

# ***CƠ SỞ ĐO LƯỜNG ĐIỆN TỬ***

*Khoa Kỹ thuật điện tử 1  
Học viện công nghệ bưu chính viễn thông*

1

## **Sách tham khảo**

1. Cơ sở kỹ thuật đo lường điện tử, Vũ Quý Điềm, nhà xuất bản KHKT, 2001
2. Đo lường điện-vô tuyến điện, Vũ Như Giao và Bùi Văn Sáng, Học viện kỹ thuật quân sự, 1996
3. Electronic Test Instruments, Bob Witte, 2002
4. Radio Electronic Measurements, G.Mirsky, Mir Publishers, Moscow, 1978

2

# Chương 1. Giới thiệu chung về đo lường điện tử

**Định nghĩa:** đo lường là khoa học về các phép đo, các phương pháp và các công cụ để đảm bảo các phương pháp đo đạt được độ chính xác mong muốn

## 2.1 Các phương pháp đo:

1. Phương pháp **đo trực tiếp**: dùng máy đo hay các mẫu đo (các chuẩn) để đánh giá số lượng của đại lượng cần đo. Kết quả đo chính là trị số của đại lượng cần đo.

$$X = a$$

- VD: đo điện áp bằng vôn-mét, đo tần số bằng tần số-mét, đo công suất bằng oát-mét,...

- Đặc điểm: đơn giản, nhanh chóng, loại bỏ được các sai số do tính toán

2. **Đo gián tiếp**: kết quả đo không phải là trị số của đại lượng cần đo, mà là các số liệu cơ sở để tính ra trị số của đại lượng này.

$$X = F(a_1, a_2, \dots, a_n)$$

- VD: đo công suất bằng vôn-mét và ampe-mét, đo hệ số sóng chạy bằng dây đo,...

- Đặc điểm: nhiều phép đo và thường không nhận biết ngay được kết quả đo

3

# Chương 1. Giới thiệu chung về đo lường điện tử

3. Phương pháp **đo tương quan**: dùng để đo các quá trình phức tạp, khi không thể thiết lập một quan hệ hàm số nào giữa các đại lượng của một quá trình nghiên cứu

- Phép đo tương quan được thực hiện bằng 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.

- VD: đo tín hiệu đầu vào và đầu ra của một hệ thống

- Đặc điểm: cần ít nhất hai phép đo mà các thông số từ kết quả đo của chúng không phụ thuộc lẫn nhau. Độ chính xác được xác định bằng độ dài khoảng thời gian của quá trình xét.

4. Các phương pháp đo khác:

- Phương pháp **đo thay thế**

- Phương pháp **hiệu số** (phương pháp **vi sai**, phương pháp **chỉ thị không**, phương pháp **bù**)

- Phương pháp **chỉ thị số**

4

# Chương 1. Giới thiệu chung về đo lường điện tử

## 2.2 Phương tiện đo và các đặc tính cơ bản

1. Phương tiện đo là phương tiện kỹ thuật để thực hiện phép đo, chúng có những đặc tính đo lường đã được qui định.

- Phương tiện đo đơn giản: mẫu, thiết bị so sánh, chuyển đổi đo lường
- Phương tiện đo phức tạp: máy đo (dụng cụ đo), thiết bị đo tổng hợp và hệ thống thông tin đo lường.

+ Mẫu: phương tiện đo dùng để sao lại đại lượng vật lý có giá trị cho trước với độ chính xác cao. Chuẩn là mẫu có cấp chính xác cao nhất. Chuẩn là phương tiện đo đảm bảo việc sao và giữ đơn vị.

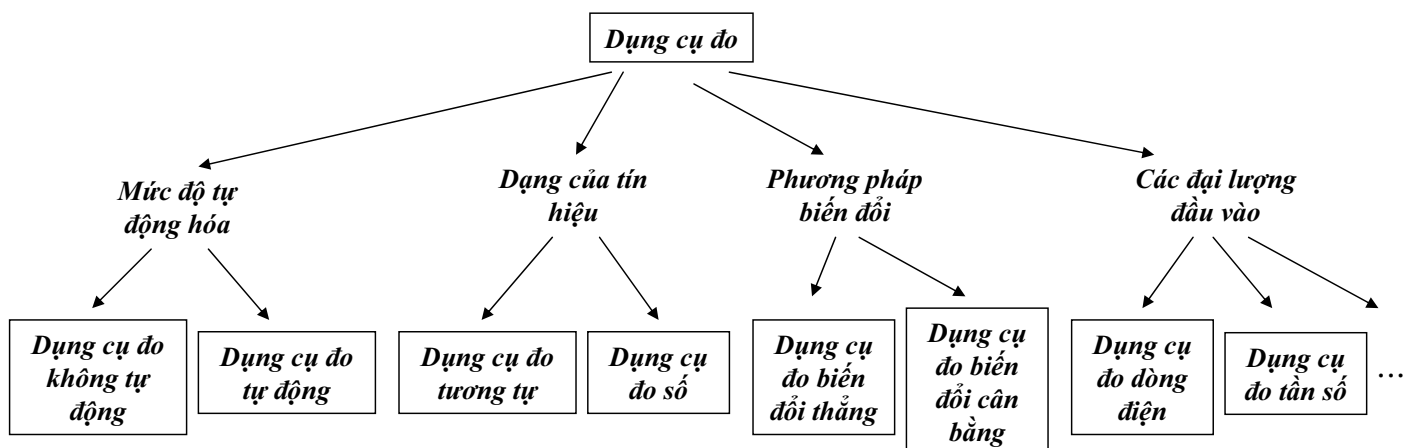
+ Thiết bị so sánh: phương tiện đo dùng để so sánh 2 đại lượng cùng loại để xem chúng “=”, “>”, “<”.

+ Chuyển đổi đo lường: phương tiện đo dùng để biến đổi tín hiệu thông tin đo lường về dạng thuận tiện cho việc truyền tiếp, biến đổi tiếp, xử lý tiếp và giữ lại nhưng người quan sát không thể nhận biết trực tiếp được (VD: bộ KĐ đo lường; biến dòng, biến áp đo lường; quang điện trở, nhiệt điện trở,...)

5

# Chương 1. Giới thiệu chung về đo lường điện tử

+ Dụng cụ đo: phương tiện đo dùng để biến đổi tín hiệu 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 và hệ thống thông tin đo lường: là các phương tiện đo phức tạp dùng để kiểm tra, kiểm định và đo lường.

6

# Chương 1. Giới thiệu chung về đo lường điện tử

## 2. Các đặc tính cơ bản của phương tiện đo

Các đặc tính tính được xác định thông qua quá trình chuẩn hoá thiết bị.

+ *Hàm biến đổi*: là tương quan hàm số giữa các đại lượng đầu ra Y và các đại lượng đầu vào X của phương tiện đo,  $Y=f(X)$

+ *Độ nhạy*: là tỷ số giữa độ biến thiên của tín hiệu ở đầu ra Y của phương tiện đo với độ biến thiên của đại lượng đo đầu vào X tương ứng.

$$\text{Ký hiệu: } S = \frac{dY}{dX}$$

+ *Phạm vi đo*: là phạm vi thang đo bao gồm những giá trị mà sai số cho phép của phương tiện đo đối với các giá trị đo đã được qui định

+ *Phạm vi chỉ thị*: là phạm vi thang đo được giới hạn bởi giá trị đầu và giá trị cuối của thang đo.

+ *Cấp chính xác*: được xác định bởi giá trị lớn nhất của các sai số trong thiết bị đo. Thường được tính toán bằng đại số tương đối quy đổi.

+ *Độ phân giải*: Chính là độ chia 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).

7

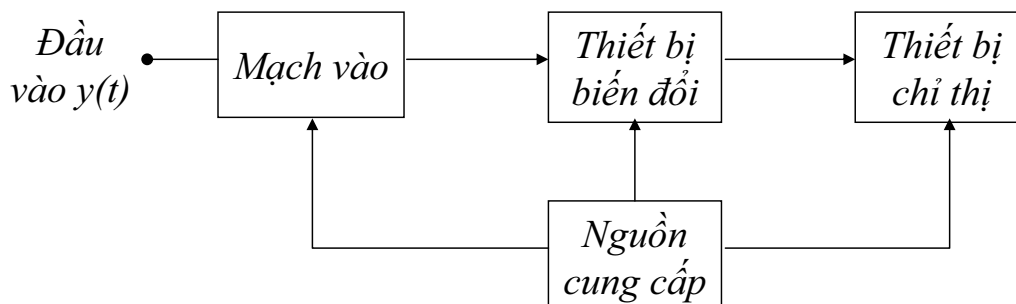
# Chương 1. Giới thiệu chung về đo lường điện tử

## 3. Phân loại các máy đo:

a) Máy đo các thông số và đặc tính của tín hiệu:

VD: Vôn mét điện tử, tần số mét, MHS, máy phân tích phổ, ...

Sơ đồ khối chung:



- Tín hiệu cần đo đưa tới đầu vào máy

- *Mạch vào*: truyền dẫn tín hiệu từ đầu vào tới *Thiết bị biến đổi*. Mạch vào thường là bộ KĐ phụ tải catốt ( $Z_{\text{vào}}$  cao), thực hiện phối hợp trở kháng.

8

## Chương 1. Giới thiệu chung về đo lường điện tử

- *Thiết bị biến đổi*: thực hiện **so sánh** và phân tích.

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 KĐ, tách sóng, **biến đổi** dạng điện áp tín hiệu, chuyển đổi dạng năng lượng,...

- *Thiết bị chỉ thị*: biểu thị **kết quả** đo dưới dạng thích hợp với giác quan giao tiếp của sinh lí con người hay với **tín tức** đưa vào bộ phận điều chỉnh, tính toán,...

*VD*: đồng hồ đo chỉ thị **kim**, ống tia điện tử, hệ thống đèn chỉ thị **số**, thiết bị nhớ,...

*Nguồn cung cấp*: cung cấp **năng lượng** cho máy, và làm nguồn tạo tín hiệu chuẩn.

b) Máy đo đặc tính và thông số của mạch điện:

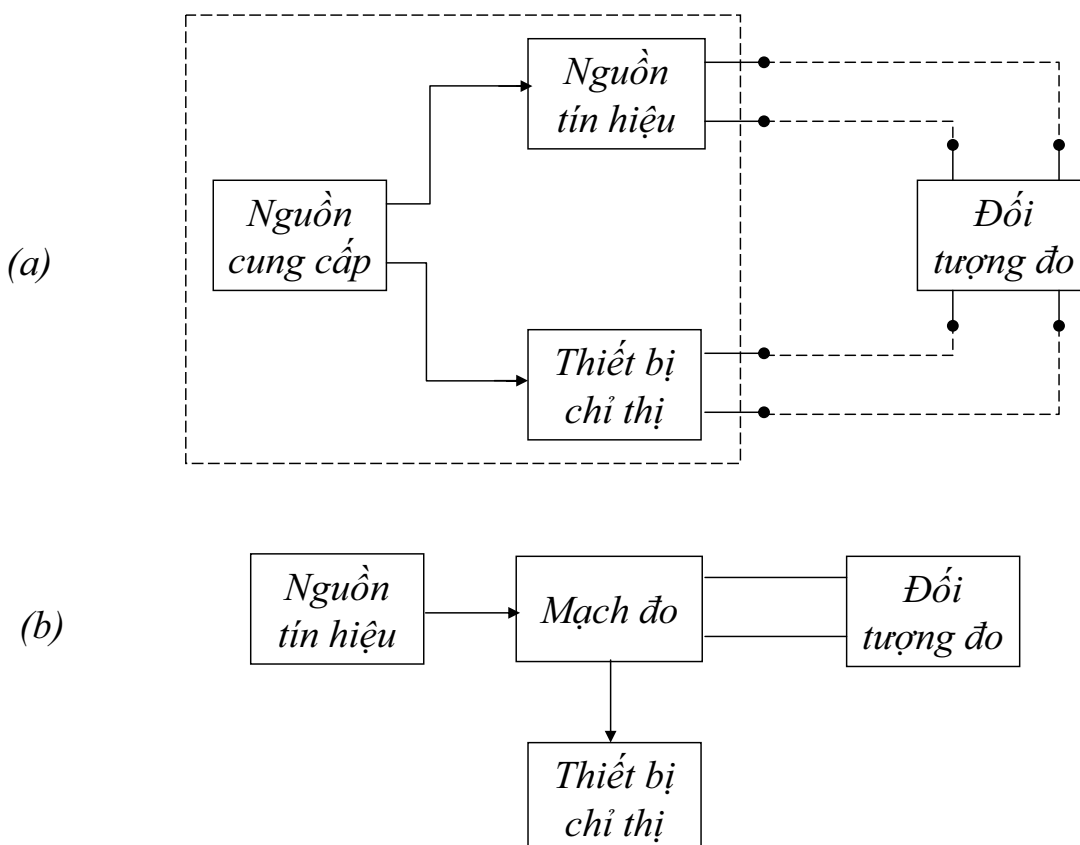
Mạch điện cần đo thông số: mạng **4** cực, mạng **2** cực, các phần tử của **mạch điện**.

Sơ đồ khối chung: cấu tạo gồm cả **nguồn** tín hiệu và thiết bị chỉ thị, (hvẽ)

*VD*: máy đo đặc tính tần số, máy đo đặc tính quá độ, máy đo hệ số **phản chất**, đo **RLC**, máy thử đèn điện tử, bán dẫn và IC,...

9

## Chương 1. Giới thiệu chung về đo lường điện tử

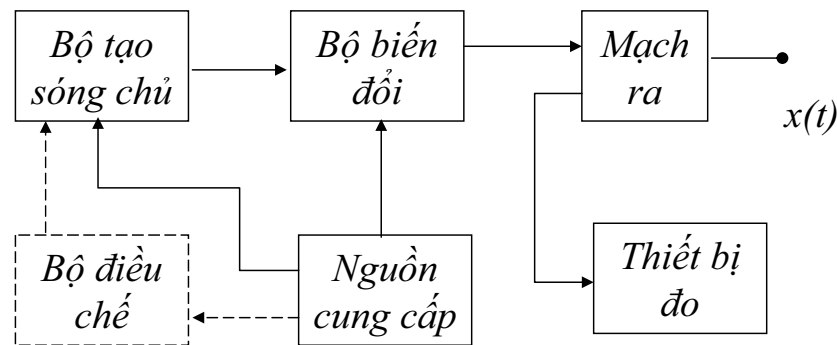


10

## Chương 1. Giới thiệu chung về đo lường điện tử

c) máy tạo tín hiệu đo lường:

Sơ đồ khối chung:



*Bộ tạo sóng chủ*: xác định các đặc tính **chủ yếu** của tín hiệu như dạng và tần số dao động, thường là bộ tạo sóng hình **sin** hay **xung** các loại

*Bộ biến đổi*: nâng cao mức **năng lượng** của tín hiệu hay tăng thêm độ xác lập của dạng tín hiệu, thường là bộ KĐ điện áp, KĐ công suất, bộ điều chế, thiết bị **tạo dạng** xung,...

Các máy phát tín hiệu siêu cao tần thường không có *Bộ biến đổi* đặt giữa *Bộ tạo sóng chủ* và đầu **ra**, mà dùng *Bộ điều chế trực tiếp* để khống chế dao động chủ

11

## Chương 1. Giới thiệu chung về đo lường điện tử

*Mạch ra*: để **điều chỉnh** các mức tín hiệu ra, biến đổi  $Z_{ra}$  của máy. Nó thường là mạch **phân áp**, biến áp phối hợp trở kháng, hay bộ **phụ tải** Catốt.

*Thiết bị đo*: kiểm tra **thông số** của tín hiệu đầu ra. Nó thường là **vôn** mét điện tử, thiết bị đo công suất, đo **hệ số** điều chế, đo tần số,...

*Nguồn*: cung cấp **nguồn** cho các bộ phận, thường làm nhiệm vụ **biến đổi** điện áp xoay chiều của mạng lưới điện thành điện áp **1** chiều có độ ổn định cao.

d) Các linh kiện đo lường:

gồm các linh kiện lẻ, phụ thêm với máy đo để tạo nên các **mạch đo** cần thiết.

Chúng là các điện trở, **điện cảm**, điện dung mẫu; hay các linh kiện để ghép giữa các bộ phận của mạch đo (VD: bộ suy giảm, bộ dịch pha, bộ phân mạch định hướng,...)

12

## Chương 2. Đánh giá sai số đo lường

### 2.1 Khái niệm & nguyên nhân 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...

\* *Nguyên nhân gây sai số*:

- Nguyên nhân **khách quan**: do dụng cụ đo không **hoàn hảo**, đại lượng đo bị can nhiễu nên không hoàn toàn được ổn định,...
- Nguyên nhân **chủ quan**: do **thiếu** thành thạo trong thao tác, phương pháp tiến hành đo không hợp lý,...

### 2.2 Phân loại sai số

\* *Theo cách biểu diễn sai số*:

- Sai số **tuyệt đối**: là hiệu giữa kết quả đo được với giá trị **thực** của đại lượng đo

$$\Delta X = X_{do} - X_{thuc}$$

- 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

$$\delta_{ct} = \left| \frac{\Delta X}{X_{thuc}} \right| . 100\%$$

13

## Chương 2. Đánh giá sai số đo lường

- Sai số tương đối **danh định**:  $\delta_{dd} = \left| \frac{\Delta X}{X_{do}} \right| . 100\%$

- Sai số **tương đối** qui định: là giá trị tuyệt đối của **tỷ số** giữa sai số tuyệt đối và giá trị định mức của thang đo.

$$\delta_{qd} = \left| \frac{\Delta X}{X_{dm}} \right| . 100\% \rightarrow \text{cấp chính xác của đại lượng đo}$$

$X_{dm} = X_{max} - X_{min}$  : giá trị **định mức** của thang đo

Nếu giá trị thang đo:  $0 \div X_{max} \rightarrow X_{dm} = X_{max}$

\* *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 nhảy (sai số **nhân**) là sai số phụ thuộc vào giá trị đại lượng đo

14

## Chương 2. Đánh giá sai số đo lường

\* Theo **vị trí** sinh ra sai số ta có sai số phương pháp và sai số phương tiện đo:

- 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

15

## Chương 2. Đánh giá sai số đo lường

\* Theo **qui luật xuất hiện** sai số:

- Sai số hệ thống
- Sai số ngẫu nhiên

### 2.2.1 Sai số hệ thống

- Do các yếu tố thường xuyên hay các yếu tố có **qui luật** tác động.
- Kết quả đo có sai số của lần đo nào cũng đều **lớn** hơn hay **bé** hơn giá trị thực của đại lượng cần đo

VD:

- + Do dụng cụ, máy móc đo chế tạo không hoàn hảo
- + Do chọn **phương pháp** đo không hợp lý, hoặc **lỗi** trong quá trình xử lý kết quả đo,...
- + Do khí hậu (nhiệt độ, độ ẩm,...) khi đo không giống với điều kiện khí hậu **tiêu chuẩn** theo qui định

16



## Chương 2. Đánh giá sai số đo lường

### 2.2.2 Sai số ngẫu nhiên

- Do các yếu tố **bất thường**, không có qui luật tác động.
- VD: + Do điện áp cung cấp của mạch đo **không** ổn định
- + Do biến thiên khí hậu của môi trường xung quanh trong quá trình đo

**Trị số đo sai:** là **kết quả** các lần đo có các giá trị **sai** khác quá đáng, thường do sự **thiếu** chu đáo của người đo hay do các tác động đột ngột của bên ngoài.

#### Xử lý **sai số** sau khi 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
- Đối với sai số ngẫu nhiên: không xử lý được, chỉ có thể **định lượng** được giá trị sai số ngẫu nhiên bằng lý thuyết xác suất & thống kê.

17

## Chương 2. Đánh giá sai số đo lường

### 2.3 Ứng dụng phương pháp phân bố chuẩn để định giá sai số

- Yêu cầu:**
- tất cả các lần đo đều phải thực hiện với độ **chính xác** như nhau
  - phải đo **nhều** lần

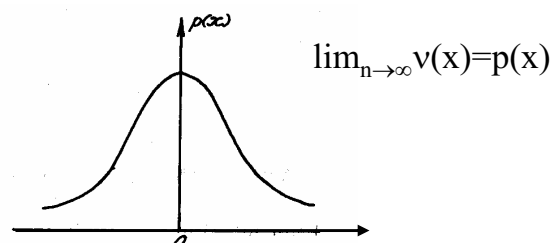
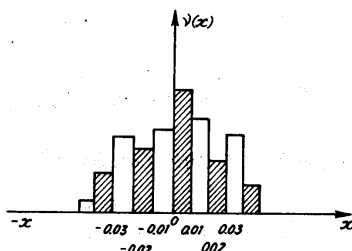
#### 2.3.1 Hàm mật độ phân bố sai số

- Tiến hành đo  $n$  lần một đại lượng nào đó, ta thu được các kết quả đo có các sai số tương ứng là  $x_1, x_2, \dots, x_n$
- Sắp xếp các sai số theo giá trị **độ lớn** của nó thành từng nhóm riêng biệt, vd:  $n_1$  sai số có trị số từ  $0 \div 0,01$ ;  $n_2$  sai số có trị số từ  $0,01 \div 0,02$ ; ...

- $v_1 = \frac{n_1}{n}$ ,  $v_2 = \frac{n_2}{n}, \dots$  là tần suất (hay tần số xuất hiện) các lần đo có các

sai số ngẫu nhiên nằm trong **khoảng** có giá trị giới hạn đó

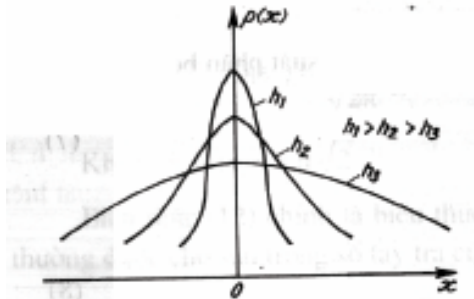
- Lập biểu đồ phân bố tần suất:



## Chương 2. Đánh giá sai số đo lường

$p(x)$  là hàm số **phân bố** tiêu chuẩn các sai số (hàm số chính tắc). Thực tế thì phần lớn các trường hợp sai số trong đo lường điện tử đều **thích hợp** với qui luật này

$$p(x) = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2} \quad (\text{hàm Gauss}) \quad (1)$$



$h$  : *thông số đo chính xác*

$h$  lớn  $\rightarrow$  đường cong hẹp và nhọn (xác suất các sai số có trị số bé thì lớn hơn)

$\rightarrow$  thiết bị đo có độ chính xác cao

### **Qui tắc phân bố sai số:**

- Xác suất xuất hiện của các **sai số** có trị số bé thì nhiều hơn xác suất xuất hiện của các sai số có trị số lớn.
- Xác suất xuất hiện sai số không **phụ thuộc** dấu, nghĩa là các sai số có trị số bằng nhau về giá trị tuyệt đối nhưng **khác** dấu nhau thì có xác suất xuất hiện như nhau.

19

## Chương 2. Đánh giá sai số đo lường

### **2.3.2 Sử dụng các đặc số phân bố để đánh giá kết quả đo và sai số đo**

#### **1. Sai số trung bình bình phương:**

- + Đo  $n$  lần một đại lượng  $X$ , các kết quả nhận được là  $n$  trị số sai số có giá trị nằm trong **khoảng** giới hạn  $x_1 \div x_n$
- +  $h$  khác nhau  $\rightarrow$  **xác suất** của chúng khác nhau
- +  $h = \text{const}$  với một loại trị số đo  $\rightarrow$  xác suất sai số xuất hiện tại  $x_1$  và lân cận của  $x_1$  là:

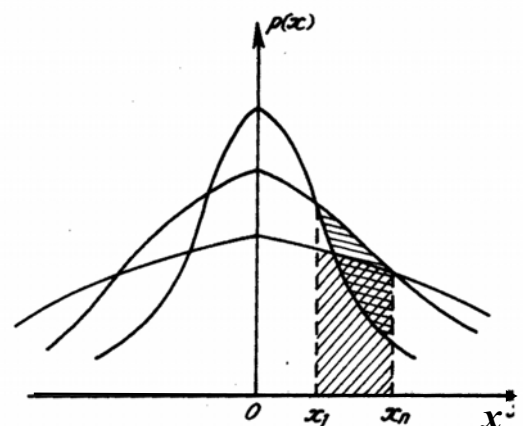
$$dp_1 = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x_1^2} dx_1$$

tương tự ta có:

$$dp_2 = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x_2^2} dx_2$$

.....

$$dp_n = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x_n^2} dx_n$$



20

## Chương 2. Đánh giá sai số đo lường

Xác suất của n lần đo coi như **xác suất** của một sự kiện phức hợp, do đó:

$$P_{ph} = dp_1 \cdot dp_2 \dots dp_n \\ = \left( \frac{h}{\sqrt{\pi}} \right)^n e^{-h^2(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2)} dx_1 dx_2 \dots dx_n \quad (2)$$

Tìm cực trị của h:

$$\frac{dP_{ph}}{dh} = n \frac{h^{n-1}}{(\sqrt{\pi})^n} e^{-h^2 \sum x_i^2} + \frac{h^n}{(\sqrt{\pi})^n} [-2h \sum x_i^2] e^{-h^2 \sum x_i^2} = 0 \\ \Rightarrow n - 2h^2 \sum x_i^2 = 0 \quad \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}h} = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n}} \quad (3)$$

Sai số TBBP ( $\sigma$ ):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}} \quad (4)$$

21

## Chương 2. Đánh giá sai số đo lường

Hàm phân bố tiêu chuẩn:  $p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$  (5)

Xác suất xuất hiện các sai số có trị số  $< \sigma$ :

$$P(|x| < \sigma) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{t_i} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (6)$$

$$t_i = h\sqrt{2}x_i = h\sqrt{2}\sigma = 1$$

$$P(|x| < \sigma) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{h\sqrt{2}\sigma} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^1 e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

$$P(|x| < \sigma) = 0,638 \approx 2/3 \quad (7)$$

\* Lấy  $\sigma$  để định giá sai số của KQ đo  $\Rightarrow$  độ **tin cậy** chưa đảm bảo.  
 $\Rightarrow$  lấy  $M=3\sigma$  (sai số cực đại).

$$P(|x| < M) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^3 e^{-\frac{t^2}{2}} dt = 0,997 \quad (8)$$

22

## Chương 2. Đánh giá sai số đo lường

### 2. Trị số trung bình cộng:

- Đo  $X$ , thu được  $n$  các kết quả đo:  $a_1, a_2, \dots, a_n$
- Các **sai số** của các lần đo riêng biệt:  $x_1 = a_1 - X, x_2 = a_2 - X, \dots, x_n = a_n - X$
- Các  $x_i$  chưa biết  $\Rightarrow X$  cần đo chưa biết
- Thực tế chỉ **xác định** được trị số gần đúng nhất với  $X$  (trị số có xác suất lớn nhất):

$$\bar{a} = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} \quad (9)$$

### 3. Sai số dư:

- Sai số mỗi lần đo:  $x_i = a_i - x$  chưa biết vì  $x$  chưa biết.
- Sai số **dư** là sai số tuyệt đối của giá trị các lần đo  $a_i$  với  $\bar{a}$ :  $\varepsilon_i = a_i - \bar{a}$

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = \sum_{i=1}^n a_i - n \cdot \bar{a} = \sum_{i=1}^n a_i - \sum_{i=1}^n a_i = 0 \quad (10)$$

- Thực tế:  $\bar{a} \approx X$

23

## Chương 2. Đánh giá sai số đo lường

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{n-1}} \quad (11)$$

- Sai số TBBP của  $\bar{a}$ :  $\sigma_{\bar{a}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (12)$

4. Sai số TB:

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n |\varepsilon_i|}{\sqrt{n(n-1)}} \quad (13)$$

### 5. Độ tin cậy và **khoảng** tin cậy:

Xác suất của các sai số có trị số **không** vượt quá 1 giá trị  $\mu$  cho trước nào đó, bằng:

$$\Phi(t_i) = P(|\bar{a} - X| < \mu) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\mu/\sigma_{\bar{a}}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt, \quad t_i = \frac{\mu}{\sigma_{\bar{a}}}$$

24

## Chương 2. Đánh giá sai số đo lường

Nếu biết P, dựa vào bảng hàm số  $\Phi(t)$  trong sổ tay tra cứu về toán  $\Rightarrow t = \frac{\mu}{\sigma_{\bar{a}}}$   
hay  $\mu = t\sigma_{\bar{a}}$

$$\Rightarrow |\bar{a} - X| < t\sigma_{\bar{a}} \quad (16)$$
$$\bar{a} - t\sigma_{\bar{a}} < X < \bar{a} + t\sigma_{\bar{a}}$$

Đó là **khoảng tin cậy**, khoảng này có **xác suất** chứa đựng trị số thực của đại lượng cần đo X là  $P = \Phi(t)$ . P là **độ tin cậy** của phép đánh giá.

Kết quả đo:

$$X = \bar{a} \pm t\sigma_{\bar{a}} \quad (n > 10) \quad (17)$$

Để đảm bảo độ tin cậy  $P = 0,997$  thì lấy  $t=3$  ta có:

$$X = \bar{a} \pm 3\sigma_{\bar{a}} \quad (18)$$

Quan hệ giữa độ tin cậy P, t, với  $n > 10$  (bảng 1)

25

## Chương 2. Đánh giá sai số đo lường

6. Sai số cực đại và sai số thô:

Sai số cực đại  $M = \pm 3\sigma$  ( $n > 10$ )

$$M = \pm t_s \sigma \quad (2 \leq n \leq 10)$$

Sai số thô: sai số  $|\varepsilon_i|$  của lần quan sát nào **lớn hơn** sai số cực đại thì đó là sai số thô.

7. Phân bố student:

Khoảng tin cậy:  $\bar{a} - t_s \sigma_{\bar{a}} < X < \bar{a} + t_s \sigma_{\bar{a}} \quad 2 \leq n \leq 10$

Giá trị của  $t_s$  được cho trong bảng 2

### 2.4 Cách xác định kết quả đo:

Thực hiện đo n lần thu được các kết quả đo:  $a_1, a_2, \dots, a_n$

1. Tính trị số **trung bình** cộng:

$$\bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n}$$

26

## Chương 2. Đánh giá sai số đo lường

2. Tính sai số dư:  $\varepsilon_i = a_i - \bar{a}$

Kiểm tra:

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = 0 \quad \text{hay không?}$$

3. Tính sai số TBBP:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{n-1}}$$

4. Kiểm tra xem có sai số **thô**?

nếu có sai số thô thì loại bỏ kết quả đo tương ứng và thực hiện lại bước 1-4

5. Tính sai số TBBP của trị số TB cộng:

$$\sigma_{\bar{a}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

27

## Chương 2. Đánh giá sai số đo lường

6. Xác định kết quả đo:  $X = \bar{a} \pm t\sigma_{\bar{a}}$  với  $n > 10$

nếu  $2 \leq n \leq 10$  :  $X = \bar{a} \pm t_s \sigma_{\bar{a}}$

\* Cách viết hàng chữ số của KQ đo:

- Lấy  $t\sigma_{\bar{a}}$  chỉ cần lấy với 2 số sau dấu phẩy.
- Lấy  $\bar{a}$  phải chú ý lấy chữ số sao cho bậc của số cuối của nó  $\geq$  bậc của hai con số của  $t\sigma_{\bar{a}}$ .

