

ĐO LƯỜNG ĐIỆN VÀ THIẾT BỊ ĐO

Chương 1. Khái niệm về đo lường (2,0,0)

- 1.1. Đại lượng đo lường
- 1.2. Chức năng, đặc điểm của thiết bị đo
- 1.3. Chuẩn hóa trong đo lường
- 1.4. Sai số trong đo lường
- 1.5. Hệ số đo

Chương 2. Các cơ cấu đo lường (4,0,0)

- 2.1. Cơ cấu chỉ thị kim
 1. Cơ cấu từ điện
 2. Cơ cấu điện từ
 3. Cơ cấu điện động
- 2.2. Thiết bị chỉ thị số
 1. Mã
 2. Chỉ thị số
 3. Các mạch giải mã

Chương 3. Đo điện áp và dòng điện (6,2,0)

- 3.1. Đo dòng một chiều (DC) – dòng xoay chiều (AC)
 1. Đo dòng DC
 2. Đo dòng AC
 3. Ảnh hưởng của Amper kế đến mạch đo
- 3.2. Đo điện áp DC – AC
 1. Đo điện áp DC
 2. Đo điện áp AC
 3. Ảnh hưởng của Volt kế đến mạch đo
- 3.3. Đo điện áp DC bằng biến trở
- 3.4. Volt kế điện tử DC
 1. V_{DC} dùng Transistor
 2. V_{DC} dùng FET
 3. V_{DC} dùng khuếch đại thuật toán (Op-amp)
 4. V_{DC} giá trị nhỏ dùng phương pháp “Chopper”
- 3.5. Volt kế điện tử AC
 1. Khái quát
 2. Phương pháp trị chỉnh lưu trung bình
 3. Phương pháp trị hiệu dụng thực
 4. Phương pháp trị đỉnh
- 3.6. Amper kế điện tử đo DC-AC
 1. Đo dòng DC
 2. Đo dòng AC

Chương 4. Đo điện trở (4,1,0)

- 4.1. Đo điện trở bằng Volt kế và Amper kế
- 4.2. Mạch đo R trong Ohm kế
- 4.3. Cầu Wheatstone
 1. Cầu Wheatstone cân bằng
 2. Cầu Wheatstone không cân bằng
- 4.4. Cầu đôi Kelvin
- 4.5. Đo điện trở có trị số lớn
 1. Dùng Volt kế, μA kế
 2. Megaohm chuyên dụng
- 4.6. Đo điện trở nối đất

Bài tập Chương 4

Chương 5. Đo điện dung, điện cảm, hồ cảm (3,1,0)

- 5.1. Đo C, L và M dùng Volt kế, Amper kế
 1. Đo tụ điện
 2. Đo điện cảm
 3. Đo hồ cảm
- 5.2. Đo C và L dùng cầu đo
 1. Cầu Wheatstone xoay chiều
 2. Cầu đơn giản đo C và L
 3. Cầu đo LC phổ quát

Bài tập Chương 5

Chương 6. Đo công suất và điện năng (6,2,0)

- 6.1. Đo công suất một chiều (DC)
 1. Phương pháp dùng Volt kế và Amper kế
 2. Phương pháp W-kế
- 6.2. Đo công suất xoay chiều (AC) một pha
 1. Dùng Volt kế và Amper kế
 2. Dùng Watt kế
 3. Dùng phối hợp biến dòng, biến áp với Watt kế điện động
 4. Đo công suất hiệu dụng của tải bằng bộ biến đổi nhiệt điện
- 6.3. Đo công suất tải ba pha
- 6.4. Đo công suất phản kháng của tải
 1. Công suất phản kháng tải một pha
 2. Công suất phản kháng tải ba pha
- 6.5. Đo điện năng
 1. Điện năng kế một pha
 2. Điện năng kế ba pha
- 6.6. Đo công suất, điện năng bằng Watt met, công-tơ điện tử
- 6.7. Đo hệ số công suất ($\cos\varphi$)
 1. Đo $\cos\varphi$ dùng Volt kế và Amper kế
 2. $\cos\varphi$ kế dùng cơ cấu điện động
- 6.8. Thiết bị chỉ thị đồng bộ hóa

6.9. Tần số kế

1. Tần kế bản rung
2. Tần kế điện động hoặc sắt điện động
3. Tần kế dùng cơ cấu từ điện có chỉnh lưu

Chương 7. Dao động ký

(6,2,0)

