

ỦY BAN NHÂN DÂN QUẬN 5
TRƯỜNG TRUNG CẤP NGHỀ KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ HÙNG VƯƠNG



GIÁO TRÌNH
Đo lường điện tử
Nghề: Điện tử công nghiệp
TRÌNH ĐỘ TRUNG CẤP

LỜI GIỚI THIỆU

Để đáp ứng yêu cầu giảng dạy chương trình đào tạo nghề Điện tử công nghiệp cũng như việc cung cấp tài liệu giúp cho sinh viên học tập, khoa Điện tử chúng tôi đã tiến hành biên soạn giáo trình “Đo lường điện tử”.

Giáo trình này giúp các bạn có thêm kỹ năng:

- Đo được các thông số và các đại lượng cơ bản của mạch điện.
- Sử dụng được các loại máy phát tín hiệu chuẩn
- Thực hiện bảo trì, bảo dưỡng cho máy đo

Đây là công trình được viết bởi đội ngũ giáo viên đã và đang công tác tại trường TCN KTCN Hùng Vương cùng với sự góp ý và phản biện của các doanh nghiệp trong lĩnh vực liên quan, tuy vậy, cuốn sách chắc chắn vẫn không tránh khỏi những khiếm khuyết. Chúng tôi mong nhận được ý kiến đóng góp của bạn đọc để cuốn sách được hoàn thiện hơn trong lần tái bản.

Xin trân trọng giới thiệu cùng bạn đọc!

Quận 5, ngày 13 tháng 8 năm 2013

Biên soạn

Nguyễn Trần Công Huy

MỤC LỤC

ĐỀ MỤC	TRANG
GIỚI THIỆU VỀ MÔ ĐUN.....	1
I. ĐƠN VỊ ĐO.....	2
1. Các đơn vị cơ hệ SI.....	2
2. Các đơn vị điện hệ SI.....	3
II. SAI SỐ ĐO.....	4
1. Đo lường.....	4
1.1. Khái niệm về đo lường.....	4
1.3. Các phương pháp đo dòng điện.....	4
1.4. Chức năng, đặc điểm của thiết bị đo.....	6
2. Sai số trong đo lường.....	7
2.1. Khái niệm về sai số.....	7
2.3. Phương pháp tính sai số.....	8
2.4. Các phương pháp hạn chế sai số.....	9
3. Thị sai.....	10
3.1. Phương pháp lập bảng.....	10
III. CƠ CẤU ĐO.....	14
1. Thiết bị đo kiểu nam châm vĩnh cửu với cuộn dây quay.....	14
1.1 Cấu tạo.....	14
1.2. Nguyên lý làm việc.....	14
2. Ampe kế đo điện 1 chiều.....	15
3. Volt kế một chiều.....	16
4. Máy đo V.O.M / DVOM.....	17
4.1. Máy đo V.O.M.....	17
4.2. Đồng hồ DVOM.....	21
IV. PHƯƠNG PHÁP ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐIỆN.....	23
1. Lý thuyết cầu xoay chiều.....	23
2. Cầu điện dung.....	23
2.1. Cầu đo tụ điện có tổn hao nhỏ (Cầu Sauty):.....	24
2.2. Cầu đo tụ điện có tổn hao lớn (Cầu Nernst):.....	25
3. Cầu điện cảm.....	26
3.1. Cầu xoay chiều dùng điện cảm mẫu:.....	26
3.2. Cầu đo điện cảm Maxwell:.....	27
V. PHƯƠNG PHÁP ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG KHÔNG ĐIỆN.....	29
1. Phương pháp đo.....	29
2. Volt kế.....	29
3. Ampe kế.....	30
4. Cầu Wheatstone.....	30
4.1. Đo điện trở dùng cầu Wheatstone cân bằng.....	30
4.2. Đo điện trở dùng cầu Wheatstone không cân bằng.....	32
VI. DAO ĐỘNG KÝ.....	33
1. Máy phát tần.....	33
1.1. Các đặc tính:.....	33

1.2. Sơ đồ khối của máy phát tín hiệu đo lường:.....	33
1.3. Máy phát LC:	34
1.4. Máy phát trộn tần số:.....	34
1.5. Máy phát RC:	35
2. Máy phát xung:.....	35
2.1. Đặc tính máy phát xung:.....	35
2.2.Sơ đồ khối:	35
VII. ĐO LƯỜNG BẰNG MÁY HIỆN SÓNG	37
1. Đo lường AC.....	37
2. Đo thời gian và tần số.....	38
TÀI LIỆU THAM KHẢO	43

GIỚI THIỆU VỀ MÔ ĐUN

Vị trí , tính chất của mô đun

* Vị trí của mô đun: Mô đun được bố trí dạy ngay từ đầu khóa học, trước khi học các môn chuyên môn và có thể học song song với môn học, mô đun cơ bản khác như linh kiện điện tử...

* Tính chất của mô đun: Là mô đun bắt buộc.

Mục tiêu của mô đun

Sau khi học xong môđun này người học có năng lực:

* Về kiến thức:

- Trình bày được khái niệm sai số trong đo lường, các loại sai số và biện pháp phòng tránh.

- Trình bày được các loại cơ cấu đo dùng trong kỹ thuật điện, điện tử.

- Trình bày được cơ cấu và cách sử dụng các loại máy đo thông dụng trong kỹ thuật: VOM, DVOM, máy hiện sóng.

- Trình bày được cơ cấu và cách sử dụng các loại máy phát: Âm tần, cao tần...

* Về kỹ năng:

- Đo được các thông số và các đại lượng cơ bản của mạch điện.

- Sử dụng được các loại máy phát tín hiệu chuẩn

- Thực hiện bảo trì, bảo dưỡng cho máy đo

*Về thái độ:

- Chủ động, tư duy và sáng tạo trong học tập

Nội dung của mô đun

1. Đơn vị đo
2. Sai số đo
3. Cơ cấu đo
4. Phương pháp đo các đại lượng điện
5. Phương pháp đo các đại lượng không điện
6. Dao động ký
7. Đo lường bằng máy hiện sóng

I. ĐƠN VỊ ĐO

❖ Các đơn vị đo lường cơ bản theo hệ SI

Đơn vị đo lường hợp pháp được quy định trong Nghị định số 134/2007/NĐCP ngày 15/8/2007 của Chính phủ quy định về đơn vị đo lường chính thức của nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam.

Hệ đơn vị đo lường quốc tế (SI) gồm bảy đơn vị cơ bản và các đơn vị dẫn xuất được suy ra từ các đơn vị cơ bản này.

TT	Đại lượng	Tên đơn vị	Ký hiệu đơn vị
1	độ dài	mét	m
2	khối lượng	kilôgam	kg
3	thời gian	giây	s
4	cường độ dòng điện	ampe	A
5	hiệu độ nhiệt động học	kenvin	K
6	lượng vật chất	mol	mol
7	cường độ sáng	candela	cd

1. Các đơn vị cơ hệ SI

1.1	khối lượng theo chiều dài (mật độ dài)	kilôgam trên mét	kg/m	kg.m^{-1}
1.2	khối lượng theo bề mặt (mật độ mặt)	kilôgam trên mét vuông	kg/m^2	kg.m^{-2}
1.3	khối lượng riêng (mật độ)	kilôgam trên mét khối	kg/m^3	kg.m^{-3}
1.4	lực	niuton	N	m.kg.s^{-2}
1.5	mômen lực	niuton mét	N.m	$\text{m}^2.\text{kg.s}^{-2}$
1.6	áp suất, ứng suất	pascan	Pa	$\text{m}^{-1}.\text{kg.s}^{-2}$
1.7	độ nhớt động lực	pascan giây	Pa.s	$\text{m}^{-1}.\text{kg.s}^{-1}$
1.8	độ nhớt động học	mét vuông trên giây	m^2/s	$\text{m}^2.\text{s}^{-1}$
1.9	công, năng lượng	jun	J	$\text{m}^2.\text{kg.s}^{-2}$
1.10	công suất	oát	W	$\text{m}^2.\text{kg.s}^{-3}$
1.11	lưu lượng thể tích	mét khối trên giây	m^3/s	$\text{m}^3.\text{s}^{-1}$
1.12	lưu lượng khối lượng	kilôgam trên giây	kg/s	kg.s^{-1}

2. Các đơn vị điện hệ SI

2.1	điện lượng (điện tích)	culông	C	s.A
2.2	điện thế, hiệu điện thế (điện áp), sức điện động	vôn	V	$m^2.kg.s^{-3}.A^{-1}$
2.3	cường độ điện trường	vôn trên mét	V/m	$m.kg.s^{-3}.A^{-1}$
2.4	điện trở	ôm	Ω	$m^2.kg.s^{-3}.A^{-2}$
2.5	điện dẫn (độ dẫn điện)	simen	S	$m^{-2}.kg^{-1}.s^3.A^2$
2.6	thông lượng điện (thông lượng điện dịch)	culông	C	s.A
2.7	mật độ thông lượng điện (điện dịch)	culông trên mét vuông	C/m ²	$m^{-2}.s.A$
2.8	công, năng lượng	jun	J	$m^2.kg.s^{-2}$
2.9	cường độ từ trường	ampe trên mét	A/m	$m^{-1}.A$
2.10	điện dung	fara	F	$m^{-2}.kg^{-1}.s^4.A^2$
2.11	độ tự cảm	henry	H	$m^2.kg.s^{-2}.A^{-2}$
2.12	từ thông	vebe	Wb	$m^2.kg.s^{-2}.A^{-1}$
2.13	mật độ từ thông, cảm ứng từ	tesla	T	$kg.s^{-2}.A^{-1}$
2.14	suất từ động	ampe	A	A
2.15	công suất tác dụng (công suất)	oát	W	$m^2.kg.s^{-3}$
2.16	công suất biểu kiến	vôn ampe	V.A	$m^2.kg.s^{-3}$
2.17	công suất kháng	var	var	$m^2.kg.s^{-3}$

II. SAI SỐ ĐO

1. Đo lường

1.1. Khái niệm về đo lường.

- Đo lường: Là một quá trình đánh giá định lượng đối tượng cần đo để có kết quả bằng số so với đơn vị

Quá trình đo gồm 3 thao tác chính:

- + Thiết bị đo và thiết bị mẫu
- + Thiết bị đo: Là một hệ thống mà lượng vào là đại lượng đo, lượng ra là chỉ thị bằng kim, tự ghi hoặc số.
- + Thiết bị mẫu: Là TB đo chuẩn dùng để kiểm tra và hiệu chỉnh TB đo.

Ví dụ: Muốn kiểm định công tơ cấp chính xác 2 thì bàn kiểm định công tơ phải có cấp chính xác ít nhất là 0,5.

1.2. Khái niệm về đo lường điện

Đại lượng nào so sánh được với mẫu hay chuẩn thì mới đo được. Nếu các đại lượng không so sánh được thì phải chuyển đổi về đại lượng so sánh được với mẫu hay chuẩn rồi đo. Đo lường điện là một quá trình đánh giá định lượng đại lượng điện cần đo để có kết quả bằng số so với đơn vị đo.

1.3. Các phương pháp đo dòng điện

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...

Tùy thuộc vào đối tượng đo, điều kiện đo và độ chính xác yêu cầu của phép đo mà người quan sát phải biết chọn các phương pháp đo khác nhau để thực hiện tốt quá trình đo lường. Có thể có nhiều phương pháp đo khác nhau nhưng trong thực tế thường phân thành 2 loại phương pháp đo chính là phương pháp đo biến đổi thẳng và phương pháp đo kiểu so sánh.

1.3.1. Phương pháp đo biến đổi thẳng

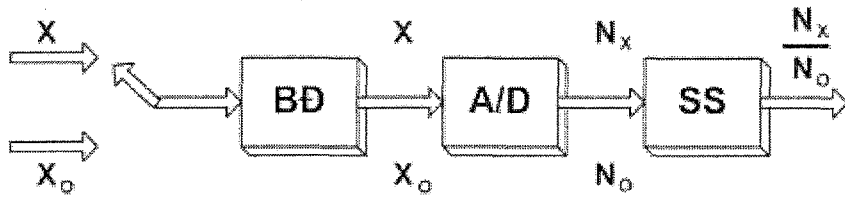
- **Định nghĩa:** là phương pháp đo có sơ đồ cấu trúc theo kiểu biến đổi thẳng, nghĩa là không có khâu phản hồi.

- **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_0 cũng được biến đổi thành con số N_0 .

* Tiến hành quá trình so sánh giữa đại lượng đo và đơn vị (thực hiện phép chia N_x/N_0),

* Thu được kết quả đo: $A_X = X/X_0 = N_X/N_0$.



Hình 1.1. 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_0 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_0 , qua khâu so sánh có N_X/N_0 .

Dụng cụ đo biến đổi thẳng thường có sai số tương đối lớn vì tín hiệu qua các khâu biến đổi sẽ có sai số bằng tổng sai số của các khâu, vì vậy dụng cụ đo loại này thường được sử dụng khi độ chính xác yêu cầu của phép đo không cao lắm.

1.3.2. Phương pháp đo kiểu so sánh:

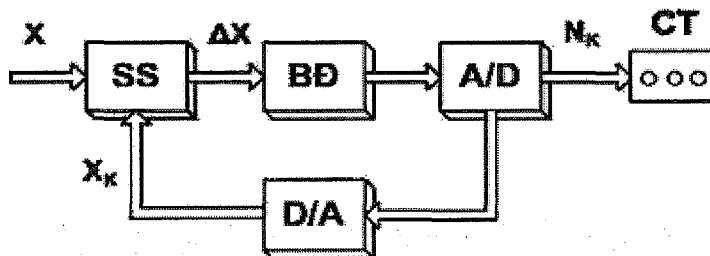
- **Định nghĩa:** là phương pháp đo có sơ đồ cấu trúc theo kiểu mạch vòng, nghĩa là có khâu phản hồi.

- **Quá trình thực hiện:**

+ Đại lượng đo X và đại lượng mẫu X_0 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_0) 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 1.2. Lưu đồ phương pháp đo kiểu so sánh.

+ Các phương pháp so sánh: bộ so sánh SS thực hiện việc so sánh đại lượng đo X và đại lượng tỉ lệ với mẫu X_K , qua bộ so sánh có: $\Delta X = X - X_K$. Tùy thuộc vào cách so sánh mà sẽ có các phương pháp sau:

- **So sánh cân bằng:**

* Quá trình thực hiện: đại lượng cần đo X và đại lượng tỉ lệ với mẫu $X_K = N_K \cdot X_0$ được so sánh với nhau sao cho $\Delta X = 0$, từ đó suy ra $X = X_K = N_K \cdot X_0$

+ suy ra kết quả đo: $A_X = X/X_0 = N_K$. Trong quá trình đo, X_K phải thay đổi khi X thay đổi để được kết quả so sánh là $\Delta X = 0$ từ đó suy ra kết quả đo.

