

Tài liệu tham khảo

- 1. Giáo trình "Cơ sở kỹ thuật đo", PGS. Nguyễn Trọng Quế, Trường Đại học Bách khoa Hà nội, 1996
- 2. Đo lường các đại lượng Vật lý, Chủ biên PGS.TS. Phạm Thượng Hàn, Nhà xuất bản Giáo dục, quyển 1,
- 3. Đo lường các đại lượng và không điện, PGS. Nguyễn Trọng Quế, Trường Đại học Bách khoa Hà nội, 1996.

Mục đích môn học

- Nghiên cứu cơ sở kỹ thuật đo lường và việc đảm bảo cơ sở cho các thí nghiệm.
- Nguyên tắc hoạt động của các phương tiện đo, các phương pháp đo các đại lượng vật lý
- Các phương pháp đánh giá sai số của kết quả đo, các cơ sở tiêu chuẩn hoá và chứng thực.
- Hình thành kinh nghiệm tiến hành thí nghiệm đo, kinh nghiệm làm việc với các phương tiện đo có trình độ đánh giá kết quả đo và sai số phép đo.

Nguyễn Thị Lan Hương

3

Chương 1. Các khái niệm cơ bản của kỹ thuật đo lường

- Đo lường
- Định nghĩa và phân loại phép đo
- Khái niệm về đo lường học và kỹ thuật đo
- Một số đặc trưng của kỹ thuật đo
 - Tín hiệu đo
 - Các điều kiện đo.
 - Đơn vị đo và chuẩn mẫu
 - Phương pháp đo và Phương tiện đo
 - Người quan sát và đánh giá kết quả

Nguyễn Thị Lan Hương

Định nghĩa về Đo lường

- Theo pháp lệnh "ĐO LƯỜNG" của nhà nước CHXHCN Việt nam
 - Chương 1- điều 1: Đo lường là việc xác định giá trị của đại lượng cần đo
 - Chính xác hơn: Đo lường là một quá trình đánh giá định lượng của một đại lượng cần đo để có kết quả bằng số so với đơn vị đo
- Đại lượng đo được:

Với một đại lượng cần đo là X ta có thể tìm được một đại lượng ∆X để cho

 $m.\Delta X > X và (m-1)\Delta X = X$

hay nói cách khác

Ánh xạ được X vào tập số tự nhiên $\{N\}$ với độ đo ΔX

Nguyễn Thị Lan Hương

5

Định nghĩa và phân loại phép đo

- Phép đo là quá trình thực hiện việc đo lường.
- Phân loại
 - Đo trực tiếp: Là cách đo mà kết quả nhận được trực tiếp từ một phép đo duy nhất
 - Đo gián tiếp: Là cách đo mà kết quả được suy ra từ sự phối hợp kết quả của nhiều phép đo dùng cách đo trực tiếp.
 - Đo hợp bộ: Là cách đo gần giống như phép đo gián tiếp nhưng số lượng phép đo theo phép đo trực tiếp nhiều hơn và kết quả đo nhận được thường phải thông qua giải một phương trình hay một hệ phương trình mà các thông số đã biết chính là các số liệu đo được.
 - Đo thống kê: để đảm bảo độ chính xác của phép đo nhiều khi người ta phải sử dụng phép đo thống kê. Tức là phải đo nhiều lần sau đó lấy giá trị trung bình.
- Đo lường học: là ngành khoa học chuyên nghiên cứu về các phương pháp để đo các đại lượng khác nhau, nghiên cứu về mẫu và đơn vị đo.
- Kỹ thuật đo lường: ngành kỹ thuật chuyên nghiên cứu áp dụng các thành tựu của đo lường học vào phục vụ sản xuất và đời sống.

Nguyễn Thị Lan Hương

Ví dụ- Phương trình cơ bản của phép đo

 Phương trình cơ bản của phép đo:

 $A_x = \frac{X}{X}$ \Rightarrow $X = A_x \times X_0$

X: Đại lương cần đo.

 X_0 : Đơn vị đo.

A.: Giá trị bằng số của đại lượng cần đo.

Quá trình so sánh đại lương cần đo với mẫu để cho ra kết quả bằng số



Không, vì không phải đại lượng nào cũng có thể so sánh giá trị của nó với mẫu được.

Nguyễn Thị Lan Hương

Phương trình cơ bản

Có thể đo một đại lượng

vật lý bất kỳ được

- Muốn đo giá trị của một đại lượng vật lý bất kỳ phải chuyển đổi đại lượng này sang một đại lượng vật lý khác có thể so sánh được giá trị của nó với mẫu
- Hai loại chuyển đổi:

Đại lượng điện → điện

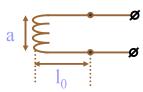
Đại lượng không điện → điện

Công cụ: cảm biến (sensor, chuyển đổi sơ cấp)

Nguyễn Thị Lan Hương

Ví dụ: Đo ứng suất cơ học của một dầm bê tông chụi lực

- Thực hiện: ứng suất cơ học → điện trở của bộ cảm biến lực căng
 → mắc cảm biến vào mạch cầu → đo điện áp lệch cầu → ứng suất
- Công cụ: cảm biến dùng điện trở tenzô



$$1_0 = 8 \div 15 \text{ mm}$$
$$a = 3 \div 10 \text{ mm}$$

 $R = 800 \div 1000 \Omega$

$$\frac{\Delta R}{R} = f\left(\frac{\Delta l}{l}\right)$$

Nguyễn Thị Lan Hương

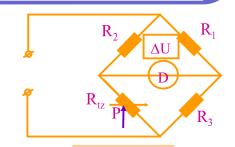
a

Ví dụ (2)

- Khi P chưa tác động, cầu cân bằng
 ⇒ U_{ra} = 0
- Khi có P tác động, R_{tz} thay đổi một lượng $\Delta R \rightarrow U_{ra}$ thay đổi một lượng ΔU . Đo $\Delta U \rightarrow \Delta R \rightarrow \Delta I$

$$\Delta U = \frac{U}{4} \times \frac{\Delta R}{R}$$





$$\frac{R_1}{R_{tz}} = \frac{R_2}{R_3}$$

$$\frac{\Delta R}{R} = f\left(\frac{\Delta l}{l}\right)$$
$$\varepsilon(R) = f(\varepsilon_l)$$

$$\frac{\varepsilon_R}{\varepsilon_I} = 1 + 2K_P + m$$

K_p: Hệ số poisson.

m : Hệ số tỷ lệ.

Đối với kim loại : $K_P = 0.24 \div 4$.

Nếu thể tích V=I.S không thay đổi trong quá trình biến dạng thì $K_p = 0.5$ và bỏ qua m.

Nguyễn Thị Lan Hương

Ví dụ về phép đo hợp bộ

Xác định đặc tính của dây dẫn điện



$$r_t = r_{20} [1 + \alpha (t - 20) + \beta (t-20)^2]$$
 α , β chưa biết.



Đo điện trở ở nhiệt độ 20°C, t₁ và t₂ \Rightarrow Hê 2 phương trình 2 ẩn α và β .

Các phép đo trực tiếp???

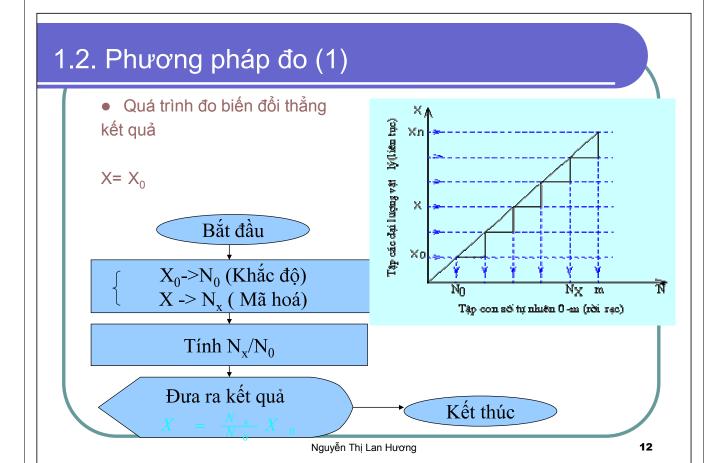


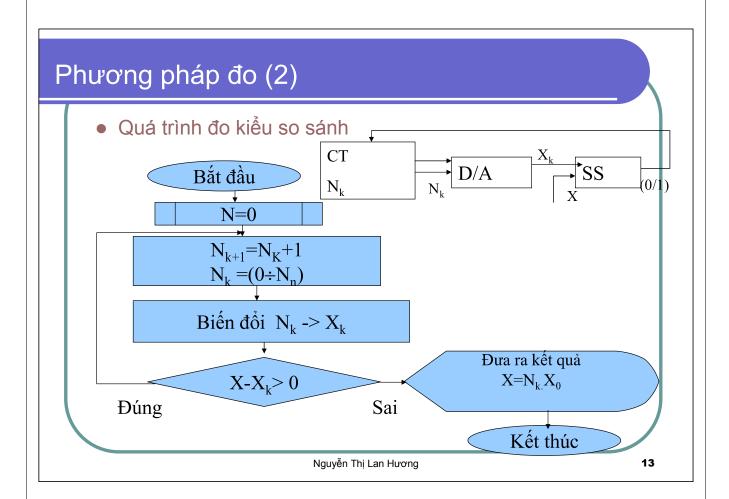
Hệ 2 phương trình 2 ấn
$$\alpha$$
 và β .
$$\begin{cases} r_{t_1} = r_{20} \left[1 + \alpha (t_1 - 20) + \beta (t_1 - 20)^2 \right] \\ r_{t_2} = r_{20} \left[1 + \alpha (t_2 - 20) + \beta (t_2 - 20)^2 \right] \end{cases}$$

$$r_{t_2} = r_{20} [1 + \alpha (t_2 - 20) + \beta (t_2 - 20)^2]$$



Nguyễn Thị Lan Hương





Ví dụ

- Có một vônmét được khắc độ như sau:
 - 150V tương ứng 100 vạch
- Khi đo điện áp Vônmét chỉ 120 vạch, xác định kết quả?

$$N_0 = \frac{100}{150} vach / V$$

So sánh

$$\frac{N_x}{N_0} = 120 : \left(\frac{100}{150}\right)$$

Giá tri

$$X = 120 \frac{150}{1000} = 120.1, 5 = 180V$$

Giá tri

$$C = \frac{1}{N_0} = 1,5 / vach$$

gọi là hằng số của volmét

1.3. Đặc trưng của kỹ thuật đo(1) Tín hiệu đo & Các điều kiên đo

- Tín hiệu đo mang theo thông tin về đối tượng cần nghiên cứu.
- Tín hiệu đo thể hiện ở 2 phần : Phần đại lượng và phần dạng tín hiệu.
 - Phần Đại lượng: thông tin về giá trị của đối tượng đo
 - Phần Dạng tín hiệu: thông tin về sự thay đổi tín hiệu đo
 - Gia công tín hiệu: là nghiên cứu các quy luật biến đổi tín hiệu, xác định các loại tín hiệu, chuyển các tín hiệu bất kỳ về các tín hiệu có quy luật để đánh giá chúng, chuyển đi xa, dùng vào việc điều khiển hoặc phục hồi lại tín hiệu ấy khi cần thiết
 - Xử lý tín hiệu đo lường: tức là áp dụng các nguyên công về đo lường lên các tín hiệu đó, có những đặc điểm riêng là vấn đề biến các tín hiệu đó thành số với một sai số xác định, phản ảnh định lượng đại lượng cần đo
- Các điều kiện đo:Khi tiến hành phép đo tạ phải tính đến ảnh hưởng của môi trường đến kết quả đo và ngược lại, khi sử dụng dụng cụ đo phải không được ảnh hưởng đến đối tượng đo.

