



SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

GIÁO TRÌNH

Đo lường điện tử?

DÙNG TRONG CÁC TRƯỜNG TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP



NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI

SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

VŨ XUÂN GIÁP

GIÁO TRÌNH
ĐO LƯỜNG ĐIỆN TỬ

(Dùng trong các trường THCN)

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI - 2005

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI
4 - TỔNG DUY TÂN, QUẬN HOÀN KIẾM, HÀ NỘI
ĐT: (04) 8252916, 8257063 - FAX: (04) 8257063

GIÁO TRÌNH
ĐO LƯỜNG ĐIỆN TỬ
NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI - 2005

Chịu trách nhiệm xuất bản
NGUYỄN KHẮC OÁNH

Biên tập
PHẠM QUỐC TUẤN

Bìa
TRẦN QUANG
Kỹ thuật vi tính
LƯU NGỌC TRÂM

Sửa bản in
PHẠM QUỐC TUẤN

Mã số: $\frac{373 - 373.7}{\text{HN} - 05}$ 61/407/05

In 1.660 cuốn, khổ 17x24cm, tại Nhà in Hà Nội
Giấy phép xuất bản số: 61GT/407 CXB
In xong và nộp lưu chiểu tháng 5 năm 2005.

Lời giới thiệu

Nước ta đang bước vào thời kỳ công nghiệp hóa, hiện đại hóa nhằm đưa Việt Nam trở thành nước công nghiệp văn minh, hiện đại.

Trong sự nghiệp cách mạng to lớn đó, công tác đào tạo nhân lực luôn giữ vai trò quan trọng. Báo cáo Chính trị của Ban Chấp hành Trung ương Đảng Cộng sản Việt Nam tại Đại hội Đảng toàn quốc lần thứ IX đã chỉ rõ: “Phát triển giáo dục và đào tạo là một trong những động lực quan trọng thúc đẩy sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa, là điều kiện để phát triển nguồn lực con người - yếu tố cơ bản để phát triển xã hội, tăng trưởng kinh tế nhanh và bền vững”.

Quán triệt chủ trương, Nghị quyết của Đảng và Nhà nước và nhận thức đúng đắn về tầm quan trọng của chương trình, giáo trình đối với việc nâng cao chất lượng đào tạo, theo đề nghị của Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội, ngày 23/9/2003, Ủy ban nhân dân thành phố Hà Nội đã ra Quyết định số 5620/QĐ-UB cho phép Sở Giáo dục và Đào tạo thực hiện đề án biên soạn chương trình, giáo trình trong các trường Trung học chuyên nghiệp (THCN) Hà Nội. Quyết định này thể hiện sự quan tâm sâu sắc của Thành ủy, UBND thành phố trong việc nâng cao chất lượng đào tạo và phát triển nguồn nhân lực Thủ đô.

Trên cơ sở chương trình khung của Bộ Giáo dục và Đào tạo ban hành và những kinh nghiệm rút ra từ thực tế đào tạo, Sở Giáo dục và Đào tạo đã chỉ đạo các trường THCN tổ chức biên soạn chương trình, giáo trình một cách khoa học, hệ

thống và cập nhật những kiến thức thực tiễn phù hợp với đối tượng học sinh THCS Hà Nội.

Bộ giáo trình này là tài liệu giảng dạy và học tập trong các trường THCS ở Hà Nội, đồng thời là tài liệu tham khảo hữu ích cho các trường có đào tạo các ngành kỹ thuật - nghiệp vụ và đồng đảo bạn đọc quan tâm đến vấn đề hướng nghiệp, dạy nghề.

Việc tổ chức biên soạn bộ chương trình, giáo trình này là một trong nhiều hoạt động thiết thực của ngành giáo dục và đào tạo Thủ đô để kỷ niệm “50 năm giải phóng Thủ đô”, “50 năm thành lập ngành” và hướng tới kỷ niệm “1000 năm Thăng Long - Hà Nội”.

Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội chân thành cảm ơn Thành ủy, UBND, các sở, ban, ngành của Thành phố, Vụ Giáo dục chuyên nghiệp Bộ Giáo dục và Đào tạo, các nhà khoa học, các chuyên gia đầu ngành, các giảng viên, các nhà quản lý, các nhà doanh nghiệp đã tạo điều kiện giúp đỡ, đóng góp ý kiến, tham gia Hội đồng phản biện, Hội đồng thẩm định và Hội đồng nghiệm thu các chương trình, giáo trình.

Đây là lần đầu tiên Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội tổ chức biên soạn chương trình, giáo trình. Dù đã hết sức cố gắng nhưng chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót, bất cập. Chúng tôi mong nhận được những ý kiến đóng góp của bạn đọc để từng bước hoàn thiện bộ giáo trình trong các lần tái bản sau.

GIÁM ĐỐC SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

Lời nói đầu

Để đáp ứng nhu cầu giảng dạy và học tập của học sinh hệ kỹ thuật viên chuyên ngành điện tử, tin học và viễn thông trong nhà trường, Khoa học công nghệ thông tin của Trường TH Điện tử - Điện lạnh Hà Nội đã biên soạn Giáo trình Đo lường Điện tử.

Giáo trình Đo lường Điện tử giới thiệu một số nội dung cơ bản về đo lường tín hiệu điện giúp học sinh nắm được công dụng, tính năng kỹ thuật và cách sử dụng những dụng cụ, thiết bị đo cơ bản trong đo lường điện tử, nhằm trang bị cho học sinh những kiến thức cơ bản về đo lường để học sinh có thể áp dụng trong quá trình học thực hành sửa chữa hệ thống máy tính hoặc các thiết bị điện tử khác trong thực tế.

Giáo trình Đo lường Điện tử được chia làm 2 chương.

Chương 1: Khái niệm chung về kỹ thuật đo lường điện tử.

Chương 2: Một số thiết bị đo thông dụng.

Giáo trình Đo lường Điện tử có thể sử dụng làm tài liệu tham khảo giảng dạy và học tập trong các đào tạo lớp nhân viên kỹ thuật chuyên ngành điện tử, tin học và viễn thông.

Trong quá trình biên soạn giáo trình có thể còn nhiều thiếu sót. Khoa CNTT trường TH Điện tử - Điện lạnh rất mong nhận được nhiều ý kiến đóng góp của các độc giả để giáo trình môn học Đo lường Điện tử được bổ sung sửa đổi hoàn thiện hơn nhằm phục vụ có ích cho việc giảng dạy và học tập đạt hiệu quả tốt.

Nhân dịp này chúng tôi xin chân thành cảm ơn các nhà khoa học:

TS. Nguyễn Thế Truyền - Viện Điện tử - Tin học tự động hóa, Đại tá KS. Đặng Ngọc Kiệm - Cục đo lường quân đội, Thạc sĩ Vũ Hoàng Hoa - Trường ĐH Giao thông vận tải, Kỹ sư Lê Thị Bách Khoa - Công ty EMICO, Thạc sĩ Chu Công Cẩn - Trường ĐH Giao thông vận tải, cùng các nhà khoa học khác đã nhiệt tình giúp đỡ chúng tôi trong quá trình biên soạn giáo trình này.

KHOA CNTT

TRƯỜNG TH ĐIỆN TỬ - ĐIỆN LẠNH HÀ NỘI

Chương 1

KHÁI NIỆM CHUNG VỀ KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG ĐIỆN TỬ

I. KHÁI NIỆM

1. Định nghĩa về đo lường

Đo lường là một khoa học về phép đo, phương tiện đo nhằm đảm bảo tính thống nhất để đạt được mức độ chính xác cần thiết. Như vậy đo lường là quá trình thu nhận và đánh giá giá trị về các thông số kỹ thuật đặc trưng của các đối tượng cần đo bằng thực nghiệm nhờ các phương tiện kỹ thuật đặc biệt. Các thông số kỹ thuật này thường được đánh giá bằng các đại lượng vật lý và so sánh với các đơn vị cơ bản của nó. Thông qua đo lường người ta đánh giá được chất lượng, giá trị của các đối tượng được đo, vì vậy việc đo lường chính xác bao nhiêu thì việc đánh giá đối tượng đo sẽ chính xác bấy nhiêu. Các phương tiện kỹ thuật đặc biệt sử dụng trong đo lường gọi chung là phương tiện đo lường (viết tắt là: PTD).

Đặc trưng cơ bản của đo lường là bảo đảm tính thống nhất vì độ chính xác cao. Trong kỹ thuật điện và điện tử vấn đề, được quan tâm đầu tiên về đo lường là đo lường các tín hiệu điện.

2. Vai trò, nhiệm vụ của kỹ thuật đo lường điện tử

Đo lường các tín hiệu điện có ý nghĩa rất quan trọng trong khoa học kỹ thuật và đời sống chúng ta. Nhờ kết quả và những thông tin về các giá trị của các đại lượng đo được mà con người đã tạo ra được rất nhiều thiết bị kỹ thuật phục vụ cho nghiên cứu và đời sống. Đồng thời nhu cầu phát triển khoa học kỹ thuật và đời sống đã tác động trở lại đối với các thiết bị, dụng cụ đo lường làm cho nó ngày càng hoàn thiện, càng đi sâu vào chuyên môn hoá. Các PTD có các chức năng chỉ báo (hiển thị) kết quả đo, tự động xử lý kết quả đo, lưu giữ trong khoảng thời gian cần thiết, thực hiện tự động điều khiển. Trong kỹ

thuật điện tử, những tín hiệu điện rất đa dạng có độ chính xác cao, kích thước gọn nhẹ. Chúng ta có thể nhờ các thiết bị, PTĐ này tiến hành đo một cách trực tiếp hoặc gián tiếp từ xa, đo kiểm tra liên tục hoặc đo kiểm tra theo chương trình đã được định ra từ trước. Các thiết bị đo lường tín hiệu ngày nay đã tham gia rất tích cực vào công việc tự động hoá các quá trình sản xuất và các hệ thống điều khiển từ đơn giản đến phức tạp.

Các dụng cụ, thiết bị đo lường tín hiệu điện không những đo và chỉ thị các giá trị đặc trưng của tín hiệu điện mà còn có những khả năng khác lớn hơn như tạo ra được hình dáng của tín hiệu theo một tỷ lệ nhất định nào đó so với tín hiệu, so sánh được những thay đổi khi tín hiệu qua một mạch điện, vẽ được những đặc tuyến của mạch điện hoặc phần tử mạch điện và tham gia tích cực vào việc đo lường cả những đại lượng không điện bằng điện.

Việc đo lường các tín hiệu điện có rất nhiều mục đích khác nhau. Có thể là đo lấy kết quả để phục vụ việc sửa chữa, hiệu chỉnh các thiết bị, máy móc điện tử khác. Có thể là đo lấy kết quả để nghiên cứu chế tạo các thiết bị máy móc mới. Có thể là đo lấy kết quả điều chỉnh, điều khiển một hệ thống thiết bị phục vụ nghiên cứu, sản xuất và đời sống...

Để đo lường các tín hiệu điện và xử lý các kết quả đo một cách có hiệu quả, đầu tiên chúng ta hãy tìm hiểu các đặc tính và thông số cơ bản của tín hiệu điện.

II. CÁC ĐẶC TÍNH VÀ THÔNG SỐ CỦA CÁC LOẠI TÍN HIỆU VÀ MẠCH ĐIỆN

1. Các đặc tính và thông số tín hiệu điện

Trong trường hợp tổng quát, một tín hiệu được biểu diễn bởi hàm số của nhiều biến số $S = s(Q_1, Q_2, \dots, Q_n)$ trong đó các Q_i là thông số của các tín hiệu. Thực tế tín hiệu có rất nhiều dạng cho nên hàm số biểu diễn nó gồm rất nhiều thông số. Việc khảo sát các tín hiệu một cách đầy đủ là phải tiến hành khảo sát tất cả các thông số, thực ra chúng ta không thể và cũng không cần thiết phải khảo sát hết mọi thông số của tín hiệu mà chỉ cần khảo sát một số thông số nhất định, các thông số cần thiết đủ để đặc trưng cho tín hiệu đồng thời những tín hiệu phức tạp cũng được phân tích thành tập hợp của những tín hiệu đơn giản tác động đồng thời để thuận tiện cho việc khảo sát chúng. Các tín hiệu đơn giản mà từ đó ta có thể tổng hợp thành các tín hiệu phức tạp được gọi là tín hiệu mẫu hay tín hiệu đo lường.

Các tín hiệu được qui định là tín hiệu đo lường có số lượng tối thiểu nhưng đủ để đại biểu cho mô hình đơn giản của tín hiệu cần khảo sát. Trong kỹ thuật điện - điện tử việc khảo sát các dạng tín hiệu được tiến hành thông qua việc khảo sát tín hiệu mẫu cơ bản gồm: Tín hiệu dao động hình sin, tín hiệu xung, tín hiệu tuần hoàn dạng bất kỳ, tín hiệu điều chế, tạp âm...

1.1. Các thông số của tín hiệu dao động hình sin

Tín hiệu dao động hình sin là một dạng tín hiệu có biên độ biến đổi liên tục, lặp đi lặp lại theo một quy luật ổn định, đó là quy luật biến đổi của hàm số sin. Tín hiệu điều hoà là một dạng tín hiệu phổ biến nhất trong các dạng tín hiệu, nó đặc trưng được cho các dạng âm thanh, tiếng nói. Tín hiệu điều hoà được biểu diễn bằng một hàm số của thời gian có dạng:

$$S(t) = A_m \sin(\omega_0 t + \varphi_0). \quad (1-1)$$

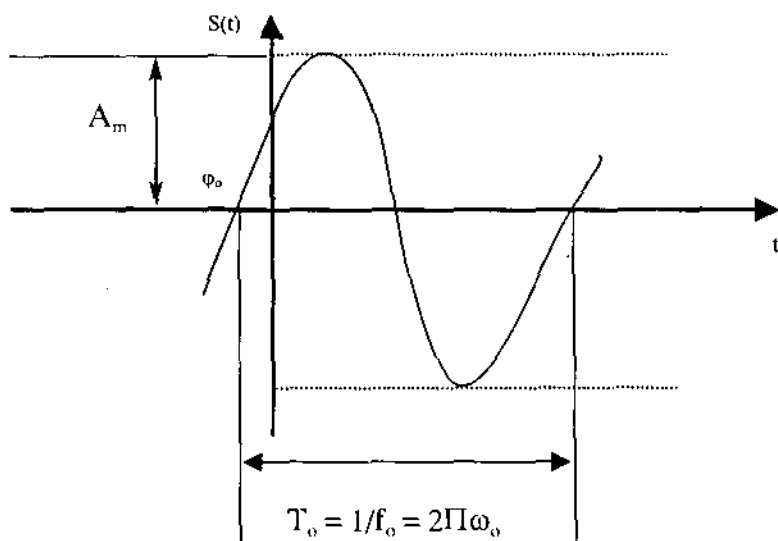
Trong đó có các tham số:

+ A_m là biên độ của dao động hình sin, có thứ nguyên là von (V) nếu $S(t)$ là điện áp, còn nếu $S(t)$ là dòng điện thì thứ nguyên là ampe (A).

+ ω_0 là tần số góc của dao động hình sin đặc trưng cho góc quay của dao động trong một đơn vị thời gian.

+ φ_0 là độ lệch pha ban đầu của dao động điều hoà tại thời điểm $t = 0$.

Trong thực tế người ta còn hay dùng các tham số khác nữa để đặc trưng cho tín hiệu đó là:



Hình 1.1. Dạng tín hiệu dao động hình sin

- Giá trị hiệu dụng của biên độ $A = A_m / \sqrt{2}$

Các PTĐ phổ biến là chỉ thị giá trị này và việc khắc độ thang đo cũng được tiến hành khắc độ theo giá trị hiệu dụng:

$$A = 0,707 A_m$$

- Tần số của dao động điều hòa f_0 đặc trưng cho số lần dao động hình sin được lặp lại trong một đơn vị thời gian. Nó có quan hệ với tần số góc của dao động theo biểu thức: $\omega_0 = 2\pi f_0$.

- Bước sóng của dao động điều hòa λ_0 đặc trưng cho quãng đường truyền trong thời gian một chu kỳ dao động. Nó có mối quan hệ với tần số theo biểu thức:

$$\lambda_0 = \frac{C}{f_0} \quad (1-2)$$

Trong đó $C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ là tốc độ sóng điện từ

- T_0 là chu kỳ lặp lại của dao động, T_0 có mối quan hệ với dao động theo biểu thức $T_0 = 1/f_0$ đặc trưng cho thời gian ngắn nhất dao động điều hòa lặp lại giá trị ban đầu.

1.2. Các thông số của tín hiệu xung

Tín hiệu xung là tín hiệu tác động lên mạch một cách rời rạc theo một quy luật nào đó. Xung điện là những điện áp hoặc dòng điện tồn tại trong một thời gian ngắn có thể so sánh được với quá trình quá độ trong mạch điện mà chúng tác dụng. Thông thường hay gặp là những dạng xung có chu kỳ lặp lại là T_x . Khi đó các dãy xung được đặc trưng bằng các tham số như: tần số lặp lại F_x , độ rộng Q_x và hệ số lấp đầy η .

Độ rộng của dãy xung là tỷ số giữa chu kỳ lặp lại của xung T_x với độ rộng xung t_x . $Q_x = T_x / t_x$, trị số nghịch đảo của Q_x được gọi là hệ số lấp đầy của xung:

$$\eta = 1 / Q_x \quad (1-3)$$

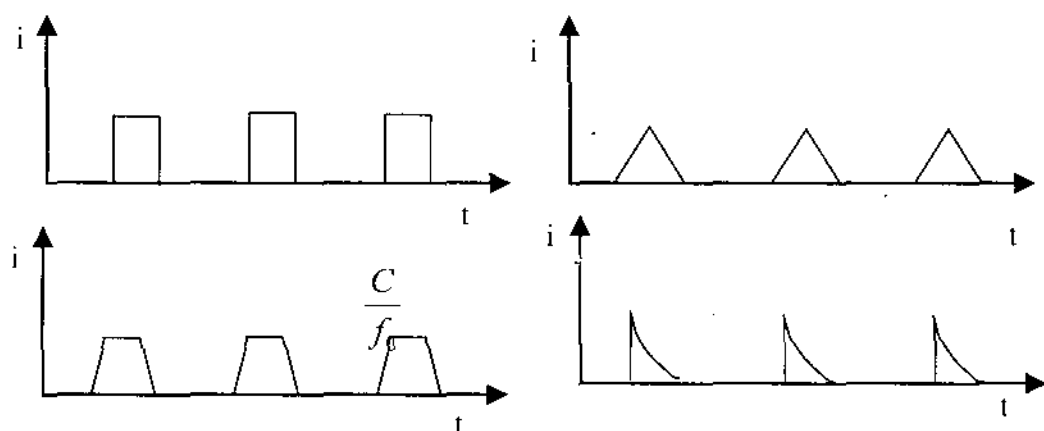
Tần số lặp lại của xung được đo bằng Hz tức là số xung có trong một giây và có mối quan hệ:

$$F_x = 1 / T_x = 1 / Q_x \times t_x \quad (1-4)$$

Ngoài ra tín hiệu xung còn được chia thành xung đơn, nhóm xung cốt.

Xung đơn là giá trị của dòng điện, điện áp khác 0 trong khoảng thời gian $t < x < \infty$, mà khoảng thời gian đó có thể so sánh với quá trình quá độ trong mạch điện mà nó tác dụng. Xung đơn có thể là xung vuông góc, xung răng cưa, xung hình thang, xung hàm mũ (xung nhọn)...

Nhóm xung là tập hợp một số xác định xung cùng dạng cách đều nhau. Nhóm xung có các thông số: số xung trong nhóm k , chu kỳ lặp lại xung T , độ rộng xung t_x và thời hạn xung $T_n = (k-1) T + t_x$ (1-5)



Hình 1.2. Các dạng tín hiệu xung

Nhóm xung cốt là nhóm xung có các xung có thể không đồng dạng, chu kỳ lặp lại xung T không đồng đều nhưng độ rộng xung, dạng xung và thông số các xung đều đã biết.

Để đặc trưng cho dạng của tín hiệu xung, người ta thường dùng một số tham số cơ bản sau:

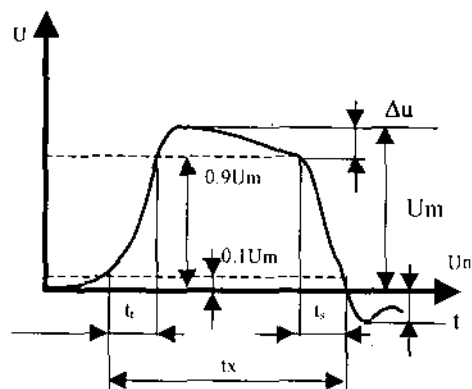
- t_x độ rộng xung là khoảng thời gian tồn tại của xung (thứ nguyên là giây).
- U_m biên độ xung là giá trị cực đại của xung (V).
- t_{st} độ rộng sườn trước là khoảng thời gian tăng của xung (giây).
- t_{ss} độ rộng sườn sau là khoảng thời gian giảm của xung. Đôi khi để thay cho tham số về độ rộng sườn xung, người ta dùng tham số độ dốc sườn xung.

$$s = \frac{U_m}{t_x} \quad (1-6)$$

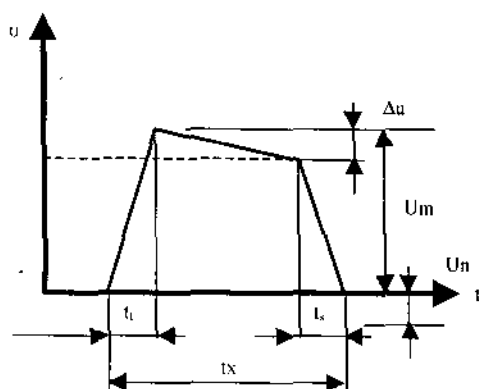
- Độ sụt đỉnh xung (còn gọi là hướu dương), Δu là độ giảm biên độ xung ở phần đỉnh xung. Trong thực tế thường dùng độ sụt đỉnh xung tương đối

$$\delta_u = \frac{\Delta u}{U_m} \quad (1-7)$$

để dễ dàng so sánh mức sụt đỉnh xung so với biên độ của nó. Thực tế dạng xung không phải là dạng lý tưởng cho nên các tham số của xung được quy ước tính một cách gần đúng so với dạng lý tưởng (hình 1.3b).



Hình 1.3a. Dạng xung tổng quát



Hình 1.3b. Dạng xung lý tưởng

1.3. Các thông số của tín hiệu tuần hoàn có dạng bất kỳ

Tín hiệu tuần hoàn có dạng bất kỳ được biểu diễn bằng một hàm số có dạng.

$$S(t) = S(T + nt)$$

Trong đó T là chu kỳ lặp lại có giá trị:

$$-\infty < T < \infty \text{ và } F \text{ (} F \text{ là tần số lặp lại).}$$

Tín hiệu loại này gồm có thành phần một chiều S_0 và thành phần biến thiên theo thời gian.

$$S(t) = S_0 + S_t(t) \quad (1-8)$$

Thành phần một chiều S_0 là giá trị trung bình của $S(t)$, trong một chu kỳ nó chính là biên độ xung vuông có độ rộng t_x .

Với tín hiệu này những giá trị cần xác định là biên độ thành phần một chiều, biên độ thành phần xoay chiều (tức là giá trị tức thời), giá trị trung bình, giá trị hiệu dụng. Các giá trị này được gọi chung là các thông số về cường độ.

Còn có thể đo các thông số đặc tính của tín hiệu này bằng cách tách nó thành hai thành phần là biên độ và pha theo chuỗi Fourier. Từ phân tích đó ta có các thành phần biên độ A_i và các góc pha tương ứng φ_i theo tần số cơ bản F và các hài của nó ứng với các tần số $n.F$. Từ đây ta vẽ được phổ, biên độ và phổ pha theo tần số. Phổ biên độ tần số cho phép, ta định lượng các biên độ khi biên độ đạt tới trị số $m.S$ (m tùy chọn cho từng trường hợp) thì người ta gọi khoảng tần số từ 0 tới tần số đó là miền phổ của tín hiệu hay là độ rộng của phổ tín hiệu Δf . Độ rộng phổ tín hiệu có liên quan rất mật thiết đến việc bố trí các kênh thông tin liên lạc để khỏi ảnh hưởng đến nhau. Phổ pha tần số cho ta biết thành phần nào có di pha lớn nhất, từ đó có phương hướng tác động đạt hiệu quả điều chế lớn nhất.

1.4. Tín hiệu dao động điều chế

Thực chất của điều chế là chuyển phổ năng lượng rộng của tín hiệu mang tín tức từ miền tần số thấp lên miền tần số cao để có thể truyền tín tức đó đi được những khoảng cách lớn. Như vậy bản thân trong dao động điều chế có hai loại tín hiệu là tín hiệu tải tin và tín hiệu tin tức (điều chế).

Về ý nghĩa vật lý việc điều chế là việc tác động làm biến đổi một thông số nào đó của tín hiệu tải tin (thường là dao động hình sin). Do đó tín hiệu tải tin có bao nhiêu tham số thực hiện được bấy nhiêu cách điều chế.

+ Tín hiệu điều chế biên độ: Tín hiệu mang tin tác động làm biến đổi biên độ của tín hiệu tải tin. Nếu biên độ tín hiệu mang tin là U , biên độ của tín hiệu tải tin là U_m ta có thông số cơ bản là hệ số điều chế m . Hệ số điều chế nói lên mức độ thâm nhập của tín hiệu và tải tin. Có thể sử dụng máy đo điều chế hoặc ôxylô để đo tham số này:

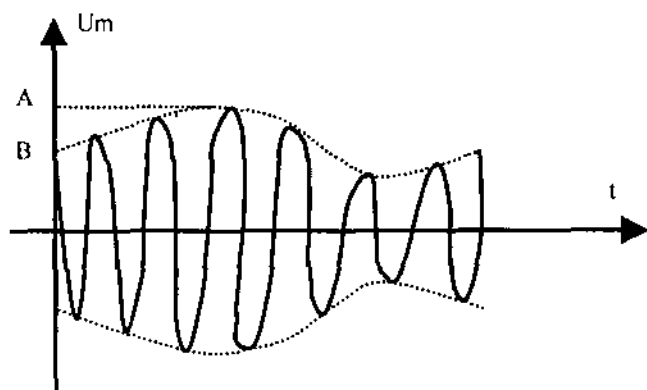
$$m = [(A-B)/(A+B)].100\% \quad (1-9)$$

Trong đó: A là biên độ cực đại $U_{\max}$

B là biên độ cực tiểu $U_{\min}$

(Công thức 1-9 dùng với tín hiệu điều chế đối xứng).

Khi tín hiệu điều chế không phải là tín hiệu điều hòa thì phải tiến hành điều chế trên và điều chế dưới.



Hình 1.4a. Dạng tín hiệu điều biên

Phổ của tín hiệu điều chế được xác định bằng hai lần độ rộng phổ của tín hiệu chứa tín tức ở hai bên của tần số cơ bản của tín hiệu tải tin đối với tín hiệu điều chế là tín hiệu điều hòa. Với tín hiệu mang tin là tiếng nói và tiếng nhạc thông thường, độ rộng phổ tín hiệu điều chế trong khoảng $\Delta f = 30 \div 40$ KHz.

+ Tín hiệu điều chế tần số: Tín hiệu mang tin tác động làm biến đổi tần số của tín hiệu tải tin.

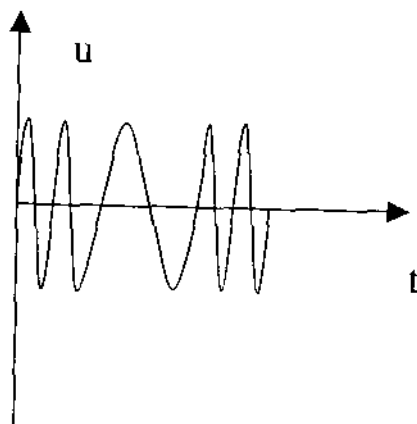
$$U = U_m (\cos \omega_0 t + m_f \sin \Omega t) \quad (1-10)$$

Ở đây U_m là biên độ của điện áp có tần số điều chế $\omega_0 = 2\pi f_0$ với f_0 tần số của điện áp bị điều chế.

$\Omega = 2\pi F$ là tần số của điện áp điều chế

$$m_f = (\Delta\omega / \Omega) = (\Delta f / F) \quad (1-11)$$

Δf là độ lệch tần số khi điều chế tần số, tức là độ dãi tần.



Hình 1.4b. Dạng tín hiệu điều tần

Thông số cơ bản của tín hiệu điều chế loại này là hệ số điều chế nói lên mức độ dịch chuyển tần số của tín hiệu tải tin khi có tác động của tín hiệu mang tin. Ngoài ra còn có một thông số đáng được quan tâm nữa là độ rộng phổ của tín hiệu.

+ Tín hiệu điều chế pha: Tín hiệu mang tin tác động làm biến đổi pha của tín hiệu tải tin. Thông số cơ bản cũng là hệ số điều chế pha và phổ của tín hiệu điều chế pha.

1.5. Tín hiệu tạp âm (còn gọi là nhiễu tạp âm)

Tạp âm bao gồm các loại tín hiệu không chứa đựng tin tức gây ảnh hưởng tới quá trình truyền và thu thập tin tức. Tạp âm có thể do các tín hiệu từ bên ngoài, cũng có thể do bản thân thiết bị gây nên. Chính vì thế mà các thông số của tạp âm khá nhiều. Việc đo thông số của tạp âm thường được quan tâm nhiều là cường độ tạp âm tương ứng với các dải tần số cố định nào đó trong một không gian xác định. Ta cũng có thể tiến hành đo hàm tương quan và phổ

năng lượng của tạp âm, trên cơ sở đó ta xác định cấu trúc thời gian của tạp âm và có những biện pháp tích cực chống các tác động của tạp âm.

2. Các đặc tính và thông số của mạch điện

Mạch điện được tổ hợp bởi các linh kiện điện - điện tử, các linh kiện này có loại là linh kiện tuyến tính, có loại là linh kiện phi tuyến tính.

Tổ hợp mạch chỉ gồm các phần tử tuyến tính cho ta một mạch tuyến tính.

Tổ hợp mạch mà trong đó có một phần tử phi tuyến trở lên cho ta một mạch phi tuyến. Các linh kiện nói riêng, các phần tử mạch nói chung có giá trị không phụ thuộc vào dòng điện đi qua nó được gọi là phần tử tuyến tính. Các phần tử điện trở, điện cảm, điện dung trong mạch được coi là phần tử tuyến tính. Các đèn điện tử và tranzito làm việc ở đoạn thẳng của đặc tính Von - Ampe được coi là phần tử tuyến tính. Mạch tuyến tính được cấu tạo từ các phần tử tuyến tính nên dòng điện qua nó không làm biến đổi giá trị bản thân nó. Đối với mạch tuyến tính người ta có thể tác động cùng một lúc của nhiều tín hiệu cũng giống như phản ứng của mạch khi tổng cộng các tín hiệu tác động riêng lẻ lần lượt. Tổ hợp các phần tử tuyến tính thường tạo thành mạch tuyến tính 2 cực hoặc 4 cực. Tùy thuộc vào tần số tín hiệu thông qua mạch mà người ta phân ra làm hai nhóm là nhóm mạch có phần tử tập trung và nhóm mạch có phần tử phân bố. Mạch có phần tử tập trung dùng biến đổi các tín hiệu có tần số nhỏ hơn vài chục MHz, giá trị của các phần tử khi đó được coi là hằng số và lấy nó làm giá trị đặc trưng cho thông số của mạch hai cực.

Tổ hợp mạch 4 cực có thông số đặc trưng là trở kháng Z_{ω} phụ thuộc vào tần số. Trường hợp đặc biệt của mạch 4 cực là mạch dao động, nó có thêm hai thông số đặc trưng nữa là hệ số phẩm chất Q và trở kháng đặc tính ρ

$$Q = S/R ; \quad \rho = (L/C)^{1/2} \quad (1-12)$$

các thông số đó có liên hệ với đặc tuyến tần số của mạch.

Mạch phi tuyến có giá trị linh kiện phụ thuộc đầu vào cường độ dòng điện chạy qua nó, nên các linh kiện phi tuyến không dùng trị số của bản thân nó. Khi sử dụng, tính toán các linh kiện, mạch điện phi tuyến phải sử dụng các đặc tuyến của linh kiện. Trên cơ sở này người ta thực hiện các phép biến đổi điều chế, tách sóng, nhân tần số, chia tần số, tạo dao động, hạn chế...

III. SAI SỐ ĐO LƯỜNG VÀ CÁC BIỆN PHÁP HẠN CHẾ

1. Nguyên nhân gây ra sai số

Ngoài sai số của dụng cụ đo, việc thực hiện quá trình đo cũng gây nhiều sai số. Nhưng sai số này gây ra bởi những yếu tố sau đây:

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

Do vậy mà kết quả đo lường không đúng với giá trị chính xác của đại lượng đo mà có sai số. Đó là sai số của phép đo.

Nhưng giá trị chính xác (giá trị đúng) của đại lượng đo thường không biết trước, cho nên khi đánh giá sai số của phép đo thường ta sử dụng giá trị thực X_{th} là giá trị đại lượng đo xác định được với một độ chính xác nào đó. Tức là ta chỉ có sự đánh giá gần đúng về kết quả của phép đo mà thôi.

Xác định sai số của phép đo tức là xác định độ tin tưởng của kết quả đó là một trong những nhiệm vụ cơ bản của đo lường học.

Ta có thể phân loại sai số của phép đo như sau:

2. Phân loại theo cách thể hiện bằng số:

Có thể chia thành:

2.1. Sai số tuyệt đối

Là hiệu giữa giá trị đại lượng đo X và giá trị thực X_{th} .

$$\Delta X = X - X_{th} \quad (1-13)$$

2.2. Sai số tương đối γ_x

Được tính bằng phần trăm của tỷ số sai số tuyệt đối và giá trị thực

$$\gamma_x = (\Delta X / X_{th}) \cdot 100 \approx (\Delta X / X) \cdot 100 \quad (1-14)$$

Vì X_{th} và X gần bằng nhau.

Sai số tương đối đặc trưng cho chất lượng của phép đo. Sai số tính được có dấu dương (+) nghĩa là kết quả đo được vượt quá giá trị thực. Độ chính xác của phép đo được định nghĩa là một đại lượng nghịch đảo của môđun sai số tương đối.

$$\varepsilon = 1 / \gamma_x = 1 / (\Delta X / X) = X / \Delta X \quad (1-15)$$

Từ giá trị sai số biết trước ta tính được giá trị thực của phép đo.

Sai số của phép đo bằng 10^{-5} thì độ chính xác bằng 10^5 .

3. Phân loại theo nguồn gây ra sai số

Có thể chia thành các loại sai số như sau:

3.1. Sai số phương pháp

Là sai số sinh ra do sự không hoàn thiện của phương pháp đo và sự không chính xác của biểu thức lý thuyết cho ta kết quả của đại lượng đo. Sai số phương pháp bao gồm sai số do sự tác động của dụng cụ đo lên đối tượng đo, sai số liên quan đến sự không xác định của các thông số của đối tượng đo...

