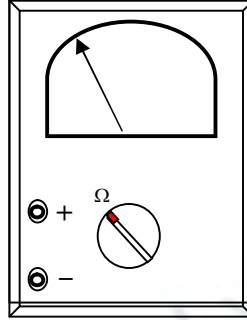


ĐỖ LƯƠNG HÙNG
Phạm Thanh Huyền

Đào Thanh Toán



Bài giảng

kỹ thuật đo lường điện tử

Chuyên ngành: KTVT, KTTT, ĐKH-THGT

Phụ lục

| | |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| Chương 1. Khái niệm cơ bản trong kỹ thuật đo lường..... | 8 |
| I. Định nghĩa và khái niệm chung về đo lường..... | 8 |
| 1. Định nghĩa về đo lường, đo lường học và KTĐL..... | 8 |
| a. Đo lường..... | 8 |
| b. Đo lường học..... | 8 |
| c. Kỹ thuật đo lường (KTĐL)..... | 8 |
| 2. Phân loại cách thực hiện phép đo..... | 8 |
| II. Các đặc trưng của KTĐL..... | 9 |
| 1. Khái niệm về tín hiệu đo và đại lượng đo..... | 9 |
| 2. Điều kiện đo..... | 10 |
| 3. Đơn vị đo..... | 10 |
| 4. Thiết bị đo và phương pháp đo..... | 11 |
| 5. Người quan sát..... | 11 |
| 6. Kết quả đo..... | 11 |
| III. Các phương pháp đo..... | 12 |
| 1. Phương pháp đo biến đổi thẳng..... | 12 |
| 2. Phương pháp đo kiểu so sánh..... | 12 |
| a. So sánh cân bằng..... | 12 |
| b. So sánh không cân bằng..... | 13 |
| c. So sánh không đồng thời..... | 13 |
| d. So sánh đồng thời..... | 13 |
| 3. Các thao tác cơ bản khi tiến hành phép đo..... | 13 |
| IV. Phân loại thiết bị đo..... | 13 |
| 1. Mẫu..... | 13 |
| 2. Thiết bị đo lường điện..... | 15 |
| 3. Chuyển đổi đo lường..... | 15 |
| 4. Hệ thống thông tin đo lường..... | 15 |
| V. Định giá sai số trong đo lường..... | 15 |
| 1. Nguyên nhân và phân loại sai số..... | 15 |
| a. Nguyên nhân gây sai số..... | 15 |
| b. Phân loại sai số..... | 15 |
| 3. Quy luật tiêu chuẩn phân bố sai số..... | 16 |
| 4. Sai số trung bình bình phương và sai số trung bình..... | 19 |
| a. Sai số trung bình bình phương σ | 19 |
| b. Sai số trung bình d | 19 |
| 5. Sự kết hợp của các sai số..... | 19 |
| a. Sai số của tổng các đại lượng..... | 19 |
| b. Sai số của hiệu các đại lượng..... | 19 |
| c. Tích của hai đại lượng..... | 20 |
| d. Thương của hai đại lượng..... | 20 |
| Chương 2. Cấu trúc và Các phần tử chức năng của thiết bị đo.. | 22 |
| I. Cấu trúc cơ bản của thiết bị đo..... | 22 |
| 1. Sơ đồ khối của thiết bị đo..... | 22 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2. Sơ đồ cấu trúc của dụng cụ đo biến đổi thẳng..... | 22 |
| 3. Sơ đồ cấu trúc của dụng cụ đo kiểu so sánh..... | 22 |
| II. Các cơ cấu chỉ thị..... | 23 |
| 1. Cơ cấu chỉ thị cơ điện..... | 23 |
| a. Cơ cấu chỉ thị từ điện sử dụng nam châm vĩnh cửu (TĐNCVC)..... | 24 |
| b. Cơ cấu chỉ thị điện từ..... | 26 |
| c. Cơ cấu chỉ thị điện động..... | 27 |
| 2. Cơ cấu chỉ thị tự ghi..... | 28 |
| 3. Cơ cấu chỉ thị số..... | 30 |
| II. Các mạch đo lường và gia công tín hiệu..... | 31 |
| 1. Mạch tỉ lệ..... | 31 |
| a. Mạch tỉ lệ về dòng..... | 31 |
| b. Mạch tỉ lệ về áp..... | 32 |
| 2. Mạch khuếch đại đo lường..... | 35 |
| a. Mạch khuếch đại dòng (lập điện áp)..... | 35 |
| b. Mạch khuếch đại công suất..... | 36 |
| c. Mạch khuếch đại điều chế..... | 37 |
| d. Mạch khuếch đại cách li..... | 37 |
| 3. Mạch gia công tính toán..... | 37 |
| 4. Mạch so sánh..... | 37 |
| a. Mạch so sánh các tín hiệu khác dấu bằng KĐTT mắc theo một đầu vào..... | 37 |
| b. Mạch so sánh các tín hiệu cùng dấu bằng KĐTT mắc 2 đầu vào..... | 38 |
| c. Mạch so sánh 2 mức..... | 38 |
| d. Mạch so sánh cực đại..... | 39 |
| e. Mạch cầu đo..... | 39 |
| f. Mạch điện thế kế..... | 39 |
| 5. Mạch tạo hàm..... | 40 |
| a. Mạch tạo hàm bằng biến trở..... | 40 |
| b. Mạch tạo hàm bằng diode bán dẫn..... | 40 |
| c. Mạch tạo hàm logarit và đối logarit..... | 41 |
| 6. Các bộ chuyển đổi tương tự – số A/D và số – tương tự D/A..... | 41 |
| a. Các bộ biến đổi A/D..... | 41 |
| b. Các bộ biến đổi D/A..... | 42 |
| III. Chuyển đổi đo lường sơ cấp..... | 42 |
| 1. Khái niệm chung..... | 42 |
| a. Định nghĩa..... | 42 |
| b. Đặc tính của chuyển đổi sơ cấp..... | 42 |
| c. Phân loại các chuyển đổi sơ cấp..... | 42 |
| d. Các hiệu ứng được ứng dụng trong các cảm biến tích cực...43 | |
| Chương 3. Đo dòng điện..... | 47 |
| I. Khái niệm chung..... | 47 |