Nguyễn Thị Lan Hương

15

Đặc trưng của kỹ thuật đo(2) Đơn vi đo và chuẩn mẫu

- Việc đầu tiên của đo lường học là xác định đơn vị đo và những tổ chức cần thiết để tạo mẫu để đảm bảo cho kết quả đo lường chính xác, tin cậy
- Việc thành lập đơn vị, thống nhất đơn vị đo lường là một quá trình lâu dài, biến động. Việc đảm bảo đơn vị, tổ chức kiểm tra, xác nhận, mang tính chất khoa học, kỹ thuật vừa tổ chức và pháp lệnh
- Việc thống nhất hệ thống quốc tế về đơn vị mang tính chất hiệp thương và quy ước -> Nó có ý nghĩa quan trọng đặc biệt trong việc giao thương hàng hoá -> hệ thống đơn vị IS (International Standard) ra đời (1960) Do tổ chức quốc tế về chuẩn phụ trách ISO(International Standard
 Organisation) gồm 7 đại lượng chính

Nguyễn Thị Lan Hương

Đặc trưng của kỹ thuật đo(3) Phương pháp đo và Phương tiện đo

- Quá trình đo được thực hiện theo những bước nhất định, thực hiện các thao tác đo lường cơ bản.
- Thủ tục phối hợp các thao tác (nguyên công) đo lường là phương pháp đo.
- Phương tiện đo thể hiện kỹ thuật của một phương pháp đo cụ thể. ->Định nghĩa "Phương tiện đo là tập hợp các phần tử, các modul, các dụng cụ, các hệ thống phục vụ cho việc thu thập và xử lý số liệu đo lường"
- Phân loại phương tiện đo lường

Nguyễn Thị Lan Hương

17

Đặc trưng của kỹ thuật đo(4) Người quan sát

- Đó là người đo và gia công kết quả đo. Nhiệm vụ của người quan sát khi đo là phải nắm được phương pháp đo, am hiểu về thiết bị đo mà mình sử dụng; kiểm tra điều kiện đo; phán đoán về khoảng đo để chọn thiết bị phù hợp; chọn dụng cụ đo phù hợp với sai số yêu cầu và phù hợp với điều kiện môi trường xung quanh; biết điều khiển quá trình đo để cho ra kết quả mong muốn; nắm được các phương pháp gia công kết quả đo để tiến hành gia công số liệu thu được sau khi đo. Biết xét đoán kết quả đo xem đã đạt yêu cầu hay chưa, có cần đo lại hay không, hoặc phải đo lại nhiều lần theo phương pháp đo lường thống kê.
- Ngày nay vai trò của người quan sát giảm nhẹ vì hầu hết các phương tiện đều đo tư động

Nguyễn Thị Lan Hương

Đặc trưng của kỹ thuật đo(5) Đánh giá kết quả đo

- Xác định tiêu chuẩn đánh giá một phép.
- Kết quả đo ở một mức độ nào đó có thể coi là chính xác. Một giá trị như vậy
- được gọi là giá trị ước lượng của đại lượng đo. Đó là giá trị được xác định bởi thực nghiệm nhờ các thiết bị đo. Giá trị này gần với giá trị thực mà ở một điều kiện nào đó có thể coi là thực.
- Để đánh giá giữa giá trị ước lượng và giá trị thực, người ta sử dụng khái niệm sai số của phép đo. Sai số của phép đo là hiệu giữa giá trị thực và giá trị ước lượng

 $\Delta X = X_{\text{thực}} - X_{\text{ước lượng}}$

- Có rất nhiều nguyên nhân dẫn đến sai số :
 - Do phương pháp đo không hoàn thiện.
 - Sự biến động của các điều kiện bên ngoài vượt ra ngoài những điều kiện tiêu chuẩn được quy định cho dụng cụ đo mà ta chọn.
 - Do dụng cụ đo không đảm bảo độ chính xác, do cách đọc của người quan sát, do cách đặt dụng cụ đo không đúng quy định v.v...

Nguyễn Thị Lan Hương

19

1.3. Các nguyên công đo lường cơ bản(1)

Quá trình đo là thực hiện các nguyên công đo lường, các nguyên công có thể thực hiện tự động trong thiết bị hoặc do người thực hiện.

- Xác định đơn vị đo, thành lập mẫu, tạo mẫu và truyền mẫu:
 - xác định đơn vị, tạo ra chuẩn mẫu là những đại lượng vật lý có tính bất biến cao và là hiện thân của đơn vi đo lường.
 - lượng tử hoá chuẩn và tổ hợp thành đại lượng chuẩn có thể thay đổi giá trị, tạo thuận lợi cho việc xác định giá trị của đại lượng đo, ta gọi là truyền chuẩn.
- Nguyên công biến đổi: Thực hiện phép biến đổi trên các tín hiệu đo lường, từ đại lượng này sang đại lượng khác, từ dạng này sang dạng thể hiện khác

Nguyễn Thị Lan Hương

Các nguyên công đo lường cơ bản (2)

Nguyên công so sánh:

- so sánh có thể thực hiện trong không gian số bằng một thuật toán chia (phương pháp đo biến đổi trực tiếp)
- trong không gian các đai lương vật lý, thực hiện bằng một phép trư trong bộ so sánh (comparator) $X - X_{\nu} \leq \varepsilon$ (phương pháp đo kiểu so sánh)

Nguyên công giao tiếp.

- Giao tiếp người và máy (HMI) trong ấy việc hiển thị, trao đổi, theo dõi giám sát là một dịch vụ khá lớn trong hệ thống thông tin đo lường điều khiển.
- Giao tiếp với hệ thống (tức với mạng) thể hiện chủ yếu ở dịch vu truyền thông.

Nguyễn Thị Lan Hương

1.4. Thiết bị đo (1)

- Xác định tiêu chuẩn đánh giá một thiết bị đo:
 - Tiêu chuẩn có thể là tiêu chuẩn quốc gia do cơ quan pháp quyền của một Nhà nước quyết định và thành pháp lệnh.
 - Tiêu chuẩn quốc tế là tiêu chuẩn do hội đồng các nhà bác học nghiên cứu, xác định và khuyến cáo để các quốc gia áp dụng.
 - ISO và IEC là những tiêu chuẩn quốc tế được ứng dung rộng rãi trong rất nhiều lĩnh vực sản xuất

Tổ chức kiểm định và xác nhân thiết bị đo:

- Thiết bị đo lường là thiết bị phải đảm bảo các tiêu chuẩn về chất lượng vì vậy định kỳ phải được kiểm định và cấp giấy lưu hành
- Đây là công việc của các trung tâm kiểm chuẩn tức là so sánh thiết bi do với chuẩn và đánh giá lại thiết bị đo.
- Chỉ có những thiết bị đo đã kiềm chuẩn và đã được cấp giấy chứng nhân mới được coi là thiết bi đo hợp pháp, có thể lưu hành.

21

Thiết bị đo (2)

Tổ chức quản lý đảm bảo đo lường

Thiết bị đo là một thiết bị đặc biệt, nó được quản lý theo pháp lệnh Nhà nước. Nhà nước ra những quy định về quản lý thiết bị đo, như đăng ký, chứng nhận đạt tiêu chuẩn hay không đạt tiêu chuẩn, được lưu hành hợp pháp hay không. Phải đảm bảo việc truyền chuẩn có thể xuống đến những nơi cần thiết đảm bảo cho việc nâng cao chất lượng của các sản phẩm công nghiệp với yêu cầu ngày càng cao.

- Các tiêu chuẩn chung nhất của một thiết bị đo
 - Giá tri đo và khoảng đo
 - Sai số và đô chính xác
 - Các tiêu chuẩn khác
 - Ngoài hai tiêu chuẩn về độ nhạy, độ chính xác của thiết bị đo còn phải xét đến đặc tính động, tổn hao của thiết bị và các chỉ tiêu đặc biệt đối với từng thiết bi.
 - Các chỉ tiêu chuan naỳ là những chỉ tiêu phụ nhưng có những lúc trở thành chỉ tiêu quan trọng.

Nguyễn Thị Lan Hương

23

Chương 2. Hệ đơn vị, chuẩn, mẫu, tạo mẫu và chuyển mẫu

- Đơn vị và hệ đơn vị
- Chuẩn và mẫu
- Tạo ra mẫu công tác và mẫu biến đổi
- Tổ chức quốc tế và quốc gia về hệ thống chuẩn.

Nguyễn Thị Lan Hương

2.1.Đơn vị và hệ đơn vị chuẩn(1)

• Hệ đơn vị SI gồm 7 đại lượng chính

Tên đơn vị	Đơn vị	Ký hiệu
Chiều dài	mét	m
Khối lượng	Kilogam	Kg
Thời gian	giây	S
Dòng điện	Ampe	A
Nhiệt độ	độ Kelvin	⁰ K
á nh sáng	Candela	Cd
Định lượng phân tử	Mol	Mol

102 đơn vị dẫn xuất và 72 đại lượng vật lý

Nguyễn Thị Lan Hương

25

Đơn vị và hệ đơn vị (2)

• Bội số và ước số của đơn vị

Hệ số	Tên	Ký hiệu	Hệ số	Tên	Ký hiệu
10 ²⁴	Yotta	Y	10-1	Deci	d
10 ²¹	Zetta	Z	10-2	Centi	с
1018	Exa	Е	10-3	Mili	m
1015	Peta	P	10-6	Micro	μ
1012	Tera	Т	10-9	Nano	n
109	Giga	G	10-12	Pico	p
106	Mega	M	10-15	Femto	f
103	Kilo	K	10-18	Atte	a
102	Hecto	Н	10-21	Zepto	Z
10 ¹	Deca	Da	10-24	Yocto	у

Nguyễn Thị Lan Hương

Định nghĩa 7 đơn vị cơ bản

- a. Chiều dài: đơn vị chiều dài là mét (m). Mét là khoảng chiều dài đi được của ánh sáng truyền trong chân không trong khoảng thời gian là: 1/299.792.458 giây
- **b. Khối lượng:** Đơn vị khối lượng là kilogam (kg). Đó là khối lượng của một khối Bạch kim Iridi (Pt Ir) lưu giữ ở BIPM ở Pháp –Bureau International des Poids et Mesure).
- **c.Thời gian:** Đó là thời gian của 9.192.631.770 chu kỳ của máy phát sóng nguyên tử Sedi 133(Cs-133).
- **d.** Dòng điện: Ampe là cường độ dòng điện tạo ra một lực đẩy là $2x10^{-7}$ N trên đơn vị chiều dài giữa hai dây dẫn dài vô cực đặt cách nhau 1m.

Nguyễn Thị Lan Hương

27

Định nghĩa 7 đơn vị cơ bản (2)

- **e. Nhiệt độ** (nhiệt động):Đó là $\frac{1}{273,16}$ nhiệt độ nhiệt động của điểm ba của nước nguyên chất.
- **f.** Lượng vật chất (mol) Đó là lượng vật chất của số nguyên tử của vật chất ấy, bằng số nguyên tử có trong 0,012 kg cacbon 12 (C_{12}).
- **g.Cường độ sáng hay quang độ:** candela (Cd) là cường độ của một nguồn sáng phát ra ánh sáng đơn sắc ở tần số 540.10^{12} Hz, với công suất $\frac{1}{683}$ Watt trong một Steradian (Sr).
 - h. Hai đơn vị phụ là Radian (Rad) và Steradian.

Radian là góc phẳng có cung bằng bán kính. Sterradian là góc khối nằm trong hinh cầu gới hạn bởi vòng tròn cầu có đường kính bằng đường kính của qua cầu.

