bám vào thủy tinh khó bị ôxy hóa, dễ chế tạo, nguyên chất, phạm vi đo nhiệt độ rộng.

ở nhiệt độ  $< 200 \text{ } ^\circ\text{C}$  thì đặc tính giãn nở của Hg và t là quan hệ đường thẳng nên nhiệt kế thủy ngân được dùng nhiều hơn các loại khác.

Nhiệt kế thủy ngân nếu đo nhiệt độ  $< 100 \text{ } ^\circ\text{C}$  thì trong ống thủy tinh không cần nạp khí, khi đo ở nhiệt độ cao hơn và nhất là khi muốn nâng cao giới hạn đo trên thì phải nâng cao điểm sôi của nó bằng cách nạp khí trơ ( $\text{N}_2$ ) vào.

- Nếu nạp  $\text{N}_2$  với áp suất 20 bar thì đo đến  $500 \text{ } ^\circ\text{C}$

- Nếu nạp  $\text{N}_2$  với áp suất 70 bar thì đo đến  $750 \text{ } ^\circ\text{C}$

Người ta dùng loại này làm nhiệt kế chuẩn có độ chia nhỏ và thang đo từ  $0 \div 50^\circ$  ;  $50 \div 100^\circ$  và có thể đo đến  $600 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

*Ưu điểm :* đơn giản rẻ tiền sử dụng dễ dàng thuận tiện khá chính xác.

*Khuyết điểm :* độ chậm trễ tương đối lớn, khó đọc số, dễ vỡ không tự ghi số đo phải đo tại chỗ không thích hợp với tất cả đối tượng (phải nhúng trực tiếp vào môi chất).

**Phân loại :** Nhiệt kế chất nước có rất nhiều hình dạng khác nhau nhưng :

+ Xét về mặt thước chia độ thì có thể chia thành 2 loại chính :

- Hình chiếc đũa

- Loại thước chia độ trong





+ Xét về mặt sử dụng thì có thể chia thành các loại sau:

- *Nhiệt kế kỹ thuật* :

khí sử dụng phần đuôi phải cắm ngập vào môi trường cần đo (có thể hình thẳng hay hình chữ L). Khoảng đo  $- 30 \div 50^{\circ}\text{C}$  ;  $0 \div 50 \dots 500$

Độ chia :  $0,5^{\circ}\text{C}$  ,  $1^{\circ}\text{C}$ . Loại có khoảng đo lớn độ chia có thể  $5^{\circ}\text{C}$

- *Nhiệt kế phòng thí nghiệm* : có thể là 1 trong các loại trên nhưng có kích thước nhỏ hơn.

- Chú ý : Khi đo ta cần nhúng ngập đầu nhiệt kế vào môi chất đến mức đọc.

\* Loại có khoảng đo ngắn

độ chia  $0,0001 \div 0,02^{\circ}\text{C}$  dùng làm nhiệt lượng kế để tính nhiệt lượng.

\* Loại có khoảng đo nhỏ  $50^{\circ}\text{C}$  đo đến  $350^{\circ}\text{C}$  chia độ  $0,1^{\circ}\text{C}$ .

\* Loại có khoảng đo lớn  $750^{\circ}\text{C}$  đo đến  $500^{\circ}\text{C}$  chia độ  $2^{\circ}\text{C}$ .

Ngoài ra : ta dùng nhiệt kế không dùng thủy ngân thang đo  $- 190^{\circ}\text{C}$  **Error! Not a valid link.**  $100^{\circ}\text{C}$  và loại nhiệt kế đặc biệt đo đến  $600$

Trong tự động còn có loại nhiệt kế tiếp điểm điện.

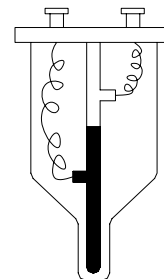
Các tiếp điểm làm bằng bạch kim

Trong CN phải đặt nơi sáng sủa sạch sẽ

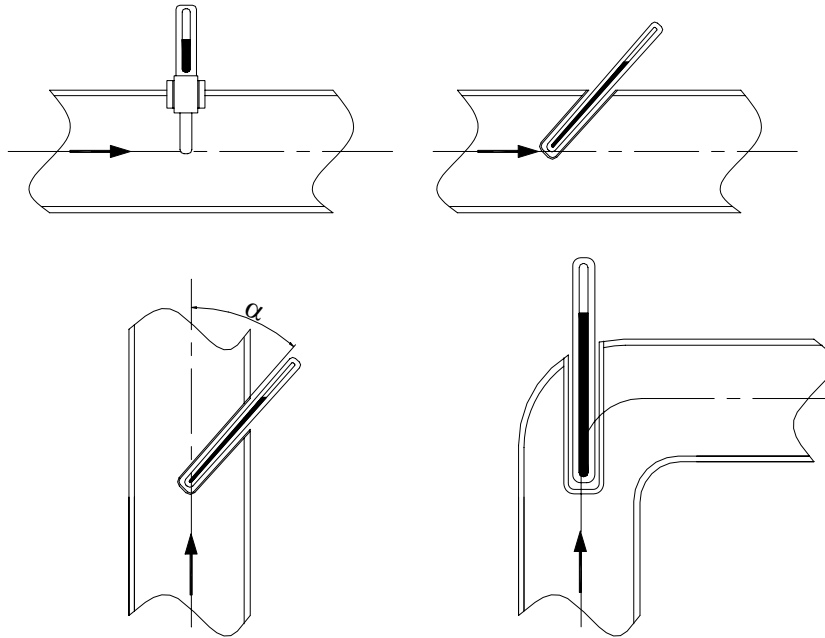
ít chấn động thuận tiện cho đọc và vận hành.

Bao nhiệt phải đặt ở tâm dòng chất lỏng với độ sâu quy định.

- Nếu đường kính ống đựng môi chất lớn thì ta đặt nhiệt kế thẳng đứng.



- Nếu đo môi chất có nhiệt độ và áp suất cao thì cần phải có vỏ bảo vệ.
- + Nếu nhiệt độ  $t < 150\text{ }^{\circ}\text{C}$  thì ta bơm dầu vào vỏ bảo vệ.
- + Nếu nhiệt độ cao hơn thì ta cho mặt đồng vào.

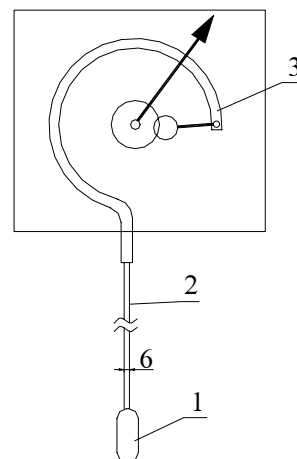


### 2.2.3. Nhiệt kế kiểu áp kế

Dựa vào sự phụ thuộc áp suất m/c vào nhiệt độ khi thể tích không đổi

Cấu tạo :

- 1- Bao nhiệt chứa chất lỏng hay khí (bộ phận nhạy cảm)
- 2- Ống mao dẫn
- 3- Áp kế có thang đo như nhiệt độ



Bao nhiệt làm bằng thép không hàn, bằng đồng thau đầu dưới bịt kín đầu trên nối với ống nhỏ đường kính khoảng 6 mm dài khoảng 300 mm, ống mao dẫn làm bằng ống thép hay đồng đường kính trong bằng 0,36 mm có độ dài đến  $20 \div 60\text{ m}$

Phía ngoài ống mao dẫn có ống kim loại mềm (dây xoắn bằng kim loại hoặc ống cao su để bảo vệ).

Loại nhiệt kế này: Đo nhiệt độ từ  $-50^{\circ}\text{C}$  ÷  $550^{\circ}\text{C}$  và áp suất làm việc tới  $60\text{kG/m}^2$  cho số chỉ thị hoặc tự ghi có thể chuyển tín hiệu xa đến 60 m, độ chính xác tương đối thấp  $\text{CCX} = 1,6 ; 4 ; 2,5$  một số ít có  $\text{CCX} = 1$ .

**Ưu - Nhược điểm :** Chịu được chấn động, cấu tạo đơn giản nhưng số chỉ bị chậm trễ tương đối lớn phải hiệu chỉnh luôn, sửa chữa khó khăn.

*Phân loại :*

Người ta phân loại dựa vào môi chất sử dụng, thường có 3 loại :

1- *Loại chất lỏng :* dựa vào mối liên hệ giữa áp suất p và nhiệt độ t

$$p - p_0 = \frac{\alpha}{\xi} (t - t_0)$$

p, p<sub>0</sub>, t, t<sub>0</sub> là áp suất và nhiệt độ chất lỏng tương ứng nhau. Chỉ số 0 ứng với lúc ở điều kiện không đo đạc,

$\alpha$  : hệ số giãn nở thể tích       $\xi$  : Hệ số nén ép của chất lỏng

Chất lỏng thường dùng là thủy ngân có  $\alpha = 18 \cdot 10^{-5} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ,  $\xi = 0,4 \cdot 10^{-5} \text{cm}^2/\text{kG}$

Vậy đối với thủy ngân  $t - t_0 = 1^{\circ}\text{C}$  thì  $p - p_0 = 45\text{kG/cm}^2$

Khi sử dụng phải cấm ngập bao nhiệt trong môi chất cần đo : sai số khi sử dụng khác sai số khi chia độ ( ứng điều kiện chia độ là nhiệt độ môi trường  $20^{\circ}\text{C}$ ).

2- *Loại chất khí:* Thường dùng các khí trơ :  $\text{N}_2$ , He ...

Quan hệ giữa áp suất và nhiệt độ xem như khí lý tưởng

$$\alpha = 0,0365 \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

3- *Loại dùng hơi bão hòa:*

Ví dụ : Axêton ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ ) Cloruaêtilen , cloruaamêtilen số chỉ của nhiệt kế không chịu ảnh hưởng của môi trường xung quanh, thước chia độ không đều (phía nhiệt độ thấp vạch chia sát hơn còn phía nhiệt độ cao vạch chia thưa dần), bao nhiệt nhỏ : Nếu đo nhiệt độ thấp có sai số lớn người ta có thể nạp thêm một chất lỏng có điểm sôi cao hơn trong ống dẫn để truyền áp suất.

**Chú ý khi lắp đặt:**

- Không được ngắt riêng lẻ các bộ phận, tránh va đập mạnh
- Không được làm cong ống mao dẫn đường kính chỗ cong  $> 20 \text{ mm}$
- 6 tháng phải kiểm định một lần

Đối với các nhiệt kế kiểu áp kế sử dụng môi chất là chất lỏng chú ý vị trí đồng hồ sơ cấp và thứ cấp nhằm tránh gây sai số do cột áp của chất lỏng gây ra.

Loại này ta hạn chế độ dài của ống mao dẫn < 25 m đối với các môi chất khác thủy ngân, còn môi chất là Hg thì < 10 m.

2.3. NHIỆT KẾ NHIỆT ĐIỆN

2.3.1. Nguyên lý đo nhiệt độ của nhiệt kế nhiệt điện (cặp nhiệt)

Giả sử nếu có hai bản dây dẫn nối với nhau và 2 đầu nối có nhiệt độ khác nhau thì sẽ xuất hiện suất điện động (sđđ) nhỏ giữa hai đầu nối do đó sinh ra hiệu ứng nhiệt.

Nguyên lý: Dựa vào sự xuất hiện suất nhiệt điện động trong mạch khi có độ chênh nhiệt độ giữa các đầu nối.

Cấu tạo: gồm nhiều dây dẫn khác loại có nhiệt độ khác nhau giữa các đầu nối. Giữa các điểm tiếp xúc xuất hiện sđđ ký sinh và trong toàn mạch có sđđ tổng

$$E_{AB}(t, t_0) = e_{AB}(t) + e_{BA}(t_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0)$$

$e_{AB}(t)$ ;  $e_{AB}(t_0)$  là sđđ ký sinh hay điện thế tại điểm có nhiệt độ  $t$  và  $t_0$

Nếu  $t = t_0$  thì  $E_{AB}(t, t_0) = 0$

trong mạch không xuất hiện sđđ

Trong thực tế để đo ta thêm dây dẫn thứ ba, lúc này có các trường hợp sđđ sinh ra toàn mạch bằng  $\Sigma$ sđđ ký sinh tại các điểm nối từ hình vẽ.

$$E_{ABC}(t, t_0) = e_{AB}(t) + e_{BC}(t_0) + e_{CA}(t_0) \text{ mà } e_{BC}(t_0) + e_{CA}(t_0) = -e_{AB}(t_0) (= e_{BA}(t_0))$$

$\Rightarrow E_{ABC}(t, t_0) = E_{AB}(t, t_0)$ . Vậy sđđ sinh ra không phụ thuộc vào dây dẫn thứ 3

Khi nối vào hai đầu của hai dây kia có nhiệt độ không đổi ( $t_0$ )

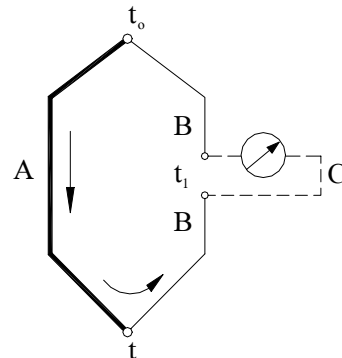
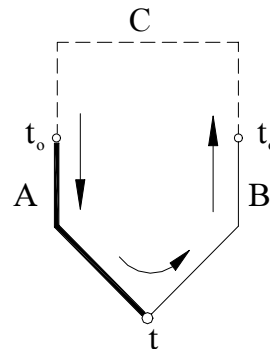
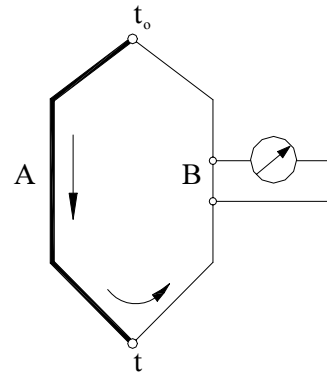
- Trường hợp này tương tự ta cũng có

$$E_{ABC}(t, t_0) = e_{AB}(t) + e_{BC}(t_1) + e_{CB}(t_1) + e_{BA}(t_0) = E_{AB}(t, t_0)$$

như trên

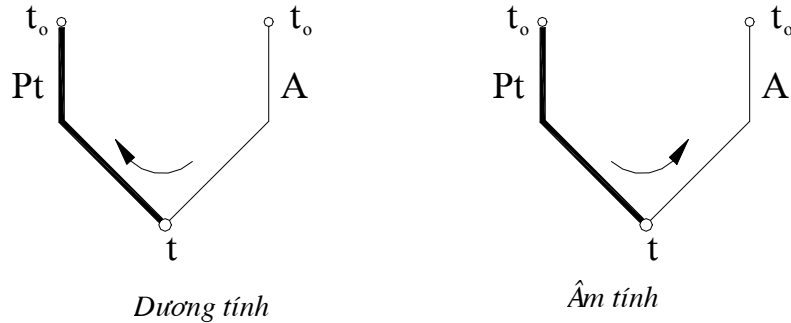
**Chú ý** : - Khi nối cặp nhiệt với dây dẫn thứ 3 thì những điểm nối phải có nhiệt độ bằng nhau.

- Vật liệu cặp nhiệt phải đồng nhất theo chiều dài.



**2.3.2. Vật liệu và cấu tạo cặp nhiệt**

Có thể chọn rất nhiều loại và đòi hỏi tinh khiết, người ta thường lấy bạch kim tinh khiết làm cực chuẩn vì : Bạch kim có độ bền hóa học cao các tính chất được nghiên cứu rõ, có nhiệt độ nóng chảy cao, dễ điều chế tinh khiết và so với nó người ta chia vật liệu làm *dương tính* và *âm tính*.



Thí nghiệm với cặp nhiệt Pt - \*  $t_0 = 0\text{ }^\circ\text{C}$  ;  $t = 100\text{ }^\circ\text{C}$

Vật liệu	Thành phần	sđđ mV
Fe	nguyên chất	+ 1,8
Cu	nguyên chất	+ 0,75
Ni	nguyên chất	- 1,49
Pt + Rh	90% Pt + 10% (Rôti) Rh	+ 0,64
Constantan	60% Cu + 40% Ni	- 3,35
Copan	56% Cu + 44% Ni	- 4,05
Alumen	94,5% Ni + 2% Al + 2% Mn + 1% Si	- 1,2
Cromen	90,5%Ni + 9,5Cr	+ 2,9

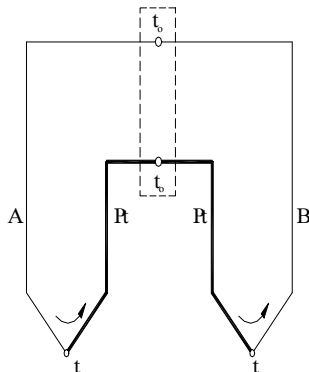
Do đó trong 1 số trường hợp người ta dùng cả 2 vật liệu âm tính và dương tính để tăng sđđ.

$$E_{AB}(t, t_0) = E_{PA}(t) + E_{AB}(t_0) + E_{BP}(t)$$

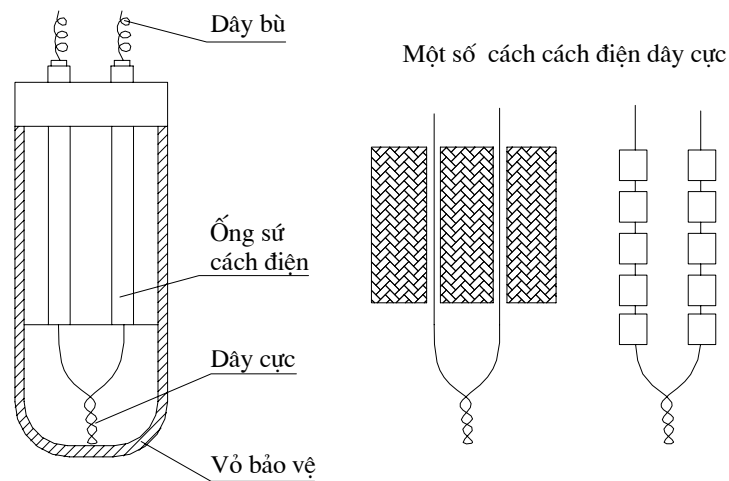
$$\Rightarrow E_{BA}(t, t_0) = E_{PA}(t, t_0) + E_{BP}(t, t_0)$$

Yêu cầu của các kim loại :

- Có tính chất nhiệt điện không đổi theo thời gian, chịu được nhiệt độ cao có độ bền hóa học, không bị khuyếch tán và biến chất. Sđđ sinh ra biến đổi theo đường thẳng đối với nhiệt độ.
- Độ dẫn điện lớn, hệ số nhiệt độ điện trở nhỏ có khả năng sản xuất hàng loạt, rẻ tiền.



*Cấu tạo:*



- Đầu nóng của cặp nhiệt thường xoắn lại và hàn với nhau đường kính dây cực từ  $0,35 \div 3$  mm số vòng xoắn từ  $2 \div 4$  vòng .- ống sứ có thể thay các loại như cao su, tơ nhân tạo ( $100^{\circ}\text{C} \div 130^{\circ}\text{C}$ ), hồ phách ( $250^{\circ}\text{C}$ ), thủy tinh ( $500^{\circ}\text{C}$ ), thạch anh ( $1000^{\circ}\text{C}$ ), ống sứ ( $1500^{\circ}\text{C}$ ).

- Vỏ bảo vệ : Thường trong phòng thí nghiệm thì không cần, còn trong công nghiệp phải có.

- Dây bù nối từ cặp nhiệt đi phía trên có hộp bảo vệ.

***Yêu cầu của vỏ bảo vệ***

- Đảm bảo độ kín.
- Chịu nhiệt độ cao và biến đổi đột ngột của nhiệt độ.
- Chống ăn mòn cơ khí và hóa học.
- Hệ số dẫn nhiệt cao.
- Thường dùng thạch anh, đồng, thép không rỉ để làm vỏ bảo vệ.



Một số cặp nhiệt thường dùng :

Cặp nhiệt	Ký hiệu	Hạn đo trên		E ( 100, 0)
		Dài hạn	Ngắn hạn	
Pt.Rh - Pt	$\pi\pi$	1300	1600	$0,46 \pm 0,8\%$
Cromen - Alumen	XA	900	1800	$4,10 \pm 1\%$
Cromen - Copen	XK	600	800	$6,95 \pm 1\%$
Fe - Cotantan	$\mathcal{M}$	600	800	5,37
W - W + Ro	BP	-----	2800	$\frac{45}{2800} mV/^{\circ}C$

Ứng với mỗi loại cặp nhiệt có một loại dây bù riêng

Ví dụ : Loại  $\pi\pi$  dây bù Ca, Ni

XA dây bù Cu - Costantan

dây bù thường được cấu tạo dây đôi.

**2.3.3. Bù nhiệt độ đầu lạnh của cặp nhiệt**

Nếu biết nhiệt độ đầu lạnh  $t_0$  của cặp nhiệt thì dựa theo bảng ta xác định được nhiệt độ  $t$  thông qua giá trị đọc được từ cặp nhiệt, các đồng hồ dùng cặp nhiệt thường  $t_0$  là  $0^{\circ}C$

Điều kiện chia độ :

$$E_{AB}(t, t_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0)$$

Điều kiện thực nghiệm:

Giả sử nhiệt độ đầu lạnh là  $t_0'$

$$\Rightarrow E_{AB}(t, t_0') = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0')$$

$$E_{AB}(t_0', t_0) = e_{AB}(t_0') - e_{AB}(t_0)$$

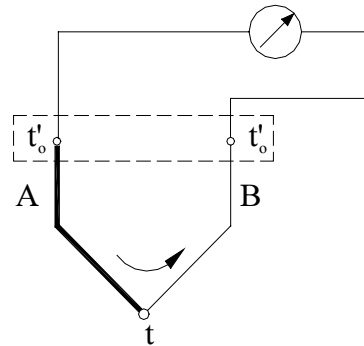
$$E_{AB}(t', t_0) = e_{AB}(t') - e_{AB}(t_0)$$

$t'$  là nhiệt độ số chỉ của kim khi nhiệt độ đầu lạnh là  $t_0'$  (tức là khi đồng hồ thứ cấp nhận được sdd  $E_{AB}(t, t_0')$ ) mặt khác khi đồng hồ thứ cấp nhận được sdd  $E_{AB}(t', t_0)$  thì cho số chỉ cũng là  $t'$ .

$$\Rightarrow E_{AB}(t, t_0') = E_{AB}(t', t_0) \Rightarrow e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0') = e_{AB}(t') - e_{AB}(t_0)$$

$$\Rightarrow e_{AB}(t) - e_{AB}(t') = e_{AB}(t_0') - e_{AB}(t_0) \Rightarrow E_{AB}(t, t') = E_{AB}(t_0', t_0)$$

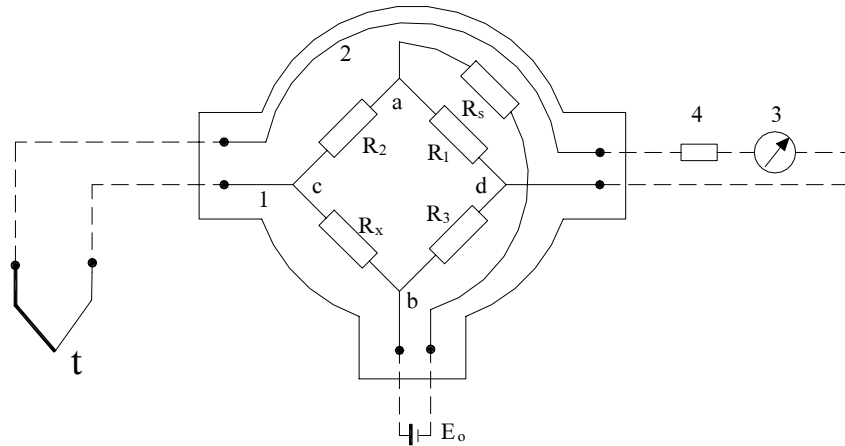
Vậy độ sai lệch  $(t - t')$  của đồng hồ đo là do sai số của nhiệt độ đầu lạnh  $(t_0' - t_0)$ , đó là sai số do khi nhiệt độ đầu lạnh không bằng  $t_0$  (lúc chia độ).



**Các cách bù:** - Nếu quan hệ là đường thẳng thì ta chỉ cần điều chỉnh kim đi một đoạn  $t - t' = t_o' - t_o$

- Thêm vào mạch cấp nhiệt 1 sđđ bằng sđđ  $E_{AB}(t_o', t_o)$

Sơ đồ bù :



Người ta lấy điện áp từ cầu không cân bằng một chiều gọi là cầu bù.

ký hiệu KT - 08 KT - 54

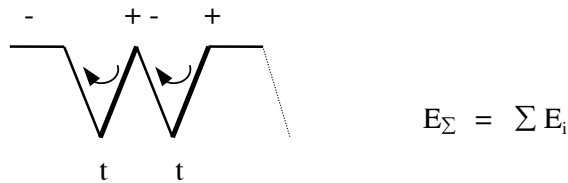
*Nguyên lý:* Tạo ra điện áp  $U_{cd} \approx E_{AB}(t_o', t_o)$ , được điều chỉnh bằng  $R_s$  và nguồn  $E_o = 4v$  các điện trở  $R_1, R_2, R_3$  làm bằng Mn không đổi,  $R_x$  làm bằng Ni hay Cu. Nếu nhiệt độ thay đổi thì  $R_x$  cũng thay đổi và tự động làm  $U_{cd}$  tương ứng với  $E_{AB}(t_o', t_o)$ .

**Chú ý :** khi dùng dây bù thì phải giữ nhiệt độ đầu tự do không đổi bằng cách đặt đầu tự do trong ống dầu và ngâm trong nước đá đang tan, một số trường hợp ta đặt trong hộp nhồi chất cách nhiệt và chôn xuống đất hay đặt vào các buồng hằng nhiệt.

**2.3.4. Các cách nối cấp nhiệt và khắc độ**

*Nguyên lý:*

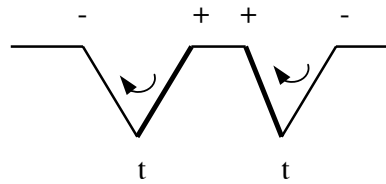
a- Cách mắc nối tiếp thuận :



**Chú ý:** thường mắc cùng một loạt cách mắc này đo chính xác hơn làm góc quay của kim chỉ lớn, sử dụng khi đo nhiệt độ nhỏ.



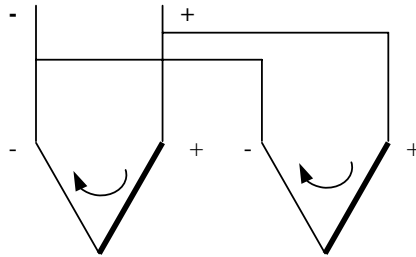
b- Cách mắc nối tiếp nghịch :



$$E_{\Sigma} = E_1 - E_2$$

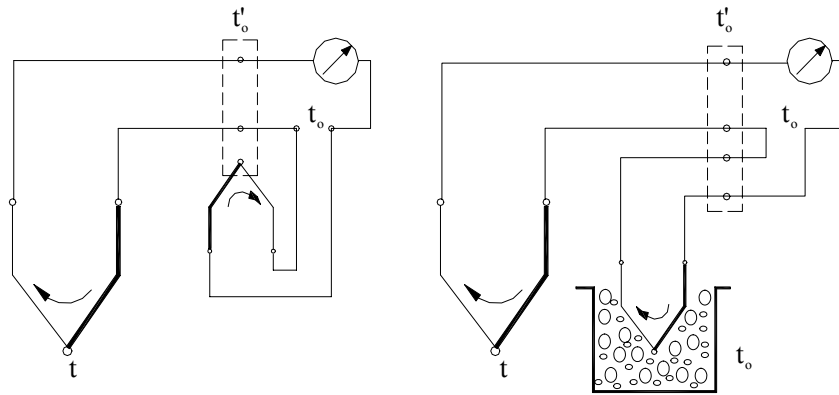
Dùng để đo hiệu nhiệt độ giữa hai điểm và thường chọn cặp nhiệt có đặc tính thẳng nhiệt độ đầu tự do như nhau.

c- Cách mắc song song :



Sử dụng để đo nhiệt độ trung bình của một số điểm.

d- Cách mắc để bù đầu lạnh cho cặp nhiệt chính :



Sơ đồ nối tiếp thuận

Sơ đồ nối tiếp ngược

Thường sử dụng cách này để tiết kiệm dây bù.

e- Cách chia độ cặp nhiệt :

Chia độ cặp nhiệt thực hiện khi chia độ một cặp nhiệt mới hay kiểm định cặp nhiệt sau 1 thời gian dài làm việc.

Chia độ cặp nhiệt là xác định quan hệ giữa suất nhiệt điện động và nhiệt độ của cặp nhiệt, còn kiểm định cặp nhiệt là đánh giá sự biến đổi của quan hệ trên sau khi đã dùng cặp nhiệt một thời gian, muốn chia độ và kiểm định cặp nhiệt thì ta phải tạo ra một môi trường có nhiệt độ nhất định không đổi, xác định nhiệt độ này bằng nhiệt kế chuẩn. Nhiệt độ không đổi trên có thể thực hiện

bằng cách dùng điểm sôi, điểm đông đặc của các chất nguyên chất hoặc dùng bình hằng nhiệt, lò điện ống... Dùng điểm đông đặc hoặc điểm sôi thì phải làm rất thận trọng, công việc rất phức tạp do đó chỉ dùng chia độ các cặp nhiệt chuẩn hoặc cặp nhiệt  $\pi\pi$ ... thường thì từ  $10 \div 300$  °C dùng bình hằng nhiệt, nhiệt kế chuẩn thủy ngân và điện trở bạch kim chuẩn.

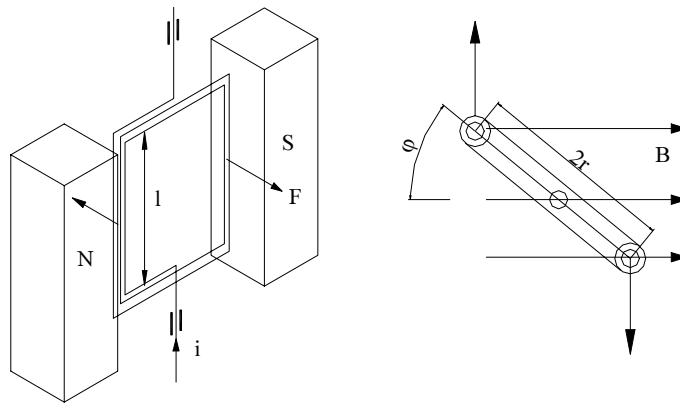
Từ  $200 \div 1300$  °C dùng lò điện ống và cặp nhiệt chuẩn  $\pi\pi$  (đầu lạnh  $t_0 = 0$  °C).

### 2.3.5. Đo suất nhiệt điện động của cặp nhiệt

Cặp nhiệt chỉ phát ra suất nhiệt điện động rất nhỏ nên chỉ có thể đo bằng những đồng hồ chuyên dùng đo điện áp nhỏ. Các đồng hồ này có thể chia độ theo điện áp, theo nhiệt độ hoặc cả hai.

#### a- Dùng milivolmet:

*Nguyên lý:* Khung dây đặt trong từ trường nam châm khi có dòng điện chạy qua thì có lực tác dụng vào khung dây phương chiều được xác định bằng qui tắc bàn tay trái  $\Rightarrow$  tạo nên mô men quay và làm khung dây quay.



Nếu tác dụng lên khung dây một mômen cân tỷ lệ với góc quay của khung dây thì khi khung dây quay đến vị trí mà hai mômen trên cân bằng nhau khung dây sẽ dừng lại. Ta tính toán thiết kế sao cho góc quay của khung dây  $\varphi$  chỉ phụ thuộc dòng điện qua khung dây  $I$  theo quan hệ đường thẳng thì milivômet có thước chia độ đều. Độ lớn của  $I$  thể hiện cho điện áp hoặc suất điện động cần đo.

- Ta có lực tác dụng lên khung  $F = C.n.l.I.B.\sin\alpha$

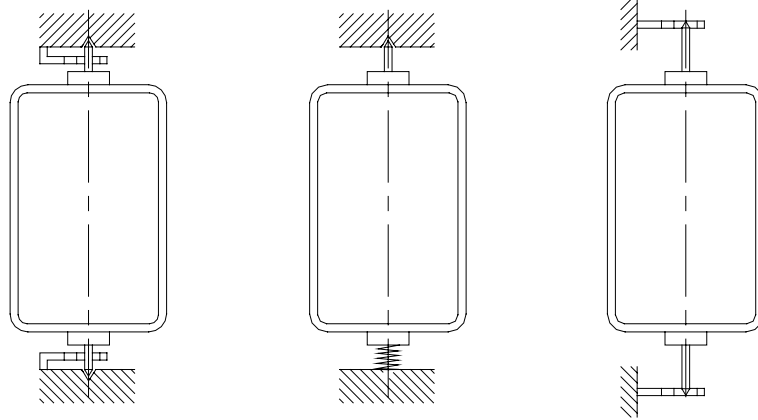
$\alpha = (i \wedge B) = 90^\circ \Rightarrow \sin \alpha = 1$

$\Rightarrow M = F.R = C.n.l.I.B.2r \cos \varphi$

$$\Rightarrow M = f(I, \varphi)$$

Vậy làm sao cho M không phụ thuộc vào  $\varphi$  do đó ta có thể dùng lõi sắt đặt giữa tạo từ trường lổm  $\Rightarrow \cos \varphi = 1 \Rightarrow M = K \cdot I$

Thực tế người ta tạo các mô men cản để giữ khung dây bằng các cách sau:



$$M_c = K_2 \cdot \varphi$$

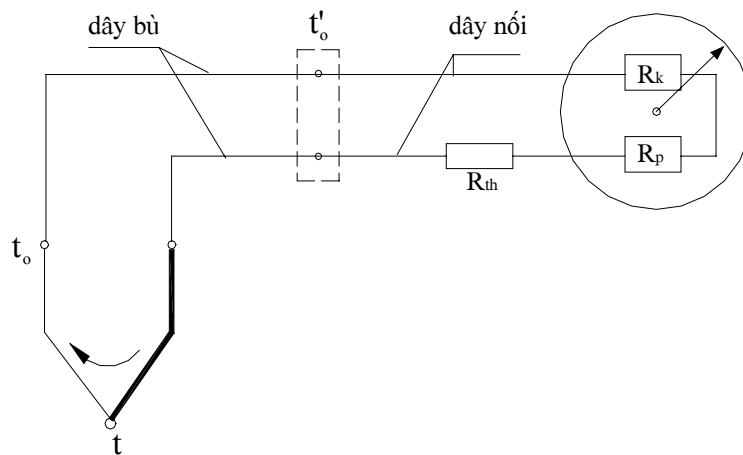
$$\varphi = C_o \cdot I$$

$$\Rightarrow \varphi_{\max} = C_o \cdot I_{\max}$$

Về lý thuyết  $\varphi_{\max}$  chỉ phụ thuộc  $I_{\max}$  chạy qua khung

Vậy khung dây này ứng với mỗi loại cặp nhiệt có 1 góc quay cực đại khác nhau.

Sai số của số chỉ thị trên milivônmet



$$I = \frac{E}{\sum R} \quad \sum R = R_{ng} + R_M \quad R_M = R_{kh} + R_p$$

$$\text{Hệ số nhiệt điện trở của khung dây } \alpha_M = \alpha_K \cdot \frac{R_K}{R_M} \quad (R_K \ll R_M)$$

Do nhiệt độ môi trường lúc sử dụng khác lúc chia độ  $\Rightarrow$  điện trở của M thay đổi theo số đo.

Để  $R_k$  nhỏ thì khung dây có số vòng dây nhỏ, còn để  $R_M$  lớn thì người ta thêm  $R_p$  lớn bằng Mn nhưng không quá lớn vì dòng qua khung sẽ nhỏ.

Thông thường  $R_p = 2 \cdot R_k$

Điện trở mạch ngoài  $R_{ng} = R_{cn} + R_{dbù} + R_{dnối} + R_{th}$

Người ta thường dùng các điện trở  $R_{ng} = 0,6, 5, 15, 25 [\Omega]$  và ghi trên mặt của mV.

Thường  $R_{ng}$  rất nhỏ so với  $R_M$  như vậy ta bỏ qua sai số do  $R_{ng}$  gây ra.

Trong  $R_{ng}$  thì  $R_{cn}$  biến đổi nhiều theo nhiệt độ  $R_{bù}$  và  $R_{nối}$  phụ thuộc nhiệt độ môi trường xung quanh  $\Rightarrow$  nói chung ta phải cấu tạo có  $\alpha$  nhỏ.

$$\Rightarrow \text{Sai số tương đối } S = \frac{\varphi_{tt} - \varphi_{kd}}{\varphi_{kp}} = \frac{\sum R_{kd} - \sum R_{tt}}{\sum R_{tt}} \quad \varphi = k \frac{E}{\sum R}$$

$\varphi_{tt}$  góc quay thực tế sử dụng mV.

$\varphi_{kd}$  góc quay ở điều kiện khác độ của mV.

*Các loại milivônmet:*

Trong kỹ thuật thường dùng các loại mV là chỉ thị và tự ghi

- Loại chỉ thị : của LX thì có các loại như ГКНП và ГПКП

ngoài ra còn có loại МП (МП-18, МП-28, МП-38) có lắp bộ cản dục điện để giữ phân động của đồng hồ không bị chấn động.

- Loại tự ghi : Thường cho cả số chỉ có thể dùng cùng bộ với cặp nhiệt, hỏa kế bức xạ, bộ phân tích khí, nhiệt lượng kế. Của LX thì có loại СТ ССХ = 1,5 vừa chỉ thị vừa tự ghi 1 điểm, 3 điểm, 6 điểm.

**Ví dụ :** Có cặp nhiệt XA, dây bù XA, dây nối bằng dây Cu chiều dài cặp nhiệt 1,5m ; đường kính 3mm ; nhiệt độ đầu lạnh  $t_0 = 20^\circ\text{C}$  dùng M.

$$\text{Có } \frac{R_k}{R_M} = \frac{1}{3} \quad R_b = 10 \Omega \quad R_n = 5\Omega \quad R_M = 350\Omega$$

Nếu như đặt cặp nhiệt ở môi trường  $1000^\circ\text{C}$  và đo, nhiệt độ xung quanh M  $t_0' = 40^\circ\text{C}$  thì nhiệt độ do kim đồng hồ chỉ là bao nhiêu ?

Biết XA  $1000^\circ\text{C}$  thì  $E = 41,32 \text{ mV}$  ; Cr có  $\alpha = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

Cu có  $\alpha_n = 4,28 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  Alumen có  $\alpha = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

Khung có  $\alpha_k = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

**Giải:** ở điều kiện chia độ  $R_\Sigma = R_M + R_n + R_b$

$$\Rightarrow R_{\Sigma kd} = 350 + 5 + 10 = 365 \Omega$$

ở điều kiện thực tế :

$$R_{\Sigma tt} = R_{Mtt} + R_{ntt} + R_{btt}$$

$$R_{btt} = R_b (1 + \alpha \cdot \Delta t) = R_x (1 + \alpha_c \cdot \Delta t) + R_A (1 + \alpha_A \cdot \Delta t)$$

Vì dây bù XA là hỗn hợp gồm : 0,67Cr và 0,33 Alumen nên

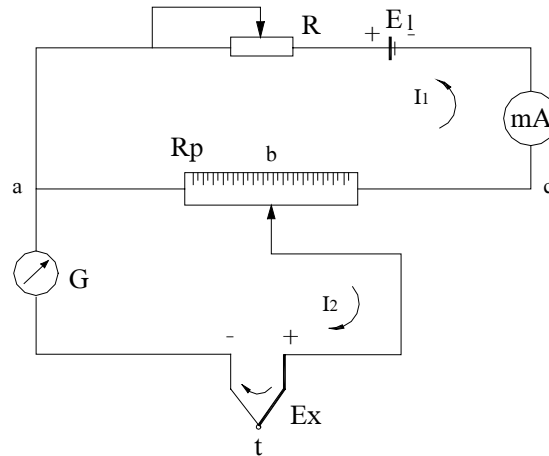
$$R_{ntt} = R_n (1 + \alpha_n \cdot \Delta t), \quad R_{Mtt} = \frac{2}{3} R_M + \frac{1}{3} R_M (1 + \alpha_K \cdot \Delta t)$$

$$\Rightarrow R_{\Sigma tt} \text{ và ta có } \Rightarrow \delta = \frac{R_{\Sigma kd} - R_{\Sigma tt}}{R_{\Sigma tt}} = -0,026$$

$$\Rightarrow E_{tt} = E (1 - \delta) \text{ và từ } E_{tt} \text{ tra với cặp nhiệt XA ta có } t_{tt} = 972^\circ\text{C}$$

**b- Điện thế kế**

Đối với loại sdd nhỏ thì đo bằng milivônmet là thuận tiện hơn cả, nhưng dùng mV thì sai số đo do nhiệt độ môi trường xung quanh biến đổi có thể tới ±1% hơn nữa dòng điện do sdd phát ra để quay khung dây nhỏ nên ma sát và trở lực của phần quay ảnh hưởng xấu đến độ chính xác và độ nhạy của đồng hồ. Nên mV không thích hợp với các phép đo tinh vi do đó đối với các phép đo tinh vi người ta dùng loại dụng cụ khác đó là *điện thế kế*.



**Nguyên lý:** Sử dụng phương pháp bù dựa trên sự cân bằng của điện áp cần đo với điện áp đã biết.

- Suất nhiệt điện động Ex được phân trên biến trở con chạy Rp, hai đầu của nó được nối với điện áp không đổi E sao cho U<sub>ab</sub> ngược chiều Ex.

- Di chuyển con chạy trên Rp ta tìm được vị trí sao cho U<sub>ab</sub> = Ex xác định vị trí này nhờ đồng hồ chỉ không G (i<sub>2</sub> = 0).

Ta có thể thay đổi U<sub>ab</sub> bằng 2 cách là thay đổi R và thay đổi Rp

$$Ex = i_1 \cdot R_{ab}$$

- Nếu thay đổi Rp thì i<sub>1</sub> không đổi

$$\Rightarrow E_x = K \cdot R_p \cdot I_1$$

- Nếu thay đổi R thì  $E_x = R_{ab} \cdot I_2$

$$E_x = f(R_{ab})$$

- Điện trở dây bù, dây nối không ảnh hưởng đến kết quả đo

$$E = f(i)$$

1-Điện thế kế có dòng làm việc không đổi:

$E_1$  - là nguồn điện làm việc

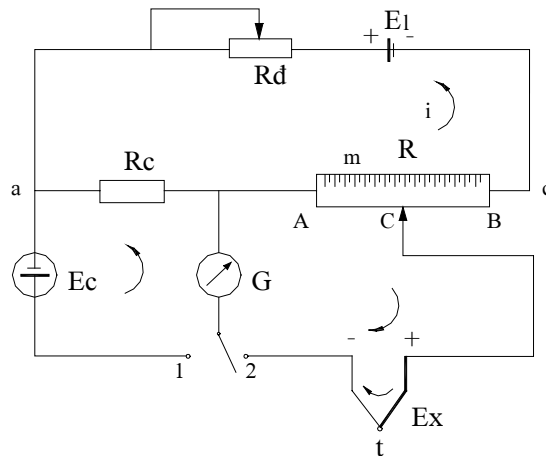
$E_c$  - là pin chuẩn (có số đo không đổi và biết trước)

$E_x$  - là điện áp hay suất nhiệt điện động cần đo

G - là điện kế dùng làm đồng hồ chỉ không

$R_d$  - là điện trở điều chỉnh

$R_c$  - là điện trở chuẩn



Điện thế kế được nuôi bằng dòng 1 chiều có điện áp là  $E_1$ , dòng điện trong mạch làm việc được điều chỉnh bằng  $R_d$  và để xác định dòng điện  $i$  không đổi. Muốn vậy thì điện trở chuẩn  $R_c$  không đổi

$$( E_c = 1,018 \text{ v} \quad R_c = 5093 \Omega \Rightarrow i = 2 \text{ mA} )$$

- Để xác lập dòng điện chính xác không đổi thì điện áp rơi trên  $R_c$  được so sánh với pin chuẩn  $E_c$  có số đo không đổi.

- Khi cầu dao D ở vị trí 1 ta điều  $R_d$  để cho đồng hồ G chỉ 0 thì dòng điện xác

$$\text{lập} \quad i = \frac{E_c}{R_c} = 0,002 \text{ A}$$

- Khi chuyển D sang 2 và điều chỉnh R sao cho đồng hồ G chỉ số 0, lúc đó điện áp  $U_{AC} = E_x$







Sơ đồ trên dùng 2 điện trở dây quấn  $R$  cấu tạo hoàn toàn như nhau và nối như hình vẽ, giữ cho điện trở bị tiếp điểm làm mòn đều hơn, tổng trở của mạch cặp nhiệt không biến đổi. Thông thường khi sản xuất điện trở  $R$  không thể đảm bảo hoàn toàn như nhau, vì vậy phải dùng  $R_s$  để điều chỉnh giữ cho điện trở của nhánh  $R // R_s$  có trị số qui định ( thường là 90 ôm ). Điện trở nhánh  $R_v + r_v$  được chọn tùy theo khoảng thước chia độ,  $R_v$  là điện trở cố định còn  $r_v$  là điện trở phụ thêm để tiện điều chỉnh hạn đo trên.

Tất cả các điện trở trong sơ đồ đều làm bằng Manganin, riêng  $R_M$  thì làm bằng đồng (hoặc Ni) để tự động bù nhiệt độ đầu lạnh của cặp nhiệt, đầu lạnh của cặp nhiệt được đặt trong hộp chứa  $R_M$  nên có nhiệt độ như  $R_M$ . Điện trở  $R_1$  và  $r_1$  dùng xác định hạn đo dưới nên cũng làm như  $R_v$  và  $r_v$  để tiện điều chỉnh.

Điện trở  $R_2$  chỉ là điện trở của vế cầu. Điện trở  $R_3$  nối // với BKĐĐT có tác dụng giảm bớt độ nhạy của BKĐĐT khi chỉnh định dòng điện làm việc, nhiệm vụ của  $R_3$  cũng giống như điện trở nối // với đồng hồ chỉ không.

Để giảm bớt mức độ can nhiễu có thể ảnh hưởng tới BKĐĐT, trong mạch cặp nhiệt có mạch lọc tạo bởi  $R_T$  và  $C_T$ . Đầu ra của mạch đo lường có hai tụ điện  $C$ , để làm mát tia lửa của tiếp điểm, giảm bớt can nhiễu.

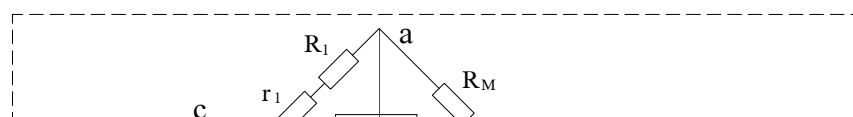
Điện áp  $U_{ef}$  để bù  $E_T$  có thể tính theo nhánh edbf hoặc ecaf nhưng thường là tính theo nhánh ecaf vì thuận tiện hơn và trong đó có cả điện trở  $R_M$ .

#### Tính năng của ĐTKĐT:

- cấp chính xác thông thường đối với phân chỉ thị  $0,5 \div 0,1$ .
- phân tự ghi  $1,5 \div 1$ .
- hạn nhảy cỡ  $10\mu v$ .
- thời gian tác động từ  $4 \div 20$  giây.
- nó có thể chỉ thị cũng như ghi lại số đo 1 hoặc nhiều điểm .

Nhờ ứng dụng những thành tựu trong kỹ thuật bán dẫn nên điện thế kế tự động ngày càng được cải tiến hoàn thiện hơn. Gần đây người ta đã dùng loại ĐTKĐT không có biến trở dây quấn, không dùng pin làm việc và pin chuẩn mà thay bằng một nguồn cung cấp điện có điện áp ổn định.

Nút nhấn  $K$  nhằm để kiểm tra sự sai hay đúng của sơ đồ, khi ấn nút  $K$  thì đồng hồ phải chỉ nhiệt độ đầu tự do của cặp nhiệt hoặc khi không dùng đo nhiệt độ thì đồng hồ phải chỉ một trị số xác định.



## 2.4. NHIỆT KẾ ĐIỆN TRỞ (NKĐT)

Điện trở là một đặc tính vật liệu có quan hệ với nhiệt độ. Nếu xác định được mối quan hệ có trước thì sau này chỉ cần đo điện trở là biết được nhiệt độ của vật. Hệ thống đo nhiệt độ theo nguyên tắc trên gồm : phần tử nhạy cảm nhiệt thường gọi là nhiệt kế điện trở. Dây nối và đồng hồ thứ cấp. Dùng nhiệt kế điện trở đo nhiệt độ có thể đạt được chính xác rất cao, chính xác tới 0,02 °C thì thực hiện không khó khăn lắm, khi đo độ chênh nhiệt độ không lớn còn có thể đạt chính xác tới 0,005 °C. Cách đo này cho phép dễ dàng thỏa mãn các yêu cầu đưa số đi xa đo nhiều điểm và đo nhiệt độ thấp, phạm vi ứng dụng của nó - 200 °C ÷ 1000 °C.

### 2.4.1. Nguyên lý đo nhiệt độ bằng NKĐT

*Nguyên lý:* Dựa trên sự thay đổi điện trở (trở kháng) của vật liệu theo nhiệt độ.

Giả sử nhiệt kế điện trở có quan hệ giữa điện trở và nhiệt độ là :

$$R_t = R_{t_0} [ 1 + \alpha(t - t_0) ]$$

$\alpha$ - Hệ số nhiệt điện trở ;  $R_t$  và  $R_{t_0}$  là điện trở ở nhiệt độ  $t$  và  $t_0$ .

$$\alpha = \frac{R_t - R_{t_0}}{R_{t_0}(t - t_0)} \text{ [}^\circ\text{C}^{-1}\text{]} \text{ là hệ số nhiệt độ của điện trở, tức là độ biến đổi điện}$$

*trở của 1 đơn vị điện trở khi nhiệt độ biến đổi 1 °C.* Hệ số này của mỗi loại vật liệu một khác và nói chung đều biến đổi theo nhiệt độ.

$\alpha$  cũng chính là độ nhạy của đồng hồ, vì vậy đòi hỏi  $\alpha$  phải có trị số lớn.

$$\text{nếu } \alpha = \text{hằng số và không phụ thuộc nhiệt độ} \Rightarrow \alpha = \frac{R_t - R_0}{R_0 t} \text{ [}^\circ\text{C}^{-1}\text{]}$$

$R_0$  : điện trở vật liệu ở  $0^\circ\text{C}$ ,  $R_t$  ở ( $t^\circ\text{C}$ )

$$\alpha \text{ thay đổi theo nhiệt thì } \alpha = \frac{1}{R_0} \cdot \frac{dR_t}{dt}$$

$$\alpha = 0,0035 \div 0,0065[^\circ\text{C}^{-1}] \text{ với vật liệu nguyên chất}$$

Ta cũng có thể viết :

$$\alpha(t - t_0) = \frac{R_t - R_{t_0}}{R_{t_0}}$$

Và  $\frac{R_t - R_{t_0}}{R_{t_0}}$  gọi là suất biến đổi điện trở và thường đây là số chỉ của

đồng hồ và biểu thức đó biểu thị cho quy luật chia độ của đồng hồ.

**Đặc điểm :** Trong sơ đồ đo của NKĐT ta cần phải có nguồn điện ngoài ra kích thước của nó lớn nên phạm vi sử dụng bị hạn chế.

Vật liệu làm NKĐT phải có hệ số nhiệt trở lớn, bền hóa học, rẻ, dễ chế tạo.

**Chọn vật liệu làm NKĐT :** ít chọn hợp kim vì hệ số nhiệt điện trở của nó nhỏ, ngoài ra Ni và Fe mặc dù điện trở suất và  $\alpha$  lớn nhưng đường đặc tính nhiệt độ điện trở phức tạp. Thường sử dụng Cu, Pt đường đặc tính nhiệt điện trở của chúng có dạng đường thẳng. Cu có khoảng đo từ  $-50 \div 80^\circ\text{C}$ , Pt có khoảng đo từ  $-200 \div 1000^\circ\text{C}$ . Ngoài ra còn sử dụng chất bán dẫn.

**Pt** là kim loại quý, bền hóa học, dễ chế tạo, nguyên chất.

Điện trở suất của Pt :  $\rho_0 = 0,0981 \cdot 10^{-6} \Omega m$

Quan hệ nhiệt độ - điện trở :

$$+ 0 < t < 630^\circ\text{C} \quad R_t = R_0 (1 + At + Bt^2)$$

$$A, B : \text{hằng số} : - A = 3,96847 \cdot 10^{-3}$$

$$- B = -5,847 \cdot 10^{-7}$$

$$+ 0 < t < -183 \quad R_t = R_0 (1 + At + Bt^2 + Ct^3) (t-100)$$

$$C = -4,22 \cdot 10^{-22}$$

Độ nguyên chất Pt được xác định bằng tỷ số  $\frac{R_{100}}{R_0}$

Thường sử dụng Pt có độ nguyên chất  $1,3925 \div 1,390$  để làm nhiệt kế điện trở.

Nhiệt kế điện trở Pt trong công nghiệp được sản xuất và chia độ theo tiêu chuẩn và lấy  $R_0$  ở nhiệt độ  $0^\circ\text{C}$  của Pt

$$R_0 = 1 ; 5 ; 10 ; 50 ; 100 ; 500 \Omega$$

Một số trường hợp Sử dụng  $R_0 = 46 \Omega$

**Cu** là vật liệu dẫn điện tốt

Điện trở suất  $\rho_0 = 0,0155 \cdot 10^{-6} \Omega m$

Đễ kiếm, nguyên chất, dễ gia công, rẻ nhưng ở nhiệt độ cao dễ bị oxy hóa.

Hệ số nhiệt điện trở  $\alpha = (4,25 \div 4,28) 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

Trong khoảng nhiệt độ từ  $-50 < t < 180^\circ\text{C}$  thì  $R_t = R_0 (1 + \alpha t)$

Độ nguyên chất của Cu dùng làm NKĐT là  $\frac{R_{100}}{R_0} = 1,426$ , nó có đặc điểm chỉ

đo nhiệt độ môi trường không ăn mòn và không có hơi ẩm để tránh oxy hóa.

Độ sai số cho phép là 1%.

**Chất bán dẫn** có quan hệ  $R_T = R_0 \cdot e^{B(T^{-1} - T_0^{-1})}$

$R_0$  : Giá trị điện trở ở  $T_0 = 273 \text{ }^\circ\text{K}$

$B$  : Hằng số của chất bán dẫn

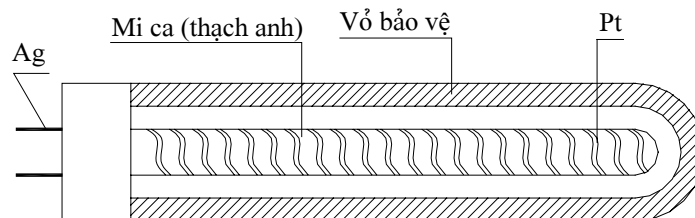
Chất bán dẫn có độ nhạy cao, kích thước của đầu nhiệt kế điện trở nhỏ nên được sử dụng ngày càng nhiều.

**Nhược:** Khi cấu tạo đòi hỏi nguyên chất cao (vì tránh sai số lớn).

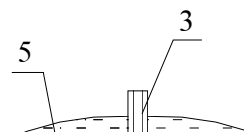
Sử dụng trong công nghiệp chưa nhiều Các chất bán dẫn thường dùng là hỗn hợp CuO, Mn, Mg, Ni, Coban.

#### 2.4.2. Cấu tạo nhiệt kế điện trở (của bộ phận nhạy cảm)

Dây Pt dùng làm NKĐT được gấp đôi và quấn quanh lõi MiCa, dây không sơn cách điện, đường kính dây 0,07 mm, chiều dài dây  $l > 100 \text{ m}$  (hoặc dây dệt có diện tích tiết diện là  $0,002 \text{ mm}^2$ )



**Cấu tạo khác:** Thường ta dùng NK điện trở Pt làm nhiệt kế chuẩn. Còn nếu dùng dây Cu thì sơn cách điện dày  $\phi 0,1 \text{ mm}$  và quấn thành lớp, lõi bằng nhựa dây nối đến đầu nhiệt kế bằng dây đồng  $\phi = 1 \div 1,5 \text{ mm}$ ; một số trường hợp có thể đặt thêm một số vỏ bảo vệ.

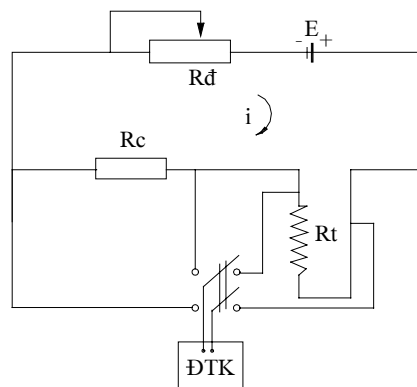


**NKĐT bán dẫn** có cấu tạo:

- 1- Vật bán dẫn
- 2- Nắp tiếp mạch
- 3- Dây nối ( thường = Cu )
- 4- Vỏ kim loại bảo vệ
- 5- Chất cách điện (thủy tinh)
- 6- Thiếc
- 7- Sơn êmay cách điện.

### 2.4.3. Các cách đo điện trở Rt

1- Dùng điện thế kế và điện trở chuẩn :

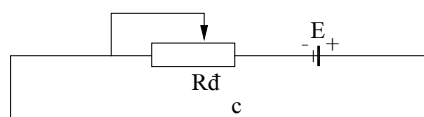


Trong sơ đồ đo, điện trở chuẩn  $R_c$  và điện trở  $R_t$  được mắc nối tiếp và dùng điện thế kế để đo điện áp  $U_c$  và  $U_t$ .

$$U_c = R_c \cdot i ; U_t = R_t \cdot i \Rightarrow R_t = \frac{U_t}{U_c} \cdot R_c$$

Phương pháp này tương đối chính xác được dùng trong phòng thí nghiệm.

2- Dùng cầu điện: có 3 cầu có thể dùng



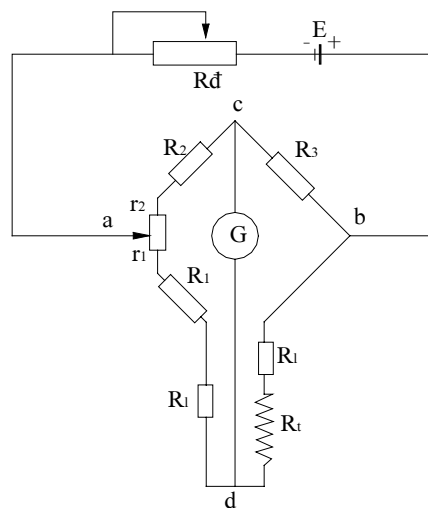
### Cầu cân bằng 1

$$R_2 (R_1 + R_t) = R_3 (R_1 + R_t) \Rightarrow R_t = \frac{R_3 (R_1 + R_t)}{R_2} - R_t$$

$$\text{Ta thường lấy } R_2 = R_3 \Rightarrow R_t = \frac{R_1 + R_t}{1} - R_t = R_1$$

Vậy :  $R_t = R_1$  Người ta có thể xác định  $R_t$  nhờ đọc biến trở  $R_1$  ảnh hưởng của dây dẫn là không đáng kể .

### Cầu cân bằng 2



$$\text{Đối với mạch này ta có } \frac{r_2 + R_2}{R_3} = \frac{r_1 + R_1 + R_t}{R_1 + R_t}$$

$$\Rightarrow R_t = \frac{r_1 + R_1}{r_2 + R_2} \cdot R_3 + \left( \frac{R_3}{R_2 + R_2} - 1 \right) \cdot R_t$$

Người ta thường bố trí sao cho  $R_3 \ \& \ R_2 \gg r_{2\max}$

$$\Rightarrow R_t = \frac{R_1 + r_1}{R_2 + r_2} \cdot R_3$$

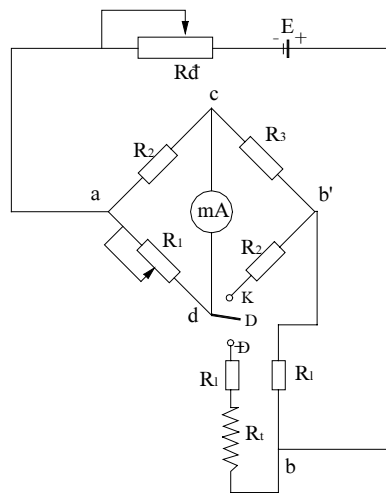
**Nhược:** - Phải điều chỉnh biến trở bằng tay sau đó phải tính toán ra kết quả  
 - Sơ đồ sau chính xác hơn nhưng tốn dây dẫn hơn

**Cầu không cân bằng:**

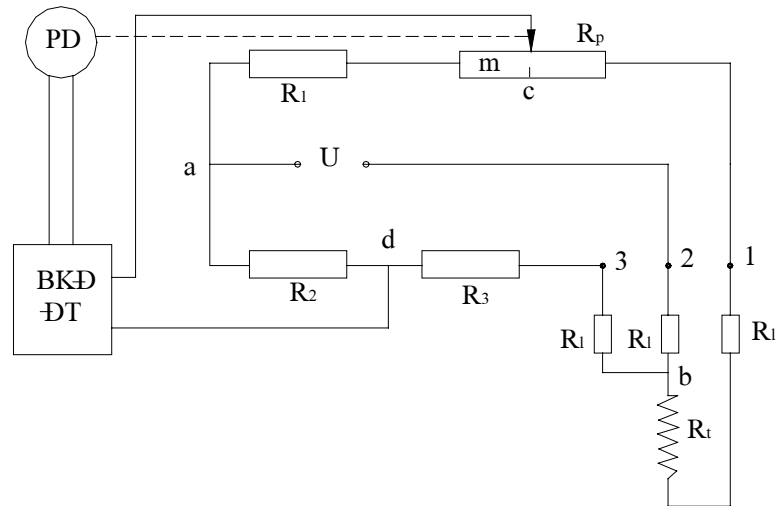
Khi đo ta đóng cầu dao D sang vị trí Đ  $\Rightarrow I_M = U_{ab} \cdot \frac{R_1 \cdot R_3 - R_2 \cdot R_t}{K}$ .

Trong đó  $K = R_M (R_1 + R_t) (R_2 + R_3) + R_2 \cdot R_3 (R_1 + R_t) + R_1 \cdot R_t (R_2 + R_3)$   
 ( ở công thức trên xem  $R_t$  không ảnh hưởng đến kết quả đo nên không viết )

Sơ đồ :



**Nhận xét :** Quan hệ  $I_M$  &  $R_t$  là không phải đường thẳng. Muốn xác định  $R_t$  phải cho  $U_{ab}$  là không đổi. Phải giữ  $U_{ab}$  cố định nên phải dùng  $R_d$ , trong thực tế ít dùng vì phức tạp và hơn nữa cần có thêm mA.

**Cầu cân bằng điện tử tự động:**

Sự cân bằng của cầu được thực hiện bằng cách thay đổi  $R_p$  nằm trong nhánh cb có chứa  $R_t$  nếu hiệu điện thế các đỉnh c,d của cầu không bằng nhau thì có dòng qua đường chéo này và qua BKĐĐT tín hiệu ra từ BKĐ làm động cơ thuận nghịch quay và làm thay đổi vị trí cần gạt trên  $R_p$  cho đến khi cầu cân bằng,  $R_p$  được tính toán và chế tạo sao cho khi nhiệt độ thay đổi trong khoảng đo thì cần gạt chạy từ đầu này đến đầu kia của biến trở .

Đại lượng  $m$  xác định vị trí cần gạt có thể xác định theo công thức :

$$m = \Delta R_t \cdot \frac{R_2}{R_p (R_2 + R_3)} \Rightarrow m : \text{Tỷ lệ với độ biến đổi } R_t$$

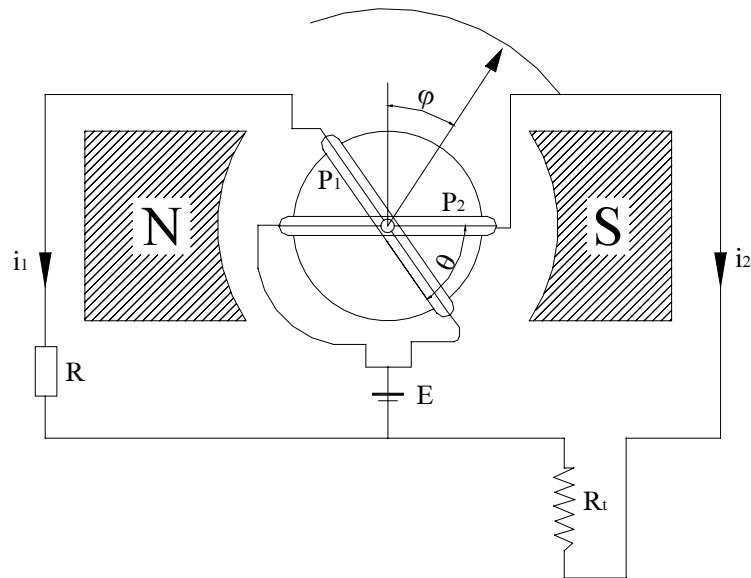
**Nhận xét:** - Số chỉ cầu không phụ thuộc vào điện áp  $U$

- Số chỉ phụ thuộc tuyến tính vào sự biến đổi của tham số cần đo
- Thực hiện phép đo tự động
- Sơ đồ mắc 3 dây cho phép loại bỏ điện trở của dây dẫn
- Có thêm các bộ KĐĐT và động cơ thuận nghịch
- Khó đo được điện trở nhỏ



**Lôgôm mét ( Tỷ số kế )**

Sơ đồ ng.



Điện trở hai khung như nhau  $= R_k = R_{k1} = R_{k2}$ , hai khung đặt lệch nhau 1 góc  $\theta$

E là nguồn điện một chiều cho dòng điện  $i_1$  đi qua khung dây  $P_1$ , dòng điện  $i_2$  qua khung dây  $P_2$  và và nhiệt kế điện trở  $R_t$ .

Các mô men quay  $M_1 = k_1 \cdot B_1 \cdot i_1$

$$M_2 = k_2 \cdot B_2 \cdot i_2$$

Các khung dây quấn sao cho  $M_1$  và  $M_2$  ngược chiều

$$\Rightarrow k_1 \cdot B_1 \cdot i_1 = k_2 \cdot B_2 \cdot i_2$$

$$\Rightarrow \frac{i_1}{i_2} = \frac{K_2 \cdot B_2}{K_1 \cdot B_1} = \frac{B_2}{B_1} = f(\varphi)$$

( Do  $K_1 = K_2$  phụ thuộc kết cấu của khung dây, còn tỷ số giữa  $B_2$  và  $B_1$  phụ thuộc vị trí khung dây  $\varphi$  ). Ngoài ra  $i_1$  và  $i_2$  là dòng của 2 nhánh.

$$\Rightarrow \frac{i_1}{i_2} = \frac{R_t + R_k}{R + R_k} \Rightarrow R_t = f(\varphi)$$

Tùy theo vị trí của kim mà ta sẽ biết được  $R_t$  hoặc nhiệt độ  $t$  tương ứng theo  $R_t$ .

**Nhận xét :**

- Quan hệ này nói chung không phải là đường thẳng. Tuy nhiên ta cấu tạo sao cho từ trường càng ra ngoài càng yếu và  $\varphi < 22^\circ$  thì quan hệ  $R_t = f(\varphi)$  là đường thẳng.

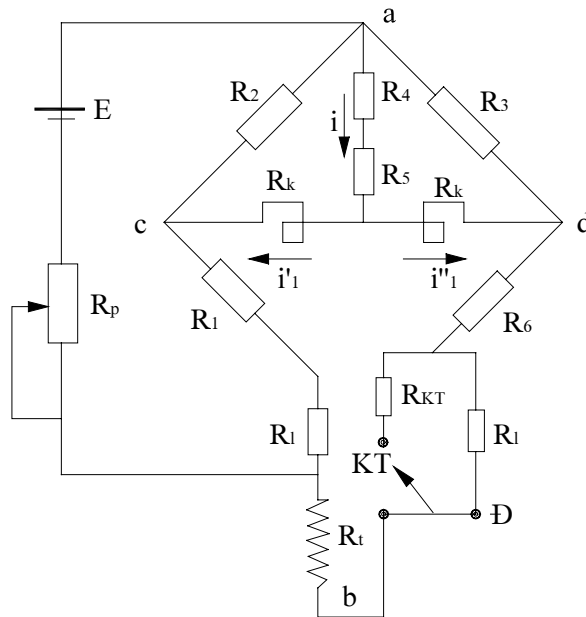
- Do có 3 đoạn dây nhỏ => nếu đứt 1 trong 3 dây thì mô men bị triệt tiêu và kim dao động => hỏng kim.

- Khi đứt mạch chính thì kim không chỉ.

- Nguồn điện không gây sai số đó (thường dùng  $E = 4v$ ).

Sơ đồ lôgômmét đặt trong cầu không cân bằng:

Phối hợp tỷ số kế với cầu điện không cân bằng thì sẽ được một công cụ đo có nhiều tính năng tốt hơn loại tỷ số kế đơn giản trên để dùng trong công nghiệp.



$R_{KT}$  dùng để kiểm tra sự chính xác ban đầu của lôgômmét ( $R_{KT} = R_l$ ).

**Nhận xét :**

Dùng cầu không cân bằng nhằm tăng tỷ số dòng qua 2 khung  $\frac{i'_1}{i''_1}$  (Do khi các

dòng  $i'_1$  và  $i''_1$  thay đổi theo nhiệt độ ) => độ nhạy cao hơn.

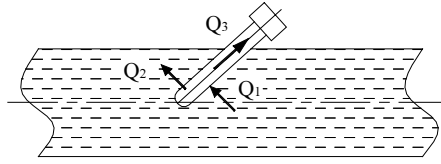
Nhờ cầu điện cho dòng điện không cân bằng đi qua nên khi  $i'_1$  và  $i''_1$  thay đổi

thì tổng số  $\frac{i'_1}{i''_1}$  tăng.

2.5. SAI SỐ NHIỆT ĐỘ THEO PHƯƠNG PHÁP TIẾP XÚC

Giả sử đo nhiệt độ trong môi trường có nhiệt độ  $t$ , bộ phận nhạy cảm sẽ cho số chỉ của nhiệt độ môi trường, nhưng thực chất đó không phải là nhiệt độ môi trường, vì do sự trao đổi nhiệt giữa môi trường và bộ phận nhạy cảm có tồn tại.

Sự trao đổi nhiệt giữa bộ phận nhạy cảm và môi trường dưới 3 hình thức



$Q_1, Q_2, Q_3$ .

$Q_1$  là nhiệt lượng mà bộ phận nhạy cảm nhận của môi trường. Tổng quát  $Q_1$  có thể do bức xạ, dẫn nhiệt hoặc đối lưu. Trong một số trường hợp do sự biến động năng do va chạm. Ngoài ra còn có thể do các phản ứng hóa học hay lý học kèm theo tỏa nhiệt.

$Q_2$  là nhiệt lượng do bộ phận nhạy cảm bức xạ đến môi trường.

$Q_3$  là nhiệt lượng mất mát do dẫn nhiệt ra ngoài.

Khi cân bằng :  $Q_1 = Q_2 + Q_3$

Muốn đo chính xác thì cần phải làm sao cho  $Q_2$  và  $Q_3$  ít nhất và sự thu nhiệt  $Q_1$  nhanh nhất.

2.5.1. Đo nhiệt độ dòng chảy trong ống

\* Điều kiện để xét bài toán gồm

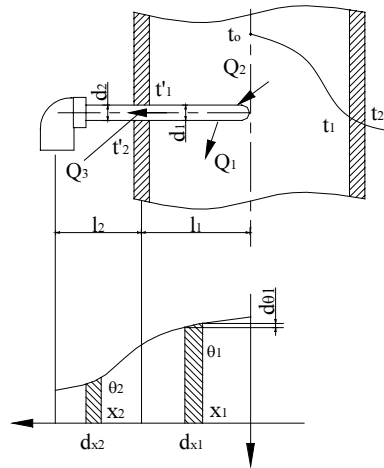
- Bộ phận nhạy cảm không có vách lạnh
- môi chất có nhiệt độ không quá cao
- tản nhiệt ở phần  $l_2$  nhỏ

$\Rightarrow Q_1 = Q_2$  ( $Q_3$  nhỏ). Gọi  $\theta$  là

độ chênh nhiệt độ giữa đầu đo và môi chất

$$l_1 \cdot \alpha_1 \cdot u_1 \cdot \theta_1 = \lambda_1 \cdot F_1 \frac{d^2 \theta_1}{dx^2} l_1$$

$$\text{Phần ngoài } l_2 \cdot \alpha_2 \cdot u_2 \cdot \theta_2 = \lambda_2 \cdot F_2 \frac{d^2 \theta_2}{dx^2}$$



$\alpha_1$ - Hệ số tỏa nhiệt của môi chất trong ống đối với ống đo nhiệt độ.

$\alpha_2$ - Hệ số tỏa nhiệt của ống đo nhiệt độ đối với môi chất bên ngoài.

$u_1, u_2$  - Là chu vi tiết diện ống đo ở phần trong và ngoài.

$F_1, F_2$  - Diện tích tiết diện ống đo ở phần trong và ngoài.

$\theta_1, \theta_2$  - Độ chênh nhiệt độ giữa bề mặt ống đo với môi chất ở trong và ngoài.

$\lambda_1, \lambda_2$  - Hệ số dẫn nhiệt của các đoạn ống đo ở trong và ngoài

$$\begin{aligned} \text{Điều kiện biên: } \quad x_1 = 0 \quad \frac{d\theta_1}{dx_1} \Big|_{x_1=0} &= 0 \\ x_2 = l_2 \quad \frac{d\theta_2}{dx_2} \Big|_{x_2=l_2} &= 0 \end{aligned}$$

Nếu giữa vách ống và đầu đo không có dẫn nhiệt thì ta có :

$$\frac{d\theta_1}{dx_1} \Big|_{x_1=0} = \frac{d\theta_2}{dx_2} \Big|_{x_2=l_2}$$

$$\Rightarrow \theta_1 \Big|_{x_1=l_1} + \theta_2 \Big|_{x_2=0} = (t_o - t_w) + (t_w - t_3) = t_o - t_3 \quad (\text{tính chất liên tục của } \theta)$$

Từ các điều kiện trên ta giải ra được :

$$\theta_1 = \frac{b_2 \cdot ch(b_1 x_1) (t_o - t_3)}{[b_2 \cdot ch(b_1 l_1) + b_1 ch(b_2 l_2)] \cdot Sh(b_1 l_1)}$$

$$b_1 = \sqrt{\frac{\alpha_1 u_1}{\lambda_1 F_1}} \quad b_2 = \sqrt{\frac{\alpha_2 u_2}{\lambda_2 F_2}}$$

Ta cần tìm  $\theta_1 \Big|_{x_1=0}$  ( tâm dòng chảy)

*a/ Đối với cặp nhiệt:*

Khi thay  $x_1 = 0$  vào công thức trên

$$\Rightarrow \theta_1 = \frac{t_o - t_3}{ch(b_1 l_1) \left[ 1 + \frac{b_1}{b_2} + th(b_1 l_1) \cdot ch(b_2 l_2) \right]}$$

Từ kết quả đó ta rút ra các kết luận sau :

- Khi đo ( $t_o - t_3$ ) càng lớn thì sai số  $\theta_1$  càng lớn và dấu của sai số phụ thuộc vào nhiệt độ môi chất trong và ngoài ống.

- Vì  $Q_3 \neq 0$  nên sai số  $\theta_1$  bao giờ cũng  $\neq 0$ .

Vậy bao giờ cũng xuất hiện sai số đo.

- Nếu tăng  $l_1$  và giảm  $l_2$  thì sẽ giảm được  $\theta_1$ .

- Nếu tăng  $b_1$  (tăng  $\alpha_1$ , tăng  $u_1$  giảm  $F_1$  &  $\lambda_1$ ) thì  $\theta_1$  giảm.

- Nếu giảm  $b_2$  thì cũng giảm được sai số  $\theta_1$ .

*b/ Đối với nhiệt kế điện trở:*

$$\theta_1 = \frac{l}{2} \int_0^l \theta_1 \cdot dx_1 \quad l : \text{chiều dài của đoạn điện trở}$$

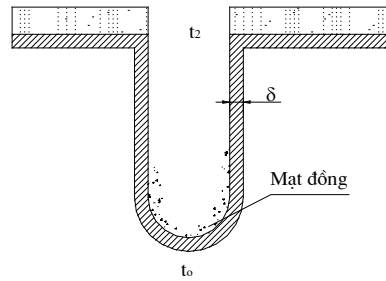
c/ Đối với nhiệt kế thủy tinh:

$$l_2 = 0$$

$$x_1 = 0 \quad \text{thì} \quad \frac{d\theta_1}{dx_1} = 0$$

$$x_1 = l_1 \quad \text{thì} \quad \theta_1 = t_o - t_2$$

$$\Rightarrow \theta_1 \Big|_{x_1=0} = \frac{t_o - t_2}{ch (b_1 \cdot l_1)}$$



Vậy khi dùng NK thủy tinh để đo môi chất chảy trong ống mà ống bảo vệ không có phần ngoài ống, cấp nhiệt tốt thì sai số đó rất nhỏ.

### 2.5.2. Đo nhiệt độ khi gần ống đo có vách lạnh

Trong thực tế ta thường đo nhiệt độ của dòng môi chất mà gần nó có những vật có nhiệt độ thấp hơn nhiều. Do đó sự hấp thụ nhiệt từ ống đo đến các bề mặt này ( $Q_2$ ) tăng, mà  $Q_1 = Q_2 + Q_3$ . Do đó cần phải giảm  $Q_3$  càng nhỏ càng tốt

**Các cách làm giảm sai số đo :**

- Tạo vách chắn để buộc dòng phải qua toàn bộ  $l_1$
- Bảo ôn phần  $l_2$  nhằm giảm  $Q_3$
- Dùng màng chắn nhiệt (giảm  $Q_2$ )

#### Dùng vách chắn

Do có vách chắn và xem  $Q_3 = 0$

$$\Rightarrow Q_1 = Q_2 \quad \text{hay} \quad \alpha_1 \cdot u_1 \cdot \theta_1 dx_1 = C_o \cdot \varepsilon u_1 \cdot [(T_o - \theta_1)^4 - T_1^4] dx_1$$

$\alpha_1$ - Hệ số tỏa nhiệt của khí đến ống đo

$T_1$  - Nhiệt độ tuyệt đối của bề mặt lạnh

$T_o$  - Nhiệt độ tuyệt đối của dòng khí

$C_o$ - Hệ số tỏa nhiệt bức xạ

$$\varepsilon = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_T} + \frac{F_1}{F_2} \left( \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)}$$

$\varepsilon_T$  - độ đen bề mặt ống đo nhiệt

$F_1$  - diện tích ống đo nhiệt đặt nằm trong (không kể phần ngoài)

$\varepsilon_2, F_2$  - độ đen và bề mặt nhận nhiệt

Do ( $F_1 \ll F_2$ ) nên  $\varepsilon = \varepsilon_T$

Trong trường hợp  $\alpha_1, u_1, \varepsilon$  đều không phụ thuộc vào  $x_1$  (chiều dài ống) thì ta

$$\text{có} \quad \alpha_1 \cdot \theta_1 = C_o \cdot \varepsilon [(T_o - \theta_1)^4 - T_1^4]$$

$$Q_3 = 0 \quad \text{nên} \quad \theta_1 = T_o - T \Rightarrow \alpha_1 \cdot (T_o - T) = C_o \cdot \varepsilon [T^4 - T_1^4]$$

$$\Rightarrow T_0 - T = \frac{C_0 \cdot \varepsilon}{\alpha_1} [T^4 - T_1^4] = \frac{C_1}{\alpha_1} [T^4 - T_1^4]$$

$C_1$  - hệ số tỏa nhiệt bức xạ của ống đo và  $= C_0 \cdot \varepsilon_T$

### Ví dụ:

Nếu  $t = 500^\circ\text{C}$ ,  $t_1 = 400^\circ\text{C}$ ,  $\varepsilon_1 = 25 \text{ kCal/m}^2 \text{ h.K}$ ,  $C_1 = 4.10^{-8} \text{ kCal/m}^2 \text{ h.K}^4$

Thì  $T_0 - T = 243^\circ\text{C} \Rightarrow T_0 = 748^\circ\text{C}$  ( $\theta_1 = 248^\circ\text{C}$ )

Trong thực tế thường không tính toán theo công thức trên vì rất khó xác định được  $C_1$ ,  $\alpha_1$ ,  $t_1$

Thực tế người ta giảm sai số bằng phương pháp sau:

### Dùng màng chắn nhiệt:

$$T_0 - T = \frac{C_1}{\alpha_1} (T^4 - T_3^4)$$

$C_1$  - Tính cho cả hệ đầu đo và màng chắn.

Vì màng chắn gần đầu đo  $\Rightarrow T_3 = T$

$\Rightarrow$  Sai số đo giảm.

Giảm  $C_1$  : bằng cách mạ (hoặc làm nhẵn) phía trong màng chắn.

Dựa vào phương trình cân bằng nhiệt của màng chắn ta tính được  $T_3$

$$\alpha_3 F' (T_0 - T_3) + C_1 F_1 (T^4 - T_3^4) = C_3 F_3 (T_3^4 - T_1^4)$$

$F' = 2F_3$  là bề mặt truyền nhiệt đối lưu.

$\alpha_3$  - hệ số tỏa nhiệt đối lưu của khí đến màng chắn (ống che)

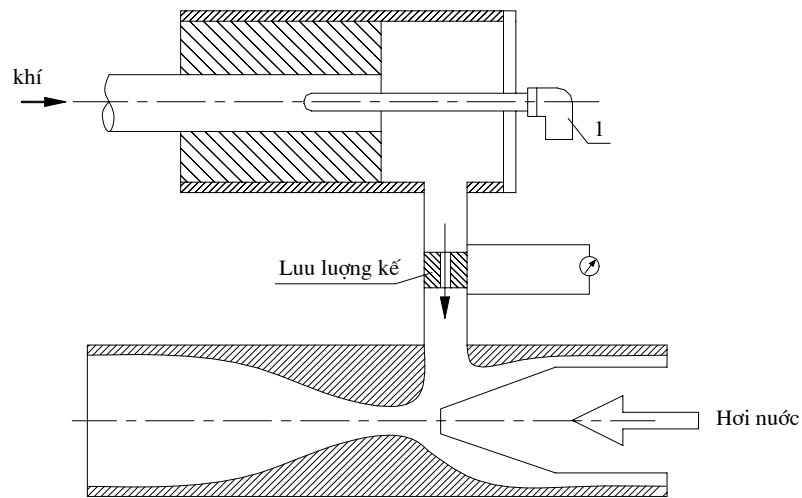
**Ví dụ:** màng chắn có  $d_3 = 10$ .  $d_1$  ( $d_1$  : đường kính ống đo)

$$\left. \begin{array}{l} C_1 = 0,3.10^{-8} \text{ kCal/m}^2 \text{ h.K}^4 \\ C_3 = 4.10^{-8} \text{ kCal/m}^2 \text{ h.K}^4 \\ \alpha_3 = 25 \text{ kCal/m}^2 \text{ h.K}^4 \end{array} \right\} \Rightarrow \theta_1 = 53^\circ\text{C}$$

### Dùng ống hút khí:

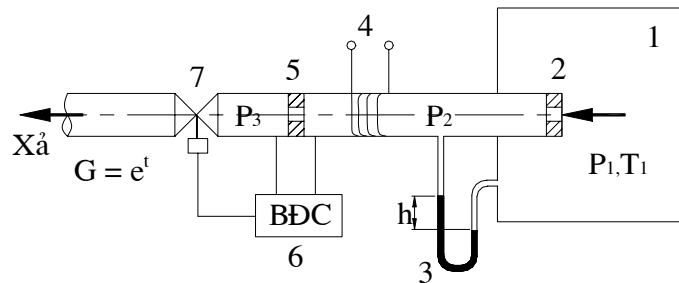
Cặp nhiệt hút khí gồm : nhiệt kế nhiệt điện 1, cửa tiết lưu đo tốc độ 2 và ống phun hơi.

**Nguyên lý :** ta tăng tốc độ dòng khí  $\Rightarrow \alpha$  tăng  $\Rightarrow$  sai số giảm thường dùng trong thí nghiệm phức tạp vì cần thêm năng lượng bên ngoài.



### Nhiệt kế khí động

Trong thực tế người ta đã nghiên cứu phương pháp đo nhiệt độ kiểu tiếp xúc không dùng bộ phận nhạy cảm để tránh sai số gây bởi bức xạ. Một trong số đó là NKKĐ phương pháp đo mới này gần đây đã được dùng phổ biến để đo nhiệt độ khí trong lò công nghiệp.



Nhiệt kế khí động, dùng đo nhiệt độ khí trong lò công nghiệp

1- lò công nghiệp, 2- tiết lưu, 3- áp kế có thang đo nhiệt độ, 4- thiết bị làm nguội, 5- tiết lưu, 6- bộ điều chỉnh, 7- van đ/chỉnh lưu lượng khí xả ra ngoài là không đổi.

Khí trong lò công nghiệp có áp suất  $p_1$ , và nhiệt độ  $T_1(^{\circ}\text{K})$  sau khi qua cửa tiết lưu 2 thì được 4 làm nguội đến nhiệt độ môi trường xung quanh, sau đó đi qua cửa tiết lưu 5 qua van 7 rồi xả ra ngoài. Nhờ BDC 6 để điều chỉnh van 7 giữ cho hiệu áp ở 2 bên cửa tiết lưu 5 không đổi, do đó lưu lượng trọng lượng của dòng khí cũng không đổi. Dựa vào hiệu áp ở áp kế 3 mà ta biết được  $(p_1 - p_2)$  rồi tìm ta  $T_1$  theo công thức:

$$T_1 = C_1 (P_1 - P_2)$$

$C_1$  - hằng số của hệ thống,  $P_1$  - áp suất (áp suất bên trong)

## 2.6. ĐO NHIỆT ĐỘ BẰNG PHƯƠNG PHÁP GIÁN TIẾP

Quá trình trao đổi nhiệt giữa các vật có thể diễn ra dưới hình thức bức xạ nhiệt, không cần các vật đó trực tiếp tiếp xúc với nhau. Bức xạ nhiệt chính là sự truyền nội năng của vật bức xạ đi bằng sóng điện từ. Khi một vật khác hấp thụ sóng điện từ của vật bức xạ thì sóng điện từ đó lại được chuyển thành nhiệt năng. *Bất kỳ một vật nào sau khi nhận nhiệt thì cũng có một phần nhiệt năng chuyển đổi thành năng lượng bức xạ, số lượng được chuyển đổi đó có quan hệ với nhiệt độ.* Vậy từ năng lượng bức xạ người ta sẽ biết được nhiệt độ của vật. Dụng cụ dựa vào tác dụng bức xạ nhiệt để đo nhiệt độ của vật gọi là hỏa kế bức xạ, chúng thường được dùng để đo nhiệt độ trên 600 °C.

Nếu bức xạ có bước sóng  $\lambda = 0,4 \div 0,44 \mu\text{m} \rightarrow$  tím than

$\lambda = 0,44 \div 0,49 \mu\text{m} \rightarrow$  xanh đậm - xanh da trời

$\lambda = 0,49 \div 0,58 \mu\text{m} \rightarrow$  xanh lá cây thắm

$\lambda = 0,58 \div 0,63 \mu\text{m} \rightarrow$  vàng nghệ

$\lambda = 0,63 \div 0,76 \mu\text{m} \rightarrow$  đỏ tươi - đỏ thắm

Một vật bức xạ một lượng nhiệt là  $Q$  (W)  $\Rightarrow$  mật độ bức xạ toàn phần  $E$  (là năng lượng bức xạ qua một đơn vị diện tích)

$$E = \frac{dQ}{dF} \quad \text{W/m}^2, \quad Q = \sum_{i=0}^{\infty} Q_{\lambda} \Rightarrow E_{\lambda} = \frac{dQ_{\lambda}}{dF}$$

$E_{\lambda}$  - mật độ phổ - bằng số năng lượng bức xạ trong một đơn vị thời gian với một đơn vị diện tích của vật và xảy ra trên một đơn vị độ dài sóng.

Cường độ bức xạ đơn sắc :

$$E_{\lambda} = \frac{dE}{d\lambda} \quad (\text{W/m}^3)$$

Dựa vào năng lượng do một vật hấp thụ người ta có thể biết được nhiệt độ của vật bức xạ nếu biết được các quan hệ giữa chúng.

Người ta có thể đo nhiệt độ bằng cách sử dụng các định luật bức xạ nhiệt.

### 2.6.1. Những định luật cơ sở về bức xạ nhiệt

a- Định luật Planck:

Đối với vật đen tuyệt đối thì quan hệ  $E_{\lambda}$  và  $T$  bằng công thức :

$$E_{\lambda} = C_1 \cdot \lambda^{-5} \left[ e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1 \right]^{-1}$$

$\lambda$  : độ dài của bước sóng



$$C_1, C_2 : \text{là hằng số Planck} \quad \left\{ \begin{array}{l} C_1 : 0,370^{-15} \text{ W.m}^2 \\ C_2 : 1,438^{-2} \text{ m. K} \end{array} \right.$$

Nếu  $T < 3000 \text{ }^\circ\text{K}$  và  $\lambda . T < 0,3 \text{ cm.K}$  thì sử dụng công thức trên là khá chính xác.

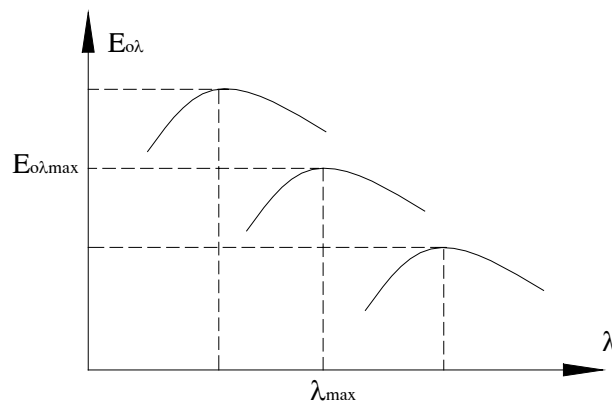
*b- Định luật Stefan-Boltzman:*

Cường độ bức xạ toàn phần của vật đen tuyệt đối liên hệ với nhiệt độ của nó bằng biểu thức :

$$E_o = \int_0^\infty E_{o\lambda} d\lambda = C_o \left( \frac{T}{100} \right)^4, \quad C_o = 5,67 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

*c- Định luật chuyển định của Wien:*

Khi vật nhiệt độ  $T$  có cường độ bức xạ lớn nhất thì sóng  $\lambda_{\text{max}}$  sẽ quan hệ với nhiệt độ theo biểu thức :  $\lambda_m . T = 2,898 . 10^{-3} \quad (\text{m. } ^\circ\text{K})$



Khi nhiệt độ  $T$  càng lớn thì  $\lambda_{\text{max}}$  càng nhỏ.

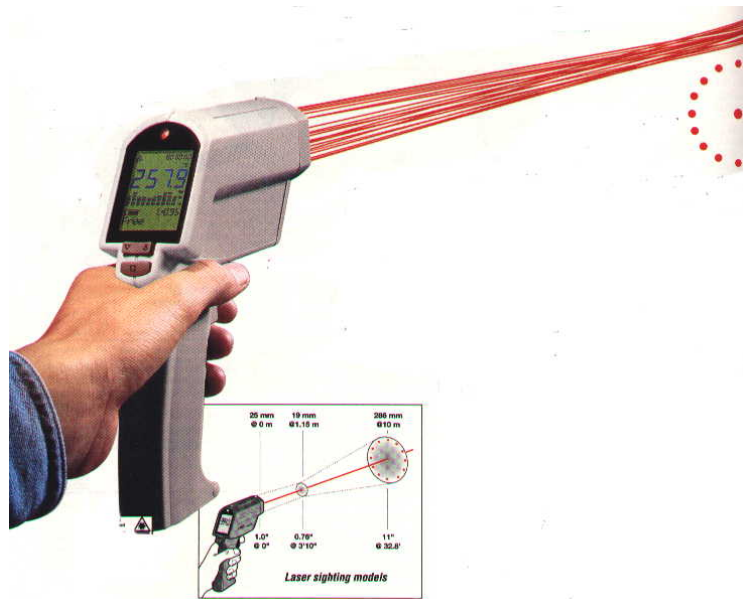
Người ta ứng dụng các định luật để làm các hỏa kế :

- Hỏa kế quang học :  $T = f(E_{o\lambda}) \quad (\text{chính xác})$

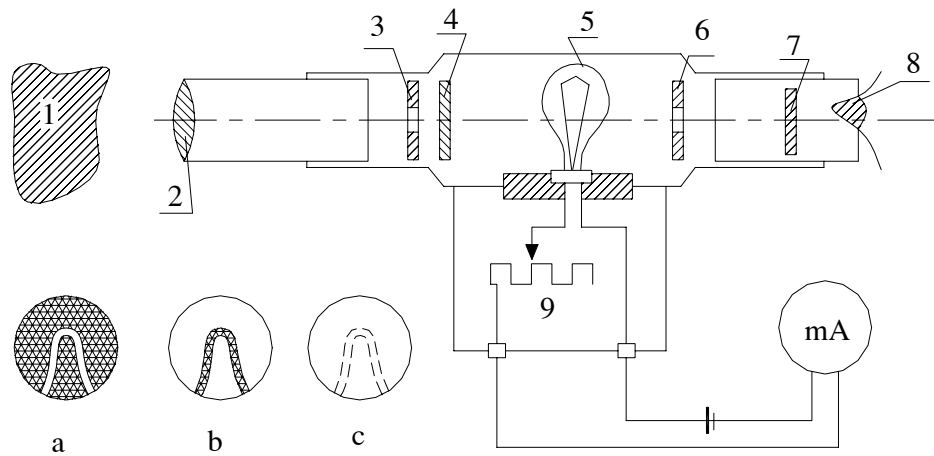
- Hỏa kế b/xạ toàn phần :  $T = f(E)$

- Hỏa kế so màu sắc :  $T = f \left( \frac{E_{o\lambda 1}}{E_{o\lambda 2}} \right)$

**2.6.2. Các dụng cụ đo nhiệt độ bằng phương pháp gián tiếp**



**2.6.2.1. Hỏa kế quang học**



- 1- vật cần đo nhiệt độ
- 2- thấu kính (kính vật)
- 3- vòng đ/chỉnh
- 4- kính mờ
- 5- bóng đèn
- 6- vòng đ/chỉnh
- 7- kính đỏ (bộ lọc)
- 8- kính mắt ( ống nhòm )
- 9- biến trở

Nguyên lý làm việc của hỏa kế quang học : so sánh cường độ sáng của vật cần đo với cường độ sáng của một nguồn sáng chuẩn đó là bóng đèn sợi đốt vonfram sau khi đã được già hóa trong khoảng 100 giờ với nhiệt độ 2000°C, sự phát sáng của đèn ổn định nếu sử dụng ở nhiệt độ 400 ÷ 1500°C. Cường độ sáng có thể được điều chỉnh bằng cách thay đổi dòng đốt hoặc dùng bộ lọc ánh sáng. Đầu tiên hướng ống kính về phía đối tượng cần đo, điều chỉnh kính vật

để ảnh thật của vật nằm trên mặt phẳng của dây tóc bóng đèn, điều chỉnh kính mắt để nhìn rõ ảnh vật và dây tóc bóng đèn. Sau đó điều chỉnh biến trở để độ sáng của dây tóc bằng độ cường độ sáng của đối tượng cần đo và được so sánh bằng mắt. Nếu cường độ sáng của đối tượng nhỏ hơn độ sáng của sợi đốt ta sẽ thấy được vệt sáng trên nền thẫm (a), nếu độ sáng của đối tượng lớn hơn độ sáng của sợi đốt ta sẽ thấy được vệt thẫm trên nền sáng (b), lúc độ sáng của đối tượng bằng độ sáng của sợi đốt thì hình ảnh của sợi đốt biến mất (c) (ta không thể phân biệt được vệt dây tóc bóng đèn). Lúc này ta đọc được giá trị nhiệt độ của đối tượng cần đo.