3.2. Sai số thiết bị

Là sai số của thiết bị đo sử dụng trong phép đo, nó liên quan đến cấu trúc và mạch đo của dụng cụ đo không được hoàn chỉnh, tình trạng của dụng cụ đo.

3.3. Sai số chủ quan

Là sai số gây ra do người sử dụng. Ví dụ: do mắt kém, do đọc chệch, do sự lơ đãng, do cấu thả... Khi sử dụng dụng cụ đo chỉ thị số, sai số này hầu như không mắc phải.

3.4. Sai số bên ngoài (hay sai số khách quan)

Là sai số gây ra do ảnh hưởng của điều kiện bên ngoài lên đối tượng đo cũng như dụng cụ đo. Ví dụ: sự biến động của nhiệt độ bên ngoài, áp suất, độ ẩm... vượt quá điều kiện tiêu chuẩn.

Vì vậy, để hạn chế sai số thì phải sử dụng TBD có độ chính xác cao, tác phong đo chuẩn xác, phương pháp đo thích hợp.

4. Phân loại theo quy luật xuất hiện của sai số

Có thể chia thành các loại sai số sau

4.1. Sai số hệ thống

Là thành phần sai số của phép đo luôn không đổi hay là thay đổi có quy luật khi đo nhiều lần một đại lượng đo. Quy luật thay đổi có thể là một phía (dương hay âm), có chu kỳ hay theo một quy luật phức tạp nào đó.

Sai số hệ thống không đổi bao gồm sai số do khác độ thang đo, sai số do hiệu chỉnh dụng cụ đo không chính xác (chỉnh "0" không đúng), sai số do nhiệt độ tại thời điểm đo...

Sai số hệ thống thay đổi có thể là sai số do sự biến động của nguồn cung cấp (pin bị yếu đi), do ảnh hưởng của các trường điện từ hay những yếu tố khác.

Phân tích các nguyên nhân có thể xuất hiện sai số hệ thống tức là tìm phương pháp phát hiện và loại trừ chúng là một trong những nhiệm vụ cơ bản của mỗi phép đo chính xác.

Phát hiện sai số hệ thống là phức tạp, nhưng nếu đã phát hiện được thì việc đánh giá và loại trừ nó sẽ không khó khăn.

Loại trừ sai số hệ thống có thể tiến hành bằng cách: Phân tích lí thuyết; kiểm tra dụng cụ đo trước khi sử dụng nó; chuẩn trước khi đo; chỉnh “0” trước khi đo; tiến hành nhiều phép đo bằng các phương pháp khác nhau; sử dụng phương pháp thế; 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 sai số hệ thống.

Trong thực tế không thể loại 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.

4.2. Sai số ngẫu nhiên

Là thành phần sai số của phép đo thay đổi không theo một quy luật nào cả mà ngẫu nhiên khi nhắc lại phép đo nhiều lần một đại lượng duy nhất. Giá trị và dấu của sai số ngẫu nhiên không thể xác định được, vì sai số ngẫu nhiên gây ra do những nguyên nhân mà tác động của chúng không giống nhau trong mỗi lần đo cũng như không thể xác định được. Để phát hiện sai số ngẫu nhiên người ta nhắc lại nhiều lần cùng một đại lượng và vì thế, để xét ảnh hưởng của nó đến kết quả, người ta sử dụng lí thuyết thống kê và lí thuyết xác suất.

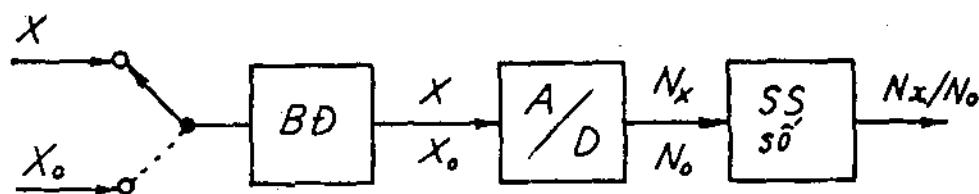
IV. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐO LƯỜNG CƠ BẢN

Trong đo lường điện tử có thể đo theo các phương pháp khác nhau tùy thuộc vào độ chính xác yêu cầu, điều kiện thí nghiệm và thiết bị hiện có v.v...

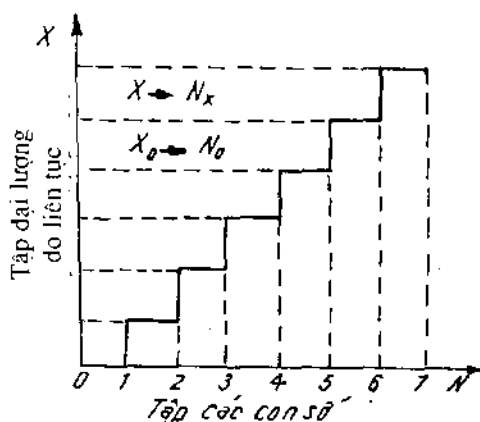
Ta có thể phân loại các phương pháp đo như sau :

1. Phương pháp đo biến đổi thẳng

Là phương pháp đo có sơ đồ cấu trúc theo kiểu biến đổi thẳng, nghĩa là không có khâu phản hồi (h.1-5a).



Hình 1.5a. Sơ đồ khối



Hình 1-5b. Đồ thị quá trình khắc độ theo mẫu

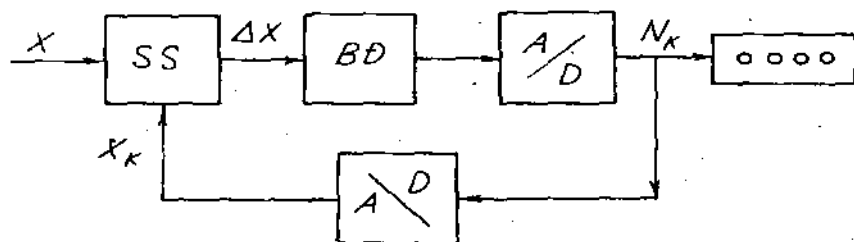
Trước tiên, đại lượng cần đo X được đưa ra qua một hay nhiều khâu biến đổi và cuối cùng được biến đổi thành số N_x . Còn đơn vị của đại lượng đo X_0 , cũng được biến đổi thành số N_0 (ví dụ: khắc độ trên mặt dụng cụ đo tương tự). Quá trình này được gọi là quá trình khắc độ theo mẫu. Nó được ghi nhớ lại (h.1-5b). Sau đó diễn ra quá trình so sánh giữa đại lượng cần đo với đơn vị của chúng. Quá trình này được thực hiện bằng một phép chia N_x/N_0 .

$$X = \frac{N_x}{N_0} X_0 \quad (1-16)$$

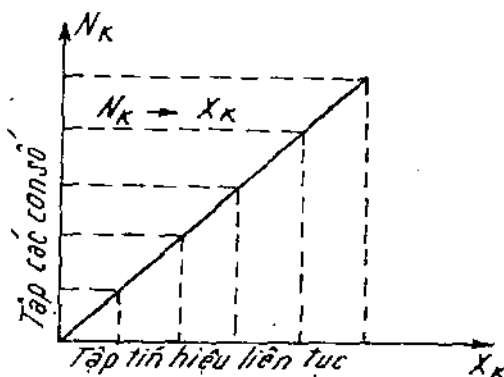
Quá trình đo như vậy được gọi là quá trình biến đổi thẳng. Thiết bị đo thực hiện quá trình này gọi là thiết bị đo biến đổi thẳng. Trong thiết bị này tín hiệu đo X và X_0 sau khi qua khâu biến đổi BD (có thể là một, hay nhiều khâu nối tiếp) đưa đến bộ biến đổi tương tự số A/D (analog-digital convertor) ta có N_x và N_0 . Sau khi qua bộ so sánh ta nhận được tỉ số N_x/N_0 . Sau khi nhân với đơn vị X_0 , ta nhận được kết quả đo như ở biểu thức trên. 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 các sai số của các khâu thành phần. Vì thế độ chính xác không cao lắm.

2. Phương pháp đo kiểu so sánh

Là phương pháp đo có sơ đồ cấu trúc theo kiểu mạch vòng nghĩa là có khâu phản hồi (h-1-6a).



Hình 1.6a. Sơ đồ khối cấu trúc theo mạch vòng



Hình 1.6b. Đồ thị quá trình so sánh

Trước tiên đại lượng đo X và đại lượng mẫu X_0 được biến đổi thành một đại lượng vật lý nào đó (ví dụ dòng hay áp chẳng hạn) thuận tiện cho việc so sánh. Quá trình so sánh được diễn ra suốt trong quá trình đo. Khi hai đại lượng bằng nhau ta đọc kết quả ở mẫu sẽ suy ra giá trị đại lượng cần đo. Quá trình đo như vậy được 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 thiết bị bù). Hình 1-6b là đồ thị quá trình so sánh của một thiết bị đo:

Tín hiệu đo X được so sánh với một tín hiệu X_k tỉ lệ với đại lượng mẫu X_0 , qua bộ biến đổi số tương tự D/A tạo ra tín hiệu X_k : Qua bộ so sánh ta có:

$$X - X_k = \Delta x \quad (1-17)$$

Tùy thuộc vào cách so sánh mà ta có các phương pháp sau đây:

2.1. So sánh cân bằng

Là phép so sánh mà đại lượng cần đo X và đại lượng mẫu X_0 sau khi biến đổi thành X_k được so sánh với nhau sao cho luôn có $\Delta x = 0$, tức là :

$$X - X_k = 0, \quad X = X_k = N_k \cdot X_0 \quad (1-18)$$

Như thế X_k là một đại lượng thay đổi luôn có kết quả. Nghĩa là phép so sánh luôn ở trạng thái cân bằng. trong trường hợp này chỉ 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.

2.2. So sánh không cân bằng

Nếu đại lượng X_k là một đại lượng không đổi, lúc đó ta có

$$X - X_k = \Delta x$$

Nghĩa là kết quả của phép đo được đánh giá theo đại lượng hiệu Δx . Tức là biết trước X_k . Do Δx có thể suy ra $X = \Delta x + X_k$. Rõ ràng phép đo này có độ chính xác phụ thuộc vào phép đo Δx , mà giá trị Δx càng nhỏ (so với X) thì độ chính xác phép đo càng cao. Ví dụ: nếu Δx chỉ bằng 0,1X thì độ sai lệch khi đo Δx chỉ phản ánh vào độ chính xác của việc xác định X là một phần mười lần mà thôi. Và độ chính xác của phép đo chủ yếu do độ chính xác của X_k quyết định. 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 v.v.

2.3. So sánh không đồng thời

Việc so sánh được thực hiện theo cách sau : Đầu tiên dưới tác động của đại lượng đo X gây ra một trạng thái nào đó trong thiết bị đo. Sau đó thay X bằng đại lượng mẫu X_k bằng cách thay đổi đại lượng mẫu X_k sao cho trong thiết bị đo cũng gây ra đúng trạng thái đó như khi X tác động, trong điều kiện đó rõ ràng ta có $X = X_k$. Độ chính xác của X hoàn toàn phụ thuộc vào độ chính xác của X_k . Phương pháp này chính xác vì khi thay X_k bằng X ta vẫn giữ nguyên mọi trạng thái của thiết bị đo và loại được mọi ảnh hưởng của điều kiện bên ngoài đến kết quả đo.

Ví dụ: Có thể đo dòng xoay chiều với độ chính xác cao khi sử dụng dòng một chiều để làm mẫu thông qua một tác dụng hiệu dụng trung gian, đó là tác dụng nhiệt (các ampemét nhiệt).

2.4. So sánh đồng thời

Là phép so sánh cùng lúc nhiều điểm của đại lượng đo X và của mẫu X_k căn cứ vào các điểm trùng nhau mà tìm ra đại lượng cần đo.

Sử dụng phương pháp này thực tế ta dùng để thử nghiệm các đặc tính của các cảm biến, hay của thiết bị đo để đánh giá sai số của chúng.

V. PHÂN LOẠI CÁC THIẾT BỊ ĐO

Thiết bị đo thực hiện quá trình đo bằng phương tiện kỹ thuật. Thiết bị đo là sự thể hiện phương pháp đo bằng các khâu chức năng cụ thể. Với sự phát triển của kỹ thuật điện tử và công nghệ vi điện tử, ngày nay các khâu chức năng của thiết bị đo (TBD) được chế tạo hàng loạt và thương phẩm hóa. Ta có thể chia thiết bị đo thành nhiều loại tùy theo chức năng của nó. Gồm các loại chủ yếu là: mẫu, dụng cụ đo điện, các chuyển đổi đo lường, hệ thống thông tin đo lường. Ta lần lượt xét các loại.

1. Mẫu

Mẫu là thiết bị đo để khôi phục một đại lượng vật lý nhất định. Những dụng cụ mẫu phải đạt độ chính xác rất cao từ 0,01 đến 0,1% tùy theo từng cấp, từng loại.

Ví dụ : Cân đo dòng điện với độ chính xác đến 0,001%. Điện trở mẫu cấp I với độ chính xác 0,01%. Cấp II độ chính xác đến 0,1%

2. Dụng cụ đo lường điện

Là dụng cụ 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. Tùy theo cách biến đổi tín hiệu và chỉ thị ta phân thành hai loại dụng cụ đo:

- 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 gọi là dụng cụ đo tương tự. Loại dụng cụ đo này bao gồm dụng cụ đo kim chỉ và dụng cụ đo tự ghi.

- Dụng cụ đo mà kết quả đo được thể hiện ra bằng số được gọi là dụng cụ đo chỉ thị số.

3. Chuyển đổi đo lường

Là loại thiết bị để gia công tín hiệu thông tin đo lường để tiện cho việc truyền, biến đổi, gia công tiếp theo, cất giữ nhưng không cho ra kết quả trực tiếp, có hai loại chuyển đổi:

3.1. Chuyển đổi các đại lượng điện thành các đại lượng điện khác

Ví dụ: Các bộ phân áp, phân dòng, biến áp, biến dòng, các bộ chuyển đổi tương tự - số (A/D) hay số - tương tự (D/A) v.v..

3.2. Chuyển đổi các đại lượng không điện thành các đại lượng điện

Đó là các loại chuyển đổi sơ cấp là bộ phận chính của đầu đo hay cảm biến (sensert)

Ví dụ: Các chuyển đổi lực căng, chuyển đổi nhiệt điện trở, cặp nhiệt, chuyển đổi quang điện v.v..

4. Hệ thống thông tin đo lường

Là tổ hợp các thiết bị đo và những thiết bị phụ để tự động thu thập số liệu từ nhiều nguồn khác nhau, truyền các thông tin đo lường qua khoảng cách theo kênh liên lạc và chuyển nó về một dạng để tiện cho việc đo và điều khiển. Có thể phân hệ thống thông tin đo lường thành nhiều nhóm:

4.1. Hệ thống đo lường

Là hệ thống để đo và ghi lại các đại lượng đo.

4.2. Hệ thống kiểm tra tự động

Là hệ thống thực hiện nhiệm vụ kiểm tra các đại lượng đo. Nó cho ra kết quả lớn hơn, nhỏ hơn hay bằng chuẩn.

4.3. Hệ thống chẩn đoán kỹ thuật

Là hệ thống kiểm tra sự làm việc của đối tượng để chỉ ra chỗ hỏng hóc cần sửa chữa.

4.4. Hệ thống nhận dạng

Là hệ thống kết hợp việc đo lường, kiểm tra để phân loại đối tượng tương ứng với mẫu đã cho. Ví dụ: Máy kiểm tra và phân loại sản phẩm.

4.5. Tổ hợp đo lường thành toán

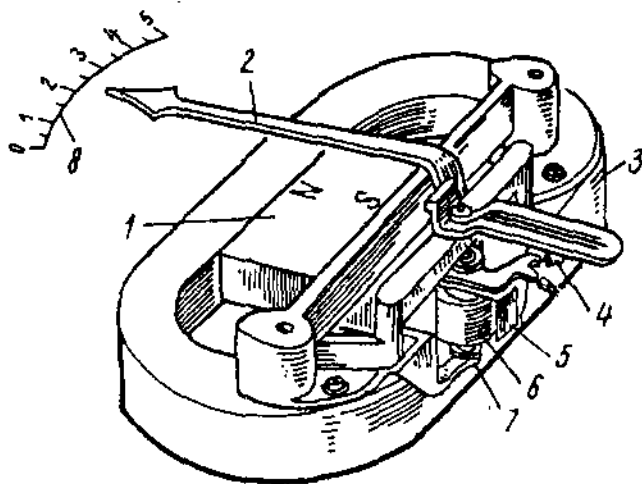
Sự phát triển của kỹ thuật tính toán đã cho ra đời một thiết bị mới, đó là tổ hợp đo lường tính toán với chức năng có thể bao quát toàn bộ các thiết bị ở trên. Đó là sự ghép nối hệ thống thông tin đo lường với máy tính. Nó có thể tiến hành đo, kiểm tra nhận dạng, chẩn đoán và cả điều khiển đối tượng nữa.

VI. CÁC CƠ CẤU ĐO

1. Cơ cấu chỉ thị từ điện

1.1. Cấu tạo

Cơ cấu chỉ thị từ điện gồm hai phần cơ bản: phần tĩnh và phần động (h.1.7).



Hình 1.7. Cơ cấu chỉ thị từ điện

Phần tĩnh của cơ cấu chỉ thị từ điện gồm có : nam châm vĩnh cửu 1, mạch từ và từ (3) và lõi sắt (6) hình thành mạch từ kín. Giữa cực từ (3) và lõi (6) có khe hở đều, gọi là khe hở làm việc, trong đó có khung quay chuyển động. Đường sức qua khe hở làm việc hướng tâm tại mọi điểm. Trong khe hở này độ từ cảm B đồng đều tại mọi điểm. Ngoài ra trong mạch từ còn có Sun từ để điều chỉnh từ thông qua khe hở làm việc.

Phần động gồm có khung quay (5). Đó là một khung dây thường có lõi nhôm nhẹ trên đó quấn dây đồng cỡ $(0,03 \div 0,2)\text{mm}$. Cũng có trường hợp khung quay không có lõi nhôm bên trong (như điện kế chẳng hạn). Khung quay được gắn vào trục quay (hoặc dây căng, dây treo). Trên trục quay còn có hai lò xo cản (7) mắc ngược nhau, kim chỉ thị (2) và thang đo (8). Trong cơ cấu chỉ thị từ điện, chất lượng nam châm vĩnh cửu quyết định rất lớn chất lượng dụng cụ đo. Yêu cầu đối với nam châm vĩnh cửu là tạo nên từ cảm lớn trong khe hở làm việc, ổn định theo thời gian và nhiệt độ. Trị số độ từ cảm B trong khe hở làm việc càng lớn thì mô men quay tạo ra càng lớn, độ nhạy của dụng cụ đo càng cao và ít chịu ảnh hưởng của từ trường ngoài, do đó tăng độ chính xác của dụng cụ đo. Nam châm vĩnh cửu được chế tạo bằng các loại thép đặc biệt là hợp kim vonfram, hợp kim crôm, alhicô... trị số từ cảm B được tạo ra bởi các loại nam châm trên có thể từ $0,1 \div 0,12\text{T}$ và $0,2 \div 0,3\text{T}$. Ngoài cơ cấu chỉ thị từ điện có khung quay còn có loại cơ cấu chỉ thị từ điện có phần tĩnh là cuộn dây, còn phần động là nam châm quay, tuy nhiên loại này trong thực tế ít dùng vì cấu tạo phức tạp và độ nhạy thấp.

1.2. Nguyên lý làm việc

Khi có dòng điện chạy qua, khung dây quay dưới tác động của từ trường của nam châm vĩnh cửu, khung quay lệch khỏi vị trí ban đầu một góc α nào đấy. Mô men quay tạo ra được tính theo biểu thức.

$$M_q = dW_e/d\alpha \quad (1-19)$$

Ở đây năng lượng điện từ W_e tỉ lệ với độ lớn của từ thông trong khe hở làm việc Φ và dòng điện chạy trong khung dây I .

$$W_e = \Phi I \quad (1-20)$$

$$\text{Từ thông được tính như sau: } \Phi = BSw\alpha \quad (1-21)$$

Trong đó

B - Độ từ cảm của nam châm vĩnh cửu.

S - Diện tích khung dây.

w - Số vòng dây của khung dây.

α - Góc lệch của khung dây so với vị trí ban đầu.

Các giá trị B, S, w là những hằng số (không đổi khi khung dây quay).

$$M_q = d(\Phi I)/d\alpha = d(BSw\alpha I)/d\alpha = BSwI. \quad (1-22)$$

Khi cân bằng thì mô men quay bằng mô men cản

$$M_q = M_c \quad (1-23)$$

$$BSwI = D\alpha \quad (1-24)$$

Từ đó ta có

$$\alpha = (1/D)BSwI \quad (1-25)$$

Trong biểu thức trên, B, S, w, D là những hằng số cho nên góc lệch α tỉ lệ bậc nhất với dòng điện I.

1.3. Đặc tính của cơ cấu từ điện

Từ biểu thức trên ta suy ra các đặc tính cơ bản của cơ cấu chỉ thị từ điện sau đây.

a. Góc lệch α tỉ lệ thuận với dòng điện I cho nên cơ cấu chỉ thị từ điện chỉ sử dụng trong mạch một chiều.

b. Góc lệch α tỉ lệ bậc nhất với dòng điện I nên đặc tính của thang đo đều.

c. Độ nhạy của cơ cấu $s = (1/D)BSw$ là đại lượng không đổi trong suốt thang đo, là độ nhạy theo dòng có số đo là [mm/A]. Thông thường người ta

hay dùng hệ số nghịch đảo của độ nhạy gọi là hằng số của dụng cụ đo theo dòng (hoặc theo áp).

$C = (1/s)[A/mm]$. Cơ cấu chỉ thị từ điện thường có độ nhạy cao vì trị số B thường lớn.

Độ nhạy có thể đạt được đến $1/10^{-4} [mm/A]$

d. Độ chính xác cao vì các phần tử của cơ cấu có độ ổn định cao, ảnh hưởng của từ trường ngoài không đáng kể (vì độ từ cảm của nam châm lớn), công suất tiêu thụ nhỏ nên ảnh hưởng không đáng kể đến chế độ của mạch đo, độ cản độn tốt, thang đo đều.

e. Nhược điểm của cơ cấu chỉ thị từ điện là ở chỗ: Chế tạo phức tạp, chịu quá tải kém, do việc dễ cháy lò xo và thay đổi đặc tính của nó, ảnh hưởng của nhiệt độ đến độ chính xác của phép đo.

1.4. Ứng dụng của cơ cấu chỉ thị từ điện

Cơ cấu chỉ thị từ điện thường được sử dụng trong các trường hợp sau đây:

a. Dùng để chế tạo các loại ampe mét, vôn mét, ômmét nhiều thang đo, dải đo rộng.

b. Dùng để chế tạo các loại điện kế có độ nhạy cao, có thể đo được dòng đến 10^{-12} A, điện áp đến 10^4 V, điện lượng. Điện kế còn được dùng để phát hiện sự lệch điểm không trong mạch cần đo hay trong điện kế.

c. Dùng trong các loại dao động kí ánh sáng để quan sát và ghi lại các giá trị tức thời của dòng áp, công suất tần số có thể đến 15kHz, cơ cấu chỉ thị từ điện được sử dụng để chế tạo các đầu rung.

d. Dùng cơ cấu chỉ thị từ điện để làm chỉ thị trong các mạch đo các đại lượng không điện khác nhau.

e. Dùng để chế tạo các dụng cụ đo điện tử tương tự như: Vôn mét điện tử, tần số kế điện tử, pha kế điện tử v.v...

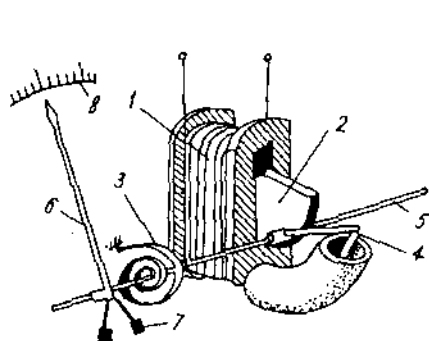
f. Dùng với các bộ biến đổi khác như chỉnh lưu, cảm biến cặp nhiệt để có thể đo được dòng (hay áp) xoay chiều.

2. Cơ cấu chỉ thị kiểu điện từ

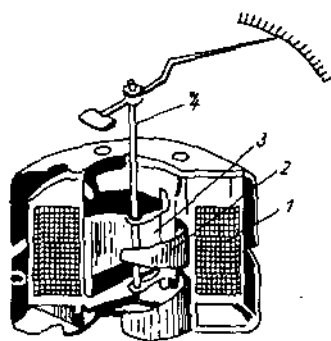
2.1. Cấu tạo

Phần tĩnh của cơ cấu chỉ thị điện từ là một cuộn dây phẳng. Bên trong có khe hở không khí là khe hở làm việc. Phần động là một lõi thép (2) được gắn lên trục quay (5). Lõi thép có thể quay tự do trong khe làm việc của cuộn dây.

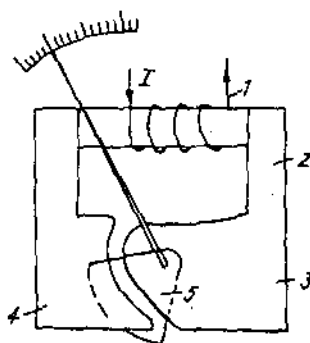
Bộ phận cản dọi không khí (4) được gắn vào trục quay. Kim (6) và đối trọng (7) cũng được gắn lên trục quay. Kim quay trên bảng khe độ (8). Mômen cản được tạo bởi hai lò xo ngược chiều nhau. Ngoài loại kết cấu trên ta còn gặp loại cơ cấu điện từ có cuộn dây tròn và loại mạch từ kín. Hình (1.8 a, b, c).



Hình 1.8a. Cơ cấu cuộn dây phẳng



Hình 1.8b. Cơ cấu cuộn dây tròn



Hình 1.8c. Cơ cấu mạch từ kín

Loại cuộn dây tròn bên trong bố trí các tấm kim loại (tấm tĩnh và tấm động). Tấm động và tấm tĩnh hút nhau do khác cực tính làm phân động quay.

Loại mạch từ kín phân tĩnh gồm cuộn dây kích thích, mạch từ làm bằng các lá thép kỹ thuật điện có kích thước và hình dáng khe hở không khí được tính toán cẩn thận. Ở bên trong khe hở lá động được gắn với trục quay. Khi có dòng điện chạy qua cuộn dây, từ thông xuất hiện trong mạch từ và khép kín qua khe hở không khí tác động lên lá động làm cho nó quay xung quanh trục.

2.2. Nguyên lí làm việc

Khi cho dòng điện I chạy vào cuộn dây, xuất hiện mô men quay, nó được xác định theo biểu thức.

$$M_q = d W_c / d\alpha \quad (1-26)$$

Ở đây năng lượng điện từ W_e được xác định:

$$W_e = LI^2/2 \quad (1-27)$$

L- là điện cảm của cuộn dây

Thay vào biểu thức mô men quay ta có:

$$M_q = d W_e / d\alpha = [d(LI^2/2)] / d\alpha = 1/2 I^2 (dL/d\alpha) \quad (1-28)$$

Khi mô men quay bằng mô men cản ở vị trí cân bằng

$$1/2 I^2 (dL/d\alpha) = D\alpha \quad (1-29)$$

Từ biểu thức trên ta suy ra các đặc tính của cơ cấu chỉ thị điện từ.

2.3. Đặc tính của cơ cấu chỉ thị điện từ

a. Góc quay α tỉ lệ với bình phương của dòng điện, tức là không phụ thuộc vào chiều của dòng điện, do vậy mà cơ cấu chỉ thị điện từ có thể sử dụng để đo trong mạch một chiều và trong mạch xoay chiều (đối với xoay chiều là giá trị hiệu dụng tần số đến 10.000Hz).

b. Thang đo không đều (có đặc tính bậc hai). Trong thực tế để cho đặc tính thang đo đều người ta phải tính toán sao cho khi góc lệch (α) thay đổi thì tỉ số thay đổi theo quy luật ngược với bình phương dòng điện. Như vậy đường cong tổng hợp sẽ là đường tuyến tính với một độ chính xác nào đó. Để đạt được điều này cần phải tính toán mạch từ, kích thước, hình dáng lõi động, vị trí đặt của cuộn dây cho phù hợp.

c. Cản dộ thường bằng không khí hoặc cảm ứng.

d. Trục điểm: Cấu tạo đơn giản, tin cậy, chịu được quá tải lớn, có thể đo được vừa xoay chiều vừa một chiều.

e. Nhược điểm: Công suất tiêu thụ tương đối lớn, độ chính xác không cao, nhất là khi đo ở trong mạch một chiều sẽ bị sai số do hiện tượng từ trễ, từ dư, độ nhạy thấp, bị ảnh hưởng của từ trường ngoài do từ trường của bản thân cơ cấu yếu khi dòng nhỏ.

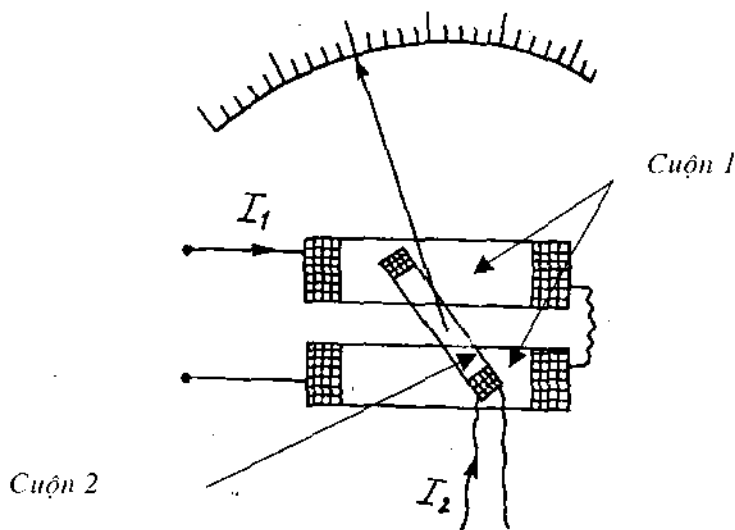
2.4. Ứng dụng

Cơ cấu chỉ thị điện từ thường được sử dụng để chế tạo các loại ampermet, vônmet trong mạch xoay chiều tần số công nghiệp ở các dụng cụ để bàn, cấp chính xác 1,0 và 1,5 và các dụng cụ nhiều thang đo ở phòng thí nghiệm cấp chính xác 0,5 và 1,0. Trong đo tần số cao cần phải tính toán các mạch bù tần số để giảm sai số do tần số, thường là ít dùng.

3. Cơ cấu chỉ thị kiểu điện động

3.1. Cấu tạo

Hình bên vẽ sơ đồ cấu tạo của một cơ cấu chỉ thị điện động.



Hình 1.9. Cơ cấu kiểu điện động

Phần tĩnh gồm cuộn dây (1) được chia làm hai phần nối tiếp với nhau để tạo ra từ trường khi có dòng điện chạy qua. Trục quay chui qua khe hở giữa hai phần cuộn dây tĩnh. Phần động gồm một khung dây (2) đặt trong lòng cuộn dây tĩnh. Khung dây (2) được gắn với trục quay, trên trục còn có lò xo cản, bộ phận cản dũa và kim chỉ thị. Cả phần động và phần tĩnh được bọc kín bằng màn chắn từ để ngăn chặn ảnh hưởng của từ trường này đến sự làm việc của cơ cấu chỉ thị. Màn chắn từ có thể là đơn hoặc kép. Hình dạng của cuộn dây tĩnh và khung dây động có thể tròn hoặc vuông. Loại tròn dễ chế tạo, loại vuông lại thích hợp khi cần giảm thấp chiều cao của cơ cấu đo.

Cản dũa trong cơ cấu chỉ thị điện động thường dùng loại cảm ứng từ khi có màn chắn từ. Hoặc dùng kiểu không khí khi không có màn chắn từ bảo vệ.

3.2. Nguyên lý làm việc

Khi cho dòng điện chạy vào cuộn tĩnh, trong lòng cuộn dây xuất hiện từ trường. Từ trường này tác động lên dòng điện chạy trong khung dây và tạo nên mô men quay làm phần động quay đi một góc. Mô men quay được xác định từ biểu thức chung như sau:

Có hai trường hợp:

* Một là khi cho dòng một chiều I_1 vào cuộn dây 1, I_2 vào cuộn dây 2.

Lúc này năng lượng điện từ có dạng:

$$W_e = (1/2) (L_1 I_1^2 + L_2 I_2^2) + M_{12} I_1 I_2 \quad (1-30)$$

với L_1, L_2 - điện cảm của các cuộn dây tĩnh và động

$M_{1,2}$ - Hồ cảm giữa các cuộn dây tĩnh và động

I_1, I_2 - Dòng điện một chiều chạy trong các cuộn dây tĩnh và động.

Các giá trị điện cảm L_1, L_2 không đổi khi khung dây quay trong cuộn tĩnh cho nên ta có mô men quay như sau:

$$M_q = d W_e / d\alpha = I_1 I_2 d M_{12} / d\alpha \quad (1-31)$$

ở vị trí cân bằng mô men quay bằng mô men cản $M_q = M_c$.

$$I_1 I_2 d M_{12} / d\alpha = D\alpha \quad (1-32)$$

Suy ra:

$$\alpha = \frac{1}{D} \frac{dM_{12}}{d\alpha} I_1 I_2 \quad (1-33)$$

Hai là khi cho dòng xoay chiều vào các cuộn dây ta có

Mô men quay tức thời sẽ là:

$$m_{qt} = i_1 i_2 d M_{12} / d\alpha \quad (1-34)$$

Người ta tính được:

$$\alpha = I_1 I_2 \cos \psi (dM_{12} / D d\alpha) \quad (1-35)$$

3.3. Đặc tính của cơ cấu chỉ thị điện động

- Cơ cấu chỉ thị điện động có thể dùng trong mạch một chiều và xoay chiều.

- Góc lệch α phụ thuộc vào tích $I_1 \cdot I_2$ nên thang đo không đều. Có thể thay đổi vị trí các cuộn dây để thay đổi tỷ số $d M_{12} / d\alpha$ theo hàm ngược với $I_1 I_2$ nhằm đạt được thang đo đều (từ 20% đến 100%), thang đo có thể chia đều, khoảng còn lại ở đầu thang là chia không đều.

- Trong mạch xoay chiều, mômen quay tỷ lệ với các giá trị hiệu dụng của dòng điện và $\cos \psi$ (Cos của góc lệch pha giữa hai dòng điện) vì thế có khả năng sử dụng cơ cấu này để chế tạo Wat mét để đo công suất.

- Ưu điểm cơ bản của cơ cấu chỉ thị điện động là có độ chính xác cao khi đo trong mạch xoay chiều... Ngày nay đã sản xuất được các dụng cụ đo điện động có cấp chính xác 0,05; 0,1; 0,2... chủ yếu là dụng cụ để bàn.

- Nhược điểm là công suất tiêu thụ của cơ cấu đo điện động lớn nên dùng trong mạch điện công suất nhỏ không phù hợp.