Nguyễn Thị Lan Hương

Bảng c	ác đơr	ı vị c	lẫn xı	ıất					
Đại lượng	Đơn vị	Ký	Thứ ngư	yên	Đại lượng	Đơn vị	Ký	Thứ ng	uyên
		hiệu					hiệu		
Tần số	Hertz	Hz	1 s	T ⁺¹	Từ thông	Weber	Wb	V.S	L ² MT ⁻² I ⁻¹
Lực	Newton	N	$Kg\frac{m}{s^2}$	MLT ⁻²	Từ cảm ứng	Tesla	Т	W/m ²	MT ⁻² I ⁻¹
áp suất	Pasca1	Pa	N/m^2	ML ⁻¹ T ⁻²	Điện cảm	Henry	Н	Wb/A	T-2I-2
Năng lượng	Joule	J	Nm	ML ² T ⁻²	Nhiệt độ Celsies	độ	°C	K	θ
Công suất	Watt	W	J/s	ML ² T ⁻³	Quang thông	Lumen	Lm	Cd/Sr	J/Sr ¹
Điện áp	Volt	V	W/A	ML ² T ⁻³ I ⁻¹	Độ đọi	Lux	Lx	1/m ²	L-2JSr-1
Điện tích	Coulomb	С	A/s	T-1I	Cường độ phóng xạ	Becquerel	Bq	1/s	T-1
Điện đung	Farad	F	C/V	L ⁻² M ⁻¹ T ⁴ I ²	Liểu lượng tuyệt đối	Gray	Gy	J/kg	L^2T^{-2}
Điện trở	Ohm	Ω	V/A	L ² MT ⁻³ T ⁻³ I ⁻²	Liếu lượng tương đương	Sievert	Sv	m ² /s ²	L ² T ⁻²
Điện dẫn	Siemens	S	/V	L-2M-1T3I2					

Đơn vị	Quy đổi ra SI	Đơn vị	Quy doi ra Si
Inch	2,54. 10 ⁻² m	Fynt	4,536 . 10 ⁻¹ kg
Foot (phút)	3,048. 10 ⁻¹ m	Tonne	1,0161. 10 ³ kg
Yard (Yat)	9,144 . 10 ⁻¹ m	Fynt/foot ²	4,882kg/m ²
Mille (dặm)	1,609km0	Fynt/foot ³	1,6018510 kg/m ³
Mille (hải lý)	1,852km	Bari	1.10 ⁶ N/m ²
"Inch vuông	6,4516.10 ⁻⁴ m ²	Torr	1,332. 10 ² N/m ²
Foot vuong	9,290.10 ⁻² m- ²	Kilogam lực	9,8066N
Inch khối	1,6384. 10 ⁻⁵ m ³	Calo	4,1868J
Foot khối	2,832 . 10 ⁻² m ³	Mã lực	7,457.10 ² W
Galon (Mỹ)	3,785. 10 ⁻³ m ³	Kilowatt giò	3,60 . 10 ⁶ J
Galon (Anh)	4,5 10 ⁻³ m ³	Thermie	1,0551 . 10 ³ J
		Electron volt (ev)	1,602 . 10 ² J
		Gauss	1.10 ⁻⁴ T

2.2.Chuẩn và mẫu

- Để thống nhất được đơn vị thì người ta phải tạo được mẫu của đơn vị ấy, phải truyền được các mẫu ấy cho các thiết bị đo
- Để thống nhất quản lý đo lường, đảm bảo đo lường cho công nghiệp, thương mại, và đời sống, mỗi quốc gia đều tổ chức hệ thống mẫu chuẩn và truyền chuẩn của quốc gia đó.
 - Các hằng số vật lý dùng để làm chuẩn
 - Chuẩn mẫu mét
 - Chuẩn mẫu về khối lượng
 - Chuẩn mẫu về thời gian và tần số.
 - Chuẩn mẫu về các đại lượng điện.

Nguyễn Thị Lan Hương

31

Định nghĩa - chuẩn

- Theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) 6165 -1996 chuẩn đo lường (measurement standard) hay vắn tắt là chuẩn, được định nghĩa như sau: "Chuẩn là Vật đo, phương tiện đo, mẫu chuẩn hoặc hệ thống đo để định nghĩa, thể hiện, duy trì hoặc tái tạo đơn vị hoặc một hay nhiều giá trị của đại lượng để dùng làm mốc so sánh"
- Phân loại
 - Chuẩn đầu (Primary standard)
 - Chuẩn thứ (Secondary standard):
 - Chuẩn bậc I:
 - Chuẩn bậc II:

Theo cùng một đại lượng

Nguyễn Thị Lan Hương

Phân loại (2)

- Chuẩn đầu (Primary standard): Là chuẩn được chỉ định hay thừa nhận rộng rãi là có chất lượng về mặt đo lường cao nhất và các giá trị của nó được chấp nhận không dựa vào các chuẩn khác của cùng đại lượng.
- Chuẩn thứ (Secondary standard): Là chuẩn mà giá trị của nó được ấn định bằng cách so sánh với chuẩn đầu của cùng đại lượng.
- Chuẩn bậc I: là chuẩn mà giá trị của nó được ấn định bằng cách so sánh với chuẩn thứ của cùng đại lượng.
- Chuẩn bậc I: là chuẩn mà giá trị của nó được ấn định bằng cách so sánh với chuẩn thứ của cùng đại lượng.

Nguyễn Thị Lan Hương

33

Phân loại (3)

- Trên phạm vi quốc tế
 - Chuẩn quốc tế (International standard):
 Là chuẩn được một hiệp định quốc tế công nhận để làm cơ sở ấn định giá trị
 - cho các chuẩn khác của đại lượng có liên quan trên phạm vi quốc tế.
 - Chuẩn quốc gia (National Standard):
 - Là chuẩn được một quyết định có tính chất quốc gia công nhận để làm cơ sở ấn định giá trị cho các chuẩn khác có liên quan trong một nước.
 - Chuẩn chính (Reference standard):
 - Là chuẩn thường có chất lượng cao nhất về mặt đo lường có thể có ở một địa phương hoặc một tổ chức xác định mà các phép đo ở đó đều được dẫn xuất từ chuẩn này.
 - Chuẩn công tác (Working standard):
 Là chuẩn được dùng thường xuyên để hiệu chuẩn hoặc kiểm tra vật đo, phương tiên đo hoặc mẫu chuẩn.
 - Chuẩn so sánh (Transfer standard):
 Là chuẩn được sử dụng như là một phương tiện để so sánh các chuẩn.

Nguyễn Thị Lan Hương

Một số hằng số vật lý dùng làm chuẩn

Đại lượng	Ký hiệu	Giá trị (với độ không chắc chắn 1σ)	ứng dụng
Tốc độ ánh sáng trong chân không	С	299.792.458 m/s(chính xác)	Thời gian, tần số chiều dài
Điện tích electron	С	1,60217733 . 10 ⁻ (0,3ppm)	Điện áp, dòng điện
Hằng số "Jozepson"	K _{j-90}	483.587,96 Hz/v (0,4 ppm)	Điện áp
Hằng số Von klitzing	R _{J-90}	25,812807 KΩ (0,2 ppm)	Điện trở
Hệ số dẫn từ trong chân không	μ_0	4π.10 ⁻⁷ N/A ² (chính xác)	Điện dung

Nguyễn Thị Lan Hương

35

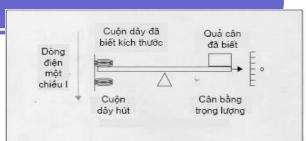
Một số chuẩn mẫu về các đại lượng điện

- Chuẩn dòng điện
- Chuẩn điện áp
- Chuẩn điện trở
- Chuẩn điện dung
- Chuẩn tần số

Một số đơn vị ngoài đơn vị hợp pháp mà vẫn sử dụng

\			Gauss	1.10 ⁻⁴ T
			Electron volt (ev)	1,602 . 10 ² J
	Galon (Anh)	4,5 10 ⁻³ m ³	Thermie	1,0551 . 10 ³ J
	Galon (Mỹ)	3,785. 10 ⁻³ m ³	Kilowatt giò	3,60 . 10 ⁶ J
	Foot khối	2,832 . 10 ⁻² m ³	Mã lực	7,457.10 ² W
	Inch khối	1,6384. 10 ⁻⁵ m ³	Calo	4,1868J
	Foot vuong	9,290.10 ⁻² m- ²	Kilogam lực	9,8066N
	"Inch vuông	6,4516.10 ⁻⁴ m ²	Torr	1,332. 10 ² N/m ²
	Mille (hải lý)	1,852km	Bari	1.10 ⁶ N/m ²
	Mille (dặm)	1,609km0	Fynt/foot ³	1,6018510 kg/m ³
	Yard (Yat)	9,144 . 10 ⁻¹ m	Fynt/foot ²	4,882kg/m ²
	Foot (phút)	3,048. 10 ⁻¹ m	Tonne	1,0161. 10 ³ kg
	Inch	2,54. 10 ⁻² m	Fynt	4,536 . 10 ⁻¹ kg
	Đơn vị	Quy đổi ra SI	Đơn vị	Quy đổi ra SI

a.Chuẩn dòng điện



- Chuẩn bằng cân AgNO₃ điện phân
- Năm 1960 chuẩn được thực hiện thông qua cân dòng điện tức là đo lực đẩy điện từ giữa hai dây dẫn dài vô cực thông qua cân có độ chính xác cao (đạt đến 4.10⁻⁶ A).
- Gần đây thì người ta có đề xuất việc xác định dòng điện thông qua từ trường
- Xác định dòng điện chuẩn rất phức tạp vì vậy trong thực
 tế người ta sử dụng chuẩn về điện áp.

Phát điện áp một chiều chuẩn

Pin mẫu Weston

Sực điện động Pin mẫu ở 20°C cho bởi Công thức:

E₂₀= 1.018636-0.6.10⁻⁴ N-5.0.10⁻⁵N

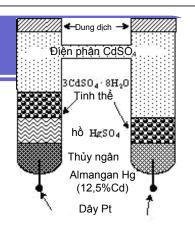
N=0.04-0.08

Sức điện động của Pin mẫu lại thay đổi theo nhiệt độ theo Công thức:

$$E_t = E_{20} - 4.610^{-5}(t-20) - 9.510^{-4}(t-20)^2 + 1.0 \cdot 10^{-5}(t-20)^3 + ...$$

Trôi sức tự động hằng năm là 1μV/năm (microVolt)

Mẫu địên áp Quốc gia được lấy là giá trị trung bình của 20 (hoặc 10) pin mẫu bão hoà này.





Nguyễn Thị Lan Hương

39

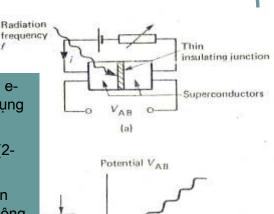
Phần tử Jozepson (1)

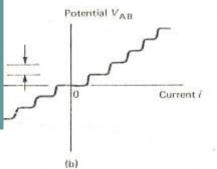
$$V = n \frac{h}{2e} f$$

n- Số cấp chuyển tiếp Siêu dẫn; h- Hằng số Plank, e-Điện tích Electron; f tần số sóng điện từ cực ngắn dụng lên lớp chuyển tiếp siêu dẫn chì-oxit chì tinh khiết.

Lớp chuyển tiếp để trong bình cách nhiệt nhiệt độ (2-4)K. Tần số sóng điện từ cực ngắn là 9 GHz.

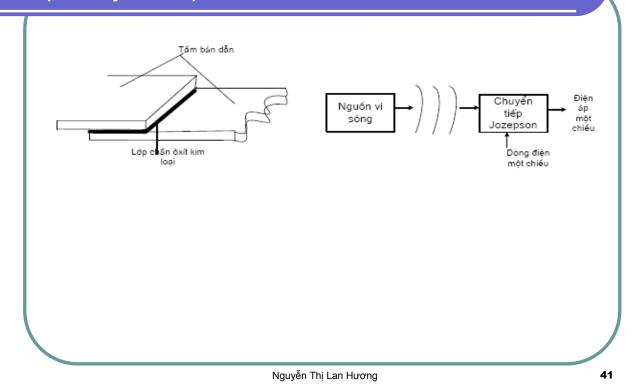
Điện áp trên một lớp chuyển tiếp (4-5) mV có tính ổn định rất cao: được truyền để so sánh với pin mẫu thông qua một phân áp chính xác (3.10-8) và tổng hợp có thể thiết lập điện áp vào khoảng 1V (để so với Pin mẫu) hệ số không ổn định thấp hơn 5.10-8V.