| | |
|-----------------------------------------------------------|----|
| II. Ampe kế một chiều..... | 47 |
| II. Ampe kế một chiều..... | 48 |
| III. Ampemet xoay chiều..... | 53 |
| 1. Ampemet chỉnh lưu..... | 53 |
| 2. Ampemet điện động..... | 54 |
| 3. Ampemet điện từ..... | 55 |
| 4. Ampemet nhiệt điện..... | 55 |
| Chương 4. đo điện áp..... | 57 |
| I. Mở đầu..... | 57 |
| II. Vôn kế một chiều..... | 57 |
| III. Vôn kế xoay chiều..... | 58 |
| 1. Vôn kế từ điện đo điện áp xoay chiều..... | 59 |
| a. Sơ đồ chỉnh lưu cầu..... | 59 |
| b. Sơ đồ chỉnh lưu nửa sóng..... | 60 |
| c. Sơ đồ chỉnh lưu nửa cầu toàn sóng..... | 62 |
| 2. Vôn kế điện từ..... | 62 |
| 3. Vôn kế điện động..... | 63 |
| IV. Đo điện áp bằng phương pháp so sánh..... | 63 |
| 1. Cơ sở lý thuyết..... | 63 |
| 2. Điện thế kế một chiều..... | 63 |
| 3. Điện thế kế xoay chiều..... | 64 |
| V. Vôn kế số..... | 65 |
| 1. Vôn kế số chuyển đổi thời gian..... | 65 |
| 2. Vôn mét số chuyển đổi tần số..... | 67 |
| VI. Vôn met và Ampe met điện tử tương tự..... | 67 |
| 1. Vôn met bán dẫn một chiều..... | 68 |
| 2. Vôn met điện tử một chiều dùng IC KĐTT..... | 69 |
| 3. Vôn met điện tử xoay chiều..... | 70 |
| Chương 5. Đo công suất..... | 72 |
| I. Khái niệm chung..... | 72 |
| II. Dụng cụ đo công suất trong mạch một pha..... | 72 |
| 1. Oat kế điện động..... | 73 |
| 2. Đo công suất bằng phương pháp điều chế tín hiệu..... | 74 |
| 3. Oatmet nhiệt điện..... | 75 |
| 4. Oatmet dùng chuyển đổi Hall..... | 76 |
| Chương 6. Đo tần số và góc pha..... | 78 |
| I. Khái niệm chung..... | 78 |
| II. Đo tần số và pha bằng phương pháp biến đổi thẳng..... | 78 |
| 1. Tần số kế cộng hưởng điện từ..... | 78 |
| 2. Tần số kế cơ điện..... | 79 |
| a. Tần số kế và Fazo kế điện động..... | 79 |
| b. Tần số kế điện từ..... | 81 |
| 3. Tần số kế và Fazo kế điện tử..... | 82 |
| 4. Tần số kế và Fazo kế chỉ thị số..... | 83 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| III. Đo tần số bằng phương pháp so sánh..... | 87 |
| 1. Tần số kế trộn tần..... | 87 |
| 2. Tần số kế cộng hưởng..... | 87 |
| 3. Các phương pháp khác..... | 88 |
| Chương 7. đo thông số của mạch điện..... | 89 |
| I. Các phương pháp đo điện trở..... | 89 |
| 1. Đo gián tiếp..... | 89 |
| a. Sử dụng Ampe kế và Vôn kế..... | 89 |
| b. Đo điện trở bằng phương pháp so sánh với điện trở mẫu..... | 89 |
| 2. Đo điện trở trực tiếp bằng Ohmmet..... | 90 |
| a. Ohmmet nối tiếp..... | 91 |
| b. Ohmmet song song..... | 91 |
| c. Ohmmet nhiều thang đo..... | 91 |
| 3. Cầu đo điện trở..... | 92 |
| a. Cầu Wheatstone (cầu đơn)..... | 92 |
| b. Cầu Kelvin (cầu kép)..... | 93 |
| 4. Đo điện trở bằng chỉ thị số:..... | 94 |
| II. Cầu dòng xoay chiều..... | 96 |
| 1. Cầu xoay chiều đo điện dung..... | 96 |
| a. Cầu đo tụ điện tổn hao nhỏ..... | 96 |
| b. Cầu đo tụ điện có tổn hao lớn..... | 98 |
| 2. Cầu đo điện cảm..... | 98 |
| a. Cầu xoay chiều dùng điện cảm mẫu..... | 98 |
| b. Cầu điện cảm Maxwell..... | 99 |
| c. Cầu điện cảm Hay..... | 99 |
| Chương 8. Máy hiện sóng điện tử..... | 101 |
| I. Mở đầu..... | 101 |
| II. Sơ đồ khối của một máy hiện sóng thông dụng..... | 104 |
| III. Thiết lập chế độ hoạt động và Cách điều khiển một máy hiện sóng..... | 105 |
| 1. Thiết lập chế độ hoạt động cho máy hiện sóng..... | 105 |
| 2. Các phần điều khiển chính..... | 106 |
| a. Điều khiển màn hình..... | 106 |
| b. Điều khiển theo trục đứng..... | 106 |
| c. Điều khiển theo trục ngang..... | 107 |
| IV. ứng dụng của máy hiện sóng trong kỹ thuật đo lường..... | 107 |
| 1. Quan sát tín hiệu..... | 107 |
| 2. Đo điện áp..... | 108 |
| 3. Đo tần số và khoảng thời gian..... | 108 |
| 4. Đo tần số và độ lệch pha bằng phương pháp so sánh..... | 109 |
| Chương 9. Đo lường các đại lượng không điện..... | 111 |
| I. khái niệm chung..... | 111 |
| II. Các loại biến..... | 111 |
| 1. Cảm biến kiểu biến trở..... | 111 |

| | |
|-------------------------------------------------------|------------|
| 2. Cảm biến điện trở lực căng (tenzômet) | 112 |
| 3. Cảm biến kiểu điện cảm | 114 |
| 4. Cảm biến kiểu áp điện | 115 |
| 5. Cặp nhiệt điện | 118 |
| 6. Nhiệt điện trở | 121 |
| 7. Cảm biến quang | 124 |
| Một số gợi ý: | 128 |
| + Đo độ rung có thể dùng tenzômet | 128 |
| Tài liệu tham khảo | 137 |

TaiLieu.vn

Lời nói đầu:

Kỹ thuật Đo lường Điện tử là môn học nghiên cứu các phương pháp đo các đại lượng vật lý: đại lượng điện: điện áp, dòng điện, công suất,... và đại lượng không điện: nhiệt độ, độ ẩm, vận tốc...

Bài giảng Kỹ thuật Đo lường Điện tử được biên soạn dựa trên các giáo trình và tài liệu tham khảo mới nhất hiện nay, được dùng làm tài liệu tham khảo cho sinh viên các ngành: Kỹ thuật Viễn thông, Kỹ thuật Thông tin, Tự động hoá, Trang thiết bị điện, Tín hiệu Giao thông.