VD: kết quả đo là  $X = 275,24 \pm 1,08$  thì phải viết lại là:  $X = 275,2 \pm 1,1$

28

Bảng 1 Giá trị t theo giá trị xác suất cho trước

$\Phi(t)$	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	3,891
0,98	2,326	0,99999	4,417
0,99	2,576	0,999999	4,892
0,991	2,612	0,9999999	5,327

Bảng 2 Giá trị ts ứng với xác suất tin cậy  $P_{TC}$  và số lần đo n khác nhau

$P_{TC}$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	0,999
n									
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	8,96	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	1,10	1,383	1,833	2,26	2,82	3,25	4,78

29

## Chương 2. Đánh giá sai số đo lường

### 2.5 Sai số của phép đo gián tiếp:

Giả sử 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

$$X = F(Y, V, Z)$$

$\Delta Y, \Delta V, \Delta Z$  là các **sai số** hệ thống tương ứng khi đo Y, V, Z ;  $\Delta X$  là sai số hệ thống khi **xác định** X

$$X + \Delta X = F(Y + \Delta Y, V + \Delta V, Z + \Delta Z)$$

Các sai số có giá trị **nhỏ** nên:

$$X + \Delta X = F(Y, V, Z) + \frac{\partial F}{\partial Y} \Delta Y + \frac{\partial F}{\partial V} \Delta V + \frac{\partial F}{\partial Z} \Delta Z$$

$$\Rightarrow \Delta X = \frac{\partial F}{\partial Y} \Delta Y + \frac{\partial F}{\partial V} \Delta V + \frac{\partial F}{\partial Z} \Delta Z$$

30

## Chương 2. Đánh giá sai số đo lường

TH1:  $X = aY + bV + cZ$

$$\Delta X = a \Delta Y + b \Delta V + c \Delta Z$$

TH2:  $X = KY^\alpha V^\beta Z^\gamma$

$$\Delta X = K\alpha Y^{\alpha-1} V^\beta Z^\gamma \Delta Y + K\beta Y^\alpha V^{\beta-1} Z^\gamma \Delta V + K\gamma Y^\alpha V^\beta Z^{\gamma-1} \Delta Z$$

Thực tế dùng **sai số** tương đối:

$$\delta_x = \frac{\Delta X}{X} = \alpha \frac{\Delta Y}{Y} + \beta \frac{\Delta V}{V} + \gamma \frac{\Delta Z}{Z}$$

$$\delta_x = \alpha \delta_y + \beta \delta_v + \gamma \delta_z$$

Xác định sai số TBBP của phép đo **gián tiếp** thông qua sai số TBBP của các phép đo trực tiếp thành phần

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial Y} \sigma_y\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial V} \sigma_v\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial Z} \sigma_z\right)^2}$$

31

## Chương 3. Các bộ chỉ thị trong máy đo

### 3.1 Nguyên tắc hoạt động chung của cơ cấu đo

Bao gồm 2 thành phần cơ bản : Tĩnh và động.

- 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 được thể hiện theo **chiều** biến đổi: dòng điện  $I_x$  (hoặc  $U_x$ )  $\rightarrow$  năng lượng điện từ  $W_{dt}$ ,

$W_{dt}$  sẽ tương tác với phần **động** và phần tĩnh tạo ra F (lực)  $\rightarrow$  tạo mômen quay ( $M_q$ )  $\rightarrow$  góc quay  $\alpha$  ;  $\alpha$  tỷ lệ với  $f(I_x)$  hoặc  $\alpha = f(U_x)$

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:

$$W_{dt} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{i=n-1} C_{ij} U_{ij}^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n L_i I_i^2 + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{i=n-1} M_{ij} I_i I_j$$

32



## Chương 3. Các bộ chỉ thị trong máy đo

i : cuộn dây

j : phần tử mang điện tích

$C_{ij}, U_{ij}$  : điện dung và điện áp 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 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.

$$M_q = \frac{dW_{dt}}{d\alpha}$$

$dW_{dt}$  : sự biến thiên của năng lượng từ

$d\alpha$  : sự biến thiên của góc quay  $\alpha$

33

## Chương 3. Các bộ chỉ thị trong máy đo

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.

$$M_{pk} = -D\alpha$$

D: là hệ số phản kháng của lò xo

Kim chỉ thị sẽ dừng lại ở vị trí cân bằng khi

$$M_{pk} = M_q \Leftrightarrow D\alpha = \frac{dW_{dt}}{d\alpha} \Rightarrow \alpha = \frac{1}{D} \frac{dW_{dt}}{d\alpha}$$

$W_{dt}$  : phụ thuộc vào điện áp, dòng điện đặt vào cuộn dây.

34

## Chương 3. Các bộ chỉ thị trong máy đo

### 3.2 Cơ cấu chỉ thị kim:

Một số dụng cụ đo độ lệch:

- Dụng cụ đo từ điện kiểu nam châm vĩnh cửu (TĐNCVC).
- Dụng cụ đo điện động.
- Dụng cụ đo kiểu **điện từ**.

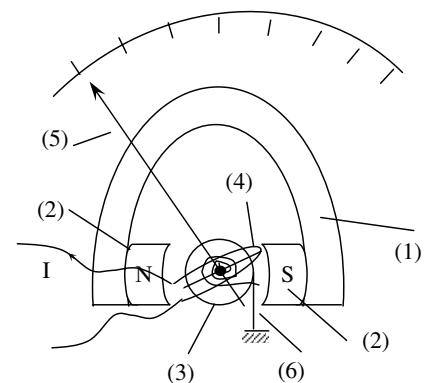
**3.2.1 Bộ chỉ thị kiểu từ điện:** hoạt động theo nguyên tắc biến đổi **điện năng** thành cơ năng nhờ sự **tương tác** giữa từ trường của một nam châm vĩnh cửu và từ trường của **dòng điện** qua 1 khung dây động

35

## Chương 3. Các bộ chỉ thị trong máy đo

### 1. Cấu tạo:

- **Phần tĩnh:** gồm 1 nam châm vĩnh cửu (1), hai má cực từ (2), 1 **lõi sắt** từ (3). Giữa (2) và (3) tạo thành 1 khe hẹp hình vành khuyên cho phép 1 khung dây quay xung quanh và có từ trường **đều** hướng tâm (B)
- **Phần động:** gồm 1 khung dây nhẹ (4) có thể **quay** xung quanh trục của 1 lõi sắt từ, 1 kim chỉ thị (5) được gắn vào **trục** của khung dây, 1 lò xo phản kháng (6) với 1 đầu được gắn vào trục của khung dây, đầu còn lại được gắn với **vỏ** máy.



Để định vị kim đúng điểm '0' khi chưa đo thì một đầu của lò xo **phản kháng** ở trước được liên hệ với một vít chỉnh '0' ở chính giữa mặt trước của **cơ cấu** đo.

36

## Chương 3. Các bộ chỉ thị trong máy đo

### 2. Hoạt động:

- Dòng điện trong **cuộn dây** của cơ cấu TĐNCVC phải chạy theo một chiều nhất định để cho **kim** dịch chuyển (theo chiều dương) từ vị trí '0' qua suốt thang đo.
- Đảo chiều dòng điện  $\rightarrow$  cuộn dây quay theo chiều **ngược** lại và kim bị lệch về phía trái điểm '0'. Do đó các đầu nối của dụng cụ TĐNCVC được đánh dấu '+' và '-' để cho biết **chính xác** cực cần nối. Cơ cấu TĐNCVC được coi là có phân cực.
- Phương trình mô men quay và thang đo:

Khi có dòng điện  $I$  chạy qua khung dây sẽ tạo ra 1 từ trường **tương tác** với từ trường  $B$  của NCVC  $\rightarrow$  tạo ra 1 mômen quay:

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

$d\phi = B.N.S.d\alpha$  : độ biến thiên của từ thông qua khung dây

$B$ : từ trường NCVC

37

## Chương 3. Các bộ chỉ thị trong máy đo

$N$ : số vòng dây

$S$ : diện tích khung dây

$d\alpha$ : độ biến thiên góc quay của khung dây

$$M_q = I.B.N.S$$

Mô men quay  $M_q$  làm quay khung dây, khi đó **mômen** phản kháng do lò xo phản kháng **tác động** vào khung dây tăng

$$M_{pk} = D.\alpha \quad (3.5)$$

$D$  - hệ số phản kháng của lò xo

$\alpha$  - góc quay của kim

Khi mômen quay  $M_q$  **cân bằng** với mômen phản kháng  $M_p$  của lò xo thì kim sẽ dừng lại trên mặt độ số ứng với một **góc**  $\alpha$  nào đó.

$$M_q = -M_{pk} \quad (3.6)$$

$$\Leftrightarrow I.B.N.S = D.\alpha$$

$$\Leftrightarrow \alpha = \frac{B.N.S}{D} I = S_0.I$$

$$S_0 = \frac{B.N.S}{D} \quad \text{là } \textbf{độ nhạy} \text{ của cơ cấu đo}$$

38

## Chương 3. Các bộ chỉ thị trong máy đo

### 3. Đặc điểm của cơ cấu đo từ điện:

#### + ưu điểm:

- Thang đo **tuyến tính** → có thể khắc độ thang đo của dòng điện  $I$  theo góc quay của **kim** chỉ thị
- Độ nhạy cơ cấu đo lớn
- Dòng toàn thang ( $I_{tt}$ ) rất nhỏ (cỡ  $\mu A$ )
- Độ **chính xác** cao, có thể tạo ra các thang đo có cấp chính xác tới 0,5%
- Ít chịu ảnh hưởng của **điện từ trường** bên ngoài.

#### + Nhược điểm:

- Cấu tạo **phức tạp**, dễ bị hư hỏng khi có va đập mạnh
  - Chịu quá tải **kém** do dây quấn khung có đường kính nhỏ
  - Chỉ làm việc với dòng 1 chiều, muốn làm việc với dòng xoay chiều phải có thêm **điốt** nắn điện
- \* Ứng dụng: dùng rất nhiều làm cơ cấu chỉ thị cho các dụng cụ đo điện như Vônmet, Ampemét,..., các phép đo cầu cân bằng

39

## Chương 3. Các bộ chỉ thị trong máy đo

**3.2.2 Cơ cấu 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

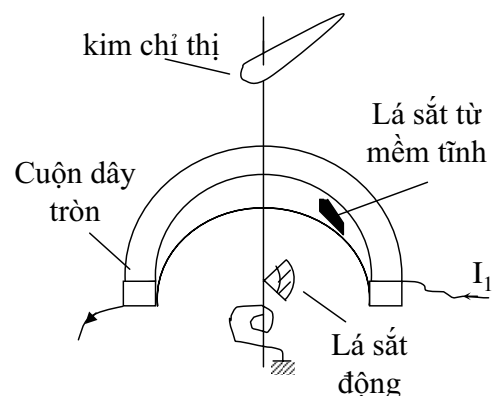
### 1. Cấu tạo: có 2 loại

- Loại cuộn dây hình tròn.
- Loại cuộn dây hình dẹt

#### + Loại cuộn dây hình tròn:

- Phần tĩnh: là 1 cuộn dây hình trụ tròn, 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 gắn kim chỉ thị và **lò xo** phản kháng



40

## Chương 3. Các bộ chỉ thị trong máy đo

### + 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 một phần nằm trong khe hẹp và có thể quay quanh trục. Trên trục của đĩa sắt từ có gắn kim chỉ thị và lò xo phản kháng

### 2. Nguyên lý hoạt động chung:

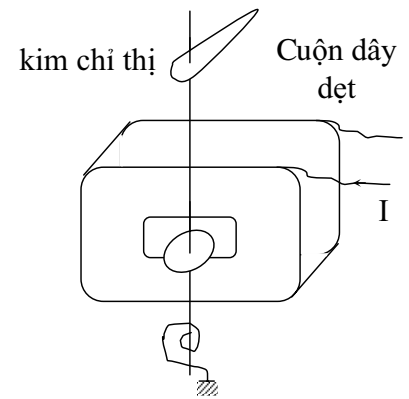
Khi có dòng I điện chạy qua cuộn dây tĩnh sẽ tạo ra một năng lượng từ trường

$$W_{tt} = \frac{1}{2} LI^2$$

với L là điện cảm cuộn dây, có giá trị tùy thuộc vào vị trí tương đối của lá sắt từ động và tĩnh

Sự biến thiên năng lượng từ trường theo góc quay tạo ra mômen quay → trục quay → kim chỉ thị quay

$$M_q = \frac{dW_{tt}}{d\alpha}$$



41

## Chương 3. Các bộ chỉ thị trong máy đo

Khi kim chỉ thị quay → mômen phản kháng tăng:  $M_{pk} = D \cdot \alpha$

Tại vị trí cân bằng:  $M_{pk} = - M_q$

$$\rightarrow D\alpha = \frac{dW_{tt}}{d\alpha} = \frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\alpha}$$

$$\rightarrow \alpha = \frac{1}{D} \frac{dW_{tt}}{d\alpha} = \frac{1}{2D} \frac{dL}{d\alpha} I^2$$

$$\rightarrow \alpha = S_0 I^2 \quad , \quad S_0 = \frac{1}{2D} \frac{dL}{d\alpha}$$

Góc quay của kim chỉ thị tỷ lệ với bình phương của I qua cuộn dây

### 3. Đặc điểm của CCD điện từ:

#### + Ưu điểm:

- ✓ CCD từ điện có thể làm việc với dòng xoay chiều.
- ✓ Có cấu tạo vững chắc, khả năng chịu tải tốt.

42

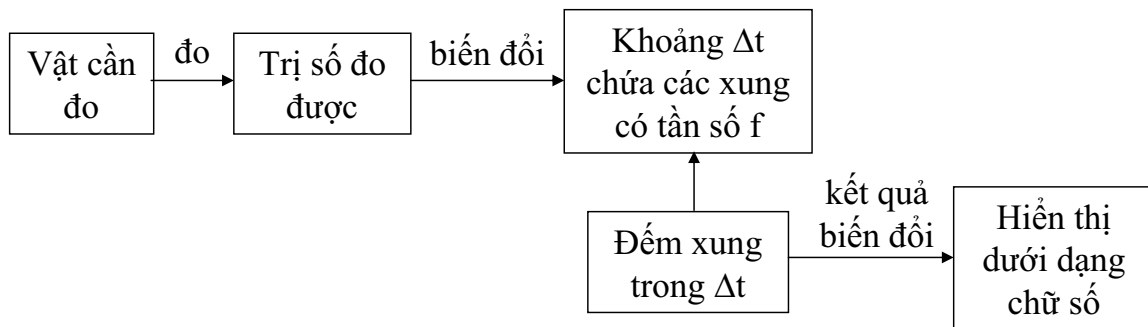
## Chương 3. Các bộ chỉ thị trong máy đo

+ Nhược điểm:

- ✓ Độ nhạy **kém** do từ trường phân tĩnh yếu
- ✓ Thang đo **phi** tuyến
- ✓ Độ chính xác **thấp** do dễ ảnh hưởng của từ trường bên ngoài do tổn hao sắt từ lớn

Tuy nhiên vẫn được dùng nhiều trong các đồng hồ đo điện áp lớn

### 3.3 Cơ cấu chỉ thị số:



43

## Chương 3. Các bộ chỉ thị trong máy đo

1. *Nguyên lý hoạt động chung*: các cơ cấu đo hiển thị số thường dùng phương pháp biến đổi **trị số** của đại lượng đo ra khoảng **thời gian** có độ lâu Δt phụ thuộc trị số đo chứa đầy các **xung** liên tiếp với tần số nhất định.

Thiết bị chỉ thị **đếm** số xung trong khoảng thời gian Δt và thể hiện kết quả phép đếm dưới dạng **chữ số** hiển thị.

2. *Các đặc điểm*:

(a) Các ưu điểm:

- ✓ Độ **chính xác** đo lường cao.
- ✓ Chỉ thị kết quả đo dưới dạng chữ số nên dễ đọc.
- ✓ Có khả năng **tự** chọn thang đo và phân cực
- ✓ Trở kháng **vào** lớn.
- ✓ Có thể lưu lại các kết quả đo để đưa vào **máy tính**.
- ✓ Dùng thuận tiện cho đo từ xa.

(b) Các nhược điểm:

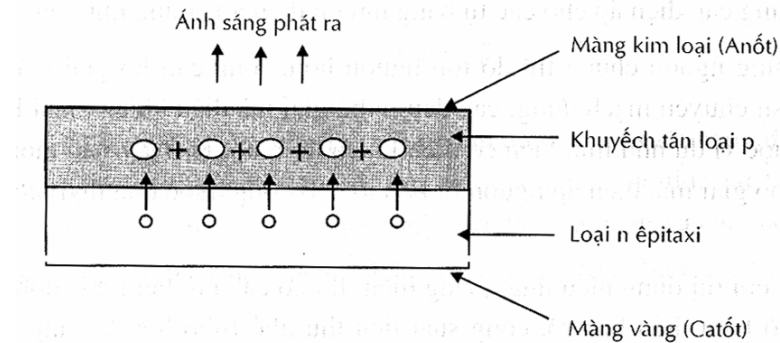
- ✓ Sơ đồ phức tạp
- ✓ Giá thành cao
- ✓ Độ bền vững nhỏ

44

## Chương 3. Các bộ chỉ thị trong máy đo

### 3.3.1 Bộ chỉ thị số dùng điốt phát quang (LED\_ Light Emitting Diode)

-Do sự **tái hợp** của các phần tử mang điện (điện tử và lỗ trống) của lớp tiếp xúc p-n khi định thiên **thuận** (các  $e^-$  vượt từ phía n và tái hợp với các **lỗ trống** tại phía p), các phần tử mang điện sẽ **phát** ra năng lượng dưới dạng nhiệt và ánh sáng.



-Nếu vật liệu bán dẫn **trong suốt** thì ánh sáng được phát ra và lớp tiếp xúc p-n là **nguồn sáng**. Nó là nguồn **điốt** phát quang (LED).

-Khi định thiên thuận, phần tử ở trạng thái **đóng** và phát sáng.

-Khi định thiên **ngược**, phần tử ở trạng thái ngắt.

45

## Chương 3. Các bộ chỉ thị trong máy đo

- Sự tái hợp của các **phần tử** mang điện xảy ra trong vật liệu loại p, nên miền p là bề mặt của phần tử **điốt**. Để có sự phát sáng tối đa, màng anốt kim loại được cho **kết nối** quanh mép của vật liệu loại p. Đầu nối của catốt của phần tử loại này là màng kim loại ở **đáy** của miền loại n.

\* LED 7 đoạn:

- Các dụng cụ đo hiển thị **số** thường dùng bộ chỉ thị 7 đoạn sáng ghép lại với nhau theo hình số **8**. Các đoạn sáng là các **điốt** phát quang. Khi cho dòng điện chạy qua những **đoạn** thích hợp có thể hiện hình bất kì số nào từ 0-9.
- Có 2 loại: LED 7 đoạn sáng **Anốt** chung  
LED 7 đoạn sáng Catốt chung

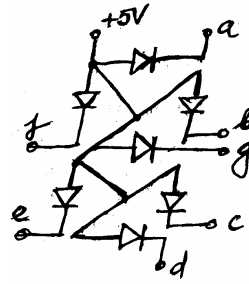
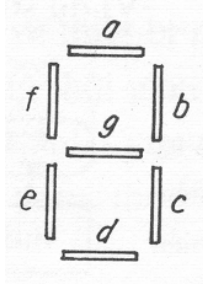
**LED 7 đoạn sáng Catốt chung:** catốt của tất cả các điốt đều được **nối** chung với điểm có điện thế bằng 0 (hay cực âm của nguồn). Tác động vào đầu vào (anốt) của điốt mức logic 1  $\rightarrow$  điốt sáng.

**LED 7 đoạn sáng Anốt chung:** các **anốt** được nối chung với cực dương của nguồn (mức logic 1). Tác động vào đầu vào (Catốt) của điốt mức logic 0  $\rightarrow$  điốt sáng.

46



## Chương 3. Các bộ chỉ thị trong máy đo



Độ **sụt áp** khi phân cực thuận điốt là 1,2V và **dòng thuận** khi có độ chói hợp lí là 20mA.

Nhược điểm: cần **dòng** tương đối lớn.

**Ưu điểm**: nguồn **điện áp** một chiều thấp, khả năng chuyển mạch nhanh, bền, kích thước bé.

### 3.3.2 Bộ chỉ thị số dùng tinh thể lỏng (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).

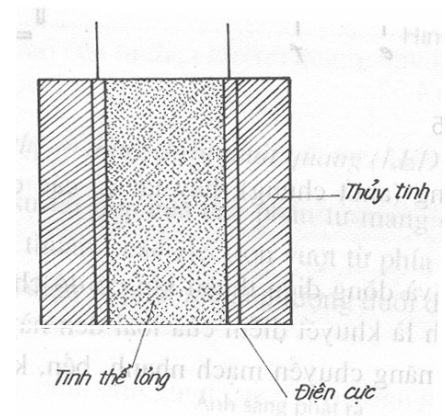
47

## Chương 3. Các bộ chỉ thị trong máy đo

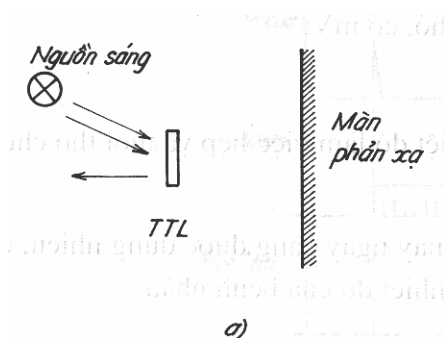
-Bộ **chỉ thị** dùng tinh thể lỏng (LCD) thường được bố trí cũng theo dạng số **7 đoạn** như bộ chỉ thị LED.

-Trên 2 tấm thủy tinh được **phủ** một lớp kim loại dẫn điện làm nên 2 **điện cực** trong suốt, giữa 2 lớp kim loại là lớp **chất lỏng** tinh thể.

-Khi chỉ thị chữ số, ngoài **điện áp** đặt vào 2 điện cực của phần tử còn cần **nguồn sáng** đặt phía trước hay phía sau của bộ **chỉ thị** và **phông**.



Cấu tạo mỗi thanh



(a) nguồn sáng đặt trước: khi có tín hiệu thì **tinh thể lỏng** có **ánh sáng** phản xạ từ gương.

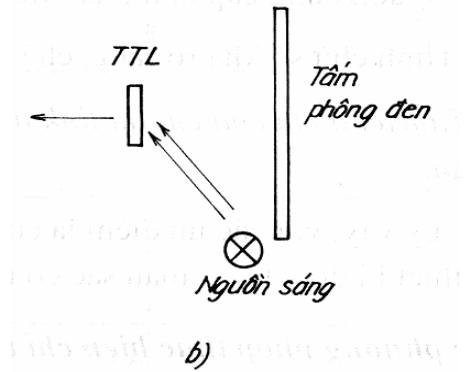
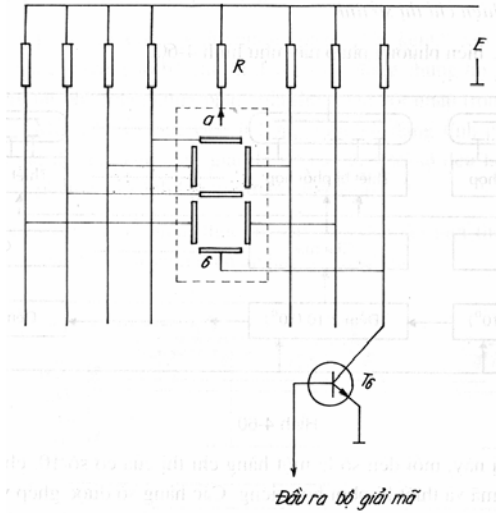
48



## Chương 3. Các bộ chỉ thị trong máy đo

-(b) nguồn sáng đặt sau: khi có tín hiệu thì tinh thể lỏng có ánh sáng đi qua tạo nên hình số trên màn hình. Màn hình là tấm phospho đen.

-Nguồn điện cung cấp là nguồn 1 chiều hoặc là nguồn điện áp xung. VD:



- + Đầu chung của các phân tử chỉ thị LCD nối với +E qua R.
- + Các điện cực riêng nối với các đầu ra điều khiển.
- + Khi transistor T6 tắt,  $U_{6a} = 0 \rightarrow$  phân tử 6 không chỉ thị.
- + Khi T6 thông,  $U_{6a} = +E \rightarrow$  đủ kích thích để phân tử 6 trở nên trong suốt, cho ánh sáng đi qua.

49

## Chương 3. Các bộ chỉ thị trong máy đo

*Ưu điểm của chỉ thị tinh thể lỏng:*

- ✓ Nguồn cung cấp đơn giản, tiêu thụ công suất nhỏ, cỡ mW
- ✓ Kích thước bé, phù hợp với các thiết bị đo dùng mạch tổ hợp, kỹ thuật vi điện tử.
- ✓ Hình chữ số khá rõ ràng, chế tạo đơn giản.

*Nhược điểm:*

- ✓ dải nhiệt độ làm việc hẹp ( $10^{\circ}\text{C}$ - $55^{\circ}\text{C}$ )
- ✓ tuổi thọ chưa thật cao

Tuy vậy các ưu điểm là cơ bản nên loại này ngày càng được dùng nhiều, đặc biệt là trong thiết bị đo y tế vì màu sắc có thể thay đổi theo nhiệt độ bệnh nhân.

50

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

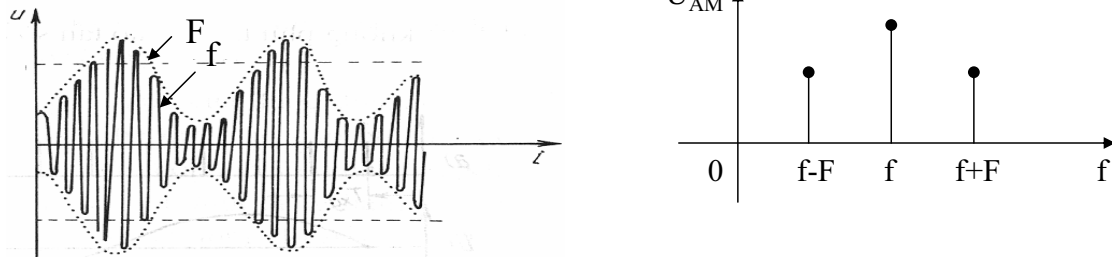
### 4.1 Nguyên lý quan sát tín hiệu trên MHS:

#### 1. Phương pháp vẽ dao động đồ của tín hiệu

- Một tín hiệu thường được biểu diễn dưới 2 dạng:

+ Hàm theo thời gian:  $u = f(t)$

+ Hàm số theo tần số:  $u = \varphi(f)$



- Để quan sát dạng sóng, đo các đặc tính và các tham số của tín hiệu → dùng một máy đo đa năng là MHS (Ôxilô).
- MHS là một loại máy vẽ di động theo 2 chiều X và Y để hiển thị dạng tín hiệu đưa vào cần quan sát theo tín hiệu khác hay theo thời gian. `Kim bút vẽ` của máy là một chấm sáng, di chuyển trên màn hình của ống tia điện tử theo qui luật của điện áp đưa vào cần quan sát.

51

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

#### \* Các loại ôxilô:

- Ôxilô tần thấp, ôxilô tần cao, ôxilô siêu cao tần
- Ôxilô xung ( $\tau/T$  bé)
- Ôxilô 2 tia; ôxilô nhiều kênh
- Ôxilô có nhớ (loại tương tự và loại số)
- Ôxilô số; ôxilô có cài đặt VXL

#### 2. Công dụng, tính năng của Ôxilô:

Ôxilô là một máy đo vạn năng, nó có các tính năng:

- Quan sát toàn cảnh tín hiệu

- Đo các thông số cường độ của tín hiệu:

- + đo điện áp, đo dòng điện, đo công suất
- + đo tần số, chu kì, khoảng thời gian của tín hiệu
- + đo độ di pha của tín hiệu
- + vẽ tự động và đo được đặc tính phổ của tín hiệu
- + vẽ đặc tuyến Vôn-Ampe của linh kiện
- + vẽ tự động, đo đặc tuyến biên độ-tần số của mạng 4 cực

52

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

### 3. Các chỉ tiêu kỹ thuật chủ yếu của Ôxilô:

- Phạm vi tần số công tác: được xác định bằng phạm vi tần số quét.
- Độ nhạy (hệ số lái tia theo chiều dọc): mV/cm  
Là mức điện áp cần thiết đưa đến đầu vào kênh lệch dọc bằng bao nhiêu mV để tia điện tử dịch chuyển được độ dài 1 cm theo chiều dọc của màn sáng.  
Độ nhạy cũng có thể được tính bằng mm/V.
- Đường kính màn sáng: Ôxilô càng lớn, chất lượng càng cao thì đường kính màn sáng càng lớn (thông thường khoảng 70mm-150 mm).
- Ngoài ra còn có hệ số lái tia theo chiều ngang, trở kháng vào,...

### 4. Chế độ quét tuyến tính liên tục

#### a) Nguyên lí quét đường thẳng trong MHS

- 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.

53

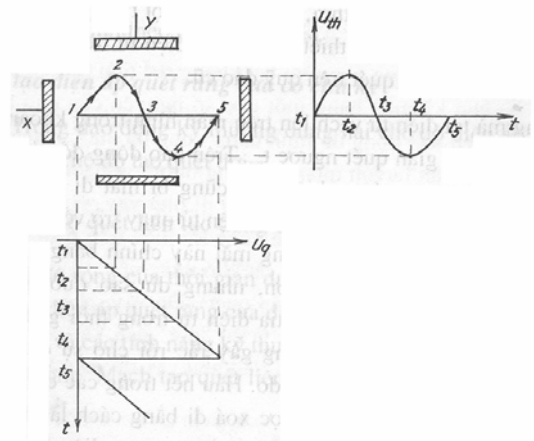
## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

- 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.

Chú ý: điện áp quét là hàm liên tục theo thời gian → quét liên tục  
điện áp quét là hàm gián đoạn theo thời gian → quét dợt

#### b) 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)

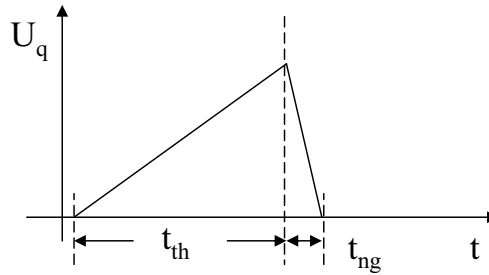


Quét  $t^2$  liên tục với  $T_q = T_{th}$

54

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

Chu kỳ quét:  $T_q = t_{th} + t_{ng}$



Thông thường:  $t_{ng} \leq 15\% t_{th}$  tức là  $t_{ng}$  rất nhỏ hơn  $t_{th}$  nên có thể coi  $T_q \approx t_{th}$ , lí tưởng:  $t_{ng} = 0$  ( $T_q = t_{th}$ )

-Nếu tần số quét đủ cao, màn huỳnh quang có độ dư huy đủ mức cần thiết thì khi mới chỉ có  $U_q$  đặt vào cặp phiến X đã có một đường sáng theo phương ngang. Khi có cả  $U_{th}$  đặt vào cặp phiến Y và nếu  $T_q = nT_{th}$  ( $n \in \mathbb{N}$ ) thì trên màn xuất hiện dao động đồ của một hay vài chu kì của điện áp nghiên cứu ( $U_{th}$ ).

-Nếu  $T_q \neq nT_{th}$  thì dao động đồ không đứng yên mà luôn di động rồi loạn  $\rightarrow$  khó quan sát. Hiện tượng này gọi là không đồng bộ (không đồng pha giữa  $U_q$  và  $U_{th}$ ).