- Do chịu ảnh hưởng của từ trường ngoài để đảm bảo cơ cấu làm việc tốt cần có màn chắn từ. Ngoài ra cơ cấu này có độ nhạy thấp.

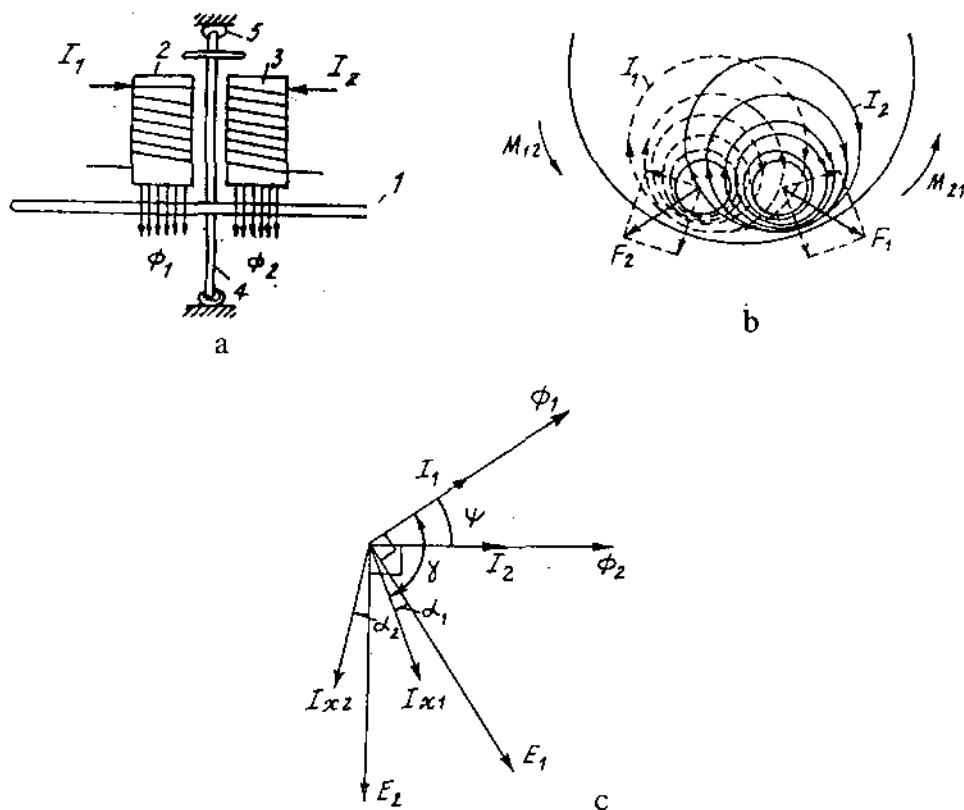
3.4. Ứng dụng

Cơ cấu chỉ thị điện động sử dụng để chế tạo các ampermet, vônmet, watmet... một chiều và xoay chiều tần số công nghiệp, các pha kế để đo góc lệch pha hay hệ số công suất $\cos\varphi$.

4. Cơ cấu chỉ thị kiểu cảm ứng

4.1. Cấu tạo

Gồm hai phần: Phần tĩnh và phần động (h.1-10)



Hình 1.10. Cơ cấu chỉ thị cảm ứng

Phần tĩnh là các cuộn dây điện (2),(3), cấu tạo của chúng làm sao để khi có dòng điện chạy trong cuộn dây sẽ sinh ra từ trường móc vòng qua mạch từ và qua phần động. Số lượng nam châm điện ít nhất là hai.

Phân động là một đĩa kim loại 1 (thường cấu tạo bằng nhôm) gắn vào trục (4) quay trên trục (5), về nguyên tắc cơ cấu này dựa trên sự tác động tương hỗ giữa từ trường xoay chiều và dòng điện xoáy tạo ra trong đĩa của phân động, do đó mà cơ cấu này chỉ làm việc ở mạch xoay chiều mà thôi. Để chỉ thị số vòng quay của đĩa người ta gắn vào trục cơ cấu chỉ thị số cơ khí.

4.2. Nguyên lí làm việc

Cho các dòng điện I_1, I_2 vào các cuộn dây phân tính sẽ sinh ra các từ thông Φ_1, Φ_2 , các từ thông này cũng như dòng điện lệch nhau một góc (h.1-10c) Các từ thông Φ_1, Φ_2 cắt đĩa nhôm làm xuất hiện trong đĩa nhôm các sức điện động tương ứng e_1, e_2 lệch pha với các từ thông một góc là $\pi/2$.

Các dòng điện xoáy I_{x1}, I_{x2} được sinh ra trong đĩa nhôm lệch pha với e_1, e_2 bởi các góc α_1, α_2 vì ngoài điện trở thuần còn có thành phần cảm ứng.

Do có sự tác động tương hỗ giữa từ thông Φ_1, Φ_2 và các dòng điện xoáy I_{x1}, I_{x2} mà sinh ra các lực F_1, F_2 và các mômen quay tương ứng làm quay đĩa nhôm. Người ta tính được

$$M_q = C.f.\Phi_1.\Phi_2.\sin\psi \quad (1-38)$$

M_q : mômen quay

C: hệ số tỉ lệ

Φ_1, Φ_2 : từ thông

trong đó $C = C_{12} C_{14} + C_{21} C_{33}$ - là hằng số cơ cấu chỉ thị cảm ứng.

4.3. Đặc tính

Từ biểu thức trên ta suy ra đặc tính của cơ cấu chỉ thị cảm ứng như sau:

- + Điều kiện để có mômen quay là ít nhất phải có hai từ trường.
- + Mômen quay đạt giá trị cực đại nếu như góc lệch pha giữa hai từ trường đó là $= \pi/2$.
- + Mômen quay phụ thuộc tần số của dòng điện tạo ra hai từ trường.
- + Cơ cấu chỉ thị cảm ứng chỉ làm việc trong mạch xoay chiều mà thôi.

4.4. Ứng dụng

Cơ cấu chỉ thị cảm ứng chủ yếu sử dụng để chế tạo công tơ đo năng lượng. Đôi khi người ta còn sử dụng để đo tần số.

4.5. Nhược điểm

Mômen quay phụ thuộc tần số nên cần phải ổn định tần số.

Bảng tổng kết các loại cơ cấu chỉ thị cơ điện (Bảng 1.1)

Số TT	Tên gọi cơ cấu chỉ thị	Ký hiệu	Tín hiệu đo	Ứng dụng
1	Cơ cấu chỉ thị từ điện		I-	A, V, Ω , G
2	Lôgômét từ điện		I_1/I_2 -	Ω tần số kế đo không điện
3	Cơ cấu chỉ thị điện từ		$I_2 \approx$	A, V
4	Lôgômét điện từ		$(I_1-I_2 \approx)^2$	Tần số kế ôm kế đo góc pha
5	Cơ cấu chỉ thị điện động		$I_1 I_2 \approx$	A, V, Ω , $\omega \cos \varphi$
6	Cơ cấu chỉ thị sắt điện động		$I_1 I_2 \approx$	tần số kế
7	Lôgômét điện động		$I_1/I_2 \approx$	A, V, Ω tự ghi
8	Cơ cấu chỉ thị tĩnh điện		U^2	Ω Tần số kế, $\cos \varphi$
9	Cơ cấu chỉ thị cảm ứng		$I_1, I_2 \approx$	V, kV Công tơ

5. Cơ cấu chỉ thị kiểu tự ghi

5.1. Cơ sở chung

Cơ cấu chỉ thị tự ghi được sử dụng trong các dụng cụ tự động nhằm mục đích ghi lại những tín hiệu đo thay đổi theo thời gian

Thông thường các chỉ thị cơ điện (ví dụ cơ cấu chỉ thị suất điện động) được dùng cho dụng cụ tự ghi phải có mômen quay đủ lớn để thắng được lực ma sát do bút ghi tì lên giấy. Đầu vào thường là dòng điện biến thiên theo thời gian $i(t)$, còn đầu ra là đường quan hệ $\alpha(t)$.

Đường ghi trên băng giấy là sự phối hợp giữa hai chuyển động $y = \alpha = f(i)$ (tức góc lệch là hàm của dòng điện tức thời i) và $x = K_1$

Theo cách ghi có thể phân loại cơ cấu tự ghi làm ba loại: loại thứ nhất là ghi các đường cong liên tục; loại thứ hai là ghi các đường cong rời rạc; loại thứ ba là in số lên băng giấy.

Cách ghi có thể có nhiều hình thức khác nhau, đó là:

- Ghi bằng mực trên băng giấy hoặc đĩa giấy.
- Ghi trên giấy nén hoặc giấy than do bút ghi vạch lên.

- Ghi bằng cách thay đổi vật chất phủ lên bề mặt vật mang: như ghi bằng cách chụp ảnh (ghi bằng ánh sáng) : ghi lên băng hay đĩa từ; ghi bằng nhiệt làm cháy vật chất trên bề mặt vật mang...

Để chuyển dịch băng giấy thường người ta đục lỗ, khoảng cách giữa các lỗ thường là 5mm, lỗ sẽ ăn khớp với các răng trên rulô. Đối với băng hẹp (độ rộng dưới 100mm) chỉ cần một hàng lỗ. Còn nếu băng rộng (trên 100mm) thì thường là 2 hàng lỗ trong đó một hàng (thường ở phía trái) có lỗ tròn bảo đảm không thay đổi khi dây bị ẩm và một hàng có lỗ dài để phòng có sự xê dịch giấy bị ẩm.

Mực để ghi không được khô khi mở nắp. Khi viết rồi phải khô thật nhanh. Thành phần của nó thường là hỗn hợp của thuốc nhôm anilin, mêtilliviolet hoặc mêtilen với nước cất. Để làm khô nhanh có thể thêm vào một ít cồn hay đêstrin.

Các vấn đề cần giải quyết trong các cơ cấu chỉ thị tự ghi là:

- Nâng cao tốc độ ghi- vấn đề này phụ thuộc thiết bị ghi. Do phải mang bút ghi phải thắng lực ma sát của bút ghi trên băng giấy nên mômen quay phải đủ lớn mới đủ độ chạy.

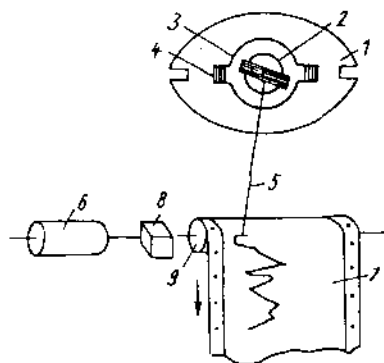
- Cần phải tiến hành cách ghi để làm sao vừa đơn giản vừa ghi được nhanh và bảo đảm độ chính xác theo yêu cầu.

5. 2. Các cơ cấu chỉ thị tự ghi

Phụ thuộc vào tốc độ ghi mà ta có thể phân ra làm 3 loại sau đây

5.2.1. Cơ cấu chỉ thị tự ghi có tốc độ thấp

Khi tín hiệu cần đo có tần số thấp (dưới 10Hz) thường người ta sử dụng các loại chỉ thị tự ghi có tốc độ thấp. Đó là các loại bút ghi vạch lên băng giấy chuyển động với tốc độ đều.



Hình 1.11. Cơ cấu chỉ thị tự ghi sắt điện động

Do phải mang bút ghi có khối lượng tương đối lớn (khoảng 0,5g), lại phải chịu lực ma sát của bút ghi lên băng giấy nên cơ cấu chỉ thị tự ghi cần phải có mômen quay đủ lớn, thường trong khoảng $(50 - 100) 10^{-5} \text{ Nm}$. Để đạt được điều này trong thực tế ta chỉ sử dụng hai loại cơ cấu chỉ thị cơ điện, đó là cơ cấu chỉ thị từ điện và cơ cấu chỉ thị sắt điện động.

Hình (1-11) là một ví dụ về cơ cấu chỉ thị tự ghi sử dụng cơ cấu chỉ thị sắt điện động. Trong đó gồm mạch từ (1) với cuộn dây (4) lõi từ bên trong (2), khung dây động (3), kim 5 (có gắn bút ghi) ghi lên băng giấy (7).

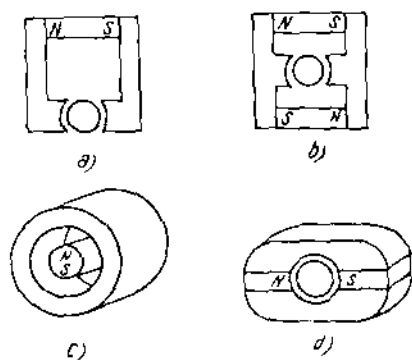
Ở cơ cấu chỉ thị sắt điện động do có lõi thép nên có thể tạo được mômen quay đủ lớn để mang bút ghi; còn cơ cấu chỉ thị từ điện mômen quay sinh ra do từ trường của nam châm vĩnh cửu cho nên để có mômen quay lớn ta thường sử dụng các loại nam châm có kích thước lớn mà có vòng từ khép kín để nâng cao hệ số sử dụng từ thông của nam châm n .

Hình(1-12) chỉ ra một số mạch từ thông dụng của cơ cấu từ điện sử dụng trong dụng cụ tự ghi. Với loại a) ta có hệ số sử dụng từ thông của nam châm là $n=0,25$ loại b) có $n=0,6$ các loại c),d) có $n=0,9$.

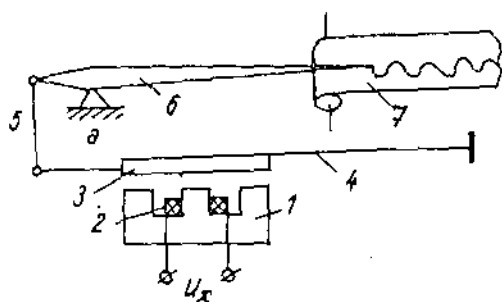
5.2.2. Cơ cấu chỉ thị tự ghi có tốc độ cao

Ở những dụng cụ tự ghi có tốc độ lớn (tần số dưới 100Hz), ta vẫn có thể dùng bút ghi lên băng giấy. Trong các loại chỉ thị này thường sử dụng cơ cấu chỉ thị từ điện hoặc điện từ.

Hình (1-13) chỉ rõ một loại cơ cấu chỉ thị tự ghi có tốc độ cao dùng cơ cấu điện từ. Các phần tử chính là: mạch từ (1) với cuộn dây (2) để đưa dòng cần đo vào. Lõi từ (3) được gắn với lá mỏng đàn hồi (4), qua thanh truyền động (5) nối với kim (6) có gắn bút ghi vẽ lên băng giấy(7).



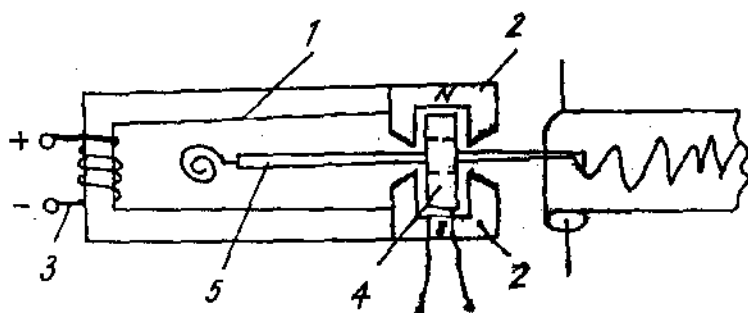
Hình 1.12. Mạch từ thông dụng



Hình 1.13. Tự ghi tốc độ cao

Khi có dòng đi vào cuộn dây (3), lõi từ (3) bị hút vào và cân bằng với lực đàn hồi của lá mỏng (4). Sự dao động của dòng cần đo sẽ được vẽ lên bằng giấy. Độ nhạy của chỉ thị này cỡ 0,2mm/mA. Độ lệch cực đại của bút ghi là 5mm. Tần số riêng của phần động là 70Hz.

Trong các thiết bị y tế như điện tâm đồ, điện não đồ và một loạt các thiết bị tự ghi công nghiệp thường người ta sử dụng các loại cơ cấu chỉ thị tự ghi dùng với cơ cấu từ điện.



Hình 1.14. Tự ghi dùng với cơ cấu từ điện

Hình (1-14) chỉ rõ một cơ cấu chỉ thị tự ghi dùng với cơ cấu từ điện. Các phần tử chính là: mạch từ (1), với các đầu từ (2) (N-S), cuộn kích thích (3), cuộn bất động (4) xuyên qua nó là bộ phận động (5) (được chế tạo bằng vật liệu sắt từ armocô) mang bút ghi.

Khi có dòng điện đi vào cuộn dây (4) sinh ra một từ trường xoay chiều ở trong khe hở không khí, kết quả là xuất hiện mômen quay tỉ lệ với dòng điện cần đo đi qua cuộn bất động (4). Loại này có thể ghi các dòng điện với tần số đến 50Hz. Độ rộng băng giấy lớn nhất có thể đến 17mm.

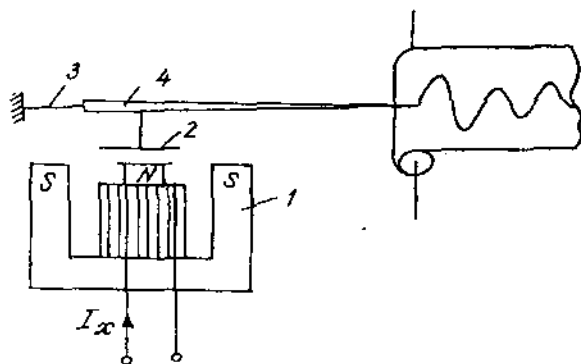
5.2.3. Cơ cấu chỉ thị tự ghi có tốc độ rất cao

Đối với các loại dụng cụ tự ghi có tốc độ lớn (tần số trên 100Hz) ta có thể sử dụng các cơ cấu cơ điện có tần số dao động riêng cao.

Hình (1-15) chỉ rõ một cơ cấu như vậy với tần số dao động riêng đến 750Hz. Cấu tạo của cơ cấu chỉ thị bao gồm một nam châm vĩnh cửu (1) hình trụ. Ở cực giữa đặt cuộn dây đo (2).

Cuộn dây đo được gắn chặt với kim chỉ thị (4)- kim này được gắn với tấm đàn hồi (3). Lực tác dụng lên cuộn dây khi có sự tác động tương hỗ giữa dòng và từ trường nam châm sẽ cân bằng với lực đàn hồi của tấm đàn hồi (3).

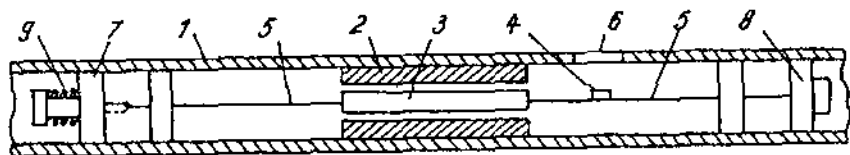
Đối với các loại cơ cấu này độ nhạy đạt được cỡ 0,5mm/mA. Độ dài thang đo cỡ 10mm. Có thể sử dụng để ghi các đại lượng thay đổi với tần số lớn.



Hình 1.15. Cơ cấu tự ghi với tốc độ rất cao

Trong các dao động kí ánh sáng, tần số tín hiệu đến 800Hz. Ví dụ : loại H-700 của Nga chẳng hạn gồm có 14 cơ cấu chỉ thị bằng điện kế từ điện chỉ thị ánh sáng .

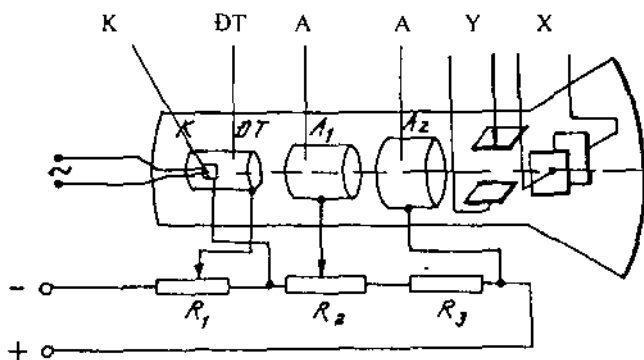
Hình 1-16 chỉ rõ cấu tạo một điện kế như vậy. Phần động của điện kế được đặt bên trong một ống đồng thau (1). Trong ống đặt các đầu cực (2) làm bằng sắt từ Armơco. Khung dây (3) bằng dây đồng đường kính 0,02 - 0,03 mm được gắn bằng dây căng (5) vào các đầu (7)-(8) . Ở đầu trên của khung dây trên dây căng gắn một mảnh gương nhỏ (4). Ở trên thành ống đối diện với gương ta khoét một lỗ (6). Việc hiệu chỉnh tần số riêng của phần động của điện kế được thực hiện bởi lò xo (9).



Hình 1-16. Điện kế từ điện chỉ thị ánh sáng

Khi dòng điện cần đo đi vào khung dây gây ra mômen quay làm lệch vị trí của gương (4). Qua lỗ (6) tia sáng chiếu vào gương, tia sáng phản chiếu sẽ bị lệch đi một góc tỉ lệ với độ lớn của dòng điện cần đo. Tia sáng phản chiếu sẽ in lên băng giấy ảnh rộng 120mm có độ nhạy cao (500 - 1000 đơn vị ánh sáng). Tốc độ băng giấy có thể thay đổi từ 2,5 đến 2500mm/s, tùy thuộc tần số của tín hiệu cần đo.

* Khi tần số tín hiệu cần đo rất cao (trên 800Hz) người ta thường sử dụng cơ cấu chỉ thị điện tử nhằm mục đích quan sát, nhớ và ghi lại một đoạn tín hiệu, các dụng cụ đó là các dao động kí điện tử hoặc có thể sử dụng máy tính điện tử.



Hình 1-17: Ống phóng tia điện tử

Hình 1-17 chỉ rõ một ống phóng điện tử, phân chỉ thị của dao động kí điện tử.

Trong một ống phóng bằng thủy tinh đã hút khí tạo chân không được đặt cái gọi là “súng phóng điện tử”.

Điện tử từ cực Katốt K bay về hướng các điện cực dương anốt A_1 , A_2 . Nhờ có cực điều khiển tia điện tử ĐT có điện thế âm so với katốt mà chùm tia điện tử hội tụ và sau đó các điện trường của hai anốt A_1 , A_2 sẽ làm tăng tốc độ chùm tia và hướng về phía mặt trong của màn hình đã được phủ chất huỳnh quang (thường là ZnS - sunfurơ kẽm). Tia điện tử bắn vào đấy sẽ phát sáng, người quan sát sẽ nhìn thấy một điểm sáng.

Các điện trở điều chỉnh R_1 để điều chỉnh độ sáng, còn điện trở R_2 để điều chỉnh tiêu cự của điểm sáng. Điện áp trên A_2 lớn gấp 4 - 6 lần so với điện áp trên A_1 .

Trong ống phóng còn bố trí các cặp bản cực C_1 , C_2 để làm lệch tia điện tử về phía lên xuống (theo trục Y) và về phía ngang (theo trục X).

Nếu đặt vào hai cực bản điện Y(C_1) một điện áp xoay chiều thì tia điện tử sẽ dao động và ta thấy trên màn hình xuất hiện một đường thẳng có chiều dài bằng hai lần biên độ của điện áp xoay chiều của điện áp đưa vào bản cực Y(C_1).

Nếu điện áp xoay chiều được đặt vào hai bản cực X(C_2) thì ta nhận được dòng nằm ngang.

Nếu cùng một lúc ta đặt hai điện áp vào hai cặp bản cực C_1 , C_2 thì trên màn hình ta nhận được đường khép kín, hình dáng của nó phụ thuộc vào độ lệch pha và tỉ số tần số giữa hai tín hiệu. Đường cong như vậy gọi là hình Lissajou đối tín hiệu hình sin.

Điện áp cần đo thường được đưa vào bản cực Y, còn bản cực X được đưa tín hiệu phụ tùy thuộc vào mục đích của phép đo.

Độ nhạy của ống phóng điện tử là độ lệch h của điểm sáng khi đưa vào bản cực một điện áp là 1V. Thường các ống phóng điện tử có độ nhạy cỡ 0,3 – 0,5 mm/V.

Tần số tín hiệu đo có thể là rất lớn, ngày nay các dao động kí hiệu điện tử có thể quan sát kí hiệu đến 10Mz và hơn nữa.

Dao động kí hiệu điện tử thường được ứng dụng để quan sát các loại kí hiệu điện tử khác nhau có dải tần rộng.

Ngoài ra có thể sử dụng để đo điện áp, đo tần số, tỷ số tần số, và đo góc lệch pha.

Dao động kí hiệu điện tử hiện đại có thể có hai hay nhiều tia điện tử, có cài đặt bộ vi xử lý để có thể nhớ lại một đoạn tín hiệu mà mình muốn và có thể điều khiển để đưa tín hiệu ra máy in (máy in laze, hoặc máy in kim) hoặc ghi vào băng hay đĩa từ để lưu giữ.

Câu hỏi ôn tập

1. Vôn mét mẫu Uthực là 127 V dùng đồng hồ MP 110A đo được 123V. Tính sai số tuyệt đối và sai số tương đối của phép đo.
2. Nguồn điện một chiều 3V, một học sinh thực hành đo được 3,12V. Tính sai số tuyệt đối và sai số tương đối của phép đo.
3. Tính sai số tuyệt đối của hai loại đồng hồ thang đo 250V, có cấp chính xác tương đối là 1,6 % và 2,5%.
4. Phải chọn điện trở Sun bằng bao nhiêu khi đo dòng điện 50mA, biết thông số $I_m = 0.25mA$, $R_m = 1000\Omega$.
5. Tính điện trở phụ cần phải đấu nối tiếp với đồng hồ đo để có thang đo 100V, thông số của đồng hồ là $I_m = 0,2 \text{ mA}$
 $R_m = 1000\Omega$.

Chương 2

MỘT SỐ THIẾT BỊ ĐO THÔNG DỤNG

Mục tiêu:

Học sinh sẽ được cung cấp khái niệm về các loại thiết bị đo lường từ đơn giản đến phức tạp để từ đó học sinh có thể nắm vững công dụng, các thông số kỹ thuật và cách sử dụng của các loại thiết bị đo lường cơ bản. Từ đó giúp học sinh có thể sử dụng trong quá trình thực hành sau này.

I. ĐỒNG HỒ VẠN NĂNG

1. Khái niệm chung

1.1. Công dụng

Đồng hồ đo điện vạn năng là một thiết bị đo phổ biến có nhiều thang đo dùng để đo các thông số của mạch điện như dòng điện và điện áp một chiều, điện áp xoay chiều có tần số từ 50 Hz đến 100 Hz, đo điện trở... Một số loại đặc biệt còn có thêm các thang đo khác để đo dòng điện xoay chiều, đo hệ số khuếch đại của transistor, đo điện dung...

1.2. Tính năng kỹ thuật

- Độ nhạy: Độ nhạy của đồng hồ thường biểu thị bằng dòng điện làm cho kim chỉ thị lên hết thang đo. Dòng điện này càng nhỏ thì độ nhạy của đồng hồ càng cao. Độ nhạy tỷ lệ với mật độ từ thông của nam châm vĩnh cửu, số vòng của khung và tỷ lệ nghịch với lực cản của hai sợi tóc bện xoắn ốc.

Các đồng hồ có độ nhạy cao thường có độ nhạy $50\mu\text{A} - 20\mu\text{A}$. Độ nhạy thực tế của đồng hồ thường bị giảm đi, vì có sun vạn năng đấu song song với khung.

Trên mặt đồng hồ thường có ghi điện trở vào ứng với mỗi vôn(V). Muốn tính ra độ nhạy thực tế thì chỉ cần lấy số nghịch đảo của điện trở vào ứng với mỗi vôn. Chẳng hạn, đồng hồ 108 T có điện trở vào mỗi vôn là $5000\Omega/\text{V}$, thì độ nhạy thực tế là:

$$1/5.000\ \Omega/V = 1V/5000\Omega = 200\ \mu A$$

Đồng hồ Kyoritsu Multimeter Model 1109 điện trở vào mỗi vôn là $20.000\Omega/V$ thì độ nhạy thực tế là $1/20.000\ \Omega/V = 50\ \mu A$. Như vậy, đồng hồ có điện trở vào mỗi vôn càng lớn thì dòng điện làm kim lên hết thang càng nhỏ và độ nhạy càng lớn. Dòng điện tính như trên là dòng điện qua đồng hồ làm kim chỉ thị lên hết thang đo. Dòng điện này thường rẽ mạch qua nhánh Sun vạn năng, nên dòng điện thực tế chạy trực tiếp qua khung đồng hồ thường nhỏ hơn.

Chẳng hạn, đồng hồ có độ nhạy thực tế tức là dòng qua đồng hồ làm kim lên hết thang là $200\mu A$, nhưng dòng trực tiếp qua khung làm kim lên hết thang chỉ là $63\mu A$.

Đồng hồ có độ nhạy thực tế là $50\mu A$, nhưng dòng qua khung làm kim lên hết thang chỉ là $40\mu A$.

- Cấp chính xác: Do dùng phối hợp đo cả điện áp, dòng điện và điện trở, nên các linh kiện phải tận dụng vào nhiều mạch đo khác nhau.

Vì thế, đồng hồ vạn năng bao giờ cũng có cấp chính xác kém hơn các vôn mét, ampe mét và ôm mét riêng lẻ. Cấp chính xác được biểu thị theo sai số phần trăm đối với trị số lớn nhất của thang đo.

Cấp chính xác đối với điện xoay chiều thường thấp hơn đối với điện một chiều vì diốt nắn điện có đặc tuyến không đường thẳng.

Trên mặt đồng hồ ghi rõ cấp chính xác đối với điện một chiều và điện xoay chiều. Các đồng hồ thông dụng thường có cấp chính xác 2,5 đối với điện một chiều và 4 đối với điện xoay chiều. Còn độ chính xác khi đo điện trở khoảng 10%.

- Tính thăng bằng: Đồng hồ đo vạn năng có tính thăng bằng tốt thì dù để nằm, để đứng hay nghiêng kim vẫn về đúng điểm 0. Điều đó chứng tỏ trọng tâm của khung quay nằm đúng trên đường nối hai mũi nhọn của trục.

* Khả năng sử dụng: Đồng hồ phải có khả năng đo nhiều đặc tính với nhiều thang đo. Có nhiều thang đo thì có thể chuyển thang thích hợp để có sai số nhỏ.

Về do dòng điện, cần có thang đo cỡ nhỏ micro ampe để có thể đo các dòng điện rất nhỏ trong máy bán dẫn. Một số đồng hồ có độ nhạy cao đều có thang đo để đáp ứng yêu cầu đó. Nếu cần phải đo các máy có cao áp cao thì phải có thang đo điện áp cao. Ngược lại, muốn đo các máy bán dẫn lại phải có thang đo điện áp một chiều thấp.

Trong khi sửa chữa các thiết bị, nhiều khi phải đo dòng điện xoay chiều, do các điện trở rất nhỏ của các cuộn dây biến áp trung tần... cho nên, đồng hồ tốt phải có thang đo dòng điện xoay chiều, thang đo điện trở nhỏ. Những đồng hồ loại tốt còn đo cả đề-xi-Ben, công suất, điện dung, điện cảm.

* **Chất lượng phụ tùng và cấu tạo máy:** Cần phải có đảo mạch nhẹ nhàng và tiếp xúc tốt. Các điện trở có sai số nhỏ +1% trở xuống. Riêng các điện trở có trị số nhỏ thì phải dùng điện trở dây quấn, các điện trở có trị số lớn phải dùng điện trở ống sứ màng than có tính ổn định cao.

Đồng hồ phải cấu tạo vững chắc, chịu đựng được va chạm. Hơn nữa, hạn chế dùng quá nhiều đảo mạch và ổ cắm riêng rẽ, để tránh sử dụng nhầm lẫn làm hỏng đồng hồ.

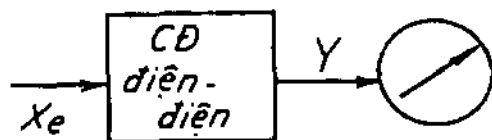
1.3. Phân loại

Có nhiều cách phân loại đồng hồ đo vạn năng, nhưng phổ biến là dựa vào cơ cấu chỉ thị bao gồm:

- Đồng hồ đo vạn năng chỉ thị kim: Kết quả đo được đọc ở số chỉ của kim lên mặt đã khắc độ sẵn.

Ví dụ: Đồng hồ Sanwa YX – 360 TRD, đồng hồ Kyoritsu Multimeter Model 1109, MF- 110A....

Sơ đồ khối như sau: (Hình 2-1)



Hình 2.1. Sơ đồ khối đồng hồ chỉ thị kim

- Đồng hồ đo vạn năng chỉ thị số: Là dụng cụ đo mà trong đó đại lượng đo liên tục được biến đổi thành rời rạc và kết quả đo hiển thị dưới dạng số (thập phân hoặc nhị phân).

Ví dụ: Hioky 2 3803, ...

Sơ đồ khối như sau: (Hình 2-2)



Hình 2.2. Sơ đồ khối đồng hồ chỉ thị số

2. Cấu trúc chung

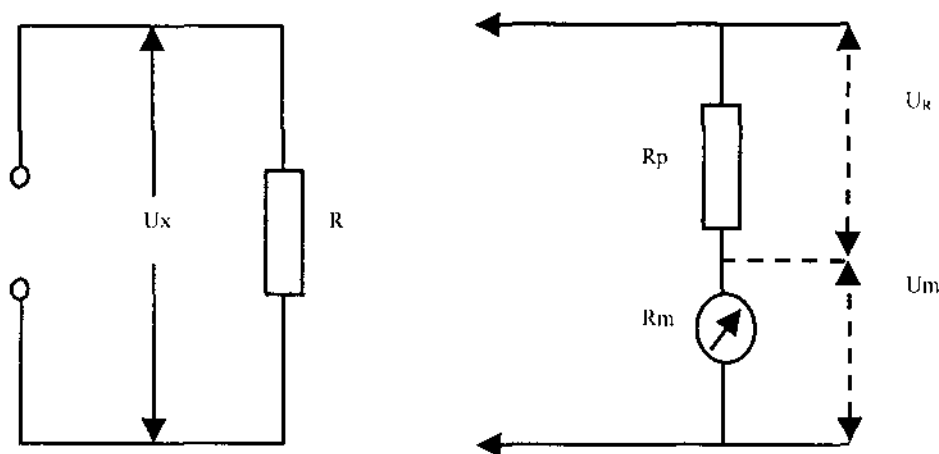
2.1. Cơ cấu đo

Đồng hồ vạn năng chỉ thị kim sử dụng cơ cấu đo kiểu từ điện (đã trình bày ở mục VI, 1tr.23)

Đồng hồ đo vạn năng chỉ thị số sử dụng cơ cấu đo được nói kỹ ở phần IV.