Nguyễn Thị Lan Hương

Lớp chuyển tiếp



Phát tần số chuẩn

Nguyên lý của máy phát thời gian hay tần số chuẩn đều dựa trên công thức:

$$h\nu = E_2 - E_1$$

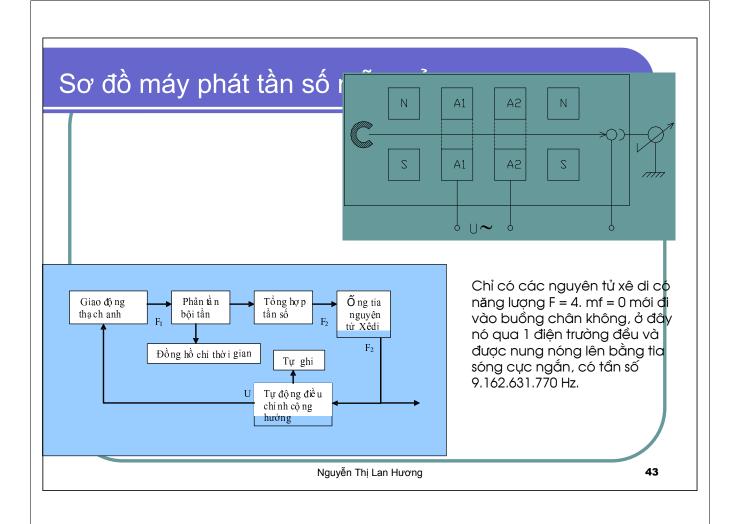
h- hằng số Plank;v - là tần số; E_1 và E_2 là hai mức năng lượng trong khi chuyển mức.

Hiện nay dùng 3 loại mẫu nguyên tử về thời gian: Xedi, Hitro, Rubidi

Bảng tóm tắt các đặc tính của các mẫu thời gian hay sử dụng

Đặc tính	Xedi	Hitro	Rubidi	Thạch anh
Tính lặp lại	± 3.10 ⁻¹²	± 2.10 ⁻¹²		
ổn định(trung binh trong 1 sec)	5.10-12	5.10-13	5.10-12	5.10-12
Trôi	Rất nhỏ	Rất nhỏ	±1.10 ⁻¹³	± 5.10 ⁻¹⁰
Tần số cộng hưởng	9.192.631.770	1420405.751	6.834.0	582.608
Trọng lượng máy (khoang)	30kg	400	15	10
Nhiệt độ làm việc	-20 ÷ +60°C	$0 \div 50^{0} \text{ C}$	$0 \div 50^{0} \mathrm{C}$	$0 \div 50^{0} \text{ C}$
Số lần cộng hưởng nguyên tử trong một giây	106	1012	1012	
Nhiệt độ cộng hưởng	360°K	300°K	330°K	

Nguyễn Thị Lan Hương



Ví dụ: Một số đài phát tần số trên thế giới

		T *>:	VI/	171-17	T/ 14	T-3	G-1 - s'	C(-11-f)
		Tên đài	Vị trí	Kinh vĩ	Tổ chức	Tần số	Sai số	Cách phát
				tuyến		KHz	10-10	
		CHV	Otawa	45°18' Bắc	Uỷ ban nghiên cứu	3330	0,05	Liên tục
			Canada	75°45' Tây	quốc gia	14.670		
		DCF 77	Menfligen	50°+01'B	Viện vật lý kỹ	77,5	0,1	Liên tục (trừ từ 4-8
			Tây Đức		thuật liên bang			giờ thứ 3 và thứ 2
								hàng tuần)
		FFH	Sévan Pháp	48°32′ B	Trung tâm thông	2500	0,2	Liên tục 8 giờ - 16 giờ
				02°27' Đ	tin quốc gia			(trừ thứ 7, chủ nhật
		GBR	Rebis	52°22' B	Phòng thí nghiệm	16	0,2	2 giờ 55-3 giờ,
			Anh	01°11' T	quốc gia về vật lý			8giờ, 55-9 giờ,
								14,55-15 giờ,
								20,55 - 21 giờ
		IAM	Rim	41°52"B	Viện cao cấp B ưu	5000	0,5	Mỗi một 15 phút từ
			Ý	12⁰27 Đ	điện và thông tin			7,30 - 8,30h hàng
								ngày (trừ chủ nhật).
1	\	JJY	Tokio Nhật	35°42' B	Bộ Bưu điện và	2500	0,5	Liên tục (ngắt quãng
				139º31 Đ	thông tin	5000		từ 25 đến 34 phút
						10.000		hàng giờ)
						15.000		
			<u> </u>		<u> </u>			

Chuẩn điện trở

Từ lâu, điện trở mẫu là một bộ gồm 10 cuộn dây manganin có điện trở định mức 1Ω để trong hộp kín 2 lớp đổ đầy không khí nén, có giá trị $1,0000002\Omega$ với phương sưai $\sigma = 1.10^{-7}$.

Truyền điện trở mẫu cho các điện trở khác bằng cầu 1 chiều.

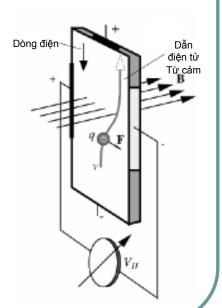
Từ năm 1990, điện trở mẫu được xác định thông qua hiệu ứng Hall lượng tử từ (QHE), nhò có hằng số vật 1ý von Klitzing. Hằng số von Klitzing được xác định $R_{k-90}=25,81280\Omega$ với sai số $0,2.10^{-6}$. Phần tử cơ bản của một QHE là một planar MOSFET mỏng để trong một môi trường nhiệt độ thấp. 1-2K (- $271^{0}C$). Từ trường được đặt vuông góc với lá mỏng bán dẫn có cường độ từ cảm một vài Tesla.

Nguyễn Thị Lan Hương

45

Hiệu ứng Hall

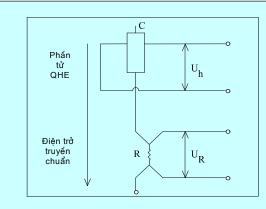
 Điện áp cảm ứng Hall tỉ lệ với cường độ từ cảm B và dòng điện đi qua tấm QHE



Nguyễn Thị Lan Hương

Chuẩn điện trở

$$U_{h} = R_{k-90} I/i$$



$$R_{h} = \frac{U_{h}}{I} = R_{k-90} / i$$

 U_h : điện áp Hall, R_h = Điện trở Hall lượng tử. I dòng điện chạy trong màng bán dẫn MOSFET. i con số nguyên chỉ số đo Hall trong màng bán dẫn lúc xác định R_h . R_{k-90} : hằng số von Klitzing.

Nguyễn Thị Lan Hương

47

Ví dụ

Bảng 3.13 Điện trở mẫu của Fluke.

Loại mẫu	Đầu ra	Bộ không	Quan hệ với	Ứng dụng
		ổn định		
QHE	h	0,2 ppm (±	Theo định nghĩa SI về	Mẫu đầu sử dụng ở phòng TN,
quantum	ie ²	1σ)	Ω	bảo quản trong H lòng
Hall efect	10			
Thomas 1Ω	1Ω	0,05 ppm	2 hệ với mẫu cấp trên	Mãu đầu phòng thí nghiệm,
				bảo quản trong đầu.
ESI SR 104	10kΩ	0,15ppm	2 hệ với mẫu cấp trên	Mẫu đầu phòng thí nghiệm
$10k\Omega$				bảo quản trong không khí
				nhưng có hiệu chỉnh nhiệt độ
Fluke 742A	1Ω - 19ΜΩ	2,5ppm/6	Quan hệ với mẫu cấp	Mẫu cấp 2 dùng ở phòng thí
	11 giá trị cụ thể	tháng	trên	nghiệm và hiện trường
Calibrator	1Ω đến 100MΩ	6ppm/90	Quan hệ với mẫu quốc	Mẫu công tác nhiệt độ bảo
điện trở 5450	17 giá trị cụ thể	ngày	gia	quản 18-28°C
Fluke 5700	1Ω đến 100MΩ	11ppm/90	2 hệ với chuẩn quốc	Mẫu công tác làm việc ở nhiệt
	17 giá trị	ngày	gia	độ 18 - 28°C
Fluke 5100	1Ω đến $100 { m M}\Omega$	10ppm/6	Quan hệ với chuẩn	Mẫu làm việc
	8 decat	tháng	quốc gia	
Các hộp điện	6 decat	100ppm		Họp điện trở
trở	$0,1\text{-}1\mathrm{M}\Omega$			
1	I	I	1	

Chuẩn điện dung

Chuẩn điện dung được thực hiện bằng tụ điện tính theo lý thuyết Thompson - Lambard. Tụ gồm 4 thanh thép đường kính 50mm dài 500mm có trục song song và nằm trên đỉnh hinh vuông, giữa chúng có 1 thanh màn chấn tĩnh điện đặt ở ngay tâm của h×nh vuông: Sự thay đổi điện dung của tụ điện (của từng cặp điện cực) thay đổi theo khoảng di chuyển của thanh màn chấn.

$$\Delta C = \frac{1}{2\pi} \ln 2\Delta L = \frac{1}{2\pi\mu_0 C^2} \ln 2\Delta L$$

 μ_0 : từ dẫn của không k hí, C = tốc độ ánh sáng.

 ΔL đo bằng phương pháp giao thoa với $\Delta L = 100$ mm sai số 10^{-7} . $\Delta C = 0,4002443$ pF, sai số không quá 5.10^{-7} .

Điện dung mẫu được truyền sang các điện dung khác bằng cầu xoay chiều.

Từ các mẫu này ta có thể suy ra các đại lượng điện khác thông qua các hộp điện trở và hộp điện dung chính xác cao.

Nguyễn Thị Lan Hương

49

2.3. Tạo ra mẫu công tác và mẫu biến đổi

Sau khi tạo mẫu quốc gia, phải tổ chức mạng lưới quốc tế và quốc gia để truyền chuẩn đến những phòng thí nghiệm tiêu chuẩn khu vực. Những chuẩn này phải đạt độ chính xác yêu cầu: cách bố trí, quy luật biến đổi phù hợp với tín hiệu kiểm tra và thiết bị so sánh.

Nguyễn Thị Lan Hương

Tạo ra mẫu công tác và mẫu biến đổi (2)

- Các vấn đề tạo mẫu công tác (mẫu biến đổi):
 - Lượng tử hoá chuẩn mẫu:
 - Sau khi đã xác định đơn vị, cần có cách phân chia mẫu thành những bội số và ước số của đơn vị.
 - Đơn vị nhỏ nhất của chuẩn mẫu gọi là lượng tử.
 - Sai số lượng tử

 $\beta = \frac{q_K}{T} = \frac{1}{T}$

Tổ hợp các lượng tử của mẫu thành mẫu biến đổi

Các lượng tử của mẫu được tổ hợp với nhau thành những đại lượng mẫu biến thiên. Tổ hợp các quy tắc gọi và biểu diễn các con số có giá trị xác định gọi là hệ thống đếm.

Thuật toán biến đổi trong quá trình ra mẫu

Trong quá trình so sánh với đại lượng cần đo, mẫu cần phải thay đổi được giá trị của nó. Thay đổi theo một chiến lược như thế nào để tối ưu theo một mục tiêu nhất định, đó là thuật toán biến đổi mẫu.

Nguyễn Thị Lan Hương

51

2.3. Liên kết chuẩn

- Tổ chức chuẩn thế giới
- Tổ chức đảm bảo đo lường của Việt nam

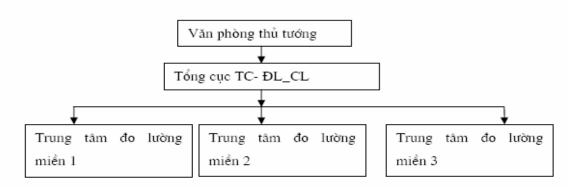
Theo sơ đồ tổ chức quốc tế về công ước mét ở Việt nam có Tổng cục tiêu chuẩn đo lường chất lượng trực thuộc hội đồng bộ trưởng chịu trách nhiệm về việc xây dựng các tiêu chuẩn, quản lý các phương tiện đo lường để đảm bảo chất lượng các sản phẩm sản xuất tại Việt nam.