* Độ chính xác: phụ thuộc vào độ chính xác của X_K và độ nhạy của thiết bị chỉ thị cân bằng (độ chính xác khi nhận biết $\Delta X = 0$).

Ví dụ: cầu đo, điện thế kế cân bằng

- So sánh không cân bằng:

* Quá trình thực hiện: đại lượng tỉ lệ với mẫu X_K là không đổi và biết trước, qua bộ so sánh có được $\Delta X = X - X_K$, đo ΔX sẽ có được đại lượng đo $X = \Delta X + X_K$ từ đó có kết quả đo: $A_X = X/X_0 = (\Delta X + X_K)/X_0$.

* Độ chính xác: độ chính xác của phép đo chủ yếu do độ chính xác của X_K quyết định, ngoài ra còn phụ thuộc vào độ chính xác của phép đo ΔX , giá trị của ΔX so với X (độ chính xác của phép đo càng cao khi ΔX càng nhỏ so với X).

Phương pháp này thường được sử dụng để đo các đại lượng không điện, như đo ứng suất (dùng mạch cầu không cân bằng), đo nhiệt độ...

- So sánh không đồng thời:

* Quá trình thực hiện: dựa trên việc so sánh các trạng thái đáp ứng của thiết bị đo khi chịu tác động tương ứng của đại lượng đo X và đại lượng tỉ lệ với mẫu X_K , khi hai trạng thái đáp ứng bằng nhau suy ra $X = X_K$.

Đầu tiên dưới tác động của X gây ra một trạng thái nào đó trong thiết bị đo, sau đó thay X bằng đại lượng mẫu X_K thích hợp sao cho cũng gây ra đúng trạng thái như khi X tác động, từ đó suy ra $X = X_K$. Như vậy rõ ràng là X_K phải thay đổi khi X thay đổi.

* Độ chính xác: phụ thuộc vào độ chính xác của X_K . Phương pháp này chính xác vì khi thay X_K bằng X thì mọi trạng thái của thiết bị đo vẫn giữ nguyên. Thường thì giá trị mẫu được đưa vào khắc độ trước, sau đó qua các vạch khắc mẫu để xác định giá trị của đại lượng đo X . Thiết bị đo theo phương pháp này là các thiết bị đánh giá trực tiếp như vônmet, ampe mét chỉ thị kim.

- So sánh đồng thời:

* Quá trình thực hiện: so sánh cùng lúc nhiều giá trị của đại lượng đo X và đại lượng mẫu X_K , căn cứ vào các giá trị bằng nhau suy ra giá trị của đại lượng đo.

Ví dụ: xác định 1 inch bằng bao nhiêu mm: lấy thước có chia độ mm (mẫu), thước kia theo inch (đại lượng cần đo), đặt điểm 0 trùng nhau, đọc được các điểm trùng nhau là: 127mm và 5 inch, 254mm và 10 inch, từ đó có được: $1 \text{ inch} = 127/5 = 254/10 = 25,4 \text{ mm}$

Trong thực tế thường sử dụng phương pháp này để thử nghiệm các đặc tính của các cảm biến hay của thiết bị đo để đánh giá sai số của chúng.

Từ các phương pháp đo trên có thể có các cách thực hiện phép đo là:

- **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

1.4. Chức năng, đặc điểm của thiết bị đo

Thiết bị đo là sự thể hiện phương pháp đo bằng các khâu cụ thể

Đặc tính cơ bản của dụng cụ đo gồm sai số của dụng cụ đo, độ nhạy, điện trở

của dụng cụ đo và công suất tiêu thụ, độ tác động nhanh và độ tin cậy

2. Sai số trong đo lường

2.1. Khái niệm về sai số.

Ngoài sai số của dụng cụ đo, việc thực hiện quá trình đo cũng gây ra nhiều sai số. Nguyên nhân của những sai số này gồm:

- Phương pháp đo được chọn.
- Mức độ cẩn thận khi đo.

Do vậy kết quả đo lường không đúng với giá trị chính xác của đại lượng đo mà có sai số, gọi là sai số của phép đo. Như vậy muốn có kết quả chính xác của phép đo thì trước khi đo phải xem xét các điều kiện đo để chọn phương pháp đo phù hợp, sau khi đo cần phải gia công các kết quả thu được nhằm tìm được kết quả chính xác.

2.2. Các loại sai số.

* Sai số tuyệt đối, sai số tương đối, sai số hệ thống.

- Sai số của phép đo: là sai số giữa kết quả đo lường so với giá trị chính xác của đại lượng đo.

- Giá trị thực X_{th} của đại lượng đo: là giá trị của đại lượng đo xác định được với một độ chính xác nào đó (thường nhờ các dụng cụ mẫu có cấp chính xác cao hơn dụng cụ đo được sử dụng trong phép đo đang xét).

Giá trị chính xác (giá trị đúng) của đại lượng đo thường không biết trước, vì vậy khi đánh giá sai số của phép đo thường sử dụng giá trị thực X_{th} của đại lượng đo.

Như vậy ta chỉ có sự đánh giá gần đúng về kết quả của phép đo. Việc xác định sai số của phép đo - tức là xác định độ tin tưởng của kết quả đo là một trong những nhiệm vụ cơ bản của đo lường học. Sai số của phép đo có thể phân loại theo cách thể hiện bằng số, theo nguồn gây ra sai số hoặc theo qui luật xuất hiện của sai số.

* Sai số tuyệt đối ΔX : là hiệu giữa đại lượng đo X và giá trị thực X_{th} :

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

* Sai số tương đối γ_X : là tỉ số giữa sai số tuyệt đối và giá trị thực tính bằng phần trăm

$$\gamma_X = \left| \frac{\Delta X}{X_{th}} \right| \cdot 100(\%)$$

$$\text{Vì } X = X_{th} \text{ nên có thể có: } \gamma_X \approx \left| \frac{\Delta X}{X} \right| \cdot 100(\%)$$

Sai số tương đối đặc trưng cho chất lượng của phép đo.

Độ chính xác của phép đo ε : đại lượng nghịch đảo của sai số tương đối:

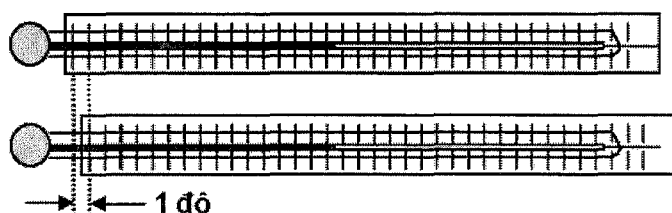
$$\varepsilon = \left| \frac{\Delta_{th}}{\Delta_x} \right| = \frac{1}{\gamma_x}$$

* **Sai số hệ thống (systematic error):** thành phần sai số của phép đo luôn không đổi hoặc thay đổi có qui luật khi đo nhiều lần một đại lượng đo.

Qui luật thay đổi có thể là một phía (dương hay âm), có chu kỳ hoặc theo một qui luật phức tạp nào đó.

Ví dụ: sai số hệ thống không đổi có thể là: sai số do khắc độ thang đo (vạch khắc độ bị lệch...), sai số do hiệu chỉnh dụng cụ đo không chính xác (chỉnh đường tâm ngang sai trong dao động ký...).

Sai số hệ thống thay đổi có thể là sai số do sự dao động của nguồn cung cấp (pin yếu, ổn áp không tốt...), do ảnh hưởng của trường điện từ...



Hình 1.3. Sai số hệ thống do khắc vạch là 1 độ - khi đọc cần hiệu chỉnh thêm 1 độ.

* **Sai số do chủ quan:** người đo gây nên do người làm thí nghiệm có giác quan kém nhạy hoặc kinh nghiệm hạn chế. Thí dụ, trong sự chuẩn độ mắt nhìn thiếu tinh tường để phân biệt sự chuyển màu, trong việc đo độ dẫn điện tai không thính để phát hiện chính xác trạng thái cân bằng của cầu đo bằng ống nghe v.v...

* **Sai số ngẫu nhiên:** Sai số do chủ quan người đo hoặc sai số do điều kiện thí nghiệm không ổn định... thuộc loại sai số ngẫu nhiên. Sai số ngẫu nhiên không do một nguyên nhân nhất định nào gây ra, kết quả của phép đo thay đổi lộn xộn theo cả hai chiều, lúc tăng lúc giảm, do đó khi tăng số lần đo có thể làm giảm giá trị sai số này.

2.3. Phương pháp tính sai số.

Dựa vào số lớn các giá trị đo được có thể xác định qui luật thay đổi của sai số ngẫu nhiên nhờ sử dụng các phương pháp toán học thống kê và lý thuyết xác suất. Nhiệm vụ của việc tính toán sai số ngẫu nhiên là chỉ rõ giới hạn thay đổi của sai số của kết quả đo khi thực hiện phép đo nhiều lần, như vậy phép đo nào có kết quả với sai số ngẫu nhiên vượt quá giới hạn sẽ bị loại bỏ.

- **Cơ sở toán học:** việc tính toán sai số ngẫu nhiên dựa trên giả thiết là sai số ngẫu nhiên của các phép đo các đại lượng vật lý thường tuân theo luật phân bố chuẩn (luật phân bố Gau-xơ-Gauss). Nếu sai số ngẫu nhiên vượt quá một giá trị nào đó thì xác suất xuất hiện sẽ hầu như bằng không và vì thế kết quả đo nào có sai số ngẫu nhiên như vậy sẽ bị loại bỏ.
- **Các bước tính sai số ngẫu nhiên:**

Xét n phép đo với các kết quả đo thu được là x_1, x_2, \dots, x_n .

*. Tính ước lượng kì vọng toán học m_x của đại lượng đo:

$$m_X = \bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n},$$

chính là giá trị trung bình đại số của n kết quả đo.

*. **Tính độ lệch của kết quả mỗi lần đo so với giá trị trung bình vi :**

$$v_i = x_i - \bar{X}$$

v_i (còn gọi là sai số dư).

*. **Tính khoảng giới hạn của sai số ngẫu nhiên:** được tính trên cơ sở đường phân bố chuẩn: $\Delta = [\Delta_1, \Delta_2]$, thường chọn $\Delta = [\Delta_1, \Delta_2]$ với:

$$\Delta_1 = \Delta_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n \cdot (n-1)}},$$

với xác suất xuất hiện sai số ngẫu nhiên ngoài khoảng này là 34%.

*. Xử lý kết quả đo: những kết quả đo nào có sai số dư vi nằm ngoài khoảng $[\Delta_1, \Delta_2]$ sẽ bị loại

2.4. Các phương pháp hạn chế sai số

Một trong những nhiệm vụ cơ bản của mỗi phép đo chính xác là phải phân tích các nguyên nhân có thể xuất hiện và loại trừ sai số hệ thống. Mặc dù việc phát hiện sai số hệ thống là phức tạp, nhưng nếu đã phát hiện thì việc loại trừ sai số hệ thống sẽ không khó khăn.

* **Việc loại trừ sai số hệ thống có thể tiến hành bằng cách:**

- Chuẩn bị tốt trước khi đo: phân tích lý thuyết; kiểm tra dụng cụ đo trước khi sử dụng; chuẩn bị trước khi đo; chỉnh "0" trước khi đo...

- Quá trình đo có phương pháp phù hợp: tiến hành nhiều phép đo bằng các phương pháp khác nhau; sử dụng phương pháp thế...

- Xử lý kết quả đo sau khi đo: sử dụng cách bù sai số ngược dấu (cho một lượng hiệu chỉnh với dấu ngược lại); trong trường hợp sai số hệ thống không đổi thì có thể loại được bằng cách đưa vào một lượng hiệu chỉnh hay một hệ số hiệu chỉnh:

+ Lượng hiệu chỉnh: là giá trị cùng loại với đại lượng đo được đưa thêm vào kết quả đo nhằm loại sai số hệ thống.

+ Hệ số hiệu chỉnh: là số được nhân với kết quả đo nhằm loại trừ sai số hệ thống

Trong thực tế không thể loại trừ hoàn toàn sai số hệ thống. Việc giảm ảnh hưởng sai số

hệ thống có thể thực hiện bằng cách chuyển thành sai số ngẫu nhiên.

* **Xử lý kết quả đo.**

Như vậy sai số của phép đo gồm 2 thành phần: sai số hệ thống θ - không đổi hoặc thay đổi có qui luật và sai số ngẫu nhiên Δ - thay đổi một cách ngẫu nhiên không có qui luật. Trong quá trình đo hai loại sai số này xuất hiện đồng thời và sai số phép đo ΔX được biểu diễn dưới dạng tổng của hai thành phần sai số đó: $\Delta X = \theta + \Delta$. Để nhận được các kết quả sai lệch ít nhất so với giá trị thực của đại lượng đo cần phải tiến hành đo nhiều lần và thực hiện gia công (xử lý) kết quả đo (các số liệu nhận được sau khi đo).

Sau n lần đo sẽ có n kết quả đo x_1, x_2, \dots, x_n là số liệu chủ yếu để tiến hành gia công kết quả đo.

* Loại trừ sai số hệ thống.

Việc loại trừ sai số hệ thống sau khi đo được tiến hành bằng các phương pháp.

- Sử dụng cách bù sai số ngược dấu
- Đưa vào một lượng hiệu chỉnh hay một hệ số hiệu chỉnh

3. Thị sai

3.1. Phương pháp lập bảng

Mỗi bài thực nghiệm cần phải bắt đầu từ việc thiết lập trình tự thí nghiệm và lập các bảng để ghi các số liệu thực nghiệm.

Thường các phép đo đều phải chứa ít nhất hai biến số: một được lựa chọn làm biến số độc lập và một (hoặc nhiều) là biến số phụ thuộc. Người ta thường chọn biến số độc lập là thời gian, nhiệt độ, áp suất, nồng độ... và giá trị các biến số này được sắp xếp trong cột theo thứ tự tăng dần hoặc giảm dần. Phía đầu cột phải ghi rõ tên biến số và đơn vị đo. Các con số phải được ghi đầy đủ và cẩn thận, các dấu phẩy giữa các số phải cùng nằm trên một đường thẳng đứng và sau dấu phẩy chỉ được viết các số lẻ trong phạm vi sai số của phép đo (thí dụ sai số của dụng cụ).