55

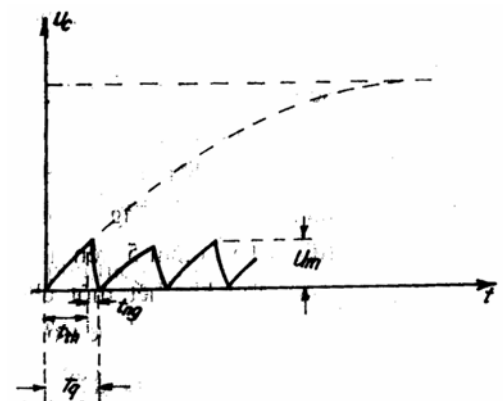
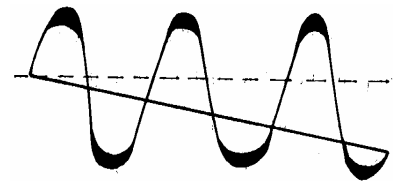
## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

-Thực tế,  $t_{ng} \neq 0$ . Vì  $t_{ng} \ll t_{th}$  nên đường sáng mà tia điện tử vạch lên trên màn trong khoảng  $t_{th}$  sáng hơn so với đường sáng trong khoảng  $t_{ng}$ . Trên dao động đồ của điện áp  $n$ /cứu cũng bị mất đi một phần chu kì ( $= t_{ng}$ ) để tia điện tử quay trở về vị trí ban đầu.

-Xóa đường vạch sáng của tia điện tử trong khoảng  $t_{ng}$ : ứng với lúc có  $t_{ng}$  thì tạo nên một xung điện áp âm có độ rộng đúng bằng  $t_{ng}$  đưa tới cực điều chế của ống tia điện tử.

-Khi điện áp quét răng cưa không thẳng  $\rightarrow$  méo dao động đồ do tốc độ quét không đều.

Giải pháp: cải tiến mạch điện để điện áp quét răng cưa có dạng gần như lí tưởng



56

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

-Hệ số không đường thẳng ( $\gamma$ ):

$$\gamma = \frac{\left(\frac{dU}{dt}\right)_{\max} - \left(\frac{dU}{dt}\right)_{\min}}{\left(\frac{dU}{dt}\right)_{tb}} (\%) = 2 \frac{\left(\frac{dU}{dt}\right)_{\max} - \left(\frac{dU}{dt}\right)_{\min}}{\left(\frac{dU}{dt}\right)_{\max} + \left(\frac{dU}{dt}\right)_{\min}} (\%)$$

Để có ảnh quan sát với chất lượng cao cần:

- $t_{ng} \ll t_{th}$  hay  $T_q \approx t_{th}$
- Điều kiện đồng bộ phải thoả mãn:  $T_q = nT_{th}$
- Phải có mạch tắt tia quét ngược.

### 5. Nguyên lý quét dọc

- Với xung có độ xấp lớn ( $\tau/T$  bé), có chu kì hoặc không có chu kì  $\rightarrow$  quét dọc.
- Quét dọc: điện áp quét chỉ xuất hiện khi có xung nghiên cứu đưa đến kênh Y của MHS.

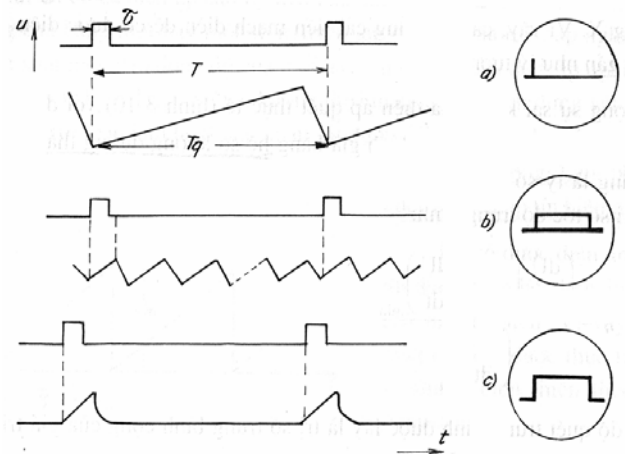
57

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

- (a)  $T_q = T_{th}$ ; tín hiệu chỉ xuất hiện trong một t/g rất bé ( $\tau \ll T_{th}$ )  $\rightarrow$  dao động đồ có hình dáng xung rất bé  $\rightarrow$  không tiến hành quan sát đo lường được.

- (b)  $T_q = T_{th}/6$  (quét liên tục):

- Hình dáng xung đã được khuếch đại ra.
- Đường trên mờ, đường dưới đậm  $\rightarrow$  khó quan sát
- Khó thực hiện đồng bộ  $\rightarrow$  dao động đồ không ổn định



NX: không quan sát được dạng xung một cách đầy đủ (sườn xung, đỉnh xung,...).

- (c) Quét dọc: chỉ có điện áp quét khi có tín hiệu nghiên cứu.

- Hình dáng xung đã được khuếch đại ra.
- Đường trên đậm  $\rightarrow$  dễ quan sát
- Để quan sát toàn bộ xung nghiên cứu  $\rightarrow$  điều chỉnh để  $\tau_q > \tau$  một chút

58

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

### 6. Nguyên lý đồng bộ:

-Khi quan sát dạng tín hiệu trên MHS, đôi khi ảnh bị trôi, nháy,... là do mất đồng bộ.

$$* \left( n - \frac{1}{4} \right) T_{th} < T_{q1} < n T_{th} \quad , \quad (n \in N)$$

$$\text{Minh họa } \frac{3}{4} T_{th} < T_{q1} < T_{th} :$$

ảnh I, II, III là các dao động đồ tương ứng tại các chu kì quét tương ứng. Nó phân bố lần lượt từ trái qua phải, do tính chất lưu ảnh của màn hình các ảnh sẽ mờ dần theo thứ tự tương ứng  $\rightarrow$  cảm giác dao động đồ chuyển động từ trái qua phải.

$$* n T_{th} < T_{q2} < \left( n + \frac{1}{4} \right) T_{th}$$

$$\frac{T_{th}}{T_{q2}} \neq \frac{a}{b} \rightarrow \text{tương tự, dao động đồ có cảm giác chuyển động từ phải qua trái}$$

59

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

$$* \frac{T_{th}}{T_{q3}} = \frac{a}{b} \quad (\text{minh họa } \frac{T_{th}}{T_{q3}} = \frac{4}{3} ):$$

Dao động đồ đứng yên nhưng không phản ánh đúng dạng tín hiệu cần quan sát mà chỉ gồm những đoạn tín hiệu khác nhau cần quan sát mà thôi.

$$* T_q = n T_{th} \quad (\text{minh họa } T_q = T_{th}), \quad n \in N$$

Dao động đồ ổn định và phản ánh đúng dạng tín hiệu cần quan sát.

$\rightarrow$  Điều kiện đồng bộ:  $T_q = n T_{th}$

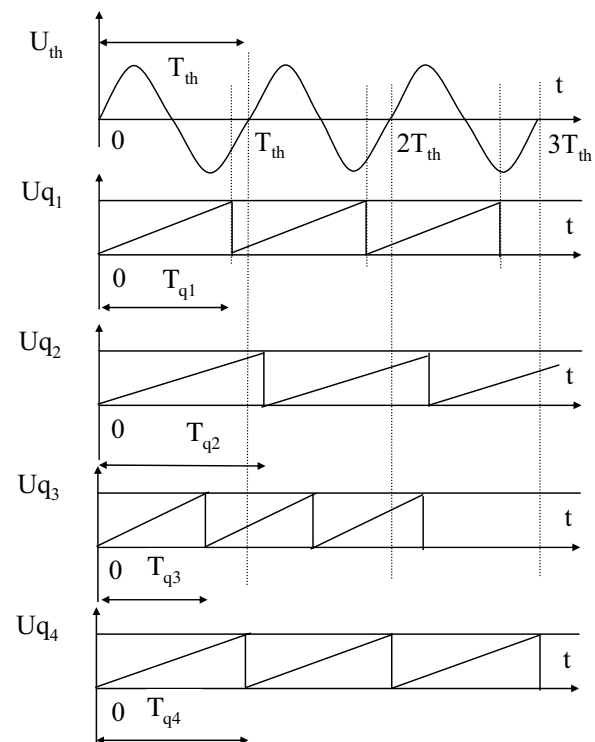
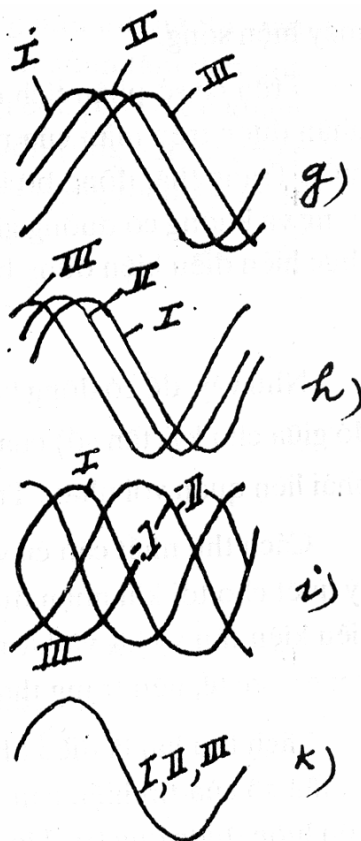
Quá trình thiết lập và duy trì điều kiện này là quá trình đồng bộ của MHS

-Các chế độ đồng bộ:

- + Đồng bộ trong: tín hiệu đồng bộ lấy từ kênh Y của MHS
- + Đồng bộ ngoài (EXT)
- + Đồng bộ lưới (LINE)

60

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)



61

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

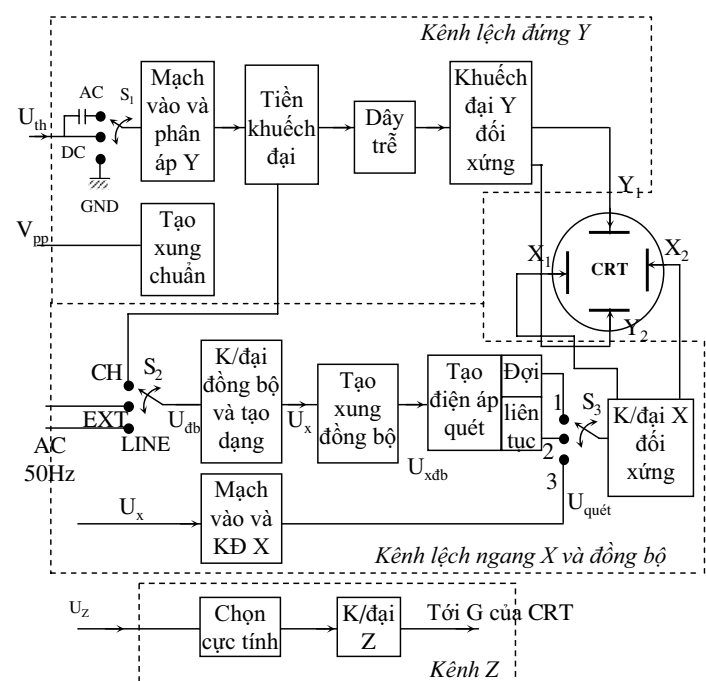
### 4.2 Sơ đồ cấu tạo một MHS điển hình

#### 1. Cấu tạo MHS:

- Ống tia điện tử
- Kênh lệch đứng Y
- Kênh lệch ngang X và đồng bộ
- Kênh Z (không chế độ sáng)

#### \* Ống tia điện tử:

- + là bộ phận trung tâm của MHS, sử dụng loại ống 1 tia không chế bằng điện trường
- + Có nhiệm vụ hiển thị dạng sóng trên màn hình và là đối tượng điều khiển chính ( $U_y$ ,  $U_x$ ,  $U_G$ ).



Hình: Sơ đồ khối MHS 1 kênh dùng ống tia điện tử

62



## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

\* Kênh lệch đứng Y: có nhiệm vụ nhận tín hiệu vào cần quan sát, biến đổi và tạo ra điện áp phù hợp cung cấp cho cặp lái đứng  $Y_1, Y_2$ . Gồm các khối chức năng:

+ Chuyển mạch kết nối đầu vào  $S_1$ : cho phép chọn chế độ hiển thị tín hiệu.

$S_1$  tại AC: chỉ hiển thị thành phần xoay chiều của  $U_{th}$ .

$S_1$  tại DC: hiển thị cả thành phần một chiều và xoay chiều của  $U_{th}$ .

$S_1$  tại GND: chỉ quan sát tín hiệu nối đất (0V).

+ Mạch vào phân áp Y: có nhiệm vụ phối hợp trở kháng và phân áp tín hiệu vào để tăng khả năng đo điện áp cao. Thường dùng các khâu phân áp R-C mắc liên tiếp nhau, hệ số phân áp không phụ thuộc vào tần số. Chuyển mạch phân áp được đưa ra ngoài mặt máy và kí hiệu là Volts/Div.

+ Tiền khuếch đại: có nhiệm vụ khuếch đại tín hiệu, làm tăng độ nhạy chung của kênh Y. Thường dùng các mạch KĐ có trở kháng vào lớn và có hệ số KĐ lớn.

+ Dây trễ: có nhiệm vụ giữ chậm tín hiệu trước khi đưa tới KĐ Y đối xứng, thường dùng trong các chế độ quét đợi để tránh mất một phần sườn trước của tín hiệu khi quan sát. Thường dùng các khâu L-C mắc liên tiếp.

63

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

+ KĐ Y đối xứng: có nhiệm vụ KĐ tín hiệu, làm tăng độ nhạy chung của kênh Y, đồng thời tạo ra điện áp đối xứng để cung cấp cho cặp lái đứng  $Y_1 Y_2$ .

+ Tạo điện áp chuẩn: tạo ra điện áp chuẩn có dạng biên độ, tần số biết trước, dùng để kiểm chuẩn lại các hệ số lệch tia của MHS

\* Kênh lệch ngang X và đồng bộ: có nhiệm vụ tạo ra điện áp quét phù hợp về dạng và đồng bộ về pha so với  $U_{Y1, Y2}$  để cung cấp cho cặp lái ngang  $X_1 X_2$

+ Chuyển mạch đồng bộ  $S_2$ : cho phép chọn các tín hiệu đồng bộ khác nhau.

$S_2$  tại CH: tự đồng bộ ( $U_{db} = U_{th}$ )

$S_2$  tại EXT: đồng bộ ngoài ( $U_{db} = U_{EXT}$ ), tín hiệu đồng bộ được đưa qua đầu vào EXT.

$S_2$  tại LINE: đồng bộ với lưới điện AC 50Hz ( $U_{db} = U_{AC50Hz}$ ) lấy từ nguồn nuôi.

+ KĐ đồng bộ và tạo dạng: k/đại tín hiệu  $U_{db}$  phù hợp và tạo ra dạng xung nhọn đơn cực tính có chu kì:  $T_x = T_{db}$

64



## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

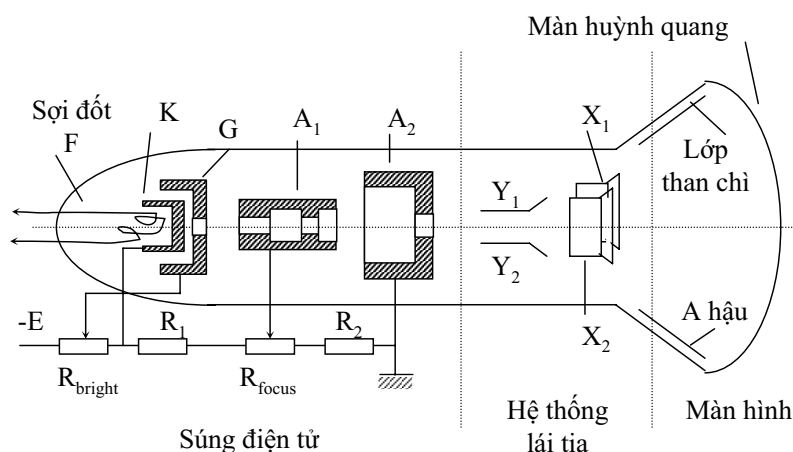
- + Tạo xung đồng bộ: chia tần  $U_x$  và tạo ra xung đồng bộ có chu kì:  $T_{xđb} = nT_x = nT_{đb}$ . Xung này sẽ điều khiển bộ tạo điện áp quét để tạo ra  $U_q$  răng cưa tuyến tính theo chế độ quét đợi hoặc quét liên tục và có chu kì  $T_q = T_{xđb}$ .
  - + KĐ X đối xứng: KĐ điện áp quét và tạo ra điện áp đối xứng để đưa tới cặp lái ngang  $X_1X_2$ .
  - + Mạch vào và KĐ X: nhận tín hiệu  $U_x$  và k/đại, phân áp phù hợp.
  - + Chuyển mạch S3: chuyển mạch lựa chọn chế độ quét (quét liên tục, quét đợi)
  - + Bộ tạo điện áp quét: tạo điện áp quét liên tục (hoặc quét đợi) đưa đến cặp phiên X
- \* Kênh điều khiển chế độ sáng Z: có nhiệm vụ nhận tín hiệu điều chế độ sáng  $U_Z$  vào, thực hiện chọn cực tính và k/đại phù hợp rồi đưa tới lưới điều chế G của CRT.

65

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

### 2. Cấu tạo của ống tia điện tử:

Ống tia điện tử CTR (Cathode Ray Tube) là 1 ống thủy tinh hình trụ có độ chân không cao, đầu ống có chứa các điện cực, phía cuối loe ra hình nón cụt, mặt đáy được phủ 1 lớp huỳnh quang tạo thành màn hình. Cấu tạo gồm 3 phần:



Hình : Sơ đồ cấu tạo của ống tia điện tử

66

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

a) Màn hình: - Lớp huỳnh quang thường là hợp chất của Phôtpho. Khi có điện tử bắn tới màn hình, tại vị trí va đập, điện tử sẽ truyền động năng cho các điện tử lớp ngoài cùng của nguyên tử Phôtpho, các 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.

- Màu sắc ánh sáng phát ra, thời gian tồn tại của điểm sáng (độ dư huy của màn hình) sẽ phụ thuộc vào hợp chất của Phôtpho (từ vài  $\mu s$  đến vài s).

b) Súng điện tử: gồm sợi đốt F, catôt K, lưới điều chế G (M), các anôt  $A_1, A_2$ .

Nhiệm vụ: tạo gia tốc và hội tụ chùm tia điện tử

- Các điện cực có dạng hình trụ, làm bằng Niken, riêng Katôt có phủ một lớp Ôxit kim loại ở đáy để tăng khả năng bức xạ điện tử.

- Các điện cực phía sau thường có vành rộng hơn điện cực phía trước và có nhiều vách ngăn  $\rightarrow$  các chùm điện tử không đi quá xa trục ống  $\rightarrow$  việc hội tụ sẽ dễ dàng hơn. Với cấu tạo đặc biệt của các điện cực như vậy sẽ tạo ra 1 từ trường không đều đặc biệt có thể hội tụ và gia tốc chùm tia.

67

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

Nguồn cấp:

$$\begin{aligned}U_K &= -2kV \\U_{KG} &= 0-50V \\U_{A2} &= 0V \\U_{A1} &= 300V\end{aligned}$$

+ 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.

+ Chiết áp trên G (điều chỉnh điện áp) thường được đưa ra ngoài mặt máy và ký hiệu là Bright hoặc Intensity dùng để điều chỉnh độ sáng tối của dao động đồ trên màn hình.

+ Anôt  $A_2$  (Anôt 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.

+ Anôt  $A_1$  (Anôt hội tụ) cũng có chiết áp điều chỉnh đưa ra ngoài mặt máy, ký hiệu là Focus, dùng để điều chỉnh độ hội tụ của chùm tia điện tử trên màn hình.

68

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

c) 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  $Y_1Y_2$ .

+ Cặp lái ngang  $X_1X_2$ .

69

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

\* *Xét quỹ đạo của chùm tia điện tử khi đi qua điện trường của 2 anốt  $A_1, A_2$ :*

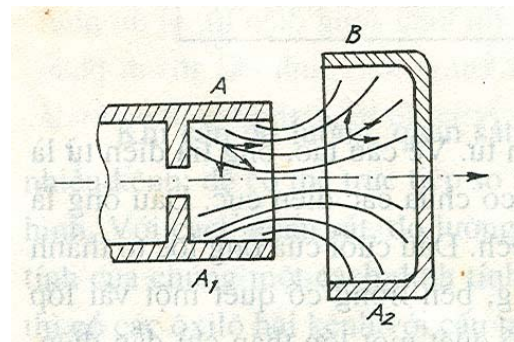
+  $U_{A2} > U_{A1} \rightarrow$  đường sức điện trường có chiều đi từ  $A_2$  đến  $A_1$

+  $e^-$  chuyển động theo chiều từ  $A_1$  tới  $A_2$  nên nó đồng thời chịu tác động của 2 thành phần lực, 1 thành phần theo phương vuông góc với chùm tia và 1 thành phần dọc theo chùm tia.

+ Tại điểm A: chùm  $e^-$  có khuynh hướng chuyển động dọc theo phương trục ống, đồng thời hội tụ với nhau theo phương bán kính của chùm tia

+ Tại B: thành phần lực theo phương bán kính đổi chiều ngược lại  $\rightarrow$  chùm  $e^-$  có khuynh hướng phân kì khỏi tâm theo phương bán kính.

Tuy nhiên do cấu tạo của các điện cực, sự phân bố của đường sức ở B ít bị cong hơn ở phần vị trí điểm A  $\rightarrow$  phân lượng vận tốc theo phương bán kính ở B  $<$  ở điểm A  $\rightarrow$  khuynh hướng hội tụ của chùm  $e^- >$  khuynh hướng phân kì.



70

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

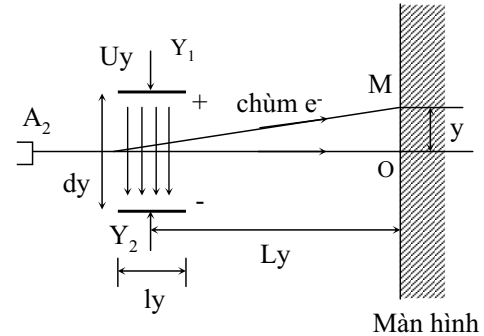
\* Xét độ lệch của tia điện tử theo chiều đứng:

Khi  $U_y = 0$ , tia điện tử bắn 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 là y.

$$y = \frac{U_y l_y L_y}{2d_y U_A} = S_{oy} U_y$$

$$S_{oy} = \frac{y}{U_y} = \frac{l_y L_y}{2d_y U_A} \quad \text{độ nhạy của ống tia điện tử}$$



$L_y$ : khoảng cách từ cặp lá chắn đến màn hình.

$l_y$ : chiều dài của các cặp phiến làm lệch.

$d_y$ : khoảng cách giữa 2 phiến làm lệch.

$U_A$ : điện áp gia tốc của ống tia (phụ thuộc vào  $U_{A2}$  và K).

71

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

Tương tự, độ lệch của tia điện tử theo chiều ngang:

$$x = \frac{U_x l_x L_x}{2d_x U_A} = S_{ox} U_x$$

\* Nguyên lý tạo ảnh trên màn máy hiện sóng:

Điều khiển đồng thời tia điện tử theo 2 trục: trục thẳng đứng và trục nằm ngang, nghĩa là đồng thời đưa vào đèn ống tia điện tử 2 điện áp điều khiển  $U_y$  và  $U_x$ . Giả sử  $U_{th} = U_m \sin \omega t$  đưa vào kênh Y và đưa tới cặp lá chắn  $Y_1 Y_2$ ;  $U_q = a.t$  đưa tới cặp lá chắn ngang  $X_1 X_2 \rightarrow$  điện áp trên các cặp lá tia như sau:

$$U_y = U_{y1y2} = U_{th} S_y \quad S_y = K_y S_{oy}$$

72

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

\* Mạch tạo điện áp quét đợi (mạch Bootstrap)

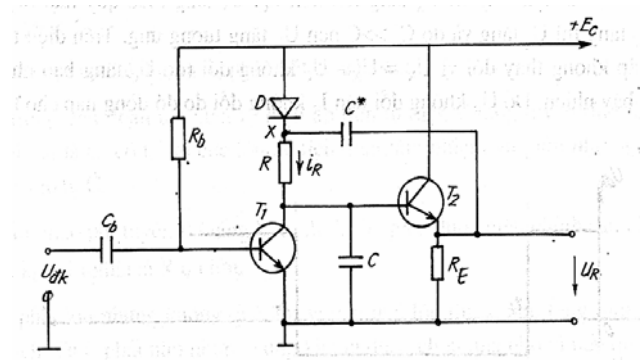
Nhận xét sơ bộ:

- D thông, tầng  $T_1$  hoạt động như 1 mạch TF đơn giản,  $T_1$ - khoá điện tử.
- Điện áp trên tụ  $C \rightarrow T_2 \rightarrow C^*$ . Điện áp bù đưa về điểm X để bù méo do sự giảm dòng điện trên R gây ra.

Hoạt động:

1. Trạng thái ban đầu ( $t_1 \geq t \geq 0$ ):

- D thông:  $U_X = E_C - U_D \cong E_C$
- $T_1$  thông bão hoà:  $U_C = U_{Cbh} \cong 0V$
- $T_2$  k/đại C chung nên:  $U_{RE} = U_q \cong 0V$
- $U_{C^*} = U_X - U_q \cong E_C$



73

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

2. Trạng thái tạo  $U_q$  ( $t_3 \geq t \geq t_1$ ):

$t = t_1$ :  $U_{dk}$  có độ rộng  $\tau = t_3 - t_2$

$T_1$  tắt  $\rightarrow$  tụ C nạp điện theo 2 giai đoạn:

*Giai đoạn 1:*  $t_1 \leq t < t_2$

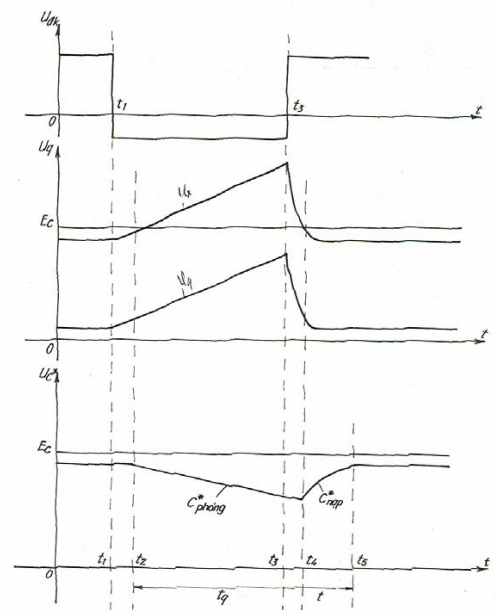
Khi D còn thông, khi C nạp điện  $\rightarrow U_C$  tăng  $\rightarrow U_q$  tăng, thông qua tụ  $C^*$  làm cho  $U_X$  tăng, nhưng D còn thông nên  $U_q$  tăng theo qui luật đường cong.

*Giai đoạn 2:*

khi  $t = t_2$ :  $U_X$  tăng lớn hơn  $E_C$ .  $U_X$  tăng theo qui luật tuyến tính vì khi  $U_C$  tăng  $\rightarrow U_q$  tăng và do  $C^* \gg C$  nên  $U_X$  tăng tương ứng.

$U_R = U_X - U_C = \text{const}$

$\rightarrow I_R = \text{const} \rightarrow$  dòng nạp cho tụ C không đổi, với thời gian nạp  $t_q = t_3 - t_2$ .



74

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

### 3. Trạng thái hồi phục:

$t = t_3$ : kết thúc xung đầu vào.  $T_1$  bão hoà, tụ C phóng điện qua  $T_1 \rightarrow U_C$  giảm nên  $U_q$  giảm  $\rightarrow U_X$  giảm.

$t = t_4$ :  $U_X \leq E_C \rightarrow D$  thông trở lại.

$D$  thông, tụ  $C^*$  được nạp bổ sung, khi  $C^*$  được nạp đầy thì thời gian hồi phục kết thúc.

### Nhận xét:

-Trong giai đoạn tạo quét  $t_q$ ,  $U_C$  tăng tuyến tính nhờ nguồn nạp chính là  $C^*$  có trị số cực lớn để tích điện (làm nhiệm vụ giống như nguồn 1 chiều nạp cho  $C$ ).

-Để giảm méo phi tuyến  $\rightarrow$  tầng KĐ  $T_2$  phải được điều chỉnh sao cho  $k_U \rightarrow 1$  ( $R$  đủ lớn).

-Tụ  $C^*$  phải lớn nhưng không quá lớn vì nếu quá lớn thì thời gian hồi phục của mạch tăng.

-Tụ  $C$  phải nhỏ nhưng không được chọn quá nhỏ vì nếu quá nhỏ thì nó có giá trị tương đương như tụ kí sinh  $\rightarrow$  mạch làm việc không ổn định.

75



76





77

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

### 3. Một số chế độ làm việc:

#### a. 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.
- $S_2$  ở vị trí CH (hoặc EXT nếu là đồng bộ ngoài),  $S_3$  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

78

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

### b. Quét đồng bộ trong

-Dùng để quan sát và đo tham số của dãy xung không tuần hoàn hoặc dãy xung tuần hoàn có độ hồng lớn.