2.2. Các mạch đo

2.2.1. Đo điện áp một chiều



Hình 2.3. Vị trí đo và sơ đồ mở rộng thang đo

Điện kế khung quay có cấu tạo như trên, khi đấu song song với mạch cần đo, thì chỉ có thể trở thành một milivôn mét. Chẳng hạn đồng hồ Kyoritsu Multimeter Model 1109. Muốn mở rộng giới hạn đo thì phải dùng các điện trở chính xác đấu nối tiếp với khung quay. Trong hình 2-3, đồng hồ và điện trở phụ mở rộng giới hạn đo, đấu song song với mạch cần đo. Điện áp cần đo có hai phần là điện áp hạ trên điện trở phụ U_R và điện áp hạ trên đồng hồ U_m . Điện áp U_m tạo nên đo dòng điện chạy qua khung. Dòng điện này làm kim chỉ thị bị lệch. Dòng này cũng qua điện trở phụ. Do đó, điện áp hạ trên điện trở phụ là:

$$U_p = I_m \cdot R_p \quad (2-1)$$

Mặt khác $U_m = I_m \cdot R_m \quad (2-2)$

Do đó, $\frac{U_R}{U_m} = \frac{R_p}{R_m} \quad (2-3)$

Do $U_x = U_R + U_m$ hay $U_R = U_x - U_m$.

Rút ra: $R_p = \frac{U_R}{I_m} = \frac{U_x - U_m}{I_m} = \frac{U_x - I_m R_m}{I_m} = \frac{U_x}{I_m} - R_m \quad (2-4)$

$R_p = \frac{U_x}{I_m} - R_m$ trong đó $\frac{U_x}{I_m} = R_v \quad (2-5)$

R_v là điện trở vào của đồng hồ.

Điện trở vào là một thông số quan trọng của vôn mét. Nó được xác định bằng tỷ số của điện áp giới hạn của thang đo và dòng điện làm kim lên hết thang. Thang đo càng cao thì điện trở vào của đồng hồ càng lớn. Các vôn mét có độ nhạy càng cao thì điện trở càng cao thì điện trở vào càng lớn. Người ta còn gọi (một cách phiến diện) điện trở vào của đồng hồ là nội trở. Gọi như vậy tất nhiên là chưa chính xác.

Người ta còn biểu thị điện trở vào bằng điện trở vào ứng với mỗi vôn. Điện trở vào với mỗi vôn của tất cả các thang đo điện áp một chiều đều bằng nhau và thường ghi trên mặt đồng hồ. Điện trở vào tương ứng với mỗi vôn chính là số đảo của dòng I_m . Các đồng hồ có độ nhạy cao thường có điện trở vào ứng với mỗi vôn lớn từ 20000Ω/V trở lên.

Thí dụ: Tính trị số của điện trở phụ cần phải đấu nối tiếp với đồng hồ để có thang 100V. Thông số của đồng hồ $I_m = 0,2 \text{ mA}$, $R_m = 1000\Omega$.

Ta có điện áp hạ trên đồng hồ khi kim lên hết thang đo:

$$U_m = I_m \cdot R_m = 0,2\text{mA} \times 1000 = 200\text{mV} = 0,2\text{V}$$

Sụt áp trên điện trở phụ $U_R = U_x - U_m = 100\text{V} - 0,2\text{V} = 99,8\text{V}$.

Điện trở phụ $R_p = (U_x / I_m) R_m = [100\text{V} / (0,2 \times 10^{-3} \text{A})] - 1\text{K}\Omega = 499\text{K}\Omega$

Điện trở vào của vôn mét là:

$$R_v = U_x / I_m = 100\text{V} / (0,2 \times 10^{-3}) = 500\text{K}\Omega$$

Điện trở vào ứng với mỗi vôn:

$$R_v / U_x = 500\text{K}\Omega / 100\text{V} = 5\text{K}\Omega/\text{V}$$

Như vậy, giới hạn thang đo càng cao và độ nhạy càng lớn (nghĩa là dòng làm kim lên hết thang càng nhỏ) thì trị số điện trở phụ càng lớn và điện trở vào càng lớn.

Giả thiết vòng cung khắc độ của vôn met có 10 khoảng. Nếu không kể đến điện trở phụ thì giới hạn đo của đồng hồ là 0,2V và mỗi khoảng tương ứng với $0,2 : 10 = 0,02\text{V}$. Như vậy nếu kim lệch đi 8 khoảng thì điện áp tương ứng là $0,02\text{V} \times 8 = 0,16\text{V}$. Khi có điện trở phụ $499\text{K}\Omega$ thì giới hạn đo là 100V và mỗi khoảng tương ứng với $100\text{V}/10 = 10\text{V}$. Như vậy khi kim lệch 8 khoảng thì điện áp tương ứng là $10\text{V} \times 8 = 80\text{V}$.

Trong thực tế có thể tính toán các điện trở phụ và độ nhạy của vôn met một cách đơn giản hơn, bằng cách dựa vào điện trở trong ứng với mỗi vôn. Một số người cũng gọi trị số này là độ nhạy. Nó được chỉ thị bằng số Ω/V mỗi vôn (Ω/V) ghi trên mặt đồng hồ. Chẳng hạn, số Ω/V của vôn met có dòng điện 0.2mA qua đồng hồ làm kim lên hết thang đo là:

$$1/I_m = 1 / (0,2 \times 10^{-3} \text{A}) = 5 \text{ K}\Omega/\text{V}$$

Có thể tính ra điện trở vào của vôn met bằng cách dựa vào số Ω/V và giới hạn của thang đo đó. Trong thí dụ trên, ứng với thang đo 100V thì điện trở vào là:

$$R_v = 5\text{K}\Omega/\text{V} \times 100\text{V} = 500\text{K}\Omega$$

Điện trở vào của vôn met rẽ mạch cần đo. Do đó, điện trở của mạch bị giảm xuống, làm cho điện áp hạ trên mạch cũng giảm đi và trị số điện áp đo được cũng giảm so với thực tế. Muốn cho trị số điện áp đo được càng gần sát trị số thực thì điện trở vào của vôn met phải lớn hơn rất nhiều lần so với điện trở của mạch cần đo.

$$R_v \geq (15 \div 20) R_{\text{mạch}}$$

Các vôn met cần có một số thang đo thì mới sử dụng được rộng rãi. Mỗi thang đo cần có một điện trở phụ thích hợp.

Hình 2 - 4 là hai kiểu đấu các điện trở phụ của vôn met. Trong hình (a) mỗi thang dùng một điện trở phụ riêng. Trong hình (b) các điện trở phụ đấu nối tiếp nhau, thang đo giới hạn càng cao thì số điện trở tham gia vào mạch càng nhiều.

Thí dụ: Tính trị số của điện trở R_3 trong hai mạch đo điện áp a và b để đo được điện áp 200V.

Biết $R_m = 100\Omega$, $I_m = 0,2 \text{ mA}$. Ta có trong mạch hình (a):

$$R_v = 5\text{K}\Omega/\text{V} \times 200\text{V} = 1000\text{K}\Omega$$

Do đó: $R_3 = R_v - R_m = 1000\text{K}\Omega - 1\text{K}\Omega = 999\text{K}\Omega$. trong mạch hình (b), với thang 200V thì $R_v = 1000\text{K}\Omega$, với thang 50V thì $R_v = 5\text{K}\Omega/\text{V} \times 50 \text{ V} = 250\text{K}\Omega$. Do đó $R_3 = 1000\text{K}\Omega - 250\text{K}\Omega = 750\text{K}\Omega$.

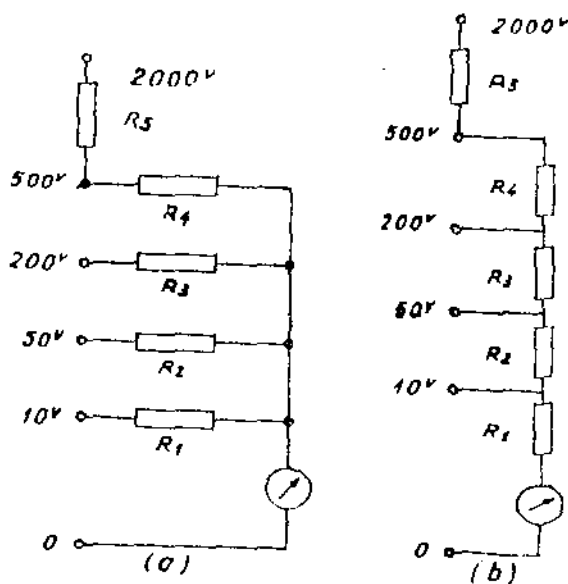
Cách tính các điện trở phụ khác cũng tương tự như trên. Nếu muốn mở rộng thang đo của vôn mét lên hơn nữa thì có thể đấu thêm điện trở phụ ở bên ngoài đồng hồ. Chẳng hạn, thêm R_5 trong hai mạch 2- 4a và 2- 4b để mở rộng thang đo lên 2000 V.

Điện trở vào tương ứng với thang 500V là $5K\Omega/V \times 500V = 2,5M\Omega$. Với thang đo 2000V thì điện trở phụ là $5K\Omega/V \times 2000V = 10M\Omega$. Do đó, điện trở phụ cần thêm để mở rộng thang đo lên 2000V là $10M\Omega - 2,5M\Omega = 7,5M\Omega$.

Mặt khác, trong mạch hình (b) dòng 0,2mA chạy qua R_5 phải tạo nên một điện áp sụt là: $U_R = 2000V - 500V = 1500V$.

Do đó:

$$R_5 = U_R / I_m = 1500V / (0,2 \times 10^{-3} A) = 7500K\Omega = 7,5M\Omega$$



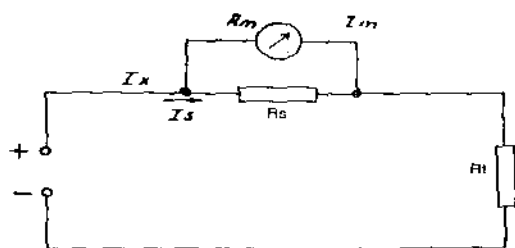
Hình 2.4. Hai kiểu đấu các điện trở phụ thuộc của Vôn mét

2.2.2. Đo dòng điện một chiều

Để đo dòng điện một chiều, người ta sử dụng loại đồng hồ điều kế. Chỉ cần vài micro ampe đến vài chục micro ampe chạy qua khung đã làm cho kim chỉ lệch đi rồi. Do đó, khi đấu đồng hồ vào mạch để đo thì nó ít gây nên tình trạng không bình thường trong máy. Nhưng đồng hồ đó chỉ đo được dòng điện nhỏ. Muốn mở rộng để đo được các dòng điện lớn thì phải dùng thêm điện trở sun. Sun là điện trở đấu song song với khung, nên chỉ có một phần dòng điện cần đo chạy qua khung. Trong mạch hình 2 -5 thì R_5 là điện trở sun, là điện trở

tải. Nó có thể là một điện trở, một đèn điện tử, hoặc một thiết bị nào khác chạy bằng điện một chiều. Dòng điện I_x cần đo được chia làm hai phần, một phần chạy qua sun, còn phần kia chạy qua khung quay. I_x thường lớn gấp nhiều lần dòng điện làm kim lên hết thang đo và phần lớn chạy qua sun. Điện trở sun R_s phải rất nhỏ so với điện trở tải R_T , để sụt áp trên sun rất nhỏ, không làm ảnh hưởng nhiều đến kết quả đo.

Điện áp trên sun cũng là điện áp hạ trên khung quay: (Hình 2 -5)



Hình 2.5. Điện trở Sun trong mạch đo dòng

$$U = I_m \cdot R_m = I_s R_s, \text{ do đó } R_s = \quad (2-6)$$

$$\text{Vì dòng điện cần đo là:} \quad I_x = I_s + I_m \quad (2-7)$$

$$\text{Nghĩa là:} \quad I_s = I_x - I_m \quad (2-8)$$

Do đó:

$$R_s = \frac{I_m}{I_x - I_m} R_m = \frac{R_m}{\frac{I_x}{I_m} - 1} \quad (2-9)$$

Như vậy muốn chọn điện trở sun thì phải biết các thông số của đồng hồ như I_m , R_m và trị số tối đa của dòng điện cần đo I_x .

Thí dụ: Chọn điện trở sun phải đấu song song với khung của đồng hồ để đo dòng tới 50mA. Biết thông số của đồng hồ là:

$$I_m = 0,2 \text{ mA}$$

$$R_m = 1000\Omega$$

Ta phải chọn:

$$R_s = \frac{I_m}{R_m - I_m} R_m = \frac{0,2}{50 - 0,2} 100 = 4,02\Omega$$

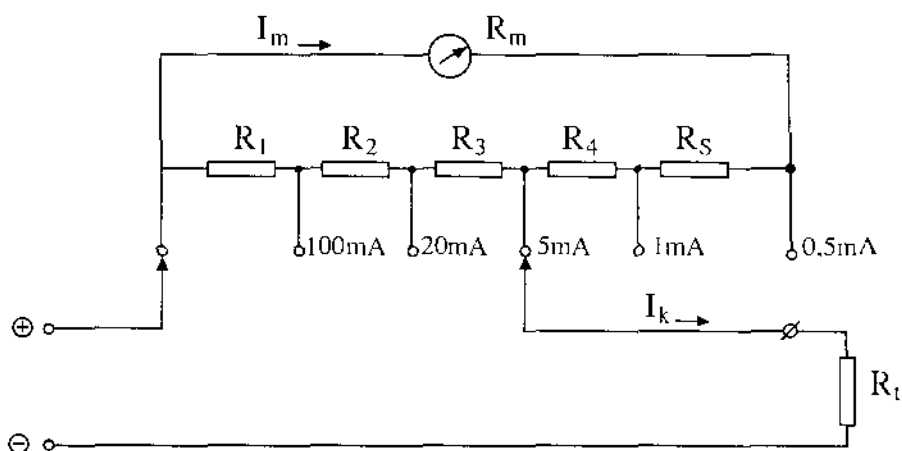
Chẳng hạn vòng cung khắc độ chia làm 10 khoảng. Khi không có sun thì dòng làm cho kim lên hết 10 khoảng là 0,2mA và mỗi khoảng ứng với $0,2 \text{ mA} : 10 = 0,02\text{mA}$. Nếu kim lệch đi 7 khoảng thì dòng điện chạy qua khung là $0,002 \times 7 =$

14mA. Khi có sun thì đồng hồ đo được 50mA và mỗi khoảng ứng với $50\text{mA}:10 = 5\text{mA}$. Nếu kim lệch đi 7 khoảng thì dòng điện cần đo là: $5\text{mA} \times 7 = 35\text{mA}$.

Đồng hồ thường có nhiều thang đo, mỗi thang đo lại có một sun riêng.

Các điện trở sun thường là điện trở công suất lớn. Các điện trở sun nhỏ thường lắp ngay trong đồng hồ. Khi đo lường thì dòng điện có rất nhiều trị số cần đo, từ lớn đến nhỏ, nên cần phải có nhiều thang đo dòng điện với nhiều điện trở sun tương ứng lắp trong đồng hồ. Khi đổi thang đo thì đảo mạch cũng chuyển từ sun này sang sun khác. Nếu có lúc không tiếp xúc thì nguy hiểm cho đồng hồ, vì toàn bộ dòng điện cần đo sẽ qua khung làm cháy đứt dây quấn khung.

Muốn đảm bảo an toàn cho đồng hồ thì phải dùng sun vạn năng thường xuyên song song với đồng hồ, như (hình 2-6). Nhưng sun vạn năng thường xuyên song song với đồng hồ lại làm giảm độ nhạy của đồng hồ.



Hình (2 -6). Mạch dùng sun vạn năng.

Người ta thiết lập hệ phương trình để tính được cụ thể trị số các điện trở sun: R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 , theo các thông số I_m, R_m và các giới hạn các thang đo dòng điện.

Do có nhiều thang đo, nên khi kim chỉ ở khoảng 1/4 đầu của vòng cung khắc độ thì phải chuyển mạch xuống thang đo thấp hơn, để giảm bớt sai số. Nếu kim chỉ thị vượt quá giới hạn của thang thì chứng tỏ dòng điện qua khung lớn quá, phải chuyển lên thang đo cao hơn.

2.2.3. Đo dòng điện và điện áp xoay chiều

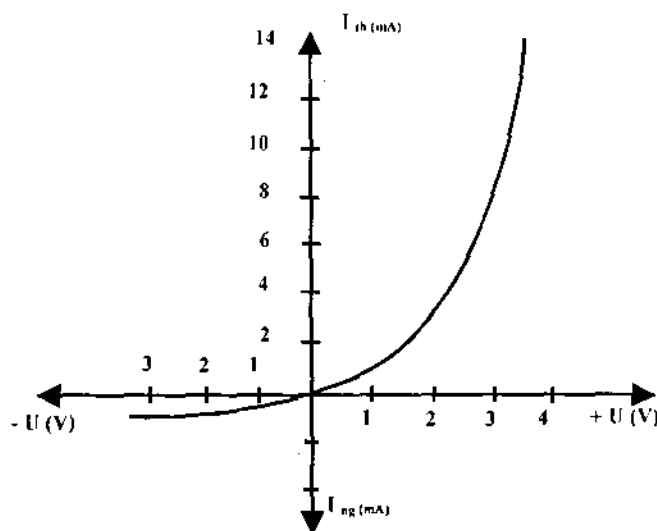
Muốn đo dòng điện và điện áp xoay chiều thì các vôn mét hoặc ampe mét

một chiều phải có thêm bộ phận nắn điện để chuyển điện xoay chiều thành điện một chiều. Dòng điện xoay chiều được nắn thành dòng một chiều, mới làm lệch được kim chỉ thị của đồng hồ. Nếu không có bộ nắn thì kim sẽ đứng nguyên mà không chuyển lên được. Người ta dùng điốt bán dẫn để nắn điện xoay chiều cho các đồng hồ vạn năng.

*** Bộ nắn điện.**

Một thông số quan trọng của bất kỳ một điốt nào là $K=I_t/I_n$ hệ số nắn K , I_t là dòng điện thuận: I_t càng lớn hơn I_n thì K càng lớn. Yêu cầu tối thiểu là điốt phải có hệ số nắn từ 40-50 trở lên.

Hình 2 - 7 biểu thị đặc tuyến Vôn - Ampe của một điốt bán dẫn. Chúng ta thấy với điện áp vài vôn trở lên thì đặc tuyến là đường thẳng. Dưới khoảng đó thì đặc tuyến đó là đường parabol. Chính vì thế, khi đo các mức điện áp xoay chiều thấp người ta phải khắc thang độ không đều.



Hình 2.7. Đặc tuyến của điốt bán dẫn

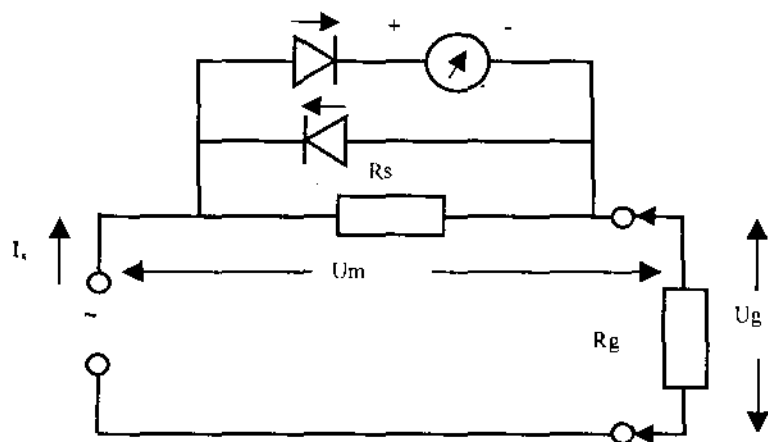
Điốt bán dẫn có thể là loại tiếp điểm hoặc tiếp mặt.

Điốt tiếp điểm cho qua dòng điện thuận từ 5 đến 50mA và chịu điện áp ngược chiều từ 10 đến 150V. Những điốt này được dùng với một dải tần số rất rộng từ vài chục Héc đến hàng ngàn mê-ga Héc.

Điốt tiếp mặt có loại dòng nắn thuận lên tới hàng chục ampe và điện áp ngược tới vài nghìn vôn. Nhưng diện dung mặt tiếp giáp khá lớn, nên chỉ có thể dùng ở âm tần.

Người ta thường dùng các mạch nắn điện nửa chu kỳ và các mạch nắn điện cả chu kỳ trong các đồng hồ vạn năng.

Các diốt nắn điện và điện kế khung quay trong đồng hồ có nắn điện, được lắp ráp theo kiểu mạch nắn nửa chu kỳ hoặc cả chu kỳ.



Hình 2.8. Mạch nắn nửa chu kỳ

Ampemet xoay chiều gồm có điện kế khung quay, điện trở sun và bộ uấn nửa chu kỳ (hình 2-8) hay cả chu kỳ.

Dòng điện xoay chiều cần đo I_x tạo một điện áp xoay chiều U_m trên điện trở sun R . Điện áp U_m được nắn và đo đó làm lệch kim chỉ thị. Khắc độ thang đo của đồng hồ được ghi theo dòng điện xoay chiều (I_{AC}).

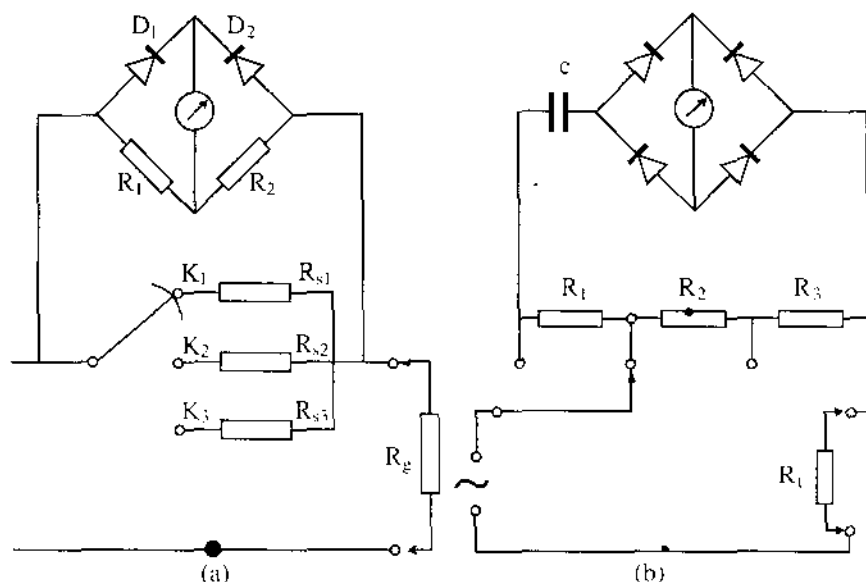
Ampemet xoay chiều có nhiều thang đo thì có nhiều sun được lựa chọn bằng một đảo mạch. Cần phải làm sao khi chuyển từ sun này sang sun khác, mạch điện không bị ngắt, để khỏi làm cháy đứt khung đồng hồ, cong gãy kim. Muốn thế, phải dùng đảo mạch hình 2-9a để khi vận đảo mạch, thanh quét ngay sang tiếp điểm K_2 trước khi rời khỏi tiếp điểm K_1 .

Đồng hồ có nhiều thang đo thì thường dùng mạch cầu kiểu song song hoặc nối tiếp (mạch 2-9a và b). Do hai diốt được thay thế bằng hai điện trở R_1 và R_2 có trị số hàng kilôm, nên hạn chế bởi sai số do đặc tuyến diốt.

Các đồng hồ vạn năng thông dụng thường dùng sun vạn năng để tiện cho việc sử dụng và tăng khả năng an toàn cho đồng hồ. Mạch dùng sun vạn năng biểu thị trong hình 2-9b.

Các điện trở sun R_1 , R_2 , R_3 thường xuyên đấu song song với điện kế và có thể dùng các thang khác độ chung.

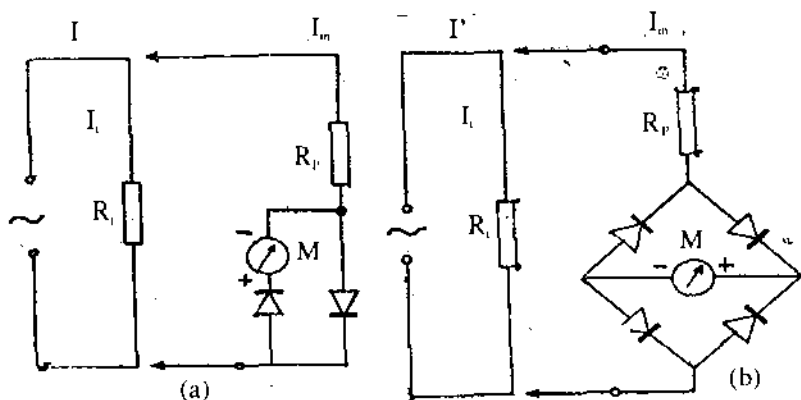
Tụ điện C có trị số khá lớn cỡ microfara, có tác dụng ngăn điện một chiều



Hình 2.9a, b. Mạch nắn điện cầu song song và nối tiếp

* Vôn mét xoay chiều

Vôn mét xoay chiều bao gồm điện kế khung quay kèm theo bộ nắn nửa chu kỳ hay cả chu kỳ và một bộ điện trở phụ thuộc R_p để mở rộng giới hạn đo (hình 2-10).



Hình 2.10. Mạch đo điện áp xoay chiều

Vôn mét có một thang đo thì có một điện trở phụ. Phần lớn điện áp cần đo hạ trên điện trở phụ. Điện áp còn lại được nắn bằng mạch nắn nửa chu kỳ hoặc

mạch cầu. Dòng điện một chiều nắn được sẽ làm lệch kim chỉ thị. Các vạch thang đo được khắc độ theo điện áp xoay chiều. Trong các đồng hồ đo có độ nhạy cao, trị số của điện trở phụ lớn hơn điện trở tải rất nhiều. Như vậy, dòng điện qua tải là $I_t = I - I_m$. Khi đấu vônmet xoay chiều vào mạch cần đo, nó phải coi như không rẽ mạch cần đo thì kết quả đo mới ít sai lệch. Vônmet có nhiều thang đo thì có nhiều điện trở phụ và có đảo mạch để chọn thang đo. Trong các đồng hồ có độ nhạy cao thì các điện trở phụ có trị số rất lớn, vòng cung khắc độ đồng đều và có thể dùng cho nhiều thang đo. Riêng thang đo điện áp xoay chiều thấp thì có vòng khắc độ riêng, các mạch cách nhau không đều là do đặc điểm tuyến của diốt nắn ở đoạn cong.

2.2.4. Nguyên lý đo điện trở

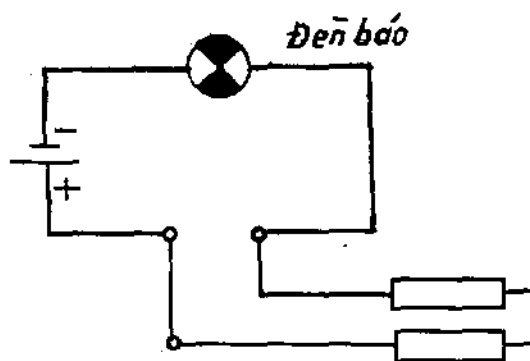
a) Khái niệm

Trong các thiết bị điện tử dùng rất nhiều điện trở các loại, các cỡ với dải trị số rất rộng. Từ cuộn dây có điện trở vài ôm, đến điện trở cách điện hay điện trở rò giữa các phiên của tụ điện lên tới hàng trăm megaôm. Còn các điện trở lẻ thì có trị số từ vài ôm đến hàng chục megaôm.

Có nhiều phương pháp đo điện trở. Mỗi phương pháp đo thích hợp với từng cỡ trị số điện trở và cho các sai số khác nhau. Các phương pháp chính là:

- Phương pháp vônmet
- Phương pháp vôn-ampemet
- Phương pháp ômmét
- Phương pháp cầu.

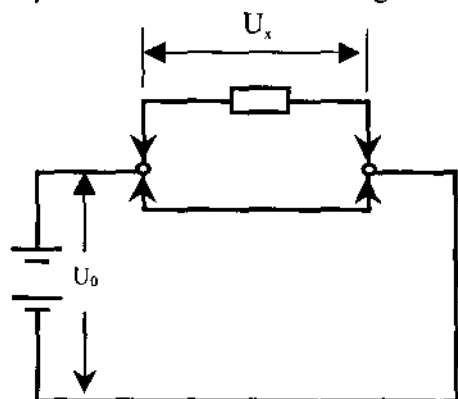
Trước hết chúng ta xem xét tác động của cái thử liên mạch. Bất kỳ mạch điện nào cũng phải đảm bảo liên tục cho dòng điện chạy qua. Vì vậy, có thể thử mạch điện xem có liên tục không, để biết nó có bình thường hay không. Người ta dùng nhiều kiểu thử liên mạch để thử mạch điện. Kiểu đơn giản nhất trình bày ở hình 2-11 Nếu chấm hai que dò vào hai đầu mạch mà đèn sáng thì chứng tỏ vẫn liên mạch. Kiểu mạch này cũng có thể dùng để kiểm tra cuộn cảm, điểm tiếp xúc v.v.



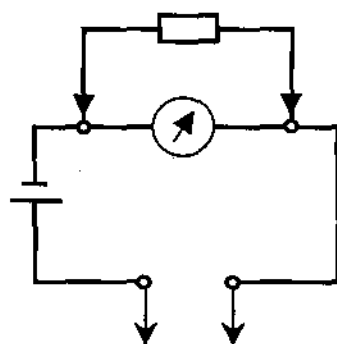
Nếu thay đèn báo bằng điện kế khung quay thì tốt hơn cả. Khi mạch đo nối tắt hoặc chạm hai que đo với nhau thì kim lên hết thang đo. Tùy theo điện trở giữa hai que đo lớn hay nhỏ, mà dòng điện chạy qua khung đồng hồ nhỏ hay lớn và kim chỉ thị lên ít hay nhiều. Đó là nguyên lý cơ bản của mạch đo điện trở trong các đồng hồ vạn năng.

b) Phương pháp vônmet

Phương pháp vônmet dùng để đo các điện trở có trị số lớn. Mạch đo theo phương pháp này cần tạo trên cơ sở một cái thử liên mạch và một vônmet có điện trở vào đã biết để dùng làm bộ phận chỉ thị.



Hình 2.12. Đo điện trở bằng phương pháp Vôn mét



Hình 2.13. Đo điện trở bằng phương pháp Ampe mét

Muốn đo một điện trở không biết trị số thì người ta so sánh nó với điện trở vào của vônmet (hình 2-12)

Đầu tiên chạm hai que đo và đo nguồn U_0 , mà điện trở trong của nó có thể bỏ qua, vì rất nhỏ so với điện trở vào của vônmet. Sau đó, chấm hai que vào

hai đầu điện trở cần đo R_x , và đọc được điện áp U_x .

$$\text{Sau khi tính, rút ra } R_x = R_v (U_o / U_x - 1) \quad (2-10)$$

Sai số đo phụ thuộc trị số điện trở cần đo, điện trở vào của vôn-mét và phụ thuộc điện áp nguồn điện có thích hợp với thang đo nhiều hay ít. Sai số đo điện trở theo phương pháp này vào khoảng 15%.

c) Phương pháp ampemet

Phương pháp ampemet dùng để đo các điện trở thấp. Mạch đo như hình 2-13; Bộ phận chỉ thị là một mili ampemet có điện trở R_m có thể so sánh với điện trở cần đo R_x .

Đầu tiên chập que đo và ghi lại dòng I_1 chạy trong mạch. Tiếp đó đấu R_x song song với đồng hồ và ghi lại trị số I_2 .

$$\text{Rút ra:} \quad R_x = \frac{R_m}{\frac{I_2}{I_1} - 1} \quad (2-11)$$

d) Phương pháp vôn-ampemet

Mạch đo trình bày trong hình 2-14. Khi đảo mạch S ở vị trí B thì vôn-mét chỉ điện áp U. Điện áp này bằng điện áp hạ trên miliampemet và R_x .

$$U = U_m + U_x$$

$$U = IR_m + IR_x$$

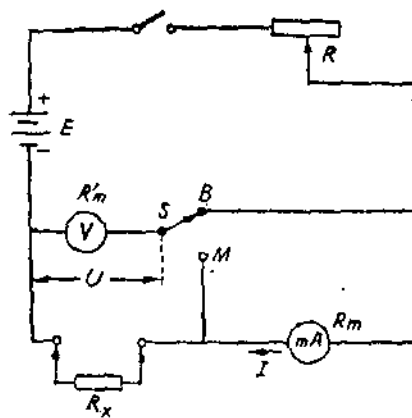
$$R_x = \frac{U}{I} - R_m \quad (2-12)$$

Công thức này dùng đo điện trở có trị số lớn hơn điện trở của miliampe-mét.

Khi đảo mạch S ở vị trí M thì dòng điện chạy qua miliampe-mét bằng tổng các dòng điện qua R_x và vôn-mét.

Công thức này chỉ đúng khi đo các điện trở có trị số nhỏ hơn nhiều so với điện trở vào của vôn-mét.

Điều cần lưu ý đối với phương pháp vôn-mét là việc đo lường có thể tiến hành trong điều kiện rất giống điều kiện làm việc thực tế của điện trở cần đo. Điện trở R để điều chỉnh thêm, bù vào những biến đổi của điện trở khi nhiệt độ thay đổi.



Hình 2.14. Đo điện trở bằng phương pháp Vôn - Ampe

e) Phương pháp ômmét

Phương pháp ôm mét là một trong những phương pháp trực tiếp để đo điện trở. Khi đo điện trở trung bình và điện trở cao bằng một ôm mét thì điện trở cần đo được đấu nối tiếp như một điện trở sun của đồng hồ.

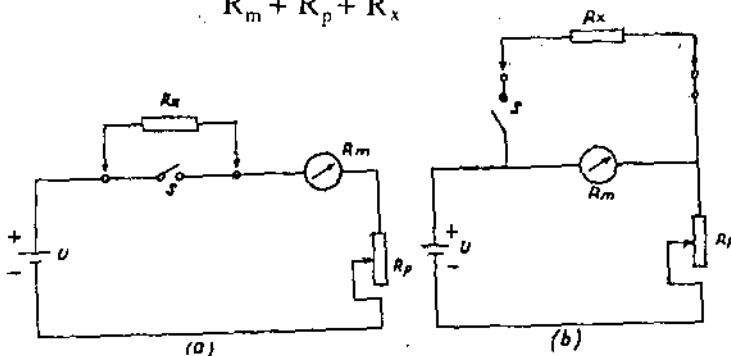
Một ôm mét kiểu nối tiếp (hình 2-15) gồm có nguồn điện áp một chiều U , đồng hồ khung quay M có điện trở R_m và một điện trở phụ R_p . Điện trở cần đo R_x được đấu nối tiếp với điện kế. Điện trở phụ được điều chỉnh sao cho khi đóng mạch S (nghĩa là $R_x = 0$) thì kim chỉ thị lên hết thang đo.

Dòng điện trong mạch làm kim lên hết thang đo là:

$$I_m \approx \frac{U}{R_m + R_p} \quad (2-13)$$

Khi S hở mạch thì dòng điện trong mạch là :

$$I_m \approx \frac{U}{R_m + R_p + R_x} \quad (2-14)$$



Hình 2.15. Mạch đo điện trở kiểu Ôm mét

Độ chênh lệch của số chỉ thị trong hai trường hợp đó chính là độ chênh lệch giữa $(R_m + R_p)$ và $(R_m + R_p + R_x)$, vì U giữ không đổi.

