Bài giảng (C1) Kỹ Thuật Đo Lường

Hoang Si Hong

----2011----

Faculty of Electrical Eng., Hanoi Univ. of Science and Technology (HUST),
Hanoi, VietNam



Nội dung môn học và mục đích

Nội dung

- Chương 1: Khái niệm cơ bản về kĩ thuật đo lường
- Ohương 2: Đơn vị đo, chuẩn và mẫu
- Chương 3: Sai số của phép đo và gia công kết quả đo
- Chương 4: Cấu trúc cơ bản của dụng cụ đo
- Chương 5: Cơ cấu chỉ thị cơ điện, tự ghi và chỉ thị số
- Chương 6: Mạch đo lường và gia công thông tin đo
- Chương 7: Cảm biến và phương pháp đo không điện (lực, áp suất, vận tốc, nhiệt độ...)
- Chương 8: Đo dòng điện và điện áp
- Chương 9: Đo công suất và năng lượng
- Chương 10: Đo công suất và năng lượng
- Chương 11: Đo góc lệch pha, khoảng thời gian và tần số
- 🔵 Chương 12: Đo thông số mạch điện
- Chương 13: Dao động kí



Giáo trình và tài liệu tham khảo

✓ Sách:

- Kĩ thuật đo lường các đại lượng điện tập 1,2- Phạm Thượng Hàn, Nguyễn Trọng Quế....
- Đo lường điện và các bộ cảm biến: Ng.V.Hoà và Hoàng Sĩ Hồng
- ✓ Bài giảng và website:
- Bài giảng kĩ thuật đo lường và cảm biến-Hoàng Sĩ Hồng.
- Bài giảng Cảm biến và kỹ thuật đo:P.T.N.Yến, Ng.T.L.Hương, Lê Q. Huy
- Bài giảng MEMs ITIMS BKHN
- Website: sciendirect.com/sensors and actuators A and B

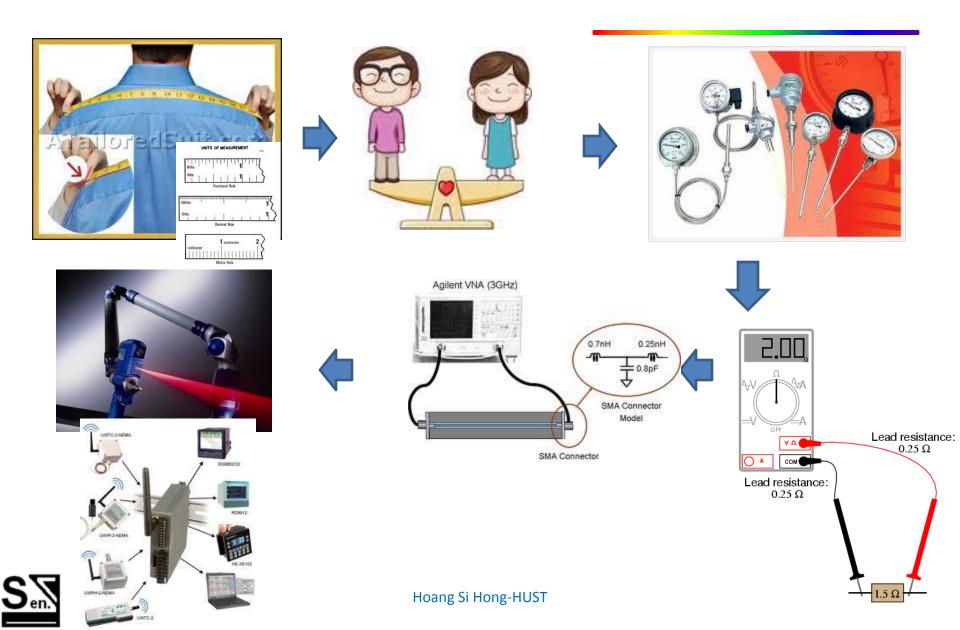


Chương 1:Khái niệm cơ bản về kĩ thuật đo lường

- ✓ Giáo trình và tài liệu tham khảo
- ✓ Khái niệm chung
- ✓ Lịch sử phát triển
- ✓ Đặc trưng chung của kĩ thuật đo
- ✓ Tín hiệu đo và các phép phân tích
- ✓ Phương pháp đo
- ✓ Phân loại thiết bị đo