- $S_2$  ở vị trí CH,  $S_3$  ở vị trí 1

-Quá trình hoạt động: giống chế độ 1

### c. Chế độ khuếch đại

-Dùng để đo tần số, góc lệch pha, độ sâu điều chế, vẽ đặc tuyến Vôn-Ampe của diốt hoặc dùng làm thiết bị so sánh. Hình nhận được trên màn MHS gọi là hình **Lixazu**

-  $S_3$  ở vị trí 3

-Bộ tạo quét trong được ngắt ra khỏi quá trình hoạt động. MHS làm việc theo 2 kênh độc lập X,Y và đầu vào X cũng là đầu vào tín hiệu

79

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

### 4.3 MHS nhiều tia

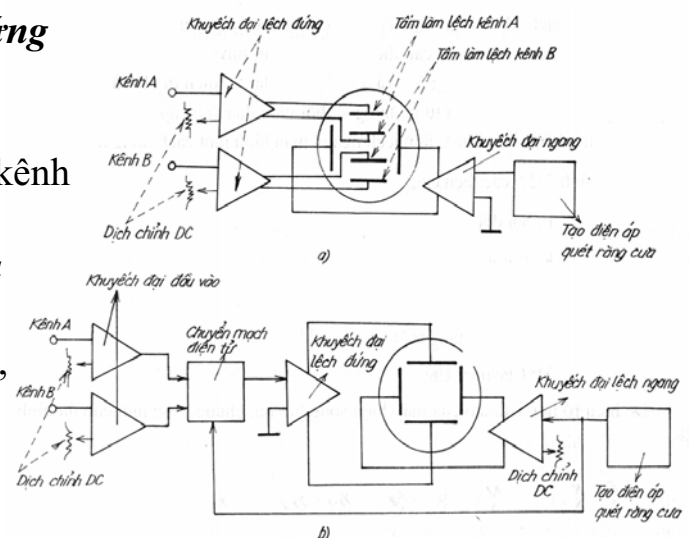
Dùng để quan sát đồng thời nhiều quá trình (tín hiệu)

#### 1. MHS 2 tia có lối vào cặp phiên lệch đứng tách biệt (kênh A, kênh B):

- Mỗi kênh có mạch KĐ làm lệch riêng
- Một bộ tạo gốc thời gian chung cho cả 2 kênh

#### 2. MHS 2 kênh dùng ống tia điện tử 1 tia và CM điện tử

- Hai bộ KĐ tín hiệu vào riêng cho kênh A, kênh B
- Một bộ KĐ lệch đứng cho cả 2 kênh. Tín hiệu vào bộ KĐ này được chuyển mạch luân phiên giữa 2 kênh.
- Bộ tạo gốc thời gian (bộ tạo sóng quét ngang) điều khiển tần số chuyển mạch



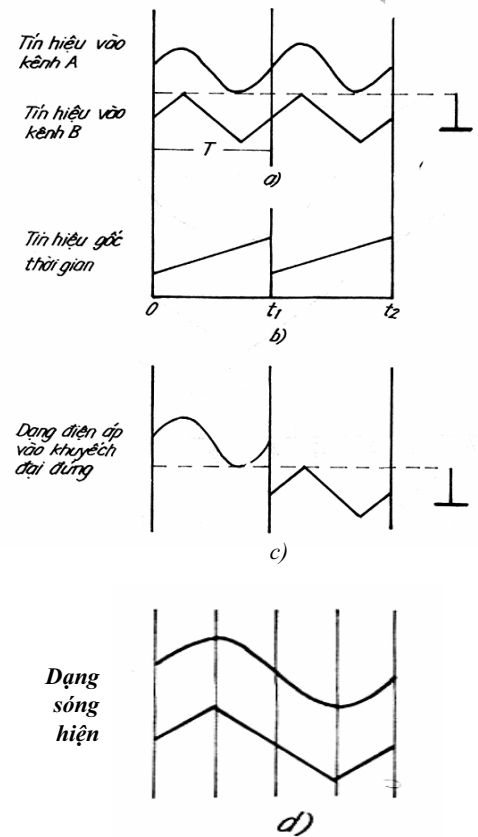
80



## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

a) Phương pháp dùng chuyển mạch điện tử kiểu luân phiên (ALT mode):

- + Tín hiệu vào bộ KĐ lệch đứng được chuyển mạch luân phiên giữa các kênh A và B.
- + Bộ tạo gốc thời gian điều khiển tần số chuyển mạch
- +  $0 \div t_1$ : tín hiệu từ kênh A được nối tới bộ KĐ lệch đứng, tạo thành vết trên màn hiện sóng
- +  $t_1 \div t_2$ : tín hiệu từ kênh B được nối tới bộ KĐ lệch đứng, tạo thành vết trên màn hiện sóng
- + Hai tín hiệu ở hai kênh có cùng chu kỳ T và được đồng bộ với nhau.
- + Dịch chỉnh DC: dịch chuyển tín hiệu kênh A (kênh B) trên màn theo phương thẳng đứng bằng điện áp một chiều
- + Ở các chu kỳ tiếp theo: quá trình lặp lại như trên. Tần số lặp cao đến mức mà các dạng sóng như được hiện đồng thời.



81

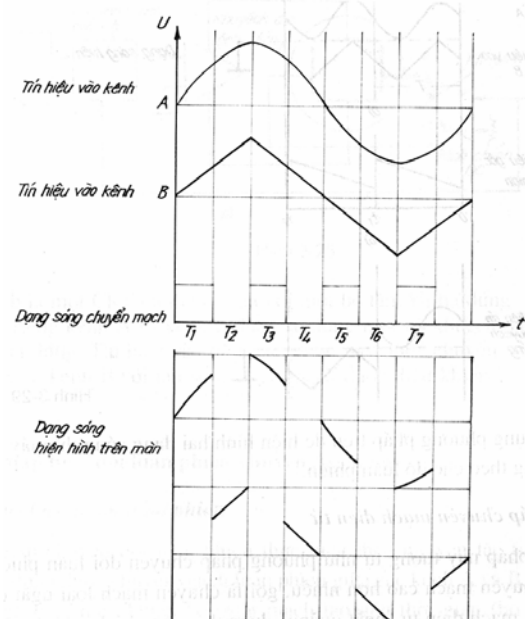
## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

b) Phương pháp dùng chuyển mạch điện tử kiểu ngắt quãng (Chop mode switching):

Sử dụng tần số chuyển mạch cao hơn nhiều so với chế độ luân phiên.

- +  $T_1, T_3, T_5, T_7, \dots$  tín hiệu vào kênh A được tạo ra trên màn
- +  $T_2, T_4, T_6, \dots$  tín hiệu vào kênh B được tạo ra trên màn
- + Các dạng sóng ở kênh A và B được hiện hình như những đường đứt nét. Khi tần số chuyển mạch là cao tần  $\rightarrow$  không thể nhận ra những chỗ đứt nét
- +  $f_{th}$  nhỏ: ảnh hiện trên màn MHS gần như liên tục
- +  $f_{th}$  lớn;  $nf_{cm} \neq mf_{th}$ : các đoạn ngắt bị lấp do độ dư huy của ống và độ lưu ảnh của mắt.

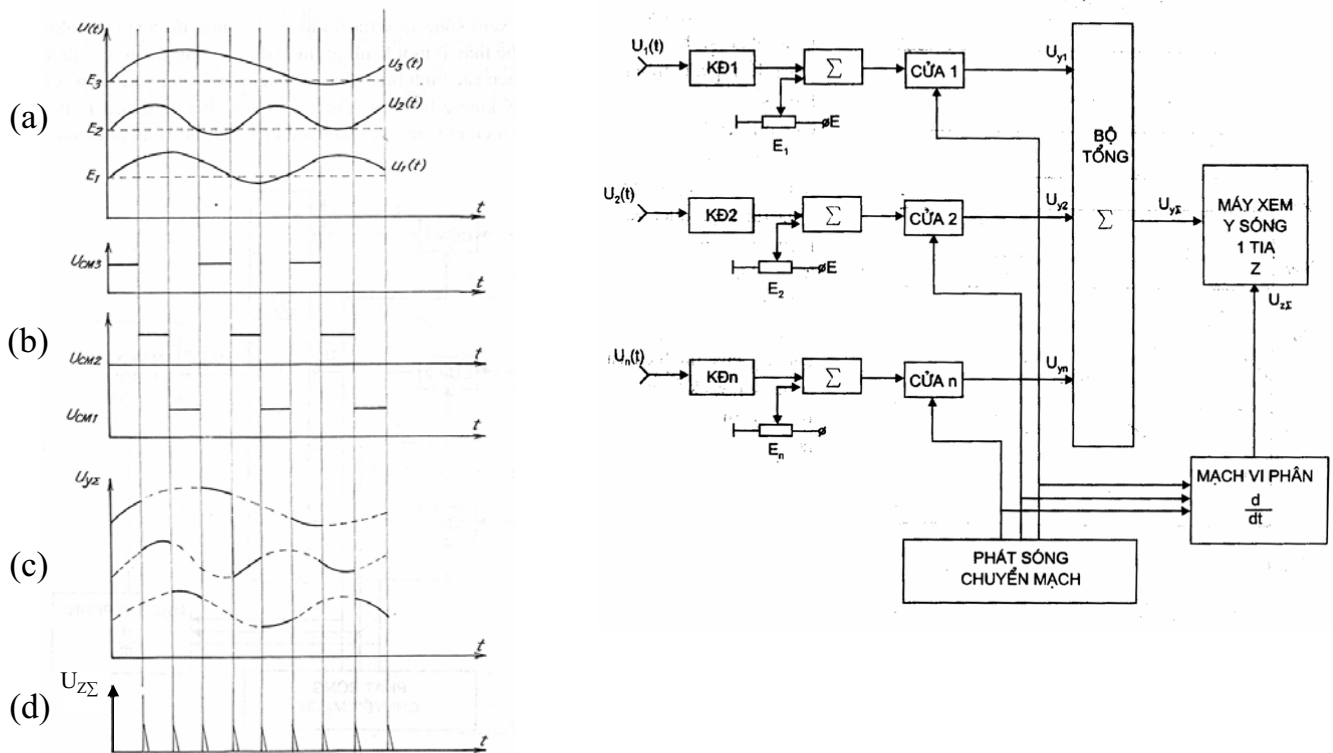
Chú ý: đối với tín hiệu cao tần thì kiểu luân phiên là tốt nhất, còn đối với tín hiệu tần số thấp thì nên dùng chuyển mạch ngắt quãng



82

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

Chuyển mạch điện tử phân đường theo thời gian:



83

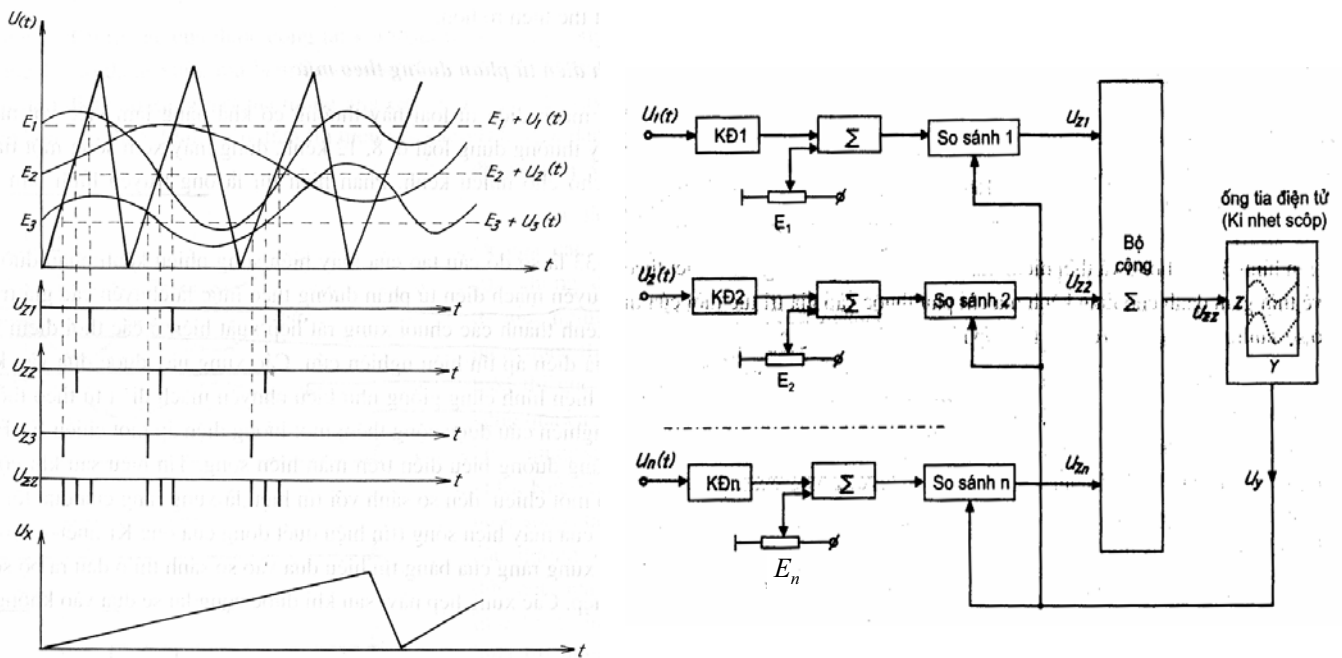
## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

- Mỗi kênh tín hiệu được cộng thêm một lượng điện áp 1 chiều  $E$  khác nhau  $\rightarrow$  các đường biểu diễn trên màn hình MHS được tách riêng từng đường, hình (a).
- Sau đó tín hiệu được đưa đến mạch cửa, và chỉ qua được cửa khi có tín hiệu mở cửa từ bộ *Phát sóng chuyển mạch*.
- Tín hiệu mở cửa là các xung vuông có thời gian xuất hiện xen kẽ và lần lượt cho từng cửa một, hình (b).
- Tại mỗi thời điểm chỉ có duy nhất 1 cửa được mở và cho tín hiệu của một kênh đi qua.
- Bộ tổng cộng các tín hiệu ở đầu ra các cửa,  $U_{Y\Sigma}$  có dạng xung với biên độ tỉ lệ với giá trị của các tín hiệu cần quan sát tại thời điểm có xung mở cửa tương ứng với các kênh, hình (c).
- Sau khi khuếch đại Y, MHS có được hình biểu diễn tín hiệu của các kênh dưới dạng đường nét đứt, hình (c).
- MHS làm việc ở chế độ đồng bộ với chu kỳ của tín hiệu cần quan sát và không đồng bộ với tín hiệu chuyển mạch.
- Dùng những xung có độ rộng rất nhỏ ( $U_{Z\Sigma}$ ) được tạo ra từ *mạch vi phân* từ các xung mở cửa đưa vào kênh Z để điều chế độ sáng của ảnh, hình (d).

84

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

Chuyển mạch điện tử phân đường theo mức:



85

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

-Phần hiển thị là *Ống truyền hình làm lệch bằng từ trường*

-Nguyên lý hoạt động: chuyển các giá trị tức thời của tín hiệu các kênh thành các chuỗi xung rất hẹp xuất hiện tại các thời điểm mà tùy thuộc vào điện áp tín hiệu nghiên cứu. Các xung này được đưa vào để không chế độ sáng của ống hiện hình.

+ Mỗi kênh tín hiệu được cộng thêm một lượng điện áp 1 chiều  $E$  khác nhau, rồi đưa đến so sánh với tín hiệu là xung răng cưa đưa tới từ bộ KĐ lệch đứng của MHS (tín hiệu quét dòng).

+ Mỗi khi  $U_{RC} = U_{th}$ , thì ở đầu ra của *bộ so sánh* sẽ xuất hiện một xung hẹp. Các xung hẹp này được cộng với nhau rồi đưa vào không chế độ sáng của ống hiện hình.

+ Tại thời điểm có xung, trên màn hình xuất hiện một chấm sáng trong khi bình thường thì tối. Vết của chấm sáng trên màn hình biểu diễn hình điện áp của các tín hiệu cần quan sát.

86

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

### 4.4 Ôxilô điện tử số:

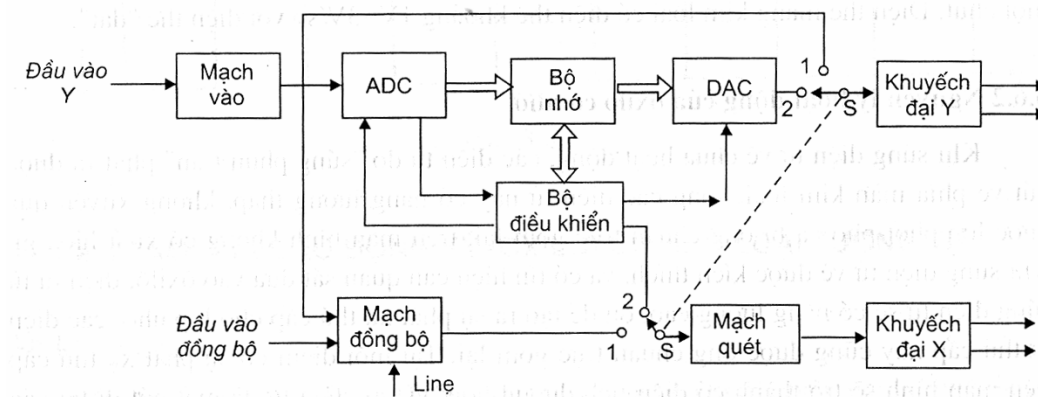
#### 1. Ưu điểm:

- Duy trì ảnh của tín hiệu trên màn hình với khoảng thời gian không hạn chế.
- Tốc độ đọc có thể thay đổi trong giới hạn rộng
- Có thể xem lại các đoạn hình ảnh lưu giữ với tốc độ thấp hơn nhiều
- Hình ảnh tốt hơn, tương phản hơn so với loại ôxilô tương tự
- Vận hành đơn giản
- Số liệu cần quan sát dưới dạng số có thể được xử lý trong ôxilô hoặc truyền trực tiếp vào máy tính khi ghép ôxilô với máy tính.

87

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

### 2. Cấu tạo và hoạt động:



*Chuyển mạch S ở vị trí 1: Ôxilô đa năng thông thường*

*Chuyển mạch S ở vị trí 2: Ôxilô có nhớ số.*

-Điện áp cần quan sát được đưa tới đầu vào Y, tới bộ ADC. Lúc đó bộ điều khiển gửi 1 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 hoá. Khi 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.

88

## Chương 4. Máy hiện sóng (Ôxilô)

- Khi cần thiết, một lệnh từ *bộ điều khiển* làm cho các số nhị phân này sắp xếp theo chuỗi lại theo thứ tự đã xác định và được đưa đến bộ *DAC*
- DAC* biến đổi các giá trị nhị phân thành điện áp tương tự để đưa qua bộ khuếch đại *Y* tới cặp phiên làm lệch *Y* của ống tia điện tử.
- Do bộ nhớ được liên tiếp quét nhiều lần trong 1 giây nên màn hình được sáng liên tục và hiện dạng sóng là hình vẽ các điểm sáng.
- Nhược điểm:* dải tần bị hạn chế (khoảng 1-10MHz) do tốc độ biến đổi của bộ *ADC* thấp.
- Hiện nay, các ôxilô có nhớ số có dải tần rộng được phát triển nhờ cài đặt *VXL*, các bộ biến đổi *ADC* có tốc độ biến đổi nhanh hơn.

89

## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

### 5.1 Khái niệm chung

- Tần số là số chu kì của 1 dao động trong một đơn vị thời gian.
- Tần số góc:  $\omega(t)$  biểu thị tốc độ biến đổi pha của dao động

$$\omega(t) = \frac{d\varphi}{dt}$$

$$\omega(t) = 2\pi f(t) \quad \omega(t), f(t) \text{ là tần số góc tức thời và tần số tức thời}$$

- Quan hệ giữa tần số và bước sóng:

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \text{hay} \quad \lambda = \frac{c}{f}$$

- Quan hệ giữa chu kì và tần số:  $f = \frac{1}{T}$

*Đặc điểm của phép đo tần số:*

- + là phép đo có độ chính xác cao nhất trong kĩ thuật đo lường nhờ sự phát triển vượt bậc của việc chế tạo các mẫu tần số có độ chính xác và ổn định cao.
- +Lượng trình đo rộng (đến  $3 \cdot 10^{11}$  Hz). Lượng trình đo được phân thành các dải tần số khác nhau.

90

## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

- 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.

Bao gồm:

- + Nhóm phương pháp đo tần số bằng các mạch điện có tham số phụ thuộc tần số
- + Nhóm phương pháp so sánh
- + Nhóm phương pháp số

*Phép đo tần số thường được sử dụng để kiểm tra, hiệu chuẩn các máy tạo tín hiệu đo lường, các máy thu phát; xác định tần số cộng hưởng của các mạch dao động; xác định dải thông của bộ lọc; kiểm tra độ lệch tần số của các thiết bị đang khai thác*

91

## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

### 5.2 Đo tần số bằng các mạch điện có tham số phụ thuộc tần số:

#### 5.2.1 Phương pháp cầu

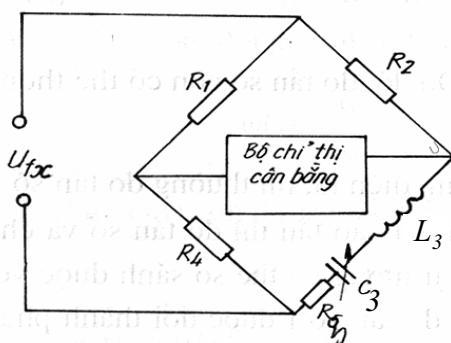
*Dùng các cầu đo mà điều kiện cân bằng của cầu phụ thuộc vào tần số của nguồn điện cung cấp cho cầu.*

\*Mạch cầu tổng quát:

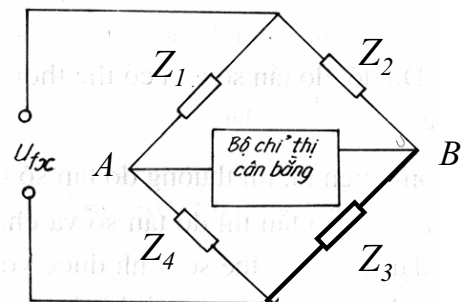
Điều kiện cân bằng cầu:

$$Z_1 \cdot Z_3 = Z_2 \cdot Z_4 \rightarrow U_{AB} = 0$$

VD1:



Hình 5-2



Hình 5-1

Điều kiện cân bằng cầu:

$$R_1 \cdot Z_3 = R_2 \cdot R_4$$

$$Z_3 = R_3 + j \left( \omega L_3 - \frac{1}{\omega C_3} \right)$$

92



## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

Điều chuẩn nhánh cộng hưởng nối tiếp cho cộng hưởng tại tần số cần đo  $f_x$  (điều chỉnh  $C_3$ ).

Khi đó 
$$\omega_x L_3 = \frac{1}{\omega_x C_3} \Rightarrow f_x = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_3 C_3}}$$

$$Z_3 = R_3 \quad R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$$

Bộ chỉ thị cân bằng là vôn mét chỉnh lưu, vôn mét điện tử.

*Nhược điểm:*

- Khó đo được tần số thấp do khó chế tạo cuộn cảm có L lớn ở tần số thấp.
- Khó thực hiện chỉ thị 0 do có tác động của điện từ trường lên cuộn cảm

93

## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

VD2:

Điều kiện cân bằng cầu:

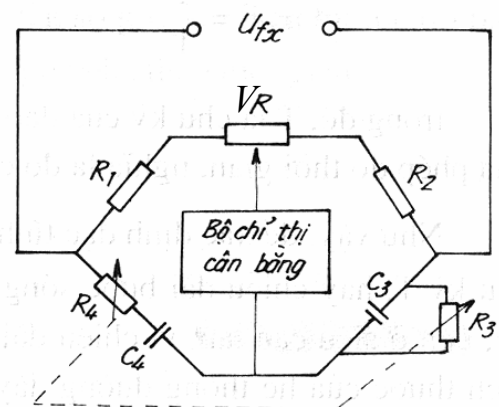
$$\frac{R'_1 \cdot R_3}{1 + j\omega_x R_3 C_3} = R'_2 \left( R_4 + \frac{1}{j\omega_x C_4} \right)$$
$$\Rightarrow \frac{R'_1}{R'_2} = \frac{R_4}{R_3} + \frac{C_3}{C_4} \quad \text{và} \quad \frac{1}{\omega_x C_4} = \omega_x C_3 R_3 R_4$$
$$\Rightarrow \omega_x = 2\pi f_x = \frac{1}{\sqrt{R_3 R_4 C_3 C_4}}$$

Chọn  $R_3 = R_4 = R$  và  $C_3 = C_4 = C$  ta có:

$$f_x = \frac{1}{2\pi RC} \quad ; \quad \frac{R'_1}{R'_2} = 2$$

$$R'_1 = R_1 + V_{R1} \quad R'_2 = R_2 + V_{R2}$$

$V_{R1}, V_{R2}$  là phần điện trở của biến trở  $V_R$  trên nhánh 1,2 tương ứng



Hình 5-3

94

## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

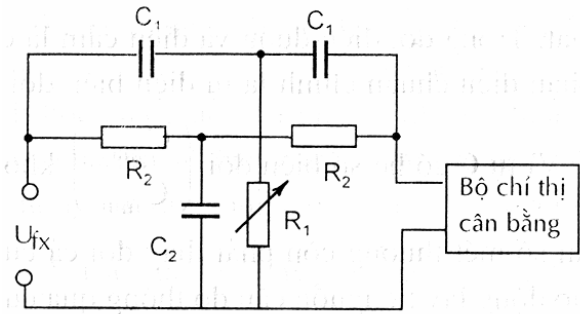
VD3: Cầu T kép

Điều kiện cân bằng cầu:

$$\begin{cases} \omega_x^2 R_2^2 C_1 C_2 = 2 \\ 2\omega_x^2 C_1^2 R_1 R_2 = 1 \end{cases}$$

Khi  $C_2 = 2C_1$  và  $R_2 = 2R_1$  :

$$\omega_x = \frac{1}{2R_1 C_1} \quad f_x = \frac{1}{4\pi R_1 C_1}$$



Hình 5-4

Thang độ của biến trở  $R_1$  được khắc độ trực tiếp theo đơn vị tần số.

Phương pháp cầu dùng để đo tần số từ vài chục Hz đến vài trăm KHz.

Sai số: (0,5-1)%

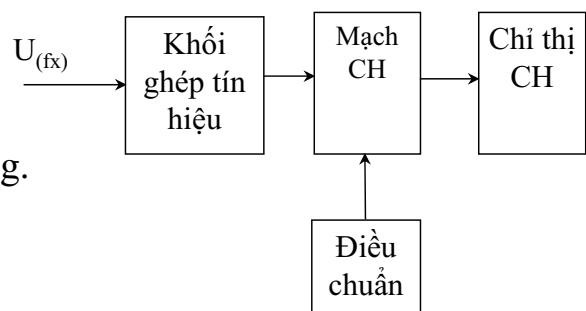
95

## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

### 5.2.2 Phương pháp cộng hưởng

- Dùng để đo tần số cao và siêu cao
- Nguyên tắc chung: dựa vào nguyên lý chọn lọc tần số của mạch cộng hưởng.
- Khối cơ bản của sơ đồ này là mạch cộng hưởng. Mạch này được kích thích bằng dao động lấy từ nguồn có 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 là Vônmet tách sóng.
- Tuỳ 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 5-5

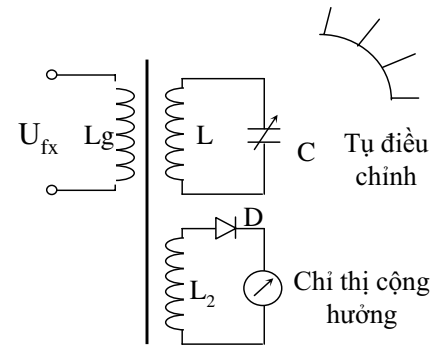
96



## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

### 1. Tần số mét cộng hưởng có tham số tập trung.

- + Ở đây 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.
- +  $U_{fx}$  được ghép vào mạch cộng hưởng thông qua cuộn ghép  $L_g$ .
- + Mạch chỉ thị cộng hưởng là mạch ghép hồ cảm giữa cuộn dây  $L_2$  và L và được tách sóng bằng điốt và chỉ thị bằng cơ cấu đo từ điện.
- + 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.



Hình 5-6

$$f_x = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

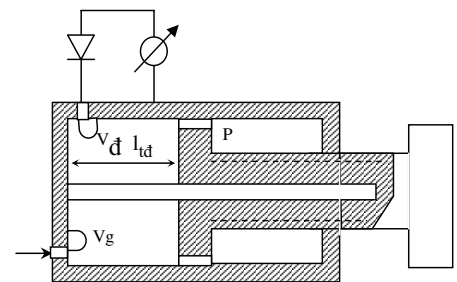
- + Tần số mét loại này thường dùng trong dải sóng: 10 kHz ÷ 500 MHz.
- + Sai số: (0,25-3)%

97

## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

### 2. Tần số mét cộng hưởng có tham số phân bố dùng cáp đồng trục.

- + mạch cộng hưởng là 1 đoạn cáp đồng trục có nối tắt 1 đầu, đầu kia được nối bằng 1 pít tông P có thể dịch chuyển dọc trục bởi hệ thống răng của xoắn ốc có khắc độ.
- + vòng ghép  $V_g$  đưa t/h vào, còn vòng ghép  $V_d$  ghép t/h ra mạch chỉ thị cộng hưởng.



Hình 5-7

- + Các chỗ ghép đều ở gần vị trí nối tắt cố định sao cho các vị trí này gần với vị trí bụng sóng để khi có chiều dài tương đương  $l_{td} = \lambda/2$  thì thiết bị chỉ thị sẽ chỉ cực đại.
- + Khi dịch chuyển pít tông với độ dài bằng bội số nguyên lần  $\lambda/2$  sẽ đạt cộng hưởng → có thể xác định bước sóng bằng cách lấy 2 điểm cộng hưởng lân cận  $l_1 = n\lambda/2$ ;  $l_2 = (n-1)\lambda/2 \Rightarrow l_1 - l_2 = \lambda/2$
- + Kết quả bước sóng đo được của tín hiệu siêu cao tần xđ bởi công thức:

$$\lambda = 2(l_1 - l_2)$$

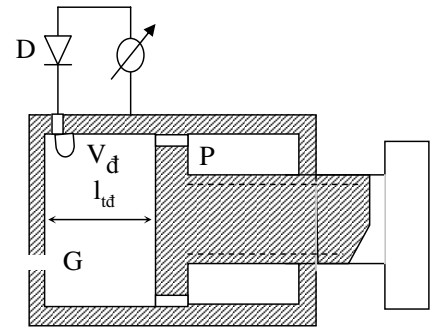
98

## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

- +Bước sóng (hoặc tần số) được khắc độ trực tiếp trên hệ thống điều chỉnh pít tông.
- +Tần số mét loại này thường dùng trong dải sóng từ 3cm - 20cm
- + Do có hệ số phẩm chất cao (khoảng 5000) nên sai số của nó khoảng 0,5%.

### 3. Tần số mét cộng hưởng có tham số phân bố dùng ống dẫn sóng

- + ống dẫn sóng có thể là loại ống dẫn sóng chữ nhật hay ống dẫn sóng tròn.
- + Piston P có thể điều chỉnh dọc theo ống bởi hệ thống răng cưa xoắn ốc được khắc độ tần số. Năng lượng kích thích hốc cộng hưởng được ghép qua lỗ hồng G trên thành được nối tắt của ống.
- + Khi điều chỉnh piston P để có  $l_{td} = n\lambda/2$  thì thiết bị chỉ thị sẽ chỉ cực đại.
- + Tần số mét với hốc cộng hưởng 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 5-8

99

## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

### 5.3 Phương pháp so sánh

#### Phương pháp quét sin:

- MHS đặt ở chế độ khuếch đại.
- Điện áp có tần số cần đo  $U_{fx}$  được đưa vào kênh Y, điện áp có tần số mẫu  $U_{fm}$  đưa vào kênh X.
- Hình ảnh nhận được trên màn là hình Lissajous. Thay đổi  $f_m$  sao cho trên màn nhận được hình Lissajous ổn định nhất.

- Khi đó:

$$\frac{f_m}{f_x} = \frac{n_Y}{n_X}$$

với  $n_Y, n_X$  nguyên dương

$n_Y$ : số giao điểm của đường cắt dọc với ảnh

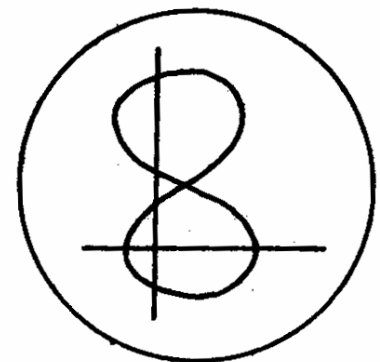
$n_X$ : số giao điểm của đường cắt ngang với ảnh

- Tổng quát:

$$\frac{f_X}{f_Y} = \frac{n_Y}{n_X}$$

$f_X$ : tần số đưa vào kênh lệch ngang X

$f_Y$ : tần số đưa vào kênh lệch đứng Y



$$n_Y=4, n_X=2$$

Hình 5-9

100

## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

### 5.4 Đo tần số bằng phương pháp số

- Là  $p^2$  hiện đại và thông dụng nhất để đo tần số

Ưu điểm:

- + Độ chính xác cao
- + Độ nhạy lớn
- + Tốc độ đo lớn, tự động hoá hoàn toàn trong quá trình đo
- + Kết quả đo hiển thị dưới dạng số

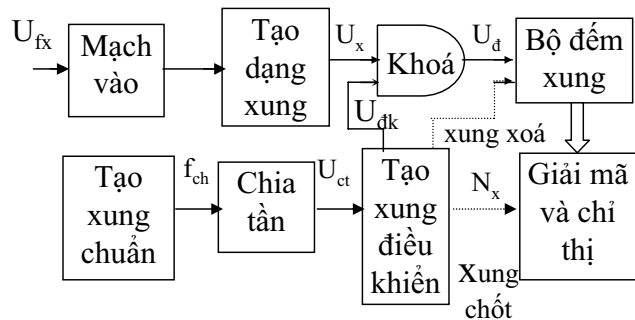
#### 1. Phương pháp xác định nhiều chu kỳ

a. Sơ đồ khối

b. Chức năng các khối:

- Mạch vào: thực hiện tiền xử lý như phân áp, lọc nhiễu... hoặc biến đổi t/h tuần hoàn dạng bất kỳ ở đầu vào thành hình sin cùng chu kỳ với t/h vào đó.