Trong quá trình biên soạn, các tác giả đã được các đồng nghiệp đóng góp nhiều ý kiến, mặc dù cố gắng sửa chữa, bổ sung cho cuốn sách được hoàn chỉnh hơn, song chắc chắn không tránh khỏi những thiếu sót, hạn chế. Chúng tôi mong nhận được các ý kiến đóng góp của bạn đọc.

Xin liên hệ: daothanhtoan@uct.edu.vn

Chương 1:

Khái niệm cơ bản trong kỹ thuật đo lường

I. Định nghĩa và khái niệm chung về đo lường

1. Định nghĩa về đo lường, đo lường học và KTĐL

a. Đo lường

Đo lường là một quá trình đánh giá định lượng về đại lượng cần đo để có được kết quả bằng số so với đơn vị đo.

Kết quả đo được biểu diễn dưới dạng:

$$A = \frac{X}{X_0} \rightarrow X = A.X_0$$

trong đó: A: con số kết quả đo
X: đại lượng cần đo
X₀: đơn vị đo

b. Đo lường học

Đo lường học là ngành khoa học chuyên nghiên cứu để đo các đại lượng khác nhau, nghiên cứu mẫu và đơn vị đo.

c. Kỹ thuật đo lường (KTĐL)

KTĐL là ngành kỹ thuật chuyên môn nghiên cứu để áp dụng kết quả của đo lường học vào phục vụ sản xuất và đời sống xã hội.

2. Phân loại cách thực hiện phép đo

a. **Đo trực tiếp** là cách đo mà kết quả nhận được trực tiếp từ một phép đo duy nhất. Nghĩa là, kết quả đo được chính là trị số của đại lượng cần đo mà không phải tính toán thông qua bất kỳ một biểu thức nào.

Nếu không tính đến sai số thì trị số đúng của đại lượng cần đo X sẽ bằng kết quả đo được A.

Phương pháp đo trực tiếp có ưu điểm là đơn giản, nhanh chóng và loại bỏ được sai số do tính toán.

ví dụ: Vônmet đo điện áp, ampermet đo cường độ dòng điện, oátmet đo công suất

b. **Đo gián tiếp** là cách đo mà kết quả đo suy ra từ sự phối hợp kết quả của nhiều phép đo dùng cách đo trực tiếp. Nghĩa là, kết quả đo không phải là trị số của đại lượng cần đo, các số liệu cơ sở có được từ các phép đo trực tiếp sẽ được sử dụng để tính ra trị số của đại lượng cần đo thông qua một phương trình vật lý liên quan giữa các đại lượng này.

$$X = f(A_1, A_2, \dots, A_n)$$

Trong đó A₁, A₂, ..., A_n là kết quả đo của các phép đo trực tiếp.

ví dụ: để đo công suất (P) có thể sử dụng vôn met để đo điện áp (U), ampe met đo cường độ dòng điện (I), sau đó sử dụng phương trình: $P = U.I$ ta tính được công suất

Cách đo gián tiếp mắc phải nhiều sai số do sai số của các phép đo trực tiếp được tích lũy lại. Vì vậy cách đo này chỉ nên áp dụng trong các trường hợp không thể dùng dụng cụ đo trực tiếp mà thôi.

Chương 1. Khái niệm cơ bản trong KTĐL

c. Đo tương quan là phương pháp được sử dụng trong trường hợp cần đo các quá trình phức tạp mà ở đây không thể thiết lập một quan hệ hàm số nào giữa các đại lượng là các thông số của các quá trình nghiên cứu.

d. Đo hợp bộ là phương pháp có được kết quả đo nhờ giải một hệ phương trình mà các thông số đã biết trước chính là các số liệu đo được từ các phép đo trực tiếp.

e. Đo thống kê là phương pháp sử dụng cách đo nhiều lần và lấy giá trị trung bình để đảm bảo kết quả chính xác. Cách này được sử dụng khi đo tín hiệu ngẫu nhiên hoặc kiểm tra độ chính xác của dụng cụ đo.

II. Các đặc trưng của KTĐL

KTĐL gồm các đặc trưng sau: đại lượng cần đo, điều kiện đo, đơn vị đo, thiết bị đo và người quan sát hay thiết bị nhận kết quả đo

1. Khái niệm về tín hiệu đo và đại lượng đo

a. Tín hiệu đo lường là tín hiệu mang thông tin về giá trị của đại lượng đo lường.

b. Đại lượng đo là thông số xác định quá trình vật lý của tín hiệu đo. Do quá trình vật lý có thể có nhiều thông số nhưng trong mỗi trường hợp cụ thể người ta chỉ quan tâm đến một hoặc một vài thông số nhất định.

ví dụ: để xác định độ rung có thể xác định thông qua một trong các thông số như: biên độ rung, gia tốc rung, tốc độ rung ...

Có nhiều cách để phân loại đại lượng đo, dưới đây là một số cách thông dụng.

* Phân loại theo tính chất thay đổi của đại lượng đo:

Có hai loại đại lượng đo là:

+ Đại lượng đo tiền định là đại lượng đo đã biết trước quy luật thay đổi theo thời gian của chúng.

+ Đại lượng đo ngẫu nhiên là đại lượng đo mà sự thay đổi theo thời gian không theo một quy luật nhất định nào. Nếu ta lấy bất kỳ giá trị nào của tín hiệu ta đều nhận được đại lượng ngẫu nhiên.

Chú ý: Trên thực tế, đa số các đại lượng đo đều là ngẫu nhiên. Tuy nhiên, có thể giả thiết rằng trong suốt thời gian tiến hành phép đo đại lượng đo phải không đổi hoặc thay đổi theo quy luật đã biết trước, nghĩa là tín hiệu ở dạng biến đổi chậm. Còn khi đại lượng đo ngẫu nhiên có tần số thay đổi nhanh thì cần sử dụng phương pháp đo lường thống kê.

* Phân loại theo cách biến đổi tín hiệu đo

Có hai loại tín hiệu đo là tín hiệu đo liên tục hay tương tự và tín hiệu đo rời rạc hay số. Khi đó ứng với 2 loại tín hiệu đo này có hai loại dụng cụ đo là dụng cụ đo tương tự và dụng cụ đo số.

* Phân loại theo bản chất của đại lượng đo

+ Đại lượng đo năng lượng là đại lượng mà bản thân nó mang năng lượng.

ví dụ: điện áp, dòng điện, sức điện động, công suất ...