Nếu cần phải đưa vào bảng giá trị $x = a.10^n$ thì trong các hàng chỉ ghi trị số a , còn ở phía trên của cột ghi $x.10^{-n}$. Thí dụ, nồng độ của dung dịch là $C = 2,5.10^{-3}M$ thì trong hàng viết 2,5 và ở phía trên của cột viết $C.10^3M$. Điều này có nghĩa là $C.10^3 = 2,5M$ hay $C = 2,5.10^{-3}M$.

Các số liệu ghi trong bảng cũng phải được quy tròn thích hợp và nếu cùng trong một cột thì các số liệu phải có cùng độ chính xác (cùng một số các số lẻ).

3.2. Phương pháp dựng đồ thị

Việc biểu diễn các số liệu thực nghiệm hay tính toán bằng đồ thị cho phép ta - một cách trực giác - biểu thị mối tương quan của các đại lượng nghiên cứu, giúp ta có thể so sánh các đại lượng, thấy được sự diễn biến của các dữ kiện (như có cực đại, cực tiểu, điểm uốn không?), biết được tốc độ biến thiên của các đại lượng, tính tuần hoàn của các đại lượng và nhiều tính chất quan trọng khác. Hơn nữa, bằng đồ thị người ta còn thực hiện được một loạt những tính toán khác như nội suy, ngoại suy, vi phân, tích phân... do đó so với phương pháp lập bảng, phương pháp biểu diễn trên đồ thị có nhiều ưu điểm hơn.

Đồ thị được vẽ trên giấy kẻ ô vuông, tốt nhất là trên giấy milimet in sẵn. Người ta thường biểu thị trong hệ toạ độ Đề-các các thông số (x) trên trục hoành và các hàm số (y) trên trục tung. Đường biểu diễn phải chiếm hầu hết toàn bộ tờ giấy vẽ. Muốn vậy thang x và y phải bắt đầu từ trị số gần với trị số bé nhất đã làm tròn và kết thúc bằng trị số gần với trị số lớn nhất đã làm tròn của đại lượng đã cho. Thí dụ, nếu x thay đổi từ $0,53 \div 0,96$ còn y từ $4,2 \div 15,6$ thì trục hoành bắt đầu từ $0,50$ và kết thúc $1,00$; còn trục tung bắt đầu bằng $4,0$ và kết thúc bằng 16 . Như vậy, giao điểm của trục hoành và trục tung không nhất thiết phải có hoành độ $x = 0$ và tung độ $y = 0$.

Trên các khoảng cách đều nhau của trục, nên lấy các số chẵn, việc đó sẽ giúp ta xác định được toạ độ của một điểm trên đồ thị được dễ dàng và nhanh chóng.

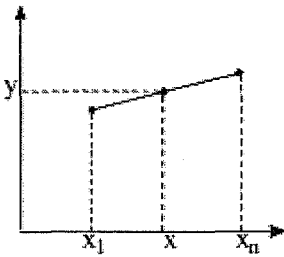
Tỉ lệ của hai trục toạ độ có thể khác nhau nhưng nếu đường biểu diễn là thẳng thì nên chọn tỉ lệ thế nào cho độ nghiêng của đường biểu diễn xấp xỉ 45° so với trục hoành và nếu là các đường cong thì phải chọn tỉ lệ sao cho các cực đại, cực tiểu, điểm uốn, điểm gãy ... được biểu thị rõ ràng.

Điểm biểu diễn thường được vẽ bằng một dấu chấm và một vòng tròn (hoặc một hình tam giác, một hình vuông...) bao quanh. Bán kính của đường tròn này phải phù hợp với độ chính xác của phép đo. Thí dụ, độ chính xác của nhiệt độ là $0,01^\circ \text{C}$ thì bán kính đường tròn bao quanh chấm phải vẽ bằng $1/100$ của khoảng ứng với 1° trên trục nhiệt độ. (Trong trường hợp độ chính xác của dữ kiện trên trục tung và trên trục hoành khác nhau, lẽ ra phải vẽ quanh điểm biểu diễn một hình bầu dục, thì người ta vẫn vẽ một đường tròn có bán kính ứng với dữ kiện có độ chính xác thấp hơn). Đường biểu diễn ít nhất cũng phải dính vào các đường tròn của các điểm biểu diễn, trừ những điểm được xem là bất thường hoặc những điểm có độ chính xác kém hơn các điểm khác. Đường biểu diễn phải tránh những hiện tượng không giải thích được như các điểm gãy, điểm tự cắt nhau v.v... Nếu đường biểu diễn được dùng để xác định chính xác các giá trị nào đó thì cần được vẽ bằng nét nhỏ.

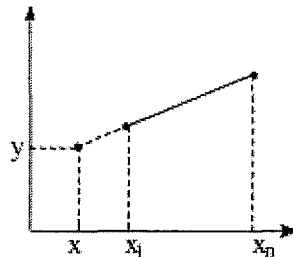
Khi đồ thị được dùng để xác định các đạo hàm hay các hệ số của phương trình đường biểu diễn hoặc để ngoại suy ra ngoài giới hạn đo, nên chuyển sự phụ thuộc hàm số thành đường thẳng. Thí dụ, sự phụ thuộc của áp suất hơi bão hoà P của chất lỏng vào nhiệt độ T là một đường cong, nhưng nếu biểu thị quan hệ giữa $\lg P$ và $1/T$ thì ta sẽ được một đường thẳng, dựa vào hệ số góc của đường thẳng này sẽ xác định được nhiệt hoá hơi của chất lỏng v.v...

Dựa vào đồ thị có thể thực hiện các phép nội suy hoặc ngoại suy để xác định một đại lượng nào đó. Sự nội suy cho phép tìm các giá trị trung gian của hàm số y ứng với một thông số x nằm trong giới hạn các giá trị $x_1 \dots x_n$ đã cho (hình 1), còn sự ngoại suy cho phép tìm một giá trị của hàm số y ứng với một thông số x nằm

ngoài giới hạn của các giá trị $x_1 \dots x_n$ đã cho (hình 2).



Hình 1. Nội suy bằng đồ thị



Hình 2. Ngoại suy bằng đồ thị

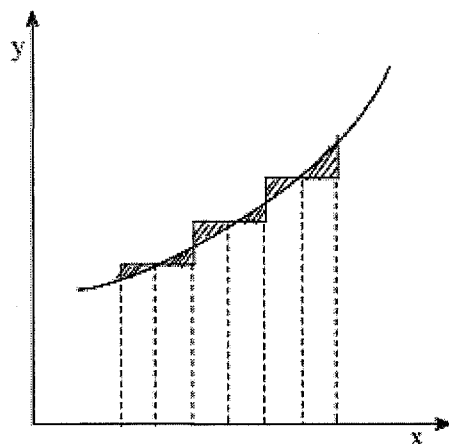
Phép ngoại suy chỉ được phép thực hiện khi tương quan hàm số và biến số vẫn đúng cả ở ngoài phạm vi của phép đo được tiến hành. Độ chính xác của phép ngoại suy không cao, nhất là đối với các giá trị x nằm xa các giá trị $x_1 \dots x_n$ đã cho, tuy nhiên, trong một số trường hợp, đó vẫn là phương pháp thực nghiệm không thể thay thế được.

Phép vi phân đồ thị được tiến hành bằng cách vẽ một tiếp tuyến tại điểm đã cho trên đường cong $\frac{dy}{dx} = \tan \alpha$. Góc α tạo bởi tiếp tuyến với hướng dương của trục x . Đạo hàm $\frac{dy}{dx}$ được xác định bằng tỉ số giữa các cạnh của một tam giác vuông (xem hình 3). Độ lớn của các cạnh của tam giác phải được tính ra đơn vị của thang tỉ lệ. Ví dụ, trong hình 3:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{ab}{cd}$$

Phép tích phân đồ thị đưa tới việc xác định diện tích nằm dưới đường cong và giới hạn bởi hai tung độ (thí dụ hai tung độ y_1 và y_2 trên hình 4).

Có nhiều phương pháp tích phân đồ thị song đơn giản hơn cả vẫn là phương pháp sử dụng một thiết bị chuyên dụng được gọi là planimet. Thông thường toàn bộ bề mặt dưới đường cong được chia nhỏ thành những dải hẹp có bề rộng bằng nhau. Mỗi dải hẹp này được xem là những hình thang có một cạnh cong được chấp nhận là thẳng. Người ta còn có thể chia diện tích dưới đường cong theo một cách khác: kẻ những đoạn thẳng song song với trục hoành sao cho diện tích các tam giác (phần gạch chéo trên hình 5) ở phía trên và ở phía dưới đường cong phải bằng nhau. Khi đó tổng diện tích các hình chữ nhật chính là diện tích phải tìm.



Hình 5. Cách tích phân đồ thị

Ở cả hai phương pháp tích phân đồ thị, kết quả thu được phải được chuyển từ kích thước hình học (cm^2 chẳng hạn) sang đơn vị đo tương ứng với thang tỉ lệ.

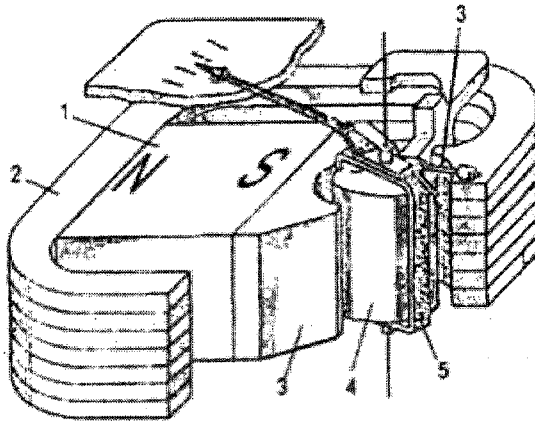
❖ Bài tập

1. Nêu định nghĩa về đo lường.
2. Phương pháp đo là gì? Có mấy phương pháp đo?
3. Đơn vị đo là gì? Thế nào gọi là đơn vị tiêu chuẩn?
4. Sai số là gì? Có mấy loại sai số? phương pháp hạn chế sai số? cách tính sai số.

III. CƠ CẤU ĐO

1. Thiết bị đo kiểu nam châm vĩnh cửu với cuộn dây quay

1.1 Cấu tạo



Cơ cấu chỉ thị từ điện

Cơ cấu chỉ thị từ điện gồm có hai phần cơ bản : Phần tĩnh và phần động

* Phần tĩnh gồm có :

- Nam châm vĩnh cửu 1
- mạch từ 2
- Cực từ 3
- Lõi sắt 4

Hình thành mạch từ kín

Giữa cực từ 3 và lõi 4 có khe hở không khí

* Phần động gồm có :

Khung dây 5 được quấn bằng dây đồng có đường kính 0,03 - 0,07 ÷ mm

Khung dây được gắn vào trục (hoặc dây căng, dây treo) quay và di chuyển trong khe hở không khí giữa cực từ 3 và lõi 4

Nam châm được chế tạo bằng các hợp kim Vonfram, alnicô, hợp kim crom... có trị số từ cảm từ 0,1 ÷ 0,12 Tesla và từ 0,2 ÷ 0,3 tesla.

1.2. Nguyên lý làm việc

Khi có dòng điện chạy qua khung dây, dưới tác dụng của từ trường Nam châm vĩnh cửu, Khung dây lệch khỏi vị trí ban đầu một góc là α .

$$\text{Mô men quay được tính theo biểu thức: } M_y = \frac{dW_c}{d\alpha} \quad (1)$$

W_c : Là năng lượng điện từ tỉ lệ với độ lớn của từ thông trong khe hở không khí và dòng điện chạy trong khung dây.

$$W_c = \phi \cdot I \quad (2)$$

$$\phi = B \cdot S \cdot W \cdot \alpha \quad (3)$$

B : là độ từ cảm của Nam châm vĩnh cửu
 S : Là tiết diện khung dây
 W: là số vòng của khung
 α : Là góc lệch của khung khỏi vị trí ban đầu

Thay (2) và (3) vào (1) ta có :

$$M_q = \frac{dW_c}{d\alpha} = \frac{d(BSW\alpha.I)}{d\alpha} = BSWI$$

Ở vị trí cân bằng thì : $M_q = M_c$

$$\Rightarrow B.S.W.I = D\alpha \text{ và } \alpha = \frac{1}{D}.B.S.W.I = S_1.I \quad (*)$$

Do B, S, W, D là hằng số nên góc lệch α tỷ lệ bậc nhất với dòng điện I.
 Từ biểu thức (*) ta thấy cơ cấu từ điện chỉ có thể đo được dòng điện một chiều,

thang đo đều nhau, độ nhạy $S_1 = \frac{1}{D}.B.S.W$ là một hằng số không đổi.

Cơ cấu từ điện dùng để chế tạo amperet, vônmet, ômmet nhiều thang đo và có dải đo rộng, độ chính xác cao cấp (0,1 ÷ 0,5)

2. Ampe kế đo điện 1 chiều

Ampe kế một chiều được chế tạo dựa trên cơ cấu chỉ thị từ điện. Độ lệch của kim tỷ lệ thuận với dòng chạy qua cuộn động nhưng độ lệch kim được tạo ra bởi dòng điện rất nhỏ và cuộn dây quấn bằng dây có tiết diện bé nên khả năng chịu dòng rất kém. Thông thường, dòng cho phép qua cơ cấu chỉ trong khoảng $10^{-4}A \div 10^{-2} A$; điện trở của cuộn dây từ $20\Omega \div 2000\Omega$ với cấp chính xác 1,1; 1; 0,5; 0,2; 0,05

Để tăng khả năng chịu dòng cho cơ cấu (cho phép dòng lớn hơn qua) người ta mắc thêm điện trở SUN song song với cơ cấu chỉ thị có giá trị như sau:

$$R_S = \frac{R_{CT}}{n-1} \text{ Với: } - n = \frac{I}{I_{CT}} \text{ là hệ số mở rộng thang đo}$$

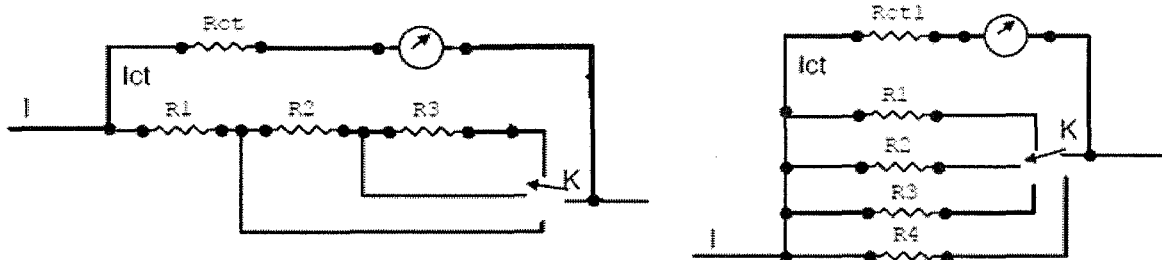
- I: dòng cần đo

- I_{CT} : dòng cực đại mà cơ cấu chịu được

Chú ý: Điện trở SUN được chế tạo bằng Manganin (hỗn hợp gồm 55% đồng và 45% nikel) có độ chính xác cao hơn độ chính xác của cơ cấu đo ít nhất 1 cấp.