Khái quát chung về lịch sử phát triển



Khái quát chung về ứng dụng



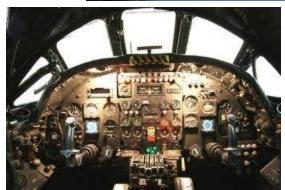














Định nghĩa về Đo lường

- 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

Kết quả đo lường (A_x) là giá trị bằng số, được định nghĩa bằng tỉ số giữa đại lượng cần đo (X) và đơn vị đo (X_o) :

$$A_x = X/X_0$$
.

- Quá trình đo lường: quá trình đo là quá trình xác định tỉ số:

$$A_X = \frac{X}{X_O} \qquad \textbf{(1.1)}$$

Từ (1.1) có phương trình cơ bản của phép đo: $X = A_x . X_o$, chỉ rõ sự so sánh X so với X_o , như vậy muốn đo được thì đại lượng cần đo X phải có tính chất là các giá trị của nó có thể so sánh được, khi muốn đo một đại lượng không có tính chất so sánh được thường phải chuyển đổi chúng thành đại lượng có thể so sánh được.



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 kể: để đảm bảo độ chính xác của phép đo nhiều khi người tạ 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 va 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.



Các đặc trưng cơ bản của kĩ thuật đo lường

- Đại lượng cần đo
- Điều kiện đo
- Đơn vị đo
- Phương pháp đo

- Kết quả đo.
- Thiết bị đo
- Người quan sát hoặc các thiết bị thu nhận kết quả đo



Đại lượng đo

Định nghĩa: đại lượng đo là một thông số đặc trưng cho đại lượng vật lý cần đo.

Mỗi quá trình vật lý có thể có nhiều thông số nhưng trong mỗi trường hợp cụ thể chỉ quan tâm đến một thông số là một đại lượng vật lý nhất định.

Ví dụ: nếu đại lượng vật lý cần đo là dòng điện thì đại lượng cần đo có thể là giá trị biên độ, giá trị hiệu dụng, tần số ...

- Phân loại đại lượng đo: có thể phân loại theo bản chất của đại lượng đo, theo tính chất thay đổi của đại lượng đo, theo cách biến đổi đại lượng đo.
 - Phân loại theo bản chất của đối tượng đo:
 - o Đại lượng đo điện: đại lượng đo có tính chất điện, tức là có đặc trưng mang bản chất điện, ví dụ: điện tích, điện áp, dòng điện, trở kháng.
 - Đại lượng đo không điện: đại lượng đo không có tính chất điện, ví dụ: nhiệt độ, độ dài, khối lượng ...
 - Đại lượng đo năng lượng: là đại lượng đo mang năng lượng, ví dụ: sức điện động, điện áp, dòng điện, từ thông, cường độ từ trường ...
 - Đại lượng đo thông số: là thông số của mạch điện, ví dụ: điện trở, điện cảm, điện dung...
 - Đại lượng đo phụ thuộc thời gian: chu kì, tần số ...



Phân loại

- Phân loại theo tính chât thay đôi của đại lượng đo:
 - Đại lượng đo tiền định: đại lượng đo đã biết trước qui luật thay đổi theo thời gian.

Ví dụ: dòng điện dân dụng i là đại lượng tiền định do đã biết trước qui luật thay đổi theo thời gian của nó là một hàm hình sin theo thời gian, có tần số $\omega=2\pi f=314$ rad/s, biên độ I, góc pha ban đầu φ .

 Đại lượng đo ngẫu nhiên: đại lượng đo có sự thay đổi theo thời gian không theo qui luật.

Trong thực tế đa số các đại lượng đo là đại lượng ngẫu nhiên, tuy nhiên tùy yêu cầu về kết quả đo và tùy tần số thay đổi của đại lượng đo có thể xem gần đúng đại lượng đo ngẫu nhiên là tiền định hoặc phải sử dụng phương pháp đo lường thống kê.