Theo quy ước người ta điều chỉnh R_p sao cho khi S đóng mạch thì đồng hồ chỉ 0. Khi S hở mạch thì kim lệch đi một góc tỷ lệ với điện trở cần đo R_x .

Trong mạch ôm mét kiểu nối tiếp, vạch 0 ở về phía tận cùng bên phải thang đo và trị số cực đại ở tận cùng bên trái. Các đồng hồ vạn năng thông dụng đều dùng mạch đo kiểu nối tiếp.

Trong mạch ôm mét kiểu sun hình 2-15b (để đo các điều kiện trở nhỏ hơn 1 Ω) thì điện trở cần đo được đấu như sun của điện kế. Điện trở phụ R_p điều chỉnh sao cho khi S hở thì kim lên hết thang. Khi S đóng thì điện trở cần đo R_x rẽ mạch đồng hồ, làm giảm dòng qua đồng hồ. Dòng này giảm nhiều hay ít là tùy theo điện trở nhỏ hay lớn và kim chỉ thị cũng lệch ít hay nhiều theo tỷ lệ với điện trở cần đo. Trong mạch ôm mét kiểu sun, mạch được điều chỉnh để khi S hở mạch thì kim chỉ 0. Vòng cung khắc độ cũng giống như mạch ôm mét kiểu nối tiếp, chỉ khác là mạch 0 ở phía bên trái và trị số cực đại lại ở bên phải.

3. Cách sử dụng đồng hồ vạn năng

3.1. Đo điện áp trong các mạch điện dùng đèn bán dẫn

Các máy bán dẫn thường chỉ dùng điện áp thấp. Các máy radio chỉ dùng nguồn từ 3V đến 9V. Còn các máy tăng âm, thu hình, máy tính chỉ dùng nguồn có điện áp lớn hơn. Do đó, khi đo điện áp trong các máy bán dẫn phải vạn các thang đo điện áp thấp.

Các máy radio và các máy tăng âm bán dẫn thường dùng tranzito PNP. Cực dương nguồn cung cấp đấu thẳng ra mát. Mát lại chính là bộ máy bằng kim loại. Do đó, tất cả các điện áp ở các điểm trong máy đều âm so với mát. Chính vì thế, khi đo phải đặt que dương (+) đồng hồ ra mát, còn que âm (-) thì chấm vào các điểm cần đo.

Tuy nhiên, cũng có một số máy dùng tranzito PNP cực dương nguồn đấu thẳng ra mát. Nhưng mát lại không đấu ra bộ máy mà cực âm nguồn lại đấu thẳng ra bộ máy.

Điện áp đưa tới các tầng sẽ từ bộ máy qua các điện trở sụt áp... tới các cực B, C. Khi đo các máy này không đặt que dương ra bộ máy mà phải:

- Đặt que dương (+) đồng hồ vào cực (+) nguồn, còn que âm (-) chấm vào các cực của tranzito hoặc các điểm cần đo điện áp. Các trị số điện áp đo được đều âm.

- Đặt que âm (-) đồng hồ ra bộ máy, còn que dương chắm vào các cực tranzito, hoặc các điểm cần đo điện áp, như khi đo máy tăng âm 50W BZ- 50A (theo quy định của xưởng), các điện áp đo được đều có trị số dương. Nhưng các tranzito vẫn làm việc bình thường vì U_{CE} và U_{BE} của các tranzito đều có trị số âm bình thường.

Khi số các máy dùng tranzito NPN thì thường điện áp cung cấp có dấu ngược chiều lại. Do đó, khi đo phải đặt que âm (-) đồng hồ ra mát, còn que dương (+) đồng hồ chắm vào các điểm cần đo. Các điện áp đo được đều có trị số dương.

Một số máy lại có hai mát riêng, như các máy thu có dùng tranzito ổn áp cho các tầng khuếch đại cao tần, đổi tần hoặc các loại máy dùng hai loại tranzito PNP – NPN thì khi đo cần lưu ý đặt que đo cho đúng.

Hình (2-16) là sơ đồ một tầng khuếch đại dùng tranzito.

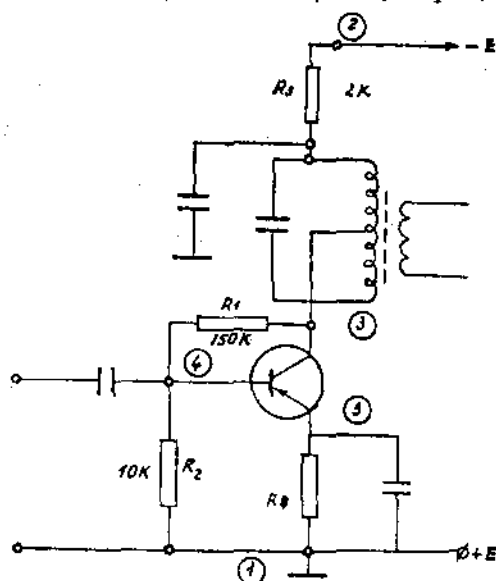
Khi đo thì đặt que dương đồng hồ vào điểm (1). Nếu mát của máy đấu thẳng ra bộ máy thì điểm (1) chính là bộ máy. Que âm đồng hồ chắm vào các điểm cần đo.

Que âm (-) chắm vào điểm (2) thì đo được điện áp cung cấp cho tầng.

Chắm vào điểm (3) thì đo được điện áp cực C (U_c)

Chắm vào điểm (4) thì đo được điện áp cực B (U_b)

Chắm vào điểm (5) thì đo được điện áp cực E (U_E)



Hình 2.16. Sơ đồ tầng khuếch đại dùng tranzito

Nhưng điện áp tác động trực tiếp công tác của tranzito không phải là U_C , U_B , U_E mà là U_{BE} , U_{CE} trong mạch tranzito không nhỏ hơn quá nhiều so với điện trở R_{CE} của tranzito. Do đó không thể nào bỏ qua được việc đo điện áp trực tiếp giữa các cực. Ta phải chấm que dương vào cực E (điểm 5). Que âm (-) chấm vào cực C (điểm 3) thì ta đo được U_{CE} , chấm vào cực B (điểm 4) thì ta có U_{BE} .

Điện áp U_{CE} quyết định điều kiện làm việc của tranzito. Đối với tranzito PNP thì dù cho U_{CE} có trị số dương, tranzito mới làm việc được. Tranzito giécmani yêu cầu U_{BE} khoảng $-0,1V$ đến $-0,3V$ (tranzito PNP), hoặc $+0,1V$ đến $+0,3V$ (tranzito NPN). Tranzito silic yêu cầu U_{BE} khoảng $-0,3V$ đến $-0,7V$ (tranzito PNP), hoặc $+0,3V$ đến $+0,7V$ (tranzito NPN).

Đối với các tranzito làm việc bình thường thì điện trở giữa cực C và E (R_{CE}) thường nhỏ cỡ $0,5k\Omega - 5k\Omega$. Điện trở này thay đổi theo dòng góp $R_{CE} = U_{CE} / I_{CE}$.

Dòng C càng lớn thì điện trở R_{CE} càng nhỏ.

Điện trở giữa B và E (R_{BE}) cũng chỉ khoảng một vài trăm Ω , vì tiếp giáp gốc - phát được phân cực thuận. Còn điện trở giữa C và B (R_{CB}) thì lớn hàng trăm $k\Omega$ vì tiếp giáp B-C phân cực nghịch - Điện trở R_E cũng chỉ hàng trăm Ω đến $1k\Omega$.

Khi đo lường sửa chữa các máy bán dẫn, người ta yêu cầu phải dùng đồng hồ có độ nhạy khá cao. Đó là do:

- Đồng hồ có độ nhạy khá cao thì điện trở vào của thang đo điện áp thấp có trị số không nhỏ lắm nên không làm rẽ mạch đo khiến cho kết quả đo không sai lệch nhiều lắm.

- Có các thang đo điện áp một chiều thấp, để đo được các mức điện áp thấp của U_B , U_E , U_{BE} nhiều khi chỉ nhỏ tới $0,02V$ đến $0,05V$.

- Có các thang đo dòng cỡ nhỏ để đo các dòng bazơ, dòng colectơ của tranzito.

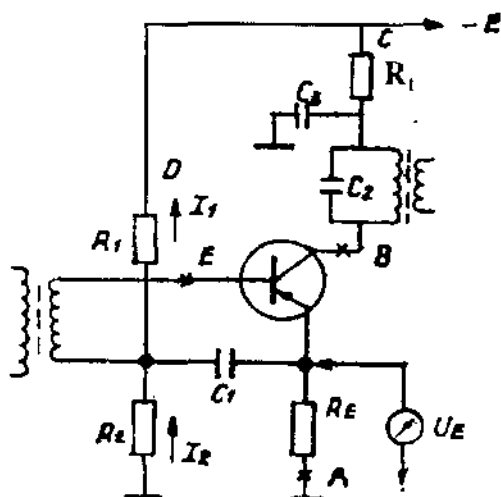
3.2. Đo dòng điện trong các mạch điện dùng đèn bán dẫn

Việc đo dòng điện một chiều trong các máy bán dẫn để sửa chữa máy là điều tối cần thiết.

Do dòng điện tiêu thụ của toàn máy có thể biết máy có được cung cấp điện bình thường hay không, có tầng nào mất cung cấp điện không hoặc có thể biết chỗ chập chỗ đứt ở vào khu vực nào trong máy.

Do dòng điện tiêu thụ của toàn máy lúc có tín hiệu có thể phán đoán được máy có cho ra đủ công suất không.

Đo dòng điện cực C của từng tầng có thể biết được tầng đó có làm việc bình thường hay không? Chẳng hạn, đo dòng colectơ tầng lên có thể là do có chập mạch như tụ hồi tiếp B C chập tụ kín mạch vào, đứt cực E hay cực B ...



Hình 2.17: Đo dòng điện trong tầng khuếch đại dùng tranzito

Hình 2.17 là một tầng khuếch đại mà ta cần xác định các dòng C (I_C), dòng E (I_E) và dòng B (I_B).

Chúng ta cần lưu ý là dòng C và dòng E xấp xỉ nhau và trong các tầng khuếch đại tín hiệu nhỏ, chúng có trị số cỡ 1 vài miliampe trở xuống. Điện trở vào của đồng hồ ở thang đo dòng nhỏ không thể bỏ qua, vì nó có trị số không nhỏ. Dòng B I_B lại rất nhỏ, cỡ vài chục micro ampe, nên điện trở vào của đồng hồ đó lại càng đáng kể. Do đó, nên đồng hồ vào mạch để đó sẽ làm thay đổi ít nhiều điều kiện làm việc bình thường của máy.

Trong mạch hình 2.17 nếu đo I_E mà xen đồng hồ vào điểm A thì điện trở vào của đồng hồ tham gia vào điện trở R_E , khiến cho U_E tăng, U_{BE} giảm làm cho dòng I_C và I_E đều giảm đi.

Đo dòng I_C , mà xen đồng hồ vào điểm B thì điện trở vào của đồng hồ sẽ tham gia vào tải xoay chiều của tranzito, nên dòng I_C hầu như không bị giảm đi.

Nếu đo dòng B mà xen đồng hồ vào điểm D hay điểm E thì điện trở vào của đồng hồ cũng tham gia vào điện trở định thiên của tranzito làm U_{BE} giảm, nên I_B và I_C , I_E đều giảm ít nhiều. Người ta ít khi đo trực tiếp dòng gốc I_B , mà thường tính toán hoặc suy ra từ các dòng I_C , I_E , hoặc I_1 , I_2 . Chỉ trong đo lường thí nghiệm người ta mới đo I_B .

Các máy bán dẫn thường dùng mạch in, nên ít khi người ta cắt mạch để đo dòng. Trong mạch bán dẫn, các điện trở hồi tiếp ở cực E (R_E), điện trở tải cực C có trị số nhỏ nhiều so với điện trở vào của đồng hồ vạn năng có độ nhạy khá cao ở các thang điện áp thấp. Điện trở phân áp (R_2), điện trở tải cực C cũng nhỏ nhiều so với điện trở vào các đồng hồ thông dụng.

Do đó, người ta thường đo các dòng I_C, I_B, I_E bằng cách đo sụt áp trên điện trở, rồi chia cho trị số của điện trở đó.

Muốn đo dòng Emitơ I_E thì đo sụt áp trên R_E , tức là U_E , rồi chia cho R_E .

Muốn đo dòng I_C thì đo sụt áp trên tải 3 rồi chia cho R_3 . Nếu đã biết U_E và U_C thì tính ra $I_C = (U_E - U_C)/R_3$

Đối với các mạch không có điện trở R_3 , mà tải một chiều chỉ là cuộn cảm thì người ta đo U_E để tính ra I_E và $I_C, I_B = I_E - I_X$.

Cũng có thể tính được:

$$I_2 = U_B / R_2; \quad (2-16)$$

$$I_1 = (U_{CC} - U_B) / R_1; \quad (2-17)$$

$$I_B = I_1 - I_2; \quad (2-18)$$

U_{CC} là mức điện áp nguồn cung cấp cho tầng.

Do dòng điện theo cách trên sẽ cho ta kết quả không chính xác, vì các trị số ghi trên điện trở có thể sai lệch tới (10 - 20)%, so với trị số thực của nó. Hơn nữa, còn thêm sai số đo điện trở vào của đồng hồ, đo thang đo v.v... Cho nên, cách đo này chỉ có thể chấp nhận trong việc khai thác sửa chữa, không thể chấp nhận trong việc nghiên cứu thí nghiệm.

Một điều cần lưu ý nữa là khi đo thử, thí nghiệm không nên đồng thời đo dòng cung cấp toàn máy và đo điện áp. Vì điện trở vào của đồng hồ khi đo dòng cung cấp toàn máy làm giảm điện áp cung cấp đưa tới các tầng. Dùng đồng hồ thang 50mA, thì sụt áp trên đồng hồ lên tới $0,045A \times 15\Omega = 0,234V$. Khi có tín hiệu thì dòng cung cấp tăng lên làm cho sụt áp trên đồng hồ tăng lên. Thí dụ dòng tăng lên 45mA thì sụt áp lên tới $0,045A \times 15\Omega = 0,675V$. Nếu lúc này ta đo điện áp cung cấp cho các tầng thì tất nhiên không đủ. Không lưu ý thì dễ phán đoán nhầm lẫn.

3.3. Đo điện trở

Đo điện trở trong các máy bao gồm các bước:

- Xác định sơ bộ xem nguồn cung cấp có bị chập hay không, mạch cung cấp có bị đứt hay không.

- Kiểm tra các điện trở có thấy đứt hoặc tăng trị số hay không.
- Kiểm tra các tụ điện có phóng nạp tốt không, có chập hay đứt không.
- Kiểm tra các cuộn cảm, biến áp có đứt hay chập không ?
- Kiểm tra các tiếp điểm, các đoạn dây, các đoạn mạch in, các mối hàn có tốt không v.v...

Đối với các máy bán dẫn, đo điện trở thuận nghịch của toàn máy ở hai đầu nguồn cung cấp cũng có thể phán đoán được máy có chập hay đứt mạch cung cấp và chỗ chập đứt ở vào khu vực nào. Tuy nhiên, phán đoán qua trị số dòng cung cấp toàn máy lúc chưa có tín hiệu thì dễ dàng và chính xác hơn.

Muốn kiểm tra các đèn điện tử bằng các thang đo điện trở (ôm mét) thường phải rút điện ra khỏi mạch. Đối với đèn điện tử thì người ta thường kiểm tra sợi đốt có đứt không, các cực có chập với nhau không? Còn đối với các tranzito thì thường kiểm tra đứt chập hoặc có khuếch đại tốt không? Các linh kiện khác trong máy như cuộn cảm, biến áp, điện trở, tụ điện muốn xác định được chắc chắn đứt hay chập thì phải tháo một đầu ra khỏi mạch. Vì đầu trong mạch thì bị ảnh hưởng của các linh kiện đấu song song. Chẳng hạn, muốn kiểm tra tụ nắn áp tuyến đấu song song với sơ cấp biến áp thì phải tháo một đầu ra để đo. Nếu đo trong mạch thì chính là đã đo điện trở cuộn sơ cấp biến áp. Do đó, tụ tốt mà ta vẫn có thể phán đoán là bị chập .

Khi đo điện trở phải vận thang đo thích hợp với cỡ trị số điện trở cần đo. Chẳng hạn, muốn đo một cuộn dây biến áp trung tần thì phải dùng thang Rx1 của các đồng hồ : Hioky, sawoa... vì điện trở của các cuộn dây này chỉ từ 0,2 ôm đến vài ôm. Ngược lại muốn đo kiểm tra tụ điện thì phải dùng thang R x1000.

Khi kiểm tra các tiếp điểm, các đoạn dây, các đoạn mạch thì cũng phải dùng thang Rx1 và các tụ rò nhẹ hay các biến áp bị chập que đo phải cạo sạch để giảm điện trở tiếp xúc.

Một điều cần lưu ý là điện áp của đồng hồ thấp, nên không thể dùng ôm mét để kiểm tra các tụ rò nhẹ hay các biến áp bị chập nhẹ hoặc đo điện trở cách điện của biến áp.

Muốn kiểm tra các tụ rò nhẹ, hay các biến áp bị chập nhẹ thì phải lắp vào mạch và đo thử điện áp khi có điện. Còn muốn đo điện trở cách điện của biến áp v.v. thì phải dùng megômmét .

Riêng đối với các mạch điện dùng đèn bán dẫn thì còn phải lưu ý đến sự phân cực có thể gây ra trong máy do nguồn pin của đồng hồ, khi ta đặt hai que đo của ôm mét vào mạch .

Khi đo các cuộn cảm hay các điện trở đầu giữa cực có véc tơ và nguồn điện hay mát thì không cần chú ý nhiều đến cực tính của ôm mét. Nhưng khi đo trị số các điện trở đầu giữa cực B với nguồn điện hay mát, hoặc giữa cực B và cực C thì phải chú ý đến cực tính của ôm mét.

Chúng ta biết rằng một tranzito có thể tạm coi như gồm hai điốt E-B và C-B ghép ngược chiều nhau. Cho nên, khi đo các điện trở đầu giữa các cực của tranzito thì cần lưu ý đặt que đo sao cho pin trong đồng hồ làm các điốt đó bị phân cực nghịch. Như vậy, điện trở lớn của điốt phân cực nghịch sẽ sai lệch kết quả đo. Nếu đặt ngược que đo thì điốt đó lại được phân cực thuận, điện trở nhỏ của nó rẽ mạch đo, khiến cho trị số điện trở đo được rất nhỏ.

Vì vậy, khi đo điện trở đầu giữa các cực của tranzito hoặc giữa cực B và nguồn hay mát, thì phải đặt que đo nào đầu với (+) pin vào cực B (tranzito PNP) để tiếp giáp B - E và B - C đều phân cực nghịch (R khoảng vài trăm k Ω).

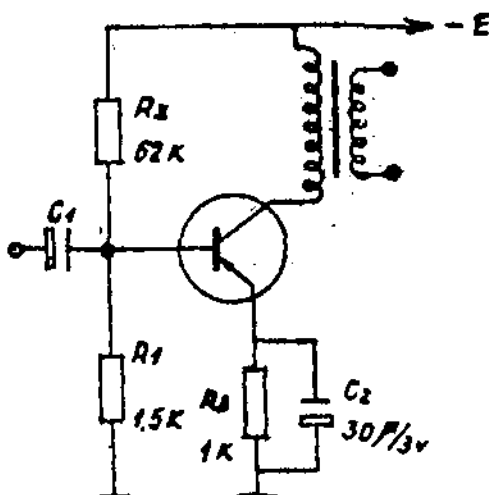
Nếu là tranzito NPN thì phải đặt que nào đầu với (-) pin vào cực B. Khi đo một điện trở có tụ hoá đầu song song cũng cần lưu ý đặt que đo, sao cho tụ hoá đó được phân cực thuận. Các tụ hoá trong máy bán dẫn có loại điện áp chịu đựng nhỏ tới 3V - 6V. Nếu dùng thang đo Rx10.000 mà đo, thì điện áp 15V trong đồng hồ có thể làm hỏng tụ. Nếu vận thang R x1000, mà đặt que đo ngược một thời gian dài thì tụ điện chịu U ngược lâu sẽ tăng độ rò điện.

Trong mạch điện hình 2.18 muốn kiểm tra R_2 mà không tháo khỏi mạch thì phải đặt que dương pin vào cực B. R ngược của tiếp giáp B - C cỡ vài trăm k Ω , mới ít làm giảm trị số đo. Nếu đặt que (-) pin vào cực B thì tiếp giáp B - C phân cực thuận có điện trở một vài trăm Ω đầu song song với R_2 . Trị số đo được sẽ rất nhỏ so với trị số thực.

Khi đo R_1 cũng phải đặt que dương (+) pin vào cực gốc B. Tất nhiên do linh kiện trong mạch thì kết quả đo được chỉ có tính chất tham khảo giúp ta phán đoán mà thôi.

Chẳng hạn, nếu đo R_2 thấy hai lần đo thuận nghịch đều có trị số lớn bất thường và gần bằng trị số ghi trên R_2 thì có thể nghi ngờ tranzito bị đứt dây nối ra cực B hay cực C.

Trái lại, cả hai lần đo thuận nghịch đều có trị số rất nhỏ, thì ta có thể nghi tranzito bị thông giữa cực B và cực C. Trong mạch trên, nếu vận nhầm thang Rx 10000 mà đo R_3 thì tụ C_2 có thể bị hỏng. Nếu để thang Rx1000 hay Rx10000 mà đặt ngược que đo thì để lâu tụ C_2 sẽ bị giảm chất lượng.



Hình 2.18. Kiểm tra điện trở khi mạch hoạt động

3.4. Đo các linh kiện bán dẫn

3.4.1. Kiểm tra chất lượng và xác định các cực của tranzito

Trong trường hợp gặp một tranzito mà ta không biết cách bố trí các cực của nó thì có thể dùng đồng hồ vạn năng để xác định. Người ta thường tạm coi một tranzito như hai diốt đấu ngược chiều nhau.

Khi dùng các thang đo điện trở của đồng hồ vạn năng để đo giữa các cực của tranzito là ta đã dùng nguồn pin trong đồng hồ để phân cực thuận hay phân cực ngược cho diốt. Nếu diốt phân cực thuận, ta đo được điện trở thuận có trị số nhỏ. Nếu diốt phân cực ngược, ta đo được điện trở ngược có trị số lớn. Dựa trên trị số đo được, ta rút ra cách xác định các cực và chất lượng của các tranzitor. Trước hết, ta đánh số các chân của tranzito là 1,2,3 và đưa hai que đo tiếp với từng đôi chân một (hình 2.19). Đồng hồ để ở vị trí $R \times 1000$. Đối với mỗi đôi chân ta có một điện trở thuận (trị số nhỏ) và một điện trở ngược (trị số lớn).

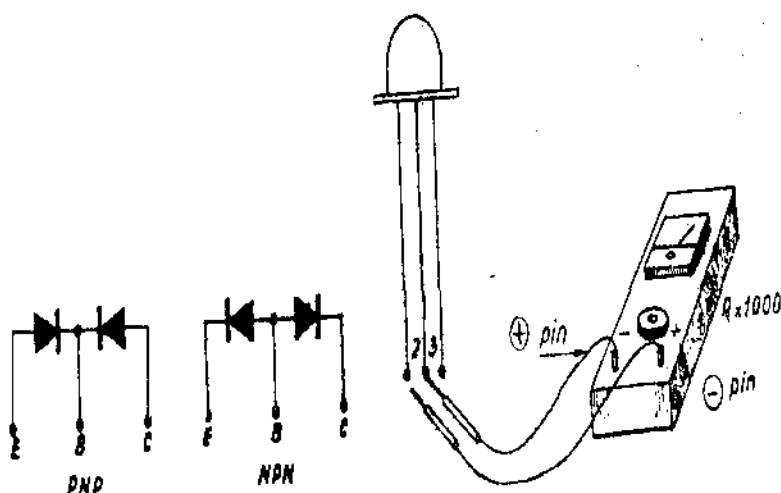
Khi đó, đôi chân nào mà ta có trị số điện trở thuận lớn nhất thì chân không tham gia khi đo cực B. Chẳng hạn:

Đo giữa chân 1 và 2 được 120Ω (thuận) và $50\text{ k}\Omega$ (ngược).

Đo giữa hai chân 2 và 3 được 140Ω (thuận) và $48\text{ k}\Omega$ (ngược).

Đo giữa hai chân 1 và 3 được $6\text{ k}\Omega$ (thuận) và $55\text{ k}\Omega$ (ngược).

Ta thấy giữa hai chân 1 và 3 có điện trở lớn nhất, vậy chân 2 là cực B.



Hình 2.19: Sơ đồ xác định các cực của tranzito E, B, C)

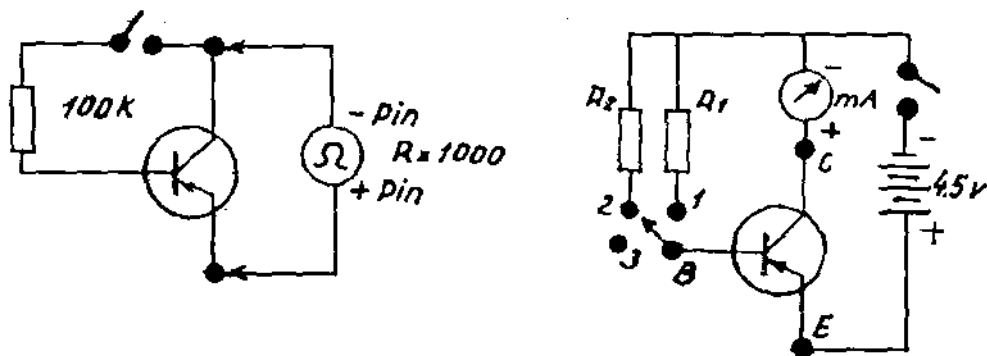
Tiếp đó, đầu que đo nào nối với cực dương của pin đồng hồ (thường là cực âm của đồng hồ) với cực B, que đo kia đấu với bất kỳ cực nào còn lại. Nếu ta có điện trở nhỏ thì chứng tỏ tiếp giáp bên trong đã được phân cực thuận nếu là tranzito NPN. Nếu ta có điện trở lớn thì chứng tỏ tiếp giáp bên trong bị phân cực ngược và tranzito đó là tranzito PNP.

Sau cùng, đầu hai que đo với hai cực E và C sao cho có điện trở nhỏ hơn trường hợp đấu ngược hai que đo. Nếu là tranzito PNP thì chân nào đấu với cực âm pin đồng hồ là cực C, chân còn lại là cực E. Nếu là tranzito NPN thì chân nào đấu với cực dương pin đồng hồ là cực C, chân còn lại là cực E. Khi xác định các cực của tranzito là ta đã đồng thời xác định chất lượng của nó. Một tranzito bình thường phải có 3 điện trở thuận và 3 điện trở ngược. Hơn nữa, khi đo kim đồng hồ phải lên rồi đứng ngay lại. Nếu kim đồng hồ lên từ từ là tranzito hỏng. Nếu sờ tay vào thân tranzito mà thấy kim đồng hồ đo cũng lên từ từ là tranzito ổn định nhiệt kém.

Nếu đo giữa hai cực mà hai điện trở (thuận, ngược) đều nhỏ là tiếp giáp bị thông. Nếu cả hai điện trở đều quá lớn là một dây nối bên trong tranzito bị đứt. Nếu giữa hai cực E và C mà có điện trở thuận không lớn thì thường là tranzito có dòng rò lớn. Nếu điện trở này nhỏ thì tranzito bị thông giữa cực E và cực C, mặc dù đo điện trở thuận, ngược giữa B, E và B, C vẫn bình thường.

3.4.2. Xác định khả năng khuếch đại của tranzito

Có thể xác định một cách khái quát khả năng khuếch đại của tranzito theo mạch điện hình 2.20. Đồng hồ để ở thang đo $R \times 1000$. Hai que đo đầu vào hai cực C và E sao cho có điện trở nhỏ. Dùng một điện trở cỡ $100k\Omega$ đấu giữa cực C và cực B để định thiên cho tranzito. Nếu kim chỉ thị lên nhiều thì chứng tỏ điện trở giữa cực C và cực E giảm nhiều, dòng C tăng nhiều và tranzito có độ khuếch đại khá. Nếu kim chỉ thị lên ít là điện trở giữa C và E giảm ít, dòng C tăng ít chứng tỏ tranzito khuếch đại kém. Nếu kim không lên là tranzito mất khả năng khuếch đại.



Hình 2.20. Cách xác định khả năng khuếch đại của tranzito

Trong thực tế, có thể xác định nhanh chóng bằng cách thay điện trở $100k\Omega$ bằng ngón tay ẩm. Cách làm này có tác dụng khi cần chọn nhanh điện trở tranzito.

Khi có điện trở thuần giữa cực E và cực C lúc hở mạch cực B, ta có thể tính luôn được một cách khái quát dòng điện rò I_{CEO} của tranzito:

$$I_{CEO} = 1,5(V) / (R_{CE} + R_T)$$

Trong đó:

$1,5V$ là điện áp của pin đồng hồ.

R_T là điện trở trung tâm của thang đo (tức trị số vạch giữa của thang đo đó) và cũng là điện trở vào của đồng hồ đo đó.

Muốn xác định hệ số khuếch đại dòng điện I_B và dòng điện rò I_{CEO} của tranzito một cách đầy đủ hơn thì có thể mắc mạch như hình 2.21. Đồng hồ vạn năng để ở thang đo dòng $0,5mA-5mA$.

Khoá K ở vị trí 3: đồng hồ chỉ dòng rò I_{CEO}

Khoá K ở vị trí 2: đồng hồ chỉ dòng I_{C2}

Khoá K ở vị trí 1: đồng hồ chỉ dòng I_{C1}

Dùng nguồn 4.5V và chọn R_1, R_2 có trị số sao cho I_{B1} cỡ 50 μ A, I_{B2} cỡ 60 μ A

$$R_1 = \frac{4,5 \text{ V}}{0,05 \cdot 10^{-3} \text{ A}} = 90 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = \frac{4,5 \text{ V}}{0,06 \cdot 10^{-3} \text{ A}} = 75 \text{ k}\Omega$$

Ta có:

$$\beta = \frac{I_{C2} - I_{C1}}{I_{B2} - I_{B1}} = \frac{I_{C2} - I_{C1}}{0,06 - 0,05} = 100 (I_{C2} - I_{C1})$$

I_C tính theo mA.

Có thể thay đổi các trị số của R_{B1} và R_{B2} sao cho có trị số I_{C1} và I_{C2} ở vào dòng công tác của tranzito (cỡ 1mA là phổ biến) R_{B1} và R_{B2} chọn sao cho có mức chênh lệch của I_{B1} và I_{B2} khoảng 10. Khi đó

$$\beta = 100 (I_{C1} - I_{C2})$$

cho dễ tính nhanh.

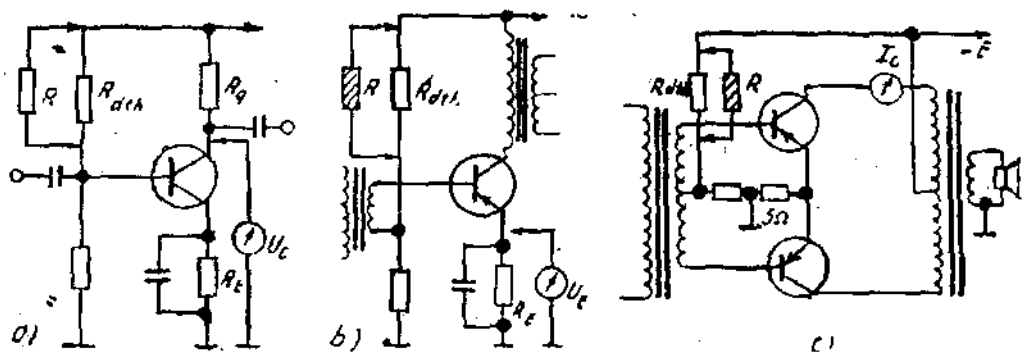
Đo như trên không chính xác, mà chỉ có tính chất tham khảo.

Chú ý rằng: Nếu chỉ đo một trị số của I_C thì chỉ tính được hệ số khuếch đại dòng khi tranzito làm việc ở chế độ B với tín hiệu lớn, ta thường gọi là hệ số khuếch đại dòng tĩnh.

3.4.3. Xác định khả năng khuếch đại của tranzito ngay trong mạch điện

Có thể xác định nhanh khả năng khuếch đại của tranzito ngay trong mạch mà không cần tháo ra khỏi mạch bằng cách sau:

Đo điện áp cực C (U_C) của tranzito. Lấy một điện trở R có trị số khoảng 2-3 lần điện trở định thiên và đấu song song với điện trở định thiên. (Hình 2.22a). Nếu điện áp U_C giảm là tranzito vẫn có khả năng khuếch đại. U_C giảm càng nhiều, tranzito càng khuếch đại khoẻ. Nếu U_C không giảm là tranzito không còn khả năng khuếch đại nữa. Nếu gánh của tầng chỉ là cuộn cảm hoặc điện trở có trị số nhỏ, thì sụt áp trên đó không thay đổi mấy, nên U_C cũng thay đổi rất ít. Do đó, khó thấy được khả năng khuếch đại của tranzito.



Hình 2.22a,b,c: Cách xác định khả năng khuếch đại của tranzito trong mạch

Trong trường hợp này thì đo điện áp U_c sau đó đấu R song song với điện trở định thiên. Nếu càng tăng thì chứng tỏ I_c càng tăng và tranzito khuếch đại khoẻ (hình 2.22b). Nếu tăng không có E_R hoặc E_R quá nhỏ, khó thấy được những biến đổi của E_u thì đành phải ngắt mạch C để theo dõi độ tăng của dòng I_c khi đấu thêm một điện trở R song song với điện trở định thiên (hình 2.22c).