Khi Ampe kế có nhiều thang đo ta có thể mắc theo hai cách:

- Mắc điện trở SUN kiểu nối tiếp (Hình a)
- Mắc điện trở SUN kiểu song song (Hình b)



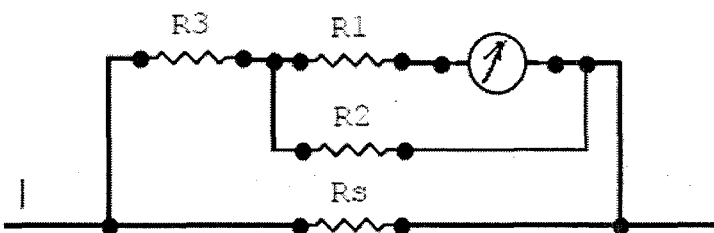
a. Sơ đồ mắc điện trở SUN kiểu nối tiếp b. Sơ đồ mắc điện trở SUN kiểu song song

Hình 1: Mở rộng thang đo cho Ampe kế

Tính điện trở SUN ứng với dòng cần đo được xác định theo công thức:

Điện trở SUN kiểu nối tiếp	Điện trở SUN kiểu song song
$R_{S1} = R_1 = \frac{R_{CT} + R_2 + R_3}{n_1 - 1}$ với $n_1 = \frac{I_1}{I_{CT}}$	$R_{S1} = \frac{R_{CT}}{n_1 - 1}$ với $n_1 = \frac{I_1}{I_{CT}}$
$R_{S2} = R_1 + R_2 = \frac{R_{CT} + R_3}{n_2}$ với $n_2 = \frac{I_2}{I_{CT}}$	$R_{S2} = \frac{R_{CT}}{n_2 - 1}$ với $n_2 = \frac{I_2}{I_{CT}}$
$R_{S3} = R_1 + R_2 + R_3 = \frac{R_{CT}}{n_3 - 1}$ với $n_3 = \frac{I_3}{I_{CT}}$	$R_{S3} = \frac{R_{CT}}{n_3 - 1}$ với $n_3 = \frac{I_3}{I_{CT}}$

Do cuộn dây động của cơ cấu chỉ thị được quấn bằng dây đồng mảnh, điện trở thay đổi đáng kể khi nhiệt độ của môi trường thay đổi và sau một thời gian làm việc bản thân dòng điện chạy qua cuộn dây cũng tạo ra nhiệt độ. Để giảm ảnh hưởng của sự thay đổi điện trở cuộn dây khi nhiệt độ thay đổi, người ta mắc thêm điện trở bù bằng Manganin hoặc Constantan với sơ đồ như sau:

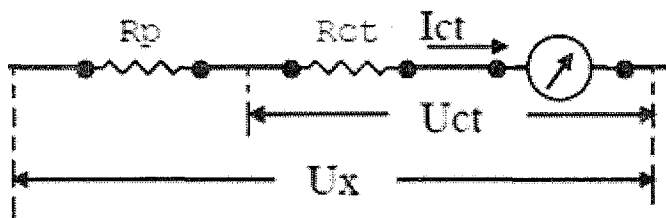


R1, 3: điện trở bằng Mn
R2: điện trở bằng Cu

Hình 2: Mắc điện trở bù nhiệt độ

3. Volt kế một chiều

Độ lệch của kim chỉ thị tỉ lệ với dòng qua cuộn dây động. Dòng qua cuộn dây tỉ lệ với điện áp trên cuộn dây. Nên coi Vôn kế là ampe kế dòng rất nhỏ với điện trở rất lớn. Điện áp định mức của cơ cấu chỉ thị khoảng 50mV ÷ 75mV nên cần nối tiếp nhiều điện trở phụ (còn gọi là điện trở nhân) để làm tăng khoảng đo của Vôn kế.



Hình 1: Mắc điện trở phụ nối tiếp cơ cấu chỉ thị

Vôn kế nhiều thang đo thì các điện trở phụ được mắc như sau:

Mắc các điện trở phụ nối tiếp	Mắc các điện trở phụ song song
$R_{p1} = R_{ct}(m1 - 1)$ $R_{p1} + R_{p2} = R_{ct}(m2 - 1)$ $R_{p1} + R_{p2} + R_{p3} = R_{ct}(m3 - 1)$ $m1 = \frac{U1}{U_{ct}}$ $m2 = \frac{U2}{U_{ct}}$ $m3 = \frac{U3}{U_{ct}}$ Với	$R1 = R_{ct}(m1 - 1)$ $R2 = R_{ct}(m2 - 1)$ $R3 = R_{ct}(m3 - 1)$ $m1 = \frac{U1}{U_{ct}}$ $m2 = \frac{U2}{U_{ct}}$ $m3 = \frac{U3}{U_{ct}}$ Với

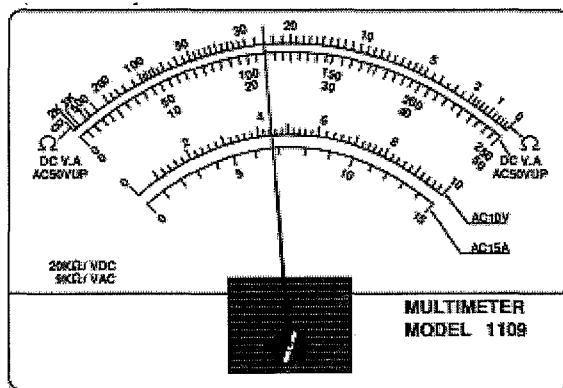
4. Máy đo V.O.M / DVOM

4.1. Máy đo V.O.M

4.1.1. Cấu tạo:

❖ Bộ phận chỉ thị

a) Chỉ thị kim.



Cấu tạo cơ bản:

- Cơ cấu chỉ thị từ điện.
- Thang chia độ.

Đặc điểm:

- Đối với điện trở thang chia không đều.
- Đối với đo điện áp thang chia đều.
- Điện áp một chiều và xoay chiều được dùng chung một thang chia.

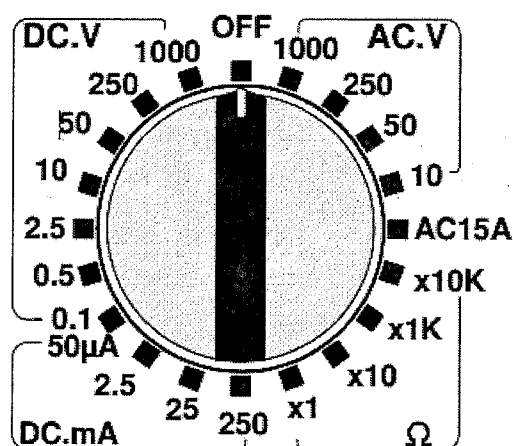
Gặp sai số khi đọc kết quả.

b) Chỉ thị số.



- Cấu tạo từ màn hình tinh thể lỏng.
- Kết quả đo chính xác. Không gặp sai số khi đọc kết quả.

❖ Cơ cấu chuyển thang đo

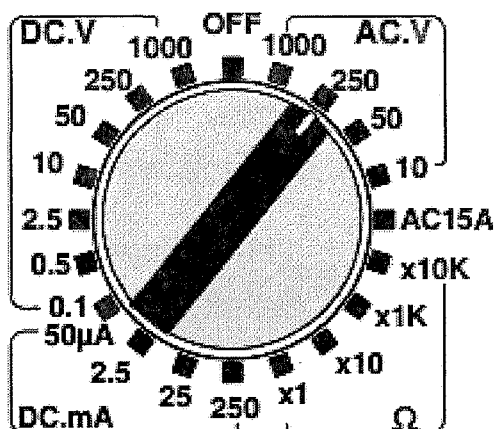


4.1.2. Đo điện áp xoay chiều và một chiều.

❖ Đo điện áp xoay chiều

a) Thang đo: Có 4 thang đo.

- Thang 1000: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 1000V.
- Thang 250: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 250V.
- Thang 50: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 50V.
- Thang 10: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 10V.



b) Cách đọc kết quả đo.

- Với thang 1000: Lấy kết quả trên thang chia độ 250V nhân với 4. Ta được kết quả đo.
- Với thang 250: Ta lấy trực tiếp kết quả trên thang chia độ 250V.
- Với thang 50: Ta lấy trực tiếp kết quả trên thang chia độ 50V,
- Với thang 10: Ta lấy kết quả trên thang chia độ nhân với 0,4. Ta được kết quả đo.

❖ **Đo điện áp một chiều:**

a) **Thang đo: Có 7 thang đo.**

- Thang 1000: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 1000V.
- Thang 250: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 250V.
- Thang 50: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 50V.
- Thang 10: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 10V.
- Thang đo 2,5: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 2,5V
- Thang đo 0,5: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 0,5V.
- Thang đo 0,1: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 0,1V.

b) **Cách đọc kết quả đo.**

- Với thang 1000: Lấy kết quả trên thang chia độ 250V nhân với 4. Ta được kết quả đo.
- Với thang 250: Ta lấy trực tiếp kết quả trên thang chia độ 250V.
- Với thang 50: Ta lấy trực tiếp kết quả trên thang chia độ 50V,
- Với thang 10: Ta lấy kết quả trên thang chia độ nhân với 0,4. Ta được kết quả đo.

❖ **Chú ý.**

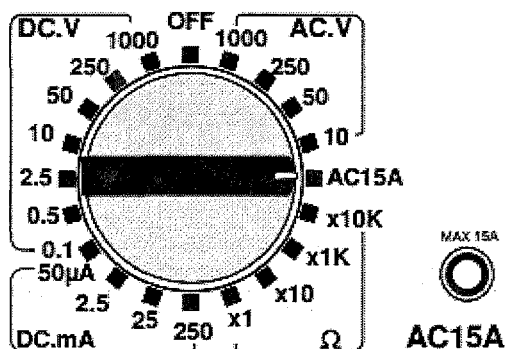
- Khi chưa biết giá trị điện áp tại điểm đo cần để đồng hồ ở thang đo cao nhất.
- Xác định chiều điện áp cần đo đối với điện áp một chiều.
- Chọn thang đo càng gần với giá trị đo càng tốt. Giảm được nhiều sai số.
- Không được cầm tay vào đầu hở của que đo.

4.1.3. Đo dòng điện xoay chiều và một chiều.

❖ Đo dòng điện xoay chiều:

a) Thang đo

- Có một thang đo AC15A. Lúc này que đo màu đỏ được chuyển sang chốt cắm khác ở vị trí như hình



b) Cách đọc kết quả đo.

- Với thang AC15A: Lấy kết quả trực tiếp trên thang chia độ AC15A.

❖ Đo dòng điện một chiều (DC.A):

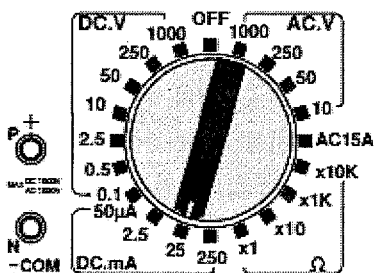
a) Thang đo: Có 4 thang đo.

- Thang 250: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 250mA.

- Thang 25: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 25mA.

- Thang đo 2,5: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 2,5mA.

- Thang đo 50: Giá trị lớn nhất có thể đo được là 50 μ A.



b) Cách đọc kết quả đo.

- Với thang 250: Ta lấy trực tiếp kết quả trên thang chia độ 250 DC.V.A. (mA)

- Với thang 25: Ta lấy kết quả trên thang chia độ 250 DC.V.A chia cho 10. (mA)

- Với thang 2,5: Ta lấy kết quả trên thang chia độ 250 DC.V.A chia cho 100. (mA)

- Với thang 50 μ A: Ta lấy kết quả trên thang chia độ 50 DC.V.A. (μ A)

❖ Chú ý.

- Khi chưa biết giá trị dòng điện tại đoạn mạch đo cần để đồng hồ ở thang đo cao nhất.

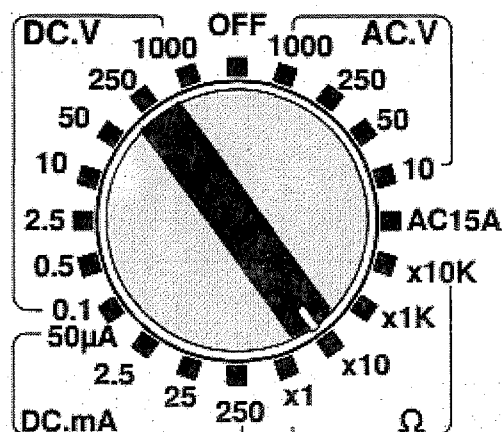
- Xác định chiều dòng điện cần đo đối với dòng điện một chiều.
- Chọn thang đo càng gần với giá trị đo càng tốt. Giảm được nhiều sai số.

4.1.4. Đo điện trở.

❖ Thang đo:

Có 4 thang đo:

- Thang x 1: Đo được các điện trở nhỏ.
- Thang x 10: Đo được các điện trở $< 2K \Omega$
- Thang x 1K: Đo được các điện trở $< 200K \Omega$
- Thang x10K: Đo được các điện trở $< 2M \Omega$



❖ Cách đọc kết quả đo:

- Thang x1: Kết quả trên thang chia độ được nhân với 1. Đơn vị tính Ω
- Thang x10: Kết quả trên thang chia độ được nhân với 10. Đơn vị tính Ω
- Thang x1K: Kết quả trên thang chia độ được nhân với 1K. Đơn vị tính K Ω
- Thang x10K: Kết quả trên thang chia độ được nhân với 10K. Đơn vị tính K Ω

❖ Chú ý.