- Nhiệt độ đo được bằng phương pháp này gọi là nhiệt độ sáng  $T_s$  các hỏa kế quang học được chia độ theo bức xạ của vật đen tuyệt đối nên khi đo thực tế ta được nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ thật  $T_s < T_r$ .

Trong thực tế khi đo nhiệt độ của vật có  $T < 3000^\circ\text{C}$  với bước sóng  $\lambda$  trong khoảng  $0,4 \div 0,7 \mu\text{m}$  thì mật độ phổ bức xạ của vật đen tuyệt đối có quan hệ

với nhiệt độ theo định luật Planck  $E_{0\lambda} = C_1 \lambda^{-5} e^{-\frac{C_2}{\lambda T}}$  còn đối với vật thật

$E_\lambda = \varepsilon_\lambda C_1 \lambda^{-5} e^{-\frac{C_2}{\lambda T_r}}$ . Các hỏa kế quang học cường độ sáng được khắc độ theo

bức xạ của vật đen tuyệt đối nhưng khi đo thì đo vật thật nên từ các công thức

$$\text{trên ta có quan hệ : } \frac{1}{T_r} = \frac{1}{T_s} + \frac{\lambda}{C_2} \ln \varepsilon_\lambda \Rightarrow T_r = f(T_s, \varepsilon_\lambda)$$

$T_s$  là nhiệt độ của vật đo.

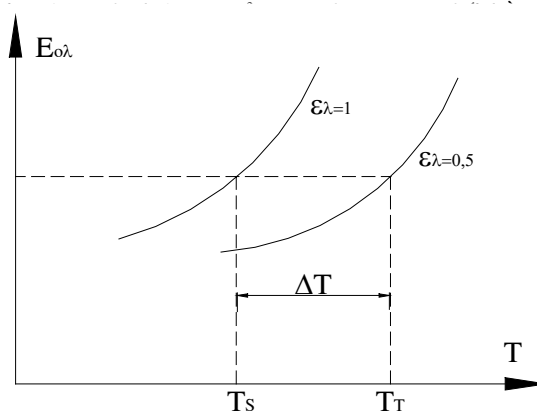
So sánh bằng cường độ s

**Nhận xét:**

định và lập

Trong một

trường hợp



ng độ bức xạ

nhất định. Vì

t độ.

; người ta xác

tìm cách tạo

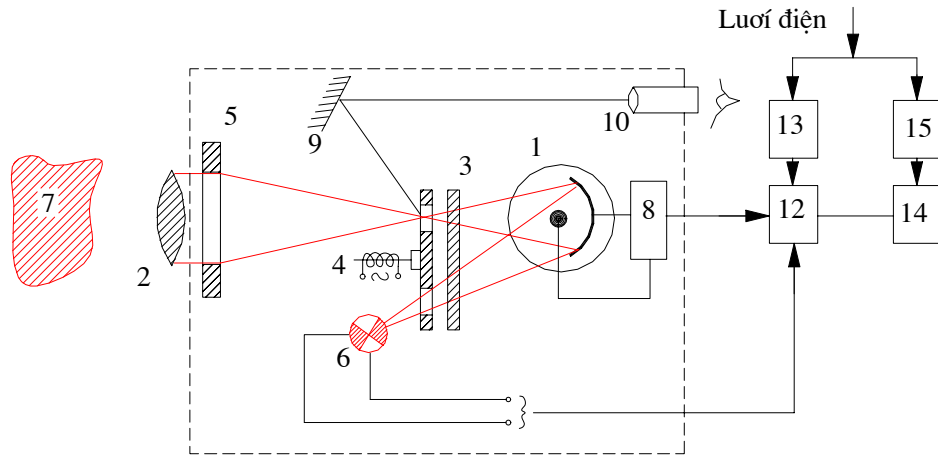
Ví dụ : Hỏa kế quang học đo nhiệt độ gang nóng chảy, kim đồng hồ chỉ  $2000^\circ\text{K}$  xác định nhiệt độ thật của nó.

Tra bảng với gang ta có  $\varepsilon_\lambda = 0,4 \Rightarrow \Delta T = 180,5^\circ\text{K}$

Hỏa kế quang học đo nhiệt độ từ  $700 \div 6000^\circ\text{K}$  có sai số cơ bản cho phép  $0,6 \div 2\%$ .

### 2.6.2.2. Hỏa kế quang điện

Nguyên tắc đo nhiệt độ của hỏa kế quang điện cũng tương tự như hỏa kế quang học song nhờ dùng đèn quang điện làm bộ phận nhạy cảm và thực hiện điều chỉnh độ sáng của bóng đèn một cách tự động nên hỏa kế quang điện là dụng cụ tự động đo được nhiệt độ các quá trình biến đổi nhanh có thể tự ghi số đo một cách liên tục và dùng trong các hệ thống tự động điều chỉnh nhiệt độ .

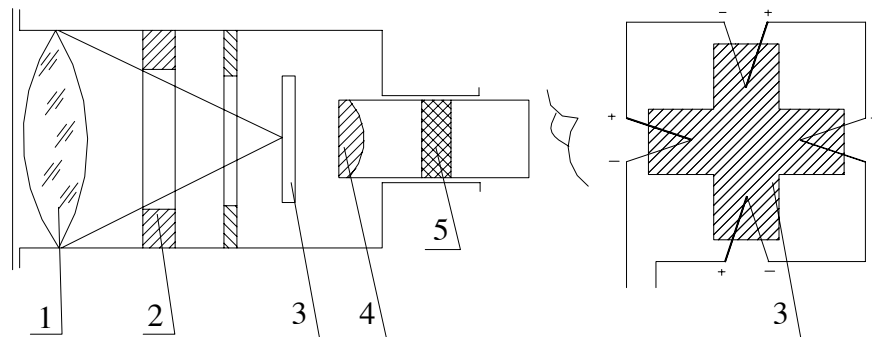


- 1- Đèn quang điện      2- Kính vật      3- Kính lọc
- 4- Máy điều biến sóng ánh sáng kiểu chấn động điện từ   5- Mànng điều tiết
- 6- Bóng đèn            7- Vật cần đo      8- Bộ khuếch đại điện tử
- 9- Gương phản xạ      10- Kính mắt      11- Bộ phận chứa đèn quang điện
- 12- Hộp điện            13- Bphận ổn áp   14- Điện thế kế điện tử
- 15- Biến áp cách ly.

Phạm vi đo 600÷2000 °C đặc biệt khi sử dụng kính mờ có thể đo đến 4000 °C.

**2.6.2.3. Hỏa kế bức xạ toàn phần**

Nguyên lý : ứng dụng định luật bức xạ toàn phần của Boltzman



- 1- Kính hội tụ      2- Vòng điều chỉnh   3- Tấm nhận bức xạ (bạch kim mạ đen)
- 4- Kính mắt      5- Kính lọc

Chùm tia phát xạ được kính hội tụ trên tấm nhận bức xạ (nhiệt điện trở) và đốt nóng nó. Nhiệt điện trở được mắc vào một nhánh cầu tự cân bằng cung cấp từ nguồn điện xoay chiều tần số 50 HZ.

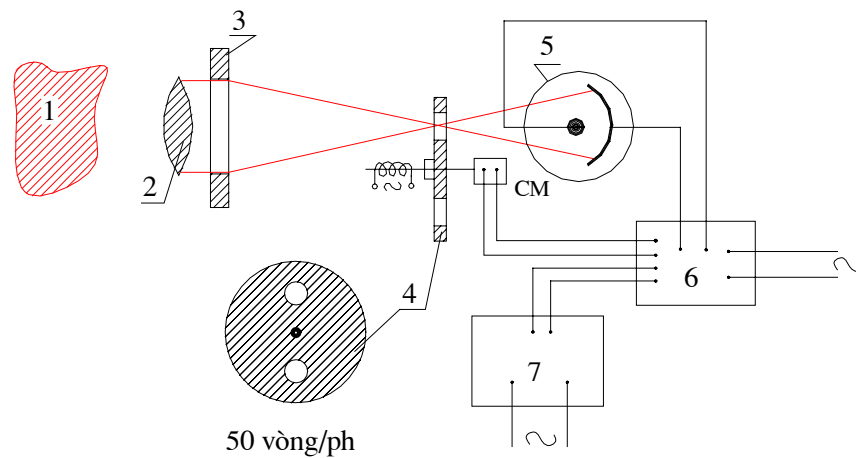
Nhiệt độ đo được của vật  $T_d$  bao giờ cũng nhỏ hơn nhiệt độ tính toán  $T_t$ .

Theo định luật Stefan-Boltzman ta có :  $\sigma T_t^4 = \varepsilon_T \sigma T_d^4 \Rightarrow T_d = T_t \sqrt[4]{\frac{1}{\varepsilon_T}}$

$\varepsilon_T$  - hệ số bức xạ tổng xác định tính chất của vật và nhiệt độ của nó.

- Khoảng đo từ 1800 °C đến 3500 °C.

#### 2.6.2.4. Hỏa kế so màu sắc



1- Vật cần đo 2- Thấu kính hội tụ 3- Vòng điều chỉnh 4- Đĩa quay  
5- Phần tử quang điện 6- Bộ khuếch đại 7- Điện thế kế tự động

So sánh cường độ bức xạ hoặc độ sáng đối với hai sóng bức xạ khác nhau nhiệt độ đo trong trường hợp này gọi là nhiệt độ so độ sắc

*Nguyên lý làm việc:* Cường độ bức xạ từ vật đo 1 qua thấu kính hội tụ và tập trung ánh sáng trên đĩa quay, đĩa này quay quanh trục nhờ động cơ xoay chiều. Sau khi ánh sáng qua đĩa thì đi đến phần tử quang điện. Trên đĩa quay có khoan một số lỗ, trong đó một nửa đặt bộ lọc màu đỏ còn nửa kia đặt bộ lọc màu xanh. Sự chênh lệch giữa hai dòng quang điện do các xung lượng tạo ra gây nên trong BKĐ, một tín hiệu tỷ lệ với lôgarít tự nhiên của tỷ số hai dòng quang điện khi tấm chắn quay.

Khoảng đo từ 1400 ÷ 2800°C.

#### Ưu điểm:

- 
- Nhiệt độ so màu sắc gần giống nhiệt độ thực hơn so với nhiệt độ độ sáng và nhiệt độ bức xạ .
  - Việc xác định  $\varepsilon_{\lambda_1}$  đối với các đối tượng rất khó, trái lại xác định tỷ số độ đen của 2 sóng bức xạ  $\varepsilon_{\lambda_1} / \varepsilon_{\lambda_2}$  dễ dàng và khá chính xác nên số bỏ chính tìm được đáng tin cậy hơn, và sai số sẽ giảm đi nhiều.
  - Ảnh hưởng do hấp thụ bức xạ của môi trường giảm rất nhỏ so với các hỏa kế khác.

## CHƯƠNG 3 : ĐO ÁP SUẤT VÀ CHÂN KHÔNG

Tình trạng làm việc của các thiết bị nhiệt thường có quan hệ mật thiết với áp suất làm việc của các thiết bị đó. Thiết bị nhiệt ngày càng được dùng với nhiệt độ và áp suất cao nên rất dễ gây sự cố nổ vỡ, trong một số trường hợp áp suất (hoặc chân không) trực tiếp quyết định tính kinh tế của thiết bị, vì những lẽ đó mà cũng như nhiệt độ việc đo áp suất cũng rất quan trọng.

### 3.1. ĐỊNH NGHĨA VÀ THANG ĐO ÁP SUẤT

#### 3.1.1. Định nghĩa

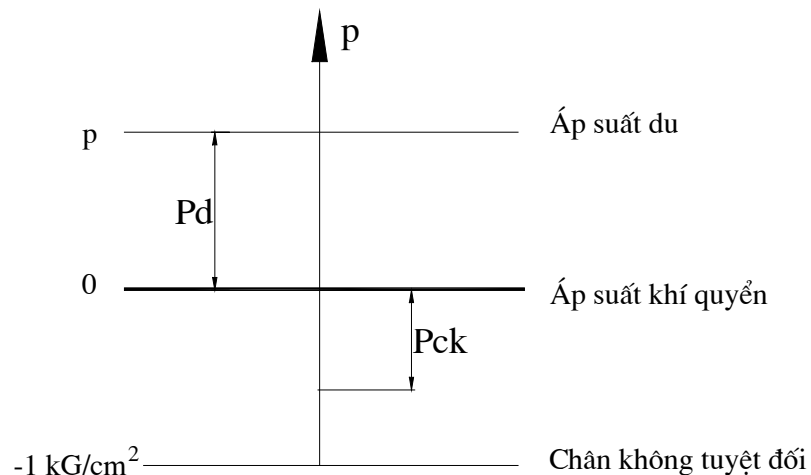
Áp suất là lực tác dụng vuông góc lên một đơn vị diện tích, ký hiệu  $p$ .

$$p = \frac{F}{S} \text{ [kG/cm}^2\text{]}$$

Các đơn vị của áp suất :	1Pa	=	1 N/m <sup>2</sup>
	1 mm Hg	=	133,322 N/m <sup>2</sup>
	1 mm H <sub>2</sub> O	=	9,8 N/m <sup>2</sup>
	1 bar	=	10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup>
	1 at	=	9,8. 10 <sup>4</sup> N/m <sup>2</sup>
		=	1 kG/ cm <sup>2</sup>
		=	10 m H <sub>2</sub> O

Người ta đưa ra một số khái niệm như sau :

- Khi nói đến áp suất là người ta nói đến áp suất dư là phần lớn hơn áp suất khí quyển.



- Áp suất chân không : là áp suất nhỏ hơn áp suất khí quyển.
- Áp suất khí quyển ( khí áp ) : là áp suất khí quyển tác dụng lên các vật  $p_b$  (at).
- Áp suất dư là hiệu áp suất tuyệt đối cần đo và khí áp.

$$P_d = P_{td} - P_b$$

- Áp suất chân không là hiệu số giữa khí áp và áp suất tuyệt đối.

$$P_{ck} = P_b - P_{td}$$

- Chân không tuyệt đối không thể nào tạo ra được

### 3.1.2. Thang đo áp suất

Tùy theo đơn vị mà ta có các thang đo khác nhau như :  $kG/cm^2$  ;  $mmH_2O$  .. .

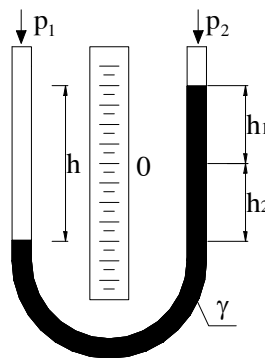
- Nếu chúng ta sử dụng các dụng cụ đơn vị :  $mmH_2O$ ,  $mmHg$  thì  $H_2O$  và  $Hg$  phải ở điều kiện nhất định .

## 3.2. ÁP KẾ CHẤT LỎNG

Ta có thể chia các áp kế này thành các loại sau :

### 3.2.1. Loại dùng trong phòng thí nghiệm

- 1- Áp kế loại chữ U: Nguyên lý làm việc dựa vào độ chênh áp suất của cột chất lỏng : áp suất cần đo cân bằng độ chênh áp của cột chất lỏng



$$P_1 - P_2 = \gamma \cdot h = \gamma (h_1 + h_2)$$

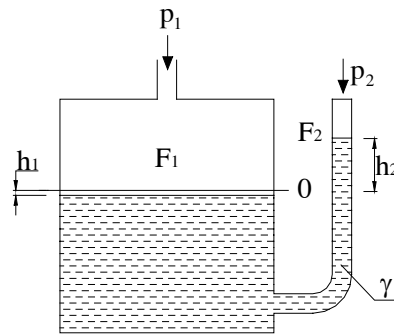
- . Khi đo một đầu nối áp suất khí quyển một đầu nối áp suất cần đo, ta đo được áp suất dư.
- . Trường hợp này chỉ dùng công thức trên khi  $\gamma$  của môi chất cần đo nhỏ hơn  $\gamma$  của môi chất lỏng rất nhiều (chất lỏng trong ống chữ U).

#### Nhược điểm:

- Các áp kế loại kiểu này có sai số phụ thuộc nhiệt độ (do  $\gamma$  phụ thuộc nhiệt độ) và việc đọc 2 lần các giá trị  $h$  nên khó chính xác.
- Môi trường có áp suất cần đo không phải là hằng số mà dao động theo thời gian mà ta lại đọc 2 giá trị  $h_1$ ,  $h_2$  ở vào hai điểm khác nhau chứ không đồng thời được.



2- Áp kế một ống thẳng :



$$\Delta P = \gamma (h_1 + h_2)$$

$$\text{mà } h_1 F_1 = h_2 F_2$$

$$\Rightarrow h_1 = h_2 \cdot \frac{F_2}{F_1}$$

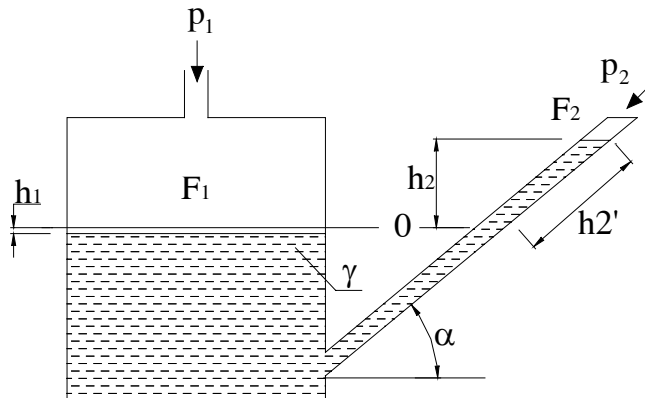
$$\Rightarrow \Delta P = \gamma h_2 \left( 1 + \frac{F_2}{F_1} \right)$$

Ta thấy nếu biết :  $F_1, F_2$  thì khi đo ta chỉ cần đọc ở một nhánh tức là  $h_2 \Rightarrow$  loại bỏ được sai số do đọc hai giá trị.

Nếu  $F_1 \gg F_2$  thì ta có thể viết được  $\Delta P = \gamma h_2$ .

Sai số của nó thường là 1%. Với môi chất làm bằng nước thì có thể đo  $160 \text{ mm H}_2\text{O} \div 1000 \text{ mmH}_2\text{O}$ .

3- Vi áp kế : loại này dùng để đo các áp suất rất nhỏ



Góc  $\alpha$  có thể thay đổi được và bằng  $60^\circ, 30^\circ, 45^\circ \dots$

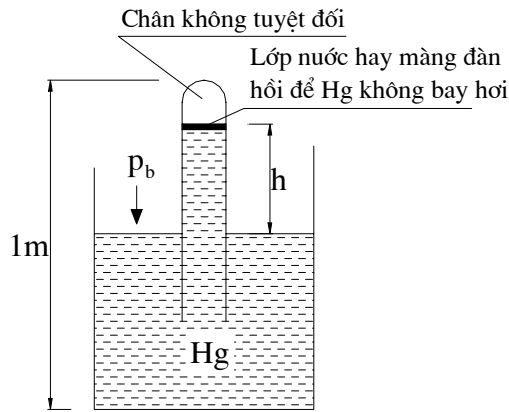
$$\text{Khi cân bằng : } \Delta P = (h_1 + h_2) \gamma \Rightarrow h_1 \cdot F_1 = h'_2 \cdot F_2 \Rightarrow h_1 = h'_2 \cdot \frac{F_2}{F_1}$$

$$\text{Mà } h_2 = h'_2 \cdot \text{Sin} \alpha \Rightarrow \Delta P = \gamma h'_2 \left( \frac{F_2}{F_1} + \text{Sin} \alpha \right)$$

Thay đổi (có thể thay đổi thang đo có thể đến  $30 \text{ mmH}_2\text{O}$  do  $h'_2 > h_2$  nên dễ đọc hơn do đó sai số giảm.

4- Khí áp kế thủy ngân: Là dụng cụ dùng đo áp suất khí quyển, đây là dụng cụ đo

khí áp chính xác nhất.



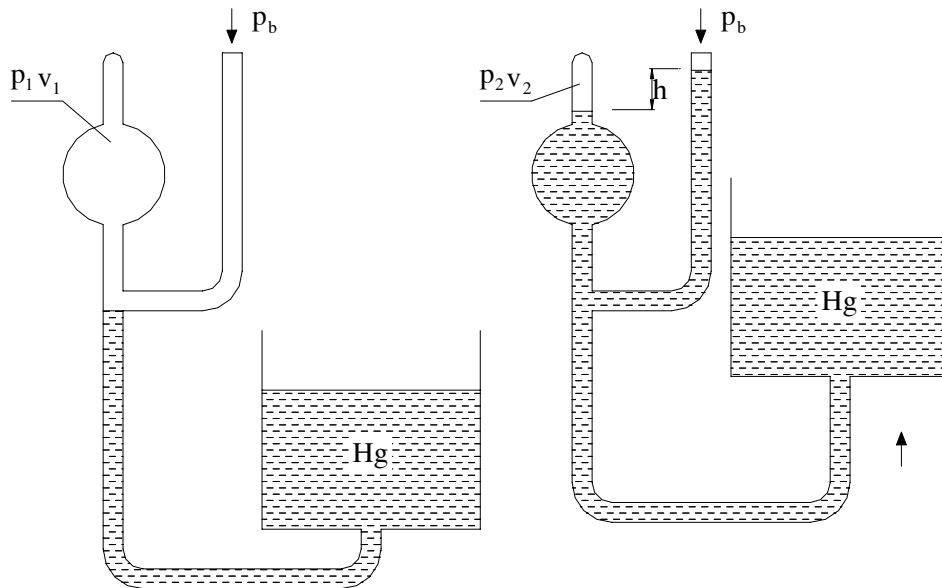
$$P_b = h \cdot \gamma_{Hg}$$

Sai số đọc 0,1mm

Nếu sử dụng loại này làm áp kế chuẩn thì phải xét đến môi trường xung quanh do đó thường có kèm theo 1 nhiệt kế để đo nhiệt độ môi trường xung quanh để hiệu chỉnh.

5- Chân không kế McLeod:

Đối với môi trường có độ chân không cao, áp suất tuyệt đối nhỏ người ta có thể chế tạo dụng cụ đo áp suất tuyệt đối dựa trên định luật nén ép đoạn nhiệt của khí lý tưởng.



**Nguyên lý :** Khi nhiệt độ không đổi thì áp suất và thể tích tỷ lệ nghịch với nhau.

$$P_1 V_1 = P_2 \cdot V_2 \quad \text{Loại này dùng ta để đo chân không.}$$

Đầu tiên giữ bình Hg sao cho mức Hg ở ngay nhánh ngã 3. Nối  $P_1$  (áp suất cần đo) vào rồi nâng bình lên đến khi được độ lệch áp là  $h \Rightarrow$  trong nhánh kín có áp suất  $P_2$  và thể tích  $V_2$ .

$$\Rightarrow P_2 = P_1 + \gamma h \quad \Rightarrow V_2(P_1 + \gamma h) = P_1 \cdot V_1 \quad \Rightarrow P_1 = \frac{h \cdot \gamma \cdot V_2}{V_1 - V_2}$$

- Nếu  $V_2 \ll V_1$  thì ta bỏ qua  $V_2$  ở mẫu  $\Rightarrow P_1 = \frac{h \cdot \gamma \cdot V_2}{V_1}$

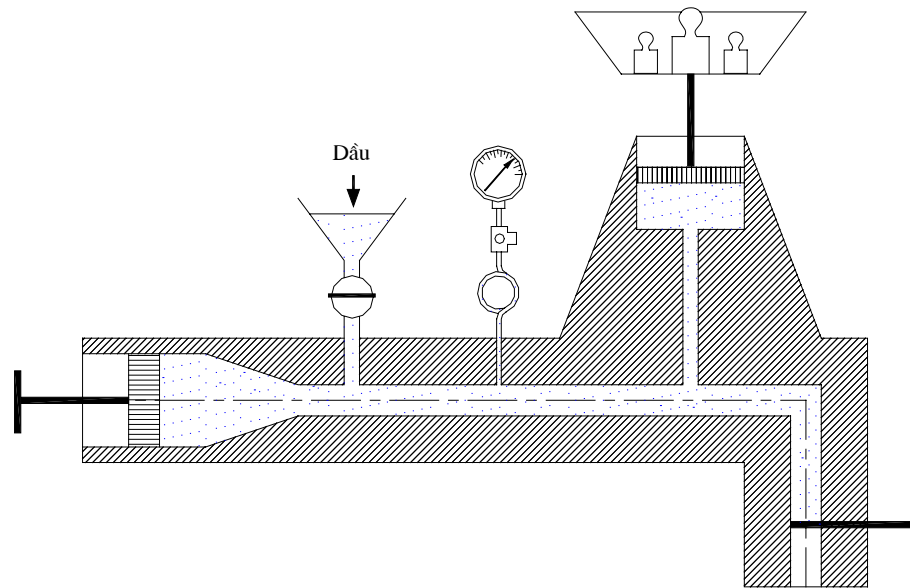
- Nếu giữ  $\frac{V_2}{V_1}$  là hằng số thì dụng cụ sẽ có thang chia độ đều.

- Khoảng đo đến  $10^{-5}$  mm Hg.

Người ta thường dùng với  $V_{\text{max}} = 500 \text{ cm}^3$ , đường kính ống  $d = 1 \div 2,5 \text{ mm}$

#### 6. Áp kế Pitston :

Chủ yếu dùng trong phòng thí nghiệm có độ chính xác cao, dùng căn chỉnh đồng hồ.



Khe hở giữa pít tông và xi lanh S phải thích hợp. Nếu S nhỏ thì ma sát lớn  $\Rightarrow$  độ nhạy kém. Nếu S lớn  $\Rightarrow$  dầu lọt ra ngoài nhiều  $\Rightarrow$  không chính xác.

$S_{\text{pt}} = 0,5 \text{ cm}^2$  môi chất dùng là dầu biến áp hay dầu hỏa hoặc dầu tua bin hoặc dầu khoáng.

Tùy thuộc vào khoảng áp suất cần đo mà chọn độ nhớt dầu thích hợp. Khi nạp dầu thường nạp vào khoảng 2/3 xi lanh. Thường dùng loại này làm áp kế chuẩn để kiểm tra các loại khác.

Hạn đo trên thường : 2,5 ; 6,0 ; 250 ; 600 ; 2 500 ; 10 000 ; 25 000 kG/cm<sup>2</sup>

CCX = 0,2 ÷ 0,02.

Đặc điểm của loại áp kế pít-tông thì trước khi sử dụng phải kiểm tra lại các quả cân.

### 3.2.2. Loại dùng trong công nghiệp

Trong công nghiệp người ta thường dùng để đo hiệu áp suất gọi là *hiệu áp kế*

**Áp kế và hiệu áp kế đàn hồi.**

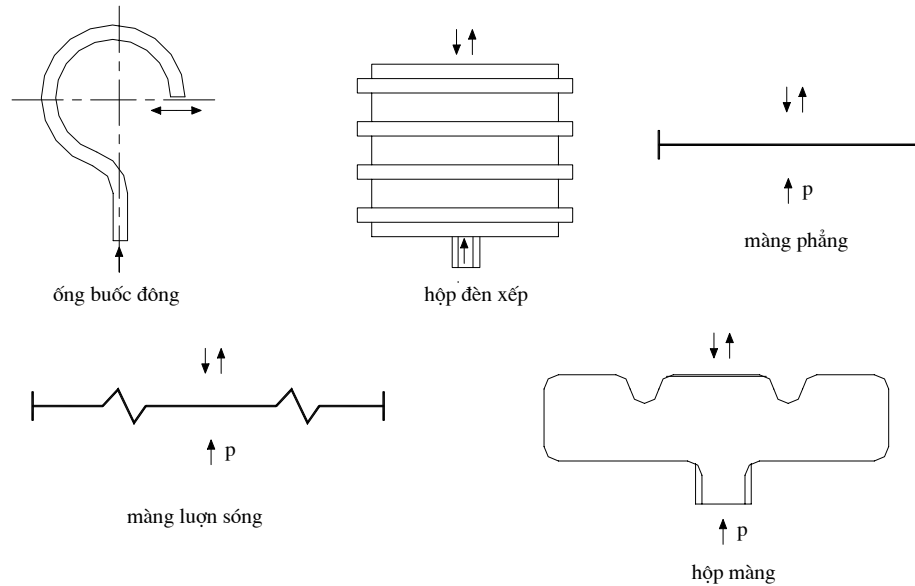


Bộ phận nhạy cảm các loại áp kế này thường là ống đàn hồi hay hộp có màng đàn hồi, khoảng đo từ 0 ÷ 10 000 kG/ cm<sup>2</sup> và đo chân không từ 0,01 ÷ 760 mm Hg.

Đặc điểm của loại này là kết cấu đơn giản, có thể chuyển tín hiệu bằng cơ khí, có thể sử dụng trong phòng thí nghiệm hay trong công nghiệp, sử dụng thuận tiện và rẻ tiền.

+ *Nguyên lý làm việc*: Dựa trên sự phụ thuộc độ biến dạng của bộ phận nhạy cảm hoặc lực do nó sinh ra và áp suất cần đo, từ độ biến dạng này qua cơ cấu khuếch đại và làm chuyển dịch kim chỉ (*kiểu cơ khí*).

+ Các loại bộ phận nhạy cảm:



+ Cấu tạo và phạm vi ứng dụng:

\* **Màng phẳng** :

- Nếu làm bằng kim loại thì dùng để đo áp suất cao.
- Nếu làm bằng cao su vải tổng hợp, tấm nhựa thì đo áp suất nhỏ hơn (loại này thường có hai miếng kim loại ép ở giữa).
- Còn loại có nếp nhăn nhằm tăng độ chuyển dịch nên phạm vi đo tăng.
- Có thể có lò xo đàn hồi ở phía sau màng.

\* **Hộp đèn xếp** : có 2 loại

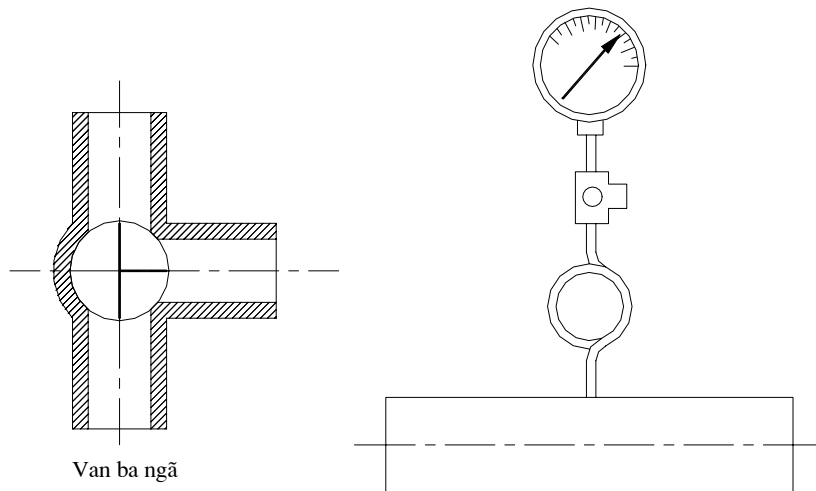
- Loại có lò xo phản tác dụng, loại này màng đóng vai trò cách ly với môi trường. Muốn tăng độ xê dịch ta tăng số nếp gấp thường dùng đo áp suất nhỏ và đo chân không.
- Loại không có lò xo phản tác dụng.

\* **Ống bước đồng**: Là loại ống có tiết diện là elíp hay ô van uốn thành cung tròn ống thường làm bằng đồng hoặc thép, nếu bằng đồng chịu áp lực <math> < 100 \text{ kG/cm}^2 </math> khi làm bằng thép (<math> 2000 \div 5000 \text{ kG/cm}^2 </math>). Và loại này có thể đo chân không đến <math> 760 \text{ mm Hg} </math>.

. Khi chọn ta thường chọn đồng hồ sao cho áp suất làm việc nằm khoảng <math> 2/3 </math> số đo của đồng hồ.

. Nếu áp lực ít thay đổi thì có khi chọn <math> 3/4 </math> thang đo.

**Chú ý:** - Khi lắp đồng hồ cần có ống xi phông để cản lực tác dụng lên đồng hồ và phải có van ba ngã để kiểm tra đồng hồ.



- Khi đo áp suất bình chất lỏng cần chú ý đến áp suất thủy tĩnh.
- Khi đo áp suất các môi trường có tác dụng hóa học cần phải có hộp màng ngăn.
- Khi đo áp suất môi trường có nhiệt độ cao thì ống phải dài 30 ÷ 50 mm và không bọc cách nhiệt.
- Các đồng hồ dùng chuyên dụng để đo một chất nào có tác dụng ăn mòn hóa học thì trên mặt người ta ghi chất đó.
- Thường có các lò xo để giữ cho kim ở vị trí 0 khi không đo.

### 3.3. MỘT SỐ LOẠI ÁP KẾ ĐẶC BIỆT

Trong phạm vi chân không cao và áp suất siêu cao hiện nay người ta đều dùng phương pháp điện để tiến hành đo lường, các dụng cụ đo kiểu điện cho phép đạt tới những hạn đo cao hơn và có thể đo được áp suất biến đổi rất nhanh.

**Chân không kế kiểu dẫn nhiệt :** Hệ số dẫn nhiệt của chất khí ở áp suất bình thường thì không có quan hệ với áp suất nhưng ở điều kiện áp suất tương đối nhỏ thì người ta thấy tồn tại quan hệ trên. Nhiệt độ dây dẫn khi đã cân bằng nhiệt sẽ thay đổi tùy theo hệ số dẫn nhiệt của khí và dùng cầu điện không cân bằng để xác định điện trở dây dẫn ta sẽ biết được độ chân không tương ứng.

**Chân không kế Ion :** Nhờ hiện tượng ion hóa tạo nên dòng ion trong khí loãng có quan hệ với áp suất nên từ trị số của dòng ion người ta xác định được độ chân không của môi trường. Có nhiều cách thực hiện việc ion hóa như : *dùng tác dụng của từ trường và điện trường, sự dục phát xạ của catốt được đốt nóng khi có điện*

áp trên anôt, dùng sự phóng xạ ... và tùy theo các cách đó mà ta có các chân không kế khác nhau.

**Áp kế kiểu áp từ :** Áp suất tạo ra ứng lực cơ học trong vật liệu sắt từ biến đổi sẽ làm biến đổi hệ số dẫn từ của vật liệu đó. Lợi dụng hiệu ứng áp từ ta có thể chế tạo được bộ nhạy cảm kiểu áp từ.

**Áp kế áp suất điện trở :** Muốn đo những áp suất lớn hơn  $10.000 \text{ kG/cm}^2$  hiện nay hầu như chỉ có 1 cách duy nhất là dùng bộ phận nhạy cảm áp suất điện trở làm áp kế.

### 3.4. CÁC CÁCH TRUYỀN TÍN HIỆU ĐI XA

Trong đo lường thường sử dụng các thiết bị để truyền tín hiệu đi xa, các tín hiệu

đó là : - Góc quay trong ống bước đồng  $P \Rightarrow \alpha$

- Sự chuyển dịch thẳng (màng)  $P \Rightarrow h, x$

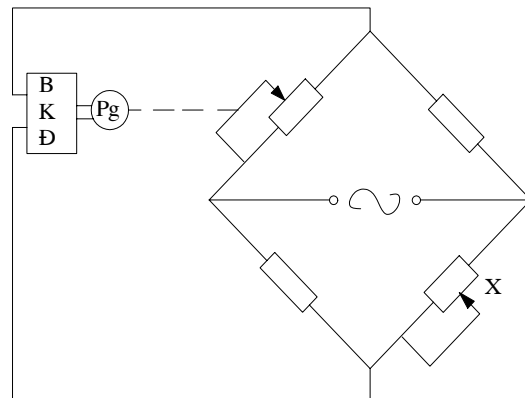
- Góc quay kết hợp với đo tổng giá trị góc và vận tốc quay tức thời.

- Độ nén, ép và mômen quay trong của sơ đồ bù.

Để truyền tín hiệu đi xa người ta thường dùng các hệ thống điện và khí nén.

#### 3.4.1. Hệ thống dùng biến trở

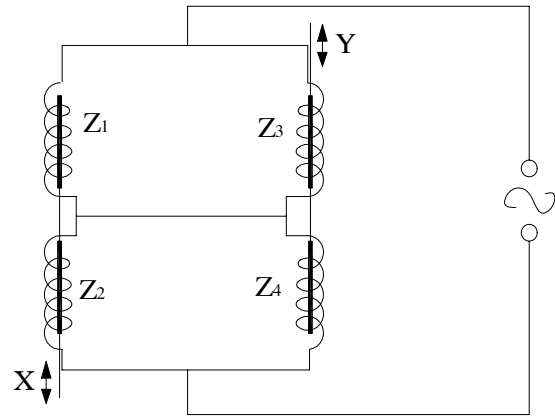
Trong hệ thống truyền tín hiệu này dùng máy tạo nên độ chuyển dịch cơ giữa tiếp điểm trượt với biến trở nhờ đó có thể dựa vào sự biến đổi của điện trở để tìm ra giá trị của lượng cần đo. Và nhờ cầu điện để xác định độ biến đổi của điện trở. Ngoài ra ta còn có thể dùng điện thế kế để xác định độ biến đổi của điện trở.



#### 3.4.2. Hệ thống truyền xa kiểu cảm ứng

*Nguyên lý làm việc:*

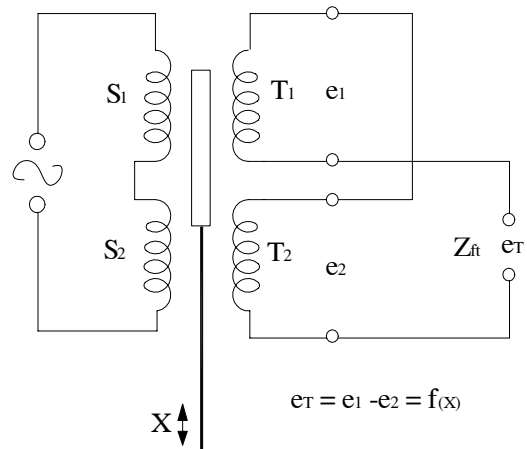
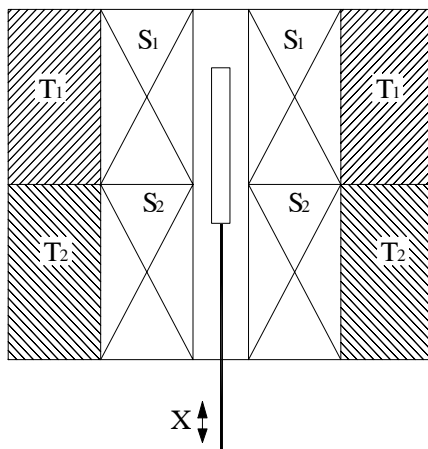
Nếu đưa vào trong cuộn dây có dòng điện đi qua lõi sắt thì điện cảm của dây sẽ tăng lên và phụ thuộc vào vị trí của lõi sắt, biến đổi độ xê dịch của lõi sắt và làm thay đổi của điện cảm qua các cuộn. Mà sự thay đổi điện cảm này dẫn đến làm thay đổi vị trí của lõi sắt kia. Khi  $X = 0$  thì lõi sắt nằm giữa các



cuộn dây. Khi  $X \neq 0$  thì có dòng  $I \neq 0$ , dòng điện ở cuộn thứ cấp thay đổi tương ứng với dòng sơ cấp. Thường dùng mỗi cuộn dây có 3100 vòng làm bằng Cu

$$\phi = 0,64 \text{ mmn} \Rightarrow Z = 20,8 \div 21,8 \Omega.$$

### 3.4.3. Máy biến áp sai động



Khi có điện áp  $U$  xoay chiều thì trong cuộn thứ cấp xuất hiện sđđ cảm ứng  $e_1$  và  $e_2$ . Trị số lệch pha của 2 sđđ này phụ thuộc vào vị trí và chiều chuyển động của lõi sắt.

**Cấu tạo :** thường mỗi cuộn sơ cấp 2700 vòng, mỗi cuộn thứ cấp 4000 vòng.

Dây đồng  $\phi$  0,27 mm       $U = 2,5 \div 6,3 \text{ v}$

Đầu tiên chỉnh sao cho :  $X = 0$        $e_T = 5\text{mv}$

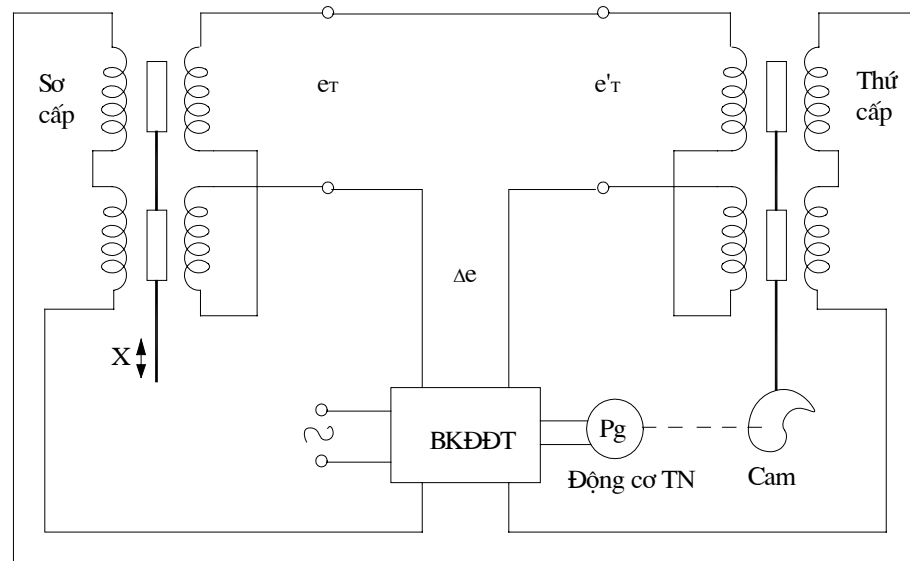


Dòng do  $e_T$  sinh ra  $I = \frac{M_1 U - M_2 U}{2Z + Z_{ft}}$  với  $M_1$  và  $M_2$  là hệ số hổ cảm của cuộn

dây  $s_1$  và  $s_2$ ,  $Z$  - trở kháng của cuộn thứ cấp,  $Z_{ft}$  - trở kháng của phụ tải.

Trong một số trường hợp để thuận tiện cho việc chỉnh định thì các lõi sắt được gắn trên một thanh để dàng xê dịch được.

### Hệ thống truyền đi xa dùng máy biến áp sai động



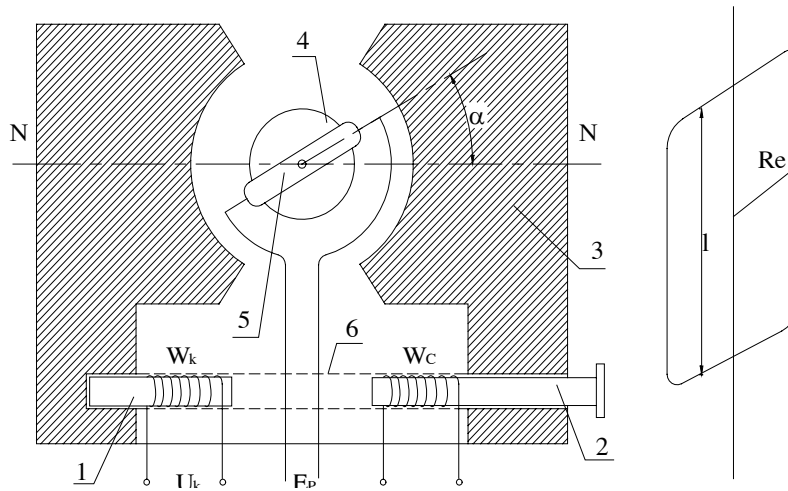
Các lõi sắt trong máy biến áp sai động được gắn trên một thanh để dàng xê dịch được.

**Nguyên lý hoạt động :** khi vị trí lõi sắt trong MBA phía sơ cấp và phía thứ cấp không như nhau thì  $e_T \neq e_T'$   $\Rightarrow$  xuất hiện  $\Delta e \neq 0$  và tín hiệu này được đưa vào BKĐĐT góc pha của  $\Delta e$  sẽ quyết định chiều quay của ĐCTN (Pg)  $\Rightarrow$  cam quay, đưa lõi sắt phía thứ cấp về vị trí tương ứng với lõi sắt phía sơ cấp cho đến khi  $\Delta e = 0$  thì động cơ dừng lại.

Thực tế góc lệch pha giữa cuộn sơ và thứ cấp  $\neq 0$  (do nhiệt độ khác nhau)  $\Rightarrow$  trong mạch thứ cấp sẽ sinh ra điện áp không thể nào cân bằng được. Nếu độ chênh nhiệt độ phía sơ cấp và phía thứ cấp là  $10^\circ\text{C}$  thì sai số khi dùng MBA này là  $0,1 \div 0,15\%$ .

Người ta sử dụng hệ thống này để truyền xa cho các áp kế, dùng màng đàn hồi...

**3.4.4. Bộ chuyển đổi sắt động**



1- Chốt cố định

4- Lõi sắt

2-Chốt di động

5- Khung dây

3-Gông đỡ

6- ống dây nối 2 chốt

**Nguyên lý :** Cuộn dây kích thích  $W_k$  quấn quanh chốt 1 và nuôi bởi dòng xoay chiều  $U_k$  50Hz 12 hoặc 60V.

Giả sử khung dây lệnh hướng N - N một góc  $\alpha$  thì trong khung xuất hiện sđđ

$$E_p = \frac{\omega}{\sqrt{2}} \cdot \phi \quad \Rightarrow \quad E_p = \frac{\omega}{\sqrt{2}} \cdot B_c \cdot l \cdot R_c \alpha$$

l - chiều dài khung

$R_c$  - bán kính khung

$\phi$  - số từ thông mắc vòng của khung dây

$B_c$  - trị số biên độ cảm ứng ở giữa khung dây

Trường hợp nếu  $B_c$  có quan hệ tuyến tính : Suy ra  $E_p = C \cdot \alpha$

Thường  $\alpha = (-20^\circ \div +20^\circ)$ ,

$E_p = -1v \div 1v$

Khi điều chỉnh cuộn chuyển dịch  $W_c$  thì  $E_p$

thay đổi đến khi  $\alpha = -20^\circ$  lúc đó  $E_p = 0$  và ta có

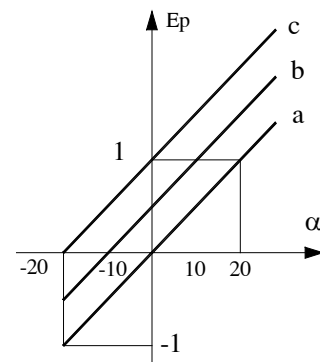
khoảng chia  $0 \div 40^\circ$ .

- a là đường khi không có cuộn dây chuyển dịch.

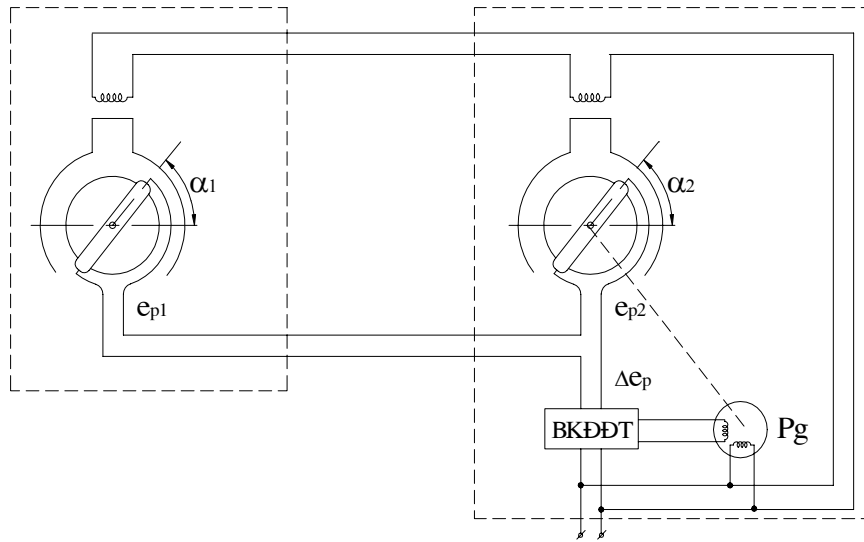
- b là đường khi có cuộn dây chuyển dịch.

- c là đường khi có cuộn dây chuyển dịch gấp 2 lần.

Để thay đổi độ dốc của đường đặc tính ta thay đổi bằng chốt di động 2.



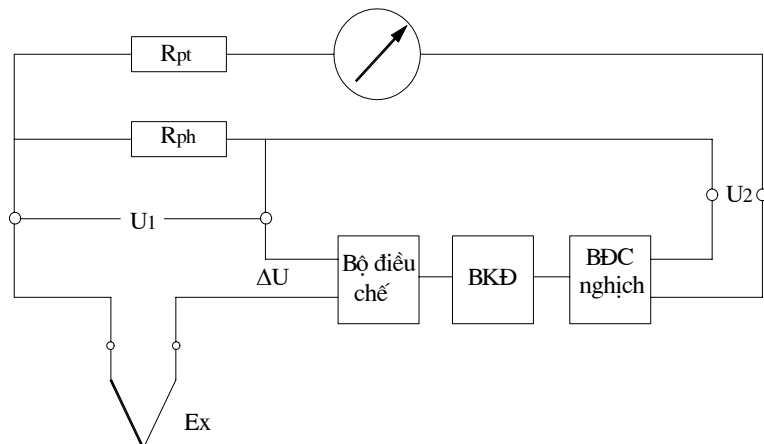
**Sơ đồ nguyên lý:**



Bộ chuyển đổi phía sơ cấp và phía thứ cấp hoàn toàn như nhau. Hai cuộn dây kích thích của chúng mắc nối tiếp và dùng chung một nguồn điện với bộ khuếch đại điện từ, 2 khung dây mắc nối tiếp ngược để so sánh suất điện động cảm ứng của 2 bộ chuyển đổi với nhau, độ chênh lệch  $\Delta \epsilon$  giữa 2 suất điện động cảm ứng được đặt vào BKĐĐT => chuyển động của động cơ thuận nghịch (Pg). Động cơ này sẽ đưa khung dây của bộ chuyển đổi phía đồng hồ thứ cấp về vị trí tương ứng để  $\Delta \epsilon = 0$  lúc đó động cơ dừng lại và kết quả đo cũng được thể hiện trên đồng hồ thứ cấp. Hệ thống truyền xa sắt động thường hay dùng trong công nghiệp luyện kim, được dùng nhiều trong đo áp suất đo lưu lượng và đo mức cao của chất nước.

**3.4.5. Bộ chuyển đổi dùng cho cặp nhiệt**

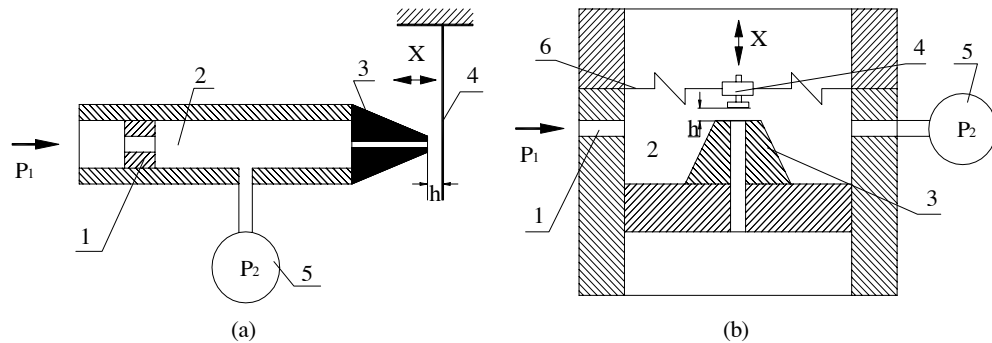
**Sơ đồ nguyên lý:**



**Nguyên lý :** Khi lượng cần đo (nhiệt độ) biến đổi dẫn đến xuất hiện hiệu điện thế giữa sdd Ex của cặp nhiệt hoặc giữa điện áp không cân bằng của cầu điện. Với điện áp phản hồi  $U_1$  trên điện trở Rph đưa vào bộ điều chế rồi qua BKĐ và bộ điều chế nghịch. Dòng điện đi ra từ BĐCN qua đồng hồ đo qua Rpt và qua Rph đồng hồ sẽ cho biết trị số của lực cần đo khi  $U_1$  có trị số đủ bù Ex ( $U = 0$ ).

### 3.4.6. Bộ chuyển đổi dùng khí nén

Tùy theo ống phun đặt ngoài hay đặt trong buồng trung gian mà ta gọi là BCD ống phun trong ngoài.

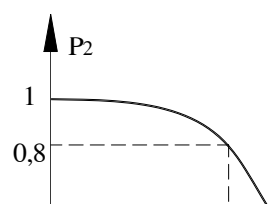


*a- Bộ chuyển đổi dùng ống phun ngoài    b - Bộ chuyển đổi dùng ống phun trong*

a- Khí nén dùng cho bộ chuyển đổi là không khí có áp suất  $P_1 = \text{const}$  ( $P_1 = 0,4 \div 1 \text{ KG/cm}^2$ ) lấy từ nguồn cấp khí nén đã làm sạch bụi bẩn, không khí nén đi qua cửa tiết lưu 1 có trở lực không đổi và vào buồng trung gian 2, rồi qua cửa tiết lưu trở lực biến đổi 3 và thoát ra ngoài. Khi lượng cần đo (X) biến đổi thì tín hiệu tác động lên tấm chắn 4 sẽ biến đổi  $\Rightarrow h$  biến đổi  $\Rightarrow P_2$  sẽ đặc trưng cho lượng cần đo. Nhờ đường dẫn từ buồng 2 tới buồng đo 5 của đồng hồ thứ cấp tạo nên số chỉ, bộ chuyển đổi trên có tín hiệu vào là X mà X thường nhỏ ( $0,02 \div 0,05\text{mm}$ )  $\Rightarrow$  khó chính xác.

b- ở sơ đồ b (bộ chuyển đổi trong) khi tín hiệu vào X thay đổi áp suất (chỉ huy)  $P_2$  sẽ biến đổi cho tới khi lực do  $P_2$  tác dụng lên màng 6 cân bằng với lực tác dụng của tín hiệu vào, ở đây nhờ phương pháp bù lực nên áp suất không khí  $P_1$  có thể biến đổi trong phạm vi  $\pm 10\%$  mà vẫn không ảnh hưởng tới độ chính xác của tín hiệu ra  $P_2$ .

Hầu như tất cả các dụng cụ khí



nén kiểu hiện đại đều dùng bộ  
chuyển đổi kiểu ống phun tấm chắn.

Trong các thiết bị  $h < 0,1\text{mm}$   
thì ta xây dựng được quan hệ

$$P_2 = f(h) \quad (\text{khi } P_1 = 1)$$

### 3.4.7. Bộ chuyển đổi kiểu Điện - Khí nén

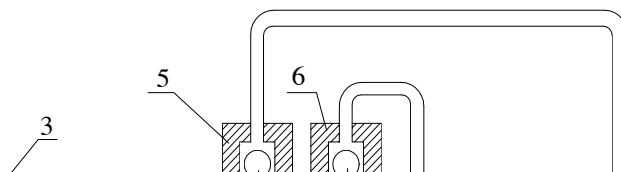
**Nguyên lý :** Tạo nên một lực tỷ lệ với dòng điện 1 chiều rồi đo lực đó bằng cách bù lực tạo bởi hệ thống khí nén (đã biến tín hiệu một chiều thành tín hiệu khí nén có áp suất tỷ lệ dòng một chiều).

Tín hiệu vào là dòng 1 chiều  $I_v$  và tùy theo chiều dòng điện mà nam châm hút hay đẩy  $\Rightarrow$  3 bị tác động làm bi 7 xê dịch so với ống phun 5  $\Rightarrow$  áp suất trong nhánh phần tử "ống phun - bi" sẽ thay đổi đồng thời áp suất đầu ra  $P_2$  của BKĐKN 9 thay đổi và lực phản hồi do khí nén tác dụng lên bi 8 đặt vào đòn bẩy sẽ biến đổi tới khi cân bằng lực do cuộn 2 gây nên.

Lò xo 4 dùng xác định trị số ban đầu khi tín hiệu vào  $I_v = 0$  thì  $P_2 = 0,2 \text{ kG/cm}^2$ .

$P$  là nguồn không khí có áp suất  $0,4 \text{ kG/cm}^2$  dòng điện 1 chiều  $I_v = 0 \div 5 \text{ mA} \Rightarrow$

$P_2 = 0,2 \div 1 \text{ kG/cm}^2$ .



1- Nam châm

2- Cuộn dây

3- Cánh tay đòn

4- Lò xo

5- 6- Ống phun

7- 8- Bi

9- Bộ khuếch đại khí nén

## CHƯƠNG 4 : ĐO LƯỜNG LƯỢNG CỦA MÔI CHẤT

Trong các quá trình nhiệt thường đòi hỏi phải luôn luôn theo dõi lưu lượng môi chất. Đối với thiết bị truyền nhiệt và thiết bị vận chuyển môi chất thì lưu lượng môi chất trực tiếp đặc trưng cho năng lực làm việc của thiết bị. Vì vậy khi kiểm tra lưu lượng môi chất sẽ giúp ta có thể trực tiếp phán đoán được phụ tải của thiết bị và tình trạng làm việc của thiết bị về mặt an toàn và kinh tế.

Trong đời sống hàng ngày cũng như trong công nghiệp, đo lưu lượng là công việc rất bức thiết. Người ta thường phải đo lưu lượng của các chất lỏng như nước, dầu, xăng, khí than...

### 4.1. ĐỊNH NGHĨA VÀ ĐƠN VỊ LƯU LƯỢNG

Lượng vật chất (hoặc năng lượng) được vận chuyển đi trong một đơn vị thời gian :

$$G = \frac{\Delta G}{\Delta t} = \frac{dG}{dt}$$

Lưu lượng tích phân đó là tổng hợp lượng vật chất chuyển đi trong một khoảng thời gian :

$$G_s = \int_{t_1}^{t_2} G . dt$$

Đơn vị : kg/s ; m<sup>3</sup>/s (khí)

Ngoài ra kg/h ; tấn /h ; l/phút ; m<sup>3</sup>/h .

Khi đơn vị là : m<sup>3</sup>/s => lưu lượng thể tích Q

$$G = \gamma . Q \quad (\gamma - \text{là trọng lượng riêng của môi chất cần đo})$$

### 4.2. ĐO LƯỜNG LƯỢNG THEO LƯU TỐC

Nếu biết được tiết diện F và vận tốc trung bình  $\omega_{tb}$ .

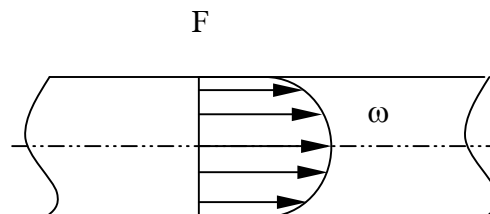
$$\Rightarrow Q = F . \omega_{tb} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

#### 4.2.1. Cách xác định vận tốc trung bình

Ta sử dụng ống đo áp suất động

*a- Xác định vận tốc trung bình = thực nghiệm:*

Nguyên lý : Chia tiết diện ống thành nhiều diện tích nhỏ bằng nhau và phân bố một cách đối xứng, và trong mỗi tiết diện nhỏ đó xem vận tốc tại mỗi điểm là như nhau.

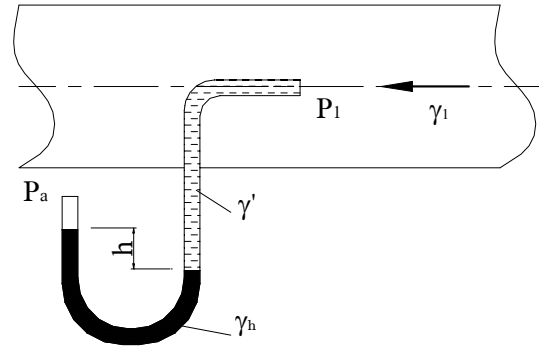


$$\Rightarrow \omega_{tb} = \frac{\sum^n \omega_i}{n}$$

Nếu ta đặt ống đo áp suất động tại điểm  $i$  thì áp suất tĩnh :

$$\Delta P_i = (\gamma_h - \gamma') \cdot h_i$$

$$\omega_{tb} = \sqrt{\frac{2g}{\gamma_1} \cdot \Delta P_{tb}} = \sqrt{\frac{2g}{\gamma_1} \cdot (\gamma_h - \gamma') h_{tb}}$$



$\gamma'$ : trọng lượng riêng của phần chất lỏng nằm trên  $\gamma_h$  (thường  $\gamma' = \gamma_h$ ).

$\gamma_h$ : trọng lượng riêng của chất có độ chênh áp là  $h_i$ .

$\gamma_1$ : trọng lượng riêng môi chất cần đo lưu lượng.

$$\sqrt{h_{tb}} = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{\sum h_i}$$

$$\Rightarrow Q = \omega_{tb} \cdot F \quad \text{và} \quad G = \gamma \cdot Q$$

Chú ý : - Nếu tiết diện ống hình chữ nhật thì ta chia thành nhiều hình chữ nhật nhỏ đối xứng và đo tốc độ tại các diện tích nhỏ này.

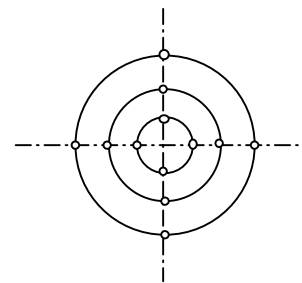
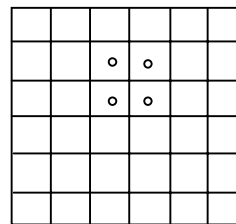
- Nếu tiết diện ống là hình tròn thì ta dùng trong đường tâm bán kính  $r_1$

;  $r_i$  ;  $r_n$

$$r_i = R \sqrt{\frac{i}{2n}}$$

Nếu  $R = 150 \div 300$  mm chọn  $n = 3$

$R > 300$  mm chọn  $n = 5$



Sau khi xác định được  $\omega_1$  tại  $r_i \Rightarrow \omega_{tb}$

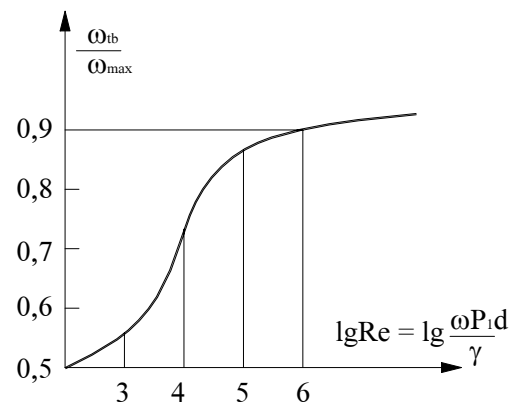
b-Xác định  $\omega_{tb}$  theo quan hệ  $\frac{\omega_{tb}}{\omega_{max}} = f(Re)$

Đồ thị NICURÁT

Nếu  $Re = 2.300$

Nếu  $Re > Re_{th}$  chảy rối

Nếu  $Re < Re_{th}$  chảy tầng





Đối với dòng chảy tầng  $\omega_{tb} = \frac{1}{2} \omega_{\max}$

Đối với dòng chảy rối  $\omega_{tb} = 0,84 \omega_{\max}$

#### 4.2.2. Ống pi tô

a- Nguyên lý: Chất lỏng chảy trong ống khi bị ngăn lại thì động năng  $\rightarrow$  thế năng  
Đo sự biến đổi này và dựa vào đó  
 $\Rightarrow$  Vận tốc của chất lỏng.

$$P_1 - P_2 = P_d = h \cdot \gamma_h$$

và theo phương pháp becnulu

$$\int_{\omega_1}^{\omega_2} \omega \cdot d\omega = -g \int_{P_1}^{P_2} \frac{dP}{\gamma}$$

$\omega_1$  : tốc độ dòng tại điểm đo.

$\omega_2$  : dòng chắn lại (= 0).

$$\Rightarrow \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2} = -\frac{g}{\gamma} (P_2 - P_1) \text{ thường } \omega_2 = 0 \Rightarrow \omega_1 = \sqrt{\frac{2g(P_2 - P_1)}{\gamma_1}}$$

Vậy muốn đo  $\omega_2$  ta cần đo giá trị áp tại điểm đó.

**Đối với chất khí:**

Thì  $\gamma$  phụ thuộc áp suất  $\Rightarrow$  ta đưa ra đại lượng số max  $M = \frac{\omega}{a}$

Khi  $M < 0,2$  thì dùng công thức trên

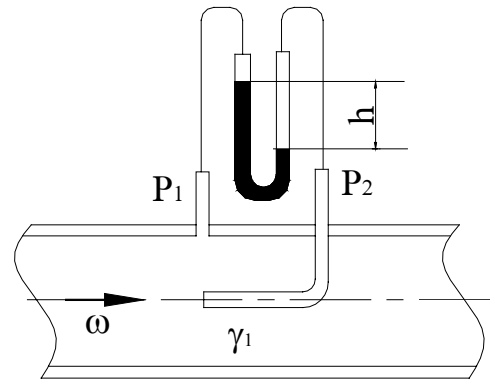
$$\text{Khi } M > 0,2 \text{ thì : } \omega_2 = \sqrt{2g \cdot \frac{K}{K-1} R T \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right]}$$

a : Tốc độ âm thanh

k : Số mũ đoạn nhiệt

T : nhiệt độ tuyệt đối khi khí chưa bị nén áp

Chú ý : khi đo bằng ống pitô thì dòng chảy cần phải ổn định, do đó cách này không phù hợp với vận tốc thay đổi vì có tổn thất áp suất  $P_1$  và  $P_2$  đo ở những điểm khác nhau  $\Rightarrow$  cần thêm một số hiệu chỉnh



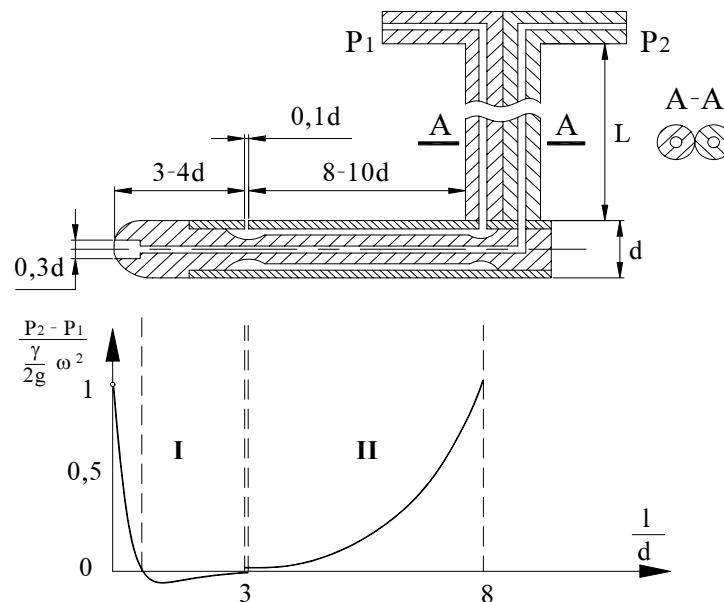
$$\xi = 0,98 \div 0,99 \Rightarrow \omega_T = \xi \cdot \omega_1$$

Ống đo  $P_2$  phải bền về cơ học và không thu hẹp dòng chảy rõ rệt.

$$d < 0,1 D \text{ thường, } d = 0,05 D$$

Ống đo  $P_1$  phải nhỏ để giảm áp lực do sức hút của dòng chảy.

*b- Cấu tạo ống pitô*



Ống đo gồm hai ống ghép lại ống đo áp suất toàn phần  $P_2$  nằm chính giữa và có lỗ đặt trực giao với dòng chảy, ống ngoài bao lấy ống đo  $P_2$  có khoan lỗ để đo áp suất tĩnh  $P_1$ . Phần đầu của ống pitô là nửa hình cầu, lỗ lấy áp suất động có vị trí  $(3 \div 4)d$ . Nhánh I là nhánh không chịu ảnh hưởng của ống đỡ ( $L$ ), nhánh II là nhánh chịu ảnh hưởng của ống đỡ.

Khi đo, ống có thể đặt lệch phương của dòng chảy đến  $(5 \div 6)^\circ$  mà không ảnh hưởng đến kết quả đo, số lượng lỗ khoan từ  $7 \div 8$  lỗ.

Trong thực tế ta dùng ống pitô để đo có đường kính là  $d = 12\text{mm}$  và trong phòng thí nghiệm dùng loại  $d = 5 \div 12\text{mm}$ , áp dụng sao cho tỷ số  $d/D < 0,05$  là tốt nhất ( $D$  : là đường kính ống chứa môi chất)

Khi đặt ở vị trí khác nhau thì phải thêm hệ số bổ chính  $\xi$ .

### 4.2.3. Đồng hồ đo tốc độ $\omega$

Các loại đồng hồ dùng đo trực tiếp tốc độ dòng chảy thường được dùng khá phổ biến, nhất là khi tốc độ dòng chảy tương đối nhỏ, khi đó dùng ống đo áp suất động để đo tốc độ dòng chảy không đảm bảo được độ chính xác cần thiết.

*a- Đồng hồ đo tốc độ của gió: Anemômet*

Cấu tạo : gồm 1 bộ phận nhạy cảm là một chong chóng rất nhẹ với các cánh hướng theo bán kính, làm bằng nhôm (mêca).



$$n = C \cdot \omega$$

$$n : \text{Số vòng được xác định} \quad n = \frac{N}{\tau_2 - \tau_1} \quad (\text{vòng/ph})$$

$C$  : hệ số được xác định bằng thực nghiệm.

Loại cánh phẳng thì có trục của nó song song dòng chảy và cánh nghiêng  $45^\circ$ .

Loại cánh gáo thì có trục vuông góc dòng chảy.

*Ứng dụng* : Dùng đo tốc độ dòng khí có áp suất dư không lớn, tốc độ dòng thu được là lưu tốc tại chỗ đặt đồng hồ. Loại này cũng không dùng được các khí có tính chất xung (thay đổi đột ngột) hướng trục và hướng dòng phải đặt chính xác.

Thay đổi vị trí đồng hồ trên tiết diện đường ống thì sẽ biết được trường tốc độ trong ống  $\Rightarrow \omega_{tb}$ .

Đồng hồ gió thường dùng để xác định khả năng làm việc của quạt gió trong công nghiệp. Đặc biệt là các thiết bị thông gió nó cũng dùng phổ biến trong đo lường của ngành khí tượng.

Đồng hồ đo tốc độ gió có thể dùng cơ cấu đếm số để đếm số vòng quay của chong chóng và cũng có loại không dùng cơ cấu đếm số mà dùng kim chỉ nhờ tác dụng của lực ly tâm. Loại này có đặt trên trục chong chóng 1 tải trọng li tâm hoặc giá quay nối với kim, nên kim sẽ di chuyển tới 1 vị trí nào đó thì dừng lại chỉ cho biết tốc độ dòng khí nên không cần thêm đồng hồ đo thời gian.

*b- Đồng hồ nước:*

Bộ phận nhạy cảm là chong chóng và trục của nó gắn với bộ phận đếm số :

$$Q = n.F/C$$

C : giá trị thực nghiệm.

F : tiết diện.

n : Số vòng quay vg/s.

Các cánh là cánh phẳng dùng đo nước có  $t = 90^{\circ}\text{C}$  ,  $P = 15 \text{ kG/ cm}^2$  và  $Q < 6 \text{ m}^3 /\text{h}$

Các loại đồng hồ nước chong

chóng xoắn thay cánh phẳng bằng trục vít đo được lưu lượng  $Q = 400 \div 600 \text{ m}^3/\text{h}$

$$n = K . \omega_{tb}/l$$

l : bước răng trục vít.

**Chú ý :** Nếu lưu lượng quá nhỏ thì nước lọt qua khe hở giữa cánh nước chong chóng và vỏ đồng hồ, ma sát tại điểm đỡ chong chóng sẽ làm quan hệ n và  $\omega_{tb}$  sẽ sai lệch => sai số. Muốn giảm bớt sai số do ma sát thì phải làm chong chóng và trục thật nhẹ (làm bằng vật liệu nhẹ, rỗng).

Khi phân bố tốc độ dòng nước thay đổi thì quan hệ giữa n và  $\omega_{tb}$  cũng biến đổi, muốn tránh nguyên nhân này gây nên thì phải đặt đồng hồ xa những nơi đường ống có trở lực cục bộ (van, cút, tê) làm dòng chảy bị rối loạn.

Đồng hồ nước chỉ được đặt trên những đoạn ống thẳng ngang đường kính ống bằng cửa vào và cửa ra của đồng hồ, đoạn ống thẳng trước đồng hồ phải đảm bảo 30D và phía sau phải > 15D.

Có thể đặt ống xiên và nước đi từ dưới lên.



Khi đặt thẳng đứng thì phía trước  $> 10D$  phía sau  $> 5D$ .

Các loại này khi chế tạo chú ý đến chất lượng chong chóng. Có thể làm từ kim loại rỗng hoặc nhựa sao cho trọng lượng riêng gần bằng trọng lượng của nước, khi lắp phải đúng tâm.

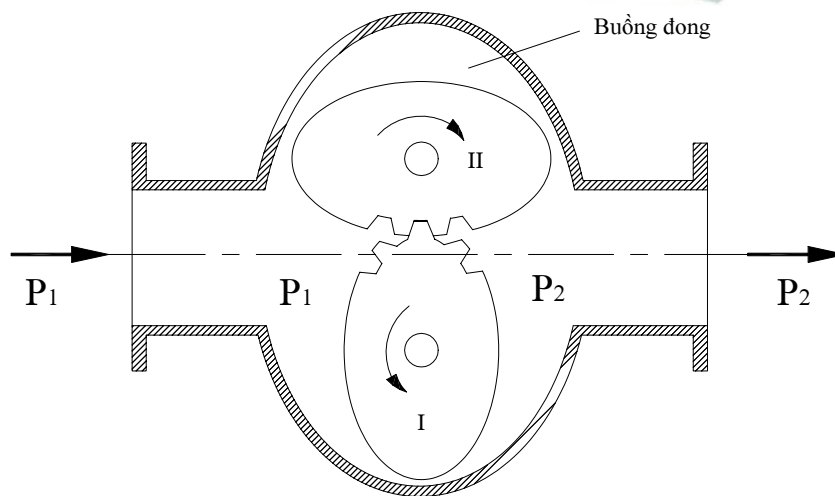
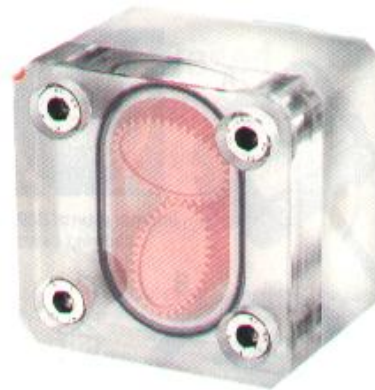
Ta thường dùng loại này để đo lưu lượng kiểu tích phân cơ cấu đếm số kiểu cơ khí và thường chia độ theo thể tích.

#### 4.3. ĐO LƯU LƯỢNG THEO PHƯƠNG PHÁP DUNG TÍCH

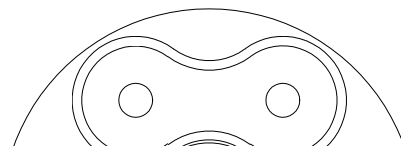
**Nguyên lý:** Cho môi chất vào đây buồng đong có dung tích đã biết, đồng thời tác dụng lên pittông là đĩa để tạo nên chuyển động có tính chu kỳ và môi chất trong buồng đong thoát đi để tiếp nhận môi chất mới. Ta dùng máy đếm số để đếm chu kỳ chuyển động trong khoảng thời gian  $\Delta t$  nào đó để xác định lưu lượng dòng chảy.

##### 4.3.1. Lưu lượng kế kiểu bánh răng

Thường dùng loại này để đo môi chất có độ nhớt cao như dầu mỏ



Chất nước có áp suất  $P_1$  sau khi qua lưu lượng kế sẽ có áp suất  $P_2$ . Vậy độ chênh lệch áp suất của dòng chảy



Ở vị trí như bánh răng II thì mômen quay do  $P_1$  tạo nên lớn hơn mômen quay do  $P_2$  tạo nên  $\Rightarrow$  bánh răng II sẽ quay theo chiều tác động của  $P_1$  và kéo theo bánh răng I chuyển động  $\Rightarrow$  bánh răng II là bánh chủ động còn bánh răng I là bị động. Nhiệm vụ chủ động và bị động của 2 bánh răng trên lần lượt thay thế và diễn ra liên tiếp nhau. Buồng đong chất nước rồi chuyển đi chính là do vỏ lưu lượng kế và bánh răng lúc ở vị trí như bánh răng II.

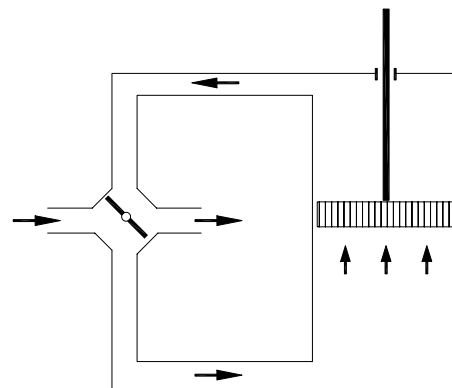
**Đặc điểm :**

- Mất mát áp suất nhỏ có thể đo được những chất có độ nhớt lớn.
- Sai số nhỏ và có thể đạt đến  $(0,3 \div 0,5)\%$  .
- Cấu tạo gọn nhẹ nhưng khó chế tạo nên tương đối đắt.

Khi đo lưu lượng là khí (môi chất khí) thì ta thay bánh răng trên thành bánh hình số 8. Độ chính xác có thể đạt được  $(1 \div 1,6)\%$ .

#### 4.3.2. Lưu lượng kế kiểu piston

Van 4 ngã được tự động thay đổi vị trí nhờ trang bị đặc biệt và có liên hệ với chuyển động của piston. Khi Piston chạy đến các đầu xi lanh chất nước lần lượt được đưa vào phía dưới và phía trên piston làm piston chuyển động và đẩy chất nước đã chứa đi.



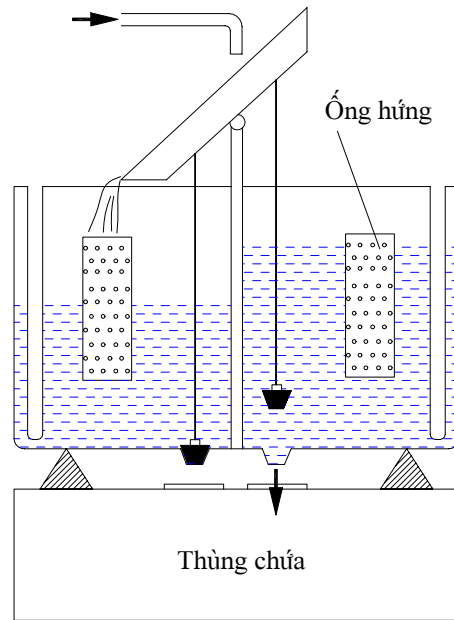
Bên ngoài xilanh của lưu lượng kế có thể thêm hộp áo hơi để gia nhiệt giảm độ nhớt môi chất.

Lưu lượng kế có thể làm việc với áp suất  $16 \div 40 \text{ kG/cm}^2$ , nhiệt độ chất nước tới  $185^\circ\text{C}$  và có thể đo lưu lượng từ  $1,3\text{m}^3/\text{h} \div 80\text{m}^3/\text{h}$ .

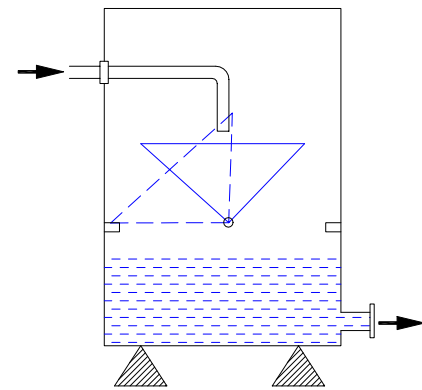
Loại này dùng đo chất lỏng độ nhớt lớn (dầu madút) sai số  $(1 \div 1,5)\%$ .

### 4.3.3. Thùng đong và phễu lật

Dùng để đo môi chất lỏng và rắn.



Thùng đong



Phễu lật

Phương pháp đo lưu lượng bằng thùng đong và phễu lật rất đơn giản dung tích của thùng đong và phễu lật đều đã biết cho nên chỉ cần đếm số lần máy dẫn và phễu lật chuyển động tương ứng trong 1 thời gian nào đó thì sẽ tính được lưu lượng chất nước. Loại này chỉ đo lưu lượng của chất nước ở áp suất khí quyển.

- Kiểu thùng đong rất chính xác.
- Kiểu phễu lật không được chính xác lắm vì chất nước sẽ bị bắn ra ngoài phễu, nhất là khi đo lưu lượng lớn mặt nước trong phễu bị sóng.

## 4.4. ĐO LƯU LƯỢNG THEO PHƯƠNG PHÁP TIẾT LƯU

#### 4.4.1. Thiết bị tiết lưu qui chuẩn

**1- Định nghĩa :** TBTL là thiết bị đặt trong đường ống làm dòng chảy có hiện tượng thu hẹp cục bộ do tác dụng của lực quán tính và lực ly tâm.

**2- Cấu tạo:** Như hình vẽ  
Khi qua thiết bị tiết lưu, chất lỏng sẽ bị mất mát áp

suất (P dòng chảy bị thu hẹp nhiều thì  $\Delta P$  càng lớn thường  $\Delta P < 1000\text{mmHg}$  ( $\Delta P$  được đo bằng hiệu áp kế).

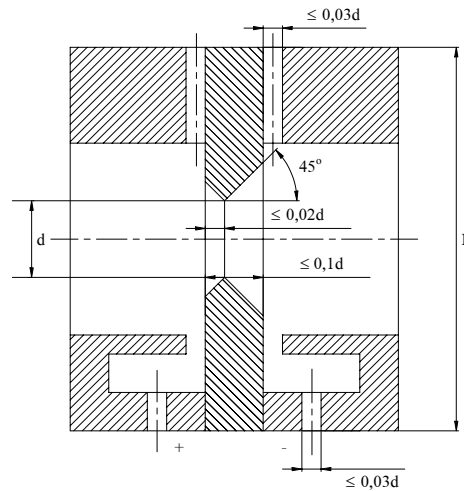
Xét về mặt cơ học chất lỏng thì quan hệ giữa lưu lượng và độ chênh áp suất phụ thuộc rất nhiều yếu tố như : kích thước, hình dạng thiết bị, tiết lưu, tình trạng lưu chuyển của dòng chảy, vị trí chỗ đo áp suất, tình trạng ống dẫn chất lỏng.

Quá trình tính toán tiết lưu có quy định phương pháp tính toán như sau :

- Dòng chảy liên tục (không tạo xung).
- Đường ống  $> 50$  mm. Nếu dùng ống Venturi thì đường ống  $> 100$  mm, vành trong ống phải nhẵn trong khoảng  $2D$ . Nhờ những nghiên cứu lý luận và thực nghiệm lâu dài và người ta đã giả định một số thiết bị tiết lưu qui chuẩn.

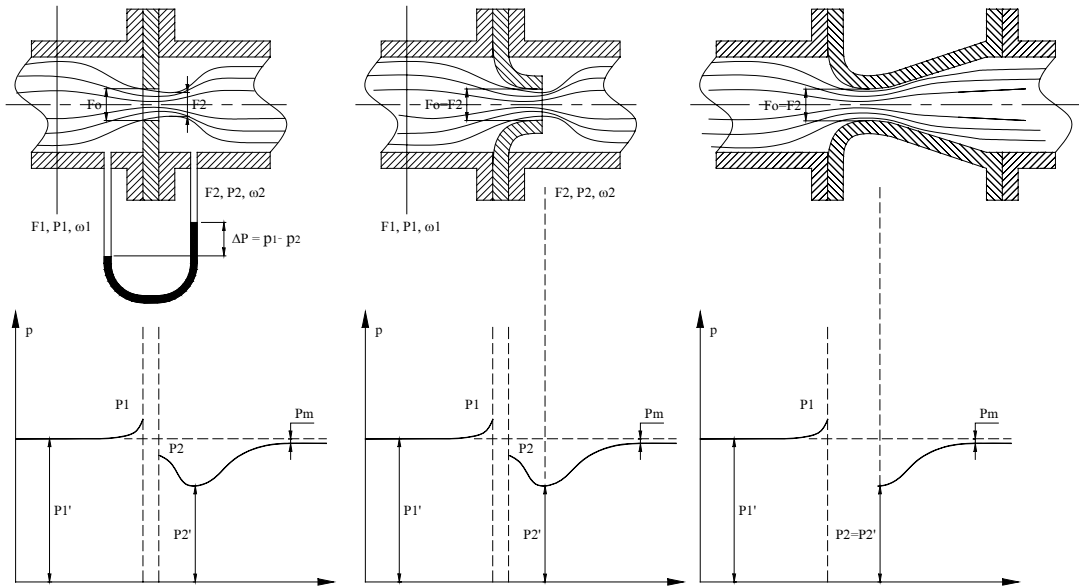
Hiện nay đây là phương pháp đo lưu lượng thông dụng nhất.

-Thiết bị TL qui chuẩn là thiết bị TL mà quan hệ giữa lưu lượng và giáng áp hoàn toàn có thể dùng phương pháp tính toán để xác định.



*Thiết bị tiết lưu qui chuẩn gồm 3 loại :*





- Vòng chặn tiết lưu  
( cửa nghẽn)
- Ống phun
- Ống Venturi quy chuẩn

**3- Nguyên lý đo lưu lượng:**

Ta chỉ xét vòng chắn :

Nhờ sự tổn thất của dòng khí qua thiết bị tiết lưu, dựa vào phương trình Bécnu-li tìm được tốc độ trung bình dòng tại tiết diện đo.

Xét tiết diện I và II ta có sự thay đổi động năng và thế năng :

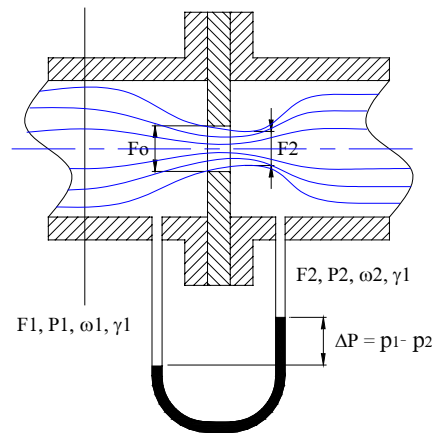
$$\int_{F_1}^{F_2 = F \text{ min}} \omega \cdot d\omega = -g \int_{F_1}^{F_2} \frac{dP}{\gamma}$$

Dựa vào phương trình liên tục ta có :

$$\gamma \cdot F \cdot \omega = \text{const} \tag{2}$$

a/ Trường hợp môi chất ít dãn nở  $\gamma = \text{const}$  :

Giả sử trong dòng chảy tổn thất năng lượng không có, vận tốc tại các điểm trên tiết diện  $F_1$  bằng vận tốc trung bình  $\omega_1$ , trên  $F_2$  là  $\omega_2$ .



$$\text{Nên từ (1)} \Rightarrow \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\omega_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\omega_2^2}{2g} \quad (3)$$

$$(2) \Rightarrow F_1 \cdot \omega_1 = F_2 \cdot \omega_2 \quad (4)$$

$$(4) \Rightarrow \omega_1 = \frac{F_2}{F_1} \cdot \omega_2 \cdot \frac{F_0}{F_0}$$

Ký hiệu  $\frac{F_2}{F_0} = n$  đặc trưng cho chế độ dòng chảy.

$\frac{F_0}{F_1} = m$  đặc trưng cho kích thước hình học.

$$\Rightarrow \omega_1 = m \cdot n \cdot \omega_2 ; \quad \omega_2 = \frac{1}{\sqrt{1 - m^2 \cdot n^2}} \sqrt{\frac{2g(P_1' - P_2')}{\gamma}}$$

$$\Rightarrow Q = \omega_2 \cdot F_2 = \omega_2 n \cdot F_0 = \frac{n \cdot F_0}{\sqrt{1 - m^2 \cdot n^2}} \sqrt{\frac{2g(P_1' - P_2')}{\gamma}}$$

Do  $F_2$  phụ thuộc vào chế độ dòng (n)

$\Rightarrow Q$  phụ thuộc vào chế độ dòng, độ mất mát áp suất và kích thước tấm tiết lưu.

Trong thực tế  $F_2$  rất khó xác định và khoảng cách giữa  $F_2$  đến tấm chắn cũng không thể xác định được. Do đó thực tế ta đo áp suất  $P_1$  và  $P_2$  ngay trước và sau tấm tiết lưu và  $\Rightarrow$  ta đưa ra hệ số  $\alpha$ .

$$Q = \alpha \cdot F_0 \cdot \sqrt{\frac{2g}{\gamma_1} \cdot \Delta P} \quad [m^3/s]$$

$\alpha$  : hệ số lưu lượng và xác định bằng thực nghiệm. Thực tế  $\alpha = f(\text{Re}, m)$

b/ Trường hợp m/c dẫn nở  $\gamma \neq \text{const}$  :

Để đơn giản người ta đưa vào hệ số  $\varepsilon$  nhằm vẫn giữ nguyên công thức như trước :

$$\Rightarrow Q = \varepsilon \cdot \alpha \cdot F_0 \cdot \sqrt{\frac{2g}{\gamma_1} \cdot \Delta P}$$

$\varepsilon$  : hệ số hiệu chỉnh (hệ số bành trướng), được xác định bằng thực nghiệm.

$$\varepsilon = f\left(m, \frac{\Delta P}{P_1}, \text{số mũ đoạn nhiệt } k\right)$$

Trong một số trường hợp không cần độ chính xác cao ta tính  $\varepsilon$  theo công thức sau ( $\omega < a$ ) :

$$\varepsilon = \frac{\alpha_k}{\alpha} \sqrt{\frac{1 - n_k^2 \cdot m^2}{1 - n_k^2 \cdot m^2 \cdot \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{2/k}}} \cdot \sqrt{\frac{P_1}{P_1 - P_2} \cdot \frac{k}{k-1} \left[ \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{2/k} - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}$$

Trong trường hợp ống Venturi  $\varepsilon = 1$  :

$$\text{Thay } F_0 = m \cdot F_1 \text{ ta có : } Q = \varepsilon \cdot \alpha \cdot m \cdot F_1 \cdot \sqrt{\frac{2g}{\gamma_1} (P_1 - P_2)}$$

4- Các tham số cần thiết :

#### a- Số Re :

Vì muốn đơn giản, ở trên ta xem phân bố tốc độ trong tiết diện ống dẫn là không đổi, thực tế không đúng như vậy, do có ma sát giữa môi chất và vách ống mà sự phân bố tốc độ của môi chất trong ống khác nhau và đặc tính của bất kỳ dòng chảy nào đều cũng được xác định bằng số Re ứng với trạng thái lúc làm việc.

$$Re = \frac{\omega \cdot D}{\gamma} \quad ; \quad Re_{th} = 2.300$$

- Dòng chảy tầng  $Re < Re_{th}$

- Dòng chảy rối  $Re > Re_{th}$

Người ta xác định Re bằng cách dự đoán lưu lượng nằm trong khoảng nào đó =>

$$\text{vận tốc dòng } \omega = \frac{Q \cdot 4}{\pi D^2} \Rightarrow Re = \frac{\omega D}{\gamma}$$

Sau khi xác định được Re ta suy ra các giá trị khác => Q rồi so sánh 2 giá trị đó cho đến khi sai số nằm trong khoảng cho phép.

#### b- Hệ số lưu lượng $\alpha$

$\alpha = f \{ m, n \}$  sự phân bố tốc độ dòng, tổn thất do ma sát  $\xi$  và cách lấy áp suất  $\Delta P$

Bằng thực nghiệm thì  $\alpha = f(m, Re)$

Đồ thị tính  $\alpha$  :

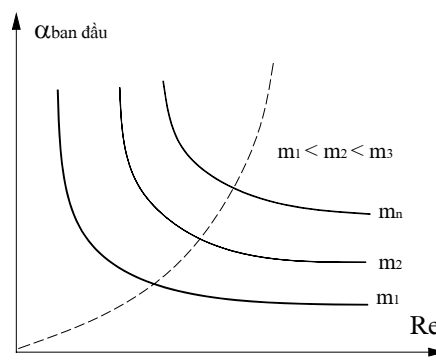
Nếu  $Re > Re_{th}$  thì  $\alpha = f(m) = e^1$

Nếu  $Re < Re_{th}$  thì  $\alpha = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot \alpha_{bd}$

Trong đó  $\alpha_{bd} = f(m)$

-  $a_1$  là hàm  $(Re, m)$  ( $Re < Re_{th}$ )

-  $a_2$  tính đến độ nhám của vách ống  $a_2$  :



-  $a_3 = f(D, m)$  đặc trưng độ côn của đường ống  $a_3$  được tính cho trường hợp ống chắn. Trong trường hợp này  $m = 0,05 \div 0,7$ .

Trong công nghiệp thường  $m = 0,2 \div 0,4$ .

### c- Hệ số hiệu chỉnh $\varepsilon$

$$\varepsilon = f\left(m, \frac{\Delta P}{P_1}, k\right)$$

$\varepsilon$  được tra bảng hoặc đồ thị.

Trong trường hợp này coi quá trình xảy ra là đoạn nhiệt.

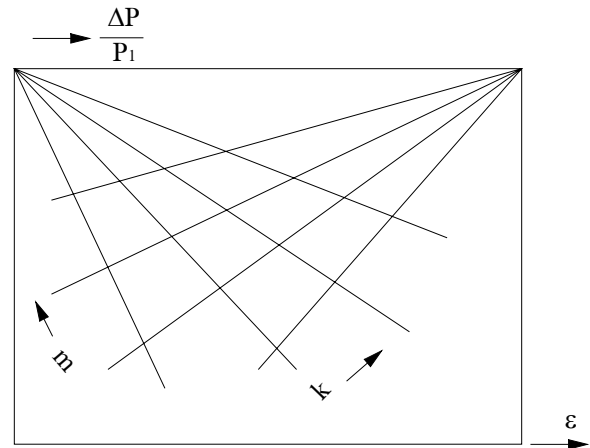
Thường đồng hồ đo ta chọn  $\varepsilon$

ứng với  $\Delta P$  trong khoảng  $2/3 Q_{\max}$

Trường hợp  $\frac{\Delta P}{P_1} < 0,06$

thì ta sử dụng công thức :

$$\varepsilon = 1 - \left[0,41 + 0,35 \cdot m^2\right] \frac{\Delta P}{K \cdot P_1} ; \text{ Sai số khoảng } 0,05\%.$$



### Chú ý khi tính $\varepsilon$ :

Khi  $Q$  thay đổi  $\Rightarrow \Delta P$  thay đổi  $\Rightarrow \varepsilon$  cũng biến đổi  $\Rightarrow$  khi tính toán ta lấy lưu lượng trung bình.