+ Đại lượng đo thông số là đại lượng đo các thông số của mạch

ví dụ: điện trở, điện dung, điện cảm ...

+ Đại lượng phụ thuộc vào thời gian

ví dụ: tần số, góc pha, chu kỳ ...

+ Đại lượng không điện. Để đo các đại lượng này bằng phương pháp điện cần biến đổi chúng thành các đại lượng điện

ví dụ: để đo độ co giãn của vật liệu có thể sử dụng tenzo để chuyển sự thay đổi của hình dạng thành sự thay đổi của điện trở và đo giá trị điện trở này để suy ra sự biến đổi về hình dạng.

2. Điều kiện đo

Các thông tin đo lường bao giờ cũng gắn với môi trường sinh ra đại lượng đo. Môi trường ở đây có thể điều kiện môi trường tự nhiên và cả môi trường do con người tạo ra.

Khi tiến hành phép đo cần tính đến ảnh hưởng của môi trường tự nhiên đến kết quả đo và ngược lại. Ví dụ: các điều kiện về nhiệt độ, độ ẩm, áp suất, độ rung ...

Khi sử dụng dụng cụ đo phải không làm ảnh hưởng đến đối tượng đo. Ví dụ với phép đo cường độ dòng điện thì cần sử dụng ampe kế có điện trở trong càng nhỏ càng tốt nhưng khi đo điện áp thì cần dùng vôn kế có điện trở trong càng lớn càng tốt.

3. Đơn vị đo

Mỗi một quốc gia có một tập quán sử dụng các đơn vị đo lường khác nhau. Để thống nhất các đơn vị này người ta thành lập Hệ đơn vị đo lường quốc tế. Ngày 20-1-1950 Chủ tịch Hồ Chí Minh đã ký sắc lệnh số 8/SL quy định hệ thống đo lường Việt nam theo hệ SI, và ngày 20/1 hằng năm là ngày Đo Lường Việt nam.

Theo Pháp lệnh Đo lường ngày 06 tháng 10 năm 1999, đơn vị đo lường hợp pháp là đơn vị đo lường được Nhà nước công nhận và cho phép sử dụng. Nhà nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam công nhận Hệ đơn vị đo lường quốc tế (viết tắt là SI). Chính phủ quy định đơn vị đo lường hợp pháp phù hợp với Hệ đơn vị đo lường quốc tế.

Hệ đơn vị đo lường quốc tế SI bao gồm 7 đơn vị cơ bản:

| | | |
|---------------------------|----------|-----|
| Đơn vị chiều dài | met | m |
| Đơn vị khối lượng | kilogram | kg |
| Đơn vị thời gian | second | s |
| Đơn vị cường độ dòng điện | Ampe | A |
| Đơn vị nhiệt độ | Kelvin | K |
| Đơn vị cường độ sáng | Candela | Cd |
| Đơn vị số lượng vật chất | mol | mol |

Các đơn vị khác được định nghĩa thông qua các đơn vị cơ bản gọi là các đơn vị dẫn xuất. (xem chi tiết trong Nghị định của chính phủ số 65/2001 ND-CP về việc Ban hành hệ thống đơn vị đo lường hợp pháp của nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam)

Dưới đây là một số đơn vị dẫn xuất điện và từ

| Đại lượng | Đơn vị | |
|--------------------------------------------------|--------|---------|
| | Tên | Ký hiệu |
| Công suất | oát | W |
| Điện tích, điện lượng | culông | C |
| Hiệu điện thế, điện thế, điện áp, suất điện động | von | V |
| Điện dung | fara | F |

Chương 1. Khái niệm cơ bản trong KTĐL

| | | |
|-----------------------------|---------------|----------|
| Điện trở | ôm | Ω |
| Điện dẫn | simen | S |
| Độ tự cảm | Henry | H |
| Thông lượng từ (từ thông) | vebe | Wb |
| Mật độ từ thông, cảm ứng từ | tesla | T |
| Cường độ điện trường | von trên met | V/m |
| Cường độ từ trường | ampe trên met | A/m |
| Năng lượng điện | electronvon | eV |

Ước và bội thập phân của các đơn vị SI

| Chữ đọc | Ký hiệu | Hệ số nhân |
|---------|---------|------------|
| yotta | Y | 10^{24} |
| zetta | Z | 10^{21} |
| exa | E | 10^{18} |
| peta | P | 10^{15} |
| tera | T | 10^{12} |
| giga | G | 10^9 |
| mega | M | 10^6 |
| kilo | k | 10^3 |
| hecto | h | 10^2 |
| deka | da | 10 |
| deci | d | 10^{-1} |
| centi | c | 10^{-2} |
| milli | m | 10^{-3} |
| micro | μ | 10^{-6} |
| nano | n | 10^{-9} |
| pico | p | 10^{-12} |
| femto | f | 10^{-15} |
| atto | a | 10^{-18} |
| zepto | z | 10^{-21} |
| yocto | y | 10^{-24} |

4. Thiết bị đo và phương pháp đo

Thiết bị đo là thiết bị kỹ thuật dùng để gia công tín hiệu mang thông tin đo thành dạng tiện lợi cho người quan sát.

Thiết bị đo gồm: thiết bị mẫu, chuyển đổi đo lường, dụng cụ đo lường, tổ hợp thiết bị đo lường và hệ thống thông tin đo lường. *(xem chi tiết ở phần sau)*

Phương pháp đo được chia làm 2 loại chủ yếu là phương pháp đo biến đổi thẳng và phương pháp đo so sánh. *(xem chi tiết ở phần sau)*

5. Người quan sát

Là người tiến hành đo hoặc gia công kết quả đo. Yêu cầu nắm được phương pháp đo, hiểu biết về thiết bị đo và lựa chọn dụng cụ hợp lý, kiểm tra điều kiện đo (phải nằm trong chuẩn cho phép để sai số chấp nhận được) và biết cách gia công số liệu thu được sau khi đo.

6. Kết quả đo



Giá trị xác định bằng thực nghiệm được gọi là ước lượng của đại lượng đo, giá trị gần giá trị thực mà ở điều kiện nào đó có thể coi là thực.

Sử dụng các phương pháp đánh giá sai số để đánh giá kết quả đo. (xem chi tiết ở phần sau)

III. Các phương pháp đo

1. Phương pháp đo biến đổi thẳng

Là phương pháp đo có cấu trúc kiểu biến đổi thẳng, không có khâu phản hồi. Quá trình đo là quá trình biến đổi thẳng. Thiết bị đo gọi là thiết bị biến đổi thẳng.