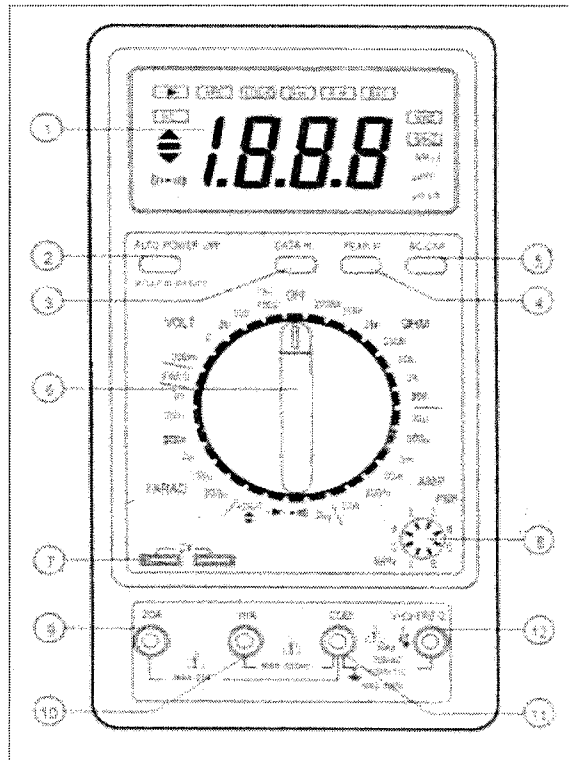
- Đối với thang đo x1K và thang đo x10K. Không được cầm 2 tay vào 2 đầu que đo.
- Khi chưa biết giá trị điện trở cần để đồng hồ ở thang đo nhỏ nhất.
- Chọn thang đo càng gần với giá trị đo càng tốt. Giảm được nhiều sai số.

4.2. Đồng hồ DVOM

❖ Cấu tạo

- Mạch chuyển đổi tương tự sang số ADC để biến tín hiệu tương tự cần đo ngõ vào thành tín hiệu số
- Mạch ưu trữ, xử lý tín hiệu
- Bộ phận hiển thị làm hiện lên các con số màn hình tinh thể lỏng LCD hoặc điều khiển kim chỉ thị quay một góc tương ứng trên thang đo
- Bộ phát xung chuẩn cung cấp xung cho các khối hoạt động đồng bộ

❖ Sử dụng đồng hồ DVOM



1. Màn hình hiển thị tinh thể lỏng LCD
2. Nút nhấn nguồn
3. Nút nhấn Data hold để giữ lại giá trị đo trên màn hình hiển thị
4. Nút Peak hold để lấy giá trị lớn nhất đại lượng đang đo
5. Nút AC-DC lựa chọn đại lượng đo là điện áp xoay chiều hay điện dung
6. Núm xoay chuyển mạch (gallet) chọn chức năng đo và thay đổi tầm đo
7. Đế cắm thử tụ điện
8. Đế cắm thử transistor
9. Lỗ cắm que đo màu đỏ khi đo dòng điện bé hơn 20(A)
10. Lỗ cắm que đo màu đỏ khi đo dòng điện bé hơn 200 (,A)
11. Lỗ cắm que đo màu đen trong tất cả các phép đo
12. Lỗ cắm que đo màu đỏ khi đo V, Ω ,tần số

IV. PHƯƠNG PHÁP ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐIỆN

1. Lý thuyết cầu xoay chiều

-Phương pháp đo trực tiếp: dùng các dụng cụ đo dòng điện như mpe mét, mili ampemét, micro ampemét ... để đo dòng và trực tiếp đọc kết quả trên thang chia độ của dụng cụ đo.

-Phương pháp đo gián tiếp: có thể dùng vôn mét đo điện áp rơi trên một điện trở mẫu (mắc trong mạch có dòng điện cần đo chạy qua); thông qua phương pháp tính toán ta sẽ được dòng điện cần đo.

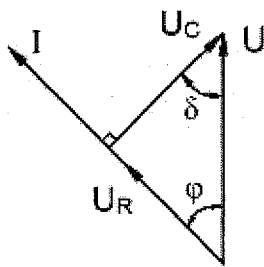
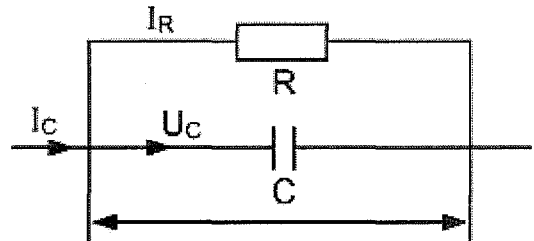
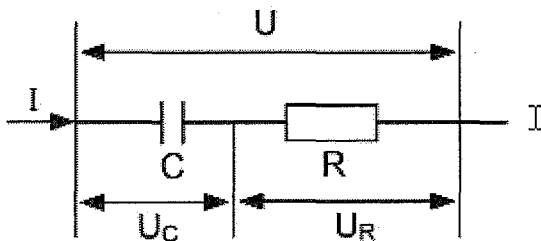
-Phương pháp so sánh: đo dòng điện bằng cách so sánh dòng điện cần đo với dòng điện mẫu, chính xác; ở trạng thái cân bằng của dòng cần đo và dòng mẫu sẽ đọc được kết quả trên mẫu.

2. Cầu điện dung

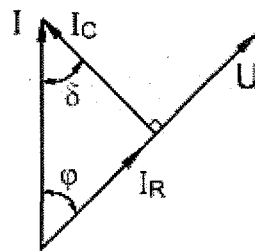
- Khái niệm về điện dung và góc tổn hao.

+ Tụ điện lý tưởng là tụ không tiêu thụ công suất (dòng điện một chiều không đi qua tụ) nhưng trong thực tế mạch tương đương của tụ điện có 2 dạng tùy theo sự hao mất của điện dung. Do đó chất lượng của điện dung được đánh giá qua hệ số tổn hao $D = \operatorname{tg}\delta$ (với δ là góc tổn hao của tụ điện).

+ Tụ điện được biểu diễn dưới dạng một tụ lý tưởng nối tiếp với một điện trở (tụ điện có tổn hao nhỏ) hoặc nối song song với một điện trở (tụ điện có tổn hao lớn).



- Tụ điện có tổn hao nhỏ



- Tụ điện có tổn hao lớn

- Hệ số tổn hao D của tụ điện:

$$D = \operatorname{tg}\delta = \frac{\operatorname{Re}\{Z_x\}}{\operatorname{Im}\{Z_x\}} \quad \text{với} \quad Z_x = R_x + \frac{1}{j\omega C_x}$$

- Dựa vào biểu đồ vectơ hoặc theo công thức trên, ta có:

+ Trong trường hợp điện dung có tổn hao nhỏ, nghĩa là trị số D nhỏ ($D < 0,1$) thì sơ đồ mạch tương đương bao gồm C_x mắc nối tiếp R_x , D_{nt} được tính

$$D_{nt} = \frac{R_x}{\frac{1}{\omega C_x}} = R_x C_x \omega$$

- Trường hợp ngược lại, điện dung có tổn hao lớn, D (lớn $> 0,1$) thì sơ đồ mạch tương đương bao gồm C_x mắc song song với R_{xx} , D_{ss} được tính

$$D_{ss} = \frac{1}{\frac{R_x}{\omega C_x}} = \frac{1}{\omega R_x C_x} = \frac{1}{D_{nt}}$$

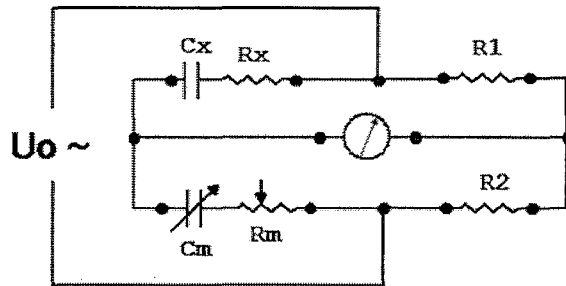
2.1. Cầu đo tụ điện có tổn hao nhỏ (Cầu Sauty):

- Cấu tạo:

+ Tụ điện có tổn hao nhỏ được biểu diễn bởi một tụ điện lý tưởng mắc nối tiếp với một điện trở.

+ Cầu gồm có 4 nhánh trong đó R_1 , R_2 là thuần trở các nhánh còn lại là C_x , R_x và điện trở mẫu R_m , C_m điều chỉnh được.

+ Đường chéo cầu được mắc điện kế G chỉ cân bằng và nguồn cung cấp xoay chiều $U \sim$. Khi đó người ta mắc cầu như hình dưới



- Khi cầu đo cân bằng, ta có:

$$Z_x \cdot Z_2 = Z_1 \cdot Z_m$$

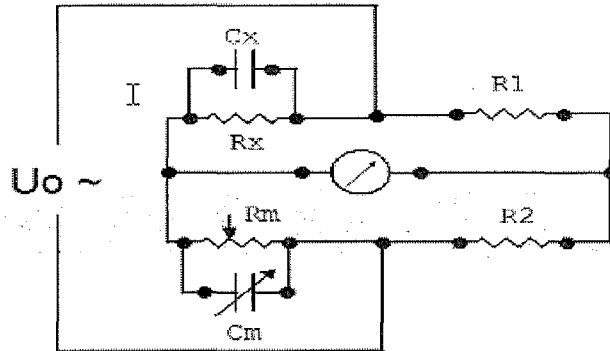
$$\text{Trong đó: } \begin{cases} Z_x = R_x + \frac{1}{j\omega C_x} \\ Z_m = R_m + \frac{1}{j\omega C_m} \\ Z_1 = R_1 \\ Z_2 = R_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \left(R_x + \frac{I}{j\omega C_x} \right) R_2 = \left(R_m + \frac{I}{j\omega C_m} \right) R_1$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} R_x R_2 = R_m R_1 \\ \frac{R_2}{C_x} = \frac{R_1}{C_m} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} R_x = \frac{R_1}{R_2} R_m \\ C_x = \frac{R_2}{R_1} C_m \end{cases}$$

2.2. Cầu đo tụ điện có tổn hao lớn (Cầu Nernst):

- Cấu tạo: Khi tụ có tổn hao lớn người ta biểu diễn nó dưới dạng một tụ điện lý tưởng mắc song song với một điện trở. Trong đó R_1, R_2 là các điện trở thuần, C_m mắc song song với R_m là điện dung và điện trở mẫu; R_x, C_x là điện trở và điện dung của tụ điện cần đo



- Khi cầu đo cân bằng, ta có:

$$Z_x \cdot Z_2 = Z_1 \cdot Z_m$$

$$\text{Trong đó: } \begin{cases} Z_x = \frac{R_x \cdot \frac{1}{j\omega C_x}}{R_x + \frac{1}{j\omega C_x}} = \frac{1}{\frac{1}{R_x} + j\omega C_x} \\ Z_m = \frac{R_m \cdot \frac{1}{j\omega C_m}}{R_m + \frac{1}{j\omega C_m}} = \frac{1}{\frac{1}{R_m} + j\omega C_m} \\ Z_1 = R_1 \\ Z_2 = R_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{R_1}{\frac{1}{R_m} + j\omega C_m} = \frac{R_2}{\frac{1}{R_x} + j\omega C_x}$$

$$\Rightarrow R_1 \left(\frac{1}{R_x} + j\omega C_x \right) = R_1 \left(\frac{1}{R_m} + j\omega C_m \right) \Leftrightarrow \begin{cases} R_x = \frac{R_1}{R_2} R_m \\ C_x = \frac{R_2}{R_1} C_m \end{cases}$$

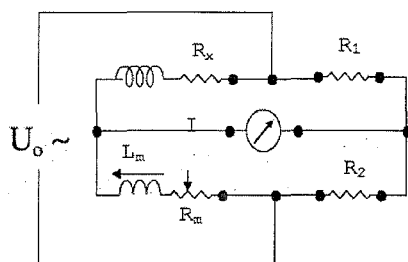
3. Cầu điện cảm

- Cuộn cảm lý tưởng là cuộn dây chỉ có thành phần điện kháng là (LXLff) hoặc chỉ thuần khiết là điện cảm L, nhưng trong thực tế các cuộn dây bao giờ cũng có một điện trở nhất định. Điện trở càng lớn phẩm chất của cuộn dây càng kém. Q là thông số đặc trưng cho phẩm chất của cuộn dây, nó được tính bằng:

$$Q = \frac{\text{Im}\{Z_L\}}{\text{Re}\{Z_L\}} \text{ với } Z_L = R_x + j\omega L_x$$

- Để đo các thông số của cuộn dây người ta thường dùng mạch cầu xoay chiều.

3.1. Cầu xoay chiều dùng điện cảm mẫu:



- Cấu tạo:

+ Mạch cầu so sánh các đại lượng cần xác định L_x , R_x với đại lượng mẫu L_m và R_m .

+ Hai nhánh R_1 , R_2 là các điện trở thuần trở có độ chính xác cao.

+ Khi đo người ta điều chỉnh R_m , L_m (và có thể cả R_1 , R_2) để cầu đạt giá trị cân bằng.

- Khi cầu đo cân bằng, ta có:

$$Z_x \cdot Z_2 = Z_m \cdot Z_1$$

$$\text{Trong đó: } \begin{cases} Z_x = R_x + j\omega L_x \\ Z_m = R_m + j\omega L_m \\ Z_1 = R_1 \\ Z_2 = R_2 \end{cases} \Rightarrow (R_x + j\omega L_x) R_2 = (R_m + j\omega L_m) R_1$$

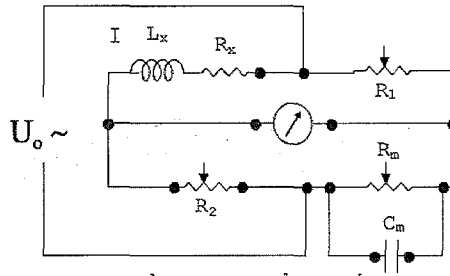
$$\Leftrightarrow \begin{cases} R_x \cdot R_2 = R_m R_1 \\ L_x \cdot R_2 = L_m R_1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} R_x = \frac{R_1}{R_2} R_m \\ L_x = \frac{R_1}{R_2} L_m \end{cases}$$

- Từ đó tính được hệ số phẩm chất trong cuộn dây:

$$Q_x = \frac{\omega L_x}{R_x} = \frac{\omega L_m}{R_m}$$

3.2. Cầu đo điện cảm Maxwell:

- Cầu Maxwell chỉ thích hợp đo các cuộn cảm có hệ số phẩm chất Q thấp ($Q < 10$, điện trở cuộn dây nhỏ)



- Cấu tạo: Trong mạch cầu, tụ điện chuẩn C_3 mắc song song với điện trở R_3 , các nhánh còn lại là điện trở R_1 và R_2 . Các điện trở R_3 , R_1 , R_2 là các điện trở có thể điều chỉnh được R_x và L_x biểu diễn cuộn cảm cần đo.