Về việc đảm bảo đo lường, trực thuộc Tổng cục TC-ĐL-CL có các trung tâm đo lường

- Trung tâm đo lường nhà nước
- Trung tâm đo lường 1, trung tâm đo lường 2...
- Các phòng thí nghiệm chuẩn chuyển ngành Vilas

Nguyễn Thị Lan Hương

Cấu trúc đảm bảo đo lường Việt nam



Hình 3.20. Cấu trúc hệ thống đảm bảo đo lường ở Việt nam

Trang Web: www.tcvn.gov.vn

Nguyễn Thị Lan Hương

53

Trung tâm đo lường Việt nam

- Xây dựng chuẩn, bảo hành, truyền chuẩn, hiệu chuẩn: Ta xây dựng và ban hành chuẩn quốc gia, theo đúng quy định và quy tắc quốc tế, thường xuyên thông tin trao đổi với các chuẩn quốc tế khác, đảm bảo sao cho chuẩn đầu của Việt nam nằm trong danh sách các chuẩn có uy tín.
- Đại diện cho phía Việt nam giải quyết các tranh chấp về chất lượng kết quả đo, phương tiện đo khi có tranh chấp.

Trang Web: www.vmi.gov.vn

Nguyễn Thị Lan Hương

Tổ chức quốc tế về chuẩn ISO31-1992

- ISO 31-0: Nguyên tắc chung
- ISO 31-1: Không gian và thời gian
- ISO 31-2: Hiện tương tuần hoàn và các phần liên quan
- ISO 31-3: Co
- ISO 31-4: Nhiêt
- ISO 31-5: Địên và từ
- ISO 31-6: Ánh sáng và bức xạ địên có liên quan
- ISO 31-7:Âm
- ISO 31-8: Hoá học và vật lý phân tử
- ISO 31-9: Vật lý nguyên tử và hạt nhân
- ISO 31-10: Phản ứng hạt nhân và bức xạ ion hoá
- ISO 31-11: Dấu hiệu và ký hiệu toán học dùng trong khoa học vật lý và công nghệ
- ISO 31-12: Số đặc trưng
- ISO 31-13: Vật lý trạng thái rắn

Nguyễn Thị Lan Hương

55

Tổ chức quốc tế về chuẩn Châu âu FUROMET





Nguyễn Thị Lan Hương

Tổ chức quốc tế về chuẩn Châu âu FUROMET (2)

Organisation make-up

- EUROMET Committee (EC): Takes decisions and consists of one delegate per Signatory
- EUROMET Executive Committee (EEC): Prepares EUROMET actions and consists
 of eight members elected by the EUROMET Committee
- Contact Person: One per country, per subject field
- Technical Committee Chairperson (TCC): Coordinate EUROMET projects, per subject field.

Members

Austria, Belgium, Czech Republic, Commission of European Communities, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, The Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Slovak Republic, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, United Kingdom.

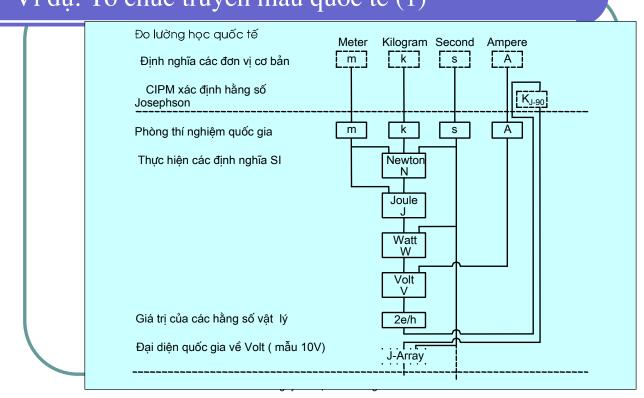
Publications

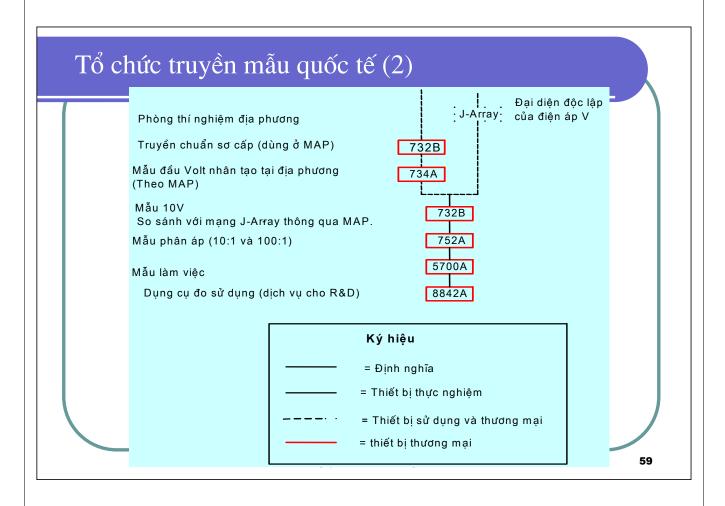
- EUROMET DIRECTORY 2002
- Guide 1: EUROMET's Policy on the Application of Quality System in National Metrology Institutes
- Guide 2: EUROMET and its International Relations
- Guide 3: EUROMET Guidelines on Conducting Comparisons
- Guide 5: EUROMET Co-operation in Research
- Guide 6: EUROMET Traceability
- Guide 7: EUROMET Consultation on Facilities
- Guide 8: Review Criteria and Procedures for EUROMET CMCs
- Guide 9: EUROMET Review Procedures for other RMOs' CMCs.

Nguyễn Thị Lan Hương

57

Ví dụ: Tổ chức truyền mẫu quốc tế (1)



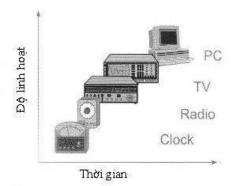


Chương 3. Thiết bị đo và đánh giá thiết bị đo

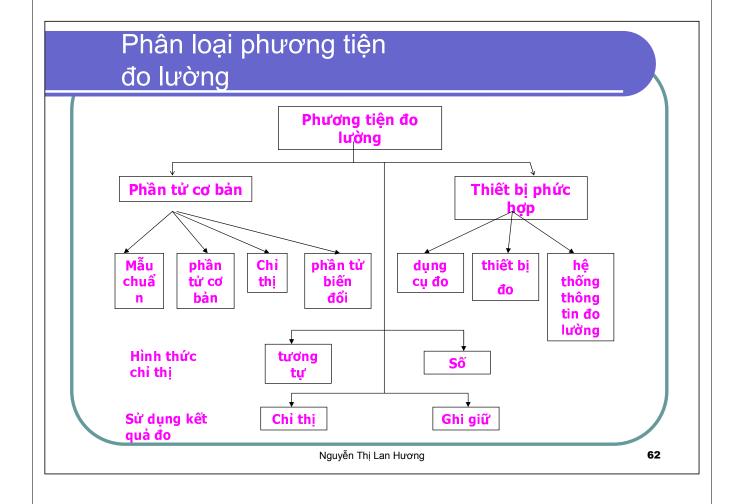
- Phân loại phương tiện đo lường
- Đặc tính kỹ thuật của thiết bị đo
- Mở rộng khoảng đo
- Nâng cao đặc tính kỹ thuật của thiết bị đo
- Kiểm định phương tiện đo lường
- Xây dựng một thiết bị đo

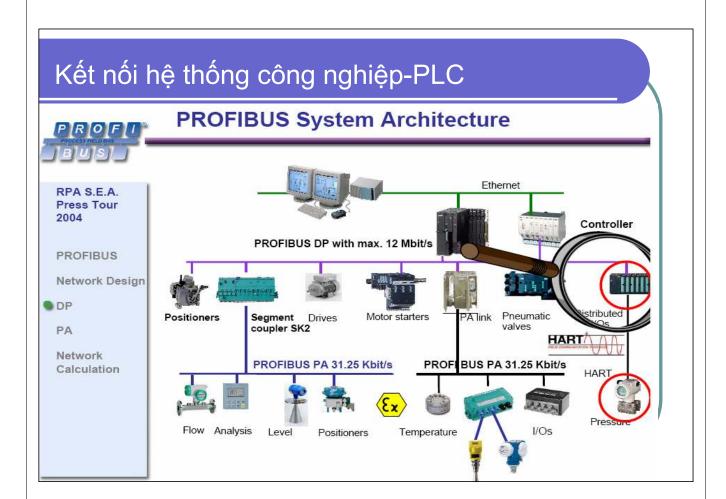
Tình hình phát triển của thiết bị đo và hệ thống đo

- Số hoá
- Thông minh hoá
 - áp dụng cho phương pháp đo hiện đại
 - Tự động xử lý thao tác đo
 - Tự động xử lý kết quả đo
 - Thông tin với hệ thống



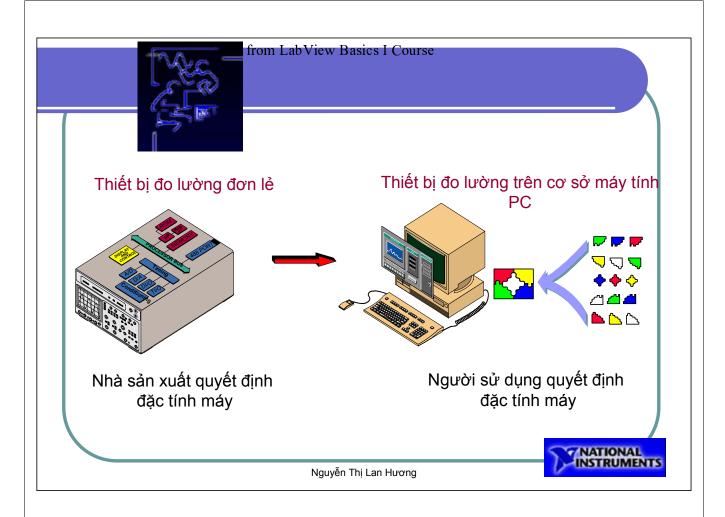
Nguyễn Thị Lan Hương

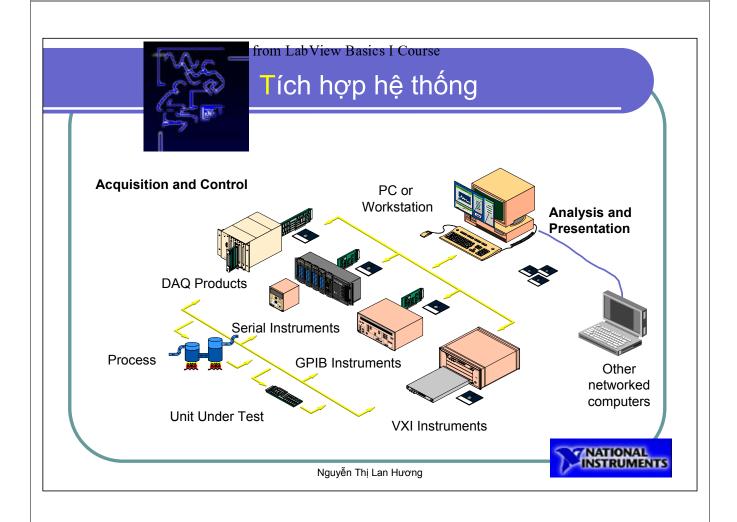


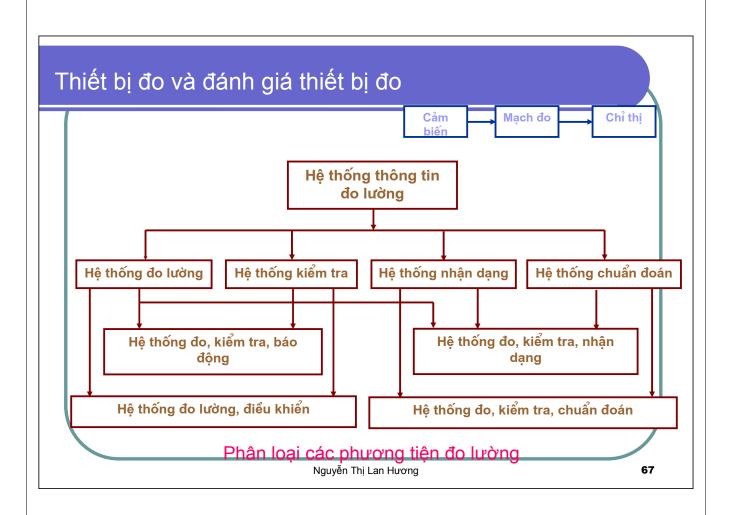


Phân loại thiết bị đo lường (2)

- Dụng cụ đo lường điện: Gia công các thông tin đo lường, tức là các tín hiệu điện có quan hệ hàm với các đại lượng vật lý cần đo.
 - Các dụng cụ đơn lẻ thực hiện các phép đo trực tiếp
 - Dụng cụ đo tương tự: Giá trị của kết quả đo thu được được biểu diễn bằng một hàm liên tục theo thời gian (gồm các loại dụng cụ đo kim chỉ và dụng cụ tự ghi)
 - Dụng cụ đo số : Kết quả đo được thể hiện bằng số
- Thiết bị đo: bao trùm lên tất cả dụng cụ đo tương tự và dụng cụ đo số, có thể phân loại theo phương pháp đo gồm 2 loại thiết bị đo:
 - Thiết bị đo biến đổi thẳng.
 - Thiết bị đo kiểu so sánh hay bù.
- Ngoài ra, có thể phân loại dụng cụ đo theo đại lượng đo như: Ampemet, Volmet, Hecmet (đo tần số), áp kế (đo áp suất), tốc độ kế (đo tốc độ), lưu tốc kế (đo lưu tốc) v.v...