BĐ là bộ biến đổi;

A/D là bộ chuyển đổi tương tự / số;

SS là bộ so sánh;

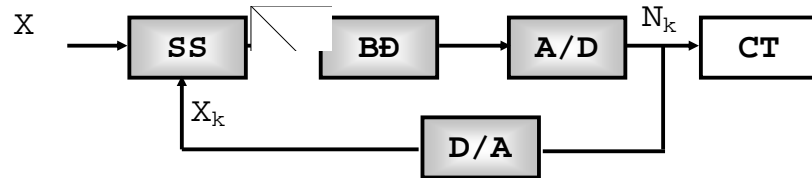
CT là cơ cấu chỉ thị.

Đại lượng cần đo X được đưa qua các khâu biến đổi và thành con số Nx. Đơn vị đo Xo cũng được biến đổi thành No sau đó so sánh giữa đại lượng cần đo với đơn vị đo qua bộ so sánh. Kết quả đo được thể hiện bởi phép chia Nx/No

Kết quả đo:
$$X = \frac{N_x}{N_o} \cdot X_o$$

2. Phương pháp đo kiểu so sánh

Phương pháp này có sử dụng khâu hồi tiếp



Trong đó:

SS là bộ so sánh;

A/D là bộ chuyển đổi tương tự / số;

BĐ là bộ biến đổi;

D/A là bộ chuyển đổi số /

tương tự;

CT là cơ cấu chỉ thị.

Tín hiệu X được đem so sánh với một tín hiệu Xk tỉ lệ với đại lượng mẫu Xo.

Khi đó qua bộ so sánh ta có $\Delta X = X - X_k$

Có hai cách so sánh là so sánh cân bằng và so sánh không cân bằng.

a. So sánh cân bằng

Phép so sánh được thực hiện sao cho $\Delta X = 0$ và khi đó: $X = X_k = N_k \cdot X_o$

Như vậy đại lượng mẫu Xk chính là một đại lượng thay đổi bám theo X sao cho khi X thay đổi luôn được kết quả như trên. Phép so sánh luôn ở trạng thái cân bằng (đôi khi người ta còn gọi phương pháp này là phương pháp cân).

Chương 1. Khái niệm cơ bản trong KTĐL

Độ chính xác của phép đo phụ thuộc vào độ chính xác của X_k và độ nhạy của thiết bị chỉ thị cân bằng (thường là thiết bị chỉ thị 0)

Các dụng cụ đo theo phương pháp so sánh cân bằng thường là các cầu đo và điện thế kế cân bằng.

b. So sánh không cân bằng

Nếu X_k là đại lượng không đổi, khi đó ta có: $X = X_k + \Delta X$

Nghĩa là kết quả đo được đánh giá thông qua ΔX với X_k là đại lượng mẫu đã biết trước. Phương pháp này được sử dụng để đo các đại lượng không điện như nhiệt độ, áp suất

c. So sánh không đồng thời

Với phương pháp này, đại lượng X và X_k không được đưa vào thiết bị cùng một lúc. X_k được đưa vào trước để xác định giá trị trên thang khắc độ, sau đó thông qua thang độ xác định đại lượng đo.

ví dụ: các thiết bị đánh giá trực tiếp như ampe kế, vôn kế chỉ thị kim

d. So sánh đồng thời

Là phương pháp so sánh cùng một lúc đại lượng cần đo X và đại lượng mẫu X_k . Khi X và X_k trùng nhau thì thông qua X_k sẽ xác định được giá trị của X .

3. Các thao tác cơ bản khi tiến hành phép đo

1) Thao tác tạo mẫu: là quá trình lập đơn vị tạo ra mẫu biến đổi hoặc khắc trên thang đo của thiết bị đo.

2) Thao tác biến đổi: là quá trình biến đổi đại lượng đo (hay đại lượng mẫu) thành những đại lượng khác tiện cho việc đo hay xử lý, thực hiện các thuật toán, tạo ra các mạch đo và gia công kết quả đo

3) Thao tác so sánh: là quá trình so sánh đại lượng đo với mẫu hay giữa con số tỉ lệ với đại lượng đo và con số tỉ lệ với mẫu.

4) Thao tác thể hiện kết quả đo: là quá trình chỉ thị kết quả đo dưới dạng tương tự hoặc con số, có thể ghi lại kết quả đo trên giấy hay bộ nhớ.

5) Thao tác gia công kết quả đo: là quá trình xử lý kết quả đo bằng tay hoặc máy tính.

IV. Phân loại thiết bị đo

Thiết bị đo là sự thể hiện phương pháp đo bằng các khâu chức năng cụ thể. Thiết bị đo gồm các loại sau:

1. Mẫu

Là thiết bị để khôi phục một đại lượng vật lý nhất định. Những dụng cụ mẫu phải đạt độ chính xác rất cao từ 0,001% đến 0,1% tùy theo từng cấp chính xác và từng loại thiết bị. Mẫu được sử dụng để chuẩn hoá lại các dụng cụ đo lường.

* Chuẩn hoá thiết bị đo lường:

Yêu cầu chuẩn hoá thiết bị đo lường là rất quan trọng và cần thiết vì mỗi quốc gia có tập quán sử dụng các đơn vị đo lường riêng và có rất nhiều công ty sản xuất các thiết bị đo lường. Hơn nữa, việc sử dụng các đơn vị đo lường khác nhau, kiểu mẫu khác nhau sẽ đem lại những bất tiện không thể tránh khỏi cho người dùng. Ngoài ra, vì mục đích sử dụng của các thiết bị đo lường rất khác nhau nên ngoài việc quy ước sử dụng một hệ thống quốc tế chung (hệ SI) thì độ chính xác của các thiết bị cũng được quy định một cách chặt chẽ. Nếu lấy tiêu chí là độ chính xác thì thiết bị đo lường được chia làm 4 cấp:

+ Cấp 1- chuẩn quốc tế (International standard), các thiết bị đo chuẩn quốc tế được đặt tại trung tâm đo lường quốc tế- tại PARIS -Pháp

+ Cấp 2- chuẩn quốc gia (National standard) là chuẩn đo lường có độ chính xác cao nhất của quốc gia được dùng làm gốc để xác định giá trị các chuẩn còn lại của lĩnh vực đo lường. Chuẩn quốc gia được đặt tại các viện đo lường quốc gia, chúng được chuẩn hoá định kỳ theo chuẩn quốc tế hoặc qua các chuẩn quốc gia của nước ngoài.

+ Cấp 3- chuẩn khu vực (Zone standard) là chuẩn cho các trung tâm khu vực, nó tuân theo chuẩn quốc gia.