- Khi cầu đo cân bằng, ta có:

$$Z_x \cdot Z_m = Z_1 \cdot Z_2$$

Trong đó:
$$\begin{cases} Z_x = R_x + j\omega L_x \\ Z_m = \frac{1}{\frac{1}{R_m} + j\omega C_m} \\ Z_1 = R_1 \\ Z_2 = R_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow (R_x + j\omega L_x) \frac{1}{\frac{1}{R_m} + j\omega C_m} = R_1 R_2$$

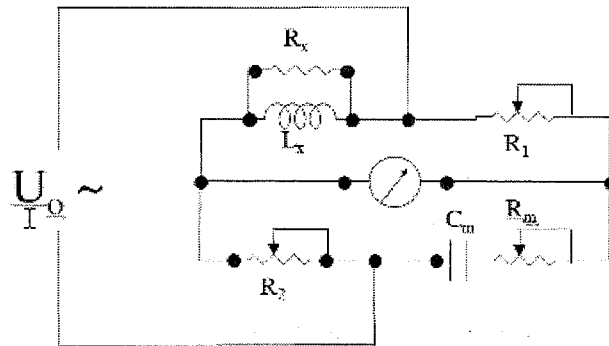
$$\Rightarrow R_x + j\omega L_x = R_1 R_2 \left(\frac{1}{R_m} + j\omega C_m \right) \Leftrightarrow \begin{cases} R_x = \frac{R_1 R_2}{R_m} \\ L_x = R_1 R_2 C_m \end{cases}$$

- Từ đó tính được hệ số phẩm chất trong cuộn dây:

$$Q_x = \frac{\omega L_x}{R_x} = \omega C_m R_m$$

3.1.3. Cầu đo điện cảm Hay:

- Mạch cầu điện cảm Hay được sử dụng cho việc đo các cuộn cảm có hệ số phẩm chất Q cao (Q10f, điện trở cuộn dây nhỏ)..



- Cấu tạo: Cầu điện cảm Hay tương tự như cầu Maxwell chỉ khác ở chỗ điện trở R_m được mắc nối tiếp tụ C_m và điện cảm L_x và R_x được biểu diễn dưới dạng mạch song song và R_x, L_x đo được là các thành phần của mạch song song.

- Khi cầu đo cân bằng, ta có:

$$Z_x \cdot Z_m = Z_1 \cdot Z_2$$

$$\text{Trong đó: } \begin{cases} Z_x = \frac{R_x \cdot j\omega L_x}{R_x + j\omega L_x} \\ Z_m = R_m + \frac{1}{j\omega C_m} \\ Z_1 = R_1 \\ Z_2 = R_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{R_x \cdot j\omega L_x}{R_x + j\omega L_x} \left(R_m + \frac{1}{j\omega C_m} \right) = R_1 R_2$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} L_x = R_1 R_2 C_m \\ R_x = \frac{R_1 R_2}{R_m} \end{cases}$$

- Từ đó tính được hệ số phẩm chất trong cuộn dây:


$$Q_x = \frac{R_x}{\omega L_x} = \frac{1}{\omega C_m R_m}$$

V. PHƯƠNG PHÁP ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG KHÔNG ĐIỆN

1. Phương pháp đo

- 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 đo 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 đo gián tiếp nhưng số lượng phép đo theo cách trực tiếp nhiều hơn và kết quả đo nhận được thường phải thông qua giải một phương trình (hay 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 cách đo thống kê. Tức là phải đo nhiều lần. Cách đo này đặc biệt hữu hiệu khi tín hiệu đo là ngẫu nhiên hoặc khi kiểm tra độ chính xác của một dụng cụ đo

2. Volt kế

- Dụng cụ đo điện áp là Vôn kế, ký hiệu 
- Cách mắc : Vôn kế được mắc song song với tải (hình 4-15).
- Theo hình vẽ ta có :

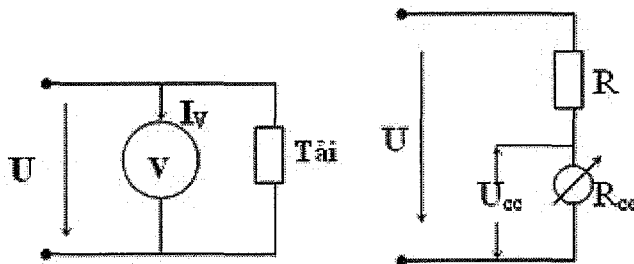
$$I_v = \frac{U}{R_v}$$

gây ra sai số đo, để đảm bảo chính xác I_v phải nhỏ tức R_v phải lớn. Mặt khác, $P_v = U^2/R_v$, để giảm P_v thì R_v phải lớn và cỡ đo của V-kế càng lớn, điện trở trong của nó phải càng lớn. Người ta có thể sử dụng các cơ cấu đo từ điện, điện từ, điện động và sắt điện động để chế tạo V-kế. - Mở rộng thang đo : để mở rộng thang đo, người ta dùng điện trở phụ mắc nối tiếp với cơ cấu cần đo (hình 4-16).

$$\frac{U}{U_{cc}} = \frac{R_p + R_{cc}}{R_{cc}} = 1 + \frac{R_p}{R_{cc}} = m$$

m là bội số của điện trở phụ, nó cho biết cỡ đo của Vôn kế được mở rộng bao nhiêu lần so với khi chưa mắc điện trở phụ : $R_p = (m-1)R_{cc}$.

Khi cần đo điện áp rất lớn, người ta dùng máy biến điện áp.



3. Ampe kế

Dụng cụ đo dòng điện là Ampe kế, ký hiệu \textcircled{A}

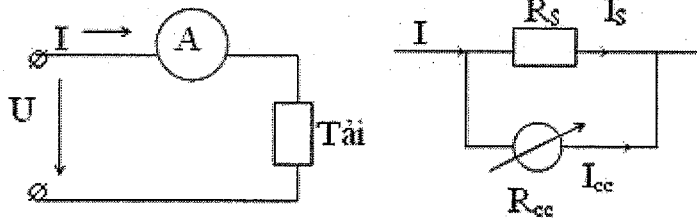
Cách mắc : bao giờ cũng mắc nối tiếp với tải cần đo Để đảm bảo chính xác, điện trở Ampe kế phải nhỏ (hình 4-13), hơn nữa khi đo Ampe kế tiêu thụ một công suất : $P_a = I^2 R_a$

Mở rộng thang đo : khi dòng điện cần đo vượt quá giới hạn của cơ cấu đo, người ta phải mở rộng cỡ đo cho Ampe kế bằng cách mắc điện trở song song cơ cấu và gọi là “sun” (hình 4-14). Ta có biểu thức:

$$\frac{I}{I_{cc}} = \frac{R_c + R_s}{R_s} = n$$

n được gọi là bội số của sun, nó cho biết khi mắc sun thì cỡ đo của Ampe kế được mở rộng bao nhiêu lần so với lúc chưa mắc sun, tức $I = n \cdot I_{cc}$. suy ra điện trở sun là:

$$R_s = \frac{R_{cc}}{n - 1}$$



4. Cầu Wheatstone

4.1. Đo điện trở dùng cầu Wheatstone cân bằng

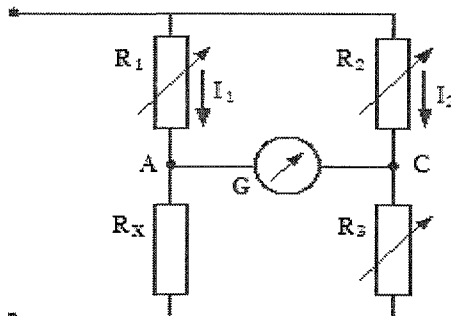
Cầu Wheatstone được mắc như hình vẽ .

Trong đó

R_1, R_2, R_3 là các điện trở mẫu

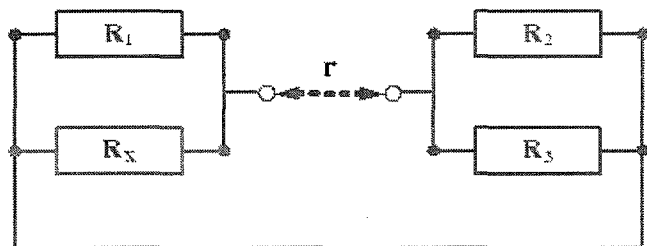
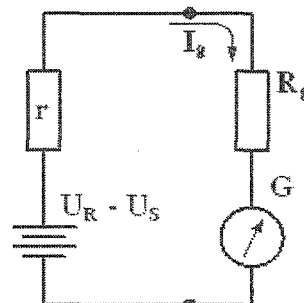
G là điện kế chỉ thị 0

R_X là điện trở cần đo



Vận hành

Ta chỉnh các giá trị điện trở R_1, R_2, R_3 cho đến khi điện kế G chỉ zero. Khi cầu cân bằng, dòng điện qua điện kế G bằng không (zero) nghĩa là $U_C = U_A$

Điện trở r ngõ raMạch Thevenin khi tải là r_x của điện kế

Hay $U_{R1} = U_{R2}$ và $U_{RX} = U_{R3}$

$I_1 R_1 = I_2 R_2$ và $I_1 R_X = I_2 R_3$

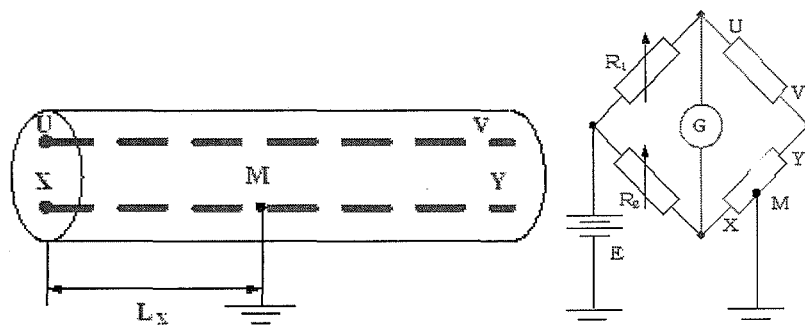
Suy ra $\frac{R_1}{R_X} = \frac{R_2}{R_3}$ hay $R_X = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2}$

Với phương pháp đo này R_X sẽ được so sánh với các điện trở mẫu

Ta nhận thấy, kết quả đo điện trở R_X không phụ thuộc vào nguồn cung cấp cho mạch điện, đây là ưu điểm của cầu đo Wheatstone. Tuy nhiên phương pháp thao tác phức tạp vì phải điều chỉnh các điện trở mẫu nhiều lần và giá trị điện trở cần đo R_X lại phụ thuộc vào độ nhạy của điện kế G , độ nhạy của điện kế G càng cao thì sự xác định cân bằng càng đúng và phụ thuộc vào dây nối và điện trở tiếp xúc ở các mối nối. Ngoài ra sai số của các điện trở mẫu cũng ảnh hưởng đến sai số của R_X , chẳng hạn, nếu sai số của các điện trở lần lượt là $\Delta R_1 = \Delta R_2 = \pm 0.5\%$, $\Delta R_3 = \pm 10\%$ thì sai số của điện trở khi đo là $\Delta R = \Sigma \Delta R_{1,2,3} = \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3 = 0.5\% + 1\% + 1\% = \pm 2.5\%$

Với điện trở bất kỳ R_X , để cầu wheatstone cân bằng, ta thay đổi tỷ số giữa R_1/R_2 và thay đổi giá trị điện trở R_3 , điện trở R_3 có giá trị thay đổi từng cấp, mỗi cấp có giá trị 0.1 (hoặc từng Ohm một như các cầu Wheatstone trong phòng thí nghiệm

Ứng dụng của phương pháp dùng cầu Wheatstone là xác định chỗ chạm “mass” của dây cáp điện



Giả sử

UV là đoạn dây còn tốt

XY là đoạn dây bị chạm vỏ

Các đoạn dây UV, XY có chiều dài là L và điện trở của các đoạn dây này là R

Khi cầu wheatstone cân bằng, ta có

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{2R - R_X}{R_X}$$

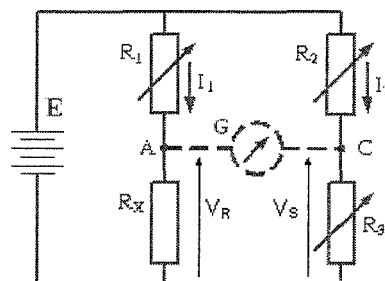
Suy ra
$$R_X = \frac{2R \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Do chiều dài dây dẫn tỷ lệ với điện trở của dây dẫn, nên ta có

$$L_X = 2L \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

4.2. Đo điện trở dùng cầu Wheatstone không cân bằng

Trong công nghiệp, người ta thường dùng nguyên lý cầu Wheatstone không cân bằng nghĩa là căn cứ vào điện áp ra hay dòng điện ra ở ngõ ra của cầu Wheatstone để đo điện trở hay sai số (R của phần tử đo). Phương pháp này cần có nguồn cung cấp ổn định vì điện áp ra phụ thuộc vào nguồn cung cấp E, ngoài ra sai số còn phụ thuộc vào các điện trở mẫu thành phần của cầu Wheatstone. Còn độ nhạy của cầu lại phụ thuộc vào nguồn cung cấp E và nội trở của bộ chỉ thị.



Điện áp ngõ ra để hở của cầu Wheatstone

Khi tháo điện kế G ra khỏi mạch, ta có

Tổng trở được xác định

$$R_{\Sigma} = (R_1 // R_X) + (R_2 // R_3)$$

Điện áp ở ngõ ra của cầu

$$U_A - U_C = E \left(\frac{R_X}{R_X + R_1} - \frac{R_2}{R_2 + R_3} \right)$$

Như vậy mạch tương đương Thevenin của cầu được xác định. Do đó dòng điện I_g qua điện kế khi cầu không cân bằng

$$I_g = \frac{U_A - U_C}{r + r_g} \quad r_g \text{ là nội trở của điện kế G}$$

VI. DAO ĐỘNG KÝ

1. Máy phát tần

Máy phát tín hiệu tần số thấp có thể điều chỉnh tần số nhảy cấp và liên tục từ 20Hz đến 200KHz, có biên độ từ 1mV đến 150V với công suất cực đại 1mW đến 10W.