Phân loại

- Phân loại theo cách biến đổi đại lượng đo:
 - Đại lượng đo liên tục (đại lượng đo tương tự-analog): đại lượng đo được biến đổi thành một đại lượng đo khác tương tự với nó.

Tương ứng sẽ có dụng cụ đo tương tự, ví dụ: ampe mét có kim chỉ thị, vônmét có kim chỉ thị ...

 Đại lượng đo số (digital): đại lượng đo được biến đổi từ đại lượng đo tương tự thành đại lượng đo số.

Tương ứng sẽ có dụng cụ đo số, ví dụ: ampe mét chỉ thị số, vônmét chỉ thị số...

Hầu hết các đại lượng đo sẽ được qua các công đoạn xử lý (bằng các phương tiện xử lý: sensor) để chuyển thành đại lượng đo điện tương ứng.

 Tín hiệu đo: Tín hiệu đo là loại tín hiệu mang đặc tính thông tin về đại lượng đo.

Trong trường hợp cụ thể thì tín hiệu đo là tín hiệu mang thông tin về giá trị của đại lượng đo lường, trong nhiều trường hợp có thể xem tín hiệu đo là đại lượng đo.



Điều kiện đo

Các điều kiện đo:Khi tiền hành phép đo tạ phải tính đền 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.

Đại lượng đo chịu ảnh hưởng quyết định của môi trường sinh ra nó, ngoài ra kết quả đo phụ thuộc chặt chẽ vào môi trường khi thực hiện phép đo, các điều kiện môi trường bên ngoài như: nhiệt độ, độ ẩm của không khí, từ trường bên ngoài...ảnh hưởng rất lớn đến kết quả đo.

Để kết quả đo đạt yêu cầu thì phải thực hiện phép đo trong một điều kiện xác định, thường phép đo đạt kết quả theo yêu cầu nếu được thực hiện trong điều kiện chuẩn là điều kiện được qui định theo tiêu chuẩn quốc gia hoặc theo qui định nhà sản xuất thiết bị đo. Khi thực hiện phép đo luôn cần phải xác định điều kiện đo để có phương pháp đo phù hợp.



Đơn vị đo

- 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
- Định nghĩa: Đơn vị đo là giá trị đơn vị tiêu chuẩn vê một đại lượng đo nào đó được quốc tế qui định mà mỗi quốc gia đều phải tuân thủ.



Thiết bị đo và phương pháp đo

- Thiết bị đo:

• Định nghĩa: thiết bị đo là thiết bị kĩ thuật dùng để gia công tín hiệu mang thông tin đo thành dạng tiện lợi cho người quan sát.

Những tính chất của thiết bị đo có ảnh hưởng đến kết quả và sai số của phép đo.

• *Phân loại*: gồm thiết bị mẫu, các chuyển đổi đo lường, các dụng cụ đo lường, các tổ hợp thiết bị đo lường và hệ thống thông tin đo lường..., mỗi loại thiết bị thực hiện những chức năng riêng trong quá trình đo lường.

- Phương pháp đo:

• Định nghĩa: phương pháp đo là việc phối hợp các thao tác cơ bản trong quá trình đo, bao gồm các thao tác: xác định mẫu và thành lập mẫu, so sánh, biến đổi, thể hiện kết quả hay chỉ thị.

Các phương pháp đo khác nhau phụ thuộc vào các phương pháp nhận thông tin đo và nhiều yếu tố khác như đại lượng đo lớn hay nhỏ, điều kiện đo, sai số, yêu cầu...

- Phân loại: trong thực tế thường phân thành hai loại phương pháp đo:
 - Phương pháp đo biến đổi thẳng.
 - Phương pháp đo so sánh.



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 tự động



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

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

- 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...



Các nguyên công đo lường cơ bản

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 vị 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



Các nguyên công đo lường cơ bản

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 đại lượng vật lý, thực hiện bằng một phép trử trong bộ so sánh (comparator) X - X_k ≤ε (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 vụ truyền thông.

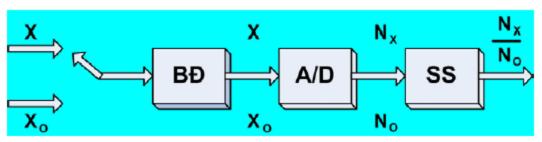


Phương pháp đo biến đổi thẳng

 Định nghĩa: là phương pháp đo có sơ đổ cấu trúc theo kiểu biến đối thắng, nghĩa là không có khâu phản hồi.

- Quá trình thực hiện:

- Đại lượng cần đo X qua các khâu biến đổi để biến đổi thành con số N_X , đồng thời đơn vị của đại lượng đo X_O cũng được biến đổi thành con số N_O .
- Tiến hành quá trình so sánh giữa đại lượng đo và đơn vị (thực hiện phép chia N_X/N_O),
- Thu được kết quả đo: A_X = X/X_O = N_X/N_O.



Hình 1.2. Lưu đồ phương pháp đo biến đổi thẳng.

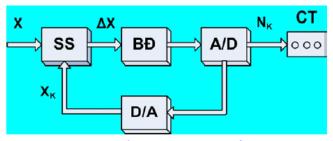
Quá trình này được gọi là quá trình biến đổi thẳng, thiết bị đo thực hiện quá trình này gọi là thiết bị đo biến đổi thẳng. Tín hiệu đo X và tín hiệu đơn vị X_O sau khi qua khâu biến đổi (có thể là một hay nhiều khâu nối tiếp) có thể được qua bộ biến đổi tương tự-số A/D để có N_X và N_O , qua khâu so sánh có N_X/N_O .



Phương pháp đo kiểu so sánh

- Định nghĩa: là phương pháp đo có sơ đổ cấu trúc theo kiểu mạch vòng, nghĩa là có khâu phản hồi.
 - Quá trình thực hiện:
 - Đại lượng đo X và đại lượng mẫu X₀ được biến đổi thành một đại lượng vật lý nào đó thuận tiện cho việc so sánh.
 - Quá trình so sánh X và tín hiệu X_K (tỉ lệ với X_O) diễn ra trong suốt quá trình đo, khi hai đại lượng bằng nhau đọc kết quả X_K sẽ có được kết quả đo.

Quá trình đo như vậy gọi là quá trình đo kiểu so sánh. Thiết bị đo thực hiện quá trình này gọi là thiết bị đo kiểu so sánh (hay còn gọi là kiểu bù).



Hình 1.3. Lưu đồ phương pháp đo kiểu so sánh.

$$\Delta X = X - X_K$$

- So sánh cân bằng: $\Delta X = 0$,
- So sánh không cân bằng: $\Delta X = X X_K$
- Đo trực tiếp: kết quả có chỉ sau một lần đo
- Đo gián tiếp: kết quả có bằng phép suy ra từ một số phép đo trực tiếp
- Đo hợp bộ: như gián tiếp nhưng phải giả một phương trình hay một hệ phương trình mới có kết quả
 - Đo thống kê: đo nhiều lần và lấy giá trị trung bình mới có kết quả



- 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 Nha 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 dụng rộng rãi trong rất nhiều lĩnh vực sản xuất
- Tổ chức kiểm định và xác nhận 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 bị 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 nhận mới được coi là thiết bị đo hợp pháp, có thể lưu hành.



Tổ chức quản lý đảm bảo đo lường

Thiết bị đo là một thiết bị đặc biệt, nó được quản lý theo pháp lệnh Nha nước. Nha 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 trị đo và khoảng đo
 - Sai số và độ 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 bị.
 - Các chỉ tiêu chuan naỳ là những chỉ tiêu phụ nhưng có những lúc trở thành chỉ tiêu quan trọng.



Mẫu.

Định nghĩa: thiết bị đo để khôi phục một đại lượng vật lý nhất định.
 Thiết bị mẫu phải có độ chính xác rất cao từ 0,001% đến 0,1% tùy theo từng cấp, từng loại.

Dụng cụ đo.

 Định nghĩa: thiết bị để gia công các thông tin đo lường và thể hiện kết quả đo dưới dạng con số, đồ thị hoặc bảng số.

Chuyển đổi đo lường.