**d-  $\Delta P$  :**  $\Delta P = g \cdot \rho \cdot h$

Ngoài ra ta có  $m = f(D)$  mà  $D = f(t^\circ)$

Ví dụ :  $D_t = D_{20} [1 - C (t - 20)]$

$$d_t = d_{20} [1 - C' (t - 20)]$$

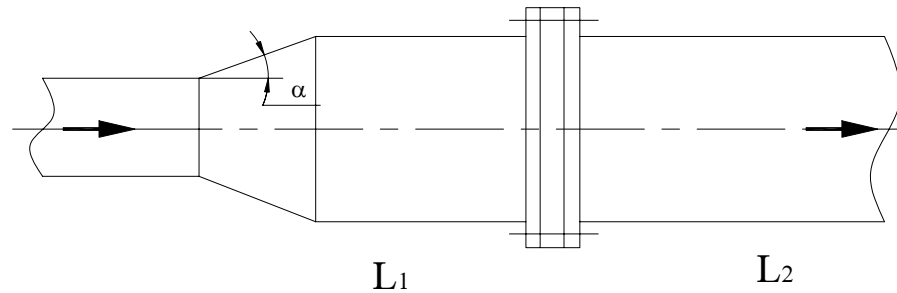
Chú ý :  $\gamma$  trong công thức là  $\gamma_1$  (chưa ảnh hưởng của tiết lưu), đối với chất nước thì chỉ quan hệ với  $t_0$ , khi ở áp suất cao thì mới chịu ảnh hưởng của áp suất, khi đo lưu lượng khí và hơi bão hòa thì phải tính đến điều kiện làm việc để có các hệ số hiệu chỉnh.

#### 4- Cách đặt thiết bị tiết lưu:

Các thiết bị tiết lưu có thể đặt trên đường ống nằm ngang, thẳng đứng, hoặc giữa hai mặt bích và phải đảm bảo đúng vị trí mới giảm được sai số đo. Đoạn ống

thẳng trước van khoảng  $L_1 \geq 5D$ , phía sau  $L \geq 2D$ . Dừng ống trong khoảng  $2D$  phải nhấn.

Tiết lưu phải đặt đúng tâm. Môi chất phải nằm trong trạng thái nhất định. Nếu hơi nước thì nên ở trạng thái quá nhiệt, nếu khí thì không nên có tạp chất và hơi nước.



Ứng với mỗi tiết lưu ta đã quy định ứng với mỗi loại đường ống khi ống không vừa thì ta phải thêm đoạn nối và  $\alpha$  phải nằm trong giá trị cho phép.

#### 5- Sai số đo lưu lượng:

Đo lưu lượng bằng phương pháp tiết lưu là phép đo gián tiếp, do đó sai số số chỉ lưu lượng được xác định theo phương pháp đo gián tiếp. Trong công thức tính lưu lượng ta thấy có một loại trị số dùng để tính toán là do kết quả đo của rất nhiều lần và một loại thường chỉ là kết quả của một lần đo.

- Loại thứ nhất gồm  $\alpha$  và  $\gamma$ . Sai số trung bình bình phương sai số ngẫu nhiên và sai số giới hạn của chúng đều đã biết và cho phép dùng định luật cộng sai số trung bình bình phương.
- Loại thứ hai gồm  $\Delta P$ ,  $t_1$ ,  $P_1$ ,  $d$ . Các trị số này thường là kết quả đo trực tiếp một lần.
- Các trị số  $\gamma_1$  và  $\gamma_t$  được lấy từ các bảng tra, đối với loại ta chỉ biết sai số lớn nhất của một lần đo.

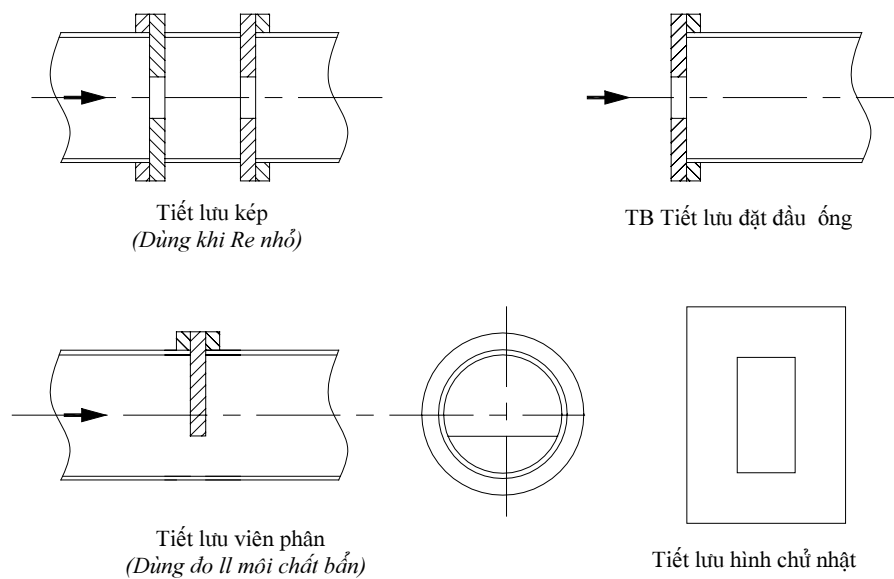
Nếu xét một cách chính xác thì chúng ta không thể dùng định luật cộng sai số trung bình bình phương để tính sai số đo lưu lượng từ hai loại sai số trên. Muốn dùng định luật cộng sai số trung bình bình phương ta xem sai số của thành phần loại thứ hai là sai số giới hạn (*gấp 3 lần sai số trung bình bình phương khi đo liên tục*).

#### 4.4.2. Thiết bị tiết lưu ngoại qui chuẩn

Thiết bị tiết lưu ngoại qui chuẩn là các thiết bị tiết lưu chưa đủ các số liệu thí nghiệm hoàn chỉnh, công thức tính lưu lượng hoàn toàn do tính toán tìm ra, không chắc chắn hoàn toàn đáng tin cậy và cũng khó ước đoán được sai số đo.

Tuy vậy nếu khi sử dụng chúng, ngoài việc tính toán ta dùng thí nghiệm để chia độ dụng cụ đo thì độ tin cậy của kết quả đo khá cao. Trong một số trường hợp đặc biệt ta dùng loại thiết bị tiết lưu ngoại qui chuẩn thích hợp hơn loại thiết bị tiết lưu qui chuẩn. Ví dụ : khi  $Re$  nhỏ, khi  $D < 50\text{mm}$ , môi chất bẩn, ...

Các loại thiết bị tiết lưu ngoại qui chuẩn hay dùng:

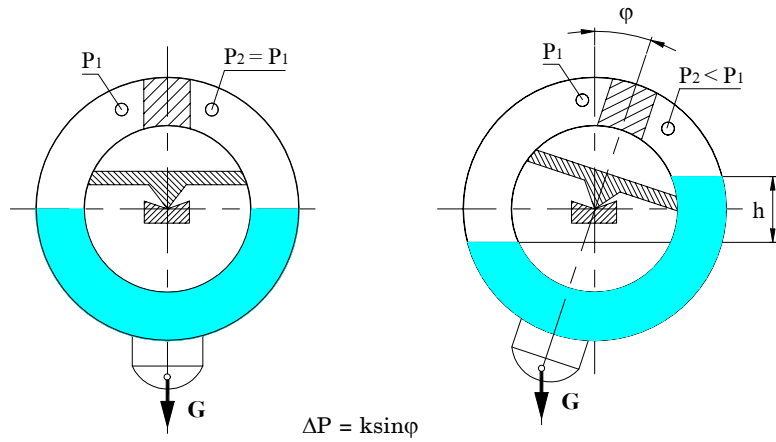


#### 4.4.3. Lưu lượng kế kiểu hiệu áp $Q(G) = f(\sqrt{\Delta P})$

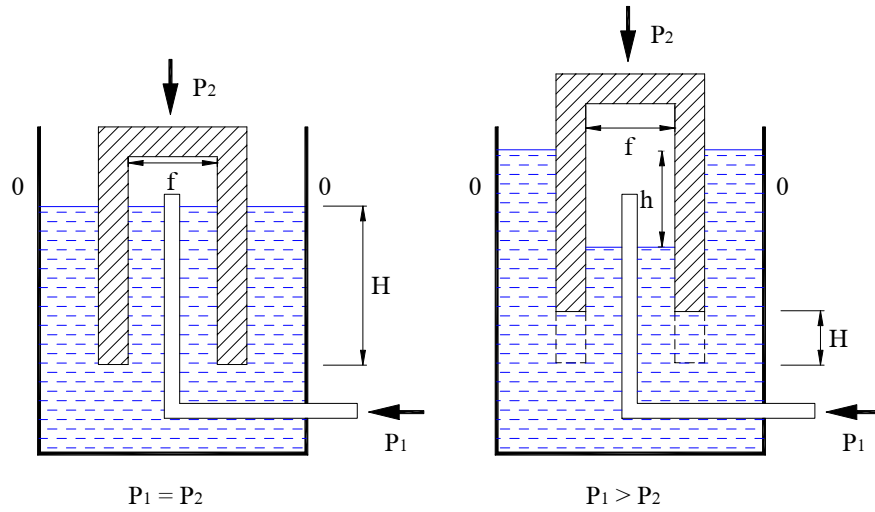
Hệ thống đo lưu lượng theo giáng áp qua cửa tiết lưu gồm thiết bị tiết lưu (TBTL) đường ống dẫn áp suất, hiệu áp kế và đồng hồ thứ cấp chia độ theo đơn vị lưu lượng. Khi hiệu áp kế không có thước chia thì tín hiệu từ hiệu áp kế được đưa về đồng hồ thứ cấp nhờ hệ thống truyền tín hiệu.

Theo nguyên lý làm việc có thể chia hiệu áp kế thành hai loại : cột chất nước và đàn hồi.

- Hiệu áp kế kiểu cột chất nước đo hiệu áp hoặc giáng áp theo độ chênh cột chất nước (loại ống thủy tinh, loại phao và loại vòng xuyên).

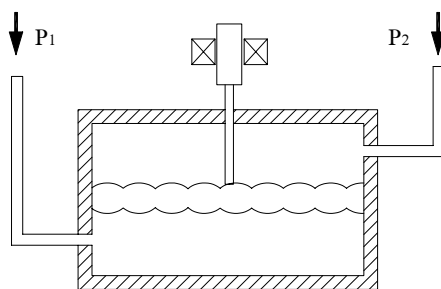


**Hiệu áp kế kiểu vòng xuyên**

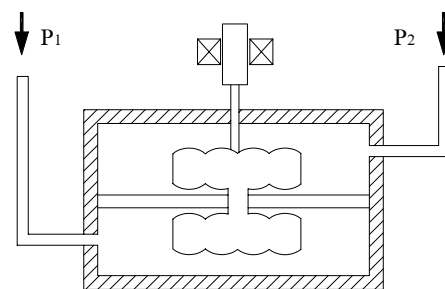


**Hiệu áp kế kiểu chuông**

- Hiệu áp kế kiểu đàn hồi do hiệu áp hoặc giáng áp theo độ xê dịch của cơ cấu đàn hồi tạo nên khi lực đàn hồi đã cân bằng với hiệu áp hoặc giáng áp cần đo, loại này gồm hiệu áp kế có màng đàn hồi bằng kim loại hoặc loại hộp màng.



**Hiệu áp kế kiểu màng**



**Hiệu áp kế kiểu hộp màng**

**Một số điều kiện :**

*Đối với áp kế vòng xuyên :* khi đo môi chất là khí thường áp suất các nhánh  $< 1 \text{ kG/cm}^2$  và thường chế tạo cho loại này có  $\Delta P = 25 \div 160 \text{ kG/m}^2$ . Cấp chính xác 1 hay 1,6.

*Loại chuông :* cho áp suất các nhánh  $< 2,5 \text{ kG/cm}^2$  còn  $\Delta P = 10 \div 100 \text{ kG/m}^2$ . Cấp chính xác 1 hay 1,6. Nếu đo  $\Delta P$  càng nhỏ thì cấp chính xác tăng (*độ chính xác giảm*)

*Loại phao :*  $\Delta P = 630 \text{ kG/m}^2 \div 1 \text{ kG/cm}^2$  áp suất các nhánh  $P_1, P_2$  có thể đến  $400 \text{ kG/m}^2$ .

*Loại kiểu màng:* Cho phép áp suất của nhánh  $\text{max} = 4 \text{ kG/cm}^2$

$$\Delta P = 160 \div 63000 \text{ kG/m}^2 ; \text{ CCX } 1 ; 1,6 ; 0,6$$

*Loại kiểu hộp:* áp suất các nhánh đến  $4 \text{ kG/m}^2$ . Đối với các loại đặc biệt có thể đến  $400 \text{ kG/cm}^2$ .

$$\Delta P = 40 \div 63000 \text{ kG/cm}^2 ; \text{ CCX } : 1 \text{ hay } 1,6 \text{ có khi đến } 0,6.$$

**4.4.4. Bộ tích phân**

Trong lưu lượng kế thường có thêm cơ cấu tích phân để xác định lượng môi chất mang đi trong khoảng thời gian nào đó (1 ngày, 1 giờ hay một tuần) và cơ cấu tích phân có thể kiểu điện, cơ khí hoặc khí nén và thường có cấu tạo phức tạp.

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} Q \cdot dt \quad [ \text{kg hay m}^3 ]$$

$$Q = \sum Q_i = Q_i \cdot \Delta t \cdot n$$

- $\Delta t$  - chu kỳ tích phân.
- $Q_i$  - là lưu lượng trung bình trong khoảng  $\Delta t$ .

Trong bộ tích phân có thể có 4 phần liên quan với nhau như sau :

+ Phần xác định chu kỳ tích phân  $\Delta t$ . Ta sử dụng động cơ đồng bộ qua bộ giảm tốc (thường  $\Delta t = 15''$ )

+ Phần thể hiện lưu lượng  $Q_i$

+ Phần thể hiện tích  $\Delta t \cdot Q_i$

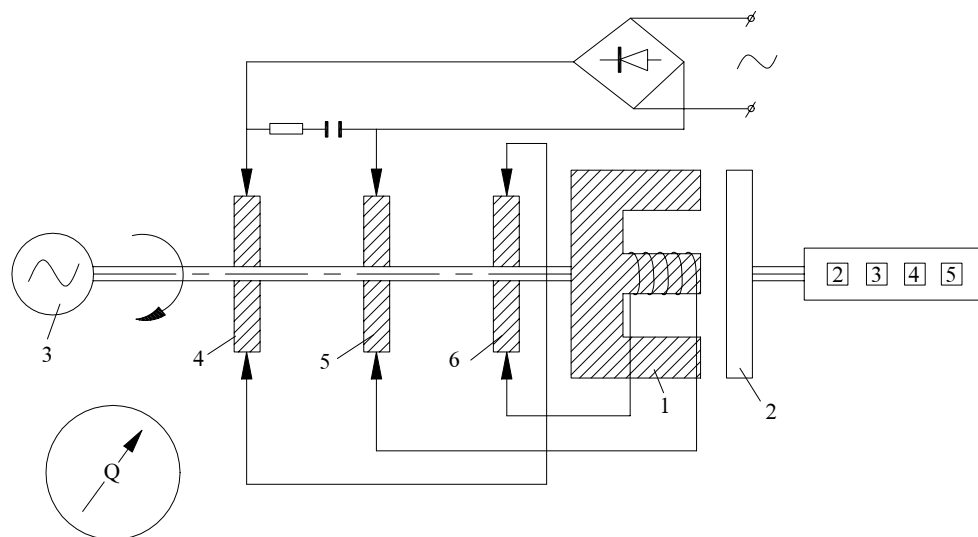
+ Phần chuyển số (đưa ra số liệu đọc được)

**Bộ tích phân cơ khí:** Có nhiều loại nhưng loại đơn giản nhất là kiểu bộ đếm số, ta thường gặp trong các đồng hồ nước; ở loại này, chuyển động của phần quay chong



chong (bánh răng, rôto) của lưu lượng kế được dẫn về làm quay bánh răng của bộ tích phân, bánh răng này được quay và truyền dẫn chuyển động cho các bánh răng ở phía sau. Tỷ số truyền của các bánh răng phía sau đều là 10/1 nên số đọc được trên bộ tích phân là con số theo hệ thập phân. Các chỉ số có thể dùng kim chỉ trên mặt chia độ đứng yên có vạch chia từ 0 ÷ 9, dùng mặt chia độ quay để chỉ số đi qua ô cửa hoặc dùng hộp số gồm các mặt số hình trụ, số đọc là số nằm trên đường thẳng tại vạch.

\* Bộ tích phân kiểu li hợp điện từ :



\* Khi có dòng điện 1 chiều chạy qua cuộn dây thì lõi sắt 1 biến thành nam châm hút gông 2 vào và kéo gông 2 quay làm quay hộp số. Động cơ thuận nghịch 3 làm lõi sắt 1 và các vòng xuyên 4, 5, 6 quay với vận tốc 3 vòng/ phút (vòng 4 chia làm 2 nửa cách điện nhau), vị trí của chổi quét phía trên cố định còn vị trí chổi dưới thay đổi tùy theo lưu lượng Q.

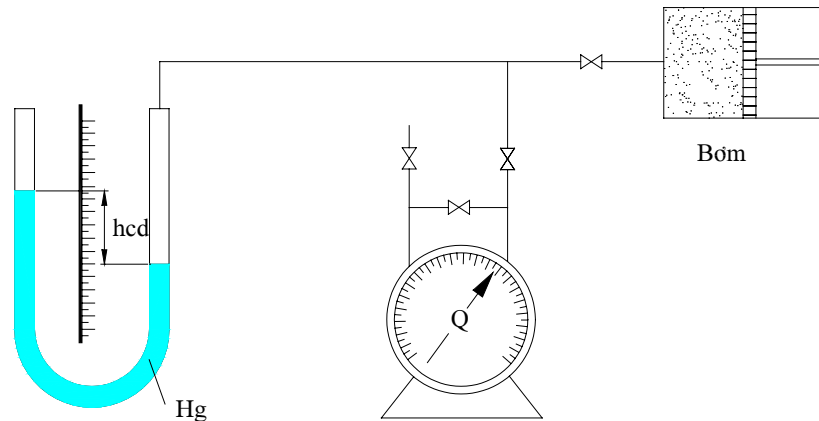
Nếu  $Q = 0$  thì 2 chổi quét nằm 2 nửa riêng biệt không có dòng điện, còn nếu  $Q \neq 0$  thì chổi dưới lệch đi 1 góc tỷ lệ thuận với Q (có lúc 2 chổi cùng nằm trên nửa vòng xuyên (có điện)), Q càng lớn thì thời gian 2 chổi nằm trên nửa vòng xuyên càng dài  $\Rightarrow$  dòng qua 1 càng lâu  $\Rightarrow$  hộp số hoạt động cũng lâu.

Các vòng xuyên 5 và 6 đều dùng các chổi quét đặt cố định, chúng chỉ có nhiệm vụ đưa dòng điện vào ra khỏi cuộn dây đặt trên lõi sắt 1 đang quay liên tục. Mạch R -

C được dùng để khử các tia lửa sinh ra khi các chốt trên vòng xuyên 4 đóng hoặc ngắt mạch dòng điện. Cầu chỉnh lưu làm nhiệm vụ cung cấp điện.

#### 4.4.5. Chia độ và kiểm tra thang chia độ của lưu lượng kế kiểu hiệu áp kế

- Người ta kiểm tra bằng áp kế chữ U :



Ta tạo giáng áp bằng giáng áp khi chia độ ( $h_{cd}$ ) thì trên đồng hồ chỉ giá trị  $Q$  gọi là  $Q_{kt}$  và ta so sánh với  $Q_{cd}$  (suy ra từ  $h_{cd}$ ),  $h_{cd}$  xác định theo các giá trị đã biết :

$$h_{cd} = \left( \frac{Q_{cd}}{Q_{\max}} \right)^2 h_{cd \max}$$

Thay đổi áp suất của bơm ta tìm được  $Q_{kt}$  khác.

Sai số tương đối theo giáng áp là:

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta_1 = \frac{(h_{cd} - h_{Kt_1})}{h_{cd \max}} \cdot 100\% \\ \delta_2 = \frac{(h_{cd} - h_{Kt_2})}{h_{cd \max}} \cdot 100\% \end{array} \right.$$

( $h_{kt}$  được đọc trên bảng chữ U khi cho kim đồng hồ nằm ở  $Q_{kt}$ ).

Mỗi thang chia độ phải kiểm tra 6 vạch trở lên, trong đó có giá trị max và min.

Kiểm tra chỉ số của bộ tích phân thì kiểm tra với giá trị ( 30 ÷ 50)%  $Q_{cd}$ .

#### 4.4.6. Lắp đặt hiệu áp kế và đường dẫn tín hiệu áp suất

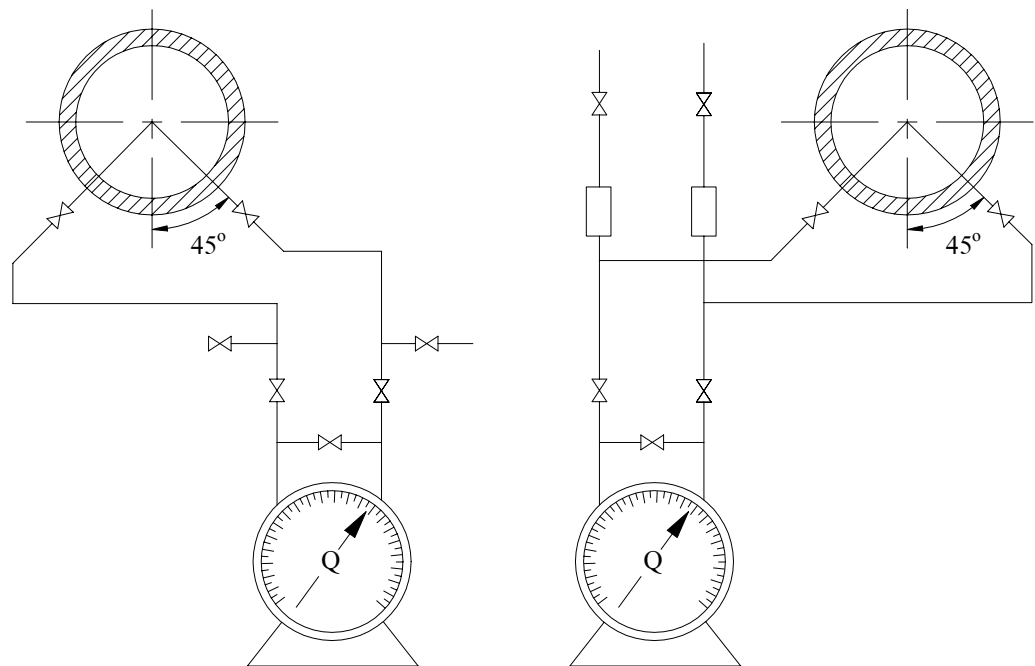
Độ chính xác do lưu lượng liên quan mật thiết với tình trạng lắp đặt hiệu áp kế và đường dẫn tín hiệu áp suất.

- Hiệu áp kế phải đặt những nơi sạch sẽ không có chấn động, tiện theo dõi việc quản lý và vận hành, môi trường xung quanh phải có nhiệt độ và độ ẩm đúng qui định.
- Lắp đường tín hiệu áp suất cần đảm bảo đúng trị số giảm áp, cần có đủ trang bị cần thiết để bảo dưỡng, thông rửa đường ống tín hiệu và kiểm tra hiệu áp kế tại hiện trường.
- Đường kính phải thích hợp với ống dài, ống dẫn tín hiệu không nên dài quá để tránh chậm trễ và không nhỏ hơn 3m. Thường dùng ống có  $d > 10\text{mm}$  và dài  $L < 50\text{m}$

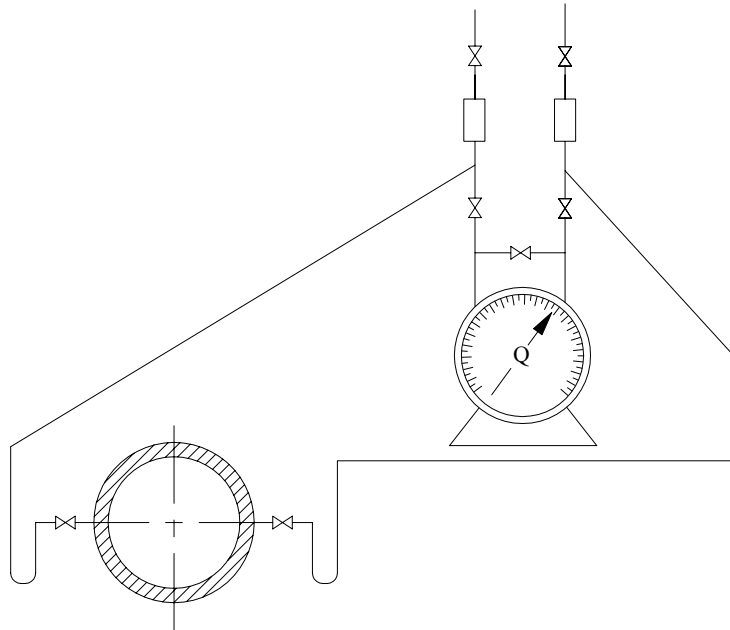
a/ Đo chất nước :

Nên đặt hiệu áp kế (HAK) thấp hơn cửa tiết lưu (TL) để tránh khí thoát ra từ chất nước lọt vào đường dẫn tín hiệu và HAK.

Trường hợp đơn giản không cần chính xác lắm ta lắp theo sơ đồ sau :



Nếu trường hợp bắt buộc phải đặt HAK cao hơn cửa TL thì ở cửa cao nhất phải có bình thu khí và van xả. Hai bên cửa TL cần có ống chữ U để tránh khí lọt vào đường tín hiệu và HAK.

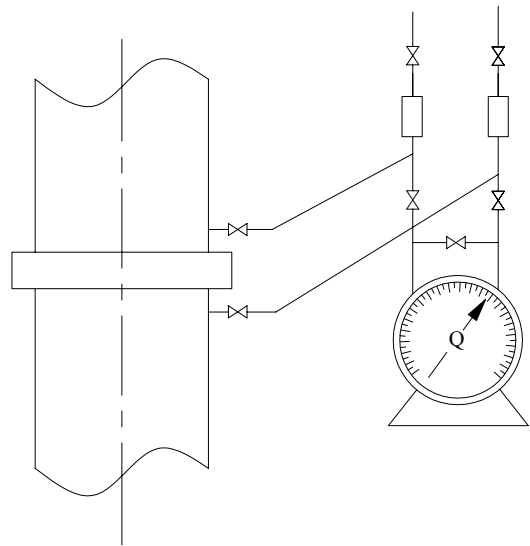


Nêu trường hợp ống thẳng đứng :

Thường nên đặt hiệu áp thấp hơn cửa thoát lưu để khí không lọt vào đường tín hiệu.

Nên lấy tín hiệu khoảng  $45^\circ$  so với đường thẳng đứng để tránh cặn, 2 đường ống phải nằm sát nhau để tránh ảnh hưởng của nhiệt độ.

Nếu ống tín hiệu cần đặt nghiêng thì góc nghiêng  $> 45^\circ$ .

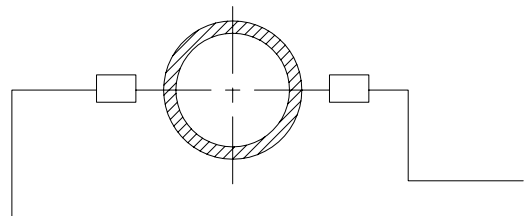


Phải đặt bình thu khí và van xả khí tại điểm cao nhất của đường ống.

Phải có van xả cặn của đường ống. Nếu môi chất đo có nhiệt độ cao thì phải cần tìm cách giữ nhiệt độ 2 ống như nhau.

*b/ Đo hơi nước:*

- Đường ống dẫn tín hiệu.
- Dùng bình cân bằng nước đọng đặt hai bên cửa tiết lưu ống nối với cửa tiết lưu phải ống thẳng có đường kính  $d > 10 \text{ mm}$  và càng ngắn càng tốt (không có van).



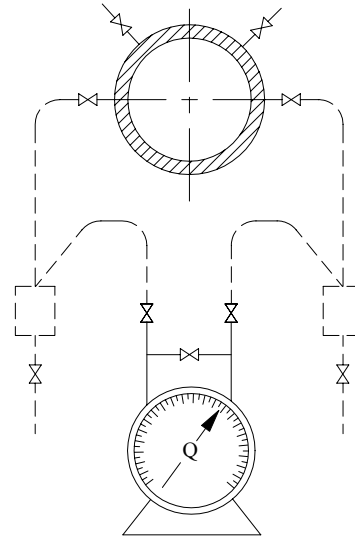
c/ Đo chất khí:

- Tốt nhất đặt HAK cao hơn cửa TL.

Đường lấy tín hiệu ở trên.

- Nếu áp kế đặt dưới thì phải có van xả nước đọng ( - - - - - )

Cũng như trên phải đảm bảo có nhiệt độ 2 đường ống bằng nhau và tránh nước đọng trong đường tín hiệu.

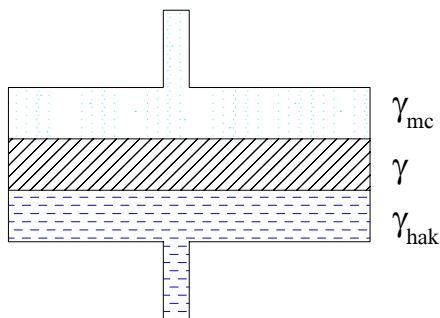


d/ Cách ly môi chất cần đo với môi chất hiệu áp kế :

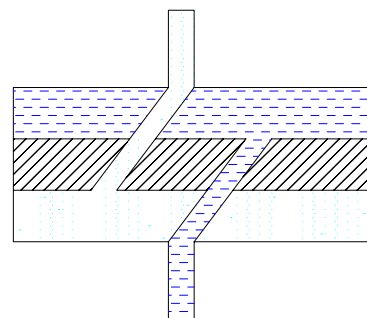
Dùng khi đo các chất ăn mòn ta phải dùng các bình cách ly.

- Nếu chất cần đo có  $\gamma_{m/c} < \gamma_{hak}$  (của môi chất HAK) thì ta cho thêm chất có  $\gamma > \gamma_{m/c}$

-Nếu  $\gamma_{m/c} > \gamma_{hak}$  thì ngược lại.



$$\gamma_{m/c} < \gamma < \gamma_{hak}$$



$$\gamma_{hak} < \gamma < \gamma_{m/c}$$

#### 4.5. LƯU LƯỢNG KẾ CÓ GIÁNG ÁP KHÔNG ĐỔI



### 4.5.1. Rôtamét

a/ Nguyên lý : Bộ phận chính của rôtamét gồm 1 ống hình nón cụt đặt thẳng đứng bên trong có phao. Phao có đường kính < đường kính trong của ống nên có thể tự do chuyển động lên xuống khi bị dòng môi chất đẩy lên và phao phải nằm đúng ở tâm. Khi đo lường phao bị dòng chảy đẩy lên đến một vị trí nào đó, đáy khe hở giữa phao và ống hình nón có tiết diện sao cho lực do mất mát áp suất dòng chảy sinh ra và lực tác dụng lên phao cân bằng với trọng lượng của phao ở trong môi chất.

Giả sử phao có thể tích  $V_p$ . Tiết diện lớn nhất của phao là  $f_p$ . Trọng lượng riêng trung bình  $\gamma_p$  trọng lực tác dụng lên là  $G \Rightarrow G = V_p \cdot \gamma_p \cdot g$ .

Lực tác dụng lên phao do mất mát áp suất là :

$F = (P_1 - P_2) \cdot f_p$ . Ngoài ra còn lực tác động do

vận tốc của dòng :  $W = \varphi \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot \gamma \cdot f_p$

$\omega$  - vận tốc của dòng.

$\varphi$  - hệ số cản trở phụ thuộc kích thước của phao.  
 $k$  - hệ số phụ thuộc vào dòng chảy =  $f(Re)$ .

Lực ma sát  $N = k \cdot \omega^n \cdot F_b$   
 $\omega_k$  - vận tốc trung bình của dòng tại khe hở.

$n$  - số mũ phụ thuộc vận tốc.

$F_b$  - tiết diện mặt bên của phao.

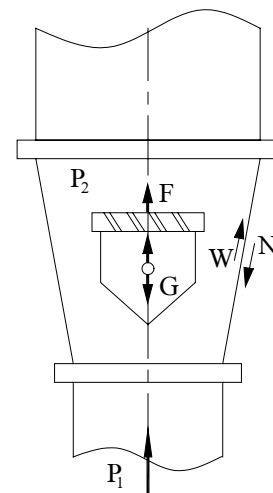
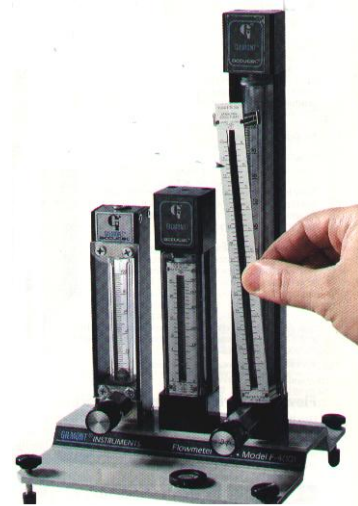
Khi phao cân bằng ta có :  $G + N = F + W$

Do lực  $N$  và  $W$  rất nhỏ nên thường bỏ qua

$$\Rightarrow V_p \cdot \gamma_p \cdot g = (P_1 - P_2) \cdot f_p$$

$$\Rightarrow \Delta P = \frac{V_p \cdot \gamma_p \cdot g}{f_p} = \text{const}$$

**Kết luận:**



Giáng áp trước và sau phao không phụ thuộc vào lưu lượng dòng chảy. Người ta thiết kế với dụng cụ đo ứng với lưu lượng ban đầu  $Q_0 \Rightarrow$  tiết diện của dòng  $f_{k_0}$  nào

đó  $\Rightarrow \Delta P = \frac{G}{f_p}$  là hằng số. Khi lưu lượng  $Q$  tăng lên  $\Rightarrow$  đẩy phao lên  $\Rightarrow$  có  $f_k$

tương ứng.

$$\text{Chú ý: } Q = \alpha \cdot f_k \sqrt{2gV_p \frac{\gamma_p - \gamma}{\gamma \cdot F_p}}$$

$\alpha$  - hệ số lưu lượng.

Nếu  $\alpha = \text{const} \Rightarrow Q$  tỷ lệ với  $f_k$

Trong thực tế thước chia độ là đều vì ta đã xem  $\alpha = \text{const}$ .

Lưu lượng còn phụ thuộc vào môi chất cần đo ( $\gamma$ ) nên khi thay đổi môi chất cần phải chia độ lại hoặc thêm hệ số bố chính (*thường ta khắc độ cho nước hoặc không khí*)

**Cấu tạo:**

Ống hình nón có thể bằng thủy tinh hay kim loại có độ dốc  $\text{tg}\alpha = 1:100$

Với ống thủy tinh hạn chế với áp suất  $P < 5 \text{ KG/cm}^2$ ;  $t < 100^\circ\text{C}$ .

Với ống kim loại thì dùng đo thông số cao hơn nhiều nhưng phải có thêm cơ cấu để nhìn thấy phao hay biết được vị trí của phao.

Phao có thể làm bằng thép, nhôm, đồng... và hình dạng có nhiều loại, chúng thường có các rãnh xoắn và dạng tròn xoay để phao luôn ở giữa dòng chảy.

#### 4.5.2. Lưu lượng kế piston

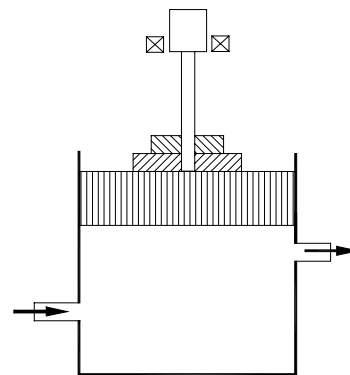
Lưu lượng kế piston đo đáng áp không đổi thường không có thước chia độ mà chuyển qua tín hiệu điện.

*Nguyên lý làm việc:*

Dòng chảy đi qua tiết diện chữ nhật.

Dòng chảy đẩy piston  $\Rightarrow Q = K \cdot X$

Các quả cân dùng để thay đổi khối lượng.



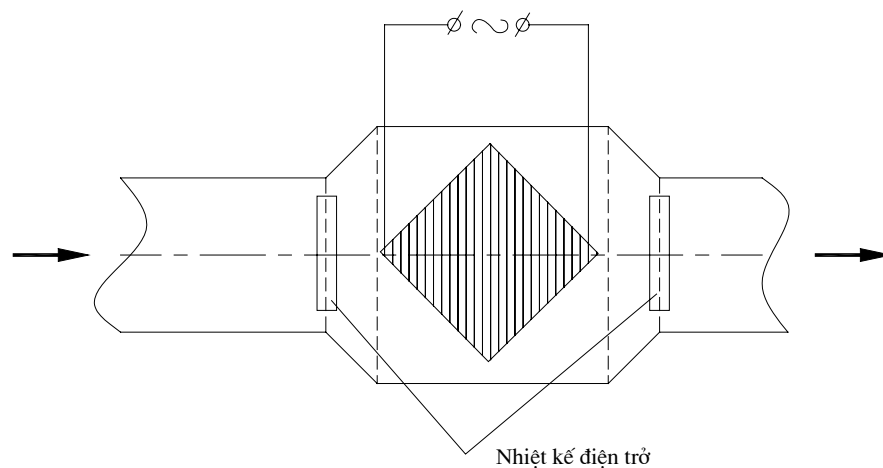
Loại này dùng đo những chất có  $\gamma$  lớn như dầu, nhờn, dầu đen áp suất đến 10 KG/cm<sup>2</sup> và  $t = 100$  °C. Thường lắp ở các ống ngang trước và sau có đoạn ống thẳng dài. Lưu lượng kế có thể đo được :  $Q = 400 \div 4000$  kg/h.

Xi lanh được làm mát bằng cách bên ngoài có cánh tán nhiệt.

#### 4.6. MỘT SỐ LƯU LƯỢNG KẾ ĐẶC BIỆT

##### 4.6.1. Lưu lượng kế kiểu nhiệt điện

a/ Lưu lượng kế kiểu nhiệt lượng kế:



Nguyên lý: đốt nóng dòng khí bằng nguồn nhiệt có công suất không đổi.

$$\Rightarrow \text{Nhiệt lượng nhận được } Q_t = G \cdot C_p \cdot (t_1 - t_2) \quad \text{và} \quad Q_t = K \cdot U \cdot I$$

$K$  : là đường lượng nhiệt công.

$$\Rightarrow Q_t = G \cdot C_p \cdot (t_1 - t_2) = K \cdot U \cdot I = K \cdot I^2 \cdot R$$

$$\Rightarrow G = \frac{K \cdot I^2 \cdot R}{G_p (t_1 - t_2)} = \frac{K \cdot U^2}{R \cdot C_p (t_1 - t_2)} \Rightarrow G = f(t_1 - t_2)$$

Thường  $\Delta t = t_1 - t_2 = 1 \div 2$  °C

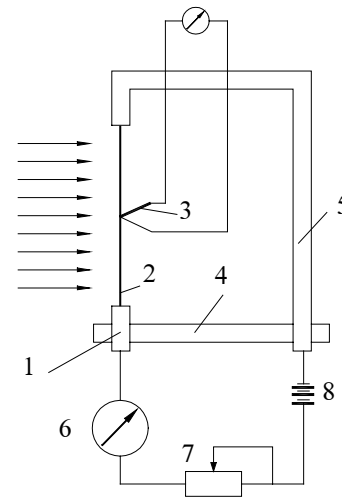
Cách này có thể đạt độ chính xác đến 0,5% và thường để đo lưu lượng rất nhỏ với ống có đường kính  $d = (2 \div 3)$  mm, đặc tính động xấu và cấu tạo lắp ráp cần chính xác (ít sử dụng trong thực tế).



b/ Lưu lượng kế kiểu dẫn nhiệt ( tốc kế gió )

Cấu tạo:

- 1, 5. là các thanh thép
2. Sợi đốt (  $d = 0,05 \text{ mm}$  )  
bằng hợp kim Ni - Cr
3. Cặp nhiệt
4. Thanh đỡ ( cách điện bằng caosa )
6. Ampe kế
7. Biến trở
8. Nguồn điện

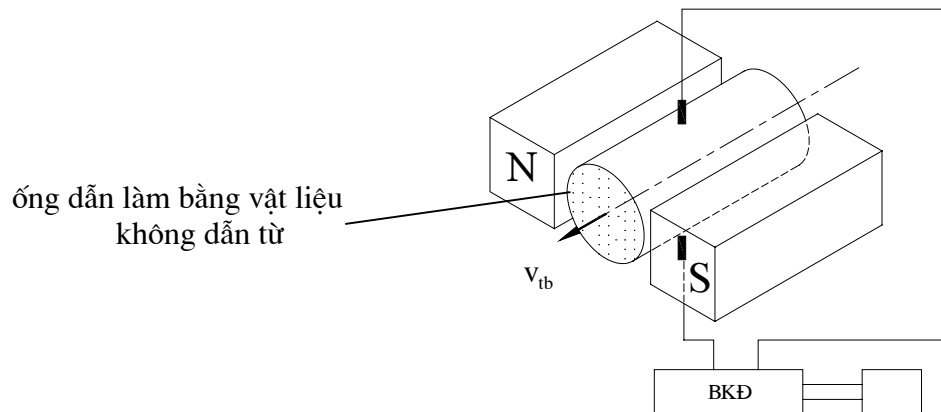


Nguyên lý :

dựa vào dòng nhiệt do dòng khí nhận

- Dùng nguồn 8 đốt sợi đốt 2 và dùng cặp nhiệt đo nhiệt độ của sợi đốt 2 và tìm độ sai lệch mất mát do gió lấy đi so với lý thuyết => đo được vận tốc gió.
- Loại này ít sử dụng

#### 4.6.2. Lưu lượng kế kiểu điện từ



Nguyên lý: Dựa vào tính chất các chất lỏng cũng dẫn điện như dây dẫn, do vậy khi chất lỏng chuyển động trong điện trường thì sẽ sinh ra một sđđ cảm ứng và sđđ

này có quan hệ với lưu lượng 
$$E = \frac{4}{\pi D^2} \cdot B \cdot Q \cdot \mu$$

B : cảm ứng từ.

$\mu$  : hệ số ứng từ.

Thường ta sử dụng các từ trường là từ trường xoay chiều để tránh hiện tượng phân cực. Đặc điểm loại này là không có quán tính nên tiện dùng đo thiết bị tự động,

mất mát áp suất nhỏ có thước chia độ đều và phạm vi đo rộng => có thể đo được lưu lượng rất nhỏ.

**Nhược điểm:** Bộ phận đo phức tạp, bộ khuếch đại cần có hệ số khuếch đại lớn do đó không trực tiếp đo được lưu lượng lớn và tốn điện năng.

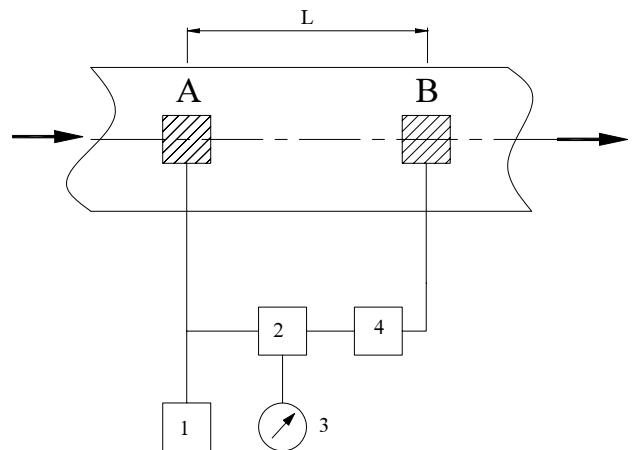
Thường dùng đo những chất lỏng dẫn điện tốt như : xút, axit, đường, bột giấy và đo máu trong y học.

#### 4.6.3. Lưu lượng kế siêu âm

*Nguyên lý:* Dựa vào sóng siêu âm để suy ra lưu lượng.

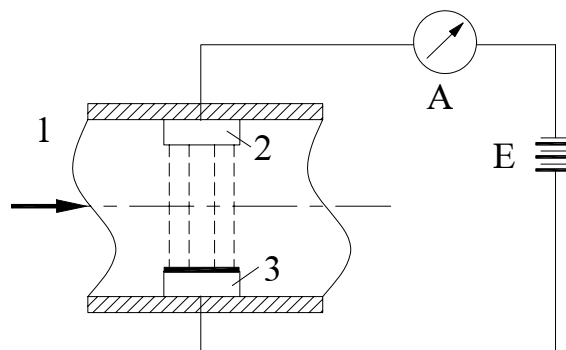
Loại này cho dùng trong công nghiệp và mới dùng để đo những khí dễ nổ.

- 1- Máy phát sóng siêu âm.
- 2- Dụng cụ đo pha.
- 3- Đồng hồ xác định độ lệch pha.
- 4- Bộ khuếch đại. A- Bộ phát và B- là bộ thu



#### 4.6.4. Lưu lượng kế dùng dòng vị phóng xạ

Dùng đo những dòng khí có nhiệt độ và áp suất quá cao



2, 3 - tấm điện cực.

1 - ống dẫn.

E : Nguồn điện

A : Đồng hồ để đo dòng

Trên bản cực 3 người ta quét lớp chất phóng xạ khi phóng xạ => dòng khí dẫn điện được đo bằng đồng hồ => đo được vận tốc khí. Khi lượng phóng xạ giảm dần => độ chính xác kém.

## CHƯƠNG 5 : ĐO MỨC CAO CỦA MÔI CHẤT

Trong thực tế thường phải đo mức cao của mặt phân giới nhiên liệu thể nước hoặc nhiên liệu thể rắn ở dạng hạt, để biết được rõ số lượng trong bình chứa nhằm bảo đảm kế hoạch sản xuất...

Tùy theo phương pháp đo và cấu tạo của đồng hồ mà có thể chia dụng cụ đo mức cao thành nhiều loại khác nhau.

Có các phương pháp để đo mức cao chủ yếu như:

- Phương pháp cơ khí (dùng phao).
- Phương pháp bằng thủy tinh (bình thông nhau).
- Phương pháp cột áp (đo hiệu áp giữa bình cần đo và bình chuẩn nào đó).
- Phương pháp khí nén (sử dụng áp suất của chất khí khác để thổi vào bình cần đo).

Ngoài ra còn có các phương pháp gián tiếp khác như phương pháp dùng nồng độ phóng xạ và phương pháp điện dung.

### 5.1. ĐO MỨC CAO CỦA MÔI CHẤT BẰNG PHƯƠNG PHÁP TIẾP XÚC

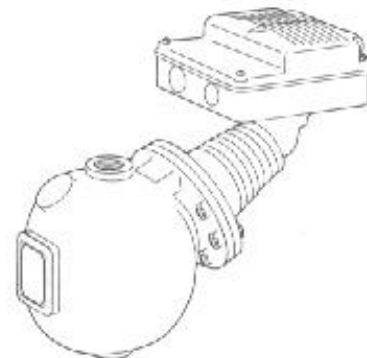
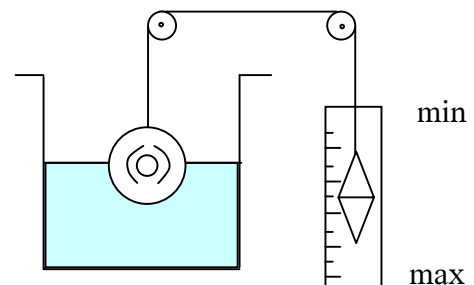
#### 5.1.1. Phương pháp cơ khí

Phao thả nổi trên mặt chất nước nên vị trí của phao phản ánh mức cao của chất nước. Đây là một trong những dụng cụ đo đơn giản nhất và cũng được sử dụng sớm nhất.

- *Trường hợp bình không có áp lực*: loại này là loại đơn giản nhất.

- *Khi bình có áp lực* : Ta cũng dùng phao dùng cho bình có áp suất sai số đo cần giảm đến mức tối thiểu do có lực ma sát.

**Nguyên lý làm việc:** Phao thường làm bằng kim loại rỗng, khi mức chất lỏng thay đổi thì lực tác dụng lên cánh tay đòn tạo thành mômen và có cơ cấu truyền tín hiệu ra ngoài (đó là một ống thành mỏng chịu xoắn), tín hiệu đó có thể là điện hoặc khí nén.



### 5.1.2. Phương pháp đo mức kiểu thủy tinh

Với loại này nhờ ống thủy tinh trong suốt nên nhìn rõ được mức nước và thấy được trực tiếp số đo do mức chất nước chỉ trên thước chia độ. Đồng hồ này thường được gọi là ống thủy đo mức. Ống thủy làm bằng ống thủy tinh thì chỉ chịu được áp suất thấp, còn nếu dùng 2 tấm kim loại kẹp giữa 1 hoặc 2 tấm thủy tinh thì chịu áp lực cao hơn. Nếu bình không chịu áp lực thì ta chỉ dùng 1 ống thông ra ngoài.

- Do có chênh nhiệt độ nên  $h \neq H$  nên gây sai số.

Trường hợp bình có chịu áp lực

$$\Rightarrow \rho_b \cdot H \cdot g = \rho_o \cdot h \cdot g$$

$$\Rightarrow h = \frac{\rho_b \cdot H}{\rho_o} = \frac{\rho_b}{\rho_o} H$$

Trường hợp cần đo mức nước ở những bình cao hoặc xa thì ta phải đưa tín hiệu đến nơi làm việc.

$r$  : độ chênh mức chất lỏng trung gian ban đầu

Trường hợp đầu :

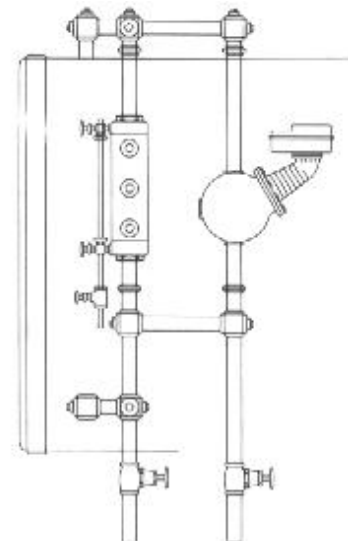
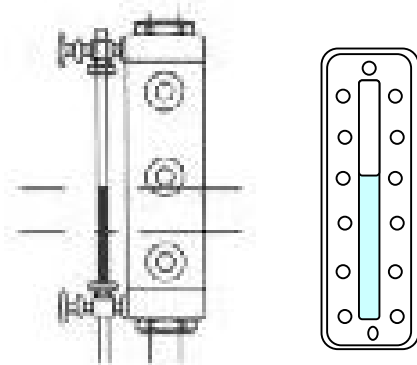
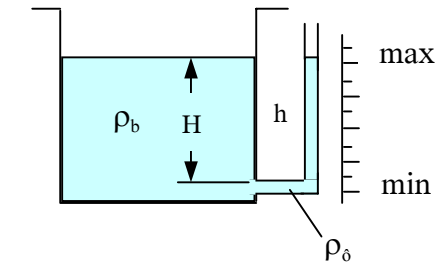
Nhánh trái :  $\rho_b H_o + H \rho_o + r \rho_t$

Nhánh phải :  $(H_o + H + r) \rho_o$

$$\Rightarrow r = H_o \cdot \frac{\rho_o - \rho_b}{\rho_t - \rho_o}$$

Độ trên áp tương ứng :

$$\Delta P = r(\rho_t - \rho_o) \cdot g$$

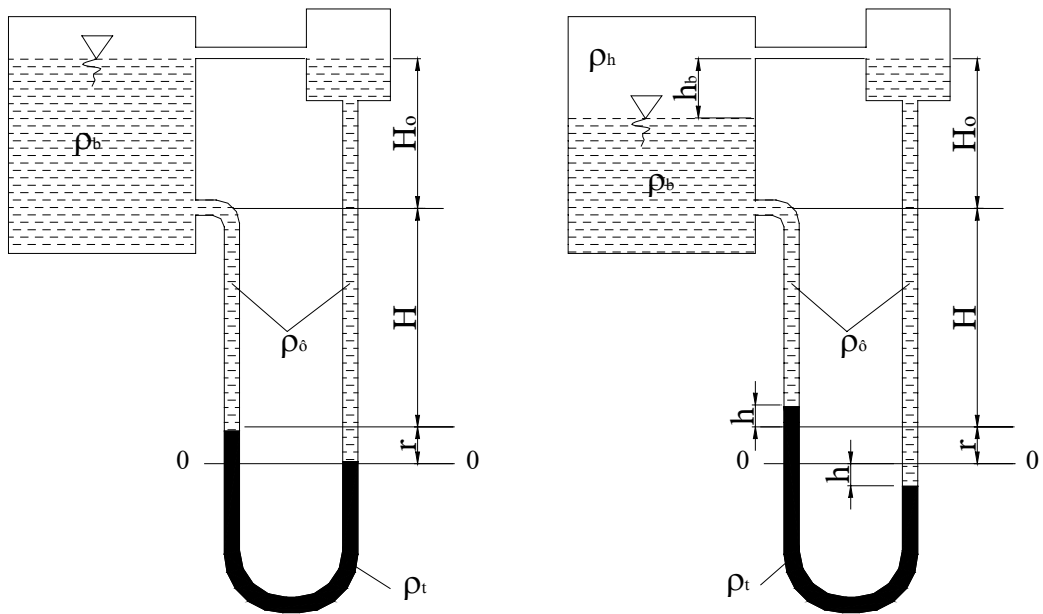


Vậy ta chọn  $\rho_t$  sao cho độ sai lệch nhỏ nhất.

Trường hợp thứ 2 :

$$H_b \cdot \rho_h + (H_o - h_b) \rho_b + (H - h) \cdot \rho_o + (r + 2h) \rho_t = (H_o + H + r + h) \cdot \rho_o$$

Thay r trên vào và  $h_b = h$  (điều kiện phải thỏa mãn).



$$\Rightarrow \rho_t = \frac{2 \rho_o + \rho_b - \rho_h}{2} \text{ phụ thuộc nhiệt độ môi chất}$$

Điều kiện : Dù cho môi chất trong bình thay đổi nhiệt độ thì  $\rho_t$  phải giữ 1 giá trị xác định thì phép đo mới chính xác.

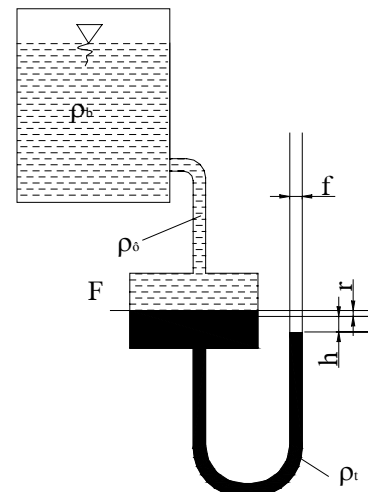
Thay ống chữ U bằng áp kế một ống thẳng tương tự ta có :

$$\rho_t = \frac{\left(1 + \frac{f}{F}\right) \rho_o + \rho_b - \rho_h}{1 + \frac{f}{F}}$$

Trường hợp  $f \ll F$

$$\Rightarrow \rho_t = \rho_o + \rho_b + \rho_h$$

Đây là điều thực tế dùng để chọn  $\rho_t$



Thực tế ta dùng Tetraclôetylen :

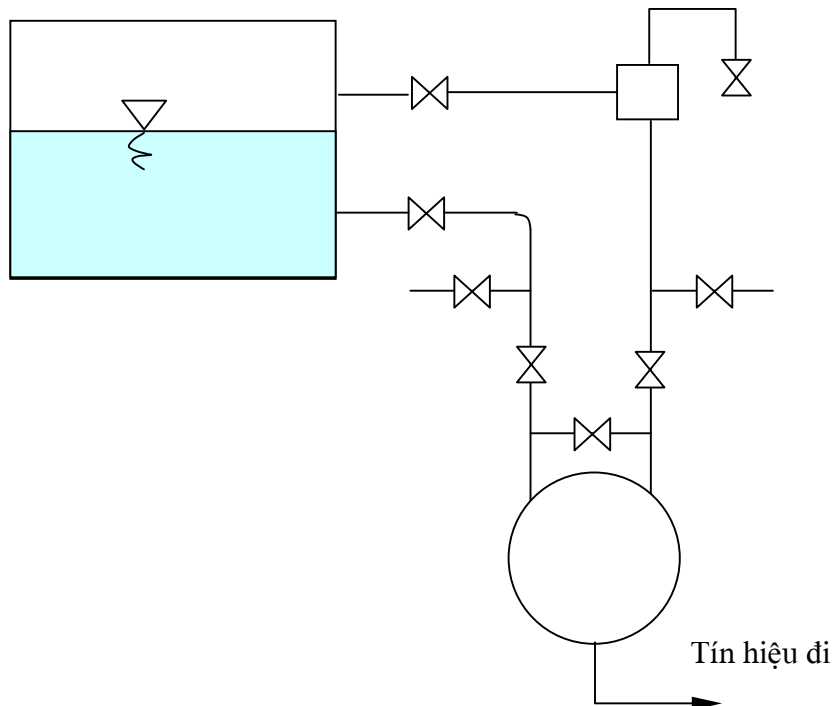
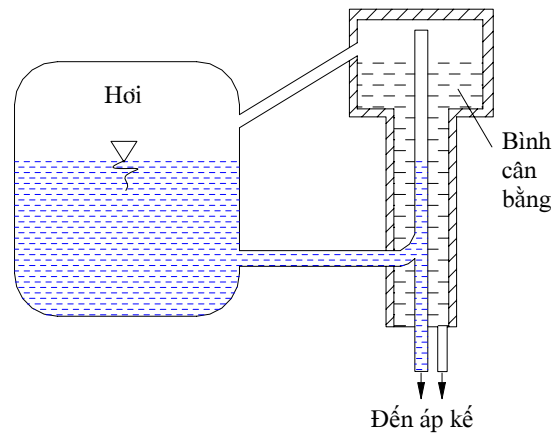
$$\rho_t = 1623 \text{ kg/m}^3$$

### 5.1.3. Phương pháp đo dùng áp kế

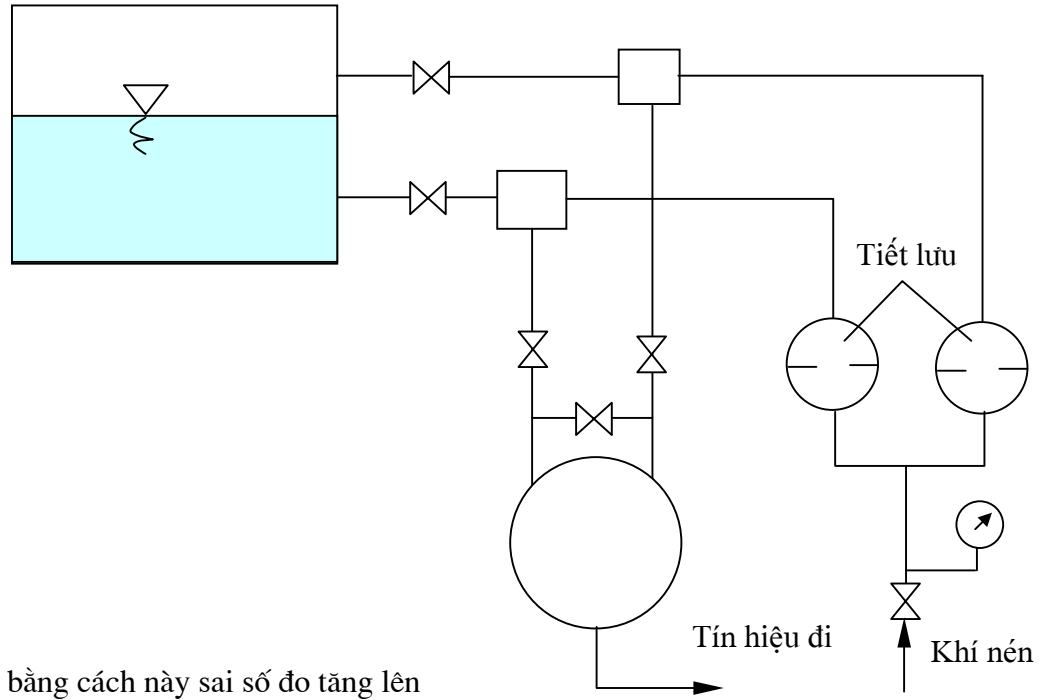
Để đo mức chất lỏng người ta dùng áp kế vi sai (hiệu áp kế) khắc độ theo đơn vị chiều dài khi đo mức trong bình có áp người ta đặt thêm các bình cân bằng để tiện lợi cho việc tính toán.

Để giảm sai số đo người ta dùng sơ đồ đo có bình cân bằng chất lỏng trong đó không ngừng đốt nóng bởi hơi và nhiệt độ chất lỏng xem bằng nhiệt độ trong buồng đo, mực nước trong ống nhỏ và bình cân bằng nhau :  $\rho_b \approx \rho_o \Rightarrow$  sai lệch do nhiệt  $\approx 0$

Sơ đồ nối áp kế vào hệ thống đo.



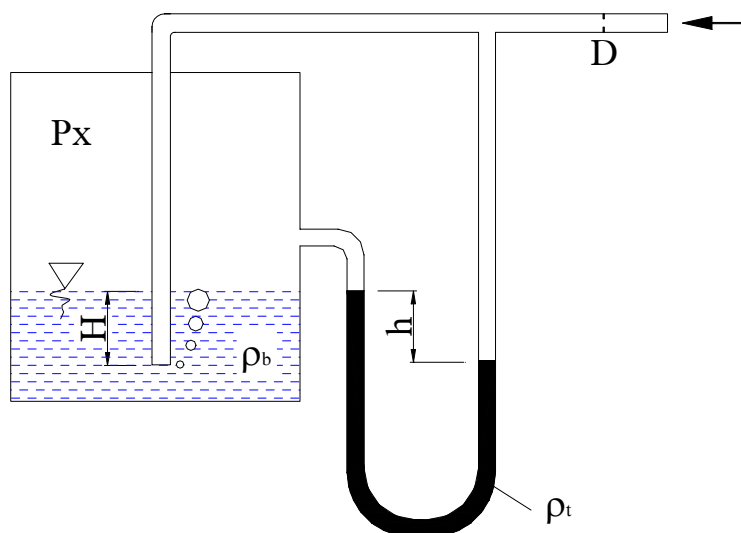
Nếu không cho môi chất trực tiếp vào đồng hồ ta dùng thiết bị khí nén :



bằng cách này sai số đo tăng lên

#### 5.1.4. Phương pháp đo mức dùng khí nén

Trường hợp không dùng được các loại khác :



**Cách làm việc :** Dùng dòng khí thổi vào chất lỏng ở độ sâu nào đó dưới mặt thoáng, luồng không khí được khống chế bởi cửa ngăn D có thể điều chỉnh được sao cho vận tốc nhỏ  $\Rightarrow$  coi tổn thất áp suất sau cửa ngăn = 0.

$$\Rightarrow P - P_x = H \cdot \rho_b \cdot g = h \cdot \rho \cdot g$$

$$\Rightarrow h = \frac{\rho_b}{\rho} \cdot H$$

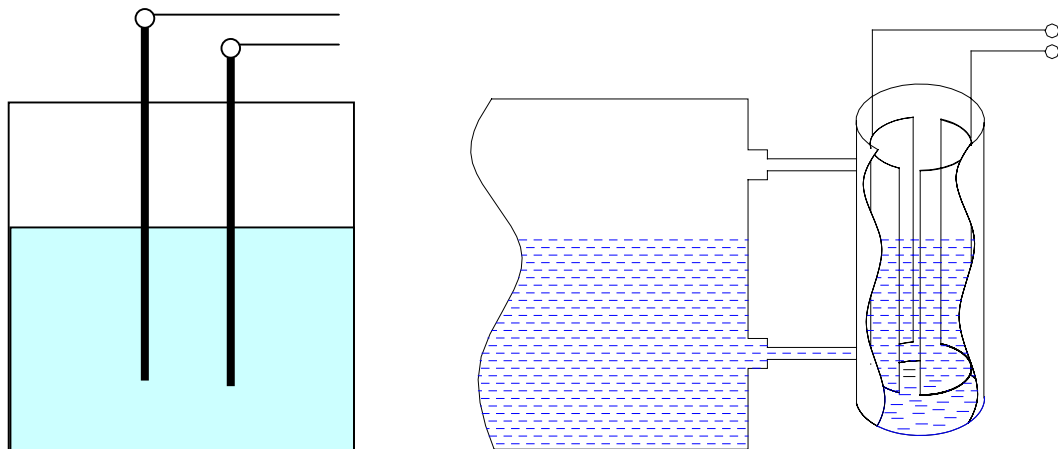
$$\Rightarrow H = \frac{\rho}{\rho_b} \cdot h = K \cdot h$$

Phương pháp này dùng phổ biến để đo những bình đặt dưới đất, bình khó đến gần và các bình chứa chất độc. Loại này sai số tương đối lớn.

### 5.1.5. Dụng cụ đo mức chất nước kiểu điện

Chất nước cần đo mức cao thường có tính dẫn điện nhất định, vì vậy có thể dùng các phân tử nhạy cảm kiểu điện để xác định mức cao của chất nước.

Ví dụ : Dùng phân tử nhạy cảm là điện trở hoặc điện dung có trị số thay đổi theo mức cao của chất nước.

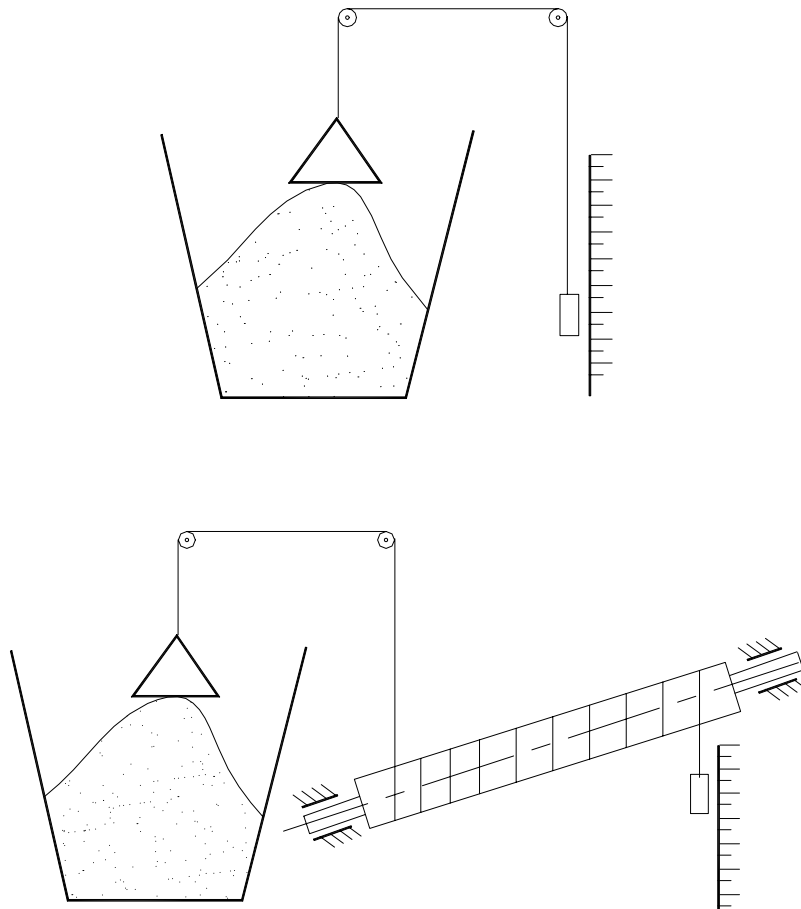


Loại này các cực của phân tử nhạy cảm thường hay bị bám bẩn, do đó giảm độ chính xác.

### 5.1.6. Dụng cụ đo mức cao của chất rắn



Phương pháp dùng phao  
Như than bột



Loại này sử dụng nguyên tắc cơ điện nhằm dùng truyền tín hiệu đi xa  
Phương pháp dùng mô men cân ( masát )

## 5.2. ĐO MỨC CAO MÔI CHẤT BẰNG PHƯƠNG PHÁP GIÁN TIẾP

Dụng cụ đo mức cao kiểu tiếp xúc có nhiều hạn chế và không thích hợp với những điều kiện đo lường đặc biệt, vì vậy trong công nghiệp đã dùng nhiều dụng cụ đo mức cao môi chất kiểu gián tiếp (*không tiếp xúc trực tiếp*).

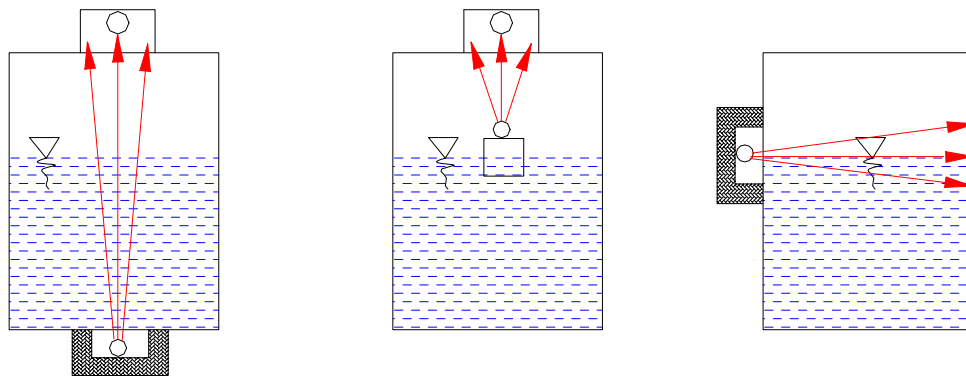
### 5.2.1. Phương pháp dùng chất phóng xạ

Nguyên lý : Dựa vào sự hấp thụ của lớp vật chất đối với các hạt phóng xạ, lớp vật chất càng dày thì tác dụng hấp thụ càng mạnh (tất nhiên là tính chất hấp thụ này phụ thuộc vào tính chất của các hạt phóng xạ ( $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ )).

Khả năng hấp thụ của mỗi loại môi chất đối với mỗi hạt được biểu thị bằng mối quan hệ giữa hệ số hấp thụ, độ dày  $l$  của lớp môi chất và cường độ tia phóng xạ đi qua lớp môi chất đó.

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot l}$$

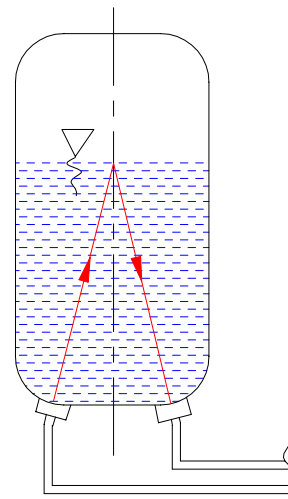
Trong đó  $I_0$ ,  $I$  là cường độ tia phóng xạ trước và sau khi qua lớp môi chất.



### 5.2.2. Phương pháp dùng sóng siêu âm

Loại dụng cụ này có độ chính xác cao, quán tính nhỏ và ngày càng được dùng rộng rãi trong công nghiệp như : xác định độ sâu của sông biển, xác định độ dày kim loại, xác định mức cao của các môi chất độc hại nguy hiểm.

Nhờ các phân tử đặt ở dưới bình chứa lần lượt thay nhau làm nhiệm vụ phát và thu tín hiệu chấn động xung có tần số sóng siêu âm, ta có thể đo khoảng thời gian từ lúc phát xung đến lúc nhận được xung phản xạ lại từ mặt phân giới giữa 2 lớp môi chất, và từ giá trị thời gian này ta tính được độ dày lớp môi chất.



## CHƯƠNG 6 : PHÂN TÍCH CÁC CHẤT THÀNH PHẦN TRONG HỖN HỢP

### 6.1. MỤC ĐÍCH VÀ NỘI DUNG

Phân tích các chất thành phần có ý nghĩa vô cùng quan đối với rất nhiều quá trình công nghiệp, nội dung phân tích thành phần rất rộng rãi, có thể là công việc kiểm nghiệm cuối cùng để đánh giá chất lượng sản phẩm (ví dụ phân tích độ nguyên chất  $H_2SO_4$ ), có thể là phân tích nhằm đảm bảo an toàn sản xuất và an toàn lao động (ví dụ phân tách hàm lượng khí có hại trong không khí như  $CO$ , hơi  $Hg$ , khí độc, các loại khí dễ gây nổ cháy... ; phân tích hàm lượng các chất có tác dụng làm hư hỏng thiết bị ... ), có thể là phân tích để đánh giá mức độ sử dụng và hiệu quả kinh tế vận hành thiết bị.

Phân tích thành phần có quan hệ đến nhiều lĩnh vực công nghiệp như các ngành luyện kim (kim loại đen, màu, đặc biệt luyện cốc), dầu mỏ hơi đốt, công nghiệp hóa học, sản phẩm và vật liệu tổng hợp, năng lượng nguyên tử, năng lượng, nhiệt. Trong quá trình công nghiệp hóa học người ta càng cần tới phân tích thành phần và xác định các tính chất lý hóa của các vật phẩm như thành phần hóa học, hóa tính, nồng độ, mật độ, độ kiềm, axit. Chính các tham số đó là biểu hiện cụ thể của chất lượng sản phẩm và quá trình sản xuất hóa học. Chúng ta có thể thông qua một cách gián tiếp các biểu hiện của quá trình tiến hành phản ứng hóa học như : nhiệt độ, áp suất, lưu lượng, bề mặt chất nước, điều đó rất cần thiết trong sản xuất nhưng không thể hoàn toàn khẳng định được chất lượng sản phẩm. Thành phẩm hoặc bán thành phẩm tốt hay xấu, hợp quy cách hay không đều phải thông qua các phân tích chất lượng để xác định. Không kịp thời phát hiện các thiếu sót của quá trình sản xuất do việc phân tích chậm trễ hoặc do dùng các thông số gián tiếp sẽ bị lãng phí rất lớn vì vậy nên việc nghiên cứu chế tạo các bộ phân tích cho kết quả liên tục, nhanh chóng, chính xác có ý nghĩa hết sức quan trọng. Nhờ các bộ phân tích đó mà người ta có thể tổ chức kiểm tra và tự động hóa quá trình sản xuất. Việc dùng máy tính phối hợp với các bộ phân tích tự động để liên tục phân tích thành phần nguyên vật liệu, bán thành phẩm, thành phẩm sẽ tạo điều kiện xây dựng các hệ thống khống chế và kiểm tra nhằm loại trừ các nhân tố có hại tới chất lượng thành phẩm ngày càng phát triển.

Phần lớn các quá trình công nghiệp đòi hỏi phân tích nhanh, liên tục, tự động nên các bộ phân tích thường là kiểu vật lý, lý-hóa. Trái lại trong thí nghiệm thì thường dùng các bộ phân tích kiểu hóa học.

Mỗi bộ phân tích chỉ dùng để phân tích một loại thành phần và sử dụng ở mỗi điều kiện làm việc nhất định, chúng không có tính thông dụng. Những bộ phân tích kiểu khối phổ, ký sắc cho phép phân tích rộng hơn nhưng do kết cấu nặng nề phức tạp, giá thành cao nên nay vẫn chưa được dùng phổ biến và đang được nghiên cứu và hoàn thiện thêm.

Trong quá trình nhiệt thì phân tích thành phần có các nội dung chủ yếu sau :

### 1- Phân tích sản phẩm cháy :

Khi phân tích thành phần các chất trong sản phẩm cháy, chúng ta sẽ biết được đặc điểm quá trình cháy đó. Ví dụ : *xác định hàm lượng  $CO_2$  hoặc  $O_2$  trong sản phẩm cháy để biết quá trình cháy hoàn toàn hay không, theo dõi liên tục hàm lượng  $CO_2$  hoặc  $O_2$  trong khói sẽ giúp ta kịp thời khống chế tỷ lệ nhiên liệu và không khí nhằm hạ thấp suất tiêu hao nhiên liệu.*

### 2- Kiểm tra độ nguyên chất của môi chất :

Yêu cầu về độ nguyên chất của môi chất ngày càng cao vì các thiết bị nhiệt lực càng ngày càng nâng cao tham số và dung lượng.

*Ví dụ : hơi nước bão hòa vào bộ quá nhiệt phải có độ nguyên chất thật cao để bộ quá nhiệt của lò hơi đạt độ khô cao, nước dùng điều chỉnh nhiệt độ hơi quá nhiệt phải có độ nguyên chất thật cao để bộ quá nhiệt ít bị đóng cặn gây sự cố nổ ống...*

### 3- Kiểm tra thành phần có hại trong môi chất :

Đối với một số môi chất trong quá trình nhiệt không cần có độ nguyên chất cao nhưng cần phải khống chế hàm lượng các chất thành phần có hại trong một giới hạn nhất định, ví dụ : *nước cấp cho lò hơi tuy không thật nguyên chất song phải cố gắng tìm cách khử các chất có hại như  $O_2$ ...*

Có thể chia các bộ phân tích thành phần thành 2 loại là : Bộ phân tích khí và bộ phân tích dung dịch. Việc phân tích thành phần vật rắn thường rất ít gặp trong quá trình nhiệt công nghiệp.

## 6.2. NGUYÊN LÝ PHÂN TÍCH THÀNH PHẦN HỖN HỢP

Muốn chế tạo các bộ phân tích thành phần, người ta có thể lợi dụng một tính chất lý hóa nào đó mà tính chất của hỗn hợp chỉ có quan hệ với hàm lượng

(*nồng độ*) chất thành phần cần phân tích chứa trong hỗn hợp trên. Nói khác đi là tính chất được lựa chọn đối với các chất thành phần cần phân tích phải khác hẳn với các chất thành phần còn lại của hỗn hợp và tính chất đó của mỗi chất thành phần còn lại phải như nhau hoặc xấp xỉ bằng nhau. Nguyên tắc này cũng được dùng cho các bộ phân tích chất thành phần hòa tan trong dung dịch, tạp chất chứa trong hỗn hợp ở thể rắn. Có thể chia các bộ phân tích thành 3 loại lớn:

### 1- Kiểu hóa học :

Dùng tính chất hóa học hoặc của phản ứng hóa học.

Ví dụ : Bộ phân tích kiểu hấp thụ, kiểu nhiệt hóa học...

Phương pháp hóa học là phương pháp phân tích rất chuẩn xác, các bộ phân tích tinh vi theo kiểu hấp thụ có độ chính xác tới 0,27%, vì vậy được coi là phương pháp tiêu chuẩn dùng trong phòng thí nghiệm và dùng hiệu chỉnh các bộ phân tích kiểu khác.

Nhược điểm của phương pháp hóa học là tốn nhiều thời gian phân tích, rất khó thực hiện phân tích hoàn toàn tự động và liên tục do đó trong công nghiệp ít dùng loại này.

### 2- Kiểu vật lý :

Dùng tính chất vật lý hoặc các đại lượng vật lý. Các bộ phân tích kiểu vật lý thường ứng dụng phương pháp nhiệt dẫn, từ, quang học và quang phổ, khối phổ Ion. Bộ phân tích kiểu vật lý hoàn toàn khắc phục được các thiếu sót của loại hóa học, đó là nhanh, có thể thực hiện đo liên tục và tự động.

### 3- Kiểu lý-hóa :

Dùng tính chất lý hóa. Các bộ phân tích này cho phép phân tích liên tục, nhanh, chính xác và nhất là phân tích được nhiều chất thành phần như bộ phân tích sắc tầng (ký sắc).

Các bộ phân tích dùng trong công nghiệp cần đảm bảo các yêu cầu sau:

- Kết quả phân tích không phụ thuộc các nhân tố khách quan hoặc chịu ảnh hưởng rất ít (*nhiệt độ, áp suất, chấn động*).
- Đảm bảo độ chuẩn xác trong khoảng đo không phụ thuộc hàm lượng.
- Không chậm trễ.
- Sử dụng thuận tiện.

Ngoài ra người ta còn có thể chia loại các bộ phân tích theo các phương pháp phân tích như các loại : cơ khí, nhiệt, từ điện, quang, sắc khí, khối -phổ.

Số chỉ kết quả do bộ phân tích cho biết phụ thuộc điều kiện làm việc của nó, muốn có số chỉ đúng thì phải giữ điều kiện làm việc của bộ phân tích giống như điều kiện chia độ, do đó cần phải dùng thêm các thiết bị phụ (*Cái trích mẫu, bộ phận làm lạnh, bộ lọc, thiết bị điều chỉnh, thiết bị tạo lưu lượng, bơm môi chất và các van điều chỉnh...*), chất cần phân tích thành phần phải có nhiệt độ và áp suất không thay đổi, giữ nguyên lưu lượng qua bộ phân tích, không có chứa bụi, hơi ẩm hay các chất có hại.

### 6.3. BỘ PHÂN TÍCH KIỂU CƠ HỌC

Các bộ phân tích kiểu cơ học xác định chất thành phần cần phân tích bằng cách đo các tham số trạng thái cơ học - phân tử hoặc là tính chất của hỗn hợp khí cần phân tích có quan hệ với nồng độ chất thành phần. Các bộ phân tích này gồm loại :

- Thể tích - áp suất (xác định chất thành phần theo biến đổi thể tích hoặc áp suất của mẫu hỗn hợp khí sau khi có tác dụng hóa học).
- Độ nhớt của hỗn hợp khí.
- Mật độ hoặc một vài tính chất phụ thuộc mật độ hỗn hợp khí như tốc độ phân bố âm thanh, siêu âm, tốc độ khuếch tán.

### 6.4. BỘ PHÂN TÍCH KHÍ KIỂU NHIỆT

Nguyên lý của các bộ phân tích khí kiểu nhiệt là đo các đại lượng nhiệt có quan hệ với chất thành phần cần phân tích trong hỗn hợp như độ dẫn nhiệt của hỗn hợp khí, hiệu ứng nhiệt có ích trong các phản ứng oxy hóa có chất xúc tác. Tùy theo đại lượng cần đo ta có thể chia bộ phân tích thành 2 loại là : *dẫn nhiệt và nhiệt hóa*. Bộ phân tích khí kiểu dẫn nhiệt là một trong số các loại cơ bản nhất xuất hiện sớm nhất của bộ phân tích kiểu vật lý và đã được sử dụng hàng chục năm qua do đó kiểu, loại của nó rất đa dạng. Còn bộ phân tích khí kiểu nhiệt hóa thường gặp phổ biến nhất là loại dựa trên phản ứng oxy hóa (*cháy*) để xác định chất thành phần.

#### 6.4.1. Các bộ phân tích khí kiểu dẫn nhiệt

##### *a- Nguyên lý và phương pháp đo:*

Mỗi loại khí đều có một hệ số dẫn nhiệt nhất định. Hệ số dẫn nhiệt của một hỗn hợp gồm nhiều loại khí  $\lambda_{hh}$  chính là trị số trung bình toán hệ số dẫn nhiệt

của các khí thành phần  $\lambda_i$  ứng với hàm lượng các khí thành phần  $n_i$  tính theo phần trăm so với hỗn hợp.

$$\lambda_{hh} = \sum_{i=1}^n n_i \lambda_i$$

Từ tính chất dẫn nhiệt này ta thấy có thể tìm được hàm lượng  $n_i$  ứng với một khí thành phần có hệ số dẫn nhiệt  $\lambda_i$  nếu hỗn hợp còn lại chỉ gồm các loại khí thành phần có hệ số dẫn nhiệt gần giống nhau và khác xa  $\lambda_i$  trên. Hay nói cách khác là ta có thể viết :

$$\lambda_{hh} = \lambda_1 n_1 + \lambda_2 (1 - n_1)$$

Vậy từ  $\lambda_1, \lambda_2$  đã biết và nếu đo được  $\lambda_{hh}$  thì ta biết được  $n_1$ .

Mặt khác do hệ số dẫn nhiệt thay đổi theo nhiệt độ nên số chỉ kết quả của bộ phân tích khí cũng chịu ảnh hưởng của nhiệt độ.

$$\lambda_t = \lambda_0 [1 - A(t - 0^\circ \text{C})] \quad (\text{A- hệ số nhiệt độ})$$

Thực tế ta thường không hoàn toàn dùng tính toán lý thuyết mà việc chia độ bộ phân tích khí được tiến hành theo thực nghiệm nên khi đo có thể khử mất ảnh hưởng của nhiệt độ nếu giữ nguyên điều kiện nhiệt độ đúng như lúc chia độ.

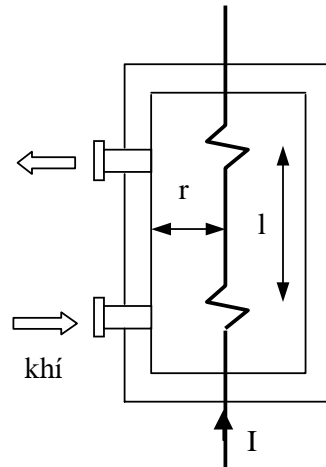
Vấn đề đo hệ số dẫn nhiệt trực tiếp rất phiền phức vì khó chính xác. Do đó thường đo điện trở của dây dẫn điện đặt trong hỗn hợp khí để xác định hàm lượng chất khí thành phần cần phân tích.

**Ví dụ :** Xét điều kiện tản nhiệt của 1 dây dẫn được dòng điện đốt nóng đặt trong buồng có hỗn hợp khí đi qua, ta có thể tạo điều kiện để điện trở của dây dẫn chỉ phụ thuộc vào lượng chất khí thành phần trong hỗn hợp khí. Thực tế và lý thuyết đều xác định rằng quan hệ đó trong một phạm vi nhất định là quan hệ đường thẳng.

Xét bộ chuyển đổi như hình vẽ:

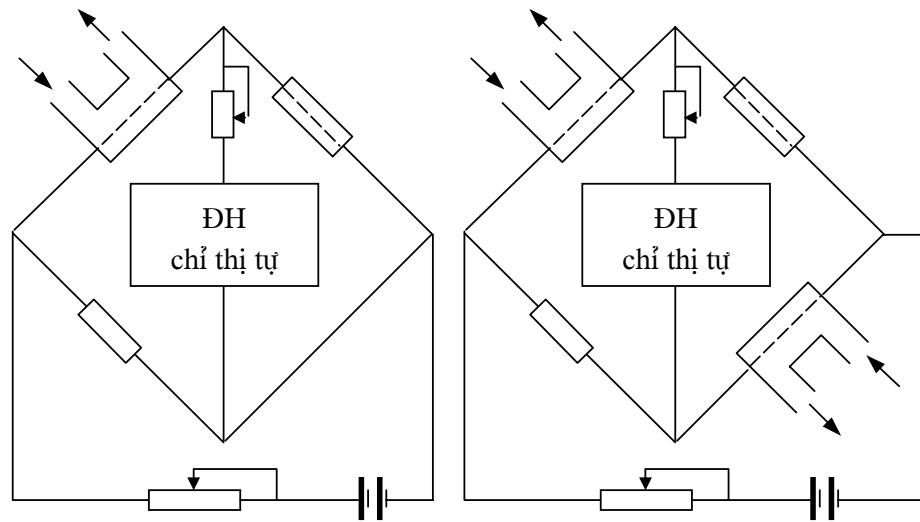
Có cấu tạo thích hợp sao cho nhiệt lượng mất đi là do sự dẫn nhiệt của khí xung quanh dây theo phương thẳng đứng tuân theo định luật Fourier. Thì bằng tính toán lý thuyết ta có quan hệ là:  $R = f(1/\lambda_{hh})$ .

Để thỏa mãn vấn đề trên thì dây dẫn cần đặt thẳng đứng



và cho hỗn hợp khí đi từ dưới lên và buồng có r nhỏ và dây phải đủ dài ( $l > 20r$ ), nhiệt độ hỗn hợp khí trong khoảng  $40 \div 50 \text{ }^\circ\text{C}$  và nhiệt độ dây dẫn khoảng  $100 \div 120 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**b- Sơ đồ đo lường:** Thường dùng cầu cân bằng hoặc cầu không cân bằng và tùy dụng cụ đo cụ thể mà cầu điện có một số biến đổi để tăng độ nhạy và độ chính xác đo lường.



Cầu điện một nhánh đo (đơn)

Cầu điện hai nhánh đo (kép)

Như trên sự tỏa nhiệt bằng đối lưu từ dây dẫn phải hết sức nhỏ. Trong một số trường hợp cần nâng cao tính lựa chọn của phương pháp dẫn nhiệt người ta phải phối hợp các buồng dẫn nhiệt với các buồng đối lưu. Tăng thành phần truyền nhiệt đối lưu bằng cách tăng đường kính buồng có phần tử nhạy cảm đặt đứng hoặc bố trí nằm ngang, ngoài ra còn có thể tăng áp suất khí trong buồng (vì lượng nhiệt truyền đi bằng đối lưu tỷ lệ với bình phương của áp suất khí, còn độ dẫn nhiệt của khí thực tế không phụ thuộc áp suất). Việc phối hợp trên cho phép đồng thời tiến hành đo hỗn hợp khí 2 thành phần và khử ảnh hưởng của thành phần không cần đo khi xác định một thành phần kia.

#### 6.4.2. Bộ phân tích khí kiểu nhiệt hóa học

Nguyên lý làm việc cơ bản của bộ phân tích này là dựa vào lượng nhiệt phát ra do phản ứng hoá học khi đốt khí có thể cháy trong oxy ở một nhiệt độ tương đối cao.

Ví dụ :  $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 136,2 \text{ kCalo}$



Dựa vào lượng nhiệt phát ra ta sẽ xác định được hàm lượng CO trong khí cần phân tích .

Thông thường đo nhiệt lượng khó hơn đo độ biến đổi nhiệt độ. Nên người ta tìm cách đo độ biến đổi nhiệt độ ở điều kiện nhất định để xác định hàm lượng chất cần phân tích, cách làm này cho phép đạt được độ chính xác cao.

Nhiệt độ điểm cháy có thể hạ thấp đi nhiều bằng cách dùng thêm chất xúc tác, nhờ đó giảm được công suất tiêu hao cho bộ phân tích và tăng tuổi thọ. Ví dụ : Đối với CO thường dùng chất xúc tác là Hốpcalit (hỗn hợp 60% MnO<sub>2</sub> và 40% CuO) nhiệt độ hoạt động tốt nhất của nó là 100 °C và có thể đốt cháy hết hoàn toàn CO.

Quan hệ giữa hàm lượng chất cần phân tích, nhiệt lượng cháy và nhiệt độ cuối cùng xác định bằng tính toán lý thuyết thì rất phức tạp và khó khăn, mặt khác do thực tế khác với lý thuyết nên sai số rất lớn, do đó nói chung người ta xác định quan hệ trên và khắc độ bộ phân tích bằng phương pháp thực nghiệm.

Chất xúc tác có thể ở dạng các hạt nhỏ nhưng thường ta dùng dây dẫn làm bằng chất xúc tác để làm phân tử nhạy cảm, không cần dùng nhiệt kế điện trở hoặc cặp nhiệt.

Độ nhạy  $\psi$  của bộ phân tích khí kiểu nhiệt hóa học xác định theo độ biến đổi nhiệt độ  $\Delta t$  so với độ biến đổi hàm lượng thành phần  $\Delta C$  theo công thức.

$$\psi = \Delta t / \Delta C = Aq(1-aQ^b)$$

*A, a, b, là các hệ số phụ thuộc kích thước hình học và đặc tính nhiệt của buồng nhiệt hóa học; q là suất nhiệt của phản ứng ôxy hóa ; Q là lưu lượng khí tính bằng đơn vị thể tích trong đơn vị thời gian.*

Đối với buồng có cấu tạo đã được xác định thì độ nhạy đo lường lớn nhất là

khi: 
$$Q = \frac{1}{\sqrt[b]{a(1+b)}} .$$

Khối lượng cần thiết M của chất xúc tác được tính theo công thức :

$$M = \frac{RTG \ln \frac{P_h}{P_k}}{\beta S (P_h - P_k)}$$

R - Hằng số khí

T - Nhiệt độ tuyệt đối

G - Lưu lượng trọng lượng của thành phần cần xác định

Ph, Pk - áp suất riêng phần của thành phần cần xác định trước và sau lớp chất xúc tác.

S - Diện tích bề mặt hạt chất xúc tác trong một đơn vị thể tích

$\beta$  - Hệ số xác định bởi sự ôxy hóa xúc tác hoàn toàn.

Trường hợp dây dẫn được đồng thời làm nhiệm vụ xúc tác và đo lường, thì nhiệt độ dây dẫn đó trên nhánh làm việc của cầu đo được xác định như sau :

$$\Delta t = \frac{\beta}{100} C_M \frac{q}{i_v} \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right)$$

$C_M$  - Nồng độ thành phần cần xác định tính theo mol.

q - Nhiệt trị cháy Kcal/mol (suất nhiệt cháy).

$\alpha$  - Hệ số tính đến mất mát trong môi trường xung quanh.

$i_v$  - độ thay đổi suất nhiệt hàm của không khí khô và sản phẩm của phản ứng.

$\Delta t$  - độ tăng nhiệt độ của phân tử nhạy cảm.

Khi cấu tạo buồng phản ứng đã xác định thì  $\beta$  chỉ còn phụ thuộc độ dẫn nhiệt của hỗn hợp khí và nhiệt độ phân tử nhạy cảm. Vậy dùng sơ đồ để đo được  $\Delta t$  thì ta sẽ xác định được nồng độ chất thành phần cần phân tích.

Sơ đồ đo của các bộ phân tích khí kiểu nhiệt hóa học cũng tương tự sơ đồ đo của các bộ phân tích khí kiểu dẫn nhiệt.

## 6.5. BỘ PHÂN TÍCH KHÍ KIỂU ĐIỆN

Nguyên tắc làm việc của các bộ phân tích thuộc nhóm này đều là dựa vào một đặc tính điện nào đó của chính chất khí hoặc chất nước cần phân tích. Tham số điện được lựa chọn phải có quan hệ đơn vị với nồng độ của thành phần cần phân tích.

Loại này trong thực tế có các bộ phân tích khí kiểu ion hóa và kiểu điện hóa học.

### 6.5.1. Bộ phân tích khí kiểu ion hóa

Sự ion hóa của chất khí là do chất khí bị tác dụng bởi điện trường hoặc từ trường ngoài hoặc là dòng bức xạ điện từ cũng như dòng bức xạ dạng hạt nhỏ. Các điện tử bị tách ra khỏi vỏ ngoài nguyên tử hoặc phân tử vì thế trong khối khí xuất hiện các ion dương và điện tử, chúng lại tiếp tục chuyển hóa. Sự ion hóa được định lượng bằng trị số dòng điện ion hóa, dòng điện này xuất hiện trong khí bị ion hóa khi nằm trong điện trường .

Sự ion hóa phụ thuộc vào loại và cường độ chất tác nhân ion hóa, tham số trạng thái của khí bị ion hóa, cường độ điện trường, hình dạng và kích thước buồng ion hóa. Quan hệ giữa nồng độ ion hóa với nồng độ thành phần cần phân tích trong hỗn hợp đo được xác định bằng một số hiện tượng vật lý khác

nhau. Bộ phân tích khí kiểu ion hóa chọn dùng hiện tượng vật lý nào đó là tùy theo thành phần hỗn hợp khí, bản chất lý hóa, nồng độ chất thành phần cần xác định cũng như mục đích công dụng của việc phân tích (*xác định nồng độ chất thành phần hay chỉ thị sự xuất hiện...*).