1.1. Các đặc tính:

- Độ méo phi tuyến:

Độ méo phi tuyến sóng hài của tín hiệu ra được đặc trưng bởi hệ số sóng hài. Độ méo được xác định bằng tỉ số giữa căn bậc hai của tổng tất cả bình phương sóng hài.

$$K_m = \frac{\sqrt{u_2^2 + u_3^2 + \dots + u_n^2}}{u_1} \quad (\%) \quad (3.1)$$

- Dải tần số phát ra được đặt trưng bởi hệ số phủ sóng K_p , là tỉ số của tần số cực đại và cực tiểu.

$$K_p = \frac{f_{\max}}{f_{\min}} \quad (3.2)$$

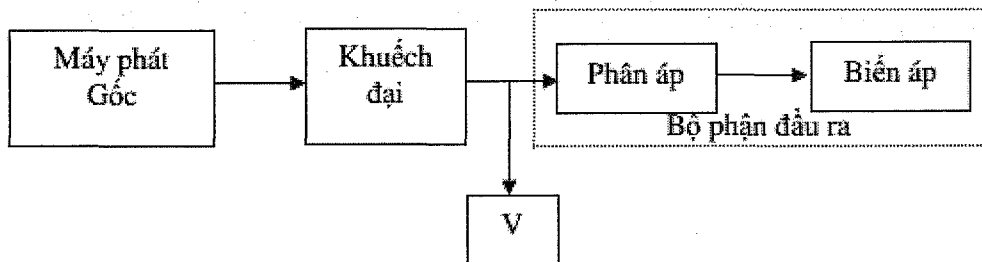
- Độ ổn định tần số của máy phát được xác định bởi tỉ số của sự thay đổi tuyệt đối của tần số Δf với tần số ban đầu trong điều kiện ổn định.

$$\frac{|f_0 - f_1|}{f_0} = \frac{\Delta f}{f_0} \quad (3.3)$$

trong đó: f_1 là tần số của máy phát khi có sự thay đổi đột ngột bên ngoài, f_0 là tần số ban đầu.

- Độ chính xác của việc đặt tần số được xác định bởi chất lượng của bảng khắc độ và cơ cấu hiệu chỉnh.

1.2. Sơ đồ khối của máy phát tín hiệu đo lường:



Sơ đồ khối máy phát tín hiệu đo lường.

Máy phát gốc tạo tín hiệu hình sin ổn định về biên độ và tần số. Máy phát gốc quyết định hình dáng hay đặc tính tuần hoàn của tín hiệu ra. Máy phát gốc thường là máy phát LC, máy phát trộn tần, máy phát RC.

Bộ khuếch đại ra dùng để khuếch đại tín hiệu của máy phát gốc và nâng cao công suất ở đầu ra của máy phát.

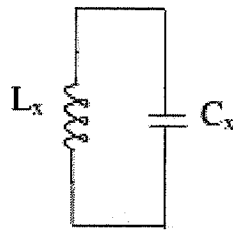
Bộ phận đầu ra bao gồm bộ phân áp và biến áp ra dùng để điều chỉnh và kiểm tra biên độ ở đầu ra sao cho khi mắc tải vào máy phát đạt công suất cực đại nhưng độ méo phi tuyến nhỏ nhất.

1.3. Máy phát LC:

Trong máy phát LC tần số của mạch dao động được xác định bởi điện dung C và điện cảm L ở chế độ tự kích của khung dao động.

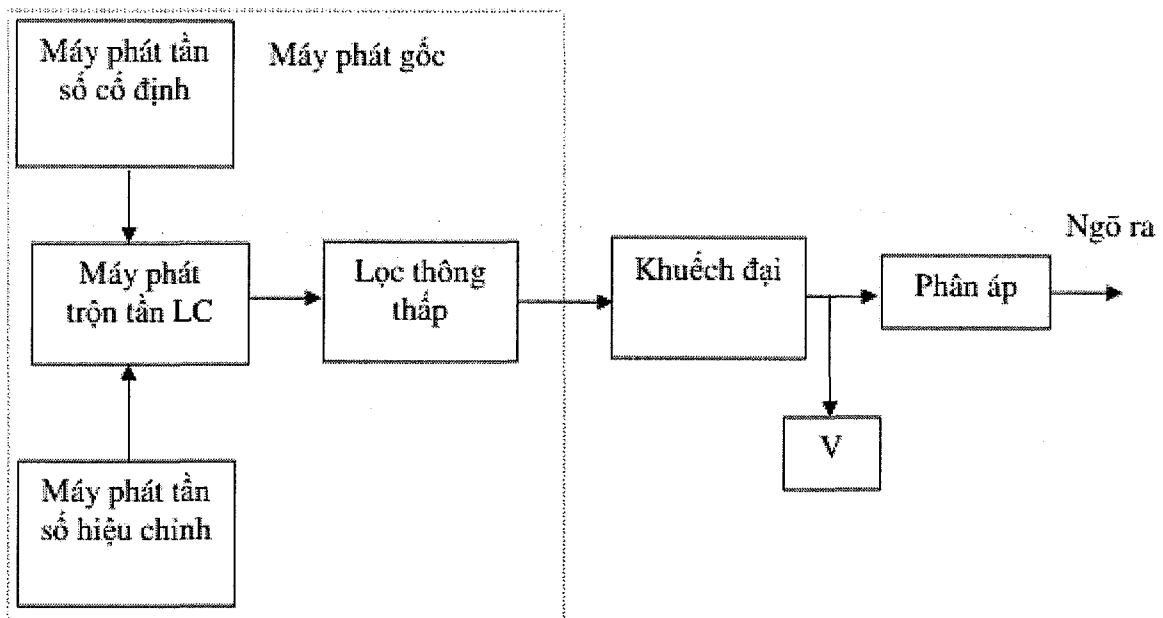
➤ *Nhược điểm:* khung dao động có kích thước lớn và rất khó hiệu chỉnh. Chẳng hạn, để tạo được máy phát có $f=20\text{Hz}$ đến 20KHz , tức là $K_p=10^3$ cần phải có điện dung và điện cảm lớn.

Máy phát LC ít thông dụng chỉ chế tạo máy phát có dải tần hẹp hoặc một số giá trị tần số cố định.



Sơ đồ mạch máy phát LC

1.4. Máy phát trộn tần số:



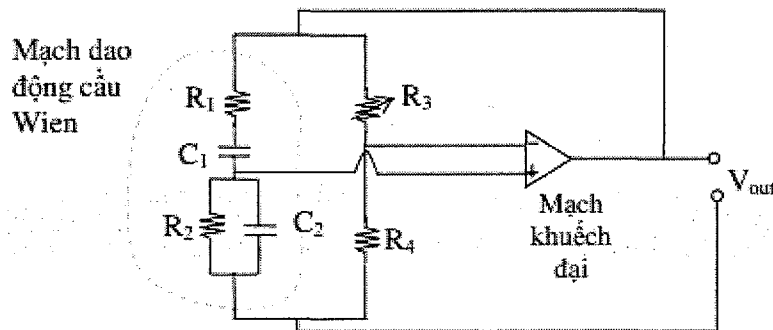
Sơ đồ khối máy phát trộn tần số.

Máy phát gốc bao gồm 2 máy phát LC cao tần có tần số f gần giống nhau, một bộ trộn tần và một bộ lọc thấp tần. Máy phát tần số cố định phát ra f_1 , máy phát tần số hiệu chỉnh phát ra tần số f_2 . Điện áp của cả 2 máy phát đưa qua mạch lặp lại emitter rồi đến bộ trộn tần (tạo ra hỗn hợp tần số $\pm mf_1$ và $\pm nf_2$ (trong đó m, n là các số nguyên) và tần số $f=f_2-f_1$). Bộ lọc chỉ cho qua hiệu tần số $f=f_2-f_1$, sau đó qua bộ khuếch đại và qua bộ phân áp đến đầu ra. Trước khi phân áp mắc thêm volt kế để đo mức điện áp ra.

Các giá trị f_1, f_2 được chọn sao cho hiệu tần số f nằm trong dải tần số thấp, chẳng hạn, $f_1=180\text{KHz}$, $f_2=180 \div 200\text{KHz}$ thì $\Delta f = 0 \div 20\text{KHz}$.

➤ *Nhược điểm:* là mạch phức tạp, kém ổn định. Tuy nhiên máy phát trộn tần cũng được sử dụng kiểm tra đo lường vì điện áp ra không phụ thuộc tần số, tần số có thể hiệu chỉnh liên tục nhờ sự thay đổi điện dung của tụ xoay của máy phát hiệu chỉnh.

1.5. Máy phát RC:



Máy phát trộn tần RC.

Máy phát gốc là một bộ khuếch đại hai tầng với phản hồi dương tần số bằng mạch RC. Mạch này tạo sự di pha bao gồm các điện trở và tụ điện như R_1C_1 và R_2C_2 theo sơ đồ cầu bảo đảm tự kích ở một tần số xác định.

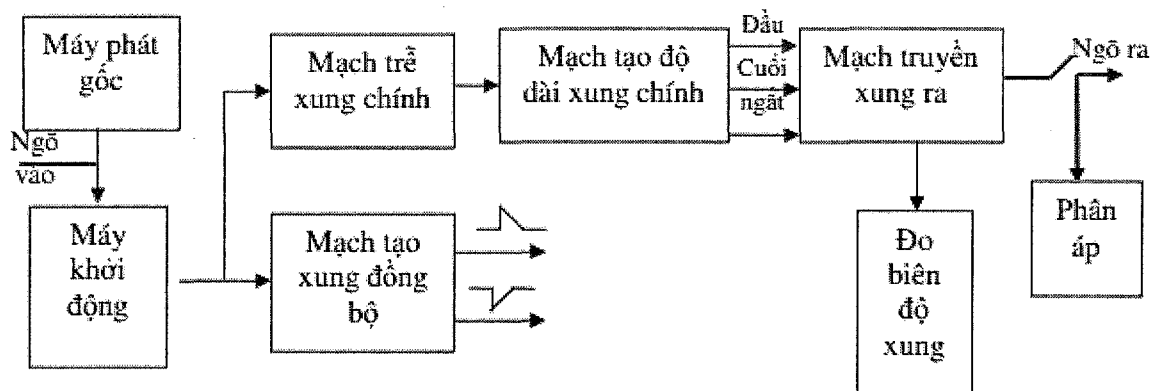
Mạch phản hồi âm là một mạch phân áp bằng điện trở nhiệt R_3 có hệ số nhiệt điện trở âm và điện trở R_4 , từ đó lấy ra điện áp phản hồi âm. Giả sử điện áp ra tăng, dao động trong mạch phản hồi âm tăng dẫn đến giảm điện trở nhiệt R_3 làm tăng điện áp rơi trên R_4 (phản hồi âm) làm cho điện áp ra giảm xuống đến giá trị định mức và cố định điện áp ra của máy phát.

2. Máy phát xung:

2.1. Đặc tính máy phát xung:

Máy phát xung có thể phát ra xung vuông, trong đó biên độ từ $150\text{mV} \div 200\text{V}$, độ rộng xung $n\text{s} \div \text{s}$ và tần số từ 2Hz đến 2MHz có thể thay đổi hoặc phát ra các xung chuẩn.

2.2. Sơ đồ khối:



Sơ đồ khối máy phát xung.

Máy phát gốc đưa đến bộ khởi động, lúc đó máy phát gốc làm việc ở chế độ tự động bảo đảm điều chỉnh tần số của xung ra. Nếu khởi động ngoài thì máy phát gốc được ngắt ra và đưa tín hiệu khởi động từ bên ngoài vào.

Xung ở đầu ra của bộ khởi động được đưa đến bộ tạo xung đồng bộ và đến mạch trễ xung chính. Bộ tạo xung đồng bộ tạo ra xung đồng bộ cực âm dương. Qua đó đưa đến ngõ ra của máy phát.

Mạch trễ xung chính sẽ cho ra xung có thể điều chỉnh thời gian lệch bằng 0 của xung chính so với xung đồng bộ.

Xung từ đầu ra của mạch trễ xung chính sẽ kích cho mạch tạo độ dài của xung chính làm việc. Mạch này sẽ cho ra các xung bắt đầu và kết thúc với khoảng thời gian giữa chúng có thể hiệu chỉnh được. Các xung này đến mạch tạo xung ra và điều chỉnh biên độ.

Xung bắt đầu tạo sườn đầu, còn xung kết thúc tạo sườn cuối của xung ra. Xung ngắt để đưa nhanh mạch tạo xung ra về trạng thái ban đầu.

Mạch tạo xung ra sẽ tạo xung vuông với biên độ lớn nhất, độ dài xung và tần số đáp ứng với tải.

Biên độ xung ra có thể điều chỉnh (thô và tinh) từ $U_m \div 0.01U_m$. Qua bộ chia có thể giảm biên độ.

Bộ khuếch đại đầu ra dùng để tăng công suất của máy phát khi có tải trên toàn dải tần số.

Điện áp có thể điều chỉnh từ 0 đến giá trị cực đại nhờ chiết áp lắp ở đầu vào bộ khuếch đại.

Bộ khuếch đại bao gồm tầng khuếch đại điện áp và tầng khuếch đại công suất điện áp ra đo bằng volt kế.

VII. ĐO LƯỜNG BẰNG MÁY HIỆN SÓNG

1. Đo lường AC

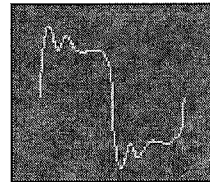
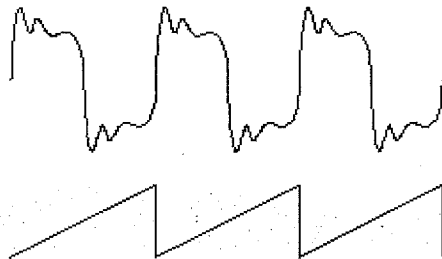
Máy hiện sóng hiện nay được gọi là máy hiện sóng vạn năng vì không đơn thuần là hiển thị dạng sóng mà nó còn thực hiện được nhiều kỹ thuật khác như thực hiện hàm toán học, thu thập và xử lý số liệu và thậm chí còn phân tích cả phổ tín hiệu ... trong phần này chúng ta chỉ nói tới những ứng dụng cơ bản nhất của một máy hiện sóng.

❖ Quan sát tín hiệu

Để quan sát được tín hiệu chỉ cần thiết lập máy ở chế độ đồng bộ trong và điều chỉnh tần số quét và trigô để dạng sóng đứng yên trên màn hình. Khi này có thể xác định được sự biến thiên của tín hiệu theo thời gian như thế nào. Các máy hiện sóng hiện đại có thể cho phép cùng một lúc 2, 4 hoặc 8 tín hiệu dạng bất kỳ cùng một lúc và tần số quan sát có thể lên tới 400 mhz.