+ Cấp 4- chuẩn phòng thí nghiệm (Lab-standard) đây là cấp chuẩn để chuẩn hoá các thiết bị đo lường dùng cho sản xuất công nghiệp, nó tuân theo cấp nào thì sẽ mang chuẩn cấp đó (cấp 2,3)

Cấp chính xác của thiết bị đo

Các thiết bị đo lường trên thị trường là các thiết bị đã được kiểm nghiệm chất lượng theo các cấp như trên, kết quả kiểm nghiệm sẽ xác định được cấp chính xác. Chúng thường được ghi trên vỏ máy, catalogue giới thiệu sản phẩm, hoặc tra trong sổ tay kỹ thuật, thông thường chỉ những trường hợp đặc biệt ta mới quan tâm tới thông số này.

Tại Trung tâm đo lường Nhà nước Việt Nam có đại lượng chuẩn:

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 1. Độ dài | 13. Điện trở |
| 2. Góc | 14. Điện dung |
| 3. Khối lượng | 15. Điện cảm |
| 4. Khối lượng riêng | 16. Công suất |
| 5. Dung tích | 17. Điện năng |
| 6. Độ nhớt | 18. Điện áp cao tần |
| 7. pH | 19. Công suất cao tần |
| 8. Lực | 20. Mức |
| 9. Độ cứng | 21. Độ suy giảm |
| 10. áp suất | 22. Thời gian |
| 11. Điện áp DC | 23. Tần số |
| 12. Dòng DC | 24. Nhiệt độ |

Tại Cục Tiêu chuẩn - Đo lường - Chất lượng Bộ Quốc Phòng có 2 đại lượng chuẩn:

1. Cường độ sáng
2. Quang thông.

Tại Viện năng lượng nguyên tử Việt Nam có 2 đại lượng chuẩn:

1. Hoạt độ phóng xạ
2. Liều lượng phóng xạ.

Cơ quan quản lý Nhà nước về đo lường các cấp có trách nhiệm tổ chức xây dựng các cấp có trách nhiệm tổ chức xây dựng các cơ sở có đủ điều kiện thực hiện việc kiểm định, ta đã có các đơn vị kiểm định từ Trung ương đến địa phương bao gồm các cơ sở kiểm định thuộc các cơ quan quản lý nhà nước về đo lường và các cơ sở được uỷ quyền kiểm định. Trung tâm đo lường nhà nước và các trung tâm tiêu chuẩn kỹ thuật đo lường chất lượng ba miền Bắc, Trung, Nam thực hiện việc kiểm định đối với chuẩn đo lường, những phương tiện đó có yêu cầu kỹ thuật cao nhất. Các cơ sở kiểm định thuộc Chi cục Tiêu chuẩn, Đo lường, Chất lượng tỉnh, thành phố thực hiện việc kiểm định đối với những phương tiện thông dụng, phổ biến được sử dụng với số lượng lớn gắn với đời sống nhân dân.

Chương 1. Khái niệm cơ bản trong KTDL

Cơ sở pháp lý là các văn bản: Pháp lệnh đo lường số 16/1999/PL - UBTVQH 10, nghị định của Chính phủ số 65/2001/NĐ - CP Ban hành hệ thống đơn vị đo lường hợp pháp của Việt Nam, các thông tư hướng dẫn các vấn đề cụ thể về quy chế và quy trình kiểm định phương tiện đo, duyệt mẫu, công nhận khả năng và uỷ quyền kiểm định...

2. Thiết bị đo lường điện

Là thiết bị đo lường bằng điện để gia công các thông tin đo lường, tức là tín hiệu điện có quan hệ hàm với các đại lượng vật lý cần đo. Dựa vào cách biến đổi tín hiệu và chỉ thị người ta phân dụng cụ đo điện thành 2 loại là:

* Dụng cụ đo tương tự: là dụng cụ đo mà giá trị của kết quả đo thu được là một hàm liên tục của quá trình thay đổi đại lượng đo. Dụng cụ đo chỉ thị kim và dụng cụ đo kiểu tự ghi (có thể ghi trên giấy, màn hình, băng đĩa từ ...) là hai loại dụng cụ đo tương tự.

* Dụng cụ đo số: là dụng cụ đo mà kết quả đo được thể hiện bằng con số

3. Chuyển đổi đo lường

Là loại thiết bị để gia công tín hiệu thông tin đo lường để tiện cho việc biến đổi, đo, gia công và lưu giữ kết quả

Có hai loại chuyển đổi đo lường là:

* Chuyển đổi từ đại lượng không điện thành đại lượng điện

* Chuyển đổi từ đại lượng điện thành đại lượng điện khác

4. Hệ thống thông tin đo lường

Là tổ hợp các thiết bị đo và những thiết bị phụ trợ để tự động thu thập kết quả từ nhiều nguồn khác nhau, truyền thông tin đo lường ... để phục vụ việc đo và điều khiển. Có thể phân thành nhiều nhóm như sau:

* Hệ thống đo lường: đo và ghi lại kết quả đo

* Hệ thống kiểm tra tự động: kiểm tra đại lượng đo

* Hệ thống chẩn đoán kỹ thuật

* Hệ thống nhận dạng: kết hợp giữa việc đo và kiểm tra để phân loại

* Tổ hợp đo lường tính toán

V. Định giá sai số trong đo lường

1. Nguyên nhân và phân loại sai số

a. Nguyên nhân gây sai số

Đo lường là một phương pháp vật lý thực nghiệm nhằm mục đích thu được những tin tức về đặc tính số lượng của một quá trình cần nghiên cứu. Nó được thực hiện bằng cách so sánh một đại lượng cần đo với đại lượng đo tiêu chuẩn. Kết quả đo có thể biểu thị bằng số hay biểu đồ. Tuy nhiên, kết quả đo được chỉ là một trị số gần đúng, nghĩa là phép đo có sai số. Vấn đề là cần đánh giá được độ chính xác của phép đo. Khi tính toán sai số cần tính tới trường hợp các sai số kết hợp với nhau theo hướng bất lợi nhất với các nguyên nhân:

* Nguyên nhân chủ quan: do lựa chọn phương pháp đo và dụng cụ đo không hợp lý, trình độ của người sử dụng thiết bị đo không tốt, thao tác không thành thạo ...