3.5. Kiểm tra chất lượng tụ điện, cuộn cảm, biến áp

3.5.1. Kiểm tra chất lượng tụ điện

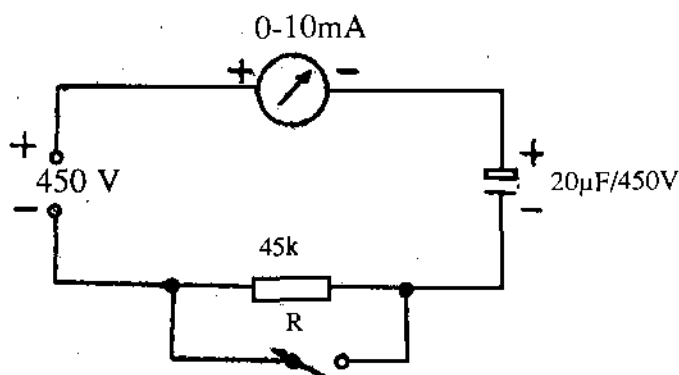
Muốn kiểm tra tụ điện có bị khô, rò điện, chập mạch hoặc đứt hay không thì thường dùng thang đo $R \times 1000$ hay $R \times 10000$ của đồng hồ vạn năng. Trước hết, phải dùng dây dẫn chập hai đầu tụ với nhau, cho nó phóng hết điện đã nạp. Tụ càng có điện dung lớn và càng tốt thì tia lửa càng sáng. Thông thường, dùng thang đo $R \times 1000$ để kiểm tra các tụ có điện dung $0,05 \mu F$ trở lên. Tháo một đầu tụ ra khỏi mạch. Đặt một que đo vào một đầu tụ, que còn lại chấm vào đầu tụ kia. Nếu kim chuyển lên, rồi quay về vô cực là tụ có nạp điện và có khả năng không bị rò điện. Tụ có điện dung càng lớn thì kim chuyển sang bên phải càng nhiều và thời gian kim quay trở về hết bên trái càng lâu. Tụ càng có độ rò điện nhỏ thì sau đó kim càng quay về bên trái nhiều. Nếu kim không quay về hết bên trái là tụ bị rò. Nếu kim vọt về bên phải, mà không quay về bên trái thì tụ bị chập. Nếu kim không nhúc nhích hoặc chỉ nhúc nhích một chút là tụ bị khô hay bị đứt dây ra. Đối với các tụ có trị số khoảng $0,02 \mu F$ đến $0,25 \mu F$ thì có thể dùng thang $R \times 10000$. Cần lưu ý là kiểm tra bằng thang $R \times 1000$ là mới dùng tới nguồn $1,5V$. Nếu đấu trong mạch chịu điện áp cao thì độ rò sẽ lớn và có thể bị chập. Muốn kiểm tra chắc chắn thì phải đấu tụ trong mạch điện có điện áp cao và nhả đầu tụ về phía có điện áp thấp. Đo điện áp ở đầu tụ đó. Nếu

điện áp đo được xấp xỉ hoặc bằng đầu tụ kia thì khẳng định là tụ chập. Nếu có điện áp ra là tụ bị rò, điện áp ra càng lớn thì tụ rò càng nhiều.

Muốn thử điện trở cách điện của tụ mica, tụ giấy,... thì có thể dùng Mễgaômmet. Riêng tụ hoá không được thử bằng Mễgaôm mét để tránh làm hỏng tụ.

Theo tiêu chuẩn Nga thì: tụ giấy phải có điện trở cách điện từ 100 đến 500M Ω mỗi μ F (ở 20 $^{\circ}$ C: 500M Ω ; ở 60 $^{\circ}$ C: 100M Ω). Tụ hoá pharai có điện trở cách điện từ 3M Ω đến 10 M Ω mỗi μ F (ở 20 $^{\circ}$ C: 10 M Ω ; ở 60 $^{\circ}$ C: 3 M Ω).

Khi đo điện trở cách điện của tụ hoá thì điện áp một chiều phân cực cho tụ không được vượt quá điện áp làm việc của tụ, nhất là đối với các tụ chịu điện áp thấp. Hơn nữa, phải đấu tụ đúng cực để khỏi làm hỏng tụ. Nếu đấu ngược tụ thì độ cách điện của tụ giảm đi, độ rò điện tăng lên và tụ có thể bị đánh hỏng. Hình 2.24 là mạch điện kiểm tra độ cách điện của tụ hoá. R là điện trở bảo vệ đồng hồ, để phòng tụ bị thông thì dòng điện không vượt quá 10 mA. Đầu tiên, khoá K mở, tụ C nạp điện. Nếu tụ C không chập hoặc dòng qua đồng hồ không quá lớn thì đóng khoá K.



Hình 2.23: Kiểm tra độ cách điện của tụ hoá

Nếu dòng rò không quá mức tiêu chuẩn thì coi như tụ đạt tiêu chuẩn. Dòng điện rò tiêu chuẩn tính từ điện áp giới hạn công tác của tụ và điện trở cách điện tiêu chuẩn. Chẳng hạn, với tụ hoá 20 μ F/450 V thì điện trở cách điện không được quá 150k Ω (ở 60 $^{\circ}$ C) hay 500k Ω (ở 20 $^{\circ}$ C), tính ra dòng rò không vượt quá 3mA (ở 60 $^{\circ}$ C) hay 0.9mA (ở 20 $^{\circ}$ C).

($450\text{V} / 150\text{k}\Omega = 3\text{mA}$; $450\text{V} / 500\text{k}\Omega = 0.9\text{mA}$ đối với cuộn cảm dùng thang đo ôm của đồng hồ vạn năng để kiểm tra xem cuộn cảm có bị đứt không).

3.5.2. Kiểm tra chất lượng cuộn cảm, biến áp

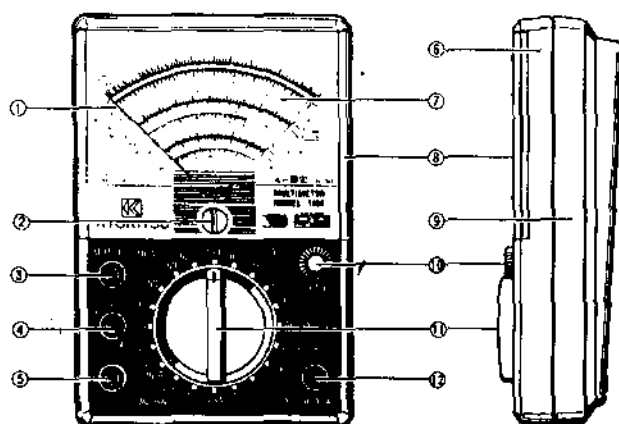
Ta dùng đồng hồ thang $\times 1\Omega$ để kiểm tra xem cuộn cảm có bị đứt không (nếu kiểm tra cuộn cảm trong mạch điện ta phải tháo một đầu ra).

Đối với biến áp ta dùng thang Ω để kiểm tra thông mạch giữa các cuộn dây, giữa cuộn dây với vỏ, giữa cuộn sơ và thứ cấp của biến áp xem có bị chạm không.

II. ĐỒNG HỒ VẠN NĂNG CHỈ THỊ KIM

(Đồng hồ vạn năng Kyoritsu model-1109)

1. Sơ đồ mặt máy (hình 2.24)



Hình 2.24

2. Tính năng kỹ thuật

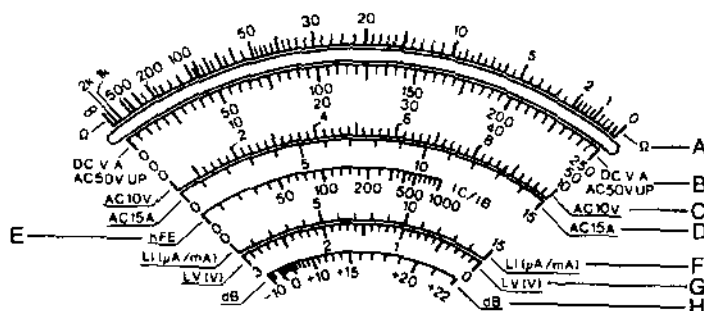
Là loại đồng hồ chỉ thị kim chất lượng cao, do Nhật Bản chế tạo, có độ chính xác cao dùng để đo điện áp một chiều, xoay chiều, dòng điện một chiều và xoay chiều, điện trở và các ứng dụng khác.

Bảng 2-1 dưới đây cho ta biết một số tính năng cụ thể:

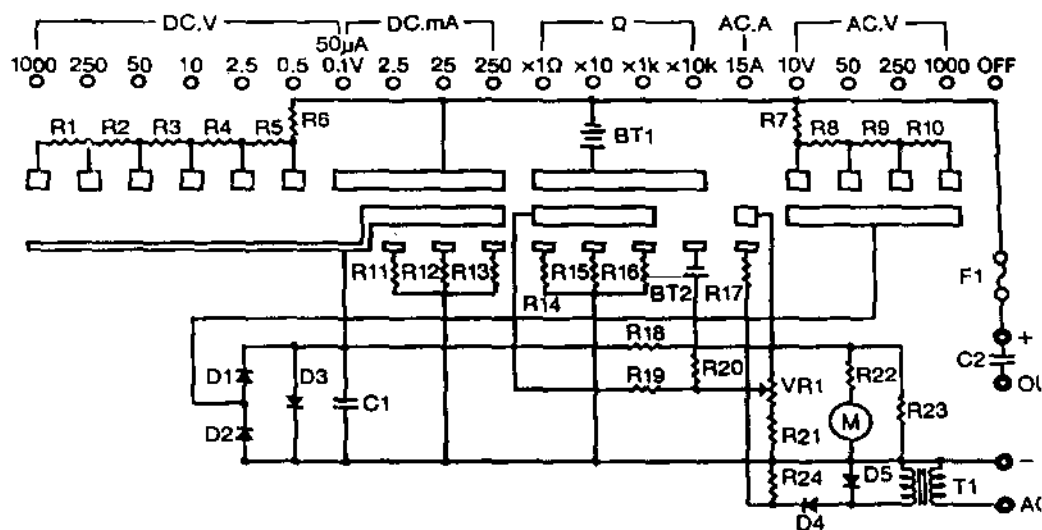
Chức năng	Khoảng đo	Chính xác
Điện áp một chiều - (7 khoảng)	0 - 0,1V0 - 0,5V 0 - 2,5V 0 - 10V (20kΩ/V) 0 - 50V 0 - 250V 0 - 1000V	± 3% toàn bộ khoảng đo
Điện áp xoay chiều (4 khoảng)	0 - 10V 0 - 50V 0 - 250V (9kΩ/V) 0 - 1000V	± 3% toàn bộ khoảng đo
Dòng xoay chiều 1 khoảng	0 - 15A	± 3% toàn bộ khoảng đo
Điện trở 4 khoảng	0 - 2kΩ 0 - 2,5mA 0 - 2MΩ 0 - 20MΩ	± 3% toàn bộ khoảng đo
Dòng qua các đầu cuối ở khoảng điện trở (LI) 4 khoảng	0 - 150mA (x1 khoảng) 0 - 15mA (x10 khoảng) 0 - 150μA (x1k khoảng) 0 - 60μA (x10k khoảng)	± 5% độ dài khoảng đo (điện áp pin là 3V) (điện áp pin là 12V)
Điện áp qua các đầu cuối ở khoảng điện trở (LV) 4 khoảng	0 - 3V (x1, x10, x1k) 0 - 12V (x10k)	± 5% độ dài khoảng đo (điện áp pin là 3V) (điện áp pin là 12V)
Đầu ra tần số thấp sử dụng đầu cuối OUTPUT	0 - 10V 0 - 50V 0 - 250V 0 - 1000V	Tham khảo đồ thị đặc tính tần số

Đầu ra tần số thấp (dB) 4 khoảng	10V AC-10- +22dB 50V AC +4- +36dB 250V AC +18- +50dB 1000V AC+30- +62dB (0dB = 0,775V (1mW) qua một đường 600Ω)	Tham khảo đồ thị đặc tính tần số
Khuếch đại dòng 1 chiều hệ số (h_{FE}) (1 khoảng)	h_{FE} 0-1000 (ở tháng. $\Omega \times 10$ khoảng)	$\pm 3\%$ toàn bộ khoảng đo

3. Sơ đồ mạch điện



Hình 2.25a. Mặt đồng hồ đo Kyritsu Model 1109



Hình 2.25b. Sơ đồ nguyên lý của đồng hồ đo Kyritsu Model 1109

4. Chú ý khi sử dụng

+ Kiểm tra đồng hồ trước khi đo.

+ Kiểm tra dây đồng hồ .

+ Kiểm tra nguồn một chiều, khung dây trong đồng hồ:

Để đồng hồ thang (X1) chấp 2 que đo xem kim có lên không, động tác này để xem đồng hồ có bị đứt khung không ? pin còn tốt không ?

+ Đặt đồng hồ đúng vị trí và đúng thang đo kiểm tra trước khi đo .

+ Tránh va chạm mạnh, để nơi khô ráo, thoáng, tránh nơi có nhiệt độ cao không có từ trường mạnh

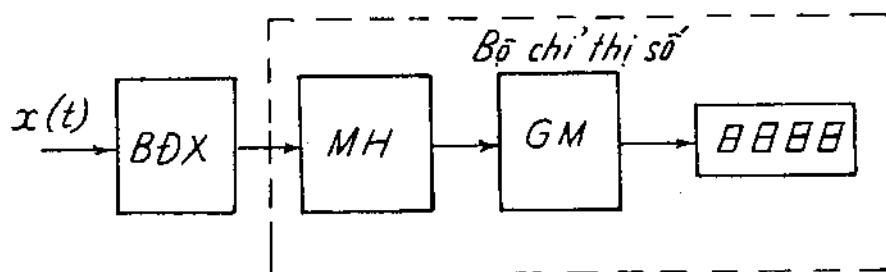
III. ĐỒNG HỒ VẠN NĂNG CHỈ THỊ SỐ

1. Tính năng kỹ thuật

Trong dụng cụ đo chỉ thị số người ta sử dụng một loạt các thành tựu của kĩ thuật điện tử và kĩ thuật máy tính để biến đổi và chỉ thị đại lượng đo.

Để hiểu rõ nguyên lý của cơ cấu chỉ số, ta nêu sau đây sơ đồ khối của một dụng cụ đo chỉ thị số:

Đại lượng đo $x(t)$ sau khi qua bộ biến đổi thành xung. Số xung N tỷ lệ với độ lớn của $x(t)$. Số xung N được đưa vào bộ mã hoá (MH) cơ số 2 – 10 (mã BCD). Sau đó đến bộ giải mã (GM) và đưa ra bộ hiện số. Tất cả ba khâu mã hoá - giải mã - hiện số cấu thành bộ chỉ thị số.

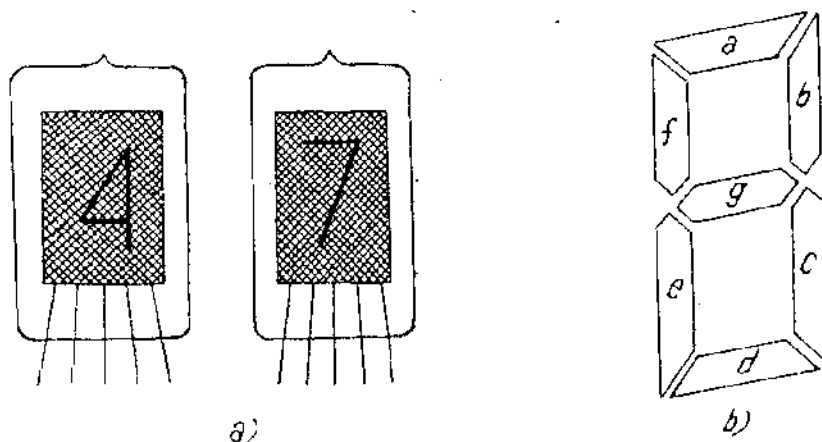


Hình 2-26. Sơ đồ khối dụng cụ đo chỉ thị số

2. Thiết bị hiện thị số

Có nhiều loại các thiết bị hiện số quang học khác nhau chẳng hạn các bộ phận hiện số bằng đèn sợi đốt, đèn điện tích (đèn khí), LED, tinh thể lỏng. Phổ biến hơn cả trong số đó là các bộ hiện số bằng LED 7 vạch bởi vì chúng

phù hợp với các vi mạch TTL và tin cậy hơn cả. Tuy vậy trong các thiết bị những năm 80 ta cũng thấy những hiện số bằng đèn khí. Trong đó anốt là một cái lưới còn katốt là một cái lưới từ $0 \div 9$ và các dấu $+$, $-$, V, A, Hz. Khi đó điện áp vào katốt nào thì kí hiệu đó phải sáng lên. Nhược điểm của thiết bị hiện số này là điện áp anốt cao (200V) do vậy mà độ tin cậy thấp.



Hình 2-27. Các thiết bị hiện số

3. Bộ chỉ thị số có nhiều chữ số

Thông thường một bộ chỉ thị số bao gồm nhiều chữ số. Nếu ta thực hiện theo sơ đồ, hình 5-28, thì ta cần phải có bộ giải mã riêng cho mỗi số và việc đấu nối rất phức tạp. Vì vậy, như đã biết, hoạt động của các bộ chỉ thị đó là nối tiếp chứ không phải song song. Với việc sử dụng cách nối ma trận và chế độ dồn kênh có thể rút gọn đáng kể dây nối.

Ví dụ : Để xây dựng bộ chỉ thị 7 vạch 8 số song song cần: Một đầu anốt chung để cấp nguồn, 7x8 đầu katốt để điều khiển 8 bộ giải mã 7 vạch. Như vậy cần tất cả 57 dây nối.

Nếu sử dụng phương pháp dồn kênh, thì 7 đầu ra katốt a, b, ...g của các số riêng biệt được nối song song. Để đảm bảo tất cả các vạch đều sáng đồng thời trong khi chọn số qua 8 bộ khóa, điện áp nguồn được đặt vào mạch anốt của chỉ một trong 8 số. Phương pháp tổ chức ma trận như vậy được mô tả ở hình 5-28. Như thấy rõ, với phương pháp như vậy chỉ cần một bộ giải mã $8 + 7 + 15$ dây nối mà thôi.

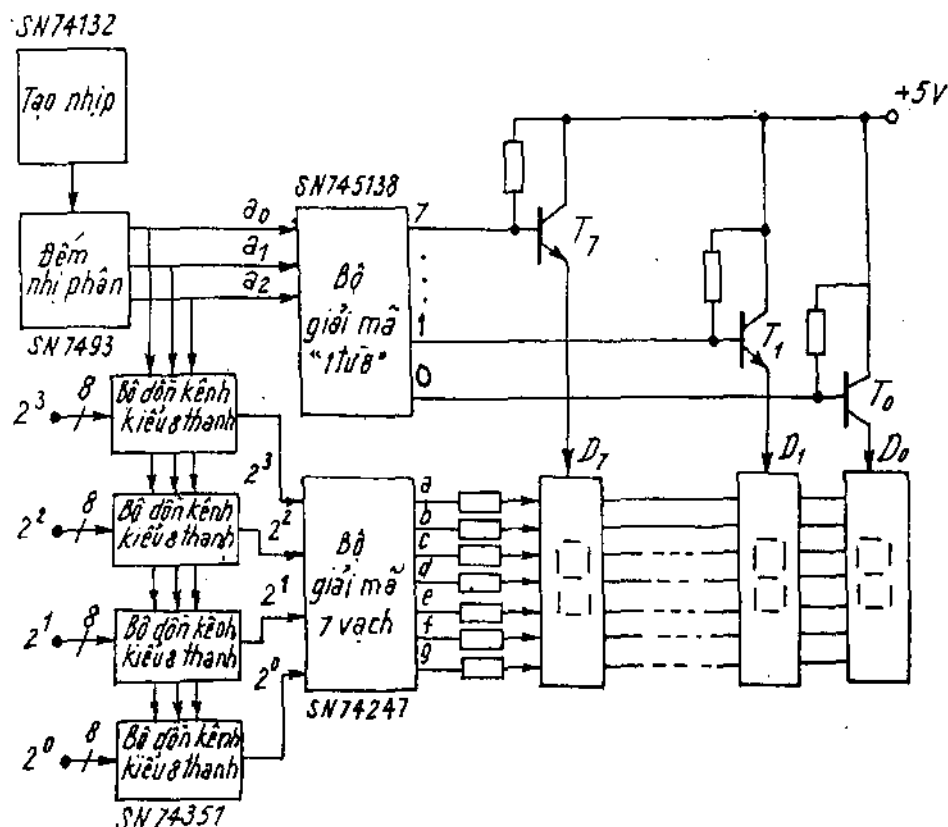
Khi làm việc, sự chuyển đổi giữa 8 số xảy ra rất nhanh cho nên khi quan sát ta có cảm giác các số sáng đồng thời với số quay vòng lớn hơn 60Hz thì mắt người không phát hiện được.

Việc chuyển đổi vòng được thực hiện bởi các bộ đếm nhị phân và các bộ giải mã "1 từ 8". Số nhị phân từ đầu ra của bộ đếm qua 4 bộ dồn kênh đặt đồng thời lên đầu vào của bộ giải mã 7 vạch.

Như vậy là trên bộ giải mã chỉ có tổ hợp mã tương ứng với số phần tử. Vì mỗi số chỉ được nối với hệ thống ở 1 trong 8 chu kỳ của tín hiệu nhịp, do đó cần phải chọn điện trở ở đầu ra bộ giải mã thế nào để đồng trong mỗi vạch lớn hơn 8 lần trị số trung bình được chọn.

Bộ chỉ thị số gồm nhiều chữ số được chế tạo dưới dạng mạch tích hợp lên khối gồm 8 chữ số.

Để thay cho bộ dồn kênh, người ta dùng bộ nhớ đệm dưới dạng Ram gồm 8 từ. Nó cho phép ghi, đọc đồng thời theo các địa chỉ khác nhau.



Hình 2-28. Điều khiển kiểu dồn kênh đối với bộ chỉ thị số 7 vạch 8 chữ số.

Nhờ có bộ đếm nhị phân mà nội dung ở nhớ được đọc và truyền một cách có chu kỳ đến bộ giải mã 7 vạch. Khi vào thông tin tín hiệu của chữ số dưới

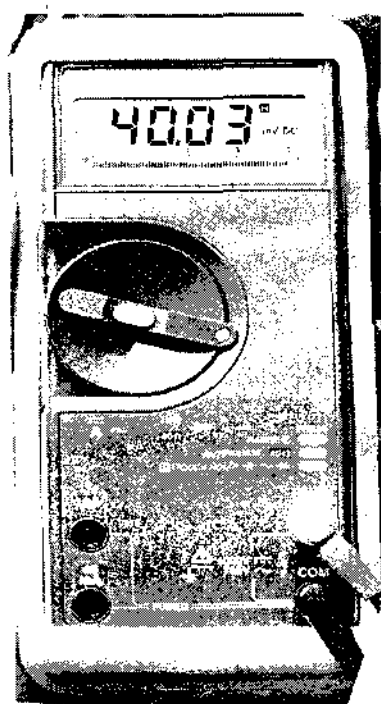
dạng mã nhị phân được đặt lên các đầu vào địa chỉ. Sau đó, khi có xung ghi xuất hiện thì mã nhị – thập phân (mã 2-10) được nạp vào các ô tương ứng.

Ví dụ về loại này là kiểu ICM 7218C của hãng Intersit chẳng hạn.

Trong thực tế thường kết hợp với bộ chuyển đổi A/D có đầu vào là 0 -5V, đầu ra là mã nhị thập phân ta chỉ việc nối đầu ra của A/D với đầu vào của bộ giải mã, sau đó với bộ hiển số ta được bộ chỉ thị số.

IV. PHƯƠNG PHÁP SỬ DỤNG ĐỒNG HỒ CHỈ THỊ SỐ

Trong thực tế, đồng hồ vạn năng (multimeter) được coi là một dụng cụ đo thử tiện lợi và nhiều công dụng nhất (hình 2 - 29). Ngay những loại đồng hồ hiển số cơ bản nhất cũng đều có khả năng đo điện trở, điện áp AC và DC, dòng điện AC V8 DC, kiểm tra tụ điện, đo tần số, đo dòng điện lớn, còi báo thông mạch và cả tính năng kiểm tra Diốt và tranzitor nữa. Những tính năng này không chỉ trợ giúp cho bạn trong việc sửa chữa máy tính và các thiết bị ngoại vi mà còn rất hiệu quả trong việc sửa chữa nhiều loại thiết bị điện tử khác nữa. Các đồng hồ vạn năng hiển số dễ đọc kết quả, sai số thấp và chính xác hơn so với loại đồng hồ tương tự cũ.



Hình 2- 29. Hình dạng đồng hồ chỉ thị số

1. Chuẩn bị đồng hồ

Đối với hầu hết các loại đồng hồ, ta chỉ có ba điều cần thực hiện trong việc chuẩn bị và sử dụng. Đầu tiên, mở điện cho đồng hồ, khác với đồng hồ tương tự, đồng hồ số yêu cầu phải có điện để chạy mạch hiển thị LED hoặc tinh thể lỏng. Nhớ tắt điện đồng hồ như cũ khi làm việc xong để kéo dài tuổi thọ pin. Thứ hai, đặt trước đồng hồ vào chế độ đo như mong muốn. Chế độ này có thể là tần số, điện dung, điện trở ... tùy theo thông số vật lý cụ thể nào mà ta muốn đo.

Cuối cùng, đặt thang đo đồng hồ phù hợp với chế độ đã chọn. Lý tưởng là chọn thang đo nào gần (nhưng phải cao hơn) mức cần đo nhất. Ví dụ để đo một cái pin 9VDC dùng cho transistor, phải đặt đồng hồ vào chế độ đo điện áp rồi chọn thang đo càng gần 9V càng tốt. Nếu đồng hồ có các thang 0,2; 2; 20; 200V DC thì thang đo 20V DC là tốt nhất.

Nếu không biết chắc là phải dùng thang đo nào thì bắt đầu bằng việc chọn thang cao nhất có thể có. Khi đã lấy một vài số đo và biết trị số gần đúng của đại lượng đo thì giảm thang đo để đạt được số đọc chính xác hơn. Nếu số đọc vượt quá thang đo hiện hành của đồng hồ thì dòng chữ *Overrange warning* (coi chừng vượt thang) sẽ được hiển thị cho đến khi thang đồng hồ được lớn hơn trị số đo. Một số đồng hồ vạn năng hiện số có khả năng tự động chọn thang đo phù hợp khi tín hiệu đo tác động vào.

2. Kiểm tra các đầu đo

Nên thường xuyên kiểm tra các đầu đo của đồng hồ có nguyên vẹn không. Vì các đầu đo thường bị co kéo hoặc xoắn vặn, nên phải đảm bảo chúng luôn làm việc như mong muốn.

Để kiểm tra các đầu đo, hãy đặt đồng hồ vào chế độ điện trở và chọn thang đo thấp nhất (0,1 chẳng hạn). Cắm cả hai dây đo vào đúng chỗ trên đồng hồ rồi chập hai đầu đo lại với nhau. Số đọc điện trở sẽ hạ xuống khoảng 0 để chỉ thị rằng các đầu đo tốt. Nếu không xấp xỉ 0Ω thì phải kiểm tra cẩn thận lại các đầu đo. Sau khi tin chắc các đầu đo tốt hãy điều chỉnh trở lại chế độ và thang đo như cũ để làm việc tiếp tục. Cách đo thử tĩnh (Static test) thường được tiến hành trên linh kiện (trong hoặc ngoài mạch) khi không có điện. Đo điện trở, điện dung và kiểm tra mật tiếp giáp linh kiện bán dẫn là các đo thử tĩnh. Các đo thử động (Dynamic test) thường để kiểm tra các tình trạng mạch, nên phải đưa điện vào mạch và đủ tất cả các linh kiện trong chỗ của mình. Đo điện áp, dòng điện và tần số là các đo thử động thường phải tiến hành nhiều nhất.

3. Đo điện áp

Mọi tín hiệu trong mạch điện đều có một lượng điện áp liên quan nào đó. Đo các điện áp tín hiệu bằng đồng hồ vạn năng hoặc một thiết bị đo thử khác, bao giờ cũng có thể xác định tín hiệu đó là đúng hay sai, cũng có thể đo các điện áp nguồn nuôi của mạch để đảm bảo các linh kiện đang nhận đủ năng lượng để hoạt động. Đo điện áp là phép đo thử động cơ bản nhất, đồng thời cũng quan trọng nhất trong sửa chữa điện tử.

Đồng hồ vạn năng có thể đo trực tiếp cả điện áp AC lẫn điện áp DC. Nên nhớ mọi phép đo điện áp đều phải đo song song với mạch hoặc linh kiện cần kiểm tra. Không bao giờ được phép ngắt mạch để đo điện áp nối tiếp với các linh kiện khác, những số đọc này sẽ không có ý nghĩa và mạch điện có thể không chạy.

Sau khi đã tiến hành các động tác chuẩn bị theo hướng dẫn ở trên và điều chỉnh đồng hồ vào chế độ đo điện áp AC hoặc DC như yêu cầu rồi chọn thang đo phù hợp với trị số điện áp muốn đo. Nếu không biết chắc phải dùng thang nào thì bao giờ cũng phải bắt đầu với thang lớn nhất có thể có. Loại đồng hồ chuyển thang tự động sẽ tự thiết lập thang đo của mình khi có tín hiệu tác động vào. Đặt các đầu đo song song với mạch hoặc với linh kiện cần đo thử, đọc trị số điện áp ngay trên mặt hiện số của đồng hồ. Các trị số đọc đối với điện áp một chiều sẽ tùy thuộc cực tính đo, nên nếu bạn đọc được +5V DC thì đảo ngược đầu đo, sẽ đọc được -5 V DC.

4. Đo dòng điện

Hầu hết các đồng hồ vạn năng bình thường đều có khả năng đo dòng điện AC và DC trong một mạch đang hoạt động, mặc dù thường có ít thang đo để chọn. Chú ý: dòng điện phải được đo nối tiếp với mạch hoặc với linh kiện. Trong nhiều trường hợp phải ngắt mạch ở điểm cần đo rồi mắc nối tiếp các đầu đo vào đồng hồ. Có thể ngắt mạch một cách dễ dàng nhưng nên nhớ rằng sau đó phải nối lại liền như mạch cũ. Cho nên phải hết sức cẩn thận khi chọn điểm cắt.

Không được phép đo dòng điện song song với linh kiện hoặc với mạch. Các đồng hồ đo dòng bao giờ cũng thể hiện một điện trở rất nhỏ qua hai đầu đo của chúng (thường dưới 0.1) Việc mắc song song đồng hồ đo dòng có thể làm ngắn mạch và có thể gây hỏng linh kiện, hỏng mạch đang đo hoặc hỏng ngay chính đồng hồ. Hãy đặt đồng hồ vào chế độ cần thiết (dòng ac hoặc dc) và chọn thang thích hợp. Nếu không biết các thang đo thì chọn thang lớn nhất. Luôn phải cắm đầu đo dương vào jack cắm "Current input" (lối vào đo dòng)

trên đồng hồ. Trừ trường hợp đồng hồ được bảo vệ bởi một cầu chì bên trong còn thì các mạch đo dòng bên trong đồng hồ có thể bị hỏng do dòng điện quá lớn chạy qua.

Tắt tất cả điện cung cấp cho mạch trước khi mắc nối đồng hồ đo dòng nào. Để phòng mọi hoạt động không chính xác hoặc không mong muốn khi ngắt mạch để đo. Nếu muốn đo dòng điện nguồn nuôi cung cấp cho mạch thì ngắt đường dây cấp điện tại điểm nào thuận lợi, mắc nối tiếp đồng hồ vào một cách cẩn thận, rồi mở điện trở lại cho mạch. Đọc trực tiếp trị số dòng điện trên bảng hiện số của đồng hồ. Quy trình này cũng được sử dụng khi đo dòng điện bên trong một mạch.

5 Đo tần số

Một số đồng hồ vạn năng có cả bộ đếm tần số có thể đo tần số của một tín hiệu hình sin. Các thang đo phụ thuộc vào loại đồng hồ cụ thể. Những máy đo cầm tay thường có thể đo đến 100MHz, trong khi các kiểu máy chuyên dùng sửa chữa có thể đo đến 10MHz hoặc hơn. Đo tần số là một phép đo động tiến hành đo khi mạch có điện.

Đặt đồng hồ vạn năng vào chế độ đo tần số và chọn thang thích hợp. Ở đây, một lần nữa lại phải chọn thang đo lớn nhất nếu không biết chắc dùng thang nào. Đặt các đầu đo song song với linh kiện hoặc với mạch sẽ được kiểm tra, và đọc tần số trực tiếp từ bảng hiện số của đồng hồ. Loại đồng hồ vạn năng chọn thang tự động sẽ chọn đúng thang đo khi có tín hiệu tác dụng vào.

Các phép đo tần số dạng tương tự ít có ứng dụng thực tế trong sửa chữa máy tính, vì hầu hết các tín hiệu mà ta thường gặp đều có dạng vuông chứ không phải hình sin. Các sóng vuông thường hạ thấp số đọc trừ phi đồng hồ có thiết kế đặc biệt để đo sóng vuông. Máy đếm tần số dạng số và máy hiện sóng sẽ được dùng để đo sóng vuông.

6. Đo điện trở

Đo điện trở là phép đo tính phổ biến nhất mà đồng hồ vạn năng của bạn thực hiện. Chế độ đo này không chỉ tiện lợi để kiểm tra các điện trở mà còn để kiểm tra các bộ phận có điện ly như dây dẫn, solenoid, mô tơ, các đầu nối và một số linh kiện bán dẫn chính. Đo điện trở là đo tĩnh nên phải cắt mọi loại điện cung cấp tác dụng vào linh kiện hoặc vào mạch. Thường thường cần phải cắt rời ít nhất là một chân linh kiện ra khỏi mạch để đề phòng những mắc nối với các linh kiện khác làm cho kết quả đọc bị sai.

Những điện trở cuộn dây, và dây nối bình thường có thể được đo thử một cách dễ dàng bằng cách hiệu chỉnh đồng hồ vào chế độ điện trở và chọn thang đo thích hợp. Các đồng hồ chuyển thang tự động sẽ tự động chọn thang đo thích hợp sau khi chạm các đầu đo vào các điểm cần đo. Nhiều loại đồng hồ vạn năng có thể đo một cách tin cậy các trị số điện trở lên đến $20\text{M}\Omega$. Đặt các đầu đo song song với linh kiện và đọc trực tiếp trị số điện trở trên bảng hiển số của đồng hồ. Nếu trị số điện trở vượt thang đã chọn thì bảng hiển thị sẽ thông báo qua thang.

Kiểm tra thông mạch được tiến hành để đảm bảo có sự mắc nối tin cậy và điện trở thấp giữa hai điểm. Ví dụ có thể kiểm tra thông mạch của dây cáp giữa hai đầu nối để đảm bảo là cả hai đầu đã được mắc đúng. Vạn đồng hồ vạn năng vào thang điện trở thấp, rồi đặt hai đầu đo vào hai điểm để đo. Thông mạch lý tưởng phải là khoảng 0Ω . Kiểm tra thông mạch còn để khẳng định không có ngắn mạch giữa hai điểm.

7. Đo tụ điện

Có hai phương pháp kiểm tra tụ điện bằng đồng hồ vạn năng: *do chính xác và kiểm tra chất lượng*. Đo chính xác để xác định trị số thực của tụ điện. Nếu trị số đọc xấp xỉ trị số ghi trên tụ điện thì linh kiện đó là tốt, nếu không thì linh kiện đã bị hỏng và phải thay. Đo chính xác đòi hỏi đồng hồ vạn năng của bạn phải có mạch đo điện dung. Nếu đồng hồ không có khả năng đo điện dung thì có thể đo tụ điện trực tiếp bằng bất kỳ loại máy kiểm tra linh kiện đặc biệt nào khác, như đồng hồ B+K PRECISION Model 390 Test Bench. Bạn cũng có thể dùng đồng hồ vạn năng để tiến hành kiểm tra chất lượng đơn giản một tụ điện bị nghi ngờ.