- 7.1. Ống phóng điện tử
- 7.2. Các khối chức năng trong dao động ký
 1. Sơ đồ chung
 2. Khối khuếch đại Y
 3. Khối khuếch đại X
- 7.3. Sự tạo ảnh trên màn hình dao động ký
 1. Tín hiệu vào trục X, Y
 2. Sự đồng bộ giữa X(t) và Y(t)
- 7.4. Dao động ký hai tia
 1. Cấu tạo
 2. Sơ đồ khối
- 7.5. Đầu đo
- 7.6. Bộ tạo trễ
- 7.7. Dao động ký số và dao động ký có ứng dụng Vi xử lý

Chương 8. Thiết bị phân tích tín hiệu

(2,0,0)

- 8.1. Máy đo độ méo
 1. Định nghĩa
 2. Mạch nguyên lý đo
- 8.2. Q-met
 1. Nguyên lý đo Q
 2. Thiết bị thực tế
- 8.3. Máy phân tích phổ
Máy phân tích phổ theo nguyên lý TRF

Chương 9. Một số thiết bị đo thông thường

(4,0,0)

- 9.1. VOM (cơ điện, điện tử)
- 9.2. Amper kềm
- 9.3. Megaohm
- 9.4. Máy phát tín hiệu chuẩn cao tần, âm tần
- 9.5. Tần kế cao tần, âm tần
- 9.6. Thiết bị đo độ sâu điều chế AM, FM

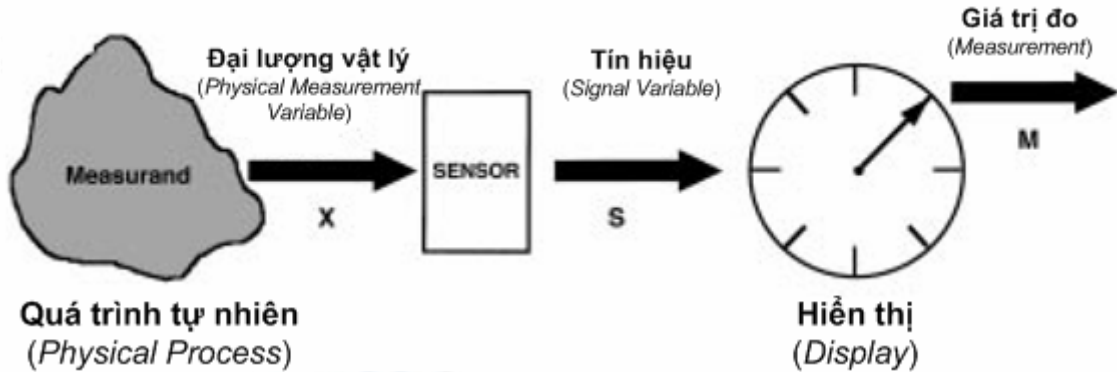
CHƯƠNG 1. KHÁI NIỆM VỀ ĐO LƯỜNG (2,0,0)

1.1 Đại lượng đo lường

Đo lường là sự *so sánh giá trị* của *đại lượng chưa biết* với *giá trị* của *đại lượng* đã được *chuẩn hóa*.

Trong lĩnh vực đo lường điện, dựa trên tính chất cơ bản của đại lượng đo, người ta phân biệt thành 2 loại:

- Đại lượng điện (*Electrical Measurand*)
- Đại lượng không điện (*Non-Electrical Measurand*)



Hình 1.1. Mô hình thiết bị đo

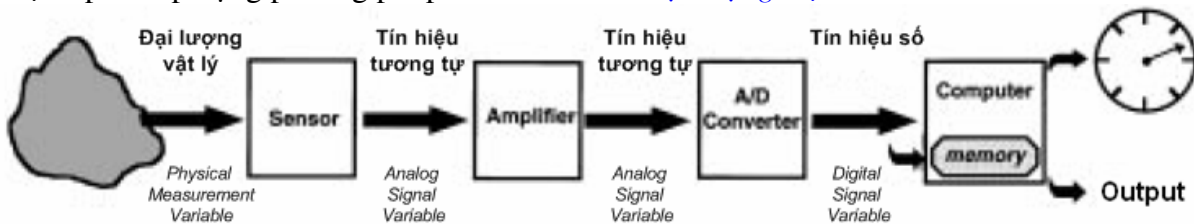
1. Đại lượng điện

Đại lượng điện được chia làm 2 loại:

- *Đại lượng điện tích cực (Active)*. Đại lượng điện áp, dòng điện, công suất là những đại lượng mang năng lượng điện. Khi đo các đại lượng này, năng lượng của những đại lượng cần đo này sẽ cung cấp cho các mạch đo.
- *Đại lượng điện thụ động (Passive)*. Đại lượng điện trở, điện dung, hồ cảm... các đại lượng này, bản thân chúng không mang năng lượng cho nên cần phải cung cấp dòng hoặc áp khi đưa các đại lượng này vào mạch đo.