Thiết bị đo và đánh giá thiết bị đo

- Hệ thống đo lường:
- Hệ thống kiểm tra tự động:
- Hệ thống chuẩn đoán kỹ thuật :
- Hệ thống nhận dạng:
- Tổ hợp đo lường tính toán :

Phân loại thiết bị đo

- Nằm trong hệ thống:
 - Transmitter và transducer:
 - Đo điện
 - Đo nhiệt độ và áp suất
 - Phân tích nồng độ vật chất
- Thiết bị rời:Phân theo nhóm thiết bị cơ bản để xây dựng hệ
 - Multimét:
 - Máy đếm vạn năng: (tần số kế)
 - Máy hiện sóng, Monitor cùng các thiết bị tự ghi
 - Thiết bị dùng μP(vi xử lý Micro Processor):
 - Thiết bị thu thập số liệu
 - intelligent transmitter
 - Analyser

Nguyễn Thị Lan Hương

69

2.2. Thông số kỹ thuật của thiết bị

- Độ nhạy
- Khoảng đo, ngưỡng nhay và khả năng phân ly
- Sai số hay độ chính xác
- Cấp chính xác
- Tính tuyến tính của thiết bị
- Đặc tính đông
- Một số thông số khác như: công suất tiêu thụ, kích thước, trọng lượng của thiết bị

Nguyễn Thị Lan Hương

A. Mô hình thiết bị đo

a. Phương trinh cơ bản của thiết bị đo

y=f(x,a,b,c..)

- x- đại lượng vào
- y- đại lương ra

Trong đó:

- x: đại lượng hằng nếu thiết bị đo là thiết bị đo tĩnh.
- x(t): biến thiên theo thời gian nếu thiết bị đo là thiết bị đo động
- x: đại lượng ngẫu nhiên nếu thiết bị đo là thiết bị đo đại lượng thống kê.
- x: vector nhiều thành phần nếu thiết bị đo là một hệ đo gián tiếp hay hợp bộ
- a, b,c: các yếu tố anh hưởng hay là nhiễu tác dụng lên thiết bị đo.

Nguyễn Thị Lan Hương

71

B. Độ nhạy

Phương trinh cơ bản

Y= F(X,a,b,c...)

$$S = \frac{\Delta f}{\Delta X}$$

 $\partial F/\partial X$ - Độ nhạy với X hay

∂F/∂a - Độ nhạy của yếu tố anh hưởng a hay nhiễu

Nếu không xét tới nhiễu đầu vào

Khi K=(S)=const -> X,Y là tuyến tính.

K=f(X) -> X, Y là không tuyến tính -> sai số phi tuyến.

Sai số về độ nhạy:

$$\gamma_S = \frac{dS}{S}$$

Sai số nhân tính

Nguyễn Thị Lan Hương



- Cân trọng lượng có độ nhạy cầu 1,5 mV/V
- Khi cung cấp cho cầu 1V → Đường chéo cầu là 1,5mV.

X là đại lượng nào??

Y là đại lượng nào ??



X là điện áp cung cấp cho cầu Y điện áp ra của đường chéo cầu





Nguyễn Thị Lan Hương

73

Ví dụ

- Cảm biến đo nhiệt độ LM35 có độ nhạy 10mV/°C
- Tính điện áp ra của cảm biến khi nhiệt độ 0°C và 100°C

Nguyễn Thị Lan Hương

Item	Max. scale reading	Tolerance	Notes	
DC voltage	0.3/3/12/30/120/ 300/600V	±2.5% of full scale	20 kΩ (16.7 kΩ in 0.3 V range)	
AC voltage	12/30/120/300/ 600V	±2.5% of full scale (12 V ±4%)	9 kΩ/V	
DC current	60μ/30/300mA	±3% of full scale	Internal voltage drop 300 mV	
Resistance	3k/30k/300k/3MΩ	±3% of scale length	Internal voltage 3 V	
Temperature scale	-50 ~ 150°C	±3% of scale length	With optional temperature measurement probes	
Battery check	0.9 - 1.8V	±6% of scale length	Load resistance 10Ω	
LED check	Yes			
Safety standards	IEC 61010, CAT III 600V			
Batteries	R6P/AA × 2			
Dimensions	95(W) ×141(H) ×39(D), approx. 280g			
Accessories	9207 Test Leads (1 set); 9390 Carrying Case (1)			

75

C. Hệ số phi tuyến của thiết bị

Để đánh giá tính phi tuyến của thiết bị đo ta xác định hệ số phi tuyến của nó.

Hệ số phi tuyến xác định theo công thức sau: $K_{pt} = \frac{\Delta X_{max}}{X_{n}}$

$$\dot{K}_{pt} = \frac{\Delta X_{max}}{X_{n}}$$

. ΔX_{max} - là sai lệch lớn nhất Ta thường dùng khâu bù phi tuyến

$$S_{cb}.S_b = K$$

Nguyễn Thị Lan Hương

D. Khoảng đo, ngưỡng nhạy và khả năng phân ly

• Khoảng đo (Range/Full Scale/Span): $D_x = X_{max} - X_{min}$

• Ngưỡng nhạy, khả năng phân ly (Resolution):

Khi giảm X mà Y cũng giảm theo, nhưng với $\Delta X \le \varepsilon_X$ khi đó không thể phân biệt được ΔY , ε_X được gọi là ngưỡng nhạy của thiết bị đo.

Thông thường : dụng cụ tương tự ϵ_{Y} =1/5 vạch chia độ

dụng cụ số: $\varepsilon_x = X_n/N_n$ tức giá trị một lượng tử đo

Khả năng phân ly của thiết bị đo

-Thiết bị tương tự

$$R_x = \frac{D_x}{\varepsilon_x}$$

-Thiết bị số:

$$R_{X} = \frac{D_{X}}{\varepsilon_{g}} = N_{n}$$

Nguyễn Thị Lan Hương

77

Ví dụ

• Độ phân giải của một Volmét là

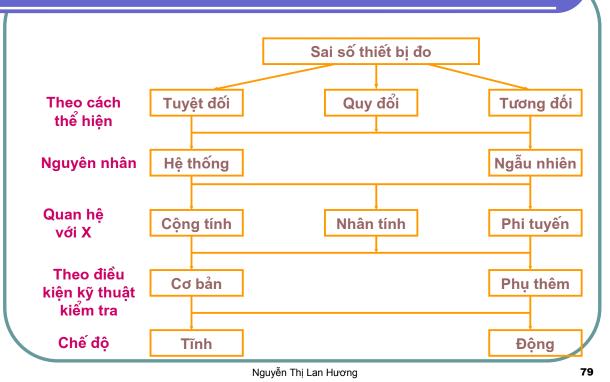


DC voltage (V)

	Resolution (a 40000 fs.)	Accuracy at 4000 f.s.	Input impedance
40 mV	10μV (1μV)	±0.08%rdg.±5dgt.	Appox. 1000MΩ
400 mV	0.1mV (1μV)	±0.06%rdg.±3dgt.	Αρροκ. 1000ΜΩ
4 V	lmV (0.1mV)	±0.06%rdg.±3dgt.	Appox. $10M\Omega$
40 V	10mV (lmV)	±0.06%rdg.±3dgt.	Appex. $10M\Omega$
400 V	0.1V (10mV)	±0.06%rdg.±3dgt.	Аррок. 10ΜΩ
1000 V	IV (0.IV)	±0.06%rdg.±3dgt.	Аррок. 10ΜΩ

Nguyễn Thị Lan Hương

E. Độ chính xác và sai số - Phân loại



Độ chính xác và sai số (2)

Sai số tuyệt đối (thiết bị đo, phép đo)

$$\Delta X = X - X_{th}$$

X: Giá trị chỉ bởi thiết bị đo tại một giá trị trong khoảng đo.

 X_{th} : Giá trị thực của đại lượng đo, thường X_{th} được đo ở dụng cụ đo cấp cao hơn.

Sai số tương đối (phép đo)

$$\gamma_x = \left(\frac{\Delta X}{X_{th}}\right) \times 100 \approx \left(\frac{\Delta X}{X}\right) \times 100$$

Sai số tương đối quy đổi

$$\gamma_n = \frac{\Delta X}{D_X}$$

$$\gamma_n = \frac{\Delta X}{X_n}$$

Độ chính xác và sai số (3)

- Sai số hệ thống:
 - Nguyên nhân do chế tạo và lắp ráp
 - Có giá tri không đổi (khắc đô thang đo, do hiệu chỉnh dung cu đo không chính xác (chỉnh điểm "0" không đúng), do nhiễu...)
 - Thay đổi có quy luật: do ảnh hưởng của trường điện từ
 - Nếu tìm ra nguyên nhân có thể loại trừ được.
 - Có thể tìm ra sai số hệ thống khi kiểm tra đinh kỳ thiết bi đo (loại trừ theo một công thức hiệu chỉnh hay một bảng hiệu chỉnh).
 - Sai số ngẫu nhiên :
 - Xuất hiện do một nguyên nhân không biết, theo quy luật ngẫu nhiên.
 - Nếu tăng số lần đo đến vô cùng $(n \to \infty)$ thì $\Delta X_{nq} \to 0$.

Nguyễn Thị Lan Hương

81

Độ chính xác và sai số (4)

+ Đặc tính thống kê của một biến ngẫu nhiên X.

Giả thiết ta có một biến ngẫu nhiên X, mật độ phân bố xác suất của X là f(x)

Mô men bậc k của X :
$$m_k(x)$$
 $m_k(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} x^k f(x) dx$

Kỳ vong toán học : Mô men bậc 1 của X.

$$E(x) = m_1(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x) dx$$

Các tính chất E(X): $E(\lambda X) = \lambda E(X)$

Độ chính xác và sai số (4)

bình

$$\overline{x} = E(x) = m_1(x)$$

Nếu X rời rạc :

$$E(x) = \overline{x} = \frac{1}{N} \sum x_i$$

Độ lệch trung bình:

$$E_{M} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left| x_{i} - \overline{x^{*}} \right|}{n}$$

: ước lượng giá trị trung bình

Nguyễn Thị Lan Hương

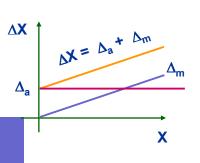
83

Sai số (5)

- Sai số cộng tính :
- Sai số nhân tính :
- Sai số tuyệt đối của thiết bị đo:
- Sai số tương đối của thiết bị đo

$$\gamma_x = \frac{\Delta X}{X} = \frac{\Delta_a}{X} + \gamma_m$$

 $\gamma_x = \gamma_a + \gamma_m$ nhỏ nhất



Ω/

F. Cấp chính xác của dụng cụ đo

- Để đánh giá độ chính xác của thiết bị đo
- Cấp chính xác của thiết bị đo được quy định chặt chẽ theo pháp lệnh nhà nước về sai số cơ bản của thiết bị, sai số phụ, công thức tính toán sai số, các quy định kiểm định
- Các cơ quan nghiên cứu, chế tạo và quản lý phải tuân thủ pháp lệnh này

Nguyễn Thị Lan Hương

85

Phân loại cấp chính xác(1):

Nguyễn Thị Lan Hương

Phân loại (2):

c) Đối với thiết bị đo mà sai số chủ yếu là sai số nhân tính thì cấp chính xác của thiết bị đo được sắp xếp theo sai số tương đối của thiết bị đo tính theo phần trăm.

VD: Ký hiệu cấp chính xác của loại thiết bị này được đóng khung bởi một vòng tròn. VD : cấp chính xác → sai số tương đối 1%.

d) Đối với thiết bị đo mà sai số cộng tính và sai số nhân tính cùng cỡ với nhau, sai số cơ bản gồm 2 thành phần và phụ thuộc vào giá trị đo.

Cấp chính xác được ghi bằng tỉ số c/d.

$$\gamma = \pm \left[c + d \left(\frac{X_n}{X} - 1 \right) \right]$$

Với $c = \gamma_a + \gamma_{m}$; $d = \gamma_a$

VD : Cấp : 0,02/0,01 \Rightarrow γ_a + γ_m = 0,02 và γ_a = 0,01 \Rightarrow γ_m = 0,01

Các nước phương tây: %FS+%Rdg(reading)

Nguyễn Thị Lan Hương

87

Ví dụ

- Vonmét thang do 200V
- Sai số thiết bị đo được viết: 1%FS+0,5%Rdg
- Đọc kết quả trên thiết bị là 100V -> Sai số phép đo bằng bao nhiêu?
- $\Delta X = 1\%.200V + 0.5\%100V = 2.5V$

Bài tập:

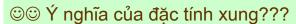
- 1, Một thiết bị đo có thang đo cực đại $100\mu A$, có sai số tương đối quy đổi $\pm 1\%$. Tính các giới hạn trên và giới hạn dưới của dòng cần đo và sai số theo phần trăm trong phép đo đối với :
 - a, Độ lệch cực đại.
 - b, 0,5 độ lệch cực đại.
 - c, 0,1 độ lệch cực đại.
- 2, Một thiết bị đo chỉ 250 μ A với độ lệch toàn thang đo và sai số tương đối quy đổi ±2%. Tính độ chính xác của phép đo khi dòng là 200 μ A và 100 μ A.
- 3, Một thiết bị đo có thang đo cực đại $100\mu A$, có sai số tương đối quy đổi $\pm 3\%$. Hãy tính sai số khả dĩ khi dụng cụ chỉ :
 - a, 50μA.
 - b, 10μA.
- 4, Dòng $25\mu A$ đo được ở dụng cụ có thang đo cực đại $40\mu A$. Nếu phải đo $25\mu A$ chính xác trong khoảng $\pm 5\%$. Hãy tính độ chính xác cần thiết của dụng cụ đo.

89

G. Đặc tính động của thiết bị (1)

- Hàm truyền cơ bản :
 Y(p)=K(p).X(p)
- Đặc tính động:
 - + Đặc tính quá độ
 - + Đặc tính tần
 - + Đặc tính xung
 - a. Đặc tính xung:
 - Nếu đại lượng vào có dạng xung hẹp: $x(t) = \delta(t-\tau)$

Đại lượng ra y(t) = h(t-τ) gọi là
 đặc tính xung của thiết bị



$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)h(t-\tau)d\tau$$

 $\delta(t)$

Phần tử cơ bản cho phép tính đáp ứng ra của thiết bi

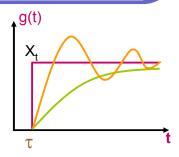
Lan Hương

an

Đặc tính động của thiết bị (2)

- b. Đặc tính quá độ
 - Nếu tín hiệu vào có dạng xung đơn vị:
 x(t) = u(t-τ)

Đại lượng ra y(t) = g(t-τ) [= h(t-τ)] gọi là đặc tính quá độ của thiết bị



- c. Đặc tính tần số
 - Nếu tín hiệu vào có dạng sin: x(t) = e^{jωt}
 - Đại lượng ra $y(t) = H(\omega).x(t)$ với $H(\omega)$ gọi là đặc tính tần số của thiết bị
 - Đặc tính tần số được phân tích thành hai thành phần: đặc tính môđun $A(\omega)$ và đặc tính pha $\phi(\omega)$. (Lý thuyết mạch 1)

⊗⊗ Ưu điểm cơ bản khi sử dụng đặc tính tần số của thiết bị???

Nguyễn Thị Lan Hương

91

Đặc tính động của thiết bị (3)

d. Hàm truyền đạt của thiết bị đo

Phương trình biểu diễn quan hệ giữa tín hiệu ra/tín hiệu vào của một thiết bị đo:

$$y(t) = b_0 x(t) + b_1 \frac{\partial x(t)}{\partial t} + \dots + b_N \frac{\partial^N x(t)}{\partial t^N} + a_1 \frac{\partial \alpha(t)}{\partial t} + \dots + a_M \frac{\partial^M \alpha(t)}{\partial t^M}$$

 $Y(\omega) = b_0 X(\omega) + b_1 j \omega X(\omega) + \dots + b_N (j \omega)^N X(\omega) + a_1 j \omega Y(\omega) + \dots + a_M (j \omega)^M Y(\omega)$

$$H\left(\omega\right) = \frac{Y\left(\omega\right)}{X\left(\omega\right)} = \frac{b_0 + b_1 j\omega + \dots + b_N (j\omega)^N}{1 - a_1 j\omega - \dots - a_M (j\omega)^M}$$

 ω : giá trị thực. Thay j ω bằng số phức p = σ + j ω

Hàm truyền đạt của thiết bị đo H(p)

$$H(p) = \frac{b_0 + b_1 p + \dots + b_N p^N}{1 - a_1 p - \dots + a_M p^M}$$

Số Cách xác định điểm cực và điểm không của hệ thống??

Đặc tính động (4)

$$H(p) = \frac{b_N(p-z_1)(p-z_2)...(p-z_{N1})}{-a_M(p-p_1)(p-p_2)...(p-p_{N1})} = \frac{b_N \prod_{i=1}^{N} (p-z_i)}{-a_M \prod_{i=1}^{M} (p-p_i)}$$

Từ các vị trí của điểm cực (p) và điểm không (z) trên mặt phẳng p (hay s) có thể nhận biết được tính chất của thiết bị đo/hệ thống đo

Nguyễn Thị Lan Hương

93

H. Tổn hao công suất, điện trở vào của thiết bị đo

- Thiết bị đo khi nối vào đối tượng đo, muốn có đáp ứng phải thu một ít năng lượng từ phía đối tượng đo ta gọi đó là tổn hao công suất.
 - Trường hợp thiết bị đo mắc nối tiếp với tải:
 Tổn hao: p_a= R_A.l²
- ◆R_{A:} điện trở vào của TBĐ, R_{A:} càng nhỏ thì sai số do tổn hao càng ít.



Yêu cầu sai số phương pháp

$$\gamma_{ff} = \frac{p_a}{p_t} = \frac{R_A}{R_t} < \gamma_{yc}$$

Trường hợp thiết bị đo mắc // với tải:

Tổn hao:

$$p_{v} = \frac{V^{2}}{R_{v}}$$

◆R_{V:} điện trở vào của TBĐ, R_V càng lớn thì sai số do tổn hao càng ít.

Yêu cầu sai số phương pháp

$$\gamma_{\rm ff} \approx \frac{R_{\rm t}}{R_{\rm v}} < \gamma_{\rm yc}$$

Nguyễn Thị Lan Hương

Giới thiệu một số chuẩn thiết bị trong công nghiệt

Theo tiêu chuẩn ANSI Y32.20.1975 hay ISA - S5.1 của viên tiêu chuẩn Hoa Kỳ (American National Stardard Institute) người ta quy định ký hiệu thiết bị đo cũng chính là đại lượng là đại lượng cụ thể được ghi trên vòng tròn vẽ trên sơ đồ công nghệ

A = thiết bị phân tích

B = Đại lượng liên quan đến vòi đốt và ngọn lửa (Burner)

C = Điện dẫn, nhiệt dẫn.

D = tỷ trọng, trọng lượng riêng.

E = Điện áp, sức điện động, đại lượng điện nói chung.

F = Luu tốc (flow).

Nguyễn Thị Lan Hương

Chuẩn thiết bị trong công nghiệp (tiếp)

G = Dinh luong (theo loai).I = dòng điện

J = công suất K = thời gian, định thời gian.

 $L = M\acute{u}c$ (level) $M = D\hat{o} \text{ åm (Moistrure)}.$

N, O = người dùng tư chon.P = áp suất (Presure).

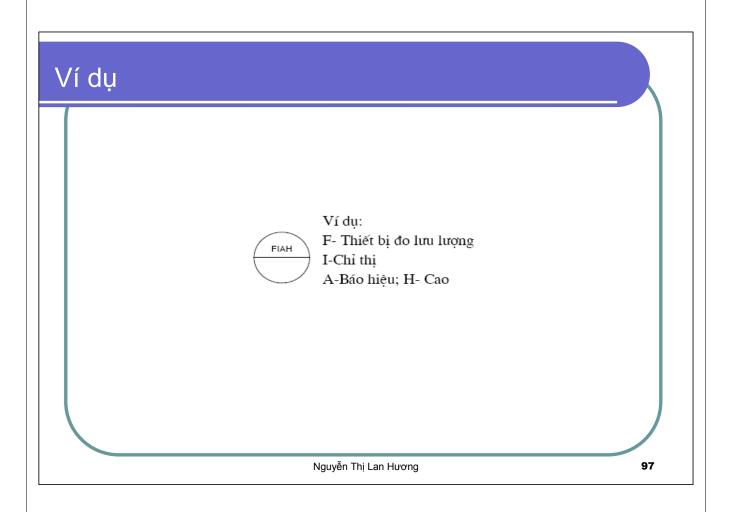
Q = Lượng hay tích lũy R = Phóng xa (Radio activity).

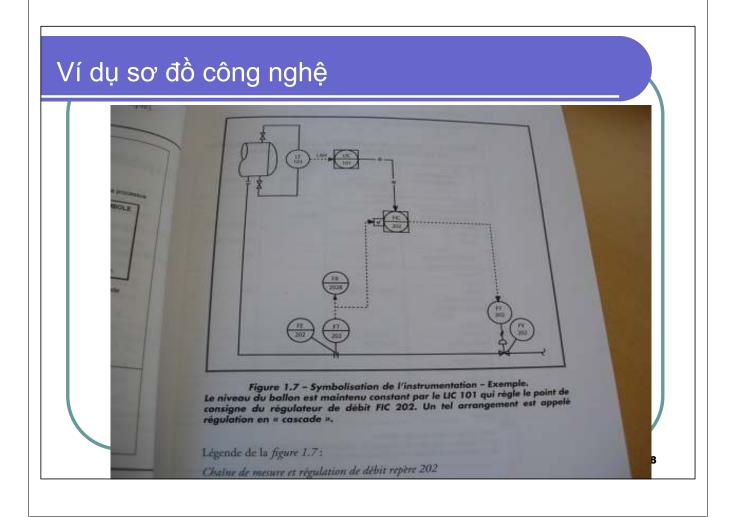
S = tốc độ, tần số (Speed)T = Nhiệt đô

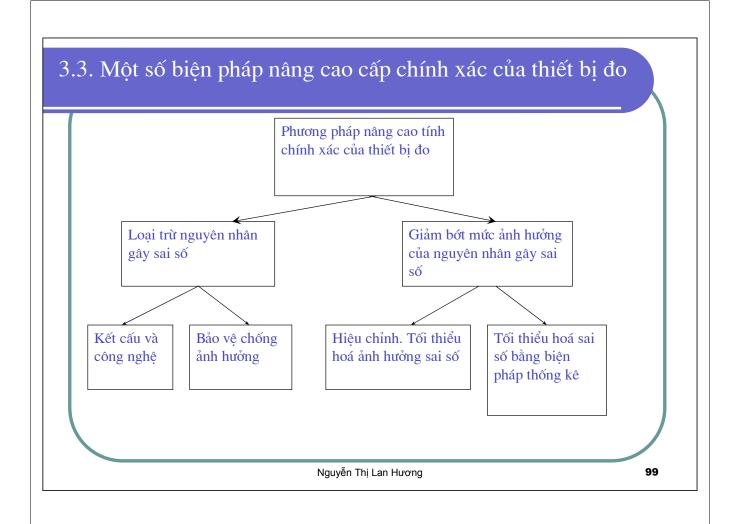
U = nhiễu biên số (phép đo gián tiếp). $V = d\hat{o}$ nhớt (Viscosity).