- Định nghĩa: thiết bị biến đổi tín hiệu đo ở đầu vào thành tín hiệu ra thuận tiện cho việc truyền, biến đổi, gia công tiếp theo hoặc lưu giữ mà không cho kết quả ra trực tiếp.
 - Phân loại: có hai loại chyển đổi:
 - Chuyển đổi các đại lượng điện thành các đại lượng điện khác: các bộ phân áp, phân dòng; biến áp, biến dòng; các bộ A/D, D/A...
 - Chuyển đổi các đại lượng không điện thành các đại lượng điện: là các chuyển đổi sơ cấp- bộ phận chính của đầu đo (cảm biến sensor): các chuyển đổi nhiệt điện trở, cặp nhiệt, chuyển đổi quang điện...



Hệ thống thông tin đo lường.

- Định nghĩa: là tổ hợp các thiết bị đo và những thiết bi phụ để tự động thu thập số liệu từ nhiều nguồn khác nhau, truyền các thông tin đo lường qua khoảng cách theo kênh liên lạc và chuyển nó về một dạng để tiện cho việc đo và điều khiển.
 - Phân loại: có thể phân hệ thống thông tin đo lường thành nhiều nhóm:
 - Hệ thống đo lường: là hệ thống để đo và ghi lại các đại lượng đo.
 - Hệ thống kiểm tra tự động: là hệ thống thực hiện nhiệm vụ kiểm tra các đại lượng đo, cho ra kết quả lớn hơn, nhỏ hơn hay bằng chuẩn.
 - Hệ thống chẩn đoán kĩ thuật: là hệ thống kiểm tra sự làm việc của đối tượng để chỉ ra chỗ hỏng hóc cần sữa chữa..
 - Hệ thống nhận dạng: là hệ thống kết hợp việc đo lường, kiểm tra để phân loại đối tượng tương ứng với mẫu đã cho.
 - Tổ hợp đo lường tính toán: có chức năng có thể bao quát toàn bộ các thiết bị ở trên, là sự ghép nối hệ thống thông tin đo lường với máy tính; có thể tiến hành đo, kiểm ra nhận dạng, chẩn đoán và cả điều khiển đối tượng.



Một số cách phân loại khác

- Nằm trong hệ thống:
 - Transmitter vå 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



Các thông số kỹ thuật của thiết bị

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



Độ nhạy

Phương trinh cơ bản

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

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

∂F/∂X - Độ nhạy với X hay

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

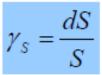
Nếu không xét tới nhiễu đầu vào

Khi K=(S)=const -> X,Y là tuyến tính.

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

➢Việc xác định K bằng thực nghiệm gọi là khắc độ thiết bị đo. Với
một giá trị của X có thể có các giá trị Y khác nhau, hay K khác
nhau.

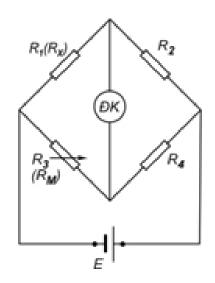
Sai số về độ nhạy:



Sai số nhân tính



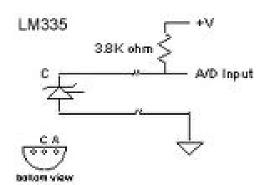
Ví dụ



Cân trọng lượng có độ nhạy cầu 1,5 mV/V



Cảm biến đo nhiệt độ LM35 có độ nhạy 10mV/°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:

$$K_{pt} = \frac{\Delta X_{max}}{X_n}$$

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

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



Khoảng đo, ngưỡng nhạy và khả năng phân li

- 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 : $\epsilon_X = X_n/N_n$ 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:

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



Độ chính xác và sai số

Sai số hệ thống :

- Nguyên nhân do chế tạo và lắp ráp
- Có giá trị không đổi (khắc độ thang đo, do hiệu chỉnh dụng cụ 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 định kỳ thiết bị 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 → ∞) thì ∆X_{ng} → 0.



Độ chính xác và sai số

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





Cấp chính xác

- 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
- 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
$$\Rightarrow$$
 $\gamma_a + \gamma_m = 0,02$ và $\gamma_a = 0,01$ \Rightarrow $\gamma_m = 0,01$

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



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?
- ∆X= 1%.200V+ 0.5%100V=2,5V