Tín hiệu cần
quan sát đưa
vào trục Y

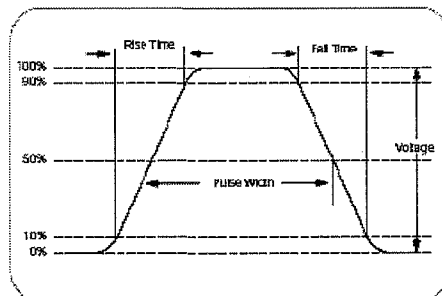
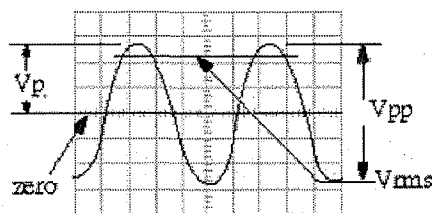
Tín hiệu quét
đưa vào
trục X



Dạng sóng trên
màn hình

❖ Đo điện áp

Việc tính giá trị điện áp của tín hiệu được thực hiện bằng cách đếm số ô trên màn hình và nhân với giá trị volts/div



Ví dụ: Volts/DIV chỉ 1 V thì tín hiệu cho ở hình trên có :

$$V_p = 2,7 \text{ ô} \times 1 \text{ v} = 2,8 \text{ v}$$

$$V_{pp} = 5,4 \text{ ô} \times 1 \text{ v} = 5,4 \text{ v}$$

$$V_{rms} = 0,707 v_p = 1,98 \text{ v}$$

Ngoài ra, với tín hiệu xung người ta còn sử dụng máy hiện sóng để xác định thời gian tăng sườn xung (rise time), giảm sườn xung (fall time) và độ rộng xung (pulse width) với cách tính như hình bên

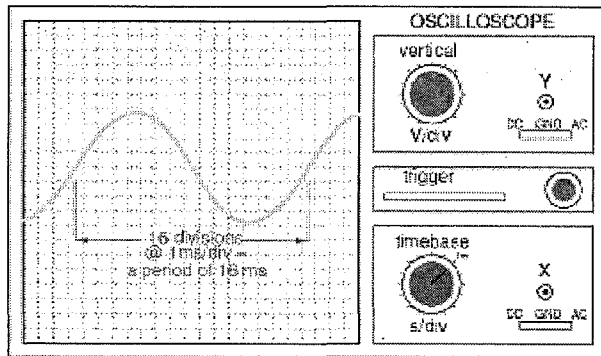
2. Đo thời gian và tần số

❖ Đo thời gian

Khoảng thời gian giữa hai điểm của tín hiệu cũng được tính bằng cách đếm số ô theo chiều ngang giữa hai điểm và nhân với giá trị của time/div

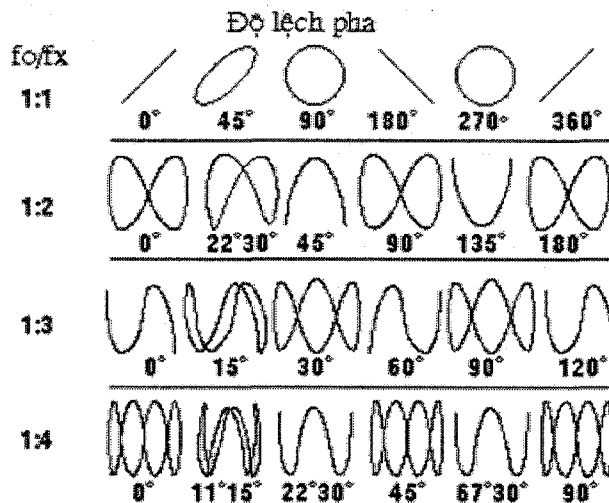
Việc xác định tần số của tín hiệu được xác định bằng cách tính chu kỳ theo cách như trên. Sau đó nghịch đảo chu kỳ ta tính được tần số.

Ví dụ : Ở hình bên time/div là 1ms, chu kỳ của tín hiệu là 16ô, như vậy chu kỳ là 16ms, suy ra $f = 1/16\text{ms} = 62,5\text{hz}$.



$$\text{Frequency} = \frac{1}{\text{period}} = \frac{1}{16 \text{ ms}} = 62.5 \text{ Hz}$$

❖ Đo tần số



Ngoài cách đo tần số thông qua việc đo chu kỳ như ở trên, có thể đo tần số bằng dao động ký như sau : So sánh tần số của tín hiệu cần đo f_x với tần số chuẩn f_0 . Tín hiệu cần đo đưa vào cực y, tín hiệu tần số chuẩn đưa vào cực x. Chế độ làm việc này của dao động ký gọi là chế độ x-Y mode và các sóng đều có dạng hình sin. Khi đó trên màn hình sẽ hiện ra một đường cong phức tạp gọi là đường cong lissajou.

Điều chỉnh tần số chuẩn tới khi tần số cần đo là bội hoặc ước nguyên của tần số chuẩn thì trên màn hình sẽ có một đường lissajou đứng yên. Hình dáng của đường lissajou rất khác nhau tùy thuộc vào tỉ số tần số giữa hai tín hiệu và độ lệch pha giữa chúng.

$$\text{Ta có : } \frac{f_0}{f_x} = \frac{m}{n}$$

Với n là số múi theo chiều ngang và m là số múi theo chiều dọc (hoặc có thể lấy số điểm cắt lớn nhất theo mỗi trục hoặc số điểm tiếp tuyến với hình lissajou của mỗi trục).

Phương pháp hình lissajou cho phép đo tần số trong khoảng từ 10hz tới tần số giới hạn của máy.

Nếu muốn đo độ lệch pha ta cho hai tần số của hai tín hiệu bằng nhau, khi đó đường lissajou có dạng elip. Điều chỉnh y-Pos và x-Pos sao cho tâm của elip trùng với tâm màn hình (góc tọa độ). Khi đó, góc lệch pha được tính bằng :

$$\varphi = \arctg\left(\frac{A}{B}\right)$$

Với a , b là đường kính trục dài và đường kính trục ngắn của elip.

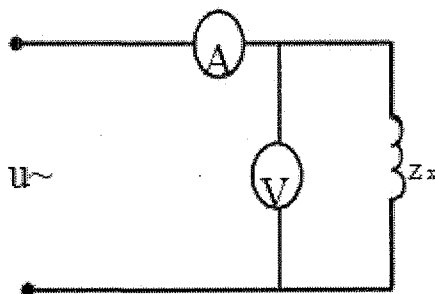
Nhược điểm của phương pháp này là không xác định được dấu của góc pha và sai số của phép đo khá lớn (5-10%)

Bài tập ôn tập

Câu 1 : Tính toán sai số gián tiếp khi thí nghiệm đo tổng trở Z_x bằng phương pháp gián tiếp sử dụng nguồn xoay chiều.

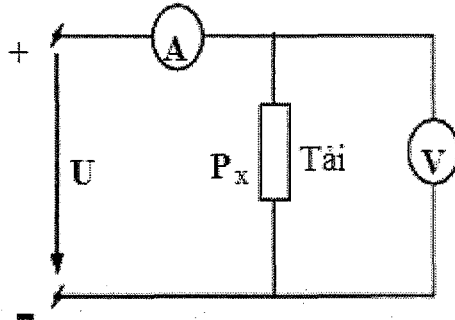
Biết: Ampe mét có thang đo là 5A, số chỉ 4.6A, cấp chính xác 1.

Volmét có thang đo 250V; số chỉ 245 V, cấp chính xác 2,5



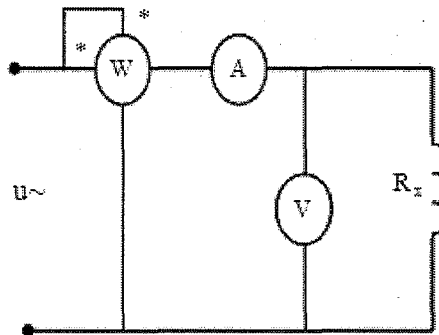
Câu 2 : Tính toán sai số gián tiếp khi thí nghiệm đo công suất tác dụng P_x bằng phương pháp V-A nguồn một chiều.

Biết: Amperemét có thang đo là 5A, số chỉ 4.8A, cấp chính xác 0,5.
 Voltmét có thang đo 250V; số chỉ 245 V, cấp chính xác 1.



Câu 3 : Tính toán sai số gián tiếp khi thí nghiệm đo điện trở R_x bằng phương pháp nguồn xoay chiều.

Biết: Wattmet có thang đo là 100w, số chỉ là 85w, cấp chính xác 1.
 Amperemét có thang đo là 5A, số chỉ 4.8A, cấp chính xác 0,2.
 Voltmét có thang đo 250V; số chỉ 240 V, cấp chính xác 0.5



Câu 4 : Khi tiến hành đo điện trở bằng phương pháp thống kê dụng cầu đơn, ta thu được kết quả sau: (đơn vị đo Ω)

140,20 ; 140,25 ; 141,45 ; 139,25 ; 139,50 ; 140,25 ; 140,10 ; 126,75 ; 141,15 ; 142,25 ; 140,75 ; 144,15 ; 140,75 ; 142,00 ; 138,25.

Tính kết quả đo và sai số ngẫu nhiên với xác suất đáng tin $p = 0,99$. Biết sai số ngẫu nhiên có phân bố chuẩn. Hệ số student tương ứng với số lần đo:

Câu 5 : Khi tiến hành đo điện trở bằng phương pháp thống kê dụng cầu kép, ta thu được kết quả sau: (đơn vị đo $m\Omega$)

270,20 ; 271,25 ; 269,45 ; 273,25 ; 268,50 ; 270,25 ; 275,10 ; 269,75 ; 215,15 ; 272,25 ; 270,75 ; 274,15 ; 271,75 ; 270,00 ; 268,50 ; 267,25.

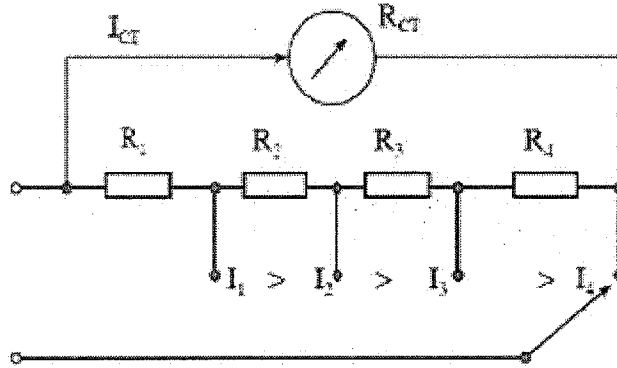
Tính kết quả đo và sai số ngẫu nhiên với xác suất đáng tin $p = 0,99$. Biết sai số ngẫu nhiên có phân bố chuẩn. Hệ số student tương ứng với số lần đo:

Câu 6 : Tính kết quả đo và sai số ngẫu nhiên của với một xác suất đáng tin $p = 0.98$ của một phép đo điện trở bằng cầu kép với kết quả như sau (đơn vị tính = $m\Omega$)

100,25; 102,5; 101,5; 98,5; 100; 99,5; 103,5; 102; 140,5; 102,5; 97,75; 98,5; 99; 101,75.

Biết sai số ngẫu nhiên có phân bố chuẩn

Câu 7: Hãy tính các giá trị điện trở R_1, R_2, R_3, R_4 của các điện trở Shunt bốn giới hạn đo dòng điện: $I_4 = 1mA, I_3 = 10mA, I_2 = 100mA, I_1 = 1000mA$ Với cơ cấu đo có: điện trở trong $R = 1k\Omega$; dòng lệch toàn phần $I = 10\mu A$.

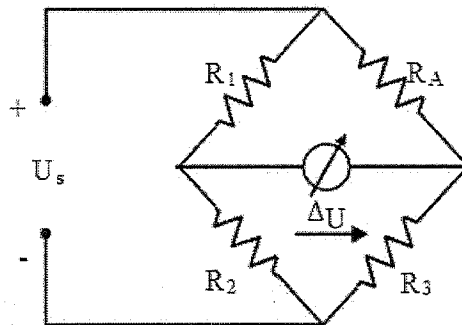


Câu 8 : Cho một chuyển đổi tenzo RA được mắc vào mạch cầu như hình vẽ:

Biết $R_1 = R_2 = R_3 = 350 \Omega$

Khi chuyển đổi chưa làm việc người ta đo được $\Delta U = 0.0007V$, khi chuyển đổi bị kéo dãn một lượng tương đối là $160\mu m/m$ người ta đo được $\Delta U = -1.5V$

Hãy tìm độ nhạy K của chuyển đổi,

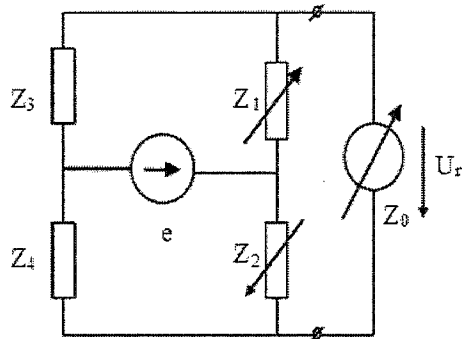


Câu 9: Cho một chuyển đổi điện cảm kiểu vi sai được mắc vào mạch cầu như hình vẽ:

Giả sử chuyển đổi điện cảm có các cuộn dây là thuần cảm.

Biết $L_0 = 0.01H; \delta_0 = 0.02mm; Z_3 = Z_4 = 50\Omega; Z_0 = 30\Omega; e = 12\sin 314t$

Hãy lập quan hệ giữa U_r và sự biến thiên chiều dài khe hở không khí $\Delta\delta$ của chuyển đổi



Câu 10 :. Cho một chuyển đổi tenzo RA có độ nhạy $K=2.08$ được dùng trong mạch cầu như hình vẽ:

Điện trở của chuyển đổi khi chưa làm việc là $R_0 = 250\Omega$; $R_1 = R_2 = R_3 = 2500 \Omega$

Biết chuyển đổi có thể chịu được lượng kéo dẫn tương đối lớn nhất là $1800\mu\text{m/m}$, khi đó người ta yêu cầu điện áp ra ΔU là 2.7V . Hỏi điện áp U_s cung cấp cho mạch là bao nhiêu để yêu cầu trên được thỏa mãn

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Nguyễn Ngọc Tân, Kỹ thuật đo, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, 2001.
- Phạm Thượng Hàn, Kỹ thuật đo lường các đại lượng vật lý, tập1, tập 2, Nhà xuất bản giáo dục, 1996.
- Bùi Văn Sáng, Đo lường điện - vô tuyến điện, Học viện Kỹ thuật Quân sự, 1996.