### Có 2 phương pháp ion hóa :

1- *Phương pháp ion hóa mặt cắt ngang* : Phương pháp này dùng nguồn phóng xạ rọi vào khí và tạo ra trong khí một dòng điện ion hóa, khi giữ các điều kiện khác như nhau thì dòng điện ion hóa trực tiếp tỷ lệ với cái gọi là mặt ion hóa cắt ngang, mặt đó biểu thị bằng xác suất ion hóa do chất tác nhân ion hóa va đập với các nguyên tử hoặc phân tử trung hòa.

2- *Phương pháp ion hóa bằng kích thích nguyên tử* : Cách này được dùng rộng rãi trong bộ tách Argon và Heli. Trị số trung bình của dòng điện ion hóa nằm trong khoảng  $10^{-11}$  đến  $10^{-8}$  Ampe, trong trường hợp hỗn hợp khí gồm 2 nhóm thì tiết diện ion hóa tương đối hoặc dòng điện ion hóa  $I$  có thể tìm gần đúng theo biểu thức :

$$I = \sum_j C_j I_j .$$

$C_j$  - là nồng độ tương đối của thành phần thứ  $j$  của hỗn hợp khí tính theo thành phần so với đơn vị.

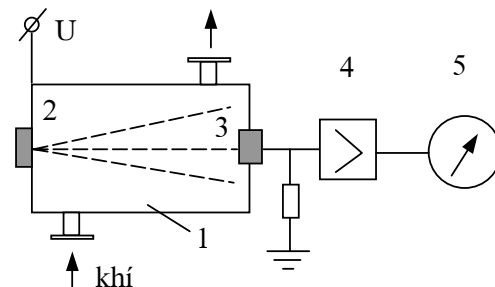
$I_j$  - là dòng điện ion hóa tương đối của thành phần thứ  $j$  nguyên chất (100%) của hỗn hợp khí.

Do hiện tượng tái hợp, (sự nạp lại) của các ion và các hiệu ứng khác nên trị số thực tế của dòng điện ion tương đối có khi khác biệt rất nhiều so với trị số tính toán vì thế các bộ phân tích khí kiểu ion hóa theo phương pháp tiết diện, ion hóa thực hiện chia độ theo hỗn hợp chuẩn (thường dùng  $N_2$  nguyên chất làm chuẩn).

*Sơ đồ nguyên lý của bộ phân tích khí kiểu ion hóa :*

Hỗn hợp khí đi qua buồng ion hóa 1 được ion hóa nhờ nguồn phóng xạ  $\beta$  2, nhờ có điện cực 3 bên trong sẽ là cực góp iôn và có chênh lệch

điện thế, mạch của cực góp có dòng điện xuất hiện, sau bộ khuếch đại 4 là đồng hồ điện 5.



### 6.5.2. Bộ phân tích khí kiểu điện hóa

Trong nhóm này gồm các bộ phân tích khí kiểu điện dẫn galvanic (theo điện lượng hoặc dòng điện) kiểu điện thế và kiểu khử cực.

(tự tham khảo)

### 6.6. BỘ PHÂN TÍCH KHÍ KIỂU TỪ

Loại này được dùng nhiều cho việc phân tích khí  $O_2$ .

(tự tham khảo)

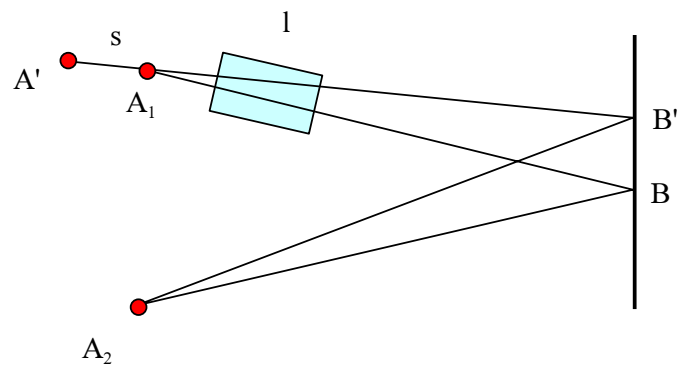
### 6.7. CÁC BỘ PHÂN TÍCH KHÍ KIỂU QUANG HỌC

Các bộ phân tích khí kiểu quang học là một nhóm lớn gồm các dụng cụ phân tích khí bằng cách dùng quan hệ giữa nồng độ chất thành phần cần xác định trong hỗn hợp khí, đối với một tính chất quang học nào đó của hỗn hợp cần phân tích như : chỉ số khúc xạ, mật độ quang học, hấp thụ phổ, bức xạ, phổ...

#### 6.7.1. Bộ phân tích khí kiểu giao thoa kế (giao thoa kế khí)

Bộ phân tích khí này ứng dụng hiện tượng xê dịch dải giao thoa do sự thay đổi mật độ quang học của môi chất khí trên đường đi của một trong hai tia sáng kết hợp.

Sơ đồ đơn giản hình thành của dải giao thoa và sự xê dịch của chúng.



Hai nguồn tia sáng đơn sắc kết hợp đặt ở điểm  $A_1$  và  $A_2$  do tác dụng tương hỗ của của các tia sáng nên trên màn ảnh xuất hiện dải giao thoa (*hình ảnh giao thoa*). Sự hình thành các dải sáng và tối của ảnh giao thoa là do khoảng chênh lệch giữa 2 tia sáng giao thoa với độ dài và sóng (gặp nhau ở điểm đã xác định

trên màn ảnh). Đối với dải sáng thì khoảng chênh lệch của tia sáng bằng nửa số sóng chẵn.

Tức là: Với  $\delta = 2\frac{\lambda}{2}, 4\frac{\lambda}{2}, 6\frac{\lambda}{2} \dots$  thì được dải sáng,

còn ở điểm ứng với  $\delta = \frac{\lambda}{2}, 3\frac{\lambda}{2}, 5\frac{\lambda}{2} \dots$  được dải tối.

( $\lambda$ - là độ dài sóng của tia giao thoa ).

Do kết quả giao thoa ở điểm B xuất hiện dải sáng còn cả hai bên cạnh là các dải tối và sáng xen kẽ nhau. Trường hợp dải sáng trắng (không đơn sắc) thì ở hai bên của dải trắng ở điểm B sẽ có màu sắc.

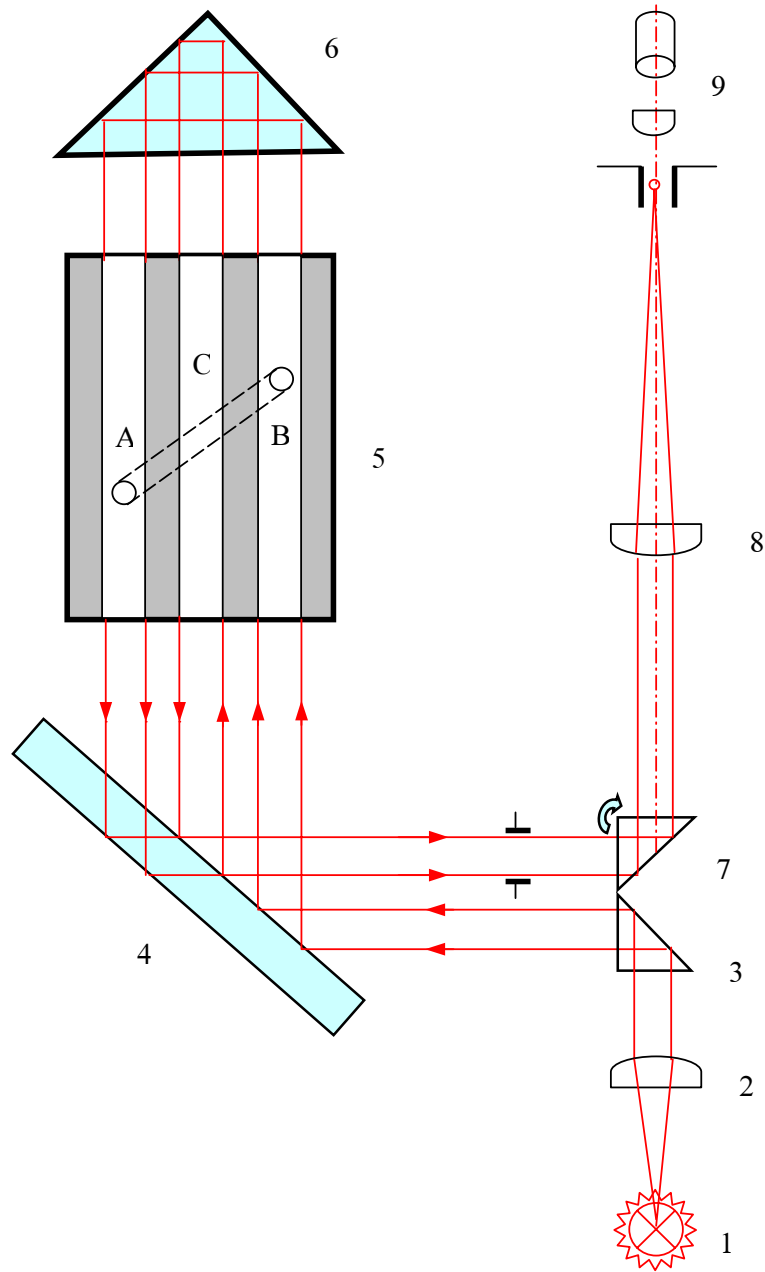
Nếu giữa  $A_1$  và màn ảnh có đặt một buồng dài  $l$  chứa đầy khí có chỉ số khúc xạ  $n_k > n_{kk}$  ( $n_{kk}$  là chỉ số khúc xạ không khí) nên trong trường hợp này đường đi của tia sáng sẽ kéo dài thêm một đoạn  $\delta = (n_k - n_{kk})l$ . Điểm  $A_1$  như vậy chuyển dịch tới điểm  $A'_1$  còn trên màn ảnh thì B chuyển tới  $B'$  cách đều  $A'_1$  và  $A_2$ . Còn nếu buồng chứa khí đặt giữa  $A_2$  và màn ảnh thì ảnh giao thoa sẽ chuyển dịch xuống dưới.

Bộ chuyển dịch của ảnh giao thoa phụ thuộc vào chỉ số khúc xạ của môi chất nên phụ thuộc vào biến đổi mật độ và do đó phụ thuộc chất thành phần trong hỗn hợp chứa trong buồng trên.

Hình vẽ dưới đây là bộ phân tích khí kiểu giao thoa kế có sơ đồ quang học đầy đủ. Các kênh A,B,C có vách ngăn cách nhau, kênh A và B có ống nối thông với nhau và thường chứa không khí, kênh C chứa khí cần phân tích tia sáng từ nguồn 1 qua kính hội tụ 2 đến lăng kính phản xạ toàn phần 3 rồi tới bản phẳng song song 4 tạo nên các tia khúc xạ và các tia phản xạ - các tia này qua buồng chứa khí 5 gặp lăng kính phản xạ toàn phần 6 rồi lại trở về bản phẳng song song 4. Các tia sáng từ bản phẳng song song 4 đi ra sẽ qua lăng kính quay 7 và được phản xạ qua một thấu kính hội tụ 8 khác và hội tụ ở mặt phẳng chứa tiêu điểm của 8. Ảnh giao thoa trên mặt phẳng đó sẽ được quan sát qua ống kính 9.

Muốn được khoảng chênh lệch của tia sáng của ảnh giao thoa thì phải có góc nghiêng không lớn của lăng kính 6 xung quanh bờ mặt huyền của nó. Nồng độ của chất thành phần được đo bằng độ chuyển dịch ảnh giao thoa và có thể thực hiện theo 2 cách : Cách thứ nhất thực hiện theo thang chia độ của thị kính cùng nằm trong trường quan sát với ảnh giao thoa. Cách thứ hai (chính xác hơn) là ảnh giao thoa được lặp lại vị trí ban đầu đối với đường ngắm ở giữa trường

quan sát còn nồng độ thì đọc theo tang trống thiết bị kiểu micrômét dùng quay lăng kính 7.



Hỗn hợp khí (thường là không khí) được hút qua buồng C (nhờ bơm tay). Kênh A và B được nối với môi chất không khí xung quanh qua thiết bị đặc biệt cẩn không cho các khí bất kỳ nào khác lọt vào trong kênh, trong thời gian đó cho phép cân bằng áp suất trong kênh không khí với khí quyển.

Bộ phân tích khí kiểu giao thoa kế chỉ có thể dùng cho hỗn hợp kếp, chất thành phần có chỉ số khúc xạ khác hẳn nhau.

Giao thoa kế khí được dùng phổ biến nhất là dùng thiết bị phân tích phòng thí nghiệm có độ chính xác cao và cũng là bộ phân tích thao tác bằng tay mang lưu động chủ yếu dùng xác định thành phần khí như  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  trong không khí.

### 6.7.2. Bộ phân tích kiểu quang âm (hấp thụ tia hồng ngoại)

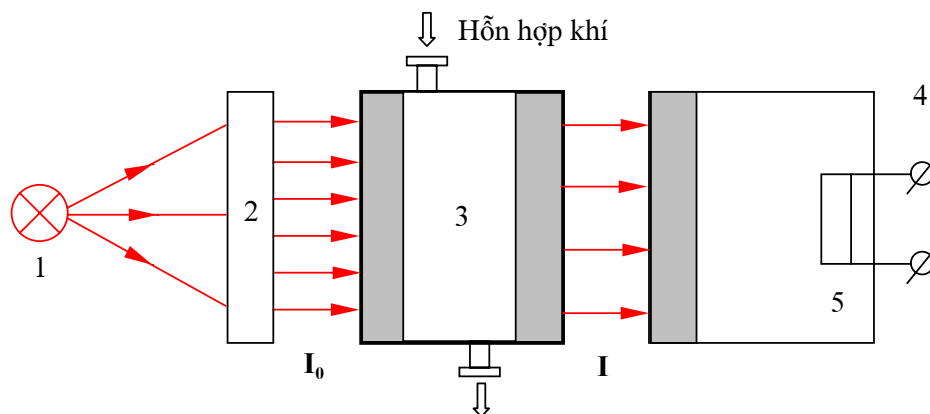
Bộ phân tích kiểu quang âm là loại được ứng dụng và phát triển nhiều nhất trong số các bộ phân tích dùng tia hồng ngoại có thể dùng phân tích thành phần hỗn hợp khí và cũng có thể dùng đo nồng độ của dung dịch, vì vậy nên đã được phát triển rất nhanh trong những năm gần đây.

Ánh sáng thấy được, ánh sáng không trong thấy được, sóng nhiệt, sóng điện... đều là sóng điện từ, người ta phân biệt chúng theo độ dài sóng hoặc tần số, tia hồng ngoại thuộc phạm vi ánh sáng không thấy được độ dài sóng thông thường trong khoảng  $0,75\mu$  đến  $4000\mu$ .

Các bộ phân tích kiểu tia hồng ngoại chủ yếu dựa vào 2 tính chất cơ bản của tia hồng ngoại là :

- Khả năng bức xạ mạnh của tia hồng ngoại đối với nhiệt năng.
- Các môi chất, nhất là khí nhiều nguyên tử đều có khả năng hấp thụ năng lượng bức xạ tia hồng ngoại.

Nguyên lý cấu tạo bộ phân tích kiểu tia hồng ngoại dùng đo định lượng nồng độ như hình vẽ.



Năng lượng bức xạ của nguồn sáng tia hồng ngoại 1 phát ra có cường độ là  $I_0$  sau khi qua 2 thì vào buồng làm việc 3, buồng này có hỗn hợp khí cần đo liên tục chạy qua, nhóm khí cần phân tích sẽ hấp thụ năng lượng bức xạ của một đoạn quang phổ nào đó trong tia hồng ngoại, năng lượng đưa vào buồng 4 bây giờ không còn là  $I_0$  mà là  $I$ , buồng 4 chứa đầy nhóm khí cần phân tích với nồng độ khá cao nên phần năng lượng còn dư  $I = I_0 - \Delta I$  sẽ bị hấp thụ hết, nhiệt độ buồng 4 tăng lên dùng một loại phân tử đo nhiệt độ 5 ta sẽ xác định độ tăng nhiệt độ của buồng 4 và sẽ xác định được nồng độ của nhóm khí cần đo.

Theo định luật Langzberg; 
$$\frac{I}{I_0} = e^{-\mu \cdot C \cdot l}$$

Trong đó :

$\mu_\lambda$  - hệ số hấp thụ tương đương của nhóm cần phân tích và là hàm số đối với độ dài sóng đã định.

C - là nồng độ nhóm cần phân tích (khí hấp thụ bức xạ).

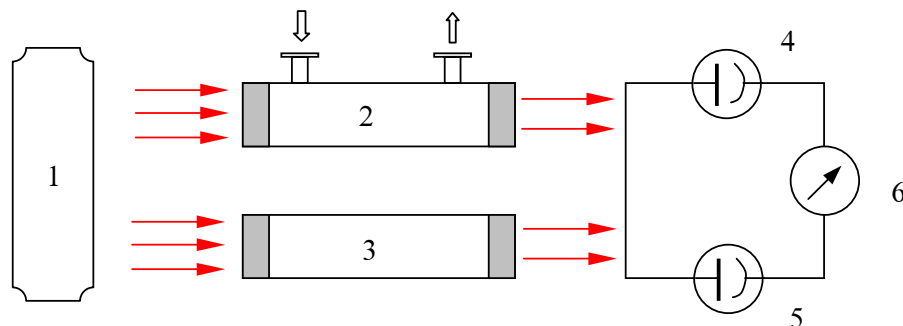
l - độ dài buồng làm việc (chiều dày lớp hấp thụ).

Nếu thể tích buồng làm việc không đổi thì phân tử nhạy cảm 5 có thể là phân tử đo áp suất vì nhiệt độ tăng thì áp suất tăng theo quan hệ đường thẳng.

### 6.7.3. Bộ phân tích khí kiểu hấp thụ tia tử ngoại (tia cực tím)

Quá trình vật lý có liên quan đến hấp thụ bức xạ tử ngoại rất phức tạp so với bức xạ hồng ngoại, năng lượng lượng tử ứng với phổ vùng tử ngoại không phải chỉ để làm thay đổi năng lượng quay phân tử và năng lượng dao động của nguyên tử như trong phạm vi hồng ngoại mà còn để làm thay đổi năng lượng vỏ điện tử bên ngoài của phân tử.

Sơ đồ bộ phân tích khí kiểu hấp thụ tia tử ngoại:



Bức xạ từ nguồn 1 đi qua buồng làm việc 2 tới tế bào quang điện 4, mặt khác bức xạ cũng qua buồng so sánh 3 tới tế bào quang điện 5. Buồng so sánh chứa đầy hỗn hợp khí có thành phần không đổi, không hấp thụ bức xạ tử ngoại, nếu khí qua buồng làm việc không chứa thành phần cần phân tích thì dòng bức xạ



của 2 nhánh như nhau nên không có dòng điện trong mạch qua đồng hồ 6 .  
Trái lại, nếu khí qua buồng làm việc có chứa khí thành phần cần phân tích thì dòng điện qua đồng hồ 6 sẽ tỷ lệ với nồng độ thành phần cần phân tích.

#### 6.7.4. Bộ phân tích khí kiểu phổ quang kế

Nguyên lý làm việc : Xác định được nồng độ chất thành phần trong hỗn hợp khí cần phân tích bằng cách phân tích phổ phát xạ của hỗn hợp khí nhờ đo cường độ bức xạ vạch phổ của chất thành phần.

### 6.8. BỘ PHÂN TÍCH KHÍ KIỂU SO MÀU SẮC

Trong hỗn hợp khí có nồng độ xác định, phản ứng hóa học có tính chọn lọc màu sắc tác dụng tương hỗ giữa các chất thành phần và dung dịch chỉ thị sẽ làm cho tất cả các chất trong dung dịch bị nhuộm màu, dùng cách đo sự hấp thụ ánh sáng của dung dịch bị nhuộm màu thì sẽ xác định được nồng độ chất thành phần.

Bộ phân tích khí áp dụng nguyên lý so màu sắc nói trên có những ưu điểm cơ bản so với các phương pháp khác :

- Phương pháp phân tích so màu sắc có độ nhạy cao (vì có thể gom góp các thành phần cần xác định trong dung dịch chỉ thị hoặc băng chỉ thị) nói khác đi, tăng số lượng khí cần phân tích đi qua dung dịch chỉ thị hoặc băng chỉ thị hầu như sẽ làm tăng một cách không hạn chế độ nhạy của phương pháp so màu sắc. Do đó bộ phân tích khí kiểu so màu sắc được dùng rộng rãi để xác định vi nồng độ các khí khác nhau trong hỗn hợp khí phức tạp và trong môi trường không khí, trái lại khi đo các nồng độ lớn thì bộ phân tích này ít có hiệu quả.

- Tính lựa chọn cao. Tính chất này được xác định bởi sự chọn lọc đặc biệt của phản ứng hóa học giữa chất thành phần cần xác định của hỗn hợp khí và dung dịch chỉ thị.

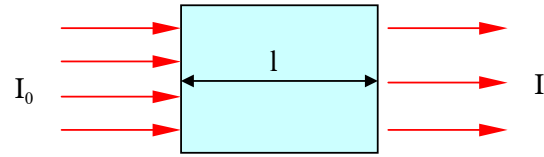
- Bộ phân tích khí kiểu so màu sắc có thể có cấu tạo vạn năng, bởi vì có thể dùng một bộ phân tích và đồng hồ với các dung dịch chỉ thị khác nhau sẽ có thể xác định được các chất khí khác nhau.

**Nguyên lý phân tích bằng cách so màu sắc :**

#### ***Định luật Baye :***

Phân tích so màu sắc là dựa trên cơ sở của hiện tượng sau : tia sáng đi qua vật có màu sắc thì có một phần bị vật hấp thụ nên cường độ tia sáng ở đầu đi ra so với đầu đi vào vật trên sẽ yếu hơn. Định luật Baye chính là quy luật rút ra từ hiện tượng trên. Giả sử có một bình chứa có 2 vách cách nhau một khoảng 1 làm bằng môi chất sáng lý tưởng (không hấp thụ tia sáng).

Tia sáng tới trực giao với vách có cường độ  $I_0$ , tia sáng ở đầu đi ra có cường độ là  $I$  thì quan hệ giữa  $I$  và  $I_0$  có thể xác định bằng

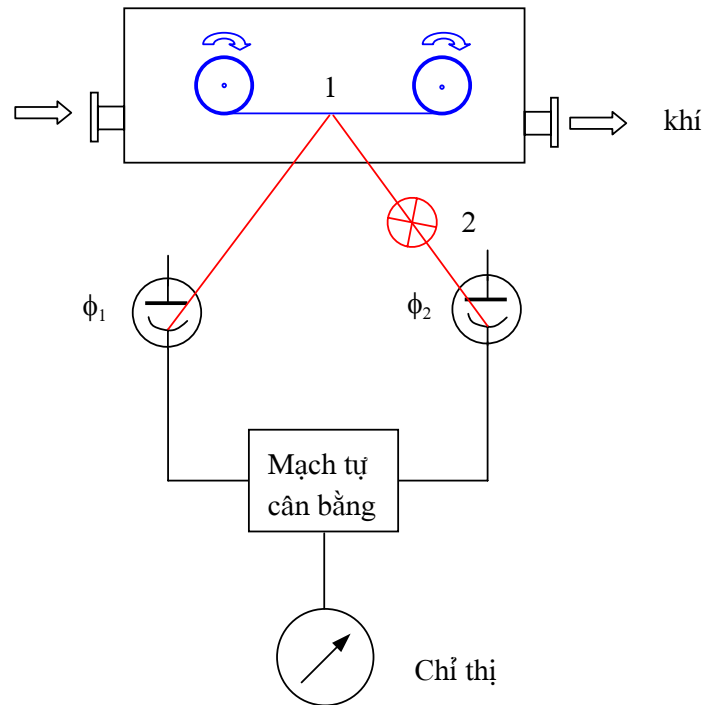


công thức :  $I = I_0 e^{-\xi Cl}$  hay là  $\frac{I}{I_0} = e^{-\xi Cl}$

trong đó :  $\xi$  là hằng số tỷ lệ còn gọi là hệ số tiêu quang (là đại lượng vật lý có quan hệ với tính chất nhưng không có quan hệ với nồng độ của môi chất). Do đó khi môi chất xác định thì  $\xi$  cũng xác định và nếu giữ  $l$  không đổi thì từ  $I/I_0$  có thể suy ra  $C$ .

Bộ phân tích bằng phương pháp so màu sắc có thể chia làm 3 loại :

- Bộ phân tích khí dùng dung dịch so màu sắc.
- Bộ phân tích khí phân tích trực tiếp theo màu sắc khác nhau của chất khí.
- Bộ phân tích khí so màu sắc dùng băng hấp thụ.



*Bộ phân tích khí so màu sắc dùng băng hấp thụ.*

Bằng cách đo mức độ nhuộm màu của băng chỉ thị 1, (mức độ này phụ thuộc vào nồng độ của chất thành phần). Trong dụng cụ trên người ta so sánh dòng

ánh sáng trực tiếp cũng từ đèn 2 qua 2 phần tử quang điện  $\phi_1$  và  $\phi_2$  và tự động cân bằng, từ đó ta xác định được mức độ nhuộm màu và suy ra nồng độ.

## 6.9. BỘ PHÂN TÍCH KHÍ KIỂU SẮC KÝ

Trong các bộ phân tích tự động thì phương pháp phân tích kiểu sắc ký là một phương pháp lớn và mới của bộ phân tích kiểu lý- hóa. Bộ phân tích loại này được dùng để phân tích vật vô cơ và đặc biệt là vật hữu cơ với tính ưu việt độc đáo.

Hỗn hợp khí phức tạp được chia thành các thành phần riêng biệt do kết quả của quá trình hấp phụ diễn ra khi hỗn hợp chuyển động dọc theo lớp chất hấp phụ và sau đó xác định nồng độ của mỗi chất thành phần.

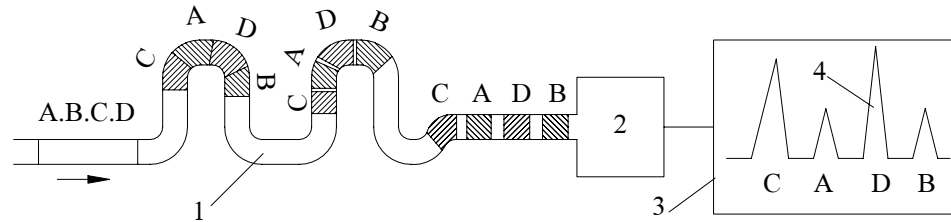
Trong hệ dị thể có bề mặt chia pha, bao giờ cũng có năng lượng tích lũy trên bề mặt, gắn liền với bề mặt chia pha đó diễn ra một quá trình gọi là quá trình hấp phụ. Đó là quá trình tập trung vật chất từ trong thể tích pha về bề mặt chia pha, người ta gọi là sự hấp phụ bề mặt hoặc gọi tắt là sự hấp phụ. Nguyên nhân của quá trình hấp phụ là do có lực liên kết giữa chất hấp phụ và chất bị hấp phụ người ta cho rằng có 2 loại lực liên kết hấp phụ cơ bản đó là lực vật lý và lực hóa học.

Phân tích hỗn hợp theo phương pháp sắc ký dựa trên cơ sở hấp phụ của chất hấp phụ rắn và lỏng. Tùy theo loại chất hấp phụ, phép sắc ký khí được chia ra loại khí -hấp phụ và khí -chất nước.

■ Phép sắc ký khí hấp phụ dựa vào độ hấp phụ khác nhau của chất hấp phụ rắn đối với chất thành phần trong hỗn hợp khí. Chất hấp phụ này làm bởi vật liệu hữu cơ hoặc khoáng chất tự nhiên hay nhân tạo có tính xốp để có thể tích không gian hấp phụ lớn.

■ Phép sắc ký khí - chất nước : Dựa vào sự hấp phụ khác nhau đối với các chất thành phần đó trong chất nước dẫn tới bề mặt chất hấp phụ. Chất nước thường hay dùng nhất làm chất hấp phụ là các ete (este) cao phân tử, rượu, dầu silicon...

Hỗn hợp khí cần phân tích chuyển động qua một ống dài nhỏ chứa đầy chất hấp phụ. Do sự hấp phụ có lựa chọn các thành phần bị hấp phụ ít đi qua trước (B, D) còn những chất hòa tan tốt (C,A) bị giữ lại sau đó có sự phân chia hợp chất thành nhiều thành phần khác nhau.



Những thành phần này được di chuyển qua cột sắc ký thành những vùng riêng lẻ và theo trình tự được dẫn đi bằng dòng khí vận chuyển và đến bộ chuyển đổi 2 và vào thiết bị tự ghi 3, đường cong 4 gồm những đỉnh riêng lẻ, mỗi đỉnh tương ứng với mỗi chất thành phần nhất định. Nồng độ khối của chúng được xác định theo tỷ số diện tích của mỗi khoảng nhọn với diện tích của tất cả sắc phổ.

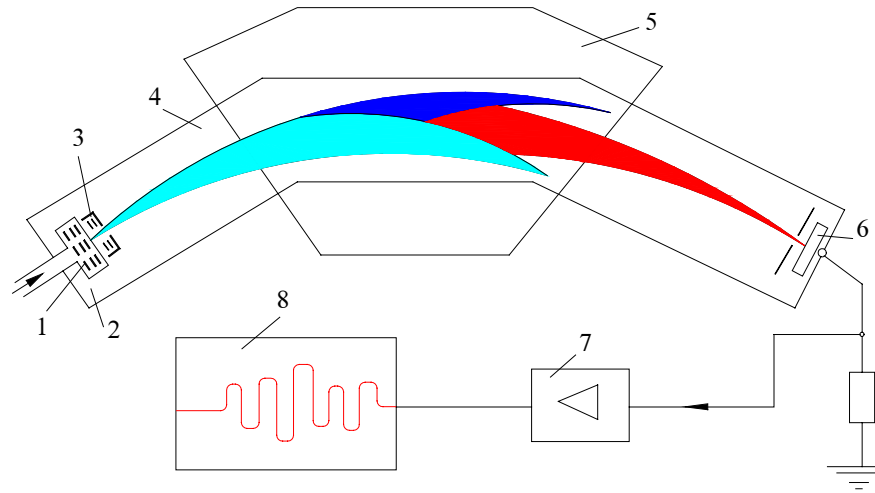
#### 6.10. BỘ PHÂN TÍCH KHÍ KIỂU KHỐI PHỔ

Các bộ phân tích khí tuy có nhiều loại song xét về mặt phân tích các chất có thành phần phức tạp và ứng dụng thuận tiện thì các bộ phân tích khí kiểu khối phổ có một vị trí đặc biệt quan trọng.

Nguyên lý làm việc của bộ phân tích loại này là biến phân tử vật chất cần phân tích thành ion rồi hình thành các chùm ion chạy qua từ trường hoặc điện trường, tùy theo khối lượng mà các ion sẽ tách riêng ra để tập hợp thành khối phổ đặc trưng cho mỗi chất thành phần trong hỗn hợp, nồng độ của chất thành phần thì biểu thị bởi cường độ của dòng ion tương ứng và tùy theo cách chia tách dòng ion, có thể chia dụng cụ phân tích kiểu khối phổ thành 2 loại lớn :

- Loại tĩnh - dùng điện trường hoặc từ trường không đổi hoặc thay đổi chậm.
- Loại động - quá trình diễn ra phụ thuộc thời gian khi ion bay trong không gian của điện trường cao tần hoặc không gian không có từ trường và điện trường. Dụng cụ được dùng phổ biến hơn cả là loại tách ion theo khối lượng trong từ trường đều đi ngang.

Khí phân tích được đưa vào nguồn ion hóa 1 gắn ở đầu bình chân không 4. Dưới tác dụng của điện cực Catốt 2, các phân tử khí được ion hóa và nhờ có hệ thống tập trung 3 hệ thống này đặt điện áp tăng tốc U, các phân tử ion hóa hướng vào từ trường đồng nhất của nam châm điện từ 5 véc tơ cảm ứng từ B của từ trường này hướng vuông góc với mặt phẳng cắt.



Ion của các chất thành phần khác nhau có điện tích giống nhau nhưng có khối lượng khác nhau ( $m_i$ ) dưới tác dụng của từ trường chúng được phân chia thành những chùm riêng lẻ theo khối lượng và có quỹ đạo với các bán kính khác nhau biểu diễn theo phương trình :

$$r_i = \frac{\sqrt{\frac{2um_i}{e}}}{B}$$

Bằng cách thay đổi từ cảm B hoặc điện áp tăng tốc U các chùm ion có khối lượng giống nhau tương ứng với thành phần đo của hỗn hợp được đưa vào bộ thu ion 6, dòng này được khuếch đại nhờ bộ khuếch đại 7 rồi đưa vào thiết bị tự ghi 8./

---

MỤC LỤC	Số trang
CHƯƠNG 1 : NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ ĐO LƯỜNG	7
<b>1.1. Đo lường và dụng cụ đo lường</b>	7
1.1.1. Định nghĩa đo lường	
1.1.2. Phân loại đo lường	
1.1.3. Dụng cụ đo lường	
<b>1.2 . Các tham số của đồng hồ</b>	10
1.2.1. Sai số và cấp chính xác	
1.2.2. Biến sai	
1.2.3. Độ nhạy và hạn không nhạy	
1.2.4. Kiểm định đồng hồ	
<b>1.3. Sai số đo lường</b>	12
1.3.1. Các loại sai số	
1.3.2. Tính sai số ngẫu nhiên trong phép đo trực tiếp	
1.3.3. Tính sai số ngẫu nhiên trong phép đo gián tiếp	
CHƯƠNG 2 : ĐO NHIỆT ĐỘ	21
<b>2.1. Những vấn đề chung</b>	21
2.1.1. Khái niệm về nhiệt độ	
2.1.2. Đơn vị và thước đo nhiệt độ	
2.1.3. Các phương pháp đo nhiệt độ	
<b>2.2. Nhiệt kế dân nở</b>	26
2.2.1. Nhiệt kế dân nở chất rắn	
2.2.2. Nhiệt kế dân nở chất lỏng	
2.2.3. Nhiệt kế kiểu áp kế	
<b>2.3. Nhiệt kế nhiệt điện</b>	32
2.3.1. Nguyên lý đo nhiệt độ của cặp nhiệt	
2.3.2. Vật liệu và cấu tạo của cặp nhiệt	
2.3.3. Bù nhiệt độ đầu lạnh của cặp nhiệt	
2.3.4. Các cách nối cặp nhiệt và khắc độ	
2.3.5. Đo suất nhiệt điện động của cặp nhiệt	
<b>2.4. Nhiệt kế điện trở</b>	46
2.4.1. Nguyên lý đo nhiệt độ bằng nhiệt kế điện trở	
2.4.2. Cấu tạo nhiệt kế điện trở	

2.4.3. Các cách đo điện trở $R_t$	
<b>2.5. Sai số đo nhiệt độ theo phương pháp tiếp xúc</b>	<b>53</b>
2.5.1. Đo nhiệt độ dòng chảy trong ống	
2.5.2. Đo nhiệt độ khi gắn ống đo có vách lạnh	
2.5.3. Đo nhiệt độ vách - bề mặt	
2.5.4. Một số trường hợp khác	
<b>2.6. Đo nhiệt độ bằng phương pháp gián tiếp</b>	<b>58</b>
2.6.1. Nguyên lý	
2.6.2. Những định luật cơ sở về bức xạ nhiệt	
2.6.3. Hỏa kế quang học	
2.6.4. Hỏa kế quang điện	
2.6.5. Hỏa kế bức xạ toàn phần	
<b>CHƯƠNG 3 : ĐO ÁP SUẤT VÀ CHÂN KHÔNG</b>	<b>67</b>
<b>3.1. Định nghĩa và thang đo</b>	<b>67</b>
3.1.1. Định nghĩa	
3.1.2. Thang đo	
<b>3.2. Áp kế chất lỏng</b>	<b>69</b>
3.2.1. Các loại dùng trong phòng thí nghiệm	
3.2.2. Các loại dùng trong công nghiệp	
<b>3.3. Một số loại áp kế đặc biệt</b>	<b>71</b>
<b>3.4. Các cách truyền tín hiệu đi xa</b>	<b>73</b>
3.6.1. Hệ thống điện dùng biến trở	
3.6.2. Hệ thống truyền xa kiểu cảm ứng	
3.6.3. Máy biến áp sai động	
3.6.4. Bộ chuyển đổi sắt động	
3.6.6. Bộ chuyển đổi dùng khí nén	
<b>CHƯƠNG 4 : ĐO LƯU LƯỢNG MÔI CHẤT</b>	<b>81</b>
<b>4.1. Định nghĩa và đơn vị lưu lượng</b>	<b>81</b>
4.1.1. Định nghĩa	
4.1.2. Đơn vị lưu lượng	
<b>4.2. Đo lưu lượng theo lưu tốc</b>	<b>81</b>
4.2.1. Nguyên lý	
4.2.2. Ống pitô	
4.2.3. Đồng hồ đo vận tốc	

<b>4.3. Đo lưu lượng theo phương pháp dung tích</b>	89
4.3.1. Nguyên lý	
4.3.2. Lưu lượng kế kiểu bánh răng	
4.3.3. Thùng đong và phễu lật	
<b>4.4. Đo lưu lượng theo phương pháp tiết lưu</b>	92
4.4.1. Thiết bị tiết lưu quy chuẩn	
4.4.2. Thiết bị tiết lưu ngoại quy chuẩn	
4.4.3. Lưu lượng kế kiểu hiệu áp kế	
4.4.4. Bộ tích phân	
4.4.5. Chia độ và kiểm tra thước chia độ của lưu lượng kế kiểu hiệu áp kế	
4.4.6. Lắp đặt hiệu áp kế và đường dẫn tín hiệu áp suất	
<b>4.5. Lưu lượng kế có giáng áp không đổi</b>	106
4.5.1. Rôtamét	
4.5.2. Lưu lượng kế kiểu Piston	
<b>4.6. Một vài lưu lượng kế đặc biệt</b>	108
4.6.1. Lưu lượng kế kiểu nhiệt điện	
4.6.2. Lưu lượng kế kiểu điện từ	
4.6.3. Lưu lượng kế siêu âm	
4.6.4. Lưu lượng kế dùng đồng hồ phóng xạ	
<b>CHƯƠNG 5 : ĐO MỨC CAO CỦA MÔI CHẤT</b>	109
<b>5.1. Đo mức cao môi chất bằng phương pháp tiếp xúc</b>	111
5.1.1. Phương pháp cơ khí	
5.1.2. Phương pháp đo mức kiểu thủy tinh	
5.1.3. Phương pháp đo mức dùng hiệu áp kế	
5.1.4. Phương pháp đo mức dùng khí nén	
5.1.5. Dụng cụ đo mức cao của chất rắn	
<b>5.2. Đo mức cao môi chất bằng phương pháp gián tiếp</b>	117
5.2.1. Phương pháp dùng chất phóng xạ	
5.2.2. Phương pháp dùng sóng siêu âm	
<b>CHƯƠNG 6 : PHÂN TÍCH CÁC CHẤT THÀNH PHẦN TRONG HỖN HỢP</b>	117
<b>6.1. Mục đích và nội dung</b>	119
<b>6.2. Nguyên lý phân tích thành phần hỗn hợp</b>	120
<b>6.3. Bộ phân tích kiểu cơ khí</b>	122



---

<b>6.4. Bộ phân tích khí kiểu nhiệt</b>	122
6.4.1. Các bộ phân tích khí kiểu dẫn nhiệt	
6.4.2. Các bộ phân tích khí kiểu nhiệt hóa học	
<b>6.5. Bộ phân tích khí kiểu điện</b>	126
6.5.1. Bộ phân tích khí kiểu Ion hóa	
6.5.2. Bộ phân tích khí kiểu điện hóa	
<b>6.6. Bộ phân tích khí kiểu từ</b>	128
<b>6.7. Bộ phân tích khí kiểu quang học</b>	128
6.7.1. Bộ phân tích khí kiểu giao thoa kế	
6.7.2. Bộ phân tích khí kiểu quang âm	
6.7.3. Bộ phân tích khí kiểu hấp thụ tia tử ngoại	
6.7.4. Bộ phân tích khí kiểu quang phổ	
<b>6.8. Bộ phân tích khí kiểu so màu sắc</b>	132
<b>6.9. Bộ phân tích khí kiểu sắc ký</b>	133
<b>6.10. Bộ phân tích khí kiểu khối phổ</b>	134
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b>	136

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- 1- *Cơ sở kỹ thuật đo lường*, NXB Đại học bách khoa Hà nội, 1995
- 2- *Kỹ thuật đo lường các đại lượng vật lý, tập 1, 2* - Phạm thượng Hàn, Nguyễn trọng Quế , Nguyễn văn Hòa, NXB Giáo dục, 1996
- 3- *Đo lường và điều khiển bằng máy tính* - Ngô Diễn Tập, NXB Khoa học kỹ thuật, 1996
- 4- *Fundamentals of Temperature, Pressure, and Flow Measurements (Third Edition)* - Robert P. Benedict, A Wiley- Interscience Publication John Wiley & Sons

# Chương 1

## NHỮNG KHÁI NIỆM VỀ ĐO LƯỜNG

### 1.1 Định nghĩa và phân loại phép đo:

#### 1.1.1 Định nghĩa:

Sự đánh giá định lượng một hay nhiều thông số của các đối tượng nghiên cứu được thực hiện bằng cách đo các đại lượng vật lý đặc trưng cho các thông số đó.

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

Kết quả đo lường là giá trị bằng số của đại lượng cần đo  $A_X$ , nó bằng tỉ số của đại lượng cần đo  $X$  và đơn vị đo  $X_0$ . Nghĩa là  $A_X$  chỉ rõ đại lượng đo lớn hơn (hay nhỏ hơn) bao nhiêu lần đơn vị của nó.

Vậy quá trình đo có thể viết dưới dạng:

$$A_X = \frac{X}{X_0}$$

$$\text{Hay} \quad X = A_X \cdot X_0 \quad (1.1)$$

Phương trình (1.1) gọi là phương trình cơ bản của phép đo, nó chỉ rõ sự so sánh đại lượng cần đo với mẫu và cho ra kết quả bằng số.

Từ đó ta cũng thấy rằng không phải bất kỳ đại lượng nào cũng đo được bởi vì không phải bất kỳ đại lượng nào cũng cho phép so sánh các giá trị của nó. Vì thế phải đo chúng phải biến đổi chúng thành đại lượng khác có thể so sánh được.

Ví dụ: để đo ứng suất cơ học ta phải biến đổi chúng thành sự thay đổi điện trở của bộ cảm biến lực căng. Sau đó mắc các bộ cảm biến này vào mạch cầu và đo điện áp lệch cầu khi có tác động của ứng suất cần đo.

Ngành khoa học chuyên nghiên cứu về các phương pháp để đo các đại lượng khác nhau, nghiên cứu về mẫu và đơn vị đo được gọi là *đo lường học*.

Ngành kĩ thuật chuyên nghiên cứu và áp dụng các thành quả của đo lường vào phục vụ sản xuất vào đời sống gọi là *kĩ thuật đo lường*.

Để thực hiện quá trình đo lường ta phải biết chọn cách đo khác nhau phụ thuộc vào đối tượng đo.

### 1.1.2 Phân loại các cách thực hiện phép đo

Để thực hiện một phép đo người ta có thể sử dụng nhiều cách khác nhau, ta có thể phân biệt các cách sau đây:

a) Đo trực tiếp: là cách đo mà kết quả nhận được trực tiếp từ một phép đo duy nhất.

Cách đo này cho kết quả ngay. Dụng cụ đo được sử dụng thường tương ứng với đại lượng đo.

Ví dụ: đo điện áp Voltmet chẳng hạn trên mặt Voltmet đã khắc độ sẵn bằng Volt. Thực tế đa số phép đo đều sử dụng phương pháp đo này.

b) Đo gián tiếp: là cách đo mà kết quả đo được suy ra từ sự phối hợp kết quả của nhiều phép đo dùng cách đo trực tiếp.

Ví dụ: để đo điện trở ta có thể sử dụng định luật Ohm  $R=U/I$  (thường hay sử dụng khi phải đo điện trở của một phụ tải đang làm việc). Ta cần đo áp và dòng bằng cách đo trực tiếp sau đó tính ra điện trở.

Cách đo gián tiếp thường mắc phải sai số lớn, là tổng các sai số của các phép đo trực tiếp.

c) Đo hợp bộ: là cách đo gần giống đo gián tiếp nhưng số lượng phép đo theo cách trực tiếp nhiều hơn và kết quả đo nhận được thường phải thông qua giải một phương trình (hay hệ phương trình) mà các thông số đã biết chính là các số liệu đo được.

d) Đo thống kê: để đảm bảo độ chính xác của phép đo nhiều khi người ta phải sử dụng cách đo thống kê. Tức là phải đo nhiều lần sau đó lấy giá trị trung bình. Cách đo này đặc biệt hữu hiệu khi tín hiệu đo là ngẫu nhiên hoặc khi kiểm tra độ chính xác của một dụng cụ đo.

## 1.2 Các đặc trưng của kỹ thuật đo lường:

Trong kỹ thuật đo lường có chứa các đặc trưng sau đây: đại lượng cần đo, điều kiện đo, phương pháp đo, thiết bị đo, người quan sát hoặc các thiết bị thu nhận kết quả đo, kết quả đo.

Các đại lượng này là những yếu tố cần thiết không thể thiếu được của kỹ thuật đo lường.

### 1.2.1 Đại lượng đo hay còn gọi là tín hiệu đo:

\* Theo tính chất thay đổi của đại lượng đo : có thể chia chúng thành hai loại đó là đại lượng đo tiên định và đại lượng đo ngẫu nhiên.

-Đại lượng đo tiên định là đại lượng đo đã biết trước quy luật thay đổi theo thời gian của chúng, nhưng một (hay nhiều) thông số của chúng chưa biết cần phải đo .

Ví dụ: cần phải đo độ lớn (biên độ) của tín hiệu hình sin.

Đại lượng đo tiên định thường là tín hiệu một chiều hay xoay chiều hình sin hay xung vuông. Các thông số cần đo thường là biên độ, tần số, góc pha, ....

-Đại lượng đo ngẫu nhiên là đại lượng đo mà sự thay đổi theo thời gian không theo một quy luật nào cả. Nếu ta lấy bất kì giá trị nào của tín hiệu thì ta đều nhận được đại lượng ngẫu nhiên.

Ta thấy rằng trong thực tế đa số các đại lượng đo đều là ngẫu nhiên. Tuy nhiên ở một chừng mực nào đó ta có thể giả thiết rằng suốt trong thời gian tiến hành một phép đo đại lượng đo phải không đổi hoặc thay đổi theo quy luật đã biết trước, hoặc tín hiệu thay đổi chậm.

Vì thế nếu đại lượng đo ngẫu nhiên có tần số thay đổi nhanh sẽ không thể đo được bằng các phép đo thông thường. Trong trường hợp này ta phải sử dụng một phương pháp đo đặc biệt đó là đo lường thống kê.

\* Theo cách biến đổi tín hiệu đo : mà ta có thể chia thành tín hiệu đo liên tục ( hay tín hiệu đo tương tự ) và tín hiệu đo rời rạc ( hay là tín hiệu đo số ).

-Tín hiệu đo tương tự tức là biến đổi nó thành một tín hiệu khác tương tự nó.

Ứng với tín hiệu đo này người ta thường chế tạo các dụng cụ đo tương tự, như: một ampekế có kim chỉ tương ứng với cường độ dòng điện.

-Còn tín hiệu đo số tức là biến đổi từ tín hiệu tương tự thành tín hiệu số. Ứng với tín hiệu đo này người ta thường chế tạo các dụng cụ đo số.

\* Theo bản chất của đại lượng đo mà có thể chia thành:

- Đại lượng đo năng lượng: tức là đại lượng đo mà bản thân nó mang năng lượng như: sức điện động, điện áp, dòng điện, công suất, năng lượng, từ thông, cường độ từ trường.

- Các đại lượng đo thông số: đó là các thông số của mạch điện như điện trở, điện cảm, điện dung, hệ số từ trường.

- Các đại lượng đo phụ thuộc thời gian như: chu kỳ, tần số, góc pha, ...

- Các đại lượng đo không điện, để đo được bằng phương pháp điện, nhất thiết phải biến đổi chúng thành điện nhờ các bộ chuyển đổi đo lường sơ cấp. Nhờ các bộ chuyển đổi này mà ta nhận được tín hiệu điện  $Y$  tỉ lệ với đại lượng cần đo  $X$  tức là  $Y=f(X)$ .

### 1.2.2 Điều kiện cần đo:

Các thông tin đo lường bao giờ cũng gắn chặt với môi trường sinh ra đại lượng đo. Khi tiến hành phép đo ta phải tính đến ảnh hưởng của môi trường đến kết quả đo và ngược lại khi sử dụng dụng cụ đo phải không được ảnh hưởng đến đối tượng đo.

Ngoài ra cần chú ý đến môi trường bên ngoài có thể ảnh hưởng đến kết quả của phép đo. Những yếu tố của môi trường là: nhiệt độ, độ ẩm không khí, từ trường bên ngoài, độ rung, độ lệch áp suất cao thấp so với áp suất trung bình, bụi bẩn, ... Những yếu tố này phải trong điều kiện chuẩn. Điều kiện tiêu chuẩn là điều kiện được quy định theo tiêu chuẩn quốc gia, là khoảng biến động của các yếu tố bên ngoài mà suốt trong khoảng đó dụng cụ đo vẫn bảo đảm độ chính xác quy định. Đối với mỗi dụng cụ đo đều có khoảng tiêu chuẩn của nó được ghi trong các đặc tính kĩ thuật của nó.

### 1.2.3 Đơn vị đo:

Để cho nhiều nước có thể sử dụng một hệ thống đơn vị duy nhất người ta đã thành lập hệ thống đơn vị quốc tế (SI) năm 1960 đã được thông qua ở hội nghị quốc tế về mẫu và cân. Trong hệ thống đó các đơn vị được xác định như sau:

- Đơn vị chiều dài: met (m)
- Đơn vị khối lượng: kilogram (kg)
- Đơn vị thời gian: giây (s)
- Đơn vị cường độ dòng điện: ampe (A)
- Đơn vị nhiệt độ: Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ )
- Đơn vị cường độ sáng: nến Candela (Cd)
- Đơn vị số lượng vật chất: mol

Đó là bảy đơn vị cơ bản. Ngoài ra còn có các đơn vị kéo theo.

### 1.2.4 Thiết bị đo và phương pháp đo:

\* Thiết bị đo: là thiết bị kĩ thuật dùng để gia công tín hiệu mang thông tin đo thành dạng tiện lợi cho người quan sát. Chúng có những tính chất đo lường học, tức là những tính chất có ảnh hưởng đến kết quả và sai số của phép đo.

Thiết bị đo lường gồm nhiều loại đó là: thiết bị mẫu, các chuyển đổi đo lường, các dụng cụ đo lường, các tổ hợp thiết bị đo lường và các hệ thống thông tin đo lường. Mỗi loại thiết bị đều có chức năng riêng của nó.

\* Các phép đo được thực hiện bằng các phương pháp đo khác nhau phụ thuộc vào các phương pháp nhận thông tin đo và nhiều yếu tố khác như đại lượng đo lớn hay nhỏ, điều kiện đo, sai số, yêu cầu, ... Phương pháp đo có thể có nhiều nhưng người ta đã phân loại thành hai loại đó là: phương pháp đo biến đổi thẳng, và phương pháp đo so sánh.

### 1.2.5 Người quan sát:

Đó là người đo và gia công kết quả đo. Nhiệm vụ của người quan sát khi đo là phải nắm được phương pháp đo; am hiểu về thiết bị đo mà mình sử dụng; kiểm tra điều kiện đo; phán đoán về khoảng đo để chọn thiết bị cho phù hợp; chọn dụng cụ đo phù hợp với sai số yêu cầu và phù hợp với điều kiện môi trường xung quanh. Biết điều khiển quá trình đo để có kết quả mong muốn. Sau cùng là nắm được các phương pháp gia công kết quả để tiến hành gia công (có thể bằng tay hay dùng máy tính) số liệu thu được sau khi đo.

Biết xét đoán kết quả đo xem đã đạt yêu cầu hay chưa có cần thiết phải đo lại hay không, hoặc phải đo nhiều lần theo phương pháp đo lường thống kê.

### 1.2.6 Kết quả đo:

Kết quả đo ở một mức nào đó có thể coi là chính xác. Một giá trị như vậy được gọi là giá trị ước lượng của đại lượng đo. Nghĩa là giá trị được xác định bởi thực nghiệm nhờ các thiết bị đo. Giá trị này gần với giá trị thực mà ở một điều kiện nào đó có thể coi là thực.

Để đánh giá sai lệch giữa giá trị ước lượng và giá trị thực người ta sử dụng khái niệm sai số của phép đo. Đó là hiệu giữa giá trị thực và giá trị ước lượng. Sai số phép đo có một vai trò rất quan trọng trong kỹ thuật đo lường. Nó cho phép đánh giá phép đo có đạt yêu cầu hay không.

Có nhiều nguyên nhân gây nên sai số:

Trước hết là do phương pháp đo không hoàn thiện. Sau đó là do sự biến động của các điều kiện bên ngoài vượt ra ngoài những điều kiện tiêu chuẩn được quy định cho dụng cụ đo mà ta chọn. Ngoài ra còn những yếu tố khác nữa như do dụng cụ đo không còn đảm bảo chính xác nữa, do cách đọc của người quan sát hoặc do cách đặt dụng cụ đo không đúng quy định,...

Kết quả đo là những con số kèm theo đơn vị đo hay những đường cong tự ghi, ghi lại quá trình thay đổi của đại lượng đo theo thời gian.



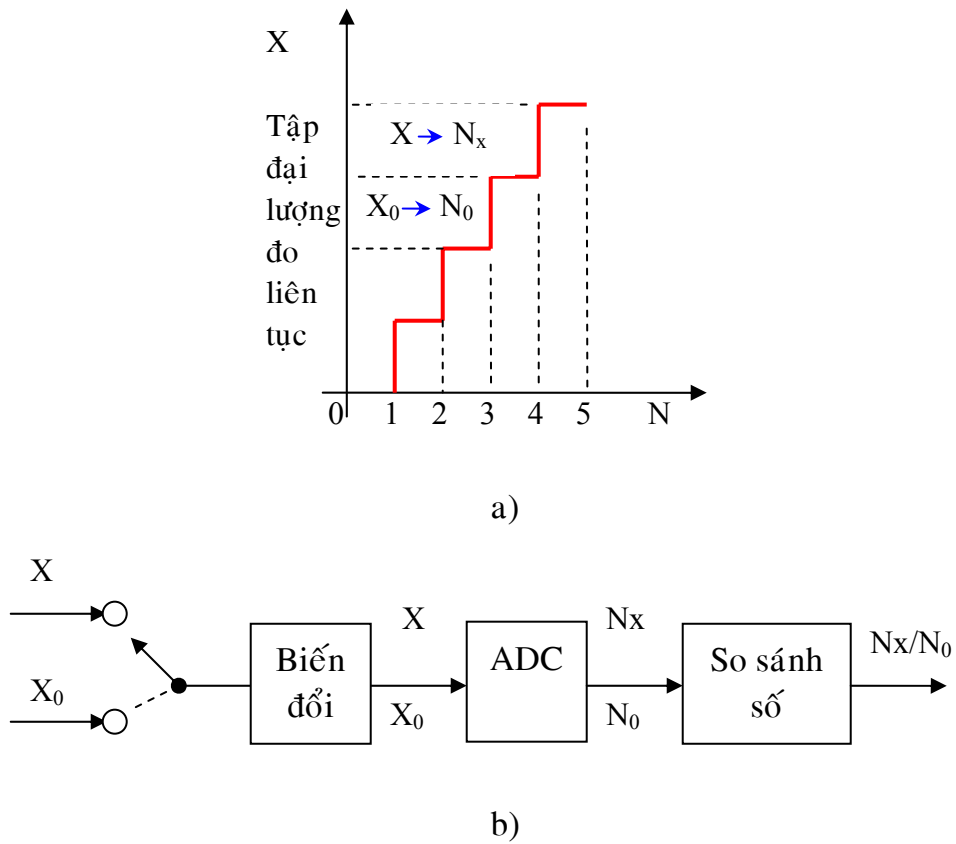
Việc gia công kết quả đo phải theo một thuật toán nhất định bằng máy tính hay bằng tay, để đạt kết quả mong muốn.

### 1.3 Phương pháp đo

Có hai phương pháp đo khác nhau tùy thuộc vào độ chính xác yêu cầu, điều kiện thí nghiệm và thiết bị hiện có,...

#### 1.3.1 Phương pháp đo biến đổi thẳng:

Là phương pháp đo có sơ đồ cấu trúc theo biến đổi thẳng, nghĩa là không có khâu phản hồi, hình 1.1a:



Hình 1.1: Quá trình biến đổi thẳng

Trước tiên đại lượng cần đo  $X$  được đưa qua một hay nhiều khâu biến đổi và cuối cùng được biến đổi thành số  $N_x$ . Còn đơn vị của đại lượng đo  $X_0$  cũng được biến đổi thành số  $N_0$  (ví dụ như khắc độ trên mặt dụng cụ tương tự). Quá trình này được gọi là quá trình khắc độ theo mẫu  $N_0$  được ghi nhớ lại (hình 1.1a).

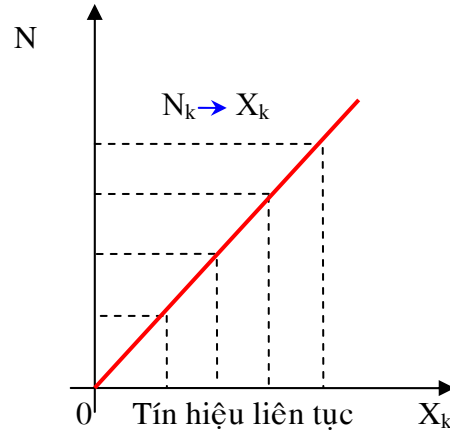
Sau đó diễn ra quá trình so sánh giữa đại lượng cần đo với đơn vị của chúng. Quá trình này được thực hiện bằng một phép chia  $N_x/N_0$ . Kết quả đo được thể hiện:

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

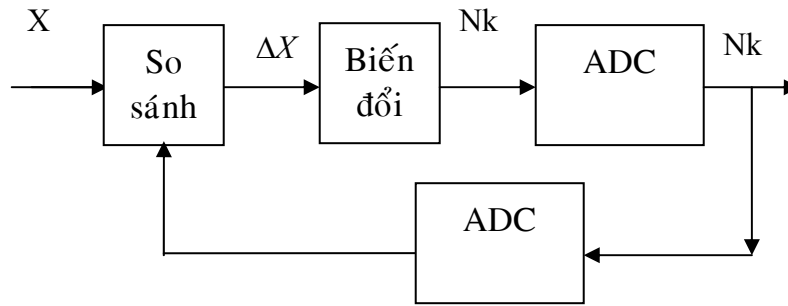
Quá trình đo như vậy được gọi là quá trình biến đổi thẳng. Thiết bị đo thực hiện quá trình được gọi là thiết bị đo biến đổi thẳng (hình 1.1b)

### 1.3.2 Phương pháp đo kiểu so sánh:

Là phương pháp đo có sơ đồ cấu trúc theo kiểu mạch vòng nghĩa là có khâu phản hồi



a)



b)

Hình 1.2: Quá trình đo kiểu so sánh

Trước tiên đại lượng đo  $X$  và đại lượng mẫu  $X_0$  được biến đổi thành một đại lượng vật lý nào đó (ví dụ dòng hay áp chẳng hạn) thuận tiện cho việc so sánh. Quá trình so sánh được diễn ra suốt trong quá trình đo. Khi hai đại lượng bằng nhau ta đọc kết quả ở mẫu sẽ suy ra giá trị đại lượng cần đo. Quá trình đo như vậy gọi là quá trình đo kiểu so sánh (hay thiết bị bù).

Tín hiệu  $X$  được so sánh với một tín hiệu  $X_k$  tỉ lệ với đại lượng mẫu  $X_0$ . Qua bộ so sánh ta có:

$$X - X_k = \Delta X$$

Tùy thuộc vào cách so sánh mà ta có các phương pháp sau:

1. So sánh cân bằng : phép so sánh mà đại lượng cần đo  $X$  và đại lượng mẫu  $X_0$  sau khi biến đổi thành  $X_k$  được so sánh với nhau sao cho luôn có:  $\Delta X = 0$ , khi đó:  $X = X_k = N_K X_0$

Phương pháp này sử dụng để đo trong trường hợp cầu cân bằng

2. So sánh không cân bằng:

Nếu đại lượng  $X_k$  là một đại lượng không đổi, lúc đó ta có:

$$X - X_k = \Delta X$$

Nghĩa là kết quả của phép đo được đánh giá theo đại lượng  $\Delta X$ . Tức biết trước  $X_k$ , đo  $\Delta X$  có thể suy ra  $X$ .

Phương pháp này sử dụng để đo các đại lượng không điện.

3. So sánh không đồng thời:

Việc so sánh được thực hiện theo cách sau: đầu tiên dưới tác động của đại lượng đo  $X$  gây ra một trạng thái nào đó trong thiết bị đo. Sau đó thay  $X$  bằng đại lượng mẫu  $X_k$ , bằng cách thay đổi đại lượng mẫu  $X_k$  sao cho trong thiết bị đo cũng gây ra đúng trạng thái đó như khi  $X$  tác động, trong điều kiện đó rõ ràng  $X = X_k$ .

Phương pháp này chính xác vì khi thay  $X_k$  bằng  $X$  ta giữ nguyên mọi trạng thái của thiết bị đo và loại được mọi ảnh hưởng của điều kiện bên ngoài đến kết quả đo.

4. So sánh đồng thời:

Là phép so sánh cùng lúc nhiều điểm của đại lượng đo  $X$  và của mẫu  $X_k$ . Căn cứ vào các điểm trùng nhau mà tìm ra đại lượng cần đo.

Phương pháp này dùng để thử nghiệm các đặc tính của các cảm biến, hay của thiết bị đo để đánh giá sai số của chúng.

#### 1.4 Phân loại các thiết bị đo:

Thiết bị đo là sự thể hiện phương pháp đo bằng các khâu chức năng cụ thể: với sự phát triển của kĩ thuật điện tử, ngày nay các khâu chức năng của thiết bị đo được chế tạo hàng loạt và được thương phẩm hóa.

Chia thiết bị đo thành nhiều loại tùy theo chức năng của nó. Gồm các loại chủ yếu là: mẫu, dụng cụ đo điện, các chuyển đổi đo lường, hệ thống thông tin đo lường.

1. Mẫu: là thiết bị đo để khôi phục một đại lượng vật lý nhất định. Những mẫu dụng cụ đo phải đạt cấp chính xác rất cao từ 0,001% đến 0,1% tùy theo từng cấp, từng loại.

2. Dụng cụ đo lường điện: dụng cụ đo lường bằng điện để gia công các thông tin đo lường, tức là tín hiệu điện có quan hệ hàm với các đại lượng vật lý cần đo.

3. Chuyển đổi đo lường: loại thiết bị để gia công tín hiệu thông tin đo lường để tiện cho việc truyền, biến đổi, gia công tiếp theo, cất giữ nhưng không cho ra kết quả trực tiếp.

Có hai loại chuyển đổi: chuyển đổi các đại lượng điện thành các đại lượng điện khác và chuyển đổi các đại lượng không điện thành các đại lượng điện

4. Hệ thống thông tin đo lường: là tổ hợp các thiết bị đo và những thiết bị phụ để tự động thu thập số liệu từ nhiều nguồn khác nhau, truyền các thông tin đo lường qua khoảng cách theo kênh liên lạc và chuyển nó về một dạng để tiện cho việc đo và điều khiển.

### 1.5 Các đặc tính cơ bản của thiết bị đo:

Dụng cụ đo có nhiều loại tùy theo chức năng của chúng, nhưng bao giờ cũng có những đặc tính cơ bản như nhau.

1. Sai số của dụng cụ đo: nguyên nhân gây ra sai số của dụng cụ đo là những nguyên nhân do chính phương pháp đo gây ra hoặc một nguyên nhân nào đấy có tính quy luật. Cũng có thể là do các yếu tố biến động ngẫu nhiên mà ra. Phân làm hai loại:

- Sai số hệ thống: gọi là sai số cơ bản, là sai số mà giá trị của nó luôn không đổi hay thay đổi có quy luật sai số này về nguyên tắc có thể loại trừ được.

- Sai số ngẫu nhiên: là sai số mà giá trị của nó thay đổi rất ngẫu nhiên do các biến động của môi trường bên ngoài (như nhiệt độ, áp suất, ...), sai số này còn gọi là sai số phụ.

Tiêu chuẩn để đánh giá độ chính xác của dụng cụ đo là cấp chính xác.

2. Độ nhạy: được tính theo công thức

$$S = \frac{d\alpha}{dx} = F(x)$$

Nếu  $F(x)$  không đổi thì quan hệ vào-ra là tuyến tính, lúc đó thang đo sẽ được khắc độ đều.

3. Điện trở của dụng cụ đo và công suất tiêu thụ:

a) Điện trở vào: mỗi dụng cụ đo có điện trở vào của nó. Điện trở đó có thể lớn hay nhỏ tùy thuộc tính chất của đối tượng đo.

Điện trở vào phải lớn khi mà tín hiệu ra của khâu trước đó (của bộ chuyển đổi sơ cấp chẳng hạn) dưới dạng áp, nghĩa là dòng vào phải nhỏ và công suất tiêu thụ phải ít nhất.

b) Điện trở ra: điện trở ra của dụng cụ đo xác định công suất có thể truyền tải cho chuyển đổi tiếp theo. Điện trở ra càng nhỏ thì công suất càng lớn.

Để mạch đo có hiệu quả người ta cố gắng làm phù hợp trở kháng ra của chuyển đổi trước với trở kháng vào của chuyển đổi tiếp sau đó.

#### 4. Độ tác động nhanh:

Độ tác động nhanh của dụng cụ đo chính là thời gian để xác lập kết quả đo trên chỉ thị.

Đối với dụng cụ tương tự, thời gian này khoảng 4s.

Còn dụng cụ số có thể đo được hàng nghìn điểm đo trong một giây.

Sử dụng máy tính có thể đo và ghi lại với tốc độ nhanh hơn nhiều. Mở ra khả năng thực hiện các phép đo lường thống kê.

#### 5. Độ tin cậy:

Độ tin cậy của dụng cụ đo phụ thuộc nhiều yếu tố:

- Độ tin cậy của các linh kiện của dụng cụ đo
- Kết cấu của dụng cụ đo không quá phức tạp
- Điều kiện làm việc của dụng cụ đo có phù hợp với tiêu chuẩn hay không.

### 1.6 Sai số của phép đo và cách trình bày kết quả đo

Đo lường là sự so sánh đại lượng chưa biết (đại lượng đo) với đại lượng được chuẩn hóa (đại lượng mẫu hoặc đại lượng chuẩn). Như vậy công việc đo lường là nối thiết bị đo vào hệ thống được khảo sát kết quả đo các đại lượng cần thiết trên thiết bị đo.

Trong thực tế khó xác định trị số thực các đại lượng đo. Vì vậy trị số được đo cho bởi thiết bị đo được gọi là trị số tin cậy được. Bất kỳ đại lượng đo nào cũng bị ảnh hưởng nhiều thông số. Do đó kết quả đo ít khi phản ánh đúng trị số tin cậy được. Cho nên có nhiều hệ số ảnh hưởng trong đo lường liên quan đến thiết bị đo. Ngoài ra có những hệ số khác liên quan đến con người sử dụng thiết bị đo. Như vậy độ chính xác của thiết bị đo được diễn tả bởi hình thức sai số.

Các loại sai số:

\* Sai số tuyệt đối:  $e = Y_n - X_n$

$e$ : sai số tuyệt đối.

$Y_n$ : trị số tin cậy được

$X_n$ : trị số đo được

\* Sai số tương đối (tính theo phần %):

$$e_r = \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\%$$

Độ chính xác tương đối:  $A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right|$

Độ chính xác tính theo phần %:  $a = 100\% - e_r = (A \times 100\%)$

Tính chính xác:  $1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{X_n} \right|$

$\bar{X}_n$ : trị số trung bình của  $n$  lần đo.

Sai số chủ quan: do lỗi lầm của người sử dụng thiết bị đo và phụ thuộc vào việc đọc sai kết quả, hoặc ghi sai, hoặc sử dụng sai không đúng qui trình hoạt động.

Sai số hệ thống: sai số hệ thống phụ thuộc vào thiết bị đo, điều kiện môi trường phụ thuộc vào kết quả đo.

Sai số do thiết bị đo: các phần tử của thiết bị đo, có sai số do công nghệ chế tạo, sự lão hóa do sử dụng. Để làm giảm sai số này bằng cách bảo trì định kỳ cho thiết bị đo.

Sai số do ảnh hưởng điều kiện môi trường: cụ thể như nhiệt độ tăng cao, áp suất tăng, độ ẩm tăng, điện trường hoặc từ trường tăng đều ảnh hưởng đến sai số của thiết bị đo lường. Giảm sai số này bằng cách giữ sao cho điều kiện môi trường ít thay đổi hoặc bổ chính đối với nhiệt độ và độ ẩm. Sai số hệ thống đều có ảnh hưởng khác nhau: ở trạng thái tĩnh và trạng thái động.

Ở trạng thái tĩnh: sai số hệ thống phụ thuộc vào giới hạn của thiết bị đo hoặc quy luật vật lý cho phối sự hoạt động của nó.

Ở trạng thái động: sai số hệ thống do sự không đáp ứng theo tốc độ thay đổi nhanh theo đại lượng đo.

Sai số ngẫu nhiên: ngoài sự hiện diện sai số do chủ quan trong cách thức đo và sai số hệ thống thì còn lại là sai số ngẫu nhiên.

Thông thường sai số ngẫu nhiên được thu thập từ một số lớn những ảnh hưởng nhỏ được tính toán trong đo lường có độ chính xác cao. Sai số ngẫu nhiên thường được phân tích bằng phương pháp thống kê.

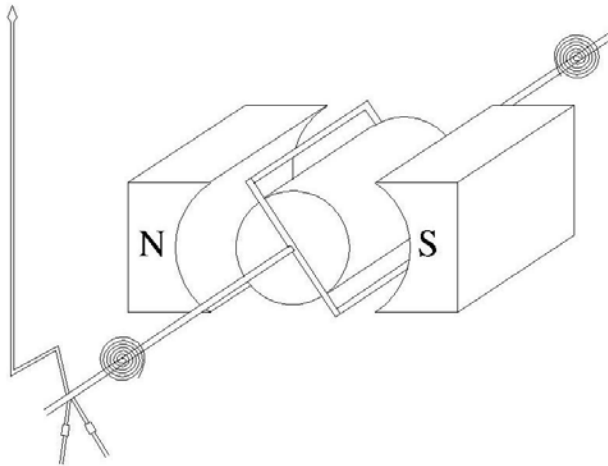
## Chương 2 CƠ CẤU ĐO

### 2.1 Cơ cấu đo từ điện:

#### 2.1.1 Cấu tạo:

Cơ cấu đo từ điện gồm có 2 phần: phần tĩnh và phần động, xem hình 2.1.

- Phần tĩnh gồm nam châm vĩnh cửu, mạch từ, cực từ và lõi hình thành mạch từ khép kín. Giữa cực từ và lõi có khe hở đều gọi là *khe hở làm việc*, trong đó khung quay chuyển động.



Hình 2.1: Cấu tạo cơ cấu đo từ điện.

- Phần động gồm khung quay làm bằng vật liệu nhôm hình chữ nhật, quấn dây đồng bọc lớp cách điện nhỏ, khối lượng khung quay càng nhỏ càng tốt để sao cho moment quán tính càng nhỏ, khung quay được gắn trên trục quay trên trục quay có lò xo phản kéo kim chỉ thị về vị trí ban đầu khi hết thao tác đo, kim chỉ thị, bộ phận cản dộ, đối trọng phía sau kim chỉ thị giúp cho trọng tâm của kim chỉ thị nằm trên trục quay.



### 2.1.2 Nguyên lý hoạt động:

Khi có dòng điện chạy qua khung quay (phần động) dưới tác dụng của nam châm vĩnh cửu, khung quay lệch khỏi vị trí ban đầu một góc  $\alpha$ . Khi dòng điện qua khung quay đổi chiều, momen quay đổi dấu, kim quay theo chiều ngược lại.

### 2.1.3 Ứng dụng:

#### ➤ Ưu điểm:

- ✓ Từ trường của cơ cấu do nam châm vĩnh cửu tạo ra mạnh, ít bị ảnh hưởng của từ trường bên ngoài.
- ✓ Công suất tiêu thụ nhỏ:  $25 \mu W$  đến  $200 \mu W$  phụ thuộc dòng điện  $I_{\max}$ .
- ✓ Độ chính xác cao với cấp chính xác là 0.5%.
- ✓ Vì góc quay tuyến tính nên thang chia có khoảng chia đều.

#### ➤ Khuyết điểm:

- ✓ Cuộn dây của khung quay thường chịu đựng quá tải nhỏ nên tránh dùng cho dòng điện quá mức đi qua.
- ✓ Chỉ sử dụng dòng điện DC.
- ✓ Đối với khung dây xoắn dễ hư hỏng khi bị chấn động mạnh hoặc di chuyển quá mức giới hạn.

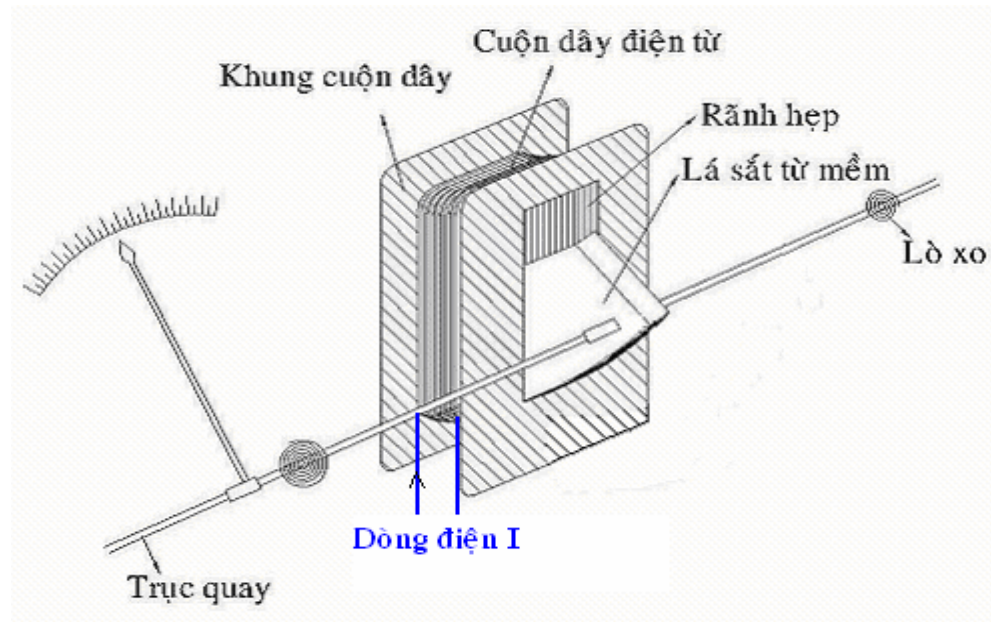
#### ➤ Ứng dụng:

- ✓ Cơ cấu đo từ điện được sử dụng trong các máy đo dòng điện, điện áp vạn năng, trong lĩnh vực đo lường đối với cơ cấu chỉ thị kim.
- ✓ Điện kế gương quay.

## 2.2 Cơ cấu đo điện từ:

### 2.2.1 Cấu tạo:

Gồm có 2 phần tĩnh và động, xem hình 2.2.



Hình 2.2: Cấu tạo cơ cấu đo điện từ.

- Phần tĩnh gồm cuộn dây cho dòng điện cần đo chạy qua, tạo ra từ trường trong lòng cuộn dây là một khe hẹp hình chữ nhật.
- Phần động gồm một lá kim loại hình cánh quạt làm bằng vật liệu sắt từ mềm gắn trên trục quay và chuyển động trong khe hở của cuộn dây tĩnh. Trên trục quay còn có lò xo phản, kim chỉ thị, bộ phận cản dũa kiểu không khí.

### 2.2.2 Nguyên lý hoạt động:

Khi có dòng điện xoay chiều hay một chiều chạy qua cuộn dây (phần tĩnh) sẽ làm xuất hiện từ hút lá kim loại kết quả xuất hiện momen quay. Momen quay tỉ lệ với bình phương cường độ dòng điện.

### 2.2.3 Ứng dụng:

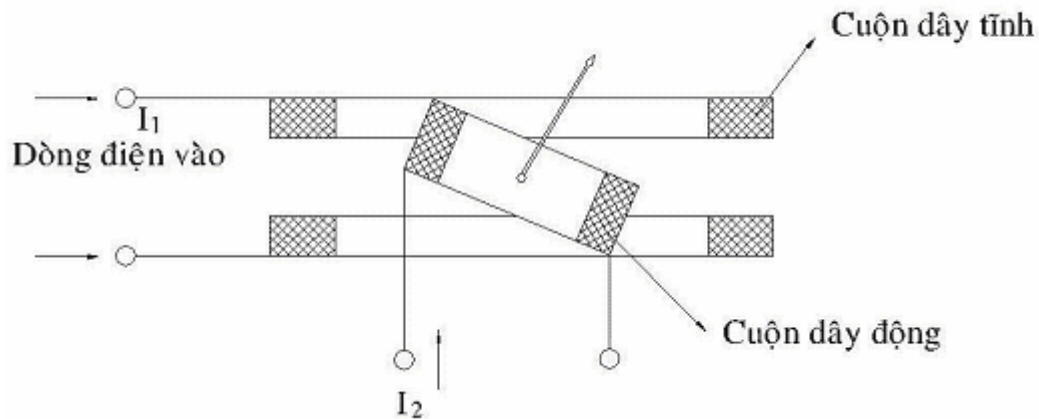
Vì momen quay tỉ lệ với bình phương cường độ dòng điện cho nên cơ cấu đo điện từ có thể sử dụng để đo trong mạch điện một chiều hay xoay chiều.

Chế tạo đơn giản, giá thành rẻ. Sử dụng trong công nghiệp là Ampe met, Volt met,  $\cos \varphi$  met.

## 2.3 Cơ cấu đo điện động:

### 2.3.1 Cấu tạo:

Gồm hai phần tĩnh và động, xem hình 2.3.



Hình 2.3: Cấu tạo cơ cấu điện động

- Phần tĩnh gồm cuộn dây tĩnh để tạo từ trường khi có dòng điện chạy qua. Cuộn dây tĩnh thường gồm 2 cuộn ghép lại có khe hở giữa cho trục quay đi qua.
- Phần động gồm cuộn dây động đặt trong lòng cuộn dây tĩnh. Cuộn dây gắn với trục quay, trên trục quay còn có lò xo phản, bộ phận cản dộ và kim chỉ thị.

### 2.3.2 Nguyên lý hoạt động:


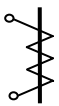




Cơ cấu đo điện động hoạt động dựa trên nguyên lý tác động tương hỗ giữa các lực điện từ của cuộn dây tĩnh (1) và động (2). Khi dòng điện chạy vào cuộn dây tĩnh, trong lòng cuộn dây xuất hiện từ trường. Từ trường này tác động với dòng điện chạy trong cuộn dây động và tạo nên momen quay phần động làm phần động quay đi một góc  $\alpha$ .

➤ *Ưu điểm:* đo điện AC, DC với cấp chính xác cao.

### 2.3.3 Ứng dụng:

Cơ cấu đo điện động được sử dụng để chế tạo ampe kế, volt kế, watt kế một chiều và xoay chiều tần số công nghiệp, các pha kế đo góc lệch pha hay hệ số công suất  $\cos \varphi$ . khi sử dụng trong mạch xoay chiều có tần số cao phải có mạch bù tần số để đo được với dải tần đến 20KHz.

**2.4 Bảng kí hiệu:**

Kí hiệu	Giải thích
	Cơ cấu đo từ điện
	Cơ cấu đo điện từ
 	Cơ cấu đo điện động.
	Máy đo DC.
	Máy đo AC.

Các đơn vị đại lượng đo lường điện:

+ Ampe kế:	[A]	1A = 1000mA	1A=10 <sup>6</sup> μ A
+ Volt kế:	[V]	1V = 1000mV	1V=10 <sup>6</sup> μ V
+ Ohm kế:	[Ω ]	1KΩ = 1000Ω	1MΩ =10 <sup>6</sup> Ω
+ Watt kế:	[W]	1W = 1000mW	1W=10 <sup>6</sup> μ

## Chương 3

# THIẾT BỊ PHÁT TÍN HIỆU ĐO LƯỜNG

### 3.1 Khái niệm về đo lường:

#### 3.1.1 Mục đích – ý nghĩa:

Trong công tác nghiên cứu và sản xuất ở mọi ngành khoa học kỹ thuật ngày nay phải tiếp xúc với những thiết bị, máy móc hiện đại tinh vi. Mức độ phát triển của khoa học kỹ thuật ngày càng cao đòi hỏi các thông số cho máy móc hoạt động phải chính xác. Do vậy, việc kiểm tra các chế độ làm việc cũng như các quy tắc an toàn phải được chú trọng hàng đầu để kiểm tra sự khai thác đúng đắn các thiết bị cần phải tiến hành đo lường. Sự đo lường được thực hiện nhờ các dụng cụ đo lường điện.

#### 3.1.2 Đại lượng đo lường:

Dựa vào tính chất cơ bản của đại lượng đo, chúng ta phân ra làm 2 đại lượng cơ bản: đại lượng điện và đại lượng không điện.

Đại lượng điện: được chia làm đại lượng điện tác động và thụ động.

\* *Đại lượng điện tác động:*

- Đại lượng điện tác động là đại lượng mà bản thân năng lượng của chúng sẽ cung cấp năng lượng vào mạch đo. Thí dụ: dòng điện, điện áp, công suất.
- Trong trường hợp năng lượng quá lớn thì phải giảm bớt cho phù hợp với mạch đo. Thí dụ như giảm áp, phân dòng, .... thiết bị suy hao. Ngược lại, trong trường hợp năng lượng quá nhỏ thì khuếch đại lên. Vấn đề quan trọng là các bộ khuếch đại phải được chuẩn hóa tránh gây méo tín hiệu.

\* *Đại lượng điện thụ động:*

- Đại lượng điện thụ động là những đại lượng không mang năng lượng, khi đo phải cung cấp năng lượng cho mạch đo như:
- Có 2 cách đo: đo nóng và đo nguội.
- Đo nóng là thao tác đo khi phần tử đang hoạt động trên mạch.
- Đo nguội là thao tác đo khi các phần tử này ngưng hoạt động hay lấy ra khỏi mạch điện.

### 3.1.3 Cấp chuẩn hoá.

Thiết bị đo lường trước khi xuất xưởng cần phải chuẩn hoá (calip) so với thiết bị đo lường chuẩn.

Có 4 cấp chuẩn hoá:

- Cấp 1: Cấp quốc tế (International standard) được thực hiện định chuẩn tại Trung tâm đo lường quốc tế (Paris).
- Cấp 2: Chuẩn quốc gia, các thiết bị đo lường tại các viện định chuẩn quốc gia khác nhau trên thế giới, các thiết bị này cũng được chuẩn hoá theo chuẩn quốc tế.
- 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 này phải được chuẩn theo quốc gia.
- Cấp 4: chuẩn phòng thí nghiệm.

## 3.2 Khái niệm chung về thiết bị phát tín hiệu:

### 3.2.1 Khái niệm:

Máy phát tín hiệu đo lường là nguồn phát tín hiệu chuẩn ổn định với các thông số đã biết như là biên độ, tần số và dạng (sóng) tín hiệu.

Máy phát tín hiệu đo lường có độ chính xác và độ ổn định cao, có khả năng điều chỉnh các thông số của tín hiệu ra thường được sử dụng để hiệu chỉnh các thiết bị đo, tín hiệu vô tuyến điện tử, thiết bị tự động và máy tính, khắc độ dụng cụ đo.

Máy phát tín hiệu đo lường có thể vẽ các đặc tính biên độ, biên độ-tần số, và đặc tính quá độ của mạng 4 cực, xác định hệ số đường truyền, độ méo; làm nguồn cung cấp cho các mạch đo kiểu cộng hưởng và kiểu cầu xoay chiều.

### 3.2.2 Phân loại:

Máy phát tín hiệu đo lường có thể phân thành 3 loại:

#### 3.2.2.1 Theo khoảng tần số của tín hiệu ra:

- ✓ Máy phát tín hiệu tần số thấp < 20Hz tai người khó có thể nghe được.
- ✓ Máy phát tín hiệu tần số thấp từ 20Hz đến 200KHz:
  - Máy phát âm tần: 20Hz đến 20KHz khoảng tần số này tai người nghe được.
  - Máy phát siêu âm: 20KHz đến 200KHz.

- ✓ Máy phát tần số cao: 200KHz đến 30MHz.
- ✓ Máy phát siêu cao tần: 30MHz đến 10GHz.
- ✓ Máy phát cực cao tần: >10GHz.

#### 3.2.2.2 Theo dạng của tín hiệu ra:

- ✓ Máy phát xung vuông.
- ✓ Máy phát sóng hình sin.
- ✓ Máy phát dạng sóng đặc biệt (xung tam giác, xung răng cưa, xung hình nấc thang, ...)
- ✓ Máy phát có tần số thay đổi.
- ✓ Máy phát ồn (noise).

#### 3.2.2.3 Theo dạng của điều chế:

- ✓ Máy phát sóng hình sin với điều chế biên độ (AM).
- ✓ Máy phát sóng hình sin với điều chế tần số (FM).
- ✓ Máy phát xung với điều chế độ rộng xung, tần số xung và pha xung.
- ✓ Máy phát xung với điều chế tổng hợp (cùng một lúc thực hiện nhiều dạng điều chế).

#### 3.2.3 Đặc trưng máy phát tín hiệu:

- ✓ Khoảng tần số mà máy phát ra, như máy phát từ 1Hz đến 1MHz.
- ✓ Độ chính xác của việc đặt tần số.
- ✓ Độ ổn định của tần số phát ra về thời gian, tần số, biên độ và dạng sóng.
- ✓ Độ méo tín hiệu.
- ✓ Sự phụ thuộc của các thông số tín hiệu vào phụ tải và giới hạn hiệu chỉnh.

### 3.3 Máy phát tín hiệu tần số thấp:

Máy phát tín hiệu tần số thấp có thể điều chỉnh tần số nhảy cấp và liên tục từ 20Hz đến 200KHz, có biên độ từ 1mV đến 150V với công suất cực đại 1mW đến 10W.

#### 3.3.1 Các đặc tính:

- Độ méo phi tuyến:

Độ méo phi tuyến sóng hài của tín hiệu ra được đặc trưng bởi hệ số sóng hài. Độ méo được xác định bằng tỉ số giữa căn bậc hai của tổng tất cả bình phương sóng hài.

$$K_m = \frac{\sqrt{u_2^2 + u_3^2 + \dots + u_n^2}}{u_1} \quad (\%) \quad (3.1)$$

- Dải tần số phát ra được đặt trưng bởi hệ số phủ sóng  $K_p$ , là tỉ số của tần số cực đại và cực tiểu.

$$K_p = \frac{f_{\max}}{f_{\min}} \quad (3.2)$$

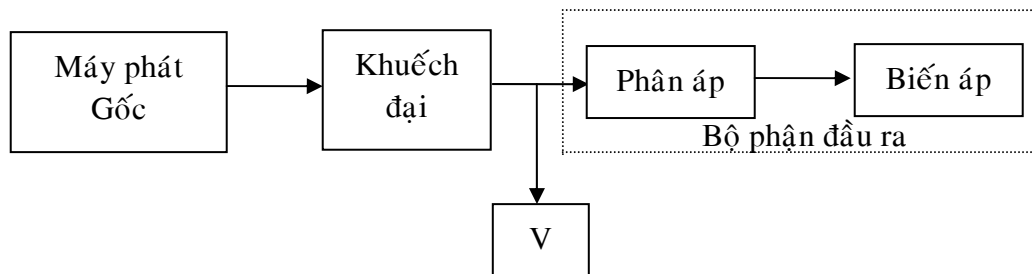
- Độ ổn định tần số của máy phát được xác định bởi tỉ số của sự thay đổi tuyệt đối của tần số  $\Delta f$  với tần số ban đầu trong điều kiện ổn định.

$$\frac{|f_0 - f_1|}{f_0} = \frac{\Delta f}{f_0} \quad (3.3)$$

trong đó:  $f_1$  là tần số của máy phát khi có sự thay đổi đột ngột bên ngoài,  $f_0$  là tần số ban đầu.

- Độ chính xác của việc đặt tần số được xác định bởi chất lượng của bảng khắc độ và cơ cấu hiệu chỉnh.

### 3.3.2 Sơ đồ khối của máy phát tín hiệu đo lường:



Hình 3.1: Sơ đồ khối máy phát tín hiệu đo lường.

Máy phát gốc tạo tín hiệu hình sin ổn định về biên độ và tần số. Máy phát gốc quyết định hình dáng hay đặc tính tuần hoàn của tín hiệu ra. Máy phát gốc thường là máy phát LC, máy phát trộn tần, máy phát RC.

Bộ khuếch đại ra dùng để khuếch đại tín hiệu của máy phát gốc và nâng cao công suất ở đầu ra của máy phát.



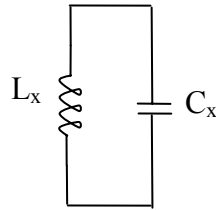
Bộ phận đầu ra bao gồm bộ phân áp và biến áp ra .... dùng để điều chỉnh và kiểm tra biên độ ở đầu ra sao cho khi mắc tải vào máy phát đạt công suất cực đại nhưng độ méo phi tuyến nhỏ nhất.

### 3.3.3 Máy phát LC:

Trong máy phát LC tần số của mạch dao động được xác định bởi điện dung C và điện cảm L ở chế độ tự kích của khung dao động.

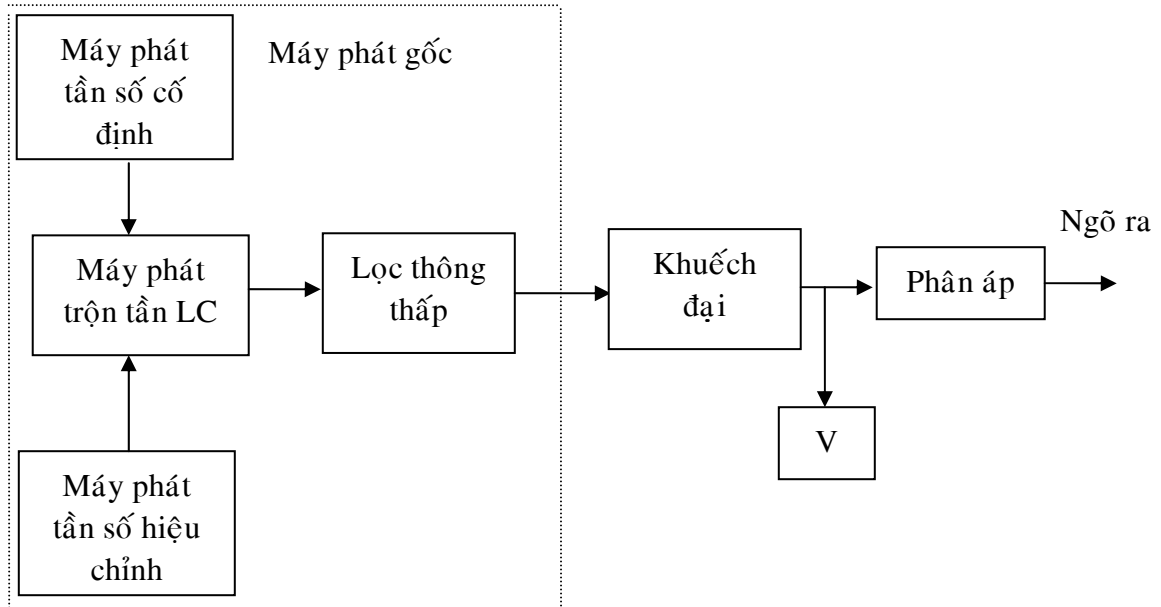
⊗ *Nhược điểm:* khung dao động có kích thước lớn và rất khó hiệu chỉnh. Chẳng hạn, để tạo được máy phát có  $f=20\text{Hz}$  đến  $20\text{kHz}$ , tức là  $K_p=10^3$  cần phải có điện dung và điện cảm lớn.

Máy phát LC ít thông dụng chỉ chế tạo máy phát có dải tần hẹp hoặc một số giá trị tần số cố định.



Hình 3.2: Sơ đồ mạch máy phát LC

### 3.3.4 Máy phát trộn tần số:



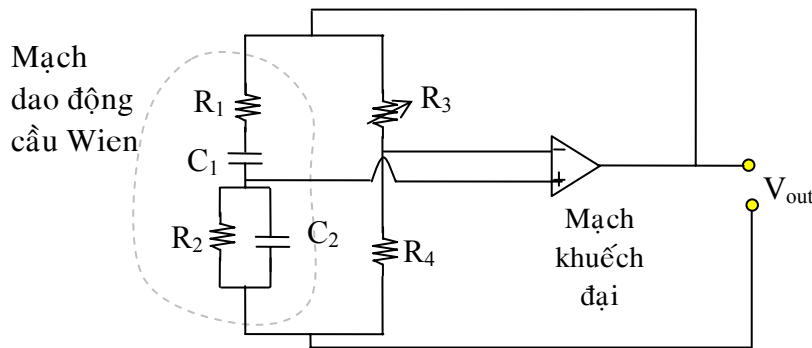
Hình 3.3: Sơ đồ khối máy phát trộn tần số.

Máy phát gốc bao gồm 2 máy phát LC cao tần có tần số  $f$  gần giống nhau, một bộ trộn tần và một bộ lọc thấp tần. Máy phát tần số cố định phát ra  $f_1$ , máy phát tần số hiệu chỉnh phát ra tần số  $f_2$ . Điện áp của cả 2 máy phát đưa qua mạch lặp lại emitter rồi đến bộ trộn tần (tạo ra hỗn hợp tần số  $\pm mf_1$  và  $\pm nf_2$  (trong đó  $m, n$  là các số nguyên) và tần số  $f=f_2-f_1$ ). Bộ lọc chỉ cho qua hiệu tần số  $f=f_2-f_1$ , sau đó qua bộ khuếch đại và qua bộ phân áp đến đầu ra. Trước khi phân áp mắc thêm volt kế để đo mức điện áp ra.

Các giá trị  $f_1, f_2$  được chọn sao cho hiệu tần số  $f$  nằm trong dải tần số thấp, chẳng hạn,  $f_1=180\text{KHz}, f_2=180 \div 200\text{KHz}$  thì  $\Delta f = 0 \div 20\text{KHz}$ .

⊗ *Nhược điểm*: là mạch phức tạp, kém ổn định. Tuy nhiên máy phát trộn tần cũng được sử dụng kiểm tra đo lường vì điện áp ra không phụ thuộc tần số, tần số có thể hiệu chỉnh liên tục nhờ sự thay đổi điện dung của tụ xoay của máy phát hiệu chỉnh.

### 3.3.5 Máy phát RC:



Hình 3.4: Máy phát trộn tần RC.

Máy phát gốc là một bộ khuếch đại hai tầng với phản hồi dương tần số bằng mạch RC. Mạch này tạo sự di pha bao gồm các điện trở và tụ điện như  $R_1C_1$  và  $R_2C_2$  theo sơ đồ cầu bảo đảm tự kích ở một tần số xác định.