Các máy kiểm tra tụ điện, dù lắp chung trong đồng hồ vạn năng hoặc là một bộ phận của máy kiểm tra linh kiện độc lập, thì cũng đều sử dụng đơn giản. Cắt tất cả mọi loại điện nguồn cung cấp cho mạch cần kiểm tra. Đặt chế độ đo tụ điện, chọn thang đo điện dung, rồi mắc các đầu đo song song với tụ điện cần đo. Ít nhất cũng phải cắt rời một chân tụ điện ra khỏi mạch, để tránh bị nối với các linh kiện khác làm sai lệch trị số đọc. Trong một số trường hợp, để dễ dàng hơn, nên tháo hẳn linh kiện nghi ngờ ra khỏi mạch trước khi đo. Một số đồng hồ có các khe để cắm linh kiện trực tiếp lên mặt đồng hồ. Khi đo, đọc trị số điện dung trực tiếp trên màn hiển số của đồng hồ.

Nếu đồng hồ vạn năng không có mạch đo điện dung bên trong, vẫn có thể dùng các thang điện trở của nó để kiểm tra chất lượng của tụ điện. Kiểu kiểm tra này cho một phán quyết “nhanh nhưng thô thiển” là tụ điện tốt hay xấu.

Nguyên lý kiểm tra rất đơn giản: Ở tất cả các thang đo, đồng hồ đều dùng bộ pin bên trong để cung cấp một dòng điện cho linh kiện đang được đo thử. Khi dòng điện này tác dụng vào một tụ điện tốt, nó sẽ nạp điện cho tụ điện. Khi mới bắt đầu mắc đồng hồ vào, tụ điện hút dòng điện rất mạnh, tương ứng với số đọc điện trở bé. Khi tụ điện đang nạp điện, tốc độ nạp điện của nó chậm dần và dòng điện hút vào tụ giảm dần theo thời gian, tương ứng với điện trở tăng lên. Một cách lý tưởng, khi tụ điện nạp đầy, dòng điện sẽ ngừng bị hút vào tụ - tương ứng điện trở vô cực. Tụ điện hoạt động theo cách đó là tụ điện tốt.

Nên hiểu rằng, thực ra ta không đo điện trở hoặc điện dung ở đây, mà chỉ đo phác các đặc trưng nạp của tụ điện. Nếu tụ điện có điện dung nhỏ (thang picofarad) hoặc bị hở mạch, thì nó sẽ hút một lượng điện tích không đáng kể nên đồng hồ vạn năng sẽ hiển thị các trị số vô cực gần như tức thời. Nếu tụ bị ngắn mạch một phần (hay toàn bộ), nó sẽ không tích giữ điện tích, sẽ đọc được 0Ω , hay một trị số điện trở nào đó bé hơn vô cực và giữ mãi trị số này. Cả hai trường hợp này tụ có khả năng đã hỏng. Nếu nghi ngờ kết quả đọc, ta hãy kiểm tra vài tụ điện khác cùng một giá trị và so sánh các kết quả. Để phép thử diễn ra vừa phải, nên dùng thang điện trở lớn. Dùng thang điện trở bé đồng hồ sẽ bị vượt thang quá nhanh nên đọc không rõ ràng.

8. Đo thử Diốt

Nhiều đồng hồ vạn năng có một thang điện trở diốt đặc biệt dùng để kiểm tra điện trở tĩnh của tiếp giáp diốt phổ biến. Vì các diốt bình thường chỉ dẫn dòng điện một chiều, nên phép thử diốt này sẽ cho phép xác định được diốt bị hở mạch hay ngắn mạch. Nên nhớ rằng kiểm tra diốt là một phép thử tĩnh nên phải cắt tất cả các dòng điện nuôi bộ phận mạch muốn thử. Trước khi đo thử phải nhấc một chân diốt ra khỏi mạch làm giảm các trị số đọc. Chọn chế độ “diốt” trong chức năng đo điện trở của đồng hồ vạn năng. Nói chung ta không phải bận tâm đến việc chọn thang trong chế độ kiểm tra diốt. Nói các đầu do song song với diốt theo chiều phân cực thuận. Một diốt silic tốt phải có điện trở tĩnh khoảng giữa 450 và 700Ω , đọc trên bảng hiển thị đồng hồ. Vì diốt không dẫn điện hoàn toàn theo chiều ngược lại nên lúc đảo ngược đầu đo bạn phải đọc được trị số điện trở bằng vô cực.

Một diốt bị ngắn mạch sẽ có điện trở rất thấp theo cả hai chiều phân cực thuận và phân cực nghịch. Còn diốt bị hở mạch sẽ biểu hiện trị số điện trở rất cao (thường là vô cực) theo cả hai chiều thuận nghịch. Dù hở mạch hay ngắn mạch, diốt đó cũng phải thay.

9. Kiểm tra tranzitor

Tranzitor là loại linh kiện bán dẫn hơi phức tạp hơn nhưng vẫn có thể kiểm tra bằng chức năng thử tranzitor trong đồng hồ vạn năng hoặc bằng một máy kiểm tra linh kiện khác. Các mặt tiếp giáp tranzitor cũng có thể kiểm tra bằng chức năng thử diốt của đồng hồ vạn năng. Các quy trình sau đây sẽ trình bày cả hai phương pháp kiểm tra tranzitor.

Một số đồng hồ vạn năng có lắp sẵn bên trong mạch kiểm tra tranzitor, sẽ cho phép đo hệ số tăng ích (gọi là "be ta" hoặc " h_{FE} ") của tranzitor lưỡng cực một cách trực tiếp. Bằng cách so sánh hệ số tăng ích mới đo được với hệ số tăng ích ghi trong các sổ tay tra cứu của nhà sản xuất hoặc đã đo được từ trước của các linh kiện tương tự, ta có thể dễ dàng xác định tranzitor đó hoạt động chính xác hay không. Các đồng hồ có chức năng kiểm tra tranzitor đều có thể tiến hành đo thử ngay trên mặt đồng hồ. Bộ phận đo thử này gồm có hai ổ cắm ba lỗ - một ổ dùng cho linh kiện npn và ổ kia dùng cho linh kiện pnp. Bạn cắm trực tiếp tranzitor cần kiểm tra vào đó. Vì tất cả các tranzitor lưỡng cực đều có ba chân (emitter, bazơ, và collector), nên bạn phải cắm đúng vào các lỗ tương ứng để có kết quả đọc chính xác. Phiếu ghi dữ liệu kèm theo tranzitor của nhà sản xuất sẽ cho biết cách bố trí các chân và hệ số tăng ích mà phải đo được xấp xỉ. Khi đã cắm tranzitor đúng vào ổ cắm kiểm tra, có thể đọc trực tiếp trị số của hệ số tăng ích ngay trên bảng hiển thị đồng hồ. Điều chỉnh đồng hồ vào chế độ kiểm tra tranzitor. Ta không cần quan tâm đến việc chọn thang khi kiểm tra tranzitor. Cắm tranzitor vào bộ phận đo thử của đồng hồ. Số đọc thấp một cách bất thường (hoặc zêrô) chứng tỏ tranzitor đã bị ngắn mạch, còn số đọc cao (hoặc vô cực) biểu hiện tranzitor bị hở mạch. Trong cả hai trường hợp, tranzitor có khả năng hỏng và phải thay. Nếu chưa tin vào các trị số đọc, bạn hãy thử thêm một vài tranzitor cùng loại và so sánh các kết quả. Nếu đồng hồ của bạn hoặc máy đo linh kiện chỉ có chức năng kiểm tra diốt có thể kiểm tra gần đúng tình trạng của tranzitor bằng cách đo từng mặt tiếp giáp riêng biệt của nó. Mặc dù về cấu trúc không giống các diốt, nhưng các tiếp giáp bazơ-emitter và bazơ-collector cũng làm việc giống diốt. Cũng theo nguyên tắc chung, ta phải tháo rời tranzitor ra khỏi mạch điện của nó để đề phòng giảm thấp trị số đọc do mắc nối với các linh kiện khác. Việc kiểm tra mặt tiếp giáp cũng tiện lợi đối với tất cả các loại tranzitor gắn bề mặt, là loại không cần vào các ổ cắm của đồng hồ vạn năng.

Điều chỉnh đồng hồ vạn năng vào chế độ đo điện trở diốt. Nếu tranzitor cần đo là loại NPN (tài liệu kỹ thuật của nhà sản xuất hoặc ký hiệu trên sơ đồ,

tương ứng với nó.), thì đặt đầu đo dương vào chân bazơ, và đầu đo âm vào chân emitter của tranzitor. Bố trí đầu đo như vậy sẽ phân cực thuận cho mặt tiếp giáp bazơ-emitor và kết quả sẽ là trị số như của diốt bình thường (450 đến 700). Đảo đầu que đo đối với mặt tiếp giáp bazơ-emitor. Mặt tiếp giáp bây giờ bị phân cực nghịch nên biểu hiện điện trở vô cực lặp lại toàn bộ quy trình này đối với tiếp giáp bazơ-colector. Nếu tranzito cần đo là loại pnp thì đặt các đầu đo ngược với trường hợp trên. Nói cách khác, một mặt tiếp giáp là phân cực thuận trong tranzitor npn sẽ là phân cực nghịch trong tranzitor pnp. Để phân cực thuận cho tiếp giáp bazơ-emitor của tranzitor pnp hãy đặt đầu đo dương vào emitter và đầu đo âm vào bazơ. Đối với mặt tiếp giáp bazơ-colector cũng có cùng nguyên lý như vậy. Khi đã kiểm tra xong cả hai tiếp giáp, bạn hãy đo điện trở diốt từ collector đến emitter. Ta đọc được điện trở vô cực theo cả hai chiều phân cực của đầu đo. Mặc dù không có sự ghép nối nào bên trong giữa collector và emitter trong khi tranzitor được cấp điện, nhưng đôi khi cũng xảy ra ngắn mạch trong quá trình hư hỏng.

Nếu có một tiếp giáp nào đó biểu hiện điện trở cao bất thường (hoặc vô cực) theo cả hai chiều thì tiếp giáp đó có khả năng bị hở mạch. Còn điện trở thấp (hoặc 0Ω) theo cả hai chiều là biểu hiện mặt tiếp giáp bị ngắn mạch. Điện trở thấp hơn mức vô cực giữa collector và emitter là biểu hiện tranzitor đã hỏng. Bất kỳ gặp một trường hợp nào kể trên, ngắn mạch hoặc hở mạch, tranzitor cũng phải được thay thế.

Thiết bị đo B+K Model 540 Component Checker sẽ hiển thị các tính năng động của tranzitor lưỡng cực và trường dưới dạng biểu đồ trên màn hiển sóng. Quan sát vào đường cong đồ thị biểu diễn các đặc trưng của từng tranzitor, ta có thể xác định linh kiện đó có hỏng hay không. Một số loại máy phân tích đồ thị còn có khả năng đưa ra một tín hiệu để vẽ hoặc in trên máy (plotter hoặc printer) để tham khảo lâu dài.

V. THIẾT BỊ TẠO TÍN HIỆU ĐO LƯỜNG

1. Khái niệm chung

Trong lĩnh vực đo lường vô tuyến điện, máy tạo tín hiệu là một trong những thiết bị đo lường rất cần thiết để tạo ra các tín hiệu có tần số từ âm tần 20Hz tới 20kHz, siêu âm từ 20kHz tới 200kHz tới các tần số radio của các băng sóng trung, sóng ngắn tới sóng cực ngắn có thể điều chế theo biên độ, tần số hoặc góc pha. Điện áp ra có thể điều chỉnh đến để nhận được các giá trị cần thiết. Ngoài ra còn có máy tạo tín hiệu thị tần dạng xung vuông góc, xung

răng cưa hay xung tam giác có độ rộng, tần số, và biên độ cần thiết để dùng trong phòng thí nghiệm, làm nguồn tín hiệu kiểm tra khả năng làm việc, kiểm tra các tính năng kỹ thuật như độ nhạy, tính chọn lọc, đặc tuyến biên độ của các thiết bị hay các mạch riêng lẻ trong thiết bị.

1.1. Công dụng

Để tạo ra các tín hiệu tần số vô tuyến (radiô) của các băng sóng trung, sóng ngắn, sóng cực ngắn được điều biên (AM) hay điều tần (FM) biên độ tín hiệu ra thay đổi được có thể từ microvolt tới hàng chục milivolt với điện áp ra chuẩn xác. Có những máy có thể thực hiện điều chế trong hay điều chế ngoài thay đổi được cả hệ số điều chế.

Tín hiệu đo máy tạo ra dùng để kiểm tra và điều chỉnh tần số cộng hưởng của các mạch khuếch đại trung tần, kiểm tra giải thông của các bộ lọc, kiểm tra độ nhạy máy thu, khả năng chống nhiễu ảnh tần, nhiễu trung tần của máy thu hay dùng như một nguồn tín hiệu thử kiểm tra sửa chữa các phần trung tần, cao tần trong các máy thu làm nguồn cho các mạch thí nghiệm.

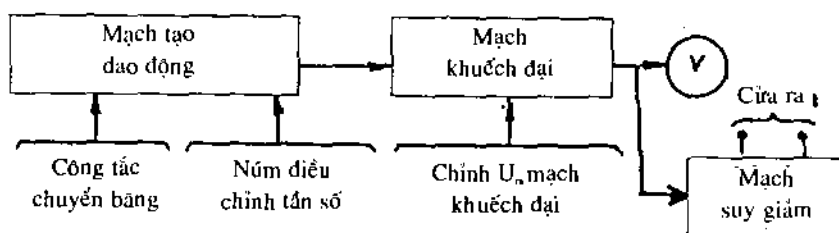
1.2. Phân loại

Máy phát tần số đa năng có nhiều dạng, nhưng thông thường có máy hát hình sin tần số thấp, máy tạo tín hiệu tần số radio, máy tạo tín hiệu thị tần, máy tạo tín hiệu quét tần số...

2. Sơ đồ khối và chức năng các máy tạo tín hiệu

2.1. Máy tạo tín hiệu hình sin tần số thấp

2.1.1. Sơ đồ khối



Hình 2.30. Sơ đồ khối máy tạo tín hiệu hình sin tần số thấp

2.1.2. Chức năng

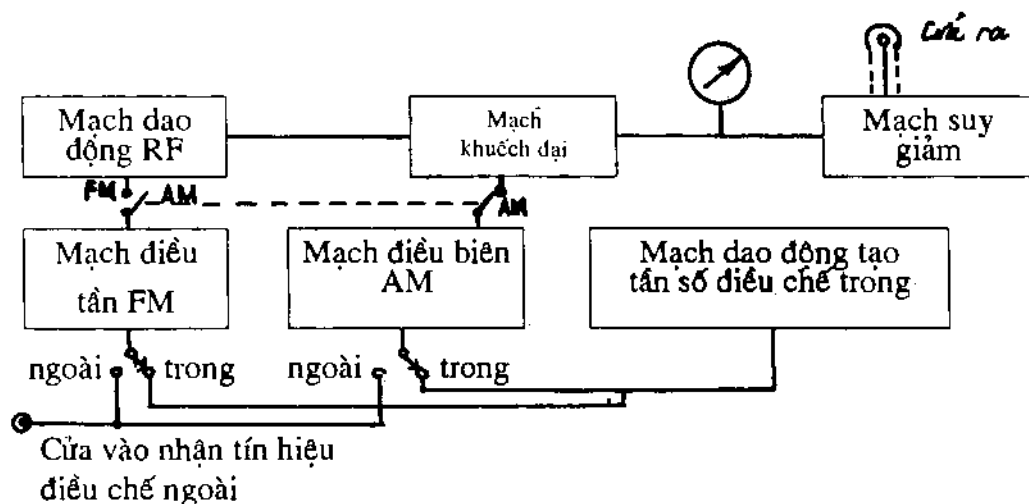
Mạch tạo dao động: Thường dùng mạch dao động căn viên để tạo tín hiệu hình sin tần số thấp trong đó có nút điều khiển tần số và công tắc thay đổi băng tần.

Mạch khuếch đại: Để khuếch đại công suất tín hiệu ra được chỉ thị biên độ tín hiệu ra bằng đồng hồ trên mặt máy. Thay đổi biên độ tín hiệu ra của mạch khuếch đại bằng cách điều chỉnh tín hiệu lấy từ mạch dao động.

Mạch suy giảm là một mạch phân áp, mức độ suy giảm thay đổi bằng 1 công tắc có nhiều vị trí để có thể lấy được tín hiệu ra từ vài mili von.

2.2. Sơ đồ khối máy tạo tần số radio

2.2.1. Sơ đồ khối



Hình 2.31. Sơ đồ khối máy tạo tín hiệu RF

2.2.2. Chức năng

Mạch dao động RF để tạo ra tần số sóng mang, mạch dao động có thể dùng loại ghép hồ cảm hay mạch dao động 3 điểm điện dung hay 3 điểm điện cảm. Trong khối tạo dao động có công tắc chuyển băng tần để thay đổi cuộn cảm L của mạng dao động còn thay đổi hay điều chỉnh điện áp ngược cấp cho vari cấp.

Mạch khuếch đại: Để khuếch đại làm tăng biên độ tín hiệu trước mạch suy giảm. Trong mạch khuếch đại có núm điều chỉnh khuếch đại để giữ chuẩn điện áp trước mạch suy giảm. Điện áp chuẩn được chỉ thị bằng đồng hồ.

Mạch suy giảm làm suy giảm tín hiệu để điều chỉnh điện áp ra. Có mấy mức suy giảm điều chỉnh biến đổi đều được, khi đó tín hiệu trước bộ suy giảm phải cố định ở mức điện áp chuẩn, nhiều loại máy mức suy giảm thay đổi theo từng mức (từng phạm vi). Ở loại này muốn điện áp ra biến đổi đều phải điều chỉnh mức khuếch đại theo chỉ số của đồng hồ.

Mạch dao động tạo tần số điều chế trong thông thường là một mạch dao động âm tần tạo ra tín hiệu có tần số 1000Hz, để cấp cho mạch điều tần hay điều biên làm việc ở mức độ điều chế trong.

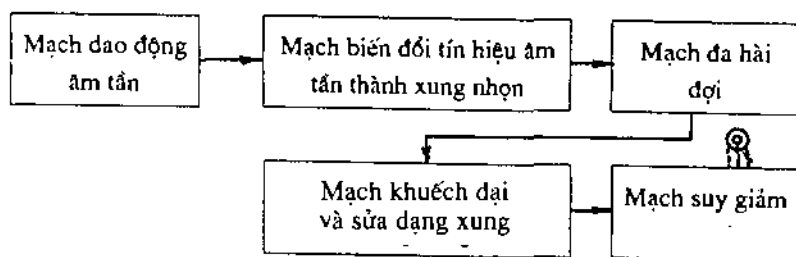
Ở chế độ điều chế ngoài phải có tín hiệu cần điều chế đưa tới cửa điều chế ngoài, tín hiệu điều chế ngoài có tần số và hình dạng tùy theo ý muốn người sử dụng.

Mạch điều tần FM để khuếch đại tín hiệu điều chế. Điện áp đã khuếch đại lấy từ tải cấp cho vari cấp để thay đổi điện dung của vari cấp. Vari cấp được mắc song song với tụ đặt tần số. Vì thế tín hiệu điều tần phải đưa vào mạch dao động RF.

Mạch điều biên AM cũng để khuếch đại tín hiệu điều chế trong hay ngoài. Điện áp đã khuếch đại có thể được đưa vào cực emitter tầng khuếch đại để điện áp emitter thay đổi theo âm tần sẽ làm thay đổi biên độ dòng I_c của tranzito thực hiện điều biên tín hiệu ra của mạch khuếch đại. Vì vậy tín hiệu điều biên không đưa vào mạch dao động mà đưa vào mạch khuếch đại.

2.3. Sơ đồ khối máy tạo tín hiệu xung

2.3.1. Sơ đồ khối



Hình 2.32. Sơ đồ khối máy tạo tín hiệu xung

2.3.2. Chức năng

Mạch tạo dao động âm tần thường dùng loại dao động cầu Wein, mạch này có ưu điểm là dễ dàng thay đổi tần số trong phạm vi rộng. Vậy đặt tần số xung chính là đặt tần số dao động âm tần.

Tín hiệu âm tần hình sin qua mạch biến đổi theo nhiều cách trong đó có các mạch hạn biên, vì phân có thể cả dao động đa hài sẽ tạo ra được các xung nhọn có tần số bằng tần số tín hiệu hình sin để kích mạch dao động đa hài đợi. Mạch dao động đa hài sẽ tạo ra xung vuông góc điều chỉnh được độ rộng, còn tần số bằng tần số xung kích chính là bằng tần số tín hiệu âm tần.

Tín hiệu của dao động đa hài đưa qua mạch khuếch đại và sửa dạng xung để có xung ra biên độ lớn dạng vuông góc, sau đó đưa qua mạch suy giảm để đặt mức tín hiệu ra.

Nếu ở máy có các mạch biến đổi tín hiệu hình sin hay xung vuông góc thành ra xung tam giác hoặc xung răng cưa thì nhờ có các công tắc chuyển mạch giúp ta lấy ra được các tín hiệu theo ý muốn .

Máy tạo tín hiệu xung thị tần số thông thường chỉ sử dụng để cấp tín hiệu cho các mạch thí nghiệm thường đòi hỏi tín hiệu ra tương đối lớn và độ chính xác của điện áp không cao, vì thế sai số chỉ thị điện áp ra của loại máy này cũng lớn.

Có những loại máy cần sử dụng tín hiệu từ nguồn bên ngoài để đồng bộ, khi đó tín hiệu kích mạch dao động đa hài đợi không lấy từ mạch tạo tín hiệu âm tần mà từ nguồn đồng bộ ngoài. Xung đưa ra của máy ngoài nhiệm vụ tạo ra hình dáng biên độ cần thiết còn có thể điều chỉnh để giữ chậm với các khoảng thời gian khác nhau so với tín hiệu đồng bộ đưa vào.

3. Nguyên tắc sử dụng máy tạo tín hiệu xung

Kiểm tra máy công tắc đổi nguồn, nối dây tiếp mát – cắm điện bật nguồn. Xác định chế độ làm việc căn cứ theo nhu cầu lấy tín hiệu.

Đặt các tham số của tín hiệu ra

Đặt tần số .

Đặt độ rộng xung ra.

Chọn dạng xung ra (dương hay âm).

Đặt mức điện áp ra.

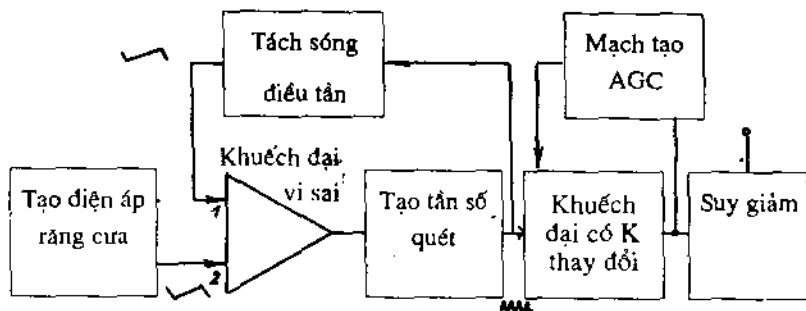
Mắc tải với cửa ra của máy điều chỉnh lại các tham số tín hiệu cho phù hợp với yêu cầu .

VI. MÁY ĐO TẦN SỐ

1. Công dụng

Để tạo ra tín hiệu có tần số biến đổi liên tục trong một phạm vi rộng và biên độ tín hiệu phát ra ổn định, vì vậy gọi là máy tạo tín hiệu quét tần số được sử dụng để kiểm tra đặc tuyến tần của các mạch khuếch đại, mạch lọc.

2. Sơ đồ khối



Hình 2.33. Sơ đồ khối máy đo tần số

3. Chức năng

* Mạch tạo điện áp răng cưa quyết định phạm vi biến đổi của tần số quét và tốc độ biến đổi của tần số quét.

* Khuếch đại vi sai có 2 cửa vào nhận điện áp tăng cưa từ 2 mạch đưa tới so sánh với nhau để tạo ra điện áp răng cưa điều chỉnh đúng tần số quét.

* Mạch tạo tần số quét làm việc như mạch dao động điều tần trong phạm vi rộng và biến đổi với tốc độ chậm. Điện áp răng cưa là điện áp ngược cấp cho vari cấp nằm trong thành phần khung dao động. Khi điện áp răng cưa tăng, điện dung của vari cấp giảm làm cho tần số dao động tăng. Do vậy điện áp răng cưa tăng từ $U_{\min}$ tới $U_{\max}$ thì tần số dao động cũng biến đổi từ $f_{\min}$ tới $f_{\max}$.

* Mạch tách sóng điều tần tạo ra điện áp tỷ lệ với tần số, vì thế ở cửa ra tách sóng điều tần cũng nhận được điện áp răng cưa. Khi tần số tín hiệu quét bé hơn mức bình thường, điện áp đưa về cửa 1 nhỏ hơn điện áp ở cửa 2 khuếch đại vi sai tăng hơn bình thường để làm tăng tần số quét. Ngược lại khi tần số quét lớn hơn mức bình thường, điện áp cửa 1 lớn hơn điện áp ở cửa 2 lại làm giảm điện áp ra của khuếch đại vi sai để tự động giảm bớt tần số quét. Vậy mạch tách sóng điều tần tạo ra điện áp răng cưa đưa tới cửa 1 của khuếch đại vi sai có tác dụng giữ cho tần số quét biến đổi chính xác.

* Mạch khuếch đại có hệ số thay đổi để khuếch đại tín hiệu và tự động điều chỉnh hệ số khuếch đại theo tín hiệu AGC đưa tới.

* Trong mạch tạo AGC ngoài mạch nắn điện tạo ra điện áp một chiều tỷ lệ với biên độ tín hiệu vào còn có mạch tạo điện áp chuẩn và mạch so sánh. Khi ta điều chỉnh khuếch đại bằng tay làm tăng tín hiệu ra thì điện áp chuẩn cũng tăng lên tương ứng. Do đó nếu biên độ điện áp ở cửa vào mạch AGC sai

khác với mức biên độ mới đặt thì mạch so sánh mới làm việc tạo ra điện áp điều khiển để làm tăng hay giảm hệ số khuếch đại để giữ cho biên độ tín hiệu ra được ổn định.

* Mạch suy giảm để đặt mức tín hiệu ra thực tế. Máy tạo tín hiệu quét tần số cũng có nhiều loại có nhiều tính năng khác nhau :

Ví dụ

Máy Hp 8601a có tần số quét trong khoảng từ 0,1 MHz tới 110 MHz. Chia thành 2 dải tần: dải I: 0,1 MHz đến 1 MHz. Dải II: 1 MHz đến 110 MHz. Tốc độ quét nhanh : 6 lần tới 60 lần trong 1 giây hay chậm 8 giây tới 80 giây trong 1 lần quét. Có thể quét liên tục hay quét từng lần khi bấm nút.

Máy Pm 5165 chỉ làm việc ở dải tần thấp từ 0,1Hz tới 1MHz. Tín hiệu ra có thể là hình sin, xung vuông góc hay xung tam giác. Điện áp ra từ 200mV tới 6V, từ đỉnh âm tới đỉnh dương của tín hiệu. Thời gian quét điều chỉnh được 1 giây tới 100 giây.

4. Một số ứng dụng của thiết bị tạo tín hiệu đo lường

Các máy phát tín hiệu có nhiều ứng dụng rộng rãi để kiểm tra các tham số kỹ thuật của thiết bị như đo độ nhạy máy thu kiểm tra khả năng chống nhiễu lân cận, nhiễu trung tần, nhiễu ảnh tần của máy thu, kiểm tra giải thông tần, kiểm tra đặc tuyến tần số, đặc tuyến biên độ của âm li, kiểm tra giải thông của các bộ lọc. Dùng làm nguồn thí nghiệm cho các mạch lắp ráp trong công tác kiểm tra sửa chữa, nếu có đủ các loại máy phát tín hiệu sẽ tạo điều kiện rất nhanh chóng để tìm ra hỏng hóc. Những phần tiếp theo chỉ lấy một số ví dụ tiêu biểu.

4.1. Kiểm tra độ nhạy máy thu điều biên

Độ nhạy của máy thu được đánh giá bằng tín hiệu nhỏ nhất có cùng tần số với tần số làm việc của máy thu được điều biên 1000Hz với hệ số điều biên 30% để máy thu đưa ra được công suất yêu cầu và tỉ số (tín hiệu + tạp âm) / tạp âm ≥ 3 .

Thứ tự kiểm tra như sau:

Cửa ra máy thu phải được mắc đủ tải (số loa) song song với một đồng hồ đo điện áp âm tần, đặt tần số làm việc cho máy thu lấy tín hiệu từ máy tạo tín hiệu tần số radio có tần số bằng tần số làm việc của máy thu để ở chế độ điều biên trong hệ số điều biên 30% điện áp ra đưa tới đầu cảm anten lớn hơn độ nhạy máy thu vài lần. Điều chỉnh lại tần số của máy phát để tìm đúng tần số

cộng hưởng của máy thu - khi cộng hưởng tín hiệu nghe ở loa to và rõ nhất, đồng hồ chỉ lớn nhất. Thay đổi điện áp ra của máy phát để công suất tín hiệu ở loa đúng yêu cầu. Khi núm điều âm lượng điều đúng thì nếu bỏ tín hiệu đưa tới anten, số chỉ của đồng hồ (do mức tạp âm) phải bé hơn $1/3$ số chỉ lúc có tín hiệu điện áp đưa ra của máy phát đáp ứng được công suất ra yêu cầu của máy thu chính là độ nhạy của máy thu, gọi là U_1 .

4.2. Đo được độ nhạy U_1 tại tần số f_1

Để xác định giải thông ta làm tiếp như sau:

Giữ nguyên điện áp U_1 . Tăng tần số tín hiệu máy phát sẽ thấy điện áp ra của máy thu giảm. Khi điện áp ra của máy thu giảm đi $\sqrt{2}$ ta ghi nhận tần số f_{cao} .

Giảm tần số tín hiệu máy phát sẽ thấy điện áp máy thu tăng dần qua f_1 , lại giảm đến giá trị mà điện áp ra máy thu giảm $\sqrt{2}$ ta lại ghi nhận tần số thấp f_{th} . Giải thông qua máy $\Delta f = f_{cao} - f_{th}$.

4.3. Để kiểm tra khả năng chống nhiễu trung tần

Xác định trung tần của máy thu - ví dụ 455Khz

Giảm tần số máy phát tín hiệu xuống 455Khz. Tăng biên độ ra của máy phát lên khoảng 1000 lần.

Điều chỉnh lại tần số máy phát xung quanh tần số 455kHz để tìm đúng tần số cộng hưởng của trung tần máy thu theo số chỉ lớn nhất của đồng hồ đo điện áp ra của máy thu. Điều chỉnh lại điện áp ra của máy phát để đồng thời đo điện áp ra máy thu lại chỉ đúng giá trị tương ứng với công suất ra như khi đo độ nhạy. Điện áp ra của máy phát lúc này gọi là U_1 . Tỉ số U_2/U_1 cho ta đánh giá khả năng chống nhiễu trung tần, trị số này càng lớn càng tốt. Với máy thu chất lượng cao tỉ số này có thể đạt tới hàng nghìn.

4.4. Để kiểm tra khả năng chống nhiễu ảnh tần số

Ta phải nắm được quan hệ giữa tần số của mạch dao động ngoài sai số với tần số tín hiệu vì có 2 khả năng:

$$\text{Hoặc : } f_{ns} = f_{t/h} + f_{\text{trung tần}} \quad (1)$$

$$\text{hay } f_{ns} - f_{\text{trung tần}} \quad (2)$$

Trong trường hợp (1) sẽ có tần số bằng $f_{t/h} + 2.f_{\text{trung tần}}$. Còn trường hợp (2) tần số nhiễu ảnh lại bằng $f_{t/h} - 2.f_{\text{trung tần}}$

Vì nhiễu ảnh là loại tín hiệu có tần số đối xứng với tần số tín hiệu qua tần số ngoài sai. Nếu loại nhiễu này lọt được vào mạch trộn tần nó cũng tạo ra được trung tần để được các tần khuếch đại trung tần, âm tần khuếch đại đưa ra

loa. Sau khi đã xác định được tần số nhiễu ảnh, các bước làm giống như kiểm tra khả năng chống nhiễu trung tần, chỉ có một điểm khác là sau khi kiểm tra xong độ nhạy ở tần số f_1 sẽ phải tăng hay giảm tần số máy phát thêm các đại lượng bằng $2f_{\text{nh}}$ đến đúng tần số ảnh.

Các bước 3,4 làm tương tự

4.5. Sử dụng máy tạo tín hiệu âm tần để kiểm tra độ nhạy của âm li

4.5.1. Kiểm tra độ nhạy

- Lấy máy tạo tín hiệu âm tần đặt ở tần số 100Hz điện áp ra bậc mili volt đưa tới cửa vào âm li.

- Điều chỉnh núm âm lượng ở vị trí theo yêu cầu của âm li (thông thường để ở mức cực đại).

- Điều chỉnh điện áp ra của máy phát tín hiệu âm tần để công suất ra của âm li đúng yêu cầu.

- Điện áp ra của máy phát âm tần lúc đó là độ nhạy của âm li.

4.5.2. Kiểm tra đặc tuyến biên độ

Giảm núm điều âm lượng về vị trí giữa, giữ nguyên tần số 1000 Hz. Thay đổi điện áp ra của máy phát tín hiệu âm tần gọi là U_v đưa tới âm li. Ứng với mỗi giá trị U_v ta ghi lại giá trị U_{ra} tương ứng của âm li sẽ có bảng biến thiên.

Bảng 2.2

U_v				
U_{ra}				

Từ bảng biến thiên đó ta sẽ vẽ được đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của U_{ra} theo U_v đó chính là đặc tuyến biên độ của âm li. Âm li chỉ khuếch đại tốt các tín hiệu trong phạm vi từ U_1 tới U_2 . Bé hơn U_1 nhiều lần áp tín hiệu. Lớn hơn U_2 mạch khuếch đại bão hoà gây méo biên độ.

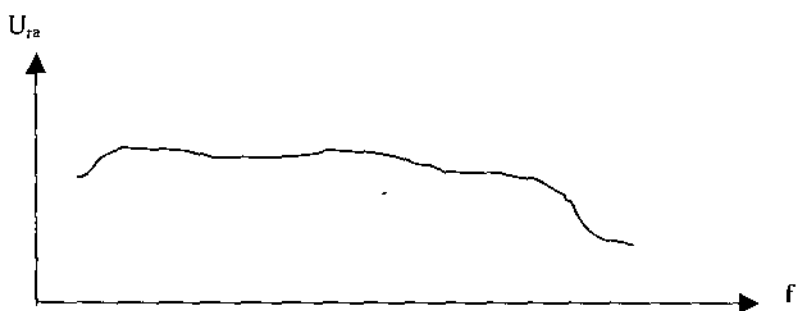
4.5.3. Kiểm tra đặc tuyến tần số

Sau khi kiểm tra độ nhạy giữ điện áp ra của máy phát tín hiệu âm tần không đổi. Điều chỉnh giảm núm âm lượng của âm li để dễ quan sát sự biến đổi của tín hiệu ra. Thay đổi tần số tín hiệu của máy phát. Ứng với mỗi tần số tín hiệu vào ghi giá trị tương ứng của điện áp ra âm li để lập bảng biến thiên sau:

Bảng 2.3

Tần số f				
Điện áp U_{ra}				

Từ bảng biến thiên ta vẽ được đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của điện áp của ra âm li theo tần số tín hiệu đưa vào, đó là đặc tuyến biên độ của âm li.