2. Đại lượng không điện

Đây là những đại lượng hiện hữu trong đời sống (nhiệt độ, áp suất, trọng lượng, độ ẩm, độ pH, nồng độ, tốc độ, gia tốc...). Để đo những *đại lượng không điện*, nói chung ta phải sử dụng những mạch *chuyển đổi* để *biến* những đại lượng này thành dòng điện hoặc điện áp rồi áp dụng phương pháp đo như đối với *đại lượng điện*.



Hình 1.1. Mô hình thiết bị đo thực tế, sử dụng máy tính

1.2 Chức năng, đặc điểm của thiết bị đo

Chức năng và đặc điểm cơ bản của thiết bị đo nói chung là cung cấp *thông tin* chính xác và kịp thời về *đại lượng đang được khảo sát*. Kết quả đo có thể được lưu trữ, hiển thị và truyền để điều khiển.

1.3 Chuẩn hóa trong đo lường

Sự chính xác của thiết bị đo lường được xác định thông qua việc *chuẩn hóa* (*calibration*) khi thiết bị được xuất xưởng. Việc chuẩn hóa được xác định thông qua 4 cấp như sau:

- **Cấp 1** : *Chuẩn quốc tế* (International Standard). Các thiết bị đo lường muốn được cấp chuẩn quốc tế đều phải được thực hiện định chuẩn tại *Trung tâm đo lường quốc tế* tại Paris (Pháp). Những thiết bị đo được chuẩn hóa *theo cấp 1* đều được định kỳ kiểm tra và đánh giá định kỳ.
- **Cấp 2** : *Chuẩn quốc gia* (National Standard). Các thiết bị đo lường tại các *Viện định chuẩn quốc gia* ở các nước trên thế giới được định theo chuẩn quốc tế và các thiết bị đo lường trong một quốc gia được *Viện định chuẩn quốc gia* kiểm tra, đánh giá và cấp giấy chứng nhận đạt chuẩn.
- **Cấp 3** : *Chuẩn khu vực* (Zone Standard). Trong một quốc gia có thể có nhiều chuẩn khu vực, và thiết bị dùng để định chuẩn đều phải đạt *Chuẩn quốc gia* (Cấp 2).
- **Cấp 4** : *Chuẩn phòng thí nghiệm* (Laboratory Standard). Trong một khu vực có thể có nhiều phòng thí nghiệm được cấp phép để định chuẩn cho các thiết bị dùng trong công nghiệp.

Tóm lại: Thiết bị đo lường khi được sản xuất ra được chuẩn hóa tại cấp nào sẽ mang chất lượng tiêu chuẩn đo lường của cấp đó. Ngoài ra, để đảm bảo độ chính xác và tin cậy, các thiết bị đo lường đều phải định kỳ chuẩn hóa.

1.4 Sai số trong đo lường

Sai số trong *đo lường* nói chung là sự *khác biệt* giữa *giá trị đo được* với *trị số tin cậy* (*expected value*). Nhìn chung, một giá trị đo lường bị ảnh hưởng bởi nhiều thông số, dẫn đến kết quả đo có thể không đúng như mong muốn. Có 3 loại sai số cơ bản: *sai số chủ quan*, *sai số hệ thống*, và *sai số ngẫu nhiên*.

Sai số chủ quan xảy ra *do lỗi của người sử dụng* thiết bị đo và phụ thuộc vào việc *đọc sai kết quả* hoặc *ghi kết quả không đúng theo quy trình* hoạt động của thiết bị đo.

Sai số hệ thống phụ thuộc vào *thiết bị đo*, *cũng như điều kiện môi trường*. Ngoài sai số chủ quan và sai số hệ thống thì sai số còn lại được *phân loại là sai số ngẫu nhiên*. Đối với *sai số ngẫu nhiên*, việc đánh giá cũng như phân tích được thực hiện dựa vào *phương pháp thống kê*.

Các nguồn gây sai số:

- Thiết bị đo được vận hành không đúng.
- Giá trị cần đo nằm ngoài vùng làm việc thiết kế của thiết bị đo.
- Thiết bị đo không được bảo trì, kiểm định định kỳ.
- Thiết bị đo hoạt động không ổn định hoặc độ ổn định kém.