- Mạch tạo dạng xung: biến đổi t/h hình sin có chu kỳ  $T_x$  thành t/h xung nhọn đơn cực tính có chu kỳ  $T_x$ .



Hình 5-10

101

## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

- Tạo xung chuẩn: tạo ra các xung chuẩn có độ chính xác cao với tần số  $f_0$ , xung chuẩn này được đưa qua bộ chia tần để tạo ra xung có tần số là  $f_{CT}=f_0/n=10^k(\text{Hz})$

- Tạo xung điều khiển: nhận t/h  $f_{CT}$  và tạo ra xung đ/k đóng mở khoá có độ rộng  $\Delta t=T_{CT}=10^{-k}(\text{s})$

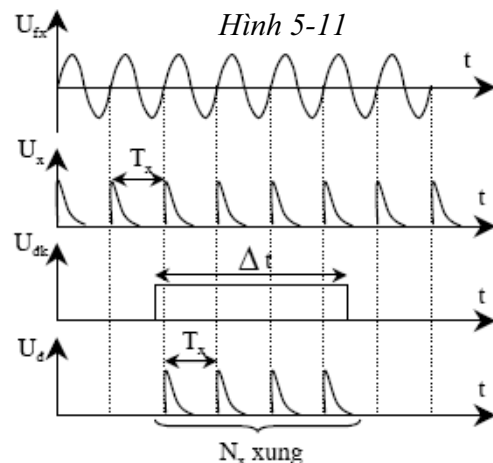
- Mạch giải mã và chỉ thị: Giải mã xung đếm được và đưa vào các cơ cấu chỉ thị số, có thể là dùng Led 7 đoạn hoặc LCD để chỉ thị kết quả cần đo.

- Bộ đếm: đếm các xung ở đầu ra.

c. Nguyên lý làm việc:

- Trong t/g có xung điều khiển khoá sẽ được mở, xung đếm qua khoá kích thích cho bộ đếm xung.

- Giả sử trong 1 chu kỳ đếm  $\Delta t$ , đếm được  $N_x$  xung. Số xung  $N_x$  này sẽ được đưa qua mạch giải mã và chỉ thị để hiển thị kết quả là tần số cần đo  $\Delta t=N_x T_x=N_x/f_x \Rightarrow f_x=N_x/\Delta t=10^k.N_x$  với  $k=0, \pm 1, \pm 2, \dots$



Giản đồ thời gian

102

## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

d. Đánh giá sai số:

- Sai số của xung đ/k ( $\Delta t$ ) do sai số của bộ tạo xung chuẩn và bộ tạo xung đ/k gây ra.

- Sai số lượng tử:  $\pm 1/N_x$

$f_x$  tăng  $\rightarrow N_x$  tăng  $\rightarrow \pm 1/N_x$  giảm.

$f_x$  giảm  $\rightarrow N_x$  giảm  $\rightarrow \pm 1/N_x$  tăng.

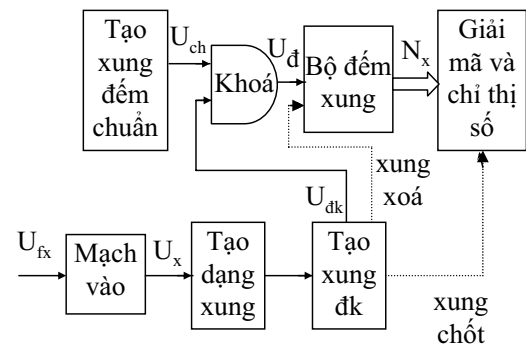
- Khi  $f_x$  nhỏ ảnh hưởng của sai số lượng tử sẽ lớn  $\rightarrow$  trong TH này ta sẽ chuyển sang  $p^2$  đo xđ 1 chu kỳ.

### 2. Phương pháp xác định một chu kỳ

a. Sơ đồ khối

b. Chức năng các khối:

Nguyên lý tương tự như trường hợp nhiều chu kỳ nhưng khác ở chỗ điện áp có tần số cần đo sẽ được biến đổi thành xung đ/k đóng mở khoá, còn xung đếm lấy từ bộ tạo xung đếm chuẩn.



Hình 5-12

103

## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

c. Nguyên lý làm việc:

- T/h  $U_{fx}$  đưa qua *Mạch vào* tới *Bộ tạo dạng xung* để tạo ra xung nhọn có chu kỳ  $T_x$ . Xung này sẽ đ/k *Bộ tạo dạng xung đk* để tạo ra xung đ/k có độ rộng  $\Delta t = nT_x$  (VD:  $n=1$ )

- Trong  $t$ /gian có xung  $\Delta t$ , 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 tần số hoặc chu kỳ cần đo  $\Delta t = T_x = N_x \cdot T_0$ , với  $T_0$  là chu kỳ của xung đếm chuẩn

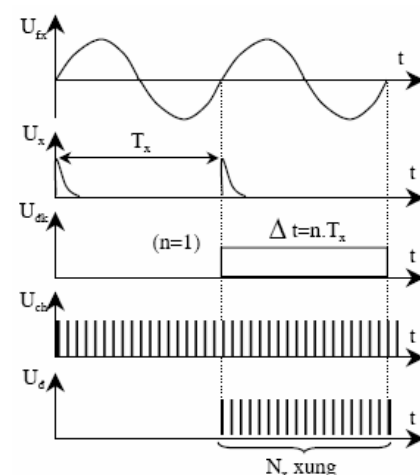
$$\Rightarrow f_x = 1/T_x = 1/N_x T_0 = f_0/N_x$$

d. Đánh giá sai số:

- Do sai số của xung đếm

- Do sai số lượng tử ( $\pm 1/N_x$ )

Kết hợp 2  $p^2$  đo trên để tạo ra 1 máy đếm tần có dải tần đo rộng và độ chính xác cao.



Hình 5-13 Giản đồ thời gian

104

## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

### 5.5 Đo độ di pha

$$u_1 = U_{m1} \sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$u_2 = U_{m2} \sin(\omega t + \varphi_2)$$

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$$

Các p<sup>2</sup>: phương pháp vẽ dao động đồ; pp biến đổi độ di pha thành khoảng thời gian; pp biến đổi độ di pha thành điện áp; ...

105

## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

### 5.5.1. Đo di pha bằng pp đo khoảng thời gian:

Là phương pháp phổ biến để đo pha

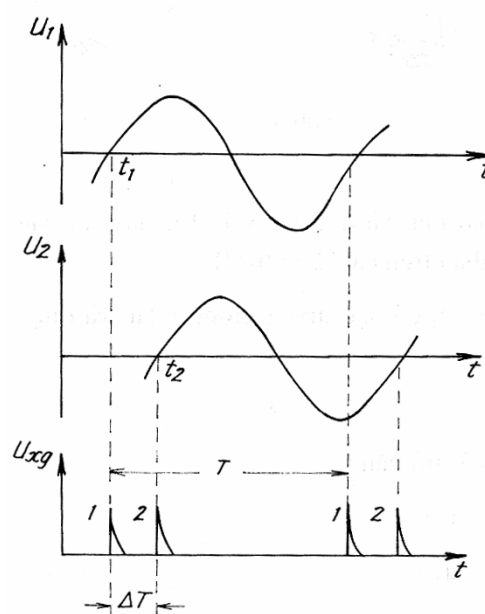
Nguyên lý:

+ Biến đổi các điện áp có dạng hình sin thành các xung nhọn tương ứng với các thời điểm mà điện áp biến đổi qua giá trị 0 với giá trị đạo hàm cùng dấu.

+ Khoảng thời gian giữa 2 xung gần nhau của 2 điện áp đo tỉ lệ với góc di pha của chúng.

$$\omega = 2\pi / T \quad \text{và} \quad \Delta\varphi = \omega\Delta T$$

$$\Delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta T}{T} \text{ (rad) hay } \Delta\varphi^0 = 360^0 \frac{\Delta T}{T}$$

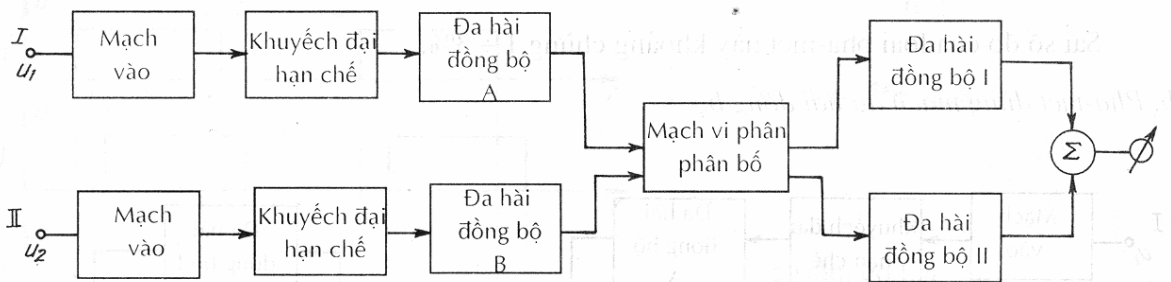


Hình 5-14

106

## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

### Pha mét dùng mạch đa hài đồng bộ



Hình 5-15

- Các điện áp hình sin cần đo độ di pha được đưa vào 2 đầu vào I và II
- Điện áp hình sin được biến đổi thành các xung vuông nhờ *Mạch KD hạn chế* và *Đa hài đồng bộ*, rồi được đưa đến *Mạch vi phân phân bố*.  
(Các chu kỳ dao động bản thân của bộ đa hài được chọn sao cho nó lớn hơn chu kỳ của điện áp đo có tần số thấp nhất)
- Đầu ra của *Mạch vi phân phân bố* là các xung nhọn, được đưa tới không chế hai bộ *Đa hài đồng bộ I* và *II*.
- Đầu ra của 2 bộ đa hài này được đưa tới một mạch tổng hợp, mạch này có đồng hồ để đo thời gian lệch giữa các xung, cũng là góc di pha  $\varphi$  của 2 điện áp.

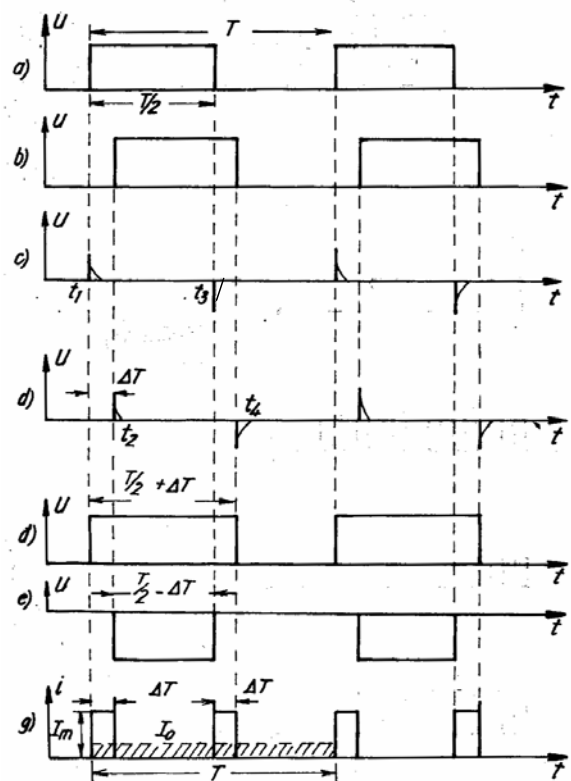
107

## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

### - *Mạch vi phân phân bố*:

- + đầu ra của nó đưa tới đầu vào *Bộ đa hài đồng bộ I* chỉ các xung nhọn dương (hình c) tương ứng với sườn trước của xung vuông đường thứ nhất và các xung nhọn âm (hình d) tương ứng với sườn sau của xung vuông đường thứ 2
- + Đưa tới *Bộ đa hài đồng bộ II* chỉ các xung nhọn dương (hình d) của đường thứ 2 và các xung nhọn âm (hình c) đường thứ nhất
- + xác định độ rộng của các xung đưa ra (hình đ, e)

$$I_0 = I_m \frac{2\Delta T}{T} \quad \varphi^0 = 180^\circ \frac{I_0}{I_m}$$



Hình 5-16

108

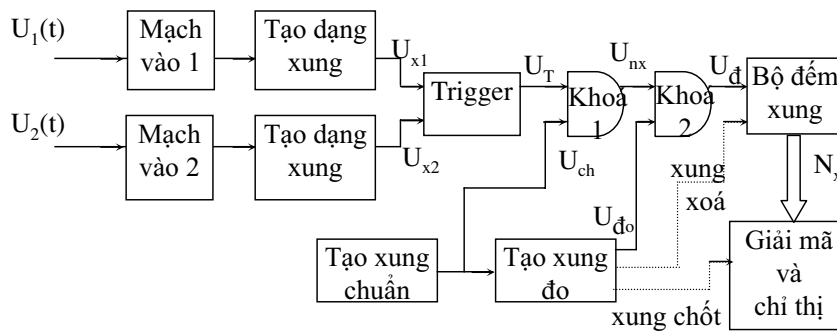


## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

### 5.5.2 Pha mét chỉ thị số

#### a. Chức năng các khối:

- Mạch vào: thực hiện tiền xử lý tín hiệu vào, lọc nhiễu.
- Tạo dạng xung: biến đổi tín hiệu vào, tạo ra các xung đo đơn cực tính có chu kỳ  $T = \text{chu kỳ tín hiệu vào}$  ( $U_{x1}$ ,  $U_{x2}$ ).
- Trigger: tạo ra xung vuông có độ rộng  $\Delta T$  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 đếm chuẩn có chu kỳ  $T_{ch}$ .
- Tạo xung đo: chia tần số xung đếm chuẩn tạo ra xung đo có độ rộng  $T_{do}$ .



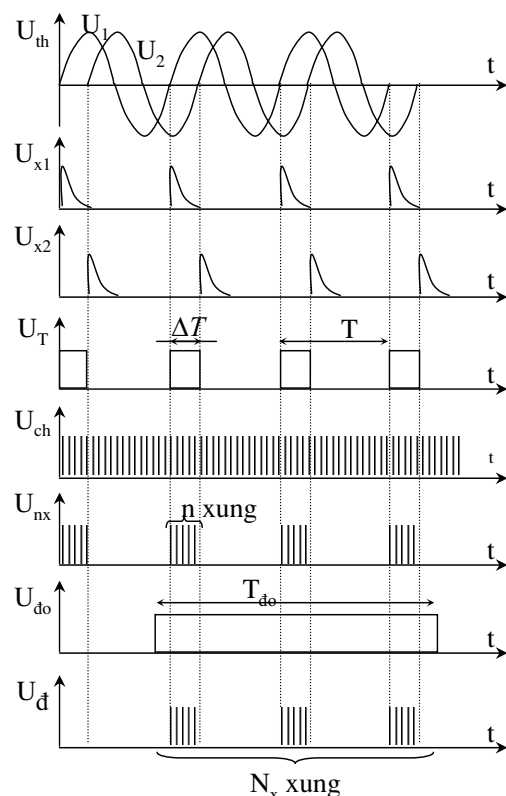
Hình 5-17: Sơ đồ khối của Pha mét số

109

## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

#### b/ Nguyên lý làm việc:

- Xung  $U_T$  từ Trigger sẽ điều khiển đóng mở khoá 1. Mỗi khi có xung, xung đếm  $U_{ch}$  từ bộ tạo xung đếm chuẩn sẽ được đưa qua khoá 1 và đầu ra của khoá 1 là xung  $U_{nx}$  là 1 chuỗi gồm nhiều nhóm xung đếm và được đưa vào khoá 2.
- Xung đo  $U_{do}$  điều khiển đóng mở khoá 2 trong thời gian có xung đo  $T_{do}$ .
- Giả sử có  $n$  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 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



Hình 5-18 Giản đồ thời gian

110



## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

$$\Delta\varphi = 360^\circ \cdot \frac{\Delta T}{T}, \quad \Delta T = nT_{ch}$$

(n là số xung của 1 nhóm xung,  $T_{ch}$  là chu kỳ xung đếm chuẩn).

$$T_{do} = h.T, \quad n = \frac{N_x}{h}$$

$$\Rightarrow \Delta\varphi = 360 \frac{T_{ch}}{T_{do}} \cdot N_x$$

c. Đánh giá sai số:

- Do sai số của  $T_{ch}$ :

- Do sai số lượng tử:  $\pm \frac{1}{n}$ ,  $\pm \frac{1}{h}$

- Sai số do độ không đồng nhất của kênh 1, kênh 2 là  $\Delta\varphi' \rightarrow \Delta\varphi_{do} = \Delta\varphi' + \Delta\varphi$

- Khắc phục:

+ Đưa tín hiệu  $U_1(t)$  hoặc  $U_2(t)$  vào cả 2 kênh, giả sử Phamét chỉ thị giá trị là

$$\Delta\varphi'_{do} = \Delta\varphi', \text{ ta có: } \Delta\varphi = \Delta\varphi_{do} - \Delta\varphi'_{do}$$

+ Quá trình hiệu chỉnh này có thể được thực hiện nhờ bộ đếm xung thuận nghịch.

111

## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

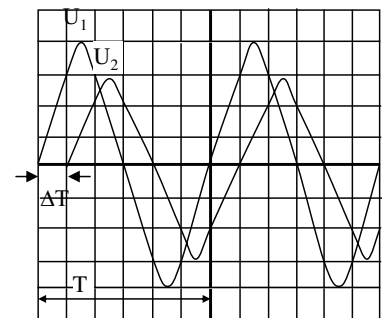
### 5.5.3 Đo độ di pha bằng phương pháp vẽ dao động đồ

1. Phương pháp dùng quét tuyến tính:

$$u_1 = U_{m1} \sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$u_2 = U_{m2} \sin(\omega t + \varphi_2)$$

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = 360^\circ \cdot \frac{\Delta T}{T}$$



Hình 5-19

2. Phương pháp Lixazu:

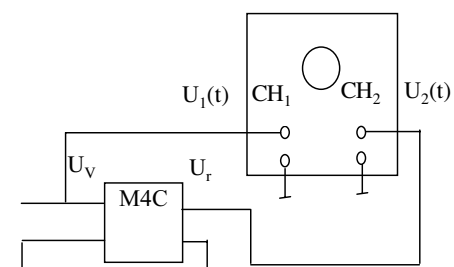
Giả thiết đo độ di pha của t/hệ qua 1 M4C. Phương pháp này có thể sử dụng Oxilo 1 kênh hoặc 2 kênh. Giả sử ta sử dụng ôxilô 2 kênh, sơ đồ như hình 5-20.

+ Điều chỉnh ôxilô làm việc ở chế độ quét Lixazu:

Chọn chuyển mạch X-Y

Vert.Mode  $\rightarrow$  CH2 =  $U_{CH2} \rightarrow$  Kênh Y

Source  $\rightarrow$  CH1 =  $U_{CH1} \rightarrow$  Kênh X



Hình 5-20

112

## Chương 5. Đo tần số, khoảng thời gian và đo độ di pha

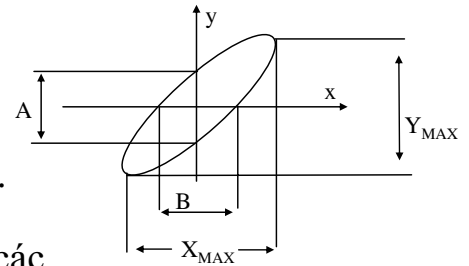
+Điều chỉnh hệ số lệch pha để nhận được dao động đồ Lissajous nằm chính giữa và trong giới hạn màn hình.

Volts/div (CH1 và CH2)

POS-Y (CH1)

POS-X

Dao động đồ sẽ có dạng đường thẳng hoặc đường Elip.



Hình 5-21

+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.

+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.

+Xác định góc lệch pha:

$$|\sin \Delta\phi| = \frac{A}{Y_{\max}} = \frac{B}{X_{\max}} \Rightarrow |\Delta\phi| = \arcsin\left(\frac{A}{Y_{\max}}\right) = \arcsin\left(\frac{B}{X_{\max}}\right)$$

113

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

### 6.1 Đo dòng điện

#### 6.1.1 Đo dòng điện 1 chiều bằng Ampe mét từ điện

-Dụng cụ đo: Ampe mét từ điện, được mắc nối tiếp với mạch có dòng điện cần đo sao cho tại cực dương dòng đi vào và tại cực âm dòng đi ra khỏi ampe mét.

-Yêu cầu: nội trở  $R_A$  nhỏ để đảm bảo ampe mét ảnh hưởng rất ít đến đến trị số dòng điện cần đo

-Ampe mét từ điện: độ lệch của kim tỉ lệ thuận với dòng điện chạy qua cuộn dây.

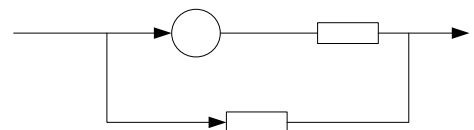
-Để đo  $I$  lớn  $\rightarrow$  mắc điện trở sơ vào mạch đo:

$$I_{\text{đo max}} = I_{A \text{ max}} + I_{S \text{ max}}$$

Ta có:  $I_{S \text{ max}} \cdot R_S = I_{A \text{ max}} \cdot R_A$

$$\frac{I_{S \text{ max}}}{I_{A \text{ max}}} = \frac{R_A}{R_S} \Rightarrow \frac{I_{S \text{ max}} + I_{A \text{ max}}}{I_{A \text{ max}}} = \frac{R_A + R_S}{R_S}$$

$$\frac{I_{\text{đo max}}}{I_{A \text{ max}}} = 1 + \frac{R_A}{R_S} \quad ; \quad n = \frac{I_{\text{đo max}}}{I_{A \text{ max}}} : \text{hệ số mở rộng thang đo}$$



Hình 6-1

114

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

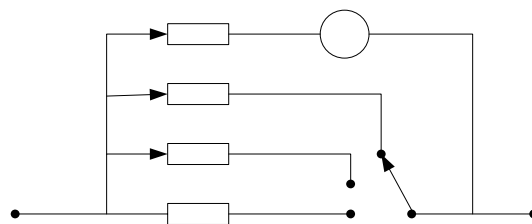
$$R_s = \frac{R_A}{n-1}$$

Thay đổi  $R_s$  bằng các giá trị khác nhau  $\rightarrow$  các thang đo khác nhau  
Ví dụ

### • Ampe mét nhiều thang đo

- Thay đổi vị trí CM ( B, C, D )  $\rightarrow$  đo được các dòng có trị số khác nhau

Chú ý: sử dụng công tắc đóng rồi cắt để dụng cụ không bị mất sơn  $\rightarrow$  tránh để dòng qua  $\bigcirc$  quá lớn gây hỏng  $\bigcirc$



Hình 6-2

115

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

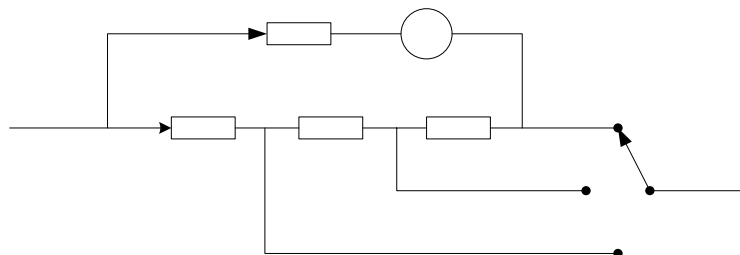
- Sơn Ayrton: bảo vệ cuộn dây của  $\bigcirc$  khỏi bị dòng quá lớn khi CM giữa các sơn

- Phân tích:

CM ở B:  $R_A // (R_1 \text{ nt } R_2 \text{ nt } R_3)$

CM ở C:  $(R_A \text{ nt } R_3) // (R_1 \text{ nt } R_2)$

CM ở D:  $(R_A \text{ nt } R_2 \text{ nt } R_3) // R_1$



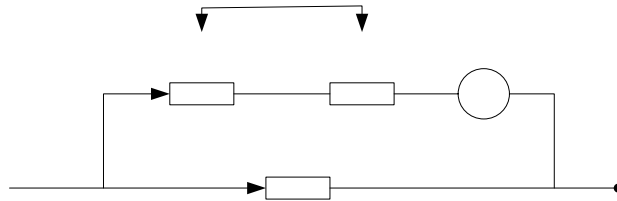
Hình 6-3

116

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

### Sai số do nhiệt độ:

- Cuộn dây trong dụng cụ đo TĐNCVC được quấn bằng dây đồng mảnh, và điện trở của nó có thể thay đổi đáng kể theo nhiệt độ
- I chạy qua cuộn dây  $\rightarrow$  nung nóng nó  $\rightarrow R_{\text{cuộn dây}}$  thay đổi  $\rightarrow$  sai số phép đo dòng
- Khắc phục: mắc  $R_{\text{bù}}$  bằng Mangan hoặc Constantan với cuộn dây (Mangan hoặc Constantan có hệ số điện trở phụ thuộc  $t^0$  bằng 0)



Hình 6-4

nếu  $R_{\text{bù}} = 9 R_{\text{cuộn dây}} \rightarrow R_A = R_{\text{bù}} + R_{\text{cuộn dây}} = 10R_{\text{cuộn dây}}$  thì khi  $R_{\text{cuộn dây}}$  thay đổi 1% sẽ khiến cho  $R_A$  thay đổi 0,1%

$R_S$  cũng được làm bằng Mangan hoặc Constantan để tránh sự thay đổi điện trở theo  $t^0$

117

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

### 6.1.2 Đo dòng điện xoay chiều hình sin

Cơ cấu đo điện từ được dùng phổ biến

Để mở rộng giới hạn đo  $\rightarrow$  dùng biến áp dòng điện (bộ biến dòng)

Bộ biến dòng biến đổi I cần đo có trị số lớn sang dòng điện có trị số nhỏ mà cơ cấu đo điện từ có thể làm việc được.

Cuộn dây  $W_1$  mắc nt với mạch có dòng điện cần đo

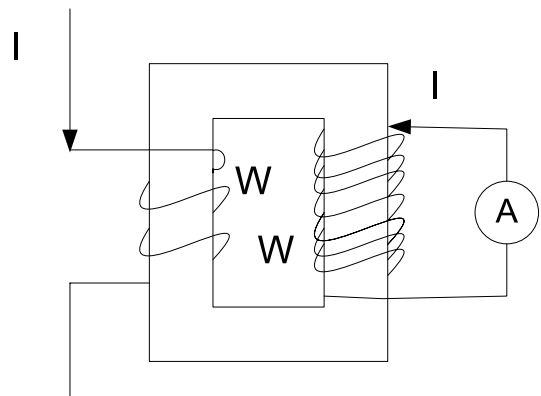
Cuộn dây  $W_2$  mắc với ampe mét điện từ

Số vòng  $W_2 >$  số vòng  $W_1$

$$\frac{I_{\text{do max}}}{I_{A \text{ max}}} = \frac{W_2}{W_1} = n$$

với  $n = \frac{W_2}{W_1}$  là hệ số biến dòng

$$I_{\text{do}} = n \cdot I_A$$



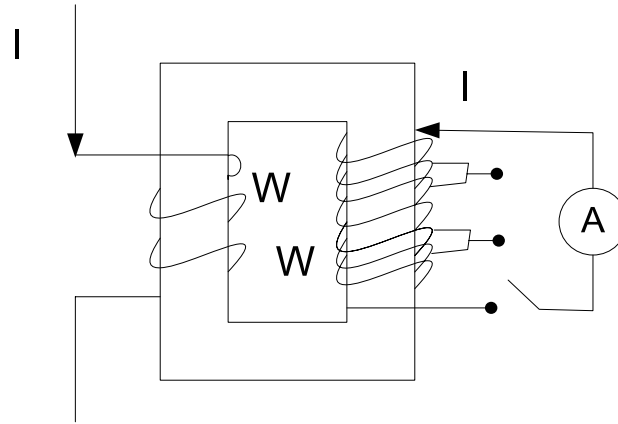
Hình 6-5

118

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

Chú ý: dòng qua cơ cấu đo không được vượt quá  $I_{A\max}$

-Để có các thang đo khác nhau → cấu tạo bộ biến dòng với cuộn thứ cấp có nhiều đầu ra.