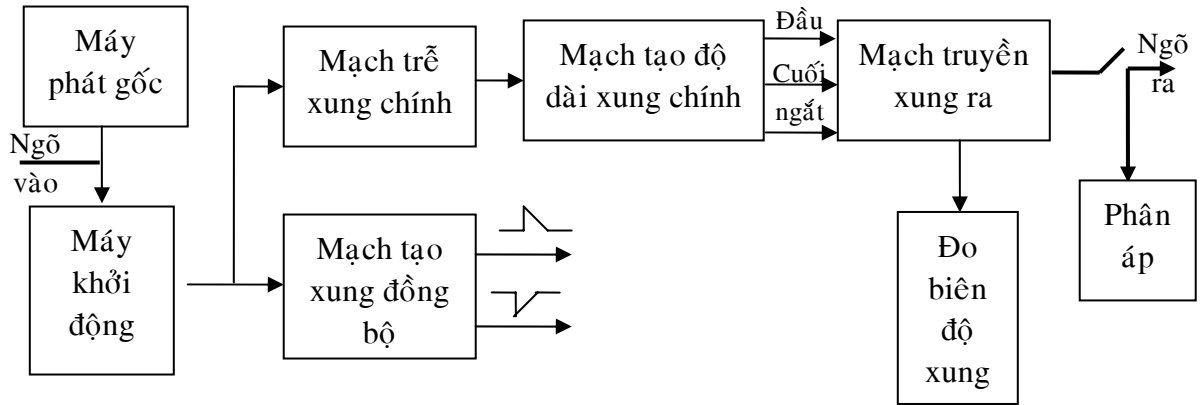
Mạch phản hồi âm là một mạch phân áp bằng điện trở nhiệt  $R_3$  có hệ số nhiệt điện trở âm và điện trở  $R_4$ , từ đó lấy ra điện áp phản hồi âm. Giả sử điện áp ra tăng, dao động trong mạch phản hồi âm tăng dẫn đến giảm điện trở nhiệt  $R_3$  làm tăng điện áp rơi trên  $R_4$  (phản hồi âm) làm cho điện áp ra giảm xuống đến giá trị định mức và cố định điện áp ra của máy phát.

### **3.4 Máy phát xung:**

#### **3.4.1 Đặc tính máy phát xung:**

Máy phát xung có thể phát ra xung vuông, trong đó biên độ từ 150mV ÷ 200V, độ rộng xung ns ÷ s và tần số từ 2Hz đến 2MHz có thể thay đổi hoặc phát ra các xung chuẩn.

3.4.2 Sơ đồ khối:



Hình 3.5: Sơ đồ khối máy phát xung.

Máy phát gốc đưa đến bộ khởi động, lúc đó máy phát gốc làm việc ở chế độ tự động bảo đảm điều chỉnh tần số của xung ra. Nếu khởi động ngoài thì máy phát gốc được ngắt ra và đưa tín hiệu khởi động từ bên ngoài vào.

Xung ở đầu ra của bộ khởi động được đưa đến bộ tạo xung đồng bộ và đến mạch trễ xung chính. Bộ tạo xung đồng bộ tạo ra xung đồng bộ 2 cực âm dương. Qua đó đưa đến ngõ ra của máy phát.

Mạch trễ xung chính sẽ cho ra xung có thể điều chỉnh thời gian lệch bằng 0 của xung chính so với xung đồng bộ.

Xung từ đầu ra của mạch trễ xung chính sẽ kích cho mạch tạo độ dài của xung chính làm việc. Mạch này sẽ cho ra các xung bắt đầu và kết thúc với khoảng thời gian giữa chúng có thể hiệu chỉnh được. Các xung này đến mạch tạo xung ra và điều chỉnh biên độ.

Xung bắt đầu tạo sườn đầu, còn xung kết thúc tạo sườn cuối của xung ra. Xung ngắt để đưa nhanh mạch tạo xung ra về trạng thái ban đầu.

Mạch tạo xung ra sẽ tạo xung vuông với biên độ lớn nhất, độ dài xung và tần số đáp ứng với tải.

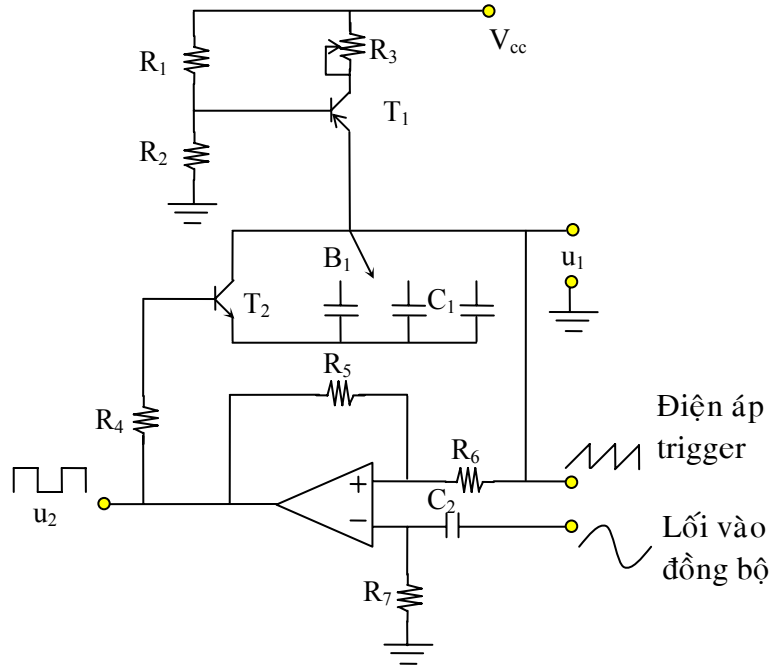
Biên độ xung ra có thể điều chỉnh (thô và tinh) từ  $U_m \div 0.01U_m$ . Qua bộ chia có thể giảm biên độ.

Bộ khuếch đại đầu ra dùng để tăng công suất của máy phát khi có tải trên toàn dải tần số.

Điện áp có thể điều chỉnh từ 0 đến giá trị cực đại nhờ chiết áp lắp ở đầu vào bộ khuếch đại.

Bộ khuếch đại bao gồm tầng khuếch đại điện áp và tầng khuếch đại công suất điện áp ra đo bằng volt kế.

### 3.5 Máy phát sóng quét:



Hình 3.6: Máy phát sóng quét.

Ngoài lối vào đồng bộ thông qua tụ  $C_2$ , điện áp vào của trigger S là điện áp ra  $u_1$  của mạch tạo xung răng cưa thông qua  $R_6$ .

Khi có tín hiệu đồng bộ vào trigger S ở đầu ra xuất hiện xung  $u_2$ . Xung này qua  $T_2$  làm mở khóa  $T_1$  và dòng điện đi qua  $T_1$  nạp vào tụ  $C_1$ , tạo ra xung răng cưa.

Điện áp của tụ  $C_1$  tiếp tục tăng tuyến tính cho đến mức khởi động cao của trigger S. Lúc này, ở đầu ra trở nên dương làm  $T_2$  thông và tụ  $C_1$  phóng nhanh qua  $T_2$ . Khi điện áp trên  $C_1$  giảm xuống mức khởi động dưới của trigger S lúc này ở đầu ra trở nên âm,  $T_2$  ngắt và điện áp trên tụ  $C_1$  bắt đầu tăng tuyến tính lần nữa. Cứ thế điện áp răng cưa ở đầu ra  $u_1$  phụ thuộc vào chu kỳ (tần số) của tín hiệu đồng bộ.

Máy phát sóng quét có thể làm việc ở 2 chế độ: chế độ liên tục và chế độ chờ.

- Chế độ liên tục: chế độ quét thông thường như ở trên.
- Chế độ chờ: chế độ để quan sát các xung rời rạc cách nhau khá xa.



## Chương 4

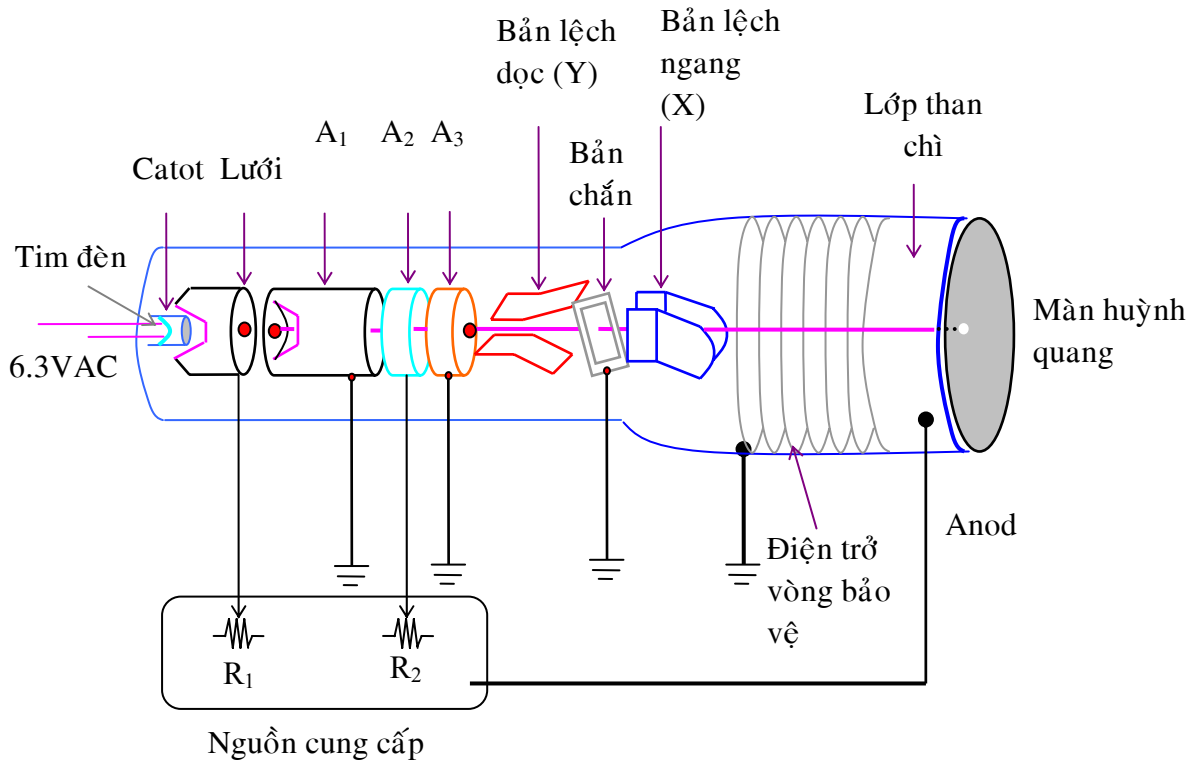
# THIẾT BỊ QUAN SÁT VÀ GHI TÍN HIỆU

### 4.1 Dao động ký điện tử một tia:

#### 4.1.1 Khái niệm:

Dao động ký điện tử một tia gồm một ống phóng tia điện tử, mạch điện tử để điều khiển và đưa tín hiệu vào. Dao động ký điện tử được sử dụng để quan sát dạng của tín hiệu.

#### 4.1.2 Cấu tạo và nguyên lý hoạt động:



Hình 4.1: Cấu tạo ống phóng tia điện tử

#### 4.1.3 Ống phóng tia điện tử (CRT: Cathode Ray Tube):

Tim đèn dùng để đốt nóng catot của CRT, điện thế đốt tim đèn là 6.3VAC.

Catot K: ở bề mặt có phủ một lớp oxit kim loại khi tiếp thu nhiệt năng sẽ bức xạ điện tử (hiện tượng nhiệt phát xạ).

Lưới điều khiển: Có dạng cái ly bằng Nikel, có 1 lỗ để cho chùm điện tử đi qua, lưới điện tử sẽ bao quanh catot. Điện thế phân cực giữa catot và lưới sẽ tạo ra điện trường điều khiển số điện tử được phép ra khỏi lưới. Khi  $V_{GK}$  (điện thế giữa lưới và catot) càng âm thì số điện tử thoát ra khỏi lưới càng ít nhưng nếu  $V_{GK}$  đạt đến trạng thái ngưng dẫn thì chùm tia điện tử không thoát ra khỏi lưới.

Bản cực gia tốc  $A_1$ : làm tăng gia tốc cho chùm tia điện tử, bản cực này có dạng hình trụ, một đầu hở hướng chùm tia điện tử đi vào, một đầu kín chỉ chứa một lỗ nhỏ tại tâm cho chùm tia điện tử tập trung lại đi qua.

Lăng kính  $A_2, A_3$ : phối hợp với bản cực  $A_1$  tạo thành hệ thống thấu kính điện tử. Do sự phân cực điện áp khác nhau giữa  $A_1, A_2$  và  $A_2, A_3$  hình thành lực tĩnh điện tác động vào các đường đẳng thế, các sự phân áp này thay đổi làm các đường đẳng thế thay đổi sẽ tạo ra độ hội tụ của chùm tia điện tử thay đổi.

Bản lệch dọc và bản lệch ngang: khi chùm tia điện tử đi qua bản lệch dọc hoặc lệch ngang, thì điện trường giữa hai bản này sẽ lái chùm tia điện tử lệch theo chiều dọc và chiều ngang bằng lực tĩnh điện (lưu ý điều này khác với sự lệch chùm tia điện tử của đèn hình trong tivi bằng lực điện từ, nghĩa là cuộn dây lệch thay cho bản cực lệch). Độ lệch của chùm tia điện tử theo chiều dọc hoặc ngang phụ thuộc vào điện áp giữa 2 bản cực.

Giữa hai bản cực lệch dọc và lệch ngang của dao động ký có một bản chắn nối mass để ngăn cách ảnh hưởng điện trường của hai bản lệch dọc và lệch ngang lẫn nhau.

Màn hình huỳnh quang: mặt trong của màn ảnh ống CRT được phủ một lớp phát quang, tùy theo vật liệu của lớp phát quang này mà tia sáng phát ra khi chùm tia điện tử đập vào màn hình huỳnh quang sẽ có màu khác nhau. Chẳng hạn:  $Zn_2SiO_4$  và Mn cho màu xanh lá, muối Sulfuric cadmium cho màu vàng.

Lớp than chì xung quanh ống cạnh màn hình thu nhận các điện tử phát xạ thứ cấp (các điện tử đập vào màn ảnh dội trở lại) do đó điện thế âm không tích tụ lại trên màn hình.

Điện áp phân cực cho Anot có trị số rất lớn khoảng KV nhằm tăng tốc cho chùm tia điện tử đập mạnh vào màn hình huỳnh quang.

Các vòng điện trở hình xoáy ốc bên ngoài được nối mass sẽ làm cho các điện tích tụ, do điện trường lớn giữa Catot và anod bị trung hoà điện tích.

Các điện trở điều chỉnh  $R_1$  để điều chỉnh độ sáng,  $R_2$  để điều chỉnh tiêu cự của điểm sáng. Điện áp trên  $A_2$  lớn gấp 4 ÷ 6 lần trên  $A_1$ .



Nguồn cung cấp tạo ra điện áp một chiều Anod khoảng vài KV cho lưới, catot, cực gia tốc và tất cả điện thế DC cho các mạch điện trong dao động ký.

Ống phóng tia điện tử là một bóng thủy tinh bên trong được hút chân không. Các chùm electron từ Catot (K) bay về hướng các Anot ( $A_1, A_2, A_3$ ) sẽ làm tăng tốc độ của chùm tia và hướng về mặt trong của màn hình đã được phủ chất huỳnh quang. Chùm electron va chạm vào đó sẽ phát sáng và người quan sát sẽ nhìn thấy một điểm sáng. Điện cực điều khiển G có điện thế âm so với K làm cho chùm tia hội tụ.

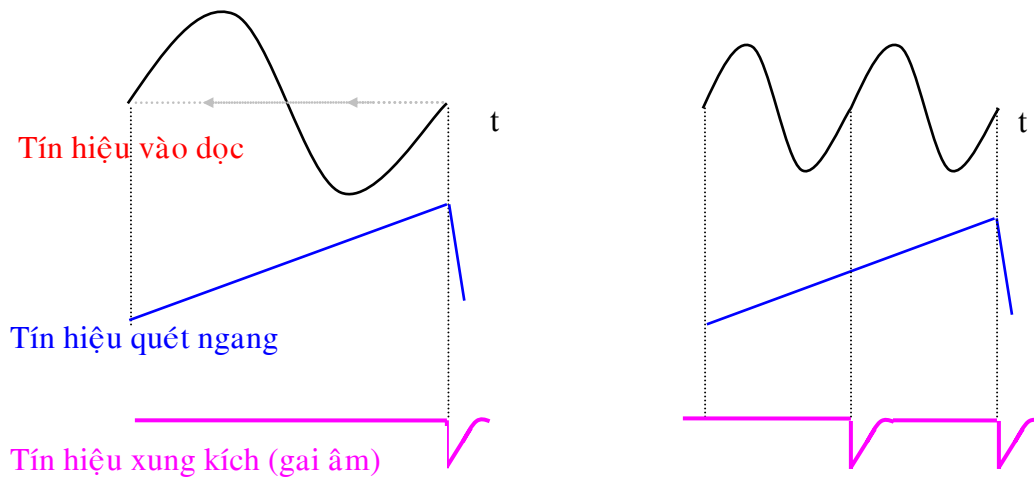
Nếu đặt tín hiệu xoay chiều vào hai bản cực Y thì chùm electron chuyển động lên xuống và sẽ nhìn thấy trên màn hình đường thẳng đứng.

Nếu đặt tín hiệu xoay chiều vào hai bản cực X thì chùm electron chuyển động qua bên trái phải và sẽ nhìn thấy trên màn hình đường nằm ngang.

Nếu cùng lúc đặt tín hiệu xoay chiều vào X, Y thì sẽ thấy trên màn hình đường cong khép kín. Hình dáng của đường cong phụ thuộc vào độ lệch pha và tỉ số tần số giữa hai tín hiệu.

Điện áp cần đo được đưa vào bản cực Y, còn bản cực X được đưa tín hiệu quét tùy thuộc vào mục đích của phép đo.

#### 4.1.4 Tín hiệu quét ngang:



Hình 4.2: Tín hiệu quét ngang.

Chùm electron sẽ xô dịch theo chiều thẳng đứng phụ thuộc sự thay đổi của tín hiệu vào. Nếu không có tác động kéo ngang ra ta chỉ thấy một vạch thẳng đứng duy nhất.

Để kéo tín hiệu nằm ngang người ta sử dụng một tín hiệu tạo gốc thời gian đặt vào hai bản cực X gọi là tín hiệu quét ngang. Tín hiệu quét ngang có dạng xung hình răng

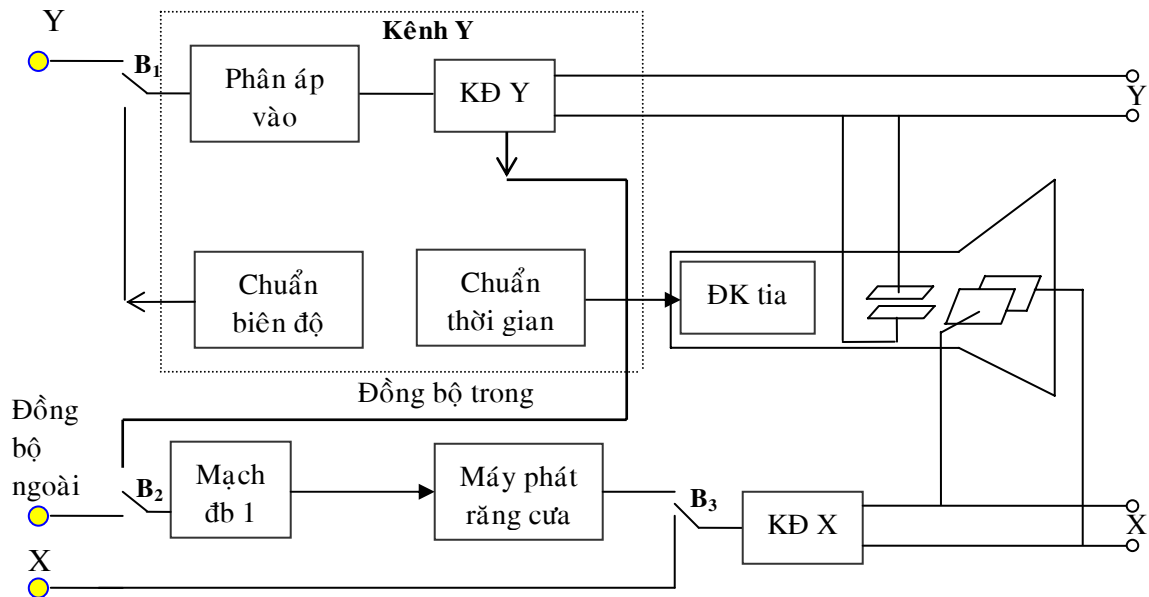
cửa. Nếu tần số của tín hiệu quét nhỏ hơn  $n$  lần tần số của tín hiệu cần quan sát sẽ có  $n$  chu kỳ tín hiệu quan sát được.

Nếu tỉ số các tần số đó là bội số của 2 số nguyên thì trên màn hình huỳnh quang sẽ xuất hiện một đường cong đứng yên. Ngược lại, đường cong sẽ chuyển động và sẽ không quan sát được gì cả. Vì vậy, cần thiết phải có sự đồng bộ giữa tín hiệu vào và tín hiệu quét. Để đạt được sự đồng bộ ta điều chỉnh tần số quét bằng nút điều khiển TIME/DIV cho đến khi nào hình ảnh trên màn hình huỳnh quang đứng yên.

#### 4.1.5 Sơ đồ khối dao động ký một tia:

Tín hiệu Y được đưa vào qua phân áp vào đến bộ khuếch đại Y và đưa thẳng ra 2 bản cực Y (nếu tín hiệu đủ lớn thì không cần qua khuếch đại).

Cách đồng bộ trong: tín hiệu từ bộ khuếch đại Y được đưa qua mạch đồng bộ để kích thích máy phát răng cưa (máy phát quét) sau đó qua khuếch đại X đưa vào bản cực X. Mặt khác có thể đưa trực tiếp tín hiệu X vào bộ khuếch đại X nối vào bản cực X qua công tắc  $B_3$ ; trường hợp muốn sử dụng đồng bộ ngoài thông qua khóa  $B_2$  tín hiệu được đưa thẳng vào mạch đồng bộ để kích cho máy phát răng cưa.



Hình 4.3: Sơ đồ khối dao động ký một tia.

Nguyên lý đo biên độ điện áp bằng dao động ký: [*Volt/Div + Position*]

Khi cần đo *điện áp*, trước tiên khóa  $B_1$  điều chỉnh sang bộ phận chuẩn biên độ (nghĩa là ngăn cách giữa ngõ vào – ngõ ra, tương ứng với chế độ GND), quan sát và

đồng thời chỉnh nút *Position* sao cho đường thẳng trên màn hình trùng với trục Ox (trục ngang) khi đó độ lệch biên độ chuẩn được calip về “0”.

Sau đó, bật khóa  $B_1$  sang vị trí tín hiệu Y, nghĩa là chuyển từ chế độ GND sang chế độ DC/AC để đo biên độ tín hiệu đo cực đại gấp mấy lần biên độ chuẩn để tính ra độ lớn của Y theo tín hiệu chuẩn.

Ví dụ, nút chỉnh Volt/Div ở vị trí 2V/Div nghĩa là một Div (một ô theo phương đứng, trục tung) trên màn hình tương ứng với 2Volt.

Nguyên lý đo chu kỳ (thời gian) bằng dao động ký:  $[Time/Div + Position]$

Khi cần đo *chu kì*, ta cần phải chuẩn thời gian bằng cách sử dụng bộ chuẩn thời gian để đánh dấu từng quãng thời gian ứng với giá trị chuẩn trên toàn tín hiệu.

Ví dụ: Nút chỉnh Time/Div ở vị trí 2ms/Div nghĩa là một Div (một ô theo phương ngang, trục hoành) trên màn hình tương ứng là 2ms.

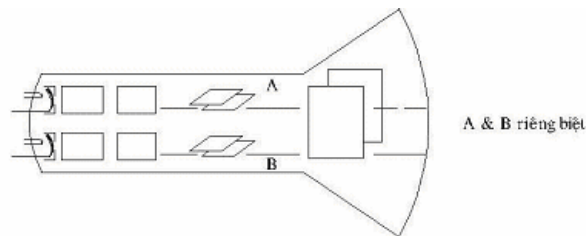
☞*Nhận xét:*

Độ nhạy của ống phóng điện tử là độ lệch h của điểm sáng khi đưa vào bản cực điện áp 1V. Thông thường các ống phóng tia điện tử có độ nhạy khoảng  $0.3 \div 0.5\text{mm/V}$ .

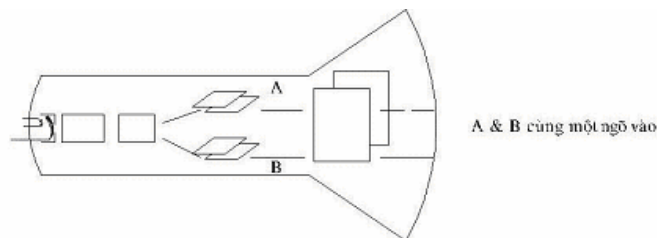
Tần số tín hiệu đo có thể rất lớn, ngày nay các dao động ký điện tử có thể quan sát tín hiệu đến 100MHz hoặc lớn hơn.

## 4.2 Dao động ký hai tia:

Cấu tạo của dao động ký hai tia gần giống dao động ký một tia. Trong dao động ký hai tia có thể tạo ra 2 tia bằng 2 cách:



a) Dùng hai nguồn riêng biệt.



b) Dùng chung một nguồn.

Hình 4.4: Cấu tạo ống CRT

- Dùng 2 chùm tia điện tử từ 2 nguồn phát riêng biệt, việc điều khiển 2 tia này hoàn toàn độc lập. Chỉ có một bộ phận chung cho 2 tia là bản cực X đi về các phía bản cực A và B.

- Dùng 1 chùm tia điện tử từ 1 nguồn phát chung và việc điều khiển tia này sẽ lái 2 tia tín hiệu về 2 bản cực A và B.

Với dao động ký 2 tia có thể cùng lúc quan sát được cả 2 tín hiệu hoàn toàn khác nhau. Điều này cho phép so sánh các dạng sóng với nhau về biên độ, pha và chu kỳ; vì các nút điều khiển ở 2 kênh A và B hoàn toàn độc lập nên có thể điều chỉnh các tia hoàn toàn theo ý muốn.

### 4.3 Ứng dụng của dao động ký điện tử trong đo lường:

#### 4.3.1 Ứng dụng để quan sát tín hiệu:

Để quan sát dạng đường cong phụ thuộc thời gian của một tín hiệu (dưới dạng điện áp) ta có thể đặt tín hiệu cần quan sát vào đầu vào Y. Đặt chế độ đồng bộ trong, điều khiển tần số của máy phát quét sao cho tín hiệu đứng yên trên màn hình dao động ký.

Một dao động ký hiện đại có thể quan sát tín hiệu có hình dạng bất kì và tần số đến 150MHz.

#### 4.3.2 Đo điện áp của tín hiệu:

Để đo điện áp trước tiên bật tín hiệu chuẩn điện áp qua công tắc  $B_1$ . Trường hợp nếu không có bộ chuẩn điện áp thì có thể đưa điện áp chuẩn vào dao động ký. Sau khi đưa điện áp chuẩn vào quan sát độ lệch của tia điện tử ứng với điện áp chuẩn để tính độ nhạy.

$$\text{Độ nhạy } S_u = \text{Số vạch/ volt} \quad (3.1)$$

Sau đó không điều chỉnh độ nhạy nữa ta cho điện áp cần đo vào kênh Y. Quan sát biên độ của tín hiệu ta đo được độ lớn  $L_Y$ :

$$L_Y = S_u \cdot 2 \cdot U_{\max} \quad (3.2)$$

$$\text{Hay } U_{\max} = L_Y / 2 S_u \quad (3.3)$$

$S_u$  là độ nhạy của dao động ký, được xác định trên nút điều khiển độ nhạy của dao động ký.

### 4.3.3 Đo tần số bằng dao động ký:

Tần số của tín hiệu được xác định nếu ta đưa tín hiệu có tần số cần đo vào đầu vào Y của dao động ký. Sử dụng tín hiệu quét tuyến tính thì ta sẽ nhận được trên màn hình huỳnh quang một số chu kỳ của tín hiệu. Lúc đó tần số:

$$f_x = 1/T_x = N/t_x \quad (3.4)$$

Trong đó: N là số chu kỳ,  $t_x$  là khoảng thời gian đo được. Độ chính xác của phép đo có thể tăng lên nếu phép đo tần số được thực hiện bằng phương pháp so sánh tần số cần đo với tần số chuẩn. Lúc này dao động ký có tác dụng như một máy chỉ thị (đo tần số tín hiệu theo hình Lissajou, đo tần số của tín hiệu ở chế độ quét vòng).

### 4.3.4 Đo góc lệch pha bằng dao động ký điện tử 2 tia:

Với dao động ký 2 tia ở chế độ quét tuyến tính ta có thể đo góc lệch pha giữa 2 tín hiệu  $u_1, u_2$  có tần số như nhau. Hai tín hiệu  $u_1, u_2$  được đặt vào đầu vào Y của cả 2 kênh.

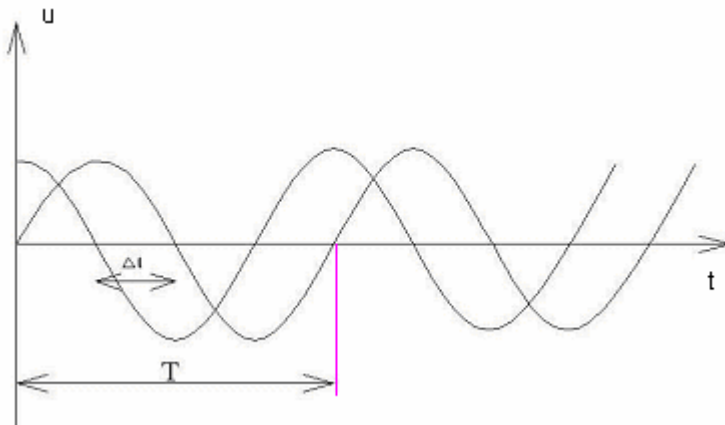
$$U_1 = U_{m1} \sin \omega t$$

$$U_2 = U_{m2} \sin(\omega t - \varphi)$$

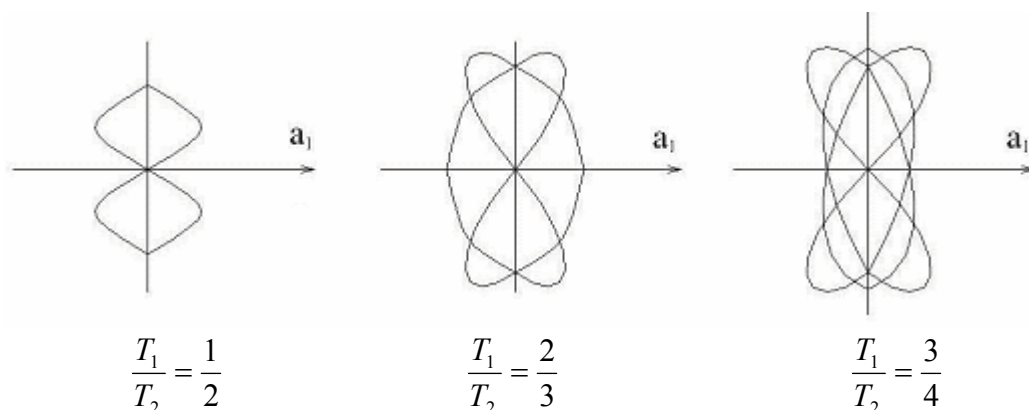
Trong đó:  $\varphi$  là góc lệch pha giữa 2 tín hiệu đại lượng cần đo.

Điều chỉnh cho 2 tín hiệu trùng nhau theo trục thời gian t, quan sát các tín hiệu  $u_1, u_2$ . Khi đó:

$$\varphi = \frac{\Delta t}{T} 360^\circ$$



Hình 4.5: Cách tính độ lệch pha hai tín hiệu.



Hình 4.6: Các dạng đường cong Lissajou

Hai dao động vuông góc và cùng tần số thì chuyển động trên màn hình là elip.

Hai dao động vuông góc và khác tần số thì chuyển động trên màn hình là Lissajou.

#### 4.4 Các loại dao động kí điện tử:

Theo nguyên lý làm việc có thể phân loại như sau:

##### 4.4.1 Dao động kí có chức năng thông dụng:

Phổ biến nhất và thường được sử dụng để khảo sát các quá trình có tần số thấp, các tín hiệu xung để kiểm tra các thiết bị điện tử. Dải tần của loại này khoảng 100MHz và biên độ điện áp khoảng mV đến hàng trăm V.

##### 4.4.2 Dao động kí vạn năng:

Loại này có nhiều ứng dụng bằng cách thay thế nhiều mảng khác nhau tùy thuộc vào chức năng mà ta muốn sử dụng. Chức năng khảo sát các tín hiệu đa hài, tín hiệu xung, dải tần số hàng trăm MHz, dải điện áp hàng chục mV đến hàng trăm V.

##### 4.4.3 Dao động kí tốc độ nhanh:

Loại này dùng để quan sát và ghi tín hiệu xung ngắn, các tín hiệu quá độ, tín hiệu tuần hoàn tần số cao. Tín hiệu cần khảo sát có thể đưa trực tiếp vào hệ thống làm lệch tia của ống phóng tia điện tử. Trong cấu trúc dao động kí tốc độ nhanh không có bộ khuếch đại thẳng đứng Y. Dải tần số hoạt động có thể hàng chục GHz.

##### 4.4.4 Dao động kí lấy mẫu:

Loại này dùng để ghi lại những tín hiệu tuần hoàn nằm trong dải tần số rộng khoảng vài GHz, dải điện áp khoảng mV đến vài V.

#### 4.4.5 Dao động kí có nhớ:

Loại này dùng để kiểm soát các loại tín hiệu tức thời, tín hiệu tuần hoàn chậm, tín hiệu ngắn, tín hiệu quá độ. Dao động kí có nhớ sử dụng ống phóng tia điện tử có nhớ. Dải tần số khoảng 150MHz, tốc độ ghi khoảng 400km/s, dải điện áp hàng chục V đến hàng trăm V.

#### 4.4.6 Dao động kí đặc trưng:

Dùng để kiểm soát các tín hiệu vô tuyến truyền hình có cài đặt bộ di pha cho phép khảo sát bất kỳ đoạn nào của tín hiệu truyền hình  $v_i$  cần độ ổn định theo thời gian cao.

#### 4.4.7 Dao động kí số:

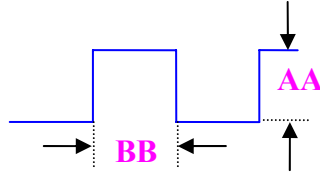
Loại này là loại dao động kí nhớ số, nguyên lý làm việc dựa trên sự số hóa tín hiệu kiểm soát nhờ bộ ADC. Các mẫu được ghi vào bộ nhớ, sau đó nhờ bộ DAC biến đổi thành tín hiệu tương tự cho mục đích hiện hình.

Dao động kí có cài đặt bộ  $\mu P$  là loại dao động kí số thông minh, mọi chức năng của dao động kí đều do  $\mu P$  điều khiển. Nhờ có  $\mu P$  mà có thể tự động chọn thang đo, tự động tính khoảng thời gian, khoảng điện áp, tự động cho ra thông tin dạng số và kiểm tra chế độ làm việc.

Việc lựa chọn dao động kí phụ thuộc vào chức năng và khả năng kinh tế.

#### Câu hỏi ôn tập cuối chương 4

- 1) Hãy nêu cấu tạo và nguyên lý hoạt động của dao động ký một tia.
- 2) Hãy nêu vai trò của tín hiệu quét ngang trong dao động ký một tia.
- 3) Hãy cho biết có mấy cách đồng bộ dao động ký? Nêu rõ cách thực hiện.
- 4) Hãy cho biết cấu tạo của dao động ký hai tia.
- 5) Hãy nêu ứng dụng của dao động ký trong đo lường.
- 6) Để tín hiệu xung vuông có biên độ 10mV và tần số 1800Hz. Ta phải điều chỉnh núm chỉnh Volt/Div và Time/Div là bao nhiêu để trên màn hình xuất hiện từ 1 đến 2 chu kỳ xung vuông:
- 7) Để tín hiệu xung vuông có biên độ 10mV và tần số 180KHz. Ta phải điều chỉnh núm chỉnh Volt/Div và Time/Div là bao nhiêu để trên màn hình xuất hiện từ 1 đến 2 chu kỳ xung vuông:



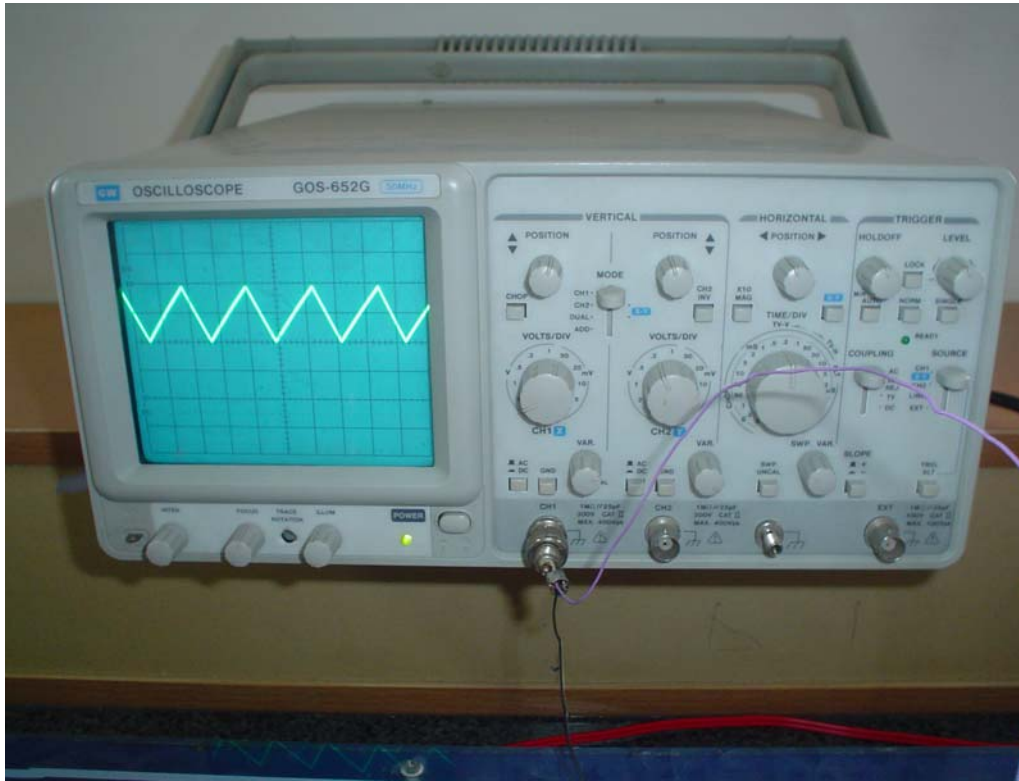
Hình 4.7

- 8) Trên màn hình dao động ký xuất hiện tín hiệu xung vuông như hình 4.7. Đoạn AA=5DIV và BB=3DIV. Núm chỉnh Volts/DIV ở vị trí 2V và Time/DIV ở vị trí 1ms. Hãy cho biết tín hiệu xung vuông có tần số và biên độ là bao nhiêu?
- 9) Trên màn hình dao động ký xuất hiện tín hiệu xung vuông như hình 4.7. Đoạn AA=5.2DIV và BB=3DIV. Núm chỉnh Volts/DIV ở vị trí 2mV và Time/DIV ở vị trí 1ms. Hãy cho biết tín hiệu xung vuông có tần số và biên độ là bao nhiêu?
- 10) Hãy nêu nguyên lý đo biên độ và chu kỳ bằng dao động ký một tia. Giả sử trên màn hình dao động ký (OSC) xuất hiện tín hiệu hình sin có biên độ đỉnh-đỉnh là 7Div và chu kỳ là 6Div. Hãy cho biết tín hiệu hình sin trên màn hình OSC có biên độ và tần số bao nhiêu biết rằng núm Volt/Div là 20mV, Time/Div là 10ms.



**B.1 Giới thiệu cách sử dụng Oscilloscope (OSC):**

**B.1.1 Các nút chức năng điều khiển dao động ký: Model GOS-652G**



Vị trí tên nút	Chức năng
1. [POWER] [ILLUM]	Mở tắt dao động ký Thay đổi độ chiếu sáng của tọa độ màn hình.
2. [“ON” Led]	Đèn Led sáng khi nút [POWER] được bật
3. [INTENSITY]	Điều chỉnh cường độ sáng của tia sáng trên màn hình hiển thị
4. [TRACE ROT]	Điều chỉnh tia sáng nằm ngang trên màn hình
5. [FOCUS]	Điều chỉnh độ rọi tia sáng cho hiển thị sắc nét
6. [GND]	Nối đất vỏ máy
7. [CAL 2V <sub>P-P</sub> ]	Cho tín hiệu sóng vuông, tần số 1KHz, tiện ích cho sự hiệu chỉnh tần số của những đầu dò hay kiểm tra độ lợi mạch khuếch đại.
8. [BEAM FIND]	Ấn vào để dò tìm tia sáng và đưa tia sáng về trung tâm màn hình hiển thị
11. [POSITION]	Điều chỉnh vị trí tia sáng theo trục đứng trên màn hình hiển thị cho kênh

	[A/B], lưu ý điều khiển này không làm việc ở chế độ [X-Y]
12. [VOLTS/DIV]	Công tắc suy giảm cho biết điện áp đỉnh đỉnh ở ngõ vào tương ứng với một độ chia cơ bản (1cm) trên màn hình toạ độ hiển thị.
13. [VAR PULL x5 MAG]	Khi núm này ở vị trí kéo ra phía ngoài, thì độ nhạy khuếch đại cột dọc tăng lên 5 lần.
14. [AC-GND-DC] [AC] [GND] [DC]	Công tắc có 3 vị trí Tín hiệu ngõ vào là AC, có khả năng khuếch đại lên đại theo cột dọc ở tần số giới hạn khoảng 10Hz (ở -3dB), thành phần tín hiệu DC bị chốt lại. Cách ly mạch ngõ vào và mạch ngõ vào của máy được nối đất. Vị trí này thường dùng để chỉnh vết sáng và một số cân chỉnh khác. Cả hai thành phần AC và DC của tín hiệu ngõ vào được áp dụng cho ngõ vào khuếch đại theo cột dọc.
15. [VERT MODE]: [CHA] [CHB] [DUAL] [ADD]	Công tắc này có 4 vị trí Hiển thị tia sáng trên kênh A. Hiển thị tia sáng trên kênh B. Hiển thị cả hai tia trên kênh A và B. Hai tia thường hoạt động chế độ luân phiên thay thế nhau. Khi ở chế độ rẽ mạch bằng cách kéo núm [HOLD OFF], tia sáng được hiển thị giữa hai ngõ vào kênh A và kênh B với tốc độ [500KHz] để tăng cường tầm nhìn của tín hiệu với tốc độ quét thấp. Hiển thị tổng đại số của hai tín hiệu kênh A và kênh B.
16. [TRIG LEVEL]	Điều chỉnh cho tín hiệu ổn định.
17. [COUPLING] [AUTO] [NORM] [TV-V] [TV-H]	Chọn chế độ kích Đối với mạch kích tự động, tia sáng chạy tự do khi chưa có tín hiệu kích đầy đủ. Đối với mạch kích bình thường, không có tia quét xuất hiện nếu tín hiệu kích không gặp biên độ [TRI LEVEL] và sự ổn định độ dốc. Loại bỏ tín hiệu DC và tín hiệu đồng bộ tần số cao trong một tín hiệu hình ảnh kết hợp. Loại bỏ tín hiệu DC và tín hiệu đồng bộ tần số thấp trong một tín hiệu hình ảnh kết hợp.
18. [SOURCE]	Chọn tín hiệu nguồn kích như sau:

[CHA]	Tín hiệu kênh A.
[CHB]	Tín hiệu kênh B.
[LINE]	Tần số tín hiệu xoay chiều
[EXIT]	Tín hiệu áp dụng cho phần nối vào {EXT TRIG} từ ngoài.
19. [HOLD –OFF]  [PULL CHOP]	<p>Điều chỉnh khi sóng tín hiệu đo lường hiển thị ở dạng sóng phức tạp. Nút này thường kết hợp nút [TRIG LEVEL] để hiển thị một dạng sóng ổn định đứng yên.</p> <p>Khi nút kéo ra phía ngoài, dao động ký hiển thị tín hiệu hai tia bị chỉ ra từng phần trong lúc quét (đóng – mở cho hiển thị tại giữa hai tia). Hầu hết thường được sử dụng ở tần số quét thấp.</p> <p>Khi nút này đẩy vào trong, dao động ký làm việc ở chế độ luân phiên. Khi đó tia sáng kênh A nằm trên một tia quét và vết sáng kênh B nằm trên tia quét còn lại .Hầu hết được sử dụng ở tốc độ quét cao hơn.</p>
20. [EXT TRIG]	Kết nối với một tín hiệu kích bên ngoài đưa đến cổng giao tiếp này. Để sử dụng nó trước tiên đặt công tắc [SOURCE] (24) đến vị trí [EXT].
21. [#POSITION]  [PULL x10 MAG]	<p>Đẩy vị trí tia sáng nằm ngang trên màn hình ống Catot, sự điều chỉnh này làm việc cả ở chế độ [X-Y].</p> <p>Khi nút này được kéo ra phía ngoài, tia sáng nằm ngang được trải ra với hệ số nhân 10 .</p>
22. [TIME/DIV]	Nút chọn mức thời gian cho chùm tia để quét một độ chia chuẩn định (1cm) trên màn hình.
23. [VAR]	Điều chỉnh liên tục thời gian quét giữa vùng được chọn và vùng thấp hơn kế bên. Chu kỳ quét được chuẩn định bằng cách xoay nút [CAR] tới vị trí [CAL'd].
24. [X-Y]	Khi công tắc này đẩy vào trong, công tắc [SOURCE] đặt tới [CHA], và công tắc [VERT MODE] đặt [CHB], máy hoạt động như là dao động ký hai tia [X-Y].

### B.1.2 Cách sử dụng:

\* *Quan sát dạng sóng tín hiệu trên từng kênh:*

- Đưa tín hiệu vào kênh A hay kênh B. Lưu ý: tín hiệu đưa vào phân biệt ngõ tín hiệu và ngõ mass.
- Chọn Vert Mode (15) CHA hay CHB tùy kênh đưa tín hiệu vào.

- Chỉnh Input select là GND và chỉnh vị trí tia sáng nằm giữa màn hình bằng nút POS.  
Lưu ý: tùy theo kênh A hay kênh B mà chỉnh nút tương ứng. Sau đó chỉnh nút input select về vị trí AC hay DC tùy theo mục đích quan sát tín hiệu.

- Chỉnh nút Volt/Div và Time/Div để tín hiệu hiện đủ trên màn hình. Lưu ý: đối với dao động ký loại tương tự ta chỉnh từ một đến 2 chu kỳ tín hiệu trong một màn hình thì kết quả đo mới chính xác.

$$\text{Biên độ tín hiệu} = \text{số ô} * \text{giá trị nút Volt/Div}$$

$$\text{Chu kì tín hiệu} = \text{số ô} * \text{giá trị nút Time/Div.}$$

\* *Quan sát hai tín hiệu đồng thời:*

- Đưa 2 tín hiệu cùng mass vào 2 kênh CHA và CHB.
- Chỉnh Vert Mode ở vị trí Dual.
- Chỉnh Input select từng kênh, Volt/Div từng kênh và Time/Div như phần biểu diễn tín hiệu trên một kênh sao cho quan sát tín hiệu dễ dàng.
- Biên độ từng tín hiệu được xác định dựa vào giá trị Volt/Div của từng kênh tương ứng.

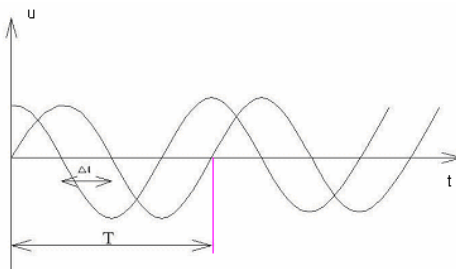
\* *Đo góc lệch pha giữa hai tín hiệu:*

Có hai cách để đo:

Cách 1:

- Đưa 2 tín hiệu cùng chu kì (cùng tần số) vào hai kênh CHA, CHB.
- Chỉnh Vert Mode ở vị trí Dual.
- Góc lệch pha giữa hai tín hiệu được xác định theo công thức:

$$\varphi = \frac{\Delta t}{T} 360^\circ$$



Cách 2: biểu diễn một tín hiệu theo một tín hiệu khác

- Đưa hai tín hiệu cùng mass vào hai kênh CHA, CHB.

- Nhấn nút X-Y
- Chọn input select của hai kênh là GND và điểm sáng nằm giữa màn hình. Sau đó chuyển về vị trí AC hay DC tùy mục đích quan sát tín hiệu.
- Đồ thị trên màn hình có hai trục đơn vị đều là Volt và được đọc như sau:
  - + Ô dọc theo Volt/Div của kênh B (trục Y).
  - + Ô ngang theo Volt/Div của kênh A (trục X).
- Độ lệch pha giữa hai tín hiệu  $\varphi$  được tính như sau:

$$\sin \varphi = \frac{B}{A}$$

\* *Chỉnh chuẩn dao động ký:*

Sau một thời gian sử dụng hay do một sự cố nào đó tín hiệu có thể bị biểu diễn sai. Chúng ta có thể tự kiểm tra bằng cách sử dụng tín hiệu chuẩn trong máy.

- Nối ngõ vào kênh muốn kiểm tra CHA hay CHB vào lỗ cắm CAL 2V<sub>p-p</sub>
- Vert Mode chọn CHA hay CHB tương ứng với kênh muốn kiểm tra.
- Chọn Input select kênh tương ứng là GND và chỉnh vị trí vạch sáng nằm giữa màn hình. Sau đó chuyển về vị trí AC.
- Dùng nút VAR chỉnh chu kỳ và kéo nút CAL (tùy theo kênh tương ứng) chỉnh biên độ tín hiệu quan sát có tần số 1KHz (chu kỳ 1ms) và biên độ đỉnh – đỉnh 2V (tín hiệu chuẩn). Sau đó nhấn nút CAL về vị trí cũ và tiến hành đo bình thường.

# Chương 5

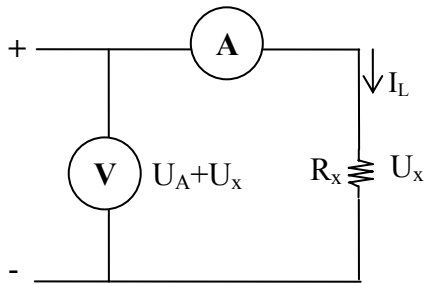
## ĐO ĐIỆN TRỞ

### 5.1 Đo điện trở bằng volt kế và ampe kế:

Đây là phương pháp đo “nóng” điện trở đang hoạt động.

Có hai cách mắc:

#### 5.1.1 Cách mắc Volt kế trước-Ampe kế sau:



Giá trị của U cho bởi số chỉ trên volt kế:

$$U = U_A + U_x$$

Giá trị của I cho bởi số chỉ trên ampe kế.

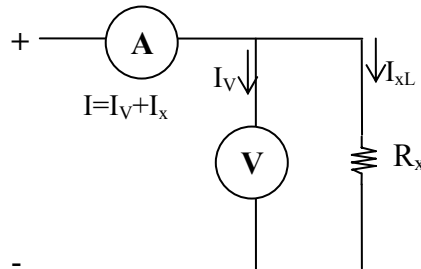
R

Hình 5.1: Cách mắc V-A

Giá trị  $R_x$  được xác định bởi:  $R_x = \frac{U}{I}$

⊗ *Nhận xét:* sai số cho việc xác định  $R_x$  phụ thuộc điện trở nội của ampe kế, nếu  $R_A \ll R_x$  thì  $V_x \gg V_A$ ; Nếu ảnh hưởng của điện trở nội ampe kế không đáng kể, phép đo càng chính xác.

#### 5.1.2 Cách mắc ampe kế trước volt kế sau:



Hình 5.2: Cách mắc A-V

Giá trị của U cho bởi số chỉ trên volt kế.

Giá trị của I cho bởi số chỉ trên ampe kế:  $I = I_V + I_x$

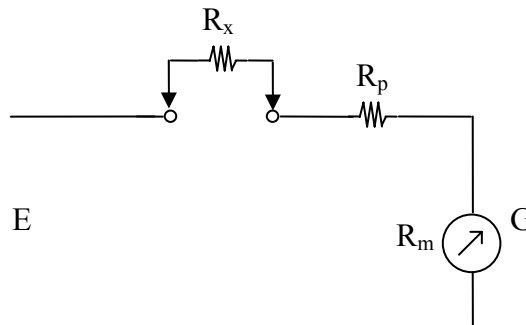
⌘ *Nhận xét:* sai số cho việc xác định  $R_x$  phụ thuộc điện trở nội của volt kế, nếu  $R_v \gg R_x$  thì  $I_x \gg I_v$ ; nếu điện trở nội của volt kế càng lớn thì phép đo càng chính xác.

## 5.2 Đo điện trở bằng Ohm kế:

Trong các VOM có phần đo điện trở được kí hiệu:  $\Omega$ . Đo điện trở bằng cách này gọi là phương pháp đo “ngụội”.

### 5.2.1 Ohm kế với sơ đồ nối tiếp:

Nếu giữ điện áp  $U$  không thay đổi mà chỉ dựa vào sự thay đổi dòng điện qua mạch khi điện trở thay đổi, người ta đo dòng điện để khắc độ theo điện trở  $R$  và có thể đo trực tiếp điện trở  $R$ .



Hình 5.3: Ohm kế với sơ đồ nối tiếp.

Theo sơ đồ này  $R_x$  mắc nối tiếp với cơ cấu đo.

$R_p$  dùng để đảm bảo sao cho khi  $R_x=0$  thì dòng điện qua cơ cấu đo là lớn nhất (nghĩa là lệch hết thang đo) và bảo vệ cơ cấu đo.

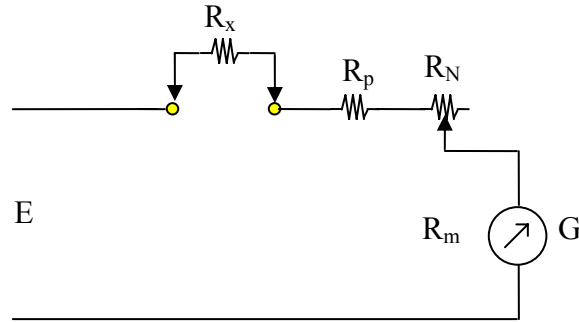
$$\text{Khi } R_x=0 \quad \rightarrow \quad I_{m \max} = \frac{E}{R_m + R_p}$$

$$\text{Khi } R_x \neq 0 \quad \rightarrow \quad I_m = \frac{E}{R_m + R_p + R_x}$$

$$\text{Khi } R_x \rightarrow \infty \quad \rightarrow \quad I_m \rightarrow 0$$

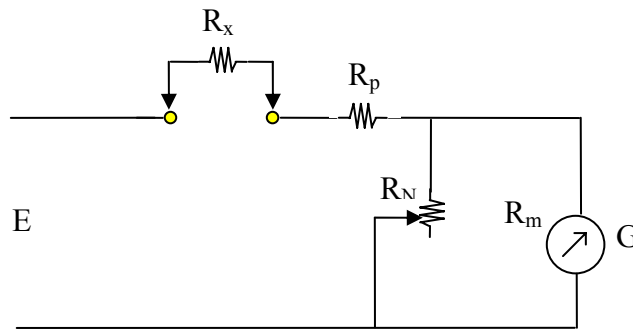
⌘ *Nhận xét:* thang đo của Ohm kế ngược với thang đo của Volt kế.

Ohm kế còn phụ thuộc rất nhiều vào nguồn cung cấp (pin acquy) vì  $E$  thường bị thay đổi và sẽ gây sai số lớn. Cách khắc phục: mắc thêm một chiết áp hoặc biến trở  $R_N$  để điều chỉnh 0 ( $R_x=0$ ).



Hình 5.4: Ohm kế với sơ đồ mắc nối tiếp biến trở chỉnh.

Điện trở vào  $R_{\Omega}$ :  $R_{\Omega} = R_p + R_N + R_m$



Hình 5.5: Ohm kế với sơ đồ mắc song song biến trở chỉnh.

Điện trở vào  $R_{\Omega}$ :  $R_{\Omega} = R_p + \frac{R_N R_m}{R_N + R_m}$

$$I = \frac{E}{R_x + R_p + R_N // R_m}$$

Nếu  $(R_N // R_m) \ll R_p$  thì  $I = \frac{E}{R_x + R_p}$ , khi  $R_x \rightarrow 0$  thì  $I = \frac{E}{R_p}$

$$I_m = \frac{U_m}{R_m} = \frac{I(R_N // R_m)}{R_m}$$

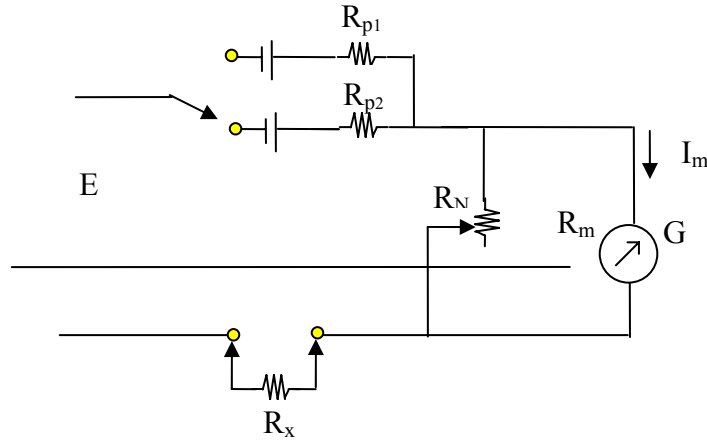
Trong thực tế, trước mỗi lần đo cho  $R_x \rightarrow 0$ , điều chỉnh  $R_N$ :

$$I_m = \frac{E}{R_p} \frac{(R_N // R_m)}{R_m} = I_{m \max}$$

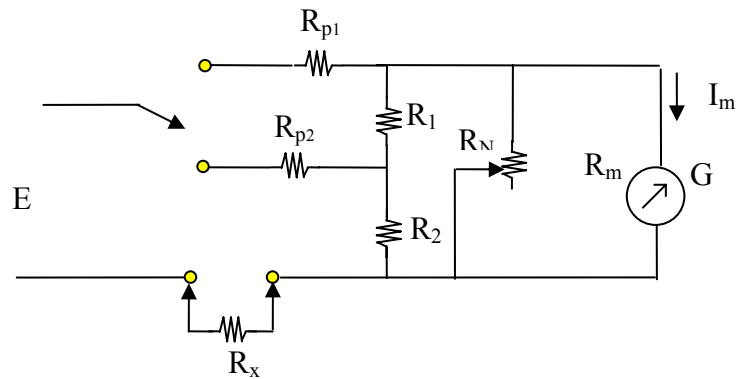
⚡ Ý nghĩa: để khi nguồn cung cấp E thay đổi nhưng  $R_x$  vẫn không bị thay đổi.

Ngoài ra, để mở rộng giới hạn đo của Ohm kế bằng cách dùng nhiều nguồn cung cấp hoặc một nguồn cung cấp với các điện trở phân dòng.



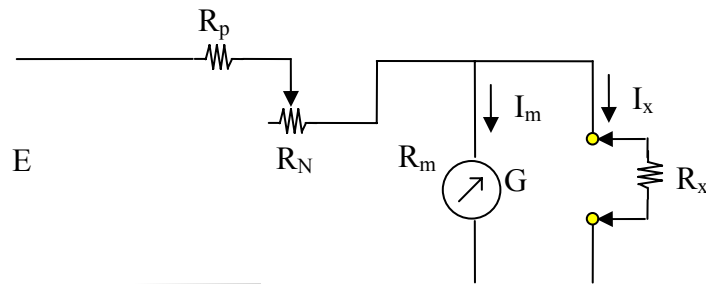


Hình 5.6: Cách mở rộng tầm đo bằng cách dùng nguồn E



Hình 5.7: Cách mở rộng tầm đo bằng cách dùng điện trở phân dòng.

**5.2.2 Ohm kế với sơ đồ song song:**



Hình 5.8: Ohm kế mắc song song.

Theo sơ đồ mạch  $R_x$  mắc song song với cơ cấu đo. Ohm kế loại này dùng để đo điện trở tương đối nhỏ ( $<K\Omega$ ).

Điện trở vào của Ohm kế:

$$R_{\Omega} = (R_p + R_N) // R_m$$

Đặc tính khắc độ của Ohm kế với sơ đồ song song được xác định:

$$\frac{I_X}{I_m} = \frac{R_X}{R_\Omega + R_X} = \frac{\frac{R_X}{R_\Omega}}{1 + \frac{R_X}{R_\Omega}}$$

Khi  $R_X = R_\Omega$  thì  $\frac{I_X}{I_m} = \frac{1}{2}$  tức là điểm giữa thang chia độ tương ứng với giá trị  $R_X$  bằng điện trở vào của Ohm kế.

Khi  $R_X > R_\Omega$  thì các giá trị chạy về phía phải thang đo ( $\infty$ ).

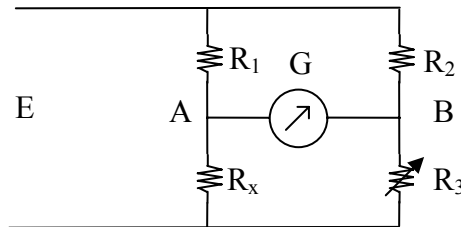
Khi  $R_X < R_\Omega$  thì các giá trị chạy về phía trái thang đo (0).

Để điều chỉnh thang đo khi nguồn cung cấp thay đổi cho  $R_X \rightarrow \infty$  và sử dụng chiết áp  $R_N$ .

### 5.3 Đo điện trở bằng cầu Wheastone:

#### 5.3.1 Cầu Wheastone cân bằng:

Sơ đồ mạch:



Hình 5.9: Cầu Wheastone.

Khi cầu cân bằng dòng điện qua chỉ thị G bằng 0, lúc này:

$$U_1 = U_2$$

$$U_X = U_3$$

Giả sử dòng điện đi qua  $R_1, R_X$  là  $I_1$ ; qua  $R_2, R_3$  là  $I_2$ .

Khi đó:  $I_1 R_X = I_2 R_3$

$$\Rightarrow \frac{R_X}{R_1} = \frac{R_3}{R_2} \quad \text{hay} \quad R_X = R_1 \frac{R_3}{R_2}$$

⊳ *Nhận xét:*  $R_X$  được xác định khi biết chính xác  $R_1, R_2$  và  $R_3$ .

Kết quả đo  $R_X$  không phụ thuộc vào nguồn cung cấp E, khi E thay đổi không ảnh hưởng kết quả đo.

Độ chính xác của  $R_X$  phụ thuộc độ nhạy của  $G$  và độ chính xác của các điện trở  $R_1$ ,  $R_2$  và  $R_3$ .

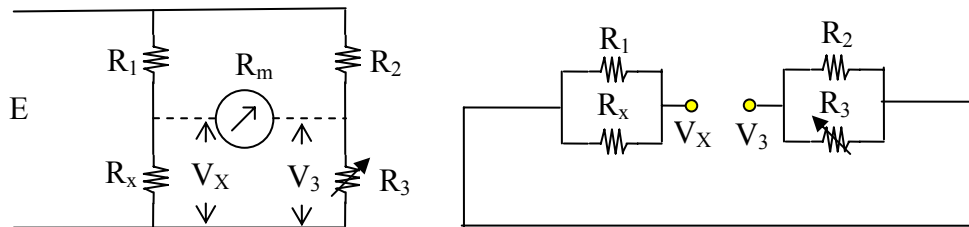
### 5.3.2 Cầu Wheastone không cân bằng:

Trong công nghiệp, việc thay đổi các giá trị  $R$  dễ dẫn đến sai số lớn do đó người ta sử dụng cầu wheastone không cân bằng.

Cầu Wheastone không cân bằng dùng để đo điện trở  $R$  hoặc sự thay đổi  $\Delta R$  của phần tử đo nhờ điện áp ra hoặc dòng điện ra ở ngõ ra của cầu.

Yêu cầu nguồn cung cấp  $E$  ổn định vì điện áp ra phụ thuộc nguồn  $E$  còn phụ thuộc vào độ chính xác.

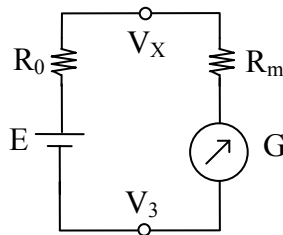
Độ nhạy của cầu Wheastone phụ thuộc vào nguồn cung cấp  $E$  và điện trở nội của cơ cấu đo.



Hình 5.10: Cầu Wheastone không cân bằng.

Khi cơ cấu đo được tháo ra thì giá trị điện áp được xác định:

$$V_X - V_3 = E \left( \frac{R_X}{R_1 + R_X} - \frac{R_3}{R_2 + R_3} \right)$$



Hình 5.11: Sơ đồ tương đương cầu wheastone không cân bằng.

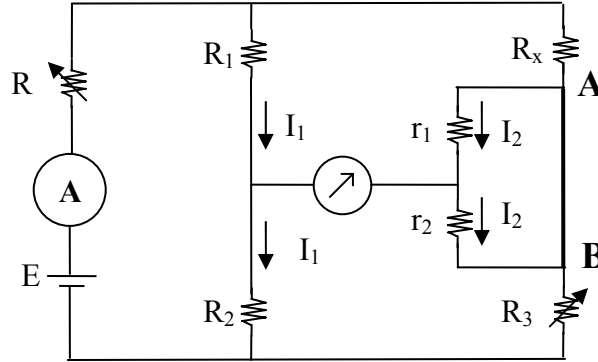
Tổng trở ngõ ra của cầu Wheastone được xác định bởi:

$$R_0 = (R_1 // R_X) + (R_2 // R_3)$$

Dòng điện  $I_m$  qua cơ cấu đo khi cầu không cân bằng:

$$I_m = \frac{V_X - V_3}{R_0 + R_m}$$

#### 5.4 Đo điện trở có giá trị nhỏ bằng cầu đôi Kelvin:



Hình 5.12: Cầu đôi Kelvin.

Trong cầu đôi Kelvin có điện áp rơi đáng kể trên đoạn dây nối AB.

Nếu tỉ số:  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{r_1}{r_2}$  thì sai số do điện áp rơi trên đoạn trở dây nối AB được loại bỏ.

Khi cầu đo cân bằng  $U_m=0$ , ta có;

$$I_1 R_2 = I_2 r_2 + I R_3 \Rightarrow I R_3 = I_1 R_2 - I_2 r_2$$

$$I_1 R_1 = I_2 r_1 + I R_X \Rightarrow I R_X = I_1 R_1 - I_2 r_1$$

$$\Rightarrow \frac{R_X}{R_3} = \frac{R_1(I_1 - I_2 \frac{r_1}{R_1})}{R_2(I_1 - I_2 \frac{r_2}{R_2})}$$

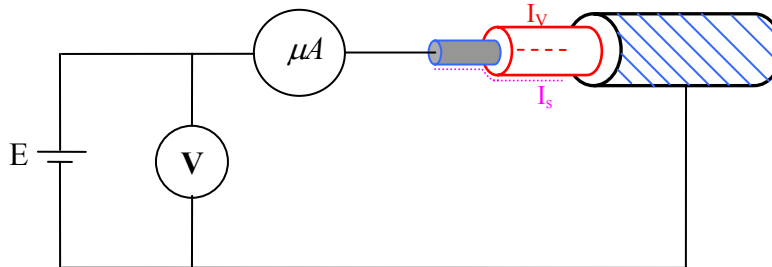
Như vậy, với điều kiện cầu cân bằng,  $R_1=r_1$ ,  $R_2=r_2$  thì phần tử đo  $R_X$  được xác định bởi:

$$R_X = \frac{R_1}{R_2} R_3$$

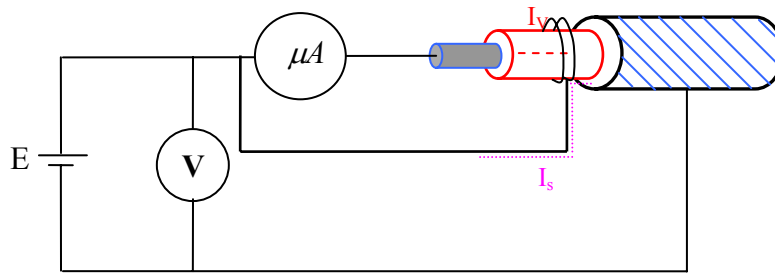
$R_X$  không phụ thuộc điện trở dây dẫn AB,  $R_3$  là điện trở mẫu có sai số nhỏ,  $R_1$  là hộp điện trở thay đổi có độ chính xác cao và độ phân giải nhỏ (thường thay đổi bước  $0.1 \Omega$ ,  $1 \Omega$ ),  $R_2$  là điện trở thay đổi tầm đo cho cầu.

## 5.5 Đo điện trở có giá trị lớn:

### 5.5.1 Đo điện trở bằng volt kế và micro-ampe kế:



a) Đo điện trở lớn bằng cách thông thường.



b) Đo điện trở lớn có vòng bảo vệ Guard.

Hình 5.13: Cách đo điện trở lớn bằng micro Ampe kế và volt kế.

$I_V$  là dòng điện khối, chảy vào trong lòng dây dẫn.

$I_S$  là dòng điện bề mặt trên dây dẫn.

Khi dòng điện đi vào dây dẫn thì dòng điện qua micro-ampe kế:  $I_V + I_S$

Khi đó điện trở giữa lớp cách điện và bề mặt được xác định:  $R_V // R_S$

Nếu  $R_S \gg R_V$  thì sẽ ảnh hưởng rất lớn đến  $R_V$  cần đo. Để tránh ảnh hưởng thường sử dụng dây dẫn quấn quanh bề mặt vỏ cách điện và mắc trước micro-ampe kế. Vòng dây dẫn này gọi là “vòng dây bảo vệ” để tránh điện trở rỉ bề mặt.

### 5.5.2 Đo điện trở có giá trị lớn bằng MegaOhm kế chuyên dùng:

Cơ cấu đo dùng cho MegaOhm kế chuyên dùng là logomet từ điện, bao gồm 2 cuộn dây:

- Cuộn dây lệch (deflecting coil).
- Cuộn dây kiểm soát (control coil).

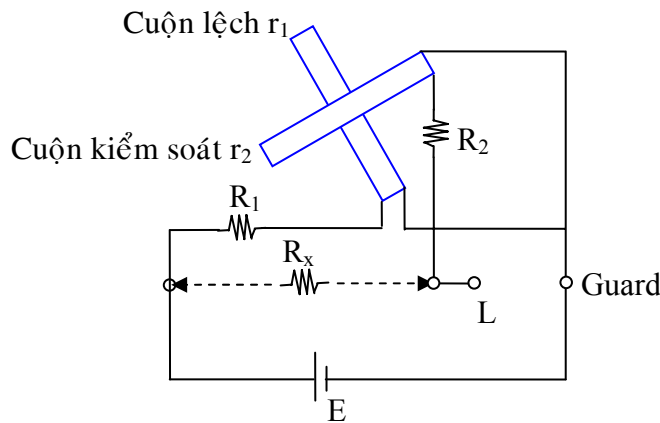
Cả hai cuộn dây được gắn cùng với kim chỉ thị và chịu tác động của 2 momen quay:

$$T_1 = k_1(\theta)I_1 \qquad T_2 = k_2(\theta)I_2$$

Hai momen này luôn đối kháng nhau, trong đó  $k_1, k_2$  là hàm số theo góc quay  $\theta$  của kim chỉ thị sao cho tại góc quay  $\theta_i$  của kim chỉ thị:

$$T_1 = T_2 \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{k_2(\theta)}{k_1(\theta)} = \tilde{k}(\theta_i)$$

Vậy: góc quay  $\theta_i$  của kim chỉ thị phụ thuộc vào trị số dòng điện  $I_1$  và  $I_2$  (cơ cấu đo loại logomet từ điện không có giá trị ban đầu vì không có lò xo phản hoặc dây treo như cơ cấu đo từ điện, do đó khi không có dòng  $I_1, I_2$  kim chỉ thị ở vị trí bất kỳ).



Hình 5.14: Đo điện trở có giá trị lớn bằng MegaOhm kế chuyên dùng.

Dòng  $I_1$  qua cuộn dây lệch:  $I_1 = \frac{E}{R_1 + r_1}$

$R_1$  là điện trở chuẩn,  $r_1$  là điện trở nội.

Dòng  $I_2$  qua cuộn dây kiểm soát:  $I_2 = \frac{E}{R_x + R_2 + r_2}$

Khi  $R_x \rightarrow \infty, I_2 \rightarrow 0$ : dòng điện  $I_1$  kéo kim chỉ thị lệch tối đa về phía trái thang đo có trị số  $\infty$ .

Khi  $R_x \rightarrow 0, I_2 \rightarrow I_{2\max}$ : dòng điện  $\frac{I_2}{I_1} \rightarrow \max$  kéo kim chỉ thị lệch tối đa về phía phải thang đo có trị số 0.

Khi  $R_x$  có vị trí bất kỳ, góc quay  $\theta_i$  được xác định:

$$I_1 = \frac{E}{R_1 + r_1}; I_2 = \frac{E}{R_x + R_2 + r_2}$$

$$\Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_x + R_2 + r_2}{R_1 + r_1} = k(\theta_i)$$

⊗ *Nhận xét:* góc quay  $\theta_i$  phụ thuộc vào  $R_2$ .

⊗ *Lưu ý:* khi kim chỉ thị ở giữa thang đo:

$$\frac{I_1}{I_2} = 1 \Rightarrow R_x = R_1 + r_1 - R_2 - r_2$$

Nếu  $r_2=r_1$  thì  $R_x = R_1 - R_2$

Để thay đổi tầm thang đo bằng cách thay đổi  $R_2$ .

Trong mạch MegaOhm kế có đầu nối “Guard” dùng để gắn với vòng dây bảo vệ hay dây bảo vệ để loại bỏ điện trở rỉ bề mặt.

## Chương 6

# ĐO ĐIỆN DUNG, ĐIỆN CẢM, HỒ CẢM

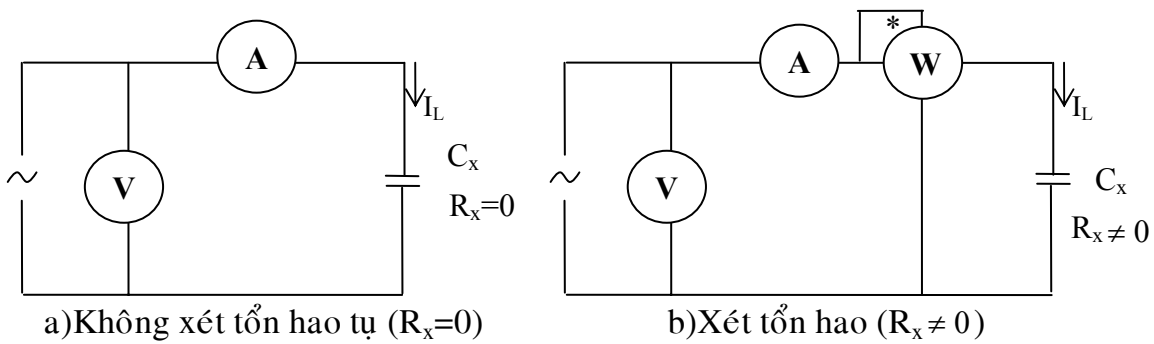
### 6.1 Đo điện dung, điện cảm và hồ cảm bằng volt kế và ampe kế:

#### 6.1.1 Đo điện dung [F]:

Trong thực tế, dòng điện  $I$  qua tụ điện không lệch pha  $90^\circ$  đối với điện áp rơi trên tụ điện vì tổn hao bên trong tụ điện. Nguyên nhân do điện trở rĩ (nội trở) ngoài giá trị điện dung thực, nghĩa là tụ điện không cách điện hoàn toàn.

Khi tụ điện không có xét đến tổn hao do nội trở gây ra gọi là tụ điện lý tưởng.

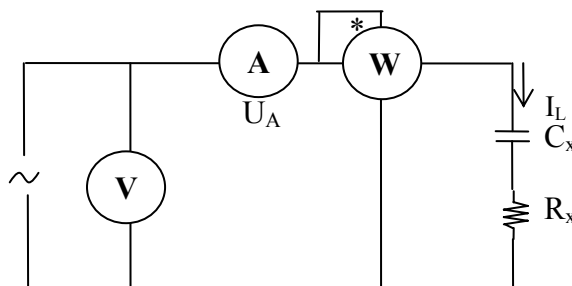
Xét hai mạch đo điện dung như hình vẽ sau:



Hình 6.1: Mạch đo điện dung

Trong trường hợp có xét tổn hao tùy thuộc vào góc mất  $\delta$ :

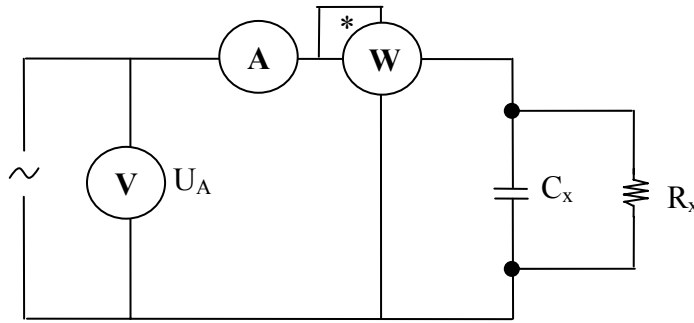
+ Nếu  $\delta$  nhỏ (tụ điện có điện môi là không khí, tụ Mica, tụ Polystyrene...) thì sơ đồ mạch tương đương của tụ điện có tổn hao là tụ  $C_x$  mắc nối tiếp với điện trở nội  $R_x$ , xem hình 6.2.



Hình 6.2: mạch đo điện dung với  $\delta$  nhỏ



+ Nếu  $\delta$  lớn (tụ giấy) thì sơ đồ mạch tương đương của tụ điện có tổn hao là tụ  $C_x$  mắc song song với điện trở nội  $R_x$ , xem hình 6.3



Hình 6.3: Mạch đo điện dung với  $\delta$  lớn

*Lưu ý:* nguồn cung cấp cho mạch đo phải là tín hiệu hình sin có độ méo dạng nhỏ (hoạ tần được xem không đáng kể). Biên độ và tần số của tín hiệu phải ổn định.

- Cách xác định giá trị  $R_x$ , hình 5.1b: 
$$R_x = \frac{P}{I^2} \text{ [}\Omega\text{]} \quad (6.1)$$

$P$  là số chỉ công suất [W],  $I$  là số chỉ ampe kế [A].

- Tổng quát, cách xác định giá trị  $Z_C$  hình 5.1:

$$Z_c = \frac{U}{I} = \sqrt{R_x^2 + \left(\frac{1}{\omega C_x}\right)^2} \text{ [}\Omega\text{]} \quad (6.2)$$

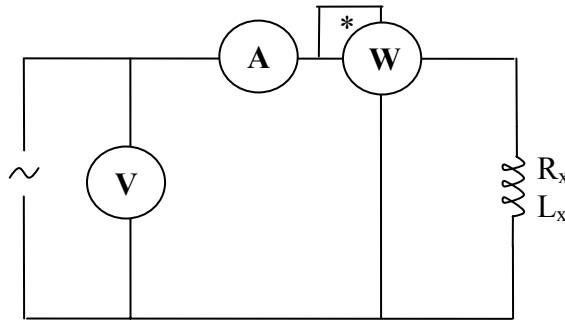
$U$  là số chỉ của volt kế [V]

$$\Rightarrow C_x = \frac{1}{\omega \sqrt{Z_c^2 - R_x^2}} \text{ [F]} \quad (6.3)$$

Nhận xét:

- Phương pháp dùng Watt kế không chính xác khi xác định những điện dung có góc mất nhỏ. Để đo tụ điện có góc mất nhỏ dùng phương pháp cầu đo.

**6.1.2 Đo điện cảm [H]:**



Hình 6.4: Mạch đo điện cảm.

Mạch đo điện cảm được mắc như hình 5.4, tổng trở  $Z_L$  của điện cảm được xác định:

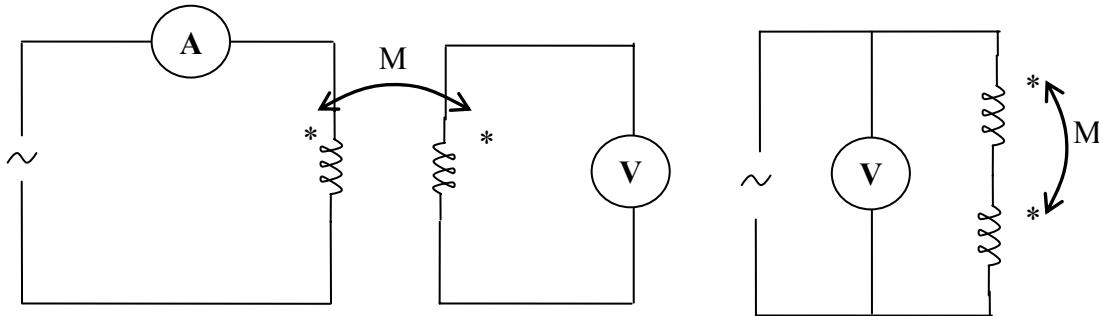
$$Z_L = \frac{U}{I} = \sqrt{R_x^2 + (L_x \omega)^2} \quad [\Omega] \quad (6.4)$$

Điện cảm được tính:  $L_x = \frac{1}{\omega} \sqrt{Z_L^2 - R_x^2} \quad [H]$

(6.5)

Trong đó:  $R_x$  được xác định trước,  $U$  và  $I$  lần lượt là số chỉ của Volt kế và ampe kế. Công suất tổn hao của cuộn dây được xác định bằng Watt kế.

**6.1.3 Đo hồ cảm:**



Hình 6.5: Mạch đo hồ cảm.

Hệ số hồ cảm  $M$  giữa hai cuộn dây (do tương tác gây ra) được xác định bởi:

$$\omega M = \frac{U}{I} \Rightarrow M = \frac{U}{\omega I} \quad (6.6)$$

Trong đó:  $\omega = 2\pi f$ ,  $U$  và  $I$  lần lượt là số chỉ Volt kế và Ampe kế.

Ngoài ra, người ta tính hệ số hồ cảm  $M$  theo công thức sau:

$$M = \frac{n_1 n_2}{R} \quad (6.7)$$

Trong đó,  $n_1$  và  $n_2$  lần lượt là số vòng dây cuộn 1 và 2 tương ứng,  $R$  là từ trở của mạch từ.

\* Xét trường hợp 2 cuộn dây mắc nối tiếp cùng cực tính (nghĩa là đầu cuối cuộn 1 nối với đầu cuộn 2) và trên cùng 1 mạch từ. Khi đó, tổng điện cảm của 2 cuộn dây được xác định:

$$L_a = L_1 + L_2 + 2M = \frac{1}{\omega} \sqrt{Z_a^2 - (R_1 + R_2)^2} \quad (6.8)$$

$Z_a$  tổng trở của hai cuộn dây:  $Z_a = \frac{U}{I}$ ,  $U$  và  $I$  lần lượt là số chỉ của Volt kế và ampe kế.

$R_1$  và  $R_2$  là điện trở của cuộn dây 1 và 2.

\* Xét trường hợp hai cuộn được mắc nối tiếp khác cực tính (nghĩa là đầu cuối cuộn 1 nối tiếp với đầu cuối cuộn 2) và trên cùng một mạch từ, khi đó điện cảm được xác định:

$$L_b = L_1 + L_2 - 2M = \frac{1}{\omega} \sqrt{Z_b^2 - (R_1 + R_2)^2} \quad (6.9)$$

$Z_b$  tổng trở của hai cuộn dây:  $Z_b = \frac{U}{I}$ ,  $U$  và  $I$  lần lượt là số chỉ của Volt kế và ampe kế.

Lưu ý: đầu cuộn dây bao giờ cũng được biểu thị bằng dấu chấm tròn trên sơ đồ mạch.

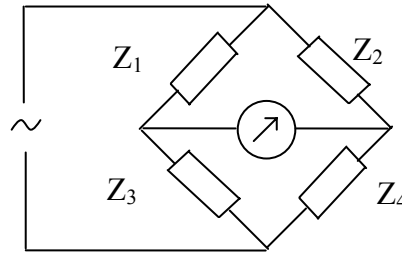
Từ phương trình 6.8 và 6.9 ta tính hệ số hổ cảm  $M$  như sau:

$$M = \frac{L_a - L_b}{4} \quad [\text{H}] \quad (6.10)$$

## 6.2 Đo điện dung và điện cảm bằng cầu đo:

Có hai loại cầu đo: cầu đo đơn giản và cầu đo phổ quát được dùng để đo điện dung và điện cảm. Cả hai loại này đều dựa vào nguyên lý cầu đo Wheatstone. Trong cầu đo phổ quát có xét đến hệ số tổn hao  $D$  của tụ điện cũng như hệ số phẩm chất  $Q$  của cuộn dây.

### 6.2.1 Cầu Wheastone:



Hình 6.6: Cầu Wheastone

$Z_1, Z_2, Z_3$  và  $Z_4$  là tổng trở tương ứng, có thể là số thực hay số phức bất kỳ.

Số phức là số bao gồm thành phần thực và thành phần ảo:  $Z = A + jB$

A là thành phần thực, B là thành phần ảo. Ví dụ:  $Z = 2 + j3 \text{ [}\Omega\text{]}$

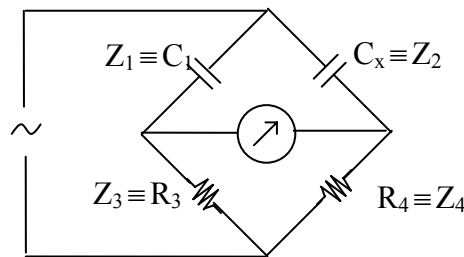
Cầu Wheastone cân bằng, nghĩa là kim điện kế G chỉ số 0, tương ứng với điều kiện:

$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3 \quad (6.11)$$

Công thức (5.11) áp dụng theo quy tắc anpha.

### 6.2.2 Cầu đo đơn giản:

#### 6.2.2.1 Đo điện dung:



Hình 6.7: Đo điện dung.

$R_3$  và  $R_4$  lần lượt là các điện trở mẫu có thể thay đổi được.

$C_1$  là tụ điện mẫu có thể thay đổi được.

$C_x$  là tụ điện cần đo.

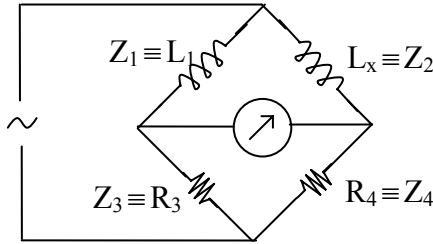
Nguồn cung cấp là tín hiệu hình sin (với độ méo dạng nhỏ)  $f = 1\text{KHz}$  (tần số âm tần) hay tần số điện lưới 50Hz.

Khi cầu đo cân bằng, áp dụng công thức (5.11), ta có:

$$\frac{1}{j\omega C_1} R_4 = \frac{1}{j\omega C_x} R_3$$

$$C_x = \frac{R_3}{R_4} C_1 \quad [F] \quad (6.12)$$

### 6.2.2.2 Đo điện cảm:



Hình 6.8: Đo điện cảm.

$L_1$ : điện cảm mẫu có giá trị thay đổi được.

$L_x$ : điện cảm cần đo.

$R_3$  và  $R_4$  lần lượt là các điện trở mẫu có thể thay đổi được.

Khi cầu đo cân bằng, áp dụng công thức 5.11, ta có:

$$j\omega L_1 R_4 = j\omega L_x R_3$$

$$L_x = \frac{R_4}{R_3} L_1 \quad (6.13)$$

☞ Nhận xét:

Phương pháp cầu đo đơn giản chỉ xác định giá trị  $C_x$  hay  $L_x$  thuần túy mà chưa xét được sự tổn hao trên tụ điện hay cuộn dây tương ứng.

## 6.2.3 Cầu đo phổ quát (universal bridge):

### 6.2.3.1 Đo điện dung:

Trong thực tế mạch tương đương của tụ điện dung có 2 dạng tùy theo sự hao mất của điện dung. Do đó chất lượng của điện dung được đánh giá qua hệ số D của tụ điện.

Trường hợp điện dung có hao mất nhỏ, nghĩa là trị số D nhỏ ( $D < 0.1$ ) thì sơ đồ mạch tương đương bao gồm  $C_x$  mắc nối tiếp  $R_x$ , giá trị  $D_{nt}$  được tính:

$$D_{nt} = \operatorname{tg} \delta = \frac{\operatorname{Re}\{Z_x\}}{\operatorname{Im}\{Z_x\}}$$

Trong đó:  $Z_x = R_x + \frac{1}{j\omega C_x}$

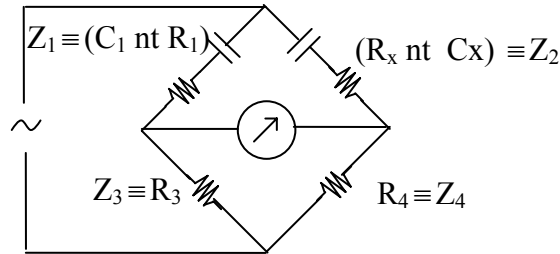
Vậy D được tính theo công thức sau:  $D_{nt} = \frac{R_x}{1/\omega C_x} = R_x C_x \omega$

(6.14)

Trường hợp ngược lại, điện dung có hao mất lớn, D lớn ( $D > 0.1$ ) thì sơ đồ mạch tương đương bao gồm  $C_x$  mắc song song với  $R_x$ , giá trị  $D_{ss}$  được tính:

$$D_{ss} = \frac{1/R_x}{\omega C_x} = \frac{1}{\omega R_x C_x} = \frac{1}{D_{nt}} \quad (6.15)$$

Sơ đồ mạch cầu đo phổ quát với điện dung có tổn hao nhỏ ( $D < 0.1$ ):



Hình 6.9: Cầu Sauty ( $D < 0.1$ )

Khi cầu Sauty cân bằng, ta được:

$$\frac{R_1 - \frac{j}{\omega C_1}}{R_3} = \frac{R_x - \frac{j}{\omega C_x}}{R_4}$$

Cân bằng phần thực:  $R_x = \frac{R_1}{R_3} R_4$  (6.16)

Cân bằng phần ảo:  $C_x = \frac{R_3}{R_4} C_1$  (6.17)

Hệ số tổn hao:  $D_{nt} = \omega R_x C_x = \omega R_1 C_1$  (6.18)

Lưu ý: các giá trị  $C_x$  và  $R_x$  không phụ thuộc tần số.

Bài tập:

Cho cầu đo Sauty, biết  $C_1 = 0.1 \mu F$ ,  $R_3 = 10 K\Omega$ ,  $R_4 = 14.7 K\Omega$  người ta điều chỉnh giá trị điện trở mẫu  $R_1 = 125 \Omega$  thì thấy cầu cân bằng. Hãy xác định các giá trị  $C_x$ ,  $R_x$  và D biết rằng tần số tín hiệu là 100Hz.

Bài giải:

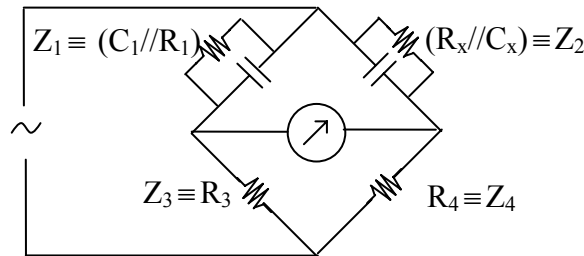
Áp dụng công thức cầu cân bằng Sauty, ta được:

$$C_x = \frac{R_3}{R_4} C_1 = \frac{10K\Omega}{14.7K\Omega} 0.1\mu F = 0.068\mu F$$

$$R_x = \frac{R_1}{R_3} R_4 = \frac{125\Omega}{10K\Omega} 14.7K\Omega = 183.3\Omega$$

Hệ số tổn hao:  $D_m = \omega R_x C_x = \omega R_1 C_1 = 2\pi f R_1 C_1 = 2\pi 100 * 125 * 0.1 * 10^{-6} = 0.008$

Sơ đồ mạch cầu đo phổ quát với điện dung có tổn hao lớn ( $D > 0.1$ ):



Hình 6.10: Cầu Nernst ( $D > 0.1$ )

Khi cầu đo cân bằng, ta có:

$$R_3 \left( \frac{1}{R_1} + j\omega C_1 \right) = R_4 \left( \frac{1}{R_x} + j\omega C_x \right)$$

Cân bằng phần thực:  $R_x = R_4 \frac{R_1}{R_3}$  (6.19)

Cân bằng phần ảo:  $\omega C_1 R_3 = \omega C_x R_4$

$$\Rightarrow C_x = \frac{R_3}{R_4} C_1$$
 (6.20)

Hệ số tổn hao:  $D_{ss} = \frac{1}{\omega R_x C_x} = \frac{1}{\omega R_1 C_1} = \frac{1}{D_m}$  (6.21)

### 6.2.3.2 Đo điện cảm:

Phẩm chất của cuộn dây có điện cảm  $L_x$  được xác định bởi hệ số Q.

Công thức tính hệ số phẩm chất Q:  $Q = \frac{\text{Im}\{Z_x\}}{\text{Re}\{Z_x\}}$

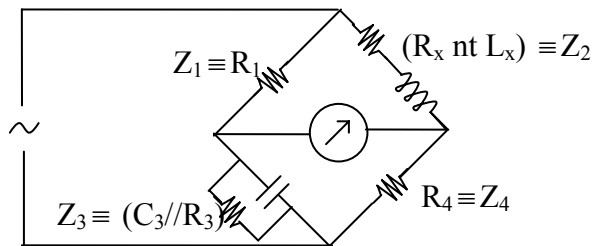
\* Nếu cuộn dây có sự hao mất nhỏ  $Q < 10$  (điện trở của cuộn dây nhỏ) thì có mạch tương đương  $R_x$  nối tiếp  $L_x$ , hệ số phẩm chất Q được tính theo công thức sau:

$$Q_{nt} = \frac{\text{Im}\{Z_x\}}{\text{Re}\{Z_x\}} = \frac{L_x \omega}{R_x} \quad (6.22)$$

\* Nếu cuộn dây có sự hao mất lớn  $Q > 10$  (điện trở của cuộn dây lớn) thì mạch tương đương  $R_x$  mắc song song với  $L_x$ , hệ số phẩm chất  $Q$  được tính theo công thức (6.23):

$$Q_{ss} = \frac{\text{Im}\{Z_x\}}{\text{Re}\{Z_x\}} = \frac{1}{\frac{L_x \omega}{R_x}} = \frac{R_x}{\omega L_x} \quad (6.23)$$

Sơ đồ mạch cầu đo phổ quát với cuộn dây có hệ số phẩm chất nhỏ  $Q < 10$ :



Hình 6.11: Phương pháp cầu đo Maxwell-Wien

*Lưu ý:* ít dùng điện cảm mẫu trong cầu đo vì chúng dễ gây nhiễu ảnh hưởng đến nhau, không chính xác, khó cân bằng.