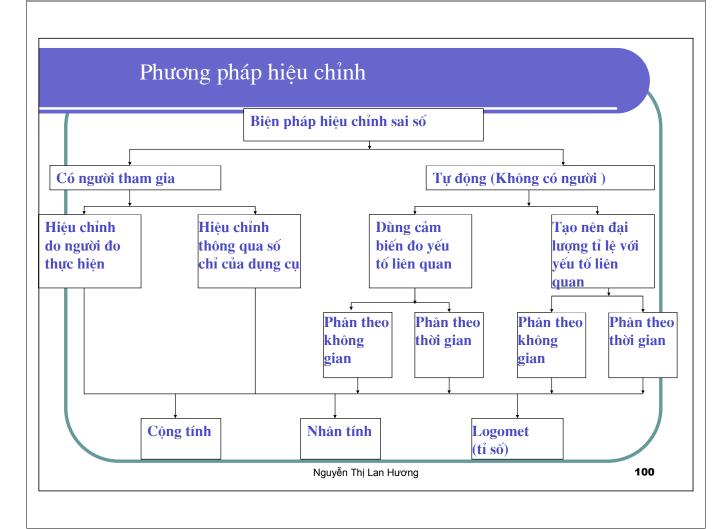
W = trong lương và lưc Y = Tu chon

Z = vi tri.









4.4. Kiểm định phương tiện đo lường

Kiểm tra giấy phép sản xuất và lưu hành

- Đây là kiểm tra dùng để tư vấn cho cơ quan nhà nước cấp giấy phép sản xuất, cấp giấy chứng nhận thương hiệu
- Nội dung kiểm tra đúng theo chỉ dẫn của tiêu chuẩn nhà nước
- Thiết bị nhập ngoại cũng phải kiểm định trước khi đưa ra lưu hành.

Kiểm tra xuất xưởng

- Hội đồng kiểm tra chất lượng sản phẩm định tiêu chuẩn cụ thể cho từng đặc tính kỹ thuật của thiết bị đo được sản xuất.
- Mẫu của biên bản thử nghiệm phải được hội đồng duyệt. Biên bản này coi như một phần của công tác bảo hành.
- Cơ quan quản lý đo lường, theo chu kỳ hoặc đột xuất, tiến hành kiểm sản xuất và xét tính trung thực của băng thử nghiệm.

Kiểm tra định kỳ

- Mỗi lần kiểm tra định kỳ, thiết bị được cấp một chứng chỉ và kết quả đo bởi dụng cụ ấy được coi có giá trị pháp nhân.
- Hội đồng tiêu chuẩn nhà nước tổ chức các trung tâm đo lường được uỷ quyền thực hiện các phép kiểm tra cấp giấy chứng chỉ lưu hành.

Nguyễn Thị Lan Hương

101

Chương 4. Tổ chức phép đo và gia công kết quả đo lường

- Thiết kế một phép đo hay một băng thử nghiệm
 - Xác định nhiệm vụ: gồm các qui trình (1) xác định mục tiêu; (2) Yêu cầu kỹ thuật; (3) Mô tả quá trình đo; (4) yêu cầu về dịch vụ; (5) yêu cầu về thông tin
 - Lập sơ đồ đo: gồm các quyi trình (1) Chọn phương pháp đo; (2) Chọn loại thiết bị đo; (3) Chọn thang đo; (4) Mở rộng thang đo; (5) Chọn sai số của dụng cụ đo; (6) Chọn tốc độ hay đặc tính động của thiết bị; (7) Thiết bị và kết quả đo
 - Tổ chức phép đo: gồm các khâu (1) thu thập số liệu đo lường; (2) quản lý số liệu thu thập

Gia công số liệu đo lường:

- Chỉnh lý lại số liệu
- Tính toán ra kết quả
- Bù các yếu tố ảnh hưởng
- Tính toán sai số
- Trình bày kết quả

Gia công số liệu đo

- Sai số hệ thống và sai số ngẫu nhiên
- Lý thuyết về sai số ngẫu nhiên
- Tính toán sai số ngẫu nhiên bằng thực nghiệm
- Sai số của thiết bị từ các khâu tổ hợp
- Tính toán độ không đảm bảo đo

Nguyễn Thị Lan Hương

103

Gia công số liệu đo

- Sai số hệ thống và sai số ngẫu nhiên
- Lý thuyết về sai số ngẫu nhiên
- Tính toán sai số ngẫu nhiên bằng thực nghiệm
- Sai số của thiết bị từ các khâu tổ hợp
- Tính toán độ không đảm bảo đo (ĐLVN 131:2004)

Trên cơ sở những kết qua đo lường bằng những dụng cụ cụ thể, xác định giá trị đúng của kết qua đo và sai số của phép đo. Kết qua đó sẽ được viết:

$$X_d = X \pm \Delta X$$

Dụng cụ đo nào cũng có sai số và nguyên nhân sai số rất khác nhau, vi vây cách xác định sai số phai tuỳ theo thiết bị đo mà xác định

Độ không đảm bảo đo

- Thông số gắn với kết quả của phép đo, đặc trưng cho sự phân tán của các giá trị có thể quy cho đại lượng đo một cách hợp lý.
- Độ không đảm bảo đo có thể phân thành hai thành phần:
 - Đánh giá ước lượng bằng phân bố thống kê đặc trưng bằng độ lệch chuẩn thực nghiệm.(loại A)
 - Được ước lượng từ các phân bố xác suất mô phỏng trên cơ sở thực nghiệm hoặc các thông tin khác.(loại B)
- Độ không đảm bảo tổng hợp(các phép đánh giá độc lập)

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$$

• Độ không đảm bảo đo mở rộng

 $U=k.u_c$

Hệ số phủ k (lấy theo phân bố student)

Nguyễn Thị Lan Hương

105

Tính toán sai số ngẫu nhiên (đánh giá độ không đảm bảo loại A)

Người ta cũng lại chứng minh rằng với những phân bố xác suất khác nhau, sai số ngẫu nhiên của thiết bị đo được tính theo công thức

 $\Delta = k \sigma$

k phụ thuộc vào phân bố xác suất của sai số ngẫu nhiên của loại dụng cụ đo được xét.

Độ lệch quân phương trở thành -ước lương đô lệch binh quân phương

$$s_{\bar{X}} = \sqrt{\sum_{1}^{n} (X_i - \bar{X})^2 / n(n-1)}$$

Sai số ngẫu nhiên được tính theo công thức:

 $\Delta = t_{st} s_{\bar{X}}$

 t_{st} là hệ số student; t_{st} = f (n,p)

! Chú ý:Loại trừ sai số thô theo nguyên tắc 3σ

// du	TT	Kết quả	$\delta_i = X_i - \overline{X}$	$\delta^2 = \left(X_i - \overline{X}\right)^2$	
í dụ	1	100,5	+0,34	0,0576	n a 2
	2	100,4	+0,14	0,0196	$S_{\overline{X}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \delta_{i}^{2}}{n(n-1)}}$
	3	100,6	+0,34	0,1156	$S_{\overline{X}} = \sqrt{\frac{n(n-1)}{n(n-1)}}$
	4	100,2	-0,06	0,0036	$S_{\overline{x}} = 0.076$
	5	100,2	-0,06	0,0036	Chọn: $P = 0.99$.
	6	99,91	-0,36	0,1296	Tra bảng Student:
	7	100,4	+0,14	0,0196	(n = 10, P = 0.99)
Tính tóan	8	100,4	+0,14	0,0196	$K_{st} = 3,25$
độ không	9	100,1	-0,16	0,0256	$\Delta_{ng} = 3,25.0,076 = 0,247$
đảm bảo	10	99,9	-0,36	0,1296	Kốt quả
đo của phép đo	11	$\sum_{\mathbf{Y}} \sum_{i=1}^{10} \mathbf{X}_{i}$	$\bar{\delta} = \frac{\sum \delta_i}{10}$	$S_{\overline{X}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \delta_{i}^{2}}{n(n-1)}}$	100,013V < X < 100,507V
biết sai số của dụng		10	10	$\int_{\overline{X}} -\sqrt{n(n-1)}$	với xác suất tin cậy P = 0,99
cụ đo??	12	100,26	0,00		
			INCLUVE: LL	ni Lan Hương	

	Sô	Mức tin cậy/xác suất tin cậy p					
bậ	c tự đo	68.27	90.00	95.00	96.45	99.00	99.73
	11	1.05	1.080	2.20	2.25	3.11	3.85
	12	1.04	1.78	2.18	2.23	3.05	3.76
	13	1.04	1.77	2.016	2.21	3.01	3.69
	14	1.04	1.76	2.14	2.20	2.98	3.64
	15	1.03	1.75	2.13	2.18	2.95	3.59
_	16	1.03	1.75	2.12	2.17	2.92	3.54
	17	1.03	1.74	2.12	2.17	2.92	3.54
	18	1.03	1.73	2.10	2.15	2.88	3.48
	19	1.03	1.73	2.09	2.14	2.86	3.45
	20	1.03	1.72	2.09	2.13	2.85	3.42
	25	1.02	1.71	2.06	2.12	2.79	3.33
	30	1.02	1.70	2.04	2.09	2.75	3.27
	35	1.01	1.70	2.03	2.07	2.72	3.23
	40	1.01	1.68	2.02	2.06	2.70	3.20
	45	1.01	1.68	2.01	2.06	2.69	3.18
	50	1.01	1.68	2.01	2.05	2.68	3.077
$\overline{}$	100	1.005	1.660	1.9984	2.025	2.626	3.077
	œ	1.000	1.645	1.960	2.000	2.576	3.000

Sai số của phép đo gián tiếp, sai số từ các khâu tổ hợp (nhóm độ không đảm bảo loại B)

Hàm Y	Sai số tuyệt đối ∆Y	Sai số tương đối $\gamma = \frac{\Delta Y}{Y}$
X ₁ +X ₂	$\pm\sqrt{\Delta X_1^2 + \Delta X_2^2}$	$\pm\sqrt{(\Delta X_1)^2 + \Delta X_2^2 (X_1 + X_2)^2}$
X ₁ .X ₂	$\pm \sqrt{X_1^2 (\Delta X_2)^2 + X_2^2 (\Delta X_1)^2}$	$\pm\sqrt{\left(\frac{\Delta X_1}{X_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta X_2}{X_2}\right)^2}$
$\frac{X_1}{X_2}$	$\pm \sqrt{X_1^2 (\Delta X_1)^2 + X_1^2 (\Delta X_2)^2 : X_2^4}$	$\pm\sqrt{\left(\frac{\Delta X_1}{X_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta X_2}{X_2}\right)^2}$
Xn	$\pm nX^{n-1}\Delta X$	$\pm x(\Delta X/X)$

Nguyễn Thị Lan Hương

Đối với một hàm số

Đối với hàm số $Y=f(X_1, X_2, X_3,...X_n)$

$$\Delta Y = \sqrt{\left(\frac{\partial Y}{\partial X_1}\right)^2 \Delta X_1^2 + ... + \left(\frac{\partial Y}{\partial X_n}\right)^2 \Delta X_n^2}$$

$$\gamma_{\rm Y} = \sqrt{\gamma_{\rm X1}^2 + \gamma_{\rm X2}^2 + \dots + \gamma_{\rm Xn}^2}$$

Nguyễn Thị Lan Hương