Hình 6-6

119

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

### 6.2 Đo điện áp

#### 6.2.1 Đặc điểm & yêu cầu

- Phép đo dễ tiến hành, thực hiện nhanh chóng, độ chính xác cao.
- Khoảng giá trị điện áp cần đo rộng (vài  $\mu V$ -vài trăm KV), trong dải tần số rộng (vài % Hz – hàng nghìn MHz), và dưới nhiều dạng tín hiệu điện áp khác nhau
- Thiết bị đo điện áp phải có  $Z_{\text{vào}}$  lớn

\* Các trị số điện áp cần đo

- trị số đỉnh ( $U_m$ ), trị số hiệu dụng ( $U_{\text{hd}}$ ,  $U$ ), trị số trung bình ( $U_{\text{tb}}$ ,  $U_0$ )

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$

Điện áp có chu kì dạng không sin:

$$U^2 = U_0^2 + U_1^2 + U_2^2 + \dots = \sum_{k=0}^n U_k^2$$

120

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

$$U_0 = \frac{1}{T} \int_0^T |u(t)| dt$$

Quan hệ giữa  $U_m$ ,  $U$ ,  $U_0$  :

$$k_b = \frac{U_m}{U}$$

$$k_d = \frac{U}{U_0}$$

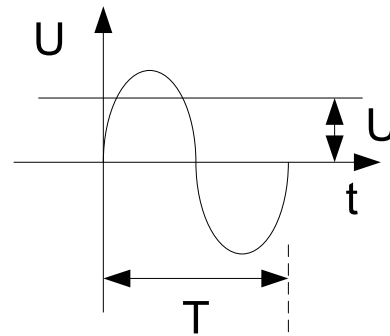
$k_b$  : hệ số biên độ của tín hiệu điện áp;  $k_d$  : hệ số dạng của tín hiệu điện áp

VD:

h(6-7a) là điện áp hình sin:

$$U_m = \sqrt{2} \cdot U; \quad U_0 = 0,9U$$

$$\Rightarrow k_b = 1,41; \quad k_d = 1,11$$



Hình 6-7a

121

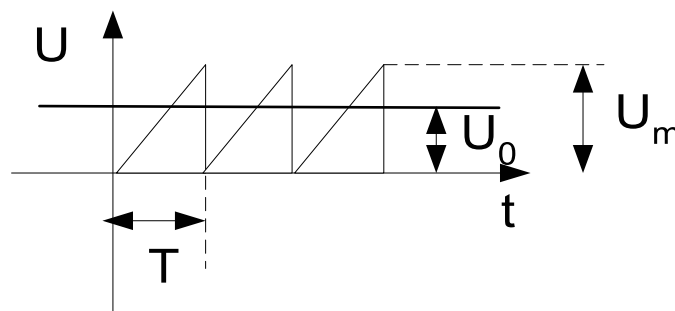
## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

h(6-7b) là điện áp xung răng cưa:

$$u(t) = \frac{U_m}{T} t \Rightarrow U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \frac{U_m^2}{T^2} t^2 dt} = \frac{U_m}{\sqrt{3}}$$

$$U_0 = \frac{U_m}{2}$$

$$\Rightarrow k_b = 1,73; \quad k_d = 1,15$$



Hình 6-7b

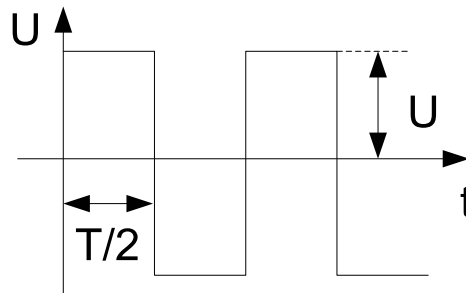
122

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

h(6-7c) là điện áp xung vuông góc:

$$u(t) = \begin{cases} U_m : 0 \leq t \leq \frac{T}{2} \\ -U_m : \frac{T}{2} \leq t \leq T \end{cases}$$

$$U = U_m \text{ và } U_0 = U_m \Rightarrow k_b = k_d = 1$$



Hình 6-7c

123

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

### 6.2.2 Đo điện áp 1 chiều

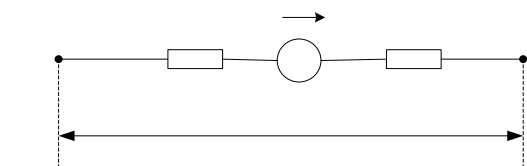
#### (a) Dùng vôn mét từ điện:

- Dụng cụ đo: Vôn mét từ điện, được mắc // với mạch có điện áp cần đo sao cho cực dương của Vôn mét nối với điểm có điện thế cao và cực âm của Vôn mét nối với điểm có điện thế thấp hơn.
- Yêu cầu: điện trở vào của vôn mét  $R_V$  lớn để đảm bảo vôn mét ảnh hưởng rất ít đến đến trị số điện áp cần đo
- Để đo điện áp lớn  $\rightarrow$  mắc điện trở phụ vào mạch đo:

$$U_{do\ max} = I_V(R_p + R_V)$$

$$\Rightarrow \frac{U_{do\ max}}{U_{V\ max}} = \frac{R_p + R_V}{R_V}$$

$$\Rightarrow \frac{U_{do\ max}}{U_{V\ max}} = 1 + \frac{R_p}{R_V} = n ;$$



Hình 6-8

$n$  : hệ số mở rộng thang đo

124



## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

$$R_p = (n-1)R_V$$

VD

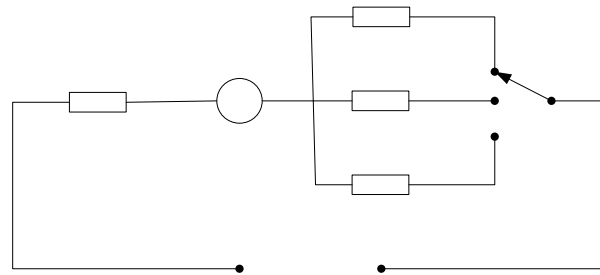
\* Vôn mét nhiều thang đo

- Được cấu tạo từ một dụng cụ đo độ lệch, một số điện trở phụ và một công tắc xoay

- 2 mạch vôn kế nhiều khoảng đo thường dùng:

(H6-9a) ở 1 thời điểm chỉ có 1 trong 3 điện trở phụ được mắc nối tiếp với máy đo. Khoảng đo của vôn kế:  $U_{đo} = I_V (R_V + R_p)$

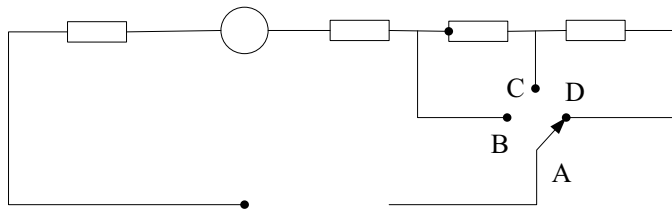
$R_p$  có thể là  $R_{p1}$ ,  $R_{p2}$ ,  $R_{p3}$



Hình 6-9a

125

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp



Hình 6-9b

(H6-9b) các điện trở phụ được mắc nối tiếp và mỗi chỗ nối được nối với một trong các đầu ra của công tắc

Khoảng đo của vôn kế:  $U_{đo} = I_V (R_V + R_p)$

$R_p$  có thể là  $R_{p1}$ ,  $R_{p1}+R_{p2}$ ,  $R_{p1}+R_{p2}+R_{p3}$

VD

\* Độ nhạy của vôn mét

-là tỉ số giữa điện trở toàn phần và chỉ số điện áp toàn thang của vôn mét

→ đơn vị:  $\Omega/V$ , độ nhạy càng lớn thì vôn mét càng chính xác

VD: một vôn mét có:  $R_{tp} = R_V + R_p = 1M\Omega$ , dụng cụ đo 100V trên toàn thang

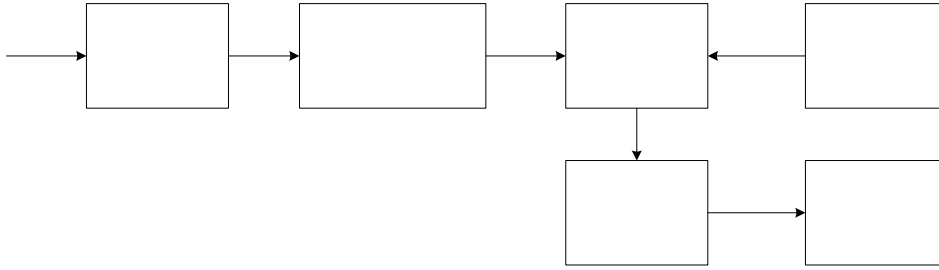
→ độ nhạy của vôn mét: ?

126

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

### (b) Dùng vôn mét số

- Sơ đồ khối đơn giản:



Hình 6-10

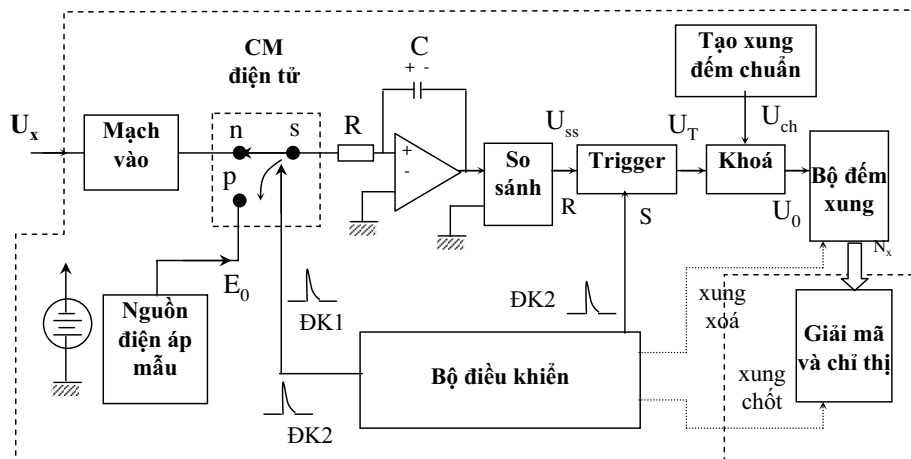
- + T.B.V gồm:
  - \* bộ lọc tần thấp để cho  $U_{đo}$  không còn thành phần sóng hài
  - \* bộ phân áp: thay đổi thang đo
  - \* bộ chuyển đổi phân cực điện áp: thay đổi cực tính của  $U_{đo}$
- + Bộ biến đổi điện áp - khoảng thời gian: biến đổi trị số  $U_{đo}$  ra khoảng thời gian  $\Delta t$  để điều khiển công đóng mở
- + Cổng: biến đổi khoảng thời gian  $\Delta t$  thành công

127

**TĐV /**

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

- + Bộ tạo xung đếm: tạo ra các xung đếm có tần số nhất định đưa tới Cổng. Chỉ các xung đếm xuất hiện trong khoảng thời gian  $\Delta t$  ứng với công mở mới thông qua được cổng tới bộ đếm xung
  - + Bộ đếm xung: đếm các xung trong khoảng thời gian  $\Delta t$
  - + Thiết bị hiển thị số: chuyển đổi từ số xung đếm được thành chữ số hiển thị
- Sơ đồ khối chi tiết:



Hình 6-11 Sơ đồ khối Vôn mét số thời gian xung

128

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

b/ Nguyên lý làm việc:

- Khi chưa đo, khoá S hở (không ở vị trí nạp hoặc phóng).
  - Quá trình biến đổi được thực hiện theo 2 bước tích phân sau:
    - + Bước 1: Tại  $t_1$ , bộ điều khiển đưa ra xung điều khiển ĐK1 đưa khoá S về vị trí n, điện áp  $U_x$  qua mạch vào  $\rightarrow$  qua R nạp cho C  $\rightarrow U_C$  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  $t_3 \rightarrow U_C = 0$ , bộ so sánh đưa ra xung so sánh  $U_{SS}$ .
- Xung ĐK2 và xung  $U_{SS}$  sẽ được đưa vào đầu vào thiết lập (S) và xoá (R) của Trigger  $\rightarrow$  đầu ra của Trigger là xung vuông có độ rộng  $T_x$ , xung này sẽ điều khiển đóng mở khoá để cho phép xung đếm chuẩn qua khoá  $\rightarrow$  kích thích cho bộ đếm xung.
- Giả sử trong thời gian  $T_x$  có  $N_x$  xung qua khoá, số xung  $N_x$  được đưa qua mạch giải mã và chỉ thị để biểu thị kết quả  $U_{DC}$  cần đo.

129

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

\* Xác định  $U_x = f(N_x)$ :

- Quá trình C nạp:

$$U_n = U_c(t_1) + \frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_2} K_v \cdot U_x \cdot dt$$

$K_v$ : hệ số truyền đạt của mạch vào.

Giả sử trong thời gian biến đổi,  $U_x = \text{const}$ :

$$U_n = 0 + \frac{1}{RC} \cdot K_v \cdot U_x (t_2 - t_1) = \frac{K_v \cdot U_x \cdot T_1}{RC}$$

với  $T_1 = t_2 - t_1$

- Quá trình C phóng:

$$U_c(t_3) = U_c(t_2) - \frac{1}{RC} \int_{t_2}^{t_3} E_0 \cdot dt$$

$$= U_n - \frac{1}{RC} \cdot E_0 (t_3 - t_2)$$

$$U_c(t_3) = \frac{K_v \cdot U_x \cdot T_1}{RC} - \frac{1}{RC} \cdot E_0 \cdot T_x$$

với  $T_x = t_3 - t_2$

130

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

$$U_c(t_3) = 0 \rightarrow T_x = \frac{K_v \cdot U_x \cdot T_1}{E_0} = N_x \cdot T_{ch}$$

$T_{ch}$  : chu kỳ của xung đếm chuẩn.

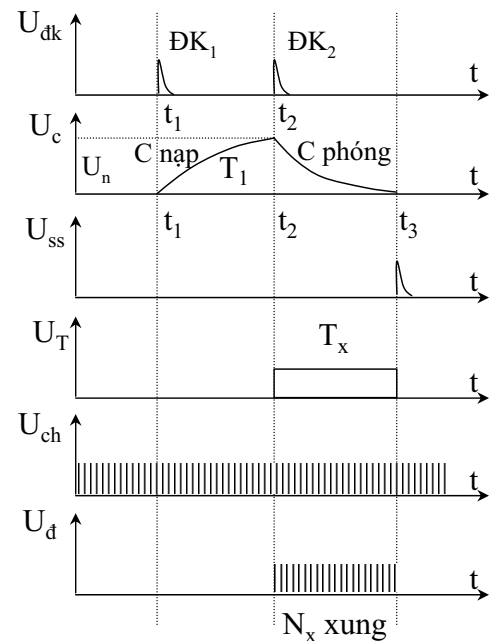
$$\rightarrow U_x = \frac{T_{ch} \cdot E_0}{K_v \cdot T_1} \cdot N_x = S_0 \cdot N_x$$

$$\rightarrow S_0 = \frac{T_{ch} \cdot E_0}{K_v \cdot T_1} = const$$

(thường chọn  $S_0 = 10^k$  với  $k=0, \pm 1, \dots$ )

$$\rightarrow U_x = 10^k \cdot N_x$$

c/ Giản đồ thời gian: hình 6-12



Hình 6-12

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

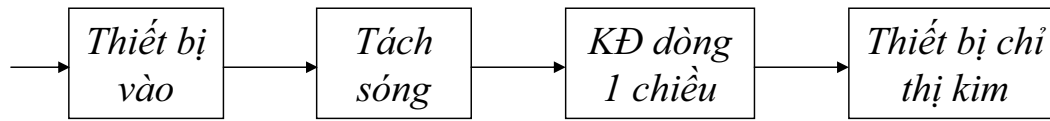
d/ Đánh giá sai số:

- Sai số  $T_{ch}$ ,  $K_v$ ,  $E_0$ ,  $T_1$ .
- Sai số lượng tử (do xấp xỉ  $T_x$  với  $N_x$ ).
- 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 độ nhiễu.

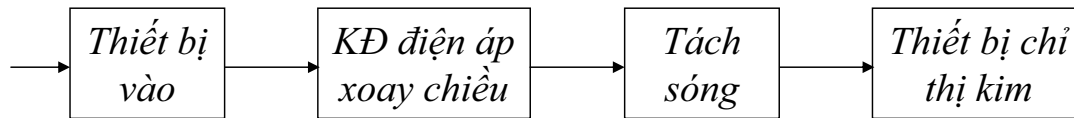
## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

### 6.2.3 Đo điện áp xoay chiều

Sơ đồ khối của vôn mét đo điện áp xoay chiều có trị số lớn



Sơ đồ khối của vôn mét đo điện áp xoay chiều có trị số nhỏ



**Thiết bị vào:** gồm các phần tử để biến đổi điện áp đo ở đầu vào như bộ phân áp, mạch tăng trở kháng vào... với mục đích là ghép  $U_{đo}$  một cách thích hợp với mạch đo là vôn mét.

**Bộ tách sóng:** biến đổi điện áp xoay chiều thành dòng điện hay điện áp 1 chiều.

133

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

Các loại mạch tách sóng:

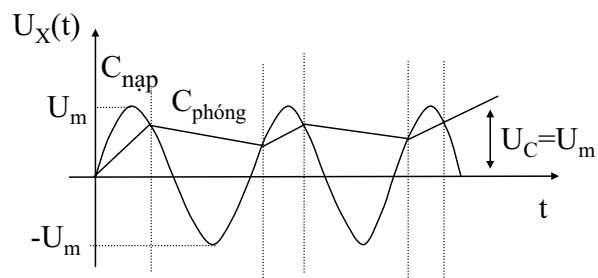
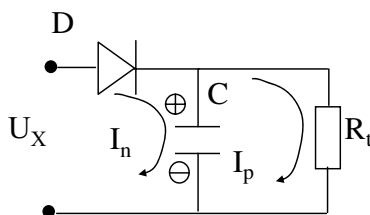
a) Tách sóng đỉnh (biên độ)

- Là tách sóng mà  $U_{ra}$  trực tiếp tương ứng với trị số biên độ của  $U_{vào}$ . Phần tử để giữ lại trị số biên độ của  $U_{đo}$  là tụ điện. Tụ điện được nạp tới giá trị đỉnh của  $U_{đo}$  thông qua phần tử tách sóng.

- Mạch có thể dùng diode hoặc Transistor. Ở đây ta dùng mạch tách sóng đỉnh dùng diode.

+mạch tách sóng đỉnh có đầu vào mở:

$$U_x(t) = U_m \sin \omega t$$



Hình 6-13

134

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

### Nguyên lý làm việc:

- Trong nửa chu kỳ (+) đầu tiên, D thông, C được nạp điện nhanh qua trở  $R_{D\text{ thông}}$  với hằng số nạp  $\tau_n = R_{D\text{ thông}} \cdot C$  và  $U_C$  tăng đến khi  $U_C \geq U_x(t)$ . Lúc này D tắt và tụ C sẽ phóng điện qua  $R_t$  với hằng số phóng  $\tau_p = R_t \cdot C$
- Khi  $U_C$  giảm đến khi  $U_C < U_x(t)$  thì tụ lại được nạp.
- Nếu chọn  $\tau_n \ll \tau_p$  thì sau vài chu kỳ  $U_C$  có giá trị không đổi và xấp xỉ  $U_m$

### Nhận xét: - dải tần rộng

- nếu điện áp đo có cả thành phần 1 chiều thì điện áp đồng hồ đo được  $U_{Rt} = U_0 + U_m$

135

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

### + Mạch tách sóng đỉnh có đầu vào đóng

$$U_x(t) = U_0 + U_m \sin \omega t$$

### Nguyên lý làm việc:

Cho điện áp vào hình sin, trong 1/2 nửa chu kỳ (+) đầu tiên D thông, C được nạp điện với hằng số nạp  $\tau_n = R_{D\text{ thông}} \cdot C$  và  $U_C$  tăng đến khi  $U_C > U_x(t)$ . Lúc này D tắt và tụ C sẽ phóng điện qua  $R_t$  với hằng số phóng  $\tau_p = R_t \cdot C$ ; và  $U_C$  giảm đến khi  $U_C < U_x(t)$  tụ lại được nạp.

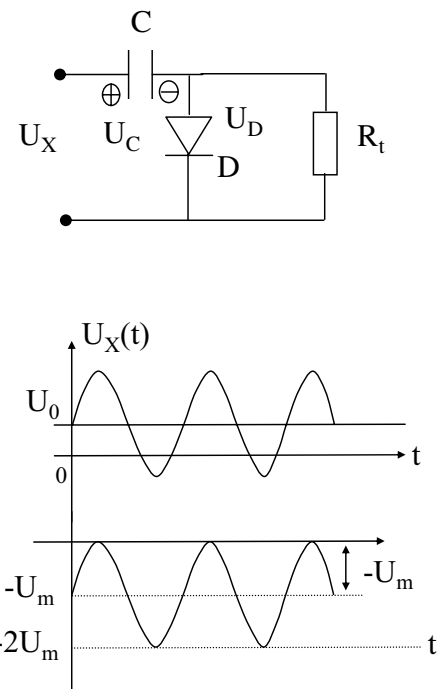
Nếu chọn  $\tau_n \ll \tau_p$ :  $C \cdot R_{D\text{ th}} \ll R_t C$   
 $R_{D\text{ th}} \ll R_t$

Thì sau 1 số chu kỳ t/hiệu tụ C sẽ được nạp  $U_C \cong U_0 + U_m$ .

$$U_{Rt} = U_{x\approx} - U_C = U_0 + U_m \sin \omega t - (U_0 + U_m) = U_m (\sin \omega t - 1)$$

$$\omega t = \frac{3\pi}{2} + 2k\pi, k=1,2,\dots \Rightarrow U_{Rt} = -2U_m$$

$$\omega t = \frac{\pi}{2} + 2k\pi, k=1,2,\dots \Rightarrow U_{Rt} = 0$$



Hình 6-14

136

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

b) Mạch tách sóng trung bình:

Có nhiệm vụ biến đổi điện áp xoay chiều thành điện áp 1 chiều có giá trị trung bình tỷ lệ với trị số điện áp trung bình của điện áp vào.

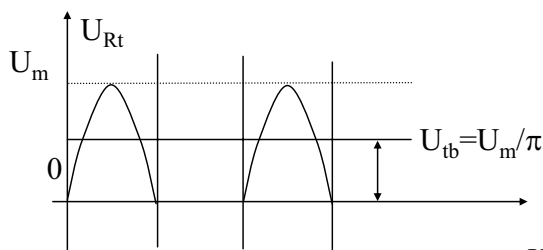
Thường dùng các mạch chỉnh lưu cả chu kỳ hoặc nửa chu kỳ.

+ Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ:

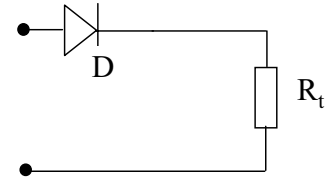
$D_1$  là chỉnh lưu nửa chu kỳ.  $D_2$  là ngăn không để điện áp ngược quá lớn đánh thủng  $D_1$  đặt lên Vôn kế và làm cho điện trở trong mạch tách sóng đồng đều trong cả chu kỳ.

Chọn  $R_t \gg R_{D1th}$  thuận

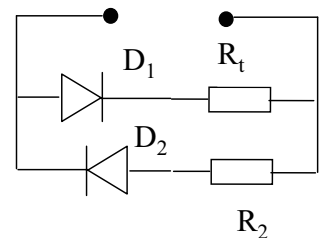
$$R_t + R_{D1th} = R_2 + R_{D2th}$$



Hình 6-15



Kiểu mắc 1 diode

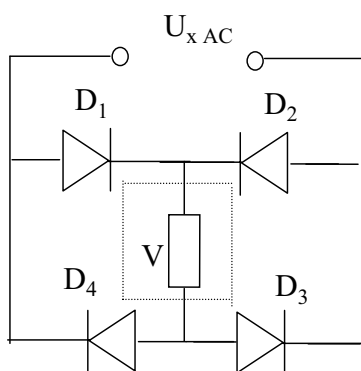


Kiểu mắc 2 diode //

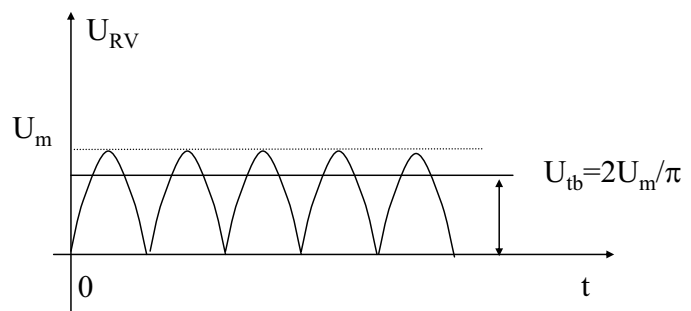
137

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

+Chỉnh lưu cả chu kỳ:

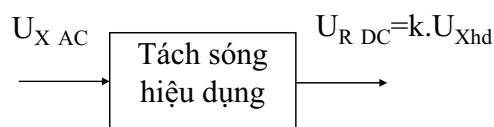


Hình 6-16



c) Mạch tách sóng hiệu dụng

Nhiệm vụ: Biến đổi điện áp xoay chiều thành 1 chiều có giá trị tỷ lệ với giá trị hiệu dụng của điện áp xoay chiều.



138



## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

Để tách sóng hiệu dụng cần phải những bước sau:

+Bình phương điện áp: dùng mạch bình phương điện áp hoặc dùng mạch có đặc tuyến Vôn-Ampe bậc 2 ( $i=S_0U_X^2$ )

+Lấy tích phân, và dùng các mạch khai căn hoặc dùng phương pháp khắc độ thang đo.

$$U_{hd} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} U_X^2(t) dt}$$

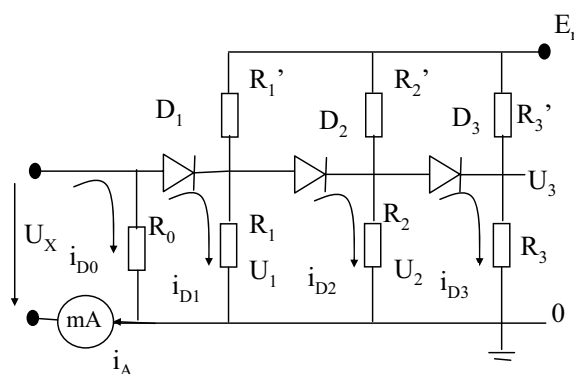
Ta xét mạch tách sóng hiệu dụng dùng các mạch có đặc tuyến Vôn-Ampe bậc 2: Để tăng khả năng đo điện áp hiệu dụng  $\rightarrow$  xây dựng các mạch có đặc tuyến Vôn-Ampe bậc 2 bằng cách xấp xỉ đặc tuyến thành những đoạn tuyến tính liên tiếp nhau.

Giả sử xây dựng mạch có đặc tuyến xấp xỉ thành 4 đoạn như hình vẽ ( $0 \div U_1$ ), ( $U_1 \div U_2$ ), ( $U_2 \div U_3$ ), ( $U_3 \div \infty$ ).

139

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

4 đoạn tương ứng với các khâu diode mắc liên tiếp với nhau như sơ đồ:



Hình 6-17

-Diode  $D_i$  được phân cực bởi cặp điện trở  $R_i$  và  $R_i'$  để điểm làm việc của chúng là  $U_i$  ( $i=1, 2, 3$ )

-Tính toán mạch như sau:

Giả sử cần xấp xỉ đặc tuyến:  $i=S_0U^2$

140

## Chương 6. Đo dòng điện và điện áp

⊕Voi  $0 < U_x \leq U_1 : D_1, D_2, D_3$  tat

$$\left. \begin{aligned} i_A = i_{D0} &= \frac{U_x}{R_0} \\ U_x = U_1 \rightarrow i_A = i_1 &= S_0 U_1^2 = \frac{U_x}{R_0} \end{aligned} \right\} \rightarrow R_0 = ?$$

⊕Voi  $U_1 < U_x \leq U_2 : D_1$  thong,  $D_2, D_3$  tat

$$\left. \begin{aligned} i_A = i_{D0} + i_{D1} &= U_x \left( \frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_1} \right) \\ U_x = U_2 \rightarrow i_A = i_2 &= S_0 U_2^2 \end{aligned} \right\} \rightarrow R_1 = ?$$

⊕Tuong tu voi  $U_2 < U_x \leq U_3 : D_1, D_2$  thong,  $D_3$  tat

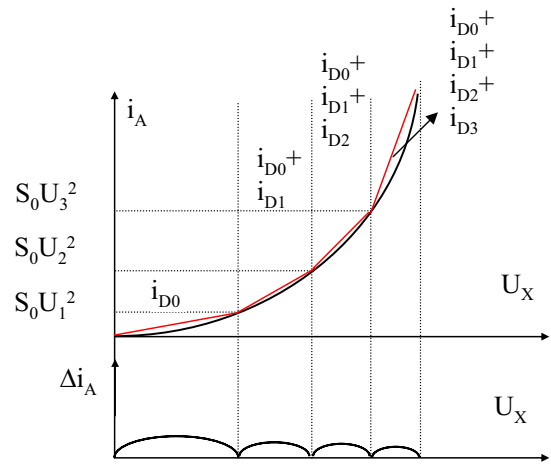
$$i_A = i_{D0} + i_{D1} + i_{D2} \rightarrow R_2 = ?$$

⊕voi  $U_3 < U_x : D_1, D_2, D_3$  thong

$$\begin{aligned} i_A &= i_{D0} + i_{D1} + i_{D2} + i_{D3} \\ &= U_x \left( \frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \rightarrow R_3 = ? \end{aligned}$$

$$U_i = \frac{E_n \cdot R_i}{R_i + R_i'}$$

Biet  $R_i \rightarrow$  Tinh duoc  $R_i'$



Hình 6-18

## Chương 7. Đo công suất

### 7.1 Khái niệm

**Công suất:** năng lượng điện từ trường tiêu thụ trên tải trong một đơn vị thời gian.

Mạch điện một chiều:  $P = U \cdot I$

Mạch điện xoay chiều:  $p = u \cdot i$

Mạch điện có dạng điều hoà:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad : \text{CS thực hiện}$$

CS phản kháng:  $Q = U \cdot I \sin \varphi$

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} \quad ; \quad Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Mạch điện hoạt động ở chế độ xung  $\rightarrow$  CS xung ( $P_{\text{xung}}$ ): là trị số CS trung bình trong khoảng t/g có xung ( $\tau$ )

$$P_{\text{xung}} = \frac{1}{\tau} \int_0^T u i dt \quad ; \quad P_{\text{tb}} = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt \quad \Rightarrow P_{\text{tb}} = P_{\text{xung}} \frac{\tau}{T}$$

## Chương 7. Đo công suất

- Lượng trình đo CS:  $10^{-6} \text{ W} \div 10^7 \text{ W}$
- Đơn vị đo CS: oát (W)
- Đơn vị đo CS tương đối: dBW, dBmW: dùng để so sánh các mức CS ở các vị trí khác nhau.

$$\alpha = 10 \lg \frac{P}{P_1} \quad \begin{array}{l} \alpha : \text{CS tương đối}; P: \text{trị số CS W(mW) tại một vị trí nào đó;} \\ P_1: \text{trị số CS ban đầu (1W hoặc 1mW)} \end{array}$$

### 7.2 Các phương pháp đo công suất

*Đặc điểm đo CS ở tần số cao:*

- Biến đổi CS về đại lượng trung gian rồi đo đại lượng đó
- Sai số của phép đo phụ thuộc vào sự phối hợp trở kháng giữa nguồn phát và phụ tải, phụ thuộc vào tần số và các tác động của môi trường.

*Các phương pháp đo CS ở tần số cao:*

- Đo CS dùng chuyển đổi Hall (dùng cho cả t/số thấp và t/số cao)
- Đo CS bằng cách đo điện áp trên tải thuần trở
- Đo CS bằng điện trở nhiệt

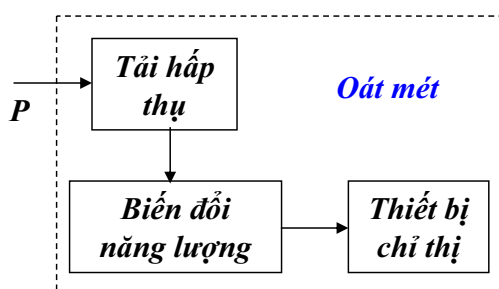
143

## Chương 7. Đo công suất

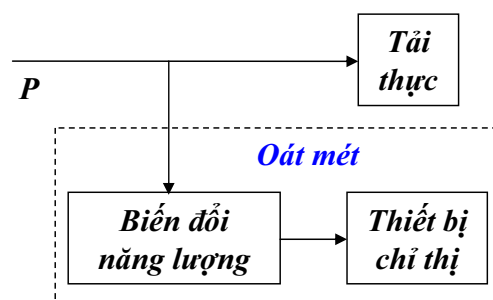
*Đo CS ở tần số thấp:* dùng phương pháp nhân

*Phương tiện đo công suất:* oát mét, gồm oát mét đo CS hấp thụ và oát mét đo CS truyền thông.

- Oát mét đo CS hấp thụ: là phương tiện đo CS tiêu tán trên tải phối hợp của chính phương tiện đo đó (*hình 7-1*). Nó hấp thụ toàn bộ CS của nguồn phát khi nguồn phát đó không mắc tải ngoài
- Oát mét đo CS truyền thông: là phương tiện đo CS truyền theo đường truyền tới tải (*hình 7-2*). Nó chỉ hấp thụ một phần năng lượng của nguồn phát còn phần lớn năng lượng truyền tới tải riêng của nó.