Khi cầu cân bằng:

$$R_1 \left( \frac{1}{R_3} + j\omega C_3 \right) = \frac{R_x + j\omega L_x}{R_4}$$

Cân bằng phần thực:  $R_x = R_4 \frac{R_1}{R_3} \quad (6.24)$

Cân bằng phần ảo:  $\omega C_3 R_1 = \frac{\omega L_x}{R_4}$

$$\Rightarrow L_x = C_3 R_1 R_4 \quad (6.25)$$

Hệ số phẩm chất:  $Q_{nt} = \frac{\omega L_x}{R_x} = \omega C_3 R_3 \quad (6.26)$

*Bài tập:*



Cho cầu đo Maxwell-Wien, biết  $C_3=0.1 \mu F$ ,  $R_1=1.26K\Omega$ ,  $R_3=470\Omega$ ,  $R_4=500\Omega$  thì thoả mãn cầu cân bằng. Hãy xác định các giá trị  $L_x$ ,  $R_x$  và  $Q$  biết rằng tần số tín hiệu là 200Hz.

Bài giải:

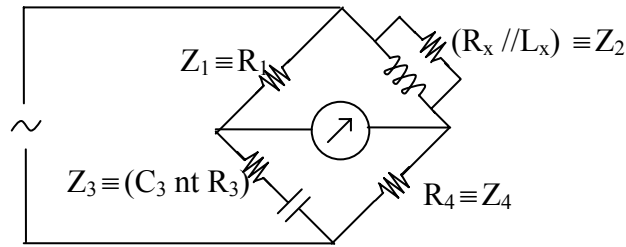
Khi cầu cân bằng:

$$R_x = R_4 \frac{R_1}{R_3} = \frac{1.26K\Omega}{470\Omega} 500\Omega = 1.34K\Omega$$

$$L_x = C_3 R_1 R_4 = 0.1 * 10^{-6} * 1.26 * 10^3 * 500 = 63mH$$

$$\text{Hệ số phẩm chất: } Q_{nt} = \frac{\omega L_x}{R_x} = \omega C_3 R_3 = 2\pi * 200 * 0.1 * 10^{-6} * 470 = 0.06$$

Sơ đồ mạch cầu đo phổ quát với cuộn dây có hệ số phẩm chất lớn  $Q > 10$ :



Hình 6.12: Cầu Hay.

Khi cầu cân bằng:

$$R_1 R_4 = \frac{1}{\frac{1}{R_x} - \frac{j}{\omega L_x}} \left( R_3 - \frac{j}{\omega C_3} \right)$$

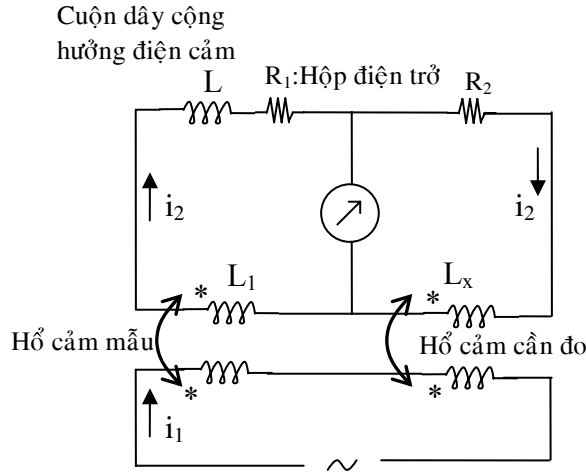
$$\text{Cân bằng phần thực: } R_x = R_4 \frac{R_1}{R_3} \quad (6.27)$$

$$\begin{aligned} \text{Cân bằng phần ảo: } \frac{R_1 R_4}{\omega L_x} &= \frac{1}{\omega C_3} \\ \Rightarrow L_x &= C_3 R_1 R_4 \end{aligned} \quad (6.28)$$

$$\text{Hệ số phẩm chất: } Q_{ss} = \frac{R_x}{\omega L_x} = \frac{1}{\omega C_3 R_3} = \frac{1}{Q_{nt}}$$

### 6.3 Đo hồ cảm:

#### 6.3.1 Cầu đo Maxwell:



Hình 6.13: Cầu Maxwell đo hồ cảm.

Trong mạch trên chúng ta có:  $M_1$  là hồ cảm mẫu (có thể thay đổi được),  $M_x$  là hồ cảm cần đo,  $R_1$  là hộp điện trở và  $L$  là cuộn dây thêm vào để cân bằng điện cảm trong mạch.

Khi cầu cân bằng:

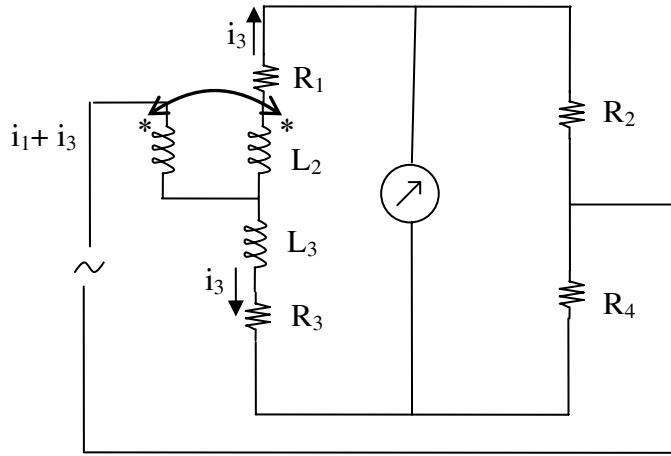
$$j\omega M_1 i_1 = j\omega(L_1 + L)i_2 + R_1 i_2 \quad (6.29)$$

$$j\omega M_x i_1 = j\omega L_x i_2 + R_2 i_2 \quad (6.30)$$

Chia (6.30) cho (6.29), ta được: 
$$\frac{M_x}{M_1} = \frac{j\omega L_x + R_2}{j\omega(L_1 + L) + R_1}$$

Cân bằng phần thực và phần ảo, ta được: 
$$\frac{M_x}{M_1} = \frac{L_x}{L_1 + L} = \frac{R_2}{R_1} \quad (6.31)$$

**6.3.2 Cầu Heavyside:**



Hình 6.14: Cầu Heavyside

Trong mạch trên  $M$  là hồ cảm cần đo của 2 cuộn dây, cuộn dây thứ cấp có điện cảm là  $L_2$ .

Khi cầu cân bằng:

$$R_4 i_3 = R_2 i_1 \quad (6.32)$$

$$(R_3 + j\omega L_3) i_3 = (R_1 + j\omega L_2) i_1 - j\omega M (i_1 + i_3) \quad (6.33)$$

Chia phương trình (5.32) cho (5.33), ta được:

$$R_2 (R_3 + j\omega L_3) = R_4 \left[ R_1 + j\omega (L_2 - M - \frac{MR_2}{R_4}) \right] \quad (6.34)$$

Cân bằng phần thực:  $R_1 = R_2 \frac{R_3}{R_4} \quad (6.35)$

Cân bằng phần ảo:  $M = \frac{L_2 R_4 - L_3 R_2}{R_2 + R_4} \quad (6.36)$

## Chương 7

# ĐO ĐIỆN ÁP VÀ ĐO DÒNG ĐIỆN

### 7.1 Đo dòng điện DC:

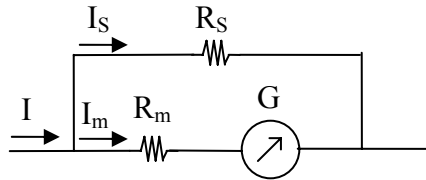
#### 7.1.1 Nguyên lý đo:

Các cơ cấu đo điện từ, từ điện và điện động đều hoạt động được với dòng điện DC cho nên chúng được dùng làm bộ chỉ thị cho ampe kế DC.

Muốn đo được các giá trị đo khác nhau ta cần phải mở rộng tầm đo cho thích hợp.

#### 7.1.2 Mở rộng tầm đo:

##### 7.1.2.1 Mở rộng tầm đo cho cơ cấu đo từ điện: dựa vào điện trở $R_s$



Hình 7.1: Cách mở rộng tầm đo cơ cấu đo từ điện

$R_s$  điện trở shunt.

$R_m$  điện trở nội của cơ cấu đo.

Dòng điện đo:  $I = I_m + I_s$

Trong đó:  $I_m$  dòng điện đi qua cơ cấu đo

$I_s$  dòng điện đi qua điện trở shunt.

Cách tính điện trở shunt  $R_s$ :

$$R_s = \frac{I_{\max} R_m}{I_c - I_{\max}} \quad (7.1)$$

$I_{\max}$  dòng điện tối đa của cơ cấu đo.

$I_c$  dòng điện tối đa của tầm đo.

Bài tập 1:

Cho sơ đồ mạch hình 7.1, biết  $I_{\max} = 50\mu A$  và  $R_m = 1K\Omega$  và  $I_c = 1mA$ , hãy tính  $R_s$ .

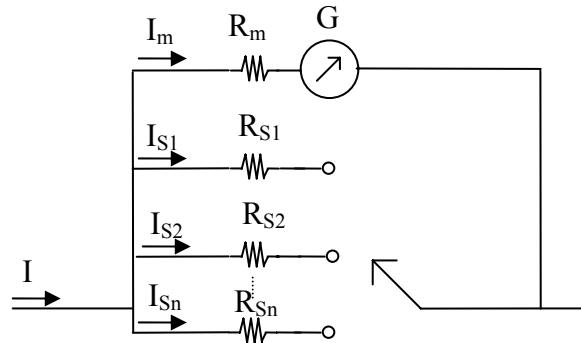
Giải

Áp dụng công thức (6.1), ta có  $R_s = \frac{50 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3}{10^{-3} - 50 \cdot 10^{-6}} = 52.6 \Omega$

*Bài tập 2:*

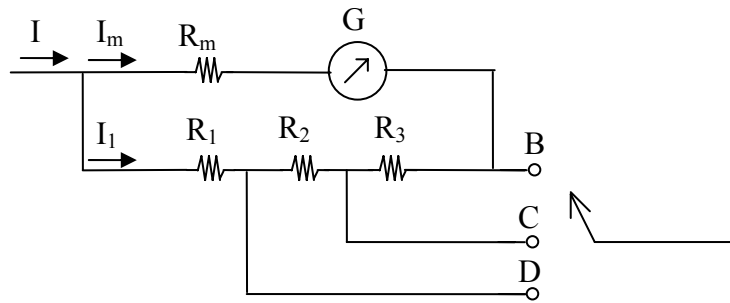
Cho sơ đồ mạch hình 7.1, biết  $I_{max} = 2.5mA$  và  $R_m = 1K\Omega$  và  $I_c = 100mA$ , hãy tính  $R_s$ .

Đối với ampe kế có nhiều tầm đo thì dùng nhiều điện trở shunt để mở rộng tầm đo khi chuyển tầm đo là chuyển điện trở shunt như hình 7.2.



Hình 7.2: Cách mở tầm rộng tầm đo dùng nhiều điện trở shunt.

\* Cách mở rộng tầm đo theo mạch Ayrton:



Hình 7.3: Cách mở rộng tầm đo theo mạch Ayrton.

Điện trở shunt ở B:  $R_{sb} = R_1 + R_2 + R_3$

Điện trở shunt ở C:  $R_{sc} = R_1 + R_2$  còn điện trở  $R_3$  nối tiếp với cơ cấu chỉ thị.

Điện trở shunt ở D:  $R_{sD} = R_1$  còn điện trở  $R_2$  và  $R_3$  nối tiếp với cơ cấu chỉ thị.

*Bài tập 3:*

Cho sơ đồ mạch Ayrton,  $R_m=1K\Omega$  và  $I_{max} = 50\mu A$ . Hãy xác định giá trị điện trở  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  biết rằng ở tầm đo B dòng điện tối đa qua cơ cấu đo là 1mA, tầm đo C dòng điện tối đa qua cơ cấu đo là 10mA và tầm đo D dòng điện tối đa qua cơ cấu đo là 100mA.

*Giải*

Ở vị trí B:  $I_{max} = 50\mu A$ ,  $I_c = 1mA$ :

Áp dụng công thức (7.1), ta có:

$$R_s = \frac{50.10^{-6}.10^3}{10^{-3} - 50.10^{-6}} = R_1 + R_2 + R_3 = 52.6\Omega \quad (a)$$

Ở vị trí C:  $I_{max} = 50\mu A$ ,  $I_c = 10mA$ :

Áp dụng công thức (7.1), ta có:

$$R_s = \frac{50.10^{-6}.(1K\Omega + R_3)}{10.10^{-3} - 50.10^{-6}} = R_1 + R_2 = \frac{1K\Omega + R_3}{199} \quad (b)$$

Ở vị trí D:  $I_{max} = 50\mu A$ ,  $I_D = 100mA$ :

Áp dụng công thức (7.1), ta có:

$$R_s = \frac{50.10^{-6}.(1K\Omega + R_3 + R_2)}{100.10^{-3} - 50.10^{-6}} = R_1 = \frac{1K\Omega + R_3 + R_2}{1999} \quad (c)$$

Giải 2 phương trình (a), (b) ta được:

$$\frac{1K\Omega + R_3}{199} = 52.6 - R_3$$

$$\Rightarrow R_3 = 47.237\Omega$$


thay  $R_3$  vào (c), tính được  $R_1=0.526\Omega$

Từ (1) suy ra giá trị  $R_2 = 4.737\Omega$

### 7.1.2.2 Mở rộng tầm đo cho cơ cấu đo điện từ:

Thay đổi số vòng dây cho cuộn dây cố định sao cho lực từ của cuộn dây khi có dòng điện chạy qua tác dụng lên lõi sắt của phần động không đổi, tức là:

$$F = n_1 I_1 = n_2 I_2 = n_3 I_3 \Lambda \quad (7.2)$$

 Bài tập 4:

Cho  $F=300[\text{Ampe-vòng}]$ , tính số vòng cho 3 tầm đo có cường độ dòng điện lần lượt là:  $I_1=1A$ ,  $I_2=5A$  và  $I_3=10A$ .

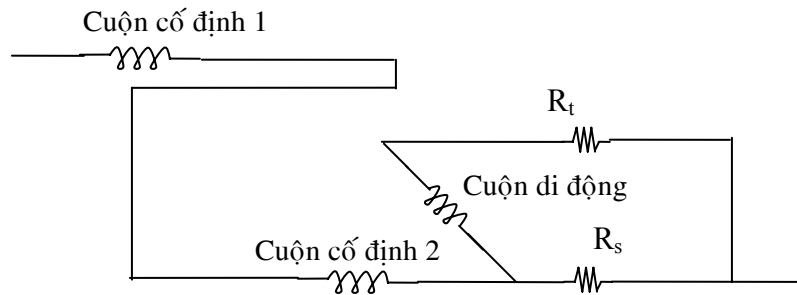
Giải

Áp dụng công thức (7.2), ta có  $n_1=300$  vòng.

$n_2 = 60$  vòng.

$n_3 =30$  vòng.

### 7.1.3 Mở rộng tầm đo cho cơ cấu đo điện động:



Hình 7.4: Cách mở rộng tầm đo cho cơ cấu đo điện động.

Cuộn cố định có đặc điểm sợi to, ít vòng.

Cuộn di động có đặc điểm sợi nhỏ, nhiều vòng.

Mắc điện trở shunt song song với cuộn dây di động, cuộn dây cố định được mắc nối tiếp với cuộn di động.

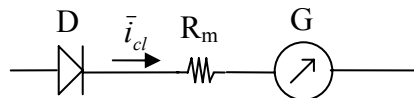
Cách xác định điện trở shunt tương tự như ampe kế kiểu cơ cấu đo từ điện đã nêu ở phần a)

## 7.2 Đo dòng điện AC:

### 7.2.1 Nguyên lý đo:

Các cơ cấu đo điện từ và cơ cấu đo điện động đều hoạt động được với dòng điện AC. Riêng cơ cấu đo từ điện cần phải biến đổi dòng điện AC thành dòng điện DC trước khi sử dụng.

#### 7.2.1.1 Mạch chỉnh lưu bằng Diode:



Hình 7.5: Mạch chỉnh lưu bằng diode dùng trong cơ cấu đo từ điện.

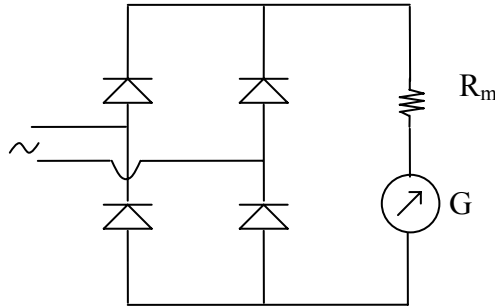
Dòng điện qua diode mắc nối tiếp với cơ cấu đo từ điện có giá trị trung bình được xác định bởi:

$$\bar{i}_{cl} = \frac{1}{2\pi} \int_0^T i_{cl} dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi/2} I_m \sin \omega t dt = \frac{1}{\pi} I_m = 0.318 I_m = 0.318 \sqrt{2} I_{hd} \quad (7.3)$$

Lưu ý: dòng điện AC có dạng hàm sin tuần hoàn.

Nếu dòng điện AC có dạng bất kỳ thì  $\bar{i}_{cl}$  phụ thuộc vào dạng tần số của tín hiệu.

### 7.2.1.2 Mạch chỉnh lưu bằng cầu diode:



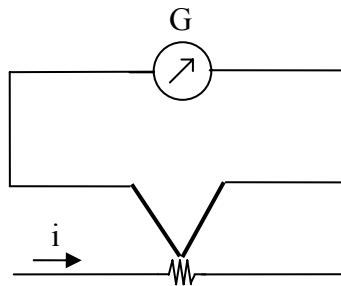
Hình 7.6: Mạch chỉnh lưu bằng cầu diode dùng trong cơ cấu đo từ điện.

Khi dùng cầu diode thì dòng điện AC được chỉnh lưu ở hai nửa chu kỳ và giá trị trung bình được xác định:

$$\bar{i}_{cl} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} i_{cl} dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi/2} I_m \sin \omega t dt = \frac{2}{\pi} I_m = 0.636 I_m = 0.636 \sqrt{2} I_{hd} \quad (7.4)$$

### 7.2.1.3 Dùng phương pháp biến đổi nhiệt điện:

Phương pháp biến đổi nhiệt điện bao gồm một điện trở đốt nóng và một cặp nhiệt điện. Điện trở được đốt nóng bởi dòng điện AC cần đo. Chính nhiệt lượng này cung cấp cho cặp nhiệt điện và sẽ tạo ra điện áp DC cung cấp cho cơ cấu đo từ điện.



Hình 7.7: Phương pháp biến đổi nhiệt điện.

Tính chất của phương pháp biến đổi nhiệt điện: không phụ thuộc tần số và dạng của tín hiệu, nhưng cần quan tâm đến sự thay đổi nhiệt độ của môi trường.

Nhiệt lượng:  $E = K_T R I^2$



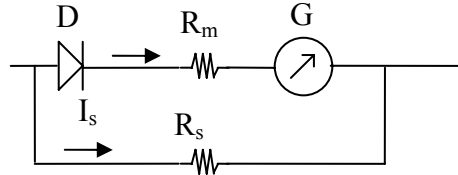
$K_T$  hằng số đặc trưng của cặp nhiệt điện.

R điện trở dây đốt nóng.

I giá trị hiệu dụng của dòng điện cần đo.

## 7.2.2 Cách mở rộng tầm đo:

### 7.2.2.1 Dùng điện trở shunt:



Hình 7.8: Mở rộng tầm đo dùng cho cơ cấu đo điện từ.

Diode mắc nối tiếp với cơ cấu đo từ điện, do đó dòng điện chỉ lưu qua cơ cấu đo, dòng điện qua  $R_s$  là dòng AC.

$I_m$  dòng điện qua cơ cấu đo.

$I_{mmax}$  dòng điện cực đại.

$I_{max}$  dòng điện cực đại cho phép qua cơ cấu đo.

$$\bar{i}_{cl} = 0.318 I_{mmax} = 0.318 \sqrt{2} I_m \leq I_{max}$$

Giá trị dòng điện hiệu dụng của dòng điện AC qua  $R_s$ :

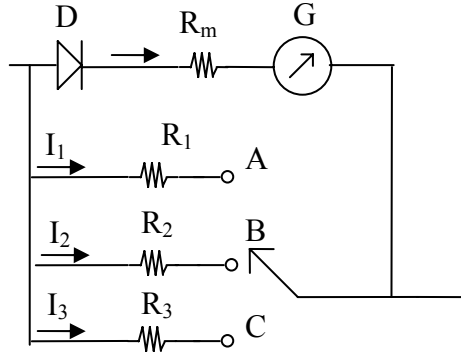
$$I_s = I_c - \frac{I_{max}}{0.318\sqrt{2}} \quad I_c \text{ là dòng điện cần đo.}$$

Điện trở  $R_s$  được xác định:

$$R_s = \frac{U_D + R_m \frac{I_{max}}{0.318\sqrt{2}}}{I_s} \quad [\Omega] \quad (7.5)$$

### Bài tập 5:

Cho sơ đồ mạch hình 7.9,  $R_m = 1K\Omega$  và  $I_{max} = 50\mu A$ . Hãy xác định giá trị điện trở  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  biết rằng ở tầm đo A dòng điện tối đa qua cơ cấu đo là 250mA, tầm đo B dòng điện tối đa qua cơ cấu đo là 500mA và tầm đo C dòng điện tối đa qua cơ cấu đo 750mA. Lưu ý: diode loại 1N4007.



Hình 7.9: Mở rộng tầm đo dòng điện AC bằng cách dùng điện trở mắc song song

*Giải*

Diode loại 1N4007, chọn điện thế dẫn cho diode là  $U_D=0.6V$

Áp dụng công thức (7.5), cho các tầm đo:

Tại tầm đo A,  $I_{SA} = 250mA$ :

$$R_1 = \frac{U_D + R_m \frac{I_{\max}}{0.318\sqrt{2}}}{I_{sA}} = \frac{0.6 + 1000 \frac{50 \cdot 10^{-6}}{0.318\sqrt{2}}}{250 \cdot 10^{-3}} = 2.84\Omega$$

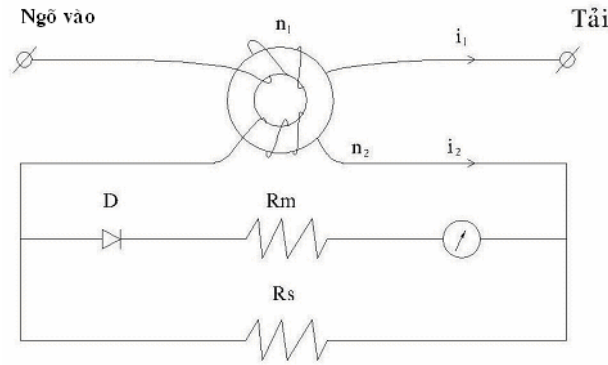
Tại tầm đo B,  $I_{SB} = 500mA$ :

$$R_2 = \frac{U_D + R_m \frac{I_{\max}}{0.318\sqrt{2}}}{I_{sB}} = \frac{0.6 + 1000 \frac{50 \cdot 10^{-6}}{0.318\sqrt{2}}}{500 \cdot 10^{-3}} = 5.68\Omega$$

Tại tầm đo C,  $I_{SC} = 750mA$ :

$$R_3 = \frac{U_D + R_m \frac{I_{\max}}{0.318\sqrt{2}}}{I_{sC}} = \frac{0.6 + 1000 \frac{50 \cdot 10^{-6}}{0.318\sqrt{2}}}{750 \cdot 10^{-3}} = 8.52\Omega$$

**7.2.2.2 Dùng phương pháp biến dòng:**



Hình 7.10: Dùng phương pháp biến dòng

Nguyên tắc hoạt động của biến dòng dựa trên hiện tượng hổ cảm.

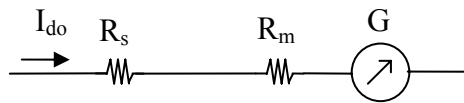
$$n_1 i_1 = n_2 i_2 \tag{7.6}$$

$i_1$  là dòng điện tải cần đo.

$i_2$  là dòng điện qua cơ cấu đo.

**7.3 Đo điện áp DC:**

**7.3.1 Nguyên lý đo:**



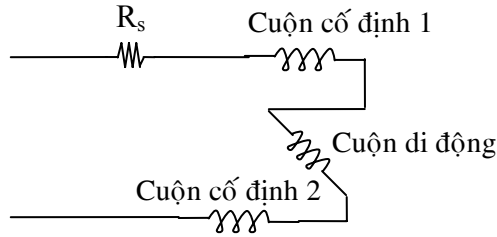
Hình 7.11: Mạch đo điện áp DC

Điện áp cần đo chuyển thành dòng điện đo đi qua cơ cấu chỉ thị

$$I_{dc} = \frac{V_{do}}{R_s + R_m} \leq I_{max} \tag{7.7}$$

Các cơ cấu đo từ điện, điện từ và điện động được dùng làm volt kế đo DC bằng cách nối thêm điện trở  $R_s$  để hạn dòng.

Riêng đối với cơ cấu đo điện động cuộn dây cố định và cuộn dây di động được mắc nối tiếp.



Hình 7.12: Mở rộng tầm đo:

Đối với cơ cấu đo từ điện bằng cách mắc nối tiếp thêm điện trở  $R_s$  để mở rộng tầm đo. Nghĩa là, thay đổi tổng trở vào càng lớn thì tầm đo điện áp càng cao cho nên người ta thường dùng trị số độ nhạy  $\Omega/V_{DC}$  để xác định tổng trở vào của mỗi tầm đo.

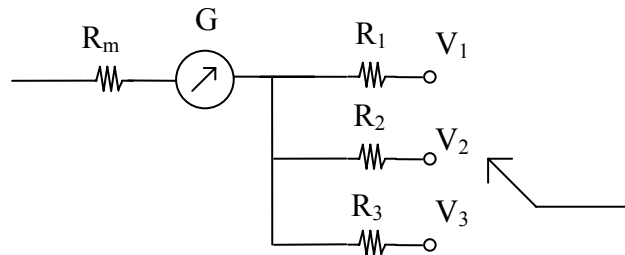
*📖 Bài tập 6:*

Volt kế có độ nhạy  $20\text{ K}\Omega/V_{DC}$  thì ở tầm đo 2.5V có tổng trở vào là bao nhiêu?.

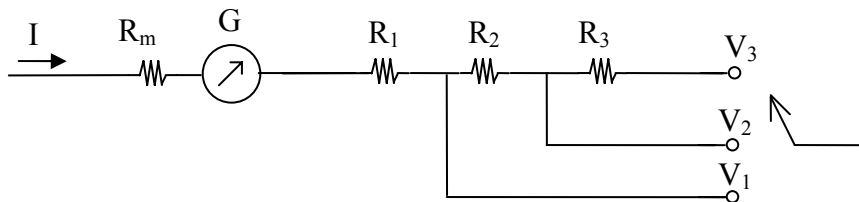
*Giải*

Tổng trở vào của Volt kế là  $Z_v = 2.5V * 20\text{ K}\Omega/V = 50\text{ K}\Omega$ .

Lưu ý: nội trở Volt kế càng cao thì giá trị đo càng chính xác.



Hình 7.13: Cách mở rộng tầm đo.



Hình 7.14: Cách mở rộng tầm đo theo kiểu Ayrton.

*📖 Bài tập 7:*

Cho sơ đồ mạch hình 7.13, biết Volt kế dùng cơ cấu từ điện có  $R_m=1\text{K}\Omega$  và  $I_{max} = 100\mu A$ . Ở 3 tầm đo  $V_1=2.5\text{V}$ ,  $V_2=20\text{V}$ , và  $V_3 = 50\text{V}$ . Hãy tính các điện trở còn lại.

Giải

$$\text{Ở } V_1=2.5V, \text{ ta có: } R_1 + R_m = \frac{V_1}{I_{\max}} = \frac{2.5}{100 \cdot 10^{-6}} = 25K\Omega \quad (d)$$


Mà  $R_m = 1K\Omega$  nên  $R_1=24 K\Omega$ .

$$\text{Ở } V_2=20V, \text{ ta có: } R_2 + R_1 + R_m = \frac{V_2}{I_{\max}} = \frac{20}{100 \cdot 10^{-6}} = 200K\Omega \quad (e)$$

Từ (d) và (e) suy ra  $R_2=175 K\Omega$ .

$$\text{Ở } V_3=50V, \text{ ta có: } R_3 + R_2 + R_1 + R_m = \frac{V_3}{I_{\max}} = \frac{50}{100 \cdot 10^{-6}} = 500K\Omega \quad \text{Suy ra } R_3=300 K\Omega.$$

Lưu ý để Volt kế có độ chính xác càng cao nên chọn sai số  $R_1, R_2, R_3 \leq 1\% \Omega / V_{DC}$  của volt kế.

 Bài tập 8:

Volt kế dùng cơ cấu đo điện từ có cuộn dây cố định, dòng  $I_{\max} = 50mA$  và  $R_m=100\Omega$ , tầm đo  $0 \div 300V$ . Xác định R nối tiếp với cơ cấu đo và công suất P.

Giải

$$\text{Ta có, } R + R_m = \frac{V}{I_{\max}} = \frac{300}{50 \cdot 10^{-3}} = 6K\Omega$$

Mà  $R_m = 100\Omega$  nên  $R=5.9 K\Omega$ .

$$\text{Công suất P: } P = RI_{\max}^2 = 5.9000 * (50 \cdot 10^{-3})^2 = 14.75W$$

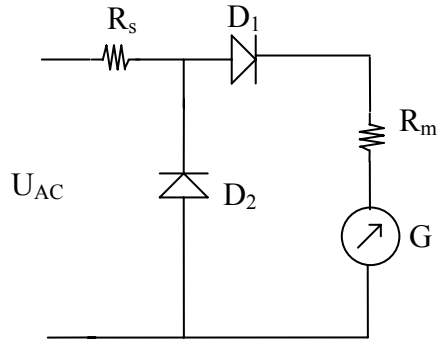
## 7.4 Đo điện áp AC:

### 7.4.1 Nguyên lý đo:

Tương tự như đo dòng điện AC, đối với cơ cấu đo điện động và điện từ thì phải mắc điện trở nối tiếp với cơ cấu đo như trong Volt kế DC, vì hai cơ cấu đo này hoạt động với giá trị hiệu dụng của dòng điện xoay chiều.

Riêng đối với cơ cấu đo từ điện thì phải dùng cầu chỉnh lưu diode hay bộ biến đổi nhiệt điện.

**7.4.2 Mạch đo điện áp bằng cơ cấu đo từ điện:**



Hình 7.15: Mạch đo điện áp AC bằng cơ cấu đo từ điện.

$D_1$  chỉnh lưu dòng điện AC ở nửa chu kỳ dương.

$D_2$  cho dòng điện ở nửa chu kỳ âm qua (không đi qua cơ cấu đo) và điện áp nghịch không rơi trên  $D_1$  và cơ cấu đo, tránh điện áp nghịch lớn khi đo điện áp AC có giá trị lớn.

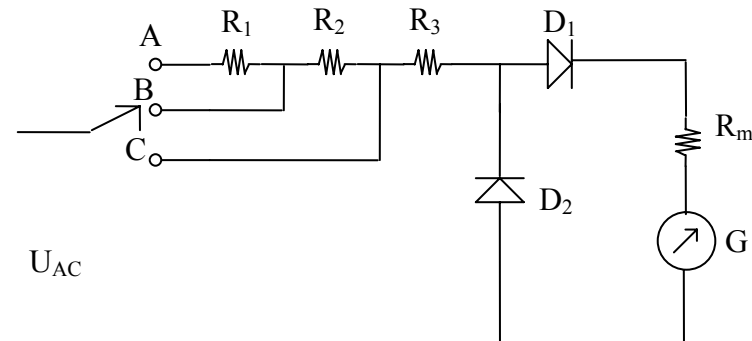
Điện trở  $R_s$  nối tiếp ở tầm đo điện áp  $U_{AC}$  được xác định:

$$U_{AC} = (R_s + R_m)I_m + U_D$$

$$\Rightarrow R_s + R_m = \frac{U_{AC} - U_D}{I_m} = \frac{U_{AC} - U_D}{I_{\max} / 0.318\sqrt{2}} \quad (7.8)$$

*📖 Bài tập 9:*

Cho hình 7.16,  $R_m=1K\Omega$  và  $I_{\max} = 50\mu A$ . Hãy xác định giá trị điện trở  $R_1, R_2, R_3$  biết rằng ở tầm đo C điện áp tối đa là 5VAC, tầm đo B điện áp tối đa là 10VAC và tầm đo A điện áp tối đa 20VAC. Lưu ý: các diode loại 1N4007.



Hình 7.16: Mở rộng tầm đo điện áp AC dùng các điện trở mắc nối tiếp.

**Giải**

Diode loại 1N4007, chọn điện thế dẫn cho diode là  $U_D=0.6V$

Áp dụng công thức (7.8), cho các tầm đo:

Tại tầm đo C,  $U_{AC} = 5V$ :

$$R_3 + R_m = \frac{U_{AC} - U_D}{I_m} = \frac{U_{AC} - U_D}{I_{\max} / 0.318\sqrt{2}} = \frac{5 - 0.6}{50 \cdot 10^{-6} / 0.318\sqrt{2}} = 39.5K\Omega$$

$$\Rightarrow R_3 = 39.5 - R_m = 39.5 - 1 = 38.5K\Omega$$

Tại tầm đo B,  $U_{AC} = 10V$ :

$$R_2 + R_3 + R_m = \frac{U_{AC} - U_D}{I_m} = \frac{U_{AC} - U_D}{I_{\max} / 0.318\sqrt{2}} = \frac{10 - 0.6}{50 \cdot 10^{-6} / 0.318\sqrt{2}} = 84.5K\Omega$$

$$\Rightarrow R_2 = 84.5 - R_m - R_3 = 84.5 - 1 - 38.5 = 45K\Omega$$

Tại tầm đo A,  $U_{AC} = 20V$ :

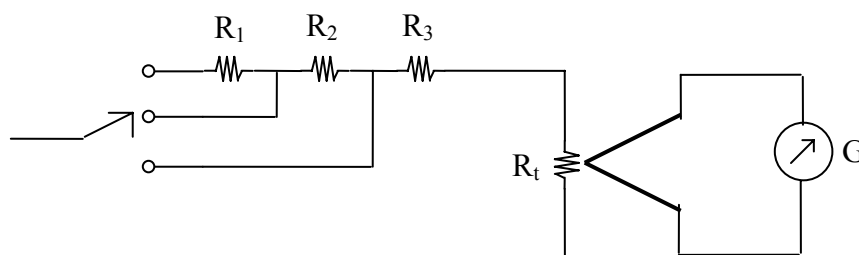
$$R_1 + R_2 + R_3 + R_m = \frac{U_{AC} - U_D}{I_m} = \frac{U_{AC} - U_D}{I_{\max} / 0.318\sqrt{2}} = \frac{20 - 0.6}{50 \cdot 10^{-6} / 0.318\sqrt{2}} = 174.5K\Omega$$

$$\Rightarrow R_1 = 174.5 - R_m - R_3 - R_2 = 84.5 - 1 - 38.5 - 45 = 90K\Omega$$

### 7.4.3 Mạch đo điện áp AC dùng biến đổi nhiệt đổi:

Thang đo của Volt kế AC ghi theo giá trị hiệu dụng mặc dù sử dụng phương pháp chỉnh lưu trung bình. Riêng phương pháp dùng bộ biến đổi nhiệt điện thì gọi là volt kế AC có giá trị hiệu dụng thực.

Volt kế AC sử dụng bộ biến đổi nhiệt điện không phụ thuộc tần số và dạng tín hiệu.



Hình 7.17: Mạch đo điện áp AC dùng biến đổi nhiệt điện.

$R_t$  là điện trở nhiệt cần đo điện áp. Các điện trở  $R_1$ ,  $R_2$  và  $R_3$  là các điện trở mở rộng tầm đo.

### Ôn tập cuối chương 7

7.1) Cho sơ đồ mạch hình 7.12, biết Volt kế dùng cơ cấu từ điện có  $R_m=1K\Omega$  và  $I_{max} = 50\mu A$ . Ở 3 tầm đo  $V_1=2.5V$ ,  $V_2=20V$ , và  $V_3 = 50V$ . Hãy tính các điện trở còn lại.

7.2) Cho sơ đồ mạch hình 7.13, biết Volt kế dùng cơ cấu từ điện có  $R_m=1K\Omega$  và  $I_{max} = 50\mu A$ . Ở 3 tầm đo  $V_1=0.5V$ ,  $V_2=2.5V$ , và  $V_3 = 10V$ . Hãy tính các điện trở còn lại.

7.3) Cho sơ đồ mạch hình 7.9,  $R_m=1K\Omega$  và  $I_{max} = 50\mu A$ . Hãy xác định giá trị điện trở  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  biết rằng ở tầm đo A dòng điện tối đa qua cơ cấu đo là 250mA, tầm đo B dòng điện tối đa qua cơ cấu đo là 500mA và tầm đo C dòng điện tối đa qua cơ cấu đo 750mA. Lưu ý: diode loại 1N4007.

7.4) Cho hình 7.16,  $R_m=1K\Omega$  và  $I_{max} = 50\mu A$ . Hãy xác định giá trị điện trở  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  biết rằng ở tầm đo C điện áp tối đa là 50VAC, tầm đo B điện áp tối đa là 250VAC và tầm đo A điện áp tối đa 1000VAC. Lưu ý: các diode loại 1N4007.



## Chương 8

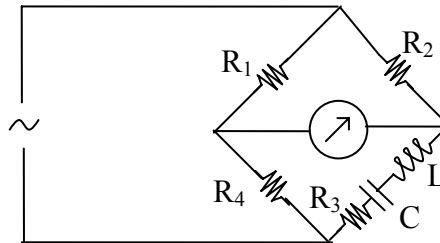
# ĐO TẦN SỐ

Tần số là số chu kỳ của một dao động trong một đơn vị thời gian, đơn vị tần số là Hz.

Trong kỹ thuật vô tuyến, đo tần số được dùng trong các trường hợp như khắc độ và chuẩn lại các máy tạo tín hiệu đo lường, máy phát, máy thu; xác định tần số cộng hưởng của các mạch dao động; xác định dải thông của bộ lọc, mạng bốn cực, kiểm tra mức độ lệch tần số của các thiết bị đang công tác,...

### 8.1 Đo tần số bằng các mạch điện có thông số phụ thuộc tần số

#### 8.1.1 Phương pháp cầu:



Hình 8.1: Đo tần số bằng mạch điện phụ thuộc tần số.

Khi cầu đo cân bằng:  $Z_1 Z_3 = Z_2 Z_4$

Hay  $R_1 Z_3 = R_2 R_4$  (\*)

$$Z_3 = R_3 + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \quad (8.1)$$

Thế (1) vào phương trình (\*) và cân bằng phần ảo, ta được:

$$\omega_x L = \frac{1}{\omega_x C}$$

$$\Rightarrow f_x = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

(8.2)

Tiếp tục điều chỉnh nhánh cộng hưởng nối tiếp số cần đo  $f_x$ , khi đó  $\omega_x L = \frac{1}{\omega_x C}$  và trở kháng của mạch thuần trở  $R_1$  là:

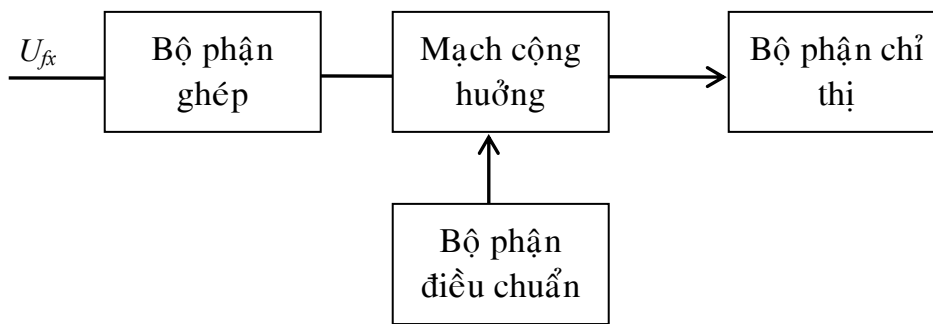
$$R_1 R_3 = R_2 R_4 \quad (8.3)$$

➤ *Cách đo:* nhánh cộng hưởng được điều chỉnh bằng cách thay đổi giá trị của tụ điện C, thang đo có thể trực tiếp khắc độ theo đơn vị tần số. Mở rộng tầm đo tần số bằng cách thay đổi cuộn L. Bộ chỉ thị cân bằng dùng volt kế chỉnh lưu.

➤ *Nhược điểm:* khó chế tạo được cuộn cảm ở tần số thấp, khó thực hiện chỉ thị 0 do có tác động của từ trường lên cuộn điện cảm.

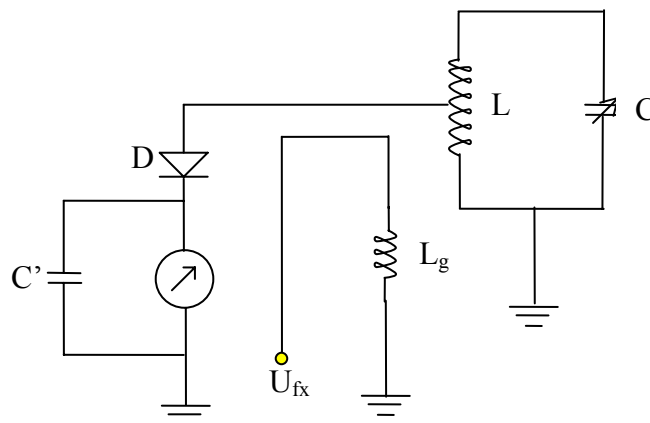
### 8.1.2 Phương pháp cộng hưởng:

Đo tần số bằng phương pháp cộng hưởng dựa trên nguyên lý chọn lọc tần số của mạch cộng hưởng.



Hình 8.2: Sơ đồ khối đo tần số bằng phương pháp cộng hưởng.

Điện dung và điện cảm là các linh kiện có thông số tập trung L, C. Bộ phận điều chuẩn chính là tụ điện biến thiên C, có thang độ được khắc độ theo đơn vị tần số. Vì tụ C có hệ số biến đổi ( $C_{max}/C_{min}$ ) không lớn lắm, cho nên muốn mở rộng dải tần số thì tần số kế còn phải thay đổi cả cuộn L.



Hình 8.3: Mạch đo cộng hưởng tần số.

Mạch cộng hưởng được kích hoạt bằng dao động lấy từ nguồn cần đo thông qua cuộn dây ghép  $L_g$ . Sự chỉ thị cộng hưởng của mạch điện tại tần số đo được thực hiện bằng bộ tách sóng và cơ cấu đo từ điện.

Khi mạch cộng hưởng thì chỉ thị của đồng hồ là cực đại.

## 8.2 Đo tần số bằng dao động kí (phương pháp so sánh):

Đo tần số bằng dao động kí được thực hiện bằng phương pháp so sánh tần số cần đo với tần số chuẩn của bộ dao động chuẩn thông qua các đường cong Lissajou. Muốn tạo được các đường cong Lissajou thì đưa tần số cần đo vào một cặp bản làm lệch, tần số chuẩn vào cặp bản làm lệch còn lại. Điều chỉnh tần số chuẩn sao cho đường cong Lissajou đứng yên.

Hình dáng của đường cong Lissajou phụ thuộc vào tỉ số giữa các biên độ, tần số và pha ban đầu của tín hiệu chuẩn và tín hiệu cần đo. Đường Lissajou sẽ đứng yên nếu tần số chuẩn và tần số cần đo bằng nhau và bằng tỉ số của các số nguyên:

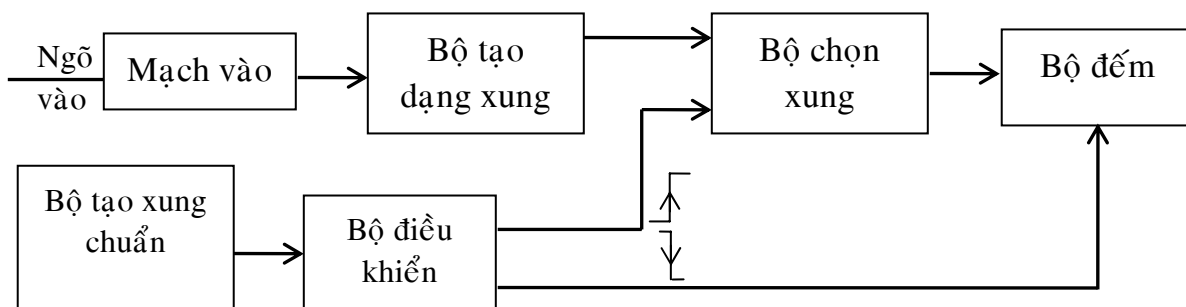
$$\frac{f_x}{f_0} = \frac{n_d}{n_n} \quad (8.4)$$

$n_d, n_n$  là các số nguyên bằng số điểm tiếp tuyến của đường Lissajou với trục đứng và trục ngang.

## 8.3 Đo tần số bằng phương pháp đếm:

Tần số kế cấu tạo theo phương pháp đếm có sơ đồ như hình vẽ, bao gồm: mạch vào chính, bộ phận tạo dạng xung, bộ tạo xung có thời gian chuẩn, bộ điều khiển, bộ chọn xung theo thời gian, bộ đếm xung.

*Bộ tạo dạng xung:* tần số cần đo  $f_x$  đi qua mạch vào đến bộ tạo dạng xung có nhiệm vụ biến đổi tín hiệu điện áp dạng điều hòa thành dạng tín hiệu xung. Các xung này có cùng cực tính và có chu kì đúng bằng chu kì của tín hiệu điều hòa cần đo.



Hình 8.4: Sơ đồ khối đo tần số bằng phương pháp đếm

Bộ tạo xung chuẩn có chức năng tạo nên các xung thời gian chuẩn có tính ổn định cao, bao gồm các bộ phận: bộ tạo dao động thạch anh, các bộ chia/nhân tần số, bộ tạo dạng xung. Đầu ra của bộ này có nhiều tần số khác nhau như bộ dao động thạch anh 100KHz thì các tần số chia là 10KHz, 1KHz, 100Hz, 10Hz, 1Hz, 0.1Hz tương ứng với các tần số chuẩn này là thời gian chuẩn bằng chu kỳ của chúng 0.0001s, 0.001s, 0.01s, 0.1s, 1s, 10s.

Bộ điều khiển làm nhiệm vụ điều khiển quá trình đo với 2 chức năng chính tạo chu trình thời gian “mở” và “xóa” để đưa bộ đếm về trạng thái ban đầu.

*Nguyên lý làm việc:* tần số cần đo có dạng tín hiệu điều hòa được đưa qua mạch vào đến bộ tạo dạng xung. Qua bộ này tín hiệu hình sin biến thành tín hiệu xung có cùng tần số. Các xung này được đưa đến bộ chọn xung rồi chuyển tới bộ đếm trong những khoảng thời gian tương ứng xung mở cửa, tức là chỉ cho xung qua bộ đếm trong khoảng thời gian “mở”, “đóng” tương tự như mạch AND có 2 đầu vào 1 đầu ra. Chỉ khi nào cả 2 đầu vào bộ chọn xung có tín hiệu thì đầu ra mới có tín hiệu.

Số xung qua bộ chọn xung được bộ đếm xung ghi lại, khi đó tần số  $f_x$  cần đo:

$$f_x = \frac{n}{\Delta T_{ch}} \quad (8.5)$$

$n$ : số lượng xung đếm

$\Delta T_{ch}$  khoảng thời gian mở cửa cũng chính là chu kỳ của xung chuẩn.

Vì  $f_{ch}$  đã biết nên kết quả chỉ thị số của bộ đếm có thể trực tiếp biểu thị đại lượng tần số.

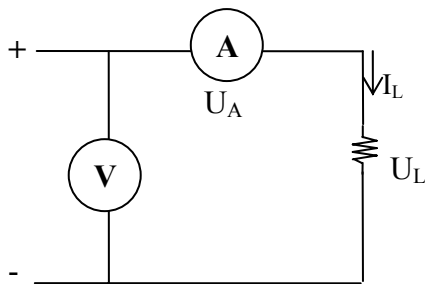
# Chương 9

## ĐO CÔNG SUẤT

### 9.1 Đo công suất bằng volt kế và ampe kế:

#### 9.1.1 Đo công suất một chiều:

Cách mắc Volt kế trước-Ampe kế sau:



$$U = U_A + U_L$$

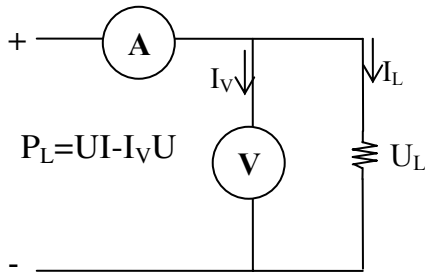
$$P_L = I_L U_L = I_L (U - U_A)$$

$$P_L = U I_L - R_A I_L^2$$

Hình 9.1: Đo công suất bằng cách mắc V-A

⊗ Nhận xét: theo cách mắc này việc xác định công suất  $P_L$  có sai số do điện trở nội của ampe kế.

Cách mắc Ampe kế trước-Volt kế sau:



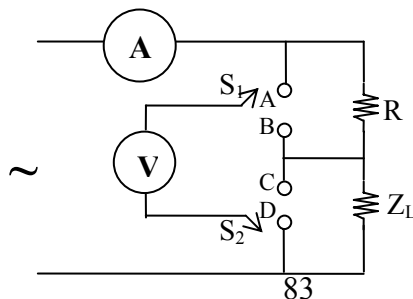
$$I = I_V + I_L$$

$$P_L = I_L U = U (I - I_V)$$

Hình 9.2: Đo công suất bằng cách mắc A-V

⊗ Nhận xét: theo cách mắc này việc xác định công suất  $P_L$  có sai số do điện trở nội của volt kế.

#### 9.1.2 Đo công suất xoay chiều một pha:



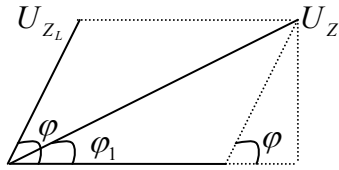
Hình 9.2: Đo công suất xoay chiều một pha bằng Volt kế và Ampe kế.

Khi khóa  $S_1, S_2$  ở vị trí A và C thì volt kế cho giá trị  $U_R$ .

Khi khóa  $S_1, S_2$  ở vị trí B và D thì volt kế cho giá trị  $U_{ZL}$ , điện áp này lệch pha với dòng điện tải một góc  $\varphi$ .

Khi khóa  $S_1, S_2$  ở vị trí A và D thì volt kế cho giá trị  $U_Z$ , điện áp này lệch pha so với dòng điện là  $\varphi_1$ .

Theo giản đồ vector, ta có:



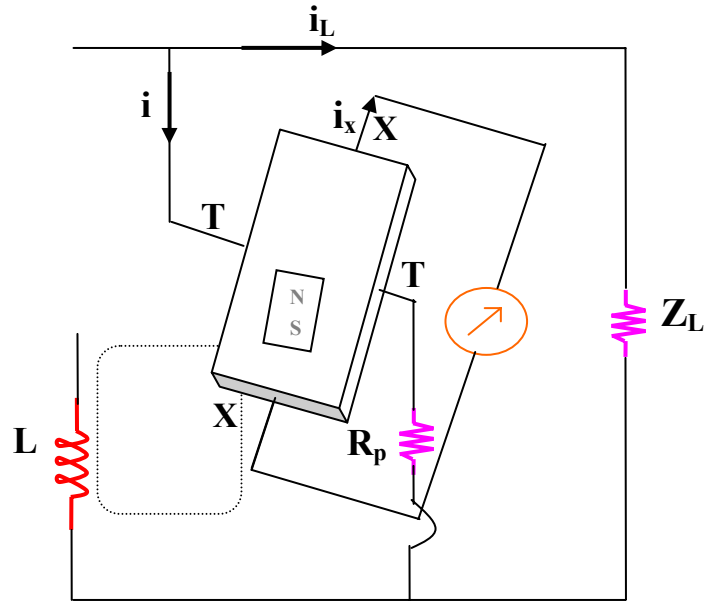
Hình 9.4: Giản đồ vector

Công suất của tải được xác định bởi:

$$P_L = U_{Z_L} I \left[ U_Z \frac{(U_Z^2 + U_R^2 - U_{Z_L}^2) - 2U_R^2}{2U_R U_Z U_{Z_L}} \right]$$

$$P_L = I \frac{U_Z^2 - U_{Z_L}^2 - U_R^2}{2U_R}$$

**9.2 Đo công suất bằng hiệu ứng Hall:**



Hình 9.5: Đo công suất bằng phương pháp hiệu ứng Hall

Đặt cảm biến Hall vào khe hở của nam châm điện. Dòng điện đi vào cuộn hút L chính là dòng điện đi qua phụ tải  $Z_L$ . Dòng điện đi qua 2 cực T-T tỉ lệ với điện áp đặt lên phụ tải  $Z_L$ . Điện trở phụ  $R_p$  để hạn dòng. Thế điện động Hall được xác định bởi:

$$U_H = kBW$$

trong đó

$$B = k_i i, W = k_u u$$

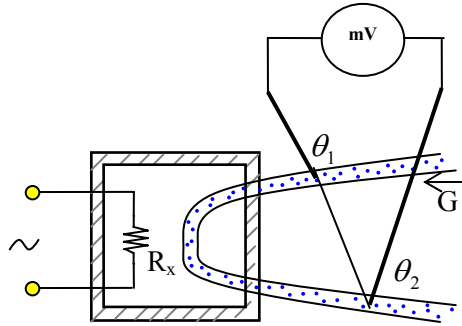
$$U_H = k k_i i u = k' u i = k' P$$

$k'$  là hệ số tỉ lệ đặc trưng của cảm biến phụ thuộc vào vật liệu, kích thước, hình dáng của cảm biến, nhiệt độ tác động.

$U_H$  hiệu điện thế Hall được đo bằng mV kế.

☞ *Nhận xét:* Watt kế loại này cho phép đo công suất xoay chiều có tần số đến hàng trăm MHz, không có quán tính, có cấu tạo đơn giản, bền và tin cậy.

### 9.3 Đo công suất bằng nhiệt lượng kế:



Hình 9.6: Đo công suất bằng nhiệt lượng kế.

Watt kế dùng phương pháp nhiệt lượng kế được chế tạo theo nguyên tắc xác định công suất theo nhiệt độ của môi trường nhiệt lượng kế.

Công suất  $P_x$  do phụ tải  $R_x$  tiêu thụ được xác định theo hiệu nhiệt độ của chất lỏng (vật mang nhiệt) ở đầu ra và đầu vào của nhiệt lượng kế. Hiệu nhiệt độ được đo bằng cặp nhiệt điện và mV kế khi chất lỏng luôn không đổi.

$$P_x = CG(\theta_2 - \theta_1)$$

$\theta_2$  là nhiệt độ của lưu lượng ra khỏi hộp đo công suất.

$\theta_1$  là nhiệt độ của lưu lượng trước khi vào hộp đo công suất.

C: dung lượng nhiệt thể tích riêng của chất lỏng.

G: lưu lượng thể tích của chất lỏng.

⊗ *Nhận xét:* phương pháp nhiệt lượng kế thường bị sai số do sự thay đổi nhiệt độ môi trường xung quanh cũng như do sự biến động của các đặc tính nhiệt và nhiệt độ của vật mang nhiệt.

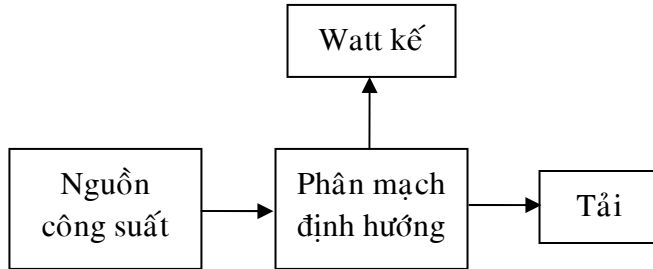
### 9.4 Đo công suất bằng phương pháp phân mạch định hướng.

Đo công suất bằng phương pháp phân mạch định hướng ứng dụng để đo công suất truyền thông giữa nguồn công suất và tải. Trong truyền thông luôn tồn tại phản xạ một phần công suất trở về nguồn phát từ phía tải. Công suất phản xạ làm hư nguồn công suất hay máy phát, nếu có phối hợp trở kháng tốt thì hiện tượng này sẽ bị loại bỏ hay ít ảnh hưởng máy phát.

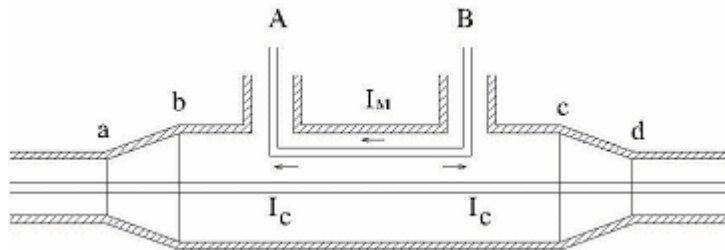
Công suất được hấp thụ trên tải sẽ là hiệu số công suất phát ra của nguồn và công suất phản xạ.



Phương pháp đo công suất bằng cách phân mạch định hướng còn gọi là phương pháp *phản xạ mét*. Với cách ghép này ta có khả năng phân biệt được năng lượng truyền từ nguồn đến tải, cũng như năng lượng từ tải phản xạ trở về.



a) Sơ đồ khối đo công suất bằng phương pháp phân mạch định hướng.



b) Cấu trúc bên trong mạch đo công suất định hướng.

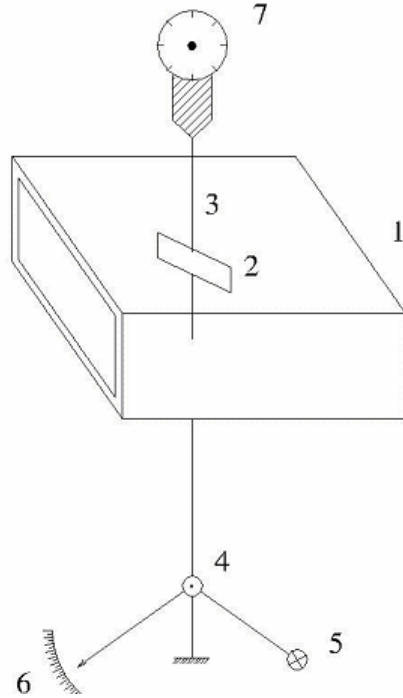
Hình 9.7: Đo công suất bằng phương pháp phân mạch định hướng.

Bộ phận phân mạch định hướng dùng dây đồng trục, đoạn dây dc và vòng dây ghép U cấu thành bộ phân mạch định hướng. Đoạn ab, cd là các đoạn dây biến đổi trở kháng của đường dây truyền để cho trở kháng của đường dây truyền phối hợp được với bộ phân mạch định hướng. Vòng dây ghép U có kích thước nhỏ so với chiều dài của bước sóng, có ghép điện dung và điện cảm với đường dây truyền làm xuất hiện dòng  $I_c$  về 2 phía  $I_M$ . Nếu kích thước của vòng dây U và khoảng cách từ vòng dây U đến trục đường dây đồng trục thỏa  $I_C = I_M$  thì tại đầu ra A của bộ phân mạch năng lượng điện, còn đầu B không có vì tại nửa vòng dây ghép này dòng điện khử lẫn nhau. Tại đầu A có mắc Watt kế để đo công suất và nếu biết được hệ số ghép ra của bộ phân mạch thì có thể tính được công suất truyền thông trên dây đồng trục.

### 9.5 Đo công suất bằng phương pháp đo áp suất sóng điện từ:

Cũng như ánh sáng, sóng điện từ truyền trên dây truyền sóng gây ra áp suất cơ học. Áp suất này tác động lên bề mặt thành ống sóng khi sóng điện từ lan truyền trong ống. Khi đặt một vật vào trong ống dẫn sóng có sóng điện từ lan truyền thì cũng chịu áp lực của sóng. Cường độ của áp lực này tỉ lệ với modun của vector  $U_{mop}$ -pointing, tức là tỉ lệ với công suất của sóng điện từ. Do vậy, công suất của sóng điện từ lan

truyền được xác định thông qua áp lực của sóng điện từ tác động lên vật. Thang độ của áp lực có thể chuyển đổi trực tiếp thành thang độ theo đơn vị công suất.



Hình 9.8: Đo công suất bằng cách đo áp suất sóng điện từ.

Giá trị của áp suất này rất nhỏ, chẳng hạn công suất của sóng điện từ lan truyền là 1mW thì áp suất khoảng  $10^{-12}\text{N/cm}^2$  cho nên không thể đo trực tiếp mà phải thông qua bộ biến đổi phần tử áp điện, tụ vi chỉnh, đồng hồ đo áp suất cơ học.

Cơ cấu đo gồm ống dẫn sóng (1) để truyền dẫn năng lượng cần đo, sợi dây thạch anh (3) có đường kính rất mảnh (khoảng  $10\ \mu\text{m}$ ) bên trong ống dẫn sóng, nối với gương phản xạ (4). Bản kim loại được đặt nghiêng  $45^\circ$  so với chiều của sóng điện từ lan truyền. Dưới tác dụng của điện từ bản kim loại quay và làm xoắn dây treo, góc quay của bản kim loại được xác định bằng vị trí chỉ thị của điểm sáng phát ra từ nguồn sáng (5) được phản chiếu trên gương (4) và đập lên thang chia độ (6).

➤ *Ưu điểm:* dải đo công suất rộng từ vài %W đến vài trăm KW, không gây tổn hao công suất nhiều, dễ phối hợp với nguồn đo, rất ít bị quá tải, ít quán tính, sai số khoảng 5%.

➤ *Nhược điểm:* rất nhạy với chấn động cơ học, yêu cầu chính xác cao đối với các chi tiết dụng cụ.

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] Phạm Thượng Hàn- Kỹ thuật đo lường các đại lượng vật lý, Tập 1 và 2- NXB GD, Hà Nội-1996.
- [2] Vũ Quý Điềm – Cơ sở kỹ thuật đo lường vô tuyến điện-NXB ĐH&TCCN, Hà Nội-1978.
- [3] Nguyễn Trọng Quế-Dụng cụ đo cơ điện-NXB KHKT, Hà Nội, 1980.
- [4] Nguyễn Ngọc Tân-Kỹ Thuật Đo, NXB KHKT, Hà Nội-1998

# MỤC LỤC

Chương 1 NHỮNG KHÁI NIỆM VỀ ĐO LƯỜNG.....	1
1.1 Định nghĩa và phân loại phép đo.....	1
1.1.1 Định nghĩa .....	1
1.1.2 Phân loại các cách thực hiện phép đo .....	2
1.2 Các đặc trưng của kỹ thuật đo lường.....	2
1.2.1 Đại lượng đo hay còn gọi là tín hiệu đo .....	3
1.2.2 Điều kiện cần đo.....	5
1.2.3 Đơn vị đo .....	5
1.2.4 Thiết bị đo và phương pháp đo .....	5
1.2.5 Người quan sát.....	6
1.2.6 Kết quả đo.....	6
1.3 Phương pháp đo.....	8
1.3.1 Phương pháp đo biến đổi thẳng .....	8
1.3.2 Phương pháp đo kiểu so sánh.....	9
1.4 Phân loại các thiết bị đo.....	10
1.5 Các đặc tính cơ bản của thiết bị đo .....	11
1.6 Sai số của phép đo và cách trình bày kết quả đo .....	12
Chương 2 CƠ CẤU ĐO .....	14
2.1 Cơ cấu đo từ điện.....	14
2.1.1 Cấu tạo .....	14
2.1.2 Nguyên lý hoạt động.....	15
2.1.3 Ứng dụng.....	15
2.2 Cơ cấu đo điện từ.....	15
2.2.1 Cấu tạo .....	15
2.2.2 Nguyên lý hoạt động.....	16
2.2.3 Ứng dụng.....	16
2.3 Cơ cấu đo điện động.....	16
2.3.1 Cấu tạo .....	16
2.3.2 Nguyên lý hoạt động.....	17
2.3.3 Ứng dụng.....	17
2.4 Bảng kí hiệu.....	18
Chương 3 THIẾT BỊ PHÁT TÍN HIỆU ĐO LƯỜNG .....	19
3.1 Khái niệm về đo lường.....	19
3.1.1 Mục đích – ý nghĩa .....	19

3.1.2	Đại lượng đo lường .....	19
3.1.3	Cấp chuẩn hoá. ....	20
3.2	Khái niệm chung về thiết bị phát tín hiệu .....	20
3.2.1	Khái niệm.....	20
3.2.2	Phân loại .....	20
3.3	Máy phát tín hiệu tần số thấp .....	21
3.3.1	Các đặc tính .....	21
3.3.2	Sơ đồ khối của máy phát tín hiệu đo lường .....	22
3.3.3	Máy phát LC .....	23
3.3.4	Máy phát trộn tần số .....	23
3.3.5	Máy phát RC .....	24
3.4	Máy phát xung .....	25
3.4.1	Đặc tính máy phát xung .....	25
3.4.2	Sơ đồ khối .....	26
3.5	Máy phát sóng quét.....	27
<b>Chương 4 THIẾT BỊ QUAN SÁT VÀ GHI TÍN HIỆU.....</b>		<b>29</b>
4.1	Dao động ký điện tử một tia .....	29
4.1.1	Khái niệm.....	29
4.1.2	Cấu tạo và nguyên lý hoạt động.....	29
4.1.3	Ống phóng tia điện tử (CRT: Cathode Ray Tube).....	29
4.1.4	Tín hiệu quét ngang.....	31
4.1.5	Sơ đồ khối dao động ký một tia .....	32
4.2	Dao động ký hai tia .....	33
4.3	Ứng dụng của dao động ký điện tử trong đo lường .....	34
4.3.1	Ứng dụng để quan sát tín hiệu .....	34
4.3.2	Đo điện áp của tín hiệu .....	34
4.3.3	Đo tần số bằng dao động ký: .....	35
4.3.4	Đo góc lệch pha bằng dao động ký điện tử 2 tia .....	35
4.4	Các loại dao động kí điện tử .....	36
4.4.1	Dao động kí có chức năng thông dụng .....	36
4.4.2	Dao động kí vạn năng .....	36
4.4.3	Dao động kí tốc độ nhanh .....	36
4.4.4	Dao động kí lấy mẫu .....	36
4.4.5	Dao động kí có nhớ.....	37
4.4.6	Dao động kí đặc trưng .....	37
4.4.7	Dao động kí số: .....	37
<b>Chương 5 ĐO ĐIỆN TRỞ.....</b>		<b>44</b>
5.1	Đo điện trở bằng volt kế và ampe kế.....	44

5.1.1	Cách mắc Volt kế trước-Ampe kế sau .....	44
5.1.2	Cách mắc ampe kế trước volt kế sau .....	44
5.2	Đo điện trở bằng Ohm kế.....	45
5.2.1	Ohm kế với sơ đồ nối tiếp.....	45
5.2.2	Ohm kế với sơ đồ song song .....	47
5.3	Đo điện trở bằng cầu Wheastone .....	48
5.3.1	Cầu Wheastone cân bằng.....	48
5.3.2	Cầu Wheastone không cân bằng .....	49
5.4	Đo điện trở có giá trị nhỏ bằng cầu đôi Kelvin .....	50
5.5	Đo điện trở có giá trị lớn.....	51
5.5.1	Đo điện trở bằng volt kế và micro-ampe kế.....	51
5.5.2	Đo điện trở có giá trị lớn bằng MegaOhm kế chuyên dùng.....	51
Chương 6 ĐO ĐIỆN DUNG, ĐIỆN CẢM , HỒ CẢM.....		54
6.1	Đo điện dung, điện cảm và hồ cảm bằng volt kế và ampe kế .....	54
6.1.1	Đo điện dung [F].....	54
6.1.2	Đo điện cảm [H] .....	56
6.1.3	Đo hồ cảm .....	56
6.2	Đo điện dung và điện cảm bằng cầu đo.....	57
6.2.1	Cầu Wheastone.....	58
6.2.2	Cầu đo đơn giản.....	58
6.2.3	Cầu đo phổ quát (universal bridge).....	59
6.3	Đo hồ cảm .....	64
6.3.1	Cầu đo Maxwell.....	64
6.3.2	Cầu Heavyside.....	65
Chương 7 ĐO ĐIỆN ÁP VÀ ĐO DÒNG ĐIỆN .....		66
7.1	Đo dòng điện DC .....	66
7.1.1	Nguyên lý đo.....	66
7.1.2	Mở rộng tầm đo .....	66
7.1.2.1	..... Mở rộng tầm đo cho cơ cấu đo từ điện: dựa vào điện trở $R_s$	66
7.1.2.2	..... Mở rộng tầm đo cho cơ cấu đo điện từ	68
7.1.3	Mở rộng tầm đo cho cơ cấu đo điện động.....	69
7.2	Đo dòng điện AC .....	69
7.2.1	Nguyên lý đo.....	69
7.2.2	Cách mở rộng tầm đo .....	71
7.3	Đo điện áp DC .....	73

7.3.1 Nguyên lý đo.....	73
7.4 Đo điện áp AC .....	75
7.4.1 Nguyên lý đo.....	75
7.4.2 Mạch đo điện áp bằng cơ cấu đo từ điện .....	76
7.4.3 Mạch đo điện áp AC dùng biến đổi nhiệt đổi .....	77
<b>Chương 8 ĐO TẦN SỐ.....</b>	<b>79</b>
8.1 Đo tần số bằng các mạch điện có thông số phụ thuộc tần số.....	79
8.1.1 Phương pháp cầu.....	79
8.1.2 Phương pháp cộng hưởng .....	80
8.2 Đo tần số bằng dao động kí (phương pháp so sánh).....	81
8.3 Đo tần số bằng phương pháp đếm .....	81
<b>Chương 9 ĐO CÔNG SUẤT.....</b>	<b>83</b>
9.1 Đo công suất bằng volt kế và ampe kế .....	83
9.1.1 Đo công suất một chiều.....	83
9.1.2 Đo công suất xoay chiều một pha.....	83
9.2 Đo công suất bằng hiệu ứng Hall .....	85
9.3 Đo công suất bằng nhiệt lượng kế .....	86
9.4 Đo công suất bằng phương pháp phân mạch định hướng. ....	86
9.5 Đo công suất bằng phương pháp đo áp suất sóng điện từ.....	87
Tài liệu tham khảo.....	84

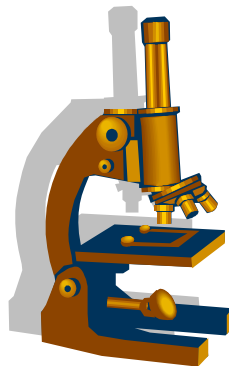
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA  
KHOA HÓA

# KỸ THUẬT VÀ THIẾT BỊ ĐO LƯỜNG

---

Giáo trình đại học

Th.S GVC Trần Thế Truyền



Đà Nẵng, 2007



## MỤC LỤC

<b>CHƯƠNG 1 .....</b>	<b>4</b>
<b>CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG.....</b>	<b>4</b>
1.1. MỞ ĐẦU.....	4
1.2. Định nghĩa và phân loại phép đo.....	4
1.2.1. Định nghĩa.....	4
1.2.2. Phân loại và các cách thực hiện phép đo.....	4
1.3. Các đại lượng cần đo trong công nghệ hóa học .....	5
1.4. Các đặc trưng của kỹ thuật đo lường.....	5
1.4.1. Đại lượng đo (tín hiệu đo).....	6
1.4.2. Điều kiện đo .....	7
1.4.3. Đơn vị đo.....	8
1.4.4. Thiết bị đo và phương pháp đo.....	8
1.4.5. Người quan sát .....	10
1.4.6. Kết quả đo .....	10
1.5. Cấu trúc cơ bản của dụng cụ đo .....	11
1.5.1. Phân loại dụng cụ đo:.....	11
1.5.2. Các đặc tính cơ bản của dụng cụ đo.....	12
1.5.3. Sơ đồ khối của dụng cụ đo.....	14
1.6. Các phần tử chức năng của thiết bị đo .....	15
1.6.1. Mạch đo lường và dụng cụ thứ cấp.....	15
1.6.2. Các chuyển đổi đo lường thứ cấp.....	16
<b>CHƯƠNG 2: ĐO LƯU LƯỢNG .....</b>	<b>18</b>
2.1. Tổng quan.....	18
2.1.1. Lưu chất.....	18
2.1.2. Lưu lượng.....	18
2.1.3. Đơn vị.....	18
2.2. Cơ sở lý thuyết .....	18
2.3. Các loại thiết bị .....	21
2.3.1. Mànng ngăn có lỗ.....	21
2.3.2. Ống Venturi.....	24
2.3.3. Ống Pitot .....	28
2.3.4. Lưu lượng kế dạng bia .....	33
2.3.5. Lưu lượng kế có tiết diện thay đổi .....	34
2.3.6. Lưu lượng kế điện từ.....	36

2.3.7. Lưu lượng kế siêu âm.....	39
2.3.8. Lưu lượng kế turbine.....	41
<b>CHƯƠNG 3: ĐO MỨC .....</b>	<b>45</b>
3.1. Khái niệm chung .....	45
3.1.1. Định nghĩa .....	45
3.1.2. Đơn vị đo.....	45
3.1.3. Phân loại.....	45
3.2. Đo mức bằng phương pháp đo áp suất thủy tĩnh.....	45
3.2.1. Nguyên tắc.....	45
3.2.2. Các phương pháp.....	46
3.3. Đo mức bằng các chuyển đổi điện .....	47
3.3.1. Đo mức bằng các chuyển đổi biến trở:.....	47
3.3.2. Đo mức bằng chuyển đổi điện dung.....	48
<b>CHƯƠNG IV: ĐO ÁP SUẤT.....</b>	<b>50</b>
4.1. Khái niệm chung .....	50
4.1.1. Định nghĩa .....	50
4.1.2. Đơn vị đo.....	50
4.1.3. Phân loại.....	50
4.1.4. Các phương pháp đo áp suất .....	50
4.2. Thiết bị đo áp suất .....	51
4.2.1. Đo áp suất khí quyển và gần bằng $P_{kq}$ .....	51
4.2.2. Đo áp suất lớn hơn áp suất khí quyển: .....	52
4.2.3. Đo áp suất nhỏ hơn áp suất khí quyển.....	54
4.2.4. Áp kế điện trở lực căng .....	57
4.2.5. Áp kế áp điện.....	58
4.2.6. Đo áp suất bằng thiết bị số .....	59
<b>CHƯƠNG V: ĐO NHIỆT ĐỘ.....</b>	<b>62</b>
5.1. Khái niệm chung .....	62
5.1.1. Định nghĩa .....	62
5.1.2. Đơn vị đo nhiệt độ.....	62
5.1.3. Nguyên lý .....	62
5.1.4. Các phương pháp đo nhiệt độ.....	62
5.1.5. Phân loại nhiệt kế:.....	63
5.2. Đo nhiệt độ bằng phương pháp trực tiếp.....	64
5.2.1. Nhiệt kế co giãn .....	64

5.2.2. Nhiệt kế áp suất .....	65
5.2.3. Nhiệt kế cặp nhiệt ngẫu: .....	67
5.2.4. Nhiệt kế nhiệt điện trở .....	69
5.3. Đo nhiệt độ bằng phương pháp gián tiếp .....	72
5.3.1. Hoả quang kế quang học .....	72
5.3.2. Hoả quang kế phát xạ .....	75
5.3.3. Hoả quang kế màu sắc .....	76
<b>CHƯƠNG VI: ĐO THÀNH PHẦN VÀ NỒNG ĐỘ .....</b>	<b>79</b>
6.1. Khái niệm chung .....	79
6.2. Phương pháp điện hóa .....	79
6.2.1. Nguyên lý chung .....	79
6.2.2. Phân loại .....	79
6.2.3. Phương pháp điện dẫn .....	79
6.2.4. Phương pháp điện thế .....	81
6.2.5. Phương pháp Culông .....	83
6.2.6. Phương pháp phân cực .....	84
6.3. Phương pháp ion hoá .....	85
6.3.1. Nguyên lý chung .....	85
6.3.2. Phân loại .....	86
6.3.3. Chân không kế .....	86
6.3.4. Phương pháp phân tích ion hoá nhiệt .....	87
6.3.5. Phương pháp phân tích khối phổ .....	87
6.4. Các phương pháp phổ .....	88
6.4.1. Nguyên lý .....	88
6.4.2. Phân loại .....	89
6.4.3. Thiết bị phân tích khí so màu .....	90
6.5. Phương pháp nhiệt từ và điện dung .....	91
6.5.1. Nguyên lý .....	91
6.5.2. Ứng dụng .....	91
6.5.3. Thiết bị phân tích khí nhiệt điện trở .....	91
6.6. Phương pháp sắc ký .....	92
6.6.1. Nguyên lý .....	92
6.6.2. Phân loại .....	92
6.6.3. Thiết bị sắc ký khí .....	92

# CHƯƠNG 1

## CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG

### 1.1. MỞ ĐẦU

### 1.2. ĐỊNH NGHĨA VÀ PHÂN LOẠI PHÉP ĐO

#### 1.2.1. Định nghĩa

##### 1.2.1.1. Đo lường

Sự đánh giá định lượng một hay nhiều thông số của các đối tượng nghiên cứu được thực hiện bằng cách đo các đại lượng vật lý đặc trưng cho thông số đó.

→ Vậy đo lường là một quá trình đánh giá định lượng đại lượng cần đo để có kết quả bằng số so với đơn vị đo.

Kết quả đo lường là giá trị bằng số của đại lượng cần đo ( $A_x$ ), nó bằng tỉ số của đại lượng cần đo ( $X$ ) và đơn vị đo ( $X_0$ )

Vậy quá trình đo có thể viết dưới dạng:  $A_x = \frac{X}{X_0}$

Từ đó ta có:  $X = A_x \cdot X_0$  (1-1)

Phương trình (1-1) gọi là phương trình cơ bản của phép đo, nó chỉ rõ sự so sánh đại lượng cần đo với mẫu và cho ra kết quả bằng số.

##### 1.2.1.2. Đo lường học

Ngành khoa học chuyên nghiên cứu về các phương pháp để đo các đại lượng khác nhau, nghiên cứu về mẫu và đơn vị đo được gọi là đo lường học.

##### 1.2.1.3. Kỹ thuật đo lường

Ngành kỹ thuật chuyên nghiên cứu và áp dụng các thành quả của đo lường học vào phục vụ sản xuất và đời sống gọi là kỹ thuật đo lường.

### 1.2.2. Phân loại và các cách thực hiện phép đo

Để thực hiện một phép đo người ta có thể sử dụng nhiều cách khác nhau:

a) *Đo trực tiếp*: Là cách đo mà kết quả nhận được trực tiếp từ một phép đo duy nhất.

Cách đo này cho kết quả ngay. Thực tế đa số các phép đo đều sử dụng cách đo trực tiếp này.

*Ví dụ*: Đo điện áp dùng vôn kế, trên mặt vôn kế đã khắc độ sẵn bằng vôn.

b) *Đo gián tiếp*: Là cách đo mà kết quả được suy ra từ sự phối hợp kết quả của nhiều phép đo dùng cách đo trực tiếp.

c) *Đo hợp bộ*: Là cách đo gần giống đo gián tiếp nhưng số lượng phép đo theo cách đo trực tiếp nhiều hơn và kết quả đo nhận được thường phải thông qua giải một phương trình (hay hệ phương trình) mà các thông số đã biết chính là các số liệu đo được.

*Ví dụ*: Điện trở của dây dẫn có thể tính từ phương trình sau:

$$r_1 = r_{20} [1 + \alpha (t - 20) + \beta (t - 20)^2]$$

Trong đó các hệ số  $\alpha, \beta$  chưa biết. Để xác định chúng cần phải đo điện trở ở ba điểm nhiệt độ khác nhau là  $r_{20}, r_{t_1}, r_{t_2}$ . Sau đó thay vào ta có hệ phương trình:

$$r_{t_1} = r_{20} [1 + \alpha (t_1 - 20) + \beta (t_1 - 20)^2]$$

$$r_{t_2} = r_{20} [1 + \alpha (t_2 - 20) + \beta (t_2 - 20)^2]$$

Giải ra ta được  $\alpha, \beta$

d) *Đo thống kê*:

Để đảm bảo độ chính xác của phép đo nhiều khi phải sử dụng cách đo thống kê. Tức là đo nhiều lần sau đó lấy giá trị trung bình.

Cách đo này đặc biệt hữu hiệu khi tín hiệu đo là ngẫu nhiên hoặc khi cần kiểm tra độ chính xác của một dụng cụ đo.

### **1.3. CÁC ĐẠI LƯỢNG CẦN ĐO TRONG CÔNG NGHỆ HÓA HỌC**

- Lưu lượng
- Đo mức chất lỏng
- Áp suất
- Nhiệt độ
- Tỷ trọng
- Độ nhớt ...

### **1.4. CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG**

Trong kỹ thuật đo lường có các đặc trưng sau đây:

- Đại lượng cần đo
- Điều kiện đo
- Đơn vị đo.
- Phương pháp đo, thiết bị đo
- Người quan sát hoặc các thiết bị thu nhận kết quả đo.
- Kết quả đo.

### 1.4.1. Đại lượng đo (tín hiệu đo)

#### 1. Theo tính chất thay đổi của đại lượng đo

Có thể chia thành:

**a) Đại lượng đo tiên định:** Là đại lượng đo đã biết trước quy luật thay đổi theo thời gian của chúng, nhưng một (hoặc nhiều) thông số của chúng chưa biết cần phải đo.

*Ví dụ:* Cần phải đo độ lớn (biên độ) của tín hiệu hình sin.

Đại lượng đo tiên định thường là tín hiệu một chiều hay xoay chiều hình sin hay xung vuông.

Các thông số cần đo thường là biên độ, tần số, góc pha ...

**b) Đại lượng đo ngẫu nhiên:** Là đại lượng đo mà sự thay đổi theo thời gian không theo một quy luật nào cả.

Nếu ta lấy bất kỳ giá trị nào của tín hiệu thì ta đều nhận được đại lượng ngẫu nhiên.

Ta thấy rằng trong thực tế đa số các đại lượng đo đều là ngẫu nhiên.

Vì thế nếu đại lượng đo ngẫu nhiên có tần số thay đổi nhanh sẽ không thể đo được bằng các phép đo thông thường. Trong trường hợp này ta phải sử dụng một phương pháp đo đặc biệt đó là đo lường thống kê.

#### 2. Theo cách biến đổi tín hiệu đo

Có thể chia thành:

**a) Tín hiệu đo tương tự (analog):** (Tín hiệu đo liên tục) là biến đổi nó thành một tín hiệu đo khác tương tự nó.

Ứng với tín hiệu đo này người ta chế tạo các dụng cụ đo tương tự.

*Ví dụ:* Một ampe mét có kim chỉ tương ứng với cường độ dòng điện.

**b) Tín hiệu đo số (digital):** (Tín hiệu đo rời rạc) tức là biến đổi từ tín hiệu tương tự thành tín hiệu số.

Ứng với tín hiệu đo này người ta chế tạo các dụng cụ đo số.

#### 3. Theo bản chất của đại lượng đo: Có thể chia thành

**a) Đại lượng đo năng lượng:** Tức là đại lượng đo mà bản thân nó mang năng lượng.

*Ví dụ:* Sức điện động, điện áp, dòng điện, công suất, năng lượng, từ thông, cường độ từ trường ...

**b) Các đại lượng đo thông số:** Đó là các thông số của mạch điện như điện trở, điện cảm, điện dung, hệ số từ trường.

**c) Các đại lượng đo phụ thuộc thời gian:** Như chu kỳ, tần số góc, góc pha ...

**d) Các đại lượng đo không điện:** Để đo được bằng phương pháp điện, nhất thiết phải biến đổi chúng thành điện nhờ các bộ chuyển đổi đo lường sơ cấp.

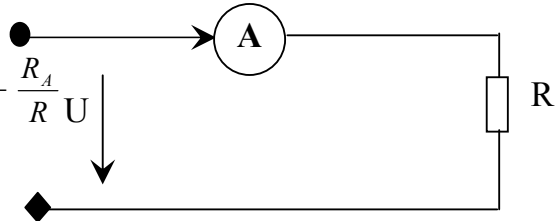
Nhờ các bộ chuyển đổi này mà ta nhận được tín hiệu điện Y tỉ lệ với đại lượng cần đo X tức là  $Y = f(X)$

### 1.4.2. Điều kiện đo

Các thông tin đo lường bao giờ cũng gắn chặt với môi trường sinh ra đại lượng đo.

Khi tiến hành phép đo ta phải tính đến ảnh hưởng của môi trường đến kết quả đo và ngược lại khi sử dụng dụng cụ đo phải không được ảnh hưởng đến đối tượng đo.

*Ví dụ:* Để đo cường độ dòng điện ta dùng ampe mét. Dòng điện cần đo là  $I = \frac{U}{R}$ . Nhưng khi mắc ampe mét vào để đo vì điện trở của ampe mét là  $R_A$  cho nên dòng điện thực tế đo được sẽ là:

$$\Delta = (I_{do} - I)/I_{do} = \frac{\frac{U}{R + R_A} - \frac{U}{R}}{\frac{U}{R + R_A}} = -\frac{R_A}{R} \frac{U}{U}$$


Như vậy muốn cho phép đo dòng điện được chính xác thì  $R_A$  phải có giá trị rất nhỏ.

Ngoài ra ta phải chú ý đến môi trường bên ngoài có thể ảnh hưởng đến kết quả của phép đo.

Những yếu tố của môi trường bên ngoài là: Nhiệt độ, độ ẩm của không khí, từ trường bên ngoài, độ rung, độ lệch áp suất cao thấp so với áp suất trung bình, bụi bẩn ...

Những yếu tố này phải ở trong điều kiện chuẩn. Điều kiện chuẩn là những điều kiện được quy định theo tiêu chuẩn quốc gia, là khoảng biến độ của các yếu tố bên ngoài mà suốt trong khoảng đó dụng cụ đo vẫn đảm bảo độ chính xác quy định.

Đối với mỗi loại dụng cụ đo đều có khoảng tiêu chuẩn của nó được ghi trong các đặc tính kỹ thuật của nó.

Trong thực tế ta thường phải tiến hành đo nhiều đại lượng cùng một lúc rồi lại phải truyền tín hiệu đo đi xa, tự động ghi lại và gia công thông tin đó.

Cho nên cần phải tính đến các điều kiện đo khác nhau để chọn thiết bị đo và tổ chức các phép đo cho tốt nhất.

### **1.4.3. Đơn vị đo**

Để có thể sử dụng một hệ thống đơn vị duy nhất người ta đã thành lập hệ thống đơn vị quốc tế (SI) (năm 1960) đã được thông qua ở hội nghị quốc tế về mẫu và cân. Trong hệ thống đó các đơn vị được xác định như sau:

- Đơn vị chiều dài là mét (m)
- Đơn vị khối lượng là kilogam (kg)
- Đơn vị thời gian là giây (s)
- Đơn vị cường độ dòng điện là ampe (A)
- Đơn vị nhiệt độ là độ Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ )
- Đơn vị cường độ sáng là Candela (Cd)
- Đơn vị số lượng vật chất là mol (mol)

Trên đây là bảy đơn vị cơ bản. Ngoài ra còn có các đơn vị kéo theo.

### **1.4.4. Thiết bị đo và phương pháp đo**

#### **1.4.4.1. 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.

Chúng có những tính chất đo lường học, tức là những tính chất có ảnh hưởng đến kết quả và sai số của phép đo.

Thiết bị đo lường gồm nhiều loại đó là: Thiết bị mẫu, các chuyển đổi đo lường, các dụng cụ đo lường, các tổ hợp thiết bị đo lường và các hệ thống thông tin đo lường.

Mỗi loại thiết bị đều có chức năng riêng của nó.

#### **1.4.4.2. Phương pháp đo**

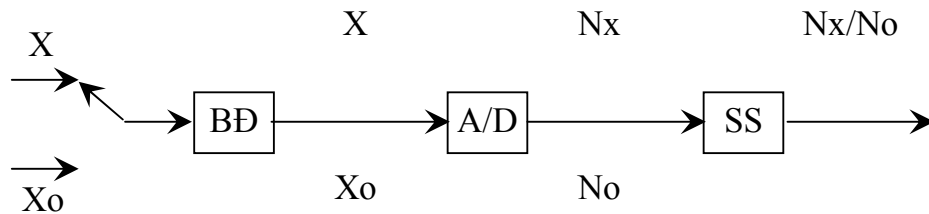
Các phép đo được thực hiện bằng các phương pháp đo khác nhau phụ thuộc vào các phương pháp nhận thông tin đo và nhiều yếu tố khác như đại lượng đo lớn hay nhỏ, điều kiện đo, sai số, yêu cầu ...

Phương pháp đo có thể có nhiều nhưng người ta đã phân loại thành hai loại đó phương pháp đo biến đổi thẳng và phương pháp đo so sánh.



### 1. Phương pháp đo biến đổi thẳng

Là phương pháp đo có cấu trúc theo kiểu biến đổi thẳng, không có khâu phản hồi.



Trong đó: Đại lượng cần đo X được đưa qua bộ biến đổi (BD) và bộ biến đổi tương tự số (A/D) và biến thành con số Nx.

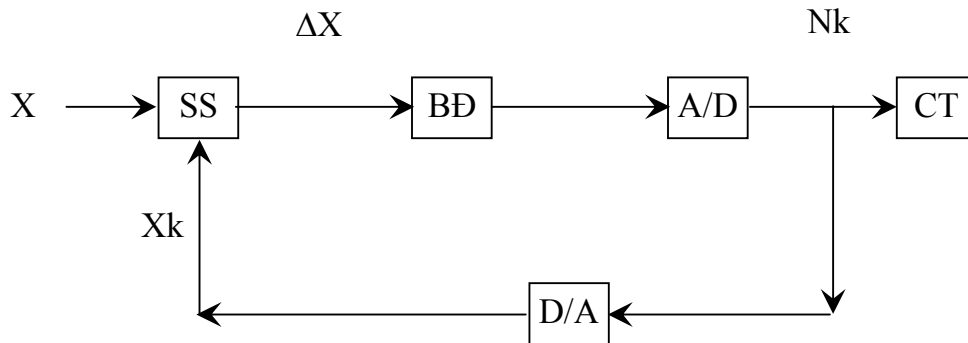
Đơn vị của đại lượng đo  $X_0$  cũng được biến đổi thành  $N_0$ , sau đó được so sánh giữa đại lượng cần đo với đơn vị đo qua bộ so sánh (SS). Quá trình được thực hiện bằng phép chia  $N_x/N_0$ .

Kết quả đo được thể hiện bằng biểu thức:

$$X = (N_x / N_0) X_0$$

### 2. Phương pháp đo so sánh

Là phương pháp đo có cấu trúc mạch vòng, nghĩa là có khâu phản hồi.



Trong đó:

- SS - Bộ so sánh.
- BD - Bộ biến đổi.
- A/D, D/A - Bộ biến đổi số - tương tự
- CT - Chỉ thị kết quả.

Tín hiệu đo X được so sánh với một tín hiệu  $X_k$  tỉ lệ với đại lượng mẫu  $X_0$ . Qua so sánh ta có:  $X - X_k = \Delta X$ .

#### **1.4.5. Người quan sát**

Đó là người đo và gia công kết quả đo.

Nhiệm vụ của người quan sát khi đo là phải nắm được phương pháp đo, am hiểu về thiết bị đo mà mình sử dụng, kiểm tra điều kiện đo, phán đoán về khoảng đo để chọn thiết bị cho phù hợp, chọn dụng cụ đo phù hợp với sai số yêu cầu và phù hợp với điều kiện môi trường xung quanh.

Biết điều khiển quá trình đo để có kết quả mong muốn. Sau cùng là nắm được các phương pháp gia công kết quả đo để tiến hành gia công (có thể bằng tay hay dùng máy tính) số liệu thu được sau khi đo.

Biết xét đoán kết quả đo xem đã đạt yêu cầu hay chưa, có cần thiết phải đo lại hay không, hoặc phải đo nhiều lần theo phương pháp đo lường thống kê.

#### **1.4.6. Kết quả đo**

Kết quả đo ở một mức nào đó có thể coi là chính xác. Một giá trị như vậy được gọi là giá trị ước lượng của đại lượng đo. Nghĩa là giá trị được xác định bởi thực nghiệm nhờ các thiết bị đo. Giá trị này gần với giá trị thực mà ở một điều kiện nào đó có thể coi là thực.

Để đánh giá sai lệch giữa giá trị ước lượng và giá trị thực người ta sử dụng khái niệm sai số của phép đo. Đó là hiệu giữa giá trị thực và giá trị ước lượng.

Sai số của phép đo có một vai trò rất quan trọng trong kỹ thuật đo lường. Nó cho phép đánh giá phép đo có đạt yêu cầu hay không.

Có nhiều nguyên nhân gây nên sai số:

- Do phương pháp đo không hoàn thiện.
- Do sự biến động của các điều kiện bên ngoài vượt ra ngoài những điều kiện tiêu chuẩn được quy định cho dụng cụ đo mà ta chọn.
- Ngoài ra còn những yếu tố khác nữa như do dụng cụ đo không còn đảm bảo chính xác nữa, do cách đọc của người quan sát hoặc do cách đặt dụng cụ đo không đúng quy định ...

Kết quả đo là những con số kèm theo đơn vị đo hay những đường cong tự ghi, ghi lại quá trình thay đổi của đại lượng đo theo thời gian.

Việc gia công kết quả đo, phải theo một thuật toán (angôrit) nhất định bằng máy tính hay bằng tay để đạt được kết quả mong muốn.

## 1.5. CẤU TRÚC CƠ BẢN CỦA DỤNG CỤ ĐO

### 1.5.1. Phân loại dụng cụ đo:

Dụng cụ đo lường rất đa dạng tùy theo yêu cầu của công tác nghiên cứu khoa học cũng như sản xuất và đời sống.

Dụng cụ đo lường điện có thể phân loại theo nhiều cách khác nhau.

#### 1.5.1.1. Theo cách biến đổi:

Có thể chia dụng cụ đo thành:

\* **Dụng cụ đo biến đổi thẳng:** Là dụng cụ đo mà đại lượng cần đo  $X$  được biến đổi thành đại lượng ra  $Y$  theo một đường thẳng, nghĩa là không có khâu phản hồi.

\* **Dụng cụ đo kiểu biến đổi bù:** Là loại dụng cụ đo sử dụng khâu phản hồi với các chuyển đổi ngược đại lượng ra  $Y$  thành đại lượng bù  $X_K$  bù với tín hiệu cần đo  $X$ .

Mạch đo là một vòng khép kín. Thường phép so sánh được diễn ra sau các chuyển đổi sơ cấp.

#### 1.5.1.2. Theo phương pháp so sánh đại lượng đo

Có thể phân thành

\* **Dụng cụ đo kiểu đánh giá trực tiếp:** Là loại dụng cụ đo đã được khắc độ theo đơn vị của đại lượng đo từ trước, khi đo đại lượng đo được so sánh với nó để cho ra kết quả.

\* **Dụng cụ đo kiểu so sánh:** Là loại dụng cụ đo mà việc so sánh sẽ được thực hiện qua mỗi một lần đo.

Dụng cụ đo kiểu đánh giá trực tiếp được thực hiện theo sơ đồ biến đổi thẳng. Còn dụng cụ đo kiểu so sánh được thực hiện theo sơ đồ biến đổi bù.

#### 1.5.1.3. Theo phương pháp cho ra thông tin đo

Có thể chia thành:

\* **Dụng cụ đo tương tự:** Có số chỉ là một hàm liên tục của đại lượng đo. Dụng cụ đo tương tự bao gồm:

- Dụng cụ đo kim chỉ: Kết quả đo được đọc ở số chỉ của kim lên mặt đã khắc độ sẵn.