* Nguyên nhân khách quan: do dụng cụ đo không hoàn hảo, đại lượng đo bị can nhiễu do môi trường bên ngoài như nhiệt độ, độ ẩm, bụi bẩn, áp suất ...

b. Phân loại sai số

* Phân loại theo nguyên nhân gây ra sai số:

+ Sai số chủ quan

+ Sai số khách quan

* Phân loại theo quy luật xuất hiện sai số:

+ Sai số hệ thống là do những yếu tố thường xuyên hay các yếu tố có quy luật tác động. Nó khiến cho kết quả đo có sai số của lần đo nào cũng như nhau, nghĩa là kết quả của các lần đo đều lớn hơn hoặc nhỏ hơn giá trị thực của đại lượng đo.

Nhóm các sai số hệ thống thường do các nguyên nhân sau:

. Do dụng cụ, máy móc đo không hoàn hảo

. Do phương pháp đo, cách xử lý kết quả đo hoặc bỏ qua các yếu tố ảnh hưởng.

. Do khí hậu

+ Sai số ngẫu nhiên là sai số do các yếu tố bất thường, không có quy luật tác động. Do vậy, sai số hệ thống có thể xử lý được nhờ lấy lại chuẩn nhưng sai số ngẫu nhiên không thể xử lý được vì không biết quy luật tác động.

* Phân loại theo biểu thức

+ Sai số tuyệt đối là hiệu số giữa 2 trị số tuyệt đối của giá trị đo được và giá trị thực của đại lượng cần đo.

$$\Delta X^* = |a - X| \text{ với } a \text{ là giá trị đo được và } X \text{ là giá trị thực}$$

vì chưa biết X nên thông thường người ta lấy $\Delta X^* = \Delta X$ max của một loạt các phép đo.

+ Sai số tương đối là tỷ số của sai số tuyệt đối và trị số thực của đại lượng đo.

Sai số tương đối biểu thị đầy đủ hơn sai số tuyệt đối.

$$\delta X = \frac{\Delta X}{X} . 100\% \quad \text{sai số tương đối chân thực}$$

$$\delta X = \frac{\Delta X}{a} . 100\% \quad \text{sai số tương đối danh định}$$

Cấp chính xác của dụng cụ đo: là giá trị sai số cực đại mà dụng cụ đo mắc phải. Người ta quy định cấp chính xác của dụng cụ đo đúng bằng sai số tương đối quy đổi của dụng cụ đo và được nhà nước quy định cụ thể. (đôi khi người ta còn gọi đây là *sai số tương đối chiết hợp*, nó được ghi trực tiếp lên mặt dụng cụ đo).

$$\gamma_x \% = \frac{\Delta X_m}{X_m} . 100\%$$

ΔX_m là sai số tuyệt đối cực đại

X_m là giá trị lớn nhất của thang đo (giới hạn cực đại của lượng trình thang đo)

3. Quy luật tiêu chuẩn phân bố sai số

Để đánh giá kết quả phép đo ta cần xét giới hạn và định lượng được sai số ngẫu nhiên. Nếu ta xét kết quả của các lần đo riêng biệt, sau khi loại bỏ sai số hệ thống thì nó hoàn toàn mang tính ngẫu nhiên. Muốn đánh giá sai số ngẫu nhiên ta phải tìm được quy luật phân bố sai số ngẫu nhiên thông qua lý thuyết xác suất thống kê. Để loại bỏ sai số hệ thống thì các lần đo phải tiến hành với cùng một độ chính xác như nhau (cùng một máy đo, cùng một điều kiện đo, cùng một phương pháp đo ...).

Hàm phân bố tiêu chuẩn sai số

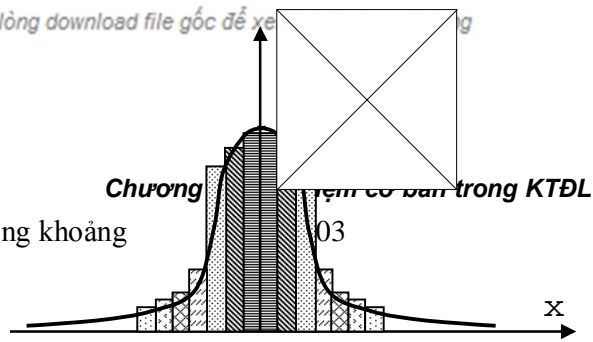
Giả sử đo đại lượng X n lần với các sai số lần lượt là x_1, x_2, \dots, x_n

Sắp xếp các sai số theo độ lớn thành từng nhóm riêng biệt $n_1, n_2 \dots n_m$

ví dụ: có n_1 sai số nằm trong khoảng $0 - 0,01$

có n_2 sai số nằm trong khoảng $0,01 - 0,02$

có n3 sai số nằm trong khoảng
....



Lập tỉ số:

$$v_1 = \frac{n_1}{n} \quad \dots$$

$$v_2 = \frac{n_2}{n}$$

gọi là tần suất các lần đo có sai số ngẫu nhiên nằm trong khoảng tương ứng.
Biểu đồ phân bố tần suất như hình bên

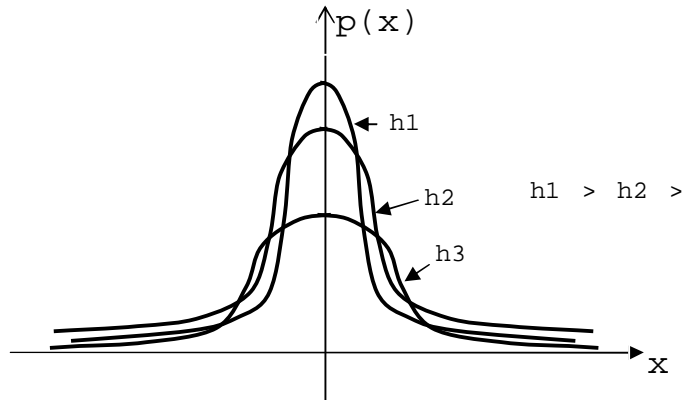
Diện tích các hình chữ nhật biểu thị xác suất xuất hiện các sai số ngẫu nhiên ở những khoảng tương ứng trên trục hoành.