Hình 7-1



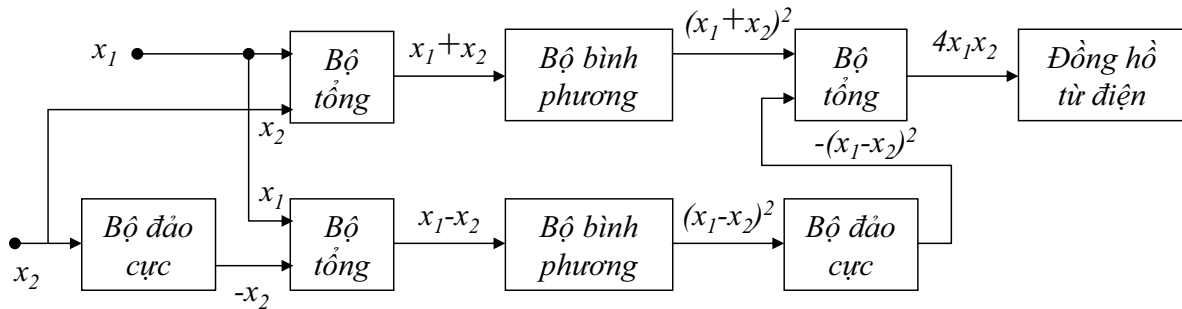
Hình 7-2

144

## Chương 7. Đo công suất

### 7.2.1. Phương pháp nhân:

- Khi dòng điện là điều hoà thì CS tác dụng cần đo trên tải:  $P = UI \cos \varphi$
- Đo CS trên tải có thể thực hiện trực tiếp bằng cách dùng 1 thiết bị nhân để nhân điện áp và dòng điện trên tải.
- Sơ đồ khối:



Hình 7-3

$$x_1 x_2 = \frac{1}{4} \left[ (x_1 + x_2)^2 - (x_1 - x_2)^2 \right]$$

$$x_1 = U \sin \omega t, x_2 = I \sin(\omega t - \varphi)$$

145

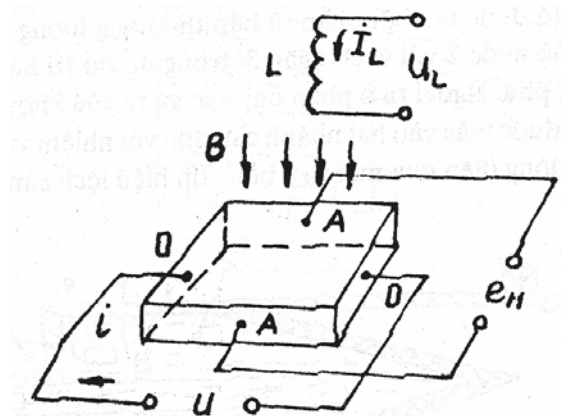
## Chương 7. Đo công suất

$$\begin{aligned} 4x_1 x_2 &= 4UI \sin(\omega t) \sin(\omega t - \varphi) \\ &= 2UI \cos \varphi - 2UI \cos(2\omega t - \varphi) \end{aligned}$$

- Điện áp được đo bằng một đồng hồ từ điện mắc song song với 1 tụ điện. Chỉ số của đồng hồ là thành phần 1 chiều:  $2UI \cos \varphi$ , là CS cần đo trên tải.
- Phần tử có đặc tuyến bậc 2: lấy phần đầu của đặc tuyến V-A của diốt hoặc transistor. (yêu cầu đèn phải có đặc tuyến đồng nhất).
- Sai số:  $\pm (5-10)\%$

### 7.2.2. Đo CS dùng chuyển đổi Hall:

- Chuyển đổi Hall được cấu tạo bằng bản mỏng chất bán dẫn đơn tinh thể (Si hoặc Ge) với 2 cặp cực đặt vuông góc với nhau và nằm trên các thành hẹp của bản tinh thể (Hình 7-4).



Hình 7-4

146

## Chương 7. Đo công suất

-cặp cực dòng D được cấp I một chiều hoặc xoay chiều, cặp cực áp A cho ra điện áp tỉ lệ với tích của I và từ cảm tác động vuông góc lên bề mặt của tinh thể.

-Sức điện động Hall:

$$e_H = K_H \cdot B \cdot i \quad (*)$$

$K_H$ : hệ số chuyển đổi, phụ thuộc vào vật liệu, kích thước, hình dạng của tấm bán dẫn và nhiệt độ môi trường.

-Nếu  $B \sim U_t$ ;  $i \sim I_t \Rightarrow e_H = K_H \cdot K_I \cdot U_t \cdot I_t$   $K_I$ : hệ số tỉ lệ

Ở mạch điện 1 chiều, sức điện động Hall :

$$e_H = K_H \cdot K_I \cdot P_t$$

Ở mạch điện xoay chiều hình sin, sức điện động Hall:

$$\begin{aligned} e_H &= K_H \cdot K_I \cdot U_m \cdot I_m \cdot \sin(\omega t) \cdot \sin(\omega t - \varphi) \\ &= K_H \cdot K_I \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi - K_H \cdot K_I \cdot U \cdot I \cdot \cos(2\omega t - \varphi) \end{aligned}$$

Nếu mắc vào 2 cực áp 1 dụng cụ từ điện thì chỉ số của dụng cụ đó tỉ lệ với  $P_{tb}$  trong mạch dòng xoay chiều  $\rightarrow$  thang đo của dụng cụ có thể được khắc độ trực tiếp theo đơn vị CS.

147

## Chương 7. Đo công suất

Từ (\*)  $\Rightarrow$  muốn  $e_H$  tăng thì hoặc  $i$  tăng, hoặc  $B$  tăng; thường tăng  $B$  vì  $i$  tăng  $\rightarrow$  tăng nhiệt độ của bán dẫn (ít dùng)

Để tăng  $B$  cần định hướng và gắn chuyển đổi Hall ở vị trí thích hợp trong ống sóng và cấp đồng trục, hoặc sử dụng môi trường có độ từ thẩm cao.

*Ưu điểm:*

- Không có sai số do mất phối hợp trở kháng.
- Quán tính nhỏ
- Dải tần rộng
- Cấu trúc đơn giản

*Nhược điểm:*

- $e_H$  phụ thuộc mạnh vào nhiệt độ

148

## Chương 7. Đo công suất

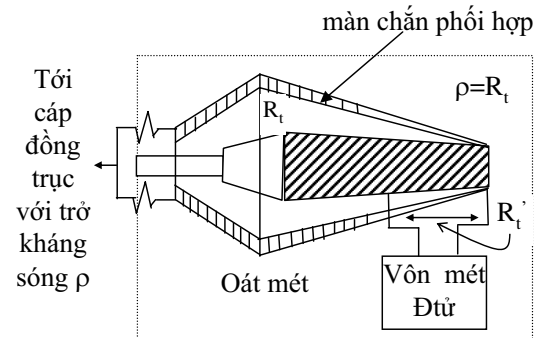
### 7.2.3 Đo CS bằng pp đo điện áp trên tải thuần trở:

- Phương pháp đo công suất bằng cách đo điện áp trên tải thuần trở là cơ sở để chế tạo oát-mét đo công suất hấp thụ của nguồn phát với 1 tải mẫu thuần trở. Tải mẫu là 1 điện trở bề mặt hoặc dạng khối có cấu trúc đặc biệt.

Cấu tạo: phần điện trở có dạng hình trụ lõi bằng gốm, trên phủ lớp than chì đặc biệt; màn chắn phối hợp nằm dọc theo chiều dài của phần điện trở, có đường kính biến thiên theo hàm mũ.

Với kết cấu như vậy sóng điện từ lan truyền từ nguồn phát tới không bị méo, tải là thuần trở phối hợp trở kháng tốt với nguồn phát.

Để phối hợp trở kháng, điện trở bề mặt toàn phần  $R_t$  theo dòng 1 chiều phải bằng trở kháng sóng  $\rho$  của cáp đồng trục với mục đích



Hình 7-5

149

## Chương 7. Đo công suất

để giảm việc mất phối hợp trở kháng khi mạch vào của Vôn mét mắc song song với tải.

Để mở rộng phạm vi đo công suất, Vôn –mét chỉ đo một phần điện áp trên tải. Để mở rộng dải tần ta thường dùng Vôn-mét điện tử loại tách sóng biên độ có đầu vào mở.

Khi có phối hợp trở kháng công suất tiêu thụ trên tải được xác định thông qua giá trị biên độ  $U_m$  và giá trị hiệu dụng  $U$  của điện áp rơi trên tải  $R_t$

$$P = \frac{U^2}{R_t} = \frac{U_m^2}{2R_t}$$

Công suất trên tải  $R_t$  thông qua giá trị điện áp  $U_m$  mà vôn mét đo được bằng:

$$P = \frac{R_t}{2R_t'^2} U_m'^2$$

- Vôn mét được khắc độ thang đo theo đơn vị công suất.

Sai số: sai số do lệch phối hợp trở kháng; sai số của  $R_t$ ; sai số của Vôn mét.

Sai số tổng  $\leq 20\%$  công suất đo.

Oát mét loại này đo được CS đến hàng chục nghìn W ở dải tần đến vài GHz

150

## Chương 7. Đo công suất

### 7.2.4 Đo công suất dùng điện trở nhiệt

Oát mét dùng điện trở nhiệt được xây dựng trên cơ sở mạch cầu điện trở, ở 1 trong những nhánh của chúng mắc điện trở nhiệt. Thường dùng để đo CS nhỏ từ hàng chục mW (t/số hàng chục GHz).

a/ Cấu tạo của điện trở nhiệt:

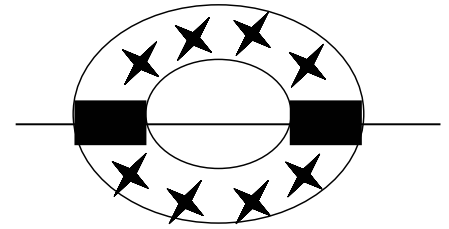
\* Cấu tạo của Bôlômét: là 1 sợi dây điện trở rất mảnh làm bằng bạch kim hay vonfram, được đặt trong bình thủy tinh (hình 7-6).

+ 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:

$$l < \frac{\lambda_{\min}}{8}, \text{ để sự phân bố dẫn điện trên sợi dây}$$

được đồng đều;  $\lambda_{\min}$ : độ dài cực tiểu của bước sóng điện từ của nguồn công suất cần đo.



Hình 7-6

151

## Chương 7. Đo công suất

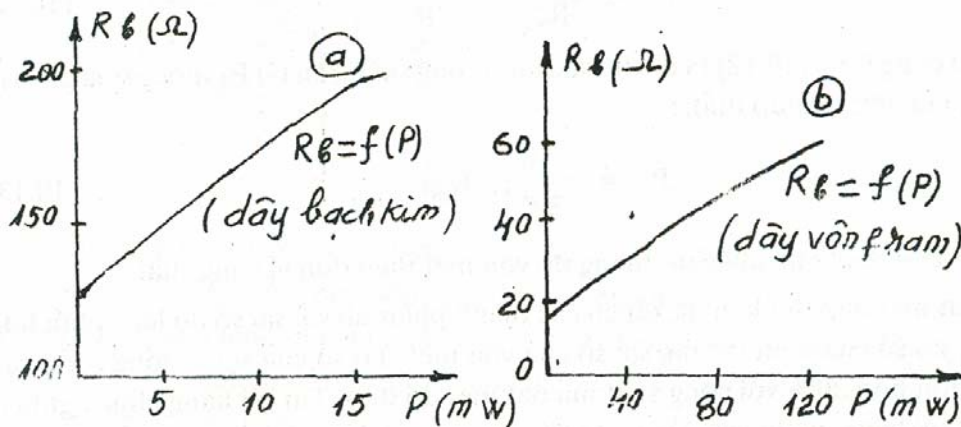
+ Quan hệ giữa điện trở của Bôlômét và công suất cần đo (hình 7-7):

$$R_b = R_0 + aP^b$$

$R_0$ : 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  $(3 \div 12) \Omega/\text{mW}$



Hình 7-7

152



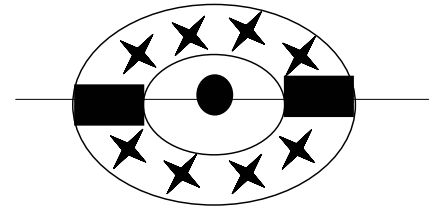
## Chương 7. Đo công suất

\* 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 ÷ 30)  $\mu\text{m}$  nối với nhau tại hạt cầu làm bằng bán dẫn, tất cả được đặt trong bình thủy tinh.

+ Điện trở của Tesmitor khoảng (100 ÷ 3000)  $\Omega$ .

+ Quan hệ giữa điện trở của Tesmitor và công suất cần đo (hình 7-9)

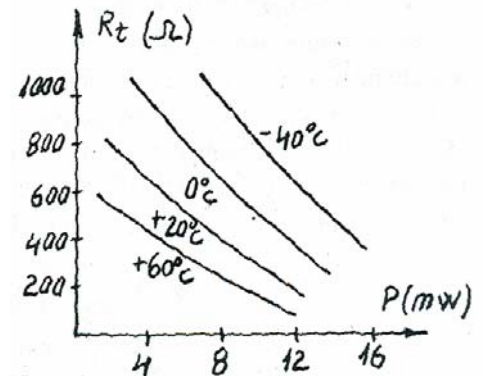


Hình 7-8

\* So sánh giữa bôlômét và tesmitor:

+ 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,  $Z_{\text{vào}}$  nhỏ nên khó thực hiện phối hợp trở kháng với đường truyền.

+ Tesmitor 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  $t_0$  môi trường.



Hình 7-9

153

## Chương 7. Đo công suất

*b/Oátmét dùng điện trở nhiệt*

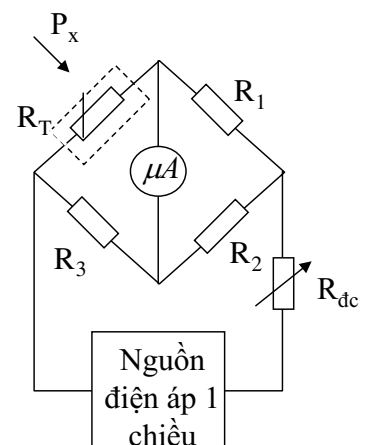
\* Oátmét xây dựng trên mạch cầu đơn không cân bằng:

+ Oátmét được nuôi bằng nguồn điện áp 1 chiều với chiết áp  $R_{dc}$  dùng để điều chỉnh dòng qua các nhánh cầu, với ( $\mu\text{A}$ ) 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/c 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 đtrở  $\rightarrow$  mất cân bằng cầu  $\rightarrow$  xuất hiện dòng điện qua ( $\mu\text{A}$ ) với thang đo khắc độ trực tiếp theo công suất.

+ Sai số: 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.



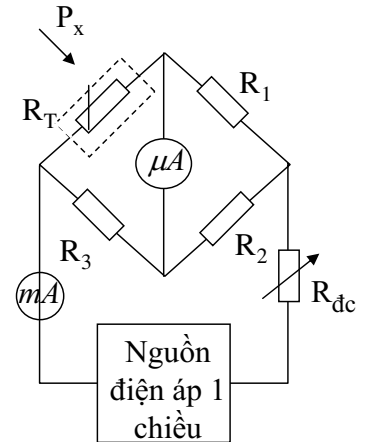
Hình 7-10

## Chương 7. Đo công suất

\* Oátmét xây dựng trên mạch cầu đơn cân bằng:

- +  $(\mu A)$  chỉ thị cân bằng cầu,  $(mA)$  cho biết trị số của công suất.  $R_T$  mắc vào 1 nhánh cầu, chọn  $R_1=R_2=R_3=R_T|_{P_x=0} = R$ .
- + Khi chưa có nguồn CS t/động lên  $R_T$ , tương tự như TH trên ta điều chỉnh dòng điện trong mạch để thay đổi  $R_T$  và thiết lập cân bằng cầu. Ở thời điểm cầu cân bằng,  $(\mu A)$  chỉ "0", còn  $(mA)$  chỉ dòng điện  $I_0$ .
- + Khi có nguồn CS t/động lên  $R_T$  làm cho  $R_T \downarrow$ , cầu mất cân bằng. Để cầu cân bằng ta phải tăng đ/trở bằng cách  $\downarrow$  dòng điện trong mạch. Ở thời điểm cân bằng  $(mA)$  chỉ  $I'_0$ .
- + Qua hai bước đ/chỉnh cân bằng cầu,  $R_T$  của Tesmistor không đổi nên CS tiêu thụ trên Tesmistor trong 2 bước như nhau do đó:

$$P_t = \frac{I_0^2 R_T}{4} = \frac{I_0'^2 R_T}{4} + P_x \Rightarrow P_x = \frac{R_T}{4} (I_0^2 - I_0'^2)$$



Hình 7-11

155

## Chương 7. Đo công suất

- + *ưu điểm:* đảm bảo được sự phối hợp trở kháng vì  $R_T$  của Tesmistor 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  $P_x = 0$ .

156

## Chương 8. Đo các tham số điều chế & đặc tính phổ của t/hiệu

### 8.1 Phân tích phổ của tín hiệu

-Có thể dùng MHS để quan sát và nghiên cứu phổ của tín hiệu. Dao động đồ có được là theo quan hệ phụ thuộc giữa biên độ các thành phần sóng hài của tín hiệu theo tần số.

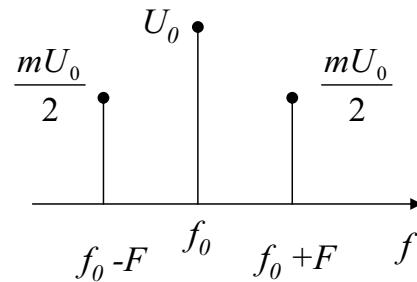
-Khi đó trục X của MHS là trục thang độ tần số, còn trục Y là trục thang độ biên độ.

-Để vẽ đồ thị phổ biên độ-tần số của dao động tín hiệu, để đo tần số và tỉ số biên độ các phân lượng riêng biệt của phổ → dùng máy phân tích phổ

-Dựa vào các đồ thị phổ ta có thể phân tích đặc tính và đo lường được các thông số của tín hiệu

VD:

+ đo được hệ số điều chế biên độ thông qua đồ thị phổ của dao động điều biên



Hình 8-1: Phổ của dao động điều biên

157

## Chương 8. Đo các tham số điều chế & đặc tính phổ của t/hiệu

\* Nguyên lý của thiết bị phân tích phổ: dựa trên cơ sở dùng hiện tượng cộng hưởng để chọn lọc tần số.

+ Đối với các mạch cộng hưởng có dải thông tần hẹp (hệ số phẩm chất  $Q$  cao) thì biên độ của dao động cưỡng bức sẽ là cực đại nếu tần số tác động trùng hợp với tần số bản thân (tần số cộng hưởng) của mạch cộng hưởng và biên độ đó là rất nhỏ khi có lệch cộng hưởng.

+ Do đó, mạch cộng hưởng có tác dụng như một bộ lọc, bộ lọc này có khả năng tách riêng được các phân lượng sóng hài khác của tín hiệu với phân lượng sóng hài có tần số trùng với tần số bản thân của mạch (tần số cộng hưởng).

\* Máy phân tích phổ có 2 loại:

- + Loại phân tích song song
- + Loại phân tích nối tiếp

### 8.1.1 Máy phân tích phổ theo phương pháp p/tích song song

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  $f_{\min}$  ÷  $f_{\max}$ . Mỗi đường cong cộng hưởng của bộ lọc được biểu thị đơn giản bằng một hình CN, dải thông tần của bộ lọc là  $\Delta f$  (hình 8-2.a). Trong dải tần của thiết bị phân tích có  $n$  bộ lọc.

158

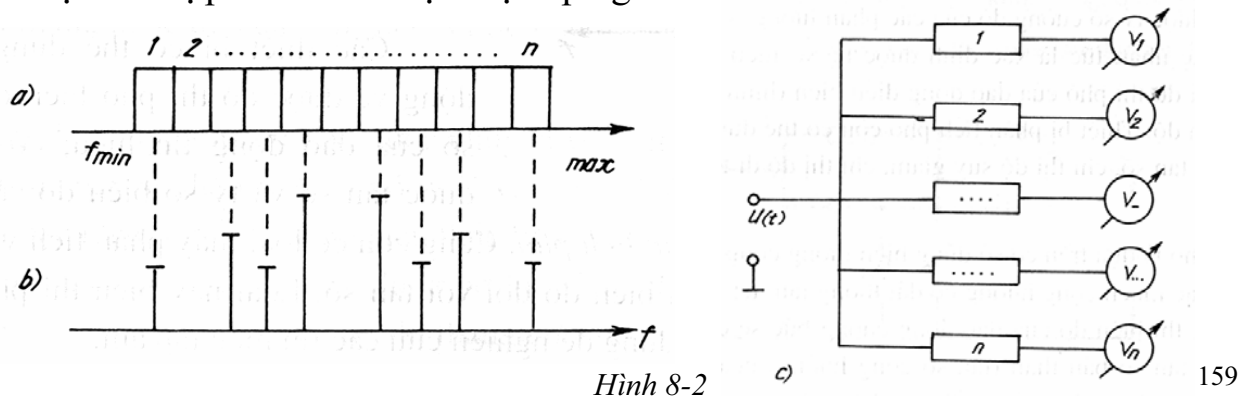
## Chương 8. Đo các tham số điều chế & đặc tính phổ của t/hiệu

$$n = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{\Delta f}$$

-Nếu tín hiệu được phân tích có phổ nằm trong dải tần số công tác của bộ lọc trên (hình 8-2.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.

-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 (hình 8-2.c)

-Trị số chỉ thị của các vôn mét và tần số cộng hưởng của mỗi bộ lọc  $\Rightarrow$  cấu tạo được đồ thị phổ của tín hiệu điện áp nghiên cứu.



159

## Chương 8. Đo các tham số điều chế & đặc tính phổ của t/hiệu

### 8.1.2. Máy phân tích phổ theo phương pháp p/tích nối tiếp

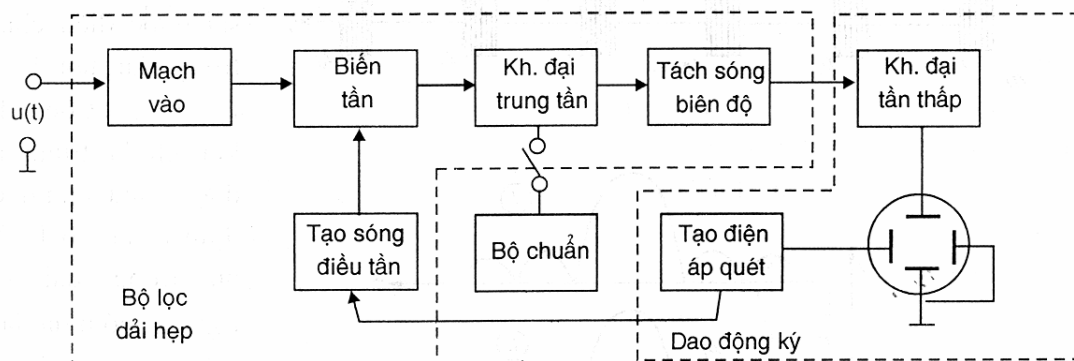
-Chỉ có một bộ cộng hưởng.

-Bộ cộng hưởng này có thể điều chỉnh được để tương ứng với từng tần số một trong dải tần số phân tích từ  $f_{\min} \div f_{\max}$ .

1. Sơ đồ khối: gồm 1 bộ lọc dải hẹp điều chỉnh được và một MHS

2. Nguyên lý hoạt động:

+Điện áp từ bộ Tạo điện áp quét răng cưa được đưa tới cặp phiên làm lệch X của ống tia điện tử, đồng thời được đưa tới bộ Tạo sóng điều tần để điều chế tần số bộ chủ sóng của nó.



Hình 8-3 Máy phân tích phổ nối tiếp

160

## Chương 8. Đo các tham số điều chế & đặc tính phổ của t/hiệu

+Tại bộ *Biến tần* có hai tín hiệu được đưa tới là tín hiệu cần nghiên cứu phổ và điện áp của bộ *Tạo sóng điều tần*. Ở đây tần số của bộ *Tạo sóng điều tần* ngoại sai cùng với một trong các thành phần sóng hài của tín hiệu sẽ tạo ra một tần số mới bằng hiệu của 2 tần số trên.

+Khi tần số hiệu này bằng tần số cộng hưởng của bộ *Khuếch đại trung tần* thì phân lượng điện áp có tần số đó được khuếch đại, sau đó được tách sóng rồi lại được khuếch đại bằng bộ *Khuếch đại tần thấp* trước khi đưa tới cặp phiến làm lệch Y của ống tia điện tử.

+Tia điện tử bị lệch đi so với đường nằm ngang (vị trí ban đầu) một trị số tỉ lệ với trị số trung bình của điện áp tín hiệu nghiên cứu trong dải thông tần  $\Delta f$ .

+Mỗi khi trị số tức thời của tần số bộ *Tạo sóng điều tần* biến đổi tạo nên một tần số hiệu bằng trung tần với lần lượt 2 thành phần sóng hài kế tiếp nhau của tín hiệu thì đồng thời tia điện tử được dịch chuyển theo trục ngang và trên màn lại xuất hiện một vạch sáng khác theo trục dọc.

+Biên độ của các vạch này tương ứng với điện áp (hay công suất) của các phân lượng thành phần của phổ.

+Sau một chu kì quét, toàn bộ các vạch phổ của tín hiệu nghiên cứu đã được vẽ trên màn MHS.

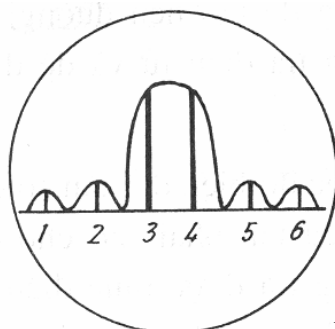
161

## Chương 8. Đo các tham số điều chế & đặc tính phổ của t/hiệu

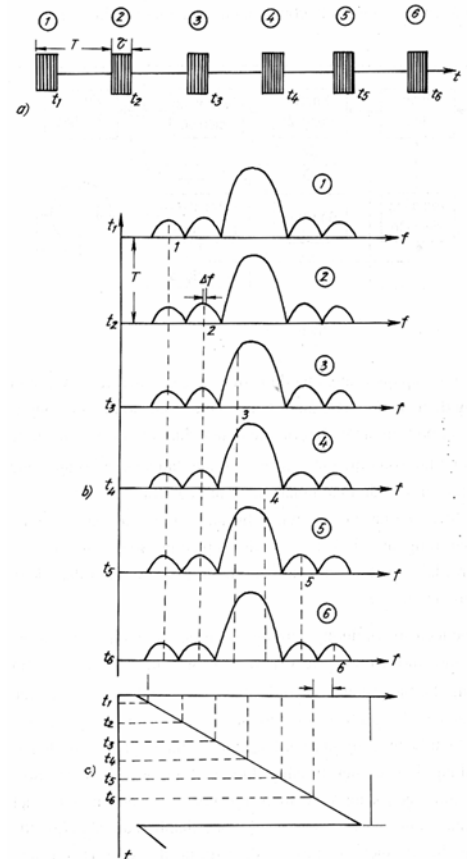
VD: tín hiệu phân tích phổ là một xung vuông biến đổi có chu kì và có hệ số  $\tau/T$  lớn (hình 8-4.a)

-Mỗi thành phần phổ được biểu thị bằng 1 vạch sáng trên màn hình. Khoảng cách giữa 2 vạch trên thang tần số bằng tần số lặp lại của xung tín hiệu  $F = 1/T$ .

-Yêu cầu: bộ *Tạo sóng điều tần* phải có tần số trung tâm ổn định. Nếu không ổn định sẽ làm dịch chuyển tất cả các phổ theo trục tần số (khi tần số biến đổi từ từ) hoặc là làm dịch chuyển từng thành phần riêng biệt của phổ (khi tần số biến đổi nhanh)  $\rightarrow$  khó quan sát & làm giảm độ chính xác khi đo lường các thông số phổ



Hình 8-5

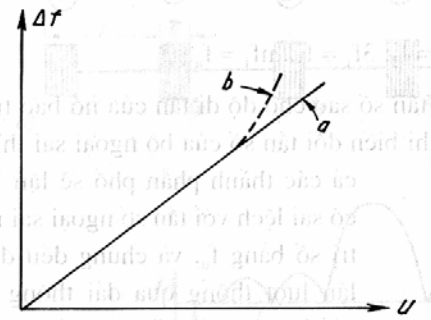


Hình 8-4 162

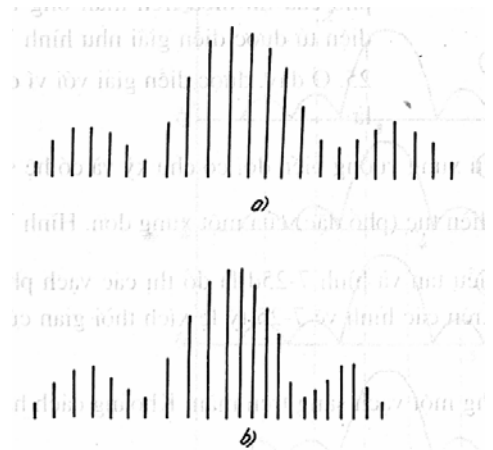
## Chương 8. Đo các tham số điều chế & đặc tính phổ của t/hiệu

-Đặc tuyến điều chế của bộ tạo dao động điều tần phải thẳng (hình 8-6)

-Khi đặc tuyến thẳng thì phổ có hình dạng như hình 8-7(a), nếu không thẳng thì thang độ tần số sẽ khác nhau theo đường quét ngang & phổ sẽ bị méo dạng theo chiều ngang ,hình 8-7(b).



Hình 8-6



Hình 8-7

163

## Chương 8. Đo các tham số điều chế & đặc tính phổ của t/hiệu

-*Bộ tạo điện áp quét*: tạo đường quét ngang trên ống tia điện tử và để điều chế tần số.

-*Bộ phát sóng điều tần*: có tốc độ biến đổi tần số sao cho điện áp tín hiệu tăng tới được mức điện áp cực đại trong khoảng thời gian ứng với dải thông tần của bộ khuếch đại trung tần (KĐTT).

-Các thông số của *khối KĐTT*: dải thông tần, tần số cộng hưởng, hệ số KĐ.

Dải thông tần: tùy thuộc vào mục đích, công dụng của máy phân tích phổ.

Máy phân tích phổ tần số thấp → chọn dải thông tần sao cho có thể phân biệt được rõ ràng 2 thành phần phổ cạnh nhau.

Nếu máy phân tích phổ có băng tần rộng, và gồm nhiều thành phần → chỉ cần vẽ đường bao của phổ.

-Các xung đầu ra của bộ KĐ có biên độ tỉ lệ với năng lượng của từng bộ phận của phổ.

-Chọn tần số trung tần sao cho loại bỏ được sự cho qua tín hiệu tần số ảnh (**giải pháp**: tăng tần số trung tần). Nếu không thì trên màn MHS sẽ xuất hiện đồng thời 2 dạng phổ: một phổ thực và một phổ ảnh.

Mâu thuẫn giữa tăng tần số trung tần và giảm nhỏ dải thông tần → **giải pháp**: dùng 2 bộ biến tần và KĐ trung tần.

164



## Chương 8. Đo các tham số điều chế & đặc tính phổ của t/hiệu

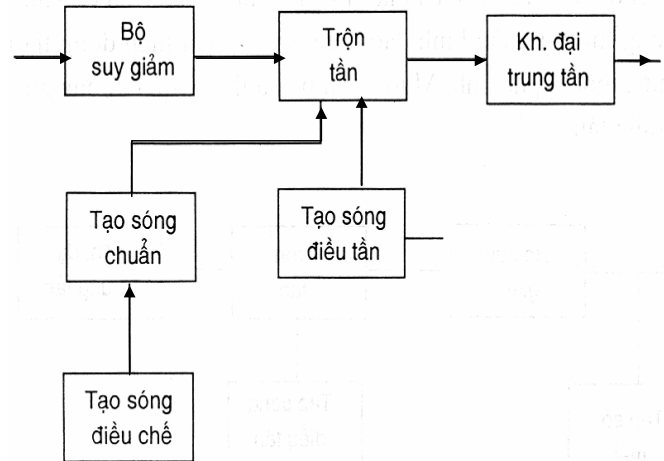
- Chọn hệ số khuếch đại dựa trên yêu cầu về biên độ cực tiểu của tín hiệu nghiên cứu và biên độ đưa vào bộ tách sóng.
- Đo bề rộng phổ bằng cách so sánh phổ cần đo với phổ chuẩn.
- Phổ chuẩn thường dùng là phổ của tín hiệu điều tần mà tần số điều chế có dạng điều hoà.

*Sơ đồ khối của bộ phận tạo tín hiệu có phổ chuẩn:*

+Bộ tạo sóng điều chế phát ra điện áp hình sin có tần số 1-10 Mhz để đưa tới điều chế bộ tạo sóng chuẩn.

+Tín hiệu điều tần từ bộ tạo sóng chuẩn được đưa vào bộ trộn tần cùng với tín hiệu nghiên cứu.

+Trên màn của MHS xuất hiện **phổ của tín hiệu nghiên cứu** và **phổ của tín hiệu điều tần chuẩn**. Khoảng cách giữa các thành phần của phổ chuẩn là đã biết.



Hình 8-8 Bộ tạo tín hiệu có phổ chuẩn

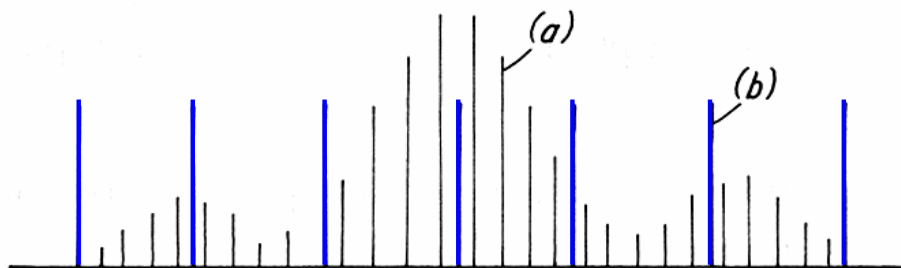
165

## Chương 8. Đo các tham số điều chế & đặc tính phổ của t/hiệu

+Biết tần số điều chế và các số lượng các thành phần của phổ chuẩn thì có thể xác định được đúng các phân đoạn của phổ cần đo.

Tóm lại, biến đổi biên độ điện áp điều chế → biến đổi số lượng các thành phần của phổ chuẩn. Biến đổi tần số điều chế → biến đổi được khoảng cách giữa các thành phần của phổ chuẩn. Do đó có thể đo được bề rộng của bất kì phổ nào.

VD:



Hình 8-9 Các vạch phổ khi so sánh

- (a) Các thành phần của phổ cần đo
- (b) Các thành phần của phổ chuẩn



## Chương 9. Đo các tham số của mạch điện

-Một số thông số: R, L, C, Q, góc tổn hao tgδ.

*Các phương pháp đo tham số mạch:* phương pháp Vôn-Ampe, phương pháp so sánh bằng mạch cầu, phương pháp cộng hưởng, phương pháp đo dùng các thiết bị chỉ thị số.

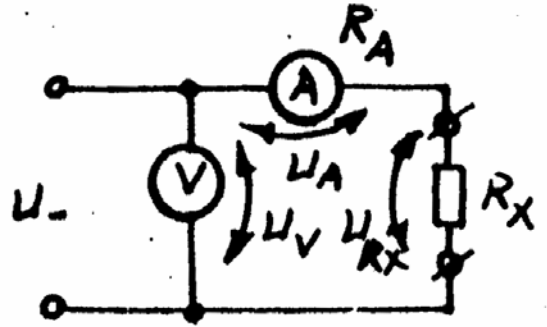
### 9.1 Đo tham số mạch bằng pp vôn-ampe:

Theo sơ đồ hình 9-1a, giá trị điện trở đo được là:

$$R'_x = \frac{U_V}{I_A} = \frac{U_{R_x} + U_A}{I_A} = R_x + R_A$$

$R_A$ : điện trở trong của ampe mét

$$\delta_{pp} = \frac{R_A}{R_x} \quad : \text{ sai số phương pháp}$$



Hình 9-1a

167

## Chương 9. Đo các tham số của mạch điện

Theo sơ đồ hình 9-1b:

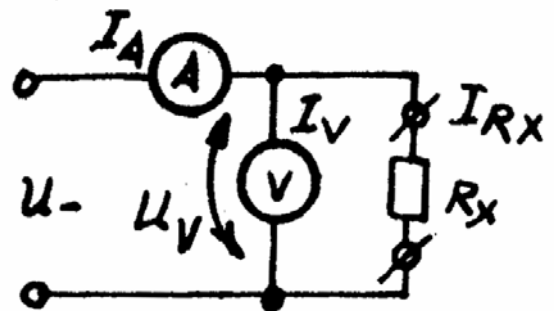
$$R'_x = \frac{U_V}{I_A} = \frac{U_V}{I_{R_x} + I_V} = \frac{R_x}{1 + \frac{R_x}{R_V}}$$

$R_V$ : điện trở vào của vôn mét

$$\delta_{pp} = -\frac{R_x}{R_x + R_V}$$

Sai số: + sai số của ampe mét  
+ sai số của vôn mét  
+ sai số phương pháp

5%-10%



Hình 9-1b

Để giảm sai số phương pháp: chọn vôn mét có  $R_V$  lớn, ampe mét có  $R_A$  nhỏ, và chọn mạch đo thích hợp.

Để đo R lớn: chọn ampe mét có độ nhạy cao, và bọc kim ampe mét để giảm ảnh hưởng của dòng rò tĩnh điện.

168

## Chương 9. Đo các tham số của mạch điện

### 9.2 Phương pháp so sánh bằng mạch cầu

Sai số: 1-5%

**a. Cầu cân bằng kiểu 4 nhánh:** dùng để đo R, L, C,...

- Mỗi nhánh cầu có thể là một hay hỗn hợp các R, L, C.

- Điều kiện cân bằng cầu:

$$Z_1 \cdot Z_3 = Z_2 \cdot Z_4$$

$$\varphi_1 + \varphi_3 = \varphi_2 + \varphi_4$$

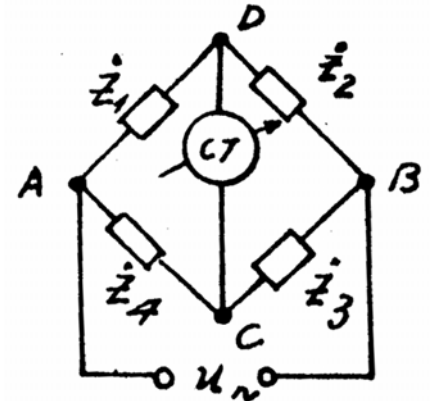
Khi cầu cân bằng:  $I_{DC} = 0$

\* Cầu tích số: 
$$R_1 \cdot R_3 = (R_x + j\omega L_x) \frac{1}{\frac{1}{R_4} + j\omega C_4}$$

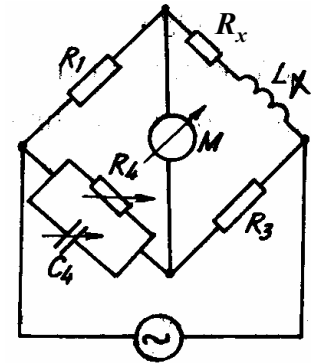
Pt cân bằng cầu:

$$\Rightarrow R_x = \frac{R_1 R_3}{R_4} \quad \text{và} \quad L_x = R_1 R_3 C_4$$

Góc tổn hao của tụ điện:  $tg\delta = 1/\omega R_4 C_4$



Hình 9-2



Hình 9-3

169

## Chương 9. Đo các tham số của mạch điện

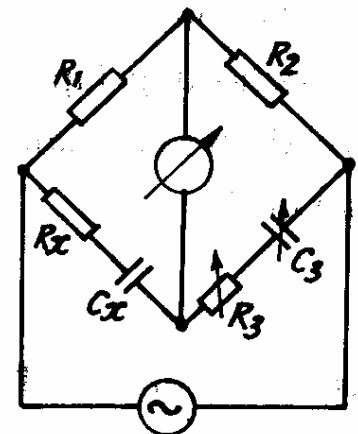
\* Cầu tỉ số:

Pt cân bằng cầu:

$$R_1 \left( R_3 + \frac{1}{j\omega C_3} \right) = R_2 \left( R_x + \frac{1}{j\omega C_x} \right)$$

$$\Rightarrow R_x = \frac{R_1}{R_2} R_3 \quad \text{và} \quad C_x = \frac{R_2}{R_1} C_3$$

Góc tổn hao của tụ điện:  $tg\delta = \omega R_x C_x = \omega R_3 C_3$



Hình 9-4

\* Sai số:

- do các  $R_{t\text{ổn hao}}$  trong các nhánh có cuộn cảm mẫu, tụ điện mẫu; hoặc do điện kháng trong các nhánh điện trở.

- do sự thay đổi tần số nguồn nuôi

- Do điện dung kí sinh giữa các phần tử với nhau trong mạch, giữa các phần tử trong mạch với các vật xung quanh.

\* Khắc phục:

- bọc kim các phần tử trong mạch

- giảm méo phi tuyến của tần số nguồn nuôi.

170

## Chương 9. Đo các tham số của mạch điện

### b. Cầu chữ T cân bằng:

Gồm hai M4C chữ T mắc song song.

Dòng điện đầu ra M4C thứ nhất:  $I_1$  (ngắn mạch đầu ra)

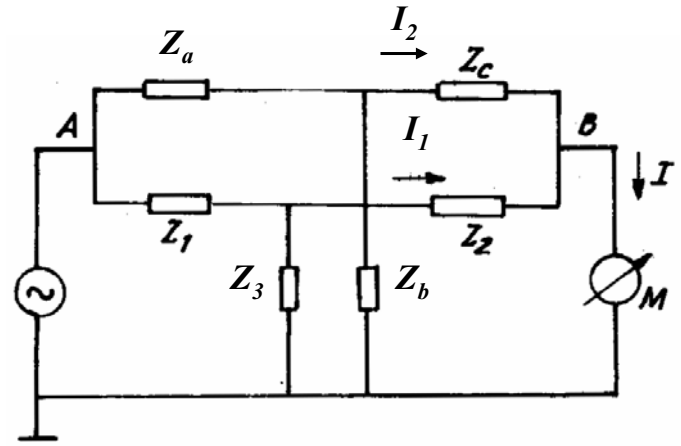
$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 + \frac{\dot{Z}_1 \cdot \dot{Z}_2}{\dot{Z}_3}} = \frac{\dot{U}}{Z_{td1}}$$

$$Z_{td1} = \dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 + \frac{\dot{Z}_1 \cdot \dot{Z}_2}{\dot{Z}_3}$$

Dòng điện đầu ra M4C thứ hai:  $I_2$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}}{\dot{Z}_a + \dot{Z}_c + \frac{\dot{Z}_a \cdot \dot{Z}_c}{\dot{Z}_b}} = \frac{\dot{U}}{Z_{td2}}$$

$$Z_{td2} = \dot{Z}_a + \dot{Z}_c + \frac{\dot{Z}_a \cdot \dot{Z}_c}{\dot{Z}_b}$$



Hình 9-5

171

## Chương 9. Đo các tham số của mạch điện

Cầu cân bằng khi:  $\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 0$

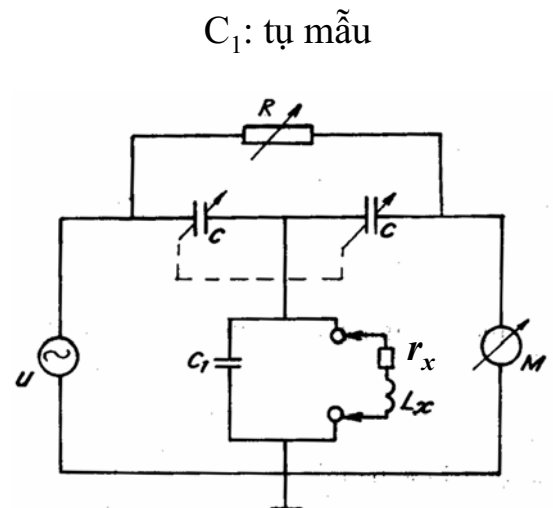
$$\Rightarrow \frac{\dot{Z}_{td1} \cdot \dot{Z}_{td2}}{\dot{Z}_{td1} + \dot{Z}_{td2}} = \infty \Rightarrow \dot{Z}_{td1} + \dot{Z}_{td2} = 0$$

VD: Mạch cầu chữ T dùng đo L

Điều kiện cân bằng:

$$R + \frac{2}{j\omega C} - \frac{1}{\omega^2 C^2} \left( \frac{1}{r_x + j\omega L_x} + j\omega C_1 \right) = 0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} R = \frac{r_x}{\omega^4 L_x^2 C^2 \left( 1 + \frac{r_x^2}{\omega^2 L_x} \right)} \\ 2 + \frac{C_1}{C} = \frac{1}{\omega^2 L_x C \left( 1 + \frac{r_x^2}{\omega^2 L_x} \right)} \end{cases} \quad (*)$$



Hình 9-6

172

## Chương 9. Đo các thông số của mạch điện

Khi ở tần số cao, cho  $r_x^2 \ll \omega^2 L_x$  (\*\*)

Từ (\*),(\*\*) ta có:

$$\begin{cases} L_x \approx \frac{1}{\omega^2 (2C + C_1)} \\ r_x \approx \frac{RC^2}{(2C + C_1)^2} \end{cases}$$

Khi  $C_1 \ll C$ :

$$\begin{cases} L_x \approx \frac{1}{2\omega^2 C} \\ r_x \approx \frac{R}{4} \end{cases}$$

Đặc điểm: có thể dùng đo L ở cao tần tới  $f = 30\text{MHz}$

Ưu điểm: giữa nguồn CC, đồng hồ chỉ thị, trở kháng cần đo có 1 điểm chung nối đất  $\rightarrow$  bọc kim đơn giản hơn, tần đoạn cao hơn

Nhược điểm: giới hạn đo bị hạn chế theo trị số của vật mẫu

173

## Chương 9. Đo các tham số của mạch điện

### 9.3 Phương pháp mạch cộng hưởng

Nguyên lý: dựa trên hiệu ứng cộng hưởng của mạch dao động.

Đặc điểm: độ chính xác cao, sai số: 2-5%

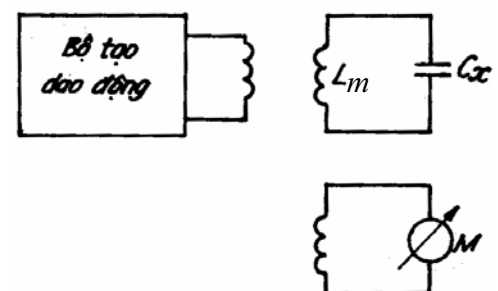
Nguyên nhân sai số:

- + xác định không chính xác vị trí điểm cộng hưởng của mạch điện
- + tần số bộ tạo dao động không ổn định
- + ảnh hưởng của các thông số điện kháng tạp tán trong mạch đo

#### 9.3.1 Đo điện dung (C)

- $L_m, C_x$  tạo thành khung dao động.
- Hồ cảm giữa cuộn cảm  $L_m$  và cuộn cảm thuộc bộ dao động phải rất nhỏ.
- Mạch cộng hưởng ở tần số:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_m C_x}}$$



Hình 9-7

174

## Chương 9. Đo các tham số của mạch điện

$$\Rightarrow C_x = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 L_m}$$

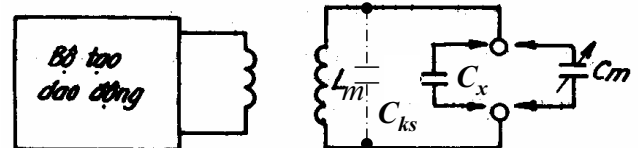
- Sai số phụ thuộc vào:

- + Độ chính xác của việc xác lập điểm cộng hưởng (do thiết bị chỉ thị)
- + độ ổn định của tần số máy phát
- + độ chính xác của điện cảm mẫu ( $L_m$ ), độ lớn của điện dung kí sinh ( $C_{ks}$ )
- Cách loại bỏ  $C_{ks}$ : sử dụng *phương pháp thế*

\*  $C_x < C_{m \max}$ :

Mắc  $C_m$  vào mạch, điều chỉnh tần số của bộ tạo dao động để có cộng hưởng

$$C_{\Sigma} = C_{m1} + C_{ks}$$



Hình 9-8

Giữ nguyên tần số đó, mắc điện dung cần đo  $C_x // C_m$  rồi điều chỉnh  $C_m$  để có cộng hưởng.

$$C_{\Sigma} = C_{m2} + C_x + C_{ks}$$

175

## Chương 9. Đo các tham số của mạch điện

$$\Rightarrow C_x = C_{m1} - C_{m2}$$

không phụ thuộc  $C_{ks}$

\*  $C_x \geq C_{m \max}$ :

Thực hiện phép đo 2 lần ở cùng tần số cộng hưởng và  $L_m$  không đổi.

Lần 1: CM ở vị trí 1; điều chỉnh tần số của bộ tạo dao động để có cộng hưởng

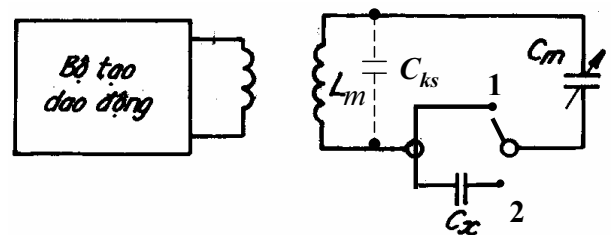
$$C_{\Sigma} = C_{m1} + C_{ks}$$

Lần 2: CM ở vị trí 2; điều chỉnh  $C_m$  để có cộng hưởng ( $f_0$  không đổi)

$$C_{\Sigma} = \frac{C_x C_{m2}}{C_{m2} + C_x} + C_{ks}$$

$$\Rightarrow C_x = \frac{C_{m1} \cdot C_{m2}}{C_{m2} - C_{m1}}$$

không phụ thuộc  $C_{ks}$



Hình 9-9

176

## Chương 9. Đo các tham số của mạch điện

### 9.3.2 Đo điện cảm ( $L$ )

- Tương tự phép đo điện dung, mạch cộng hưởng gồm điện dung mẫu  $C_m$  và điện cảm cần đo ( $L_x$ ).

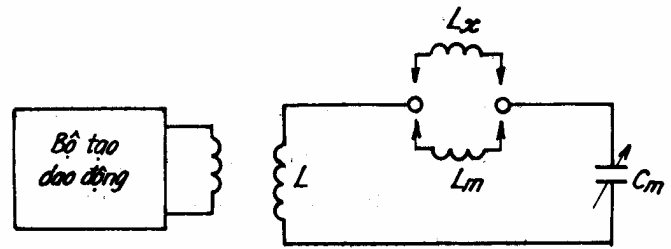
$$L_x = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 C_m}$$

- Cách giảm sai số do sự không ổn định của  $C_m$ : phương pháp thế

Thực hiện 2 lần đo, tần số của bộ tạo dao động được giữ cố định trong cả 2 lần đo

Lần 1: nối  $L_x$  vào mạch, điều chỉnh  $C_m$  để có cộng hưởng ( $C_{m1}$ )

Lần 2: nối  $L_m$  vào vị trí của  $L_x$ , điều chỉnh  $C_m$  để có cộng hưởng ( $C_{m2}$ )



Hình 9-10

177

## Chương 9. Đo các tham số của mạch điện

Nếu  $C_{ks}$  nhỏ hơn  $C_{m1}$ ,  $C_{m2}$  nhiều lần thì:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_x C_{m1}}} = \frac{1}{\sqrt{L_m C_{m2}}}$$

$$\Rightarrow L_x = L_m \frac{C_{m2}}{C_{m1}}$$

Sai số của phép đo:

$$\delta_{L_x} = \delta_{L_m} + \delta_{C_{m2}} - \delta_{C_{m1}}$$

Chọn  $L_m \approx L_x$  thì  $\delta_{C_{m2}} - \delta_{C_{m1}} \approx 0 \rightarrow$  sai số của phép đo điện cảm phụ thuộc chủ yếu vào độ chính xác của  $L_m$

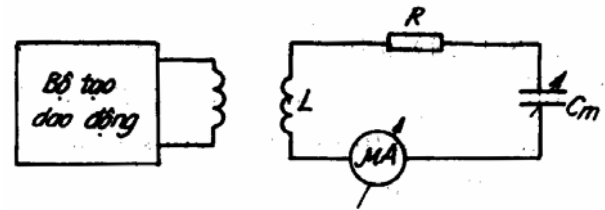
178

## Chương 9. Đo các tham số của mạch điện

### 9.3.3 Đo điện trở (R)

Phương pháp thay đổi điện dung:

$$\frac{I}{I_{ch}} = \sqrt{\frac{R^2}{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$



Hình 9-11

Khi mạch có cộng hưởng:

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$
$$\Rightarrow R = \frac{1}{\omega} \frac{C_1 - C_2}{2C_0^2}$$

$C_0$  : điện dung khi có cộng hưởng

$C_1, C_2$  là trị số điện dung ở hai phía của  $C_0$  ứng với:

$$\frac{I}{I_{ch}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707$$

179

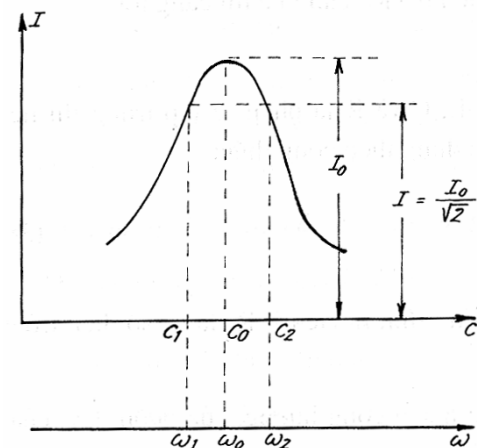
## Chương 9. Đo các tham số của mạch điện

Phương pháp thay đổi tần số:

Điều kiện  $\frac{I}{I_{ch}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707$  còn có thể đạt được bằng cách thay đổi tần số của bộ tạo dao động. Các tần số tương ứng:  $\omega_1, \omega_2, \omega_0$

$$\omega_1 \omega_2 = \omega_0^2$$
$$\Rightarrow R = \frac{1}{C} \frac{\omega_1 - \omega_2}{2\omega_0^2}$$

Sai số: phụ thuộc vào mức độ xác định chính xác hiệu số điện dung (phương pháp thay đổi điện dung), hiệu số tần số (phương pháp thay đổi tần số)



Hình 9-12

180

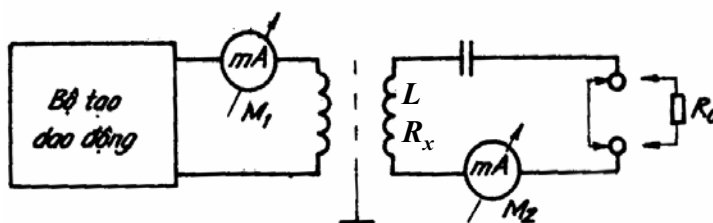


## Chương 9. Đo các tham số của mạch điện

*Phương pháp dùng điện trở mẫu:*

B1: nối tắt điện trở mẫu  $R_0$ , điều chỉnh tần số của bộ dao động cho mạch cộng hưởng.  $I_1$  là dòng điện trong mạch cộng hưởng.

$$e_{c/úng} = I_1(R_x + R_M)$$



Hình 9-13

B2: nối  $R_0$ , điều chỉnh tần số của

bộ dao động cho mạch cộng hưởng.  $I_2$  là dòng điện trong mạch cộng hưởng.

$$e_{c/úng} = I_2(R_x + R_M + R_0)$$

Sức điện động cảm ứng trong cả 2 lần đo là bằng nhau, do đó:

$$I_1(R_x + R_M) = I_2(R_x + R_M + R_0)$$

$$R_x = \frac{I_2 R_0}{I_1 - I_2} - R_M \quad \text{chú ý: chọn đồng hồ đo có } R_M \text{ nhỏ}$$

181

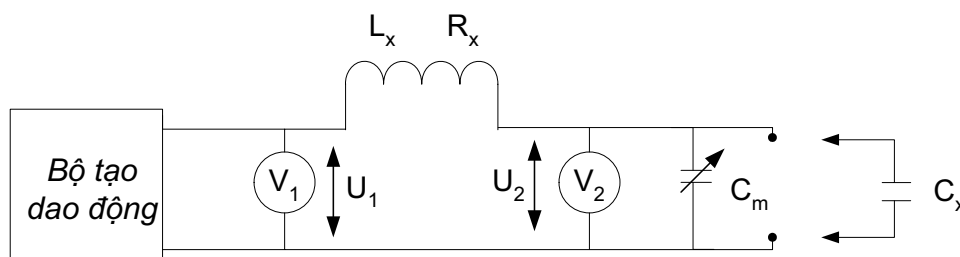
## Chương 9. Đo các tham số của mạch điện

### 9.3.4 Đo hệ số phẩm chất ( $Q$ )

$$Q = \frac{\omega L}{R_L} \quad R_L: \text{trị số điện trở của cuộn dây ở tần số đo}$$

Dùng  $Q$  mét để đo hệ số phẩm chất của mạch cộng hưởng, của cuộn dây, của tụ điện,...

*Sơ đồ khối cấu tạo của  $Q$  mét:*



Hình 9-14

182

## Chương 8. Đo các tham số của mạch điện

- Quá trình đo được tiến hành nhờ thay đổi  $C_m$  (hoặc tần số bộ tạo dao động) để mạch cộng hưởng,

$$C_m = \frac{1}{\omega^2 L_x}$$

- Khi có cộng hưởng vôn mét  $V_2$  chỉ giá trị cực đại:

$$U_2 = \frac{I}{\omega C_m} \quad \text{với} \quad I = \frac{U_1}{R_x}$$

$$\Rightarrow U_2 = \frac{U_1 \omega L_x}{R_x} = U_1 \cdot Q_x$$

$$\Rightarrow Q_x = \frac{U_2}{U_1}$$

- Giữ  $U_1$  cố định  $\rightarrow$  Thang độ của vôn mét điện tử được khắc độ theo trị số  $Q$ .
- Ngoài đo  $Q$ ,  $Q$  mét còn dùng để đo  $R$ ,  $L$ ,  $C$ ,  $\text{tg}\delta$ ,...

183

## Chương 9. Đo các tham số của mạch điện

-VD: thay cuộn cảm mẫu ( $L_m$ ) vào vị trí  $L_x$ ; chuyển tụ xoay mẫu về vị trí giá trị đại  $C_{m1}$ , điều chỉnh tần số để mạch cộng hưởng. Vôn mét  $V_2$  chỉ giá trị  $Q_1$ .

- Mắc  $C_x // C_m$ , giảm giá trị của  $C_m$  để mạch có cộng hưởng ( $C_{m2}$ ). Vôn mét  $V_2$  bây giờ chỉ giá trị  $Q_2$ .

- Tần số bộ tạo dao động được giữ cố định trong cả 2 lần đo, ta có:

$$C_x = C_{m1} - C_{m2}$$

$$Q_x = \frac{Q_1 Q_2}{Q_1 - Q_2}, \quad \text{tg}\delta_x = \frac{1}{Q_x}$$

- Sai số của  $Q$  mét:

- + sai số do tần số của bộ tạo dao động không ổn định
- + sai số của đồng hồ đo dòng điện và Vôn mét điện tử
- + sai số khắc độ của  $C_m$
- + sai số do các điện dung, điện cảm kí sinh của dây nối

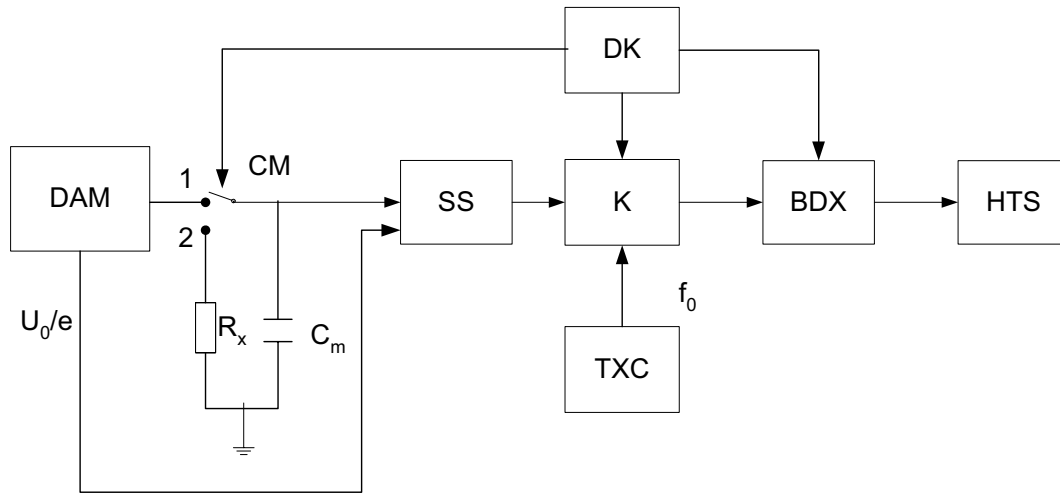
184

## Chương 9. Đo các tham số của mạch điện

### 9.4 Đo tham số mạch dùng phương pháp hiện số

Ưu điểm: dễ đọc, thực hiện đo nhanh và có độ chính xác cao.

Máy đo  $R, C$  loại hiện số: dựa trên nguyên lý biến đổi thời gian - xung



Hình 9-15

185

## Chương 9. Đo các tham số của mạch điện

**Hoạt động:**

- CM ở vị trí 1; tụ  $C_m$  được nạp đến  $U_0$  trước thời điểm khởi động ( $t_1$ )
- Ở thời điểm  $t_1$ , CM ở vị trí 2; đồng thời bộ điều khiển mở khoá K, quá trình đếm xung bắt đầu.  $C_m$  phóng điện qua  $R_x$  và giảm dần theo qui luật hàm mũ:

$$U_p = U_0 e^{-\frac{t_p}{R_x C_m}} = \frac{U_0}{e}$$

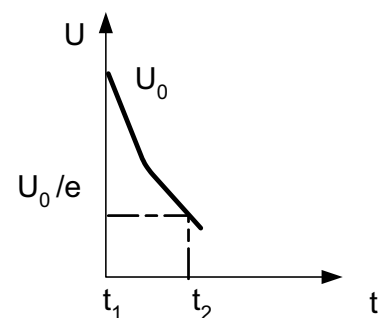
$$\Rightarrow e^{-\frac{t_p}{R_x C_m}} = e^{-1}$$

$$\Rightarrow t_p = R_x C_m = t_2 - t_1$$

$N_x$ : số xung bộ đếm đếm được trong khoảng thời gian  $t_2 - t_1$

$$N_x = \frac{t_2 - t_1}{T_0} = (t_2 - t_1) f_0$$

$$\Rightarrow N_x = R_x C_m f_0$$



Thay  $R_x$  bằng  $R_m$ ,  $C_m$  bằng điện dung cần đo  $C_x$ , ta có máy đo điện dung loại hiện số

186