- Dụng cụ đo tự ghi: Kết quả đo được ghi lại dưới dạng đường cong phụ thuộc thời gian.

- Dụng cụ đo chỉ thị số: Là dụng cụ đo mà trong đó đại lượng đo liên tục được biến đổi thành rời rạc và kết quả đo cho ra dưới dạng số (thập phân hay nhị phân)

#### **1.5.1.4. Theo loại đại lượng đo**

Có thể chia thành các loại dụng cụ đo mang tên đại lượng đo đó.

Ví dụ: Vônmet, amperemét, ômmét ...

#### **1.5.1.5. Theo mục đích sử dụng**

Có thể chia thành dụng cụ đo để bàn hay xách tay.

#### **1.5.1.6. Theo mức độ bảo vệ**

Có thể chia thành dụng cụ đo kín nước, dụng cụ kín bụi, dụng cụ chống va đập ...

### **1.5.2. Các đặc tính cơ bản của dụng cụ đo**

Dụng cụ đo có những đặc tính cơ bản như nhau.

#### **1.5.2.1. Sai số của dụng cụ đo**

\* **Nguyên nhân gây ra sai số:** Có thể nguyên nhân do chính phương pháp đo gây ra hoặc một nguyên nhân nào đấy có tính quy luật. Cũng có thể là do các yếu tố biến động ngẫu nhiên mà ra. Trên cơ sở đó ta phân biệt hai loại sai số:

- **Sai số hệ thống:** Còn gọi là sai số cơ bản, là sai số mà giá trị của nó luôn không đổi hay thay đổi có quy luật. Sai số này về nguyên tắc có thể loại trừ được.

- **Sai số ngẫu nhiên:** Là sai số mà giá trị của nó thay đổi rất ngẫu nhiên do các biến động của môi trường bên ngoài (như nhiệt độ, độ ẩm, áp suất ...). Sai số này còn gọi là sai số phụ.

\* Tiêu chuẩn để đánh giá độ chính xác của dụng cụ đo là 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 quy định cấp chính xác của dụng cụ đo đúng bằng sai số tương đối quy đổi của dụng cụ đo đó:

$$\gamma_n \% = \frac{\Delta_m}{X_N} \times 100\%$$

$X_N$ : Là giá trị cực đại của thang đo.

$\Delta_m$ : Là sai số tuyệt đối cực đại.

Đối với mọi dụng cụ đo có thể có các cấp chính xác sau đây:

$1.10^n$ ;  $1,5 \cdot 10^n$ ;  $2.10^n$ ;  $2,5 \cdot 10^n$ ;  $4 \cdot 10^n$ ;  $5 \cdot 10^n$ ;  $6.10^n$ . Với  $n = 0, 1, -1, -2$  tùy thuộc từng loại. Ví dụ nói dụng cụ đo có cấp chính xác là 1,5 tức là sai số tương đối quy đổi bằng 1,5%.

#### **1.5.2.2. Độ nhạy**

Độ nhạy của một dụng cụ đo được tính bằng:  $S = dY/dX = F(x)$

Với:  $dY$  - đại lượng ra

$dX$  - đại lượng vào.

Nếu  $F(x)$  không đổi thì quan hệ vào ra của dụng cụ đo là tuyến tính. Lúc đó thang đo sẽ được khắc độ đều.

Đại lượng  $C = \frac{1}{S}$  gọi là hằng số dụng cụ đo. Nếu một dụng cụ đo bao gồm nhiều khâu biến đổi, mỗi khâu có độ nhạy riêng của nó:  $S_1, S_2, \dots, S_n$  thì độ nhạy của toàn dụng cụ đo là:

$$S = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \dots S_n$$

#### **1.5.2.3. Điện trở của dụng cụ đo và công suất tiêu thụ**

\* **Điện trở vào:** Mỗi dụng cụ đo có giá trị điện trở vào của nó. Điện trở đó có thể lớn hay nhỏ tùy thuộc tính chất của đối tượng đo.

Điện trở vào phải lớn khi mà tín hiệu ra của khâu trước đó (của bộ chuyển đổi sơ cấp chẳng hạn) dưới dạng áp, nghĩa là dòng vào phải nhỏ và công suất tiêu thụ phải ít nhất (ví dụ vônmet cần phải có điện trở vào càng lớn càng tốt)

\* **Điện trở ra:** Điện trở ra của dụng cụ đo xác định công suất có thể truyền tải cho chuyển đổi tiếp theo. Điện trở ra càng nhỏ thì công suất đó càng lớn.

Thường để mạch đo có hiệu quả người ta cố gắng làm phù hợp trở kháng ra của chuyển đổi trước với trở kháng vào của chuyển đổi tiếp sau đó.

#### **1.5.2.4. Độ tác động nhanh**

Độ tác động nhanh của dụng cụ đo là thời gian để xác lập kết quả đo trên chỉ thị.

Đối với dụng cụ tương tự thời gian này khoảng 4s. Còn dụng cụ số có thể đo được hàng nghìn điểm đo trong 1s.

Việc sử dụng máy tính có thể đo và ghi lại với tốc độ nhanh hơn nhiều, mở ra khả năng thực hiện có phép đo lường thống kê.

#### **1.5.2.5. Độ tin cậy**

Độ tin cậy của dụng cụ đo phụ thuộc nhiều yếu tố:

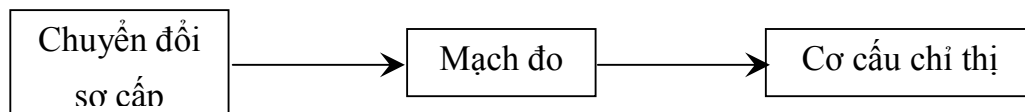
- Độ tin cậy của các linh kiện của dụng cụ đo .
- Kết cấu của dụng cụ đo không quá phức tạp.
- Điều kiện làm việc của dụng cụ đo có phù hợp với tiêu chuẩn hay không.

Nói chung độ tin cậy của dụng cụ đo được xác định bởi thời gian làm việc tin cậy trong điều kiện cho phép có phù hợp với thời gian quy định không.

Đã có những công trình nghiên cứu về độ tin cậy của dụng cụ đo ở điều kiện nước ta (nhiệt đới, ẩm, nóng) từ đó mà rút ra các biện pháp nâng cao độ tin cậy của dụng cụ đo.

### **1.5.3. Sơ đồ khối của dụng cụ đo**

Một dụng cụ đo cơ bản có ba bộ phận chính đó là: Chuyển đổi sơ cấp, mạch đo và cơ cấu chỉ thị. Ta lần lượt xét các khâu chức năng này.



#### **1.5.3.1. Chuyển đổi sơ cấp**

Làm nhiệm vụ biến đổi các đại lượng đo thành tín hiệu điện.

Độ chính xác cũng như độ nhạy của dụng cụ đo đều quyết định bởi khâu này.

#### **1.5.3.2. Mạch đo**

Là khâu thu thập, gia công thông tin đo sau các chuyển đổi sơ cấp. Mạch đo là khâu tính toán, thực hiện các phép tính trên sơ đồ mạch.

Tùy thuộc vào dụng cụ đo biến đổi thẳng hay dụng cụ đo so sánh mà mạch đo có các cấu trúc khác nhau.

Mạch đo thường sử dụng kỹ thuật vi điện tử và vi xử lý để nâng cao các đặc tính kỹ thuật của dụng cụ đo.

#### **1.5.3.3. Cơ cấu chỉ thị**

Cơ cấu chỉ thị là khâu cuối cùng của dụng cụ đo, nó làm nhiệm vụ thể hiện kết quả đo lường dưới dạng con số so với đơn vị sau khi qua mạch đo. Có thể phân biệt ba cách chỉ thị kết quả đo:

- Chỉ thị bằng kim chỉ trên bảng đã khắc độ sẵn, việc so sánh do con người thực hiện.

- Chỉ thị bằng dụng cụ tự ghi, để ghi lại các tín hiệu thay đổi theo thời gian.

- Chỉ thị số có kết quả đo dưới dạng con số đọc trực tiếp hoặc tự động ghi lại, việc so sánh được tiến hành tự động.

Tuy nhiên trong thực tế các khâu trên đây có thể gắn với nhau, có sự liên hệ chặt chẽ bằng các mạch phản hồi giữa các khâu với nhau.

## 1.6. CÁC PHẦN TỬ CHỨC NĂNG CỦA THIẾT BỊ ĐO

### 1.6.1. Mạch đo lường và dụng cụ thứ cấp

**1. Mạch đo lường:** Là thiết bị kỹ thuật làm nhiệm vụ biến đổi, gia công thông tin tính toán, phối hợp các tin tức với nhau trong một hệ vật lý thống nhất.

Ta có thể coi mạch đo lường như là một khâu tính toán, thực hiện các phép tính đại số trên sơ đồ mạch nhờ vào kỹ thuật điện tử theo yêu cầu kỹ thuật của thiết bị đo.

Phân loại mạch đo: Theo chức năng của các mạch đo mà ta có thể phân thành nhiều loại mạch đo như sau:

- Mạch tỷ lệ: Là mạch thực hiện một phép nhân (hoặc chia) với một hệ số  $k$ . Nghĩa là nếu đại lượng vào là  $x$  thì đại lượng ra là  $kx$ .

Đại diện cho các loại này là: Phân áp, biến áp, biến dòng...

- Mạch khuếch đại: Cũng giống như mạch tỷ lệ, Mạch khuếch đại làm nhiệm vụ nhân thêm một hệ số  $K$  gọi là hệ số khuếch đại.

Tuy nhiên ở mạch khuếch đại thì công suất ra lớn hơn công suất vào, nghĩa là đại lượng vào điều khiển đại lượng ra.

- Mạch gia công và tính toán: Bao gồm các mạch thực hiện các phép tính đại số như cộng, trừ, nhân, chia, tích phân, vi phân ...

- Mạch so sánh: Là mạch so sánh giữa hai điện áp.

Mạch này thường được sử dụng trong các thiết bị đo dùng phương pháp so sánh .

- Mạch tạo hàm: Là mạch tạo ra những hàm số theo yêu cầu của phép đo nhằm mục đích tuyến tính hóa các đặc tính của tín hiệu đo ở đầu ra các bộ phận cảm biến.

- Mạch biến đổi A/D ; D/A: Là loại mạch biến đổi từ tín hiệu đo tương tự thành số và ngược lại, sử dụng cho kỹ thuật đo số và chế tạo các mạch ghép nối với máy tính.

- Mạch đo sử dụng kỹ thuật vi xử lý: Là mạch đo có cài đặt vi xử lý để tạo ra cảm biến thông minh, khắc độ bằng máy tính, nhớ và gia công sơ bộ số liệu đo ...

**2. Dụng cụ thứ cấp hay các thiết bị ngoại vi và các thiết bị ghép nối:** là các bộ phận ghép nối với thiết bị đo như bàn phím, màn hình, máy in, hệ thu thập số liệu, kênh liên lạc ... nhằm mục đích tăng độ nhạy, độ chính xác, thuận tiện cho việc nhập số liệu, kiểm tra số liệu, đọc kết quả ...

Thiết bị đo càng hiện đại, càng chính xác thì mạch đo càng phức tạp.

### **1.6.2. Các chuyển đổi đo lường thứ cấp**

#### **1.6.2.1. Các định nghĩa**

\* **Chuyển đổi đo lường:** Là thiết bị thực hiện một quan hệ hàm đơn vị giữa hai đại lượng vật lý với một độ chính xác nhất định.

Như thế chuyển đổi đo lường làm nhiệm vụ biến đổi từ đại lượng vật lý này sang đại lượng vật lý khác. Mỗi quan hệ hàm có thể là tuyến tính hay phi tuyến.

\* **Chuyển đổi đo lường sơ cấp:** Là các chuyển đổi đo lường mà đại lượng vào là đại lượng không điện và đại lượng ra của nó là đại lượng điện.

Phương trình của chuyển đổi được viết như sau:  $Y = f(X)$

Trong đó: X là đại lượng không điện cần đo

Y là đại lượng điện sau chuyển đổi.

\* **Đầu đo:** Khi chuyển đổi sơ cấp được đặt trong một vỏ hộp có kích thước và hình dáng rất khác nhau phù hợp với chỗ đặt của điểm đo để tạo thành một loại dụng cụ được gọi là đầu đo, bộ cảm biến hay còn gọi là sensor.

Để thực hiện các phép đo đại lượng không điện bằng phương pháp điện ta phải có những đầu đo (cảm biến) mà phần tử cơ bản bên trong nó là các chuyển đổi sơ cấp.

Đa số các chuyển đổi sơ cấp đều dựa trên các hiệu ứng vật lý: Hiệu ứng nhiệt điện, quang điện, hóa điện, cộng hưởng từ hạt nhân... vì vậy mà độ chính xác, độ nhạy, độ tác động nhanh ... đều phụ thuộc vào các thành tựu khoa học và công nghệ chế tạo chúng.

#### **1.6.2.2. Phân loại các chuyển đổi sơ cấp**

**1. Dựa trên nguyên lý của chuyển đổi:** Mà phân thành

- **Chuyển đổi điện trở:** Trong đó đại lượng không điện X biến đổi làm thay đổi điện trở của nó.



- *Chuyển đổi điện từ*: Làm việc dựa trên các quy luật về lực điện từ. Đại lượng không điện X làm thay đổi các thông số của mạch từ như điện cảm, độ từ thẩm  $\mu$  và từ thông  $\phi$ .

- *Chuyển đổi tĩnh điện*: Làm việc dựa trên các hiện tượng tĩnh điện. Đại lượng không điện X làm thay đổi điện dung hay điện tích của nó.

- *Chuyển đổi hoá điện*: Làm việc dựa trên các hiện tượng hóa điện. Đại lượng không điện X làm thay đổi điện dẫn Y, điện cảm, sức điện động hoá điện ...

- *Chuyển đổi nhiệt điện*: Dựa trên các hiện tượng nhiệt điện. Đại lượng không điện làm thay đổi sức điện động nhiệt điện hay điện trở của nó.

- *Chuyển đổi điện tử và ion*: Trong đó đại lượng không điện làm thay đổi dòng điện tử hay dòng ion chạy qua nó.

- *Chuyển đổi lượng tử*: Dựa trên hiện tượng cộng hưởng từ hạt nhân và cộng hưởng từ điện tử.

## **2. Theo tính chất nguồn điện:** Mà phân thành

- *Chuyển đổi phát điện*: Có đại lượng ra là điện áp V, sức điện động E, dòng điện I, đại lượng vào là các đại lượng không đổi cần đo.

Ví dụ: Trong các chuyển đổi cảm ứng, cặp nhiệt điện, chuyển đổi áp điện ... đại lượng vào là các thông số cần đo như tốc độ quay, nhiệt độ, áp suất. Đại lượng ra là sức điện động cảm ứng  $E_{CU}$ , sức điện động nhiệt điện  $E_{ND}$  và điện tích q.

- *Chuyển đổi thông số*: Trong đó đại lượng ra là các thông số như điện trở R, điện cảm L ... như các chuyển đổi điện cảm, điện dung.

## **3. Theo phương pháp đo:** Phân thành

- Chuyển đổi biến đổi trực tiếp

- Chuyển đổi bù.

## CHƯƠNG 2: ĐO LƯU LƯỢNG

### 2.1. TỔNG QUAN

#### 2.1.1. Lưu chất

Có thể là chất lỏng, khí hay thậm chí trong một vài trường hợp là chất rắn ở dạng bụi.

#### 2.1.2. Lưu lượng

Là lượng lưu chất chảy trong ống dẫn trong 2 đơn vị thời gian.

#### 2.1.3. Đơn vị

Trong hệ SI, lưu lượng thể tích được biểu thị bằng  $m^3/s$ ;  $m^3/h$  ... các đơn vị khác cũng được dùng làm  $m^3/d$ .

Đối với hệ đơn vị Mỹ, có các đơn vị gpm (gallon per minute), gpd (gallon per day)

\* Trong trường hợp chất lỏng, chỉ cần biết khối lượng riêng, ta có thể tính lưu lượng khối lượng:  $Q_m = Q_v \rho$ .

$\rho$  là khối lượng riêng của lưu chất.

\* Trong trường hợp chất khí, lưu lượng có thể được biểu thị bằng cách:

- Trong trường hợp lưu chuyên: Biểu thị bằng “ $m^3$  thực tế” theo các giá trị áp suất và nhiệt độ của khí được xét.

- Trong điều kiện bình thường ở  $25^{\circ}C$  và  $101.3$  kPa: biểu thị bằng  $m^3/s$ .

- Trong điều kiện tiêu chuẩn ở  $0^{\circ}C$  và  $101.3$  kPa: biểu thị bằng  $Nm^3/s$ .

Trong cả 3 trường hợp, có thể biết lưu lượng khối lượng của các khí để tránh lẫn lộn.

### 2.2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Phương trình Bernouli được ứng dụng làm cơ sở cho việc đo vận tốc và lưu lượng chất lỏng trong ống dẫn.

Tại một tiết diện bất kỳ của ống dẫn nằm ngang, áp suất chung bằng tổng của áp suất tĩnh học ( $p_{th}$ ) và áp suất động lực ( $\frac{\rho w^2}{2}$ ):

$$p = p_{th} + \frac{\rho w^2}{2} \quad (1)$$

Khi tiết diện ống dẫn thay đổi thì vận tốc chảy của chất lỏng cũng thay đổi tương ứng, do đó giá trị áp suất tĩnh và áp suất động lực cũng thay đổi.

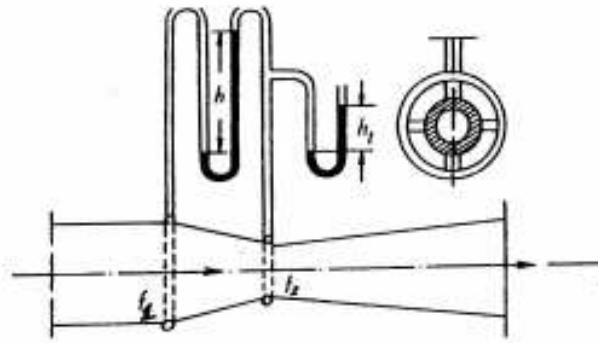
Do vậy khi đo được áp suất chất lỏng từ phương trình (1) có thể tìm được vận tốc chảy, biết đường kính ống sẽ xác định được lưu lượng chất lỏng.

\* Ống Venturi

Để đo lưu lượng theo độ chênh lệch áp suất, người ta dùng các dụng cụ tiết lưu như ống Venturi, màng chắn có lỗ, ống loa.

Nguyên tắc làm việc của các dụng cụ này là dựa trên độ chênh lệch áp suất trong ống có thắt dòng. Khi đó nhờ vận tốc thay đổi mà 1 phần áp suất tĩnh của dòng ở trước dụng cụ chuyển thành áp suất động lực ở phía sau dụng cụ .

Ống Venturi là một ống có tiết diện như hình 2.1:



**Hình 2.1: Ống Venturi**

Nhờ hình dạng đều đặn như vậy mà tổn thất áp suất không vượt quá 15% độ chênh lệch áp suất chung.

Lưu lượng chất lỏng chảy qua ống Venturi được xác định bằng cách giải đồng thời phương trình Bernoulli và phương trình lưu lượng .

Lập phương trình Bernoulli cho 2 mặt cắt  $f_1$  và  $f_2$  tại 2 vị trí  $A_1$  và  $A_2$  cạnh nhau.

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g} \quad (2)$$

Hay: 
$$h = \frac{p_1 - p_2}{\rho g} = \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2g}, \text{ [m]} \quad (3)$$

Ở đây  $\frac{p_1}{\rho g}$  và  $\frac{p_2}{\rho g}$  : Thế năng riêng tĩnh học mặt cắt  $f_1$  và  $f_2$ .

$\frac{\omega_1^2}{2g}$  và  $\frac{\omega_2^2}{2g}$  : Thế năng riêng vận tốc tại 2 mặt cắt trên, [m]

$\rho$ : Khối lượng riêng của chất lỏng trong ống dẫn , [kg/m<sup>3</sup>]

Theo phương trình dòng liên tục:  $f_1\omega_1 = f_2\omega_2$ , ta có:

$$\omega_1^2 = \omega_2^2 \left( \frac{f_2}{f_1} \right)^2 \quad (4)$$

$$\omega_1^2 = \omega_2^2 \varepsilon^2 \left( \frac{f_2}{f_1} \right)^2 = \omega_2^2 \varepsilon^2 \left( \frac{d}{d_1} \right)^4$$

$\varepsilon$ : Hệ số điều chỉnh, phụ thuộc vào cấu tạo của màng chắn tại mặt cắt  $f_2$ .

$d$ : Đường kính lỗ màng chắn.

Thay giá trị  $\omega_1^2$  vào phương trình (3):

$$h = \frac{\omega_2^2}{2g} \left[ 1 - \varepsilon^2 \left( \frac{d}{d_1} \right)^4 \right] \quad (5)$$

Từ đó vận tốc dòng tại mặt cắt  $f_2$  (tại màng chắn):

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \varepsilon^2 \left( \frac{d}{d_1} \right)^4}} \quad (6)$$

Vì trong thực tế tỷ lệ  $\frac{d}{d_1}$  quá nhỏ ( $\frac{1}{4}$  đến  $\frac{1}{3}$ ) nên có thể bỏ qua  $\varepsilon^2 \left( \frac{d}{d_1} \right)^4$ ,

khi đó: 
$$\omega_2 = \sqrt{2gh}, \quad [\text{m/s}] \quad (7)$$

Lưu lượng chất lỏng chảy trong ống dẫn bằng:

$$Q = \mu \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2gh} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (8)$$

Với:  $\mu$  - hệ số lưu lượng có tính cả ma sát của lỗ màng chắn và hiện tượng thất dòng khi chất lỏng chảy qua.

Có thể xác định  $\mu$  theo  $R_e$  như sau:

✓ Khi  $R_e < 25$ : 
$$\mu = \frac{25}{R_e}$$

✓ Khi  $25 < R_e < 300$ : 
$$\mu = \frac{R_e}{1.5 + 1.4 R_e}$$

✓ Khi  $300 < R_e < 10000$ : 
$$\mu = 0.592 + \frac{0.27}{R_e^{1/4}}$$

✓ Khi  $R_e > 10000$ : 
$$\mu = 0.592 + \frac{5.5}{\sqrt{R_e}}$$

$h$  - Thế năng riêng động lực, tính bằng m cột chất lỏng.

Các loại dụng cụ đo lưu lượng này đã được chuẩn hoá và sản xuất hàng loạt nên khi sử dụng đã có đồ thị và bảng tra cho từng loại cụ thể.

### 2.3.CÁC LOẠI THIẾT BỊ

Trong công nghiệp, có nhiều loại lưu lượng kế được sử dụng:

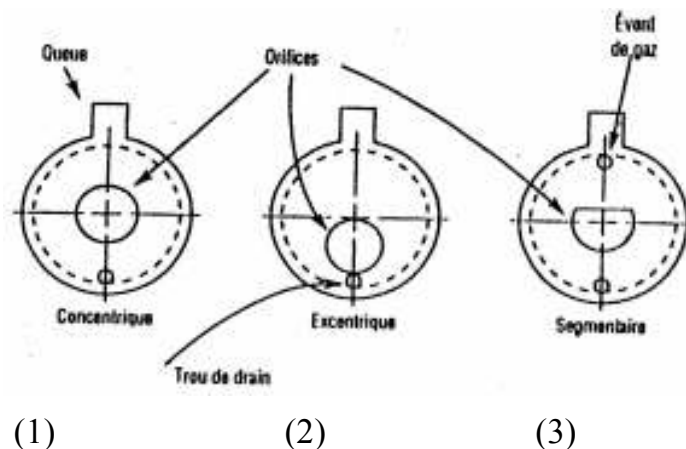
1. Màng có lỗ
2. Ống Venturi
3. Ống Pitot
4. Cible
5. Rotamètre
6. Lưu lượng kế siêu âm
7. Lưu lượng kế điện từ
8. Turbine
9. Lỗ đập tràn (Canal Jaugeur - Parshall)
10. Lưu lượng kế thể tích (Déversoirs)
11. Xoáy nước (Tourbillon - Vortex)

Chúng ta xem xét từng loại một.

#### 2.3.1. Màng ngăn có lỗ (Orifice plate)

a. Cấu tạo:

\* Màng là một đĩa kim loại mỏng, chịu ăn mòn và mài mòn, giữa có đục lỗ (thường là hình tròn) đồng tâm với ống dẫn, ngoài ra cũng có các dạng khác: Lệch tâm, hình viên phân (sử dụng trong trường hợp lưu chất có dạng huyền phù) như hình 2.2:



**Hình 2.2: Vách ngăn**

(1): Lỗ màng đồng tâm ; (2) Lỗ màng lệch tâm ; (3) Lỗ màng hình viên phân

Trên màng cũng có những lỗ nhỏ để xả phân ngưng tụ (condensat) nếu lưu chất là khí, trong trường hợp lưu chất lỏng các lỗ nhỏ này dùng để xả khí, hơi.

Độ dày lớp màng  $E_p$  thường là  $3 \div 12\text{mm}$ , phụ thuộc vào đường kính ống dẫn ( $D$ ) và nhỏ hơn  $0,05D$ .

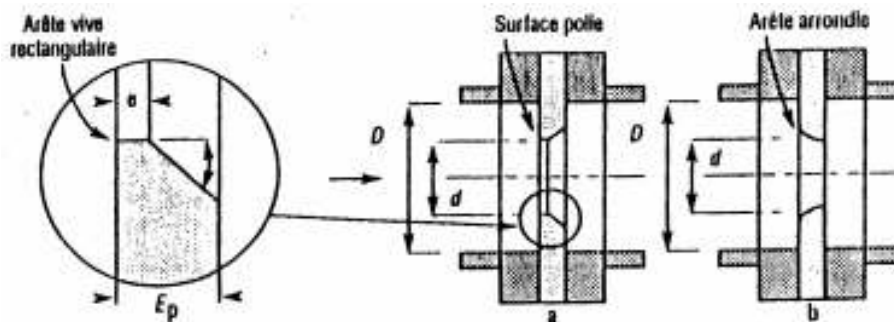
Hình vẽ 2.3 phát hoạ sơ bộ thiết bị (thường được dùng nhất)

Chiều dày  $e$  của phần hoạt động của lỗ màng bằng khoảng  $E_p/3$ . Ở phía dưới lỗ màng được vát mép 1 góc  $30^\circ$  đến  $45^\circ$ . Bề mặt màng phải nhẵn, độ nhám phải tuân theo tiêu chuẩn.

Nếu màng dùng để đo lưu lượng theo 2 chiều thì 2 bên lỗ phải nhẵn và không được vát mép. Lớp màng được lồng vào giữa 2 mặt bích và được đặt vuông góc với trục dòng chảy.

Có thể thay đổi đường kính lỗ màng nhờ vào một cửa sập bên ngoài giống cấu tạo cửa chớp máy ảnh.

Đầu đo áp suất được tiêu chuẩn hoá, và phép đo được th ở đoạn đầu cũng như ở đoạn cuối. Đầu đo được đính vào mặt bích hay trên đường ống .



**Hình 2.3: Vách ngăn - Bàn có lỗ**

**\* ĐẦU ĐO ĐÍNH TRÊN MẶT BÍCH**

Theo khoảng cách giữa các đầu đo các bề mặt tương ứng của màng, có 2 loại đầu đo trên mặt bích.

✓ 25 - 25 mm ; 1" - 1"

✓ 0" - 0"

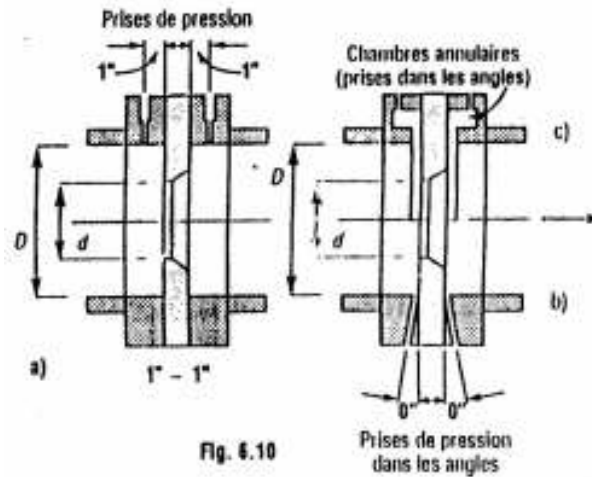


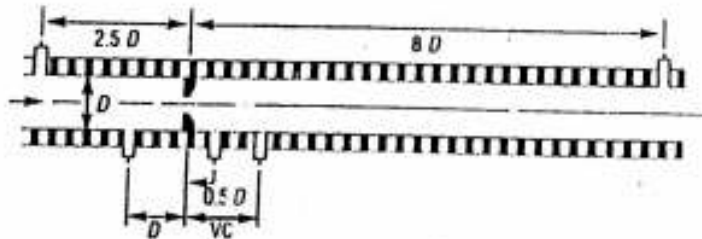
Fig. 6.10

### Hình 2.4: Đầu đo trong mặt bích

Khi các đầu đo chỉ được đặt trong những góc giữa đường ống dẫn và màng (0 - 0), đầu dò được dẫn trực tiếp lên bộ đo áp, hoặc qua một buồng trung gian hình vòng cung gọi là buồng đo áp suất cao, cho phép đạt được giá trị áp suất trung bình tại mọi điểm trên cùng một tiết diện đường chảy của lưu chất, và cũng cho phép giảm hiệu ứng chảy xoáy có thể xảy ra.

#### \* ĐẦU ĐO ĐÍNH TRÊN ĐƯỜNG ỐNG

Các đầu dò được gắn vào mặt trong của ống - cũng được tiêu chuẩn hoá. Các đầu dò này được sử dụng trong trường hợp các đầu dò đặt trong mặt bích không sử dụng được (do không gian, do mặt bằng lắp đặt ...). Trong hình 2.5 dưới, khoảng cách VC là hàm của đường kính ống dẫn, tỷ số  $\beta$ , số Reynolds của dòng chảy. Khi  $\beta = 0,4 \rightarrow VC = 0,7D$ . Trên nguyên tắc các đầu dò ở vị trí VC được sử dụng khi đường kính ống dẫn  $D > 150 \text{ mm}$ .



### Hình 2.5: Đầu đo áp lực đính trên đường ống

Cần chú ý rằng để tránh hiện tượng nhám của bề mặt trong ống dẫn, các đầu dò cần đặt càng gần màng càng tốt.

Số Re là hàm của tỷ số  $\beta$  và của đường kính ống dẫn D:

	Re minimal	Remaximal
D < 100 mm		
$\beta < 0.5$	10000 ÷ 15000	$10^6$
$\beta < 0.5$	20000 ÷ 45000	$10^6$
D > 100 mm		
	45000	$10^7$

Khi  $Re < 10000$ , cần hiệu chỉnh lại hệ số lưu lượng. Hệ số  $\beta$  có giá trị nên nằm trong khoảng  $0,2 \div 0,7$ .

Đối với màng đo, không có giới hạn sử dụng về lưu lượng, chỉ giới hạn về áp suất .

B. Các đặc trưng:

Ưu điểm:

- Áp suất và nhiệt độ chỉ giới hạn ở 2000 psi , 300<sup>0</sup>C
- Độ chính xác đạt  $\pm 0,2\%$  nếu điều kiện vận hành nằm trong giới hạn cho phép, đạt  $\pm 0,2\%$  nếu điều kiện vận hành nằm ngoài phạm vi cho phép.
- Dễ dàng tái sử dụng, độ tin cậy cao.

Nhược điểm:

- Gây ra tổn thất áp suất lớn, đặc biệt là khi sử dụng với các bơm có lưu lượng lớn. Tổn thất này có thể đạt  $40\% \div 70\%$  áp suất trên đường ống dẫn.
- Không thích hợp với các lưu chất có chứa chất rắn ở dạng huyền phù, lưu chất loại này có thể làm phép đo sai lệch nhiều.

### 2.3.2. Ống Venturi

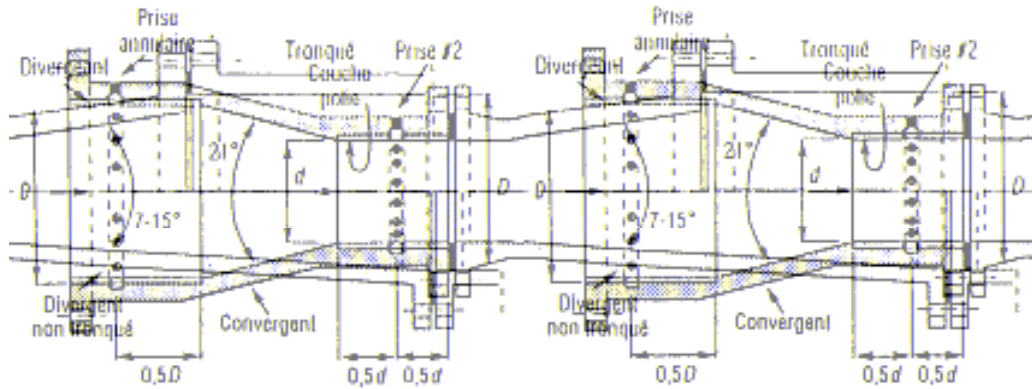
A. Các loại Ống Venturi:

Có nhiều loại thiết bị dạng Venturi:

- Ống Venturi cổ điển.
- Ống Dallo
- Tuyèrè - Venturi .
- Ống Gentile.

B. Ống Venturi cổ điển: (Hình 2.6)





Hình 2.6: Ống Venturi cổ điển

Bao gồm các bộ phận:

- Một ống cylinder có cùng đường kính với ống dẫn, nơi đặt đầu dò áp suất tĩnh cao.
- Một ống thắt dần hình trụ, tại đây áp suất tĩnh giảm và áp suất động tăng.
- Một ống nhỏ hình trụ (col cylindre) tạo nên chỗ thắt dòng, tại đây đặt đầu do áp suất thấp.
- Một ống có dạng phân kỳ.

Các kích thước đã được tiêu chuẩn hoá (nêu trong hình vẽ 2.6)

Góc phân kỳ khoảng  $7^{\circ} \div 15^{\circ}$ , góc  $7^{\circ}$  tương ứng với tổn thất áp suất cực tiểu. Ống nhỏ hình trụ ( col cylindre) được chế tạo bằng kim loại có bề mặt nhẵn.

Cũng có trường hợp ống Venturi có tiết diện hình chữ nhật, tuy nhiên loại này rất ít được sử dụng.

Các đầu dò áp suất  $p_1$  và  $p_2$  thường nằm trong những eo hình vòng cung .

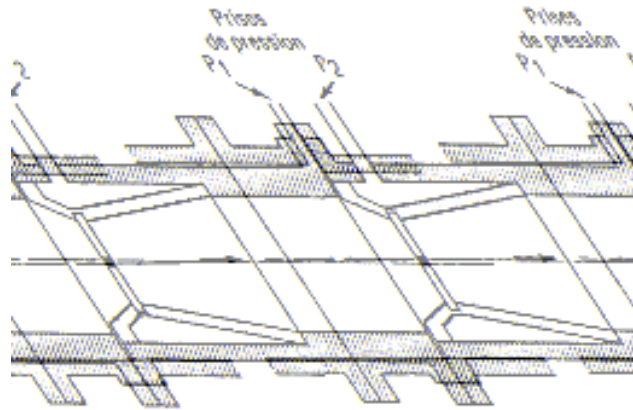
\* Đặc trưng:

- ✓ Ống Venturi được sử dụng cho các ống dẫn có đường kính 25 mm - 3000mm.
- ✓ Số Re của lưu chất phải  $> 150.000$ ;
- ✓ Hệ số décharge phải gần bằng 0,98 ;
- ✓ Tỷ số  $\beta$  nằm trong khoảng 0,3 - 0,7;
- ✓ Tổn thất áp suất do thiết bị gây ra bằng 10% - 14% áp suất dòng;
- ✓ Ống Venturi chiếm chiều dài hơn so với màng có lỗ;

- ✓ Độ chính xác của nó đạt  $\pm 0,5\%$  đối với thang mở rộng. Sẽ kém chính xác hơn và cần một sự hiệu chỉnh khi  $Re < 150.000$  hay  $> 2.000.000$ ;
- ✓ Chúng được sử dụng cho các lưu chất có chất rắn dạng huyền phù và hạn chế dùng cho nước sinh hoạt.
- ✓ Đối với các lỗ dò áp suất, cần định kỳ vệ sinh để thông lỗ.

### C. Ống Dall:

Cấu trúc tương tự như ống Venturi cổ điển nhưng ngắn và nhẹ hơn.



: Ống Dall Hình 2.7: Ống Dall Hình 2.7

Gồm 2 thân hình nón bằng kim loại nhẹ hay nhựa, bề mặt trong nhẵn (Hình 2.7). Hai thân hình nón được tách rời nhau bởi 1 kênh hay một vết cắt hình vành khuyên (gap)

Thiết bị này không dùng trong trường hợp lưu chất chứa hàm lượng lớn huyền phù.

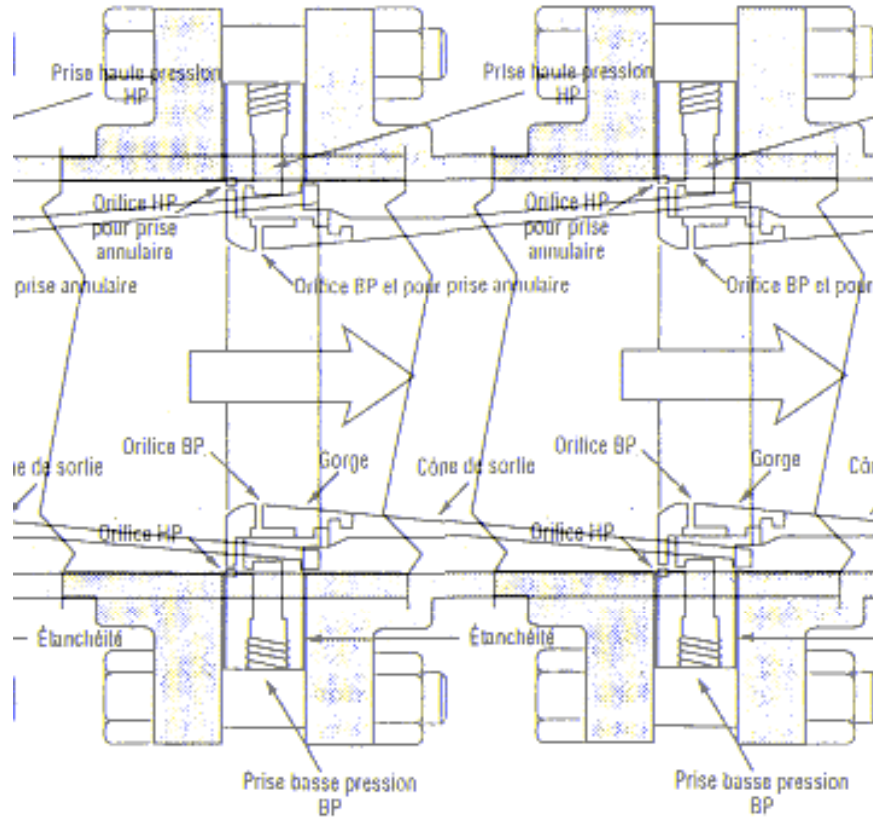
Ống Dall được chế tạo bằng thép đặc biệt hoặc bằng nhựa được gia cố sợi thủy tinh. Kích thước của nó nhỏ hơn 4 lần so với đường kính ống dẫn và được lồng vào bên trong ống dẫn.

Thiết bị có thể được dùng cho các đường ống có đường kính 100 - 1200 mm. Độ chính xác đạt  $\pm 0,5\% - \pm 3\%$  đối với thang đo mở rộng.

Sự tổn thất áp suất do ống Dall gây ra chỉ bằng 1/2 so với tổn thất áp suất khi dùng ống Venturi cổ điển.

\* **Chú ý:** Sự tụt áp (áp suất tĩnh) khi dòng lưu chất đi qua họng thắt tạo ra khoảng chân không cục bộ (tạo lực hút), được ứng dụng nhiều trong thực tế. Ví dụ: Trong thiết bị bơm clore, bơm nước, đầu đốt hút nhiên liệu ...

### D. Tuyères - Venturi: (Hình 2.8)

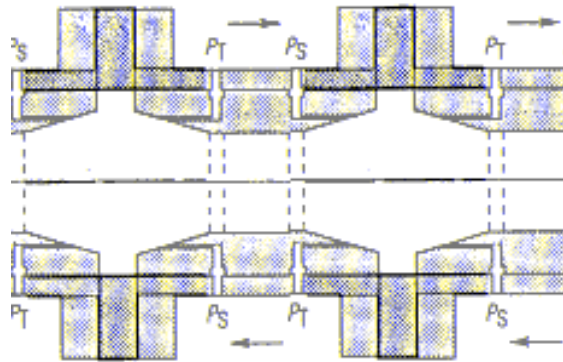


Hình 2.8: Ống Tuye - Venturi

Tương tự như cấu tạo của ống Venturi nhưng phần ống phân kỳ được thay thế bởi một ống tuye, điều này giúp thiết bị bớt cồng kềnh hơn, tổn thất áp suất nhỏ hơn so với ống Venturi cổ điển.

Thiết bị thích hợp với các lưu chất có hàm lượng huyền phù cao.

E. Ống Gentile (Hình 2.9)



Hình 2.9: Ống Gentile

Loại thiết bị này được cho phép đo lưu lượng theo 2 chiều, có cấu trúc hình học đối xứng, được gọi là ống Venturi có hệ số  $\beta$  cao.

Hoạt động dựa trên nguyên tắc giống như ống Pitot 2 đầu dò áp suất. Chiều dài ống khoảng gấp đôi đường kính ống dẫn.

Áp suất toàn phần được nhận qua eo hình vòng cung, tại đây lưu chất được tiếp nhận bởi hàng loạt các lỗ định hướng về phía đầu dòng chảy và phân bố đều đặn trên toàn chu vi ống dẫn.

Một số lỗ khác định hướng về phía cuối dòng chảy - cho phép xác định áp suất tĩnh. Từ độ chênh lệch áp suất đo được, có thể suy ra vận tốc dòng chảy và lưu lượng thể tích.

Tổn thất áp suất tương đối thấp ( $< 15\%$  độ chênh lệch áp suất đo được).

Hơn nữa ống Gentile không cần các ống thẳng trước và sau thiết bị trừ khi có một van điều chỉnh được lắp ở đầu ống.

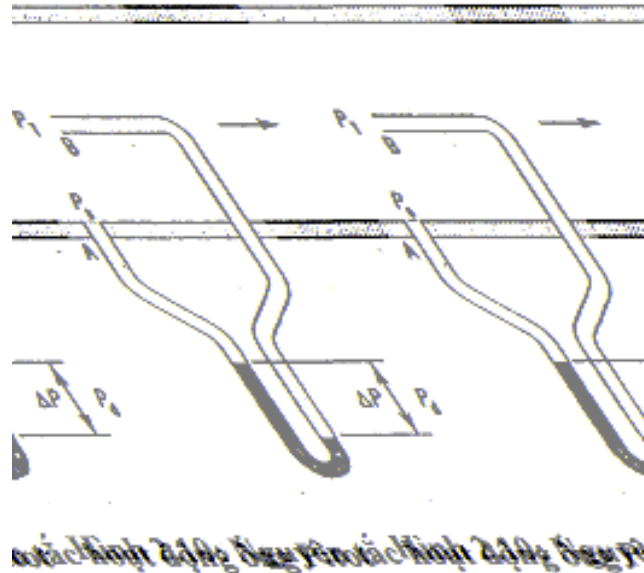
Thiết bị này được cải tiến ít công kênh hơn so với ống Dall, có thể lắp đặt trong các đường ống với đường kính 2m, có thể sử dụng cho các dòng chảy có  $Re$  từ 100.000 - 800.000 mà không cần hiệu chỉnh hệ số deccharge. Độ chính xác có thể so sánh với ống Dall.

### **2.3.3. Ống Pitot**

#### **A. Nguyên tắc hoạt động**

Dựa trên phương trình Bernoulli, theo đó áp suất toàn phần  $P_T$  bằng tổng áp suất tĩnh  $p_s$  và áp suất động học  $p_d$ .

Hình 2.10 phát họa nguyên tắc cơ bản của ống Pitot để đo vận tốc lưu chất - được đặc trưng bởi điểm đo 2 áp suất: áp suất toàn phần tại B và áp suất tĩnh tại điểm A.



Người ta xác định vận tốc tức thời tại điểm B, độ chênh lệch áp suất  $\Delta p$  được đo bởi 1 áp kế cho phép xác định vận tốc này:

$$p_T = p_s + p_d$$

$$p_d = p_T - p_s = \Delta p = \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (*)$$

$$\rightarrow v = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad (**)$$

$v$ : Vận tốc dòng chảy (m/s)

$\rho$ : Khối lượng riêng (kg/m<sup>3</sup>)

$\Delta p$ : Độ chênh lệch giữa 2 áp suất.

Cửa B sẽ nhận giá trị áp suất toàn phần gọi là điểm đến, hay điểm tác động, tại đây vận tốc thực tế bằng 0.

Chú ý rằng độ chênh lệch áp suất ở đây có ý nghĩa khác với độ chênh lệch áp suất tại điểm thất như trong các thiết bị kể trên; chênh lệch áp suất tại điểm thất là giữa 2 áp suất tĩnh, trong trường hợp này là giữa 2 áp suất động.

Một vài quan niệm cho rằng cần đưa vào trong công thức 1 hệ số hiệu chỉnh để bù lại phần yếu đi của áp suất tĩnh.

Sự yếu đi này có thể sinh ra do sự chảy rối tại ống nhận áp suất toàn phần. Nó có thể được bỏ qua khi vận tốc nhỏ hơn một ngưỡng nào đó.

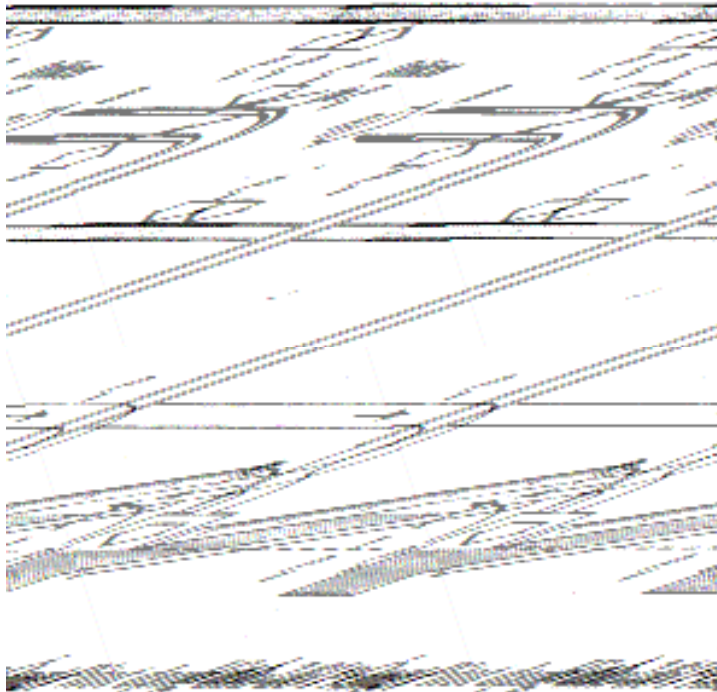
Đối với chất khí cần tính đến độ nén của nó.

B. Cấu tạo

Có nhiều loại ống Pitot, chúng được nghiên cứu trong phần lưu lượng kế cho các dòng chảy tự do.

- Đầu dò Prandt.
- Ống Venturi kép.
- Ống Pitot kiểu S.
- Ống Pitot kiểu phân bố theo hình vành khuyên.

1. Đầu dò Prandt. (Hình 2.11)



Gồm có 2 đầu dò nằm trên cùng 1 giá đỡ:

- Đầu dò B cho phép đo áp suất toàn phần  $P_T$ .
- Đầu dò khác là các lỗ nằm ở bên hông - chỉ cho phép xác định áp suất tĩnh  $p_s$ .

Để xác định giá trị lưu lượng toàn phần trong ống dẫn từ vận tốc tức thời, cần biết tiết diện  $A$  của ống dẫn cũng như sự phân bố của các vận tốc trên toàn bề mặt để xác định vận tốc trung bình  $V_{moy}$ .

$$Q = V_{moy}A$$

Để xác định vận tốc trung bình, 2 phương pháp có thể áp dụng:

Phương pháp gần đúng:

Nhận thấy rằng vận tốc cực đại đạt được trong trục ống dẫn.

Trong trường hợp chảy xoáy, vận tốc trung bình bằng một nửa vận tốc cực đại, tỷ số giữa vận tốc trung bình và vận tốc cực đại khoảng 0,85 (nếu số Re từ 10000 - 300000) bằng khoảng 0,90 - 0,95 (nếu số Re > 300000).

Phương pháp chính xác:

Có 3 phương pháp sau cho phép xác định vận tốc trung bình với độ chính xác phụ thuộc vào các yếu tố sau:

- Xác định vận tốc tại trục dòng chảy.
- Xác định vận tốc tại điểm tới hạn.
- Sự cân đối vận tốc của các lớp đồng tâm.

Các phương pháp này cũng được sử dụng trong tất cả các trường hợp tính toán vận tốc trung bình.

\* Vận tốc tại trục dòng chảy:

➤ Vận tốc trung bình được tính theo công thức sau:

$$V_{\text{moy}} = V_{\text{axe}} \times F_p$$

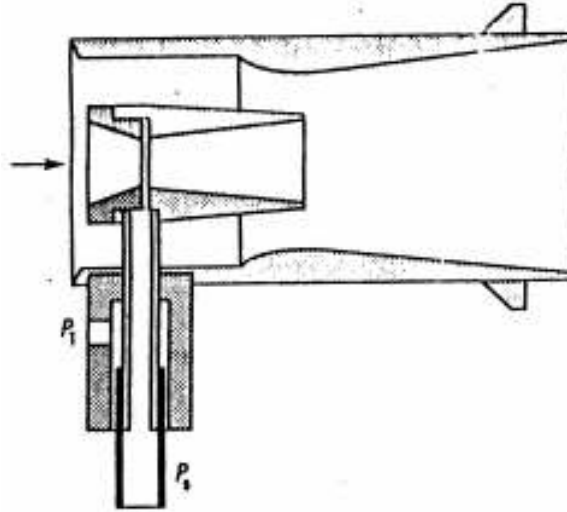
$V_{\text{moy}}$ : Vận tốc trung bình

$V_{\text{axe}}$ : Vận tốc tại trục dòng chảy.

$F_p$ : Hệ số mặt cắt - được xác định theo số Re bởi một biểu thức toán học rất phức tạp, được tóm tắt trong bảng sau:

<b>Re</b>	<b><math>F_p</math></b>
$4 \times 10^3$	0.791
$10^4$	0.800
$4 \times 10^4$	0.811
$10^5$	0.817
$4 \times 10^5$	0.827
$10^6$	0.841
$4 \times 10^6$	0.866

## 2. Ống Venturi kép (Hình 2.12)

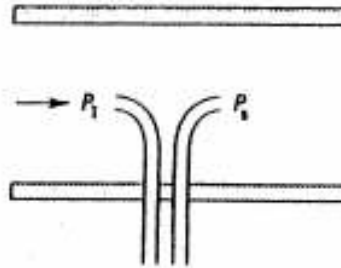


**Hình 2.12: Ống Pitot dạng Venturi kép**

Loại này có độ nhạy gấp hơn 15 lần so với loại Pitot cơ bản nhờ vào sự tăng vận tốc ở họng ống Venturi trong.

3. Ống Pitot kiểu S (Hình 2.13)

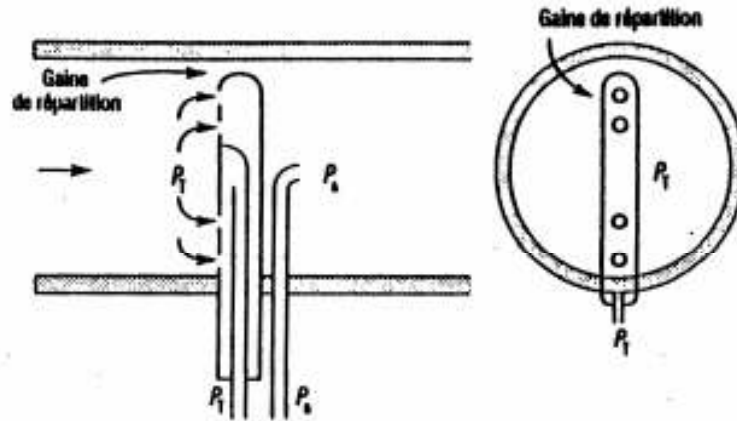
Giới thiệu một version khác của ống Pitot, thông thường được dùng để đo vận tốc của khí trong ống khói, chúng phân biệt rõ ràng 2 vị trí đo áp suất .



**Hình 2.13: Ống Pitot dạng chữ S**

4. Ống Pitot kiểu phân bố theo hình vành khuyên (Hình 2.14)





**Hình 2.14: Ống Pitot dạng phân bố đường viền**

Về cơ bản là tương tự như kiểu S. Vị trí đo áp suất toàn phần được thực hiện bởi một ống gaine phân bố từ các lỗ màng.

Vận tốc đo được là vận tốc trung bình của lưu chất.

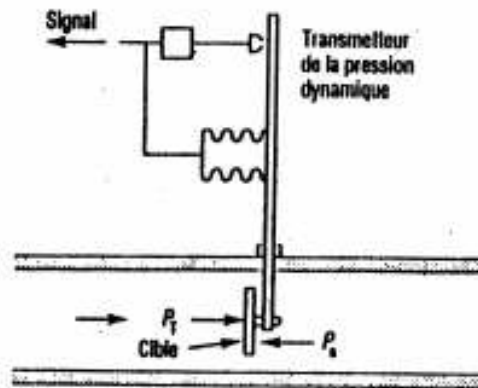
### 2.3.4. Lưu lượng kế dạng bia (Cible)

Đặc biệt được dùng cho các lưu chất có độ nhớt cao, có nhiều vật chất ở dạng huyền phù, hay có nhiệt độ cao

\* Nguyên lý hoạt động

Hình 2.15 phát hoạ nguyên lý hoạt động: Lực tác động lên bia tỷ lệ thuận với áp suất động của chất lỏng, mặt trái nhận áp suất toàn phần, mặt phải nhận áp suất tĩnh:

$$P_d = p_T - p_s$$



**Hình 2.15: Lưu lượng kế dạng bia**

Áp suất động tỷ lệ với bình phương vận tốc lưu chất, được đo nhờ vào hệ thống tay đòn qua bộ chuyển đổi khí động học cân bằng lực, hay qua bộ chuyển đổi điện. Vận tốc trung bình:  $V_{\text{moy}} = \sqrt{\frac{2}{\rho} p_d}$

Và lưu lượng:  $Q = A \sqrt{\frac{2}{\rho} p_d}$

### 2.3.5. Lưu lượng kế có tiết diện thay đổi - Rotamètres

Dùng để đo lưu lượng tức thì của các khí và chất lỏng, là một ống hình trụ tiết diện không đều nằm thẳng đứng, luôn được làm bằng thủy tinh, phần tiết diện loe ra hướng lên phía trên.

Phía bên trong có bố trí một phao nổi, phao này cũng có hình trụ tròn tiết diện thay đổi đều, van nổi từ dưới lên sẽ đo mức lưu lượng của lưu chất (Hình 2.16)

Trong các Rotamètres trái với lưu lượng kế thắt dòng (lưu chất đi qua vị trí thắt có tiết diện không đổi và độ chênh lệch áp suất là hàm của lưu lượng), tiết diện ống lưu chất đi qua thay đổi khi lưu lượng và độ chênh lệch áp suất qua phao không đổi. Phao di chuyển tuyến tính với lưu lượng.

\* Nguyên lý hoạt động.

Khi lưu lượng bằng 0, phao nằm ở đáy ống đo, khi lưu lượng lưu chất  $> 0$ , sự chênh lệch áp suất sẽ đẩy phao lên trên theo phương tăng tiết diện ống đo, khoảng cách giữa thành ống đo và phao cũng tăng.

Phao sẽ đạt cân bằng động khi lực do áp suất của chất lỏng hướng lên trên bằng với trọng lực biểu kiến của phao trong thiết bị.

- Trọng lực biểu kiến của phao bằng trọng lực trừ đi lực đẩy Archimède:

$$V_f \rho_f g = V_f \rho g = V_f (\rho_f - \rho) g$$

- Thủy lực tác động lên phao là:

$$F = \Delta p \times A_f$$

$A_f$  : Diện tích phần tiết diện cắt ngang lớn nhất của phao.

$V_f$  và  $\rho_f$  : Thể tích và khối lượng riêng của phao.

$\rho$  : Khối lượng riêng của lưu chất.

$g$  : Gia tốc trọng trường.

$F$  : Lực do áp suất chất tác dụng lên phao.

$A$  : Diện tích cắt ngang của ống đo tại vị trí lưu chất đi qua.

Ở vị trí cân bằng động của phao, bỏ qua lực tác động sinh ra do độ nhớt:

$$V_f (\rho_f - \rho)g = \Delta p \times A_f$$

$$\Delta p = \frac{V_f}{A_f} \left( \frac{\rho_f}{\rho} - 1 \right) \rho g$$

Phương trình Bernouli:

$$Q = K_1 A \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p}$$

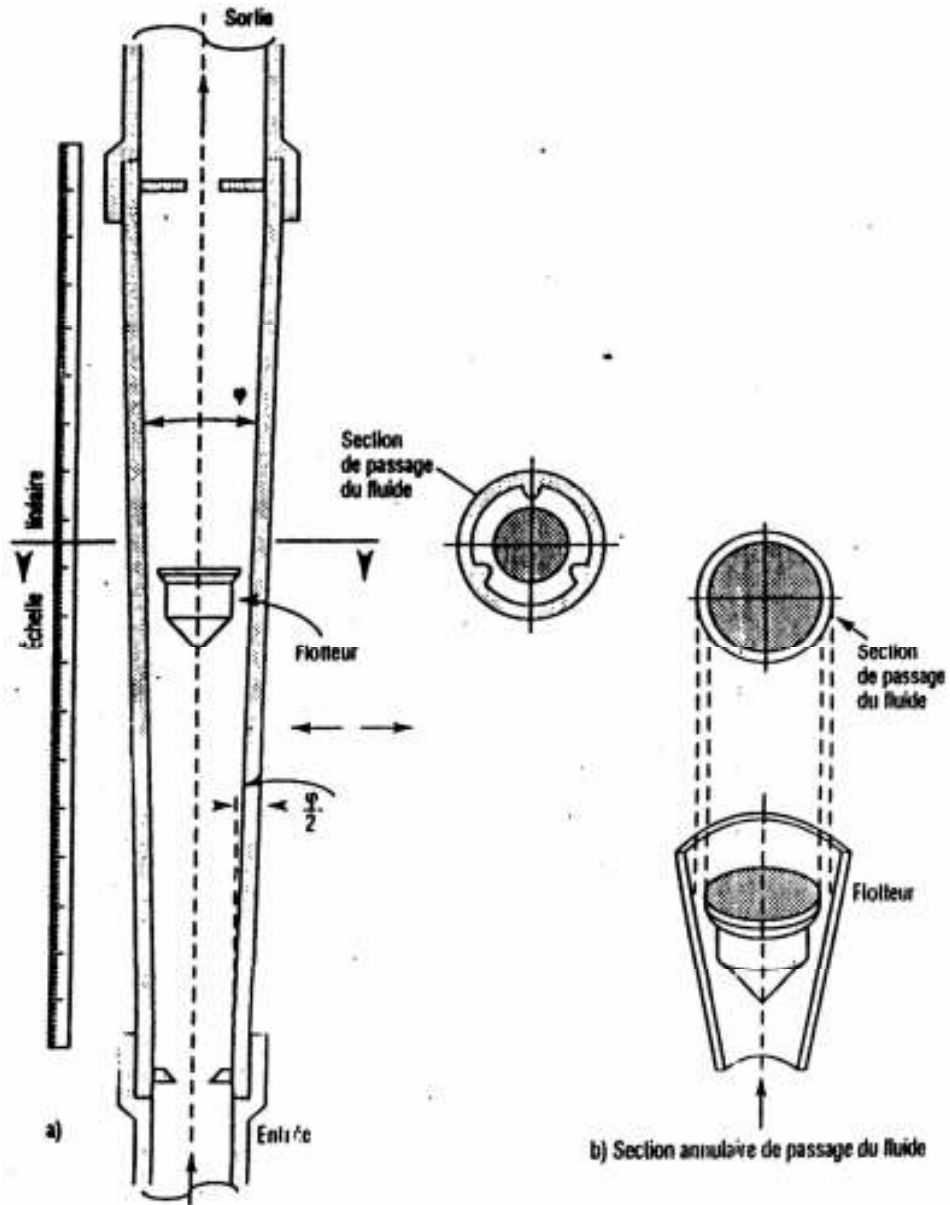
Từ đó, ta có:

$$Q = K_1 A \sqrt{2g \frac{V_f}{A_f} \left( \frac{\rho_f}{\rho} \right) \Delta p}$$

Người ta nhận thấy rằng lưu lượng tỷ lệ trực tiếp với phần tiết diện ống đo  $A$  lưu chất đi qua, tức là vị trí giữa thành phao và thành ống đó.

Góc côn  $\varphi$  của ống đo rất nhỏ, khoảng từ  $5 - 6^\circ$ , sự thay đổi của tiết diện ngang ống tỉ lệ với sự dịch chuyển theo chiều thẳng đứng của phao, thang đo lưu lượng được khắc trên phần thủy tinh thực tế là tuyến tính.

Đối với sự tuyến tính và yêu cầu một sự chính xác hơn, chúng ta có thể thay đổi cấu trúc hình học của ống, hoặc xử lý các tín hiệu tương ứng với sự di chuyển của phao bằng cách xác lập những tín hiệu tuyến tính hoàn hảo.



**Hình 2.16: Rotametre - Lưu lượng kế dạng phao**

### 2.3.6. Lưu lượng kế điện từ

Lưu lượng kế điện từ (DEM) đã được dùng lần đầu vào năm 1958 tại Mỹ, để đo lưu lượng của natri lỏng.

DEM là thiết bị tĩnh, không có bất cứ phần động nào, cho phép đạt được độ chính xác cao, có thể đo vận tốc tức thời của chất lỏng ăn mòn, nhớt, khó thao tác bằng tay hoặc rất ô nhiễm, ở điều kiện độ dẫn điện lớn hơn  $2 \mu\text{S}/\text{cm}$  cũng như vận tốc chảy  $> 1/\text{s}$ .

Sau các lưu lượng kế thất dòng, lưu lượng kế loại này được sử dụng rộng rãi nhất trong công nghiệp.

### 2.3.6.1. Nguyên lý hoạt động

Sự vận hành của DEM dựa trên định luật Faraday về cảm ứng điện từ. Sự di chuyển của dây dẫn điện vuông góc với dòng điện dưới tác dụng của từ trường sinh ra 1 điện áp cảm ứng có giá trị bằng:

$$E = c B D v$$

E: Điện áp cảm ứng (Volt)

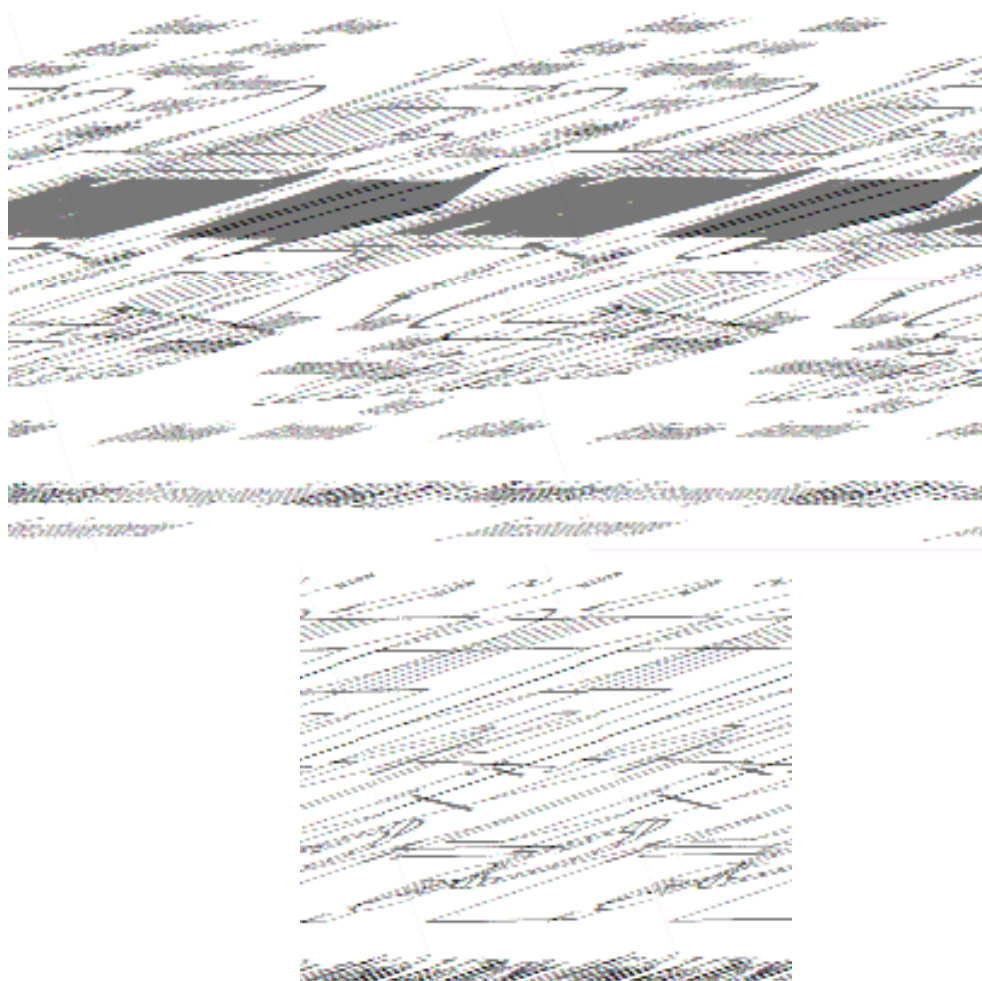
c: Hệ số - có giá trị phụ thuộc vào đơn vị sử dụng (trong hệ SI,  $c = 10$ )

B: Cảm ứng điện từ của dòng từ (tesla)

D: Chiều dài dây dẫn (m)

V: Vận tốc di chuyển của dây dẫn (m/s)

Trong trường hợp một chất lỏng chảy, có thể coi chất lỏng như là một tập hợp của nhiều dây dẫn di chuyển trong từ trường không đổi (hình 2.17)



Với nguyên tắc như trên, thiết bị gồm các bộ phận:

- Một ống không có từ tính bọc ngoài thiết bị và chuyển chất lỏng cần đo.

- Một cuộn dây để cung cấp từ trường.
- Hai điện cực để nhận điện áp cảm ứng điện từ sinh ra do lưu chất chảy qua với vận tốc  $v$ .

D tương ứng với đường kính ống, hay đúng hơn là khoảng cách giữa các điện cực, với các giá trị  $B$  và  $D$  đã biết, ta có thể tính lưu lượng  $Q$  qua  $E$ :

$$Q = v A$$

A: Tiết diện ống ( $m^2$ )

Lưu lượng có quan hệ tuyến tính với  $\Delta$  thế đo được, điện thế này tỷ lệ trực tiếp với vận tốc dòng chảy.

Điện thế sinh ra thông thường là xoay chiều, có giá trị khoảng vài mV...

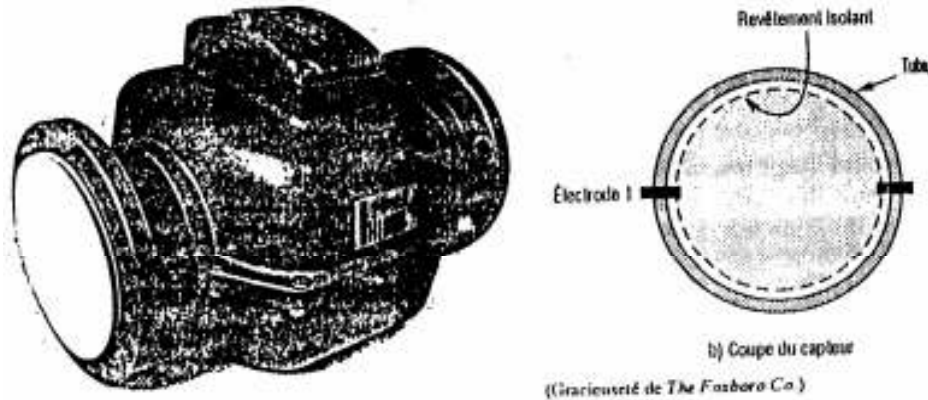
Thông thường, dòng xoay chiều CA của mạng được cấp nguồn bởi 1 cuộn dây sinh ra từ trường, bên cạnh đó cũng xuất hiện ngày càng nhiều các DEM được cung cấp nguồn bởi dòng 1 chiều CC do xung động.

### 2.3.6.2. Thiết bị

Như những lưu lượng kế khác, DEM gồm 2 phần:

- Capteur
- Các đầu đo.

A. Capteur: (Hình 2.18)



Hình 2.18: Cấu tạo của DEM

Một ống không có từ tính, thông thường được làm bằng inox (manchette)

- ống này được nối ở mặt ngoài với couche cách điện làm bằng teflon, néoprène hay polyuréthane, lớp bọc ngoài này không cần thiết trong trường hợp manchette có 1 đoạn được làm bằng sợi thủy tinh.

- Hai cuộn dây cuốn quanh ống không có từ tính, được bố trí cắt ngang và tạo nên 1 từ trường vuông góc với trục dòng chảy.

- Hai điện cực bằng inox hay bạch kim cho phép thu 1 thế điện cảm ứng, chúng được gắn cố định vào thành manchette, cách điện, nằm đối nhau theo phương từ trường và vuông góc đồng thời với trục dòng chảy và trục cuộn dây.

B. Bộ phận đo, transmetteur:

Transmetteur, hay hộp điện nối trực tiếp với capteur.

Bộ phận này đo điện thế tại các đầu kẹp dây của các điện cực và vận chuyển tín hiệu phân tích điện, với dòng từ 4 - 20mA, tần số 0 - 1000Hz hay các giá trị khác (tín hiệu số)

### **2.3.7. Lưu lượng kế siêu âm**

Thiết bị này được phân biệt với các loại khác: Không có các bộ phận động hay tĩnh bên trong ống dẫn.

Có thể đo lưu lượng tức thời của chất lỏng tinh khiết, hoặc chất lỏng có vật chất rắn ở dạng huyền phù, hoặc chứa các bọt khí.

Trong y học, dùng để đo vận tốc máu trong các mạch. Có 2 loại:

- Lưu lượng kế thời gian hành trình
- Lưu lượng kế hiệu ứng Doppler.

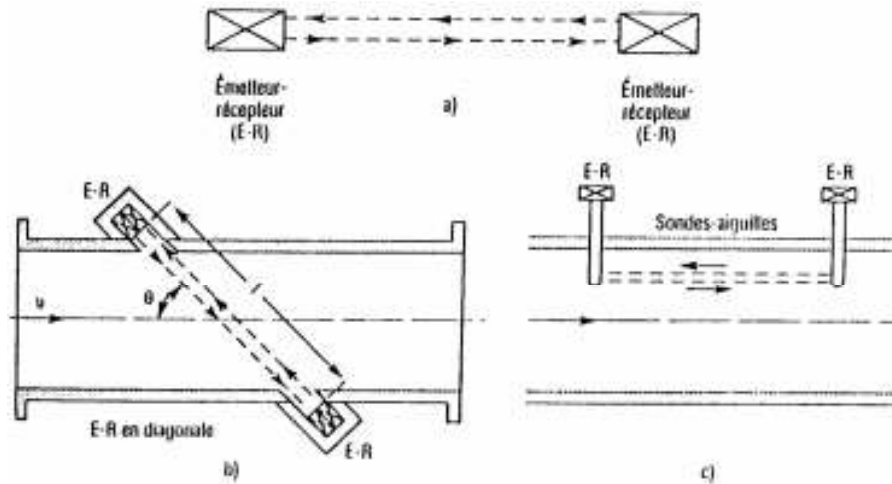
#### **2.3.7.1. Lưu lượng kế thời gian hành trình**

##### **A. Nguyên lý**

Vận hành dựa trên cơ sở sự thay đổi vận tốc lan truyền của âm thanh trong chất lỏng chảy so với vận tốc lan truyền âm thanh trong chất lỏng tĩnh: Vận tốc tăng khi các siêu âm lan truyền theo chiều dòng chảy, vận tốc này giảm khi lan truyền theo chiều ngược lại.

Sự khác nhau về thời gian hành trình của các sóng âm, phát sinh từ sự khác nhau giữa 2 vận tốc lan truyền biểu kiến là hàm của tốc độ chảy.

Do vậy thiết bị bao gồm 2 bộ phát - thu siêu âm bằng cách mỗi đầu dò nhận các sóng phát ra từ các đầu dò khác, hoặc các sóng truyền qua chất lỏng đang lưu chuyển theo 2 chiều (Hình 2.19)



**Hình 2.19: Lưu lượng kế siêu âm thời gian hành trình**

- Nếu chiều dòng chảy trùng với trục lan truyền của sóng âm: (H 2.19a)

$$v = \Delta t \frac{c^2}{2l}$$

$v$  : Vận tốc chảy của chất lỏng giữa 2 đầu dò ;

$\Delta t$  : Chênh lệch thời gian của điểm đầu và cuối của lộ trình;

$c$  : Vận tốc lan truyền của siêu âm trong chất lỏng tĩnh;

$l$  : Khoảng cách giữa 2 đầu dò ;

- Nếu cả 2 đầu dò được bố trí chéo nhau thì: (H2.19b)

$$v = \Delta t \frac{c^2}{2l \cos \theta}$$

Với  $\theta$  là góc giữa trục dòng chảy với trục lan truyền. Khoảng cách giữa 2 đầu dò hơn 3 lần so với đường kính ống dẫn.

- Đối với lưu lượng và đường kính lớn, người ta thường dùng đầu dò kim, các đầu phát và nhận được đặt tại nơi có vận tốc tương ứng với vận tốc trung bình, nói chung các đầu này cách thành bình một khoảng là  $D/5$  ( $D$ : đường kính đường ống dẫn). (H 2.19c)

### **B. Thiết bị và lắp đặt**

Các đầu dò hay bộ chuyển đổi có thể được lắp đặt bên ngoài hay bên trong ống dẫn.

Tần số của các sóng siêu âm phát ra gần bằng 7 MHz.

Thiết bị đo sự khác nhau của các thời gian hành trình  $\Delta t$  truyền các tín hiệu điện tiêu chuẩn tỷ lệ với vận tốc chất lỏng và lưu lượng thể tích của nó.



Các đầu dò có thể tháo được trong quá trình vận hành.

### 2.3.7.2. Lưu lượng kế hiệu ứng Doppler

Nguyên lý hoạt động của thiết bị này dựa trên hiệu ứng Doppler - được phát biểu như sau: Khi một hạt di chuyển nhận một sóng âm với 1 tần số cho trước, tần số của sóng phản hồi sẽ bị thay đổi và sự khác nhau tỷ lệ với vận tốc hạt.

Mối quan hệ cho dưới dạng:

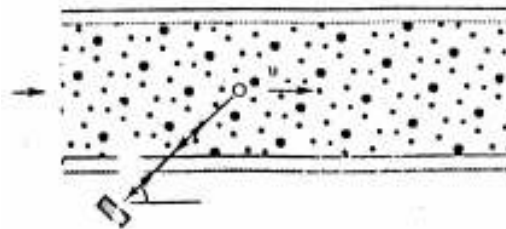
$$V = K \Delta f$$

K : Hằng số, phụ thuộc vào đặc trưng của sóng tới.

$\Delta f$  : Độ chênh lệch giữa 2 tần số.

#### A. Thiết bị

Bộ chuyển đổi hay đầu dò thu phát nằm ngoài ống dẫn (Hình 2.20), điều quan trọng là thành ống dẫn phải truyền âm, các ống dẫn bằng bê tông, đất sét hoặc gang có độ xốp cao không thích hợp do chúng hấp thụ toàn bộ sóng âm.



Hình 2.20 Lưu lượng kế siêu âm hiệu ứng Doppler

#### B. Đặc trưng

- Phương pháp này được áp dụng cho các chất lỏng có bọt khí hay các chất lỏng chứa 0,2% - 60% các chất rắn ở dạng huyền phù, hoặc chất rắn ở dạng bụi trong dòng chảy.

- Lưu lượng kế hiệu ứng doppler có thể sử dụng cho các chất lỏng có lẫn không khí mà lưu lượng kế thời gian hành trình không áp dụng được.

- Sai số của phép đo là gần bằng  $\pm 3\%$ .

### 2.3.8. Lưu lượng kế turbine

Các lưu lượng kế turbine cho phép đo lưu lượng thể tích tức thời hay lấy giá trị trung bình.

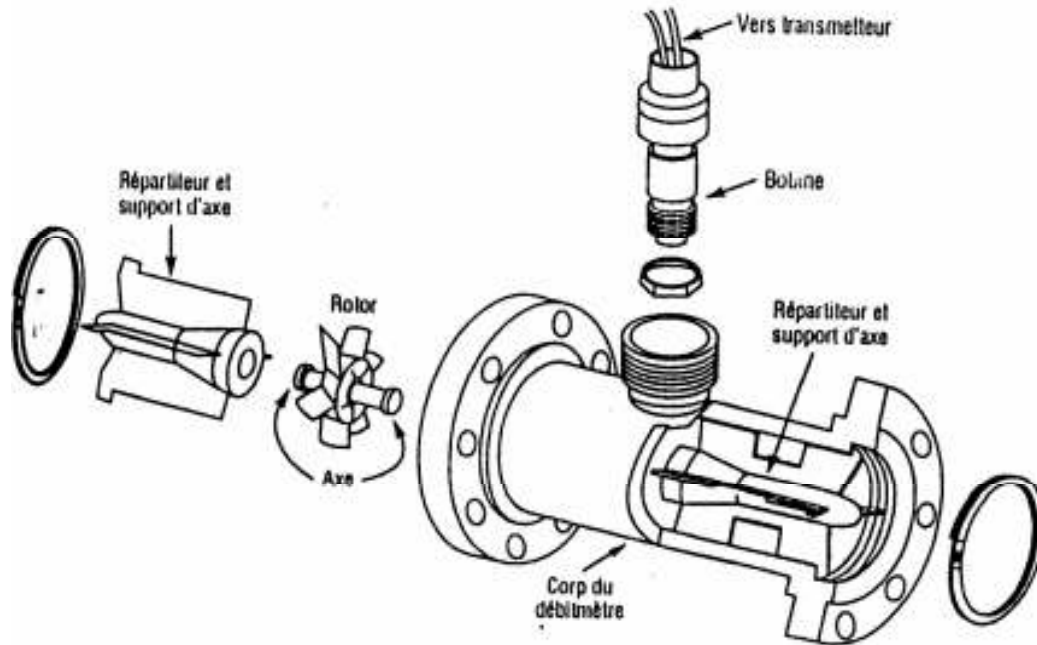
Chúng được sử dụng trong công nghiệp với độ chính xác rất cao, thích hợp với các hoạt động liên tục, chế độ vận hành ổn định.

Thường được dùng để đo lưu lượng chất lỏng, để đo chất khí, lưu lượng kế có 1 chút thay đổi ở cấu tạo turbine.

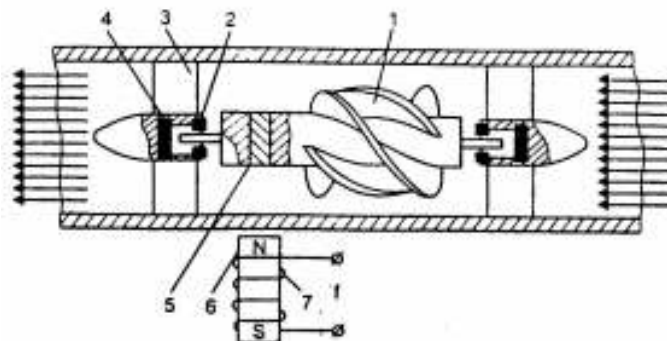
### 2.3.8.1. Nguyên lý hoạt động

Turbine hay cánh quạt nhiều mái chèo, còn được gọi là rotor được đặt đồng trục với ống dẫn.

Chất lỏng chảy qua làm quay turbine với vận tốc góc tỷ lệ với vận tốc trung bình của chất lỏng qua tất cả tiết diện của ống dẫn và tỷ lệ với lưu lượng thể tích của nó.



Hình 2.21a: Lưu lượng kế Turbine



Hình 2.21b: Sơ đồ cấu tạo lưu lượng kế turbin

### 2.3.8.2. Thiết bị

#### A. Capteur

Capteur hay bộ chuyển đổi ở đây là trục chân vịt ( turbine hay rotor), mà 2 trục đứng quay trên 2 gối đệm.

Chúng có thể làm bằng thép hay nhựa tổng hợp, vật liệu làm gối đệm được lựa chọn theo đặc tính của lưu chất, có thể làm bằng carbure hay tungstène hay 1 loại thép bền khác.

Turbine có đường kính bằng với thân trong của lưu lượng kế.

#### B. Đo vận tốc quay

Vận tốc quay của turbine được đo nhờ vào một detector đặt ngoài thân lưu lượng kế.

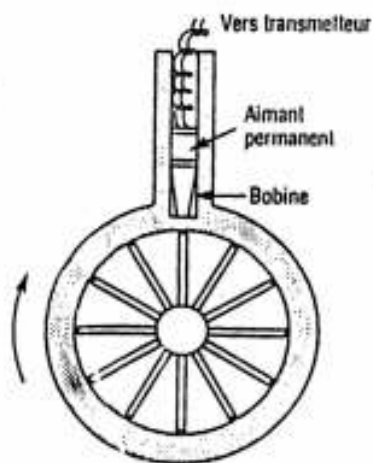
Detector có cấu tạo bao gồm một cuộn dây điện từ, có thể hoạt động theo 2 cách: Réductance và Inductance.

##### \*Réductance

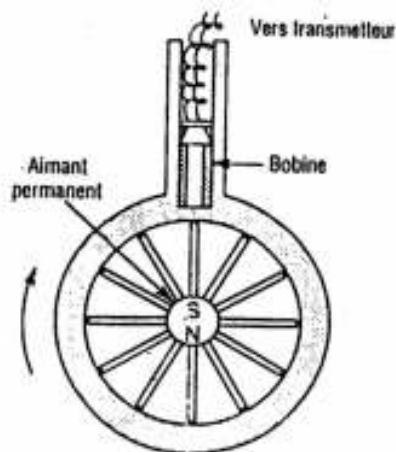
Trong phương pháp này, từ trường được tập trung về 1 điểm.

Các cánh quạt của rotor làm bằng vật liệu thuận từ và có thể bị hút bởi 1 nam châm. Khi qua mỗi cánh quạt gần mặt nó, từ tính lại thay đổi làm phát ra một điện thế trong cuộn dây.

Tần số dao động của điện thế này tỷ lệ với vận tốc và lưu lượng của chất lỏng .



Hình 2.22: Bộ đo réductance



Hình 2.23: Bộ đo induction

##### \*Inductance

Đối với phương pháp này, nam châm vĩnh cửu được lồng khít vào bên trong rotor.

Đối với mỗi vòng quay hoàn toàn, nam châm cung cấp một điện thế có xung động, với tần số tỷ lệ với vận tốc chảy và lưu lượng của chất lỏng (Hình 2.23)

Module điện này sẽ tập hợp các tín hiệu tương ứng với các dao động dưới dạng phân tích hay số tùy theo yêu cầu điều khiển: Hiển thị, đếm hay điều chỉnh.

### **C. Kiểm định**

Việc kiểm định lưu lượng kế turbine được thực hiện trong các nhà máy, hoặc bởi 1 thiết bị thất dòng cài vào phần đầu hay phần cuối của lưu lượng kế.

Nhà sản xuất sẽ cung cấp một đồ thị có liên quan đến những điều kiện làm việc khác nhau (nhiệt độ, độ nhớt, lưu chất ...), dựa vào đó để đánh giá.

Bộ tập hợp tín hiệu có một nhiệt độ nền thiết lập tại thời điểm đánh giá nhờ vào đó, có thể xử lý các tín hiệu của capteur để cho ra các giá trị lưu lượng tức thời hay toàn phần.

## **CHƯƠNG 3: ĐO MỨC**

### **3.1. KHÁI NIỆM CHUNG**

#### **3.1.1. Định nghĩa**

Mức là chiều cao điền đầy các chất lỏng hay các hạt trong các thiết bị công nghệ.

#### **3.1.2. Đơn vị đo**

Mức được đo bằng đơn vị chiều dài.

#### **3.1.3. Phân loại**

1. Dựa vào chức năng: Phân thành .
  - Đo mức môi trường làm việc.
  - Đo khối lượng chất lỏng.
2. Theo phạm vi đo: Phân thành
  - Phạm vi đo rộng: Giới hạn từ 0,5 - 20m.
  - Phạm vi đo hẹp: Giới hạn từ 0 - 500mm.
3. Dựa vào nguyên lý hoạt động: Phân thành.
  - Đo mức bằng cột nước thủy tĩnh.
  - Đo mức bằng các chuyển đổi điện (biến trở, điện dung ...)

### **3.2. ĐO MỨC BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐO ÁP SUẤT THỦY TĨNH**

#### **3.2.1. Nguyên tắc**

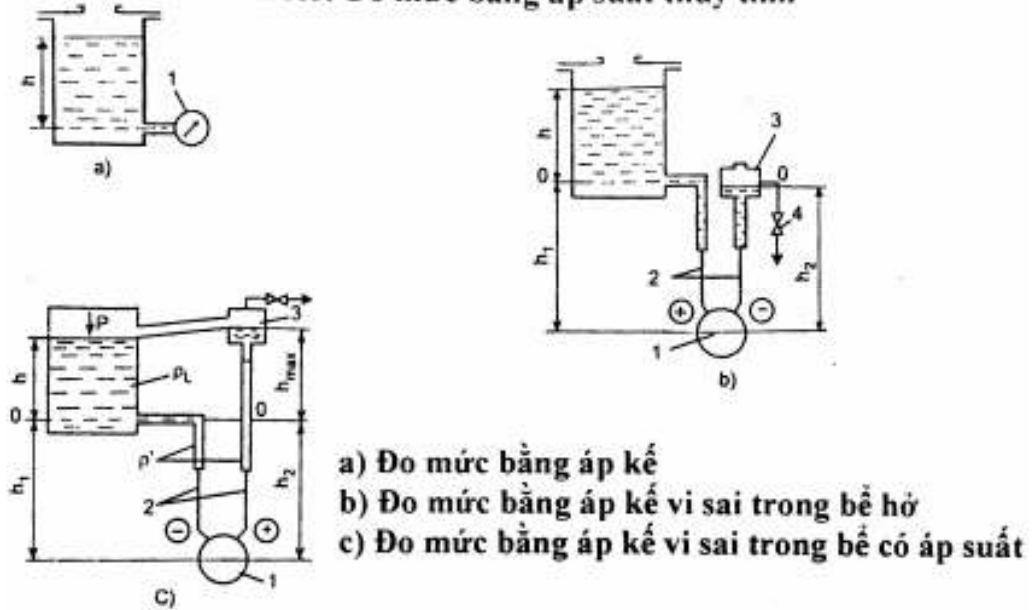
Nguyên tắc của phương pháp là đo áp suất thủy tĩnh P của cột chất lỏng có độ cao h và tỉ trọng  $\varsigma$  không đổi.

$$P = \varsigma \cdot g \cdot h$$

3.2.2. Các phương pháp

Hình 3.1: Đo mức bằng áp suất thủy tĩnh

7



- a) Đo mức bằng áp kế
- b) Đo mức bằng áp kế vi sai trong bể hở
- c) Đo mức bằng áp kế vi sai trong bể có áp suất

1. Đo mức bằng áp kế (Hình 3.1a)

Áp suất đo được từ áp kế liên quan đến chiều cao  $h$  của mức:

$$P = \zeta \cdot g \cdot h$$

2. Đo mức bằng áp kế vi sai trong các bể hở: (Hình 3.1b)

a. Cấu tạo

- 1. Áp kế vi sai
- 2. Ống dẫn
- 3. Bình so sánh (Bình cân bằng)
- 4. Van

b. Nguyên tắc

Áp kế vi sai (1) được nối qua ống dẫn (2) nối với bể chứa và bình so sánh (3). Bình cân bằng (3) dùng để bù áp suất tĩnh tạo ra do cột chất lỏng  $h_1$  trong ống dẫn.

Trong quá trình đo bình cân bằng giữ không đổi van (4) dùng để duy trì mức không đổi trong bình (3).

Khi trọng lượng riêng không đổi với  $h_1 = h_2$  ta có độ giảm áp suất đo bằng áp kế vi sai.

$$\Delta P = \zeta \cdot g \cdot h$$

3. Đo mức bằng áp kế vi sai với bể có áp suất cao (Hình 3.1c)

Bình cân bằng (3) đặt tương ứng với mức cao nhất và nối vào thiết bị .

Áp suất tĩnh  $P$  được đưa vào cả hai ống dẫn và độ giảm áp suất được tính:

$$\Delta P = \zeta' \cdot g \cdot h_{\max} - \zeta_1 \cdot g \cdot h$$

Khi  $h = 0$  ;  $\Delta P = \Delta P_{\max}$ .

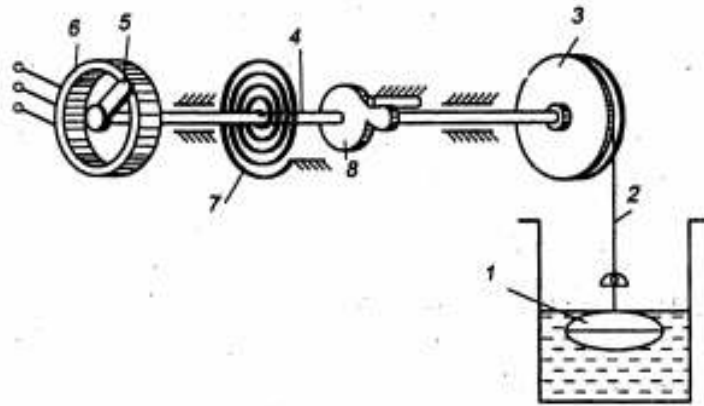
Khi  $h = h_{\max}$  ;  $\Delta P = 0$

### 3.3. ĐO MỨC BẰNG CÁC CHUYỂN ĐỔI ĐIỆN

#### 3.3.1. Đo mức bằng các chuyển đổi biến trở:

##### 1. Cấu tạo (Hình 3.2)

- |             |                |
|-------------|----------------|
| 1. Phao nổi | 5. Con trượt   |
| 2. Sợi dây  | 6. Biến trở    |
| 3. Puly     | 7. Lò xo xoắn  |
| 4. Trục     | 8. Cơ cấu cam. |



Hình 3.2: Sơ đồ dụng cụ đo mức bằng chuyển đổi điện trở

##### 2. Nguyên tắc

Phao nổi (1) phản ánh mức lỏng cần đo được nối với sợi dây (2) gắn vào puly (3). Khi puly quay thì trục (4) gắn với con trượt (5) quay theo và trượt trên biến trở (6)

Đầu dây ra của biến trở được mắc vào mạch đo.

Đường kính của puly được tính sao cho chu vi của nó có độ dài đúng bằng khoảng cách mức cần đo.

Để giữ cho dây treo phao luôn được căng, hệ thống được gắn thêm lò xo xoắn (7) và cơ cấu cam (8) để puly chỉ có thể quay được một vòng.

##### 3. Ứng dụng

- Thiết bị dùng để đo mức chất lỏng có phạm vi từ vài chục centi met đến vài mét.

- Sai số cơ bản là  $\pm 0,5\%$  trong giới hạn thay đổi.

### 3.3.2. Đo mức bằng chuyển đổi điện dung

#### 1. Cấu tạo (Hình 3.3)

1. Chuyển đổi điện dung: Là thanh kim loại thẳng, phủ lớp chống ăn mòn hóa học.

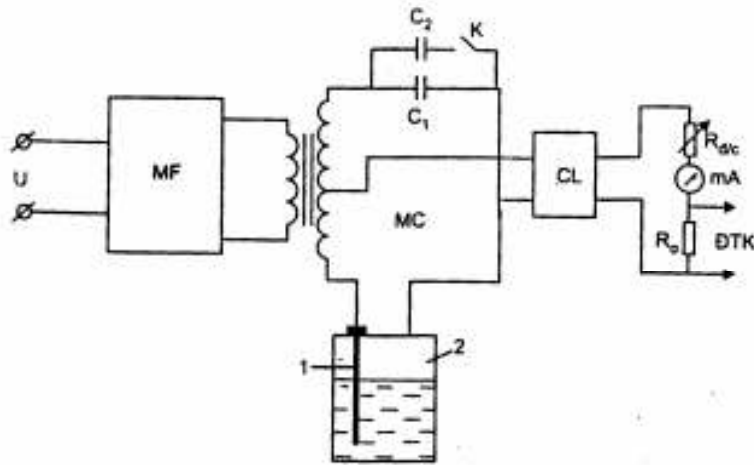
2. Thùng kim loại: Đựng chất lỏng.

MC - Mạch cầu không cân bằng.

$C_1, C_2$  - Tụ điện MF - Máy phát cao tần

CL - Bộ chỉnh lưu Rđ/c - Điện trở điều chỉnh .

ĐTK - Điện thế tự động.



Hình 3.3: Sơ đồ dụng cụ đo mức bằng chuyển đổi điện dung

#### 2. Nguyên tắc

Chuyển đổi điện dung (1) được đặt trong thùng chất lỏng (2)

Khi thùng rỗng, điện dung của thùng là 8pF. Lúc đầy chất lỏng điện dung tăng lên đến 30pF.

Chuyển đổi điện dung được mắc vào một nhánh của mạch cầu không cân bằng (MC), nhánh thứ hai gồm tụ  $C_1$  (8pF) và tụ  $C_2$  (22pF) mắc song song qua khoá K.

Hai nhánh khác của MC là các cuộn dây thứ cấp của máy biến áp.

Mạch cầu được cung cấp bằng một máy phát cao tần (MF) có tần số 1 - 10MHz.

Điện áp ra của MC được chỉnh lưu qua bộ chỉnh lưu (CL)

Để điều chỉnh cho chỉ thị có giá trị cực đại, thực hiện bằng cách đóng khoá k và điều chỉnh điện trở Rđ/c



Chỉ thị có thể là một miliampemet (mA), điện thế kế tự động (ĐTK) hoặc dụng cụ số.

### **3. Ứng dụng**

- Dùng đo các chất lỏng dễ bay hơi, dễ nổ và dễ ăn mòn.
- Khoảng đo từ vài mm đến 5m.
- Có thể đo ở nhiệt độ  $100^{\circ}\text{C}$  và áp suất của bình từ 0 -  $10^6$  N/m<sup>2</sup>.
- Sai số của thiết bị  $\pm 2,5\%$ .
- Sai số phụ 1% khi nhiệt độ thay đổi  $10^{\circ}\text{C}$ .

## CHƯƠNG IV: ĐO ÁP SUẤT

### 4.1. KHÁI NIỆM CHUNG

#### 4.1.1. Định nghĩa

Áp suất là lực tác dụng đều trên một đơn vị diện tích theo phương thẳng đứng

$$F = F/S = \text{Áp lực} / \text{diện tích.}$$

Áp suất là một đại lượng cơ bản để xác định trạng thái nhiệt động học của các chất.

Áp suất tuyệt đối ( $P_{td}$ ), áp suất khí quyển ( $P_{kg}$ ) và áp suất đo ( $P_d$ ) quan hệ theo đẳng thức:

$$P_{td} = P_{kg} + P_d$$

#### 4.1.2. Đơn vị đo

Đơn vị đo áp suất phụ thuộc vào hệ thống đo.

Đơn vị đo áp suất là Pascal (Pa).  $Pa = N/m^2$ .

Ngoài ra có thể dùng: Bar, atm, mm H<sub>2</sub>O, mmHg (Tor)

Dãi đo áp suất từ  $10^{-12}$  ,  $10^{11}$  Pa.

#### 4.1.3. Phân loại

##### 1. Dựa vào áp suất cần đo

- Áp kế: Đo áp suất dư.
- Khí áp kế: Đo áp suất khí quyển.
- Chân không kế: Đo độ chân không.
- Áp kế tuyệt đối: Đo áp suất tính từ 0 tuyệt đối.
- Áp kế vi sai: Đo độ chênh áp.

##### 2. Dựa vào nguyên lý làm việc

- Đo bằng phương pháp trực tiếp.
- Đo bằng phương pháp gián tiếp.

#### 4.1.4. Các phương pháp đo áp suất

Đo áp suất cũng như đo lực có thể theo hai phương pháp:

##### 1. Đo áp suất bằng các chuyển đổi phản ánh trực tiếp đại lượng đo

- Chuyển đổi áp từ có thể đo được áp suất đến  $10 \text{ MN/m}^2$ .
- Chuyển đổi áp điện có thể đo được áp suất đến  $100 \text{ MN/m}^2$ .
- Chuyển đổi điện trở dây có thể đo được áp suất đến  $100 - 400 \text{ MN/m}^2$ .

##### 2. Biến áp suất thành di chuyển: Đo độ di chuyển suy ra áp suất .

## 4.2. THIẾT BỊ ĐO ÁP SUẤT

### 4.2.1. Đo áp suất khí quyển và gân bằng $P_{kq}$

Dựa vào nguyên tắc là đo lực tác dụng lên một đơn vị bề mặt.

Để cân bằng với lực này ta dùng cột chất lỏng hoặc lực lò xo.

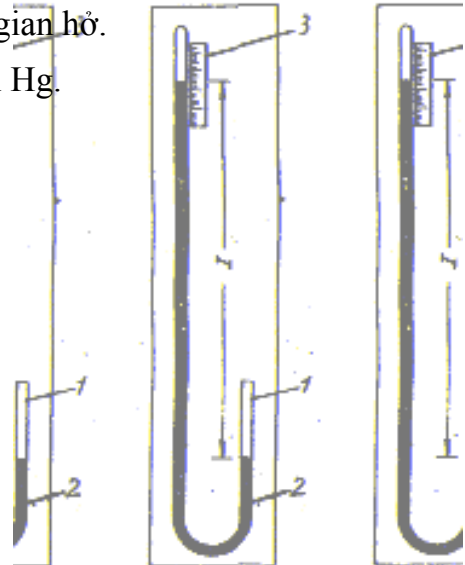
Thiết bị sử dụng là **Baromet**:

- Baromet chỉ áp suất tuyệt đối của không khí.
- Baromet dùng để đo áp suất trong không gian hở.
- Giới hạn đo của Baromet từ 680 - 800mm Hg.

#### 1. Baromet chất lỏng

##### a. Cấu tạo (Hình 4.1)

1. Ống thủy tinh hình chữ U
2. Cột thủy ngân
3. Thang đo.



hình thủy ngân hình thủy ngân

##### b. Nguyên tắc

Ống chữ U (1) gồm một đầu kín khá dài so với đầu hở, trong ống chứa đầy thủy ngân (2) và ở đầu kín tạo thành khoảng chân không.

Trọng lượng của cột Hg ở đầu kín được cân bằng với trọng lượng của cột không khí chất lỏng.

Thang đo milimét (3) đặt giữa hai khuỷu ống, và chỉ số đo thể hiện hiệu số độ cao trong hai ống.

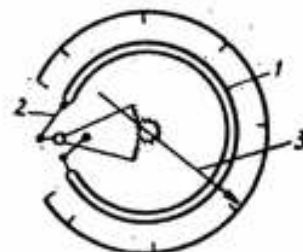
Hiệu số này bằng áp suất của không khí theo mmHg.

Chỉ số đo phụ thuộc vào nhiệt độ của môi trường cần đo, do vậy cần phải nhân với hiệu số điều chỉnh kèm theo loại Baromet.

#### 2. Baromet hình ống:

##### a. Cấu tạo (Hình 4.2)

1. Ống kim loại rỗng
2. Hệ thống đòn bẩy.
3. Kim chỉ .



Hình 4.2: Sơ đồ cấu tạo baromet hình ống

**b. Nguyên tắc**

Áp suất không khí tác dụng lên ống kim loại kín rỗng được uốn cong (1). Nhờ vào hệ thống đòn bẩy (2) nên các dao động do áp suất được khuếch đại và được kim (3) chỉ trên thang đo.

**3. Baromet tự ghi (Hình 4.3)**



**Hình 4.3: Baromet tự ghi**

Cấu tạo chính gồm cánh tay đòn đê lên ngòi bút đặt trên băng giản đồ áp suất - Thời gian. Băng giản đồ được dán trên trống quay.

Trống quay chuyển động được nhờ bộ phận dây cót.

**4.2.2. Đo áp suất lớn hơn áp suất khí quyển:**

Thiết bị sử dụng là Manomet.

**1. Manomet chất lỏng, hở loại thẳng (Hình 4.4)**



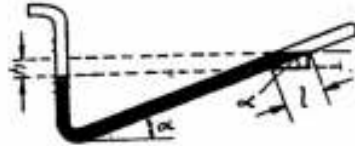
**Hình 4.4:**

**Manomet thẳng đứng**

Cấu tạo chính là một ống hình chữ U hở hai đầu, một đầu được nối với hệ thống có áp suất cần đo.

Ống đựng chất lỏng: Nước, Hg hay silicon.  
Độ chênh lệch áp suất bằng trị số h chỉ trên thang đo.

## 2. Manomet chất lỏng, hở loại nghiêng (Hình 4.5)



**Hình 4.5: Manomet chất lỏng  
hở loại nghiêng**

Loại này có độ nhạy cao hơn so với áp kế thẳng, vì trong nhánh nghiêng chất lỏng sẽ di chuyển trên một khoảng lớn hơn.

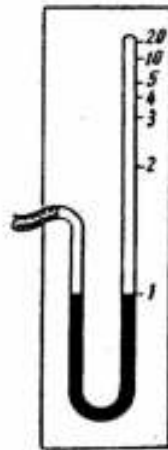
Áp suất của cột h (tính bằng mmHg) được tính:

$$h = l \cdot \sin \alpha$$

Với: l - Chiều dài cột chất lỏng.

$\alpha$  - góc nghiêng.

## 3. Manomet chất lỏng kín (Hình 4.6)



**Hình 4.6:**

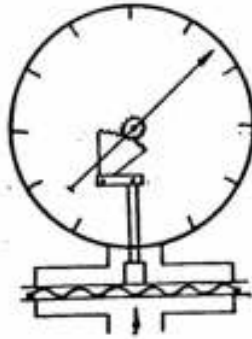
### **Manomet chất lỏng kín**

Gồm 1 ống hình chữ U kín một đầu, đầu hở được nối với hệ thống áp suất cần đo.

Khoảng không nằm trên chất lỏng (Hg) trong nhánh kín là vật đo. Đo chiều dài cột Hg theo thang đo.

Nhược điểm: Độ chia của thang đo không đều, giảm dần khi áp suất càng cao.

#### 4. Manomet kim loại dạng lò xo (Hình 4.7)



Hình 4.7:

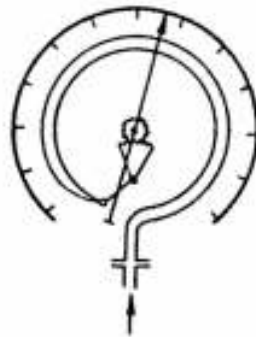
##### Sơ đồ cấu tạo manomet kim loại có lò xo hình phiến

Cấu tạo chính là nắp đàn hồi nối với hệ thống đòn bẩy được gắn với kim chỉ.

Áp suất cần đo sẽ tác dụng lên một bên của nắp, còn áp suất khí quyển sẽ tác dụng lên phía kia.

Kim chỉ trên thang đo sẽ chỉ hiệu số giữa hai áp suất đó.

#### 5. Manomet kim loại dạng hình ống (Hình 4.8)



Hình 4.8:

##### Sơ đồ cấu tạo manomet kim loại hình ống

Cấu tạo chính là một ống hở một đầu được uốn cong, đầu hở được nối với hệ thống cần đo áp suất .

Khi có áp suất , ống kim loại sẽ tác động lên hệ thống đòn bẩy, và dao động sẽ được khuếch đại và được kim chỉ trên thang đo.

#### 4.2.3. Đo áp suất nhỏ hơn áp suất khí quyển

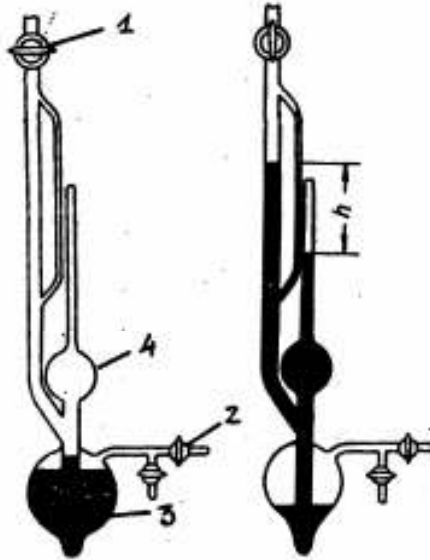
Thiết bị sử dụng là chân không kế

## 1. Áp kế thủy ngân đơn giản

### a. Ứng dụng:

Dùng để đo áp suất trong khoảng 0 - 200 mm Hg.

### b. Cấu tạo (Hình 4.9)



Hình 4.9: Áp kế thủy ngân đơn giản  
a) Vị trí ban đầu. b) Vị trí khi đo

Cấu tạo chính là một ống thủy tinh hình chữ U

- |                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 1. Khoá nối với hệ thống    | 3. Bầu Hg  |
| 2. Khoá thông với khí quyển | 4. Bầu khí |

### c. Nguyên tắc

- Vị trí ban đầu: Mực Hg trong bầu cân bằng
- Vị trí khi đo: Mở khoá trên (1) để nối với hệ thống cần đo, đồng thời mở khoá (2) từ từ để cho không khí vào bầu Hg (3).
- Dưới tác dụng của áp suất khí quyển, Hg được dâng lên trên áp kế và nén không khí trong bầu (4)

Áp suất của khí bằng hiệu số h giữa hai mực Hg và được đo trên thang chia. Thường tiến hành đo nhiều lần.

## 2. Áp kế Maxleot

### a. Ứng dụng

Dùng để đo áp suất rất bé, khoảng  $10^{-6}$  mmHg

**b. Cấu tạo (Hình 4.10)**

Cấu tạo chính là một ống thuỷ tinh hình chữ U

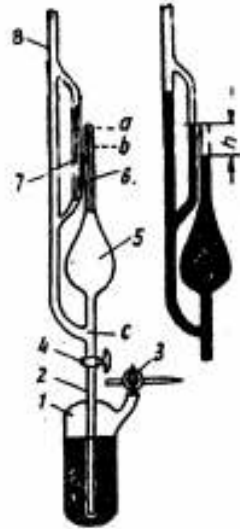
1. Bầu thuỷ ngân

5. Bầu

2,8. Các ống

6,7. Ống mao quản

3,4. Các khoá



**Hình 4.10: Áp kế Maxleot**

**c. Nguyên tắc**

Đầu trên của ống (8) được gắn với hệ thống cần đo

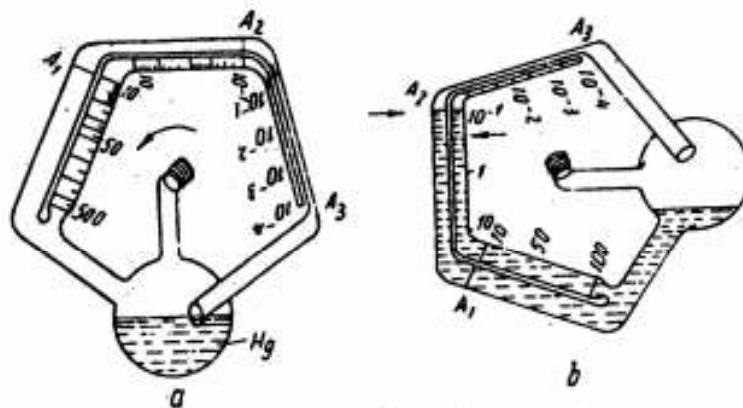
Khi đo, mở từ từ khoá (3) để không khí vào bầu (1), dưới tác dụng của áp suất khí quyển, Hg dâng lên đầy bầu (5), trước đó áp suất trong bầu (5) bằng áp suất cần đo.

Có thể điều chỉnh tốc độ không khí nhờ khoá (4). Lúc này khí trong bầu (5) nặng bị nén lại trong mao quản (6).

Áp suất của khí nén bằng hiệu số h giữa hai mực thuỷ ngân trong mao quản (6) và (7).

**3. Áp kế Mozơ (Hình 4.11)**





Hình 4.11: Áp kế Mozo  
a) Vị trí ban đầu b) Vị trí khi đo

**a. Nguyên tắc:** Giống áp kế Maxleot

Khi đo quay áp kế ngược chiều kim đồng hồ, dựa vào mức chỉ của Hg, đồng thời nhánh bên trong có lắp thang đo logarit ta sẽ xác định được áp suất trong hệ.

Thường áp kế có 3 vùng đo:

- Từ  $10^{-4}$  -  $10^{-1}$  mmHg
- Từ  $10^{-1}$  - 10 mmHg
- Từ 10 - 500 mmHg

**b. Ưu điểm:**

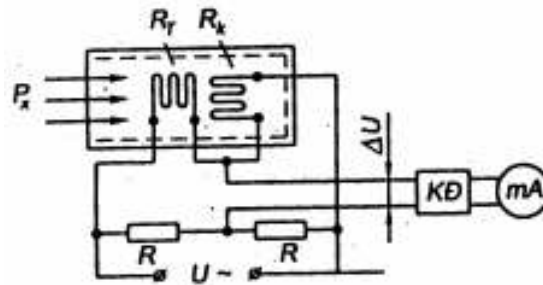
Lượng Hg sử dụng ít (khoảng 80 - 300g)

#### 4.2.4. Áp kế điện trở lực căng

1. Cấu tạo: (Hình 4.12)

Thiết bị gồm ống rỗng tròn bằng thép, trên bề mặt ống có dính 2 điện trở lực căng  $R_T$  và  $R_X$  mắc cùng với 2 điện trở  $R$  tạo thành mạch cầu

- $R_T, R_X$  - Điện trở lực căng (điện trở Tenxo)
- $R$  - Điện trở
- KĐ - Bộ khuếch đại



Hình 4.12:

**Sơ đồ áp kế điện trở lực căng**

2. Nguyên tắc:

Khi có áp suất  $P_x$  cần đo, bề mặt của ống bị nén biến dạng

Độ biến dạng được tính:

$$\varepsilon = P_x \cdot r / E \cdot h$$

Trong đó:

- $P_x$  - Áp suất cần đo
- $r$  - Đường kính ống
- $h$  - Chiều dày thành ống
- $E$  - Môđun đàn hồi của thép

Độ biến dạng  $\varepsilon$  được phản ánh nhờ điện trở lực căng  $R_T$ , còn điện trở  $R_K$  đính dọc ống dùng để bù nhiệt độ.

Khi điện áp  $U = \text{const}$  thì điện áp đầu ra của mạch cầu  $\Delta U$  tỉ lệ với  $P_x$ .

Để tăng tín hiệu ra cần mắc thêm bộ khuếch đại (KĐ)

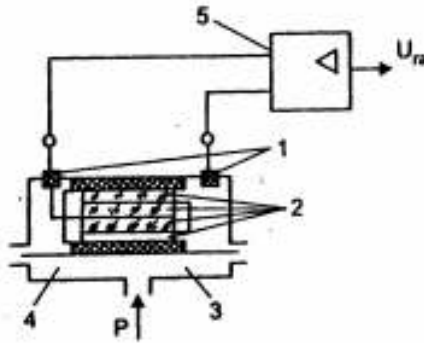
3. Ứng dụng:

- Dải đo áp suất :  $5 \cdot 10^4 - 10^7$  Bar
- Sai số quy định :  $\pm 1,5\%$
- Do quán tính nhỏ nên thiết bị thường dùng đo áp suất biến thiên nhanh và tín hiệu ra được ghi trên dao động kí (cơ khí hoặc điện tử)

**4.2.5. Áp kế áp điện**

1. Cấu tạo: (Hình 4.13)

- |                      |                  |
|----------------------|------------------|
| 1. Điện cực          | 4. Màng đàn hồi  |
| 2. Áp điện thạch anh | 5. Bộ khuếch đại |
| 3. Buồng             |                  |



**Hình 4.13: Áp kế áp điện**

**2. Nguyên tắc:**

Dưới tác dụng của áp suất P, màng đàn hồi (4) tạo nên một lực nén lên áp điện thạch anh (2) có đường kính  $D = 5 \text{ mm}$ , chiều dày  $\delta = 1 \text{ mm}$

Điện tích q xuất hiện ở điện cực (1) được đưa vào bộ khuếch đại điện tử (5). Bộ KĐ có tổng trở là  $10^{13} \Omega$ .

Quan hệ giữa điện tích q và áp suất P là:

$$Q = K \cdot F \cdot P$$

Với: K. Hệ số

F. Diện tích hữu ích của màng

**3. Ứng dụng:**

- Giới hạn đo: 2,5 - 100Mpa
- Cấp chính xác 1,5 - 2
- Dùng để đo và kiểm tra áp suất trong hệ thống có dòng chảy

nhanh

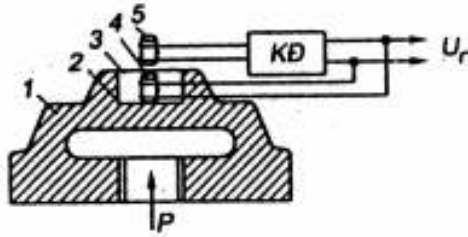
**4.2.6. Đo áp suất bằng thiết bị số**

**1. Nguyên lý**

- Biến lực, áp suất thành tần số hoặc điện áp
- Đo tần số hoặc điện áp bằng các dụng cụ số

**2. Thiết bị đo áp suất theo nguyên lý biến áp suất thành tần số**

a. Cấu tạo: (Hình 4.14)



**Hình 4.14: Sơ đồ chuyển đổi áp suất thành tần số**

- 1. Màng
- 2. Giá đỡ
- 3. Màng rung
- 4,5. Phân cực
- KĐ. Bộ khuếch đại

Các chi tiết 1, 2, 3 .. được chế tạo thành một khối và cùng loại vật liệu.

*b. Nguyên tắc:*

Áp suất đo P tác động lên màng (1), qua giá đỡ (2) kéo căng màng rung (3).

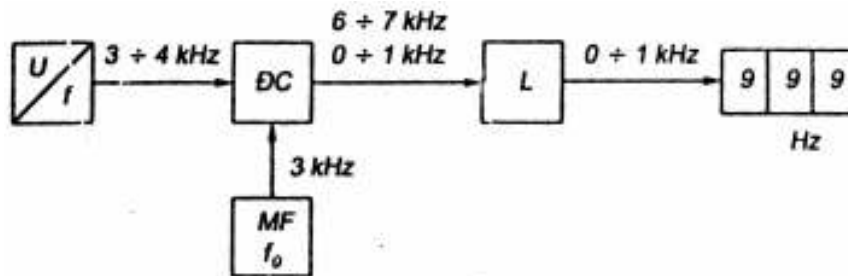
Tần số dao động của màng rung khi chưa có P là 3kHz, khi có áp suất thì tần số tăng lên 4 kHz.

Dao động của màng rung được duy trì nhờ bộ biến đổi điện từ phân cực (4) cung cấp đầu ra của bộ KĐ.

Điện áp đưa vào KĐ cũng lấy từ bộ biến đổi điện từ phân cực (5) và (4) do dao động của màng rung.

Điện áp ra  $U_r$  đồng bộ với tần số của màng.

*c. Sơ đồ khối: (Hình 4.15)*



**Hình 4.15: Sơ đồ khối áp kế chỉ thị số**

- U/f : Bộ biến đổi áp suất - tần số
- ĐC : Bộ điều chỉnh điện áp
- L : Bộ lọc tần số thấp
- MF : Máy phát

Bộ U/f đưa ra tần số 3kHz khi chưa có áp suất và tăng lên 4kHz khi tăng áp suất.

Nhờ bộ ĐC, điện áp này được trộn với điện áp của MF có tần số cố định 3kHz.

Đầu ra của bộ ĐC, gồm tổng của hai tần số thay đổi từ 6 - 7kHz và hiệu tần số là 1kHz.

Bộ lọc tần số thấp (L) chỉ cho tần số 1kHz đi qua và sự thay đổi áp suất đo là hàm của tần số biến thiên từ 0 - 1kHz.

Tần số được đo bằng tần số kế chỉ thị số hoặc được xử lý bằng máy tính.

## CHƯƠNG V: ĐO NHIỆT ĐỘ

### 5.1. KHÁI NIỆM CHUNG

#### 5.1.1. Định nghĩa

Nhiệt độ là một đại lượng đặc trưng cho độ nóng của vật và được xác định theo năng lượng động học bên trong của quá trình chuyển động của các phân tử.

Nhiệt độ không thể biểu hiện theo đơn vị tuyệt đối và là một đại lượng không có kích thước.

#### 5.1.2. Đơn vị đo nhiệt độ

##### 1. Thang nhiệt độ động học (Thang nhiệt độ tuyệt đối)

Dựa trên cơ sở định luật thứ hai của nhiệt động học

Thang này có tính chất tuyến tính và không phụ thuộc vào tính chất của vật đo.

Độ Kenvin ( $^{\circ}\text{K}$ ) là đơn vị đo nhiệt độ theo thang nhiệt động.

Đối với thang này, điểm chuẩn thực nghiệm là điểm ba của nước (Nhiệt độ cân bằng giữa ba trạng thái Rắn - Lỏng - Hơi):  $t_0^{\circ} = 273,16^{\circ}\text{K}$ .

##### 2. Thang nhiệt độ quốc tế (Thang nhiệt độ bách phân - Cenziut)

Đơn vị đo là độ Cenziut ( $^{\circ}\text{C}$ )

Theo thang này điểm tan của nước đá và điểm sôi của nước ở điều kiện tiêu chuẩn là  $0^{\circ}\text{C}$  và  $100^{\circ}\text{C}$ .

Mối liên quan giữa nhiệt độ Kenvin (T) và nhiệt độ bách phân (t):

$$T = t + 273,15 \quad (^{\circ}\text{K})$$

$$T = T - 273,16 \quad (^{\circ}\text{C})$$

Vì nhiệt độ điểm ba của nước cao hơn nhiệt độ của nước đá đang tan là  $0,01^{\circ}\text{K}$ .

#### 5.1.3. Nguyên lý

Để đo nhiệt độ của một vật phải dựa trên các hiện tượng truyền nhiệt (dẫn nhiệt, đối lưu và bức xạ nhiệt).

Nhiều đại lượng vật lý phụ thuộc vào nhiệt độ, vì vậy có thể thông qua việc đo một thông số vật lý nào đó của vật để từ đó suy ra nhiệt độ.

#### 5.1.4. Các phương pháp đo nhiệt độ

Dựa vào yêu cầu kỹ thuật, dải đo nhiệt độ, có thể thực hiện bằng hai phương pháp:

*1. Phương pháp đo trực tiếp (Tiếp xúc)*

Đây là phương pháp mà các chuyển nhiệt điện được đặt trực tiếp trong môi trường cần đo.

Thường sử dụng để đo khoảng nhiệt độ trung bình và thấp.

*2. Phương pháp đo gián tiếp (Không tiếp xúc)*

Ở phương pháp này dụng cụ đo đặt ở ngoài môi trường đo.

Thường sử dụng để đo khoảng nhiệt độ cao.

**5.1.5. Phân loại nhiệt kế:**

Dựa vào nguyên lý, ta chia thành các nhóm sau:

**1. Nhiệt kế co giãn:** Đo sự biến thiên thể tích của vật (chủ yếu là chất lỏng) khi nhiệt độ biến thiên.

**2. Nhiệt kế áp suất:** Đo sự thay đổi áp suất (khí, hơi, lỏng) theo nhiệt độ trong không gian kín.

**3. Nhiệt kế điện:** Gồm có

- Nhiệt kế điện trở
- Cặp nhiệt điện
- Nhiệt kế bán dẫn (Ternisto)

**4. Nhiệt kế quang học:** Gồm có

- Hoả kế quang học
- Hoả kế bức xạ
- Hoả quang kế màu sắc

**Bảng 5.1: Dụng cụ và phương pháp đo với các dải đo khác nhau.**

Nhiệt kế	Nhiệt độ °C				
	-270 100000	0	1000	2000	3000
Nhiệt điện trở					
- Platin	=====				
- Niken	=====				
- Đồng	=====				
- Bán dẫn	=====				
Cặp nhiệt điện					
- Vật liệu quý			=====		
- Vật liệu thường		=====			
Hoả quang kế					
- Bức xạ			=====		
- Màu sắc			=====	=====	
- Cường độ sáng			=====	=====	

## 5.2. ĐO NHIỆT ĐỘ BẰNG PHƯƠNG PHÁP TRỰC TIẾP

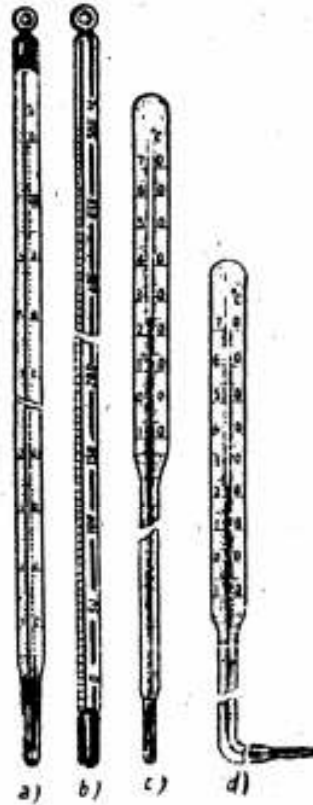
### 5.2.1. Nhiệt kế co giãn (Hình 5.1)

Cấu tạo chính là các ống thủy tinh, bên trong có mao quản và bầu chứa các chất lỏng tùy theo khoảng nhiệt độ cần đo.

**Bảng 5.2: Các chất lỏng sử dụng trong nhiệt kế**

Chất lỏng chứa trong nhiệt kế	Khoảng nhiệt độ đo °C
Thủy ngân	- 30 ÷ +550
Rượu etylic	- 65 ÷ + 65
Toluen	- 0 ÷ - 90
Pentan	- 20 ÷ -180





Hình 5.1: Nhiệt kế

- a) Nhiệt kế thủy ngân thường
- b) Nhiệt kế nạp khí hình đũa
- c) Nhiệt kế thẳng kỹ thuật
- d) Nhiệt kế cong kỹ thuật

## 1. Nhiệt kế thủy ngân

Có hai dạng :

### a. Nhiệt kế thủy ngân dạng hình ống:

Ống mao quản được đặt trên bảng có chia độ và ống đặt ở giữa

### b. Nhiệt kế thủy ngân dạng hình đũa:

Ống mao quản có thành dày, ở thành ngoài của mao quản được khắc độ.

## 2. Nhiệt kế nạp khí

Trong mao quản được nạp loại khí không tác dụng với Hg, chẳng hạn khí Nitơ.

Loại này có thể đo nhiệt độ đến  $+ 550^{\circ}\text{C}$ . Nếu không có khí trợ thì khoảng nhiệt độ này Hg sẽ bay hơi.

### 5.2.2. Nhiệt kế áp suất

Dựa vào nguyên tắc hoạt động, chia thành hai dạng:

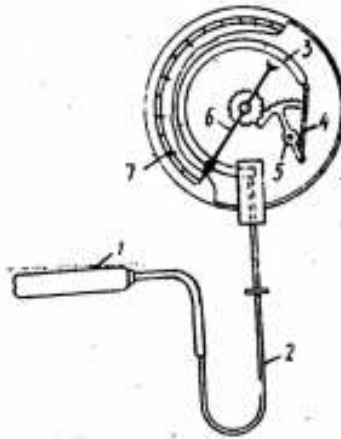
- Dạng khí và dạng lỏng
- Dạng hơi

Nguyên tắc hoạt động của nhiệt kế dạng khí và lỏng dựa vào việc đo áp suất của chất khí hoặc chất lỏng.

Nguyên tắc hoạt động của nhiệt kế dạng hơi dựa vào việc đo áp suất hơi bão hoà.

Cả hai áp suất này đều phụ thuộc vào nhiệt độ.

### 1. Cấu tạo (Hình 5.2)



**Hình 5.2:**  
**Sơ đồ cấu tạo áp nhiệt kế**

- |                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| 1. Bầu nhiệt kế     | 5. Bánh răng hình quạt |
| 2. Ống mao quản     | 6. Kim chỉ             |
| 3. Lò xo áp kế rộng | 7. Thang chia độ       |
| 4. Thanh truyền     |                        |

### 2. Nguyên tắc:

Đối với những nhiệt kế dạng khí và lỏng thì nạp chất vào đầy bầu nhiệt kế.

Đối với những nhiệt kế dạng hơi thì nạp 2/3 chất, phần thể tích còn lại được nạp bằng hơi của chất này.

Ống mao dẫn (2) nối bầu (1) với áp kế và lò xo rộng (3) được nạp bằng chất lỏng có nhiệt độ sôi cao (thường dùng hỗn hợp Nước - Glyxerin).

Khi nhiệt độ thay đổi, áp suất trong bầu (1) thay đổi và qua chất lỏng chứa trong mao quản (2) nó tác dụng lên thành lò xo (3) và được truyền qua thanh (4), nhờ bánh răng (5) làm kim (6) chỉ trên thang chia độ (7).

Để tăng độ chính xác thì bầu nhiệt kế (10 có thể tích rất lớn so với ống mao quản (2).

Nhiệt kế hơi có nhược điểm là thang chia độ không đều (nhỏ dần)

Không được đun nhiệt kế áp suất quá nhiệt độ giới hạn cho phép.

### 5.2.3. Nhiệt kế cặp nhiệt ngẫu:

1. Nguyên lý: (Hình 5.3)

Nhiệt kế cặp nhiệt ngẫu dựa trên hiệu ứng Thomson và Seebeck: Khi nhiệt độ ở hai đầu  $t_1$  và  $t_0$  khác nhau chúng sẽ tạo thành một sức điện động:

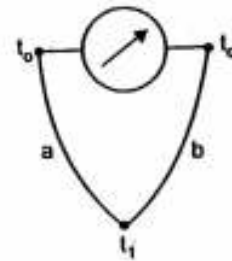
$$E_{ab}(t_1, t_0) = E_{ab}(t_1) - E_{ab}(t_0)$$

Nếu giữ cho nhiệt độ  $t_0$  không đổi và  $t_1$  phụ thuộc vào môi trường đo nhiệt độ thì:

$$E_{ab}(t_1, t_0) = E_{ab}(t_1) - C = f(t)$$

Với C là hằng số

Các thanh kim loại a, b (cặp nhiệt) được chế tạo từ các chất khác nhau phụ thuộc vào dải nhiệt độ làm việc (từ  $-276 \div +1700^\circ\text{C}$ ).



**Hình 5.3:**  
Sơ đồ nhiệt kế nhiệt ngẫu

**Bảng 5.3: Các cặp nhiệt điện thông dụng**

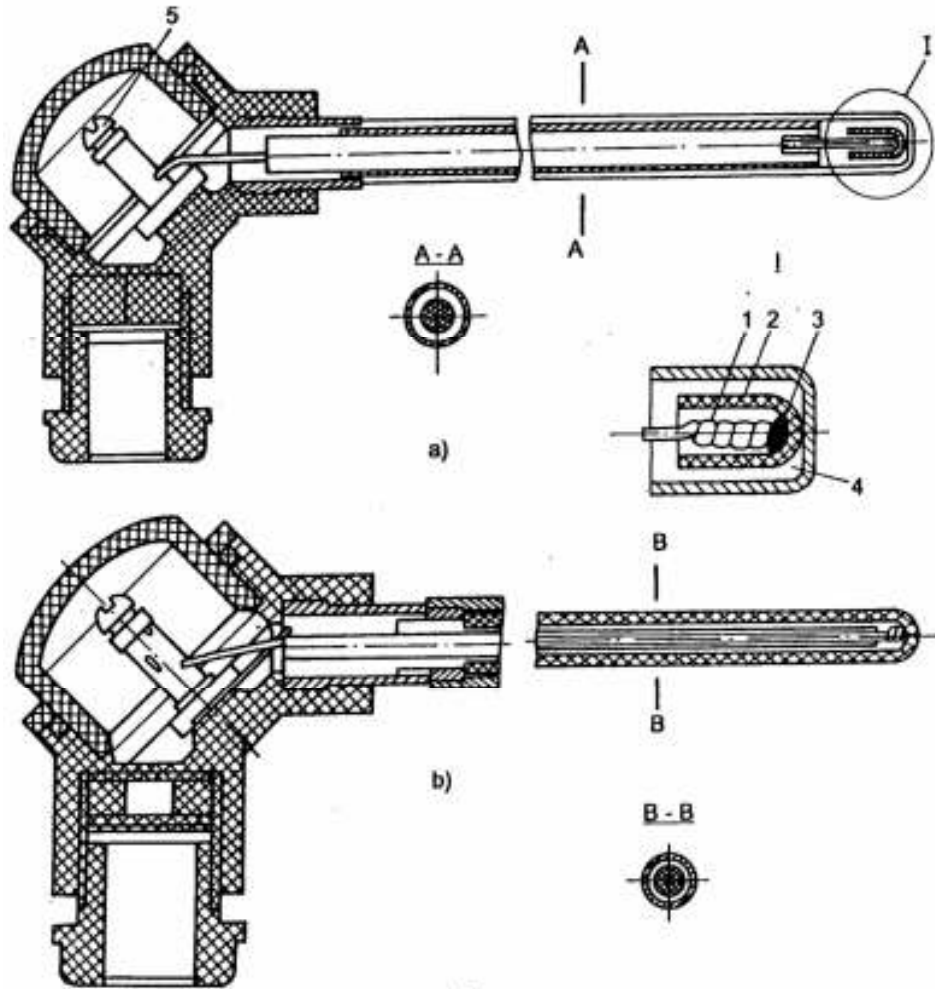
Cặp nhiệt	Dải nhiệt độ làm việc	Sức điện động (mV)	Độ chính xác
Đồng/ Constantan $\Phi = 1,63 \text{ mm}$	$-270 \div 370$	$-6,25 \div 19$	$(-40^\circ\text{C} \div 100^\circ\text{C}) \pm 0,8\%$ $(-100^\circ\text{C} \div 350^\circ\text{C}) \pm 0,75\%$
Cromel/ Alumel $\Phi = 3,25 \text{ mm}$	$-270 \div 1250$	$-5,35 \div 50,63$	$(0^\circ\text{C} \div 400^\circ\text{C}) \pm 3^\circ\text{C}$ $(400^\circ\text{C} \div 800^\circ\text{C}) \pm 0,75\%$
Cromel/ Constantan $\Phi = 3,25 \text{ mm}$	$-276 \div 870$	$-9,8 \div 66,4$	$(0^\circ\text{C} \div 400^\circ\text{C}) \pm 3^\circ\text{C}$ $(400^\circ\text{C} \div 870^\circ\text{C}) \pm 0,75\%$
Platin - Rodi (10%) /Plain $\Phi = 0,51 \text{ mm}$	$-50 \div 1500$	$-0,23 \div 15,5$	$(0^\circ\text{C} \div 600^\circ\text{C}) \pm 2,5\%$ $(600^\circ\text{C} \div 1500^\circ\text{C}) \pm 0,4\%$
Platin - Rodi / Plain Rodi (30/6) $\Phi = 0,51 \text{ mm}$	$0 \div 1700$	$0 \div 12,42$	$(870^\circ\text{C} \div 1700^\circ\text{C}) \pm 0,5\%$

2. Cấu tạo: (Hình 5.4)

- |                     |               |
|---------------------|---------------|
| 1. Dây kim loại     | 4. Vỏ thép    |
| 2. Ống sứ cách điện | 5. Đầu nối ra |

### 3. Đầu hàn

Trong đó các dây kim loại được lồng vào ống sứ cách điện, bên ngoài là vỏ thép không rỉ và chịu được nhiệt độ cao. Đầu dây ra được nối vào hộp đầu nối chỉ thị.



Hình 5.4: Cấu tạo cặp nhiệt ngẫu

### 3. Mạch đo của nhiệt kế nhiệt ngẫu: (Hình 5.5)

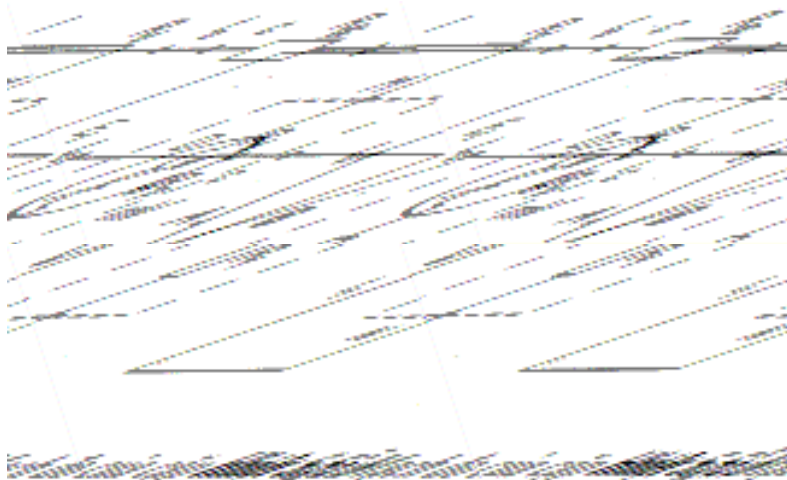
$R_d$  - Điện trở đường dây

$R_{dc}$  - Điện trở điều chỉnh

$R_p, R_f$  - Điện trở của mV

mV - milivolmet

Để giảm sai số đo thì điện trở thì của mV càng lớn càng tốt, thường lớn gấp 40 - 50 lần điện trở của mạch đo.



#### 5.2.4. Nhiệt kế nhiệt điện trở

##### 1. Nguyên lý

Nhiệt kế nhiệt điện trở sử dụng chuyển đổi nhiệt điện trở

Chuyển đổi nhiệt điện trở là một thiết bị biến đổi nhiệt độ thành sự thay đổi thống số điện trở R

$$R_T = f(t)$$

Với t là nhiệt độ

##### 2. Phân loại

Chia thành :

- Nhiệt điện trở kim loại
- Nhiệt điện trở bán dẫn

##### 3. Nhiệt điện trở kim loại:

a. Cấu tạo: (Hình 5.6)

Nhiệt kế kim loại được chế tạo dưới dạng kim loại hoặc màng mỏng kim loại có điện trở suất thay đổi theo nhiệt độ.

Các nhiệt điện trở kim loại thường làm bằng: Platin, Niken, Đồng

Thiết bị được chế tạo theo hai dạng:

- Nhiệt điện trở dây quấn: (Hình 5.6a)

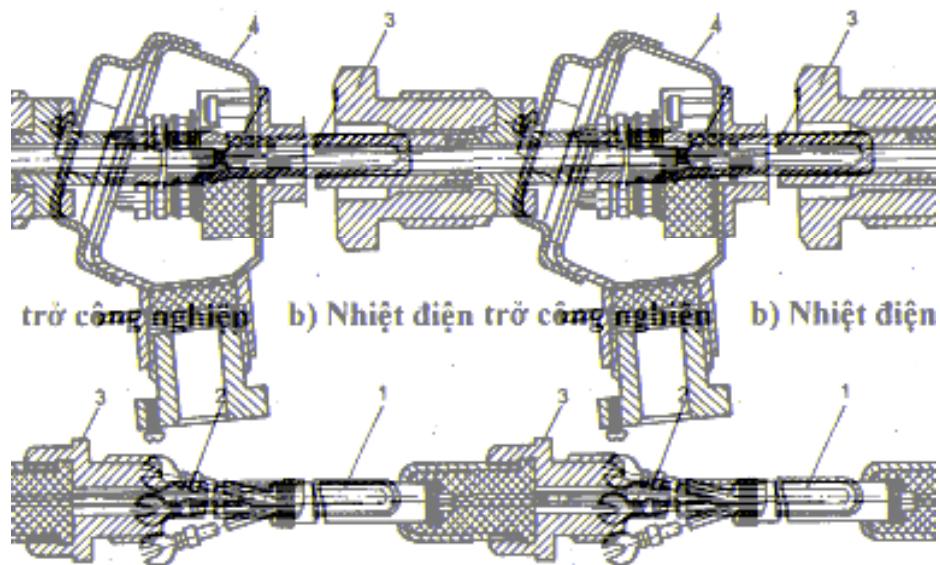
- |                       |                  |
|-----------------------|------------------|
| 1. Dây nhiệt điện trở | 3. Bột Oxit nhôm |
| 2. Ống sứ cách điện   | 4. Vỏ bọc        |

- Nhiệt điện trở công nghiệp: (Hình 5.6b)

- |                       |               |
|-----------------------|---------------|
| 1. Dây nhiệt điện trở | 3. Ô đỡ       |
| 2. Ống thép bảo vệ    | 4. Hộp đầu ra |



trở dây quấn      a) Nhiệt điện trở dây quấn      a) Nhiệt điện



điện trở kim loại Hình 5.6: Nhiệt điện trở kim loại Hình 5.6: Nhiệt

b. Nguyên tắc:

Quan hệ giữa nhiệt độ và điện trở được biểu diễn:

$$R_T = R_0 (1 + \alpha \cdot t)$$

Với:  $R_0$  - Điện trở ở điều kiện chuẩn

$\alpha$  - Hệ số nhiệt độ

$t$  - Nhiệt độ môi trường

**Bảng 5.4: Hệ số  $\alpha$  và dải nhiệt độ sử dụng**

Vật liệu	$\alpha$ (1/°C)	Dải nhiệt độ, °C
Đồng (Cu)	$4,3 \cdot 10^{-3}$	- 50 ÷ 200

Niken (Ni)	$5 \cdot 10^{-3}$	- 195 ÷ 260
Platin (Pt)	$\approx 4,3 \cdot 10^{-3}$	- 260 ÷ 1400

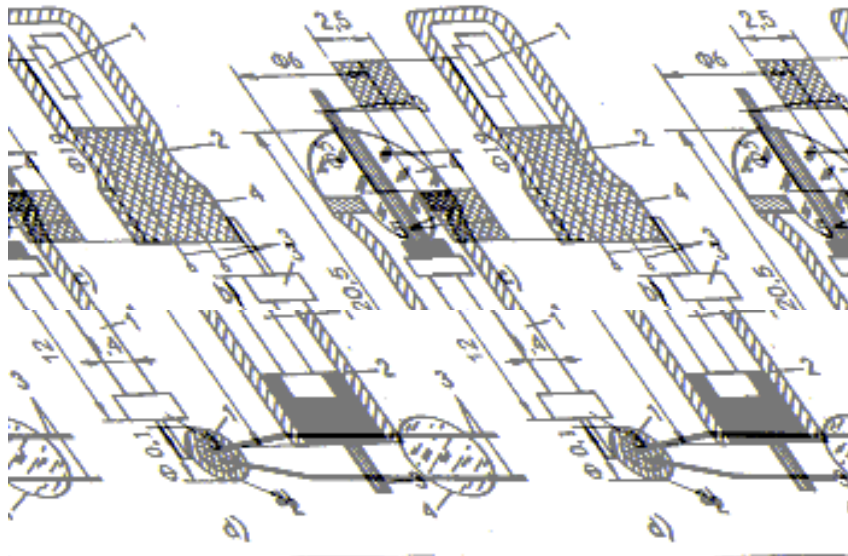
**4. Nhiệt điện trở bán dẫn: (Ternisto)**

**a. Cấu tạo: Hình (5.7)**

Là điện trở chế tạo từ hỗn hợp các Oxit bán dẫn đa tinh thể như: MgO, MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO ... Các bột Oxit này được trộn theo một tỷ lệ nhất định, được nén định dạng và thiêu kết ở nhiệt độ 1000<sup>0</sup>C.

Các nhiệt điện trở bán dẫn được chế tạo với hình dáng khác nhau: Hình trụ, đĩa, vòng ...

- 1. Điện trở
- 2. Vỏ kim loại
- 3. Hai đầu ra
- 4. Cách điện



Hình 5.7: Nhiệt điện trở bán dẫn

**b. Nguyên tắc:**

Quan hệ giữa điện trở và nhiệt độ được tính:

$$R_T = R_0 \cdot \text{Exp} [B(1/T - 1/T_0)]$$

Với:

R<sub>0</sub> - Điện trở ở nhiệt độ tuyệt đối T<sub>0</sub>

B - Hệ số nằm trong khoảng 3000 - 5000 <sup>0</sup>K

Độ nhạy nhiệt độ:

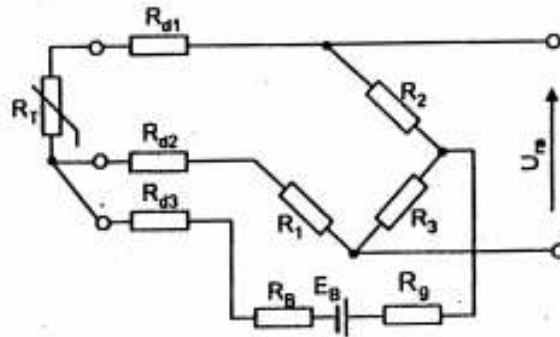
$$\alpha_R = - B/T^2$$

**c. Đặc tính:**

- Điện trở bán dẫn có độ nhạy nhiệt rất cao, gấp hàng chục lần nhiệt điện trở kim loại.

- Dải nhiệt độ làm việc từ vài độ tuyệt đối ( $^{\circ}\text{K}$ ) đến  $300^{\circ}\text{C}$

### 5. Mạch đo nhiệt điện trở (Hình 5.8)



Hình 5.8: Mạch đo nhiệt điện trở

Thường sử dụng mạch cầu kết hợp với các mạch khuếch đại để tăng độ nhạy của thiết bị.

Trong đó:

$R_1, R_2, R_3, R_T$ : Các điện trở mạch cầu

$R_T$ : Nhiệt điện trở

## 5.3. ĐO NHIỆT ĐỘ BẰNG PHƯƠNG PHÁP GIÁN TIẾP

### 5.3.1. Hoả quang kế quang học (HQQ cường độ sáng)

#### 1. Nguyên lý

Phương pháp này dựa trên định luật bức xạ của vật đen tuyệt đối.

Bức xạ nhiệt của vật được đặc trưng bằng mật độ phổ  $E_{\lambda}$

$E_{\lambda}$  là số năng lượng bức xạ trong một đơn vị thời gian với một đơn vị diện tích của vật và xảy ra trên một đơn vị độ dài sóng.

$$E_{\lambda} = \varepsilon_{\lambda} \cdot C_1 \cdot \lambda^{-5} \cdot e^{-C_2/\lambda \cdot T_1}$$

Với:

$\varepsilon_{\lambda}$  : Hệ số  $0 < \varepsilon_{\lambda} < 1$

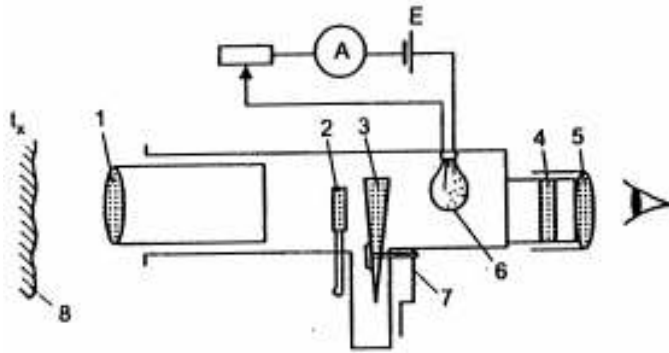
$C_1, C_2$ : Hằng số.  $C_1 = 37,03 \cdot 10^{-7} \text{Jm}^2/\text{s}$ ,  $C_2 = 1,432 \cdot 10^{-2} \text{mđộ}$

$\lambda$  : độ dài sóng  $0,4 \mu\text{m} < \lambda < 0,7 \mu\text{m}$

$T_1$  : Nhiệt độ tuyệt đối

#### 2. Cấu tạo (Hình 5.9)





**Hình 5.9: Sơ đồ hoá kế quang học**

- |                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| 1. Kính vật           | 5. Thị kính       |
| 2. Bộ lọc ánh sáng    | 6. Bóng đèn chuẩn |
| 3. Bộ chắn quang học  | 7. Thang đo       |
| 4. Bộ lọc ánh sáng đỏ | 8. Đối tượng đo   |

### 3. Nguyên tắc

Cường độ sáng của đối tượng đo (8) đi vào kính vật (1), được chắn và làm yếu đi nhờ bộ chắn quang học (3).

Góc quay của bộ chắn (3) tương ứng với cường độ sáng được tính bằng thang đo (7).

Dụng cụ có hai giới hạn đo, sau bộ chắn (3) là bộ lọc ánh sáng (2) được sử dụng khi nhiệt độ đo lớn hơn  $1400^{\circ}\text{C}$ .

Thị kính (5) dùng để ngắm đối tượng đo (8), trước thị kính có bộ lọc ánh sáng đỏ (4), sợi đốt của bóng đèn chuẩn (6) được ngắm trực tiếp.

Cường độ sáng của nguồn nhiệt ( $T_{\text{đo}}$ ) và của bóng đèn chuẩn ( $T_{\text{ch}}$ ) được so sánh bằng mắt (Hình 5.10).

- (H 5.10a) Khi  $T_{\text{đo}} > T_{\text{ch}}$ : xuất hiện sợi đen trên nền sáng.
- (H 5.10b) Khi  $T_{\text{đo}} < T_{\text{ch}}$ : xuất hiện sợi sáng trên nền tối.
- (H 5.10c) Khi  $T_{\text{đo}} = T_{\text{ch}}$ : hình sợi dây biến mất.

Đọc vị trí của bộ chắn ở thang đo (7) để suy ra nhiệt độ

#### 4. Ưu nhược điểm

a. Ưu điểm:

Dễ sử dụng

Giới hạn đo rộng: từ  $800^{\circ}\text{C}$  đến khoảng  $3000^{\circ}\text{C}$

Độ chính xác cao (Sai số cơ bản  $\pm 1\%$ ): vì cường độ sáng thay đổi lớn gấp 10 lần sự thay đổi nhiệt độ.

b. Nhược điểm:

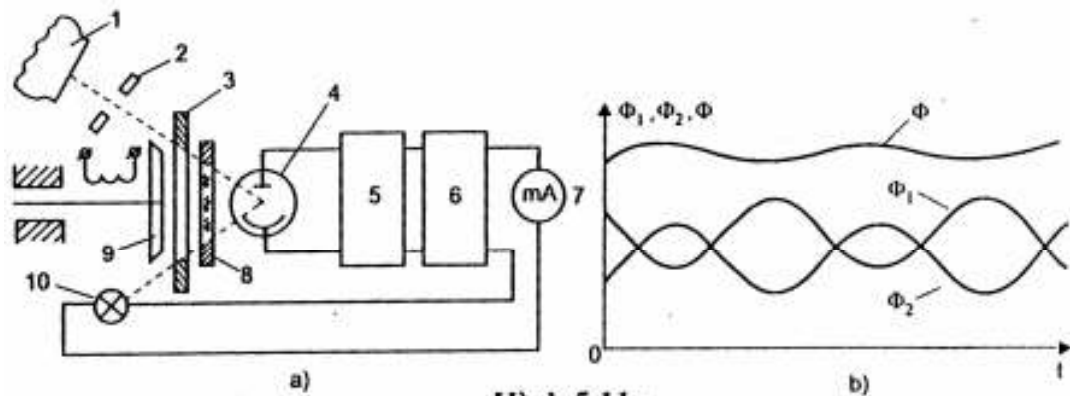
Kết quả phụ thuộc kinh nghiệm người đo

Không tự ghi và tự điều chỉnh được

Chỉ đo được ánh sáng chói của vật chứ không phải nhiệt độ thực của vật.

#### 5. Hoả quang kế quang học tự động cân bằng

a. Cấu tạo (Hình 5.11a)



Hình 5.11:

a) Sơ đồ hoá kế quang học tự cân bằng b) Biểu đồ ánh sáng

- |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1. Đối tượng đo             | 6. Bộ lưu chỉnh             |
| 2. Khe hở                   | 7. Chỉ thị miliampemet (mA) |
| 3. Tấm chắn                 | 8. Bộ lọc ánh sáng          |
| 4. Tế bào quang điện        | 9. Lá chắn                  |
| 5. Bộ khuếch đại xoay chiều | 10. Đèn mẫu                 |

b. Nguyên tắc

Ánh sáng từ đối tượng đo (1) và đèn mẫu (10) qua khe hở (2) và bộ lọc ánh sáng (8) cùng đặt lần lượt vào tế bào quang điện (4) nhờ tấm chắn (3) và sự di chuyển lá chắn (9).

Dòng ánh sáng  $\phi_1$  và  $\phi_2$  của đèn và đối tượng lệch pha nhau  $180^\circ$  (Hình 5.11b) và  $\phi$  là hiệu của dòng ánh sáng  $\phi_1$  và  $\phi_2$  được tế bào quang điện tạo thành dòng điện.

Dòng điện này được đưa vào bộ khuếch đại xoay chiều (5), qua bộ chỉnh lưu (6) để biến thành dòng một chiều đưa đến mA (7) và đèn (10).

Khi ánh sáng của đèn và đối tượng đo ổn định thì dòng điện ra của tế bào quang điện không đổi và mA cho ta biết nhiệt độ của đối tượng đó.

### 5.3.2. Hoả quang kế phát xạ:

#### 1. Nguyên lý:

Đối với vật đen tuyệt đối, năng lượng bức xạ toàn phần trên một đơn vị bề mặt là:

$$E_T^0 = \sigma T_p^4$$

Với:  $\sigma = 4,96 \cdot 10^{-2} \text{ J/m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{grad}^4$

$T_p$ : Nhiệt độ của vật theo lý thuyết

Đối với vật thực thì  $E_T = \epsilon_T \sigma T_t^4$

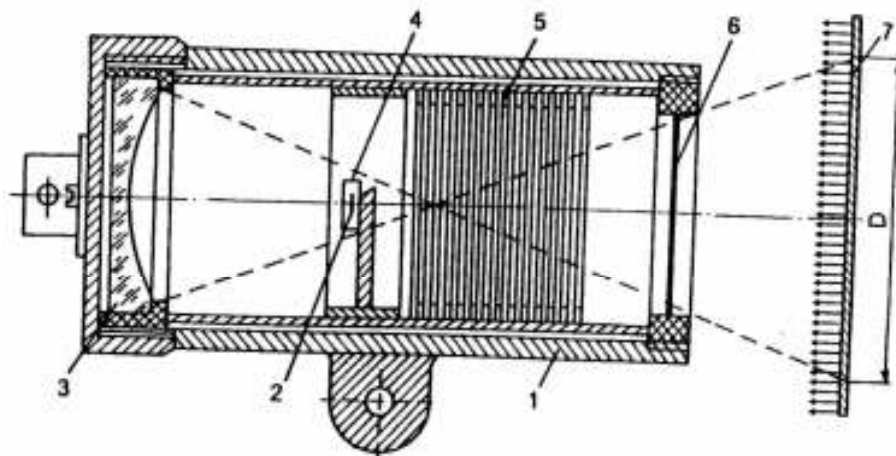
$\epsilon_T$ : Hệ số bức xạ tổng,  $\epsilon_T < 1$

$T_t$ : nhiệt độ thực của vật

Hoả quang kế phát xạ được khắc độ theo độ bức xạ của vật đen tuyệt đối, nhưng khi đo ở đối tượng thực thì:

$$T_t = T_p (1/\epsilon_T)^{1/4}$$

#### 2. Cấu tạo: (Hình 5.12)



Hình 5.12: Sơ đồ hoả kế phát xạ

- |                      |                       |
|----------------------|-----------------------|
| 1. Ống kim loại mỏng | 5. Đường rãnh         |
| 2. Nhiệt điện trở    | 6. Tấm kính thủy tinh |
| 3. Gương cầu lõm     | 7. Đối tượng đo       |
| 4. Hộp chắn          |                       |

### 3. Nguyên tắc

Dụng cụ gồm ống kim loại mỏng (1), phía cuối gắn gương cầu lõm (3). Chùm tia phát từ đối tượng (7) được gương lõm phản xạ và hội tụ trên nhiệt điện trở (2) và đốt nóng nó.

Nhiệt điện trở được đặt trong hộp chắn (4) và được mắc vào mạch cầu tự cân bằng.

Để tránh các tia phản xạ từ thành ống, bên trong được gia công các đường rãnh (5).

Để bảo vệ thiết bị, đầu ống được gắn tấm kính thủy tinh (6).

### 4. Đặc điểm

Hoả kế bức xạ có dải đo nhiệt độ rộng: từ 20 đến 2500<sup>0</sup>C.

Để đạt độ chính xác thì chùm tia sáng từ đối tượng đến dụng cụ phải trùm hết tầm nhìn của ống kính (đường kính D).

Nhược điểm: độ chính xác không cao và khó kiểm tra.

### 5.3.3. Hoả quang kế màu sắc

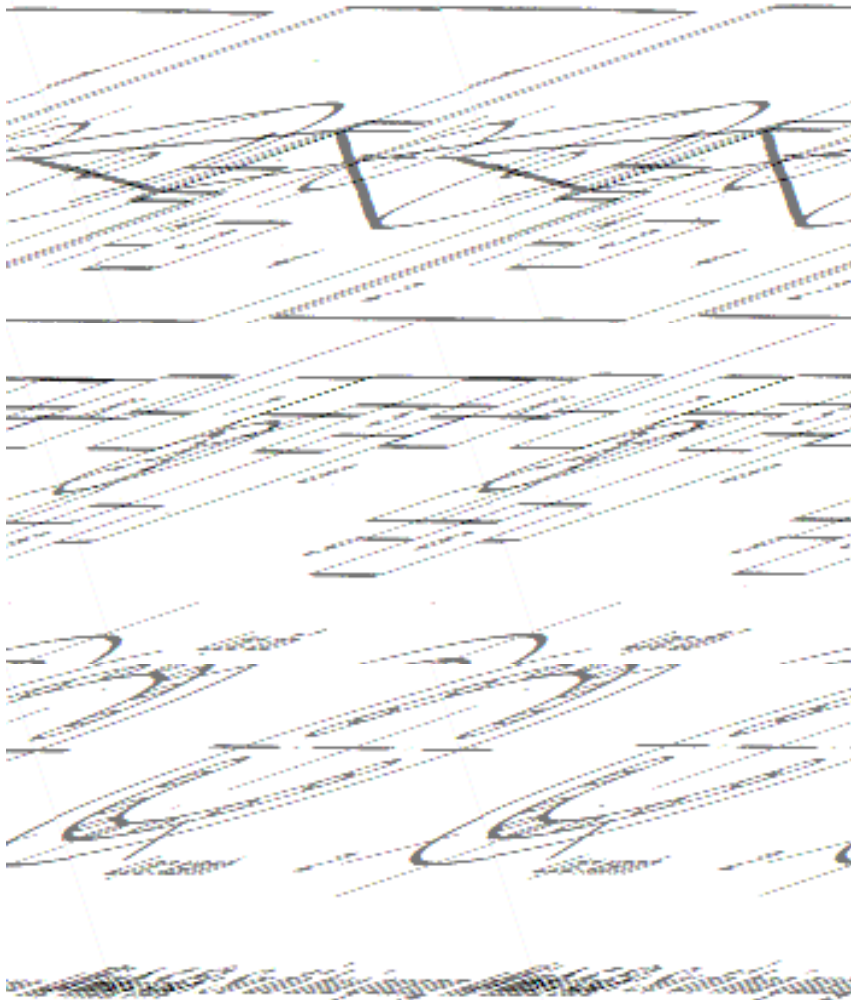
#### 1. Nguyên lý

Hoả quang kế màu sắc là dụng cụ đo nhiệt dựa trên phương pháp đo tỉ số cường độ bức xạ của hai ánh sáng có bước sóng khác nhau  $\lambda_1$  và  $\lambda$ .

Trong dụng cụ có thiết bị tính, tự động giải phương trình để cho kết quả nhiệt độ cần đo.

#### 2. Cấu tạo (Hình 5.13)

- |                       |                                   |
|-----------------------|-----------------------------------|
| 1. Hệ thống thấu kính | 6. Thiết bị điều chỉnh độ nhạy KĐ |
| 2. Đĩa lọc ánh sáng   | 7. Bộ chỉnh lưu                   |
| 3. Động cơ            | 8. Bộ chuyển mạch                 |
| 4. Tế bào quang điện  | 9. Bộ chia                        |
| 5. Bộ khuếch đại      | A. Đối tượng đo                   |



### 3. Nguyên tắc

Cường độ bức xạ từ đối tượng đo A qua hệ thống thấu kính (1) tập trung ánh sáng trên đĩa (2). Đĩa quay quanh trục nhờ động cơ (3).

Sau khi ánh sáng qua đĩa sẽ đi vào tế bào quang điện (4)

Trên đĩa khoan một số lỗ, trong đó một nửa đặt bộ lọc ánh sáng xanh, còn nửa kia đặt bộ lọc ánh sáng đỏ.

Khi đĩa quay tế bào quang điện lần lượt nhận ánh sáng đỏ và xanh với tần số nhất định phụ thuộc tốc độ quay của động cơ.

Dòng quang điện được qua bộ khuếch đại (5) sau đó đưa vào bộ chỉnh lưu pha (7).

Nhờ bộ chuyển mạch (8) tín hiệu được chia thành hai phần và được đo bằng bộ chia (9).

Góc quay của bộ chia tỷ lệ với nhiệt độ đo.

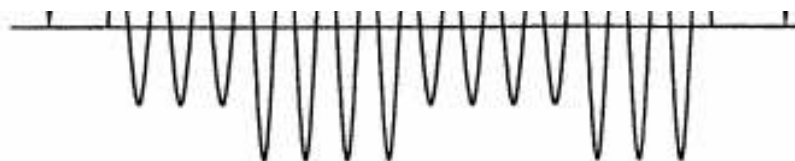
#### 4. Ưu nhược điểm

a. Ưu điểm:

Không phụ thuộc vào khoảng cách đo

Không phụ thuộc vào sự hấp thụ bức xạ của môi trường.

b. Nhược điểm: Thiết bị phức tạp.



Hình 5.14:

- a) Sơ đồ tín hiệu điều biến
- b) Tín hiệu sau khuếch đại

## **CHƯƠNG VI: ĐO THÀNH PHẦN VÀ NỒNG ĐỘ**

### **6.1. KHÁI NIỆM CHUNG**

Đo thành phần và nồng độ của vật chất có ý nghĩa rất quan trọng, nhờ vậy có thể tiến hành chính xác quá trình nghiên cứu trong các lĩnh vực:

- Hoá học
- Môi trường
- Sinh học
- Y tế ...

Đối tượng nghiên cứu là chất khí, chất lỏng và vật rắn.

Nhiệm vụ là đo nồng độ của riêng từng chất hoặc một nhóm trong môi trường nhiều thành phần với những điều kiện khác nhau như: nhiệt độ, áp suất, vận tốc ...

Dãi thay đổi thành phần và nồng độ khá rộng với các điều kiện khác nhau nên các phương pháp và dụng cụ đo cũng rất khác nhau.

Ở đây chỉ xét các phương pháp điện dùng để đo nồng độ và thành phần

### **6.2. PHƯƠNG PHÁP ĐIỆN HÓA**

#### **6.2.1. Nguyên lý chung**

Các dụng cụ đo nồng độ theo phương pháp điện hoá đều dựa trên sự ứng dụng các chuyển đổi điện hoá.

#### **6.2.2. Phân loại:**

Phân thành :

- Phương pháp điện dẫn
- Phương pháp điện thế
- Phương pháp Culông
- Phương pháp phân cực

#### **6.2.3. Phương pháp điện dẫn:**

##### *1. Nguyên lý:*

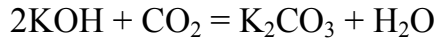
Đây là phương pháp đo điện dẫn của dung dịch nhờ các chuyển đổi điện dẫn tiếp xúc và không tiếp xúc.

##### *2. Ứng dụng:*

Dùng để đo nồng độ muối trong dung dịch, trong nước ngưng  
Đo độ mặn của nước biển

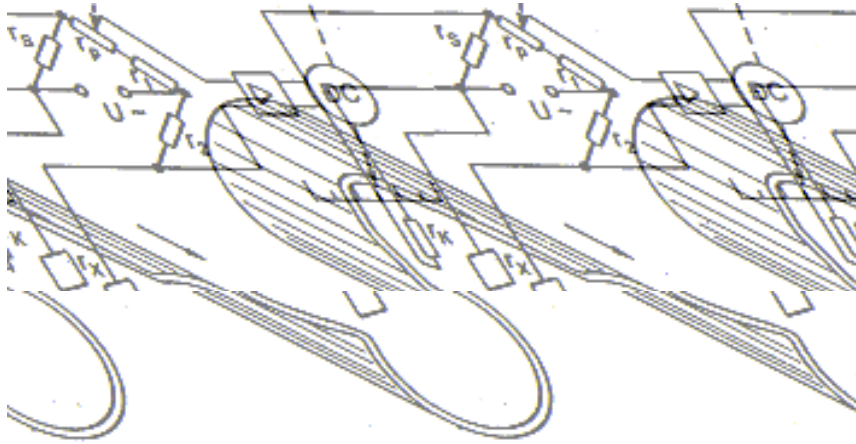
Xác định nồng độ chất khí do sự thay đổi điện dẫn của dung dịch khi đưa vào các chất khí cần phân tích.

Ví dụ: Xác định nồng độ  $\text{CO}_2$  trong khí, bằng cách đưa chất khí đó vào dung dịch KOH, sẽ xảy ra phản ứng:



Muối được tạo thành làm thay đổi điện dẫn của dung dịch. Đo điện dẫn của dung dịch sẽ xác định được nồng độ  $\text{CO}_2$  trong chất khí đó.

### 3. Cấu tạo: (Hình 6.1)



Thiết bị đo nồng độ muối trong nước ngưng

$r_x$  - chuyển đổi điện dẫn

$r_k$  - điện trở hiệu chỉnh sai số nhiệt độ

$r_s$  - điện trở giảm sai số nhiệt độ

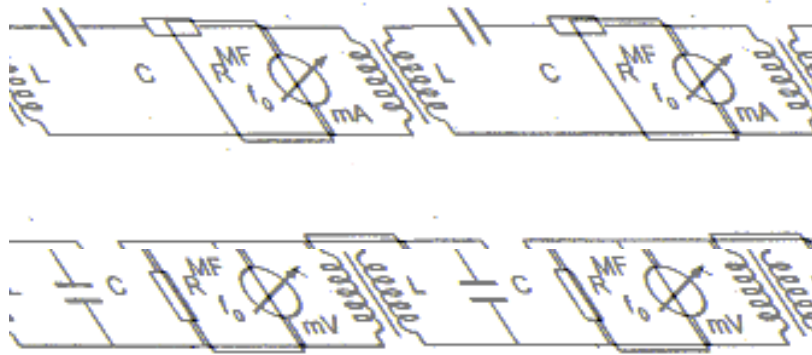
### 4. Nguyên tắc:

Chuyển đổi điện dẫn  $r_x$  được mắc vào mạch cầu tự động dòng xoay chiều. Điện trở hiệu chỉnh sai số nhiệt độ  $r_k$  được đặt ngay trong dung dịch đo và  $r_k$  được mắc song song với điện trở  $r_s$  nhằm giảm sai số nhiệt độ.

Khi nồng độ thay đổi thì làm điện trở  $r_x$  cũng thay đổi và điện áp ra của mạch cầu tỷ lệ với  $r_x$ , qua đó suy ra nồng độ cần đo.

Ngoài mạch trên còn sử dụng các dụng cụ có mạch đo tần số trong đó các máy phát được nối với các chuyển đổi điện dẫn tiếp xúc hoặc không tiếp xúc để tạo thành mạch cộng hưởng (Hình 6.2)





**Hình 6.3: Sơ đồ mạch đo dòng điện và đo điện thế bằng phương pháp điện thế.**

Sự thay đổi nồng độ dung dịch gây nên sự thay đổi thông số mạch điện làm tần số của nó thay đổi, đo tần số bằng mV sẽ xác định được nồng độ dung dịch.

#### **6.2.4. Phương pháp điện thế:**

##### **1. Nguyên lý:**

Đây là phương pháp đo điện thế cực, dựa trên nguyên lý sử dụng các chuyển đổi Ganvanic.

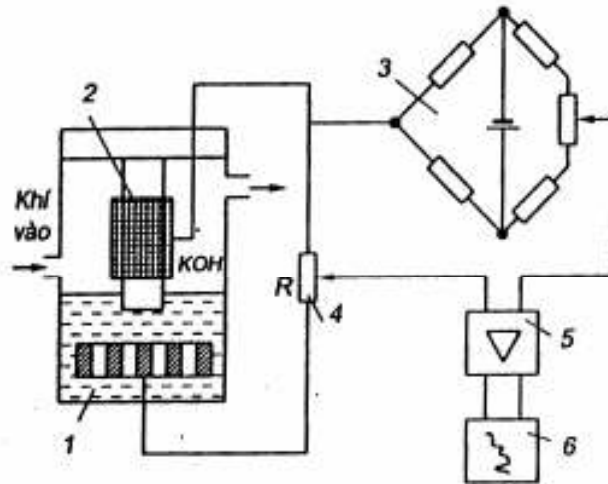
##### **2. Ứng dụng:**

- Sử dụng trong các dụng cụ pH mét
- Sử dụng trong các thiết bị phân tích khí

##### **3. Thiết bị phân tích khí.**

a. Cấu tạo: (Hình 6.3)

- |             |                   |
|-------------|-------------------|
| 1. Anod     | 4. Phụ tải        |
| 2. Catod    | 5. Bộ khuếch đại  |
| 3. Mạch cầu | 6. Dụng cụ tự ghi |



**Hình 6.3: Sơ đồ thiết bị phân tích khí dùng chuyển đổi Ganvanic**

*b. Nguyên tắc:*

Thiết bị dùng đo nồng độ thấp của Oxi trong hỗn hợp khí

Chuyển đổi là phân tử Ganvanic kiềm, có anod (1) làm bằng các tấm chì nhúng trong dung dịch điện phân, catod (2) là tấm lưới bạc ghép các giấy lọc.

Khi có chất khí cần phân tích đi qua, Oxi khuếch tán theo bề mặt của catod (2), trong chất điện phân xảy ra phản ứng điện hoá và xuất hiện sức điện động có tỷ lệ với nồng độ Oxi trong hợp chất khí cần phân tích.

Sức điện động ban đầu được bù bằng điện áp của mạch cầu (3) mắc ngược với điện áp rơi trên phụ tải (4) của chuyển đổi.

*c. Đặc tính:*

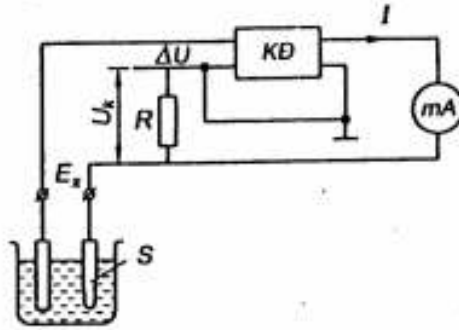
- Hiệu điện áp được đưa vào khuếch đại (5) và đến dụng cụ tự ghi (6).
- Giới hạn đo của thiết bị từ 0,001% đến 0,1% O<sub>2</sub> theo khối lượng
- Sai số cơ bản:  $\pm (1 - 10)\%$
- Hằng số thời gian: 0,25 - 5 phút, phụ thuộc tốc độ diễn ra của quá trình trên các điện cực và tùy thuộc cấu trúc của chuyển đổi.

**4. Dụng cụ pH mét:**

*a. Ứng dụng:*

- Đo hoạt độ của ion Hydro
- Kiểm tra các quá trình hoá học

*b. Cấu tạo: (Hình 6.4)*



**Hình 6.4: Sơ đồ thiết bị pH mét điện tử**

S. chuyển đổi Ganvanic

KĐ. Bộ khuếch đại

mA. Miliampemet

$E_x$ . Sức điện động của chuyển đổi

$U_k$ . Điện áp bù

R.Điện trở bù sai số nhiệt độ.

c. Nguyên tắc:

Dụng cụ được xây dựng theo nguyên lý bù

Ở đầu vào của mạch KD đặt sức điện động  $E_x$ , trong khi mạch phản hồi của KD có điện áp bù  $U_k$ , do đó:

$$\Delta U = E_x - U_k$$

Khi hệ số khuếch đại đủ lớn thì:  $E_x \cong U_k$

Nên :  $E_x \cong U_k = I.R$

Mà :  $E_x = f(\text{pH})$

Do vậy:  $I = 1/R.f(\text{pH})$

Lúc này chỉ thị mA chỉ giá trị độ pH cần đo

d. Đặc tính

- Giới hạn đo độ pH từ -1 đến +14.

- Sai số cơ bản của dụng cụ:  $\pm 0,05$  đơn vị pH.

### **6.2.5. Phương pháp Culông:**

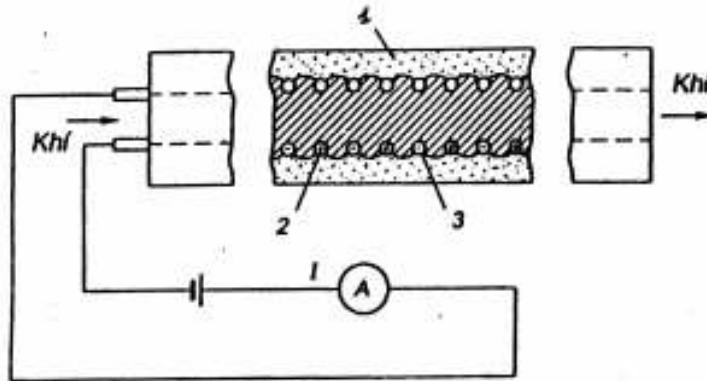
1. Nguyên lý:

Đây là phương pháp đo số lượng điện tích hoặc dòng điện khí điện phân chất cần nghiên cứu.

2. Ứng dụng:

- Đo nồng độ và thành phần của chất lỏng và chất khí
- Đo độ ẩm của khí.

3. Cấu tạo: (Hình 6.5)



**Hình 6.5: Sơ đồ thiết bị đo độ ẩm bằng phương pháp Culông**

1. Chuyển đổi là một ống cách điện

2,3. Điện cực xoắn

4. Nguyên tắc

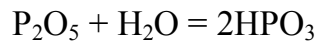
Hai điện cực xoắn (2,3) được đặt ở mặt trong của chuyển đổi (1)

Các điện cực và rãnh xoắn của chúng được phủ một màng mỏng  $P_2O_5$ .

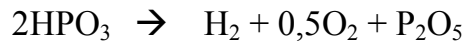
Màng này có điện trở lớn ở dạng khô và điện trở giảm khi hút ẩm

Khí cần đo được đưa qua ống (1) với tốc độ không đổi, lúc đó liên tục diễn ra hai quá trình:

- Sự hút ẩm của màng để tạo thành axit photphoric:



- Quá trình điện phân để tái sinh anhidritphốtphoric.



Dòng điện phân  $I$  tỷ lệ với độ ẩm tuyệt đối của khí

5. Đặc tính:

- Dải đo độ ẩm từ  $10^{-4}$  đến 1% khối lượng
- Sai số  $\pm (5 - 10)\%$

**6.2.6. Phương pháp phân cực**

1. Nguyên lý

Là phương pháp dựa trên hiện tượng phân cực và là một trong những phương pháp điện hoá nhạy nhất.

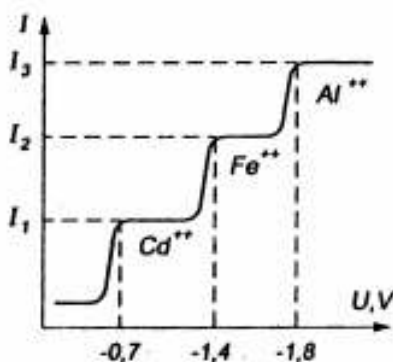
## 2. Ứng dụng

Cho phép phân tích dung dịch gồm nhiều thành phần

## 3. Nguyên tắc (Hình 6.6)

Phân tích bằng cách lấy đặc tính vôn ampe  $I = f(U)$

Nếu dung dịch chứa các ion khác nhau thì đồ thị phân cực của nó là đường cong nhảy cấp. Mỗi một cấp đặc trưng cho một loại ion xác định



**Hình 6.6: Đồ thị phân cực của các loại ion khác nhau**

Điện áp tương ứng với đoạn giữa của dòng tăng đột ngột dùng để phân tích định tính, do giá trị của chúng tương ứng với điện thế của ion tách ra, giá trị này cho trong bảng chuyên dùng.

Dòng  $I_1, I_2, I_3 \dots$  phụ thuộc nồng độ ion tương ứng trong dung dịch và giá trị của chúng dùng để phân tích định lượng

## 4. Đặc tính

Ngưỡng nhạy cảm của phân cực ký đạt  $10^{-7} - 10^{-9}$  mol/l

Thường dùng các điện cực giọt thuỷ ngân để phân tích các cation, có điện thế phân cực vào khoảng từ 0 - 3V.

Các điện cực rắn như vàng, platin, niken ... dùng để phân tích các anion và các muối nóng chảy.

Khắc độ phân cực ký theo dung dịch chuẩn.

## 6.3. PHƯƠNG PHÁP ION HOÁ:

### 6.3.1. Nguyên lý chung:

Là phương pháp dựa trên sự ion hoá các chất cần phân tích và đo dòng điện ion hoá để xác định nồng độ.

### 6.3.2. Phân loại:

Phổ biến được sử dụng:

1. Chân không kế
2. Khối phổ kế
3. Thiết bị phân tích ion hoá nhiệt

### 6.3.3. Chân không kế

#### 1. Phân loại

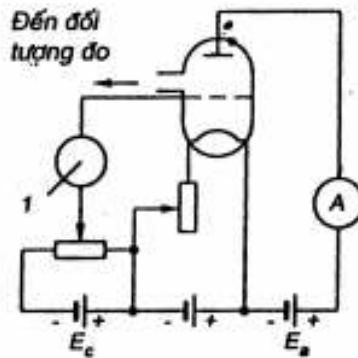
Trong chân không kế có ba loại chuyển đổi chính:

Chuyển đổi tự phát xạ điện tử: trong đó sự ion hoá chất khí xảy ra dưới tác dụng của điện áp cao.

Chuyển đổi phát xạ nhiệt điện tử: trong đó quá trình ion hoá do catốt bị đốt nóng làm các điện tử bắn ra với gia tốc có năng lượng đến  $15\text{eV}$ , đủ để ion hoá chất khí.

Chuyển đổi phóng xạ ion: sử dụng các nguồn bức xạ  $\alpha$  và  $\beta$  để ion hoá chất khí với chu kỳ bán phân huỷ lớn.

#### 2. Cấu tạo: (Hình 6.7)



**Hình 6.7: Sơ đồ cấu tạo của chân không kế**

Đây là cấu tạo của chân không kế catốt đốt nóng

Khi trị số điện áp anốt và dòng điện không thay đổi thì dòng ion hoá do bằng dụng cụ (1) tỷ lệ với nồng độ chất khí trong đèn.

#### 3. Đặc tính:

Dải đo của thiết bị khoảng  $3.10^{-5}$  đến  $0,15 \text{ N/m}^2$

Độ nhạy của chuyển đổi là  $75 \mu\text{A/N/m}^2$

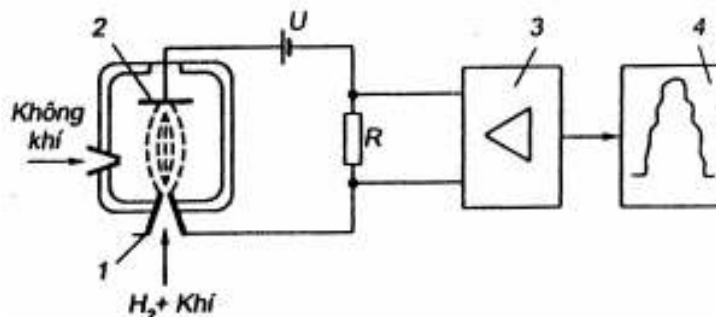
Nhược điểm là dòng ion hoá phụ thuộc vào các loại khí khác nhau và chịu ảnh hưởng của từ trường ngoài.

### 6.3.4. Phương pháp phân tích ion hoá nhiệt:

#### 1. Nguyên lý:

Dựa trên sự ion hoá các phân tử của các chất trong khí Hydro cháy.

#### 2. Cấu tạo: (Hình 6.8)



**Hình 6.8: Sơ đồ thiết bị phân tích nồng độ các hợp chất hữu cơ**

- 1,2 . Điện cực
- 3. Bộ khuếch đại
- 4. Dụng cụ tự ghi

#### 3. Nguyên tắc:

Khí Hydro sạch cháy trong không khí hầu như không tạo thành các ion do ngọn lửa Hydro có điện trở rất lớn ( $10^{12} - 10^{14} \Omega$ )

Khi đưa vào với Hydro chất khí cần nghiên cứu, do cháy và phân nhiệt sẽ xảy ra hiện tượng ion hoá phân tử của hợp chất đó và điện trở giữa các điện cực (1 và 2) của chuyển đổi bị giảm và dòng điện tăng lên.

Điện áp rơi trên điện trở R qua khuếch đại (3) đến dụng cụ ghi (4)

#### 4. Đặc tính:

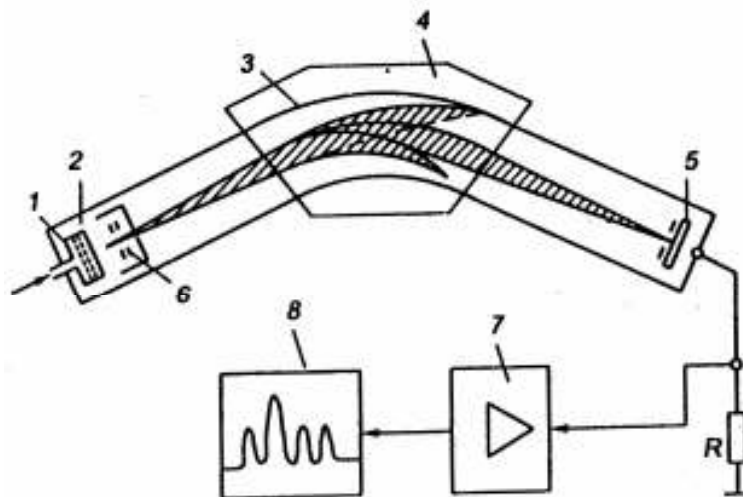
Cho phép xác định nồng độ rất thấp của các hợp chất hữu cơ.

Tốc độ đưa vào chuyển đổi:  $10^{-12} - 10^{-14}$  g/s

### 6.3.5. Phương pháp phân tích khối phổ:

1. Ứng dụng: Dùng để phân tích hợp chất có nhiều thành phần

#### 2. Cấu tạo: (Hình 6.9)



**Hình 6.9: Sơ đồ nguyên lý khối phổ kế**

- |                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| 1. Nguồn ion hoá    | 5. Bộ thu dòng ion    |
| 2. Điện cực catốt   | 6. Hệ thống tập trung |
| 3. Bình chân không  | 7. Bộ khuếch đại      |
| 4. Nam châm điện từ | 8. Thiết bị ghi       |

**3. Nguyên tắc:**

Khí phân tích được đưa vào nguồn ion hoá (1) gắn ở bình chân không (3).

Dưới tác dụng của điện cực catốt (2) các phân tử khí được ion hoá và nhờ hệ thống tập trung (6) các phân tử ion hoá hướng vào từ trường đồng nhất của nam châm điện từ (4).

Bằng cách thay đổi từ cảm B hoặc điện áp tăng tốc U, các chùm ion tương ứng với thành phần đo của hợp chất được đưa vào bộ thu dòng ion (5), và được khuếch đại (7) đưa vào thiết bị ghi (8).

**4. Đặc tính:**

Ngưỡng nhạy cảm của thiết bị đạt 0,1 - 0,0001% thể tích

Hàm lượng nhỏ nhất các thành phần khí phân tích chất rắn là  $10^{-13}$  Hg.

**6.4. CÁC PHƯƠNG PHÁP PHỔ**

**6.4.1. Nguyên lý:**

Phương pháp phổ là phương pháp dựa trên khả năng hấp thụ, bức xạ, tán xạ, phản xạ hoặc khúc xạ có chọn lọc của các chất khác nhau với các loại bức xạ khác nhau.



Phương pháp này sử dụng phổ rộng có chiều dài sóng từ dải âm thanh  $10^3$  Hz đến độ dài sóng các tia bức xạ, Ronghen, Gama ( $10^{18+}$ )

#### **6.4.2. Phân loại:**

Tùy thuộc vào dải sóng, phân thành:

##### **1. Phương pháp điện thanh:**

Dựa trên sự phụ thuộc tốc độ của âm thanh vào thành phần và nồng độ của chất trong môi trường nghiên cứu dùng để phân tích hợp chất khí nhị phân.

Ví dụ: - Xác định nồng độ Oxi trong hợp chất Nitơ.

- Đo độ ẩm ...

##### **2. Phương pháp siêu âm:**

Dựa trên sự khác nhau về tốc độ lan truyền và dao động siêu âm trong các môi trường lỏng và khí khác nhau.

Ví dụ: dùng phân tích hợp chất hữu cơ và khí có chứa Hydro, do tốc độ lan truyền của sóng siêu âm trong Hydro lớn gấp 4 lần trong không khí.

##### **3. Phương pháp phổ kế vô tuyến:**

Là phương pháp cộng hưởng từ hạt nhân, cộng hưởng thuận từ điện tử và quang phổ sóng cực ngắn.

*Ứng dụng:*

Đo nồng độ của nước mềm ( $H_2O$ ) và nước cứng ( $D_2O$ )

Phân tích hợp chất nhiều thành phần với sai số  $\pm 1\%$

Phân tích các chất khí

##### **4. Phương pháp điện quang:**

Dựa trên sự hấp thụ có chọn lọc tia bức xạ hoặc tán xạ ánh sáng của thành phần chất cần phân tích trong dải sóng siêu âm và hồng ngoại.

Phổ biến có hai phương pháp sau:

*a. Phương pháp phổ hồng ngoại: (Phương pháp quang âm)*

Là phương pháp dựa trên sự hấp thụ chọn lọc các bức xạ hồng ngoại tần số thấp của các chất khí khác nhau.

*b. Phương pháp so màu*

Là phương pháp trong đó nồng độ được xác định theo mức độ nhuộm các chất cần phân tích.

### 5. Phương pháp phóng xạ:

Là phương pháp dựa trên sự khác nhau về mức độ hấp thụ hoặc phản xạ các tia bức xạ Ronghen và các tia phóng xạ của thành phần cần phân tích.

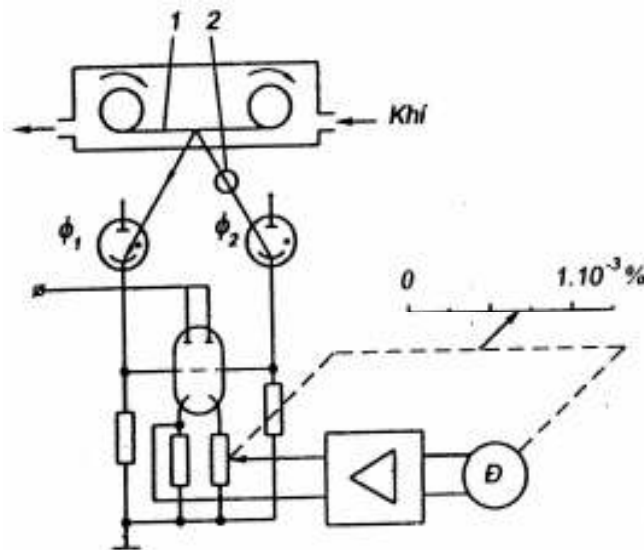
*Ứng dụng:*

Xác định nồng độ của các nguyên tố nặng trong dung dịch

Đo độ ẩm của đất, than bùn và vật liệu xây dựng

### 6.4.3. Thiết bị phân tích khí so màu:

#### 1. Cấu tạo: (Hình 6.10)



**Hình 6.10:** Sơ đồ thiết bị phân tích khí so màu

- 1. Băng chỉ thị
- 2. Đèn chiếu
- $\phi_1 - \phi_2$  - Phần tử điện quang

#### 2. Nguyên tắc

Bằng cách đo mức độ nhuộm của băng chỉ thị (1) phụ thuộc nồng độ chất khí cần đo.

Trong dụng cụ người ta sử dụng phương pháp so sánh dòng ánh sáng của đèn (2) phản chiếu từ băng chỉ thị với dòng ánh sáng trực tiếp cũng từ đèn (2) qua hai phần tử quang điện  $\phi_1, \phi_2$  và tự động cân bằng.

#### 3. Ứng dụng

Dùng để đo nồng độ rất thấp của các khí:  $Cl_2, SO_2, NH_3, H_2S, NO$

#### 4. Đặc tính

Ngưỡng nhạy cảm của thiết bị là  $10^{-5}$  % khối lượng

Sai số cơ bản  $\pm 10\%$

Khoảng thời gian phân tích là 2,5 ; 5; 10 phút

## 6.5. PHƯƠNG PHÁP NHIỆT TỬ VÀ ĐIỆN DUNG

### 6.5.1. Nguyên lý

- Là phương pháp đo tính chất nhiệt hoặc được xác định sự thay đổi nhiệt độ với sự thay đổi tính chất lý hoá khác nhau của các chất.

- Sự thay đổi nồng độ của thành phần trong hợp chất khí làm thay đổi độ truyền nhiệt và nhiệt độ của nhiệt điện trở, do đó điện trở sẽ thay đổi.

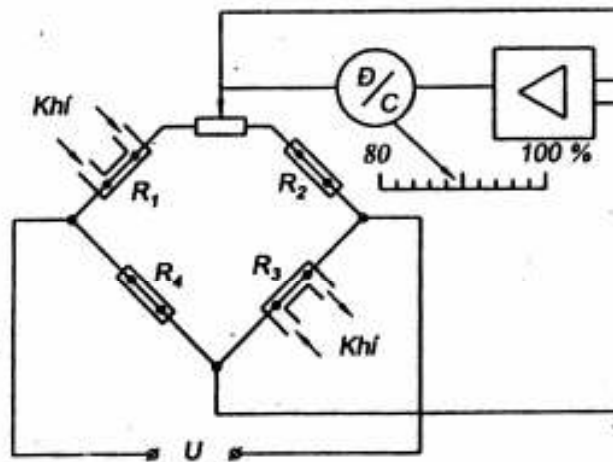
### 6.5.2. Ứng dụng

- Để đo nồng độ  $H_2$ , He,  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $Cl_2$  ...

- Dùng đo độ chân không

### 6.5.3. Thiết bị phân tích khí nhiệt điện trở

#### 1. Cấu tạo (Hình 6.11)



Hình 6.11: Sơ đồ thiết bị phân tích khí nhiệt điện trở

#### 2. Nguyên tắc

Hai nhiệt điện trở  $R_1$ ,  $R_3$  đặt trong hộp có hợp chất khí phân tích đi qua.

Hai nhánh còn lại của cầu là hai nhiệt điện trở  $R_2$ ,  $R_4$  đặt trong hộp kính chứa hợp chất khí có nồng độ đã biết trước, tương ứng với giá trị đầu của thang đo.

#### 3. Đặc tính

Sai số của thiết bị  $\pm (1 - 5)\%$

Quán tính đo 1 - 5 phút

## 6.6. PHƯƠNG PHÁP SẮC KÝ

### 6.6.1. Nguyên lý

- Phương pháp này thực hiện bằng cách chia hợp chất thành các thành phần riêng rẽ nhờ hiện tượng hút.

- Dùng để phân tích các hợp chất phức tạp

### 6.6.2. Phân loại:

Các phương pháp sắc ký phân tích khí thường gặp:

#### 1. Phương pháp hấp thụ khí

- Dùng để phân tích hợp chất chứa khí có nhiệt độ sôi thấp (như:  $H_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$  ...)

- Chất hút là đá xốp cứng

#### 2. Phương pháp khí lỏng

- Dùng để phân tích các hợp chất phức tạp gồm các thành phần gần với nhiệt độ sôi

- Chất hút là chất lỏng không bay hơi được bôi trên chất xốp cứng.

#### 3. Phương pháp sắc nhiệt ký:

- Là phương pháp thực hiện với các nhiệt độ khác nhau của cột sắc ký.

- Độ nhạy và độ chọn lọc cao

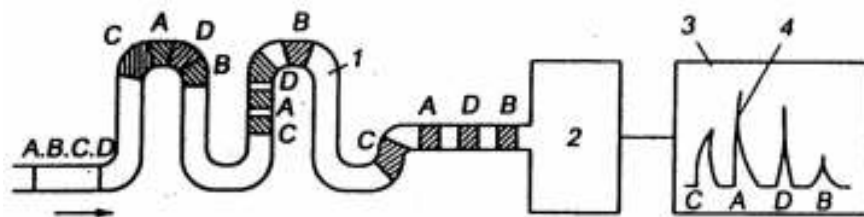
#### 4. Phương pháp mao dẫn:

- Là phương pháp tách hợp chất ở cột mao dẫn, bên trong thành cột được thấm ướt chất lỏng không bay hơi.

- Dùng để phân tích nhanh các thành phần nhỏ của khí.

### 6.6.3. Thiết bị sắc ký khí

#### 1. Cấu tạo: (Hình 6.12)



**Hình 6.12: Sơ đồ thiết bị khí sắc ký phân tích thành phần hợp chất khí**

1- Cột sắc ký

3- Dụng cụ tự ghi

2- Chuyển đổi

4- Sắc phổ

## 2. Nguyên tắc:

Hợp chất khí phân tích được chuyển dịch nhờ các " *Khí mang*" ở dạng khí hoặc hơi qua cột sắc kí (1) chứa đầy chất hút tập trung không di chuyển.

Do sự làm chậm có lựa chọn được thực hiện bằng chất hút, các thành phần bị hút ít (B, D) đi qua trước, còn những chất hòa tan tốt (C, A) bị giữ lại sau, do đó có sự phân chia hợp chất thành nhiều thành phần khác nhau.

Những thành phần này theo trình tự được dẫn đi bằng khí mang đến chuyển đổi (2).

Các chuyển đổi này là các chuyển đổi nhiệt điện, ion hoá, phóng xạ.

Tín hiệu ở đầu ra của chuyển đổi được ghi bằng dụng cụ tự ghi (3).

Đường cong sắc phổ (4) gồm những đỉnh (Pic) riêng rẽ, mỗi pic tương ứng với một thành phần nhất định.

Nồng độ của mỗi chất được xác định theo tỉ số diện tích của mỗi khoảng nhọn với diện tích của tất cả sắc phổ.

Hiện nay dùng bộ biến đổi tương tự số để nhận xét kết quả đo ở dạng số.

\*\*\*\*\*