Hình 2.34. Đặc tuyến biên độ tần số

Trong công tác sửa chữa thiết bị ở phân âm tần, có thể dùng tín hiệu âm tần từ máy tạo tín hiệu tần thấp lần lượt đưa vào các tầng khuếch đại từ tầng cuối trở lên.

Khi sửa chữa phần trung tần phải nắm chắc các tầng khuếch đại trung tần điều cộng hưởng ở một tần số hay điều lệnh. Nếu điều lệnh tần số so với nhau thì cách điều chỉnh sẽ rất phức tạp, không nắm chắc mạch điện và không có trình độ chuyên môn cao thì không thể chỉnh được. Khi đã nắm chắc tần số cộng hưởng của từng tầng khuếch đại chỉ cần đưa tín hiệu đúng tần số tới cửa vào tầng đó với biên độ sao cho điện áp ở loa vừa phải rồi điều chỉnh lại tần số của khung tại trung tần để điện áp ra loa lớn nhất theo thứ tự từ tầng sát tách sóng trở lên.

Muốn điều chỉnh tần số dao động ngoài sai phải kiểm tra độ nhảy tại ba điểm trong mỗi băng sóng; điểm gần đầu băng (có f lớn hơn $f_{\min}$ của băng), điểm giữa băng và điểm gần cuối băng (có f bé hơn $f_{\max}$). Ví dụ băng SW1 có tần số từ (2,3 - 7,3) MHz ta sẽ kiểm tra độ nhảy tại 3 điểm có $f_1 = 2,5$ MHz, $f_2 = 5$ MHz và $f_3 = 7$ MHz. Cách kiểm tra độ nhảy tại các tần số này như đã nêu ở mục 4.5.1.tr.89. Nếu độ nhảy tại 3 tần số của mỗi băng tương đối đồng đều nhau là mạch dao động ngoài sai đã được đồng chỉnh tốt. Nếu độ nhảy tại 3 tần số của một băng nào đấy chênh lệch nhau nhiều là dao động ngoài sai đồng chỉnh sai. Khi đó phải điều chỉnh lại tần số của mạch dao động ngoài sai theo nguyên tắc.

Ở tần số thấp – gần đầu băng chỉnh lõi sắt của cuộn dây L.

Ở tần số cao - gần cuối băng chỉnh tụ trimơ.

Phải kiểm tra hiệu chỉnh lặp lại vài lần mới đạt kết quả vì chỉnh đầu sẽ ảnh

hướng tới cả tần số cuối và ngược lại chỉnh tần số sẽ ảnh hưởng tới cả tần số của băng.

Điện áp răng cưa đưa vào có 2 tác dụng: Tự động thay đổi U_{CE} tạo ra sự di chuyển ngang của tia điện tử. Đồng thời nhờ U_{CE} thay đổi tạo ra dòng I_C thay đổi ta nhận được U_{R1} tỉ lệ với I_C để di chuyển tia điện tử theo chiều đứng, ứng với mỗi giá trị của I_B ta được một đường quét. Khi điện áp răng cưa giảm từ U_{max} về U_{min} tia điện tử chạy ngược lại theo đúng đường quét thuận với tốc độ lớn hơn. Sang chu kỳ điện áp răng cưa mới đường quét lặp lại.

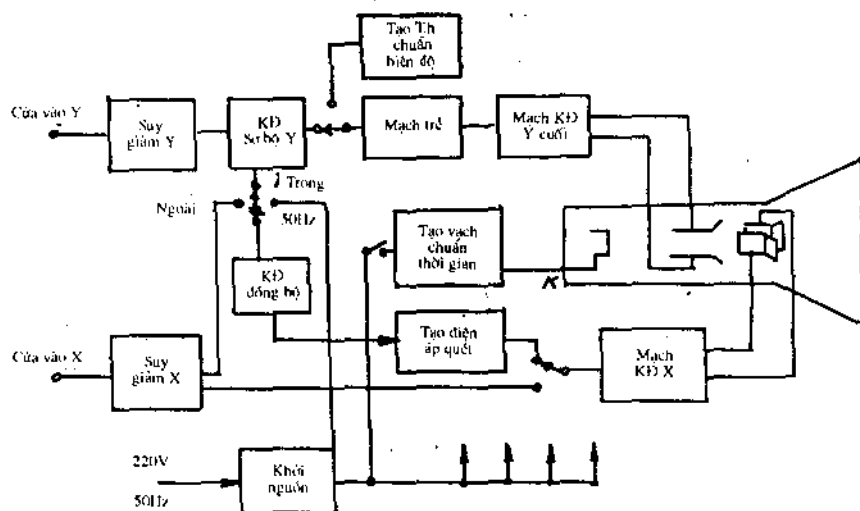
VII. MÁY HIỆN SÓNG (OXYLO)

1. Khái niệm chung

1.1. Công dụng

Máy hiện sóng còn gọi là dao động ký hay oxylo là một loại máy đo được sử dụng để nghiên cứu dạng tín hiệu. Nó có thể dùng để đo điện áp, đo tần số, đo góc lệch pha giữa hai tín hiệu. Đo độ rộng xung, đo độ rộng sườn trước, sườn sau, thời gian trễ của xung có thể hiện hình đặc tuyến của tranzitor vv..

1.2. Sơ đồ khối



Hình 2.35. Sơ đồ khối máy oxylo một tia.

1.3. Chức năng các khối

Các mạch suy giảm là các mạch phân áp cửa vào mức phân áp thay đổi được để có thể nhận các tín hiệu ở nhiều phạm vi khác nhau. Các mạch phân áp cửa vào có điện trở lớn, điện dung đầu vào nhỏ để không gây méo tín hiệu.

Khuếch đại sơ bộ tín hiệu Y làm tăng hệ số khuếch đại kênh Y để quan sát được các tín hiệu nhỏ.

Mạch trễ: Giữ chậm tín hiệu kênh Y bảo đảm cho tín hiệu quét xuất hiện trước tín hiệu Y.

Mạch tạo tín hiệu chuẩn biên độ: Tạo ra tín hiệu có biên độ chính xác dùng làm chuẩn để điều chỉnh chính xác hệ số khuếch đại Y bảo đảm cho giá trị các vạch Y được chính xác.

Mạch khuếch đại đồng bộ để khuếch đại tín hiệu điều khiển mạch tạo điện áp quét để thực hiện sự đồng bộ. Mạch nhận tín hiệu từ một trong ba nơi.

+ Ở đồng bộ trong: Nhận một phần tín hiệu vào kênh Y.

+ Ở đồng bộ ngoài: Phải có tín hiệu đồng bộ đưa tới cửa vào X qua mạch suy giảm.

+ Ở đồng bộ 50Hz : Lấy tín hiệu 50Hz từ biến thế nguồn.

Sự đồng bộ chỉ thực hiện tốt khi biên độ tín hiệu điều khiển mạch tạo điện áp quét thích hợp. Điều chỉnh núm đồng bộ chính là thay đổi biên độ điện áp đồng bộ điều khiển điểm đầu chu kỳ quét.

Mạch khuếch đại X để khuếch đại tín hiệu đưa tới cặp bản lệch hướng ngang X, nó có thể nhận tín hiệu ở 1 trong 2 nơi.

Thông thường nhận điện áp răng cưa từ mạch tạo điện áp quét để điều tia điện tử quét với tốc độ đều theo trục X.

Ở chế độ đo tần số bằng phương pháp xem hình sóng Lisazw tín hiệu có tần số điều chỉnh được đưa tới cửa X qua suy giảm tới công tắc chuyển mạch, vào mạch khuếch đại X.

Mạch tạo vạch chuẩn thời gian là 1 mạch dao động thạch anh có tần số chuẩn, ví dụ 1 MHz thì mỗi chu kỳ bằng 1 đưa tới cực catốt đèn hình để điều khiển mật độ tia điện tử bán kỳ âm làm tăng mật độ tia vệt sáng đậm bán kỳ dương vệt sáng yếu. Do vậy căn cứ vào số điểm sáng trên hình sóng tín hiệu ta xác định được chu kỳ hay độ rộng xung và có thể hiệu chỉnh lại mạch tạo quét để giá trị các vạch ngang được chính xác.

Mạch nguồn tạo ra các điện áp khác nhau cấp cho các mạch trong máy hiện sóng làm việc.

Chúng ta hãy tìm hiểu một số mạch tiêu biểu trong máy hiện sóng.

2. Những nguyên tắc chung về sử dụng máy hiện sóng

Máy hiện sóng rất đa dạng và cách sử dụng của mỗi loại đều có những đặc điểm riêng. Tuy vậy ta cần nhớ một số nguyên tắc sau:

- + Nguồn cấp cho máy phải để đúng điện áp của lưới điện.
- + Trước khi bật máy một số núm điều chỉnh sau đây nên để ở vị trí trung bình:
 - Núm điều độ sáng INTENSITY (điều điện áp lưới điều khiển).
 - Núm hội tụ FOCUS (điều chỉnh U_{at})
 - Núm HORIZONTAL POSITION (điều lệch ngang)
 - Núm VERTICAL POSITION (điều lệch đứng)

Công tắc chế độ quét nên để ở quét liên tục để khi bật có đường quét ngang, nếu để ở quét đợi sẽ chỉ được một điểm sáng, khi bị lệch sẽ rất khó tìm.

Sau khi bật máy điều chỉnh lại các núm độ sáng, hội tụ lệch ngang, lệch đứng để có đường quét sáng vừa phải, hội tụ tốt nằm ở vị trí thích hợp.

- + Trước khi đưa tín hiệu vào để xem hay để đo phải chú ý tới các vấn đề sau:

Ước đoán biên độ tín hiệu để chọn vị trí công tắc suy giảm VOLTS/DIV. Nếu chưa ước đoán được độ lớn tín hiệu vào phải để công tắc này ở phạm vi lớn (suy giảm nhiều).

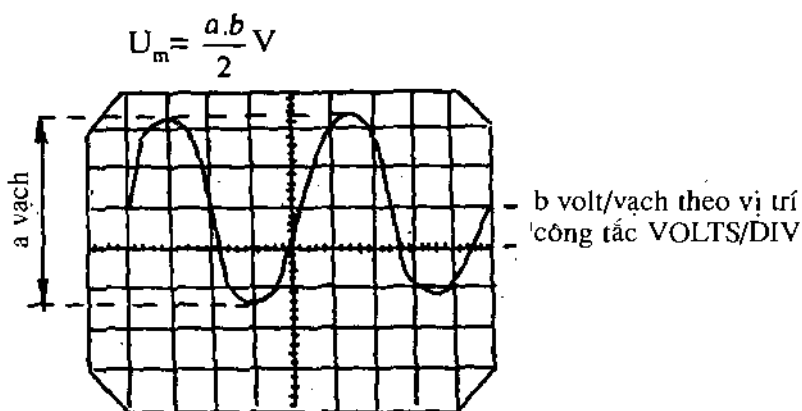
Căn cứ độ rộng xung hay tần số tín hiệu cần xem để đặt vị trí cho công tắc TIME/DIV – Tần số càng cao để công tắc ở vị trí càng nhỏ.

- Chọn chế độ quét phù hợp với tín hiệu cần xem.
- Chọn chế độ đồng bộ, thông thường sử dụng chế độ đồng bộ trong. Nếu dùng ở đồng bộ ngoài phải có tín hiệu đưa tới cửa vào X.
- Sau khi đưa tín hiệu vào chỉnh lại các núm VOLTS/DIV để có biên độ vào thích hợp. Chỉnh lại các núm điều chỉnh đồng bộ để hình sóng tín hiệu ổn định. Chỉnh lại núm TIME/DIV để có độ rộng xung hay độ rộng chu kỳ tín hiệu xem thích hợp.

2.1. Đo biên độ tín hiệu

Sau khi đưa tín hiệu vào tạo được hình sóng có biên độ lớn, ổn định tạm bỏ tín hiệu cần đo. Bật công tắc chuẩn biên độ và lấy tín hiệu có biên độ chuẩn đưa tới cửa vào Y. Điều lại núm khuếch đại – núm “CAL” ở chính giữa công tắc VOLTS/DIV để chuẩn lại giá trị vạch đứng. Tắt công tắc chuẩn biên độ bỏ đường dẫn tín hiệu từ mạch chuẩn biên độ tới cửa vào Y và lại đưa tín hiệu cần đo tới cửa vào Y. Điều hai núm chỉnh lệch hướng đứng tới vị trí để tính được chiều cao tín hiệu. Ví dụ khoảng cách giữa hai đỉnh âm và dương = a vạch. Giá trị mỗi vạch (căn cứ theo vị trí công tắc VOLTS/DIV) = b.V thì

$$U_m = \frac{ab}{2} V$$



Hình 2.36. Màn hình máy hiện sóng

2.2. Đo tần số

Sau khi tạo được hình sóng ổn định chuyển công tắc TIME/DIV (độ rộng 1 vạch) về vị trí để cho 1 chu kỳ hay 2 chu kỳ tín hiệu chiếm khoảng rộng nhất trên màn ảnh. Bật công tắc mạch chuẩn thời gian (nếu có)- đếm số điểm sáng để kiểm tra lại giá trị 1 vạch ngang, nếu không tương ứng với số điểm sáng chỉnh lại núm "CAL" ở giữa công tắc TIME/DIV- Để dễ xác định có thể tạm bỏ tín hiệu đo ở cửa Y để chỉ còn 1 đường quét ngang, sau đó đưa lại tín hiệu vào cửa Y điều chỉnh núm lệch ngang để dễ đếm số vạch ngang ở 1 hay 2 chu kỳ, từ đó tính ra độ rộng của 1 chu kỳ. Biết T tính tần số $f = 1/T$.

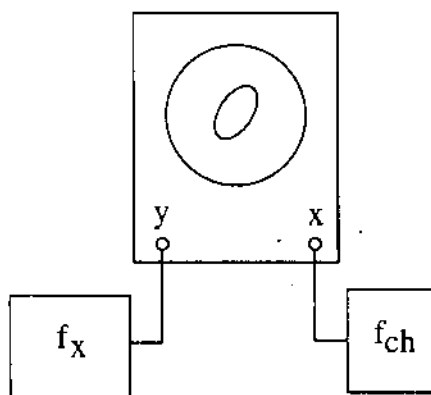
Ngoài cách đo tần số bằng cách đo độ rộng chu kỳ còn có cách đo tần số bằng cách xem hình sóng LIAZU. (Hình 2 - 37)

Cách thực hiện như sau :

- Bật công tắc chế độ quét về khuếch đại X- đường quét mất chỉ còn 1 điểm sáng trên màn ảnh. Phải có máy phát tín hiệu hình sin có tần số chính xác và thay đổi được trong phạm vi rộng. Chọn mức suy giảm và điều khuếch đại ngang để có vạch quét ngang chiếm khoảng 3,4 vạch.

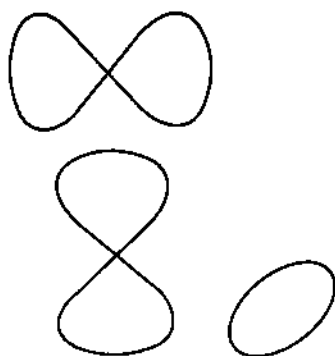
- Đưa tín hiệu cần đo tần số vào cửa Y. Thay đổi bằng sóng và điều chỉnh tần số chuẩn f_{ch} . Khi $f_{ch} = f_x$ trên, màn ảnh máy hiện sóng sẽ xuất hiện một hình elíp đứng đưa (do tần số 2 nguồn không ổn định lý tưởng).

Trong các hình LIAZU để đo f_x dạng elíp là đơn giản nhất.



Hình 2.37. Mạch mắc đo tần số kiểu LIAZU

Ngoài ra nếu trên màn hình xuất hiện hình số 8, quan hệ giữa 2 tần số gấp 2 lần nhau. Phải nhớ rõ nếu số 8 nằm ngang là góc f_x (đưa vào cửa Y) $= 2f_{ch}$. Nếu số 8 đứng là $f_{ch} = 2f_x$. Do vậy tránh nhầm lẫn tốt nhất là điều được hình elíp trên màn ảnh chắc chắn $f_x = f_{ch}$.



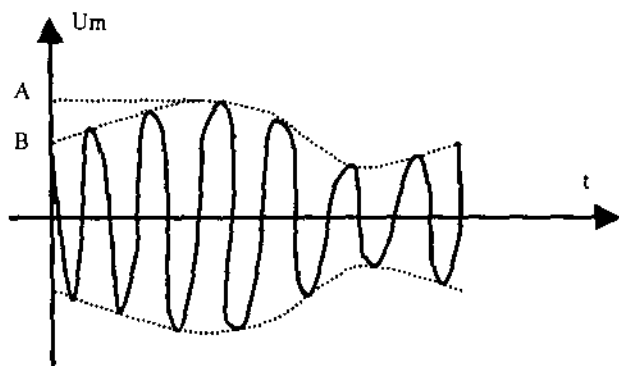
Hình 2.38. Một số dạng sóng LIAZU

2.3. Đo hệ số điều biên

Khi cần đo hệ số điều biên của tín hiệu AM ta thực hiện như sau:

- Để máy hiện sóng làm việc ở chế độ quét liên tục.
- Đặt công tắc tần số quét (TIME/DIV) ở vị trí phù hợp với tần số điều biên. Ví dụ nếu tần số điều biên bằng 1000Hz suy ra $T=1\text{ms}$. Do đó có thể để công tắc tần số quét ở $500\mu\text{s}/\text{DIV}$ ($T = 2$ vạch) hoặc $250\mu\text{s}/\text{DIV}$ ($T = 4$ vạch).
- Dưa tín hiệu vào điều chỉnh công tắc suy giảm Y, đồng bộ để hình sóng có kích thước vừa phải, ổn định.

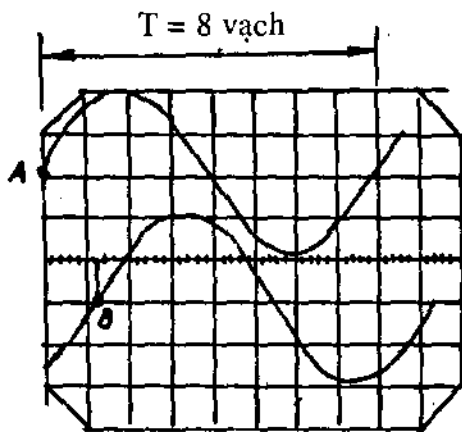
- Đo khoảng cách cực đại giữa hai đỉnh (A) và cực tiểu giữa hai đỉnh (B).
 Hệ số điều biên m xác định theo biểu thức:



Hình. 2- 39: Dạng tín hiệu điều biên

Đo góc lệch pha giữa hai tín hiệu dùng máy hiện sóng 2 tia quét.

- Đưa hai tín hiệu cần xác định góc lệch pha vào cửa vào 2 kênh A,B của máy hiện sóng. Điều chỉnh để biên độ hai hình sóng bằng nhau và chu kỳ chiếm khoảng rộng nhất (hình vẽ 2 - 40) trên màn ảnh. Điều chỉnh các nút lệch đứng trên kênh A,B lệch ngang để dễ xác định được độ rộng của một chu kỳ, điểm đầu của 2 tín hiệu.



A: Điểm đầu của chu kỳ kênh A

B: Điểm đầu của chu kỳ kênh B

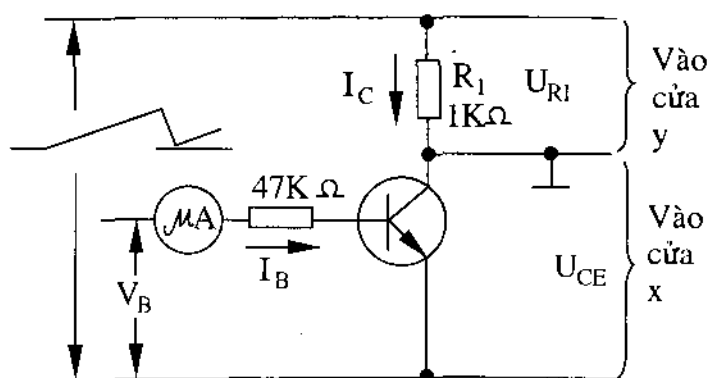
Hình 2.40. Hình dạng tín hiệu trên màn ảnh

- Trong ví dụ ở hình có $T=8$ vạch độ lệch giữa 2 điểm đầu bằng 1,4 vạch. Vậy góc pha giữa hai tín hiệu:

$$\varphi = (360^\circ/8) \times 1,4 = 63^\circ$$

2.4. Sử dụng máy hiện sóng để vẽ đặc tuyến của linh kiện

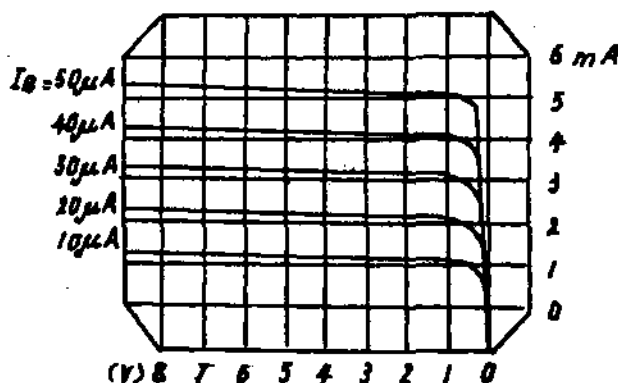
Người ta có thể sử dụng máy hiện sóng để quan sát hay vẽ đặc tuyến của tranzito. Ví dụ cần quan sát đặc tuyến: $I_C = f(U_C)$ khi $I_B = \text{const}$, ta mắc mạch như hình 2-41.



Hình 2.41. Mạch lấy đặc tuyến $I_C = f(U_C)$

Đặt suy giảm của Y để vạch đứng ứng với 1V. Chuyển công tắc chế độ quét về vị trí “khuếch đại X” để mạch tạo quét không làm việc và mạch khuếch đại lệch ngang sẽ nhận và khuếch đại tín hiệu đưa tới cửa vào X. Lấy điện áp chuẩn đưa tới cửa vào X đặt suy giảm và điều mức khuếch đại X để có một vạch ngang ứng với 1V. Sau đó bỏ điện áp chuẩn và đưa U_{CE} tới cửa X. Đưa U_{R1} tới cửa Y. Do $R_1 = 1k\Omega$ nên cứ mỗi vôn của U_{R1} sẽ tương ứng với 1mA (I_C).

Bước 1 điều V_B để có $I_B = 10\mu A$. Đưa điện áp rằng cửa liên tục có biên độ tương ứng với $U_{CEmax} + I_{Cmax} \cdot R_1$



Hình 2-42: Họ đặc tuyến $I_C = f(U_{CE})$ khi $I_B = \text{const}$

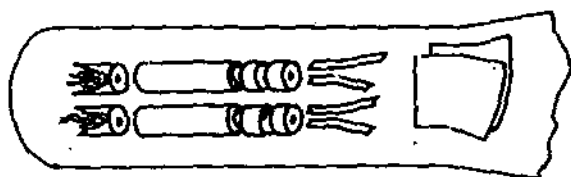
Điện áp răng cưa đưa vào có hai tác dụng: Tự động thay đổi U_{CE} tạo ra sự di chuyển ngang của tia điện tử. Đồng thời nhờ U_{CE} thay đổi tạo ra dòng I_c thay đổi ta nhận được U_1 tỉ lệ với I_c để di chuyển tia điện tử theo chiều đứng.

Ứng với mỗi giá trị của I_b ta được một dòng quét. Khi điện áp răng cưa giảm từ U_{max} về U_{min} tia điện tử chạy ngược lại theo đúng đường quét thuận với tốc độ lớn hơn. Sang chu kỳ điện áp răng cưa mới, đường quét lặp lại.

3. Máy hiện sóng hai tia

Loại máy hiện sóng hai tia được dùng phổ biến vì có thể quan sát được hai tín hiệu đồng thời từ đó có thể so sánh được với nhau về biên độ, thời gian, góc lệch pha hay tần số.

Đèn ống tia điện tử dùng phổ biến là loại có hai súng phóng tia điện tử, hai cặp lệch hướng đứng và một cặp lệch hướng ngang dùng chung. (Hình 2 - 43).



Hình 2.43. Đèn điện tử hai tia

Trên mặt máy hiện sóng hai tia sẽ có hai kênh điều khiển lệch hướng đứng một của kênh A và một của kênh B. Mỗi kênh đều có mạch suy giảm cửa vào và mạch khuếch đại lệch hướng đứng riêng. Còn mạch điều khiển quét ngang dùng chung.

* Giới thiệu chung máy Oscilloscope PS-200:

PS-200 là máy Oscilloscope kênh đối ngẫu. Giải thông DC tới 20MHz ở 3dB. Tốc độ quét là 10ns/DIV. Độ nhạy là 1mV/DIV. Dạng sóng hiển thị trên Oscilloscope là tương ứng với ống đèn hình 150mm, loại này dễ sử dụng, có độ tin cậy cao, có nhiều tính năng thuận tiện để khảo sát nghiên cứu, giáo dục, phát triển các thiết bị điện tử cũng như mạch điện.

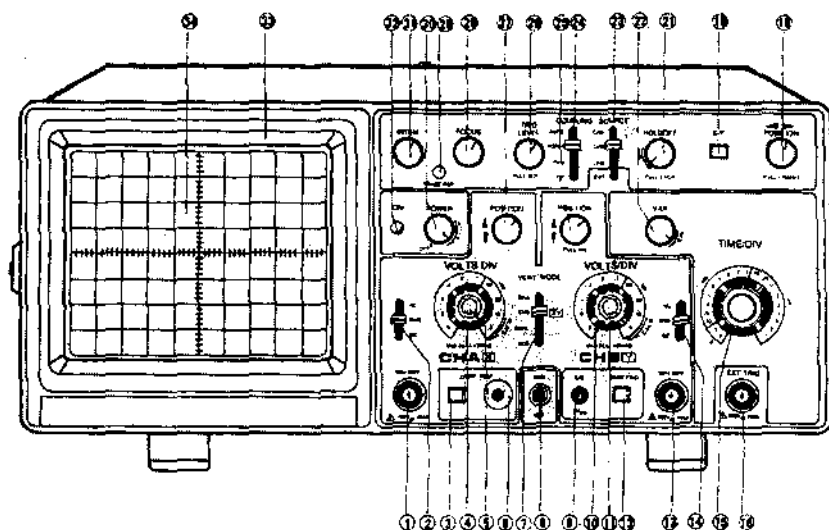
* Tính chất

- Dễ vận hành, các nút chức năng được bố trí thích hợp.
- Trở kháng vào cao CHA cũng như CHB có trở kháng là $1M\Omega + 2\%$, $25pF \pm 10pF$.
- Có thể đo các tín hiệu phức tạp không tuần hoàn, có thể sử dụng các mức điều chỉnh
- Phân tích dạng sóng XY có thể đạt được bằng việc chuyển mạch kênh A (CHA) sang mạch phân xạ ngang và kênh Y sang dọc

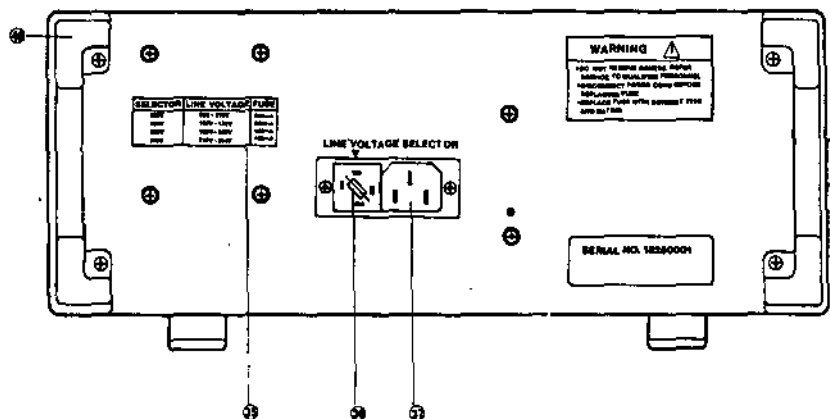
* Chú ý khi sử dụng

- Mở máy kiểm tra xem khi di chuyển có sự cố gì không
- Xem nhiệt độ môi trường có bình thường không ($10 - 30^{\circ}\text{C}$)
- Kiểm tra điện áp nguồn có phù hợp hay không
- Điều chỉnh độ hội tụ và độ sáng phù hợp
- Kiểm tra tín hiệu vào trong khoảng U_{max} cho phép
- Tránh để vật nặng lên Oscilloscope
- Để nơi cao ráo thoáng mát

4. Hình dạng mặt máy PS 200

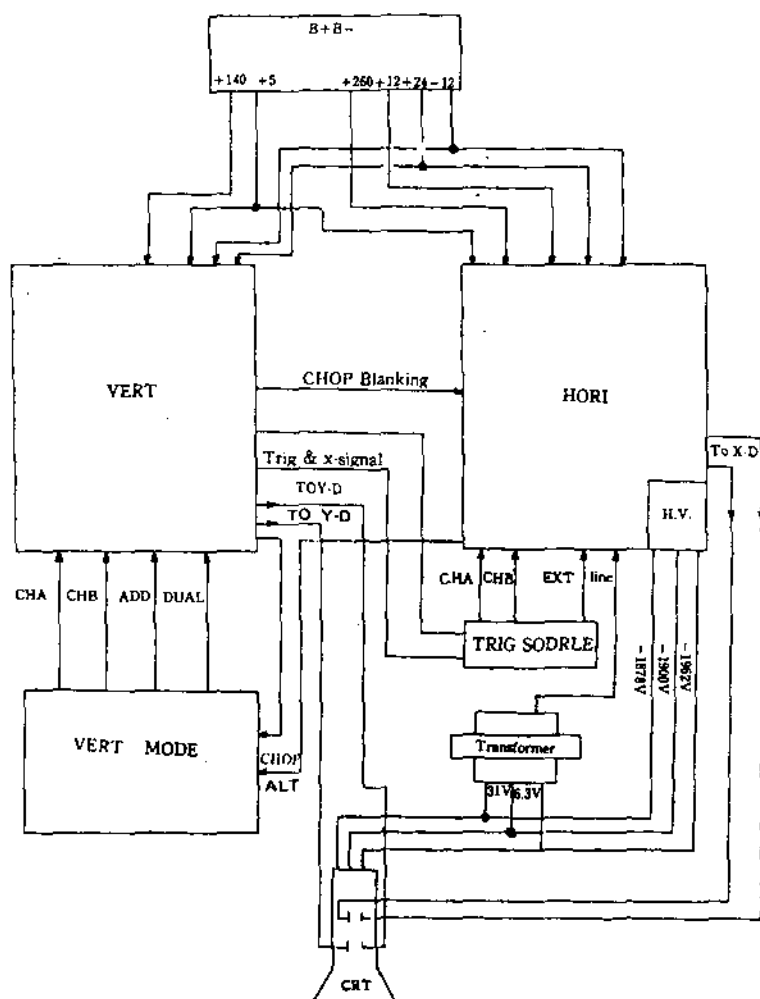


Hình 2-44a: Mặt trước



Hình 2.44b. Mặt sau

* Sơ đồ khối Oscilloscope PS - 200



Hình 2.44c. Sơ đồ khối

Phần bài tập

I. Bài tập chương 1

1. Vôn mét mẫu chỉ $U_{thực}$ là 127V. Dùng đồng hồ MF-110A đo được 123V. Tính sai số tuyệt đối và sai số tương đối của phép đo?
2. Nguồn điện một chiều 3V một học sinh thực hành đo được 3,12V. Tính sai số tuyệt đối và sai số tương đối của phép đo?
3. Tính sai số tuyệt đối của hai loại đồng hồ ở thang 250V. Có cấp chính xác tương đối là: 1,6% và 2,5%?
4. Phải chọn điện trở sun bằng bao nhiêu khi đo dòng điện 50mA, biết thông số $I_m = 0,25mA$, $R_m = 1000\Omega$?
5. Tính điện trở phụ cần phải đấu nối tiếp với đồng hồ đo để có thang đo 100V. Thông số của đồng hồ là $I_m = 0,2mA$, $R_m = 1000\Omega$?

II. Bài tập chương 2

1. Dùng đồng hồ vạn năng xác định chân E,B,C của các tranzito sau: C828, A564, D468, H1061, và khả năng khuếch đại của chúng?
2. Dùng đồng hồ vạn năng đo các điện áp và dòng tiêu thụ của mạch dao động tự kích trong bài thực hành. Xác định điện áp U_b , U_c , U_{be} của các tranzito trong mạch?
3. Dùng máy phát tần số điều chỉnh lấy tần số 1000Hz, biên độ 100mA, và dùng oxylo để đo thử các thông số trên?

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Cơ sở kỹ thuật đo lường*, Vũ Quý Diễm, Nhà xuất bản KHKT (2001).
2. *Kỹ thuật đo lường các đại lượng vật lý*, Phạm Thượng Hân, Nhà xuất bản Giáo dục(1996).
3. *Điện tử căn bản*, K.S Đỗ Thanh Hải.

MỤC LỤC

<i>Lời giới thiệu</i>	3
<i>Lời nói đầu</i>	5
Chương 1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG ĐIỆN TỬ	
I. Khái niệm	7
II. Các đặc tính và thông số của các loại tín hiệu và mạch điện	8
III. Sai số đo lường và các biện pháp hạn chế	16
IV. Các phương pháp đo lường cơ bản	18
V. Phân loại các thiết bị đo	22
VI. Các cơ cấu đo	23
Chương 2. MỘT SỐ THIẾT BỊ ĐO THÔNG DỤNG	
I. Đồng hồ vạn năng	40
II. Đồng hồ vạn năng chỉ thị kim	69
III. Đồng hồ vạn năng chỉ thị số	72
IV. Phương pháp sử dụng đồng hồ chỉ thị số	75
V. Thiết bị tạo tín hiệu đo lường	82
VI. Máy đo tần số	86
VII. Máy hiện sóng (Oxylo)	92
PHẦN BÀI TẬP	102
<i>Tài liệu tham khảo</i>	103

BỘ GIÁO TRÌNH XUẤT BẢN NĂM 2005
KHOẢNG TRƯỜNG TRUNG HỌC ĐIỆN TỬ - ĐIỆN LẠNH

1. LÝ THUYẾT ĐIỆN TỬ CÔNG NGHIỆP
2. ĐO LƯỜNG ĐIỆN TỬ
3. KỸ THUẬT GHÉP KÊNH SỐ
4. MẠCH ĐIỆN TỬ CƠ BẢN
5. THỦY KHÍ ĐỘNG LỰC
6. VẬT LIỆU - LINH KIỆN ĐIỆN TỬ
7. KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH SỐ
8. HỆ ĐIỀU HÀNH
9. KỸ THUẬT AN TOÀN HỆ THỐNG LẠNH
10. LẮP ĐẶT VÀ VẬN HÀNH MÁY LẠNH
11. TỔNG ĐÀI ĐIỆN TỬ SỐ

gt đo lường điện tử



Giá: 13.500 đ