Một vài cách tính sai số.

- *Sai số*

$$e = Y_n - X_n$$

e : sai số

Y_n : trị số tin cậy được

X_n : trị số đo được

- Sai số tương đối (tính theo %)

$$e_r = \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\%$$

- Độ chính xác tương đối

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right|$$

độ chính xác tính theo % : $a = 100\% - e_r = A \times 100\%$

VD: Điện áp rơi trên điện trở có trị số tin cậy được là 50V. Khi dùng Volt kế thì điện áp đo được là 51V. Tính sai số tuyệt đối, và độ chính xác tương đối.

$$\text{Sai số tuyệt đối } |e_r| = |50 - 51| = 1 \text{ V}$$

$$\text{Sai số tương đối } e_r = \frac{1\text{V}}{50\text{V}} \times 100\% = 2\%$$

$$\text{Độ chính xác tương đối } A = 1 - 0.02 = 0.98 \text{ hoặc } a = 100\% - 2\% = 98\%$$

- Tính chính xác của phép đo

$$1 - \left| \frac{X_n - \overline{X_n}}{\overline{X_n}} \right|$$

$\overline{X_n}$ trị số *trung bình* của n lần đo

VD: Xác định tính chính xác của phép đo, khi biết $X_n = 97$, $\overline{X_n} = 101.1$ (giá trị trung bình của 10 lần đo).

$$1 - \left| \frac{97 - 101.1}{101.1} \right| = 0.96$$

Vậy *tính chính xác* của phép đo *lần thứ 10* là **96%**.

Phân tích thống kê trong đo lường.

Lý thuyết thống kê được áp dụng để phân tích độ chính xác của một thiết bị đo hoặc phép đo thông qua những giá trị nhận được. Thông qua việc phân tích số liệu giá trị nhận được, ta có thể biết độ chính xác của phép đo hoặc của thiết bị đo và từ đó có thể đưa ra được những sự thay đổi/điều chỉnh để phép đo hoặc thiết bị đo đạt kết quả chính xác hơn trong tương lai.

- Trị số trung bình

$$\overline{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

\overline{x} : trị số trung bình, x_n : trị số của lần đo thứ n

- Độ lệch

$$d_n = x_n - \overline{x}$$

- Độ lệch trung bình

$$D = \frac{|d_1| + |d_2| + \dots + |d_n|}{n}$$

- Độ lệch chuẩn (Standard deviation)

+ Nếu số lần đo *lớn hơn hoặc bằng 30* ($n \geq 30$)

$$\sigma = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2}{n}}$$

+ Nếu số lần đo *nhỏ hơn 30* ($n < 30$)

$$\sigma = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2}{n-1}}$$

• Sai số ngẫu nhiên

$$e_{Rd} = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2}{n(n-1)}}$$

VD: Kết quả đo chiều dài của một chi tiết cơ khí, được thực hiện trong 8 lần đo như sau: 116,2mm; 118,2mm; 116,5mm; 117,0mm; 118,2mm; 118,4mm; 117,8mm; 118,1mm
 Tính độ lệch trung bình và độ lệch chuẩn của các lần đo.

Giải

$$\bar{x} = \frac{116,2 + 118,2 + 116,5 + 117,0 + 118,2 + 118,4 + 117,8 + 118,1}{8} = 117,6 \text{ (mm)}$$

<i>TT</i>	<i>Giá trị đo</i>	<i>Độ lệch (d_i)</i>
1	116,2	-1,4
2	118,2	0,6
3	116,5	-1,1
4	117,0	-0,6
5	118,2	0,6
6	118,4	0,8
7	117,8	0,2
8	118,1	0,5

$$D = \frac{|-1,4| + |0,6| + \dots + |0,5|}{8} = 0,7 \text{ (mm)}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(-1,4)^2 + (0,6)^2 + \dots + (0,5)^2}{8-1}} = 0,86 \text{ (mm)}$$

VD: Một Volt kế được kiểm định bằng cách đo một nguồn chuẩn trong nhiều trường hợp khác nhau, giá trị đo được như sau: 14,35V; 15,10V; 15,45V; 14,75V; 14,85V; 16,10V; 15,85V; 15,10V; 14,45V; 15,20V. Xác định độ lệch trung bình, độ lệch chuẩn và sai số ngẫu nhiên. Từ các kết quả trên, hãy đưa ra kết luận về độ chính xác của Volt kế.

Giải

$$\bar{x} = \frac{14,35 + 15,10 + \dots + 15,20}{10} = 15,12 \text{ V}$$