Khi thực hiện phép đo nhiều lần, n tiến tới vô cùng, theo quy luật tiêu chuẩn của lý thuyết xác suất biểu đồ trên sẽ tiến đến một đường cong trung bình p(x) gọi là hàm phân bố tiêu chuẩn sai số.

$$p(x) = \lim_{n \rightarrow \infty} v(x)$$

Hàm p(x) còn được gọi là hàm Gausse với công thức sau:

$$p(x) = \frac{h}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-h^2 x^2}$$



với h là tham số về độ chính xác

Nhận xét:

- + Hàm phân bố tiêu chuẩn sai số có dạng hình chuông đối xứng qua trục tung, h càng lớn đường cong càng cao và càng hẹp, tức là độ chính xác càng cao.
- + Xác suất xuất hiện các sai số có giá trị bé lớn hơn xác suất xuất hiện các sai số có giá trị lớn
- + Xác suất xuất hiện không phụ thuộc vào dấu, tức là các sai số có giá trị tuyệt đối như nhau sẽ có xác suất xuất hiện như nhau.
- + Khi biết p(x) thì có thể xác định được xác suất xuất hiện sai số trong một khoảng bất kỳ như sau:

$$p(x_1 \leq x \leq x_2) = \int_{x_1}^{x_2} p(x) dx = \frac{h}{\sqrt{\pi}} \int_{x_1}^{x_2} e^{-h^2 x^2} dx$$

(đây chính là diện tích giới hạn bởi đường cong $p(x)$ và 2 đường x_1, x_2)

$$p(|x| \leq x_1) = 2 \int_0^{x_1} p(x) dx = \frac{2h}{\sqrt{\pi}} \int_0^{x_1} e^{-h^2 x^2} dx$$

$$p(|x| \geq x_1) = 1 - p(|x| \leq x_1)$$

TaiLieu.vn

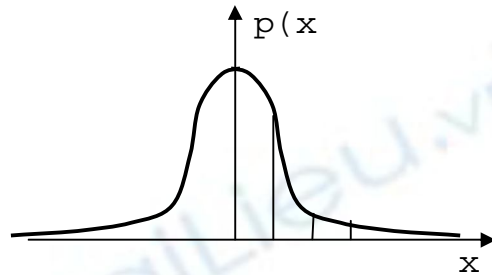
Chương 1. Khái niệm cơ bản trong KTĐL

4. Sai số trung bình bình phương và sai số trung bình

a. Sai số trung bình bình phương σ

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}} \quad \text{với } x_i \text{ là sai số của phép đo thứ } i$$

khi đó $p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$



h biểu thị độ cao của đồ thị còn σ biểu thị độ rộng của đồ thị

$$p(-\sigma, \sigma) \approx 68,3\%$$

$$p(-2\sigma, 2\sigma) \approx 95\%$$

$$p(-3\sigma, 3\sigma) \approx 99,7\%$$

b. Sai số trung bình d

d là trị số trung bình cộng của tất cả các trị số tuyệt đối của các sai số của

phép đo.

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i|}{n} = \frac{1}{h\sqrt{\pi}} = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \sigma$$

5. Sự kết hợp của các sai số

ở những phép đo có sử dụng nhiều dụng cụ đo hay nhiều phép đo thì các sai số hệ thống có xu hướng tích tụ lại, khi đó sai số của toàn bộ hệ thống thường lớn hơn bất kỳ sai số của phép đo đơn lẻ nào. Khi tính toán cần giả định rằng sai số kết hợp với nhau theo hướng bất lợi nhất.

a. Sai số của tổng các đại lượng

$$E = (V_1 \pm \Delta V_1) + (V_2 \pm \Delta V_2)$$

$$= (V_1 + V_2) \pm (\Delta V_1 + \Delta V_2)$$

b. Sai số của hiệu các đại lượng

$$E = (V_1 \pm \Delta V_1) - (V_2 \pm \Delta V_2)$$

$$= (V_1 - V_2) \pm (\Delta V_1 + \Delta V_2)$$

ví dụ:

$$E1 = 100V \pm 2V = 100V \pm 2\%$$

$$E2 = 80V \pm 4V = 80V \pm 5\%$$

$$E1 + E2 = 180V \pm 6V = 180V \pm 3,3\%$$

$$E1 - E2 = 20V \pm 6V = 20V \pm 30\%$$

từ đó ta thấy sai số % trong hiệu của các đại lượng rất lớn nên **cần tránh các phép đo có bao hàm phép hiệu của các đại lượng.**

c. Tích của hai đại lượng

$$\begin{aligned} E &= (V_1 \pm \Delta V_1)(V_2 \pm \Delta V_2) \\ &= V_1 \cdot V_2 \pm V_1 \cdot \Delta V_2 \pm V_2 \cdot \Delta V_1 \pm \Delta V_1 \cdot \Delta V_2 \\ &\approx V_1 \cdot V_2 \pm (V_1 \cdot \Delta V_2 + V_2 \cdot \Delta V_1) \end{aligned}$$

$$\delta E = \pm \left(\frac{V_1 \cdot \Delta V_2 + V_2 \cdot \Delta V_1}{V_1 V_2} \right) \cdot 100\% = \left(\pm \frac{\Delta V_1}{V_1} \pm \frac{\Delta V_2}{V_2} \right) \cdot 100\%$$

Nhận xét: sai số tương đối của tích hai đại lượng bằng tổng sai số tương đối của từng thành phần.

Trường hợp riêng, khi nâng lên lũy thừa

$$\delta(E^\alpha) = \alpha \cdot \delta E$$

d. Thương của hai đại lượng

$$E = \frac{V_1 \pm \Delta V_1}{V_2 \pm \Delta V_2} \approx \frac{V_1}{V_2}$$

$$\delta E = \pm (\delta V_1 + \delta V_2)$$

Ví dụ minh họa:

1. Một điện trở có giá trị trong khoảng $1,14k\Omega - 1,26k\Omega$

Tính sai số của điện trở này

Biết $R = 1,2k\Omega$ tại $25^\circ C$, tính giá trị lớn nhất tại $75^\circ C$, hệ số nhiệt là $500ppm/^\circ C$

$$\Delta R = 0,06k\Omega$$

$$\rightarrow R = 1,2 \pm 0,06 = 1,2k\Omega \pm 5\%$$

$$\text{Khi nhiệt độ tăng } 1^\circ C \text{ R tăng một lượng: } \frac{1,26 \cdot 10^3 \cdot 500}{10^6} = 0,63\Omega$$

$$\text{Vậy giá trị } R_{\max} = 1,26 + 0,63 \cdot (75-25) \cdot 10^{-3} = 1,2915k\Omega$$

2. Một nguồn $12V$ được mắc với một điện trở $470\Omega \pm 10\%$. Điện áp của nguồn được đo bằng một vôn kế có khoảng đo $25V$ và độ chính xác là 3% .

Tính công suất của điện trở và sai số của phép đo

$$\text{Ta có: } P = \frac{U^2}{R}$$

Vì Vôn kế có độ chính xác là 3% với khoảng đo $25V$ nên sai số tuyệt đối lớn nhất gặp phải là ΔU được tính bằng: